

「生活支援ロボット実用化プロジェクト」

事業原簿

公開部

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 機械システム部
-----	------------------------------------

—目次—

概要	i ~ iii	
I. 事業の位置付け・必要性について		
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1	
1.1 NEDOが関与することの意義	I-1	
1.2 実施の効果(費用対効果)	I-2	
2. 事業の背景・目的・位置づけ	I-2	
II. 研究開発マネジメントについて		
1. 事業の目標	II-1	
2. 事業の計画内容	II-1	
2.1 研究開発項目	II-1	
2.2 研究開発計画	II-14	
2.3 研究開発の実施体制	II-15	
2.4 研究の運営管理	II-19	
III. 研究開発成果について		
1. 事業全体の成果	III-1	
2. 研究開発項目毎の成果	III-2	
2.1 研究開発項目①「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」の成果	III-2	
2.2 研究開発項目②「安全技術を導入した移動作業型(操縦が中心)生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した移乗・移動支援ロボットシステムの開発」の成果	III-73	
2.3 研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型(自律が中心)生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した生活公共空間及びビルの移動作業型ロボットシステムの開発」の成果	III-81	
2.4 研究開発項目④「安全技術を導入した移動作業型(自律が中心)生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した警備ロボットシステムの開発」の成果	III-103	
2.5 研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着(密着)型生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した人間装着型生活支援ロボットスーツ HAL の開発」の成果	III-128	
2.6 研究開発項目⑤「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発、搭乗型生活支援ロボットにおけるリスクアセスメントと安全機構の開発」の成果	III-132	
IV. 実用化の見通しについて		IV-1
(添付資料)		
・ロボット・新機械イノベーションプログラム基本計画		
・生活支援ロボット実用化プロジェクト基本計画		
・技術戦略マップ		
・特許論文リスト		

概要

最終更新日

平成23年8月5日

プログラム（又は施策）名	ロボット・新機械イノベーションプログラム						
プロジェクト名	生活支援ロボット実用化プロジェクト	プロジェクト番号	P09009				
担当推進部/担当者	機械システム部 貞本敦史（平成23年8月現在） 機械システム部 宮川豊美（平成21年8月～平成22年12月）						
0. 事業の概要	我が国では、少子高齢化が急速に進展しており、このままでは我が国の社会を支える人材が不足することが懸念されている。一方、我が国は、産業用ロボットをはじめ、国際的にもトップレベルのロボット技術を蓄積してきた。これらのロボット技術を活用して、製造業の生産工程やサービス業の作業工程における一層の効率化・自動化の促進が必要となっている。また、ロボット技術は産業分野のみならず、介護・福祉、家事、安全・安心等の生活分野においても、社会的課題の解決策の一つとして活用することが期待されており、生活支援ロボットの活用により、生活の質や利便性向上が可能となる。しかしながら、不特定多数の人が関与する等、条件や状況が変化する実際の使用環境下で稼働する生活支援ロボットは、対人安全技術が確立されておらず残留リスクの高いものが多く、民間企業の独自の取組のみに委ねては本格的な産業化が期待できない。このため、国等の一定の関与により、安全性検証を行う認証機関・試験機関、安全性基準に関する国際標準等を整備することが求められている。本プロジェクトは、生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットを対象に関係者が密接に連携しながら安全に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法の研究開発を実施することを目的とする。						
I. 事業の位置付け・必要性について	不特定多数の人が関与する等、条件や状況が変化する実際の使用環境下で稼働する生活支援ロボットは、対人安全技術が確立されておらず残留リスクの高いものが多く、民間企業の独自の取組のみに委ねては本格的な産業化が期待できない。このため、国等の一定の関与により、安全性検証を行う認証機関・試験機関、安全性基準に関する国際標準等を整備することが求められている。						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を確立し、生活支援ロボットの開発者に提供可能となること。対人安全性に関する指標、機械・電気安全、機能安全の試験・評価方法や手順について、国際標準提案を行えること。生活支援ロボットに関する安全性基準適合性評価手法を確立すること。研究開発の対象とした生活支援ロボットに関して、安全性検証のための安全性試験を完了し、ロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示され、実証試験が完了していること。						
事業の計画内容	主な実施事項	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	
	生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発	→					
	安全技術を導入した生活支援ロボットの研究開発	→					
	安全技術を導入した生活支援ロボットの研究開発（グループII）			→			

開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載)(単位:百万円) 契約種類: ○をつける (委託(○) 助成() 共同研究(負担率()))	会計・勘定	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	総額
	一般会計	1600	1520	1150			
	特別会計 (電源・需給の別)						
	加速予算 (成果普及費を含む)		840				
	総予算額	1600	2360	1150			
開発体制	経産省担当原課	製造産業局産業機械課					
	プロジェクトリーダー	独立行政法人 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 研究部門長 比留川 博久					
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	(独)日本自動車研究所、(独)産業技術総合研究所、(独)労働安全衛生総合研究所、名古屋大学、(一財)日本品質保証機構、日本認証(株)、(社)日本ロボット工業会、(財)製造科学技術センター、パナソニック(株)、国立障害者リハビリテーションセンター、富士重工業(株)、総合警備保障(株)、北陽電機(株)、三菱電機特機システム(株)、(株)ダイフク、(株)日立産機システム、(株)日立プラントテクノロジー、CYBERDYNE(株)、筑波大学、(株)本田技術研究所、トヨタ自動車(株)、(株)フォー・リンク・システムズ、(独)国立長寿医療研究センター、アイシン精機(株)、日本信号(株)、オプテックス(株)、(株)ヴィッツ、千葉工業大学、IDEC(株)					

Ⅲ. 研究開発成果について	<p>(1) 研究開発の概要</p> <p>生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットを対象に関係者が密接に連携しながら安全に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法の研究開発を実施することを目的とする。</p> <p>生活支援ロボットの安全性検証手法の開発と安全技術を導入した生活支援ロボットの開発を行う。</p> <p>(2) 研究開発目標</p> <p>(最終目標) 平成25年度</p> <p>生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を確立し、生活支援ロボットの開発者に提供可能となること。対人安全性に関する指標、機械・電気安全、機能安全の試験・評価方法や手順について、国際標準提案を行えること。生活支援ロボットに関する安全性基準適合性評価手法を確立すること。</p> <p>研究開発の対象とした生活支援ロボットに関して、安全性検証のための安全性試験を完了し、ロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示され、実証試験が完了していること。</p> <p>(中間目標) 平成23年度</p> <p>生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を開発するとともに、人間工学実験等による対人安全性に関するデータをロボット開発実施者に提供すること。研究開発の対象とした生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順の策定を行うこと。これらに基づき、対象としたロボットの安全性検証を完了していること。</p> <p>(3) 研究開発成果(中間目標に対する成果)</p> <p>生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を開発し、ロボット開発実施者に提供した。開発対象ロボットの試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順の策定を行った。これらに基づきロボットの安全性検証を完了させる見込みである。</p>	
	投稿論文	「査読付き」94件、「その他」211件
	特許	「出願済」23件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	519件
Ⅳ. 実用化の見通しについて	<p>1. 安全性検証手法の開発(開発項目①)</p> <p>1) リスクアセスメント手法</p> <p>2) 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法</p> <p>3) 生活支援ロボットの安全性基準に関する適合性評価手法</p> <p>4) 生活支援ロボットの安全性に関する情報の蓄積・提供手法</p> <p>5) 国際標準化</p> <p>→・国際標準 ISO13482</p> <p>2012年8月発行予定</p> <p>その後の改訂作業への貢献</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボット開発者へ手法の提供 ・試験機関、認証機関の事業化 <p>2. 安全技術を搭載した生活支援ロボットの開発(開発項目②~⑤)</p> <p>→・提供された安全性検証手法を元に、安全性検証と安全技術の改良</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性の実証試験を実施 ・第三者認証を取得 ・安全技術を導入し、安全性検証を実施したロボットを市場に供給 	
Ⅴ. 基本計画に関する事項	作成時期	平成21年3月 作成
	変更履歴	平成22年12月、平成22年補正予算(第1号)に伴い、研究開発の実施方式の一部内容を改訂。

I. 事業の位置づけ・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1. 1 NEDOが関与することの意義

不特定多数の人が関与する等、条件や状況が変化する実際の使用環境下で稼働する生活支援ロボットは、対人安全技術が確立されておらず残留リスクの高いものが多く、民間企業の独自の取組のみに委ねては本格的な産業化が期待できない。このため、国等の一定の関与により、安全性検証を行う認証機関・試験機関、安全性基準に関する国際標準等を整備することが求められている。

高齢者、要介護者、身体障害者等から、介護者支援、移動支援等の生活支援分野で役立つロボットの活用に強い要請がある。しかし、生活支援分野は人との接触度が高く、より一層の安全性が求められるため、安全の技術や基準・ルールを世界に先んじて整備する必要がある。

生活支援ロボットの实用化については、具体的な対人安全技術や安全性検証手法の確立、ロボット導入に適した規制など、安全に関する技術や社会システムが整理されていないことがボトルネックとなっている。また、過度な安全基準や規制は、ロボットの有効性が極端に損なわれたり、ロボットの開発コストが著しく増加するなど实用化の阻害要因となる。

このため、ニーズの高い具体的な生活支援ロボットを、中立的機関が実証試験において安全データを収集・分析し、メーカー・ユーザー・サービスプロバイダーが協力しながら適切な安全基準・検証手法を開発、さらに関係省庁と連携し、制度検討の必要がある。

このように、ユーザー、サービスプロバイダー、安全検証の専門家、関係省庁も一体となった体制は、個別企業では構築できず、関係者とのネットワークを有する経済産業省が実施する必要がある。

また、欧州のロボット工学プラットフォーム（EUROP）や欧州各国による産学協同の研究開発体制づくり、米国の国防総省国防高等研究事業局によるトップダウンの産学連携、韓国のロボットに関する品質保証機関やロボット産業振興院の設置など、各国で生活支援ロボットの実証データの蓄積、安全規格、社会ルール等の環境整備が加速されている。さらに、ISOにおいては安全基準についての議論も進展している。

また、欧州の認証機関やその関連企業では、基準策定の段階からメーカーと検討をすすめ、結果的に構築した基準や認証制度が市場での自国の優位性が確保される形になっている。また、他国から製品の認証を依頼する場合、製品の技術情報を含む設計情報を認証機関に提出する必要があることから、技術ノウハウの流出につながることを懸念されている。

さらに対人安全性に比較的問題が無いと考えられている福祉用ロボット（知能システム「パロ」等）が、デンマークの医療・福祉現場で実証試験を行う事例が出始めており、他国への技術流出が懸念され、国内に同様のロボットの実証試験の場が求められている。

したがって、我が国における生活支援ロボットの实用化を早め、我が国の強みであるロボット産業の国際競争力強化・海外市場開拓のため、安全性の確保されたロボットの実証試験の拡充及び事業の早期実施が必要である。

技術戦略マップ 2010（ロボット分野）においては、「介護者支援や移動支援等の人との接触度が高

い生活支援ロボットの実用化のため、対人安全性技術の開発・実証と、安全基準設定等に向けた安全性・有効性データの集約・分析」を行うことと位置づけている。

1. 2 実施の効果（費用対効果）

ロボットによる生活支援サービスの付加価値や生産性の向上が関係者で共有されることで、有効性と安全性を両立するようなロボットの活用方策と、そのために必要な制度改革の検討が促される。

また、これまで安全の基準やルールが未整備なために実施困難であった民間企業等による生活支援ロボットの技術開発が加速される。また、ロボットのハードウェアのみだけでなくサービスと複合した産業の発展が波及効果として期待される。

ロボットの市場は、2015 年には 1.6 兆円、2035 年には 9.7 兆円にまでに拡大すると予想される（図 I - 1）が、実現には本事業により安全の技術や基準・ルールが整備されることが前提となる。

本事業で蓄積される実証データにより国際標準化活動の強化が期待される。

中立的機関が機密情報の管理をしながら実証データの集約・分析を行うことで、民間企業の知見が集約される。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

2. 1 事業の背景

我が国では、1980 年代以降、自動車や電機・電子産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入ができた。現在、我が国は、国際的にもトップレベルのロボット技術を有するとともに、生産現場においても、全世界で稼働している産業用ロボットの約 4 割が日本で稼働している等、自他ともに認める「ロボット大国」といえる。ただし、1990 年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた（図 I - 2）。

しかし、ロボットを巡る状況は、着実に変わりつつある。製造業においては、ロボット・セルのように、さらに高度化した産業用ロボットが生産現場に投入されつつある。また、サービス業の分野においても、2005 年の愛知万博では、サービスロボットの実用化に向けた実証実験が行われるとともに、実際のビジネスにおいても、清掃ロボットや食事支援ロボット、災害復旧作業を行う遠隔操作型ロボット等の導入が進んでいる。このように、我が国のロボット産業・技術は、次の成長段階に踏みだしている。

他方、我が国は、少子高齢化・人口減少、アジア諸国の台頭等を背景とした国際競争の激化や、地震や水害等大規模災害に対する不安といった社会的課題に直面している。我が国に蓄積された基盤的なロボット技術（RT）を活用・高度化することにより、これらの諸課題を解決することが期待されている。

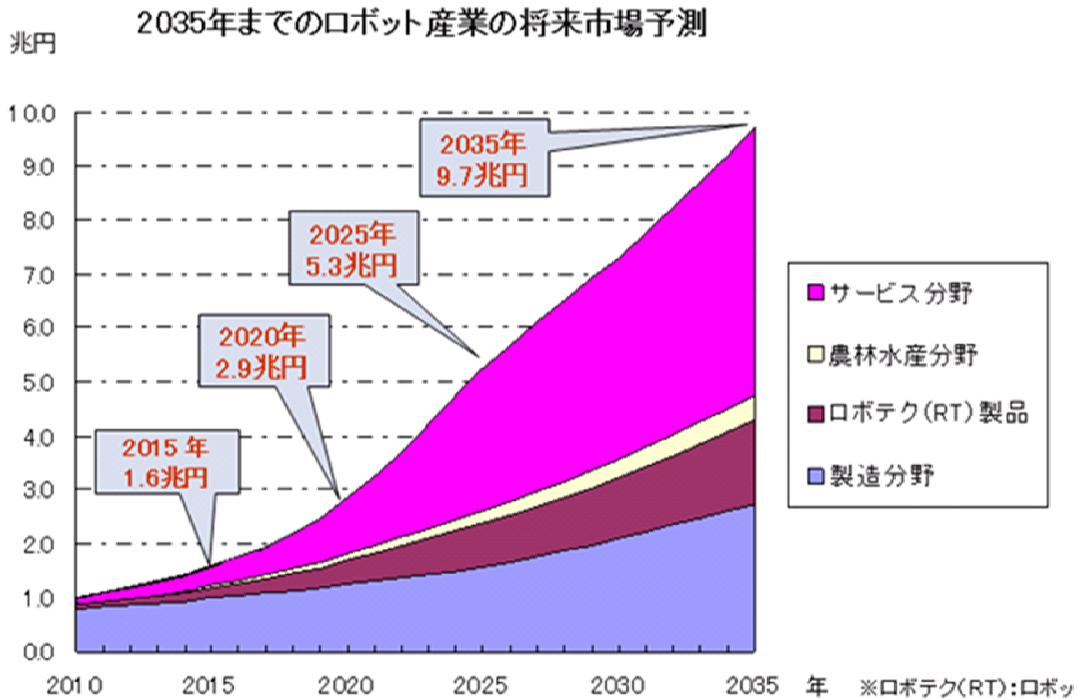


図 I - 1 2035年までのロボット産業の将来市場予測

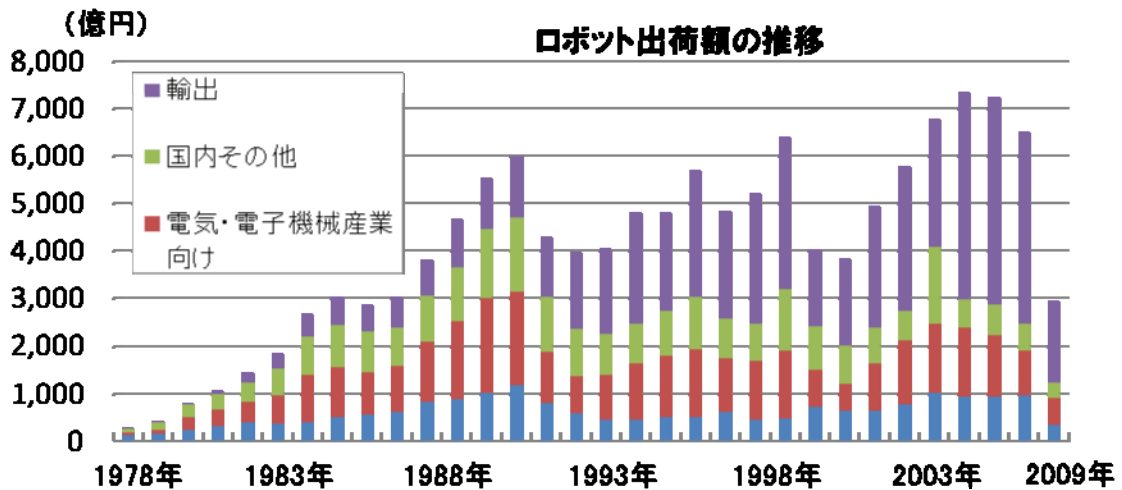


図 I - 2 ロボット出荷額の推移 (出展:ロボット工業会)

2.3 政策への適合性

「科学技術基本計画」(2006年3月閣議決定)では、ロボット・新機械技術は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野(重点推進4分野)の一つである情報通信分野や、推進分野であるものづくり技術分野、社会基盤分野に位置づけられている。

「経済成長戦略大綱」(2006年7月財政・経済一体改革会議。2007年6月改訂版を経済財

政諮問会議に報告)の中で、ロボット技術は産学官連携による世界をリードする新産業群の一つとして位置づけられ、次世代ロボットの市場の拡大に向けて、サービスロボット市場の整備、ロボットの認識技術の開発等必要な取組を継続することとしている。

「イノベーション25」(2007年6月閣議決定)では、ロボット・新機械技術は、生涯健康な社会生活や多様な人生を送れる社会の実現に向け、中長期的に取り組むべき課題として、新たな走行車等の普及促進のための環境整備、高度みまもり技術導入のためのルール作りなどの安全・安心な社会形成、また、ユビキタスネットワークや民生用ロボットの本格普及に向けた環境整備、低侵襲診断・治療技術の実現、安全・安心な社会のための将来デバイスの実現、さらに世界的課題解決に貢献する社会のための新しいものづくり技術など、今後の研究開発の進展等によって、その成果を社会に適用していく施策が必要であるとともに、随時見直しをし、その取組を加速・拡充していくことが必要とされている。

「経済財政改革の基本方針2008」(2008年6月閣議決定)では、経済成長戦略の3本の柱、革新的技術創造戦略のうち、革新的技術戦略のひとつとしてロボット技術が位置付けられた。

「ロボット産業政策研究会」報告書(2009年3月とりまとめ)

近い将来に、次世代ロボットが実際に役立つものになるよう、特に技術開発・事業開発、安全確保、社会ルールの整理・策定のための取組等についてまとめられている。

2.4 国のプログラムとの関連性

このような状況を踏まえ「ロボット・新機械イノベーションプログラム」では、我が国の製造業を支えてきたロボット技術・機械技術を基盤とし、IT技術・知能化技術など先端的要素技術との融合を促進することにより、家庭、医療・福祉、災害対応など幅広い分野で活躍する次世代ロボットや新機械技術の開発・実用化を促進し、生産性の向上と人間生活の質の向上を実現するとともに、我が国経済社会の基盤である製造業の競争力の維持・強化を目指している。

このロボット・新機械イノベーションプログラムの中で、「生活支援ロボット実用化プロジェクト」は生活支援分野のロボットを開発し、対人安全技術と安全検証手法の確立を行うと共に、安全性、有効性検証のための実証試験を行う。さらに得られた安全性や有効性に関するデータを集約・分析し、ロボット活用のための具体的安全基準、社会ルール等の環境整備や国際標準化の強化へとつなげる手法を確立する。

2.5 研究開発の目的

我が国では、少子高齢化が急速に進展しており、このままでは我が国の社会を支える人材が不足することが懸念されている。

一方、我が国は、産業用ロボットをはじめ、国際的にもトップレベルのロボット技術を蓄積してきた。これらのロボット技術を活用して、製造業の生産工程やサービス業の作業工程における一層の効率化・自動化の促進が必要となっている。

また、ロボット技術は産業分野のみならず、介護・福祉、家事、安全・安心等の生活分野においても、社会的課題の解決策の一つとして活用することが期待されており、生活支援ロボットの活用により、生活の質や利便性向上が可能となる。

しかしながら、不特定多数の人が関与する等、条件や状況が変化する実際の使用環境下で稼働する生活支援ロボットは、対人安全技術が確立されておらず残留リスクの高いものが多く、民間企業の独自の取組のみに委ねては本格的な産業化が期待できない。このため、国等の一定の関与により、安全性検証を行う認証機関・試験機関、安全性基準に関する国際標準等を整備することが求められている。

本プロジェクトは、生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットを対象に関係者が密接に連携しながら安全に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法の研究開発を実施することを目的とする。

また、これらの試験においてはロボット研究開発実施者と安全性検証手法の研究開発実施者が連携し、リスクアセスメント技術、危険予防技術の検討や実際の使用環境下で幅広い参加者による実証試験を集中的に実施する。さらに、生活支援ロボットの安全性基準等の国際標準化を念頭に置きつつ研究開発を進める。

Ⅱ 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

「生活支援ロボット実用化プロジェクト」基本計画で以下のように定めている。

1. 1 最終目標（平成25年度）

生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を確立し、生活支援ロボットの開発者に提供可能となること。対人安全性に関する指標、機械・電気安全、機能安全の試験・評価方法や手順について、国際標準提案を行えること。生活支援ロボットに関する安全性基準適合性評価手法を確立すること。研究開発の対象とした生活支援ロボットに関して、安全性検証のための安全性試験を完了し、ロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示され、実証試験が完了していること。

1. 2 中間目標（平成23年度）

生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を開発するとともに、人間工学実験等による対人安全性に関するデータをロボット開発実施者に提供すること。研究開発の対象とした生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順の策定を行うこと。これらに基づき、対象としたロボットの安全性検証を完了していること。

2. 事業の計画内容

2. 1 研究開発項目

上記目標を達成するために、次の5つの研究開発項目について研究開発を実施する。

[委託事業]

研究開発項目① 生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

研究開発項目② 安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発

研究開発項目③ 安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発

研究開発項目④ 安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットの開発

研究開発項目⑤ 安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発

以下に研究開発項目ごとの研究開発目標を示す。

2. 1. 1 研究開発項目①：生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

2. 1. 1. 1 研究開発の必要性

生活支援ロボットは少子高齢化の課題に対して大きな支援力になると期待されている。しかし、生活支援ロボットは不特定多数の人が関与する使用環境で稼働することが考えられ、安全を保証する方式が確定していない。特に、対人安全技術が確立されていないため残留リスクの高いものが多く、早急にリスクを低減し安全性を保証する方式を策定することが求められている。このため、本研究開発

項目では生活支援ロボットの安全性や信頼性等のデータの取得・蓄積・分析を行い、具体的な安全性基準を含む実務的な安全性検証手法の策定に必要な技術を開発する。

2. 1. 1. 2 研究開発の具体的内容

(1) 生活支援ロボットの安全性検証方法の開発

生活支援ロボットの安全性を検証するには、まずロボット開発実施者が自らリスクアセスメントを行った後、これに基づいて安全性検証を行う認証機関及び試験機関により客観的に安全性を検証する手順となる。リスクアセスメントに関しては、我が国でいち早く策定された「次世代ロボットのための安全確保ガイドライン」に則り、ISO-12100 に規定されているリスクアセスメントを実行する方針とする。しかし、生活支援ロボットのリスクアセスメントに関しては、本質安全設計のための定量指標等がほとんどなく、社会的にも方法論が確立していない。このため、生活支援ロボットに関するリスクアセスメント手法を開発する。

他方、生活支援ロボットにおける安全性の評価試験方法については、生活支援ロボットの普及のためにはその枠組みを早急に設定する必要がある。機械・電気・機能安全の側面からの試験は既存の関連規格が存在するため、これらを参考に安全性・信頼性等に関するデータを取得・蓄積・分析することにより定める。

① リスクアセスメント手法の開発

生活支援ロボットに関する各応用分野、あるいは使用されるフィールドにおいて標準となるリスクアセスメント手法を開発する。具体的には、まず自動車等の機械安全分野を広く調査し、また必要に応じて適切な装置の開発及び試験体による耐性試験・人間工学実験等を行って、安全性に係わる耐性値をはじめとした対人安全性に関するデータを取得・蓄積・分析する。次に、これらのデータや類似機械の事故やトラブル履歴等の情報の効率的フィードバックが可能なリスクアセスメント手法を開発する。

② 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発

耐環境試験、電磁環境試験等、生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全の観点における安全性試験評価方法を開発する。そのため、産業用ロボット等の類似機械装置・コンポーネントに関する安全規格等を調査し、それらの試験基準や方法に関して、既存の試験装置を利用、あるいは必要に応じて新規に試験装置を開発して、安全性・信頼性等に関する試験データを取得・蓄積・分析する。なお、対人安全に関する各種試験・評価手順に関しては、現状では参照すべき規格等が確立されていないため、その試験装置の開発を含めた安全度水準の定量化等に関する研究開発を行う。

これらの結果に基づいて、安全性能の定量化、評価指標等についての研究を行い、試験・評価方法を開発する。

以下に、安全性試験項目の例を挙げる。

- a) ロボット運動性能試験（制御安定性、加速・減速、変動負荷安定性及び各項目における耐久性・信頼性）
- b) ロボット動作性能試験（動作安定性、操作性、及び各項目における耐久性・信頼性）
- c) ロボット耐環境性試験（EMC 特性、低・高温環境信頼性、防滴特性、防塵特性、振動耐久性、感電防止、及び各項目における耐久性・信頼性）
- d) 安全停止特性（非常停止、故障検出時の安全停止）及び予期せぬ再起動防止

（２）生活支援ロボットの安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発

安全技術を導入して開発された生活支援ロボットを対象として、コンセプト段階から製品段階までについて、安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発を実施する。

2. 1. 1. 3 達成目標

（１）最終目標（平成25年度）

- ①各タイプのロボットのリスクアセスメント手法を確立すること。並びに、それを各タイプのロボット開発実施者に対して提供する。さらに対人安全性に関して取得したデータに基づき、耐性指標等の国際標準提案を行えること。
- ②各タイプの生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に関し安全性試験評価方法を確立すること。さらに策定した試験・評価方法や手順について、国際標準化提案を行えること。
- ③各タイプの生活支援ロボットに関する安全性基準適合性評価手法を確立する。

（２）中間目標（平成23年度）

- ①リスクアセスメント手法を開発すること。さらに人間工学実験等による対人安全性に関するデータをロボット開発実施者に提供すること。
- ②各タイプの生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボット毎の試験・評価方法や手順の策定を行うこと。

2. 1. 1. 4 特記事項

（１）試験・認証方法については国際標準化の推進のため、必要な情報を提供しつつ、関係機関と連携し、安全規格の確立に向け努力すること。特に、生活支援ロボットに関する安全性・信頼性等のデータ取得・蓄積・分析に際しては、（社）日本ロボット工業会にて審議中の ISO/TC 184/SC 2/WG 7 Robots in personal care (Robots and robotic devices - safety requirements - Non-medical personal care robot) の議論と連携して進めること。

（２）国際的な評価が得られる安全認証拠点が我が国に形成されるように、その中核をなすべく、ISO/IEC Guide 65（JIS Q 0065）「製品認証機関に関する一般要求事項」に、準拠した認証機関、ISO/IEC 17025（JIS Q 17025）「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」に準拠した試験機関が、本研究開発の実施期間終了後に設立・継続できるような体制の構築を実施期間中から目指すこと。さらに、PL法を見据えた法的責任の確認も行うこと。

(3) 制度設計の観点から、安全認証拠点基盤がより強固かつ広範に発展するように、例えば事故情報の提供に関し保険機関の関与が、さらに、規格提案に向けて学会の関与が、それぞれ提案に含まれることを目指すこと。また、様々な使用者の協力を得ることが可能な地域に根ざした施設を整備することを目指すこと。

(4) 各種試験装置は、プロジェクトの中間目標年度（平成23年度）までに試験機関候補場所に可能な限り集約することを目指す。

2. 1. 2 研究開発項目②：安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発

2. 1. 2. 1 研究開発の必要性

少子高齢化が急速に進展しており、介護を必要とする高齢者・障害者が増え、その人たちを支える体制の整備が急務となっている。そのため、この分野への新しい技術であるロボット技術による支援の強化が求められている。しかし、このような介護・福祉分野へのロボット技術の活用は、利用者に加えて家族等の人との共存が必須となるため安全性の確保が必要なこと、作業内容が多様であること等から困難となっている。

このため、本研究開発項目では、人とロボットを積極的に連携させることで、これらの課題を克服するための要求仕様や運用ルールを明確にし、多様な作業を、安全に行うことができる移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの安全技術を開発する。

2. 1. 2. 2 研究開発の具体的内容

(1) 移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットを開発する。移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットとは、人の生活環境下で、ユーザーの指示によって、安全かつ効率よく生活に必要な作業を行う機能を実現するロボットである。

ロボットの使用目的、使用環境及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や検証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

a) 移動・作業技術

生活環境下において、ユーザーの指示より、移動や作業（マニピュレーション等）を効率よく安全に行うための技術。

b) ユーザーインタフェース技術

直感的に操作可能で、利用者の負担の少ないユーザーインタフェース技術により操縦動作の安全性の確保、ユーザーに適切な情報を提示することによりロボットが周囲の人を含む作業環

境に対して安全性を確保する技術。

c) ユーザーへの適用(フィッティング)技術

利用方法が簡便であり、様々な身体状況のユーザーが、安全に利用できる適用技術。

d) 安全な退避技術

ロボットへの供給電源(バッテリー等)が、突然遮断された場合でも、ロボット本体が安全に停止、退避がなされる技術。

e) ユーザー拘束時の安全開放技術

ロボットが故障等によって、ユーザーや第三者の身体を拘束するような状態に陥った場合でも、安全かつ容易に開放できる技術。

(2) 移動作業型(操縦が中心)生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2. 1. 2. 2 (1)に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべてを搭載した移動作業型(操縦が中心)生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①において開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定ユーザーによる、実環境あるいは模擬した環境において、上記2. 1. 2. 2 (1)で開発されたロボットの実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行う。

2. 1. 2. 3 達成目標

(1) 最終目標(平成25年度)

①上記2. 1. 2. 2 (1)に該当する安全技術を一部またはすべてを搭載した移動作業型(操縦が中心)生活支援ロボットが2. 1. 2. 2 (2)項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。

②上記2. 1. 2. 2 (1)で開発されたロボットの安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。

③2. 1. 2. 2 (2)②項の実証試験が完了していること。

(2) 中間目標(平成23年度)

①上記2. 1. 2. 2 (1)で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。

②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2. 1. 2. 2 (1)項で開発されたロボットに搭載されていること。

③上記2. 1. 2. 2 (2)①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

2. 1. 2. 4 特記事項

(1) 安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準（SIL）等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。

(2) 安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。

(3) 実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。

(4) 実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

2. 1. 3 研究開発項目③：安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発

2. 1. 3. 1 研究開発の必要性

次世代ロボットの大きな特徴の一つは、自ら環境を認識してその情報に基づき、物理的移動を伴う作業を行う「自律性」であり、これによって複雑な環境下においても人に代わって様々な作業を行うことができる。我が国の社会が直面している少子高齢化社会に伴う労働力不足や、家庭における高齢者の生活支援等の大きな問題を解決する鍵を握る。しかし、この自律性を有する移動作業型のロボットは、従来の安全規格、概念への適合が難しく、また技術的にも確立されていない部分がある。

このため、本研究開発項目では、自律性を有する移動作業型ロボットの安全に関する課題を洗い出し、安全を実現するための要求仕様や運用ルールを明確にし、その課題を解決する安全技術を開発する。

2. 1. 3. 2 研究開発の具体的内容

(1) 移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットを開発する。移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットとは、周囲の環境を認識し、自律的な判断に基づいて安全かつ効率よく生活に必要な作業を行う機能を実現するロボットである。

ロボットの使用目的、使用シーン及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは、研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や検証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

①リスク低減技術

a) 安定走行技術

自律での走行速度指令による駆動力制御に加え、走行加減速や外力、凹凸や斜面等がある路面環境に対して自律的に姿勢を安定化し、安全に走行する技術。

b) 人・障害物回避技術

静止障害物の位置及び人等の移動障害物の位置・動きを検知する機能、またこれらとの衝突リスクを見積もり回避する等安全に走行する技術。

c) 自律走行技術

自己位置認識技術や地図情報生成技術、動的経路計画技術等の安全性要素技術を使い安全に自律走行する技術。

d) 自己診断技術

ロボットの各機能が正常に動作していることを常時確認して、故障や異常を自動的に検出して通報又は修復することにより、安全に運用する技術。

e) 危険予防技術

ロボットの動作や行動を人に事前に認識させることや人の行動を予測することにより安全に運用する技術。

②安全要素技術

a) 自己位置認識技術

周囲環境のセンシングによる環境地図情報や、ロボットの移動及び動作の履歴情報を活用し、正確な自己位置を推定する機能を持つことで安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

b) 安全環境認識技術

ロボットやその作業環境に配置された各種センサを用い、人の移動、及び作業の障害となる環境変化を検出する機能を持つことで、環境地図生成と動的動作計画機能を成立させ、安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

c) 環境地図生成技術

ロボットやその作業環境に配置された各種センサを用い、移動や作業に必要な地図等の環境記述を生成する機能を持つことで、自己位置認識と動的動作計画機能を成立させ、安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

d) 動的動作計画技術

目的地への移動や目的作業を実現するための動作を計画する技術において、人の移動、及び作業の障害となる環境変化による動作変更の必要性があっても、補正、再計画を自律的に行うことで安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

(2) 移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2. 1. 3. 2 (1) に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべてを搭載した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①において

開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定運営先を模擬した環境において、上記2. 1. 3. 2 (1) で開発されたロボットの安全性の実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行うこと。

2. 1. 3. 3 達成目標

(1) 最終目標 (平成25年度)

- ①上記2. 1. 3. 2 (1) に該当する①リスク低減技術及び②安全要素技術を一部またはすべて搭載した移動作業型 (自律が中心) 生活支援ロボットが2. 1. 3. 2 (2) 項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。
- ②上記2. 1. 3. 2 (1) で開発されたロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。
- ③2. 1. 3. 2 (2) ②項の実証試験が完了していること。

(2) 中間目標 (平成23年度)

- ①上記2. 1. 3. 2 (1) で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。
- ②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2. 1. 3. 2 (1) 項で開発されたロボットに搭載されていること。
- ③上記2. 1. 3. 2 (2) ①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

2. 1. 3. 4 特記事項

(1) 安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準 (SIL) 等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。

(2) 安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。(3) 実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。

(4) 実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

2. 1. 4 研究開発項目④：安全技術を導入した人間装着 (密着) 型生活支援ロボットの開発

2. 1. 4. 1 研究開発の必要性

少子高齢化社会では、高齢者・障害者の自立と生き甲斐が重要な点であり、生活支援、活動の質の

向上が課題である。高齢者・障害者においては、身体機能が低下する傾向にあり、それが高齢者・障害者の自立を制限している。さらに、一層の身体機能低下への悪循環を加速している。また、要介護者の急増は介護者不足、介護労働負担を増加させている。これらの課題を解決するために人間の身体機能を拡張・増幅・支援する技術の開発が必要である。

このため、本研究開発項目では、人に装着して人間の身体機能を拡張・増幅・支援する人間装着（密着）型生活支援ロボットの安全に関する課題を洗い出し、安全を実現するための要求仕様や運用ルールを明確にし、その課題を解決する安全技術を開発する。

2. 1. 4. 2 研究開発の具体的内容

(1) 人間装着（密着）型生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットを開発する。人間装着（密着）型生活支援ロボットとは、人間に装着し、装着者の意思を反映した随意的、自律的機能によって制御される実用的なロボットである。

ロボットの使用目的、使用環境及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や認証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な人間装着（密着型）型生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

a) 装着時機能安定技術

人に装着して人間の身体機能を拡張・増幅・支援するための駆動力制御に加え、歩行や作業に付随して生じる負荷変動、外力、障害物衝突などに対して自律的に対処し安全に人の動作を支援する技術。

b) 制御技術

装着者の意思を反映し、随意的、自律的機能によって制御する技術。

c) 安全管理技術

動作支援中の環境情報を取得し、この情報を用いて安全確保を行うための管理技術。

d) 自己診断技術

ロボットの各機能が正常に動作していることを常時確認して、故障や異常を自動的に検出して通報または対処することにより安全に運用する技術。

e) 安全要素技術

モータ、バッテリー、センサ等の人間装着（密着型）型生活支援ロボットを構成する基盤部品に関する安全技術・リスク低減技術。

(2) 人間装着（密着）型生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2. 1. 4. 2 (1) に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべてを搭載した人間装着（密着）型生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①において開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定ユーザーによる、実環境あるいは模擬した環境において、上記2. 1. 4. 2 (1) で開発されたロボットの実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行う。

2. 1. 4. 3 達成目標

(1) 最終目標（平成25年度）

- ①上記2. 1. 4. 2 (1) に該当する安全技術を一部またはすべてを搭載した人間装着（密着）型生活支援ロボットが2. 1. 4. 2 (2) 項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。
- ②上記2. 1. 4. 2 (1) で開発されたロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。
- ③2. 1. 4. 2 (2) ②項の実証試験が完了していること。

(2) 中間目標（平成23年度）

- ①上記2. 1. 4. 2 (1) で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。
- ②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2. 1. 4. 2 (1) 項で開発されたロボットに搭載されていること。
- ③上記2. 1. 4. 2 (2) ①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

2. 1. 4. 4 特記事項

- (1) 安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準（SIL）等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。
- (2) 安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。
- (3) 実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。
- (4) 実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

2. 1. 5 研究開発項目⑤：安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発

2. 1. 5. 1 研究開発の必要性

人間の行動の範囲及び自由度を拡大する移動手段として、現在、自動車から自転車まで各種移動体が存在するが、少子高齢化の進展や CO2 ガス発生削減等の社会的課題を解決していくため、今後、高齢者や環境に配慮した移動体が求められてくる。具体的には、商業施設、駅・空港等の交通施設、オフィス、家庭に至るまで、不特定多数の歩行者や家族、他の移動体や障害物と同一空間内に共存し、搭乗者による操作または自律走行が可能な搭乗型生活支援ロボットが必要となる。

このため、本研究開発項目では、人や障害物が混在する状況において、人を乗せて移動する機能を備えた搭乗型生活支援ロボットの安全に関する課題を洗い出し、安全を実現するための要求仕様や運用ルールを明確にし、その課題を解決する安全技術を開発する。

2. 1. 5. 2 研究開発の具体的内容

(1) 搭乗型生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットを開発する。搭乗型生活支援ロボットとは、人を乗せて、操縦者の指令により、または自律的に安全かつ自在に移動する機能を実現するロボットである。ロボットの使用目的、使用環境及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や認証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な搭乗型生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

①リスク低減技術

a) 安定走行技術

搭乗者または、自律での走行速度指令による駆動力制御に加え、走行加減速や外力、凹凸や斜面等がある路面環境に対して自律的に姿勢を安定化し、安全に走行する技術。

b) 人・障害物回避技術

静止障害物の位置及び人等の移動障害物の位置・動きを検知する機能、またこれらとの衝突リスクを見積もり回避する等安全に走行する技術。

c) 自律走行技術

操縦者不在時の自律走行及び操縦アシストを含めた半自律走行時、②に記述する自己位置認識技術や地図情報生成技術、動的経路計画技術等の安全要素技術を使い安全に自律・半自律走行する技術。

d) 操縦者の意図推定、操縦支援技術

広範囲な利用者にとって簡便に操縦できるものとするために、短時間での習熟により操作できるような操縦者の意図推定、操縦支援技術を備え、安全に走行する技術。

e) 協調走行技術

ロボット間及びロボットと使用者間の相対位置・方位検出機能に基づき、追従制御等による協調走行を安全に実施する技術。

f) 自己診断技術

ロボットの各機能が正常に動作していることを常時確認して、故障や異常を自動的に検出して通報または修復することにより安全に運用する技術。

②安全要素技術

a) 自己位置認識技術

周囲環境のセンシングによる環境地図情報や移動履歴情報を活用することで自己位置を認識し安全な走行を確保するセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

b) 地図情報生成技術

ロボットに搭載されたセンサを用い、移動に必要な地図等の環境記述を生成する機能を持つことで、自己位置認識と動的経路計画機能を成立させ、安全な走行を確保するセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

c) 動的経路計画技術

目的地に到達するための経路を計画する技術において、動的障害物による経路変更等があっても、補正、再計画を自律的に行い、安全な走行を確保するセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

d) 姿勢安定化技術

ロボット自身の姿勢を検出し、外部環境から影響を受けても常に安定を保持し、安全な走行を確保する機構、センサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

(2) 搭乗型生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2. 1. 5. 2 (1) に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべてを搭載した搭乗型生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①において開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定運営先を模擬した環境において、上記2. 1. 5. 2 (1) で開発されたロボットの安全性実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行うこと。

2. 1. 5. 3 達成目標

(1) 最終目標 (平成25年度)

①上記2. 1. 5. 2 (1) に該当する安全技術を一部またはすべてを搭載した搭乗型生活支援ロボットが2. 1. 5. 2 (2) 項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。

②上記2. 1. 5. 2 (1) で開発されたロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。

③2. 1. 5. 2 (2) ②項の実証試験が完了していること。

(2) 中間目標（平成23年度）

- ①上記2. 1. 5. 2 (1) で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。
- ②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2. 1. 5. 2 (1) 項で開発されたロボットに搭載されていること。
- ③上記2. 1. 5. 2 (2) ①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

2. 1. 5. 4 特記事項

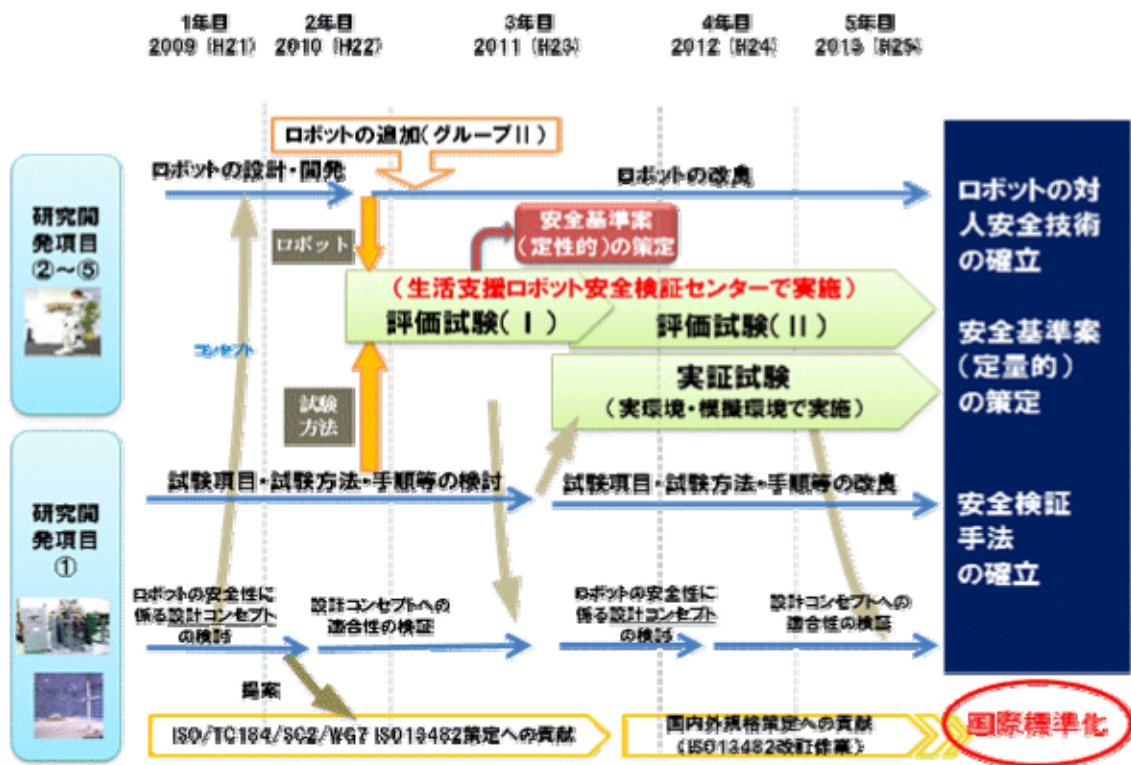
- (1) 安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準（SIL）等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。
- (2) 安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。
- (3) 実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。
- (4) 実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

2. 2 研究開発計画

研究開発マイルストーンを図Ⅱ－1に、開発予算を表Ⅱ－1に示す。

安全検証手法の研究開発（研究開発項目①）と安全技術を搭載したロボット開発（研究開発項目②～⑤）を並行して行う計画である。2年度目からは検討された試験方法をもとに整備される生活支援ロボット安全検証センターでロボットの評価試験を実施する。得られた試験結果を安全性検証手法の検討へフィードバックし、試験方法の改良、認証手法の構築を行う。また、初期の段階から生活支援ロボットの安全基準の国際標準化を目指す活動をISO/TC184/SC2/WG7を通して行う。2012年（予定）にISO13482の発行と、その後の改訂作業において、日本発の安全性基準を構築すべく研究開発成果をもとにした提案を行っていく。

なお、2年度目の末にロボットをグループⅡとして追加する。グループⅡの実施者は1年度目からプロジェクトで検討された安全性検証手法を用いて評価試験とロボットの改良に比較的早い段階からとりかかる。



図Ⅱ－1 研究開発マイルストーン

表Ⅱ－１ 開発予算

(単位:百万円)

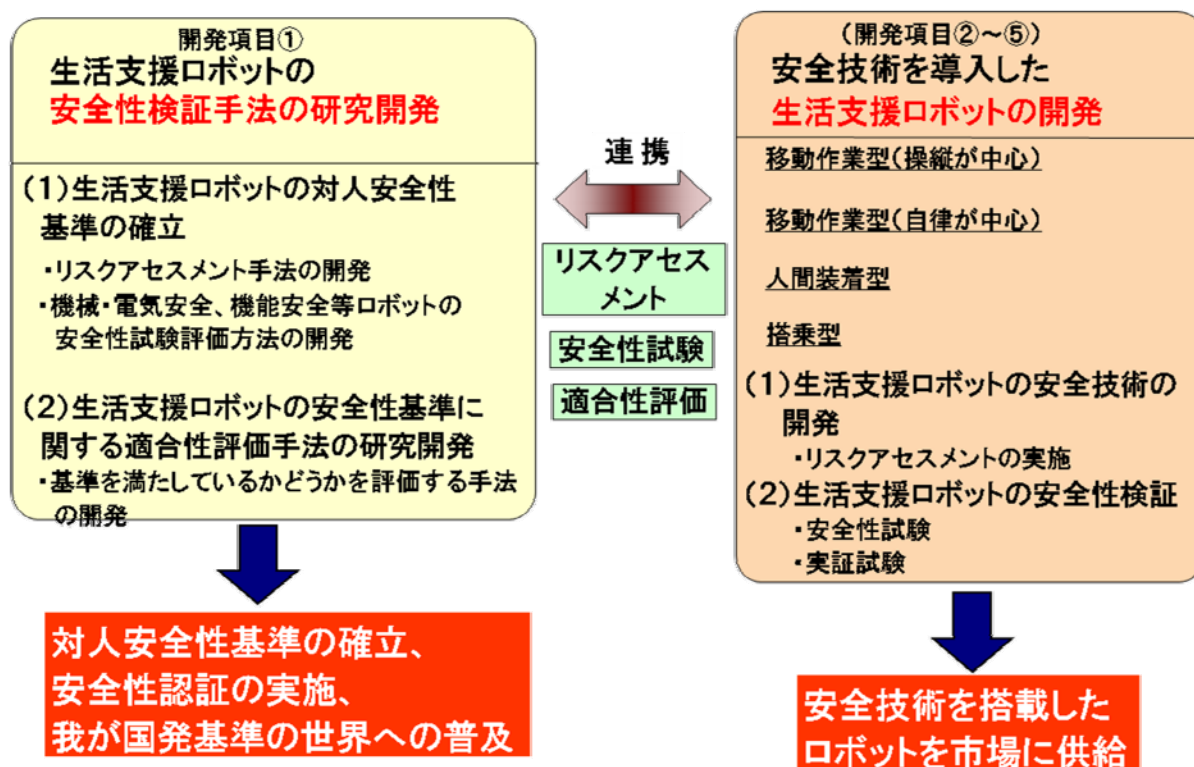
	1年目 H21(2009)	2年目 H22(2010)	3年目 H23(2011)
一般会計	1600	1520	1150
補正予算	—	840	—

2.3 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが実施者を公募により選定し、委託により実施している。本研究開発の推進にあたって、NEDOが研究開発責任者（プロジェクトリーダー）として独立行政法人産業技術総合研究所 知能システム研究部門 研究部門長 比留川 博久氏を任命した。

安全性検証手法を開発する実施者とロボットメーカーの実施者が連携してプロジェクトを実施する体制として、図Ⅱ－２に示すように安全性検証手法を開発する開発項目①と、安全技術を導入したロボットを開発する開発項目②が、各々の研究開発を進めながら、リスクアセスメント、安全性試験および適合性評価の手法検討や試行において連携することとした。

なお、研究開発項目①を実施する体制は国際標準化を推進できるものとし、研究開発項目②～⑤を実施する体制は、ロボットのハードウェアまたはソフトウェアの開発者、及び実証試験施設提供者の参加を得ることとした。



図Ⅱ－２ プロジェクトの実施体制（概念図）

各研究開発項目の実施者は以下の通りである。図Ⅱ－3にプロジェクトの実施体制を、図Ⅱ－4に当プロジェクトで開発するロボットの外観イメージを示す。

なお、研究開発の段階的推進として研究開発項目②～⑤の実施は、安全性に係る試験方法の検討段階であるプロジェクトの初年度から参加する「グループⅠ」と、開発された安全性に係る試験手法を用いて2年度目から試験を行う「グループⅡ」に分けて段階的に推進する。「グループⅡ」については、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順が策定される2年度目に公募により実施者を選定する。「グループⅡ」の実施者には中間目標の達成は求めていないため、プロジェクトの中間評価の評価対象に含めないこととした。

研究開発項目① 生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発：

財団法人日本自動車研究所
独立行政法人産業技術総合研究所
独立行政法人労働安全衛生総合研究所
国立大学法人名古屋大学
一般財団法人日本品質保証機構
日本認証株式会社
社団法人日本ロボット工業会
財団法人製造科学技術センター

研究開発項目② 安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発

（A）安全技術を導入した移乗・移動支援ロボットシステムの開発：

パナソニック株式会社
国立障害者リハビリテーションセンター

研究開発項目③ 安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発

（A）安全技術を導入した生活公共空間及びビルの移動作業型ロボットシステムの開発：

富士重工業株式会社

（B）安全技術を導入した警備ロボットシステムの開発：

総合警備保障株式会社
北陽電機株式会社
三菱電機特機システム株式会社

（C）安全技術を導入した配送センター内高速ビークルシステムの開発： [グループⅡ]

株式会社ダイフク

(D) 安全技術を導入した配送センター内のフォーク型物流支援ロボットの開発： [グループⅡ]

株式会社日立産機システム

株式会社日立プラントテクノロジー

研究開発項目④ 安全技術を導入した人間装着(密着)型生活支援ロボットの開発

(A) 安全技術を導入した人間装着型生活支援ロボットスーツ HAL の開発：

CYBERDYNE株式会社

国立大学法人筑波大学

(B) 安全技術を導入したリズム歩行アシストの開発： [グループⅡ]

株式会社本田技術研究所

研究開発項目⑤ 安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発

(A) 搭乗型生活支援ロボットにおけるリスクアセスメントと安全機構の開発：

トヨタ自動車株式会社

独立行政法人国立長寿医療研究センター

株式会社フォー・リンク・システムズ

(B) 安全要素部品群と安全設計に基づく搭乗型移動ロボットの開発： [グループⅡ]

アイシン精機株式会社

日本信号株式会社

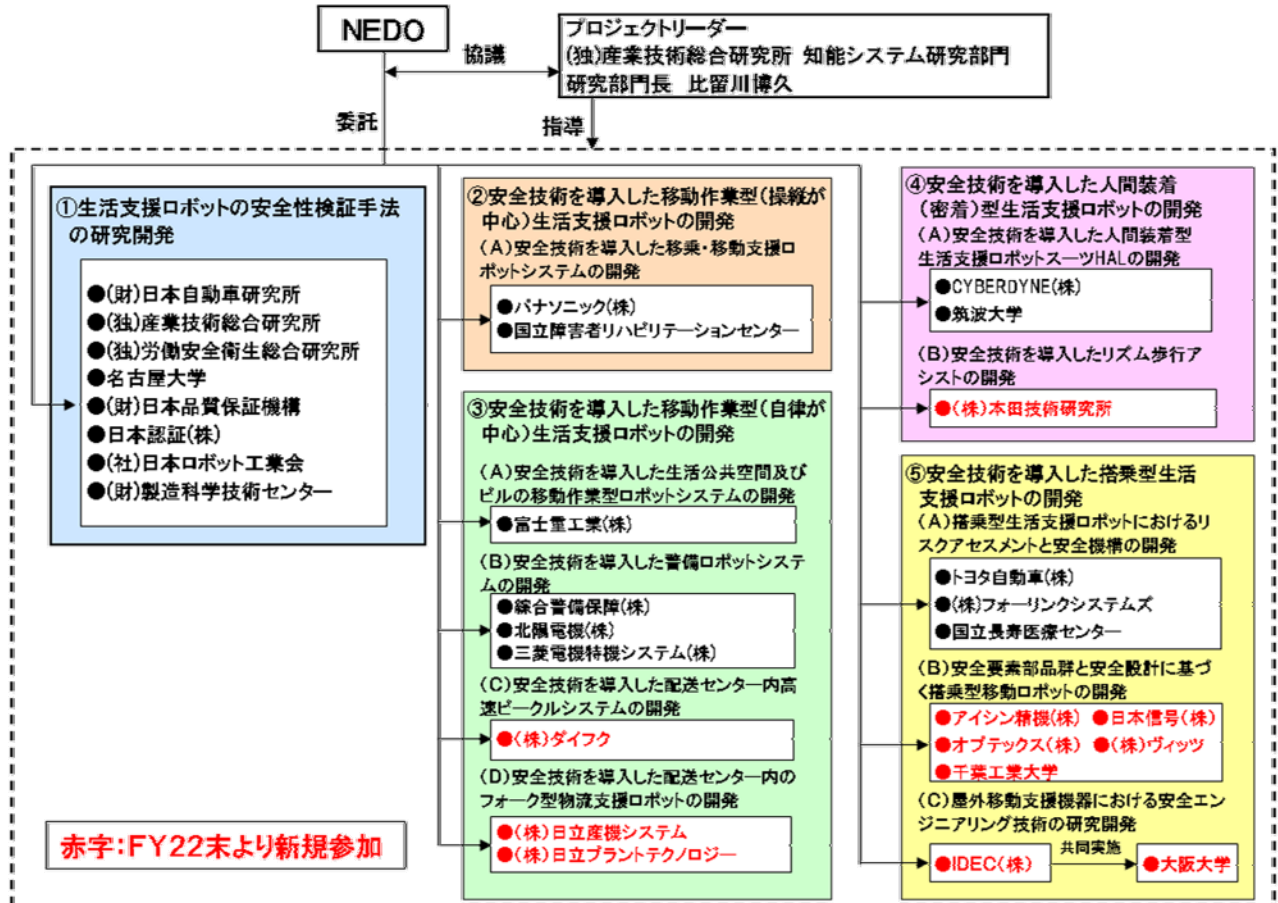
オプテックス株式会社

株式会社ヴィッツ

学校法人千葉工業大学

(C) 屋外移動支援機器における安全エンジニアリング技術の研究開発： [グループⅡ]

I D E C株式会社



図Ⅱ-3 プロジェクト実施体制 (平成23年度)

移動作業型(操縦中心)ロボット



移動作業型(自律中心)ロボット



人間装着(密着)型ロボット



搭乗型ロボット



図Ⅱ-4 プロジェクトで開発するロボット

2.4 研究開発の運営管理

研究開発の進捗管理を行うため、実施者が一堂に会す連絡会や半期に一度の進捗報告会の実施また、4半期に一度の進捗確認シートの作成を行っている。その概要は以下の通り。

2.4.1 安全性検証全体連絡会

実施者が一堂に会しプロジェクト全体のスケジュールおよび課題の確認、安全性検証手法の開発状況や開発した手法の紹介、またロボット開発事業者からの情報提供依頼などを行っている。

主催：NEDO、PL、 運営協力：開発項目①ステアリングコミッティー

開催頻度：2ヶ月に1度

2.4.2 進捗報告会

各実施者から半年間の研究進捗の説明、課題と今後のスケジュールを確認。

出席者：PL、NEDO、METI

報告者：各研究開発実施者

開催頻度：半年に1度

2.4.3 研究進捗確認シート

目標に対する研究開発の進捗資料を実施者（委託先）ごとに作成。

実施頻度：3か月に一度

2.4.4 安全検証手法開発実施者が主催する各種WG

安全検証手法の開発では、開発分野毎にWGを設け定期的に打ち合わせを行っている。その場には議題に応じてロボット開発実施者が参加している。また、安全性や制度に関連する専門家を外部委員として招き助言をいただいている。NEDOおよびMETIはオブザーバーとして参加。

2.4.5 秘密情報の管理について

研究開発を行っている複数の企業がプロジェクトに参加しており、技術情報を扱うにあたり、秘密保持に関するルールを定めている。

（1）安全性検証全体連絡会における秘密保持誓約について

2か月に1回実施している安全性検証全体連絡会は、その議題が各実施者において秘密情報として扱いたい技術情報や営利活動に必要な情報が含まれる場合があるため、これらの秘密情報を安全性検証全体連絡会の出席者のみにその開示範囲を限定するため、各参加者から秘密保持誓約書を提出してもらっている。

作成元：安全性検証全体連絡会に出席する各実施者

提出先：NEDO

(2) 安全性検証手法の開発者とロボット開発者間の秘密保持契約（NDA）について

安全性検証手法の開発では、各ロボット開発者から、ロボットの設計情報などの技術情報を入手する場合があります、その情報が他のロボット開発者に開示されると、情報の発信元の開発者の不利益になることが予想される。そのため、安全性検証手法開発者とロボット開発者の間で秘密保持契約を締結している。なお、安全性検証手法の開発者側に各ロボット開発者と連絡を取り合う窓口担当者を個別に設けている。これにより、他のロボット開発者の秘密情報が漏えいすることを防いでいる。

秘密保持契約の契約当事者： 安全性検証手法開発実施者（日本自動車研究所等）およびプロジェクト内ロボット開発実施者のうち1コンソ。

Ⅲ. 研究開発成果について

1.事業全体の成果

中間目標に対する研究開発成果は以下の表のとおりである。事業全体を総括すると、平成23年度末の目標に対し、順調に成果が得られており、平成24年2月末までに達成見込みである。

中間目標(平成23年度末)	研究開発成果	達成度
プロジェクト全体の目標 生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を開発するとともに、人間工学実験等による対人安全性に関するデータをロボット開発実施者に提供すること。研究開発の対象とした生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順の策定を行うこと。これらに基づき、対象としたロボットの安全性検証を完了していること。	生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を開発し、ロボット開発実施者に提供した。 開発対象ロボットの試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順の策定を行った。これらに基づきロボットの安全性検証を完了させる見込みである。	△ (H24/2達成見込み)
研究開発項目①：生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発 ①リスクアセスメント手法を開発すること。さらに人間工学実験等による対人安全性に関するデータをロボット開発実施者に提供すること。 ②各タイプの生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボット毎の試験・評価方法や手順の策定を行うこと。	①リスクアセスメント手法を開発した。 ②各タイプの生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボット毎の試験・評価方法や手順の策定した。	△ (H24/2達成見込み)
研究開発項目②～⑤：安全技術を導入した生活支援ロボットの開発 ①上記2.(1)で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。 ②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2.(1)項で開発されたロボットに搭載されていること。 ③上記2.(2)①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。	①リスクアセスメントに基づいた安全性確保のための必要技術を開発し、それを搭載したロボットのリスクアセスメントを終了し、安全試験項目をリストアップした。 ②実施計画に予定されている安全技術の開発を完了し、その一部をロボットに搭載した。 ③研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了した。	△ (H24/2達成見込み)

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

2. 研究開発項目毎の成果

2.1 研究開発項目①「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」の成果

【日本自動車研究所、産業技術総合研究所、労働安全衛生総合研究所、国立大学法人名古屋大学、日本品質保証機構、日本認証、日本ロボット工業会、財団法人製造科学技術センター】

2.1.1 成果と達成度のまとめ

本研究開発の中間目標と、中間評価時点の成果、および平成 23 年度の研究開発を実施することによって、年度末時点で見込まれる中間目標の達成度を以下の表に示す。

表Ⅲ.2.1.1-1 中間目標に対する達成度

研究開発課題	目 標 (平成 23 年度末目標)	研究開発成果 (中間評価分科会時点)	達成度 (平成 23 年度末見込み)
リスクアセスメント手法の開発	リスク要素の判断指標の導出に関する研究開発 (労働安全衛生総合研究所)	(1) 80% ロボットタイプ別リスクアセスメントシートのひな形を作成した。典型的リスクの分析シートを作成した。コンセプト検証自己チェックシートを作成した。 (2) 70% リスク要素の判断指標を調査し、分析を行った。	(1) 達成見込み(平成 23 年 12 月)。新規ロボットの分析を行い、各シート内容を拡充する。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験結果に応じて判断指標の追加/修正を試みて、指標を完成させる。
	リスク低減手段の最適配置手法の開発 (労働安全衛生総合研究所)	(1) 80% 各種リスク低減方策の分析を行い、その結果に基づく分類表を作成した。 (2) 60% 方策の適用順位を検討し、リスク分析シートを反映させた。制御方策の位置付けと適用順位を明らかにした。	(1) 達成見込み(平成 23 年 12 月)。新規ロボットの方策を分析して方策分類表を拡充する。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。特にマニピュレータを対象とする方策の適用手法について検討を加えて、手法の妥当性を検証する。
	リスク評価用シミュレーション環境の研究開発 (産業技術総合研究所)	(1) 90% リスクアセスメント結果についてロボット研究開発実施者に複数回のヒアリングを実施し、想定事故シナリオを作成した。 (2) 75% 4 タイプのロボットと事故現場について CAD データを作成した。 (3) 40%	(1) 達成見込み(平成 23 年 9 月)。ヒアリング調査により確定する (2) 達成見込み(平成 23 年 10 月)。確定した想定事故のシナリオに合わせてシミュレーションを修正する。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。シミュレーションの内容と提案したリスクアセスメント

			リスクアセスメントの実施についてシミュレーションを提供して協力する	手法そのものについて評価を得る。
機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発	総合評価試験	<p>機械・電気安全、機能安全性の総合評価試験方法の開発 (日本自動車研究所)</p> <p>(1) 総合評価に必要な試験装置を試験拠点候補場所に設置する。 (2) 総合的な安全性検証試験方法や手順を開発する。 (3) 開発した試験方法および手順に基づいて、全タイプのロボット研究開発実施者から提供されるロボットに対する安全性検証試験を行い、ロボット開発実施者に提供できるデータを得る。</p>	<p>(1) 90% ロボット研究開発実施者およびロボットビジネス協議会と連携して、試験対象のロボットの仕様を調査して試験装置の仕様を決定した。総合評価に必要な装置を試験拠点候補場所に設置した。 (2) 50% 試験方法検討 WG を開催して、総合的な安全性検証試験方法の検討を進めた。 (3) 90% 開発した試験方法を組み合わせ、各機関による基礎試験を実施してとりまとめた。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 24 年 12 月)。基礎試験の結果に基づいて試験設備の改造を行う。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。合理的、効率的に安全検証を行なうための総合的な試験手順をまとめる。 (3) 達成見込み(平成 23 年 8 月)。基礎試験結果をロボット開発実施者に提供する。</p>
	静的性能試験	<p>耐環境試験方法の開発(電気、放射の危険源を含む) (労働安全衛生総合研究所)</p> <p>(1) 温湿度サイクル試験および複合振動試験方法を開発する。 (2) 表面温度試験方法を提案する。 (3) 感電試験方法を提案する。 (4) 騒音試験方法を提案する。</p>	<p>(1) 60% 複合環境振動試験機を導入して既存関連規格に基づいた基礎試験を行った。ロボット実走行波形の取得と加振プログラム化を行った。 (2) 90% 耐久試験後のロボット表面と内部露出部の温度測定を行い、簡易判定を行った。 (3) 80% テストフィンガーを用いた充電可能性部位の通電検査を行った。 (4) 70% 通過騒音を複数マイクロホンで測定するシステムを構築し、基礎測定を行った。搭乗者暴露騒音を測定した。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験サイクルの最適化検討と判定基準の検討を加えて、試験方法を確立する。 (2) 達成見込み(平成 23 年 12 月)。単一故障状態の試験・評価方法について検討を加える。 (3) 達成見込み(平成 23 年 12 月)。単一故障状態の試験・評価方法について検討を加える。 (4) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。測定方法の妥当性検証と判断基準の検討を行い、試験方法を確立する。</p>

	<p>耐荷重・衝撃試験方法の開発 (日本自動車研究所)</p> <p>(1) 生活支援ロボットに適した耐荷重・衝撃試験装置を導入する。 (2) 生活支援ロボットに適した耐荷重・衝撃試験方法・手順を提案する。 (3) 生活支援ロボットの耐荷重・衝撃評価基準案を提案する。</p>	<p>(1) 80% 装置の仕様を検討して装置を導入した。基礎試験を実施して装置の課題を抽出した。 (2) 80% 試験方法素案を作成して基礎試験を行った。基礎試験の結果から試験方法の原案を策定した。 (3) 80% 基準の考え方を検討してまとめた。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 23 年 9 月)。装置の改良により課題を解決する。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験方法の原案に基づいて検証試験を試行して、試験方法・手順案を完成する。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。基準の考え方にそって、耐荷重・衝撃の評価基準案を策定する。</p>
動的性能試験	<p>走行安定性評価指標の導出に関する研究開発 (産業技術総合研究所)</p> <p>(1) 移動型生活支援ロボットに適した静的安定性試験装置、および平行二輪型などの制御によって安定性を確保する動的安定型ロボット用の重心移動制御装置を導入する。 (2) 移動型生活支援ロボットに適した静的安定性試験方法・手順、評価基準案を提案する。 (3) 平行二輪型などの制御によって安定性を確保する動的安定型ロボット用の試験装置を用いた試験方法・手順、評価基準案を提案する。</p>	<p>(1) 80% 装置の仕様を検討して設計・製作、導入した。基礎試験を実施して装置の課題を抽出した。 (2) 80% 試験方法素案を作成して基礎試験を行った。基礎試験の結果から試験方法の原案を策定した。基準の考え方を検討した。 (3) 40% 試験方法素案を作成して基礎試験を行った。基準の考え方を検討した。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 23 年 10 月)。装置の改良、外部計測装置の導入等により、課題を解決する。 (2) 達成見込み(平成 23 年 10 月)。試験方法の原案に基づいて検証試験を試行して、試験方法・手順案を完成、評価基準案を策定する。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験方法の原案に基づいて検証試験を試行して、試験方法・手順案を完成、評価基準案を策定する。</p>
	<p>走行安定性試験方法の開発 (日本自動車研究所)</p> <p>(1)生活支援ロボットに適した走行安定性試験装置を導入する。 (2)生活支援ロボットに適した走行安定性試験方法・手順を提案する。 (3)生活支援ロボットの走行安定性評価基準案を提案する。</p>	<p>(1) 80% 装置の仕様を検討して装置を導入した。基礎試験を実施して装置の課題を抽出した。 (2) 80% 試験方法素案を作成して基礎試験を行った。基礎試験の結果から試験方法の原案を策定した。 (3) 80% 基準の考え方を検討してまとめた。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 23 年 8 月)。装置の改良により課題を解決する。必要な装置を追加導入する。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験方法の原案に基づいて検証試験を試行して、試験方法・手順案を完成する。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。基準の考え方にそって評価基準案を策定する。</p>
	<p>耐久性試験方法の開発 (産業技術総合研究所)</p> <p>【移動型・搭乗型ロボット】 (1) 移動型・搭乗型ロボットに適した耐久性試験装置を導入する。</p>	<p>【移動型・搭乗型ロボット】 (1) 100% 装置の仕様を検討して設計・製作、導入した。基礎試験を実施して装置の課題を抽出した。</p>	<p>【移動型・搭乗型ロボット】 (1) 達成見込み(平成 23 年 8 月)。装置や治具の改良により課題を解決する。必要な装置・治具を追加導入する。</p>

	<p>(2) 移動型・搭乗型ロボットに適した耐久性試験方法・手順を提案する。</p> <p>(3) 移動型・搭乗型ロボットの耐久性評価基準案を提案する。</p> <p>【装着型ロボット】</p> <p>(1) 装着型ロボットに適した耐久性試験装置を導入する。</p> <p>(2) 装着型ロボットに適した耐久性試験方法・手順を提案する。</p> <p>(3) 装着型ロボットの耐久性評価基準案を提案する。</p>	<p>(2) 80% 予備電流計測による走行負荷決定法などの試験方法素案を作成して、基礎試験を行った。基礎試験の結果から予備電流計測による走行負荷決定法などの試験方法の原案を策定した。</p> <p>(3) 60% 基準の考え方を検討してまとめた。</p> <p>【装着型ロボット】</p> <p>(1) 85% 装置の仕様を決定し製作、導入した。基礎試験を実施して装置の課題を抽出し、改良型試験機を設計した。</p> <p>(2) 70% 試験方法の素案を作成し、基礎実験を行って素案の妥当性を検討した。</p> <p>(3) 60% 耐久性評価の考え方について検討した。</p>	<p>(2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験方法の原案に基づいて検証試験を試行し、試験方法・手順案を完成する。予備電流計測以外の走行負荷決定法を検討する。</p> <p>(3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。基準の考え方にそって走行耐久性の評価基準案を策定する。</p> <p>【装着型ロボット】</p> <p>(1) 達成見込み(平成 23 年 10 月)。改良型試験機の製作により課題を解決する。</p> <p>(2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。検討結果に基づき試験方法の原案を作成する。原案に基づいて検証試験を試行し、試験方法・手順案を完成する。</p> <p>(3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。基準の考え方に沿って評価基準案を策定する。</p>
制御性能試験	<p>環境認識(特に人検知)性能試験方法の開発 (産業技術総合研究所)</p> <p>(1) センサコンポーネントの環境認識に関する性能評価試験のための装置・環境を開発する。</p> <p>(2) 認識条件、認識対象のクラスを分類し定量化する。</p> <p>(3) 人や人の部位の検知を中心とした評価試験方法や手順を策定する。</p>	<p>(1) 80% センサの環境(特に人)検知性能に対する環境光の影響を評価した。外乱光源として、白熱電球、蛍光灯、ストロボ光、センサ自身を用いる光干渉試験を実施した。</p> <p>(2) 80% 産総研で開発した模擬 EPSE(電氣的検知保護装置)を対象とし、定量化した認識条件・認識対象のもとで光干渉試験を実施した。</p> <p>(3) 80% JISB 9704-3 の 5.4.6 に準拠あるいは参照した光干渉試験方法と手順をまとめた。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 23 年 8 月)。外乱光源として人工太陽灯を用いる光干渉試験を実施する。</p> <p>(2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。環境認識性能試験で蓄積したデータに基づき、認識条件、認識対象のクラス分類を明確化する。</p> <p>(3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。人工太陽灯を用いる光干渉試験方法と手順を策定する。</p>
	<p>軌道追従安定性試験方法の開発 (産業技術総合研究所)</p> <p>(1) 軌道追従安定性試験方法を提案する。</p> <p>(2) 軌道追従安定性の評価方法を確立する。</p>	<p>(1) 100% 障害物(移動・静止)検知・対応試験で行われる、障害物がない環境での予備走行で評価する手法を提案した。</p> <p>(2) 70% 評価項目を検討した。</p>	<p>(1) 達成。</p> <p>(2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。評価項目を精査し、評価基準を明らかにする。</p>
	<p>障害物(移動・静止)検知・対応試験方法の開発 (産業技術総合研究所)</p>		

	<p>(1) 生活支援ロボットに適した障害物(移動・静止)検知・対応試験装置を導入する。</p> <p>(2) 生活支援ロボットに適した障害物(移動・静止)検知・対応試験方法・手順を提案する。</p> <p>(3) 生活支援ロボットの障害物(移動・静止)検知・対応評価基準案を提案する。</p>	<p>(1) 70% 三次元動作解析装置、障害物接近再現装置、ロボット走行状態模擬装置の仕様を検討して設計・製作し、一部の装置を導入した。基礎試験を実施して、試験データの自動解析ツールを開発し、また装置の課題を抽出した。</p> <p>(2) 70% 試験方法の素案を作成して基礎試験を行った。基礎試験の結果から試験方法の原案を策定した。</p> <p>(3) 60% 基準の考え方を検討してまとめた。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 23 年 8 月)。装置や治具の改良により課題を解決する。装置の連携による高精度化と高速な移動対象に対応する。必要な装置・治具を追加導入する。</p> <p>(2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験方法の原案に基づいて検証試験を試行し、試験方法・手順案を完成する。</p> <p>(3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。基準の考え方にそって評価基準案を策定する。</p>
	<p>緊急停止性能試験方法の開発 (労働安全衛生総合研究所)</p> <p>(1) 緊急停止性能の試験項目を選定し装置を開発する。</p> <p>(2) 接触力測定方法を提案する。</p>	<p>(1) 70% 衝突試験等と試験項目を整理し、接触式センサ検知後の接触力変化を測定する装置を開発した。基礎試験を行って、装置の課題を抽出した。</p> <p>(2) 80% 動的小よび静的挟圧力の判断基準を検討し、基礎試験結果で検証した。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。装置の改良を施し試験方法を再検討する。</p> <p>(2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。改良した装置による試験結果と衝突試験等で得られる結果と併せて、判断基準を提案する。</p>
対人安全性能試験	<p>衝突安全性能試験方法の開発 (日本自動車研究所)</p> <p>(1)生活支援ロボットに適した衝突安全性能試験装置を導入する。</p> <p>(2)生活支援ロボットに適した衝突安全性能試験方法・手順および精度保証技術を提案する。</p> <p>(3)生活支援ロボットの衝突安全性能評価基準案を提案する。</p>	<p>(1) 80% 装置の仕様を検討して装置を導入した。基礎試験を行なって装置の課題を抽出した。</p> <p>(2) 80% 試験方法素案を作成して基礎試験を行った。基礎試験の結果から課題を抽出した。基礎試験の結果から試験方法の原案を策定した。</p> <p>(3) 50% 基準の考え方を検討した。策定する基準の根拠となる関連分野のデータを、調査により収集した。</p>	<p>(1)達成</p> <p>(2)達成見込み(平成 24 年 2 月)。 試験方法の原案に基づいて検証試験を試行して、試験方法・手順を完成する。</p> <p>(3)達成見込み(平成 24 年 2 月)。関連分野のデータを整理、分析して、衝突安全の基準案を策定する。</p>

	<p>接触安全性能試験方法の開発(名古屋大学)</p> <p>(1) 実証評価試験のための装置を学内評価試験装置として完成させる。 (2) 試験方法・手順を提案する。 (3) 安全規範を創出して安全基準を策定する。</p>	<p>(1)100% 運動の計測システムを構築した。 (2)70% 試験方法の基本的な考え方を導出した。 (3) 50% リスクアセスメントを行い、安全基準策定に資する情報の取得・収集を行った。</p>	<p>(1) 達成。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。健全な青年を参加者として、安全評価装置および装着型ロボット研究開発実施者から提供されるロボットを加えた実証試験を行い、試験方法・手順を完成させる。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。上記結果を参考に、安全規範に基づく評価基準の調査、策定を行う。</p>
	<p>操作・情報提示機能検証試験方法の開発 (産業技術総合研究所)</p> <p>(1) 生活支援ロボットに適した操作・情報提示機能検証試験装置を導入する。 (2) 生活支援ロボットに適した操作・情報提示機能検証試験方法・手順を提案する。 (3) 生活支援ロボットの操作・情報提示機能検証の評価基準案を提案する。</p>	<p>(1) 70% 三次元動作解析装置、障害物接近再現装置の仕様を検討して設計・製作し、一部の装置を導入した。模擬基礎試験を実施して、装置の課題を抽出した。 (2) 60% 試験方法の素案を作成して模擬基礎試験を行った。模擬基礎試験の結果から試験方法の原案を策定した。 (3) 50% 基準の考え方を検討した。策定する基準の根拠となる関連分野のデータを調査した。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 23 年 8 月)。装置や治具の改良により課題を解決する。装置の連携による高精度化と高速な移動対象に対応する。必要な装置・治具を追加導入する。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。試験方法の原案に基づいて検証試験を試行し、操作・情報提示機能検証試験方法・手順案を完成する。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。基準の考え方にそって操作・情報提示機能検証の評価基準案を策定する。</p>
機能安全性試験	<p>機能安全技術基準開発 (産業技術総合研究所)</p> <p>(1) 機能安全規格への適合の状況を調査する。 (2) 電子技術による安全関連システムの技術動向を調査する。 (3) 生活支援ロボットの機能安全評価の対象範囲と、安全度水準を規定する。 (4) 生活支援ロボットの機能安全評価の対象範囲と、安全度水準に対して、詳細な要求事項および評価規準を規定する。</p>	<p>(1) 100% コンセプト自己チェックシートに基づく機能安全への対応状況を調査した。 (2) 90% 機能安全規格 IEC 61508 に基づく機能安全導入のための技術資料および機能安全ガイドラインを作成した。 (3) 50% 生活支援ロボットが備える安全機能について、模擬リスクアセスメントを実施中。 (4) 50% 各ロボットメーカーに対する規格対応状況および機能安全技術の導入状況に関する調査を実施中。</p>	<p>(1) 達成。 (2) 達成見込み(平成 23 年 10 月)。ISO 26262(自動車安全関連システムの機能安全)の制定に合わせて、技術調査を行う。 (3) 達成見込み(平成 23 年度 12 月)ISO 13482/DIS を参照して、安全関連システムの模擬リスクアセスメントを完了する。 (4) 達成見込み(平成 24 年度 2 月)。IEC 62061 および IEC 61508 をベースとして、妥当な技術基準を提案する。</p>

	<p>有線通信に関する安全性・信頼性試験 (産業技術総合研究所)</p> <p>(1) 有線通信の利用形態を調査する。 (2) 試験方法評価のためのテストベッドシステムを開発する。 (3) 有線通信ソフトウェア、電気的物理的試験方法を確立し要求仕様を策定する。</p>	<p>(1) 100% 各生活支援ロボットの安全関連系／非安全関連系での有線通信の利用を調査した。 (2) 100% 高信頼通信を用いたテストベッドシステムを開発した。 (3) 50% 電気的物理的試験機器を導入し、ソフトウェアを開発した。</p>	<p>(1) 達成。 (2) 達成。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。テストベッドシステムに対して、開発したソフトウェア試験、および電気的物理的試験を実施し、基準評価に基づいて要求仕様を策定する。</p>
	<p>無線通信に関する安全性・信頼性試験方法の開発(電磁環境試験を含む) (労働安全衛生総合研究所)</p> <p>(1) 生活支援ロボット用の EMC 安全試験の試験装置を導入する。 (2) 生活支援ロボット用の EMC 安全試験の試験方法・手順を提案する。 (3) 生活支援ロボット用の EMC 安全試験の評価基準案を提案する。</p>	<p>(1) 80% 装置の仕様を検討して作成した。試験を行なって装置の機能を確認し、改善すべき課題を抽出した。 (2) 60% 試験方法素案を作成して基礎試験を行った。基礎試験の結果から課題を抽出した。 (3) 40% 策定する基準の根拠となる関連分野の規格書を収集し、サーベイした。基礎試験を通じて、現状の生活支援ロボットの EMC 性能を把握した。</p>	<p>(1) 達成見込み(平成 23 年 12 月)。試験治具の改良を行い、装置を完成させる。 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。安全性の確認が十分であるかを再検証し、試験の効率性も検討し、試験方法・手順を完成する。 (3) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。関連規格との整合性を考慮した上で、評価基準が妥当であるかを外部の専門家の意見を集約する。また、提案する試験案が実際の運用に耐え得るものか判断する。</p>
	<p>機能安全確認試験方法の開発 (日本自動車研究所)</p> <p>(1)故障影響事例を具体的に試行する。 (2)生活支援ロボットに適した機能安全確認試験方法を提案する。</p>	<p>(1) 100% センサ非検知時の挙動再現を試行した。 (2) 50% センサの非検知時およびハードウェアの故障時の動作確認手法をまとめる。</p>	<p>(1)達成 (2)達成見込み(平成 24 年 2 月)。機能安全を搭載したロボットの試験を実施して、手法をまとめる。</p>
<p>生活支援ロボットの安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発</p>	<p>認証モジュール設計に関する研究開発 (日本品質保証機構)</p> <p>(1)認証スキーム案を作成する。 (2)生活支援ロボットを対象とした認証スキーム(認証機関／適合性評価研究機関の位置づけを含む)を策定する。</p>	<p>(1) 100% 認証スキーム案を作成した。 (2) 50% 生活支援ロボットを対象とした認証スキーム(認証機関／適合性評価機関等の位置づけを含む)を作成する。</p>	<p>(1)達成 (2)達成見込み(平成 24 年 2 月)。認証スキームの策定に必要となる評価基準の規定化はパイロットスタディによる(平成 23 年 5 月末から実施)</p>

	<p>安全性評価基準の規定化に関する研究開発 (日本品質保証機構)</p> <p>認証スキームに必要な評価基準を規定化する。 (1)生活支援ロボットの安全要求事項(グランドデザイン)案を作成する。 (2)ロボットタイプに対応した安全要求事項を作成する。</p>	<p>(1) 100% ISO13482 を基にした、生活支援ロボットの認証のための安全要求事項(グランドデザイン)案を作成した。 (2) 50% ISO13482 を基に、各タイプのロボットに対応した安全要求事項を作成する。</p>	<p>(1)達成 (2)達成見込み(平成 24 年 2 月)。パイロットスタディの結果を(1)のグランドデザイン案に反映し、各タイプのロボットに対応した安全要求事項を作成する</p>
	<p>機能安全の規格適合性認証手順に関する研究開発 (日本品質保証機構・日本認証)</p> <p>(1)規格適合性評価方法として、コンセプト検証自己チェックシートを作成・検証する。 (2)機能安全に関する技術検討会を開催し、ロボット研究開発者の取組み課題を抽出し、規格適合の理解向上を計る。 (3)ハードウェア検証用評価ツールを開発する。 (4)ソフトウェア検証用評価ツールを開発する。</p>	<p>(1) 100% 第 1 部(設計段階)、第 2 部(ハードウェア編)、第 3 部(ソフトウェア編)を作成・検証した。 (2) 100% 第 1 部(ハードウェア編)、第 2 部(ソフトウェア編)、第 3 部(認証編)を開催した。 (3) 60% 第 1 部(ランダム故障率をもとに SIL 値計算迄を系統的に算出)を開発した。第 2 部(マルコフモデルによる故障率計算)を開発中。 (4) 30% 適合性評価方法の雛型とする文書の一覧表を作成する。</p>	<p>(1)達成 (2)達成 (3)達成見込み(平成 24 年 2 月)。 (4)達成見込み(平成 24 年 2 月)。</p>
<p>生活支援ロボットの安全性に関する情報の蓄積・提供手法の研究開発</p>	<p>安全性に関するデータの蓄積・提供手法に関する研究開発 (日本ロボット工業会)</p> <p>(1)安全認証、評価基準策定につながる安全関連データを収集・蓄積ならびに再利用手法に関する研究開発を行い、安全関連データシステムを構築する。 (2)また、安全基準や評価基準を基に得られる規格類について、国際標準化(案)を策定する。(国際標準化の国内対策委員会と連携して推進する)</p>	<p>(1) 80% 安全関連データの収集・蓄積・運用を目的としたデータシステムのプロトタイプシステムを構築し、安全関連資料、本プロジェクトで産出されたリスクアセスメント関連資料、試験関連データ等を入力した。 (2) 70% プロジェクトの開発計画と ISO13482 規格原案(DIS)要件の整合性を確認するとともに機能安全要件への対応検討と認証スキーム設計を行った。</p>	<p>(1)達成見込み(平成 24 年 2 月)。 (2)達成見込み(平成 24 年 2 月)。ISO13482 の FDIS 発行に向けて、プロジェクト意見を検討している規格案に反映する。</p>

	<p>関連法規等を考慮した安全性に関する情報の蓄積・提供手法に関する研究開発 (製造科学技術センター)</p> <p>(1) 生活支援ロボットと国内外の法律や制度との関係を比較検討する。 (2) 国内法制度への提言を行う。</p>	<p>(1) 100% (2) 50%</p> <p>欧州の生活支援ロボットに適した法制度を、国情の違いを配慮しつつ、可能な部分を取り入れることを提言する。</p>	<p>(1) 達成 (2) 達成見込み(平成 24 年 2 月)。</p>
--	---	--	---

2.1.2 成果の詳細

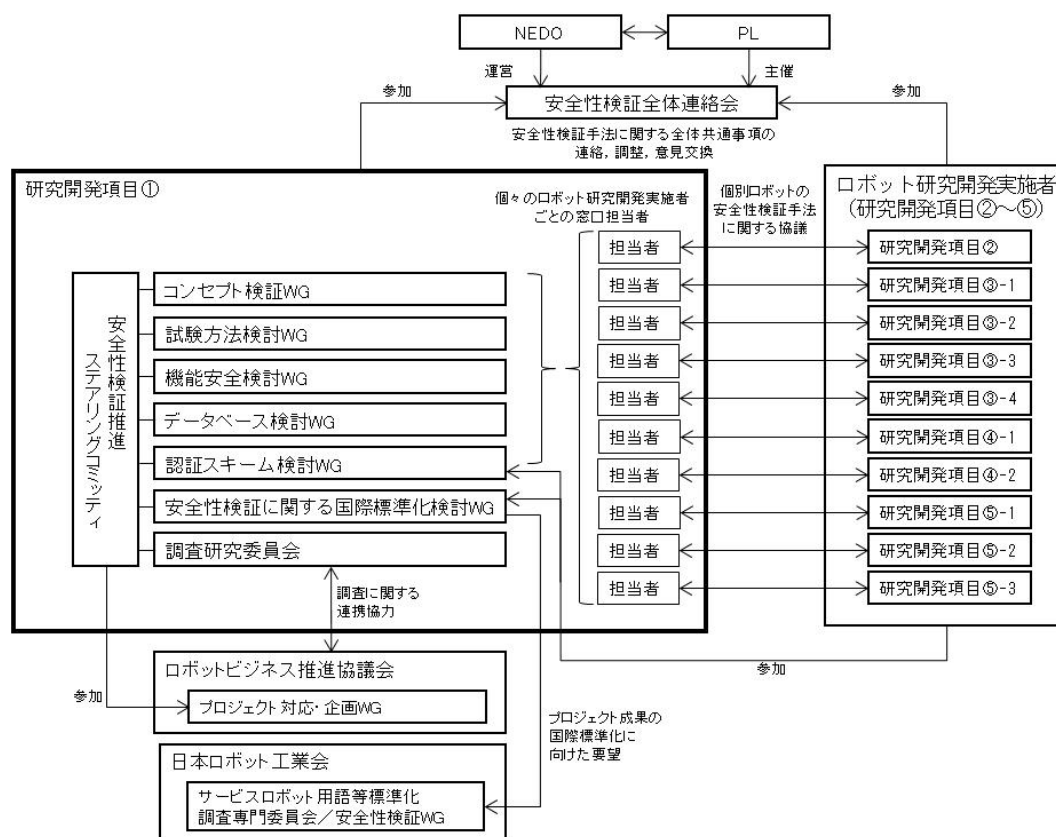
2.1.2.1 研究開発推進体制の構築

研究開発を円滑に推進するために、図Ⅲ.2.1.2-1 に示す体制を構築した。研究開発の内容ごとに 7 つの WG 等を設けるとともに、「安全性検証推進ステアリングコミッティ」が研究開発項目①の研究開発全体を管理運営している。

ロボット研究開発実施者との連携については、プロジェクトリーダーが主催する「安全性検証全体連絡会」で、全体共通事項に関する連絡や調整、意見交換を行っているほか、個々のロボット研究開発実施者との窓口担当者を設けて、情報交換や相互の研究開発を効率化している。また、「認証スキーム検討WG」と「安全性検証に関する国際標準化検討WG」ではロボット研究開発実施者をメンバーに加え、ロボット製造者の立場からの意見をいただいている。

研究開発を進めるにあたって、本プロジェクトに参加していないロボット製造者やユーザ等の意見を取り入れるために、ロボットビジネス推進協議会に設けられた「プロジェクト対応・企画WG」に参加し、安全性検証手法に関する情報交換、意見交換を行っている。

研究開発項目①の成果を国際標準に反映させるために、「安全性検証に関する国際標準化検討WG」を通じて、日本ロボット工業会に設けられた「サービスロボット用語等標準化調査専門委員会／安全性検証WG」に提言を行っている。



図Ⅲ.2.1.2-1 研究開発項目①の研究開発推進体制

2.1.2.2 リスクアセスメント手法の開発

(1) リスク要素の判断指標の導出に関する研究開発 (担当機関: 労働安全衛生総合研究所)

(a) リスクアセスメント調査

ロボット研究開発実施者 (5 者) に対して、対象ロボットの仕様とリスクアセスメント実施状況の調査を行った。その結果、各社共にリスクアセスメントは取り組み済みであり、機械安全基本規格や電気安全規格、医療機器規格を参考にしていることがわかった。また、各社共通の課題と

して、

- ・リスク要素の見積もり基準が明確でない、
 - ・リスクの低減方策（戦略）が確定しない、
 - ・アセスメントの終了の目安が不明、
- があることがわかった。

(b) リスクアセスメントシートの作成

上記調査結果を基に、ロボットタイプ別（移動作業型、搭乗型、装着型）のリスクアセスメントシートのひな形を作成した。特に、アセスメント品質を左右する前提条件の記述と、リスク低減方策の適用順位、リスク低減効果が反映しやすい見積もり方法を盛り込んだ（図Ⅲ.2.1.2-2）。

また、リスクアセスメント実施者が理解しやすくするため、作成したひな形シートに対する解説書を作成し、ひな形シートと併せてロボット研究開発実施者へ提供した。

リスクの見積/評価基準

算出式：リスク点数(R)＝危害の酷さ(S)×危害の発生確率(Ph)

判定基準：3≤R≤6 十分低い/無視できる(リスク低減は不要)
 7≤R≤14 低い～中程度/条件付き受容/検討を要する(リスク低減を推奨)
 15≤R≤44 高い/受容できない(リスク低減が必要)

危害の酷さ(S)	
4	重大障害(長期治療)
3	医療措置(短期回復)
2	応急手当で回復
1	無傷/一時的な痛み

注：晒される頻度とは、一般的にロボットと人との接近する度合いとなる。晒される時間は、ロボットのアクティブ状態(通電時)に対して見積もる。

危害の発生確率(Ph=F+Ps+A)		
晒される頻度/時間(F)	危険事象の発生確率(Ps)	回避可能性(A)
4 連続的/常時	4 高い(起こりやすい)	
3 動作中頻繁/長時間	3 ありえる	3 不可能
2 動作中数回/短時間	2 可能性あり	
1 まれ/瞬間的	1 低い(まれ)	1 条件付きで可能性あり

		危害の発生確率(Ph)									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
危害の酷さ(S)	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	2	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
	3	9	12	15	18	21	24	27	30	33	
	4	12	16	20	24	28	32	36	40	44	

← リスク低減推奨 (R=11)

← リスク低減必要 (R=33)

図Ⅲ.2.1.2-2 リスクアセスメントシートひな形で採用したリスク見積もり基準と評価

(c) 典型的リスクの分析シートの作成

主に移動型ロボットに対する典型的危険源を抽出し、各々の危険源について対象となるタスクや関与する人、関連領域等の分析を加えて分類表を作成した。

(d) コンセプト検証チェックシートの作成

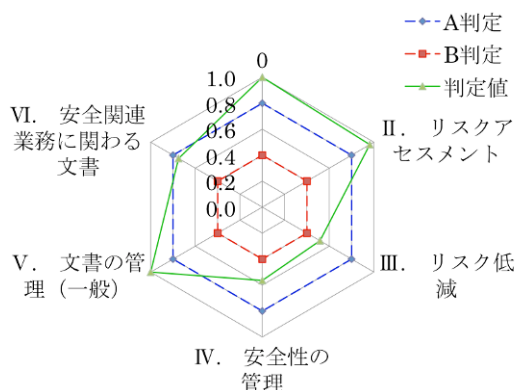
リスクアセスメントを柱とするロボットの安全設計戦略を明確にするため、設計コンセプトの要件を抽出し（表Ⅲ.2.1.2-1）、これをチェックシートの形でまとめた。この作業はコンセプト検証 WG で検討、改良を加えながら、シート使用者が自己採点できるような仕組みとし、結果はレーダーチャート（図Ⅲ.2.1.2-3）で示した。このシートを第 1 部としてロボット開発者へ提供し、

基本的な安全設計コンセプトが確立されているかを検証した。

また、後述する「2.1.2.4 生活支援ロボットの安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発」と協調して、機能安全規格をベースとする第2部（ハードウェア編）と第3部（ソフトウェア編）も続いて作成し、ロボット研究開発実施者へ提供した。

表Ⅲ.2.1.2-1 コンセプト検証自己チェックシート第1部の主要チェック項目

No.	大項目	主要な小項目	趣旨(抜粋)	配点
I	安全確保の方針	ロボットの形態、安全設計方針、人とロボットの役割	安全に配慮した設計準備の確認	9
II	リスクアセスメント	使用環境・条件の設定、実施体制、再リスク評価	想定使用条件の確認、リスク軽減効果を考慮した再リスク評価の確認	27
III	リスク低減	本質的安全化、保護装置(停止、制御、人体検出)、機能安全の導入、付加保護方策、残留リスク対応、管理方策	設計図面上の危険源抑制の確認、保護方策とその機能の確認、ユーザへの使用上の情報提供の確認	104
IV	安全性の管理	組織の校正・運営、責任体制、文書化、管理、監督	組織・要員の位置付けと責任の明確化、業務・情報の管理の確認	62
V	文書管理	一般文書作成・管理計画	全ての文書共通の基本要件の確認	12
VI	安全関連業務に関わる文書	必要情報、安全要求に関わる計画書・仕様書、ハードウェア/ソフトウェアの試験に関する計画書・仕様書	情報の文書化の確認、必要文書の確認	36



図Ⅲ.2.1.2-3 チェックシート第1部（設計段階）の判定結果例

(e) リスク要素の判断指標の検討

リスク要素の判断指標について、既存規格や文献調査を行い、ロボットに適用可能かを判断した。その結果、特に危害の酷さに関する指標が少なく、存在するものであってもクリティカルなレベルや対象者が限定されるなどの課題が見つかった。

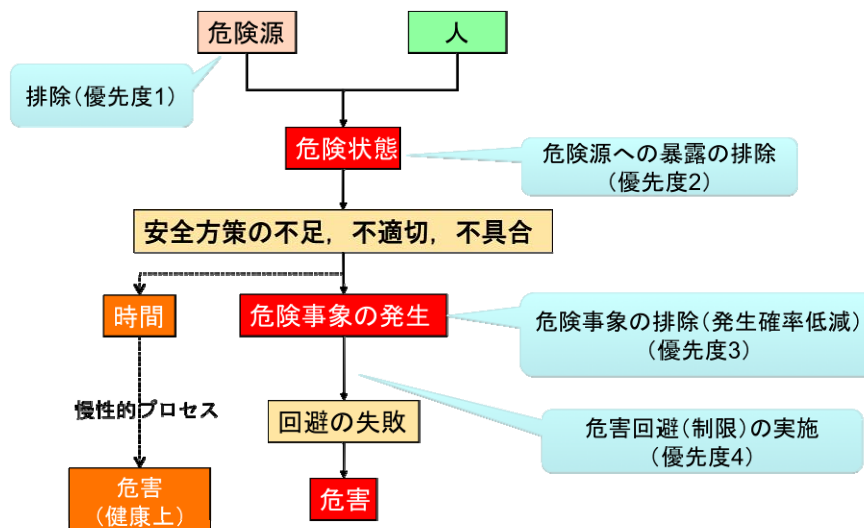
そこで、既存規格類でコンセンサスが得られている指標や予備測定済みの痛覚耐性値等を参考に、子供を対象とする場合のスケーリングや人体部位毎の限界閾値の検討を行っている。

(f) 今後の予定

リスクアセスメントシートについては、新しいタイプのロボットに合わせたひな形を検討する予定である。さらに、これらのロボットを対象とした典型的リスク分析も行う。

コンセプト検証自己チェックシートについては、新しいロボットの構造や機能に対しても適用可能かを検討し、必要であれば改良を加える。

リスク要素の判断指標については、類似機器で利用されている情報をさらに調査するとともに、試験方法の開発において得られる情報を反映できるようにする。



図Ⅲ.2.1.2-4 危害に至るプロセスと対応するリスク低減方策（優先度の決定）

(3) リスク評価用シミュレーション環境の研究開発（担当機関：産業技術総合研究所）

(a) 背景と目標

本研究開発項目ではシナリオベースのリスクアセスメントに必要な想定事故シミュレーション環境を構築する。

リスクアセスメントとはハザードの同定とリスクの見積りを含む安全性の評価のプロセスである。シナリオベースのリスクアセスメント手法には What-If 分析などが知られているが、生活支援ロボットに関しては過去に事故を経験していないために、事故シナリオの理解を共有するための実例が得られない。そこで本研究開発項目では生活支援ロボットのリスクアセスメントに資する想定事故のシミュレーション環境を専門家の予見に基づいて構築することを目指す。

想定事故シミュレーション環境は汎用三次元ロボットシミュレータの仮想空間に構築されるロボットモデル、環境モデルと挙動モデルの組み合わせからなる。専門家による事故の予見はヒアリング調査によって抽出する。これらをロボット研究開発実施者の 4 種類の生活支援ロボットについて構築し、このデータを認証機関および一般生活支援ロボット開発者に提供する。

What-If 分析とは、事故の初期条件を様々に設定してその影響を考察する分析法である。ロボットの移動速度や形状のさまざまなバリエーションを考えて最もリスクが少ないロボット設計を行うことなどが考えられるが、事故のシナリオについて共通の認識がないままディスカッションを進めると収束しないおそれがある。

(b) 事故シナリオの分析

平成 21 年度に各ロボット研究開発実施者に対してリスクアセスメントのヒアリング調査が 2 回行われた。ここで各実施者が想定する事故シナリオ、またはロボット固有のハザードが調査された。この調査結果から、4 タイプのロボットにそれぞれ共通する典型的な事故シナリオの抽出を行った。抽出したロボットの事故シナリオの一例を表Ⅲ.2.1.2-3 に示す。

表Ⅲ.2.1.2-3 想定事故シナリオの例

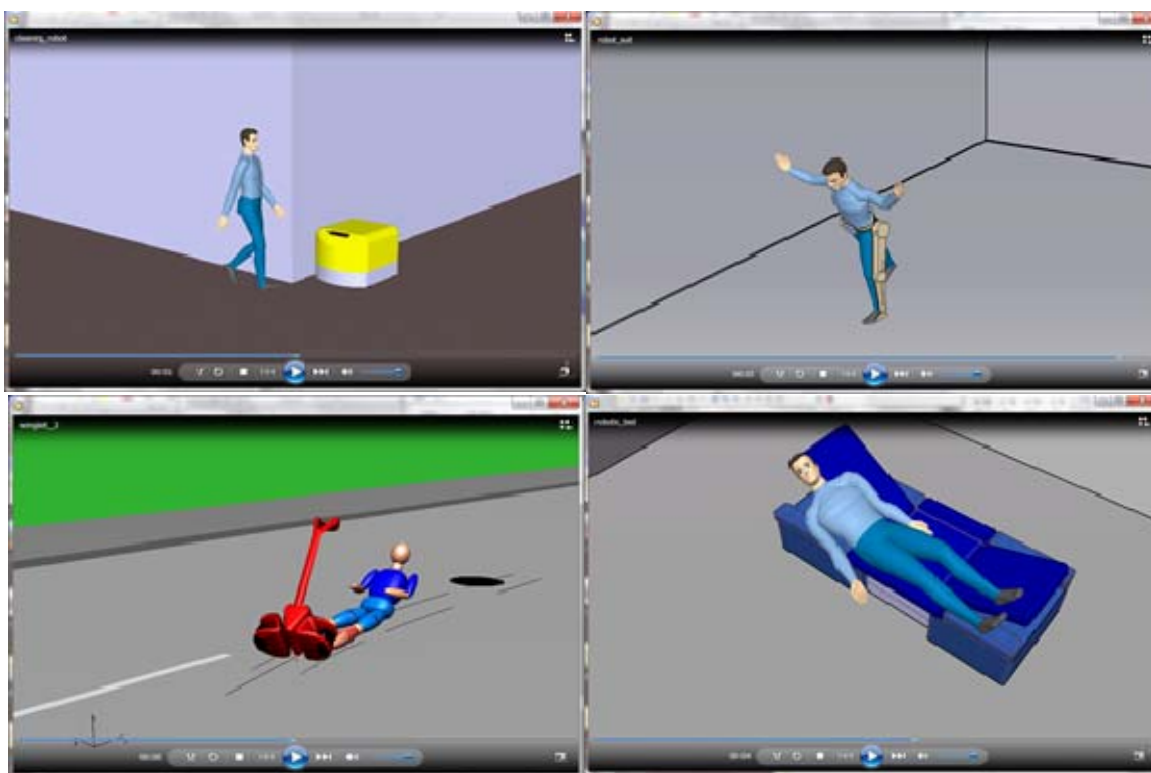
ロボットタイプ	移動作業型（自律が中心）生活支援ロボット
原因	会社員がオフィスフロアの廊下をあわてて走っている。同フロアで作動する清掃ロボットは地上 60cm 程度の大きさである。
結果	会社員は見通しの悪い廊下の曲がり角で清掃ロボットと出くわすが、小さいロボットが視界に入るのが遅れ、回避が間に合わない。ロボットにつまずいて転倒し、怪我をする。

(c) 物理シミュレータの調査

本研究課題に関連する物理シミュレータには機構シミュレータ、構造解析シミュレータ、ロボットシミュレータや交通事故シミュレータがある。機構シミュレータとは複数の機械的要素から成る機構を3次元空間上で一般的に動作させることができるものであり、商用システムとしてはADAMS、LATTICE、Simuliaなどがある。生活支援ロボットの事故もシミュレーションすることができると考えられるが、表現の自由度が非常に高いために工数が大きくなる。本研究課題に適用することができるソリューションパッケージを調査したが、発見できなかった。

構造解析シミュレータとは構造材料の変形などを主に有限要素法でシミュレーションするものであり、オプションとして機構シミュレーションの機能を持つことが多い。商用システムとしてはLS-DYNAなどがあり、事故時の人体の傷害の程度をシミュレーションするなどの用途で実績もある。ただしこちらも表現の自由度が非常に高いために工数が大きくなる。本研究課題に適用することができるソリューションパッケージを調査したが、発見できなかった。

引き続き調査中であるものの、現在想定している用途では、交通事故シミュレータの商用システムであるPC-Crashで数値シミュレーションを行い、現有資産であるロボットシミュレータ、DELMIAにパラメータをトレースすることにより事故を可視化することができることを確認した。



図Ⅲ.2.1.2-5 PC-CrashとDELMIAによるシミュレーションの例

(d) 評価

基本的な考え方として、既存のチェックリストによるリスクアセスメントに加え、このようなシミュレーションに依存したリスクアセスメントが新たなハザードの同定と安全方策の決定に寄与できたかどうかについて評価する。評価は開発者による定性的な評価を行うものとし、全部または一部のロボット研究開発実施者のリスクアセスメント担当者に対して、評価を依頼する。

2.1.2.3 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発

(1) 機械・電気安全、機能安全性の総合評価試験方法の開発（担当機関：日本自動車研究所）

(a) 背景と目標

生活支援ロボットの安全要求事項は、機械・電気安全、機能安全性など多岐にわたるため、すべての検証を個別のロボットメーカーや試験機関で行なうことは効率的でないと考えられる。そこで、合理的、効率的な安全検証を行なうために、検証試験のワンストップサービスを可能にすることを旨として、必要な設備を試験拠点候補場所に設置する。さらに、これらを用いた総合的な安全性検証試験方法や手順を開発する。また、開発した試験方法および手順に基づいて、全タイプのロボット研究開発実施者から提供されるロボットに対する安全性検証試験を行い、ロボット研究開発実施者に提供できるデータを得る。

(b) 試験設備の導入

1) 必要な試験の抽出

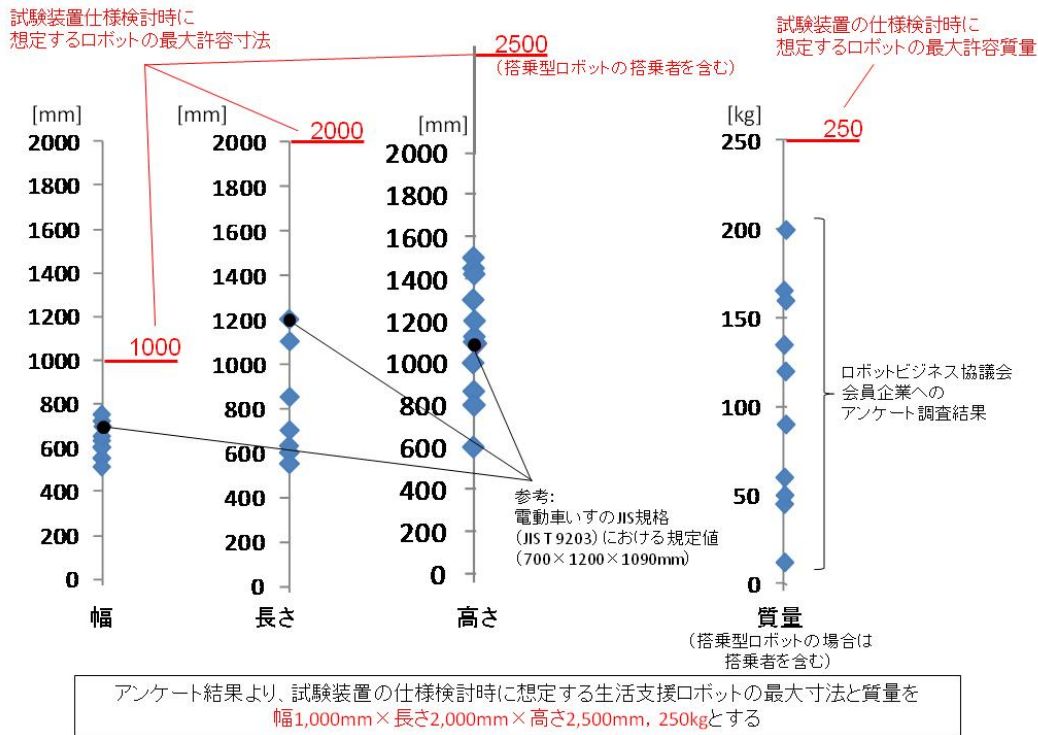
ISO14121-1 に例示されたハザードを参考に、生活支援ロボットに関するリスクを同定して、必要な試験項目を導出した。さらに、関連規格を調査して、試験法・評価基準を新たに開発する必要のある項目を決定した。結果の一部を図Ⅲ.2.1.2-6 に示す。

ハザード ISO14121-1	潜在的な 危害	試験の 必要性	試験法		評価基準		
			参考規格 基準	開発の 必要性	参考規格 基準	開発の 必要性	
機械的 危険源	角張っている 部品	切断	目視で よいか 検討	テスターはある	不要	不要	不要
	機械の移動性	衝突	必要	自動車の 認証試験	必要、 速度、モードが異なる	自動車の基準	必要
	安定性	転倒	必要	電動車いすJIS	必要、 自律走行型の操縦、 倒立振り子の試験	電動車いすJIS	改良
電氣的 危険源	通電部分	電撃	必要	電気安全、 充電器 IEC	手順の検討	電気安全、 充電器 IEC	不要
	故障状態で通 電となった 部品	電撃					

図Ⅲ.2.1.2-6 必要な試験と開発項目の抽出結果（一部）

2) 試験対象ロボットの仕様調査に基づく試験装置の仕様策定と導入

ロボット研究開発実施者およびロボットビジネス協議会と連携して、試験対象のロボットの仕様を調査した。前記 1)の検討結果と総合して検討したところ、図Ⅲ.2.1.2-7 のように、試験対象ロボットの最大寸法は 2m×1m×2.5m、最大重量は 250kg を想定しておけばよいことがわかった。これを参考に、後述する(2)～(6)の試験項目ごとに必要な試験装置の仕様を策定して製作し、試験拠点候補場所に設置した。



図Ⅲ.2.1.2-7 試験対象ロボットの仕様調査結果

(c) 総合評価手順の確立

各担当機関での試験法開発に加えて、試験方法検討 WG を開催して、総合的な検討を進めた。今後、合理的、効率的に安全検証を行なうための総合的な試験手順をまとめて、ワンストップサービスを可能にしていく。

(d) ロボット研究開発実施者へのデータ提供

開発した試験方法を組み合わせて、後述する(2)～(6)の各試験項目について基礎試験を実施した。試験結果をとりまとめて、ロボット研究開発実施者へのデータ提供を進めている。

(2) 静的性能試験

① 耐環境試験方法の開発（電気、放射の危険源を含む）（担当機関：労働安全衛生総合研究所）

(a) 温湿度サイクル試験

試験対象ロボットを、最大で幅 1m×長さ 2m×高さ 2m、質量 250kg と想定し、大型恒温恒湿槽と加振機を組み合わせた複合環境試験装置（図Ⅲ.2.1.2-8）を導入した。

温湿度調整能力は以下の通りである。

温湿度範囲：-40℃～+120℃、 30～95%RH(20～80℃)

温度上昇・下降能力：1℃/1min（-20～80℃）

ロボットを対象とした環境試験方法は、産業用ロボットでさえも規定されておらず、主に電気部品や電気用品の環境試験方法を参考に検討した。通常のロボット動作環境は、屋内であれば外気温変動範囲内に収まることが想定されており、部品レベルの高温、低温の過酷な試験は該当しない。

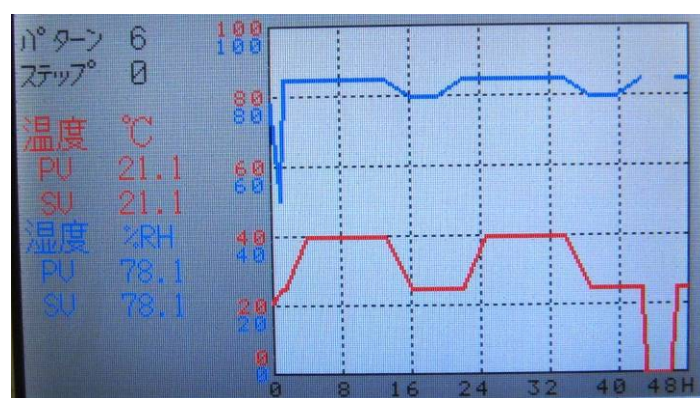
そこで、ロボットにとって最悪と想定される使用環境下で、特に、結露を生じやすい試験条件を設定した。既存試験規格の 12 時間サイクル法を参考にして、対象ロボットにより詳細は異なるが、標準として、低温サイクルを含む 12 時間サイクル試験法を設定した。これは、高温・高湿状態と常温・高湿状態を各々 12 時間ずつ連続 2 サイクルさせ、このサイクルの最後に低温 3 時間を行い、常温に戻すというプログラム（図Ⅲ.2.1.2-9）である。ロボットは電源オフ状態で設置し、

槽内で温湿度変化に晒される。試験対象のロボットは、事前に機能や構造の健全性を調べておき、サイクル試験終了後に変化がないかを確認する。

この試験は合計 50 時間ほどかかるが、現在までに試験したロボットにおいては機能を損なうような不具合は生じていない。今後、今回の試験サイクル数で十分か、更なる晒し時間の追加が必要か、温湿度変化を急にすべきか、等の検討を加える予定である。



図Ⅲ.2.1.2-8 複合環境試験装置外観



図Ⅲ.2.1.2-9 温湿度サイクルパターン例

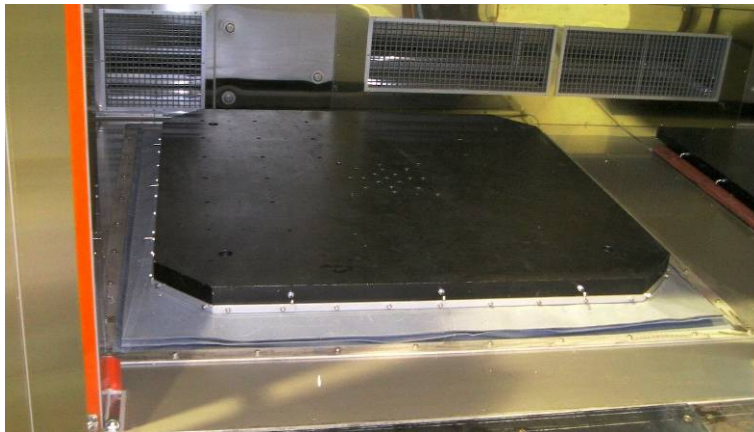
(b) 複合振動試験

本試験は、対象ロボットを大型恒温恒湿槽内の加振機テーブル（図Ⅲ.2.1.2-10）上に設置し、動作可能な状態（例えば車輪空走状態）で温湿度のストレスを与えながら、加振機を振動させる。これにより、最悪環境下でロボットが走行して振動を受けている状況を作り出し、ロボットの動作機能や構造が損なわれないかを調べることができる。

走行振動は、ロボットを想定走行路上で実際に走行させて、ロボット本体が受ける実走行振動波形を、加速度計により垂直および水平成分で記録する。この振動波形を加振機上で連続再現させて、ロボットの振動耐性も併せて調べることができる。加振機は大型恒温恒湿槽をマスターとしてスレーブ制御され、任意の温湿度サイクルで加振を継続することができる。

実際のロボットでは、最悪想定路（例えば点字パネルの連続路）を最高速度で走行した場合の振動波形を記録し、高周波成分を除いて加振機で制御させた。基本的に、振動印加時間は対象ロ

ボットのバッテリー寿命分とし、連続ではなく、10～30sec 程度の振動波形をインターバルをとりながら繰り返した。



図Ⅲ.2.1.2-10 大型加振機テーブル
(垂直加振機用) 外観



図Ⅲ.2.1.2-11 200ch イベント
デテクタ外観

また、ロボットの健全性確認では、温湿度サイクル試験時の手順に加えて、振動の影響を受けやすいコネクタや接点等の導通性を常時モニタするため、イベントデテクタ（瞬断検出システム、図Ⅲ.2.1.2-11）をロボットに接続して試験する。

今後、新しいロボットに対しても、本試験を行って試験データを蓄積する予定である。そして、複合のストレスの与え方（温湿度と振動の組み合わせ方）やイベントデテクタの検査ポイントの標準化を検討する予定である。

(c) 表面温度試験

本試験は、対象ロボットが動作後に高温部を持っていないか確認するための試験であり、ロボットユーザや保守者が触ることができるロボット部位の温度分布を測定するものである。温度の測定は非接触のサーモグラフィカメラ（図Ⅲ.2.1.2-12）を用い、高温部位を瞬時に知ることができる。使用したカメラは 320×240 画素を持ち、毎秒 60 フレームの転送速度で -40℃～+500℃ まで計測可能である。

実際の試験は、バッテリー駆動のロボットを連続動作させて、バッテリーが空もしくは警告表示した時点の温度分布をロボットの各面（正面、背面、左右側面、上面、底面および開閉可能なカバー内部）で測ることとした。そのため、本試験はバッテリーが空になる耐久性試験終了直後に各面を撮影することで記録した。

なお、測定結果の判定基準は、一般に人がやけどの恐れがない温度を想定して、他の汎用規格の値を参考にするが、子供の場合に厳しくする可能性や、逆に保守員の場合は保護具着用の条件で緩和する等の検討を加える予定である。



図Ⅲ.2.1.2-12 赤外線サーモグラフィカメラ

(d) 感電試験

本試験は、ロボットの電気回路や電源周りの充電部が人体に対してリスクがないかを調べるものであり、人の指を模したテストフィンガー（図Ⅲ.2.1.2-13）を用いて、ロボットのカバー隙間や手が届く範囲の内部に差し込んで、充電していないかを確認するものである。特に、保守員がロボット内部にアプローチできる場合、予期せぬ充電部への接触を想定し、テストフィンガーは指と同様に関節を持って曲げることができ、なおかつ 10N 程度の押しつけ力で隙間へ侵入することを前提とする。さらに、ロボット内部のエンクロージャーにアプローチできる場合、直径 1mm プローブも使用する。

実際の試験は、予め充電可能性部位を調査して絶縁されているかを確認しておき、充電部位のみ人体皮膚等価抵抗に流れる電流を測定する。なお、バッテリー駆動のロボットの場合、充電電位よりも充電部位から流れる電流に注意する必要がある、ほとんどの場合電流制限値を規定する。

今後は、ロボットの電気回路が単一故障を生じた場合の充電部の発生（間接接触に対する保護）を考慮した試験方法を検討する。



図Ⅲ.2.1.2-13 テストフィンガー（左は子供指、右は成人指）

(e) 騒音試験

本試験は、対象ロボットが人の近傍を通過する際に人が受ける騒音レベルを測定するもので、リスクの高い音圧レベルや周波数成分がないかを確認するものである。そのため、ロボット走行路に複数のマイクロホンを設置し、ロボット通過時の音圧変化を記録する。マイクロホンは 1m 間隔で人の耳の位置（立位および寝ている姿勢）に合計 4 本設置（図Ⅲ.2.1.2-14）し、走行路から 1m 離れていると想定した。騒音計の測定は、A 特性フラットの瞬時モードとし、等価騒音レベルを測るものとした。

実際の測定は、ロボット走行路上に簡易の防音 TENT を設置して、いくつかの走行路面上で往復走行させ、記録データをオフライン分析した。また、搭乗型ロボットの場合は、搭乗者も騒音に曝露されるため、ヘルメットに騒音計を取り付けて走行時の騒音変化を記録した。屋内走行ロボットの場合は、不快に感じるほどの騒音は体感することがなかったが、今後、大型や屋外走行型のロボットが対象となる場合、判断基準を環境騒音規制とするのがよいか、議論が必要となる。



図Ⅲ.2.1.2-14 通過騒音測定用 4 マイクロホンの設置状況
(1m 四方の頂点に配置、後方は吸音材)

② 耐荷重・衝撃試験方法の開発（担当機関：日本自動車研究所）

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

生活支援ロボットが人と共存するなかで、安全に関わる部品が破損して危害を及ぼさないかを確認する必要がある。移動作業型ロボットや搭乗型ロボットに加わる積荷や搭乗者の荷重に関する「耐荷重試験」、およびロボットと他の物体との衝突に関する「耐衝撃試験」の方法を開発する。

2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性

搭乗型ロボットに類似した製品として、電動車いすの試験規格（JIS T9203）がある。同試験法では、電動車いすに、静的な引っ張り・圧縮荷重を加えることにより耐荷重性能を評価、また、衝撃を加えることにより耐衝撃性能の評価を行っている。

本研究・開発では、上記試験法を参考に、生活支援ロボットの仕様（使用形態、環境、性能、形状）に適した試験装置の導入に加えて、試験方法・手順および安全基準案を提案することを目指す。

(b) 試験装置の導入

1) 仕様の検討

前記(1)「機械・電気安全、機能安全性の総合評価試験方法の開発」における試験対象ロボットの仕様調査結果より、ロボットの想定最大寸法は、幅 1.0 m×奥行き 2.0 m×高さ 2.5 m 以下、重量は 250 kg 以下とした。本試験法に用いる試験装置は、移動作業型ロボットや搭乗型ロボットを対象として、荷重がかかると想定される部位に想定される方向の荷重を加え負荷力とその時の変位を測定するよう設計した。

2) 装置の概要

本装置は、ロボット固定用定盤、昇降装置、負荷装置、検出装置、表示装置、制御装置、データ収録装置、安全装置、付属品で構成される。



図III.2.1.2-15 耐荷重試験機の外観



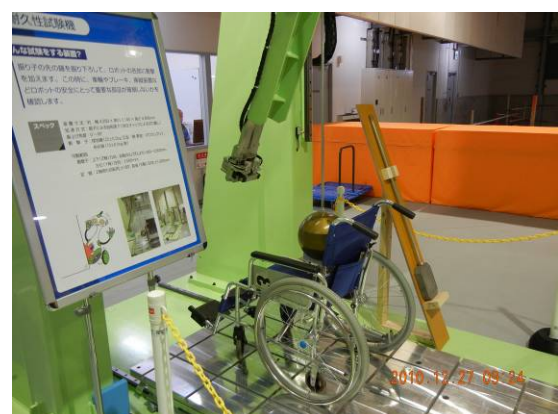
図III.2.1.2-16 耐衝撃試験機の外観

(c) 基礎試験

ロボット研究開発実施者から提供されたロボットを用いて、試験を試行した。



(a) 耐荷重試験



(b) 耐衝撃試験

図III.2.1.2-17 耐荷重・耐衝撃試験の状況（電動車いすを用いた予備試験）

1) 垂直静荷重試験

ロボットを水平な試験平面上に置き、電源を切っている電動車いすのシートの中心に質量 20 kg、300×300 mm の大きさの砂袋を置き、その上から中心部へ規定のシート荷重負荷力を 10 分間加えた後、評価用件を確認した。

2) アームサポート下方耐荷重試験

ロボットを水平な試験平面上に置き、使用状態にある車いすに対し、両アームサポートとも先端から 50 mm の位置で、同時に上方 $15 \pm 2^\circ$ の角度から、規定の荷重負荷力を荷重負荷パッドによって 5～10 秒間加えた後、評価用件を確認した。

3) バックサポート斜め耐衝撃性試験

電動車いすの試験法に準じて、バックサポート高 320 mm 以上の搭乗型ロボットには、本試験を適用した。水平な試験平面上にダミーの大腿部を乗せたロボットを置き、バックサポート上端から下方 30 ± 10 mm の中心線上に、質量 25 kg のおもりを $30^\circ \pm 2^\circ$ の衝突角度で衝突させた。2 回衝突させた後、破損のないことを確認した。なお、電動車いすの試験法では、ピボット機構のバックサポートの場合は、バックサポート軸の水平線におもりの重心を衝突させることとなっている。

4) 試験の結果から抽出された課題

基礎試験の結果、試験装置について、以下の課題が抽出された。

- ・垂直静荷重試験において荷重負荷力の制御方法がストローク制御のため、クリープ現象により、規定時間内に規定負荷力が減ってしまう。
- ・アームサポート下方耐荷重試験において荷重負荷力の制御方法が両アームサポート同時制御のため、片方のアームサポートが規定負荷力に達してストロークが停止した際に、もう一方のアームサポートが規定負荷力に達しない。
- ・バックサポート斜め耐衝撃試験において、ロボットの仕様（使用形態、環境、性能、形状）に沿った試験の開発が必要である。

(d) 試験装置の改良点

上記の課題を解決するために、今後、装置に以下の改良を加える。

- ・荷重負荷力の制御方法を荷重制御に変更し規定負荷力を持続できるようにする。
- ・荷重負荷力の制御方法をアームごとの制御に変更しそれぞれ規定負荷力に達せるようにする。
- ・耐衝撃性試験においてロボットの仕様（使用形態、環境、性能、形状）に沿った衝撃子をつくる。

(e) 試験法の策定

基礎試験の結果、電動車いすの試験方法に以下の変更を加えることで、生活支援ロボットの試験が可能であることがわかった。

- ・電動車いすと異なり、生活支援ロボットに加わる積荷や搭乗者の荷重は、ロボットの仕様により大きく異なる。そこで、対象ロボットのリスクアセスメントの中で想定される最大の静的荷重や衝撃を加えることとする。
- ・生活支援ロボットのリスクアセスメントでは、歩行者がロボットに衝突してロボットが破損するリスクが想定される場合がある。この場合、人体ダミーを衝突させるまたは、ロボットをダミーに衝突させる。
- ・電動車いすと異なり、生活支援ロボットに加わる衝撃は、ロボットの仕様により大きく異なる。そこで、部位ごとにリスクアセスメントで想定される衝撃を加えることとする。衝突相手が壁の場合には衝突試験装置を使用する。

(f) 評価基準の策定

評価基準は、安全に関わる部位に危害につながる破損が生じてはならないことである。電動車いすと異なり、生活支援ロボットの場合、どの部位の破損が危害につながるかは、ロボットの仕様により大きく異なる。このため、破損してはならない部位は、事前の安全妥当性確認計画によって決定する必要がある。

今後、パイロットスタディにおけるリスクアセスメントおよび安全妥当性確認計画に基づき、改良した試験装置による試験を実施して、最終的な試験法案を策定する。

(3) 動的性能試験

① 走行安定性評価指標の導出に関する研究開発（担当機関：産業技術総合研究所）

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

移動型生活支援ロボットの転倒に起因する周囲にいる人への危害を防ぐためには、使用想定環境における静止時における安定性を確認することが必要である。さらに、人間の重心移動で動作する搭乗型ロボットの転倒や衝突に起因する危害を防ぐための試験として、人による試験ではなく機器により走行安定性を客観的に行うことが必要である。

2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性

参考となる試験規格は、電動車いすや自動車を対象にした下記のものがある。静的安定性に関しては電動車いすの規格が参考となるが、それを移動型生活支援ロボット用の試験手順に落とす必要がある。また、人間の重心移動で動作する搭乗型ロボットの走行安定性に関しては、類似の規格が存在しないため、開発の必要がある。

- ・ JIS T 9203:2006（電動車いす）（ISO 7176-1:1999、ISO 7176-2:2001、ISO 7176-4:2008、ISO 7176-5:2008、ISO 7176-6:2001、ISO 7176-10:2008、ISO 7176-11:1992、ISO 7176-13:1989、ISO 7176-14:2008）
- ・ JIS D 1010（自動車走行試験方法通則）
- ・ JIS D 1014（自動車加速試験方法）
- ・ JIS D 1015（自動車一惰行試験方法）
- ・ JIS D 1070、ISO 4138（乗用車一定常円旋回試験方法）

など。

(b) 試験装置の導入

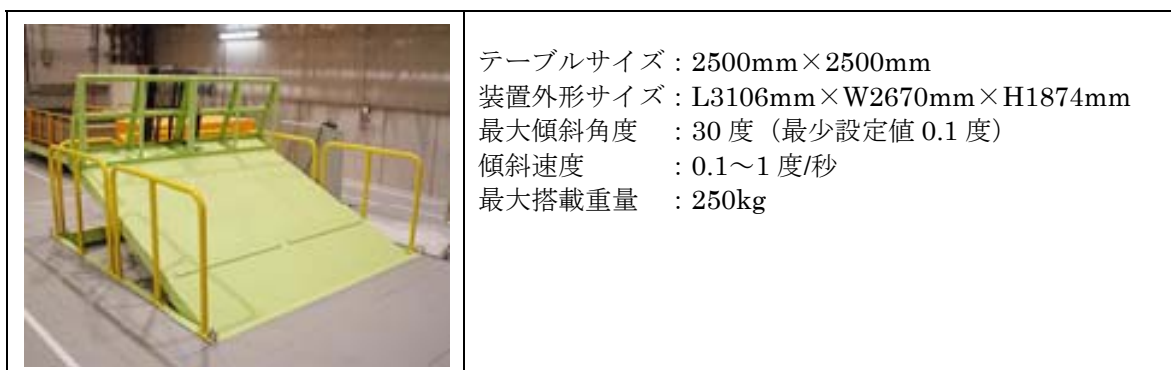
1) 仕様の検討

移動型生活支援ロボットの静止時の転倒危険性を試験するための静的安定性試験装置について、車いすの試験で使用されている既存の試験装置を参考に仕様を決定した。人間の重心移動で動作する搭乗型ロボットの走行安定性に関しては、類似の試験装置が存在しないため、人間の重心移動を模擬するための錘を移動可能な装置（重心移動制御装置）を開発することにした。

2) 試験装置の概要

i) 静的安定性試験装置


ロボットの搭載ステージが 30 度まで傾斜する装置。試験中の転倒や転落、ずり落ち等を防止するため、ロープ、転倒防止治具等の安全装置も装備されている。



図Ⅲ2.1.2-18 静的安定性試験装置

ii) 重心移動制御装置

装置の内部に搭載されている錘が前後左右に動くものであり、その効果で重心位置を制御可能とする装置。

	<p>装置外形サイズ : L350mm×W350mm×H1000mm 錘移動範囲 : 前後 200mm×左右 100mm 稼働錘 : 5~10kg 本体定格重量 : 80kg</p>
---	--

図Ⅲ2.1.2-19 重心移動制御装置

(c) 基礎試験

1) 静的安定性試験

静止時の転倒安定性を評価するとともに、転倒限界角度を確認する試験を実施した。ロボットを前後左右に方向を変えて設置し、転倒直前の傾斜角度を計測した。

ロボットの使用想定環境での最大傾斜角度以上において、各ロボット共に問題なく安定性を保っていることが検証できた。人間の重心移動で動作する搭乗型ロボットに関しては、人が搭乗して実施したが、機器のみで実施可能かどうかについて、今後検討する。

2) 重心移動制御装置による走行安定性試験

重心移動制御装置を用いて、制動性能試験および制動時の転倒安定性試験を行った。重心制御装置を人間の重心移動で動作する搭乗型ロボットに乗せ、安定倒立状態を保持させた。その後、装置内の錘を動かすことで重心位置を変化させ、基礎データを取得した。

装置が有線になっているため移動距離が稼げないことや、外部からの計測装置によりデータ取得できないことなど、試験装置側の課題がいくつか発生したため、現在装置の改良に取り組んでいる所である。

(d) 装置の改良

1) 静的安定性試験

転倒限界角度の検出方法が課題である。

2) 重心移動制御装置による走行安定性試験

装置の無線制御化、外部計測装置の導入、転倒防止装置の使用方法が課題である。

(e) 試験法の策定

静的安定性試験に関しては、電動車いすの静的安定性試験を参考に、移動型生活支援ロボット用に試験手順を策定する。重心移動制御装置による走行安定性試験については、次項の「②走行安定性試験方法の開発」に試験結果をフィードバックする。

(f) 評価基準の策定

静的安定性試験に関しては、使用想定環境における最大傾斜に対して、どの程度の余裕を見て基準を策定するのか、例えば周囲のいる人が押したりする力などを考慮しながら、今後基準案を策定する。重心移動制御装置による走行安定性試験については、人の重心移動に関する解析等も実施しながら、客観的な試験結果を解析するなど、「②走行安定性試験方法の開発」と連携を取りながら基準を策定する。

② 走行安定性試験方法の開発（担当機関：日本自動車研究所）

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

生活支援ロボットが人と共存するなかで、生活支援ロボットの走行不安定に関連したハザード

が搭乗者や周辺の人などに危害を及ぼさないかを確認する必要がある。ハザードとして転倒が想定されるため、転倒により搭乗者や周辺の人などに危害を及ぼさないかを確認する。

2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性

搭乗型ロボットに類似した製品として、電動車いすの試験規格（JIS T9203）がある。同試験法では、電動車いすの典型的な使用条件における走行安定性等を試験することとなっている。

本研究・開発では、上記試験法を参考に、生活支援ロボットの仕様（使用形態、環境、性能、形状）に適した試験装置の導入に加えて、試験方法・手順および安全基準案を提案することを目指す。

(b) 試験装置の導入

1) 仕様の検討

前述の「(1) 機械・電気安全、機能安全性の総合評価試験方法の開発」における試験対象ロボットの仕様調査結果より、ロボットの想定最大寸法は、幅 1.0 m×奥行き 2.0 m×高さ 2.5 m 以下、重量は 250 kg 以下、走行速度は 15 km/h 以下とした。本試験法に用いる試験装置は、移動作業型ロボットや搭乗型ロボットを対象として、想定される路面の種類、条件（乾燥・湿潤）を再現できるよう設計した。

2) 装置の概要

i) 平坦路走行性試験装置

様々な床の上を、ロボットが安定して走行（走る、曲がる、止まる）できるかを確認するための試験装置である。路面の種類は、フローリング床、P タイル床、タイルカーペット床とした。床材を 1 m 角の正方形のセグメントとすることで、ロボットの使用想定環境に合わせて変更することができる。

ii) 傾斜路走行性試験装置

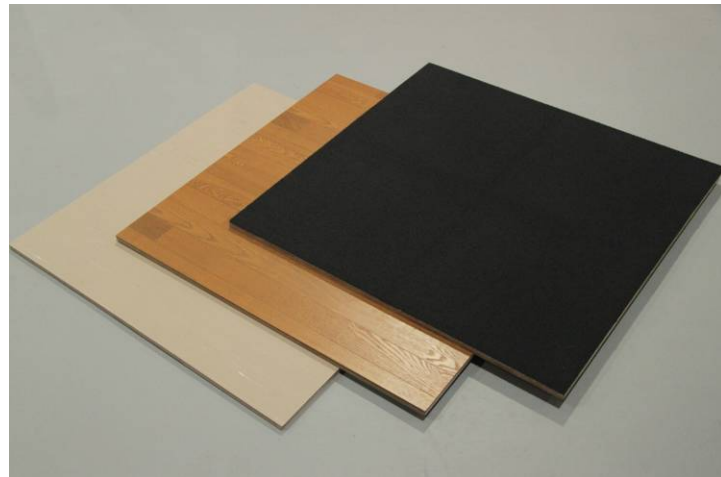
最大設定 10 度の傾いた床の上を、ロボットが安定して走行（走る、曲がる、止まる）できるかを確認するための試験装置である。路面の種類は、フローリング床、P タイル床、タイルカーペット床、セーフティーウォーク貼付床とした。床材を 1 m 角の正方形のセグメントとすることで、ロボットの使用想定環境に合わせて変更することができる。



図Ⅲ.2.1.2-20 平坦路走行性試験装置



図Ⅲ2.1.2-21 傾斜路走行性試験装置



図Ⅲ2.1.2-22 試験路面の床材セグメント
(左から P タイル床、フローリング床、タイルカーペット床)

(c) 基礎試験

ロボット研究開発者から提供されたロボットを用いて、試験を試行した。

1) 最高速度試験

多目的走行性試験路に、JIS T9203（電動車いす）の測定区間(10 m)と同じ測定区間を設定して、この区間の通過時間を測定し、最高速度を算出する。これにより、設計仕様を超えた速度が発生しないことを確認した。

2) 平たん路制動試験

多目的走行性試験路において、平たん路を最高速度で走行中に制動を開始し安全に停止、停車できるかを確認する。JIS T9203（電動車いす）では 1.5 m 以内で停止、基準線から左右変位 0.5 m 以内で走行できることを規定しているため、本基礎試験でも、この評価を試行した。

3) 旋回試験

傾斜走行性試験路において、降坂中に急旋回して安定性を確認した。JIS T9203（電動車いす）では、速度・傾斜を指定しているが、本基礎試験では、ロボットの設計仕様で想定した最大の傾斜を設定し、最高速度、最小旋回半径で走行した。

4) 試験の結果から抽出された課題

- ・最高速度試験において、測定区間の 10 m は必要以上に長いことがわかった。今回試験した生活

支援ロボットの最高速度は 6 km/h であるため、1 m 以内の走行距離で安定した最高速度に達する。効率的な試験のためには、適切な長さの測定区間を設定する必要がある。

- ・平たん路制動試験において、停止位置の変位計測はロボットの仕様・種類によっては困難であった。また、可能な場合にも計測装置の設定に時間がかかるために、効率化の検討が必要である。
- ・床材（1 m 角の正方形のセグメント）に反りが発生した。これを抑える工夫が必要。
- ・基礎試験では全種類の路面について走行したが、効率的な試験のためには標準的な試験路面を設定することが望ましい。検討が必要である。

(d) 装置の改良

平成 23 年度に、床材（1 m 角の正方形のセグメント）の反りを抑えるための改良を行う。

(e) 試験法の策定

基礎試験の結果、電動車いすの試験方法に以下の変更を加えることで、生活支援ロボットの試験が可能であるとわかった。

i) 最高速試験

測定区間をロボットの性能にあわせて設定可能にする。しかし、計測精度を確保するために 2 m 以上を確保する。

ii) 平たん路制動試験

効率化のために停止位置の変位計測は計測せずに、走行幅を規定し、その範囲内で転倒せずに停止できるかを確認する。

iii) 旋回試験

ロボットの設計仕様で想定した最大の傾斜を設定し、最高速度、最小旋回半径で走行する。

iv) 各試験における路面の選定

想定される路面全てで試験することは非効率である。想定される中で最も不安定となると考えられる路面で試験をすることとする。

(f) 評価基準の策定

評価基準は、走行時の不安定により危害が発生しないかである。基本的には、想定されるすべての走行条件で、転倒しないことを基準とする。基礎試験では、転倒しないが車輪等が浮く例が見られたが、これが危害につながらない限り問題ないと評価することとする。また、転倒しても安全を確保する仕様のロボットについては、別途、ダミーを用いた転倒時評価試験を行うこととする。

制動時に許容される逸脱幅は、本年度、複数のロボットの仕様を参考にして検討する必要がある。

③ 耐久性試験方法の開発（担当機関：産業技術総合研究所）

<移動作業型・搭乗型ロボットの試験方法>

(a) 背景と目標

移動作業型や搭乗型ロボットが走行中に破損や損壊したときの、搭乗者および周囲の対人傷害を防止するため、走行におけるシステムの耐久性能を試験する。

(b) 試験装置の導入


1) 仕様の検討

車輪型のロボットのためのドラム式走行耐久性試験装置と、前方向移動用オムニホイールや脚機構による移動ロボットのためのベルト式走行耐久性試験装置の 2 種類の仕様を揃える。

2) 装置の概要

i) ドラム式走行耐久性試験装置


車輪を載せるドラムを 2 本備え、そのドラムを駆動する動力と、ドラムに負荷をかける負荷印加装置を搭載する。

	<p>被評価ロボットサイズ : L2m×W1m×H2.5m 装置外形サイズ : L2750mm×W1750mm×H1470mm ドラムサイズ : φ250mm×1,200mm ドラムピッチ : 275mm～1100mm 最大搭載重量 : 250kg</p>
---	--

図Ⅲ2.1.2-23 ドラム式走行耐久性試験装置

i) ベルト式走行耐久性試験装置

前方向移動用オムニホイールや脚機構による移動ロボットをベルト上で走行させる。ベルト上でロボットが一定の位置にとどまるために、センサによりロボットの位置を計測し、ベルトの速度を制御する。

	<p>ステージサイズ : L2.5m×W1.5m 装置外形サイズ : L4000mm×W2200mm×H1500mm 走行速度 : 0～15km/h 加速性能 : 2m/s²以上 最大搭載重量 : 250kg</p>
--	---

図Ⅲ2.1.2-24 ベルト式走行耐久性試験装置

(c) 基礎試験

ドラム式走行耐久性試験機に、試験対象とする車輪移動型ロボットを拘束治具により固定し、実際に作業する状態を模した状態でドラム上を走行する条件を解析する基礎試験を行った。

ロボットに加わる走行抵抗により、ロボットの消費電力が大きく異なるため、適切な走行負荷を設定する方法を定める必要がある。また、清掃など作業を行うロボットは、清掃装置なども稼動した状態で、走行負荷抵抗を設定する必要がある。

(d) 装置の改良

試験対象ロボットの仕様に応じて、ロボット固定用治具の取り付け部品を追加導入する必要がある。

(e) 試験法の策定

耐久性試験時の走行負荷を試験装置上で再現するための予備電流試験法の策定した。ロボットの作業環境に即した平坦路において、通常動作時の走行速度での消費電流を予備電流として計測し、ドラム式耐久性試験装置に搭載した走行負荷印加装置で計測した予備電流となるように走行負荷値を決定する。

(f) 評価基準の策定

対人安全に係わる損傷や過熱の有無を確認する。

<装着型ロボットの試験方法>

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

装着型生活支援ロボットは、身体に装着して外力を加える機器であるため、使用者の安全を確保すべく、耐久性に関する適切な試験評価を実施する必要がある。

2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性

装着型生活支援ロボットは、ようやく実用化の端緒を迎えた段階であるため、直接参照可能な規格は少ない。そのため、JIS T 0111（義肢－義足の構造強度試験）等、義肢装具関連の規格等を参照しつつ、装着型生活支援ロボットの耐久性に関する試験方法や基準等について検討を行う必要がある。

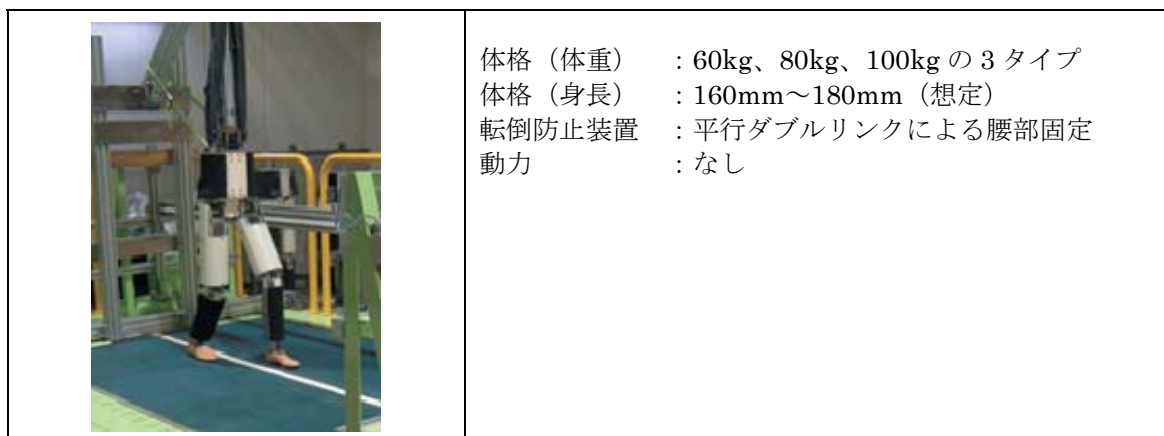
(b) 試験装置の導入

1) 仕様の検討

特に歩行支援を目的とした生活支援ロボットを対象として耐久性試験を行うため、人間の下肢を模した形状の装着型ロボ耐久性試験機を製作することとした。義足の規格に定められた試験負荷レベルを規範として、体重 60kg、80kg、100kg の 3 タイプとし、(独) 製品評価技術基盤機構の人間特性データベースを参照して各部寸法を定めた。

2) 装置の概要

装着型ロボ耐久性試験機は、人間の腰部および下肢を模した形状であり、股関節、膝関節、足関節の屈曲・伸展の自由度を有する。試験装置自体はアクチュエータを持たず、試験対象とするロボットによって動作が実現されるものとする。



図Ⅲ2.1.2-25 装着型ロボ耐久性試験機

(c) 基礎試験

装着型ロボ耐久性試験機に試験対象とするロボットを装着し、バッテリーの持続時間分連続動作をさせる基礎試験を行った。

ロボットに加わる負荷の割合や歩行速度などによって、ロボットの挙動が大きく影響されるため、適切な設定方法を定める必要がある。また、安全性についてより適切に評価するため、バッテリー寿命を越えた長時間の耐久性を評価する方法について定める必要がある。

(d) 装置の改良

ロボットに加わる負荷や歩行速度を適切に設定する方法を試験方法に導入するため、トレッドミル型試験装置および関節の抵抗力等を制御的に再現可能な下肢型試験装置の製作を行っている。

(e) 試験法の策定

JIS T 0111 等を規範として、試験方法の素案を作成し、基礎試験を通じて、その妥当性について

て検討を行った。検討結果に基づき、試験方法の原案を作成し、作成した原案に基づいて検証試験を試行し、試験方法・手順案を完成する計画である。

(f) 評価基準の策定

安全性に関わる不具合の有無について目視による判定を行うことを基本として検討を進めている。JIS T 0111 等における評価方法を規範として、試験方法の素案における評価項目を設定した。

上に述べた考え方に沿って、また基礎試験の結果等を踏まえて検討を行い、評価基準案を策定する計画である。

(4) 制御性能試験

①環境認識(特に人検知)性能試験方法の開発 (担当機関：産業技術総合研究所)

(a) 背景と目標

環境認識機能、特に人の検知機能は、人との共存を想定する生活支援ロボットの安全性を確保する上で欠かせない機能であり、その性能試験方法の開発が必要である。特に外部から光の干渉を与えた場合の性能の確認は、重要な試験方法である。

参考とすべき試験規格・基準として、機械類の安全性－電氣的検知保護設備－に関する規格 (JIS B 9704-3) がある。

(b) 試験装置の導入

環境認識性能試験として、光干渉試験を実施するための装置を導入した。JIS B 9704-3 の 5.4.6 に準拠あるいは参照した光干渉試験を実施する。

環境認識性能試験装置の外乱光源として、人工太陽灯、白熱電球、蛍光灯、ストロボ光、センサ自身の干渉を用いる。

(c) 基礎試験

基礎試験の結果は以下のとおりである。

1) 試験内容

産総研で開発した模擬 EPSE (電氣的検知保護装置) を対象とした光干渉試験を実施する。試験時のロボットの状態は、対象となるセンサコンポーネントの電源 ON として行い、センサコンポーネントは、ロボットから取り外した状態でも、ロボットに装着した状態でもよい。

2) 試験対象

模擬 EPSE のセンサとして Microsoft 社の Kinect を利用する。

3) 検出区域

センサの視野内で、かつセンサから 1m 以内の 3 次元領域とする。

4) 模擬 EPSE の設定

- ・有効画素 (640・480) のうち、1m 以内の観測結果が得られた画素数が 10%を超えたらオフ状態になる。
- ・有効画素のうち、観測不能の画素数が 20%を超えたらロックアウト状態になる。
- ・上記以外はオン状態となる。
- ・ロックアウト状態からは、リセットをかけないとオンまたはオフ状態に復帰できない。
- ・観測不能画素は、オクルージョン、サチュレーション、および、物体なし。
- ・つまり、最大観測距離 (実質 8m 程度) を超えた距離は観測不能扱いになる。
- ・モニタ上に、観測画素を色分けで表示する。
 - ・黒 : 未検出
 - ・グレー : 検出 (1m 以内) しかしオン状態。侵入物とみなさず無視
 - ・シアン : 検出かつオフ状態
 - ・黄 : 観測不能画素
 - ・赤 : ロックアウト



図Ⅲ2.1.2-26 オン状態（モニタで黄色表示）



図Ⅲ2.1.2-27 ロックアウト状態
（モニタで赤色表示）

5) 試験手順

- i) 模擬 EPSE を三脚に設置
- ii) 環境認識性能試験装置の白熱電球光源を三脚で設置
 模擬 EPSE のセンサから約 1.5m の位置
 模擬 EPSE の視野内
 模擬 EPSE のセンサ方向に光照射
- iii) センサ位置で照度を測定
- iv) 模擬 EPSE を起動し、侵入物が存在しない状態で正常動作（オン状態）であることを確認
- v) 白熱電球光源を点灯し、照度を測定
- vi) 模擬 EPSE が正常動作（オン状態）であることを確認
- vii) 白色試験片を検出区域内に挿入し、模擬 EPSE の正常動作（オフ状態）を確認
- viii) 白色試験片を除去し、模擬 EPSE の正常動作（オン状態）を確認
- ix) 白熱電球光源を消灯し、模擬 EPSE の正常動作（オン状態）を確認
- x) センサ位置で照度を測定

6) 実施結果

- 試験手順の iii) : 照度約 50 ルクス
 試験手順の iv) : OK
 試験手順の v) : 照度約 700 ルクス
 試験手順の vi) : NG。ロックアウト状態を確認できた。以降の試験手順は実施しない。

(d) 装置の改良

外乱光源として、JIS B 9704-3 が規定していない人工太陽灯を用いる試験が課題である。

(e) 試験法の策定

試験は JIS B 9704-3 に準じた方法・手順で行う。

(f) 評価基準の策定

JIS B 9704-3 が規定していない人工太陽灯に関して、今後基準案を策定する。

②軌道追従安定性試験方法の開発（担当機関：産業技術総合研究所）

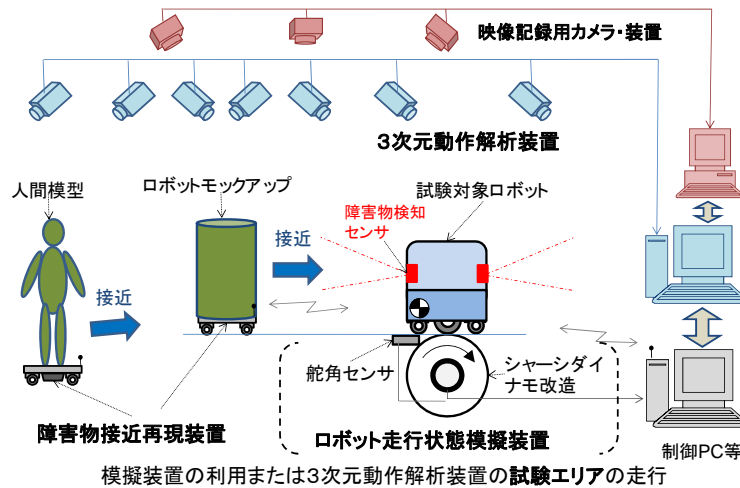
(a) 背景と目標

移動ロボットは、設定された移動経路を正確に追従することは重要な機能である。しかしながら、生活支援用途のロボットにおいては、産業用ロボットほど厳密な追従性は要求されることはなく、ある程度の性能を有すれば、安全性は確保されると考えられる。本研究開発プロジェクトでは、移動を伴う安全性検証のための試験項目もあることから、軌道追従安定性単独での試験をせず、次項目の障害物（移動・静止）検知・対応試験結果を踏まえて、評価をすることにした。軌道追従に関連する既存規格としては、JIS D 6805（無人搬送車—特性・機能試験方法）があり、産業用ロボットである無人搬送車の走行精度試験、正常停止試験、旋回試験が規定されている。

- (b) 試験装置の導入
次項目の害物（移動・静止）検知・対応試験で導入された三次元動作解析装置を利用して測定を行った。
- (c) 基礎試験
次項目の害物（移動・静止）検知・対応試験で行った基礎試験を共有した。
- (d) 装置の改良
三次元動作解析装置と映像記録用カメラ装置との連携が望まれる。
- (e) 試験法の策定
実際の試験は、障害物（移動・静止）検知・対応試験の中で行われる。この試験では障害物に対する対応動作が試験されるが、それに先立って障害物がない環境での予備走行が行われる。この予備走行は自律で行われるが、この予備走行軌跡を三次元動作解析装置で測定する。この測定結果を当初設定していた経路と比較することにより評価を行う。
- (f) 評価基準の策定
評価項目として、設定経路からのずれ、停止位置の誤差、停止時の姿勢等を取り上げる。

③障害物（移動・静止）検知・対応試験方法の開発（担当機関：産業技術総合研究所）

- (a) 背景と目標
 - 1) 試験の必要性
生活を支援する移動ロボットは、人との共存空間での使用を想定しているため、特に周辺の人や物、障害物等との接近における検知と対応の安全性に対する確認が必要となる。そのため、周辺の障害物（移動・静止）の検知とその対応（減速・停止）能力に関する試験方法などの開発を行う。
 - 2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性
参考となる試験規格・基準は、以下のようなものがあげられる。
無人搬送車の規格である JIS D6802、JIS D6803、JIS D6804、JIS D6805、人を検知する保護設備に関する IEC/TS 62046 (JIS TS B 62046) (PSPE)、そのほか、JIVAS A05、JIS B9707、JIS B9708、JIS Z9711 などが関連し、参考となる。
対象となるロボットは、想定環境や想定障害物などが様々に考えられるため、その多様性に対応する必要があるため、対象ロボットにあった試験方法や評価基準の開発が必須となる。
- (b) 試験装置の導入
 - 1) 仕様の検討
試験装置として、図Ⅲ2.1.2-28 に示すような装置構成を検討し、想定される試験対象ロボットと試験環境に応じて、それぞれの仕様の検討を行った。建屋内の走行関連試験エリアの内、三次元動作解析装置の試験エリアは 15m 四方の広さとなっており、試験ロボットや対象障害物の移動速度の想定に合わせて、各装置の仕様を定めている。仕様の詳細は以下の概要で示す。



図Ⅲ2.1.2-28 障害物（移動・静止）検知・対応試験環境の例

2) 装置の概要

障害物（移動・静止）検知・対応試験で用いる主たる装置の概要を以下に示す。

i) 三次元動作解析装置

この装置は、試験エリアの周囲に取り付けられたカメラから、マーカと呼ばれる光を反射する球体の動きを検知することによって、マーカを付けた試験対象ロボットの動作をはじめ、対象障害物やその動きを数値化して記録し、解析をする装置である。

装置仕様：幅 10m× 奥行 10m× 高 2m の範囲を cm 分解能で計測が可能である。幅 4m× 奥行 4m× 高 2m の範囲を mm 分解能で計測である。同時計測点は 70 以上、12km/h の移動体を捕捉可能である。



図Ⅲ2.1.2-29 三次元動作解析装置カメラ(右上)、マーカを取り付けた対象障害物(右下)、試験エリアと計測の様子(左)

ii) 障害物接近再現装置

この装置は、様々な接近対象となるダミーの動きを模擬的に再現するもので、その接近動作に対して移動ロボットが安全に対応できるかを三次元動作解析装置と共に試験する装置である。

装置仕様：幅 544mm× 奥行 544mm× 高 261mm、車体最高速度：4m/sec (20kg 積載時)、車体最高加速度：2m/sec² (20kg 積載時)、最大積載重量：80kg、軸数：8 軸（車輪 4 軸、操舵軸 4 軸）。



図Ⅲ2.1.2-30 障害物接近再現装置(右)、対象障害物(大人)を取り付けた装置(左)

iii) ロボット走行状態模擬装置

試験対象ロボットが、移動障害物との共存を想定し、移動しながら衝突回避動作を行う場合には、試験エリアの広さの制約から、双方を動かすことは移動速度によっては困難となる。そのため、この装置は、試験対象ロボットを台上に固定した状態で、走行状態の挙動を把握可能であり、移動障害物に対する試験対象ロボットの挙動を障害物接近再現装置と連携して、動作計測と再現を行うことが可能な装置である。

装置仕様：被評価用ロボット最大値：外形 幅 1000mm×奥行 1700mm×高さ 2500mm (テーブルサイズφ2000mm)、最大積載重量 250kg、ホイールベース：最大 1500mm、トレッド：最大 800mm、走行速度：15km/h、制動トルク：最大 15N/m、車輪駆動動力：0.4kW/1輪、加減速度：最大 4m/sec 等である。

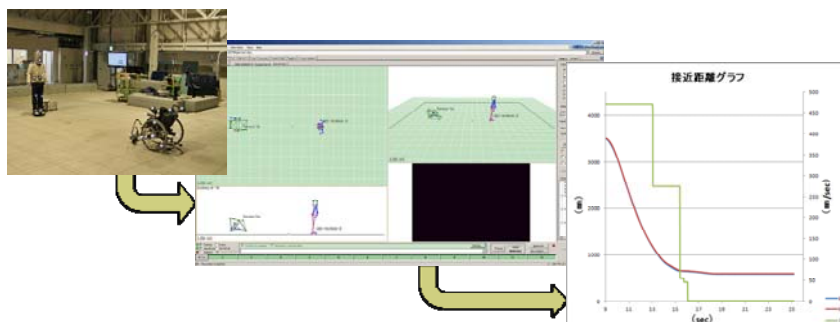
これらの装置のほか、対象となる障害物として、壁（布パーティション、フェルト布：黒、鏡、ガラス：透明、柵：網目フェンス）、円柱（PV13、φ200、φ350）、人（マネキン：成人、子供）などを用意し、それぞれに計測用マーカを装着している。



図Ⅲ2.1.2-31 ロボット走行状態模擬装置(左)、電動車いすを搭載した状態(右)

(c) 基礎試験

基礎試験では、図Ⅲ2.1.2-32 のように三次元動作解析装置によるマーカセットの時系列キャプチャデータを用いて、対象ロボットと障害物との接近距離等のデータを整理している。



図Ⅲ2.1.2-32 基礎試験の様子(左)、三次元動作解析装置画面(中央)、

接近距離と速度グラフ(右)

基礎試験として、試験対象ロボットの想定する環境内での代表的な周辺障害物に対する接近状態を再現し、相対的な距離や速度等を計測し、安全性を評価した。試験は想定に合わせて、対象（壁、人、ロボット等）や動きを変えて、数パターン以上行った。

試験対象ロボットには様々な形状があるため、三次元動作解析装置のマーカを装着して計測する位置は、対象となる障害物のマーカ位置や動作などを含めて、データの整理や分析がしやすく、補正を考慮する必要がある。

(d) 装置の改良

それぞれの装置は単独での動作を確認し、基礎試験での使用は可能であるが、今後は連携した動作を行うための改良、改修が必要である。

(e) 試験法の策定

表Ⅲ2.1.2-4 に示すような試験方法における確認項目で試験を実施することを提案している。

表Ⅲ2.1.2-4 試験方法の原案

性能確認項目	ロボットの対応機能	障害対象物 (材質・想定)	対向条件 (想定内を選択)	参考規格	走行方法	計測方法	評価内容	備考
障害物(静止)検知・対応性能	減速・停止	壁(布/パーティション壁/フェルト布/黒)	正面/45度	JISD6805, JVAS A05	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近	減速・停止までの一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに停止することを確認	
		壁(鏡)						
障害物(静止)検知・対応性能	回避	壁(ガラス・透明)	中央/ロボット幅境界内	JISD6805, JVAS A05	通常運用の移動速度で直進走行、転回する(選択できる場合には全ての速度)	減速・停止までの一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに停止することを確認(回避時の通路幅は環境想定に合せる)	
		壁(黒・網目フェンス)						
障害物(静止)検知・対応性能	回避	円柱(PV13)	中央/ロボット幅境界内	JISD6805, JVAS A05	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近	回避の一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに回避することを確認(回避時の通路幅は環境想定に合せる)	移動ロボットが運用する範囲内において想定される障害物に対応する対象物と項目のみを行う(ロボットの移動機構により、斜めや横方向の移動を行うことがある場合には走行方法に追加する。)経路の移動方法については、ロボットの通常運用に合せる(ガイドなど)。
		円柱(φ200)						
障害物(静止)検知・対応性能	回避	円柱(φ350)	中央/ロボット幅境界内	JISD6805, JVAS A05	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近	減速・停止までの一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに停止することを確認	
		人(マネキン:成人)						
障害物(静止)検知・対応性能	回避	人(マネキン:子供7才)	正面/真横/背面	JISB9707, JISB9708, JISZ9711	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近	減速・停止までの一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに停止することを確認	
		人(マネキン:成人)						
障害物(移動)検知・対応性能	減速・停止	人(マネキン:成人)	正面/30度/45度/60度/横/追抜き	JISB9707, JISB9708, JISZ9711	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近、移動障害物は対向条件により、想定される移動速度で移動させる(例:人の場合:0.3m/s、0.5m/s、1.0m/s、車いすの場合:2km/h、4km/h、6km/hなど、障害物接近再現装置を利用)	減速・停止までの一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに停止することを確認	
		人(マネキン:子供7才)						
障害物(移動)検知・対応性能	移動再開	人(マネキン:成人)	正面/真横/背面	JISB9707, JISB9708, JISZ9711	減速・停止後に障害物が移動することを想定、障害物(人)の移動は、45度。横、後方とする(例:人の場合:0.5m/s、1.0m/sなど、障害物接近再現装置を利用)	障害物が移動開始し、ロボットの移動経路上の障害とならない状況となった後の移動の再開における一連の動作を三次元動作解析装置で計測。	障害物に接触せずに移動を再開することを確認	
		人(マネキン:子供7才)						
障害物(移動)検知・対応性能	回避	人(マネキン:成人男性)	正面/30度/45度/60度/横/追抜き	JISB9707, JISB9708, JISZ9711	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近、移動障害物は対向条件により、想定される移動速度で移動させる(例:人の場合:0.3m/s、0.5m/s、1.0m/s、車いすの場合:2km/h、4km/h、6km/hなど、障害物接近再現装置を利用)	回避の一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに回避することを確認(回避時の通路幅は環境想定に合せる)	
		人(マネキン:子供7才)						
障害物(移動)検知・対応性能	回避	人(マネキン:子供7才)	正面/30度/45度/60度/横/追抜き	JISD6805, JVAS A05	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近、移動障害物は対向条件により、想定される移動速度で移動させる(例:人の場合:0.3m/s、0.5m/s、1.0m/s、車いすの場合:2km/h、4km/h、6km/hなど、障害物接近再現装置を利用)	回避の一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに回避することを確認(回避時の通路幅は環境想定に合せる)	
		人(マネキン:成人男性)						
障害物(移動)検知・対応性能	回避	他ロボット(モックアップ)	正面/30度/45度/60度/横/追抜き	JISD6805, JVAS A05	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近、移動障害物は対向条件により、想定される移動速度で移動させる(例:人の場合:0.3m/s、0.5m/s、1.0m/s、車いすの場合:2km/h、4km/h、6km/hなど、障害物接近再現装置を利用)	回避の一連動作、障害物とロボットまでの距離を三次元動作解析装置と実測で計測。	各障害物に衝突せずに回避することを確認(回避時の通路幅は環境想定に合せる)	
		その他(ロボット運用環境内の想定によるもの)						

(f) 評価基準の策定

障害物(移動・静止)検知・対応の試験において、評価基準は、衝突せずに安全な距離を維持可能であることであるが、人に対する対応に関しては、接近の恐怖感などを考慮した安全距離の基準などを考えていく必要がある。

試験対象となるロボット研究開発実施者との協議を行い、想定環境と試験項目に関する必要性の整理などを行い、評価基準についても参考規格を考慮して、策定を進める。

④緊急停止性能試験方法の開発（担当機関：労働安全衛生総合研究所）

(a) 試験方法の検討

ロボットの緊急停止性能は、停止のトリガが入ってから制動がかかって、ロボットが物理的に停止するまでの時間（距離）で表され、停止のトリガ信号を出力する接触・非接触式センサの特性とロボットのブレーキ性能に大きく依存する。これらの特性評価試験は障害物検知試験や衝突試験等において計測されるため、本試験の内容がこれらの試験と重複しないように整理した結果、ロボットの接触式センサをトリガとする停止過程中の接触力変化を記録することとした。

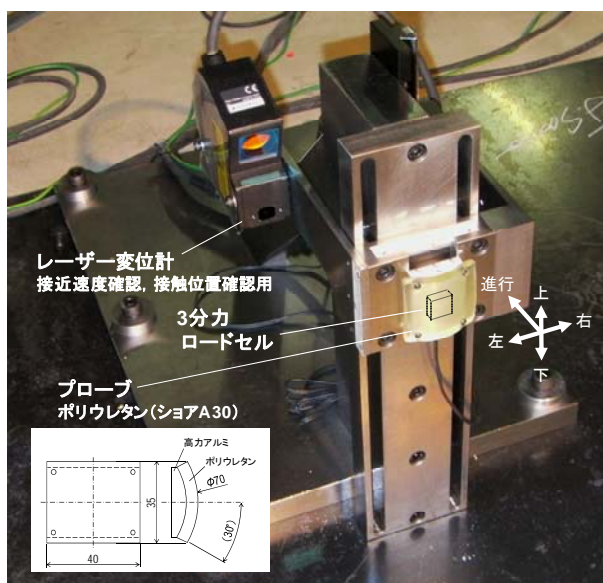
(b) 試験装置

試験対象のロボットは、テープスイッチやバンパセンサ等を持つ移動型ロボットとし、これらのセンサに人を含む障害物が接触してから停止するまでの間に、ロボットが障害物に及ぼす挟圧力を3分力ロードセル（図Ⅲ2.1.2-33）により測定した（図Ⅲ2.1.2-34）。ロボットに接触するプローブの裏側にこのロードセルが貼られており、押しつけ力としての進行方向成分以外に、上下、左右方向の成分も測定できる。測定条件は、

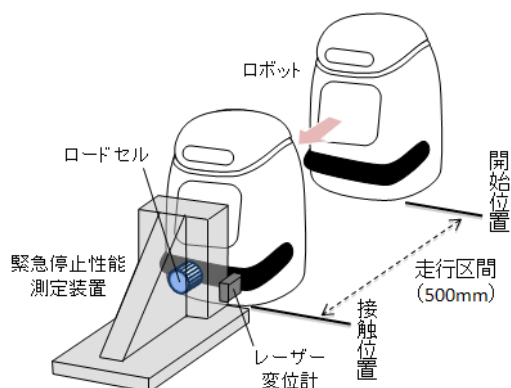
床面：鋼鉄板、カーペット

プローブ材質：高力アルミ、ポリウレタン

とし、ロボットを接触想定速度でプローブへ直進させて、プローブ接触後に挟圧状態をしばらく維持することとした。



図Ⅲ2.1.2-33 緊急停止性能測定装置外観（挟圧力計測部）



図Ⅲ2.1.2-34 緊急停止性能試験装置による測定方法

(c) 評価項目

測定結果の判断基準は、機械ガードやエレベータ、自動回転ドアの規格を参照して、

- ・ 動的挟圧力が 150N を最初に超えた時点から 0.5s 間のピーク値
- ・ 静的挟圧力が上記後の 4.5s の間の挟圧力

で評価することとした。接触式センサの検出感度にも依存するが、ロボットが完全停止後に人を挟んで押しつぶしている状況を回避するためには、高速な接触検知と速やかな制動・停止が求められることになり、一般に大型で重いロボットでは上記の評価値は、これらの参照規格の機械と比較すると下回ることは困難と予想される。

(d) 今後の予定

ロボットが直進してプローブに押し当てるといった試験方法は、接触状態の均一性を得ることが難しく、測定値のバラツクを生じやすかった。そのため、接触方法の変更とそれに伴う装置の改良を予定している。また、評価基準についても、既存の閾値が適用可能かを精査する必要がある。

(5) 対人安全性能試験

① 衝突安全性能試験方法の開発（担当機関：日本自動車研究所）

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

生活支援ロボットが人と共存するなかで、如何なる場合にも安全方向に機能し危害を及ぼさないかを確認する。対人安全性能試験では、生活支援ロボットが周辺の人に衝突した場合の安全性能、さらに搭乗型においては、搭乗者に対する安全性能の評価できる試験方法の開発を行う。

2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性

道路運送車両の保安基準 別添 23「前面衝突時の乗員保護の技術基準（自動車の衝突試験）」を参考とする。

生活支援ロボットが衝突した際の衝撃度合いを人体模型（ダミー）で測定し、そこで得られた物理量を傷害基準値に変換してロボットの衝突安全性能を評価する。安全性能を評価するために必要となる傷害基準値は、自動車の乗員保護に係わる法規などを参考として、生活支援ロボットに適した値を提案する。

(b) 試験装置の導入

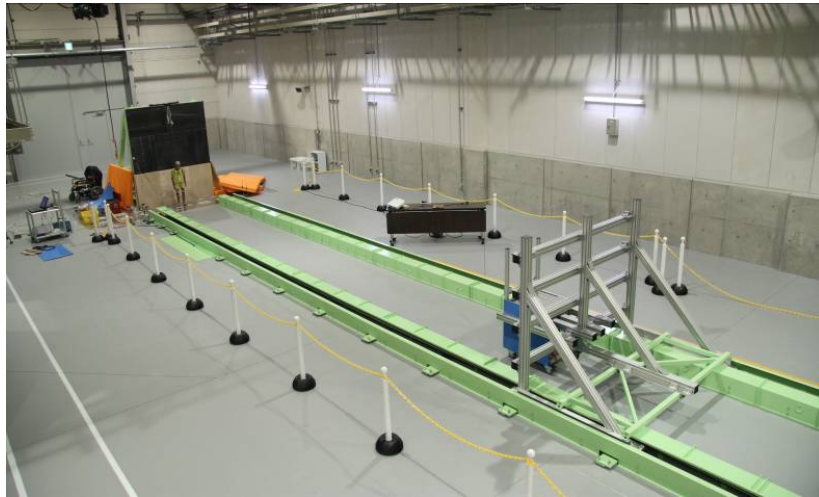
1) 仕様の検討

生活支援ロボットとしては、高齢者、要介護者に対して移乗・移動支援、人間に装着して上肢動作・下肢動作支援、搭乗支援に分類される。これらのロボットの想定最大寸法は、幅 1.0m×奥行き 2.0m×高さ 2.5m 以下、重量は 250kg 以下とする。なお、衝突試験では移動型および搭乗型ロボットを対象として、これらのロボットが出し得る最高速度は 20 km/h と設定した。

衝突安全性能試験では、ロボットの衝突対象として、子供（6歳相当）、小柄な大人、平均的な大人を模擬した人体ダミーへの衝突試験を実施し、人体ダミーに加わる衝撃度合いを測定する。

2) 装置の概要

牽引装置、衝突用バリア装置、人体ダミー（大人）、人体ダミー（小柄な大人）、人体ダミー（子供）、面圧測定装置、3次元測定装置、ダミー校正システム、ダミー測定装置で構成される。

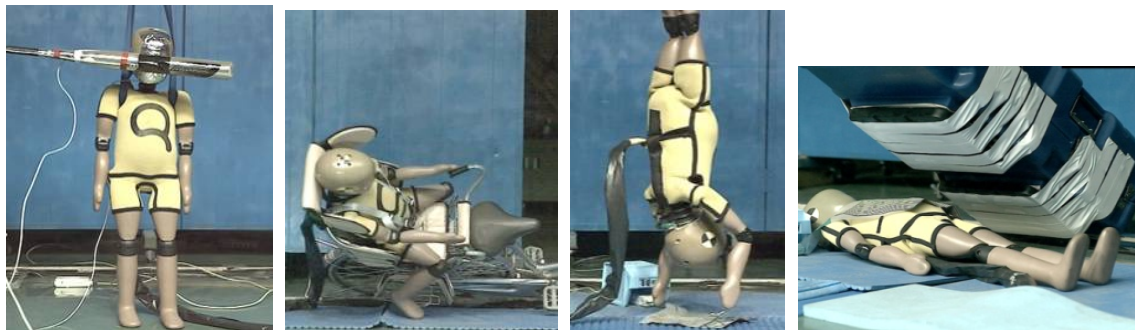


図Ⅲ.2.1.2-35 衝突安全性試験装置の全景

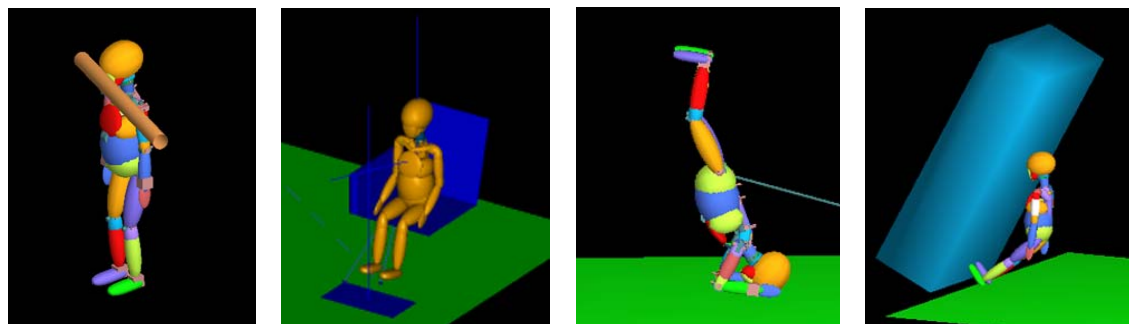
(c) 基礎試験

1) 事故再現試験

自動車の衝突安全性評価に開発された人体ダミーをロボット評価として用いた場合の問題点を洗い出すために、一般生活環境で発生する事故を再現した試験を実施し、事故での傷害程度とダミーの応答を比較した。事故データは、国立成育医療センターで収集されたデータで構築された身体地図情報検索システム（Bodygraphic Information System）から引用した。同時に、剛体モデルによるコンピュータシミュレーションも行い、人体ダミーによる試験で不足する年齢や体格の差異による影響などのデータも収集した。



図Ⅲ.2.1.2-36 人体ダミーによる事故再現試験の状況



図Ⅲ.2.1.2-37 コンピュータシミュレーションの例

2) 生活支援ロボットを想定した衝突試験

搭乗型ロボットの衝突時における乗員の安全性能を評価するために、搭乗型ロボットを想定した電動車いすに人体ダミーを搭乗させ、5、10 km/h の速度で固定壁に衝突させた。また、6 km/h で走行してきた移動型ロボットと構造物（壁）の間に人が挟まれた状態を模擬した衝突試験を行った。これらの試験では、人体ダミーの主要部位である頭部、胸部、頸部の衝撃量を測定した。



図Ⅲ.2.1.2-38 対人安全性能に関する基礎試験状況

3) 試験の結果から抽出された課題

事故の再現試験の結果から、自動車用人体ダミーは大きな速度変化を伴うような物理量（加速度）の測定には適しているが、ロボットとの衝突で想定されるような挟まれによる押し潰しなどの準静的に相当する事象の評価ではその測定能力が低いことがわかった。このため、自動車用人体ダミーを改良し、圧迫などを感知できるセンサを顔面、胸部、腹部に装備することが必要となった。

同一条件による試験を 5 回繰り返した際の反復性を壁面に生じた荷重で判断すると、荷重値の変動係数は 3% と良好な値を示した。これに対し、人体ダミーで計測されたデータの例として脚部の荷重をみると、試験毎で異なる値を示しており、バリア荷重に対して、ばらつきが大きくなる結果となった。その要因としては、ロボットが衝突する瞬間の位置精度が挙げられる。具体的にはロボットとダミーの衝突位置がずれることで、ロボットが衝突点を支点として回転する挙動となり、ダミーに入力される衝撃が結果として緩和されたものと推察する。このため、試験結果の信頼性を高めるためには、ロボットを精度良く衝突させる装置および手順が必要となる。

(d) 試験装置の改良

人体ダミーの頭部、腹部および腕などの部位において、圧迫による傷害を評価できるセンサを追加する。

ロボットの衝突位置の精度を向上させるために、牽引装置に付属する牽引台車に改良を加え、衝突点まで牽引できるようにする。同時に左右方向のずれ防止策も講じる必要がある。

(e) 試験法の策定

ロボットの衝突速度は、カタログに記載される最高速度とする。

衝突形態は、ロボットとの衝突によって人が受ける衝撃が最も大きくなる、ロボットと壁の間に人が挟まれるパターンを基本とする。なお、搭乗型ロボットでは、搭乗者として最も質量の重い人体ダミー（大人）を搭乗させ、挟まれるパターンに加えて、搭乗者の安全性を評価するために、壁面への衝突パターンも実施する。

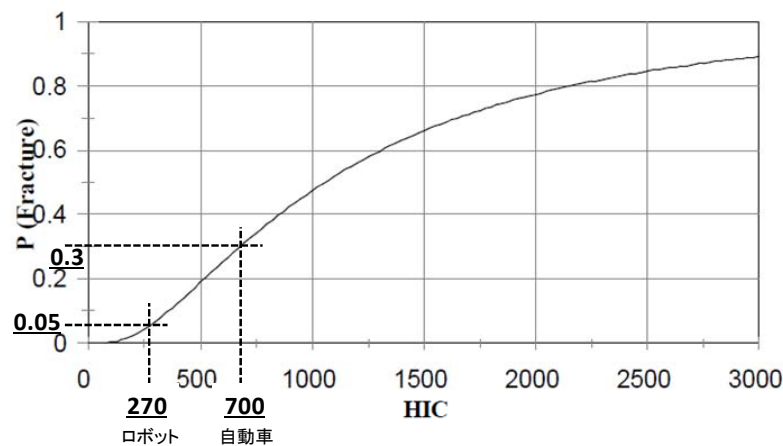
試験の評価は、人体ダミーで測定した物理量を傷害値に変換し、評価基準の策定において設定した閾値との対比により安全性を評価するものとする。

(f) 評価基準の策定

生活支援ロボットが関与した事故によって人が被る怪我の程度が明確であれば、その怪我以下となる評価基準とすることで、より高い安全性が確保できる。しかし、実際には生活支援ロボッ

トが普及する前段階であり、事故例もほとんど無い状況下においては、すでに安全性評価で用いられている基準を参考として、ロボットの評価用として変換することが有効と思われる。具体的には、自動車の乗員保護で規定されている傷害基準値を参考とする。ただし、自動車の場合は傷害の対象が重傷以上であるため、現在の基準値をそのままロボットの安全性評価に用いると相対的に緩めの基準となり得る。ロボットは人の生活空間で共存することから、評価基準の設定には高い安全性が要求されることが必至であり、軽傷以下の傷害についても基準値を設定する必要がある。

具体例として、頭部傷害値（HIC : Head Injury Criteria）の自動車乗員保護基準では700（頭蓋骨の骨折確率は30%）が閾値となるが、ロボットの安全性評価では、例えば骨折の確率が5%以下となる270が現実的な目安となり得る。いずれにしてもロボットの安全性評価の閾値について、現在実施している試験や調査結果を踏まえて、より適切な値を設定することになる。傷害評価の対象部位としては、頭部、頸部、胸部、腹部が必須となるが、部位によっては、耐性値や傷害の発生メカニズムが解明されていない点もあり、特に子供の傷害については不明な点が多いことから、関連機関が実施している最新の研究成果を参考に設定していくことになる。評価すべき傷害については、骨折、関節や腱の傷害、脳の傷害に加え、裂傷とした。なお、これらは既知の文献などを調査して再整理する予定であるが、実施が可能と判断できる場合には検証実験（代替実験）も行うことでより適切な傷害基準値の選択の一助となる。



図Ⅲ.2.1.2-39 HIC と頭蓋骨の骨折確率の関係（傷害程度 AIS 2（中等症）以上）

表Ⅲ.2.1.2-5 傷害基準の検討方法

傷害の分類	骨折	関節の傷害	腱の傷害	脳の傷害	裂傷
検討方法	文献調査 一部、代替実験	文献調査	文献調査	自動車データ	文献調査

②接触安全性能試験方法の開発（担当機関：名古屋大学）

(a) 背景と目標

人間装着型ロボット(以下、ロボット)は、障がい者の QOL (Quality of Life) の向上や労働者の生産性の向上に貢献すると考えられ、その早期の実用化が期待されている。しかし、人体に装着して使用するという性質から、その安全性には一般の機械類と比較して特別の注意が払われなくてはならない。特に、装着者への影響を考慮した安全性の検証は不可欠である。

しかし、装着型機器の安全性を検証する際に人間を被験者とした装着、動作試験を行う事ことは、被験者の負傷の可能性があることから倫理的に許容されない。また、人間への装着によって安全性を評価する場合には被験者の個人差による影響が避けられない上、被験者の主観が評価に影響する可能性が排除できない。そのため、人間を被験者とした試験によってロボットの接触安

全性を評価することは困難であると考えられる。

本項目では、こうした問題を解決してロボットの安全性検証を可能とするため、装着試験用人体ダミーの研究、開発を行う。さらに、これを用いて主に障がい者により使用されるロボットの安全性に関する試験方法の創出を行う。

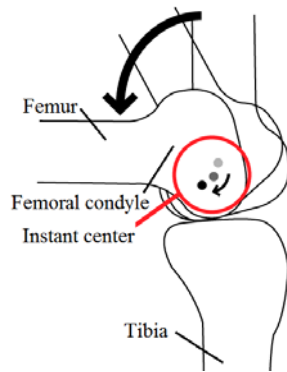
(b) 人間装着型ロボットに生じるハザードの検討

人間装着型ロボットは、装着者に密着して使用されることから様々なリスクを生じる。本研究では、ロボットの安全性検証のため、ハザード同定を行った。表Ⅲ.2.1.2-6 にその結果を示す。なお、本研究では実用化に向けた開発の進捗状況を考慮して歩行アシスト機器を対象とし、十分な免荷や介助者によって転倒リスクは排除された条件を想定した。

表Ⅲ.2.1.2-6 人間装着型ロボットのハザード同定表 (抜粋)

危害に至るメカニズム	危害事象(harmful events)	
	備考：天吊りや平行棒等の転倒防止策が十分に行われていることとする	
分類(Type)	原因	結果
機械要因	ジョイントが破損、噛みこみなどでロックしたため	正常回転しなくなり、使用者の意図通りに動かず筋肉・関節を痛める
人間工学要因	人間の膝等関節の回転中心と設計した装置のジョイントの回転中心が（構造的に）異なっているため	使用者に無理な動作を強いることとなり、筋肉・関節を痛める
機械要因	電源が OFF になった際、ジョイントのバックドライバビリティがないため	使用者の意図通りに動かず筋肉・関節を痛める
機械要因	装具装着位置の締め付けが弱く、装着位置がずれたため	使用者が意図しない動きまたは意図通りに動かせないことにより筋肉・関節を痛める
電気要因	非常停止時に制御が行われなくなり、装置がアシスト動作をしなくなったため	持っていた重量物が落下して脚に直撃し。打撲・骨折する
機械要因	ジョイントに隙間があったため	指などを挟み込んでしまい、骨折・切断する。
熱要因	モータアンプ等のデバイスが高温状態になったため（45℃程度）	デバイスに長時間接触したことにより低温熱傷する
人間工学要因	装置を装着していることにより自由度が制限されているため	急な回避動作が取れず、バランスを崩し転倒する

表Ⅲ.2.1.2-6 には接触に起因して様々なハザードが生じることが示されているが、一般的な機械類と大きく異なるハザードとして、人間工学的な要因による装着者とロボットの間の不整合から生じるハザードが存在することがわかる。中でも不整合を生じやすくリスクも比較的大きいと考えられるのが、膝関節の屈曲動作である。図Ⅲ.2.1.2-40 に示すように、膝関節を屈曲すると関節部は回転しながら並進運動を行い、関節中心の変位が発生する。これに対し、ロボットがこの関節中心変位を考慮せずに設計されている場合には、膝の屈曲により両者の間に動作の不整合が生じる可能性がある。また、関節の屈曲に伴い、筋肉の張りが変化して下肢部断面形状が変化することや下腿部に回旋運動が発生することが知られている。

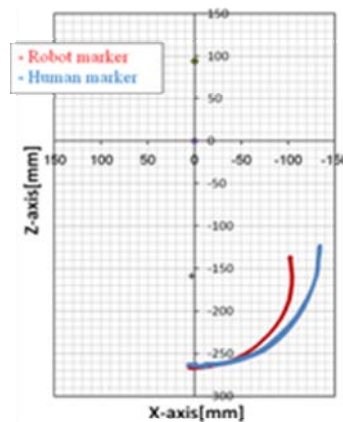


図Ⅲ.2.1.2-40 膝関節の屈曲に伴う回転中心の変位

しかし、こうした生理学上の変化により生じる装着者とロボットの不整合の影響については、十分に研究が行われていない。そのため本研究では、ハザード同定によって特定された人間工学的原因によって生じるハザードの評価に焦点を絞り、装着者とロボットとの間に生じる不整合を再現する試験装置1号機（以下、1号機）の製作を行った。

(c) 不整合の定量化を目的とする膝関節屈曲動作中の人体各部の測定

膝関節の屈曲伸張動作によって生じる不整合をダミーを用いて再現するため、本研究ではまず膝関節屈曲動作時の人体およびロボットの下部部の座標をキャプチャシステム（MAC3DSystem、Motion Analysis 社製）を用いて計測した。この実験では、大腿部を固定した上で膝関節の伸張動作を行い、下腿部に装着したマーカの軌跡を追跡した。図Ⅲ.2.1.2-41 に、膝関節屈曲時の人体およびロボットの下部部の軌跡を示す。



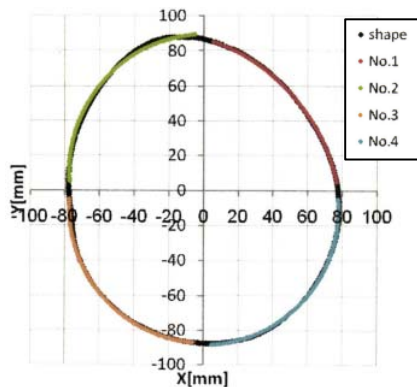
図Ⅲ.2.1.2-41 膝関節の屈曲に伴う下腿部の不整合

図Ⅲ.2.1.2-41 より、関節が伸長するにつれて人体下腿部のマーカが描く軌跡は回転中心を固定した構造を持つアシスト装置が描く軌跡よりも外側に回っている事がわかる。これは、膝関節の回転中心の変位によって人体下腿部の回転半径が増大したためと考えられる。この結果から、ロボットを大腿部と下腿部に固定して膝の屈曲動作を行う場合、人間装着型ロボットと装着者の固定部分に力が作用し、装着者に傷害を与える可能性がある事が示された。

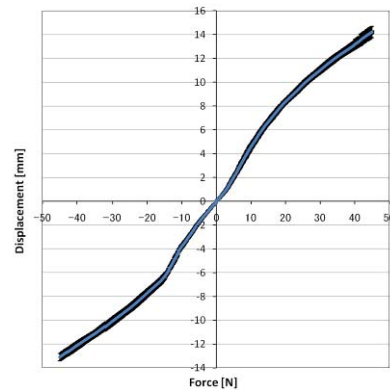
このように、装着者とロボットの不整合によって装着者に負担が生じる可能性が明らかとなったが、実際のロボットの使用においてはこうした不整合はロボット装着部に集中する。これは、装着部の摩擦力として装着者に作用し、最終的には装着部のずれによって吸収されていると考えられる。その際に大きな影響を及ぼすと考えられるのが、ロボット装着部分の接触面積、装着部の摩擦係数、装着部の粘弾性等の装着者の身体的特徴である。ロボットが装着者に及ぼす力を正確に再現するためには、1号機においてもこうした要素を考慮する必要がある。

本研究では、装着者とロボットの接触面積を見積もるため、下肢形状計測器（Artec MHT 3D Scanner、Data Design 社製）を用いて人体の下腿部断面形状を計測した。計測された下腿部断面形状および同形状を4つの円で近似した結果を図Ⅲ.2.1.2-42に示す。本研究ではこの結果を1号機下腿部の形状に反映させ、ロボット装着部における接触面積を再現した。

次に、体組織の粘弾性による人体下腿部の変位を計測するため、下肢機械特性計測器（SV-52型引張圧縮試験改良機、今田製作所製）を用いて、下腿部矢状面方向に働く力と皮膚表面の変位の関係を計測した。計測結果を図Ⅲ.2.1.2-43に示す。引張力に応じて皮膚の変位が増大する（機械的剛性が増大する）傾向が捉えられた。



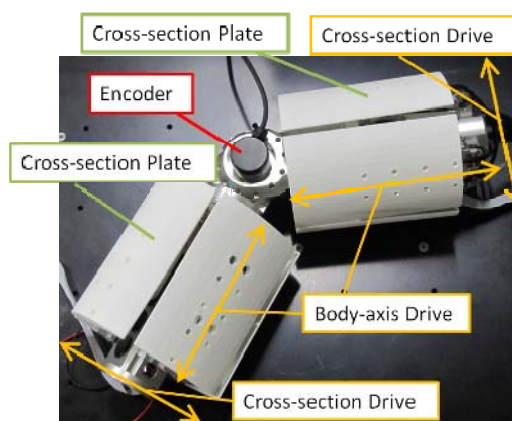
図Ⅲ.2.1.2-42 人体の下腿部断面形状



図Ⅲ.2.1.2-43 下腿部矢状面方向に働く力と皮膚の変位の関係

(d) 試験装置1号機の製作

本研究では、人体を計測した結果に基づいて人間装着型ロボットの安全性評価用の下肢ダミーとして試験装置1号機を製作した。図Ⅲ.2.1.2-44に製作した1号機の外観を示す。1号機は膝関節部にエンコーダを持ち、大腿、下腿部にはモータによる矢状面方向の伸展機構および断面方向の拡張機構を持つ。これらの動作のために、試験装置0号機において検証された制御プログラムが組み込まれた。1号機は膝関節の屈曲に応じて下腿部を伸展させることが可能であり、膝関節中心の変化による下腿部の変位を再現している。また、図Ⅲ.2.1.2-42のデータに基づいて樹脂プレートを作成し、下肢断面形状を再現した。



図Ⅲ.2.1.2-44 1号機の外観

(e) 試験と結果

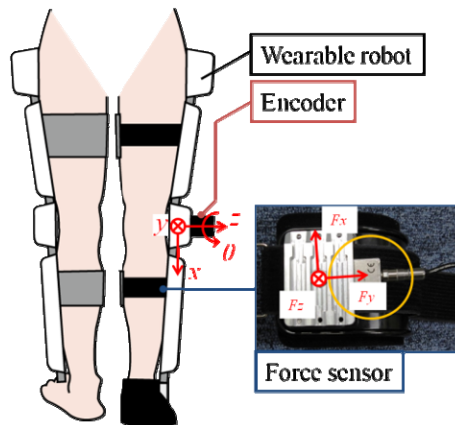
人間装着型ロボットの使用によって装着者に作用する力を測定するため、本研究では図Ⅲ.2.1.2-45に示す装置を作成し、試験を行っている。本装置では、ロボットの膝関節部にエンコーダを取

り付けて角度を計測すると共に、装着部分に力覚センサ（力センサ 9602、KISTLER 社製）を取り付けることでロボットから装着者に加えられる力の計測を行うことができる。

本装置を用いて、ロボット装着時に膝関節屈曲運動を行った際に装着者に加わる力を測定し、屈曲角の増大と共に装着部に作用する力が増加するという傾向が得られている。

また、本研究で製作した 1 号機をロボットに装着して同様に力測定を行った結果、1 号機装着時にも屈曲角の増大と共に装着部に作用する力が増加している傾向が見られる。

このように、本研究で製作した 1 号機は、ロボット装着時に装着者に加わる力を再現する事ができているが、装着部の摩擦や装着部の断面形状の変化、引張による皮膚の変位等は再現できていないことから、結果として作用力を完全に再現する事はできていない。この点については今後のさらなる研究が必要である。



図Ⅲ.2.1.1.2-45 人間装着型ロボットによって生じる力の測定

(f) これまでの成果と今後の課題

本研究では、膝関節屈曲による下腿部の伸展機構および人体の下腿部断面形状を再現した樹脂プレートによって人体下肢を再現した 1 号機を製作した。そして、これを屈曲させるにつれ、人間装着型ロボット装着時にカフ部に生じる相互作用力を計測し、人体にロボットを装着した場合に発生する力との比較を行った。その結果、現時点の試験装置（1 号機）によれば、ロボットを人体に装着した場合と同様の相互作用力の傾向が得られることが確認された。また、1 号機構築に先だって、試験装置 0 号機を用いて、トルク制御可能な電磁ブレーキおよび制御方法を開発した。

今後は装着部の摩擦や装着部の断面形状の変化、引張による皮膚の変位等の要素を再現することで装着部の負担をより正確に再現し、ロボットの安全性検証に使用可能なダミーの製作を目指す。また、膝関節屈曲時の内外旋等の影響も検討に加え、ロボットと装着者の不整合によって生じるハザードについて、包括的な検討を行う。

そして現時点では、最終的な試験方法を 1) 目視による試験として、各部位の位置姿勢調製用自由度が、それぞれ以下の数以上であること大腿部=2 自由度、膝部=1 自由度、下腿部=2 自由度、2) 装置を用いた試験として、条件 1) が満たされない場合は、ダミーに装着し、装着時・歩行時のダミーへの負担が過度に生じないことを安全評価システムの出力から評価することを考えている。この 1) の試験方法の妥当性も、試験装置 1 号機を用いて今後妥当性を確認して行くことを考えている。

③操作・情報提示機能検証試験方法の開発（担当機関：産業技術総合研究所）

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

生活を支援するロボットにおいては、操作を行うものや周辺の人に対する安全性を確保するため、HMI（ヒューマンマシンインターフェース）機能によるロボット動作や情報提示の安定性や安全性を評価する必要がある。操作安全性検証としては、操作者とロボット、周辺との相対距離、

軌跡から評価（例えば安全距離の維持、姿勢の安定性等）するための試験方法などの開発を行う。情報提示機能検証としては、情報提示機能を有している場合にロボットの動作と事前動作提示のタイミングや周辺者の視線データ等から評価する試験方法などの開発を行う。

2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性

参考となる試験規格・基準は、以下のようなものがあげられる。

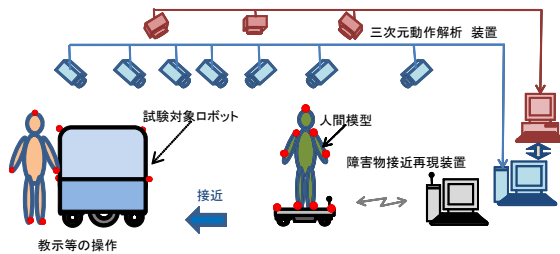
無人搬送車の規格である JIS D6805 のほか、JIVAS A05、JIS B9706、JIS B9707、JIS B9708、JIS Z9711、JIS Z8500、JIS C0447 などが関連し、参考となる。

対象となるロボットは、想定環境や想定障害物などが様々に考えられるため、その多様性に対応する必要があるため、対象ロボットにあった試験方法や評価基準の開発が必須となる。

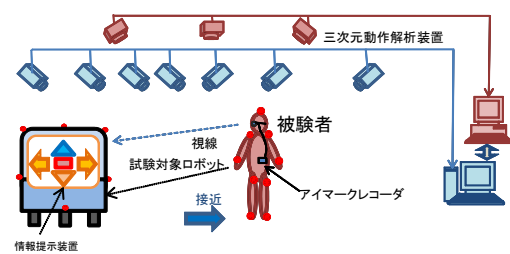
(b) 試験装置の導入

1) 仕様の検討

試験装置として、下図に示すような装置構成を検討し、想定される試験対象ロボットと試験環境に応じて、それぞれの仕様の検討を行った。建屋内の走行関連試験エリアの内、三次元動作解析装置の試験エリアは 15m 四方の広さとなっており、試験ロボットの移動速度の想定に合わせて、各装置の仕様を定めている。仕様の詳細は以下の概要で示す。既に障害物（移動・静止）検知・対応試験で用いるための三次元動作解析装置と障害物接近再現装置を活用する。



図Ⅲ2.1.2-46 操作安全性検証の例



図Ⅲ2.1.2-47 情報提示機能検証の例

2) 装置の概要

障害物（移動・静止）検知・対応試験においてすでに装置の概要を示しているが、説明を付加して再掲する。

i) 三次元動作解析装置

この装置は、試験エリアの周囲に取り付けられたカメラから、マーカと呼ばれる光を反射する球体の動きを検知することによって、マーカを付けた試験対象ロボットの動作をはじめ、操作する人や周辺の人動きを数値化して記録し、解析をする装置である。さらに、人の視線を解析できる装置と共に、生活を支援するロボットの動作や操作が安全で、動作の提示などが有効であるかなどを検証・試験する装置である。

装置仕様：幅 10m× 奥行 10m× 高 2m の範囲を cm 分解能で計測が可能である。幅 4m× 奥行 4m× 高 2m の範囲を mm 分解能で計測が可能である。同時計測点は 70 以上、12km/h の移動体を捕捉可能で、視線計測情報と連携可能である。



図Ⅲ2.1.2-48 三次元動作解析装置カメラ(右上)、マークを取り付けた対象障害物(右下)、試験エリアと計測の様子(左)

ii) 障害物接近再現装置

この装置は、様々な接近対象となるダミーの動きを模擬的に再現するもので、その接近動作に対して移動ロボットを操作する人が安全に対応できるかを三次元動作解析装置と共に試験する装置である。

装置仕様：幅 544mm× 奥行 544mm× 高 261mm、車体最高速度：4m/sec (20kg 積載時)、車体最高加速度：2m/sec² (20kg 積載時)、最大積載重量：80kg、軸数：8 軸 (車輪 4 軸、操舵軸 4 軸)。



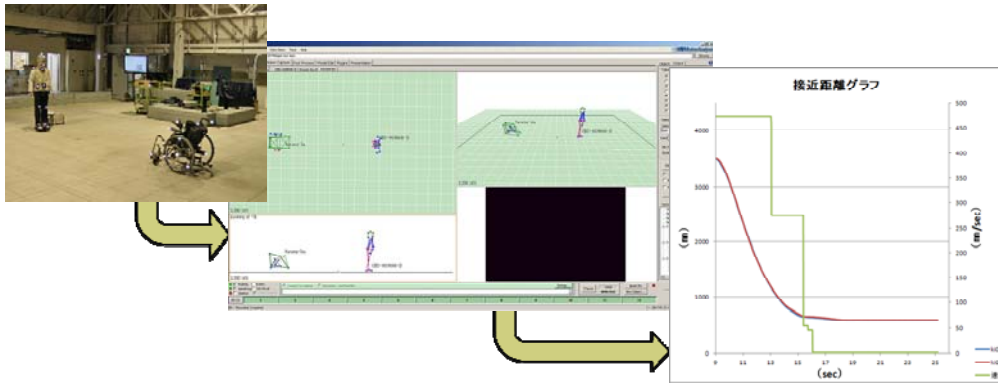
図Ⅲ2.1.2-49 障害物接近再現装置(右)、対象障害物(大人)を取り付けた装置(左)

(c) 基礎試験

操作安全性検証では、人との対向、追抜き、出会い頭等を実際に人または障害物接近再現装置で再現し、相対的な距離や軌跡等を記録・分析して評価する。情報提示機能検証では、停止、左右移動、右左折等の動作情報を提示する機能を、周辺者が存在する中で使用想定する動作を再現し、相対的な距離や提示タイミング、周辺者の視線データ等を記録・分析して評価する。

基礎試験では、図Ⅲ2.1.2-50 のように三次元動作解析装置によるマークセットの時系列キャプチャデータを用いて、対象ロボットの操作と障害物との接近距離等のデータを整理している。

試験対象ロボットには様々な形状があるため、三次元動作解析装置のマークを装着して計測する位置は、対象となるもののマーク位置や動作などを含めて、データの整理や分析がしやすく、補正を考慮する必要がある。また、今回、操作の熟練度を要するものは、排除しているが、今後、検討が必要である。また、情報提示機能を持っていないロボットが多く、試験を不実施にせざるを得なかった。



図Ⅲ2.1.2-50 基礎試験の様子(左)、三次元動作解析装置画面(中央)、接近距離と速度グラフ(右)

(d) 装置の改良

それぞれの装置は単独での動作を確認し、基礎試験での使用は可能であるが、今後は連携した動作を行うための改良、改修が必要である。

(e) 試験法の策定

表Ⅲ2.1.2-7 に示すような試験方法における確認項目で試験を実施することを提案している。

表Ⅲ2.1.2-7 試験方法の原案

性能確認項目	ロボットの対応機能	想定場面 (対象)	対向条件 (想定内を選択)	参考規格	走行・操作方法	計測方法	評価内容	備考
操作機能検証	HMIによる移動操作(直進、右左折、後進、停止)	狭通路(壁・マークやパーテーション代用)	最低幅内:通過/転回	JISD6805, JIVAS A05 +	通常運用の移動速度で走行する(選択できる場合には全ての速度)	移動の一連動作、通路とロボットまでの距離を三次元動作解析装置で計測。	通路に接触せずに移動できることを確認	HMI機能によるロボットの動作(指示走行やマニュアル移動を想定、操作の熟練度等に関わり、一般的でないと思われる場合には不実施、手押し移動は除く)
	HMIによる移動操作(+回避動作)	人回避(マネキン:成人) 人回避(マネキン:子供7才) その他(ロボット運用環境内の想定によるもの)	正面/背面 ロボットの運用環境内の想定	JISB9707, JISB9708, JISZ9711 +	通常運用の移動速度(選択できる場合には全ての速度):5m程度離れた位置からの接近	移動の一連動作、ロボットと対象までの距離を三次元動作解析装置で計測。	対象に接触せずに移動できることを確認	
	HMIによる制御操作(ボタン操作など)	自動充電(充電器) 合体・分離(ロボットの一節) 変形(自身の形状変化)	ロボットの運用想定内	JISZ8500, JISC0447等	ロボットの通常運用の状況を再現して行う。		動作時に想定される周辺物に対して衝突、接触、挟み込みが無く、動作を完了できることを確認(危険性の有無と箇所抽出)	移動をともなう場合に、障害物への対応機能を有する場合には、障害物の検知・対応機能検証も行う
情報提示機能検証	音、音声、ランプ、画面等による状態情報の周囲への提示	通常走行	正面/真横/背面(計測方向)	JISD6805, JIVAS A05 + JIS B9706, JISZ8500等	通常運用の移動速度で直進走行する(選択できる場合には全ての速度)	移動の一連動作を三次元動作解析装置、録画装置で計測。	状況による機能の有無、動作と情報提示のタイミングと提示位置、内容(評価指標についてはメーカーとも協議検討:音圧、音声、視認性、大きさ、色、明るさ、表示内容など)	評価指標については、今後メーカーとも協議検討
		減速(制動灯) 停止(制動灯) 発進 右左折(方向指示器) 回避 緊急停止(警告灯など) 自動動作(自動充電、合体・分離など) その他(ロボット運用環境内の想定によるもの)			ロボットの回避機能を持つ場合に、想定に合った場面設定で行う(障害物検知・対応検証に依る)			

(f) 評価基準の策定

操作・情報提示機能検証の試験において、評価基準は、常に安全な距離を維持可能であることであるが、人の操作に対する対応に関しては、接近の恐怖感などを考慮した安全距離の基準などを考えていく必要がある。情報提示機能を持っていないロボットが多く、基準に対しては、自動車なども参考にし、新たなロボットの情報提示の規格を提案し、具現化する必要がある。

試験対象となるロボットの製造メーカーとの協議を行い、想定環境と試験項目に関する必要性の整理などを行い、評価基準についても参考規格を考慮して、策定を進める。

(6) 機能安全性能試験

①機能安全技術基準開発（担当機関：産業技術総合研究所）

(a) 背景と現状

1) 技術基準の必要性

生活支援ロボットの機能は、コンピュータを用いた様々な制御システムによって実現されるのが一般的である。こうした制御システムの多くは、相応の安全性が求められる安全関連システムである。制御システムの誤動作や不作動によってそれが果たすべき機能が損なわれた場合、ロボットの利用者や操作者、または周囲の人間に危害が及ぶ可能性があるためである。例えば、障害物検知および回避機能や、速度制御および停止機能は、安全性が求められる機能（安全機能）であるかもしれない。

生活支援ロボットの安全機能は通常、ハードウェアおよびソフトウェアを含むコンピュータ技術を用いた安全関連システムによって実現されると考えられる。しかしながら、具体的にどのような安全機能が必要となるかは、ロボットの機能や使用環境によって異なるため、安全関連システムへの機能要件や試験方法を一般的に述べることはできない。そのため、機能安全においては、安全関連システムの設計および開発プロセスとそこで使用すべき技術や、達成すべき故障率および安全度等についての基準を設けることが重要となる。

2) 機能安全に関する規格・基準について

機能安全のための基準を含む規格として IEC 61508（電気・電子・プログラマブル電子安全関連システムの機能安全）が制定されており、これに基づいていくつかの分野別規格が制定されている。現在ドラフト審議が進められている ISO 13482（パーソナルケアロボットの安全）においても、機能安全に関する要求事項が含まれているが、基本的に IEC 62061（機械類の安全：電気・電子・プログラマブル電子安全関連制御システムの機能安全）を参照する形となっている。IEC 62061 は、IEC 61508 の機械類に対する分野別規格であり、その要求事項は IEC 61508 に準ずるものとなっている。

(b) 機能安全規格の咀嚼

1) 機能安全規格の困難さ

上記の状況および国際整合性の観点からすれば、生活支援ロボットの機能安全においても、IEC 61508 に基づいた技術基準の導入が必要であると考えられる。しかしながら、IEC 61508 は、一般に適合するのが難しい規格であり、技術的およびコスト的にも導入が難しい。そのおもな理由としては、以下があげられる。

- ・ リスクアセスメントを実施して、安全達成の目的と方針を明確にしなければならないこと。
- ・ 安全関連システムのライフサイクル全範囲にわたる膨大な要求事項が述べられており、定量的でない要求事項 (weak criteria) も多いこと。
- ・ ハードウェアについては、故障率の細かな計算が求められるとともに、安全度によっては冗長化が必要となること。
- ・ ソフトウェアについては、設計・開発・検証のすべての工程に対して様々な技法の適用が求められること。

実際、コンセプト自己チェックシートを用いたロボットメーカへの調査においても、機能安全技術の導入が進んでいないことが明らかとなっている。

2) 規格要求事項の技術資料作成

こうした状況を踏まえて本研究開発項目においては、まず IEC 61508 の要求事項を解説した技術資料を作成し、各ロボットメーカにおける機能安全技術の展開を図ることとした。そのために、ロボットメーカと合同で、技術検討会を開催した。技術資料は、以下の要求事項項目について解説するものである。

表Ⅲ2.1.2-8 IEC 61508 を解説する技術資料の構成

章	内容	章	内容
1	IEC 61508 の概要	11	ソフトウェア安全分析
2	背景と定義	12	開発ツールおよびプログラミング言語
3	安全関連システムとは	13	ソフトウェア詳細設計および実装
4	安全ライフサイクル (システムレベル)	14	ソフトウェア・ハードウェア統合テスト
5	安全ライフサイクル (コンポーネントレベル)	15	安全妥当性確認テスト
6	安全要求仕様	16	修正
7	安全妥当性確認計画	17	安全ケース
8	システムアーキテクチャ設計	18	文書化
9	ハードウェア設計	19	機能安全マネジメント
10	ソフトウェアアーキテクチャ		

3) 規格適合のためのガイドライン作成

さらに主としてソフトウェア開発の側面から、規格に適合した開発マネジメント体制を整備するためのガイドラインを作成して、各ロボットメーカへ配布し、機能安全技術の展開を図った。ガイドラインは以下の3部構成となっており、必要な作業や注意事項が細かく記してある。

- I. 安全ライフサイクルガイドライン：ソフトウェア安全ライフサイクルフェーズに沿って、アクティビティ・作成文書・要求事項を解説する。
- II. 支援に関するガイドライン：ソフトウェア安全ライフサイクルを遂行するための、支援プロセスについて解説する。
- III. 組織に関するガイドライン：必要となる組織体制と、コンピテンシ管理について解説する。

それぞれが対象とするプロセスは、以下の通りである。

表Ⅲ2.1.2-9 各ガイドラインの対象プロセス

ガイドライン	対象プロセス
I. 安全ライフサイクルガイドライン	安全計画・コンセプト、システム安全要求仕様、ソフトウェア安全要求仕様、ソフトウェアアーキテクチャ、ソフトウェアシステム設計、ソフトウェアモジュール設計、コード作成、ソフトウェアモジュールテスト、システム統合テスト、ソフトウェア安全妥当性確認、サポートツールとプログラミング言語、部分改修手順、ソフトウェア適合確認、ソフトウェア機能安全評価
II. 支援に関するガイドライン	文書化、開発環境整備、トレーサビリティ管理、品質保証、構成管理
III. 組織に関するガイドライン	コンピテンシ評価、体制定義、教育研修基準設計

(c) 技術基準の確立へ向けて

1) 既存技術基準の展開

これまでは、現在作成が進められる ISO 13482「パーソナルケアロボットの安全」の進捗状況を踏まえて、IEC 62061 および IEC 61508 を参照基準として、生活支援ロボットへの適用方法を検討してきた。本研究開発項目において作成した技術資料およびガイドラインは、規格適合の困難さをある程度解決し、機能安全技術の導入を促すものである。

2) 新規技術基準の導入

しかしながら、生活支援ロボットにおいて利用される安全関連システムの性質によっては、他の規格を基準とするほうが望ましい場合があり得る。例えば、移動型ロボットについては自動車向けの機能安全規格 ISO 26262 が述べる要求事項が適切な場合があり得る。

このような可能性を考慮しながら、技術基準の確立を進めていくことが今後必要である。これらの検討のため、以下の作業を実施しているところである。

- ・生活支援ロボットが備える典型的な安全機能の模擬リスクアセスメントを通じた、機能安全評価範囲および目標安全度基準の策定
- ・開発中の各ロボットにおける機能安全規格への対応状況および機能安全技術の導入状況の詳細な調査。

②有線通信に関する安全性・信頼性試験（担当機関：産業技術総合研究所）

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

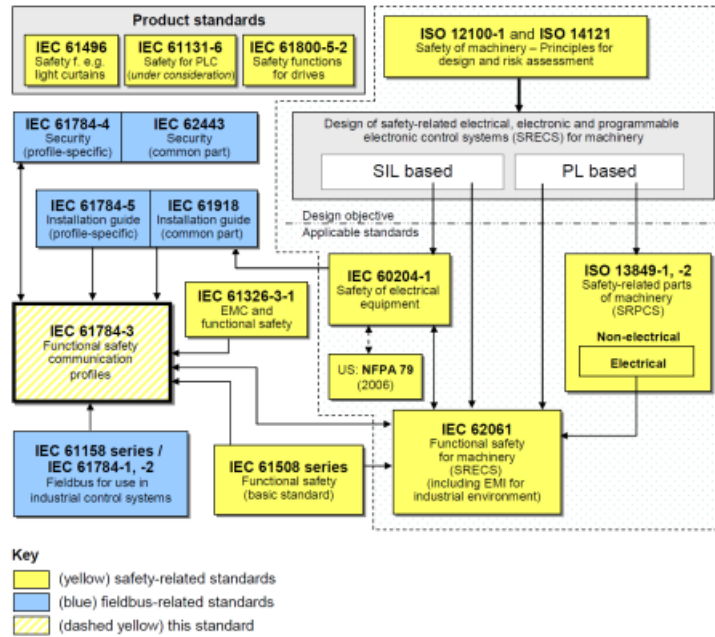
生活支援ロボットの内部制御システムにおいて、複数の制御 CPU モジュールに分割されたモジュール構成を取った場合、モジュール間の機能を統合しセンサやモータとの間でデータをやりとりするための通信システムが必要となる。その際、これらの分散制御系を用いて安全機能を実現した場合は、通信システムは安全関連系となり、機能安全を満たす必要が生じる。

2) 有線通信に関する規格・基準について

有線通信に関する規格として、工業用フィールドバスに関する IEC61784 があり、その中で Part3 が機能安全通信プロファイルに関する規格となっている。これを示す図を IEC61784 から引用して図Ⅲ2.1.2-51 に示す。

本規格では、すでに商用化されている各種通信プロファイルが列挙される形となっており、それぞれ規格に従った実装を行えばよいことになる。

また特に安全関連系としての、一般的な有線通信に関する規格として、IEC61508 から引用されている鉄道通信安全規格 IEC62280 がある。こちらの規格では安全性が保証できない通信路を用いて安全関連データをやりとりする場合の概念的な方法について規定されている。



図Ⅲ2.1.2-51 有線通信に関する IEC61784 Part3 と他の規格の関係 (IEC61784-3 から引用)

(b) 安全要求仕様

1) 安全関連系としての有線通信の利用形態

本プロジェクトの対象となった生活支援ロボットにおいて、(a)で示したような有線通信が利用されている例が見られた。それぞれ何らかの規格通信プロファイルを用いており、一般的に、その規格に従った実装が行われる必要がある。

その中で安全関連系として有線通信が用いられる場合が重要であるが、現時点で明確に安全関連系と位置づけられる例はごくわずかであった。その場合の例では、(a)に述べたようにセンサやモータとのデータのやりとりに有線通信が用いられていた。

2) 有線通信ソフトウェアの機能安全

安全関連系として有線通信を行う場合、通信ソフトウェアに関しては機能安全規格を満たす必要がある。現時点では機能安全開発プロセスに従った開発、機能安全要求事項に基づいたソフトウェア実装が行われているかどうかについては、明確ではなかった。これらは前記「①機能安全技術基準開発」の機能安全全般に関わる安全要求に従うべきと考えられる。

3) 有線通信の電氣的物理的安全性

安全関連系としての有線通信において、電氣的、物理的な障害に対する安全性が必要である。これらは(a)で示した安全フィールドバス規格の場合には、それに従った安全要求に従えばよい。それ以外の一般の通信プロファイルの場合でも通信障害挿入試験が行われており、それらの手法を援用して試験を行い、生活支援ロボットの使用環境を考慮した基準を作ればよいと考えられる。

(c) 試験方法

1) 機能安全試験

有線通信の安全性を確認するための試験のうち、ソフトウェアに関する試験、すなわち機能安全試験については、前記「①機能安全技術基準開発」の機能安全全般に関わる試験手法に従うべきと考えられる。ソフトウェアのバグやエラーにより安全機能がどのように働くかの実証試験は必要であると考えられる。

2) 電氣的物理的試験

有線通信の安全性を確認するための試験のうち、電氣的、物理的な障害に対する安全性についての試験についても、安全要求仕様と同様に、安全フィールドバス規格や一般通信プロファイルの通信障害試験などに従った試験を行えばよい。

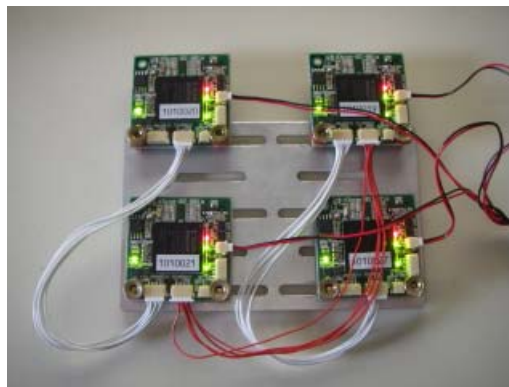
本研究では、例として CAN バスと TTP 通信を取り上げ、図Ⅲ2.1.2-52 の通信障害挿入試験装置を導入した。



図Ⅲ2.1.2-52 通信障害挿入試験装置

左は CAN バスの故障挿入とモニタリングのソフトウェア、右上は TTP 通信の電気マージン試験装置、右下は TTP 通信のロジック故障挿入とモニタリング装置である。これらの機器を使って有線通信の故障挿入、安全性試験が可能であることを確認した。

また試験基準策定のためのテストベッドとして TTP 通信を開発した。これを図Ⅲ2.1.2-53 に示す。4 ノードの分散制御通信が可能なシステムとなっており、各種アプリケーションソフトウェアを実装した上で、故障挿入などの影響をテストすることができる。



図Ⅲ2.1.2-53 有線通信用テストベッドシステム

(d) 有線通信の汎用基準の策定

様々な有線通信システムに対する個別の試験方法に対して、(b)の要求仕様に対する汎用的な試験方法および基準を策定する必要があると考えられる。すなわち安全フィールドバス、あるいは一般通信プロファイルを含む、様々な通信規格ごとの試験方法、安全要求があるが、通常それらが用いられている機器は生活支援ロボットと異なっており、使用されている機器に特化した安全性を目指したものと言える。よってそれら各種通信に関わる安全目標を整理統合した上で、生活支援ロボットの有線通信としての一般的な安全要求、試験方法、基準としてまとめる必要があると考えられる。

(c)で示したテストベッドおよび導入した試験機器にて試験方法の開発を進めて基準策定を進める予定である。

③無線通信に関する安全性・信頼性試験方法の開発（電磁環境試験を含む）（担当機関：労働安全衛生総合研究所）

(a) 研究開発の概要

機能安全に対する EMC の方法論を述べた IEC/TS61000-1-2 を基に、電磁環境下でのロボットの安全性を評価する試験手法の開発を進めた。EMC 試験の基本方法は規格化されており、既に市場に定着しているような製品（例えば、電動車いす）は、EMC 製品規格が存在し、それらの規格では試験方法を具体的・定量的に規定している。しかし、これらの製品規格は必ずしも安全性を検証する試験方法とはなっていない。本プロジェクトでは、EMC 分野において新しい製品群として位置づけられるであろう自律移動型ロボットや関節型の装着ロボットをどのように安全性の観点で試験すべきかを検討し、「試験系」「ロボットの動作モード」「ロボットのモニタ方法」について研究した。

(b) 研究開発の着目点

EMC 試験では、以下の点が重視される。

- i) 製品としての実使用状態を考慮し、その典型的な系で試験をすること。
- ii) 試験が最も厳しくなるような EUT の系の構成と動作条件を用いること。
- iii) 製品本来の姿で試験をし、試験の容易性を得るためにファームウェアや基幹ソフトウェアに手を加えないこと。
- iv) 再現性のある試験方法であること。
- v) 試験結果に影響を与える試験治具を使用しないこと（金属製の支持台等）。

これらの必要条件を満たした上で、試験の効率性や低コスト性が検討される。本プロジェクトでは、ロボットの安全性検証が目的であるため、上記の点に加えて、イミュニティ試験においては「安全性を評価できる試験方法」であることを重視した。提案方式では、EUT 動作条件としてロボットの安全関連系を作動させることを要求事項とし、センサ/コントローラ/アクチュエータの安全ループで入出力のテストを行い、電磁環境下においてもシステムが安全状態であることを確認する。

(c) 試験用治具の開発

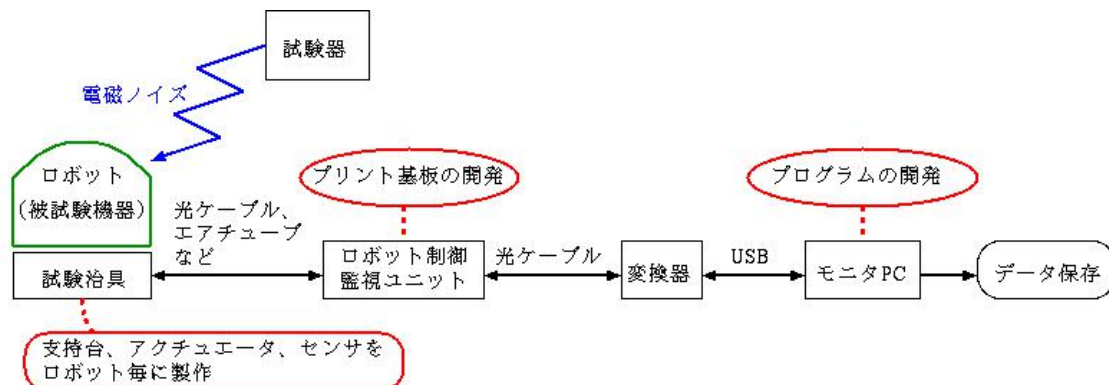
自律移動型ロボット、人間搭乗型ロボット、人間装着型ロボットといった異なるロボットタイプを評価するため、共用できる試験治具とロボット個別に必要な試験治具に分けて試験手法開発の準備を行った。

1) ロボットタイプに共用の試験治具

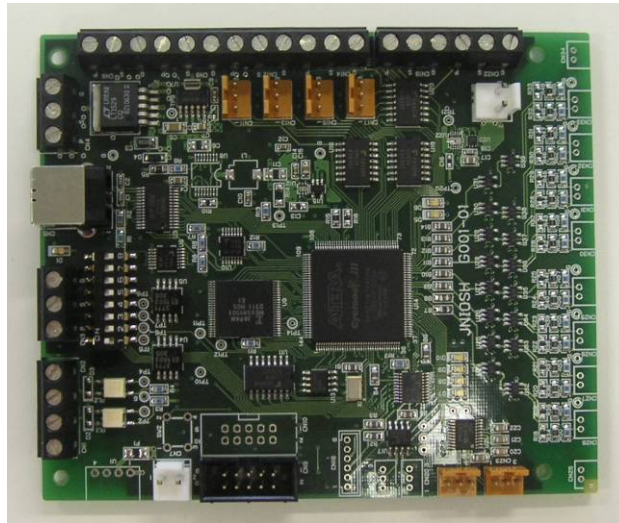
先ず、共用の試験治具として、ロボット制御監視ユニットと監視プログラムを開発した。イミュニティ試験でのロボットの監視系を図Ⅲ2.1.2-54 に示す。

ロボット制御監視ユニットは、ロボットの車輪の回転速度を測るための光電センサからの信号を処理する機能、ロボットの関節角度を測るためのエンコーダからの信号を処理する機能、ロボットの停止ボタンを押したり外力を与えるためのデジタル出力機能、生体信号を制御に用いたロボットを試験するための疑似的な生体信号を生成する機能、モニタ PC との通信機能などが実装されている。ロボット制御監視ユニットの基板を図Ⅲ2.1.2-55 に示す。

モニタ PC は、ロボットの動作状態を記録したり誤動作を判定する機能やロボット制御監視ユニットに試験制御コマンドを与える機能をもつプログラムが実装されている。ロボット制御監視ユニットおよび監視プログラムは、ロボットを用いた実際のイミュニティ試験で正常に機能することを確認した。



図Ⅲ2.1.2-54 イミュニティ試験におけるロボットの監視系



図Ⅲ2.1.2-55 ロボット制御監視ユニットの基板

2) ロボット個別の試験治具

i) 緊急停止・復帰ボタンを備えたロボット用試験治具

緊急停止・復帰ボタンを備えたロボットに用いる押ボタン用アクチュエータを図Ⅲ2.1.2-56(a)に示す。緊急停止機能はロボットの安全関連系であり、ノイズ印加時に緊急停止ボタンを押して、ロボットの車輪が停止することを光ファイバ式の回転センサで検出する。即ち、センサ（押ボタン）／コントローラ／アクチュエータ（車輪）の安全ループでテストを行い、システムとして安全であることを確認している。

押ボタン用アクチュエータは、電波試験に影響を与えないよう空気を媒体とした。放射イミュニティ試験であれば、試験周波数毎に、緊急停止ボタンを押して、車輪の停止を確認し、復帰ボタンを押してシステムを再稼働させる。ロボットを用いた実際のイミュニティ試験にて、押ボタン用アクチュエータおよび制御コントローラの機能を確認し、試験手順案通りに試験を完了した。

ii) 倒立振り子式搭乗型ロボット用試験治具

倒立振り子制御を採用した人間搭乗型ロボット用の支持台を図Ⅲ2.1.2-56(b)に示す。倒立振り子制御では、ジャイロセンサ等でロボットの傾きを検知し、転倒しないよう制御している。電動車いすの EMC 製品規格では、車輪を一定速にした状態でイミュニティを測定する規定となっているが、倒立振り子制御型では、ジャイロセンサからコントローラに入力されるセンサ値が電磁妨害で固定値にみえてしまう異常モードを想定すると一定速での動作モードによる試験では不十分である。イミュニティ試験中は、ロボットの傾きに変化を与えて、センサ値に異常がないことを車輪の回転状態で確認する。

支持台とエアシリンダは非導電性素材で作製した。ロボットを用いた実際のイミュニティ試験にて、支持台および制御コントローラの機能を確認し、試験手順案通りに試験を完了した。試験時間を短縮するため、空圧の制御周期を改善することが課題となった。

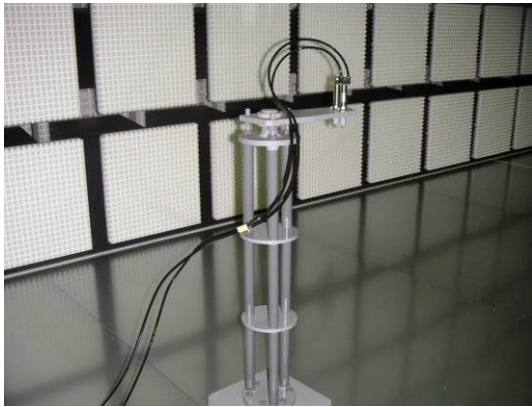
iii) 自律移動型ロボット用試験治具

自律移動型ロボット用のダミー移動装置を図Ⅲ2.1.2-56 (c)に示す。自律移動型ロボットは障害物検知センサを有し、障害物を検知すると停止する。この安全機能が電氣的妨害を受けた時に安全が維持できるかを評価するため、ダミーをロボットに接近させて、光ファイバ式の回転センサで車輪が停止することを確認する。即ち、センサ（距離センサ）／コントローラ／アクチュエータ（車輪）の安全ループでテストを行い、システムとして安全であることを確認している。ロボットを用いた実際のイミュニティ試験にて、ダミー移動装置および制御コントローラの機能を確認し、試験手順案通りに試験を完了した。ノイズの無い通常時に、ダミーをロボットに接近させてロボットが確実に停止するようダミーの形状や停止位置を検討することが

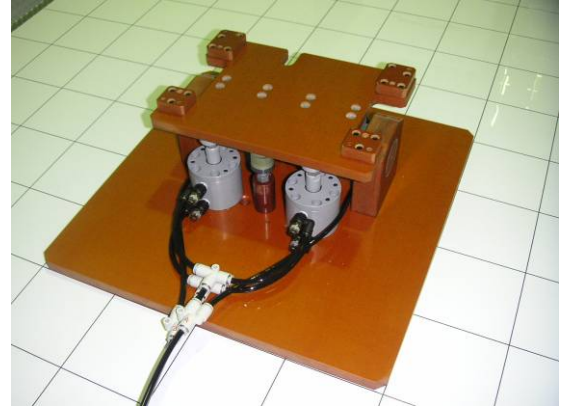
今後の課題となった。

iv) 装着型ロボット用試験治具

人間装着型ロボット用の樹脂製ダミーを図Ⅲ2.1.2-56 (d)に示す。下肢に装着するロボットの危険な動作を定量的に判定するため、ダミーの股関節と膝関節の左右 4 カ所に光ファイバ式エンコーダを取り付け、ダミーの関節角度を検出する。ダミーの姿勢をどの程度の周期で検出するかを決めるのが今後の課題である。



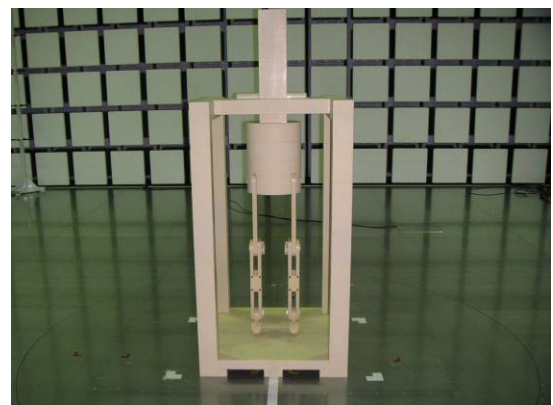
(a) 押ボタン用アクチュエータ



(b) 倒立振り子制御の搭乗型ロボット用支持台



(c) ダミー移動装置



(d) ロボット着用樹脂製ダミー

図Ⅲ2.1.2-56 ロボット個別の試験治具

(d) これまでの成果と今後の課題

生活支援ロボットの安全性検証に重点を置いたイミュニティ試験方法を考案した。そのための試験治具を開発し、ロボットを用いた試験により実践可能であることを確認した。次のステップとして、試験条件及び判定基準の定量化や試験の効率化を課題とし、試験治具の改良と基礎実験を行っていく。

④機能安全確認試験方法の開発（担当機関：日本自動車研究所）

(a) 背景と目標

1) 試験の必要性

機能安全規格 IEC 61508 および JIS C 0508 における全安全ライフサイクルでは、安全要求仕様に対し、設計段階にて安全妥当性確認計画の作成が要求され、実現段階では、安全妥当性確認計画に沿ったすべての安全妥当性確認が要求される。また、現在策定中であるサービスロボットの機能安全規格ドラフト ISO/DIS 13482 においても同様に妥当性の確認が要求される。本来、

安全妥当性確認は、設計者が計画を立案し、実施するものであるが、新規産業である生活支援ロボットにおいてはその手法が確立されていない。

そのため、本プロジェクトにおいて、ロボット開発者の一助となる機能安全の確認試験手法を提案する必要がある。

2) 参考となる試験規格・基準と開発の必要性

i) 参考となる試験規格

機能安全規格 IEC 61508 および JIS C 0508、ISO/DIS 13482

ii) 基準と開発の必要性

安全妥当性確認は、設計段階で策定された安全妥当性確認計画に基づき実施するものであるが、その手法が確立されていないのが実情である。

そのため、本開発項目では開発項目②から⑤の機能安全を搭載したロボットに対して妥当性確認手法を試行し、ロボットタイプ別の安全妥当性確認の手法を提案する。

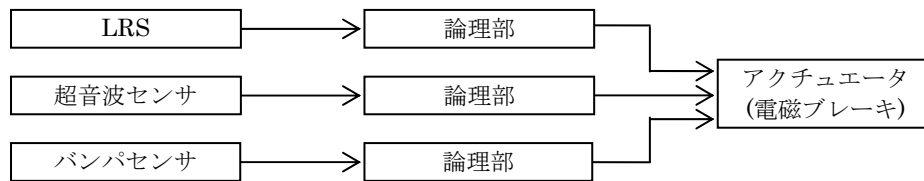
(b) 試験手順の試行

1) センサ非検知時の再現

安全妥当性確認計画に沿った機能安全の達成を確認するため、「設計者が意図した論理に基づき、安全機能が正常に作動すること」を確認する。ここで、設計者が意図した論理とは、二重系における片側のセンサが検知しない場合、および両方のセンサが検知しない状況下での冗長化によるロボットの挙動とする。

2) 架空の安全関連系の定義

本年度に提供されている既存ロボットには、明確な安全関連系が定義されていない。そのため、提供されている移動作業型ロボットについて、図Ⅲ.2.1.2-57 に示す架空の安全関連系を定義し、その機能安全の達成を確認する。架空の安全関連系は、論理部、駆動制御部、アクチュエータから構成され、その安全機能は表Ⅲ.2.1.2-10 のとおりとする。



図Ⅲ.2.1.2-57 対象とする架空の安全関連系

表Ⅲ.2.1.2-10 センサと対応する安全機能(構成および数値は架空)

番号	センサ種類	検知範囲	安全機能(意図した動作)	冗長性
1	LRS	長距離	障害物に接触せず停止	二重系
2	超音波センサ	近距離	障害物に接触せず停止	
3	バンパセンサ	接触	障害物に接触し停止	冗長化

3) 架空の意図する動作

本予備試験では、センサの非検知および故障のうち、前者の非検知時のロボットの意図した挙動を確認する。

- ・ LRS が正常に作動しない場合でも、超音波センサにより障害物に接触せず停止すること
- ・ 超音波センサが正常に作動しない場合でも、LRS により障害物に接触せず停止すること
- ・ LRS および超音波センサが正常に作動しない場合でも、バンパセンサへの接触により停止すること
- ・ 停止時に転倒しないこと

4) センサ非検知の再現と安全機能の確認方法

センサが検知しない状況を再現する方法、およびその際のロボットの安全機能作動の確認方法を示す。なお、安全関連系に含まれないその他のセンサによって、安全機能を確認する前にロ

ロボットが停止することを防止するため、その他のセンサを作動させない方法も考慮した。

- ・二重系に用いた LRS が正常作動しない状態の模擬
 - 再現方法 : LRS の正面に鏡を設置
 - 確認方法 : 障害物への接触の有無
- ・二重系に用いた超音波センサが正常に作動しない状態の模擬
 - 再現方法 : 超音波センサの正面に吸音材(グラスウール)を設置
 - 確認方法 : 障害物への接触の有無
- ・二重系に用いた LRS および超音波センサが正常作動しない状態の模擬
(冗長化に用いたバンパによる安全機能の確認)
 - 再現方法 : 上記 i)、ii) によるセンサ非検知の状況を同時に実施
 - 確認方法 : 障害物に接触した際の停止の有無
- ・その他のセンサ
 - 安全関連系に含めないセンサ(近接センサ)が作動しないように、鏡で遮蔽

5) 確認結果

表Ⅲ.2.1.2-11 に確認結果を示す。表Ⅲ.2.1.2-10 に示すように、設計者が意図した安全機能の動作を確認した。

表Ⅲ.2.1.2-11 安全機能の確認結果

番号	センサ種類	検知範囲	安全機能の動作結果	ロボットの転倒	冗長
1	LRS	長距離	障害物に接触せず停止	なし	二重系
2	超音波センサ	近距離	障害物に接触せず停止	なし	
3	バンパセンサ	接触	障害物に接触し停止	なし	冗長化

(c) 今後の試験法策定手順

今後の試験方法策定に際して、以下に課題をまとめる。

1) 試験の実施順序

ロボットの安全機能は、路面の振動や屋外での使用など、想定する環境下で機能する必要がある。そのため、機能安全確認試験の実施順序について、想定環境下での耐性試験の前後どちらにすべきかを検討する必要がある。

2) センサ故障時の安全機能

今年度の試行では、二重系のセンサが検知しない状況を再現し、機能安全を確認した。しかし、機能安全の設計には、センサの故障診断などのロジックが含まれ、その状況に対応したロボットの制御が考えられる。今後は、意図的にセンサ入力を断線させるなど、センサの故障を再現した状況下におけるロボットの挙動を試験する必要がある。

3) 他の試験法開発項目との内容検討

今年度の試行では、バンパセンサを冗長化として定義し、障害物への接触による停止の有無を確認した。設計者の意図する動作として、「意図した接触時間以上の接触かつ意図した接触力を下回り停止」といったように、定量的な基準を想定した場合、機能安全確認試験として時系列の押付力の計測が必要と考えられる。そのため、緊急停止性能試験方法の開発項目における同種の試験内容との実施内容の検討が必要となる。

2.1.2.4 生活支援ロボットの安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発

(1) 認証モジュール設計に関する研究開発（担当機関：日本品質保証機構）

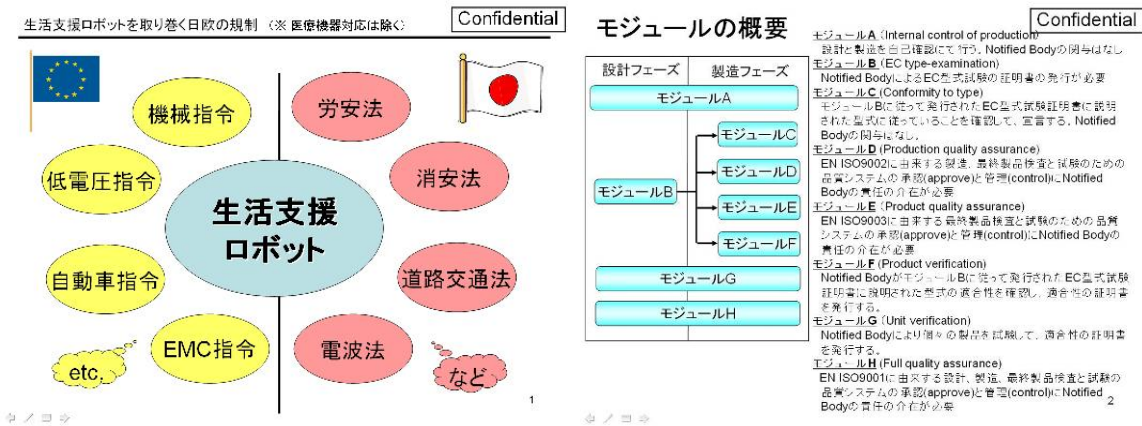
国際ガイドや欧州指令における認証モジュール（国際ガイドでは認証スキームという）などを参考とし、全タイプの生活支援ロボットを対象に安全性基準に関する適合性評価手法のうち、各タイプのロボットのリスクや用途に応じた製品試験と設計フェーズおよび製造フェーズにおける品質管理体制の評価基準を検討し、各タイプ（使用条件、リスクの大きさなど）のロボットに対応した国際ガイド ISO/IEC Guide67 に基づく認証システム要素を組み立て検討して、認証スキームを開発する。

認証スキームの開発のため、「認証スキーム検討 WG」を設置し、認証スキームの検討を行った。

① 認証スキーム案の作成

(a) 欧州指令における認証モジュールの調査および生活支援ロボットの相互承認に関するまとめ

欧州指令（特に機械指令、医療機器指令、玩具指令等）における認証モジュールについて調査を行い、生活支援ロボットにおける欧州機械指令と労働安全衛生法に関する係わりと相互承認についてまとめた。



図Ⅲ.2.1.2-58 欧州認証モジュールと相互承認に関する調査結果（一部）

(b) 認証スキームに必要な評価項目等の検討

全タイプのロボット研究開発実施者における生活支援ロボットの製品試験と設計フェーズおよび製造フェーズにおける品質管理体制についてヒアリング等により調査し、各ロボットにおける適切な認証モジュールについて検討を行い、パイロットスタディ等を通じて、認証スキームに必要な評価項目等を検討した。

② 生活支援ロボットを対象とした認証スキーム（認証機関／適合性評価研究機関の位置づけを含む）の策定

①および②の活動で得られた結果をフィードバックしながら、4タイプの生活支援ロボットにおける安全性評価基準と品質管理体制を組み合わせた検討を行い、認証モジュールへ反映させ、最終的な認証スキームの策定を行う。

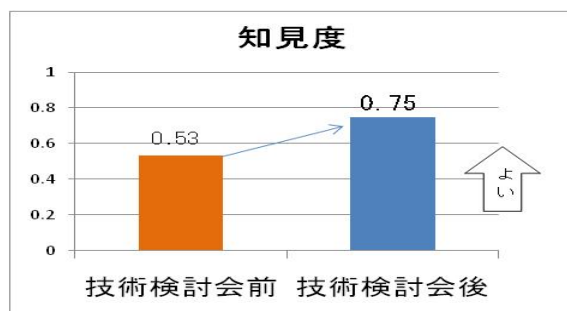
既に認証スキームのドラフト版は作成済みであり、平成23年5月末から開始したパイロットスタディで得られた知見を反映させ、平成24年2月までに最終的な認証スキームを完成させる予定である。

併せて、評価基準の研究機関、試験機関の位置づけを踏まえた認証ビジネスモデルを提案する。

者は延べ 47 名であった。

(c) 実施結果

第 1 部 (ハードウェア編) 第 2 部(ソフトウェア編)では、技術検討会前、後で知見のアンケート調査を行った。第 3 部では、技術検討会後にアンケート調査を行い、知見状況を調べた。その結果が図Ⅲ.2.1.2-x である。図のように、技術検討会の後には知見率の上昇がみられ、本技術検討会の効果がわかる。



図Ⅲ.2.1.2-63 機能安全に関する技術検討会第 3 部実施前後の知見度変化

③ ハードウェア検証用評価ツールの開発

(a) 目的

機能安全に関する技術検討会の中で、ロボット研究開発実施者から、「IEC61508 の規格ではハードウェア SIL の算出の方法がわかりにくいため、正しく計算することが難しい。ハードウェア SIL の算出方法が知りたい」という要望あった。これらの要求を受け、ハードウェア SIL 算出をわかり易く手順を示しながら求めるハードウェア検証用評価ツールを作成し、ハードウェア SIL 計算を標準化する。

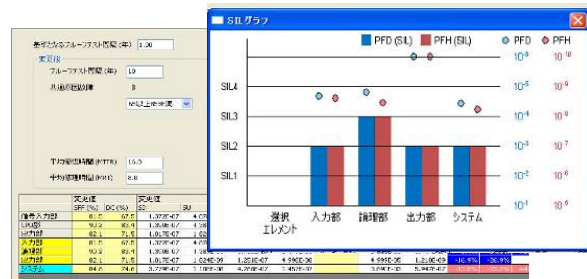
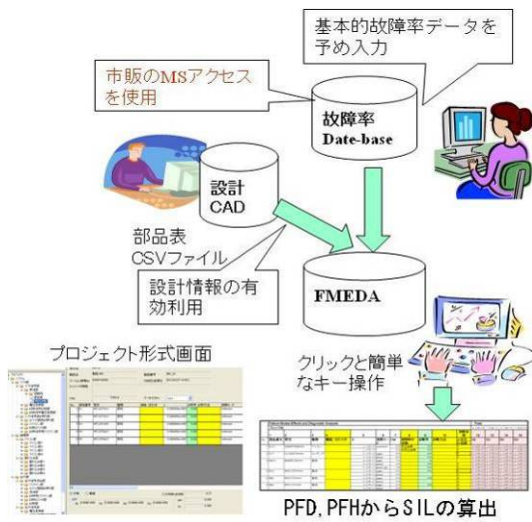
(b) 実施状況

1) 第 1 部 ランダム故障率をもとに SIL 値計算迄を系統的に算出

平成 22 年度に FMEDA によるランダム故障率算出手順を織り込んだハードウェア検証評価ツールを作成した。ハードウェアの SIL 評価は、FMEDA による部品故障解析手法で行うが、この手法の手順が複雑である。この手順をソフトウェア化し、FMEDA に必要な部品故障率のデータベースも作成した。この故障率データベースには部品種類ごとの温度ストレス関数をデータベース化し、実際の使用温度に則した故障率を選択できる。

ハードウェア SIL 評価ソフトウェアと故障率データベースを組み合わせることで、従来多くの時間を要していたハードウェア SIL 算出が省力化でき、手順が示されるので計算漏れがなくなった。また、ハードウェア SIL 評価ソフトウェアにシミュレーション機能を設け、SIL 値が達成できなかった時、どのパラメータを再検討すれば、目標 SIL が達成できるか、SIL 計算のパラメータ値を変化させ、その時の SIL 値をグラフ表示することで、設計者に効率のよい変更点、再検討点をわかり易く示すことができるようになった。

開発したハードウェア SIL 評価ソフトウェアは、関係するロボット研究開発実施者に配布し、要望のある実施者に対しては、個別に使用方法の説明を行っている。



図Ⅲ.2.1.2-64 SIL 計算ソフトウェアの構成

図Ⅲ.2.1.2-65 シミュレーション結果画面の例

2) 第 2 部 マルコフモデルによる故障率計算

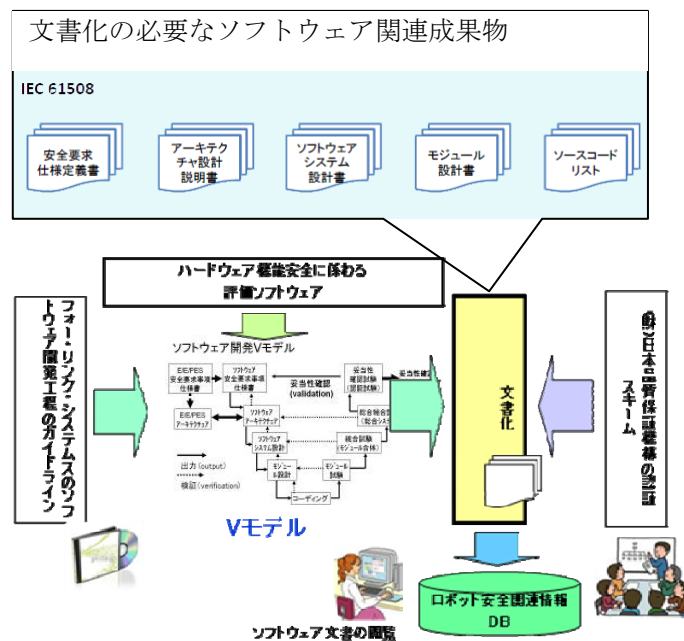
平成 23 年度は、上記のハードウェア SIL 評価ソフトウェアにマルコフモデルによる PFD、PFH 値の算出を行うため、ソフトウェア仕様の検討を行っている。ソフトウェア仕様は、平成 23 年 12 月完成し、それに対応したソフトウェアは、24 年 3 月に完成予定である。

④ ソフトウェア検証用評価ツールの開発

(a) 目的

ソフトウェアの SIL 認定は形式手法である。開発工程での成果物の文書化が求められるが、規格には具体的な例がない。また、SIL 値毎に規格で指定するソフトウェア開発手法や技法を採用することが必要である。ソフトウェア開発手法は、ソフトウェアの仕様を決める段階から要求され、それらの手法を採用したことは文書化で証明することになる。また、技法は主に自己診断方法が指示される。これらの具体例を実際のソフトウェア開発に合わせて雛型として作成する。これによりソフトウェア機能安全手法や技法がわかり易くなり、ソフトウェアの機能安全が実施し易くなる。

ハードウェア SIL 評価ソフトウェアは、機能安全規格 IEC 61508 で定義するオフラインツールの T2 に該当し、ソフトウェアの安全性に対し高い信頼性が要求される。このソフトウェアの開発工程を見直し、規格で指定する文書化、技法を採用し、ソフトウェアの SIL 認定に必要な文書化および技法の具体的実施例としてそれらを雛型として公開する。



図Ⅲ.2.1.2-66 適合性評価手法の雛型作成の進め方

(b) 実施状況

FMEDA の SIL 計算のため開発した「ハードウェア機能安全に係わる評価ソフトウェア」をモデルに以下の日程計画で作業を進めている。

- ・平成 23 年 4 月～8 月

計画書の作成、全体仕様と安全要求の概要仕様書、日程計画の策定、組織、開発工程の定義、変更手順等の文書化、リスクアセスメント、安全要件の抽出、安全要求仕様書、SIL 関連文書の定義、SIL 要求対応計画、教育訓練計画等

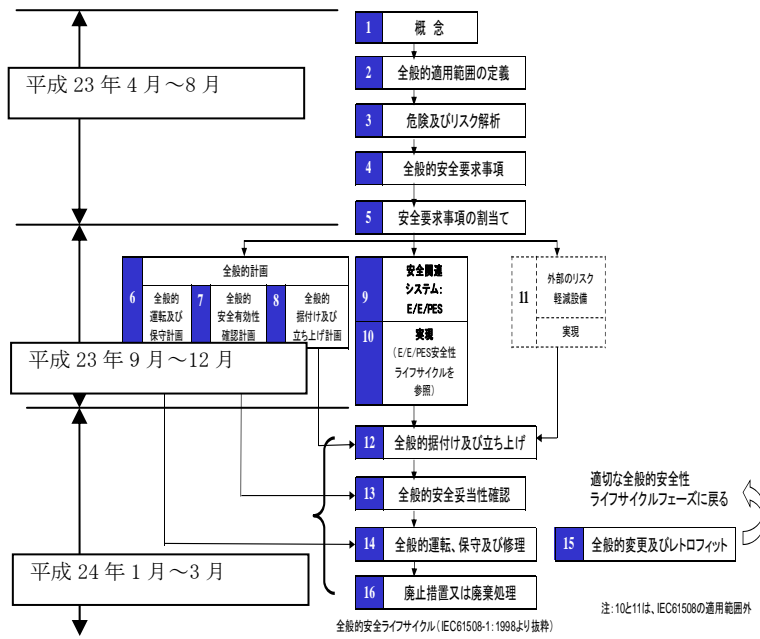
- ・平成 23 年 9 月～12 月

妥当性確認計画、ソフト構成、ソフトウェア安全要求仕様書、各工程検証仕様書

- ・平成 24 年 1 月から 3 月

検証結果報告書、インパクトテスト報告書、変更通知書等、取り扱い説明書、妥当性確認結果報告書、検査機器リストのトレーサビリティ確認書

・認証スキーム終了後、作成した文書および安全機能に関するソフトウェアのソースコードをデータベースに登録する。



図III.2.1.2-68 機能安全工程に対応した日程計画

2.1.2.4 生活支援ロボットの安全性に関する情報の蓄積・提供手法の研究開発

① 安全性に関するデータの蓄積・提供手法に関する研究開発（担当機関：日本ロボット工業会）

(a) 背景と目標

生活支援ロボットの安全関連データシステムはサービスロボット事業の推進には欠かせない情報源となる。我が国はこの情報システムが整備されていないためその構築を目標とする。

また、安全基準や評価基準を基に得られる規格類について、現状では未整備であるためサービスロボット事業推進の妨げとなっている。本プロジェクトは検証試験をベースに基準類を整備することを目標としている。また、これら規格類を国際標準化することにより、サービスロボット事業をより一層発展させることが可能となるため ISO 規格化を目指した活動とも連携しながらプロジェクト推進を行う。

(b) データシステムの構築

1) 蓄積・提供手法の検討と基本ソフトウェアの導入

データベース検討 WG を設置し、収集すべきデータと提供手段について検討を行った。データには、①プロジェクト内で発生するデータと②プロジェクト外部の既存データがある。またデータの用途としては、①プロジェクト内部での利用と②プロジェクト外部への情報提供の区分がある。サービスロボット産業振興の観点からは用途②が期待されるが、データタイプ①ではロボット開発メーカーの企業秘密に属するデータがあり、規格や試験基準等未確定のものも多い。そのため、用途②を念頭におきつつも、プロジェクト期間中は用途①に限定してシステムを構築することとした。データシステムの元となるソフトウェアとして、汎用性と導入が容易であることから市販のコンテンツ管理システム（ECM）を利用することとし、マイクロソフト社の SharePoint を選択して、データシステムのプロトタイプを構築した。ロボット研究開発実施者の機密情報を扱うため、高い情報セキュリティが求められるが、多拠点に分散する研究開発項目①内各機関の使用上の利便性も無視できない。このため、次の2系統のシステムを用意した。

- i) 機密性の高いデータ用：生活支援ロボット安全検証センター内の、外部とは独立した専用ネットワーク上にデータシステム用サーバを設置。
- ii) 利便性優先可能なデータ用：インターネット経由で利用するクラウドサービスを利用したシステム。

2) データの蓄積

以下のデータを入力した。

i) プロジェクト内発生データ

- ・コンセプト検証、リスクアセスメントに関連データ
- ・安全評価法、評価装置関連データ、ロボットの試験データ（注）
- ・次項「② 関連法規等を考慮した安全性に関する情報の蓄積・提供手法に関する研究開発」の成果物としての報告書

ii) 既存の安全関連データ

- ・関連製品の公開された事故情報
- ・日本ロボット工業会およびその他の機関作成の生活支援ロボットに係る調査報告書類
- ・インターネット上の有用情報へのリンク（機関・団体、法律・規格、公開安全関連情報データベース、教材等）

（注）プロジェクトで実施するロボットに対する試験データは、ロボット研究開発実施者の重要機密に該当するので、データシステムには入力せず、DVD 等の記録媒体に記録して保管し、データシステムには記録媒体の目録を入力している。データシステムに入力する試験関連データは、原データを加工後、整理したものとなる。

3) ロボットビジネス推進協議会に対しアンケート調査を実施

サービスロボット事業育成の観点からデータシステムへの要望、問題点についてアンケート調査を行った。まだ市場そのものが未発達な段階での調査であるが、以下のような結果が見られた。

- ・情報提供への要望は高く、多くはロボット工業会がそれを行うことを妥当としている。
- ・事故・インシデントデータ収集は、独立行政法人のようなより国に近い機関がすべきとの意見もある。
- ・事故・インシデントデータデータ、リスクアセスメントデータは企業秘ともからみ、収集は困難との意見が少なくない。

データシステムのプロジェクト外への公開、製品の安全に関するデータの収集については、引き続き産業界、行政、その他多方面の意見を聞くとともに、社会的合意を形成してゆく必要があると思われる。

(c) 国際標準原案への関与

プロジェクトの研究開発計画と ISO13482 規格原案 (DIS) 要件の整合性を確認した。具体的には 2010 年 6 月にフランス・パリ、10 月にハンガリー・ブダペスト、平成 23 年 1 月にニュージーランド・ウェリントンで開催された ISO/TC184/SC2/WG7 の国際会議にオブザーバとしてプロジェクトメンバーが参加し、ISO13482 原案の検討に関する情報収集を行うとともに、国内対策委員会（日本ロボット工業会が国内審議団体）にも出席しプロジェクト意見の反映を行った。

(d) プロジェクト後の事業推進に関する活動

別途推進されている「ロボットビジネス推進協議会」のプロジェクト対応・企画 WG を開催し、本プロジェクトの進捗情報を提供し、プロジェクト参画以外のロボットメーカーの意見を集約するとともにプロジェクト終了後を睨んでサービスロボット事業推進のためにプロジェクト活動の宣伝、普及に努めている。

② 関連法規等を考慮した安全性に関する情報の蓄積・提供手法に関する研究開発（担当機関：製造科学技術センター）

(a) 概要

生活支援ロボットを実用化するために考慮すべき法律、制度、安全規格の現状を、欧州と日本を中心に国内外の公開情報を基に調査し、この現状調査の結果に基づいて法制度への提言をまとめている。

(b) 調査の内容

1) 法制度の現状調査

国内の法制度の調査として、生活支援ロボットと関係が深い法律、制度（保険制度、導入助成制度等）、安全規格の国内の状況を整理して、生活支援ロボット関係法令集を作成した。22 年度からは、日本と米国や欧州との法制度比較調査を開始している。

2) 法制度への提言

生活支援ロボットの実用化に向けた法律、制度、安全規格を検討するための参考情報として、まず、メーカーや医療機関等の要望を調査して、その状況分析を行った。そして、前述の日本と米国や欧州との法制度比較調査の結果から、生活支援ロボットに適した法制度を、各国の国情を配慮しつつ、可能な部分は取り入れることを提言する。

(c) 調査研究委員会における活動

法律と制度、安全技術の有識者で構成される調査研究委員会を設置した。研究開発項目①の一部メンバをオプザーバに加えて、コンソーシアムと一体化した運営を行っている。また、ロボットビジネス推進協議会とも協力関係を持ちながら調査研究を実施している。

(d) 国内の法制度の調査

調査研究委員会では、まず、生活支援ロボットの実用化に向けた法律、制度、安全規格に対する要望を収集した。これらを参考情報として、生活支援ロボットと関係が深い法律、制度（保険制度、導入助成制度等）、安全規格を調査して、生活支援ロボット関係法令集をまとめて、前項の「① 安全性に関するデータの蓄積・提供手法に関する研究開発」で構築したデータベースに登録した。さらに、ロボットビジネス推進協議会のホームページにも掲載した。生活支援ロボット関連法の条文の選択と解釈にあたっては、誤りや誤解の無い様、ロボット関連法に詳しい弁護士の委員から監修を受けた。

法律や制度には、生活支援ロボットの安全性を確保するための規制や基準の他、医療機器の承認審査制度、福祉機器の公的給付制度の対象目にするための申請制度などがある。日本では、自動車や車いす等の機械の安全性を確保するために、JIS 規格を法律から引用したり、法施行規則や告示等で数値条件を示して安全に関する法的拘束力を高めたり、福祉機械が障害者や高齢者向け福祉制度の貸与種目に認定される条件を設定するなど、様々な方法で安全性を確保することが行われている。しかしながら、将来実用化される生活支援ロボットは、自動車の様に道路交通法施行規則で仕様や基準等を具体的な数値で示されたり、車いすのように告示により福祉用具貸与種目としての仕様を定めたりされていない。そこで、現行の法施行規則や告示等が、将来実用化される生活支援ロボットに与える影響を想定した前述の法令集を作成することにより、現行の法律や制度を活用し易くした。この調査結果を第 28 回日本ロボット学会学術講演会で発表した。

(e) 日本と米国や欧州の法制度比較調査

現行の法律や制度は、将来実用化される生活支援ロボットを想定されていない。想定されていなくても、一番近い現行法で規制された場合に、規制の対象となる生活支援ロボットが出てくる。このような法制度との関係が深いロボットの中で、海外で実用化に成功している事例を調査して、日本の認証スキームを考えると参考にする。

そこで、米国調査では、日本に先行して実用化に成功しているロボットを取り上げて調査した。欧州調査については、EU の中でもデンマーク王国は、国策として生活支援ロボットの実用化に取り組んでいるという情報を得て、訪問調査を行った。他の EU 諸国については、英国、ドイツ、スウェーデンを典型例として取り上げて国内にて調査した。本調査の報告書は前項の「① 安全性に関するデータの蓄積・提供手法に関する研究開発」で構築したデータベースに登録した。

1) 米国訪問調査

2010 年 12 月に米国を訪問し、パーソナルモビリティや家庭内生活支援ロボットを製品化している米国メーカーの成功事例を基にして、米国市場に生活支援ロボットを流通させる条件を調査した。

成功事例として Segway 社の PT (Personal Transporter) と Gecko Systems 社の CareBot を取り上げた。日本で規制の対象とされているのに、海外で実用化されている Segway のようなパーソナルモビリティ分野や、日本ではベンチャーによる参入が難しいと考えられている CareBot のようなコミュニケーションロボット分野について、日本と比較検討することにより、有益な情報を得ることができると考えて、海外渡航を実施した。Segway については、警官の志気高揚、パトロールの質の向上の他、交通モラルと交通マナーの啓蒙教育などの社会的要請があ

り、CareBot については、バイタルサイン（体温、血圧、脈拍）をモニタして、異常が認められたら、健康医療センタから服薬を指示したり、医師が来院もしくは往診を行うサービスなどの社会的要請がある。

米国には、CareBot の安全認証を義務付ける法制度は無いが、安全を十分に配慮して開発している。安全なロボットに求められる基本的要件は、そのロボットが活用される状況やユーザ等に応じた適切な自律性能を有する事である。これは、綿密なリスクアセスメントと、必要かつ十分な安全試験を経て定まるものであろう。日本でも、その点を考慮して、ロボットの自律レベルに応じた法制度が作られるべきである。

安全確保の観点では、ロボットの安全認証制度と同様に、ユーザの適性を審査する法制度が大切だと考える。例えば、自動車については、免許制度、事故発生時の保険制度、購入時のローン制度などがあり、ドライバ（ユーザ）は、安全に運転するための技能と知識、個人情報、指紋、顔写真、犯罪歴などを要求される。Gecko Systems Inc.では、CareBot 購入者の適性審査を行い、所有者の追跡調査を行い、トレーニングを行っている。

2) デンマーク王国訪問調査

平成 23 年 1 月にデンマーク王国への訪問調査を行った。

デンマーク政府は、高齢者福祉等の行政サービスを行う労働力の節約を重要課題としている。この課題の解決に資する技術を Labor Saving Technology と呼び、ロボットを含む世界中の技術を試験導入している。試験導入を通じて、国内向けの安全基準や利用プロトコルを開発して、デンマーク国民に適したサービスシステムを構築する。これらの成果は、今後 2、3 年で公開されると言われている。デンマーク政府も成果を期待している。デンマーク政府は、ロボット産業振興を主眼にしていないため、産業の主導権争いが起こり難いので、ロボットで新産業の創生を目指す我が国にとり好適な連携相手となる。適当なタイミングで連携が実現すれば、この実績をベースに EU 展開を有利に進めることができる。

今回の調査では、在デンマーク日本大使館の協力を得て、福祉向け Labor Saving Technology を開発するための助成機関（ABT Fonden）、研究機関（Science Park Odense CareLab & Welfare Tech Region）、臨床試験機関（Copenhagen Municipality, Health and Elder Care Administration）、知識センタ（Danish Center for Assistive Technology）を訪問調査した。日本で開発された食事支援ロボットや、アザラシ型ロボット、身体装着型パワースーツの他、小型ヒューマノイドロボット、介護サービス労働力の削減に資する福祉住宅（モデルルーム）等の安全基準や利用プロトコルが研究されていた。

デンマーク王国においても、生活支援ロボットを実用化するために考慮すべき法律、社会制度、安全規格を、ロボットの試験導入を積極的に実施しながら策定していた。策定中の安全基準や利用プロトコルは、海外からは見え難いが、現地で話を聞いてみると、我が国同様に厳格な基準となることが想定された。同時に、100%福祉国家を支える公務員数は、全労働人口の 30%以上であり、その内の 25%が今後 10 年で退職することや、実質的な国民税負担率が 7 割に達するなどの事情から、生活支援ロボットに対する強い社会的要請がある事もある程度推察できた。

3) まとめ

欧米の法制度を参考にしつつ、法律と、法律から参照される形で法的拘束力を持つ安全規格を含めて、規制と緩和の両面を配慮して、法制度を生活支援ロボットに整合させる作業が必要になる。さらにその次の問題として、日本で実用化を認められた生活支援ロボットの認証スキームを、欧米市場に通用させることも検討する必要がある。

(f) 法制度への提言

生活支援ロボット関係法令集に掲載した 13 の法律について、平成 23 年度末までに順次検討を進めている。

1) 道路運送車両法と道路交通法への提言

つくば特区では、Segway タイプのパーソナルモバイルの運用方法が検討されている。特に Segway の場合には、欧米における公道走行実績も考慮に入れると、Segway タイプのパーソナルモバイルの公道（歩道、自転車道）走行を日本でも可能にするための法と制度の改訂が望まれる。

Segway タイプのパーソナルモバイルの公道走行の是非を現行法で解釈すると、整備不良の車両として規制対象となる。生活支援ロボット関係法令集では、「10. 道路運送車両法（P.71）」と、

「12. 道路交通法 (P.88)」に該当する。

Segway は、現行法では、「整備不良の車両」とされるため、そのまま公道を走行する場合には、道路交通法による「歩行者」でなければならない。「歩行者」は、「身体障害者用の車いす、歩行補助車、二輪車等を押して歩いている者」と定義される。そこで、これらの「車両」と「歩行者」の具体的な定義だが、これは、道路交通施行規則に記載されている。

そこで、上記法令集の表「12-1 車両の定義 (P.91)」に、道路交通法と対照させた形の表を作成して掲載致した。

一方、米国では、45 州／50 州が、Segway の公道（歩道と自転車道）走行を認めていた。例えば、Alabama 州のわずか 4 条の簡単な条文だが、Segway タイプのパーソナルモバイル専用の法律となっている。Segway タイプの定義は、Alabama 州法 Section 32-1-1.1 にある。さらに欧州の状況を見てみると、英国以外の EU 諸国が公道（歩道と自転車道）走行を認めていた。

日本の歩道と自転車道の整備状況や、交通混雑の状況が地域ごとに異なる事を鑑み、地域別に認めることが望ましいと思われる。制度面においては、日本の安全認証制度が適用されると共に、専用道の整備が行われる必要もあると思われる。関係府省との話し合いについては、電動アシスト自転車や、シニアカーが認可される経緯も参考になるのではないだろうか。

2) 薬事法への提言

ロボットスーツ HAL 福祉用の様に、厚生労働省が告示している福祉用具貸与種目や販売種目に分類されないが、実用化し普及することを期待される生活支援ロボットが出現している。福祉用具貸与種目は、3 年に 1 回、厚生労働省老健局が事務局を務める委員会で決定されるので、このような機会の活用により、普及促進することが望まれる。また、これらの生活支援ロボットは、障害者自立支援法に基づく日常生活用具として利用可能であっても、日常生活用具の利用者申請制度には、メーカーによる新しい機器の登録制度が無い場合、障害者に認知されなければ、利用申請が行われ難い場合もある。そこで、日常生活用具の対象種目を決める制度も望まれる。

2.1.3 成果の意義

本事業の成果により、日本の強みを活かし、弱み・脅威を、強み・好機に変えることが可能となる。

生活支援ロボットの分野における日本の強みは、製品に近いレベルで開発が進んでいることである。この強みを活かし、さらに本事業で得られる知見を積極的に提案することにより、国際標準化を主導していく。国際標準化に関しては、欧米および韓国が積極的な姿勢を示しており、環境としては脅威であるが、標準化の力関係では日本の弱みとはなっていない。標準化を主導することで、日本メーカーにとって使い易い国際標準を作成することに貢献する。

生活支援ロボットの安全技術については、日本の大手メーカーには、自動車や家電などの関連分野でのノウハウ蓄積という強みがあるが、その検証手法は確立されていない点が脅威となる。本事業によって、日本のメーカーにとって使い易い共通な検証手法を確立することで、これを好機とすることが可能である。安全検証の分野で日本が後発であるという脅威・弱みも、本事業の成果によって、世界に先駆けて、生活支援ロボットの安全検証技術と体制を整えることで、克服することが可能である。

日本のベンチャービジネス向け投資環境は、米国などに比べて弱いとされている。新たな技術分野である生活支援ロボットにおいて、この点は脅威となる。このような環境で、利用者に向けて機能安全を含めたシステムの安全を確保することが、資金・経験の少ない新規メーカーに大きな負担となり、起業を阻害することが懸念される。この脅威に対して、本事業にの成果として、リスクアセスメント雛形や機能安全検証ツールを提供することで、その負担を大幅に軽減することができる。また、共通に利用できる試験設備を開発することで、個別のメーカーが設備投資するのに比べて、大幅にコストと経営リスクを軽減することが可能である。

結果として、安全なロボットを市場投入して、世界をリードするとともに、国民に安全な生活支援ロボットを提供することが可能となる。

2.1.4 成果の普及

2.1.4.1 特許、論文、外部発表等の件数

表Ⅲ.2.1.4-1 特許、論文、外部発表等の件数（内訳：平成23年8月現在）

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出 願	査読付き	その他	
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件
H22FY	1件	0件	0件	0件	7件(※1)	1件(※3)
H23FY	1件	0件	0件	0件	4件(※2)	0件

(※Patent Cooperation Treaty:特許協力条約)

- ※1： 日本ロボット学会学術講演会
計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会
- ※2： 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
日本機械学会安全工学シンポジウム
- ※3： 生活支援ロボット安全検証センター オープニングシンポジウム

2.1.4.2 その他の関連報道および成果普及の努力

(1) 本研究開発に関連する報道

表Ⅲ.2.1.4-2 本研究開発に関する主な報道

年月日	媒体	内容
2010.12.27	時事ドットコム	生活支援ロボの安全確保＝検証センターがオープン
2010.12.27	NHK ニュース	生活支援ロボットの実験施設
2010.12.28	朝日新聞	介護・家事支援ロボの安全性試験 茨城に検証センター
2010.12.28	毎日新聞	家庭用ロボット：安全の「お墨付き」 検証センターが開所
2010.12.28	東京新聞	生活支援ロボ 安全性を認証
2011.1.4	ロボナブル(日刊工業新聞)	特集 生活支援ロボット安全検証センター始動！ 設立の背景と課題を探る
2011.2.11	ワールドビジネスサテライト (テレビ東京)	新ロボット大国へ 「サービスロボットが拓く」

(2) ロボット関連業界等への成果普及

(社) 日本ロボット工業会が運営するロボットビジネス協議会に設置された「プロジェクト対応・企画WG」に参加して、本研究開発の概要及び得られた知見の一部を情報提供するとともに、ロボット業界、学識経験者、自治体など関連団体と意見交換を行った。

表Ⅲ.2.1.4-3 プロジェクト対応・企画WGへの参加実績

開催日	主な意見交換議題
平成21年度第1回 (平成21年12月15日)	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトの概要 ・プロジェクトに対する要望、期待
平成21年度第2回 (平成22年2月24日)	<ul style="list-style-type: none"> ・研究開発の概要 ・安全性検証に関するアンケート結果 ・試験装置仕様策定のためのロボット想定仕様調査結果
平成22年度第1回 (平成22年6月29日)	<ul style="list-style-type: none"> ・研究開発の実施状況 ・関連法規・規制の調査
平成22年度第2回 (平成22年9月7日)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプト検証 ・国際標準化動向
平成22年度第3回 (平成23年2月9日)	<ul style="list-style-type: none"> ・生活支援ロボット安全検証センター ・リスクアセスメントシートひな形 ・機能安全

2.1.5 最終目標の達成可能性

表Ⅲ.2.1.5-1 最終目標に対する達成可能性

研究開発課題		最終目標 (平成 25 年度末) (※基本計画より)	達成見通し
安全性検証手法	リスクアセスメント手法の開発	各タイプのロボットのリスクアセスメント手法の確立	手法の文書化（リスクアセスメントシートひな形・コンセプト自己チェックシート）がほぼ完了しており、実際のロボットへの適用試行を継続し、改良を加えることで達成が可能
		確立した手法をロボット開発実施者に提供	リスクアセスメントシートひな形・コンセプト自己チェックシートは、ロボット開発実施者に提供済み。今後の改良版も随時提供することで達成が可能
		対人安全性に関して取得したデータに基づき、耐性指標等の国際標準提案を行える	評価試験方法開発の中で大人の耐性指標を策定中であり、さらに子供に関する指標を事故データ調査・シミュレーションにより策定することにより、達成が可能
	安全性試験評価方法の開発	各タイプの生活支援ロボットの安全性試験評価方法の確立	試験方法の原案は策定済みであり、安全技術を搭載したロボットの検証試験の試行を経て改良を加えることにより、達成が可能
		策定した試験方法等について国際標準提案を行える	2013 年度以降の具体的要求の記述に向けて、試験法・評価基準が策定されるため、達成が可能
安全基準に関する適合性評価手法		各タイプの生活支援ロボットに関する安全性基準適合性評価手法の確立	認証スキームの案に基づいて、ロボット開発実施者の協力を得ながら適合性検証の試行を開始しており、H25 年度までに ISO13482 に基づく第三者認証手法の確立を達成可能

2.2 研究開発項目②「安全技術を導入した移動作業型(操縦が中心)生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した移乗・移動支援ロボットシステムの開発」

【実施者:パナソニック株式会社、国立障害者リハビリテーションセンター】

2.2.1 中間目標の達成度

本研究開発に関する中間目標・成果・達成度を表Ⅲ.2.2-1 に示す。

表Ⅲ.2.2-1 本研究開発に関する中間目標・成果・達成度

研究課題	目標	成果	達成度	今後の課題
1)リスクアセスメント、安全試験	リスクアセスメントおよび安全性試験実施	プロト機を用いてリスクアセスメントおよび安全試験を実施し、改良型ロボット(安全評価機)設計に反映、試作完了	○	安全評価機による再リスクアセスメント実施と改善
2)操縦 IF/操縦支援	操作系に関する基本技術の確立、実機搭載評価	実証評価をベースに操作性、安全性を備えた操縦系を構築し、安全評価機に搭載	○	直感操作性向上
3)安全変形/動作	挟み込み検知センシング基本技術確立、実機搭載評価	柔軟体に高感度に反映する挟み込みセンサ基本技術開発完了	○	安定性、低コスト化
4)ロボットシステム自己診断	安全ロボットコントローラ開発、実機搭載評価	安全ロボットコントローラ設計/試作完了、安全評価機に搭載	◎	機能安全対応
5)機能/システムユーザビリティ	ロボットの評価指標の明確化	プロト機を用いて国リハにて専門職、当事者によるユーザビリティ評価実施	○	模擬環境試験対応
6)安全環境センシング	環境センシング基本技術の確立、実機搭載評価	基本構想に基づき実証システム構築完了	○	安全性実証評価
7)動的動作経路生成	障害物回避のための基本技術の確立、実機搭載評価	基本アルゴリズム開発、実機搭載評価実施	○	現場実用性向上

◎大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

2.2.2 成果の意義

2.2.2.1 取組み概要

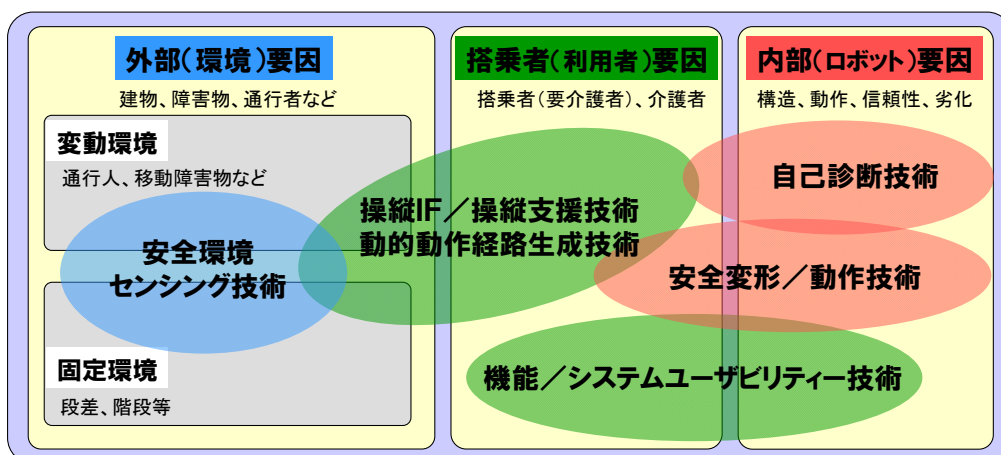
現在実用化を目指して開発している移乗・移動支援ロボットシステム「ロボティックベッド」(図Ⅲ.2.2-1)を対象として、実用化に必要な下記7項目の安全技術開発を行った。また、ロボティックベッドの改良に向けて実施したリスクアセスメントおよびコンセプト検証の結果をベースに、上記安全技術の一部を導入した改良型ロボット(安全評価機)の設計/製作を行い、ロボティックベッドの実用化に向けた取り組みを行った。

- 1) リスクアセスメントに関する研究開発
- 2) 操縦IF/操縦支援技術の研究開発
- 3) 安全変形/動作技術の研究開発
- 4) ロボットシステム自己診断技術の研究開発
- 5) 機能/システムユーザビリティの研究開発
- 6) 安全環境センシング技術の研究開発
- 7) 動的動作経路生成技術の研究開発



図Ⅲ.2.2-1 ロボティックベッド

各安全技術の位置づけ/役割を図Ⅲ.2.2-2に示す。安全に関する要因を外部(環境)要因、搭乗者(利用者)要因、内部(ロボット)要因に大別し、以下に説明する各安全技術の対応領域を明確化するとともに、各安全技術により全領域を漏れなくカバーできる位置づけとしている。



図Ⅲ.2.2-2 各安全技術の位置づけ/役割

2.2.2.2 各個別テーマの成果

1) リスクアセスメントに関する研究開発

■ 安全評価機開発に向けたリスクアセスメントの実施

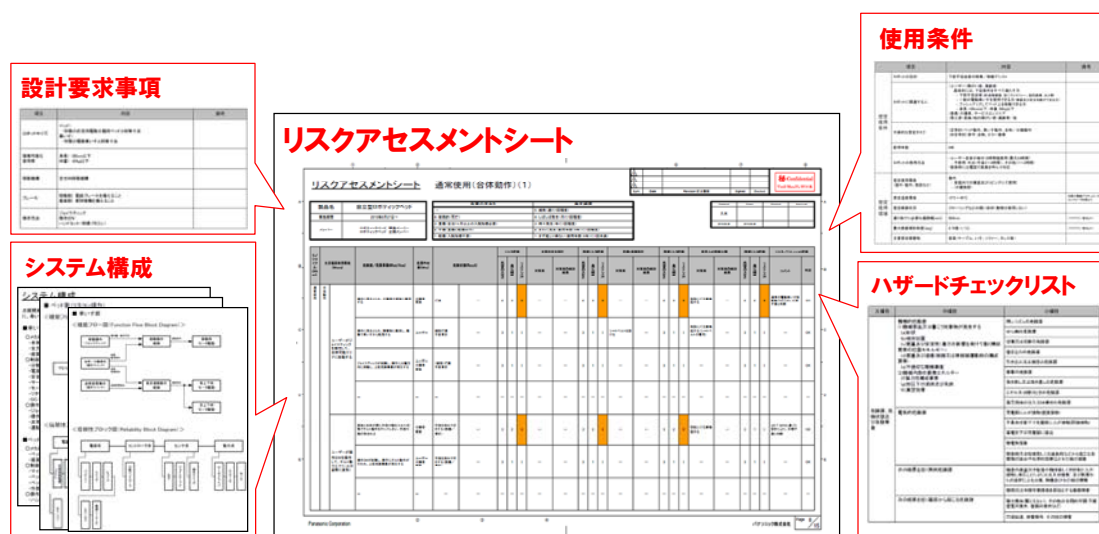
既存のロボティックベッド(プロト機)のリスクアセスメントを行うとともに、その結果をベースに、安全評価機の開発に向けたリスクアセスメントを行った。具体的には、使用条件/設計要求事項の整理、システム構成の確定、ハザード抽出、許容リスク水準の決定、リスク見積/評価、3ステップメソッドに基づく安全方策の検討を行った。また、これらの結果を開発中の各安全技術の仕様にフィードバックした。

また、ロボティックベッドは既存の電動ケアベッドと電動車いすを融合し、ロボット化したものである。そこで、安全方策としては、既存の電動ケアベッド/電動車いすの JIS 規格(JIS T 9254/JIS T 9203)の安全の考え方をベースに対策を行った。ただし、ロボティックベッド特有の合体/分離動作は、既存の電動ケアベッドや電動車いすにはない動作である。そこで、これらの動作から発生する可能性のあるリスクに対しては、安全機能を設計し、リスク低減を行った。

実施したリスクアセスメントの概要を図Ⅲ.2.2-3 に示す。

■ 安全評価機の開発

リスクアセスメント結果に基づき、安全評価機の仕様策定および開発を行った。安全評価機には、「操縦 IF/操縦支援技術」や「ロボットシステム自己診断技術」、「動的動作経路生成技術」の研究開発項目にて開発した安全関連技術の一部を導入した。



図Ⅲ.2.2-3 : 安全評価機開発に向けたリスクアセスメント (概要)

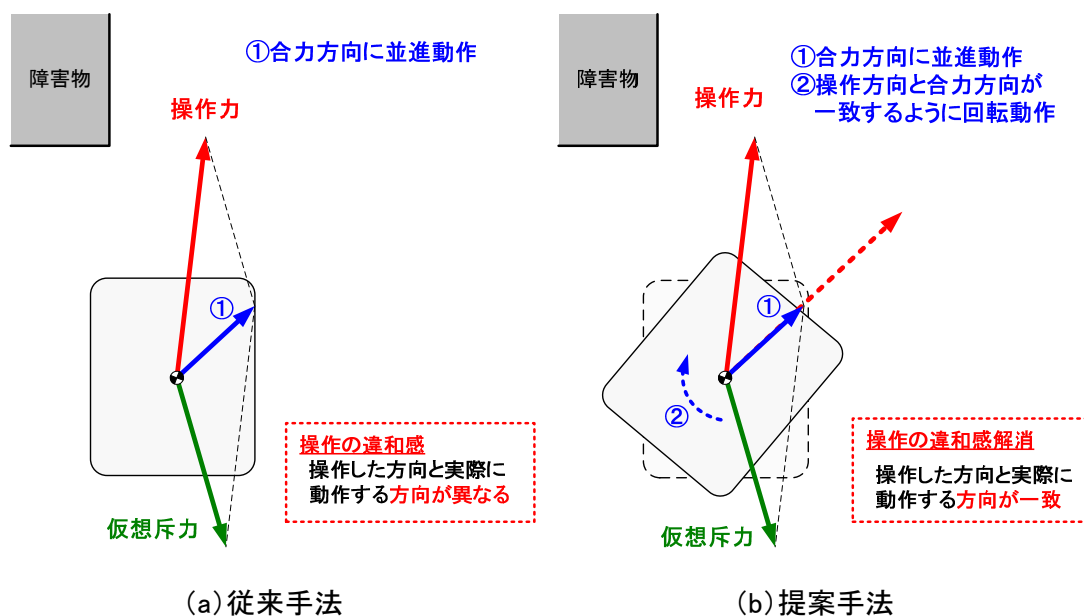
2) 操縦IF／操縦支援技術、動的動作経路生成技術の研究開発

■ 自然な障害物回避手法の開発（関連特許出願：国内1件）

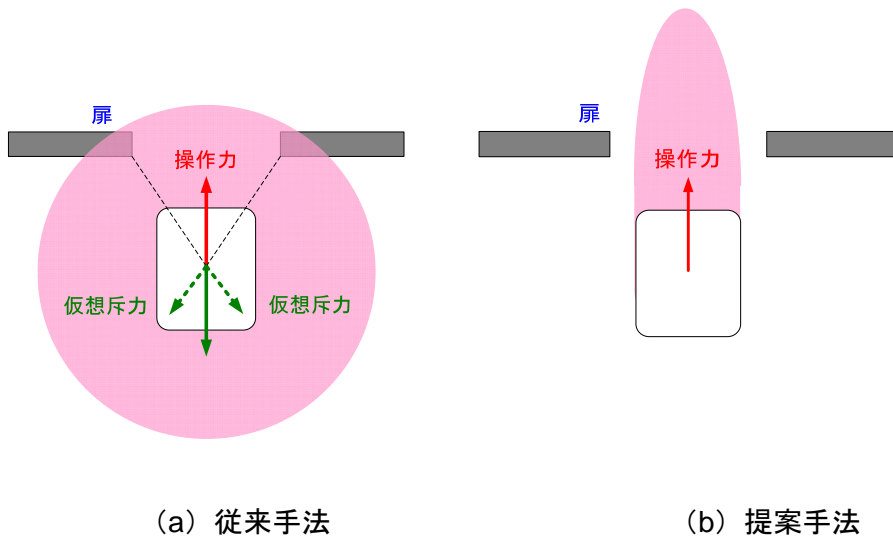
従来、障害物との衝突を回避する制御手法として、障害物までの距離と方向を検知し、障害物から遠ざかる方向に、障害物までの距離に反比例した仮想的な斥力（以下、仮想斥力と呼ぶ）を生成し、操作力に合成することにより、障害物との衝突を回避する制御手法が提案されていた。しかしながら、全方向移動ロボットにこのような制御手法をそのまま適用した場合には、操作した方向と実際に動作する方向が異なるため、操作者によっては操作に違和感や不安感を抱いてしまう場合があった。そこで、本研究開発では、操作した方向と実際に動作する方向の差異を小さくして、操作者の違和感や不安感を軽減する制御手法を開発した。開発した制御手法の概要を図Ⅲ.2.2-4に示す。

■ 扉通過が可能な障害物回避手法の開発（関連特許出願：国内1件）

従来、上記で説明したような仮想斥力を用いた制御手法をベースにした障害物回避を検討してきた。この制御手法では、車いすの全方向の障害物が検出できるようにセンサを配置し、全方向からの障害物に対して障害物回避動作を行っていた。しかしながら、このような制御手法をそのまま適用した場合には、車いすが通過可能な扉を通過しようとしても、仮想斥力の影響で扉の通過ができなくなるという問題が発生した。そこで、本研究開発では、操作した方向に細長く伸び、操作力の大きさに比例した長さのサーチ領域を生成し、この領域に存在する障害物だけを回避すべき障害物と判断して回避動作を行う障害物回避制御手法を開発した。この制御手法を用いることにより、仮想斥力の影響で扉が通過できないといったことを防ぐことができる。開発した制御手法の概要を図Ⅲ.2.2-5に示す。



図Ⅲ.2.2-4 自然な障害物回避手法の概要



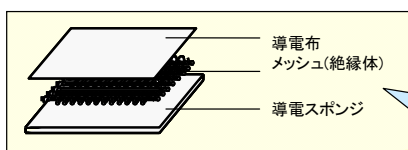
図Ⅲ.2.2-5 扉通過が可能な障害物回避手法の概要

3) 安全変形／動作技術の研究開発

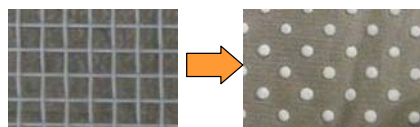
■ 挟み込み検知センサの試作評価 (関連特許出願:国内2件)

柔軟導電体とメッシュ状の絶縁体からなる形状柔軟性を備えた挟み込みセンサの評価試作を行った。開発した挟み込み検知センサの基本構成を図Ⅲ.2.2-6に示す。開発した挟み込み検知センサの基本性能評価を行った結果、試作したセンサは人体等の柔軟体に対して高感度の特性を有し、指等の挟み込み検知に有効性が高いことが確認できた。

◆センサ構成

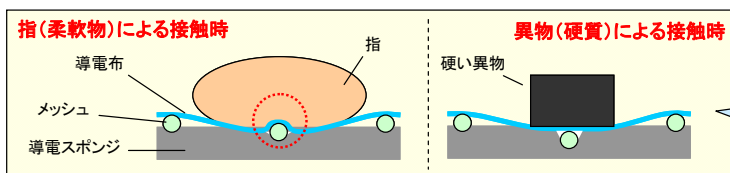


物体の接触による導電布と導電スポンジの短絡を検知



メッシュ構造を変更し、曲面对応性を向上

◆検知イメージ



弾性体直列接続時の剛性低下を応用し、指等の柔軟物に対して感度が高いセンサとして構成

図Ⅲ.2.2-6 挟み込み検知センサの概要

4) ロボットシステム自己診断技術の研究開発

■ サービスロボット／機能安全規格調査

サービスロボット安全規格 ISO13482 や機能安全規格 IEC61508、IEC62061、ISO13849 等の安全規格動向の調査および、機能安全に関する技術検討会に参加して関連規格への具体的な対応を検討するとともに、体制構築に向けた準備を開始した。

■ 自己診断ロボットコントローラの開発

拡張性・省配線性に優れ、自己診断機能を有する安全性・信頼性の高い分散型ロボットコントローラを開発した。開発したコントローラの単体機能評価を行うとともに、安全評価機に搭載し、安定して動作することを確認した。

■ 安全機能設計

リスクアセスメント結果に基づき、安全評価機の安全関連部を決定し、安全機能の具体設計を行った。

5) 機能／システムユーザビリティの研究開発

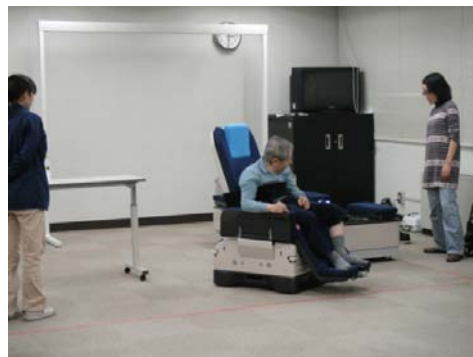
■ システム評価

(1) 専門職を対象とした試用評価実験

ターゲットユーザを確定するために、医療／リハ専門職を対象として、ロボティックベッド(プロト機)を用いた試用評価実験及びインタビューを行った。エスノグラフィーを基にした質的分析を行い、ターゲットユーザ像と機能要件を抽出し、安全評価機の仕様に反映した。試用評価実験の様子を図Ⅲ.2.2-7 (a)に示す。



(a) 専門職評価実験



(b) ターゲットユーザ評価実験

図Ⅲ.2.2-7 試用評価実験の様子

(2) ターゲットユーザを対象とした試用評価実験

上記評価実験から抽出されたユーザ像に基づいてロボティックベッドのターゲットとなりうる障害当事者を選定し、試用とインタビューから成る評価実験を実施した。試用時の行動解析とインタビュー分析から、利用者の身体状況や実生活場面での利用に関する問題点を抽出し、追加／改善すべき機能要件として整理した。試用評価実験の様子を図Ⅲ.2.2-7(b)に示す。

■ 安全性・ユーザビリティ向上

(1) 姿勢ずれに関する研究

仰臥位－椅座位変形時の姿勢ずれを定量化し、変形動作最適化検討を行なった。また、スライディングシートを用いた摩擦低減により、ロボティックベッドの変形時の姿勢ずれを防止する方法を提案し、原理確認を行った。この方法により、ロボティックベッドの変形時に姿勢のずれを防止できることを確認するとともに、電動ベッドに応用することで、腹圧上昇の防止にも効果があることを確認した。

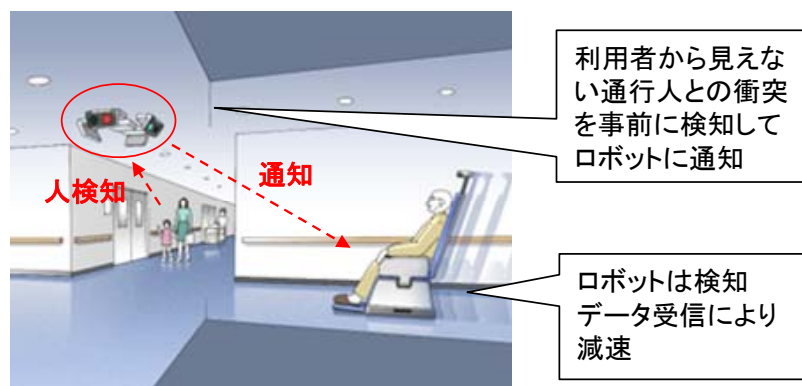
(2) うつ熱防止のための抜熱システムの開発

車いすに搭載可能な体温冷却システムを提案／設計／試作した。過去の文献を参考に仕様を策定し、普通型電動車いすに搭載可能なペルチェシステムの試作を完了した。

6) 安全環境センシング技術の研究開発

■ 基本システム構想&評価実験の実施 (関連特許/意匠出願:国内2件/3件)

ロボット移動時にロボットの死角等から現れる人や障害物を事前に検知することで、ロボット単体では困難な出会い頭衝突等の防止を支援するシステムを構想した。基本システムの構想イメージを図Ⅲ.2.2.8に示す。



図Ⅲ.2.2.8 安全環境センシングの基本システム構想

3. 知的財産権、標準化および成果の普及

本研究開発に関する特許・論文・研究発表／講演・展示会への出展状況を別添資料に示す。

2. 3 研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した生活公共空間及びビルの移動作業型ロボットシステムの開発」の成果 【富士重工業株式会社】

1) 研究開発の概要

(1) 事業目的

①背景

富士重工業は、オフィスビルの清掃ロボットシステム、連結式容器交換ロボットの实用化と販売を進めており、数々のオフィスビル、空港、工場等に納入している。これらのロボットは、人との共存を極力避けるような時間帯や、建物の共用部等の限られた部分での運用としていた。

しかし、作業員不足、セキュリティの問題、清掃単価の上昇等により、事務所内等の専用エリアの清掃作業や、ビル内で排出されるゴミの収集と分別課金、さらにゴミのCO₂換算までもが自動化されることが求められている。また近年は、建物の清掃品質が欧米並またはそれ以上であることが求められている。

駅においては、従来の駅概念と異なり、生活用品、食品を販売し、さらに銀行等の社会インフラまでも含むショッピングセンターとなってきている。これは、空港や高速道路のサービスエリアの有効活用法の1つでもある。富士重工業は、このような建物空間を「生活公共空間」と呼ぶ。この空間における清掃品質は、従来の駅のレベルをはるかに超えており、清掃面積も広域である。そのため人と共存しつつ、昼間に清掃せざるを得ない。

オフィスビルの事務所等の専用部は、廊下、エレベータホール等の共用部よりも清掃面積が大きく、多大な労力を必要としている。しかしセキュリティや作業員の信用度の問題もあり、清掃単価は高い。共用エリアでも、夜間は作業員の確保が難しく、同様にセキュリティの問題もあるため、人と共存する昼間清掃に移行しつつある。

また、派遣切り等があるとは言え、日本は少子高齢化であり、一般清掃のような機械化できる作業は機械化（ロボット化）し、人的資源を有効活用しなければならない。現在、清掃作業員は不足しており、作業員の確保が非常に難しくなっている。そのため清掃品質の向上、清掃単価低減、ゴミの収集コスト低減等、夜間作業だけでなく、人と共存した昼間における清掃、ゴミ収集等の機械化（ロボット化）は必須の課題となる。

②目的

以上のような背景に対して、本プロジェクトでは、生活支援ロボットとして産業化が期待される清掃ロボット等を対象に策定、技術開発、実環境での試験による実

用化等を目的とする。

- ・安全性検証手法研究開発実施者と連携し、リスクアセスメントの具体的検証方法の策定及び安全性試験項目の策定
- ・移動作業型ロボットシステムにおけるリスクアセスメントの具体的検証方法の策定、リスク低減に必要な安全技術の具体的開発
- ・開発した安全技術を既に実用化している清掃ロボットに搭載し、安全性試験項目の策定とそれに基づいた検証、実環境での試験による実用化
- ・人と共存する生活公共空間及びビルへの移動作業型ロボットシステム導入

(2) 事業概要

①対象とするロボット

(a) 人と共存するオフィスビル清掃ロボットシステム（共用部、専用部等の閉鎖空間）

(ア) 使用目的

オフィスビルにおいて各階のフロアは、廊下やエレベータホール等、利用者が共用して使う共用部と、事務所や会議室等、特定の人を使う専用部に分けられる。一般にオフィスビルにおいては、ビルの性質上、専用部の面積は共用部の面積よりも、はるかに広く作られている。そのため、ビルメンテナンス会社からは専用部の清掃の自動化への要望は非常に高い。

しかし、専用部においては、机やゴミ箱等の移動による環境変化が頻繁であり、未だに人手で清掃を行っている。その結果、深夜や早朝のオフィスが稼働する前の短い時間に大量の作業員が必要となっており、今後の少子高齢化により作業員の確保が難しくなることが懸念されている。

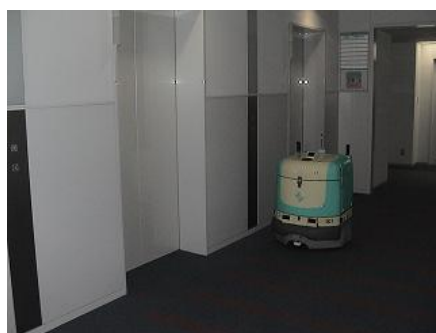
そのため、オフィスビルの専用部 500[m²]以下を無人で清掃するロボットシステムが求められている。また共用部においても同様に作業員不足の問題もあり、昼間での人と共存する清掃ロボットシステムが求められている。ロボット清掃は当面は夜間に行うが、セキュリティ等の関係上、早朝でのロボット清掃の要求も多い。したがってある程度人との共存が必要となる。しかし、現行の清掃ロボットは夜間清掃で人の往来が少ない環境で、かつ廊下やエレベータホールの固定物の移動がない共用エリアでの環境下で運用を行っている。そのため昼間、人と共存しオフィスビル専用部内で清掃を行うためには、より安全性の高いロボットとする必要がある。そこで、リスクアセスメントの具体的な内容の策定と実施、リスク低減に必要な安全技術の開発と、安全性検証を行い、清掃ロボットシステムを構築する。本ロボットは富士重工業が所有する専用部小型ロボットをベースに安全技術を搭載していく。

実行目標を想定した応用例



※机、キャビネット、
事務機器は移動しない

図Ⅲ. 2. 3-1 事務所（オフィスビル専用部）



共用部清掃ロボット



専用部小型清掃ロボット

図Ⅲ. 2. 3-2 既存のオフィスビル清掃ロボット

(イ) ロボットに要求される仕様

オフィスビル専用部

- ・ 机等を回避しながら床面の清掃を行う
- ・ 物が置かれても回避しながら清掃する
- ・ 経路変更への迅速な対応
- ・ 清掃残しをなくすため、高精度かつ確実な走行
- ・ 作業者と比べ遜色のない清掃品質
- ・ 専用部を移動可能なサイズ 全長 450mm×全幅 450mm×全高 450mm
- ・ 最大速度 30m/min
- ・ 清掃吸気排気フィルタ搭載

オフィスビル共用部

- ・ 経路変更への迅速な対応
- ・ 清掃残しをなくすため、高精度かつ確実な走行
- ・ 作業者と比べ遜色のない清掃品質
- ・ 人と共存してエレベータと自動的に乗降が可能
- ・ 共用部を移動可能かつ、エレベータへの乗降が可能なサイズ
全長 850mm×全幅 720mm×全高 1300mm
- ・ 清掃排気フィルタ搭載

(b) 人と共存する生活公共空間清掃ロボットシステム（駅、空港等の開放空間）

(ア) 使用目的

近年、構内に飲食店、衣料品店、書店、コンビニエンスストア、銀行 ATM 等が存在する駅が増えている。このような生活必需品を中心とした商業スペースは駅中(生活公共空間)と呼ばれ、多くの人間が往来し、広大な面積を有し清掃品質高レベルが要求される開放空間(生活公共空間)である。現在は人手によって清掃が行われているが、更に作業時間は終電から始電までの間の2～3時間程度しかとることが出来ず、このため多くの労働力を要する。さらに現在の都心部では少子高齢化により作業者の確保が難しくなっており、今後さらに都心部以外でも作業者の確保は困難となることが予想される。これらの解決のために駅構内の清掃を無人で行うロボットが求められている。しかし、現状の清掃ロボットは、主として人の往来の少ない夜間のオフィスビルを対象としたものであり、駅中のような不特定多数の人が往来する場所には適さない。そこで、人と共存する生活公共空間清掃ロボットシステムのリスクアセスメントを行い既存の清掃ロボットに開発する安全技術を搭載し、安全性検証を行い、生活公共空間清掃ロボットを構築する。

実行目標を想定した応用例



図Ⅲ. 2. 3-3 駅中(生活公共空間)



図Ⅲ. 2. 3-4 既存の開放空間清掃ロボット

(イ) ロボットに要求される仕様

本ロボットに要求される機能を以下に示す。

- ・人と共存する環境において、人や固定物に接触することなく、安全に走行

- ・ハードフロアにおいて、清掃残しが無いよう、高精度かつ確実な走行
- ・広範囲清掃を限られた時間で行うため昼間最大速度30m/min、
- ・夜間最大速度 50m/min

(c) 人と共存する搬送ロボットシステム

(ア) 使用目的

既存の連結式容器交換ロボットは、クリーンルームなど人と共存しない限定されたエリアで使用されてきた。しかし、製薬会社、食品会社等は、製品の製造工程の自動化は進んでいるものの、工程間の搬送等のハンドリングの自動化は進んでいない場合が多い。

そこで、安全技術の導入を行うことにより、人と共存する一般の製造ラインへの導入を実現する。

これらのロボットは、すでに製薬会社で実用化している連結式容器交換ロボットをベースとし、必要な機能を実現できるように改造を施し、本研究の安全技術開発、リスクアセスメント、安全性検証等に用いる。



図Ⅲ. 2. 3-5 既存の搬送ロボット

(イ) ロボットに要求される仕様

工場内搬送

- ・最大 200kg の搬送重量
- ・搬送台車を自動連結
- ・人と共存するエレベータ自動乗降し、工程間を搬送
- ・最大速度 30m/min

② 研究開発の概要

既に実用化・販売している清掃ロボット、連結式容器搬送ロボットを参考に、安全性検証手法研究開発実施者と連携して、人と共存する清掃ロボットシステム及び人と

共存する搬送ロボットシステムについてリスクアセスメントを行う。リスク低減技術及び安全要素技術を開発する。安全性検証手法研究開発実施者と連携して、リスクアセスメントを行い、安全性試験方法、検査手順等を開発する。

リスクアセスメント、安全技術は、ロボットだけではなく、建物側のロボットが利用するインフラであるエレベータ、誘導マーカ等を含め、システム全体として開発する。実証試験は、ロボットを納入している実環境にて行う。

尚、安全性試験方法や検査手順は、第三者認証を視野に入れ、極力低コスト、効率的に実施できるような項目とする。

2) 研究開発の成果

(1) 目標の達成度

①基本計画中間目標

基本計画中間目標に対する成果と達成度を以下に示す。表中の達成度は、◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達を示す。

いずれの項目も達成以上であり、予定以上の成果を得ている。

表Ⅲ. 2. 3-1

(a) リスクアセスメント等		
目標	成果	達成度
ISO 12100-1 : 2003 リスクアセスメント	準備、制限の決定、危険源の同定、 リスク見積、評価実施	◎
安全性試験項目	リスクアセスメントに基づく安全性試験項目を策定	◎
ISO 13849-1 : 2006 安全性レベル	PL r、PL による検証実施	◎

表Ⅲ. 2. 3-2

(b) 安全技術：リスク低減技術		
目標	成果	達成度
安定走行技術	実証試験完了：誘導技術	◎
	安全コンポーネントによる制御回路開発	○
人・障害物回避技術	衝突リスク決定、車体制御法の仕様確定	○
自律走行技術	実証試験完了	◎
自己診断技術	実証試験完了	◎
危険予防技術	実証試験完了	◎
人とロボットが同乗する エレベータ自動乗降技術	指針制定(ロボットビジネスイノベーション推進協議会 主査会社)	◎
	社内模擬試験	○

表Ⅲ. 2. 3-3

(c) 安全技術：安全要素技術		
目標	成果	達成度
自己位置認識技術	実証試験完了	◎
安全環境認識技術	人と固定物の区別 センサ確定	○
環境地図生成技術	走行プログラム自動生成システム監理手順確立	◎
	シミュレーションシステムの仕様、操作法決定	○

表Ⅲ. 2. 3-4

(d) 安全性検証		
目標	成果	達成度
安全性試験	走行安定性試験、EMC 試験、耐環境試験等 12 の試験項目を実施	◎
実証試験	予定より前倒し 実フィールドで実施 ・安定走行技術 ・自律走行技術 ・自己位置認識技術	◎

②個別研究開発項目の実施計画目標と達成状況

個別研究開発項目の実施計画目標に対する成果と達成度を以下に示す。表中の達成度は、◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達を示す。

表Ⅲ. 2. 3-5

(a) リスクアセスメント等			
	目標	成果	達成度
アセスメント リスク	ISO 12100-1 : 2003 「リスクアセスメント」 ・準備、制限の決定 ・危険源の同定、リスク見積、 評価	・文書 No. D7P-R001 「リスクアセスメント」 (準備、制限の決定、主な危険源同定) ・文書 No. D7P-R005 「リスクアセスメント」 (危険源の同定、リスク見積、評価)	◎
項目 安全試験	清掃ロボットとしての 安全性試験項目の策定	リスクアセスメントに基づく 安全性試験項目を策定	◎
安全性 レベル	ISO 13849-1 : 2006 「機械類の安全確保をするための設計の安全性レベル検討の一般原則」 ・PL r、PL による検証 ・妥当性確認	・文書 No. D7P-R004 「PL r : 安全要求パフォーマンスレベル」 ・文書 No. D7P-R006 「PL : 安全性能パフォーマンスレベル」	◎
	IEC 61508 「電気安全関連システムの規格による安全性レベルの検討」 ・ SIL (安全度水準) による検証 ・妥当性確認	・ SIL 計算による評価	○

表Ⅲ. 2. 3-6

(b) 安全技術：リスク低減技術			
	目標	成果	達成度
安定走行技術	床面の影響を受けない 安全走行	実証試験完了 ・天井誘導ライン、レーザ三角測量	◎
	安全コンポーネントによる 制御回路開発	安全リレー、安全非常停止 SW、 安全コンタクト選定	○
人・障害物 回避技術	レーザレンジファインダ による人・固定物の回避	衝突リスク決定 車体制御法の仕様確定	○
自律走行 技術	指定された走行経路をズレなく走行 (ガラス戸、下り階段等の 危険箇所へ近づかない。)	実証試験完了 ・レーザ三角測量センサによる走行制御 ・凹凸、斜面のある路面で直進走行 誤差±100mm 以下 ・磁気ピンによる危険箇所接近検知	◎
自己診断 技術	・ロボットの異常を 通知	実証試験完了 ・異常検知回路、低電圧検出回路開発	◎
		・ホベータへ異常通知無線装置仕様確定	○
危険予防 技術	・人にロボット走行 方向を通知	実証試験完了 ・進路変更時のウイカー機能開発	◎
人とロボットが同乗する エレベータ自動乗降技術	・指針の制定	「人と同乗するサービスロボットの運用 が可能なエレベータの検査指針」 「実証試験ガイドライン」	◎
	・社内模擬試験 エレベータによる ロボット異常検出機能 ロボット駐車ブレーキ 機能	・社内実証試験用模擬エレベータ設計 ・システム仕様検討	○

表Ⅲ. 2. 3-7

(c) 安全技術：安全要素技術			
	目標	成果	達成度
認識技術 自己位置	自己位置と方向を正確に認識して安全な移動、作業移動	実証試験完了 ・磁気ピンによる認識 目立たない、設置容易、耐環境性（水、油、汚れ）のある認識インフラの開発	◎
		実証試験完了 ・夜光塗料によるカラーラインレスデザイン考慮した、目立たない、設置容易、通行の影響を受けない、認識インフラの開発 直進誤差±100mm	◎
認識技術 安全環境	・人と固定物を判別可能	・人と固定物の区別と距離計測が可能なセンサ確定、プログラム検討	○
生成技術 環境地図	・走行プログラム自動生成システム監理手順	・監理の運用、手順の確立	◎
	・プログラム適正確認シミュレーションシステム	・シミュレーションシステムの仕様、操作法の決定	○

表Ⅲ. 2. 3-8

(d) 安全性検証			
	目標	成果	達成度
安全性試験	社内試験	・試験用プログラム開発	・試験用プログラム ◎
	安全検証センター	・既存清掃ロボットによる安全性試験項目実施	・全 12 試験項目実施 ・効率化により日程を 75%削減 ◎
実証試験	H24 年度開始（前倒し） 実フィールドで実施 晴海トリトン Y 棟、W 棟、Z 棟、 森タワー、神田和泉町ビル、 デンソー本社、住友ビル本館 等 10 のビル	・レーザ三角測量による安定走行 ・天井誘導ラインによる誘導法 ・磁気ピンによる危険箇所検知 ・磁気ピンによる自己位置認識 ◎	◎

④その他

(a) セーフティサブアセッサの取得

安全規格に関する知識と、安全設計の技術を高めるため、技術者及び事務要員が、以下の6つのセーフティサブアセッサ資格認証取得講座を受けた。

- ・基本安全規格(ISO-12100)に基づく安全構築技術
- ・ガードとインタロックの構築技術
- ・基礎電気／制御安全技術
- ・災害事例の安全性査定
- ・安全コンポーネントの構成原理とその適用
- ・リスクアセスメント実践技術(1)

H23年2月10日に、2010年度(冬季)セーフティサブアセッサ(S1)を受験し、8名が合格した。H23年度は、セーフティアセッサの取得を目指し、セーフティアセッサ資格認証取得講座を受講している。

さらにテュフの開催している講習会(ISO13849機能安全ワークショップ)にも参加している。

(b) リスクアセスメント調査、コンセプト検証

3歳児ダミー人形を用いた衝突試験(富士重工単独実施)の結果を反映したリスクアセスメント調査資料を、安全検証手法研究開発実施者に提出した。

コンセプト検証自己チェックシート第1部、改訂版第1部(設計段階)、第2部(HW編)をコンセプト検証WGに提出した。(改訂版第1部はA判定)

(2) 成果の意義

①国際安全基準に準拠する清掃ロボットの開発

本プロジェクトで開発した安全技術は、国際安全基準を取り入れて開発を進めている。本安全技術を搭載することにより、清掃ロボットの安全性が確保され、人と共存する環境へと導入が可能となる。

その結果、清掃ロボットでは、専用部へ適用フィールドを広げることが可能となる。さらに、夜間清掃から昼間清掃への対応が可能となり、少子高齢化による労働者不足にも対応ができる。清掃ロボットの市場を大きく拡大するものであり、大きな意義がある。

搬送ロボットにおいては、人と共存する一般製造ラインへの適用が可能となり、製薬会社や食品会社の工場内での様々な工程への導入が可能となる。

食品工場は、製薬会社よりも数十倍の数があるため、新たな市場の拡大が見込まれ、大きな意義がある。

②実用化しているサービスロボットとしての国際標準規格への提言

本プロジェクトにて開発した安全技術を搭載した実用化し販売しているサービスロボット（清掃ロボット）を基に策定される安全性基準は、世界でも恐らく初となるものである。これを基に国際標準規格へ提言し、我が国発の規格が制定されることが期待できる。

また、ハノーバメッセから本件について、講演依頼もされており、大変に意義があると考えます。

③人と同乗するエレベータ自動乗降技術の標準化

平成22年にロボットビジネス推進協議会エレベータワーキンググループの主査会社として取りまとめ、「人と同乗するサービスロボットの運用が可能なエレベータの検査指針」、並びに「実証試験ガイドライン」の制定を行った。

エレベータ自動乗降技術は、建物内のサービスロボットに不可欠なキラーテクノロジーであり、その標準化に大きく貢献したと考える。また、ハノーバメッセから本件について、講演依頼もされている。大きな意義があると考えます。

④安全性試験項目の策定

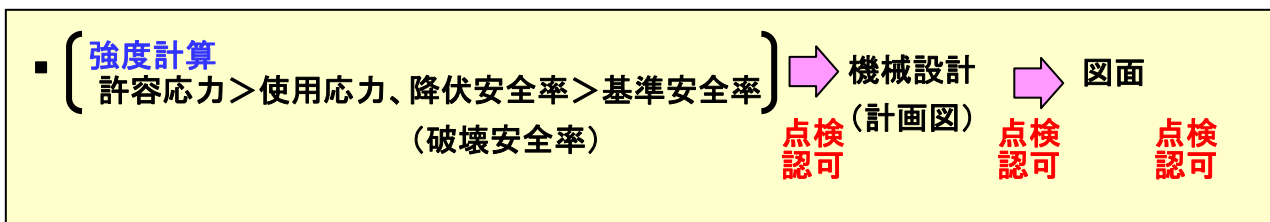
清掃ロボットの安全性試験項目について、安全性検証手法研究開発実施者と協議し、全12試験項目の内容を策定した。試験項目は、必要最低限とし、実施日程も効率化をはかり、当初計画から75%が削減された。

これは、第三者認証取得のために多額の費用が必要となると、現状のロボットメーカーの資金では、対応できなくなると考えたためである。

効率化を行ったことにより、費用的にも第三者認証を現実的なものにでき、大きな意義があると考える。

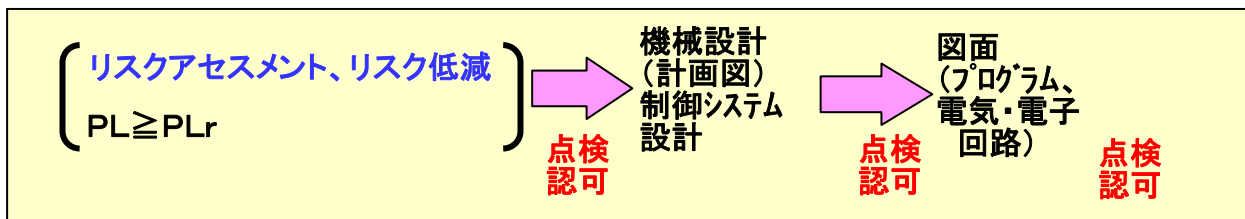
⑤メーカーとして安全性に基づいた開発・設計手法の確立（ルーチンワーク化）

機械設計においては、強度計算書、部品の確定等の設計根拠が明確でなければ、設計図面の点検・認可は受けられない（図Ⅲ.2.3-6）。



図Ⅲ.2.3-6 機械設計における設計手順

同様にリスクアセスメント、リスク低減、機能安全の評価計算がなければ機械設計、制御システムの設計図面の点検・認可も受けられない（図Ⅲ.2.3-7）。（ルーチンワーク化とする。）



図Ⅲ.2.3-7 機械設計における設計手順

機能安全評価計算実例集（強度計算実例集に相当）の収集と作成を始めている。これは、今後の機能安全評価計算を効率的に進めるために非常に有用なツールとなる。大きな意義があると考える。

(3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組み

表Ⅲ.2.3-9 に平成 21 年から平成 23 年 8 月 1 日現在の知的財産権及び論文発表等の件数を示す。(詳細については、添付資料を参照)

知的財産権の取得については、現在までに 4 件出願をしている。そのうち 3 件は、人と同乗するエレベータ自動乗降技術に関するものである。エレベータへの自動乗降は、建物内で稼動するサービスロボットに必須の技術であり、本特許の出願の意義は大きい。

さらに、ロボットビジネス推進協議会エレベータワーキンググループの主査会社を努め、これまでに「人と同乗するサービスロボットの運用が可能なエレベータの検査指針」及び「実証試験ガイドライン」の制定を行った。これにより、サービスロボット業界全体のエレベータ自動乗降の標準化が促進された。

査読付き論文も 4 件となっており、全てが本プロジェクトの成果に関するものである。更にその他外部発表は 76 件となり、成果の普及に努めている。

表Ⅲ.2.3-9 特許、論文、外部発表等の件数 (内訳)

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出 願	査読付 き	その他	
H21 年度	4 件	0 件	0 件	1 件	0 件	28 件
H22 年度	0 件	0 件	0 件	1 件	0 件	32 件
H23 年度	0 件	0 件	0 件	2 件	0 件	16 件
合計	4 件	0 件	0 件	4 件	0 件	76 件

(詳細は添付資料に示す)

(4) 成果の普及

表Ⅲ.2.3-10 に平成 21 年から平成 23 年 8 月 1 日現在の知的財産権及び論文発表等の件数を示す。(詳細については、添付資料を参照)

研究発表・講演は、31 件であり、タイムリーに成果の公開に努めている。

受賞実績は、

- ・第 1 回ロボット活用社会貢献賞【日本ロボット学会】
- ・日本機械学会賞(技術)【日本機械学会】
- ・日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門技術業績賞【日本機械学会】

の 3 件となっている。権威のある学会からの受賞により本プロジェクトの成果の重要性、有用性を確認できたと考える。

新聞・雑誌への掲載は、37 件であり、今後も専用部清掃ロボットのプレスリリースが予定されており、成果の広報活動にも積極的に取り組む予定である。

展示会については、8 件出展し、成果の普及に努めた。本年 11 月に開催される「2011 国際ロボット展」では、26 コマのブースで本プロジェクトの成果を大々的に発表する予定である。現在のブースの内容について第 1 案、第 2 案で検討を進めている。図Ⅲ.2.3-8～11 に展示案を示す。

様々なメディアを通し、今後も成果の普及に取り組んでいく。

表Ⅲ.2.3-10 研究発表・講演、受賞実績、新聞・雑誌、展示会の件数(内訳)

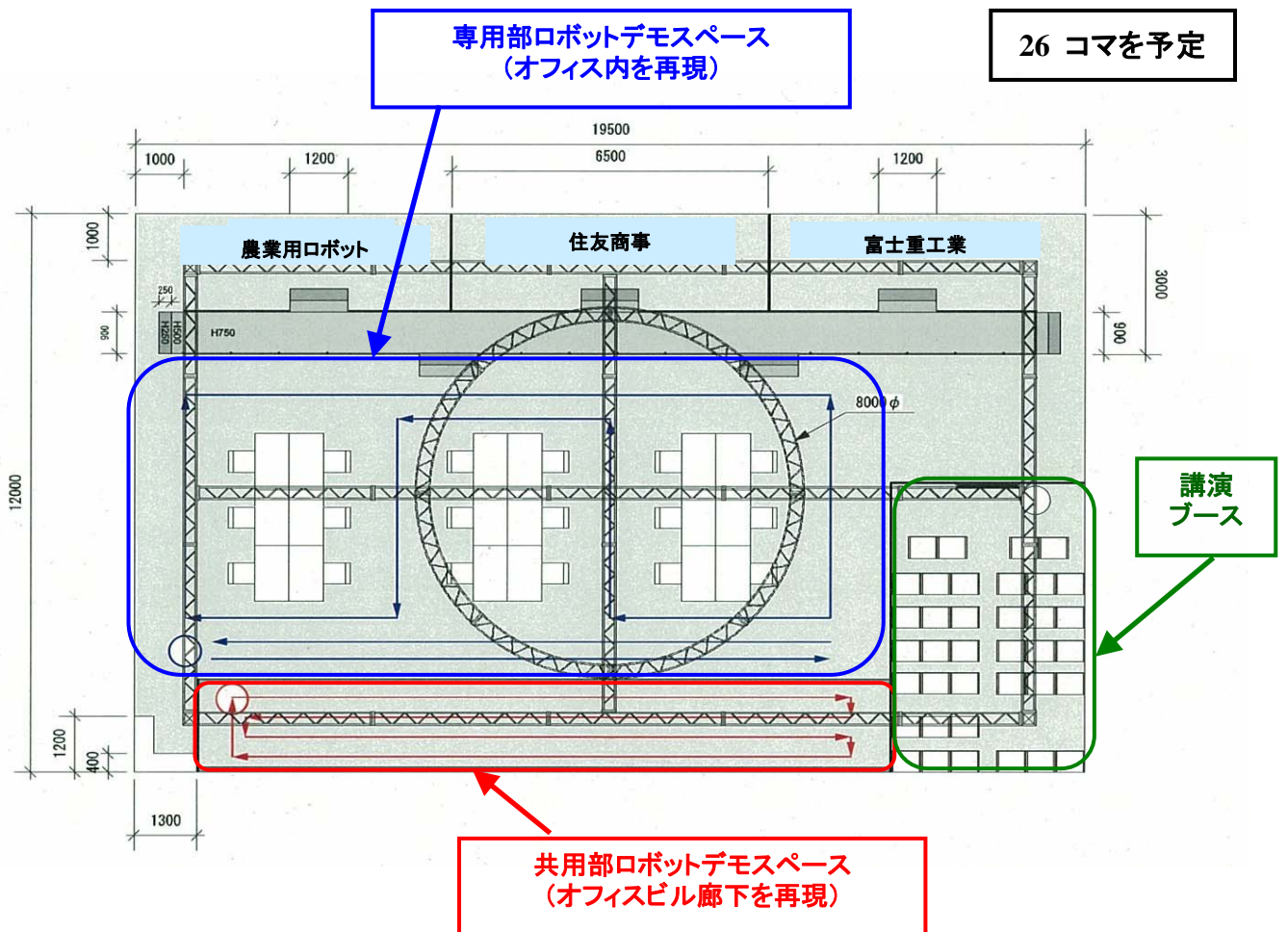
区分 年度	研究発表・講演	受賞実績	新聞・雑誌 への掲載	展示会への 出展
H21 年度	3 件	1 件	24 件	1 件
H22 年度	14 件	2 件	13 件	5 件
H23 年度	14 件	0 件	0 件	2 件
合計	31 件	3 件	37 件	8 件

※H23 年度の展示会への出展には、2011 国際ロボット展を含む。

(詳細は添付資料に示す)



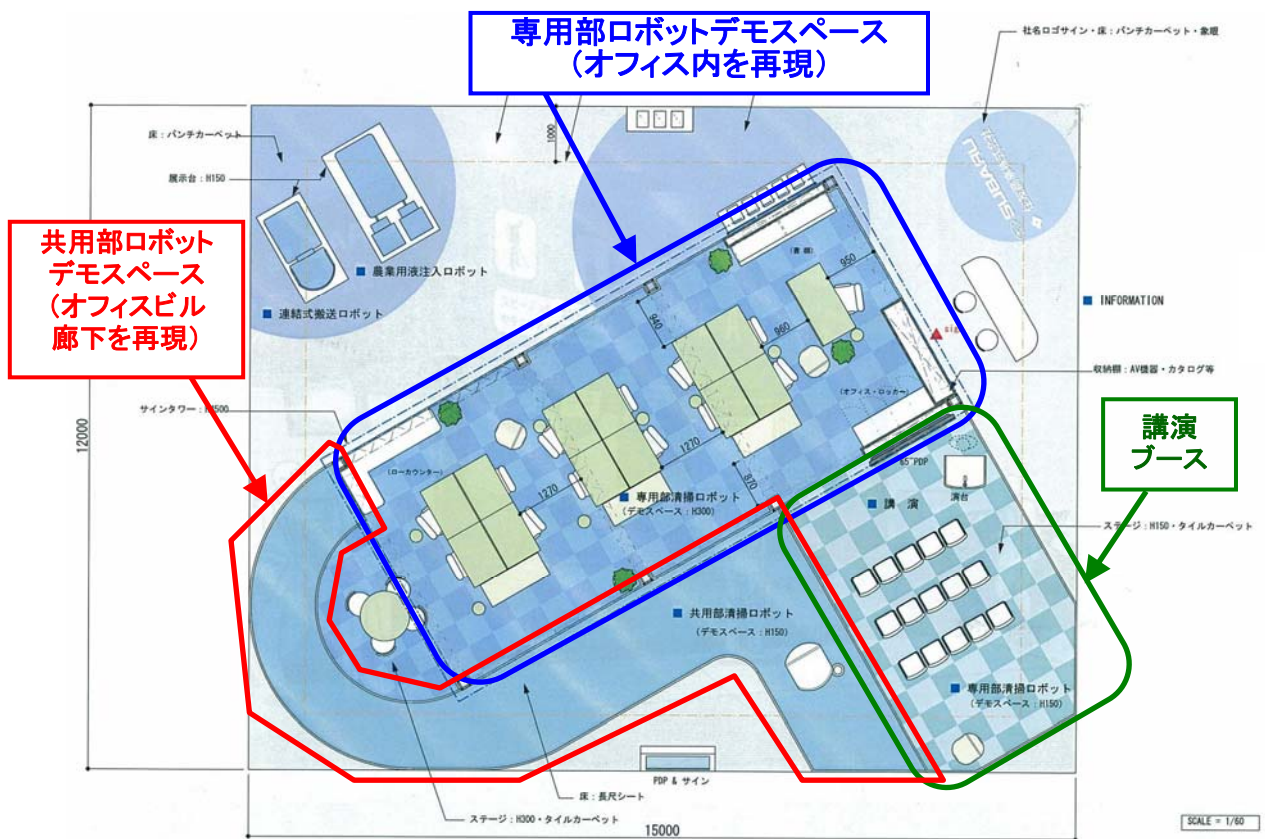
図Ⅲ. 2. 3-8 富士重工業ブース（第1案）パース図



図Ⅲ. 2. 3-9 富士重工業ブース（第1案）平面図



図Ⅲ. 2. 3-10 富士重工業ブース（第2案）パース図



図Ⅲ. 2. 3-11 富士重工業ブース（第2案）平面図

(5) 成果の最終目標の達成可能性

各個別研究開発項目における最終目標の達成可能性を以下に示す。

安定走行技術、自律走行技術、自己位置認識技術については、計画通り完了し、目標達成している。

人とロボットが同乗するエレベータ自動乗降技術は、「人と同乗するサービスロボットの運用が可能なエレベータの検査指針」、「実証試験ガイドライン」を制定しており、計画以上の成果を出している。

実証試験についても、平成24年度からの計画を前倒して、実施しており、既に10のビルにて試験を行っている。

他の研究開発項目についても計画通り進捗しており、全ての研究開発項目が最終目標を達成する見込みである。

表Ⅲ.2.3-11

①リスクアセスメント等		
	最終目標（平成25年度末）	達成見通し
アセスメント リスク	ISO 12100-1 : 2003 「リスクアセスメント」 ・準備、制限の決定 ・危険源の同定、リスク見積、評価、低減	目標達成済 実施済
試験項目 安全性	清掃ロボットとしての安全性試験 項目の策定	目標達成済 実施済
安全性 レベル	ISO 13849-1 : 2006 「機械類の安全確保をするための設計の安全性レベル検討の一般原則」 ・PL r、PLによる検証 ・妥当性確認	目標達成可能 PL r、PLによる検証を実施しており、充分達成可能
	IEC 61508 「電気安全関連システムの規格による安全性レベルの検討」 ・SIL(安全度水準)による検証 ・妥当性確認	目標達成可能 H23年8月より開始 予定通り進捗

表Ⅲ. 2. 3-12

②安全技術：リスク低減技術		
	最終目標（平成 25 年度末）	達成見通し
安定走行 技術	・床面の影響を受けない安全走行	目標達成済 実証試験完了
	・安全コンポーネントによる制御回路設計	目標達成可能 安全リレー、安全非常停止 SW、 安全コンタクト選定
人・障害物 回避技術	・レーザレンジファインダによる 人・固定物の回避	目標達成可能 衝突リスク決定 車体制御法の仕様確定
自律走行 技術	・指定された走行経路をズレなく 走行 (ガラス戸、下り階段等の危険 箇所へ近づかない)	目標達成済 実証試験完了
自己診断 技術	ロボットの異常を通知	目標達成済 実証試験完了
		目標達成可能 オペレータへ異常通知も予定通り進捗
危険予防 技術	人にロボット走行方向を通知	目標達成済 実証試験完了
人とロボットが同乗 するエレベータ 自動乗降技術	指針の制定	目標達成済 ・指針 ^(※注記) 、ガイドライン制定済
	実証試験	目標達成可能 仕様確定、システム検討実施、 予定通り進捗

※注記 平成 19 年、「サービスロボットの運用が可能なエレベータの検査運用指針
(人と同乗しない)」も制定済

表Ⅲ. 2. 3-13

③安全技術:安全要素技術		
	最終目標(平成 25 年度末)	達成見通し
認識技術 自己位置	自己位置と方向を正確に認識して安全な移動、作業移動	目標達成済 実証試験完了
認識技術 安全環境	人と固定物を判別可能	目標達成可能 ・人と固定物の区別と距離計測が可能なセンサ確定 ・プログラム検討は予定通り進捗
生成技術 環境地図	・走行プログラム自動生成システム監理手順	目標達成済 実証試験完了
	・プログラム適正確認シミュレーションシステム	目標達成可能 ・シミュレーションシステムも予定通り進捗
計画技術 動的動作	固定障害物は回避し経路に戻り、動的障害物は停止	目標達成可能 ・H24 年度より予定通り開始可能

表Ⅲ. 2. 3-14

④安全性検証			
		最終目標（平成 25 年度末）	達成見通し
安全性試験	社内試験	・試験用プログラム開発	目標達成済 ・社内試験完了 ・既存清掃ロボットで動作確認
	センター 安全検証	・安全性試験項目実施	目標達成可能 ・清掃ロボットの全 12 試験項目実施済 ・新製ロボットでの試験達成可能
実証試験	実フィールドで実施 晴海トリトン Y 棟、W 棟、Z 棟、森タワー、 神田和泉町ビル、デンソー本社、 住友ビル本館 等、10 のビル		目標達成可能 H23 年度より前倒しで実施

2. 4 研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した警備ロボットシステムの開発」の成果

【総合警備保障株式会社、北陽電機株式会社、三菱電機特機システム株式会社】

(1)背景と目的

警備業は機械警備、常駐警備、警備輸送などの業務により構成され、警備員や技術員がユーザーにサービスを提供することにより成り立っているが、「労働集約性の高い常駐警備の効率化」「少子高齢化社会に伴う労働力不足への対応」「警備員の受傷事故・負担軽減」等の課題あり、機械化が求められている。

警備用ロボットは大規模な商業施設、ショッピングセンター、空港、オフィスビルなどの施設における常駐警備業務の中で「ロボットが得意とする繰り返しの作業」をロボットに担当させ、逆に「人にしかできないこと」「人の判断が必要なこと」は警備員が担当し、人とロボットが協力して働くことにより、警備水準を効率的に高めることを目的としている。警備ロボットの主たる任務は、自律走行技術を用いた巡回業務、および定点監視を実施する立哨業務である。走行中、周囲に人が近づいた場合は距離センサ人を感知し減速や停止処理を行っているが、商業施設など多数の人が存在する環境ではロボットが頻繁に停止してしまい、決められた時間内での巡回実施が困難となっている。

本事業では、障害物回避技術の開発や対人安全技術の向上により、雑踏の中での自律走行が可能となり、「動哨」や「移動しながらの能動的な案内」が実現され、警備ロボットの運用範囲が大きく拡大されるなど、従来よりも幅広い環境への警備ロボット導入を可能とすることを目的とする。

(2)概要

本事業ではロボットが周囲の障害物や人間の位置や動きを検知することで衝突リスクを見積もり、障害物回避や音声による注意喚起を行うことで、人が多数存在する環境中でも自律走行が可能な技術の開発を行った。

具体的には安全性検証手法研究開発実施者と連携し、安全性試験方法や検証手順を開発しながら、リスクアセスメントを行った。また、その他に回避技術や危険予防技術の開発、測域センサや冗長性データベースなどの開発、および本質的安全設計等の安全技術の開発を行った。

(3) 成果詳細

① リスクアセスメントに関する研究開発

ア 現行警備ロボットのリスクアセスメントについて

現行の警備ロボット「リボークQ」は2005年にまとめられた愛知万博のロボット安全性ガイドライン調査専門委員会の指針に基づき、ISO/IEC Guide51(JIS Z8051)、ISO14121(JIS B9702) リスクアセスメントの原則、ISO 12100(JIS B9700) 安全の一般原則に沿った安全設計を行っている。

自律的な判断に基づいて巡回監視や案内を行う警備ロボットを開発するにあたり、ロボットの使用目的、使用シーン及び運用シナリオ等を考慮し、安全性検証手法研究開発実施者と連携し、リボークQのリスクアセスメントの見直しを行い、追加方策を決定した。また、当初は本質安全設計を重視したコンセプトであったが、機能安全も考慮し、安全性検証手法研究開発実施者と共に検討を進めることとした。

(ア) 安全関連系の定義について

ロボット内部は走行関係を制御する駆動・制御系、案内を行うサービス機能系に分けられる。

ロボットの走行制御に関し、緊急停止にかかる関連する系を定義し、安全関連系として独立した系を定義した。安全関連系は機能安全を考慮し、IEC61508(JIS C0508)準拠を目標とした。

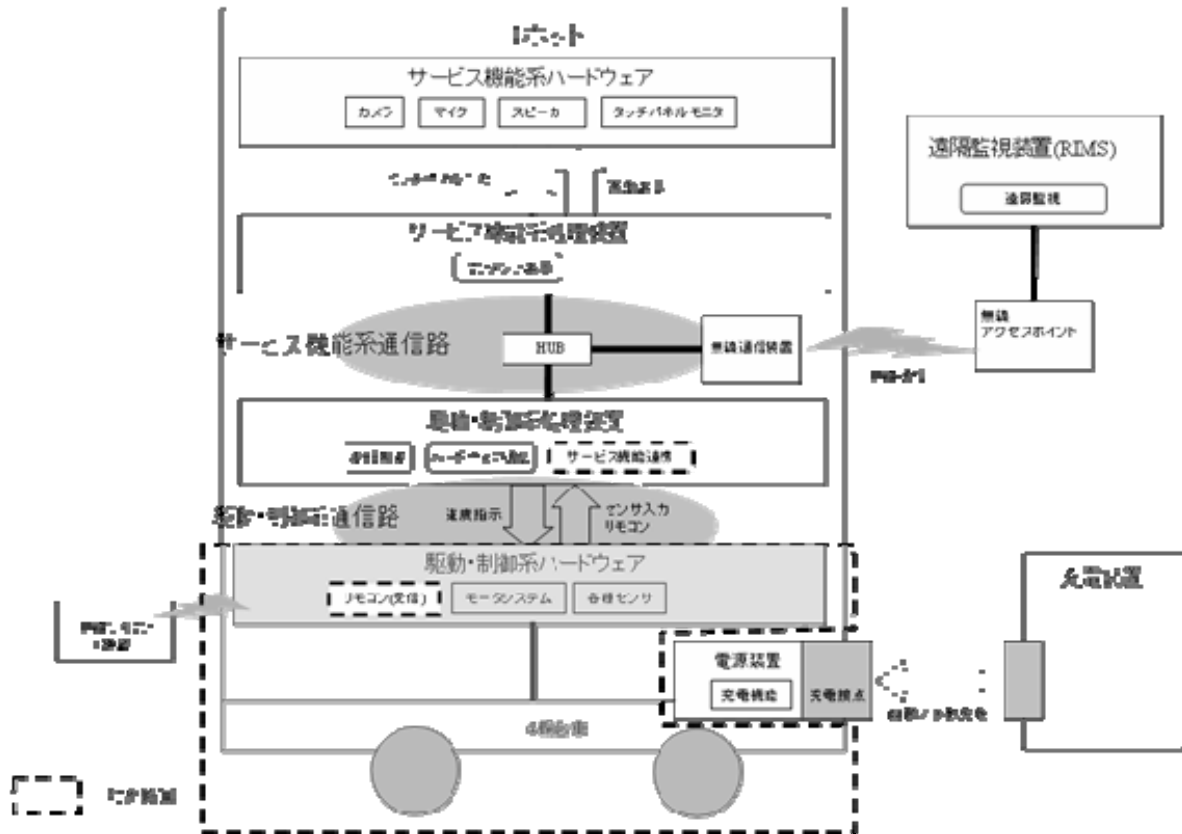


図 III.2.4-1 安全関連系の対象範囲

(イ) リスク分析方法の変更

安全性検証手法研究開発実施者との協議の中でリスク評価方法を変更した。これまで採用していたリスクグラフでは一度重大な危険側に倒れると全体的な危険度が上がる傾向にあり、ロボットシステムでは過剰品質を求められる可能性があるため、リスクマトリックスを用いたリスク分析を実施した。

リスク許容の定義(ALARP) については、IEC61508 第5部付属書 B を参考とし、表 III.2.4-1 と表 III.2.4-2 に示すリスク許容定義とリスク等級を用いた。

表 III.2.4-1 リスク許容定義

結果	破局的な	重大な	軽微な	無視できる
頻度				
頻繁に起きる	I	I	I	II
かなり起きる	I	I	II	III
たまに起きる	I	II	III	III
あまり起こらない	II	III	III	IV
起こりそうに無い	III	III	IV	IV
信じられない	IV	IV	IV	IV

表 III.2.4-2 リスク等級

リスク等級	説明
I	許容できないリスク
II (ALARP 領域)	好ましくないリスク。 リスク軽減にかかる費用対効果が著しく不均衡である場合のみ許容される。
III (ALARP 領域)	リスク軽減にかかる費用が、得られる改善効果を超える場合、許容される。
IV	無視できるリスク

(ウ) リスク分析の定義

リスク抽出について、危害の過酷度、潜在危険に人が曝される頻度・期間、危険事象の発生確率、危害を回避又は危害を限定的にする確率を以下の(i)～(vi)の通りとした。

(i) 危害の過酷度(Se)

表 III.2.4-3 危害の過酷度

被害者の状態	コンシクエンス(被害の程度)	Se
不可逆性 (回復不能)	死亡、眼球もしくは四肢の欠損	4
	四肢の損壊、指趾の欠損	3
可逆性 (回復可能)	医療従事者(医師)の手当てを必要とするもの	2
	応急処置を要するもの	1

表III.2.4-4 コンシクエンス・リスク等級対応表

コンシクエンス(被害の程度)	リスク等級の「結果」
死亡、眼球もしくは四肢の欠損	重大な
四肢の損壊、指趾の欠損	重大な
医療従事者(医師)の手当てを必要とするもの	軽微な
応急処置を要するもの	無視できる

リスク等級上の「破局的な」被害に該当する事象は存在しない。

(ii) 潜在危険に人が曝される頻度・期間(Fr)

曝露期間は 10 分以上曝された場合

表 III.2.4-5 潜在危険に人が曝される頻度・期間

曝露頻度	Fr
1 時間以下	5
1 時間～1 日	5
1 日～2 週間	4
2 週間～1 年	3
1 年以上	2

(iii) 危険事象の発生確率(Pr)

表 III.2.4-6 危険事象の発生確率

発生確率	Pr
非常に高い	5
起こりやすい	4
ありそうである	3
まれ	2
無視できる	1

表 III.2.4-7 発生確率・リスク等級対応表

発生確率	リスク等級の「頻度」
非常に高い	頻繁に起こる
起こりやすい	かなり起こる
ありそうである	たまに起こる
まれ	あまり起こらない
無視できる	起こりそうに無い

リスク等級上の「信じられない」事象は想定外なので存在しない。

(iv) 危害を回避又は危害を限定的にする確率(Av)

表 III.2.4-8 危害を回避又は危害を限定的にする確率

回避可能性	Av
不可能	5
稀に可能	3
可能	1

(v) クラス(CL)

クラス(CL)は以下の項目の足し合わせた値とする。

- ・潜在危険に人が曝される頻度・期間(Fr)
- ・危険事象の発生確率(Pr)
- ・危害を回避又は危害を限定的にする確率(Av)

$$CL = Fr + Pr + Av$$

(vi) SIL の割り当て

表 III.2.4-9 SIL の割り当て表

クラス(CL) 過酷度(Se)	3~4	5~7	8~10	11~13	14~15
4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
3	-	(OM)	SIL1	SIL2	SIL3
2	-	-	(OM)	SIL1	SIL2
1	-	-	-	(OM)	SIL1

※(OM) : 他手段を使用

(㊦) リスク分析結果について

分析にあたっては、ロボットと接触する人の分類として「一般大衆」、「幼児」、「保守要員」の3種類についてそれぞれ検討した。

表 III.2.4-10 リスク分析の結果(一部抜粋)

No.	※1危険源	危険源の内容	機械の危険区域	リスク見積もり・評価 (安全方策前)										リスク評価	
				幼児											
				酷さ(Se)	根拠	暴露頻度(Fr)	根拠	発生確率(Pr)	根拠	回避可能性(Av)	根拠	リスク等級	クラス(CL)		SIL
1. 機械的危険源															
1-1	押しつぶし危険源	ロボット走行中、ロボットと壁面の間に入って押しつぶされる。	ロボットの筐体全部	医療従事者(医師)の手当てを必要とするもの	衝撃試験より	1時間以下	前提条件より	ありそうである	運用実績より	稀に可能	物体近接時の速度、押しの強さより	III	11	SIL1	リスクは残留するが、許容可能な範囲内のリスクと評価できる。リスクアセスメント完了。
1-2	押しつぶし危険源	ロボットが人に押されて転倒し、地面との間で押しつぶされる。	ロボットの筐体全部	四肢の損壊、指趾の欠損	衝撃試験より	1時間以下	前提条件より	ありそうである	運用実績より	稀に可能	倒れる速度>避ける速度	II	11	SIL2	リスクは残留し、SIL2の実現を条件に許容可能な範囲内のリスクと評価できる。
1-3	押しつぶし危険源	充電装置への自動ドッキング時に充電装置とロボットに挟まれ、押しつぶされる。	ロボットの筐体背面と充電装置	医療従事者(医師)の手当てを必要とするもの	衝撃試験より	1時間以下	前提条件より	ありそうである	運用実績より	稀に可能	物体近接時の速度、押しの強さより	III	11	SIL1	リスクは残留するが、許容可能な範囲内のリスクと評価できる。リスクアセスメント完了。
1-4	押しつぶし危険源	斜面でロボットが急加速、急減速、または押されたことにより転倒し、ロボットに押しつぶされる。	ロボットの筐体全部	四肢の損壊、指趾の欠損	衝撃試験より	1時間以下	前提条件より	ありそうである	運用実績より	不可能	倒れる速度>避ける速度	II	13	SIL2	リスクは残留し、SIL2の実現を条件に許容可能な範囲内のリスクと評価できる。

イ 安全技術を搭載した警備ロボット

平成22年度に安全技術を搭載した警備ロボットを製作した。主な仕様は表Ⅲ.2.4-11の通り。外観、基本スペックは現行型の警備ロボット「リボーグQ」を踏襲したが、表にある搭載した安全技術の他に走行制御系のプラットホームにIEC61508準拠のリアルタイムOSを採用するなど、機能安全を考慮した構成となっている。

測域センサ、姿勢安定化台車、冗長通信データベースについては、後に詳しく説明する。



図 Ⅲ.2.4-2

表 Ⅲ.2.4-11 主な仕様

本体寸法	650mm(W) x 700mm(D) x 1422(H)
重量	162kg
速度	30cm/秒
登坂角度	±5度
バッテリー	鉛蓄電池(メンテナンスフリータイプ)
最大連続走行時間	1.5時間
最大充電時間	1.5時間
車輪	4輪(前輪駆動)
充電方式	接点接触式自動充電
監視装置との通信	無線LAN
搭載した主な安全技術	緊急停止機能を有した測域センサ 姿勢安定化台車 冗長通信データベース(TTP/C通信)

ウ 安全性検証手法研究開発実施者との連携

(ア) 安全検証センターでの試験

安全性検証手法研究開発実施者が安全検証センターで実施する各種試験に現行警備ロボットを提供し、試験の実施に協力した。試験は以下の表のとおり。平成23年度中に、平成22年度に製作した安全技術を搭載した警備ロボットについても同施設で試験を実施予定としている。

表 Ⅲ.2.4-12 安全検証センターでの試験項目

安全検証センターでの試験項目		
対環境試験 (温湿度・振動)	感電試験	放射温度測定試験
走行安定性試験	静的安定性試験	走行耐久性試験
障害物検知・対応試験	緊急停止性能試験	衝突安全性試験
有線・無線通信に関する 安全性・信頼性試験	機能安全確認試験	

また、安全性検証手法研究開発実施者が試験手法の検討を行うための各種予備試験を実施するにあたり、試験に必要な走行ルートやセンサ設定を容易に行えるよう、ロボットのタッチパネル画面を改良し、試験用設定メニューを作成した。



図 III.2.4-3 作成した設定メニュー例

(イ) パイロットスタディの実施

平成 23 年度に安全性検証手法研究開発実施者によるパイロットスタディを受ける予定としている。パイロットスタディでは、安全性検証手法研究開発実施者が検討している国際標準規格に基づいた試験・文書確認を実際のロボット開発工程に適用することにより、認証スキームの設計に役立てるとともに、メーカー側は認証側の考え方を理解し、必要とされるマネジメントの構築方法の経験を積むことを目的としている。

本事業では警備ロボットの一部に機能安全を組み込みに取り組んでおり、安全認証取得を目指した体制、ドキュメント整備を実施している。

<整備したドキュメント>

機能安全管理計画書、安全要求仕様書、安全要求事項チェックリスト結果、設定管理計画書、妥当性確認試験仕様書、妥当性確認試験チェックリスト結果 など

② 人・障害物回避技術および自律走行技術の研究開発

警備ロボットの主な任務は、商業施設やオフィスビル等での案内業務および巡回監視業務である。各業務は自律走行機能を用いて実施しており、ロボットの周囲に人が近づいた場合は距離センサ人を感知し、減速や停止処理を行うことで衝突によるリスクレベルを低減している。

しかし、多くの人が存在する環境ではロボットが頻繁に停止してしまい、案内業務においては情報提供場所への移動が困難となったり、巡回監視業務では決められた時間内に巡回を終了できない等の課題が発生する(巡回効率の低下)。

そこで、ロボットが周囲の静止障害物の位置および人等の移動障害物の位置や動きを検知することで衝突リスクを見積もり、回避する技術の開発を行う。これらの開発により衝突によるリスクレベルを低減すると共に巡回効率を向上させる。

ア 自己位置推定について

警備ロボットはあらかじめ登録された地図情報に基づき、決められたルートを自動巡回する。ジャイロセンサや車輪の回転により自己位置を認識しているが、走行路面状況等により、ズレが生じることが多い。そのため、一定間隔で位置補正を行う必要がある。天井標識や壁までの位置情報を用いた位置補正を行っているが、本事業では測域センサを用いて幾何特徴

地図を作成し、特定のポイントで特徴地図とのマッチングを行うことにより位置補正を行う手法について研究開発を行った。

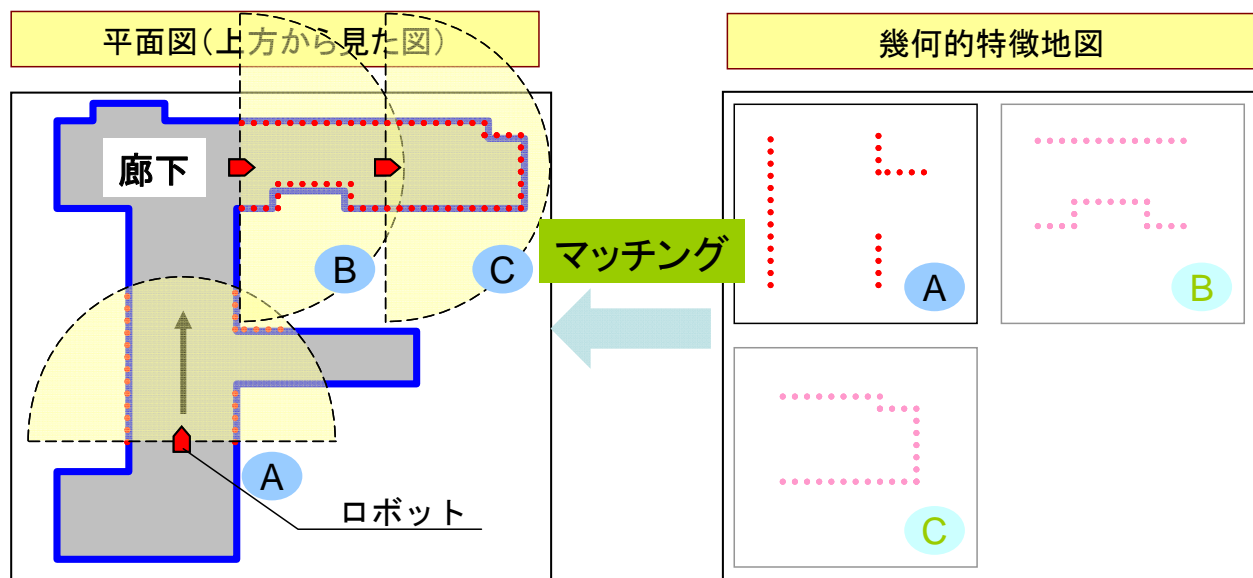


図 III.2.4-4 幾何的特長地図による位置補正手法の概念図

模擬環境を用いて環境地図の作成を実施した。この環境地図を用いてマッチングによる位置推定の実験を実施したところ、進行方向に対し、横向きに 85mm 以内、進行方向に対し、85mm 以内の精度で位置推定が可能であることを確認した。

イ 障害物の検出について

障害物の定義として、ロボットに搭載した測域センサにより検出される物体全てを障害物として扱うこととし、ロボット走行中に子供の足を検出できるように、直径 4cm の円筒形の物体を検出できることを条件とした。図III.2.4-5 に示す環境で測域センサを用いた障害物検出実験を行い、直径 4cm の円筒形の物体を検出可能なことを確認した。

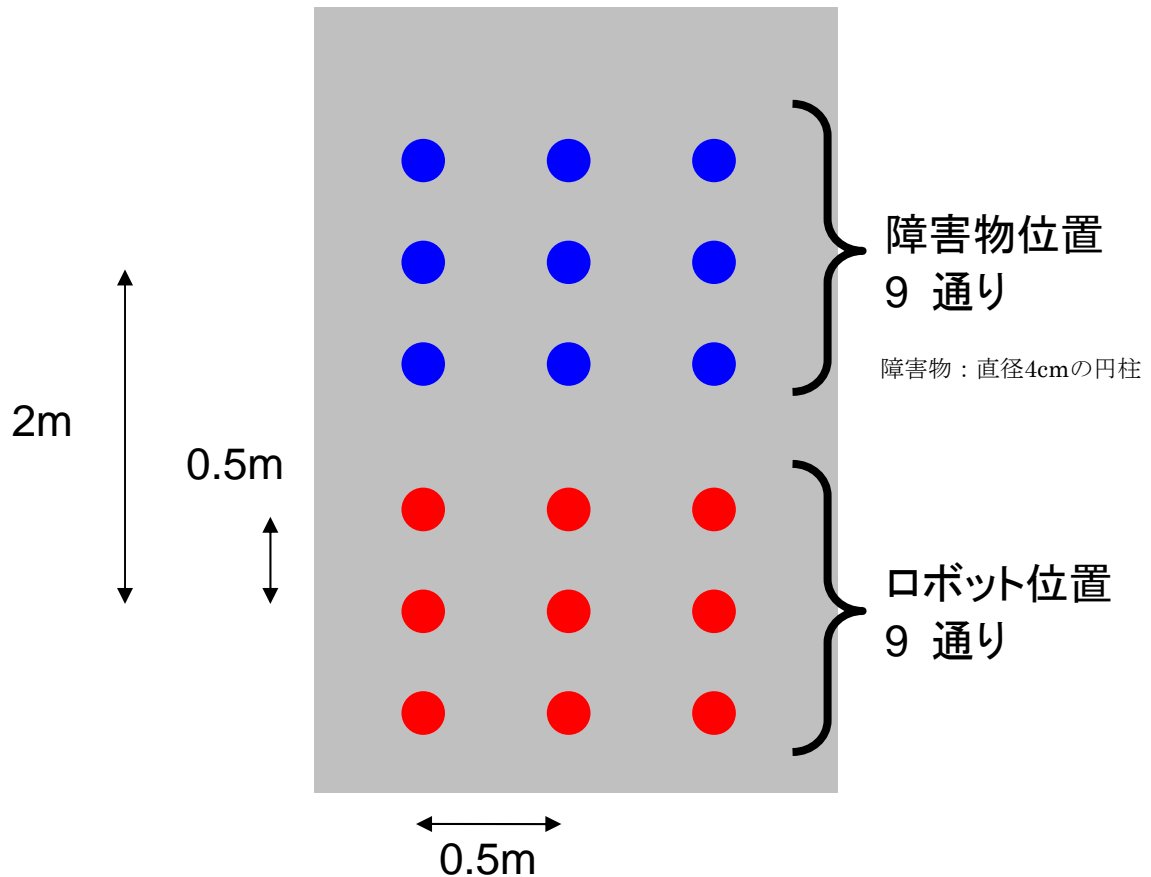


図 III.2.4-5 障害物検知基礎実験

ウ 衝突リスクの見積もりについて

ロボットの走行経路上に周辺に障害物が検出されたとき、障害物と相対位置(距離)により、経路を変更するか速度を変更するかを選択を行い、実行する。経路変更と速度変更の選択は、障害物の位置と衝突リスクの発生するエリアとの関係により決まる。衝突リスクの発生するエリアとして、その後の対応の観点から、以下の3つのエリアを設定した。

(ア) 危険なエリア

経路や速度の変更で対応し切れなかった場合、ロボットを停止させると判断するためのエリア。ロボットの近辺。ロボットの外周を一定の範囲分膨張させたエリアを設定。

(イ) ロボットが進む可能性があるエリア

ロボットの速度を変更し、危険を未然に防ぐためのエリア。ロボットの走行の条件から、今後ロボットが物理的に進む可能性がある範囲。ロボットが数秒後に進む可能性のある位置から、ロボット外周分だけ膨張させたエリアを設定。ロボットの速度に伴い大きさが変化することとなる。

(ウ) ロボットが進む妥当性があるエリア

ロボットの経路を変更し、危険を未然に防ぐためのエリア。ロボットの運用上、今後ロボットが進むであろうことが考えられる範囲。ロボット正面方向に、ロボット横幅以上の長方形にエリアを設定。

エ 回避経路生成手法について

(ア) 回避経路生成手法の検討

回避経路生成手法について、最適である経路を完全に導出する手法と、現在の位置から次に進む経路のみを決定する手法がある。前者の手法はA*法が代表的であり、後者の手法はポテンシャル法が代表的である。次の経路のみを決定する手法は計算速度に優れるという利点があるが、最終的に正しい経路が選択できるかは保障できない。今回は安全の観点から経路を見通す必要があるため、最適である経路を完全に導出する手法を採用することとした。

(イ) 回避経路生成手法の概要

回避経路生成手法は、まず環境をセルに区切り、グリッドマップを作成する。次にセンサによる検出を行い、計測点をロボットの大きさだけ拡大した範囲のセルを障害物のセルとする。そしてセルをノードとして現在のロボット位置から目的地までの最短経路探索を行なったあと、最短系路上のセルのうち障害物に当たらずに直線状に進める最も遠いセルを次の目標地点とする。この手法を連続的に行うことで障害物を回避できる。本手法による回避動作の検証試験は平成23年度中に行う予定である。

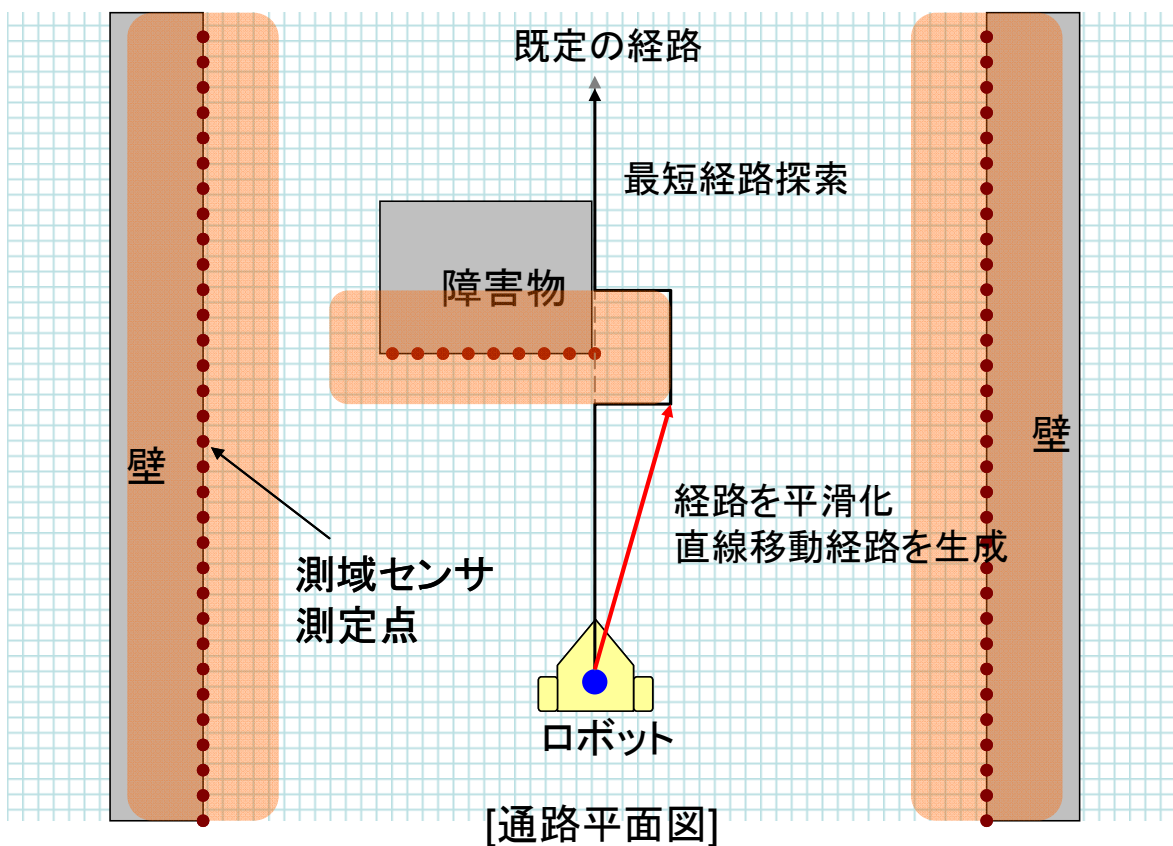


図 III.2.4-6 回避経路生成手法の概要



図 III.2.4-7 回避動作の基礎試験の様子

③ 危険予防技術の研究開発

警備ロボットを商業施設やオフィスビルで運用する場合、周囲の人々にロボットの存在を気づかせることで衝突のリスクを低減することができる。例えば、ロボットの移動開始や移動方向をあらかじめ周囲の人々に知らせることにより衝突のリスク低減を図れる。総合警備保障の警備ロボットは、移動開始や移動方向の音声をスピーカから出力することが可能であるが、ロボットの走行地図上に技術担当者が発話場所をプログラムする必要があり、設定が容易ではなかった。

そこでロボットの走行地図を作成すると、走行経路の形状などに合わせて自動的に発話音声を設定される機能の開発を行った。また、音声だけでなく自動車の方向指示器のように光で視覚的に移動方向を認識できる機能の搭載を実施した。

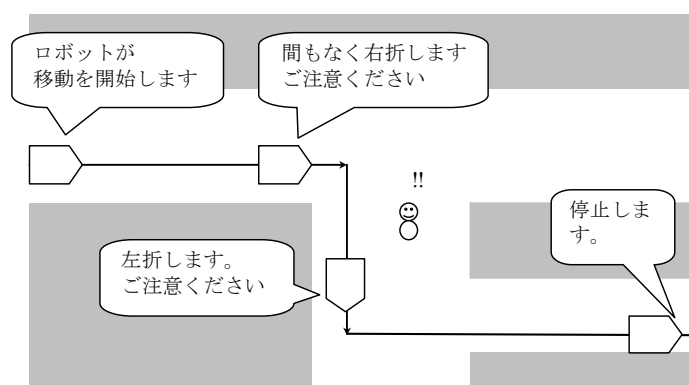


図 III.2.4-8 ロボットの音声警告による危険予防動作

④ 小型軽量な安全測域センサ研究開発

生活空間で自律的に移動作業する警備ロボットの安全確保には安全水準の高い環境認識センサが不可欠である。測域センサはスキャナ式のレンジセンサでありロボットの周辺に存在する物体の大きさや位置データを正確かつ瞬時に認識できる最も優れた環境認識センサである。しかし、従来の安全測域センサは環境設置型の大型で重量が重く頑強な構造なので、実用的な警備ロボットには搭載できない。また、安全測域センサのコストが事業化における障害の一つとなっている。生活空間内で自律的に移動作業する警備ロボットには、安全水準の高い3台の環境認識用測域センサが必要とされているが、それらの測域センサは機能安全 IEC61508 の SIL2、機械安全の保護装置 IEC61496 の Type3、ISO13849 のカテゴリー3 及び PL d の安全水準が必要である。

そこで、警備ロボットをより安全に事業化するために必要な小型軽量で安価な安全測域センサの研究開発を行った。

ア 安全測域センサの仕様検討

まず警備ロボットの運用に必要な測域センサの性能と安全要求仕様を明確にして、システム設計の検討と Safety Requirement Specification (SRS) を作成した。主な項目と Reliability Block Diagram を次に示す。

- ・ 測域センサの概要
- ・ 基本設計仕様
- ・ 機能仕様
- ・ アーキテクチャ
 - モーター回路、投受光ユニット、A/D コンバータ、ASIC、CPU 周辺回路
 - 汚れ検出回路、電源回路、通信回路
- ・ ソフトウェア構造
 - 通信プロトコル、計測ソフトウェア、自己診断ソフトウェア
- ・ Reliability Block Diagram

イ IEC61508 に基づく設計検証

測域センサとして基本的な検出性能と機能および品質を実現するために、社内に保有している測域センサや部品を使って、レーザー投光回路、APD 受光回路、ASIC を含む演算処理回路、モーター制御回路、安全出力回路、故障検知回路などを設計、検証した。各回路を制御するソフトウェアの開発プロセスは IEC61508 に基づいて管理した。

ウ 監視エリア設定用アプリケーションソフトの製作

安全測域センサが安全出力 OSSD 判定の監視エリア設定を行うためのアプリケーションソフトを製作した。また、このソフトには安全測域センサの研究開発を正確にかつスピーディに行うため、各部の状態をモニタリングおよびパラメータ設定が可能な機能も実装した。

エ 安全測域センサの小型軽量化の検討

安全測域センサを実用的な警備ロボットに実装するために測域センサの構造をヘッド分離型とし、コントローラを共用化することで全体の体積を削減しようとしたが EMC 試験をクリアできず、この構造での開発は断念した。

それに代わり、測域センサからのデータにより環境測定を行ってリスクを低減し、ロボットが安全に走行するには3台の測域センサとロボットコントローラ間のリアルタイム通信が不可欠で、その通信の安全レベルも SIL2 以上の水準を要求される。これまでに安全通信機能を持った3台の測域センサを試作し、ロボットに搭載することができた。この構成の実現により全体の小型化と省配線化を実現できた。

オ 作成した安全設計関連書類

- ・ Safty Requirement Specification for 複数台接続可能な Safety Sensor
- ・ TTP 通信対応 URG 仕様書
- ・ TTP_FPGA 安全センサ間プロトコル仕様書

⑤ 姿勢安定化台車および冗長通信データバスの研究開発

警備ロボットの運用範囲の拡大には、凹凸、段差、傾斜などの路面環境への対応能力の向上、走行速度の向上、機敏な動作等が求められている。しかし、単純に速度や加速性能を向上させることでこれらを実現した場合、ロボットがふらついたり、傾いたり、場合によってはロボットが転倒して人を押し潰す危険性が増加する。これらのリスクを低減するため、ロボットの姿勢を安定化させる技術の開発を行った。

一方、ロボットの制御を行うためのコントローラと各種センサ及び駆動装置との指令/応答の通信にはリアルタイム性が要求される。現状、良く使われている RS232C シリアル通信は 1 対 1 通信かつ低速であり、イーサネット通信や産業用ロボットで広く採用されている RS422、CAN はイベントドリブンベースであるため周期安定性は保証されない。これらの課題を解決して安定した制御を実現し、通信の不具合によるリスクレベルを低減するためには、リアルタイム性及び周期安定性に優れた高速かつ信頼性の高い冗長性通信の実現が必要である。そこで、リアルタイム性及び信頼性の要求水準が高く、安全性を有する通信プロトコルによるデータバスの開発を行った。

ア 姿勢安定化技術のトレードオフ

まず、警備ロボットに適用する姿勢安定化の基本方式を決定するため、大学や研究機関の研究開発事例及び国内特許の調査を実施し、以下の 3 方式を抽出した。次に、これらの方式のトレードオフを行い、警備ロボットへの適性、実装の容易性、費用対効果などの面からアクティブサスペンション方式を採用することにした。

(ア) アクティブサスペンション方式

原理：サスペンションをアクティブ化することで振動を吸収する。アクチュエータとしては油圧、空気圧、リニアモータ、回転モータ(ボールネジ)などがある。

特長：比較の実装が容易である。アクチュエータの能力によっては、低周波の外乱(傾斜地)から高周波の外乱(段差、凹凸など)に対応が可能である。

課題：高周波の外乱まで対応させると高コストかつエネルギー消費が大きい。ボールネジ方式は比較的安価。

(イ) 倒立振り子型車輪方式

原理：2 輪の駆動制御により、ロボット全体の重心バランスを調整して垂直姿勢を維持することで、路面変化に対応する。車輪を駆動する回転モーターがアクチュエータを兼ねる。

特長：移動の仕組みそのものが前後方向の姿勢安定化につながっているため、アクチュエータの追加が不要。2 輪であるためフットプリントを小さくできる。

課題：倒立振り子の原理上、急停止に追従するためには大きな駆動力が必要であるため、重量のあるロボットには適さない。横方向の姿勢安定化機構が必要である。停止時にもエネルギーを消費する。車輪の駆動トルクにより姿勢を安定させているため、電源異常などにより車輪が駆動できない場合の転倒防止対策が必要である。

(ウ) 重心スライド移動方式

原理：レール機構などにより搭載物の重心を傾斜と反対方向に移動させることで姿勢の安定化を図る。アクチュエータは回転モーターが一般的である。

特長：傾斜地への対応能力が高い。比較的省エネルギーである。

課題：全方向への姿勢安定を図るためには大掛かりな機構が必要であり、搭載物の可

動領域を大きく取る必要がある。高応答速度を得るためには駆動方法に工夫が必要である。

イ 姿勢安定化台車の構想設計

アクティブサスペンション方式をベースに姿勢安定化台車機構の構想設計を行った。警備ロボットはバッテリー駆動型のロボットであるため消費電力量には限りがあり、重量は安全性と直結するため、バッテリーはなるべく小型軽量化したい。坂などの低周波から点字ブロックなどの高周波までのすべての路面変化をアクティブサスペンションで吸収させると、高コストかつエネルギー消費が大きくなることから、高周波の外乱はパッシブサスペンションで吸収させ、低周波の外乱のみをアクティブサスペンションで吸収させることにした。また、アクティブサスペンションを4輪すべてに適用すると同様の問題が生じることから、台車をベース部と上部部に分離してこれらをユニバーサルジョイントで連結し、2台のアクティブサスペンションのみで上部部のロール及びピッチ角を可動させる構造とした。また、目標とする警備ロボットの運用環境及び動作条件等に基づき、アクティブサスペンションを実現するアクチュエータのトルク、動作速度、姿勢角可動範囲等の姿勢安定化台車の仕様を決定し、姿勢センサ、アクチュエータ等の部品の選定を行った。

ウ リスクアセスメント

姿勢安定制御機構の追加により従来ロボットから変更される部位についてリスクアセスメントを実施した。リスク分析には①ア(イ)と同様にリストマトリクスを用いた。

エ 安全設計

「①リスクアセスメントに関する研究開発」にて実施したリスクアセスメント結果と、本開発で新たに追加する姿勢安定制御機構に対して実施した前述のリスクアセスメント結果とに基づき、制御系の安全設計を実施した。新規開発する警備ロボットの重大リスクには衝突、転倒、落下がある。これらのリスクを軽減するための安全関連系は、高信頼性と低コストとを両立させるためソフトウェアによる制御処理と分離している。下図のように各種センサで上記危険事象を検出した際に走行制御装置及び姿勢制御装置の供給電源を遮断してアクチュエータの電磁ブレーキを作動させ、これらの駆動系を緊急停止させる構成とした。ここで、安全測域センサは、④で試作された機能安全要求事項に対応した測域センサである。感振センサ、段差センサ及び車速センサは2重冗長系とし電源遮断回路には安全リレーを採用した。また、安全測域センサの有する自動復旧機能を利用し、緊急停止エリアから障害物が無くなると、人が介在することなく自動で通常走行状態に復旧することができるようにした。また、測域センサのミューティング機能を利用し、充電のためロボットが充電器と自動ドッキングするときには、同センサの緊急停止エリア検知を無効(ミューティング)とする機能を備えた。

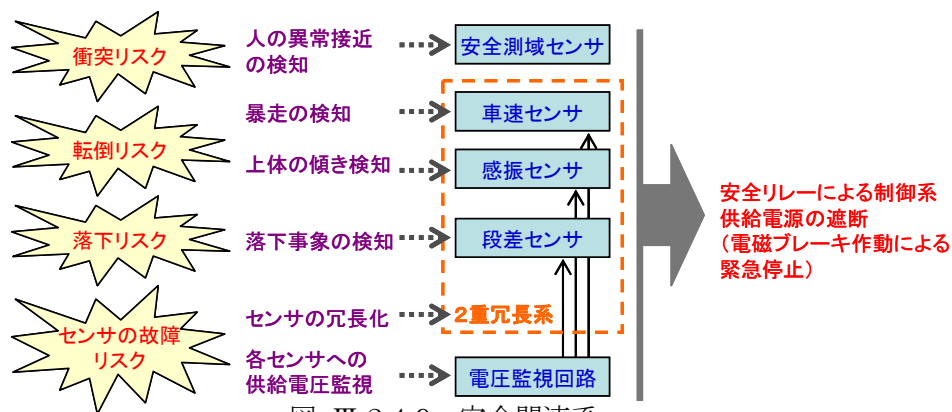


図 III.2.4-9 安全関連系

オ 姿勢安定化台車の詳細設計と試作

構想設計に基づき姿勢安定化台車の詳細設計と試作を行った。設計にあたっては、従来ロボットのフットプリントサイズの維持が条件となっているため、ロボット全体の実装設計も行った。姿勢制御機構の基本構成と試作した姿勢安定化台車の写真を図 III.2.4-10 および図 III.2.4-11 に示す。

姿勢可動部は、台車をベース部と上部部に分離してこれらをユニバーサルジョイントで連結することで、上部部のロール及びピッチ角を可動させる構造とし、全方向に5[deg]の傾斜角が取れるようにした。アクティブサスペンションはボールネジタイプの電動シリンダとした。2台の電動シリンダの伸縮軸の両端をそれぞれ台車のベース部と上部部に固定し、電動シリンダの伸縮運動のバリエーションにより上部部の全方向の傾斜運動を実現した。2台の電動シリンダの同相運動がピッチ角変動に対応し、逆相運動がロール角変動に対応する。安全対策として、電動シリンダが暴走しても姿勢可動部の上部部の傾斜が7[deg]以上とならないよう、メカストップを設けた。

走行制御部は、姿勢制御部の追加により重心位置が高くなることを極力防ぐため、バッテリーを台車ベース部に搭載する構造とした。また、台車ベース部から両サイドの前後車輪の取り付け部を分離し、その中間に軸を通して連結する構造とし、路面の傾斜や凸凹により生ずる軸回転運動をパッシブサスペンションで抑圧する機構とした。

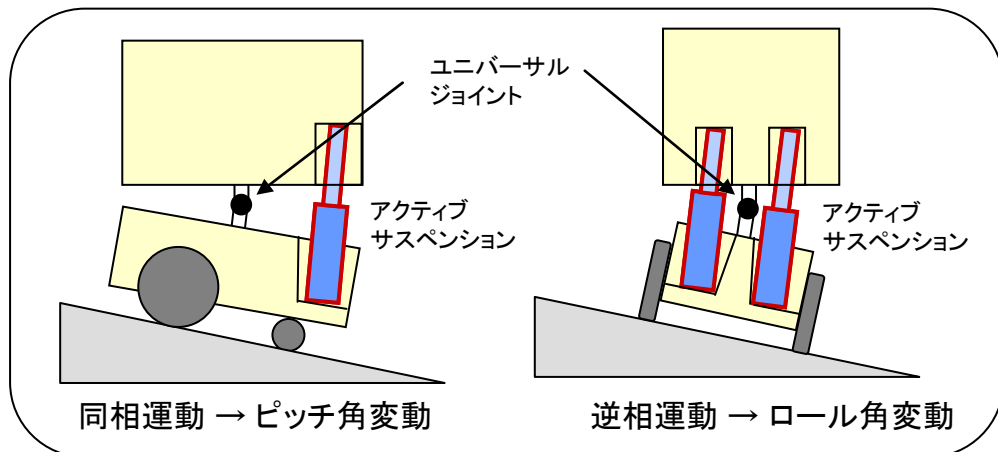


図 III.2.4-10 姿勢制御機構の基本構成

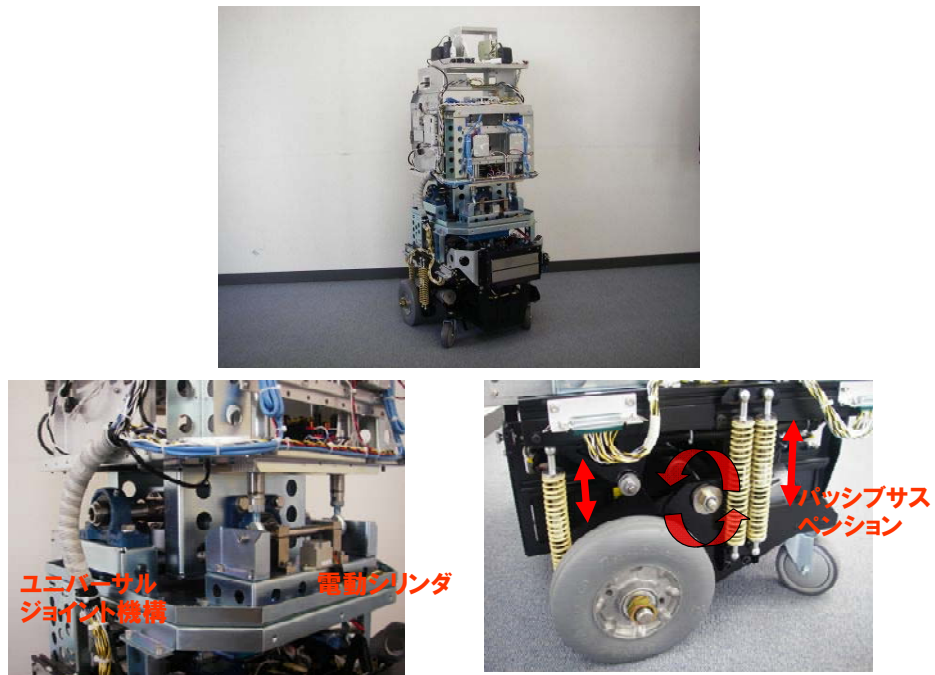


図 III.2.4-11 試作した姿勢安定化台車

カ 姿勢制御ソフトウェアの設計と製作

ロボット上部部の傾斜角と電動シリンダの伸縮量との幾何学的関係を導出し、走行台車ベース部に搭載した姿勢センサで計測したベース部の姿勢角データをもとに、ロボット上部の姿勢を水平に保つように2本の電動シリンダの伸縮を制御する姿勢制御ソフトウェアを設計し製作した。姿勢制御はPID制御を基本とし、操作量は電動シリンダの伸縮速度とした。ここで、姿勢センサは3軸の加速度と角度を計測するセンサで、そのうち、ロール角とピッチ角の計測値を使用する。姿勢制御処理を実行する制御系OSは機能安全規格に準拠したリアルタイムOSとした。これに伴い従来Linuxで処理していた走行制御ソフトウェアを同リアルタイムOS環境に移植した。これにより制御処理の信頼性が向上した。

搭載した電動シリンダの速度応答性能の限界により、凸凹などの高周波の路面変化に対する追従性能が確保できないことから、走行経路計画とロボットの位置計測結果をもとにロボットの走行を管理する管理プロセスからの指令により姿勢制御装置のサーボのON/OFFを制御できるようにした。実際の運用では、坂道の直前で姿勢制御装置のサーボをONにして姿勢制御を有効にし、坂道走行が終了したらサーボをOFFにして電磁ブレーキをかけて姿勢制御を無効にする。坂道走行での姿勢制御のイメージを図III.2.x.x-13に示す。また、姿勢センサのドリフト誤差は同センサの加速度計測値により補正が可能であるため、管理プロセスからの指令により補正ができるようにした。なお、本姿勢制御動作の評価試験は平成23年度中に行う予定である。

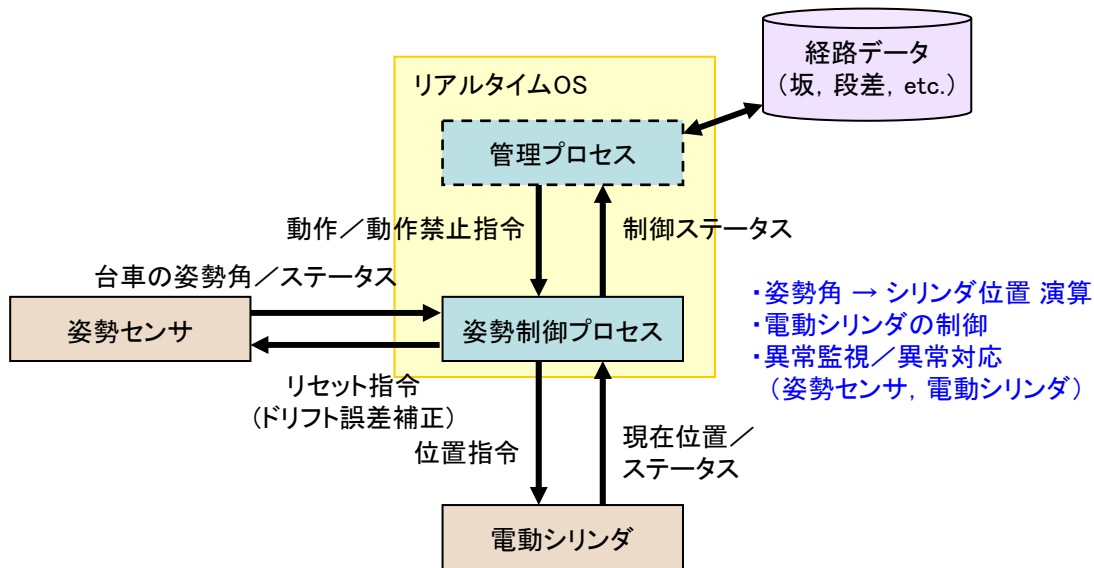


図 III.2.4-12 姿勢制御プロセスと管理プロセスの連携



図 III.2.4-13 坂道走行での姿勢制御のイメージ

キ 安全基準導入ロボットに適した通信プロトコルの選定

警備ロボットの制御に適した通信方式の開発の参考とするため、既存の通信規格の調査を行った。その結果、高い通信性能に加えて、IEC61508, SIL4 の安全認証取得実績を有する「TTP/C (Time Triggered Protocol class C)」を採用した。選定理由の詳細を以下に示す。

現在、様々な分野において使用されている通信規格が存在し、その一部が下表に示すものである。

表 III.2.4-13 各分野の通信規格

伝送媒体		電線	光
用途分野	車載	LIN, CAN, FlexRay	Byteflight, MOST
	車載、航空、鉄道	TTP/C	
	AV 機器		IEEE1394
	エレクトロニクス機器		IEEE1355
	軍事・航空	MIL-STD-1553B	
	産業機械	PROFIBUS	

安定したロボット制御の実現と、通信不良によるリスクの低減のためには、制御コントローラと各種センサ及び駆動制御系との指令（コマンド）/応答（レスポンス）の通信において、以下に示す項目を満たす必要がある。

- ・安全性、冗長構成
通信ラインの不具合によるロボットの暴走、制御不能等のリスクの低減が求められていることから、機能安全規格 IEC61508 の認証を取得可能な、もしくは取得実績のある通信規格が望ましい。
- ・信頼性の高い周期通信
ロボットの走行制御や姿勢制御のアルゴリズムは等サンプリング時間間隔のデータを前提に構築されていることから、周期安定性に優れた通信方式が望ましい。

MOST 等の光による通信は高速であるが、特にマルチメディア系装置が主な用途であり、信頼性が十分ではない。人に危害を加える恐れのあるロボットでは安全性や信頼性の要求水準が高い通信規格が望ましいことから、自動車や宇宙航空分野の高度な制御システムで採用されている、以下に示す 4 つの通信規格に調査を絞り込み、機能・性能の分析を行った。これらの規格はいずれもノイズの影響を受けにくい差動信号を用いており、信頼性に優れた方式として評価が高い。

- ・ FlexRay
特徴：タイムトリガ（イベントトリガにも対応）
利点：次世代の車載通信規格であり、CANよりも通信性能、安全性が高い規格となっている。通信速度は最大10Mbpsと高速である。
課題：コスト高の傾向、国内での標準化が課題である。
- ・ CAN
特徴：イベントトリガ、CSMA/CA
利点：CAN インターフェースを搭載している汎用マイコンが安価に入手可能であり、ハードウェア開発コストを抑えられる。現在、車載用通信のデファクトスタンダードとなっており、使用実績が豊富である。
課題：データの衝突による遅延、リアルタイム性と通信速度に課題がある。
- ・ TTP/C
特徴：タイムトリガ
利点：航空機分野に採用実績を持ち、通信性能が高い。通信速度は最大5Mbps～25Mbps（物理層の仕様による）である。また、機能安全認証取得実績があり、安全認証に関してアドバンテージがある。
課題：国内での採用実績なし、ノウハウの蓄積が課題である。
- ・ MIL-STD-1553B
特徴：マスタ・スレーブ方式
利点：シンプルなデータバスの管理形態を取ることができ、比較的データバスの構築が容易である。防衛・航空等の分野で使用実績が豊富である。
課題：マルチマスタ方式と比較すると、転送効率やオーバーヘッドに課題がある。

イベントトリガ方式の通信は、送信が必要となるイベントが発生したときに各ノードがデータの送信を行う。柔軟性が高いが、データの衝突による遅延が発生するため、非決定論的であり遅延時間等の予測が困難である。一方、タイムトリガ方式の通信は、一

定のスケジュールに沿った周期的なデータ転送を行うため、データの衝突が起これずリアルタイム性が保障される。ただし、割り当てた時間幅を有効に通信に使用しなければ、帯域を無駄に使用してしまうため、伝送速度や通信周期、各ノードが送信するデータ長を考慮してスロット（ノードがバスを使用可能な時間）を割り当てる必要がある。タイムトリガ方式のメリットを以下にまとめる。

- ・ 予測可能性：

独自に設計したタイムスケジュールで通信可能なため、システムのアクションを予測可能である。全ての通信は、既知のタイミングで時間通りに実施される。また、変動する外部のイベントに影響されず、通信の発生タイミングが一定であるため、設計時に構築されたプロパティに則って効率的に試験および検証が可能である。

- ・ 最大負荷時の堅牢性：

タイムトリガ方式の通信は、設計時に通信許容量を定義し、システム動作中は定義した最大負荷を超えることがない。よって、リソースを最大限に活用してもリスクがない。TDMA（時分割多元接続）であるため、衝突がなく即時性がある。

- ・ 耐障害性：

「バス・ガーディアン」により、障害を抑制する機能がある。また、デュアルチャネルによる2重冗長構成を取ることが可能である。

以上の特徴から、周期的な処理とリアルタイム性を必要とする自律走行ロボットのネットワークには、データの衝突がない確実な周期通信を保証できるタイムトリガ方式の通信が適していると判断した。また、IEC61508, SIL4 の安全認証取得実績を有することも重要な要素と考えた。

ク 警備ロボット制御部の TTP/C 通信データバス開発

通信プロトコル「TTP/C」を使用して、警備ロボットに搭載する通信データバスの開発を行った。開発した TTP/C 通信データバスの構成を図 III. 2. 4-14 に示す。適用範囲は高い安全性と安定した動作が要求される走行制御部、姿勢制御部及びこれらの異常を検出するためのセンサとした。リアルタイム性、安全性が要求される通信ラインを TTP/C 通信データバスにすることにより、信頼性の向上、通信速度の高速化、CPU ボードに集中していた通信ラインの省配線化を実現することができた。

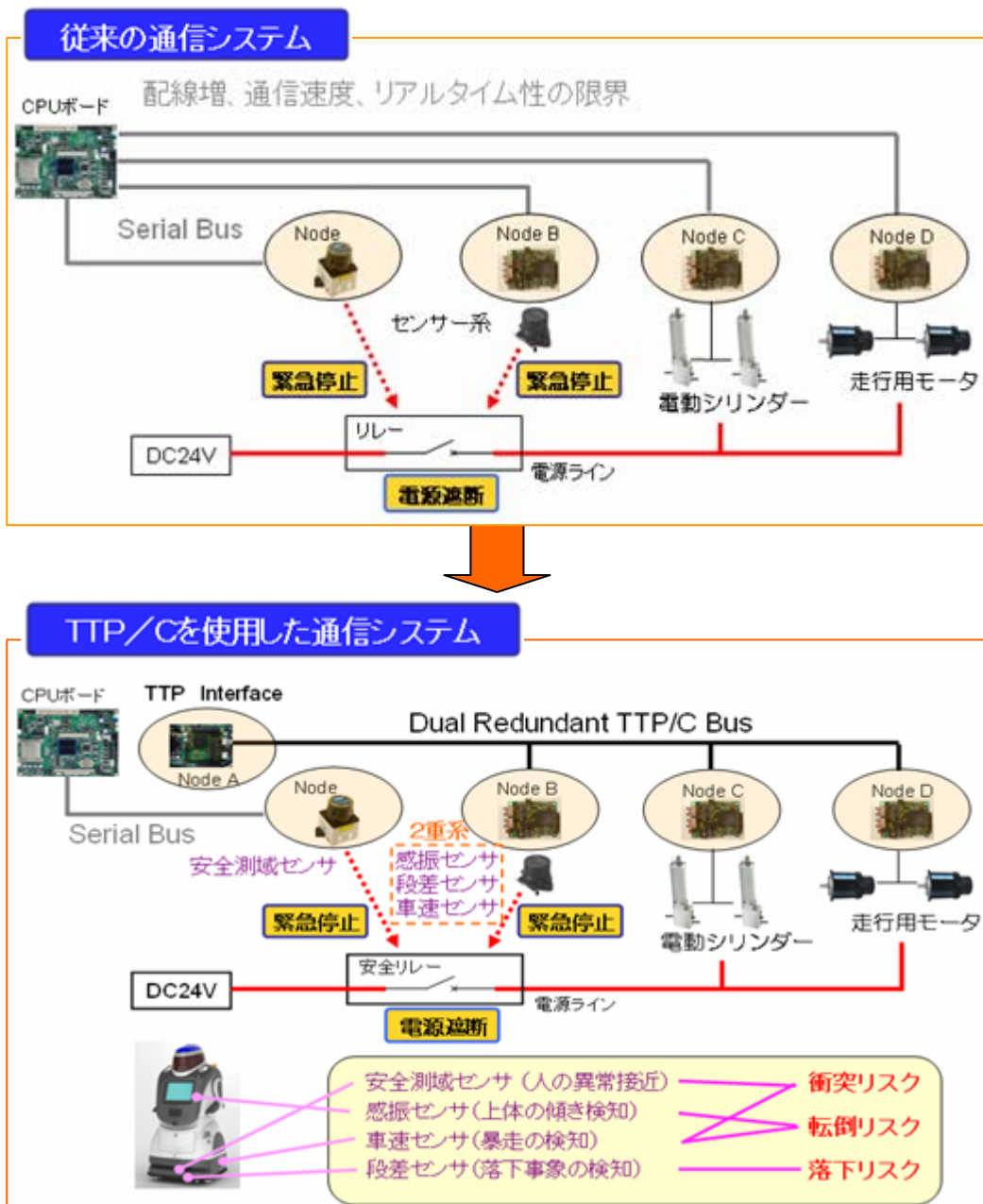


図 III. 2. 4-14 TTP/C を使用した通信データバス構成

ケ TTP/C データバス インターフェースカードの設計・試作

ロボットの制御ネットワークに TTP/C データバスを構築するにあたり、TTP/C コントローラと、ノード固有の動作制御を行うホスト CPU を搭載した TTP/C バスインターフェースカードを設計・試作した。カードの FPGA には、TTP/C のプロトコル処理を行うロジックコアと、FPGA 用ソフトコアプロセッサ「MicroBlaze」(Xilinx 社) を実装した。この MicroBlaze には、TTP/C ドライバソフトウェアに加え、開発した各ノード固有の通信処理を行うアプリケーションソフトウェアを組み込んでいる。TTP/C バスインターフェースカードは、PC/104Plus サイズの CPU ボード用と、モーターやアクチュエータ等の末端接続機器用の 2 種類を試作した。CPU ボード用カードは PC/104Plus であるため、ロボットコントローラとなる CPU ボードへのスタックが可能であり、エッジタイプの PCI カードと比べて、ロボット動作時の振動による勘合不良のリスクが少なくなる利点がある。

末端接続機器用カードは、モーターや電動シリンダ側に搭載する TTP/C バスインターフェースカードである。TTP/C の物理層は、絶縁型 DC/DC コンバータ、絶縁型 RS485 トランシーバを実装し、システムとデータバス間のアイソレーションを取っている。通信ポートには RJ45 コネクタを採用し STP ケーブルによる通信ラインのシールドを施した。下表に TTP/C バスインターフェースカードの基本スペックを示す。

表 III.2.4-14 TTP/C バスインターフェースカード基本スペック

通信ポート数	2ch
通信速度	最大 5Mbps
通信周期	1ms～
ペイロード長(1スロット毎)	最大 240byte
接続トポロジー	バス型
物理層	RS-485
冗長性	デュアルチャネル
エラー検出	24bit CRC 保護
接続ノード数	最大 64 ノード
電源	+5V DC
RS232C	2 ポート
拡張用 GPIO	86bit



図III.2.4-15 TTP/C バスインターフェースカード (PC/104Plus サイズ)



図III.2.4-16 TTP/C バスインターフェースカード (末端接続機器用 65[mm]×80[mm])

コ リアルタイム OS 用 TTP/C ドライバソフトウェアの開発

従来ロボットの RS232C シリアル通信ラインを、TTP/C データバスに置き換えた場合でも、既存のアプリケーションソフトウェアの互換性を可能な限り保ち、開発効率を高めることが必要である。試作した TTP/C バスインターフェースカードと、CPU ボードに搭載されているリアルタイム OS 間は、PCI バス経由でデータ転送を行う。そのため、リアルタイム OS と TTP/C データバス間の PCI メモリ領域を仮想的に TTP/C のデバイスポートとして認識させるリアルタイム OS 用 TTP/C ドライバソフトウェアを開発した。TTP/C データバス上に存在するノード 1 つに対して、TTP/C ポートを 1 つ生成し、OS 側は PCI アクセス処理を意識せずに TTP/C データバスとのやり取りが可能となる構造とした。これにより、TTP/C バスインターフェースカードへの通信データの書き込み/読み込み、ノードの管理がより簡潔となり、ユーザは RS232C/422 で従来制御していた機器であれば I/F の違いを意識することなく TTP/C に移行することができる。

サ TTP/C 通信スケジュールの設計

タイムトリガ方式の TTP/C では、各ノードの送信データ量と時分割送受信パターンをシステム設計段階から明確にした上で、通信のタイムスケジュールを作成する必要がある。この通信スケジュールを各ノードが共有することにより、決定論的な通信動作が可能となる。本開発では、警備ロボットの走行制御、姿勢制御で行う通信データ量を見積もり、最大接続ノード数を 4 ノード、通信周期 1ms、1 通信周期に送信可能な各ノードのデータ量を最大 25byte(3 ノード)と 75byte(1 ノード) (各ノードの転送速度 25Kbyte/s、75Kbyte/s) に設定して通信スケジュールを作成した。この通信スケジュールをデータ化して、試作した TTP/C インターフェースカードの FPGA に組み込み、姿勢安定化台車に TTP/C データバスを構成することにより、走行制御・姿勢制御のデータ通信を実現した。

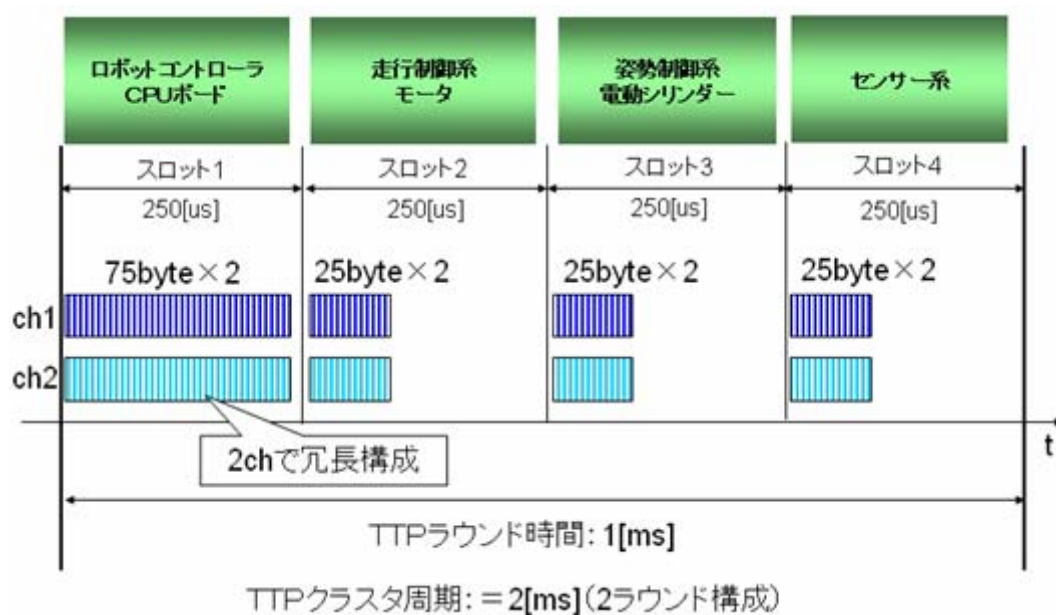


図 III. 2. 4-17 タイムトリガ・スケジュール (試作)

(4) 目標の達成度

基本計画における中間目標とその達成度については以下のとおり。

中間目標	研究開発成果	達成度
安全技術を導入した移動作業型(自律が中心)生活支援ロボットについて (1) 開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。 (2) 実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが開発されたロボットに搭載されていること。 (3) (1)に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。	(1) 警備ロボットの再リスクアセスメントを実施。安全性検証手法検討グループとともにパイロットスタディを実施。 (2) 小型軽量な安全測域センサ、姿勢安定化台車および冗長通信データバスを搭載した警備ロボットを製作。 (3) 現行型警備ロボットおよび安全技術を搭載したロボットを用いて評価試験を実施。	△ (2012年2月) ○ △ (2012年2月)

(◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達)

基本計画における中間目標に基づき、研究開発項目毎に設定した中間目標とその達成度については、以下のとおり。

中間目標	研究開発成果	達成度
①リスクアセスメントに関する研究開発 (1) 警備ロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目をすべて示す。 (2) 本項目以外の研究開発項目の成果のうち、その一部またはすべてを警備ロボットに搭載する。 (3) 「安全性検証手法の研究開発」グループで策定済みの安全性検証手法を用いて安全性試験を完了する。	(1) 警備ロボットの再リスクアセスメントを実施。安全性検証手法検討グループとともにパイロットスタディを実施。 (2) 小型軽量な安全測域センサ、姿勢安定化台車および冗長通信データバスを搭載した警備ロボットを製作。 (3) 現行型警備ロボットおよび安全技術を搭載したロボットを用いて評価試験を実施。	△ (2012年2月) ○ △ (2012年2月)
②人・障害物回避技術および自律走行技術の研究開発 (1) 測域センサを用いて周囲の環境を認識し自己位置推定を連続的に行うと共に、ロボット周囲の静止障害物の位置を検出することで衝突リスクを見積り、回避のための経路を動的に生成する。 (2) 子供の足を想定し直径4cmの静止した円筒形状を検出し回避する。	(1) 測域センサを用いて環境地図を作成し、自己位置推定についての基礎試験を実施。測域センサを用いて検出した障害物に対し、衝突リスクの見積り手法を検討。衝突リスクに基づいた回避経路生成については今年度実施予定。 (2) 直径4cmの静止した円筒形状の検出性能を確認。静的障害物回避経路生成手法を開発。基礎試験で回避動作を確認。	△ (2012年2月) ○

<p>③危険予防技術の研究開発</p> <p>ロボットの経路計画をもとに、移動開始ならびに停止、左折、右折等の発話音声の設定され、自律走行中に周囲の人間に動作を予告できる。また、光学式方向指示器により、周囲の人間に移動方向を認識させることができる。</p>	<p>走行制御プログラム側で音声および光学式方向指示器の命令組み込みを実施。走行ルート作成時の設定漏れを無くす。</p>	<p>○</p>
<p>④小型軽量な安全測域センサの研究開発</p> <p>(1)安全水準SIL2相当の測域センサに必要な機能を調査する。またIEC61496およびIEC61508に記された要求事項を調査する。</p> <p>(2)2ヘッド1コントローラのヘッド分離型構成を実現するための構造を設計検討する。</p> <p>(3)センサヘッドを1000立法センチメートルの大きさとした場合の検出能力を見積もり、警備ロボットの安全性確保のための妥当性を検討する。</p>	<p>安全測域センサに必要な性能と安全要求仕様をまとめSRSを作成した。IEC61508に基づき各部のソフトウェア機能を検証し改善した。</p> <p>IEC61496に基づき各部のハードウェア機能を検証し改善した。</p> <p>ヘッド分離型の構造による小型化はデメリットが多く断念したが、TTP通信の採用によりデータ通信部の省配線化と全体の小型化を実現した。</p> <p>警備ロボットの安全要求仕様を満たす小型の安全測域センサの製品化の目途が立った。</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>△ (2011年12月)</p>
<p>⑤姿勢安定化台車および冗長通信データバスの研究開発</p> <p>(1)凸凹や段差を走行する際に生じる振動を吸収する機能および傾斜走行時の姿勢を安定化する機能を有するアクティブ構造台車の開発</p> <p>(2)高速(5Mbps)で信頼性向上のための冗長系通信データバスの開発</p>	<p>(1)高周波の外乱をパッシブサスペンション機構で吸収し、坂道などの低周波の外乱をアクティブサスペンション機構による制御動作で吸収する姿勢安定化台車の試作を実施。</p> <p>(2)機能安全規格の認証取得実績のある通信プロトコル「TTP/C(Time Triggered Protocol class C)」に準拠したデータバス通信基板の試作を実施。</p>	<p>△ (2012年2月)</p> <p>△ (2012年2月)</p>

(◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達)

(5) 成果の意義

本事業の成果により、自律性を有する移動作業型ロボットの安全を実現するための要求仕様や運用ルールが確立され、一定の安全基準のもとで開発や販売を行えるようになり、移動作業型ロボットの本格的な産業化が期待できる。

また、不特定多数の人が存在する環境中の対人安全技術が確立され、従来よりも幅広い環境へロボットを導入することが可能となり、少子高齢化に伴う雇用問題の解決や、苦痛を伴う労働のロボットによる代替を実現することができる。

また、本事業で開発した安全測域センサ単体での展開も期待が出来る。市販されている安全測域センサは労働安全を目的とした環境設置型であり、大型で重量が重く頑強な構造なので、実用的な警備ロボットには搭載できない。研究開発している安全測域センサ小型は複数のセンサをカスケード接続することができるので、サービスロボットだけではなく、産業用の材料搬送ロボットや複雑で広範囲なエリア監視を必要とする労働現場の安全システムにも使用できる。

(6) 成果普及について

添付の特許論文リスト参照

2. 5 研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着(密着)型生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した人間装着型生活支援ロボットスーツ HAL の開発」の成果

【CYBERDYNE (株)、筑波大学】

(1) 研究開発の目標

実施期間はこれまで、人に装着して身体機能の拡張・増幅・支援を行うロボットスーツ HAL (Hybrid Assistive Limb) の開発を行い、安全性に関する機器仕様や運用方法について、実証試験・フィールドテストを通じて獲得してきた。本研究開発ではこれまでの安全性に関する知見を基に、人間装着型生活支援ロボットの安全性に関する課題を更に深く抽出し、安全を実現するための要求仕様や運用ルールを整備し、高齢者・障害者の生活を支援する装着型ロボットの安全技術の研究開発を実施することを目的とする。

本研究開発では、健常者、高齢者、障害者に対して、下肢動作支援（立ち座り・歩行支援）、全身動作支援（重作業支援）、及び、上肢動作支援（食事支援、把持支援など）を実現するロボットスーツ HAL を対象として（図Ⅲ. 2. 5-1）、装着型生活支援ロボットの安全技術を開発する。

本研究開発の中間目標として、ロボットスーツ HAL の安全技術を開発すると共に、リスクアセスメントを行うことで、安全試験項目を抽出し、「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」によって策定された安全性検証手法を用いて試験を実施する。最終目標として、安全技術を搭載したロボットスーツ HAL に対して、安全性試験項目の評価基準値を示し、安全性試験によって評価すると共に、使用シナリオに従って、想定されるユーザ、並びに、実環境あるいは実環境を模擬した試験環境において、実証試験を実施することで、当該ロボットの要求仕様や安全ルールを明確にした安全技術の開発を行う。

具体的には、以下の1)～7)の項目：1) 装着時機能安定技術、2) 制御技術、3) 安全管理技術、4) 自己判断技術、5) 安全要素技術、6) 安全性試験、7) 実証試験 について研究開発、評価検討を行う。



図Ⅲ. 2. 5-1 当該研究開発で対象とするロボットスーツ HAL

(2) 開発成果の要約

研究開発にあたって、CYBERDYNE 株式会社は主に安全要素に関わる技術開発を担当した。筑波大学は、安全性評価に関わる方法の研究開発および、運用方法の研究を担当した。全体として国際安全規格への適合を目指した改良を行った。

1) **装着時機能安定技術**：装着時の安全性向上を実現するために、床反力センサ系の改良、シューズの改良、ロボット外装の改良を行った。さらに、装着者の身体パラメータの違いに対応するための調整方法についても改良を行った。また、装着時の立位・歩行動作に伴う安定性向上を実現するための姿勢動作解析と床反力の可視化技術を開発した。装着者の重心（床反力）を解析するための評価環境の準備を行い、評価・解析用のモニタリング環境を準備した。これにより、医師や理学療法士、研究開発者が行う運用時の利用者へのアドバイスを可能にした。

2) **制御技術**：機能安全への対応を想定して、電装系の改良を行った。特にトルク発生部のパワーユニットの安全制御性能を向上させるため、コンピュータ系/モータドライバ系/メカ系におけるトルク制限の性能を向上させた。制御基板間での異常動作監視を行える設計とした。通信機能の評価のための環境を整え、検証を行った。

3) **安全管理技術**：電子基板への電気供給や信号通信を高信頼化させるため、センサ類の状態監視機能および、高信頼の過電流遮断機能を改善した。またリスクアセスメント結果を改めて整理し、リスク低減としての運用ルール的位置づけを明確化した。運用時転倒防止のための安全管理技術として、免加可能な点吊り装置/HAL 用フック等を試作した。運用時に必要な転倒防止のための安全管理手順を作成した。

4) **自己診断技術**：機器の信頼性をより高めるために、動作時に必要な自己診断項目について検討し、各センサ類から得られた情報を用いて自己診断・異常検知・異常報知する仕組みを改善した。各種外乱を加える検証実験のための計測系を整え、環境構築を行った。

5) **安全要素技術**：電磁波低減/統括バッテリー部の電流制御の安定化を評価するための基礎実験を行った。その結果を反映し、電装系の改良を行った。また安全性向上のために、国際安全規格対応の小型コンピュータと OS を導入した。国際安全規格対応のバッテリーパックの開発、電氣的接点の高寿命化も行った。

6) **安全試験**：下肢型、全身型、上肢型についてリスクアセスメント・リスク低減方法分析を行った。リスクアセスメントの結果として、主に下肢型に採用した本質安全方策のうち、計算による保証が困難な要素について、耐久性試験を設計した。そのための試験機を制作し、試験を実施した。電磁波試験も行った。

7) **実証試験**：筑波大学付属病院での 30～40 名の実証試験を開始した。(臨床試験データベース登録番号 UMIN000002969)

(3) 中間目標の達成度

目 標	研究開発成果	達成度
<p>1) 装着時機能安定技術</p> <p>(1) 駆動力制御に伴う安全技術の開発</p> <p>(2) 負荷変動・環境外乱に対する自動的状態認知・安全動作支援技術の開発</p> <p>(3) 装着者の特性変動に対する機能安定技術の開発</p> <p>(4) 機能安定技術に関する評価</p>	<p>(1) 機構系、電装系、ソフトウェアによる駆動力制限と安全化</p> <p>(2) 床反力センサの自動補正と歩行判定</p> <p>(3) ソフトウェアによるパラメータ調整と機構系の調整自由度</p> <p>(4) リスクアセスメントに基づく評価方法の開発</p>	<p>(1) 達成</p> <p>(2) 達成</p> <p>(3) 達成</p> <p>(4) 達成</p>
<p>2) 制御技術</p> <p>(1) 制御技術に伴う安全技術</p>	<p>(1) サイバニック随意制御則とサイバニック自律制御、通信を用いた分散制御、歩行のフェーズ判定</p>	<p>(1) 達成</p>
<p>3) 安全管理技術</p> <p>(1) 環境認知によるリスク低減技術</p> <p>(2) サイバニックカーネル</p> <p>(3) 安全運用ルール</p>	<p>(1) 温度センサ、電極剥がれ推定、イベントログ機能</p> <p>(2) 安全コンポーネント化を目指した電装系の再設計・試作</p> <p>(3) リスクアセスメントに基づく運用条件の明確化、マニュアル整備</p>	<p>(1) 達成</p> <p>(2) 達成</p> <p>(3) 達成</p>
<p>4) 自己診断技術</p> <p>(1) 動作状況の自己診断機能</p> <p>(2) 異常検知・報知</p> <p>(3) ログデータベース</p>	<p>(1) 機器の構成、設定、角度、実行周期、出力、床反力の正しさを自己診断する機能</p> <p>(2) 生体電位センサ、電流、電圧、温度の監視・診断・異常検知と報知機能</p> <p>(3) イベントログ、エラーログのリモートサーバーへの自動アップロード機能</p>	<p>(1) 達成</p> <p>(2) 達成</p> <p>(3) 達成</p>
<p>5) 安全要素技術</p> <p>(1) 安全パワーユニット</p> <p>(2) 安全バッテリー</p> <p>(3) EMC 対応</p>	<p>(1) 駆動時間、パラメータ、イベントの記録機能</p> <p>(2) 安全規格対応 LiPo パッケージ、高寿命接点</p> <p>(3) 電極の絶縁化、シールド外装・ケーブル、低ノイズ素子</p>	<p>(1) 達成</p> <p>(2) 達成</p> <p>(3) 達成</p>

6) 安全性試験		
(1) リスクアセスメント	(1) 国際安全規格に従ったリスクアセスメントの実施	(1) 達成
(2) EMC 試験	(2) CISPR 規格に従った試験の実施	(2) 達成
(3) 安全性試験	(3) 国際安全規格に定められた試験、リスクアセスメントから導かれた試験、研究開発項目①で開発された試験の実施	(3) 達成
7) 実証試験		
(1) 実証試験	(1) 実証試験の実施	(1) 前倒しにて実施中

(4) 成果の意義

ロボットスーツ HAL は人体に密着して電氣的に動作し、力学的な効果を人体に及ぼすシステムである。このようなシステムは未だ一般的ではないため、安全技術の十分性を担保し、社会的な受容性を高めることが課題と言える。

本プロジェクトにおける中間評価までに、既に商品化した HAL 福祉用の知見を元に再度リスクアセスメントを行い、かつ国際安全規格を参照することで、必要な安全技術を明らかにし、開発に取り組むことができた。また HAL に固有のものを含め、安全試験項目を明らかにすることができた。

これらの成果は、より一般的な装着型ロボット全般に適用できる可能性がある。今後産業化が予想される生活支援ロボットに関して現在策定されている国際安全規格 ISO 13482 の次回改訂に向けて、本プロジェクトの成果を日本発の知見として提言できると考えられる。

(5) 最終目標達成の可能性

最終目標達成には、以下各項目が必要となる。

- ・ これまでの開発成果により明らかとなった安全性試験の完了
- ・ 安全性試験における評価基準値の明確化
- ・ 安全性への要求仕様、安全ルール of 明確化
- ・ 実証試験を実施し、実証における安全性の評価

以上すべて項目について既に取り組んでおり、プロジェクト期間内の最終目標達成が確実に見込まれる。さらに当初プロジェクト後に位置づけられていた予定を前倒しし、国際安全規格への適合可能性について研究開発項目①のグループより評価を受ける予定であり、最終的には当初予定を大きく上回る成果が見込まれる。

<特許・論文など>

特許、論文、外部発表などの件数 (内訳)

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
H21FY	0件	0件	2件	10件	24件	191件
H22FY	3件	0件	0件	7件	39件	169件
合計	3件	0件	2件	17件	63件	360件

(H23.3.31 現在)

詳細は添付特許論文リスト参照

2. 6 研究開発項目⑤「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発、搭乗型生活支援ロボットにおけるリスクアセスメントと安全機構の開発」の成果」

【トヨタ自動車株式会社、独立行政法人国立長寿医療研究センター、株式会社フォー・リンク・システムズ】

2.6.1 研究概要

人間の行動の範囲及び自由度を拡大する移動手段として、現在、自動車から自転車まで各種移動体が存在するが、少子高齢化の進展や CO2 ガス発生削減等の社会的課題を解決していくため、今後、高齢者や環境に配慮した移動体が求められてくる。本研究開発項目では、人や障害物が混在する状況において、人を乗せて移動する機能を備えた搭乗型生活支援ロボットの安全に関する課題を洗い出し、安全を実現するための要求仕様や安全ルールを明確にし、その課題を解決する安全技術を開発することを目的としている。トヨタ自動車では、これまでにいくつかの自社関連施設において、搭乗型生活支援ロボットの安全性についての実証トライ実験を行い、人と密接に動作する搭乗型生活支援ロボットにおける、ハードウェア、ソフトウェアの安全機構についての開発を進めてきた。今回の開発では、すでに基本機能については開発済みの搭乗型生活支援ロボットを使用する。これらのロボットについては、事前に「本質安全」、「衝突安全」、「予防安全」の観点から基本的な安全設計が織り込まれている。今回の研究開発では、医療施設での高齢者使用を想定し、より実践的なリスクアセスメントを国立長寿医療研究センターと共同で行い、その結果をロボット設計にフィードバックする。また安全ソフト開発については、機能安全の側面も考慮し、フォー・リンク・システムズと共同で個別課題の検討を進めた。そして「安全性検証手法研究開発実施者」で設定された機関（日本自動車研究所、産業技術総合研究所、労働安全衛生総合研究所など）と協力し搭乗型生活支援ロボットの認証基準・しくみ造り、および安全試験・評価法の検討を推進してきた。平成21～23年度は特に、①ロボット安全技術の開発、②安全試験認証方法の開発、③安全ソフトの開発、④機能安全工程の開発、⑤安全ユースケースの開発、⑥人体損傷リスクの開発、をポイントとして、事業計画を推進してきた。

2.6.2 成果詳細

(1) ロボット安全技術の開発

(1)－① 立ち乗り搭乗型の技術開発

<概要>

立ち乗り搭乗型生活支援ロボットは「安心して自由に移動を楽しめる社会の実現」に貢献することを目的に、誰もが快適に使える優れた使用性と、ユーザの行動範囲を拡大するような性能を、生活空間で使いやすいコンパクトなサイズで実現する、次世代のモビリティツールである。具体的には、A3 サイズ相当の投影面積のコンパクトで持ち運び可能なボディとし、センサーで常に姿勢を検出しながら制御することで、安定した状態のまま電動で2輪走行することを可能としている。さらに、独自の平行リンク機構を採用することで、乗員は体重移動のみにより前後進および旋回操作を行なう

ことができ、狭い場所や混雑した空間においても、安心かつ快適に使用することができる。

(1)－② 座り乗り搭乗型の技術開発

<概要>

座り乗り搭乗型生活支援ロボットは「近距離でのパーソナル移動支援」を主眼に開発されたものであり、座り乗りゆえに高齢者や患者などにとって、やさしい乗降姿勢が確保できる乗り物と位置づけられている。車体制御としては、上述の立ち乗り搭乗型生活支援ロボットと同じくセンサーで車体姿勢を検出しながら倒立安定化する制御と、スイングアーム機構で車軸位置を独立に調整するサスペンション制御を加えることで、段差や斜面でも安定した走行が可能である。更に目標地点を設定すればリアルタイムで経路計画や障害物回避を行う自律移動機能や、使用者の位置を特定し使用者との距離を一定に保ちつつ追従する機能も備えている。

(2)安全試験認証方法の開発

(2)－① 安全試験方法の検討実施

<概要>安全認証のための基準づくりに向けて、「安全性検証手法研究開発実施者」である日本自動車研究所、産業技術総合研究所、労働安全衛生総合研究所などの研究者との協働活動も実施してきた。具体的には、立ち乗り型生活支援ロボットの安全評価について、試験項目、試験内容、評価基準などの実験計画の詳細を上記の研究者と密接に相談し試験準備を進めてきた。試験用のロボット実機自体は2010年7月よりロボット安全性検証センターに貸与し、予備試験を開始した。また予備試験において通常の倒立制御では試験が実施しにくいため、定速走行モードを可能にする試験ソフトを準備し、試験用ロボットにて切り替え可能にした。搭乗試験の際には、運転技術が必要となるため、上記の研究者に対して、搭乗ライセンス訓練を実施した。

(2)－② コンセプト検証の検討実施

<概要>認証方法の検討としては、安全性検証手法研究開発実施者の作成した設計コンセプト検証チェックシートに対して、立ち乗り型生活支援ロボットの開発ステップ、マネージメント体制、作成資料などのレビューを実施した。

(3)安全ソフトの開発

(3)－① ソフトウェアプラットフォームの仕様検討

<概要>

人間の生活圏で稼働する生活支援ロボットには高い安全性が求められるが、現在、ロボットに関する安全基準は明確に定められておらず、それを保証する形のありかたを模索する一環としてIEC 61508などの機能安全認証取得を目指すという動きが見られる。生活支援ロボットの安全認証の取得には、ハードウェアとソフトウェアの双方の観点から取り組む必要があるが、ソフトウェアの観点では、安全認証を取得できるソフトウェアプラットフォームを策定し、生活支援ロボットで共通に利用可

能なプラットフォームとして仕様を部分公開することで、ロボット用の安全なソフトウェアが効率的に開発できるようになると見込まれる。

(3)－② 安全機能アプリケーションの実装

<概要>

ソフトウェアプラットフォームの機能を検証するためのアプリケーションを作成する。このアプリケーションの動作によってプラットフォームの機能の安全性を検証する。

(4)機能安全工程の開発

(4)－①機能安全ソフトウェア開発ガイドラインの構築

<概要>

生活支援ロボットにおける安全認証を取得するためのソフトウェア開発手法やプロセスを一般の技術者へ普及させることを目的として、ソフトウェア安全認証の評価手法、開発技法などの調査・検討を行い、機能安全ソフトウェア開発ガイドラインを策定する。ガイドラインの内容としては、産業を特定しない機能安全規格である IEC61508 を基盤として、生活支援ロボット向けのソフトウェア開発の要素を盛り込む。具体的には、IEC61508 に規定される全安全ライフサイクルに適合した開発プロセス・フェーズ・タスクの定義、認証用ドキュメントに求められる留意事項と記載事項の定義、開発を支援するための要素と内容の定義、開発する組織に求められる要素と内容の定義などを実施する。また、開発現場の技術者が自発的に利用できるように、システムに求められる SIL と開発するソフトウェアの階層とデバイスから自身が採用すべき開発手法・技法を選定できる仕組みの構築や、その開発技法・手法の解説リファレンスの策定、直感的な操作で参照できるユーザインターフェースをガイドラインに盛り込む、などを行う。更に、安全認証を取得するためのソフトウェア開発手法やプロセスを広く普及させることを目的として、策定したガイドラインの内容に基づいたソフトウェア機能安全セミナーを実施する。

(4)－②構築した開発プロセスの実践

<概要>

策定した機能安全ソフトウェア開発ガイドラインに定められた開発プロセスに則り、安全機能アプリケーションの実装を行う。具体的には、IEC61508 に定められる全安全ライフサイクルプロセス及び V 字プロセスを採用した開発プロセスの実践、及び SIL 値に応じて推奨された開発手法・技法を採用した設計を実施する。

(5)安全ユースケースの開発

<概要>よく知られているように、高齢になるほど身体的機能低下を来す。立ち乗り搭乗型生活支援ロボットの安全ユースケースをそのような高齢者において開発するため、高齢

者医療を熟知した医師・看護師によって機能低下を考慮した予備実証試験を実施し、高齢者が本ロボットを操作した場合の安全性評価を行った。高齢者の諸機能低下は高齢者体験セットによって再現し、乗車、直進、Uターン、下車の操作を行い、乗車時、走行時、下車時の危険度をアンケートで調査した。さらに、試乗体験から想定される本ロボット適応となる身体条件も調査した。

(6) 人体損傷リスクの開発(長寿医療研究センター研究所)

<概要> 日常生活空間の中でロボットと人が柵も無い状態で共存するという新しい状況が出現してきた。中でも、搭乗型ロボットは、身体的能力の衰えて来た高齢者の移動手段として重要ではあるが、それだけに高齢者を念頭に置いた安心・安全性の検討が急務である。我々は、人が搭乗したロボットに人が衝突し、その後、搭乗者がロボットから転倒・転落した折に受ける損傷を見積もる指標を評価する手法を見出そうと試みた。このために、人体臓器組織の3D座標、臓器別物性値(ヤング率、粘性値など)のデータベースを作成した。さらに、組織の破壊、断裂等に関する物性値の動的情報を得る実験や推定手法を見出した。また、JARIの協力により大小ダミー人形と模擬ロボット(制御のない台車)を用いて、先に述べた搭乗者・ロボットへの人の衝突実験を実施した。この衝突実験は、搭乗者の転落・転倒の数理解析モデルの作成と精緻化、衝撃予測、さらには、今後の個人別、臓器・組織別の複合連結FEMシミュレーションのための出発点とするためである。現在、人の受傷程度には、個人差、年齢差、性差が大きいために、損傷の最大値と最小値、そして、通常の転倒や、自転車からの転倒などの日常的危険度との相対的比較に重点を置いて研究した。これにより、搭乗者の転倒・転落は、自転車や自然転倒と大差が無い事、そして、転落・転倒による人体損傷の物理的側面は、4つの要因で規定される事が分かってきた。今後は、個人差、臓器別など搭乗者本人が抱える問題(医学生物学的側面)を吟味した理論・実験等研究に徐々にシフトしてゆく予定である。

2.6.3 知的財産権の普及

特許、論文、外部発表等の件数(内訳)

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出 願	査読付き	その他	
H21	0件	0件	0件	22件	30件	3件
H22	1件	0件	0件	33件	55件	12件
H23	1件	0件	0件	14件	0件	3件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

添付特許論文リスト参照

IV. 実用化の見通しについて

1. 研究開発項目① 生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

1) 成果の実用化可能性

① リスクアセスメント手法

リスクアセスメント手法は機械の様々な分野で用いられており、多くの手法が提案されているが、ロボットに特化した手法は決まっていない。また、産業用ロボットの設計時にもリスクアセスメントは必須であり、安全規格でポイントが述べられているが、その事例をそのまま生活支援ロボットに適用することは難しい。産業用ロボットとは、ロボット使用環境や求めるタスク、関与する人の属性などが異なるからである。しかし、生活支援ロボットのリスクアセスメントが、機械安全原則から全く外れた方法や手順で実施することはできない。

そこで、機械安全原則を踏襲しつつ、リスク要素の見積もり評価や総合的なリスク低減判定の際に参照できる標準的な判断基準を提供すれば、多くの生活支援ロボットの安全設計を促進し、これらロボットの安全水準を高めることができる。本研究開発で作成したリスク要素の評価基準やリスクアセスメントシート事例などは、ロボット開発者からのフィードバックを得ることにより、より洗練され使いやすいひな形として活用が期待される。また、標準的な指標は国際基準や認証スキームにおける先駆的情報となり、我が国のアドバンテージとなり得る。

一方、リスク低減手法の選択手法や分類表は、データベース化等と組み合わせることにより、認証やコンサルタントの際に強力なツールとなり得る。

② 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法

(a) 国際的に通用する検証の事業化を目指す。

生活支援ロボットメーカーは国際市場を見据えた事業を計画しており、これに 대응するために、本プロジェクトでは、国際的に通用する検証の事業化を目指している。これまで、試験法・評価基準を開発し際して、国際標準化の国内委員会と連携してきた。今後、同委員会を通じて、ISO13482 の試験法・要求事項具体化に開発成果を反映する。

また、検証の事業化においては、合理的コストでの安全確保を可能にすることを目指す。このために、ISO13482 の試験法・要求事項具体化が実用的なものになるよう、同委員会を通じて提案していく。

(b) 安全検証のワンストップサービスの実現を目指す。

国際規格ベースの安全検証のための設備を導入し、ワンストップサービスを可能にすることで、個別メーカーでの安全検証実施に比べて、低コストで効率的なサービスを提供することを目指す。本プロジェクトでは、試験法の検討に基づいて試験装置を開発し、産業技術総合研究所の生活支援ロボット安全検証センターに集約、導入してきた。今後、設備の改良と総合的な手順確立により事業化を目指す。



図IV.1-1 生活支援ロボット安全検証センター

(c) 第3者認証のための試験機関の設立を目指す。

第3者認証のためには客観的データを得る必要がある。このため、認証スキームの検討の中で、ロボットメーカから独立した試験機関の設立を目指す必要があることを明らかにしてきた。今後、その体制について明確にしていく。最終的には、客観的な評価により、消費者にとって安全なロボットの普及を促進する。

③ 生活支援ロボットの安全性基準に関する適合性評価手法

WTO/TBT 協定を契機に、適合性評価手続構築の際に、国際規格およびガイドへの整合化を図っていくことが国際的な潮流となっており、本プロジェクト終了後においても、国際的な評価が得られる“安全認証拠点”の形成を目指している。

国内外で運営されている製品認証スキームの多くは、国際ガイド ISO/IEC Guide67¹⁾の要素を取り入れ構築されており、生活支援ロボットにおいても、同ガイドの認証システムの一つを採用し、マネジメントシステム評価や国際規格 ISO/IEC 17025²⁾に適合した試験機関における製品試験など一連の適合性評価手続のスキーム（認証スキーム）の研究開発を行っている。

同時に、生活支援ロボットに対する製品要求事項は、国際規格として検討が進んでいる ISO/DIS 13482³⁾をベースに、ロボットのタイプ別（移動作業型（操縦中心）、移動作業型（自律中心）、人間装着（密着）型、搭乗型）の安全性基準に関する適合性評価手法（認証モジュール）の研究開発を行っている。

一方、生活支援ロボットの認証スキームを、一貫した信頼できる方法で第三者が認証することにより、ユーザーに対して安全・安心を与え、またその他ステークホルダーにも信頼を得る“認証”を運営していくため、認証機関の能力基準を定めた国際ガイド ISO/IEC Guide65⁴⁾に適合する体制整備を進めている。

本プロジェクトの成果として開発される認証スキームの実用化について、任意の第三者認証制度として運用することについては、技術的には特段の問題はない。また、将来的に同様な制度や基準を有した国と二国間もしくは国際認証制度において、試験結果や認証行為を活用することができるような相互承認を目指した場合、前述のように国際整合化した第三者認証制度を構築していれば、必要な場合には製品要求事項の見直しや認証機関の体制のアレンジなど比較的容易に対応可能と考える。

なお、生活支援ロボットを対象とした何らかの法的規制が後追いで制定された場合は、追加の対応が考えられるので、前広な検討が必要である。

¹⁾ ISO/IEC Guide67 (JIS Q0067) 「適合性評価－製品認証の基礎」

²⁾ ISO/IEC 17025 (JIS Q17025) 「試験所及び構成機関の能力に関する一般要求事項」

³⁾ ISO/DIS 13482 (Robot and robotic devices - Safety requirements - Non-medical personal care robot)

⁴⁾ ISO/IEC Guide65 (JIS Q0065) 「製品認証機関に関する一般要求事項」

* ISO (International Organization for Standardization) 国際標準化機構

* IEC (International Electrotechnical Commission) 国際電気標準会議

④ 生活支援ロボットの安全性に関する情報の蓄積・提供手法

(a) 技術的位置づけ

本プロジェクトで開発するデータシステムは、ネットワーク上からアクセスできる一般的なコンテンツ管理システムを基礎としており、具体的なユーザタイプに合わせてインタフェースデザインを変更すれば十分実用可能である。

(b) 実用化へのシナリオ

本データシステムでは、安全性に関する広範囲のデータを対象としているが、恒常的運用時にはデータ種別によって、公益機関・団体による情報提供サービス、試験・研究機関内業務支援など、種々の利用法への分化が予想される。なお、企業秘密に該当するデータについては、利用は

プロジェクト期間内に限定されるため、一般的な意味での実用化にはなじまない。

生活支援ロボットの事例はまだ少ないが、インシデント・事故情報データベースへの潜在的な要求は極めて高い。しかし、企業秘密、個人情報保護等の理由から、制度的強制やなんらかのインセンティブがないとデータ収集は困難とされる。また、データ収集を行う場合、既存の事故報告制度（交通、労災、消費者事故等）との住み分け・調整も必要となろう。

(c) 展望と課題

本データシステムは、安全性に関する情報の発信・利用のためのデータシステムのひな型として有効と考える。しかし、公共財として運用する場合には費用負担の問題があり、また②で述べたような課題もあるため、実際の運用にあたっては一機関や団体を越えた社会的議論と支援が必要と考えられる。

⑤ 国際標準化に向けた見通し

国際標準機関（ISO）で策定中の ISO13482（Robots and robotic devices - Safety requirements）については、プロジェクト終了前に FDIS が発行される。従ってプロジェクト成果である安全基準や評価基準の反映については、ISO13482 の次回改訂時に盛り込むことを目標に活動を推進していく。

2) 事業化までのシナリオ

2030 年以降労働人口は、それ以前と比べると急激な減少となることが予想され、様々な場面で生活支援ロボットの活用のニーズは高まっている。一方で、生活支援ロボットは、産業用ロボットとは異なり人との接触度が高いため、利用者に加えて周囲の一般人への一層の安全確保が必要となる。

さらに、生活支援ロボットの安全性基準となる国際規格の制定が本格的になっているなかで、本プロジェクトにおいても開始 5 年後（平成 25 年度末）には対人安全性検証のための手法が整う予定であり、その手法を用いて実際に様々な試験を一カ所（ワンストップ）で行う体制“生活支援ロボット安全検証センター”が設置されたところである。

他方、ロボットメーカーにとって、開発されたばかりのロボットの安全性や信頼性をメーカー自身が一般利用者に向けて理解を求めていくことは困難な場合もある。また現時点では法令等の安全規制による強制認証の対象となることは見込めない。このような状況から、一般利用者にとってロボットの安全・安心を発信するツールとして第三者の“認証”を活用することがベストと考えられる。

生活支援ロボットに代表される日本独自の新規技術分野において認証・評価サービスを外国認証機関に依存することは、最新技術のデータが外国の競合他社に流出するリスクが高まるとともに、当該外国認証機関がそうして得た技術データを持って国際標準化の交渉を当該国にとって有利に展開しうることとなるなど、産業政策上の問題も指摘されている。

こうした問題を解消し、生活支援ロボットの海外を含めた市場展開を後押しするためには、我が国認証機関による認証スキームを早急に立ち上げる必要がある。

また、「標準を制するものが市場を制する」と言われているように、国際規格 ISO13482 の安全基準に向け、安全研究拠点“生活支援ロボット安全検証センター”には、生活支援ロボットの対人安全性確保のための人・技術・情報が集約されることから、新しいタイプの認証評価手法の R&D（評価基準の規程化）がタイムリーに行える体制であり、本プロジェクトの開発した試験装置でなければ検証できないような数値を盛り込むことなどで、国際標準化の舞台で先駆的な具体事案をもとに我が国が国際的に優位性を保てるようにするなど国際標準化戦略の重要な役割を担うとともに今後の、国際標準化政策に大いに有効である。

認証スキームは、認証機関単独での運営も可能ではあるが、生活支援ロボットのような開発途上にあって今後の市場ニーズが期待されるとともに、我が国の産業政策に少なからず影響を与えるような分野であることから、学識経験者、病院・介護施設運営者などの利用者、一般ユーザーなど多方面の専門家で構成した協議会を認証機関自らが設置し、認証機関が運営する認証スキーム全体を議論する場（役割）が必要ではないかと考える。

表IV.1-1 認証スキームの事業化シナリオ

年度	認証スキーム	国際標準化 ISO13482
平成 23 年度 (2011)	↓ 認証スキーム(試行事業)作成	
平成 24 年度 (2012)	↓ 試行事業体制整備(認証ビジネスモデル) ↓ 認証・製品要求事項決定し、ロボメーカーに啓発 ↓ 認証利用者への普及・啓蒙活動	◆ 発行予定
平成 25 年度 (2013)	↓ 試行事業開始(模擬認証) ↓ 認証情報発信 ↓ 試行スキーム見直し(体制、要求事項など) × 本プロジェクト終了	
平成 26 年度 (2014)	↓ 正式認証スキーム運用開始 ↓ 認証スキーム普及・啓発活動 ↓ 認証情報発信	↓ 試験・評価方法や手順について、国際標準提案
平成 27 年度 (2015)	↓ 製品要求事項見直し	◆ 改訂作業

3) 波及効果

生活支援ロボットの安全性検証手法を本プロジェクトにおいて確立し、試験事業、認証事業などを事業化が行われると、以下のような波及効果が期待できるものとする。

① ロボット事業

今までの生活支援ロボットを開発している日本企業が国内で事業を興そうとするときには、多くの場合、他の事業を有する企業が多く、生活支援ロボットという新しい事業において、万が一、事故が生じた際のリスクと社会責任の大きさを見積もることが非常に困難であり、事業化を阻害する要因の一つとなっていた。

今回の生活支援ロボットの安全性がある程度、第三者認証という方法で妥当性確認が行えることは、企業の事業化の際の判断材料の一つとなり、事業化を躊躇している企業にとっては、事業化の大きな要因となりうると考える。

② 試験事業

生活支援ロボットの安全性の試験評価を行う設備は、生活支援ロボットの持つその特性から、多くの設備に関しては、類似する機械システムの安全性を試験することにも流用が可能であることが多く、今回のように試験設備が集約化されていることは、類似システムの試験業務を誘引することが期待される。

③ 認証事業

生活支援ロボットの安全性認証事業については、生活支援ロボットの持つその特性から、特に機能安全の認証の非常に良い事例であることから、機能安全評価・認証サービスとして、家電製品、AV 機器、ロボット、自動車、産業機械、医療機器など、機能安全を導入した製品やシステムを対象に、機能安全マネジメント評価・認証、設計コンセプト評価・認証、製品評価・認証などのサービス事業への横展開が可能である。

④ 研究開発

生活支援ロボットの安全性を評価することは、生活支援ロボットを研究・開発してきた側も、研究開発の仕方を大きく変える必要があると同時に、新たに作られた生活支援ロボットを解釈（コンサル）し、試験方法を検討し、認証することが、今後も継続的に必要となることから、今後のロボット研究開発への波及効果は大きい。

⑤ 国際標準

生活支援ロボットの国際標準化については、TC184/SC2 での議論をベースに、他の類似国際標準などを見比べながら、それらの俯瞰的なバランスを維持しつつ、既存国際規格では網羅されていなかった生活支援ロボットの安全性について国際標準化を行ったことは、他の国際標準の関係を強める意味でも波及効果は大きい。

⑥ 人材育成

今回の生活支援ロボットの安全性を、企業の持ち込んだ複数台のロボットを題材に、コンセプトをロボット製造企業、試験機関、認証機関等が混在して議論しているパイロットスタディにおいて検討したことにより、今まで日本が立ち遅れてきた機能安全に関する知見を有する人材が、本プロジェクトに関わった全ての機関でのレベルを底上げすることが可能となり、社会全体の人材育成につながったと言える。

2. 研究開発項目② 「安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した移乗・移動支援ロボットシステムの開発」

【実施者：パナソニック株式会社、国立障害者リハビリテーションセンター】

1) 成果の実用化可能性

「ロボティックベッド」を含む介護／自立支援ロボットの実用化・事業化に向けては、表IV.2-1に示すような3つの課題がある。1つ目の課題としては、「安全性の実現」が挙げられる。介護／自立支援ロボットの実用化には、安全性の実現が必要となる。この課題解決には、安全基準を明確にする必要があり、本プロジェクトにて推進している。

2つ目の課題としては、「現場ユーザとの一体開発」が挙げられる。介護／自立支援ロボットの実用化には、現場ユーザの協力を得て、一連の実生活で問題なく使用できるかどうかを評価し、問題があれば開発にフィードバックするという、現場ユーザと一体となった開発が必要である。しかしながら、国内では実際の使用環境で評価を行うことが困難な場合が多い。この課題解決には、国による現場実証のサポートや実証環境の整備が必要であり、国に働きかけを行うと共に、推進に積極的な海外での実証試験も検討していく。

3つ目の課題としては、「普及価格の実現」が挙げられる。介護／自立支援ロボットは、ユーザの症例に合わせた個別対応が必要であり、また国内市場だけではユーザ数が少ないため、少量多品種生産になり、開発／製造コストがどうしても高くなってしまふ。この課題解決には、コストダウンが必要であり、製品のモジュール化や部品の共通共用化を図ると共に、商品化当初からグローバル展開による量産効果を狙っていく。また、介護／自立支援ロボット導入に際しては、補助や助成制度も必要であると考えられる。

以上の取組みにより、課題を解決し、成果の実用化を推進する。

表IV.2-1 実用化・事業化に向けた課題及びその解決方針

課題	解決方針
安全性の実現	◆本プロジェクトにて推進（安全性の第三者認証）
現場ユーザ一体開発	◆国による現場実証のサポート、実証環境の整備 ◆海外での実証試験
普及価格の実現	<社会的な仕組みによる解決> ◆導入時の補助／助成 → ロボティックベッドを含む介護／自立支援ロボットにも適用すべきである
	<企業側の努力による解決> ◆量産効果によるコストダウン → 国内市場だけでは生産台数が少なくコスト高 グローバル展開も行い、量産効果を狙う

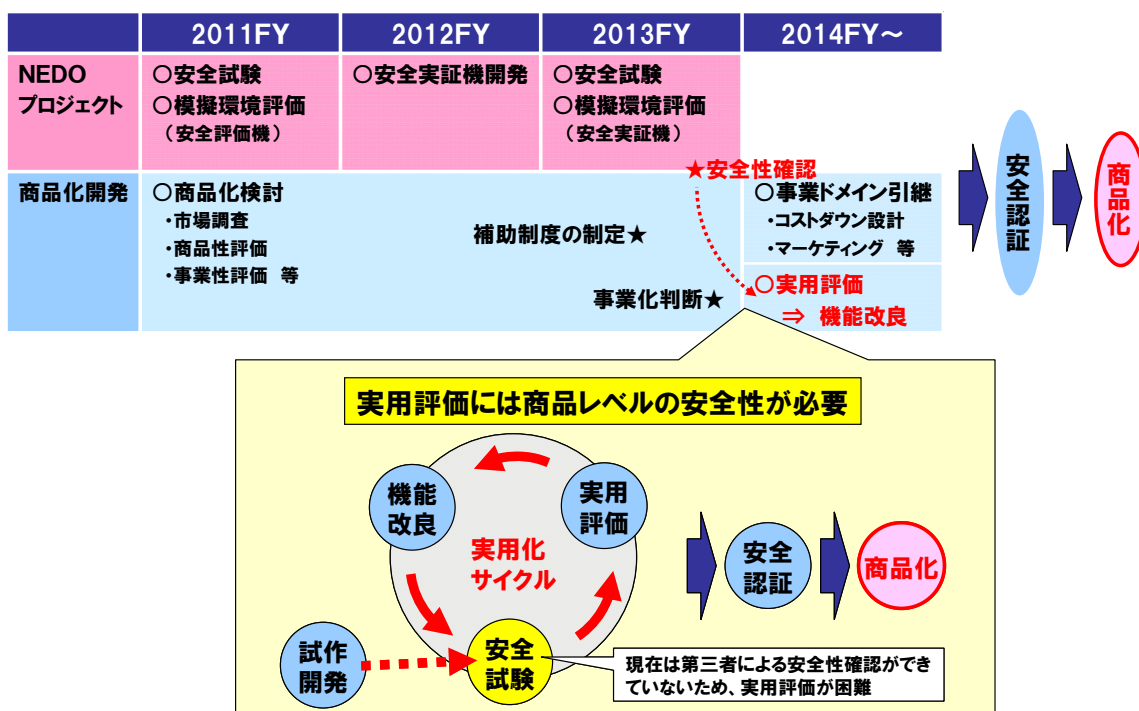
2) 実用化・事業化までのシナリオ

商品化までのシナリオを図IV.2-1 に示す。本プロジェクト終了（2013 年度末）までに、安全試験、メーカー主体の実証試験を行い、安全性および実用性に目処をつける。その後、ユーザ主体の実運用での試用評価（実用評価）／機能改良を行い、商品レベルまで実用性を向上させる。このような実用評価を行うためには、メーカーによる安全性評価／判断だけでは不十分であり、第三者機関による安全認証（商品レベルの安全性実現）が必要である。そこで、本プロジェクトにて第三者認証による安全性実現を行い、実用評価を含む実用化サイクルをまわし、早期商品化につなげていく予定である。

3) 波及効果

電動ケアベッドと電動車いすを融合・ロボット化したロボティックベッドを実用化することにより、以下に示す3つの波及効果が期待できる。

- 1) 介護・福祉ロボット事象の開拓、拡大（表IV.2-2IV.2-2）
- 2) 従来の電動ケアベッド、電動車いすの RT 化促進による市場拡大
- 3) ロボットを利用した自立支援普及による介護保険費用削減



図IV.2-1 商品化までのシナリオ

表IV.2-2 介護・福祉ロボットの市場予測

介護・福祉	将来予測市場（億円）			
	2015年	2020年	2025年	2035年
自立支援	134	397	825	2,206
介護・介助支援	33	148	414	1,837

出典：2035年に向けたロボット産業の将来市場予測
経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構

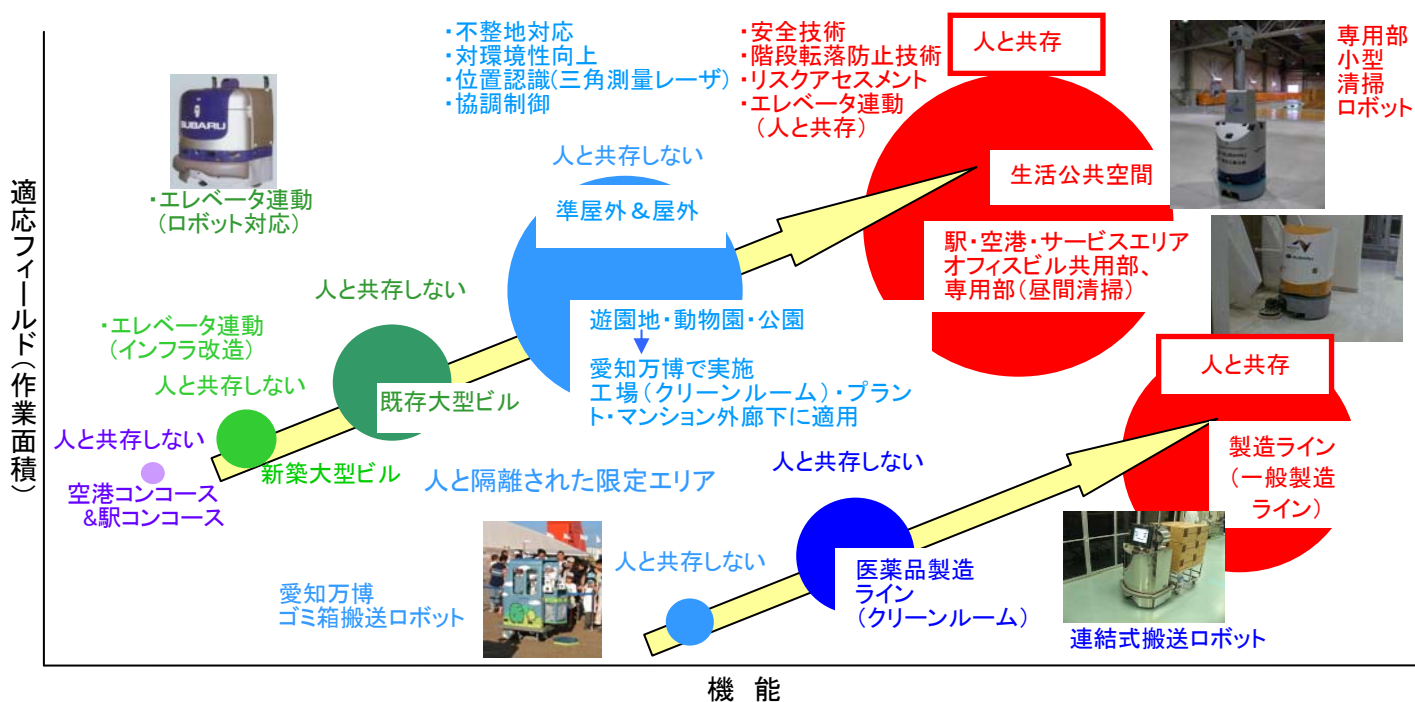
3. 研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した生活公共空間及びビルの移動作業型ロボットシステムの開発」 【富士重工株式会社】

1) 成果の実用化可能性

我々の考える実用化のイメージを図IV.3-1に示す。

本プロジェクトの成果により、今まで夜間等、人のいない環境でしか運用が出来なかった清掃ロボットが人と共存する空港や高速道路サービスエリアの大規模公共トイレ等の生活公共空間への導入やオフィスビル専用部、共用部での昼間清掃が可能となる。さらに清掃だけでなくゴミ箱搬送という新しい分野のロボットの実用化が見込まれる。また、工場内搬送においても、クリーンルーム等の人のいない空間ではなく、人と共存する一般製造ラインへの導入が可能となり、製薬会社、食品会社への導入が可能となる。

これらの実用化に向けて、開発した技術は、全て既存のロボットが導入されている実環境で実証試験を行い、効果の確認、改良・改善を行っている。そのため、技術の実用性は高く、早期に製品となるロボットへの導入が可能と考えている。



図IV.3-1 実用化のイメージ

2) 事業化までのシナリオ

(1) 人と共存するオフィスビル清掃ロボットシステム (共用部、専用部等の閉鎖空間)

①専用部清掃ロボット

(a) 製品イメージ

- ・ 机等を回避しながら清掃
- ・ 人と共存する環境内
- ・ 清掃残しが無い、高精度かつ確実な走行
- ・ 作業者と比べ遜色のない清掃品質
- ・ 専用部を移動可能なコンパクトなサイズ 全長 450mm×全幅 450mm×全高 450mm
- ・ 清掃吸気排気フィルタ搭載



図IV.3-2 事務所（オフィスビル専用部）



図IV.3-3 専用部小型清掃ロボット

富士重工業と住友商事グループは、平成 21 年より専用部(事務所)内の清掃ロボット導入に向けて検討会を行っており、ロボットの仕様検討、導入検討を進めている。

専用部清掃ロボットは、H23 年 10 月、図IV.3-4 に示す東京都内の 10 階建てのオフィスビルへの導入が決定した。実運用をしながら、改良改善を行っていく。10 階程度の中規模ビルへの導入案件も既に 2 件あり、実用化の見通しは、高いと考える。



図IV.3-4 専用部清掃ロボット導入予定のオフィスビル

②共用部清掃ロボット

(b) 製品イメージ

- ・清掃残しが無い、高精度かつ確実な走行
- ・作業者と比べ遜色のない清掃品質
- ・エレベータ内で人と共存して自動的に乗降可能
- ・エレベータへ乗降が可能なサイズ 全長 850mm×全幅 720mm×全高 1300mm
- ・清掃排気フィルタ搭載



図IV.3-5 共用部清掃ロボット

人と共存しない共用部の清掃ロボットはすでに販売している。この清掃ロボットに、本プロジェクトで開発した技術等を搭載し、人と共存するオフィスビル清掃ロボットシステムを実用化し、人が存在する専用部、共用部に導入フィールドを拡大する。

人とロボットが同乗するロボットのエレベータ自動乗降システムについては、ロボットビジネス推進協議会エレベータシステムの主査として、「人と同乗するサービスロボットの運用が可能なエレベータの検査指針」、「実証試験ガイドライン」を策定した。今後、社内試験、実証試験を行い、東京都庁建築指導部の認可を得て、人が存在する共用部への清掃ロボット導入を図っていく。

尚、人と同乗しないロボットのエレベータ自動乗降システムはすでに実用化しており、東京都庁の認可も受け、ロボットも実用化済みである。

(2) 人と共存する生活公共空間清掃ロボットシステム（駅、空港等の開放空間）

① 駅、空港メインエリア向け清掃ロボット

(a) 製品イメージ

- ・ 500 m²以上の開放空間を清掃
- ・ 人と共存する環境内
- ・ 清掃残しが無い、高精度かつ確実な走行
- ・ 作業者と比べ遜色のない清掃品質
- ・ 走行場所を選ばず移動可能なサイズ
全長 850mm×全幅 720mm×全高 1300mm



図IV.3-6 中部国際空港



図IV.3-7 空港メインエリア向け清掃ロボット

空港のメインエリア向けの清掃ロボットはすでに販売している。開発した安全技術は、既存のロボットに搭載し、実環境での試験を進めている。そのため、確実な技術の蓄積が期待でき、実用化の可能性は高いと思われる。

① トイレ用清掃ロボット

(a) 製品イメージ

- ・ 大規模公共トイレを清掃（高速道路サービスエリア内等）
- ・ 人と共存する環境内
- ・ 清掃残しが無い、高精度かつ確実な走行
- ・ 作業者と比べ遜色のない清掃品質
- ・ トイレ内を移動可能なコンパクトなサイズ
全長 450mm×全幅 450mm×全高 450mm



図IV.3-8 高速道路サービスエリア内トイレ



図IV.3-9 トイレ用清掃ロボット

富士重工業と中日本高速道路は、パーキングエリアのトイレ用清掃ロボットについて共同開発契約を締結している。H22年6月に2台導入し、パーキングエリアのトイレにて試験運用を行っている。(図21) ユーザと運用方法、使用状況等について詳細な検討を行い、実用化していく。

また中日本高速道路は、東名高速、名神高速、中央道のサービスエリア等、30ヶ所以上の大規模トイレを有しており、大きな市場がある。既に第二東名高速道路の掛川PAでの導入を前提に開発を進めており、実用化の見通しは高いと考える。



図IV.3-10 トイレ用清掃ロボット試験運用

(3) 人と共存する搬送ロボットシステム

①製品イメージ

- ・工場内のライン設備と連動し、搬送
- ・人と共存する環境内
- ・高精度かつ確実な走行
- ・工場内で小回りの利くサイズ 全長 680mm×全幅 740mm×全高 1440mm
- ・200kgの搬送
- ・24時間連続稼働



図IV.3-11 人と共存する医薬品包装ライン



図IV.3-12 連結式搬送ロボット

医薬品工場内のクリーンルーム等、人と共存しない連結式搬送ロボットシステムは、既に販売をしており、搬送技術、設備との連動システムは既に確立している。本プロジェクトで開発した安全技術等を搭載し、人と共存する一般製造ラインへの導入を進めていく。

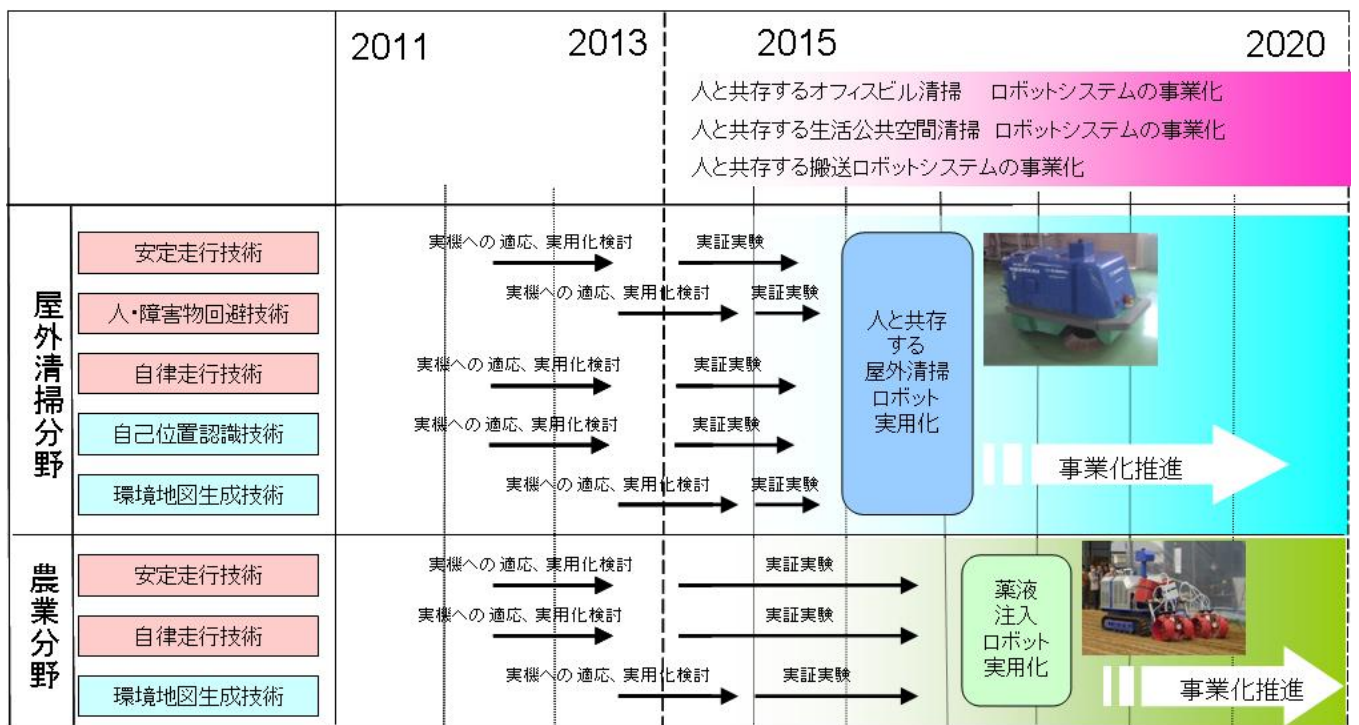
また、一般製造ラインへの導入案件として製薬会社の包装工程及び食品会社の出荷工程、製品搬送工程への案件が既に来ている。安全技術の導入によりこれらの市場への搬送ロボットシステムの導入が見込まれ、実用化の見込みは高いと考える。

3) 波及効果

(1) 他のサービスロボットへの波及

本プロジェクトで開発した技術、手法は、他のサービスロボットへの転用も可能である。また、新規のロボットが実用化されるためには、安全性の確保は、絶対条件であり、様々なロボットへの転用が見込まれる。

その中でも実現性が高いと思われるものには、図IV.3-13 に示すような屋外清掃ロボット、農業用薬液注入口ロボットがあげられる。屋外清掃ロボットは 2015 年、農業用薬液注入口ロボットは 2017 年には、本プロジェクトで開発された安全技術が導入され、市場にでていく見込みである。



図IV.3-13 波及が見込まれる分野と事業化スケジュール

5. 研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着(密着)型生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した人間装着型生活支援ロボットスーツ HAL の開発」
【CYBERDYNE (株)、筑波大学】

下肢に障害を持つ方や脚力が弱くなった方の下肢運動や歩行をサポートする「ロボットスーツ HAL 福祉用」を昨年秋よりレンタル販売を開始しており、国内では既に約 70 施設において利用されている。このような既存の導入施設では「介護する側」の作業支援を目的とした介護支援ロボットのニーズは非常に高い。

本プロジェクトで達成された、より安全化した HAL について HAL 福祉用の次期バージョンとして量産し、現在急拡大している既存の販売ルートを大いに活用した販売を計画している。

本格的な普及にあたっては、市場からのフィードバックによる品質・ユーザビリティの向上、コストダウンが技術的な課題となる。全身型・上肢型についても安全技術を導入した製品を用意し、市場へ投入する

6. 研究開発項目⑥ 「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発、搭乗型生活支援ロボットにおけるリスクアセスメントと安全機構の開発」

【トヨタ自動車株式会社、株式会社フォー・リンク・システムズ、国立長寿医療研究センター】

1. 実用化の見通し

1) 成果の実用化可能性

本プロジェクトで考えている実用化のイメージとしては、立ち乗り搭乗型ロボットは病院や介護施設など医療機関での移動手段を病院のスタッフや患者さんに提供することである。これに対しての大きな課題である安全性の確保については、特に国立長寿医療研究センターでのユースケース予備実験で制約条件の明確化を実施してきた。上述したように、病院内でのスタッフの業務利用では十分に使用可能であるが、段差、扉、通路での死角など病院環境面での改良や注意点の明確化などが更に必要である。患者さんの利用については、使用可能な患者さんのレベルが明確化してきたので、そのレベル（立位や歩行が基本的にできる人）を基本に慎重に実用の範囲を広げていく。座り乗り搭乗型ロボットの実用化イメージは、病院内での患者さんの移動手段を幅広く提供することである。電動車いすのように、患者自身が運転して利用することも考えられるが、病院内でのニーズを考えると、ロボットの自律移動機能を活用して、自動で病室から検査室などへ連れて行ってくれる機能や、自動での配車してくれる機能が望まれていることがわかってきた。ただし自律移動機能については、本プロジェクトでも安全・安心のための設計パラメータ（制動のための安心距離など）をサーベイ検討など実施しているが、まだまだ障害物検知や回避などで残存課題も多く、実用化までにはセンシングなどで更なる検討が必要である。移乗型ロボットについては、実用目的は明確であり、ベットから車椅子等への患者の移乗作業の負荷を軽減することである。しかし本ロボットについては、まだまだ要素検討レベルであり、実用化に向けては、基本的な機構面での絞り込みがまずは必要である。

2) 実用化、事業化までのシナリオ

本プロジェクトでは3つのタイプのロボットを登録しているが、前記の実用化可能性を鑑み、実用化までのシナリオについては、立ち乗り搭乗型ロボットを主眼に説明する。立ち乗り搭乗型ロボットの実用化に向けての主要課題であるロボット安全については、4つの観点からシナリオを作成している。ロボット本体については、コンセプト、ハードウェア、ソフトウェアの観点から安全性の検証を進め、プロダクト面だけでなく、マネジメント面でも安全性に関わる品質の向上をはかっていく。機能安全については、最近の国際標準化活動の中でも重要な側面になってきており、ロボット設計面でも検討をしていく必要がある。ソフトウェアのV字開発の各ステップにおけるドキュメントを充実させ、かつV字開発を効率的に進めるための、ツール面での活用や、プラットフォーム化への検討も同時に進めていく。ロボットの安全面での評価については、ロボット本体の機械的、電気的評価の側面と、対人傷害評価の側面の2通りが必要である。対人評価は人と共存して活用するサービスロボットでは大変重要であり、搭乗型ロボットの搭乗者や対向者の安全を最終評価するうえでのクライテリアとしても必要である。これに対しては、シミュレーションやダミーによる実機評価などでクライテリアを絞り込み、ロボット評価に活用していく。またJARI、AIST等とは評価試験や評価基準の共同検討を進め、かつJQA等とはパイロットスタディを通じて、認証方法の枠組み作りを継続実施していく。この活動を通じて、搭乗型ロボット単体での実用化における社会貢献だけでなく、日本全体でのサービスロボットの実用化拡大に協力できればと考えている。実用化における効果の算出については、NEDOが2010年度に策定した「2035年に向けたロボット産業の将来市場予測」が参考になる。搭乗型ロボットのサービス分野としては、①要介護者や高齢者の自立支援・介護支援、②健常者の移動支援、③見回り・警備など業務用移動支援、④荷物の搬送支援などが考えられ、2020年に2233億円、2035年に14510億円の市場規模が予測されている。今後の高齢化社会におけるQOL向上という観点から、更に市場が広がる可能性もあると思われる。

3) 波及効果

本プロジェクトの波及効果としては、ロボット分野、自動車分野、および関連する技術応用分野が考えられる。

ロボット分野については、今回のプロジェクトで取り組んできた安全技術（本質安全、衝突安全、予

防安全等)を展開し、各種の生活支援ロボットへ応用していく。機能安全技術については、現在、自動車の国際標準化活動でも重要なトピックスになっている。ロボットと自動車では、要求される安全レベルも異なるが、機能安全の考え方やツール、プラットフォームなど応用可能な面での横展開をはかっていく。また他分野としては、技術応用の側面から、本プロジェクトで検討してきた人体傷害評価のノウハウが、人体シミュレーション解析などのCAE予測技術に応用可能と思われる。本成果はクライテリアという面からも大変重要な数値であるため、標準化活動のグローバル基準に育てていければ波及の意味合いは大変高い。

平成21・03・27産局第2号
平成21年4月1日

ロボット・新機械イノベーションプログラム基本計画

1. 目的

我が国の製造業を支えてきたロボット技術・機械技術を基盤とし、IT技術・知能化技術など先端的要素技術との融合を促進することにより、家庭、医療・福祉、災害対応など幅広い分野で活躍する次世代ロボットや新機械技術の開発・実用化を促進し、生産性の向上と人間生活の質の向上を実現するとともに、我が国経済社会の基盤である製造業の競争力の維持・強化を目指す。

2. 政策的位置付け

経済財政改革の基本方針2008(2008年6月閣議決定)

経済成長戦略の3本の柱、革新的技術創造戦略のうち、革新的技術戦略のひとつとしてロボット技術が位置付けられている。

科学技術基本計画(2006年3月閣議決定)

ロボット・新機械技術は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野(重点推進4分野)の一つである情報通信分野や、推進分野であるものづくり技術分野、社会基盤分野に位置付けられている。

「経済成長戦略大綱」(2006年7月財政・経済一体改革会議。2008年6月改定版を経済財政諮問会議に報告)

国際競争力の強化の取組みのうち、世界の潜在需要を喚起する新産業群の創出において、我が国が特に優位性を有し、早期にその成果を社会に還元するため、積極的な実証や環境整備を行うべき技術として、ロボットやMEMS技術が位置付けられている。

「新産業創造戦略」(2005年6月経済産業省取りまとめ)

先端的新産業分野として、「ロボット」を戦略7分野の一つとして掲げ、2010(平成22年)までの市場規模、その成長に向けたアクションプログラムを盛り込んでいる。当該アクションプログラムには、ユーザ(施設、地域)を巻き込んだ実証試験を中心としたモデル開発事業による先行用途開発、モデル事業と連携した重要な要素技術や共通インフラ技術の開発支援、及び人間とロボットの共存に必要な安全性の確保と、保険制度等の制度基盤の整備が提示されている。

新機械技術の重要分野であるMEMS技術について、当該新産業群の創出を支える重点四分野(「科学技術基本計画」による)の分野間の融合による推進が指摘されている。

「イノベーション25」(2007年6月閣議決定)

ロボット・新機械技術は、生涯健康な社会や多様な人生を送れる社会の実現に向けて、中長期的に取り組むべき課題として、新たな走行車等の普及促進のための環境整備、高度みまもり技術導入のためのルール作りなどの安全・安心な社会形成、また、ユビキタスネットワークや民生用ロボットの本格普及に向けた環境整備、低侵襲診断・治療技術の実現、安全・安心な社会のための将来デバイスの実現、さらに世界的課題解決に貢献する社会のための新しいものづくり技術など、今後の研究開発の進展等によって、その成果を社会に適用していく上で取組が必要であるとともに、随時見直しをし、その取組を加速・拡充していくことが必要とされている。

「ロボット産業政策研究会」報告書（2009年3月とりまとめ）

近い将来に、次世代ロボットが実際に役立つものになるよう、特に技術開発・事業開発、安全確保、社会ルールの整理・策定のための取組等についてまとめた。

3. 達成目標

- (1) 我が国製造業の高度化に必要な基盤技術である機械分野においては、パイオ技術やIT技術等の異分野技術を活用した従来の機械の概念を超えた新しい機械の創造及びその計測技術の確立を図ることを目標とする。例えば、2015年頃に革新的MEMSの本格普及を目指すことにより、安全・安心な社会の構築に貢献する。
- (2) 安全・安心な社会、便利でゆとりある生活の実現のために必要不可欠なロボットは、信頼性技術、高機能化・知能化技術、システム化技術が特に重要であり、これら技術を開発することで、2015年頃には、自律的に多様な作業を行うロボットの実用化を目指す。

4. 研究開発内容

[プロジェクト]

・ロボット技術開発

(1) 生活支援ロボット実用化プロジェクト（運営費交付金）

概要

介護者支援や移動支援等の生活支援にあたっては、人との接触度が高くなるため、より一層の安全性の確保が必要。このため生活支援ロボットの対人安全性技術の開発・実証と、安全基準設定等に向けた安全性・有効性データの集約・分析を実施する。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、生活支援ロボットのリスクアセスメント手法や、安全性基準適合性評価手法・情報の蓄積提供手法を確立する。また、対人安全性に関する指標、機械・電気安全、機能安全の試験・評価方法や手順について、国際標準提案を行えるようにするとともに、実証試験を実施する。

研究開発機関

2009年度～2013年度

(2) 基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト（運営費交付金）

概要

これまでの研究開発プロジェクトの成果を活用し、生活環境やロボットで使用される各種要素部品をRT(Robot Technology)システムで利用しやすい共通の接続方式、制御方式の下で利用可能な形で提供(RTコンポーネント化)するための基盤を開発する。これにより既存の生活環境を簡単にRTシステム化し、それらを活用することにより様々な生活支援機能の提供、基盤ロボット技術の普及と標準化を推進する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通の通信インタフェースとRTミドルウェアで動作させる基盤通信モジュール、既存の要素部品をRTコンポーネント化したRT要素部品、それらを用いたRTシステムを開発する。

研究開発期間

2008年度～2010年度

(3) 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト(運営費交付金)

概要

生活空間や多品種少量生産の製造現場など状況が変わりやすい環境下では、ロボットの使用条件や用途は大きく限定されている。これを克服するため、ロボットが確実性(ロバスト性)をもって稼動し、ロボットの環境・状況認識能力等の向上とともに、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積管理及び組合せ等を可能とする技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代ロボットが高度な作業(タスク)を行う上で必要な効率的で実用的な知能化技術を開発する。具体的には、魅力的でニーズが高いタスクを設定し、知能化技術モジュールを開発し、高機能なロボットシステムの構築を実証する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト(運営費交付金)

概要

市場ニーズ及び技術戦略マップに基づき、約10年後にロボット技術の活用により達成するミッションを設定した上で、これを達成するために必要なロボットシステム及び要素技術開発を、関係府省の連携の下で実施する。

技術目標及び達成時期

市場ニーズ及び技術戦略マップに基づき、約10年後にロボットを活用して達成するミッションを設定した上で、これを達成するために必要なロボットシステム及び要素技術の開発を実施する。具体的かつ先端的なRT開発を支援することで、我が国のRT競争力の維持・発展を図るとともに、研究開発成果の他分野(自動車、情報家電等)への波及を図る。

研究開発期間

2006年度～2010年度

・MEMSの技術開発・新機械産業の領域開拓

(1) 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト(運営費交付金)

概要

高信頼性が必要な医療分野や特殊環境等で活用され、医療や安全・安心等の社会的課題を解決する、小型・高性能・省エネルギーな次世代デバイスの基盤プロセス技術を、MEMS製造技術とナノ・バイオ等の異分野技術の融合により開発する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、次世代デバイス製造に必要な不可欠な基盤プロセス技術群である、バイオ・有機材料融合プロセス技術、3次元ナノ構造形成プロセス技術、マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術を開発すると共に、得られた知見を系統的に蓄積しデータベース化し、従来の技術情報と統合的に取り扱える知識データベースシステム整備を行う。

研究開発期間

2008年度～2012年度

5. 政策目標の実現に向けた環境整備(成果の実用化、導入普及に向けた取組)

[導入普及促進]

ロボットやその関連部品等の見本市の開催等を支援することによって、システム開発者、要素部品の開発者、ロボットユーザ等との間のマッチングを図り、中小・ベンチャーや異業種企業のロボット産業への参入を促進する。

また、市場創出に貢献するロボットを表彰し、ロボットユーザ、メーカーから一般の方まで広くPRする表彰制度「今年のロボット」大賞を共催機関と協力して実施している。

開発したソフトウェア等の成果については、広く一般に提供するなど積極的な普及を図ることにより、より多くの開発主体がロボット技術開発に参加できる環境を創出し、ロボット技術開発の裾野の拡大を図る。

将来のロボットは人に接する場面が多くなるであろう。したがって、ロボットの導入・普及を促進するためには、安全に対する考え方を整理し、周知することが重要である。平成19年7月には人間と共存する次世代ロボットの安全性を確保するための基本的な考え方をまとめた「次世代ロボット安全性確保ガイドライン」をとりまとめた。今後は、普及や具体化に向けた取組みが求められており、技術開発と並行して安全に係るルールなどの整備を推進することで普及をより現実化させることが必要である。

MEMSの一層の実用化促進を図るため、異分野や製造設備を有していない企業でも容易にMEMSビジネスに参入できるように、MEMS用設計・解析支援システムを開発した。その成果を活用しつつ、実習を中心とした人材育成及び試作環境の充実、製造拠点(ファンドリー)強化などMEMS産業全体の競争力の維持・強化を図る。

[標準化]

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては適切な標準

化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準団体（OMG等）への提案等）を実施する。

特に、ロボットの安全基準や性能の評価基準については、過去に実施した研究開発プロジェクト等による実証データや「次世代ロボット安全性確保ガイドライン」の活用を図りつつ我が国発の国際標準としての提案について検討し、拡大するロボット市場における国際競争力の確保を目指す。

なお、これまでの研究施策の成果である、ロボット部分品の接続の共通化を目指したRTM（ロボット・テクノロジー・ミドルウェア）が、OMG（ソフトウェア技術の国際標準化団体）において、平成19年12月に標準仕様として採択されている。

MEMS技術・製品を世界市場に広く普及するために技術戦略マップに基づくMEMS標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進等の標準化活動に継続的に取り組む。

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成14年2月28日付け、21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画制定。
- (2) 平成15年3月10日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成14・02・25産局第3号）は、廃止。
- (3) 平成16年2月3日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成15・03・07産局第11号）は、廃止。
- (4) 平成17年3月31日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成16・02・03産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成18年3月31日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成17・03・25産局第18号）は、廃止。
- (6) 平成19年4月2日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成18・03・31産局第7号）は、廃止。
- (7) 平成14年2月28日付け、新製造技術プログラム基本計画制定。
- (8) 平成15年3月10日付け制定。新製造技術プログラム基本計画（平成14・02・25産局第6号）は、廃止。
- (9) 平成16年2月3日付け制定。新製造技術プログラム基本計画（平成15・03・07産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成17年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画（平成16・02・03産局第11号）は廃止。
- (11) 平成18年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画（平成17・03・25産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成19年4月2日付け制定。新製造技術プログラム基本計画（平成18・03・31産局第6号）は、廃止。

- (1 3) 平成 2 0 年 4 月 1 日付け、ロボット・新機械イノベーションプログラム基本計画
制定。2 1 世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画(平成 1 9 ・ 0 3 ・ 1 5
産局第 2 号)及び新製造技術プログラム基本計画(平成 1 9 ・ 0 3 ・ 1 9 産局第
3 号)は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (1 4) 平成 2 1 年 4 月 1 日付け制定。ロボット・新機械イノベーションプログラム基本
計画(平成 2 0 ・ 0 3 ・ 2 7 産局第 3 号)は、廃止。

P09009

(ロボット・新機械イノベーションプログラム)
「生活支援ロボット実用化プロジェクト」基本計画

機械システム部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

我が国では、少子高齢化が急速に進展しており、このままでは我が国の社会を支える人材が不足することが懸念されている。

一方、我が国は、産業用ロボットをはじめ、国際的にもトップレベルのロボット技術を蓄積してきた。これらのロボット技術を活用して、製造業の生産工程やサービス業の作業工程における一層の効率化・自動化の促進が必要となっている。

また、ロボット技術は産業分野のみならず、介護・福祉、家事、安全・安心等の生活分野においても、社会的課題の解決策の一つとして活用することが期待されており、生活支援ロボットの活用により、生活の質や利便性向上が可能となる。

しかしながら、不特定多数の人が関与する等、条件や状況が変化する実際の使用環境下で稼働する生活支援ロボットは、対人安全技術が確立されておらず残留リスクの高いものが多く、民間企業の独自の取組のみに委ねては本格的な産業化が期待できない。このため、国等の一定の関与により、安全性検証を行う認証機関・試験機関、安全性基準に関する国際標準等を整備することが求められている。

本プロジェクトは、生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットを対象に関係者が密接に連携しながら安全に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法の研究開発を実施することを目的とする。

また、これらの試験においてはロボット研究開発実施者と安全性検証手法の研究開発実施者が連携し、リスクアセスメント技術、危険予防技術の検討や実際の使用環境下で幅広い参加者による実証試験を集中的に実施する。さらに、生活支援ロボットの安全性基準等の国際標準化を念頭に置きつつ研究開発を進める。

なお、本プロジェクトは、経済産業省が推進する「ロボット・新機械イノベーションプログラム」並びに内閣府が推進する「社会還元加速プロジェクト」の一環として実施する。

(2) 研究開発の目標

(最終目標) 平成25年度

生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を確立し、生活支援ロボットの開発者に提供可能となること。対人安全性に関する指標、機械・電気安全、機能安全の試験・評価方法や手順について、国際標準提案を行えること。生活支援ロボットに関する安全性基準適合性評価手法を確立すること。

研究開発の対象とした生活支援ロボットに関して、安全性検証のための安全性試験を完了し、ロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示され、実証試験が完了していること。

(中間目標) 平成23年度

生活支援ロボットのリスクアセスメント手法を開発するとともに、人間工学実験等による対人安全性に関するデータをロボット開発実施者に提供すること。研究開発の対象とした生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順の策定を行うこと。これらに基づき、対象としたロボットの安全性検証を完了していること。

最終目標及び中間目標の詳細は、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、次の5つの研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

[委託事業]

研究開発項目① 生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

研究開発項目② 安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発

研究開発項目③ 安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発

研究開発項目④ 安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットの開発

研究開発項目⑤ 安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）が、実施者を公募により選定し、委託により実施する。なお、研究開発項目①を実施する体制は国際標準化を推進できるものとする。研究開発項目②～⑤を実施する体制は、ロボットのハードウェアまたはソフトウェアの開発者、及び実証試験施設提供者の参加を得るものとする。

本研究開発の推進にあたっては、NEDOが研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を指名する。

(2) 研究開発の段階的推進

研究開発項目②～⑤の実施は、安全性に係る試験方法の検討段階であるプロジェクトの初年度から参加する「グループⅠ」と、開発された安全性に係る試験手法を用いて2年度目から試験を行う「グループⅡ」に分けて段階的に推進する。「グループⅡ」については、各タイプのロボットの試験・評価方法や手順が策定される2年度目に公募により実施者を選定する。

なお、「グループⅠ」については、実施者毎に、3年度目において実施計画の見直しを行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の実施期間は、平成21年度から平成25年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成23年度、事後評価を平成26年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じ、その結果を後年度の研究開発に反映することとする。

なお、平成25年度までの各年度中に推進委員会等で各研究開発内容を内部評価し、必要に応じ、プロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO及び実施者とも普及に努めるものとする。共有可能なロボット安全要素技術に関しては、実施者間の成果の公開を必須としてオープンイノベーションを促進するとともに、プロジェクト実施期間中または終了後に、適切な知財戦略の下、成果の外部への提供を積極的に行うこととする。

②成果の産業化

a) 研究開発項目①の実施者は、本研究開発から得られる安全性検証手法等に関する研究開発成果の着実な実用化を図るため、本研究開発の終了後に実施すべき取組のあり方や検証・認証機関の構築及びビジネスモデルについて立案する。また、開発した安全性基準等の国際標準化を戦略的に推進する仕組みを構築する。

b) 研究開発項目①の実施者は、上記a)で立案した取組とビジネスモデルを本研究開発の終了後、実行に移し、成果の産業面での活用を努めるものとする。また、研究開発項目②～⑤の実施者においては、本研究開発の終了後も成果の保守管理及び安全技術の蓄積・発展に努める。

③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発・標準化動向、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成21年3月、制定。
- (2) 平成22年12月、平成22年補正予算（第1号）に伴い、研究開発の実施方式の一部内容を改訂。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①：生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

1. 研究開発の必要性

生活支援ロボットは少子高齢化の課題に対して大きな支援力になると期待されている。しかし、生活支援ロボットは不特定多数の人が関与する使用環境で稼働することが考えられ、安全を保證する方式が確定していない。特に、対人安全技術が確立されていないため残留リスクの高いものが多く、早急にリスクを低減し安全性を保證する方式を策定することが求められている。このため、本研究開発項目では生活支援ロボットの安全性や信頼性等のデータの取得・蓄積・分析を行い、具体的な安全性基準を含む実務的な安全性検証手法の策定に必要な技術を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 生活支援ロボットの安全性検証方法の開発

生活支援ロボットの安全性を検証するには、まずロボット開発実施者が自らリスクアセスメントを行った後、これに基づいて安全性検証を行う認証機関及び試験機関により客観的に安全性を検証する手順となる。リスクアセスメントに関しては、我が国でいち早く策定された「次世代ロボットのための安全確保ガイドライン」に則り、ISO-12100 に規定されているリスクアセスメントを実行する方針とする。しかし、生活支援ロボットのリスクアセスメントに関しては、本質安全設計のための定量指標等がほとんどなく、社会的にも方法論が確立していない。このため、生活支援ロボットに関するリスクアセスメント手法を開発する。

他方、生活支援ロボットにおける安全性の評価試験方法については、生活支援ロボットの普及のためにはその枠組みを早急に設定する必要がある。機械・電気・機能安全の側面からの試験は既存の関連規格が存在するため、これらを参考に安全性・信頼性等に関するデータを取得・蓄積・分析することにより定める。

①リスクアセスメント手法の開発

生活支援ロボットに関する各応用分野、あるいは使用されるフィールドにおいて標準となるリスクアセスメント手法を開発する。具体的には、まず自動車等の機械安全分野を広く調査し、また必要に応じて適切な装置の開発及び試験体による耐性試験・人間工学実験等を行って、安全性に係わる耐性値をはじめとした対人安全性に関するデータを取得・蓄積・分析する。次に、これらのデータや類似機械の事故やトラブル履歴等の情報の効率的フィードバックが可能なリスクアセスメント手法を開発する。

②機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発

耐環境試験、電磁環境試験等、生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全の観点における安全性試験評価方法を開発する。そのため、産業用ロボット等の類似機械装置・コンポーネントに関する安全規格等を調査し、それらの試験基準や方法に関して、既存の試験装置を利用、あるいは必要に応じて新規に試験装置を開発して、安全性・信頼性等に関する試験データを取得・蓄積・分析する。なお、対人安全に関する各種試験・評価手順に関しては、現状では参照すべき規格等が確立されていないため、その

試験装置の開発を含めた安全度水準の定量化等に関する研究開発を行う。

これらの結果に基づいて、安全性能の定量化、評価指標等についての研究を行い、試験・評価方法を開発する。

以下に、安全性試験項目の例を挙げる。

- a) ロボット運動性能試験（制御安定性、加速・減速、変動負荷安定性及び各項目における耐久性・信頼性）
- b) ロボット動作性能試験（動作安定性、操作性、及び各項目における耐久性・信頼性）
- c) ロボット耐環境性試験（EMC 特性、低・高温環境信頼性、防滴特性、防塵特性、振動耐久性、感電防止、及び各項目における耐久性・信頼性）
- d) 安全停止特性（非常停止、故障検出時の安全停止）及び予期せぬ再起動防止

(2) 生活支援ロボットの安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発

安全技術を導入して開発された生活支援ロボットを対象として、コンセプト段階から製品段階までについて、安全性基準に関する適合性評価手法の研究開発を実施する。

3. 達成目標

(1) 最終目標（平成25年度）

- ①各タイプのロボットのリスクアセスメント手法を確立すること。並びに、それを各タイプのロボット開発実施者に対して提供する。さらに対人安全性に関して取得したデータに基づき、耐性指標等の国際標準提案を行えること。
- ②各タイプの生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に関し安全性試験評価方法を確立すること。さらに策定した試験・評価方法や手順について、国際標準化提案を行えること。
- ③各タイプの生活支援ロボットに関する安全性基準適合性評価手法を確立する。

(2) 中間目標（平成23年度）

- ①リスクアセスメント手法を開発すること。さらに人間工学実験等による対人安全性に関するデータをロボット開発実施者に提供すること。
- ②各タイプの生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に必要な試験装置を開発し、ロボット安全性試験項目、各タイプのロボット毎の試験・評価方法や手順の策定を行うこと。

4. 特記事項

- (1) 試験・認証方法については国際標準化の推進のため、必要な情報を提供しつつ、関係機関と連携し、安全規格の確立に向け努力すること。特に、生活支援ロボットに関する安全性・信頼性等のデータ取得・蓄積・分析に際しては、(社)日本ロボット工業会にて審議中の ISO/TC 184/SC 2/WG 7 Robots in personal care (Robots and robotic devices - safety requirements - Non-medical personal care robot)の議論と連携して進めること。
- (2) 国際的な評価が得られる安全認証拠点が我が国に形成されるように、その中核をなすべく、ISO/IEC Guide 65 (JIS Q 0065)「製品認証機関に関する一般要求事項」に、

準拠した認証機関、ISO/IEC 17025（JIS Q 17025）「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」に準拠した試験機関が、本研究開発の実施期間終了後に設立・継続できるような体制の構築を実施期間中から目指すこと。さらに、PL法を見据えた法的責任の確認も行うこと。

(3) 制度設計の観点から、安全認証拠点基盤がより強固かつ広範に発展するように、例えば事故情報の提供に関し保険機関の関与が、さらに、規格提案に向けて学会の関与が、それぞれ提案に含まれることを目指すこと。また、様々な使用者の協力を得ることが可能な地域に根ざした施設を整備することを目指すこと。

(4) 各種試験装置は、プロジェクトの中間目標年度（平成23年度）までに試験機関候補場所に可能な限り集約することを目指す。

研究開発項目②：安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発

1. 研究開発の必要性

少子高齢化が急速に進展しており、介護を必要とする高齢者・障害者が増え、その人たちを支える体制の整備が急務となっている。そのため、この分野への新しい技術であるロボット技術による支援の強化が求められている。しかし、このような介護・福祉分野へのロボット技術の活用は、利用者に加えて家族等の人との共存が必須となるため安全性の確保が必要なこと、作業内容が多様であること等から困難となっている。

このため、本研究開発項目では、人とロボットを積極的に連携させることで、これらの課題を克服するための要求仕様や運用ルールを明確にし、多様な作業を、安全に行うことができる移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの安全技術を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットを開発する。移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットとは、人の生活環境下で、ユーザーの指示によって、安全かつ効率よく生活に必要な作業を行う機能を実現するロボットである。

ロボットの使用目的、使用環境及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や検証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

a) 移動・作業技術

生活環境下において、ユーザーの指示より、移動や作業（マニピュレーション等）を効率よく安全に行うための技術。

b) ユーザーインタフェース技術

直感的に操作可能で、利用者の負担の少ないユーザーインタフェース技術により操縦動作の安全性の確保、ユーザーに適切な情報を提示することによりロボットが周囲の人を含む作業環境に対して安全性を確保する技術。

c) ユーザーへの適用（フィッティング）技術

利用方法が簡便であり、様々な身体状況のユーザーが、安全に利用できる適用技術。

d) 安全な退避技術

ロボットへの供給電源（バッテリー等）が、突然遮断された場合でも、ロボット本体が安全に停止、退避がなされる技術。

e) ユーザー拘束時の安全開放技術

ロボットが故障等によって、ユーザーや第三者の身体を拘束するような状態に陥った場合でも、安全かつ容易に開放できる技術。

(2) 移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2.（1）に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべて

を搭載した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①において開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定ユーザーによる、実環境あるいは模擬した環境において、上記2.（1）で開発されたロボットの実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行う。

3. 達成目標

（1）最終目標（平成25年度）

- ①上記2.（1）に該当する安全技術の一部またはすべてを搭載した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットが2.（2）項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。
- ②上記2.（1）で開発されたロボットの安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。
- ③2.（2）②項の実証試験が完了していること。

（2）中間目標（平成23年度）

- ①上記2.（1）で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。
- ②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2.（1）項で開発されたロボットに搭載されていること。
- ③上記2.（2）①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

4. 特記事項

- （1）安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準（SIL）等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。
- （2）安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。
- （3）実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。
- （4）実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

研究開発項目③：安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発

1. 研究開発の必要性

次世代ロボットの大きな特徴の一つは、自ら環境を認識してその情報に基づき、物理的移動を伴う作業を行う「自律性」であり、これによって複雑な環境下においても人に代わって様々な作業を行うことができる。我が国の社会が直面している少子高齢化社会に伴う労働力不足や、家庭における高齢者の生活支援等の大きな問題を解決する鍵を握る。しかし、この自律性を有する移動作業型のロボットは、従来の安全規格、概念への適合が難しく、また技術的にも確立されていない部分がある。

このため、本研究開発項目では、自律性を有する移動作業型ロボットの安全に関する課題を洗い出し、安全を実現するための要求仕様や運用ルールを明確にし、その課題を解決する安全技術を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットを開発する。移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットとは、周囲の環境を認識し、自律的な判断に基づいて安全かつ効率よく生活に必要な作業を行う機能を実現するロボットである。

ロボットの使用目的、使用シーン及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは、研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や検証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

①リスク低減技術

a) 安定走行技術

自律での走行速度指令による駆動力制御に加え、走行加減速や外力、凹凸や斜面等がある路面環境に対して自律的に姿勢を安定化し、安全に走行する技術。

b) 人・障害物回避技術

静止障害物の位置及び人等の移動障害物の位置・動きを検知する機能、またこれらとの衝突リスクを見積もり回避する等安全に走行する技術。

c) 自律走行技術

自己位置認識技術や地図情報生成技術、動的経路計画技術等の安全性要素技術を使い安全に自律走行する技術。

d) 自己診断技術

ロボットの各機能が正常に動作していることを常時確認して、故障や異常を自動的に検出して通報又は修復することにより、安全に運用する技術。

e) 危険予防技術

ロボットの動作や行動を人に事前に認識させることや人の行動を予測することにより安全に運用する技術

②安全要素技術

a) 自己位置認識技術

周囲環境のセンシングによる環境地図情報や、ロボットの移動及び動作の履歴情報を活用し、正確な自己位置を推定する機能を持つことで安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

b) 安全環境認識技術

ロボットやその作業環境に配置された各種センサを用い、人の移動、及び作業の障害となる環境変化を検出する機能を持つことで、環境地図生成と動的動作計画機能を成立させ、安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

c) 環境地図生成技術

ロボットやその作業環境に配置された各種センサを用い、移動や作業に必要な地図等の環境記述を生成する機能を持つことで、自己位置認識と動的動作計画機能を成立させ、安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

d) 動的動作計画技術

目的地への移動や目的作業を実現するための動作を計画する技術において、人の移動、及び作業の障害となる環境変化による動作変更の必要性があっても、補正、再計画を自律的に行うことで安全な移動や作業動作を確保するためのセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

(2) 移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2.（1）に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべてを搭載した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①において開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定運営先を模擬した環境において、上記2.（1）で開発されたロボットの安全性の実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行うこと。

3. 達成目標

(1) 最終目標（平成25年度）

①上記2.（1）に該当する①リスク低減技術及び②安全要素技術を一部またはすべてを搭載した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットが2.（2）項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。

②上記2.（1）で開発されたロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。

③2.（2）②項の実証試験が完了していること。

(2) 中間目標（平成23年度）

- ①上記2.(1)で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。
- ②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2.(1)項で開発されたロボットに搭載されていること。
- ③上記2.(2)①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

4. 特記事項

- (1) 安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。
これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準(SIL)等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。
- (2) 安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。
- (3) 実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。
- (4) 実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

研究開発項目④：安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットの開発

1. 研究開発の必要性

少子高齢化社会では、高齢者・障害者の自立と生き甲斐が重要な点であり、生活支援、活動の質の向上が課題である。高齢者・障害者においては、身体機能が低下する傾向にあり、それが高齢者・障害者の自立を制限している。さらに、一層の身体機能低下への悪循環を加速している。また、要介護者の急増は介護者不足、介護労働負担を増加させている。これらの課題を解決するために人間の身体機能を拡張・増幅・支援する技術の開発が必要である。

このため、本研究開発項目では、人に装着して人間の身体機能を拡張・増幅・支援する人間装着（密着）型生活支援ロボットの安全に関する課題を洗い出し、安全を実現するための要求仕様や運用ルールを明確にし、その課題を解決する安全技術を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 人間装着（密着）型生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した人間装着（密着）型生活支援ロボットを開発する。人間装着（密着）型生活支援ロボットとは、人間に装着し、装着者の意思を反映した随意的、自律的機能によって制御される実用的なロボットである。

ロボットの使用目的、使用環境及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や認証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な人間装着（密着型）型生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

a) 装着時機能安定技術

人に装着して人間の身体機能を拡張・増幅・支援するための駆動力制御に加え、歩行や作業に付随して生じる負荷変動、外力、障害物衝突などに対して自律的に対処し安全に人の動作を支援する技術

b) 制御技術

装着者の意思を反映し、随意的、自律的機能によって制御する技術

c) 安全管理技術

動作支援中の環境情報を取得し、この情報を用いて安全確保を行うための管理技術

d) 自己診断技術

ロボットの各機能が正常に動作していることを常時確認して、故障や異常を自動的に検出して通報または対処することにより安全に運用する技術

e) 安全要素技術

モータ、バッテリー、センサ等の人間装着（密着型）型生活支援ロボットを構成する基盤部品に関する安全技術・リスク低減技術

(2) 人間装着（密着）型生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2. (1) に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべてを搭載した人間装着（密着）型生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①におい

て開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定ユーザーによる、実環境あるいは模擬した環境において、上記2.(1)で開発されたロボットの実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行う。

3. 達成目標

(1) 最終目標 (平成25年度)

- ①上記2.(1)に該当する安全技術を一部またはすべて搭載した人間装着(密着)型生活支援ロボットが2.(2)項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。
- ②上記2.(1)で開発されたロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。
- ③2.(2)②項の実証試験が完了していること。

(2) 中間目標 (平成23年度)

- ①上記2.(1)で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。
- ②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2.(1)項で開発されたロボットに搭載されていること。
- ③上記2.(2)①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

4. 特記事項

- (1) 安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準(SIL)等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。
- (2) 安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。
- (3) 実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。
- (4) 実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

研究開発項目⑤：安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発

1. 研究開発の必要性

人間の行動の範囲及び自由度を拡大する移動手段として、現在、自動車から自転車まで各種移動体が存在するが、少子高齢化の進展や CO2 ガス発生削減等の社会的課題を解決していくため、今後、高齢者や環境に配慮した移動体が求められてくる。具体的には、商業施設、駅・空港等の交通施設、オフィス、家庭に至るまで、不特定多数の歩行者や家族、他の移動体や障害物と同一空間内に共存し、搭乗者による操作または自律走行が可能な搭乗型生活支援ロボットが必要となる。

このため、本研究開発項目では、人や障害物が混在する状況において、人を乗せて移動する機能を備えた搭乗型生活支援ロボットの安全に関する課題を洗い出し、安全を実現するための要求仕様や運用ルールを明確にし、その課題を解決する安全技術を開発する。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 搭乗型生活支援ロボットにおける安全技術の開発

安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットを開発する。搭乗型生活支援ロボットとは、人を乗せて、操縦者の指令により、または自律的に安全かつ自在に移動する機能を実現するロボットである。ロボットの使用目的、使用環境及び運用シナリオ等を考慮してリスクアセスメントを行い、その結果に基づき、リスク低減に必要な安全技術を開発する。リスクアセスメントは研究開発項目①と連携して、安全性試験方法や認証手順を開発しながら進めるものとする。

以下に安全な搭乗型生活支援ロボットを実現するための安全技術の例を挙げる。

①リスク低減技術

a) 安定走行技術

搭乗者または、自律での走行速度指令による駆動力制御に加え、走行加減速や外力、凹凸や斜面等がある路面環境に対して自律的に姿勢を安定化し、安全に走行する技術。

b) 人・障害物回避技術

静止障害物の位置及び人等の移動障害物の位置・動きを検知する機能、またこれらとの衝突リスクを見積もり回避する等安全に走行する技術。

c) 自律走行技術

操縦者不在時の自律走行及び操縦アシストを含めた半自律走行時、②に記述する自己位置認識技術や地図情報生成技術、動的経路計画技術等の安全要素技術を使い安全に自律・半自律走行する技術。

d) 操縦者の意図推定、操縦支援技術

広範囲な利用者にとって簡便に操縦できるものとするために、短時間での習熟により操作できるような操縦者の意図推定、操縦支援技術を備え、安全に走行する技術。

e) 協調走行技術

ロボット間及びロボットと使用者間の相対位置・方位検出機能に基づき、追従制御等による協調走行を安全に実施する技術。

f) 自己診断技術

ロボットの各機能が正常に動作していることを常時確認して、故障や異常を自動的に

検出して通報または修復することにより安全に運用する技術。

②安全要素技術

a) 自己位置認識技術

周囲環境のセンシングによる環境地図情報や移動履歴情報を活用することで自己位置を認識し安全な走行を確保するセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

b) 地図情報生成技術

ロボットに搭載されたセンサを用い、移動に必要な地図等の環境記述を生成する機能を持つことで、自己位置認識と動的経路計画機能を成立させ、安全な走行を確保するセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

c) 動的経路計画技術

目的地に到達するための経路を計画する技術において、動的障害物による経路変更等があっても、補正、再計画を自律的に行い、安全な走行を確保するセンサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

d) 姿勢安定化技術

ロボット自身の姿勢を検出し、外部環境から影響を受けても常に安定を保持し、安全な走行を確保する機構、センサ、制御アルゴリズム・ソフトウェア等を含む要素技術。

(2) 搭乗型生活支援ロボットの安全性検証

①安全性試験

上記2.(1)に該当する安全技術をその用途、使用シーンに応じて一部、またはすべてを搭載した搭乗型生活支援ロボットの安全性試験を、研究開発項目①において開発する安全性検証手法を用いて行う。この安全性試験の結果は、研究開発項目①の開発に対してフィードバックしつつ実施する。

②実証試験

想定運営先を模擬した環境において、上記2.(1)で開発されたロボットの安全性実証試験を行い、各安全性試験項目について検証を行うこと。

3. 達成目標

(1) 最終目標 (平成25年度)

①上記2.(1)に該当する安全技術を一部またはすべてを搭載した搭乗型生活支援ロボットが2.(2)項の安全性検証のための安全性試験を完了していること。

②上記2.(1)で開発されたロボット安全性試験項目の評価基準値がすべて示されていること。

③2.(2)②項の実証試験が完了していること。

(2) 中間目標 (平成23年度)

①上記2.(1)で開発されたロボットのリスクアセスメントを終了し、安全性試験項目がすべて示されていること。

②実施計画に予定されている安全技術の開発が終了し、その一部またはすべてが上記2.

- (1) 項で開発されたロボットに搭載されていること。
- ③上記2.(2)①に該当する安全性試験のうち、研究開発項目①で策定済みの安全性検証手法を用いて試験を完了していること。

4. 特記事項

- (1) 安全技術として、共有可能なロボット安全要素部品の開発を含めることを推奨する。
これら要素部品は、生活支援ロボットに使用される構成部品であり、安全度水準(SIL)等の標準規格に適合するものの取得を目指して開発されるものであり、本プロジェクト内外に提供することが望ましい。
- (2) 安全性検証に用いるロボットは、安全技術も含め開発済みのロボットを用いても良い。
- (3) 実証試験を実施できる施設を有する機関を、協力機関として確保すること。
- (4) 実証試験は、倫理問題に配慮して行うこと。

ロボット分野

我が国の社会が直面する課題の解決に向け、ロボットに対する期待は大きい。しかしながら、現状では市場に投入されている大半のロボットは産業用ロボットであり、いわゆるサービスロボットの市場は確立したとは言えず、実用化の事例も少ないのが現状である。我が国の社会ニーズへの対応及び我が国ロボット産業の競争力強化という観点から、今後、次世代ロボット市場を創出、拡大していくことは重要であると言える。

他方でロボットは、機械技術、エレクトロニクス技術、材料技術、情報通信技術等、幅広い技術の統合システムであり、また、技術も市場も十分に成熟していない現時点では、個々の製品ごとに技術の擦り合わせを要する典型的な垂直連携型産業である。したがって、ロボット産業が発展するためには、我が国の「高度部材産業集積」は大きな強みとなる。また、その発展は、中堅・中小企業などの裾野産業に対して大きな波及効果をもたらすことが期待される。

今後は、実際の生活空間でロボットが活躍することを前提に、開発されたロボット技術の他分野への応用、ロボットの高機能化など、一層のレベルアップを図る必要がある。また、それと並行して事業化への支援、安全性確保等の制度整備、標準化等の環境整備のための議論が必要である。

ロボット分野の導入シナリオでは、上記議論をはじめ、経済産業省の研究開発プロジェクト等を明示し、次世代ロボット普及への道筋を示している。また、技術マップでは、ロボット分野の技術の特徴を捉え、様々なニーズのロボットに必要となる機能や環境を抽出しその関係を整理するほか、技術ロードマップにおいて、その実現時期を示している。

ロボット分野の技術戦略マップ

I. 導入シナリオ

(1) ロボット分野の目標と将来実現する社会像

少子高齢化への対応、労働力人口の減少、安全・安心な社会の実現、便利でゆとりある生活の実現のために、ロボットが生活、公共の場でより身近な存在として役立つことが期待されている。我が国では、1980年代以降、自動車や電機・電子産業等のユーザ産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入が進んだ。ただし、1990年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた【参考資料 図1：世界の産業用ロボット稼働台数、図2：日本の産業用ロボットの出荷額及び輸出割合の推移】。また、先に挙げたような非産業用の次世代ロボット、いわゆるサービスロボットの市場は確立したとは言えず、実用化の事例も少ないのが現状である。

しかし、ロボットを巡る状況は着実に変わりつつある。製造業においては、ロボット・セルのように、さらに高度化した産業用ロボットが生産現場に投入されつつある。また、サービス業の分野においても、2005年に開催された愛知万博では、サービスロボットの実用化に向けた実証実験が行われたのを始め、実際のビジネスにおいても、清掃ロボットや食事支援ロボット、災害復旧作業を行う遠隔操作型ロボット等の導入が進んでいる。このように、我が国のロボット産業・技術は、次の成長段階に踏み込んでいるところである。

他方、アジア諸国等の台頭を背景とした国際競争が激化しており、我が国ロボット産業の競争力強化や、あるいは地震や水害等の大規模災害に対する不安といった社会的課題の解決・社会ニーズへの対応に、我が国に蓄積された基盤的なロボット技術：ロボットテクノロジー（以下、ロボテック（RT））を活用・高度化することで取組むとともに、次世代ロボット市場を創出、拡大していくことは重要である。現状、状況が変わりやすい環境下ではロボットの認識能力や自律的な判断能力が低いため、使用条件や用途が限定的となっている。それに対し、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力を向上させ、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においてもロボットが確実性をもって稼働する技術（＝知能化技術）も上記解決に求められる重要な技術課題の一つと言える。

ロボットやロボテックの概念及び市場の捉え方は複雑である【参考資料 図3：ロボット及びロボテック（RT）の概念整理、図4：ロボット及びロボテック（RT）製品の市場の捉え方】が、ロボテックとしての他分野への活用拡大は重要な視点である。また、今後のロボットの導入に際しては、研究開発のみならず、安全課題への取り組み、ビジネス振興のための制度整備、標準化の推進、事業化支援なども重要である。我が国製造業を支えてきたロボット技術を基盤とし、知能化技術など先端的要素技術との融合を促進

することにより、家庭、医療、福祉、災害対応など幅広い分野で活躍する次世代ロボットの開発・実用化を促進することが望まれている。

さらに、ロボット単体での開発、実用化だけではなく、社会システムの中でどのように個々のロボットやロボットの要素技術、さらには統合システムの機能が位置づけられるかを、アプリケーションあるいはニーズの中で具体的に踏まえて開発するかという視点も市場を創出していく上で重要である。今後、我が国が直面するとみられる少子高齢化、労働力不足等の課題に、ロボテックが活躍し、より良い社会に貢献していくことが求められる【参考資料 図5：(福祉介護分野)脳卒中患者の機能回復リハビリロボット(人の支援のためのロボテック(RT))、図6：(農業分野)次世代型施設生産システム(生産技術のためのロボテック(RT))】。

(2) 研究開発の取組

研究開発の推進については、各種ロボットの普及を始めとしたロボット産業の裾野拡大に向け、産学官・農工商連携などを通じて総合的に行うことが重要である。これまで、10年後の市場ニーズ及び社会ニーズから導かれたミッションを設定し、これを達成するために必要なロボットシステム等の開発を行うもの(戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト)、生活空間など状況が変わりやすい環境下においても、ロボットが確実性(ロバスト性)をもって稼働できるようにするため、自律的に活躍するロボット開発の効率化を向上する再利用可能な知能化モジュール(ソフトウェア)の研究開発(次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト)等の推進や、過去に行った国の研究開発プロジェクトの成果等を活用したRT要素デバイス開発や活用事例の創出(基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト)を実施している。また、介護者支援や移動支援等の人との接触度が高い生活支援ロボットの実用化のため、対人安全性基準及び基準適合性評価手法を確立し、さらに安全性基準の国際標準化を目指した研究開発も開始された(生活支援ロボット実用化プロジェクト)。

(3) 関連施策の取組

〔起業・事業支援〕

ロボットやその関連部品等の見本市の開催等を支援することによって、システム開発者、要素部品の開発者、ロボットユーザ等とのマッチングを図り、中小・ベンチャーや異業種企業のロボット産業への参入を促進する。また、市場創出に貢献するロボットを表彰し、ロボットユーザ、メーカーから一般の方まで広くPRする表彰制度「今年のロボット」大賞を共催機関と協力して実施している。

〔実用化促進〕

開発したソフトウェア等の成果については、広く一般に提供するなど積極的な普及を図ることにより、より多くの開発主体がロボット技術開発に参加できる環境を創出し、ロボット技術開発の裾野の拡大を図る。

また、ロボット産業政策研究会報告書(2009年3月とりまとめ)において、近い将

来に次世代ロボットが実際に役立つものになるよう、特に技術開発・事業開発、安全確保、社会ルールの整理・策定のための取組等についてまとめた。

[ガイドライン整備]

将来のロボットは人に接する場面が多くなると想定される。したがって、ロボットの導入と普及を促進するためには、安全に対する考え方を整理し、周知することが重要である。2007年7月には人間と共存する次世代ロボットの安全性を確保するための基本的な考え方をまとめた「次世代ロボット安全性確保ガイドライン」をとりまとめた。今後は、普及や具体化に向けた取組が求められており、技術開発と並行して安全に係るルールなどの整備を推進することで普及をより現実化させることが必要である。具体的には、安全設計ガイドライン及び運用ガイドラインの策定を関係機関と協調して進めることとする。

[規制・制度改革]

これまでロボットの導入が想定されていなかった分野においては、現行の各種規制や制度との不整合によって導入が制約される可能性がある。そこではじめに、サービスロボットと連動したエレベータの検査項目について、導入実績がある“エレベータに人と同乗しないロボット”というケースについての業界自主検査基準作りの支援を開始した。この結果、2007年11月に業界自主基準として、ロボットビジネス推進協議会において「サービスロボットの運用が可能なエレベータの検査運用指針」が策定された（検査内容等について規定）。今後、サービスロボットを導入する際に、以下に述べる法規による規制が問題となることが予想される。まず第一に、シニアもしくは障害者向け電動車いす等の移動ロボットが道路交通法の制約を受けることが予想される。第二に、身体リハビリを支援する運動補助スーツや、介護福祉士等による介護作業を支援するパワースーツや、手術支援ロボット等が医師法や医療法の制約を受けることが予想される。第三に、全般として電波法の制約が考えられる。さらに、家庭用ロボットのメーカーに対しては、製造物責任問題がロボット普及を阻害しない様にPL法に対するリスクヘッジ（例えば、免責の特例措置）が重要になる。

今後も、研究開発プロジェクトなどを通じた規制・制度改革課題の抽出を図っていく。

[基準・標準化]

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準団体（OMG等）への提案等）を実施する。

特に、ロボットの安全基準や性能の評価基準については、サービスロボットの標準形態を考慮した上で上記ガイドラインを国際標準となるべく提案する。各種サービスロボットに共通の安全性技術要件や安全性能の評価手法及び評価基準については、過去に実施した研究開発プロジェクト等による実証データの活用を図りつつ、我が国発

の国際標準として早急に提案することを検討し、拡大するロボット市場における国際競争力の確保を目指す。

なお、これまでの研究施策の成果である、ロボット部分品の接続の共通化を目指した RTM（ロボット・テクノロジー・ミドルウェア）が、OMG（ソフトウェア技術の国際標準化団体）において、2007 年 12 月に標準仕様として採択されている。

〔広報・啓発〕

市場創出に貢献するロボットを表彰し、ロボットユーザ、メーカーから一般の方まで広く PR する表彰制度「今年のロボット」大賞を共催機関と協力して実施している。（再掲）

（４）海外での取組

欧州では、特定の技術テーマに関する研究開発を促進させるための組織である欧州テクノロジー・プラットフォーム（ETP：European Technology Platform）のもと、欧州ロボット工学プラットフォーム（EUROP：European Robotics Platform）による産官学共同の研究開発体制のベース作り、標準化への取組を加速させている。

また、米国では、大手ソフトウェア会社がロボットソフトウェアの開発プラットフォームの開発・販売を進めている。Willow Garage 社では研究、開発を進める中で、各国共通となるロボット向けのオープンソースソフトウェアの発展とパーソナルロボット向けのオープンソースコミュニティを支援している。このように、システムインテグレーション技術や人材育成、知的基盤整備としてのロボット用オープンソースソフトウェア、ミドルウェアの集積も重要視されている。

欧州の例、米国の例のいずれも、今後、ロボットが市場に投入されることを見越して、標準化、共通化のイニシアティブをとろうとする動きがあることを示唆している。

（５）民間での取組

サービスロボットはこれまでエンターテインメント中心であったが、実用的なサービスロボットの本格参入を打ち出す企業も出るなど、人の役に立つサービスロボットの実用化が視野に入ってきた。

産業・研究分野の壁を越えて、事業者・研究者・技術者・政策決定者の連携と相互理解を強め、実社会で活躍するロボテク（RT）の開発と、これを活用したソリューションビジネスの開拓を促進することにより、ロボテク開発の成果を社会に還元し、もって、豊かな生活とよりよい社会の実現を目指すことを目的として、2006 年 12 月、「ロボットビジネス推進協議会」が発足した。同協議会では、ビジネスマッチング活動などの RT ソリューションビジネスの事業化支援や、共通規格検討及び RT ミドルウェアの普及促進等の活動を行っている。ロボットビジネス推進協議会は、2009 年に組織改正がなされ、部会を 3 つに再編し、その下に安全普及、移動型ロボット、医療福祉、エレベータ、通信、RT ミドルウェア、保険構築等々の 11 の WG・委員会を設置し、具体的なミッション指向の活動を行うことを主眼に事業を実施している。

(6) 改訂のポイント

- 今回は改訂を行っていない。

II. 技術マップ

(1) 技術マップ

導入シナリオを踏まえ、市場ニーズ、社会ニーズ（それに対応した製品イメージ）を実現する上で必要となる技術課題を抽出・俯瞰した技術マップを作成した。

- ① 第一に、ロボットの種類として、少子・高齢化、労働力人口の減少、安心・安全な社会の実現、便利でゆとりある生活の実現のために、ロボットの活躍が期待される3分野「次世代産業用ロボット」、「サービスロボット」、「フィールドロボット」を設定し、その主な用途毎に分類した。例えば「次世代産業用ロボット」では、組立てロボットと搬送ロボットに大きく分けて、“セル生産対応”など、今後求められる機能を示している。
- ② 第二に、ロボット技術の特徴を踏まえ、各々のロボットに求められるニーズやタスクが異なる場合でも、分野を超えて共通に求められる機能を目的・必要機能として整理した。これらロボットのすべての機能を7項目（環境構造化・標準化、コミュニケーション、マニピュレーション、移動、エネルギー源・パワーマネジメント、安全技術、運用技術）に整理している。
- ③ 第三に、これらの目的・必要機能を実現するための技術を大きく8項目（システム化技術、環境構造化、認識処理、センシング、制御、機構、アクチュエータ、標準化）に分類するとともに、今後各技術分類の中で求められる要素技術を抽出した。
- ④ さらに、現在の技術動向から必要な要素技術の不足がないかを確認した。

また、技術マップに示されている技術体系を読み解く一助として、シーズである要素技術を組み合わせると、どのようにニーズである人への貢献を果たすことができるのか、例示を試みた【添付資料 図1：生活支援ロボット、図2：農業用ロボット】。2つの応用事例で共通するのは、ロボットは様々な要素技術の集合体であるということである。また、同時に、これらの要素技術を高度化させて組み合わせることにより、将来様々なシーンで人の役に立つロボットが登場しうることを示している。

なお、添付資料 図1,2に示されている絵は、あくまでも機能や技術を集約して表現した一例であり、ロボットや機能の形状を意図的に示すものではない。

(2) 重要技術の考え方

抽出された重要技術は、それぞれにロボット分野の将来発展に大きな役割を果たすものと予想されている。その場合、重要性の軸としていくつかのものが考えられている。それをここでは、以下の7つの観点で評価を行った。

- ① 「日本の技術競争力優位」

現在、研究レベル及び産業レベルでの技術力が優位な分野で、産業上、将来国際

的な優位性を実現するために重要と考えられる技術。

②「共通基盤性」

ロボット開発の時間短縮、低コスト化、ロボットの利便性向上、適用範囲拡大等の観点で、ロボット用のカスタマイズ化や標準化が共通基盤的に整備されることが必要となると考えられる技術・方式。

③「ブレークスルー技術」

次世代のロボット開発にあたり、必要度が高く、技術的難易度が高いと考えられる技術。

④「市場のインパクト」

次世代のロボット分野や自動車等の他分野への波及効果が大きく、市場インパクトが大きいと考えられる技術。

⑤「基礎技術の開発が必要」

技術としては重要であるが、直ちに商品・市場化には結びつかない学術的研究段階にある技術。

⑥「安全・安心の確保のために必要」

ロボットを活用する上でユーザや受益者の安全・安心を確保するために必要な技術。

⑦「標準化の検討が望まれる技術」

今後、ロボット技術が普及する上で標準化の検討が望まれる技術、又は我が国がイニシアティブをとる上で標準化の検討が望まれる技術。

(3) 改訂のポイント

- 委員会での検討に基づき、F<安全技術>の項目に、「ソフトウェアによる機能安全技術」と「環境支援による安全システム技術」を追記した。

Ⅲ. 技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

技術マップにおいて分類した3分野のロボット「次世代産業用ロボット」、「サービスロボット」、「フィールドロボット」について、10年後以降の各ロボットの将来像（ミッション）を想定し、要求される仕様や必要な技術開発等を技術マップに示された重要技術から抽出し、時間軸に展開した。なお、必要に応じて分野毎に詳細な設定を追加した。また、3分野のロボットに共通する技術や普及パターン等を共通コンセプトとしてまとめた。

(2) 改訂のポイント

- 委員会及びWGでの検討に基づき、産業用ロボット分野におけるキーワードとサービスロボット分野における農業、医療、福祉介護分野のロボットを追加した。

IV. その他の改訂のポイント

○ アカデミック・ロードマップとの連携とアカデミアからの提言について

- 2006 年度に、日本ロボット学会、人工知能学会、日本人間工学会の 3 学会が協力して、長期のロボットに関する学術的な研究領域・方向性を探索することを目的とするアカデミック・ロードマップを策定した。今回、技術戦略マップの改訂にあたり、アカデミアから提言を伺ったところ、その一部は次のとおり。
- ・ ロボテク（RT）の要素技術は広範にある。各種産業へのロボテク（RT）の貢献も目に見えない形で進んでいるとみられるが、現在は測定する手段がない。寄与を測定することにより社会への貢献度が把握できる。
- ・ 産業用ロボットは、成熟産業としてみられることもあるが、研究題材も多く残されている。今後は、産業界から大学等研究機関へ課題としていること等の要望を伝え、若手研究者に取り組んでもらうような方策も望まれる。
- ・ アカデミアとしては、力制御の本格的な実用化に代表されるような、理論体系の構築からはじまり、技術を成熟させていくことが必要である。
- 引き続きアカデミック・ロードマップとの連携を図りつつ、これら提言を受け、研究開発プロジェクトの企画・立案、実施等を進めていく。

○ロボット産業の将来市場の予測について

- 導入シナリオと並行して検討したロボット産業の将来市場の予測を示した【図 7：ロボット産業の市場推移の予測】。社会構造の変化、ロボットの潜在的な導入ニーズを踏まえ、ロボット市場創出に向けて産学官が総合的かつ戦略的な取組を行うことで、ロボット産業の将来市場は、2035 年には最大 9.7 兆円へ拡大することが期待される。

ロボット分野の導入シナリオ

2004

2006

FY2010(現在)

2015

2025

実用化に向けた環境整備

プレ普及段階

普及段階

本格普及段階

市場 (想定される市場)

事業化支援 (安全性確保等)

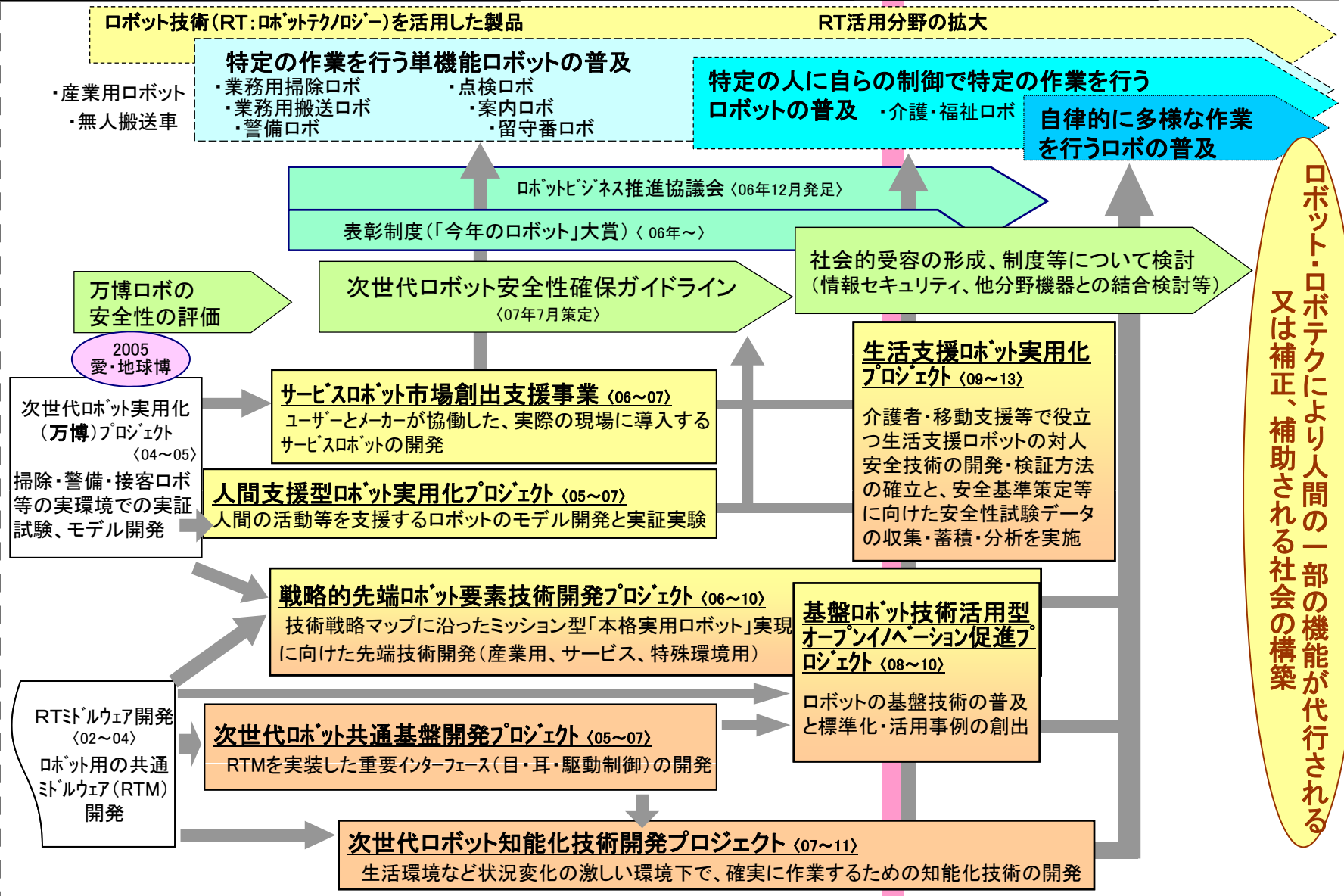
制度整備

ビジネス振興

技術開発

先行用途開発

要素技術・基盤技術開発 (モジュール化、システム共通化等)



ロボット・ロボテックにより人間の一部の機能が代行される又は補正、補助される社会の構築

図 1 : 生活支援ロボット

技術マップに示されている要素技術を組み合わせると、どのように人に貢献できるのか？
 (1):生活支援ロボット



社会背景: 少子高齢化に伴う人材不足や独居老人の増加など

ニーズ:	具体例:	求められる機能:
◎生活を支援 ・家事・雑事をサポート ・介護をサポート ・移動を補助	・高所の作業 ・手の届かない所の作業 ・重量物の持ち運び ・掃除 ・ベットや車いす等への移乗 ・屋内と屋外の自由な移動	◎安全のための軽量化された複数アームで、色々なものを掴み操作できる ◎自己位置を同定し、障害物を識別し人の動きを検出する機能 ◎パワースーツ ◎屋内屋外移動機構
◎パートナーとしてのコミュニケーション	・会話 ・スケジュール読み上げ ・天気予報、ニュースなどの情報提供	・話者の方向を向く ・対話できる ・ジェスチャを理解できる ・人について学習し、適応できる ・メディアとして機能する
◎安全・安心の確保	・戸締まり忘れの防止 ・火気、水まわりの監視 ・緊急時の連絡	・他のRT機器・情報家電と連絡できる ・人に対して安全である ・高い信頼性

(つづき)

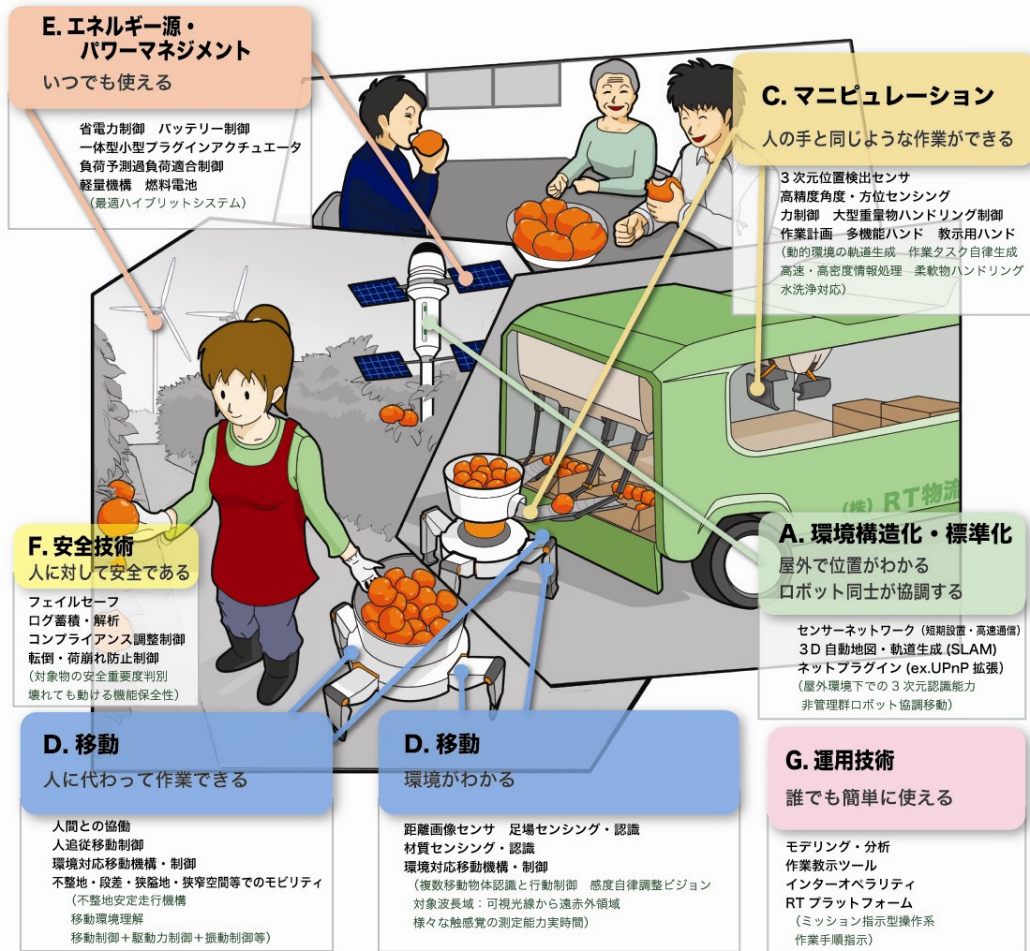
<p>ニーズ:</p> <p>◎安全・安心の確保 (続き)</p>	<p>具体例:</p> <p>◎生活支援ロボットによる事故の防止 ・生活支援ロボット安全認証の仕組み ・生活支援ロボットの利用者相談窓口</p>	<p>求められる機能:</p> <p>◎生活支援ロボットのリスクアセスメント(ISO14121) ・危険源を特定 ・危険源のリスク見積もり ・リスク評価(受入可否を判断) ◎リスク対策(ISO12100-1, -2) ・本質的安全設計、安全防護と付加保護方策、使用上の情報 ◎生活支援ロボットの認証機関 ・生活支援ロボットの安全性認証手順 ◎生活支援ロボットの試験機関 ・生活支援ロボットの安全性試験方法 ◎法規制検討委員会 ・政府各府省が管轄する法規制への対応を検討するしくみ ・ノウハウのデータベース化</p>
--	---	--

イメージ

<p>作業支援</p>	<p>重作業補助</p>
	
<p>移動支援</p>	<p>ベット移乗支援</p>
	

図2：農業用ロボット

技術マップに示されている要素技術を組み合わせると、どのように人に貢献できるのか？
(2)：農業用ロボット



社会背景： 第一次産業の労働力不足、農業経営の改善

ニーズ：

- 高負荷作業の実施
- 作業の効率化
- 高品質な食物の提供

具体例：

- ・収穫に伴う搬送
- ・重量物の運搬
- ・作物の分別
- ・箱詰め
- ・土壌管理
- ・温度、湿度等の環境管理
- ・害虫、害獣の駆除
- ・出荷管理
- ・産地情報管理

求められる機能：

- ・自分の位置が解る
- ・障害物の識別
- ・人に対して安全である
- ・重量物可能なアクチュエータ
- ・安全のための軽量化
- ・障害物の識別
- ・高い信頼性をもつ
- ・重量物可能な動力計
- ・など
- ・複数のアーム・ハンド等でいるる形状のものを掴み、操作できる
- ・組み立て分解作業ができる
- ・人間の動作をスケールアップした作業装置
- ・他のRT機器と連携できる
- ・24時間対応
- ・道具を使って作業できる
- ・人の動きの検出
- ・他のロボット要素と互換性がとれる
- ・など
- ・土質センシング (リアルタイム)
- ・広帯域・高解像度・高感度ビジョンセンサ
- ・センサーネットワーク
- ・ユビキタスセンサ融合
- ・作業対象状態、作業状況認識、モデリング、分析
- ・など

※注意：本イメージは、機能や技術を集約して表現した一例であり、ロボットや機能の形状を意図的に示すものではありません。

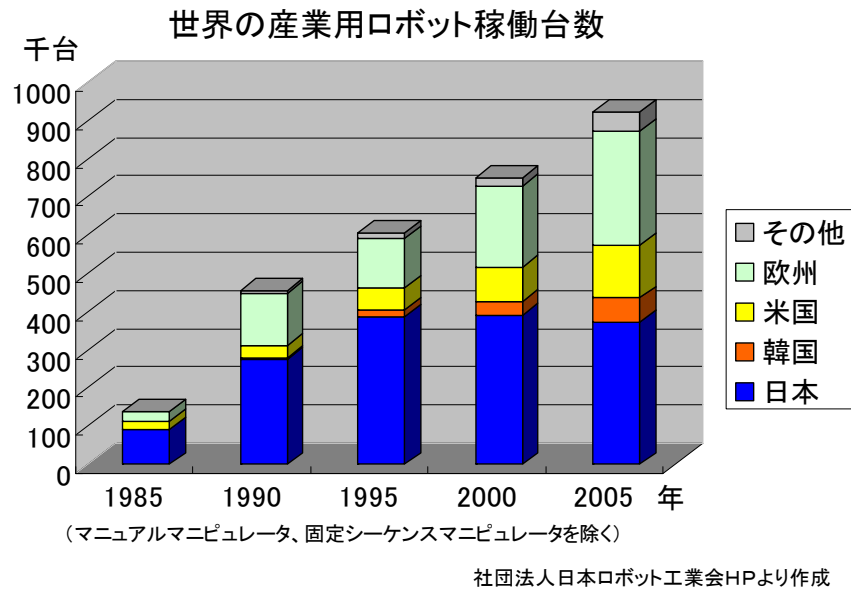
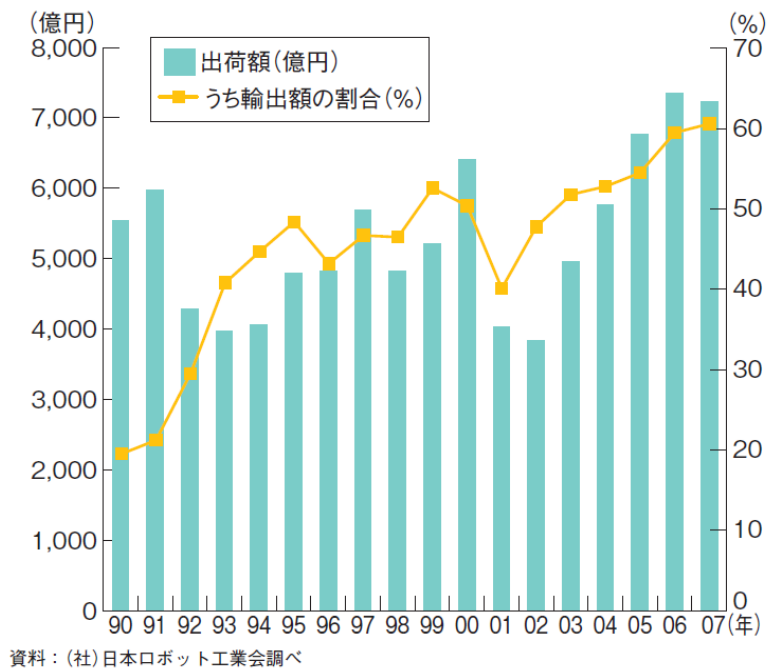


図1 世界の産業用ロボット稼働台数



ものづくり白書2009より引用

図2 日本の産業用ロボットの出荷額及び輸出割合の推移

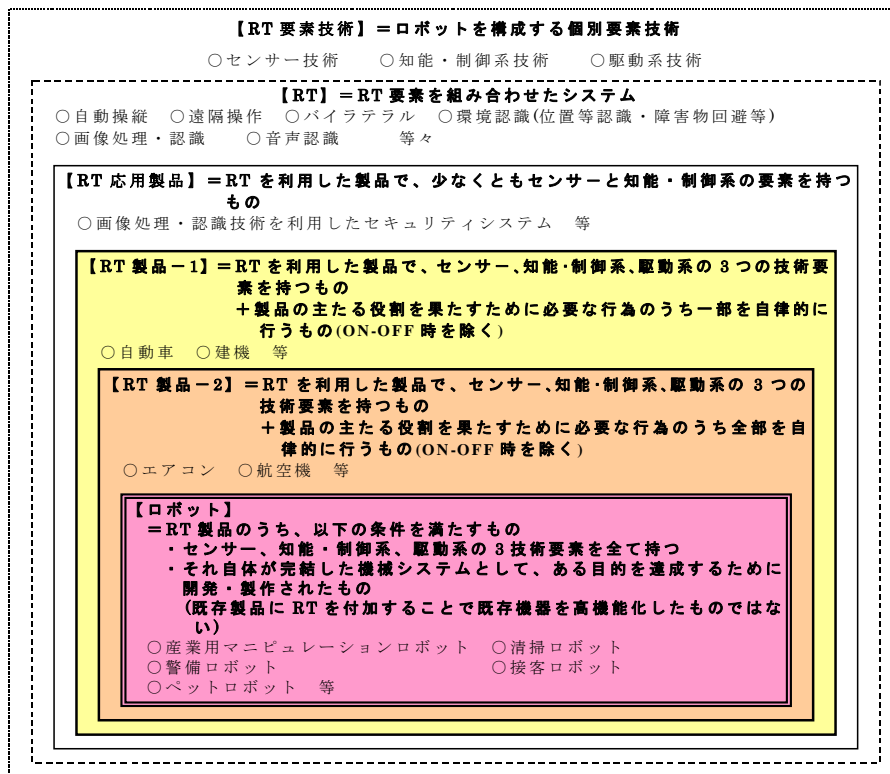
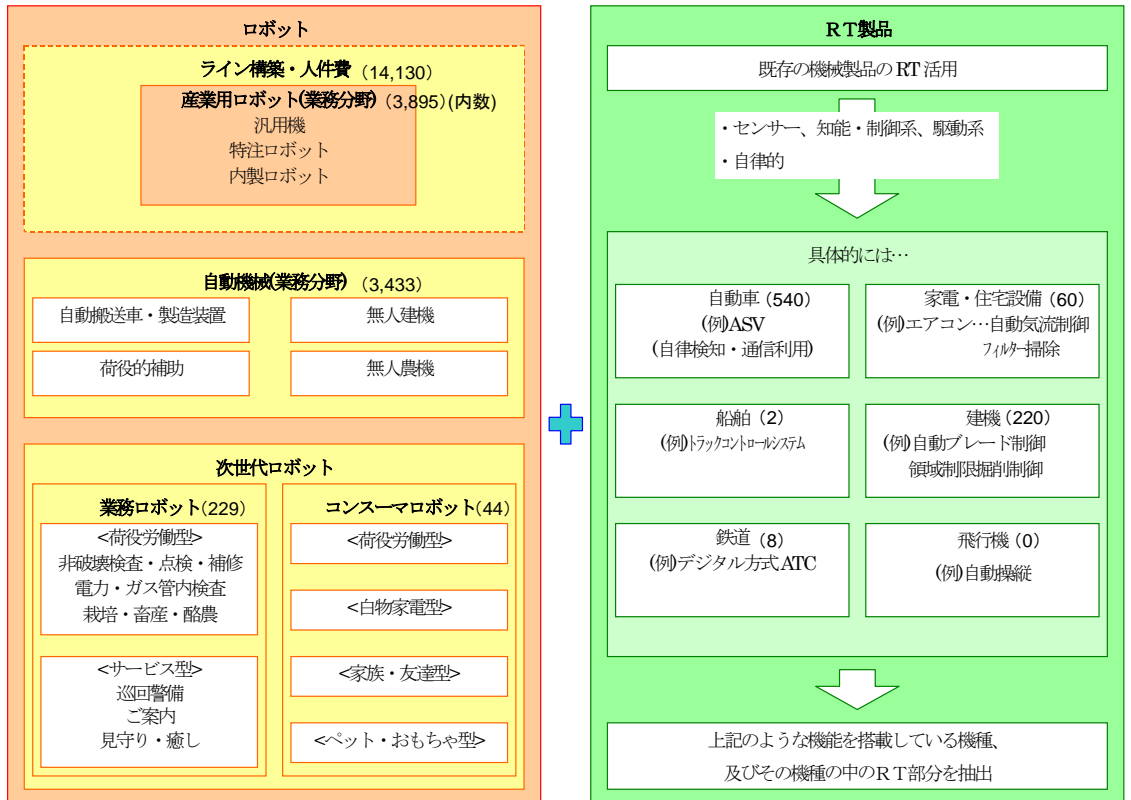


図3 ロボット及びロボテク (RT) の概念整理



※括弧内の数字は2005年度の市場規模推計額 (億円)

図4 ロボット及びロボテク (RT) 製品の市場の捉え方

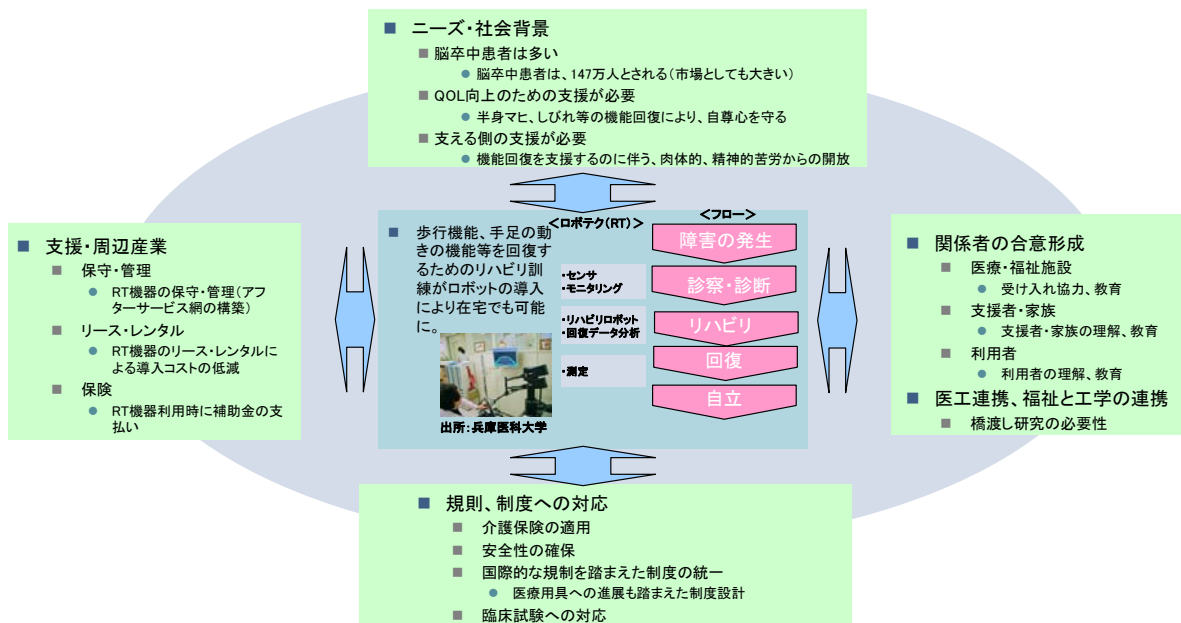


図5 (福祉介護分野) 脳卒中患者の機能回復リハビリロボット (人の支援のためのロボテク (RT))

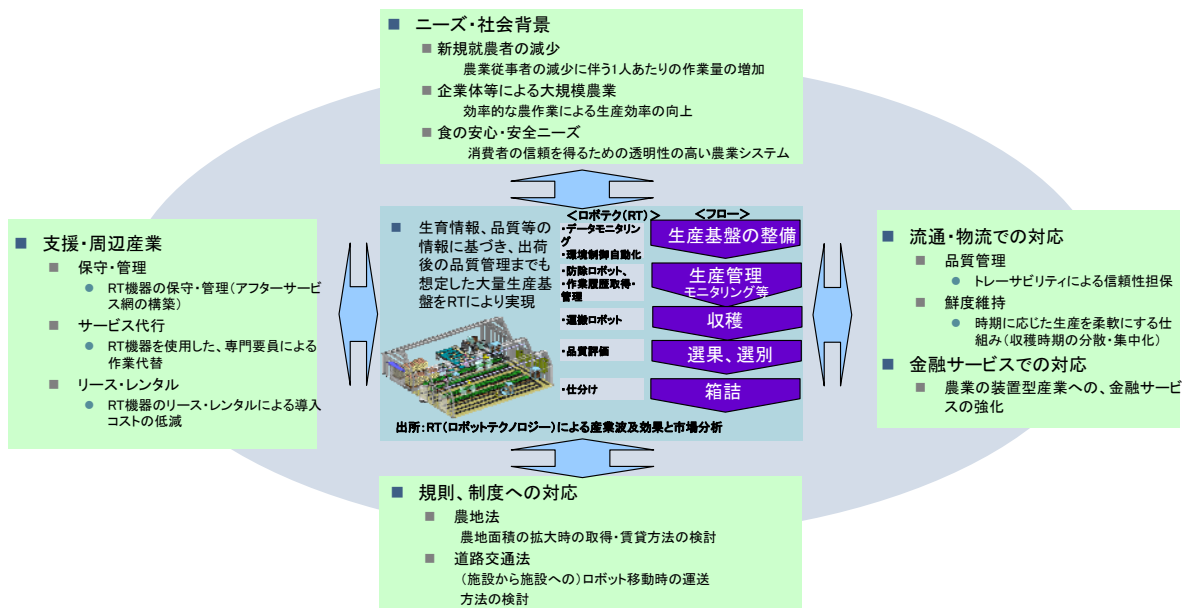


図6 (農業分野) 次世代型施設生産システム (生産技術のためのロボテク (RT))

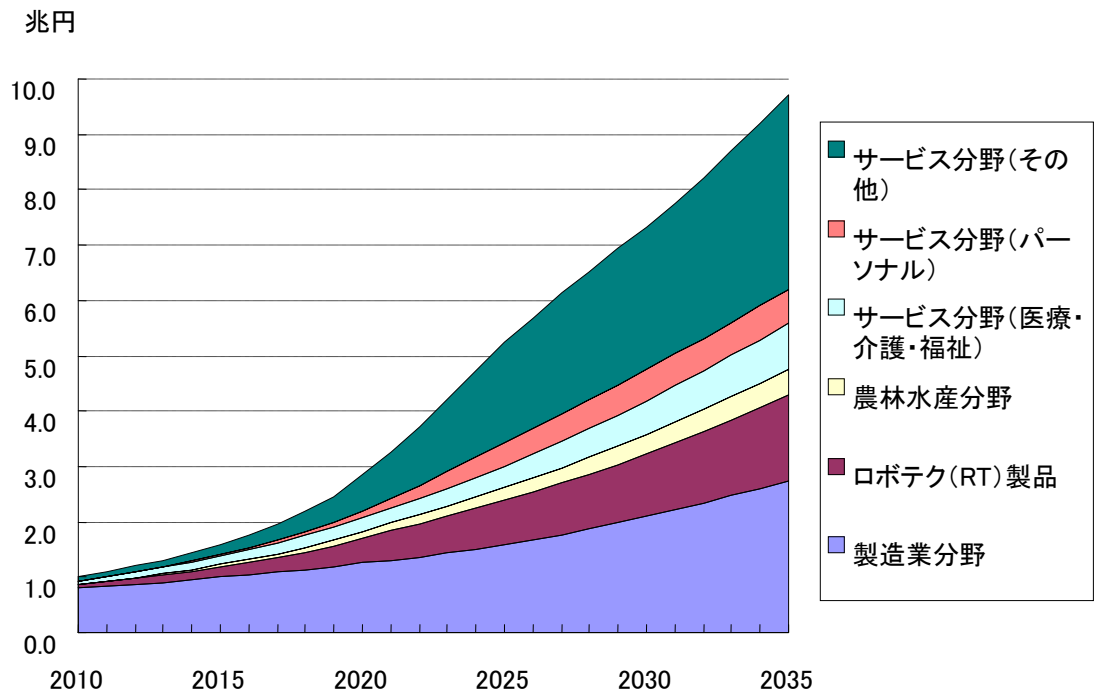


図7 ロボット産業の市場推移の予測

● 特許論文リスト

研究開発項目① 「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

【日本自動車研究所、産業技術総合研究所、労働安全衛生総合研究所、国立大学法人名古屋大学、日本品質保証機構、日本認証、日本ロボット工業会、財団法人製造科学技術センター】

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	名古屋大学	特願 2011-54873	国内	2011.3.12	出願	電磁ブレーキおよび制御方法	山田陽滋、橋口賢
2	日本認証・山田陽滋	特願 2011-147706	国内	2011.7.1	出願	安全度水準評価支援装置	丹羽邦幸

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者（所属）	タイトル	発表先、掲載誌名等	査読	発表年月
1	尾暮拓也(産業技術総合研究所)、山田陽滋(名古屋大学)	生活支援ロボットの安全性に関する国際標準化活動	第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集 DVD-ROM 発表番号 1B2-2	無	2010.9
2	池田博康(労働安全衛生総合研究所)、丹羽邦幸(日本認証)、清水雄一郎(日本品質保証機構)	生活支援ロボットの安全設計コンセプト検証の試み	第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集 DVD-ROM 発表番号 1B2-3	無	2010.9
3	水口大知(産業技術総合研究所)	生活支援ロボットの機能安全対応について	第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集 DVD-ROM 発表番号 1B2-4	無	2010.9
4	藤川達夫(日本自動車研究所)、松本治(産業技術総合研究所)、山田陽滋(名古屋大学)、池田博康(労働安全衛生総合研究所)	生活支援ロボットの安全性検証試験方法の開発	第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集 DVD-ROM 発表番号 1B2-5	無	2010.9
5	清水雄一郎、浅田純男、榎山哲郎、神賀誠(日本品質保証機構)	製品の適合性評価の概要	第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集 DVD-ROM 発表番号 1B2-6	無	2010.9
6	加藤雅弘、間野隆久、宮下朋子(製造科学技術センター)、松下俊夫(日本ロボット工業会)	生活支援ロボット関連の法律と制度の調査	第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集 DVD-ROM 発表番号 1B2-7	無	2010.9
7	岡部康平、池田博康(労働安全衛生総合研究所)	人間共存型ロボットにおける安全設計課題の論理解析	計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 講演番号 3D2-4	無	2010.11
8	伊藤浩治、山田陽滋、大西惟史、小田士朗、原進、岡本正吾(名古屋大学)	下肢用人間装着型ロボットの安全性評価試験方法に関する研究 第1報:膝ジョイント連動並進機構を有するダミーの提案	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011 講演番号 2A1-A04	無	2011.5
9	丹羽邦幸(日本認証)	FMEDA によるハードウェア機能安全の SIL 評価支援ソフトウェアの研究開発	日本機械学会安全工学シンポジウム 2011	無	2011.7
10	清水雄一郎、浅田純男、榎山哲郎、神賀誠(日本品質保証機構)	生活支援ロボットの開発におけるマネジメントシステムの構築と第三者評価の意義と有効性	日本機械学会安全工学シンポジウム 2011	無	2011.7
11	岡部康平、池田博康、齋藤剛、	リスクアセスメントに基づ	日本機械学会安全工学シン	無	2011.7

	村上真之(労働安全衛生総合研 究所)	く生活支援ロボットの安全 設計に関する考察	ポジウム 2011		
--	-----------------------	--------------------------	-----------	--	--

研究開発項目② 「安全技術を導入した移動作業型（操縦が中心）生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した移乗・移動支援ロボットシステムの開発」

【実施者：パナソニック株式会社、国立障害者リハビリテーションセンター】

1) 特許

番号	出願者	出願番号	国内外	出願日	状態	名 称	発明者
1	パナソニック株式会社	特願 2010-234308	国内	2010/10/19	出願	電動車両およびその制御方法	久米洋平 他
2	パナソニック株式会社	特願 2010-234309	国内	2010/10/19	出願	全方向移動型電動車両およびその制御方法	久米洋平 他
3	パナソニック株式会社	特願 2010-234325	国内	2010/10/19	出願	接触検知センサおよび駆動装置および介護用ベッド	塚田将平 他
4	パナソニック株式会社	特願 2010-256560	国内	2010/11/17	出願	接触検知センサ、可動部およびベッド	塚田将平 他
5	パナソニック株式会社	意願 2011-006649	国内	2011/3/24	出願	信号表示機	岡本球夫 他
6	パナソニック株式会社	意願 2011-006650	国内	2011/3/24	出願	信号表示機	岡本球夫 他
7	パナソニック株式会社	意願 2011-006651	国内	2011/3/24	出願	信号表示機	岡本球夫 他
8	パナソニック株式会社	-	国内	出願申請中 (2011)	出願	衝突防止システム	岡本球夫 他
9	パナソニック株式会社	-	国内	出願申請中 (2011)	出願	衝突防止システム	岡本球夫 他

2) 論文

番号	発表者	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	久米洋平、河上日出生、塚田将平、中村徹（パナソニック株式会社）	ロボティックベッドの開発	自動車技術、Vol.64, No.5, p.31-34	無	2010
2	久米洋平、河上日出生（パナソニック株式会社）	自立した生活を支援するロボティックベッドの制御技術	パナソニックテクニカルジャーナル、Vol.56 No.3, p.32-34	無	2010

3) 研究発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	発表先	発表年
1	本田幸夫	パナソニック株式会社	高齢化社会を支える生活支援ロボット	パワーエレクトロニクスアプリケーションフォーラム2009 基調講演	2009/10/30
2	本田幸夫	パナソニック株式会社	パナソニックにおけるロボット事業の取り組み	ロボット産業創出国際ワークショップ	2009/11/6
3	本田幸夫	パナソニック株式会社	生活支援ロボット（健康、リハビリ、医療、高齢者支援）への取り組み	2009国際ロボット展 併催特別セミナー	2009/11/26
4	河上日出生	パナソニック株式会社	自立／介護支援ロボット「ロボティック	東大阪福祉用具展示会 オープニング講	2010/1/27

			ベッド」の紹介	演	
5	河上日出生	パナソニック株式会社	自立／介護支援ロボット「ロボティックベッド」の開発取組み	第2回人間支援ロボットの開発プロセスに関する勉強会」講演	2010/1/31
6	小林昌市	パナソニック株式会社	ロボット技術が支える少子高齢化社会	ロボティクスフォーラム2010	2010/3/14
7	本田幸夫	パナソニック株式会社	高齢化社会に挑戦するパナソニックのロボット事業	組み込み総合技術展 関西	2010/6/18
8	本田幸夫	パナソニック株式会社	超高齢社会に挑戦するパナソニックのロボット事業	介護・福祉ロボット開発・普及支援プロジェクト検討会	2010/9
9	本田幸夫、河上日出生、久米洋平	パナソニック株式会社	The Proposal of Bed-Shaped Robot Transformable into Wheelchair to Support People with Limited Mobility to Lead Independent Life	第49回日本生体医工学会大会	2010
10	中村美緒、崎山美和、硯川潤、井上剛伸（国リハ）、塚田将平、久米洋平、岡本球夫、河上日出生（パナソニック）	国立障害者リハビリテーションセンター研究所、パナソニック株式会社	リハ専門職を対象とした試用試験による「ロボティックベッド」の実用可能性評価	第25回リハ工カンファレンス講演会	2010
11	久米洋平、河上日出生、塚田将平、中村徹	パナソニック株式会社	ロボティックベッドの自動制御	(社)計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会	2010/12/24
12	本田幸夫	パナソニック株式会社	パナソニックの医療福祉分野での戦略	ロボラボトークセッション	2011/2/23
13	Tamao Okamoto	Panasonic Corporation	Analysis of Human Behavior and Collision Risks at An Indoor Crossroad to Prevent Broadside Collisions	IARP Workshop on The Role of Robotics in Assisted Living, Seoul, Korea	2011/6/7
14	岡本球夫（パナソニック）、山田陽滋（名古屋大）	パナソニック株式会社、名古屋大学	屋内交差通路における出会い頭の事故防止に向けた人の行動特性と衝突リスクの分析	安全工学シンポジウム2011	2011/7/7
15	中村美緒、硯川潤（国リハ）、塚田将平、久米洋平、河上日出生（パナソニック）、井上剛伸（国リハ）	国立障害者リハビリテーションセンター研究所、パナソニック株式会社	福祉機器開発における臨床評価手法の提案	バイオメカニズム学会	2011/7/27

4) 新聞・雑誌等への掲載

番号	発表先／タイトル	備考	発表年
1	パナソニックニュースリリース／「ロボティックベッドを開発」	http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/jn090918-1/jn090918-1	2009/9/18
2	パナソニックHP「くらし発見マガジニスム（イズム）」	http://panasonic.co.jp/ism/robot/index.html	-

3	パナソニックHP「Human File～開発ストーリー」	http://panasonic.co.jp/humanfile/200911robotic/	-
4	読売新聞	2009/12/3 夕刊7面に掲載	2009/12/3
5	経済産業ジャーナル	2010/1-2月号	2010/1
6	福祉介護機器テクノプラス	2010/1月号 58頁に掲載	2010/1
7	Tomoniile	2010/1-2月号 19頁に掲載	2010/1
8	ドーモ	2010/1月号 16頁に掲載	2010/1
9	プレジデント	2010/2/1号 110頁に掲載	2010/2/1
10	日経ビジネス	2010/3/29号 24,25頁に掲載	2010/3/29
11	「ニュースアンカー」特集「ターゲットはシルバー」～シルバー層向け生活支援ロボットの開発が進む	関西テレビ	2010/4/13
12	介護/ヒューマン・インタラクティブ/アシストロボットの取組み	オランダ国営放送NOS	2010/7
13	ニュースフライデー「介護ロボットの可能性」	テレビ神奈川	2010/7/2
14	時事潮流:「サービスロボ、介護・福祉現場支援～官民連携」	日刊工業新聞	2010/7/15
15	ワールドビジネスサテライト 特集「“民”主導の新成長戦略～高齢化社会」	テレビ東京	2010/7/22
16	ズームインスーパー 特集「福祉・医療の最先端」	読売テレビ	2010/12/6
17	NHKニュースウオッチ9 特集「ジャパンシンドローム」～ロボット技術実用化に壁	NHK	2011/1/11
18	NHKクローズアップ現代「高齢化先進国の強みを生かせ」	NHK	2011/6/8

5) 展示会への出展

番号	発表先/タイトル	備考	発表年
1	国際福祉機器展出展 H.C.R.2009	パナソニックブース出展	2009/9/29-2009/10/1
2	APEC/JAPAN EXPERIENCE	http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/apec/2010/japan_experience/index.html	2010/11/6-2010/11/14
3	日豪国際フォーラム in KOBE	http://www.nolift.jp/forum/index2011.php	2011/2/5
4	第28回日本医学会総会 (WEB展示)	http://www.isoukai2011.jp/	2011/6-

**研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した生活公共空間及びビルの移動作業型ロボットシステムの開発」
【富士重工業株式会社】**

【特許】

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

番号	出願番号	国内 外国 PCT ※	出願日	状態	名 称	発明者
1	特願 2009-220354	国内	H21 年 9 月 25 日	公開	自律走行ロボット及び自律走行ロボットの制御システム	青山元 石川和良
2	特願 2009-223828	国内	H21 年 9 月 29 日	公開	自律走行ロボット及び自律走行ロボットの制御システム	青山元 石田真吾
3	特開 2009-244107	国内	H21 年 10 月 23 日	公開	サイドブラシ装置を備えた自走式清掃ロボット	青山元 石川和良 西原逸夫
4	特願 2009-244108	国内	H21 年 10 月 23 日	公開	自律走行ロボット及び自律走行ロボットの制御システム	青山元

【論文（査読付）】

番号	発表者	タイトル	発表誌名	査読	発表年月日
1	関淳也 青山元 石川和良 石村左緒里 和田迫鉄矢 足立佳儀 薩見雄一 横田和隆 尾崎功一 山本純雄	視覚によるライトレースと磁気タグの併用による走行制御を用いた搬送ロボット開発	日本ロボット学会誌 Vol. 27 No. 2	有	H21 年 10 月
2	足立佳儀 青山元 石川和良 石村左緒里 薩見雄一 横田和隆 尾崎功一	農業用薬液注入ロボットの開発	日本ロボット学会誌 Vol. 28 No. 7	有	H22 年 9 月
3	足立佳儀 青山元 石川和良 関淳也 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美 横田和隆	農業用薬液注入ロボットの開発【第2報】試作2号機の開発と圃場を傷めない走行手法の実現	日本ロボット学会誌 Vol. 29 No. 7 or 8 (掲載予定)	有	H23 年 9 月 or 10 月
4	薩見雄一 青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 高橋朝美 横田和隆	トイレ用小型清掃ロボットの開発	日本ロボット学会誌 Vol. 29 No. 7 or 8 (掲載予定)	有	H23 年 9 月 or 10 月

【研究発表・講演】

番号	発表者	タイトル	講演会名称	発表年月日
1	青山元 石川和良 足立佳儀 石村左緒里 関淳也 薩見雄一	富士重工業のロボット開発のついて	第 27 回日本ロボット学会学術講演会	H21 年 9 月 15 日
2	青山元 石川和良 足立佳儀 石村左緒里 関淳也 薩見雄一 近藤雅人	清掃ロボットにおける安全設計	第 27 回日本ロボット学会学術講演会	H21 年 9 月 15 日

3	青山元	サービスロボットの事業化	日本大学 学生企業家育成プログラム 第4回学生ビジネスプラン コンテスト記念講演会	H21年 11月4日
4	青山元 山崎諒 鳥取祐太郎 斉藤要 石川和良 足立佳儀 関淳也 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美	富士重工業のロボット安全	第28回日本ロボット 学会学術講演会	H22年 9月22日
5	青山元 石川和良 足立佳儀 関淳也 石村左緒里 薩見雄 一 高橋朝美 西原逸夫 雫貞雄 高藤宏一 伊澤祥一	サービスロボットの 事業化	第28回日本ロボット 学会学術講演会	H22年 9月22日
6	石川和良 足立佳儀 関淳也 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美 西原逸夫 雫貞雄 高藤宏一 伊澤祥一	富士重工業のロボット開発に ついて	第28回日本ロボット 学会学術講演会	H22年 9月23日
7	足立佳儀 石川和良 青山元 関淳也 石村左緒里 薩見雄 一 高橋朝美 西原逸夫 雫貞雄 伊澤祥一 岩永隆弥	ロボットによる 土壌消毒システムの研究	第28回日本ロボット 学会学術講演会	H22年 9月23日
8	足立佳儀 石川和良 青山元 関淳也 石村左緒里 薩見雄 一 高橋朝美 西原逸夫 雫貞雄 高藤宏一 伊澤祥一 岩永隆弥 山崎諒	農業用薬液注入 ロボット2号機の開発	第28回日本ロボット 学会学術講演会	H22年 9月23日
9	石村左緒里 石川和 良 青山元 足立佳 儀 関淳也 薩見雄一 雫貞雄 伊澤祥一 井上弘毅 岩永隆弥 安藤伸樹 櫻内昌雄 矢野健太郎 三井禎 浩 伊澤勇八 津々木敬 二 山口将也 舟津新一 石川信弘 宮田敏紀 手塚博康	専用部小型清掃ロボットの 開発	第28回日本ロボット 学会学術講演会	H22年 9月24日
10	薩見雄一 石川和良 足立佳儀 関淳也 石村左緒里 西原逸 夫 雫貞雄 伊澤祥一 猪熊康夫 相馬隆治 新宅昭文 左藤元彦 梶田大介 青山元 鳥取祐太郎	お手洗い用 小型清掃ロボットの開発	第28回日本ロボット 学会学術講演会	H22年 9月24日
11	関淳也 石川和良	複数の連結式搬送ロボットに	第28回日本ロボット	H22年

	石村左緒里 足立佳儀 薩見雄一 西原逸夫 雫貞雄 伊澤祥一 間野日出男 熊谷昇一 吉森環 川上亨 箕輪義男 青山元 石橋達也	よる医薬品搬送システムの 開発	学会学術講演会	9月24日
12	石川和良 西原逸夫 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄一 雫貞雄 伊澤祥一 青山元	ビルのロボット 清掃システムの展開	第28回日本ロボット学会学術 講演会	H22年 9月24日
13	青山元 山崎諒 鳥取裕太郎 齋藤要 石川和良 石村左緒 里 関淳也 薩見雄一 足立佳儀 高橋朝美	富士重工業のロボット安全	第28回日本ロボット学会学術 講演会	H22年 9月24日
14	青山元 石川和良	サービスロボットの市場の 動向と今後のロボット開発 ～お客様目線の“役に立つ” サービスロボット開発史～	農業 RT 研究セミナー	H22年 10月25日
15	青山元	ビルの清掃ロボットシステム	先端科学研究所協会講演会	H23年 1月19日
16	青山元 石川和良	農業ロボットの ビジネスモデル (薬液注入ロボットの開発と 生産現場への導入)	平成22年度園芸用ロボット実 用化推進事業実用化 検討会	H23年 2月24日
17	足立佳儀 青山元 石川和良 関淳也 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美 横田和隆	土壌消毒ロボットシステムの 実用化	第16回ロボティクス・シンポ ジア	H23年 3月15日
18	青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美	農業用薬液注入ロボットの 実用化	ロボティクス・メカトロニク ス講演会 2011	H23年 5月27日
19	青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美	専用部小型清掃ロボットの 実用化	ロボティクス・メカトロニク ス講演会 2011	H23年 5月27日
20	青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美	トイレ用小型清掃ロボットの 実用化	ロボティクス・メカトロニク ス講演会 2011	H23年 5月27日
21	青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美	自動車運搬船清掃ロボットの 開発	ロボティクス・メカトロニク ス講演会 2011	H23年 5月27日
22	青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀	ロボットによるビルの清掃 システムと安全	ロボティクス・メカトロニク ス講演会 2011	H23年 5月28日

	石村左緒里 薩見雄一 高橋朝美			
23	青山元 石川和良 矢内重章 濱田彰一 向殿政男	ロボットのエレベータ乗降の 検査方針	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
24	石村左緒里 青山元 石川和良 関淳也 薩見雄一 足立佳儀 高橋朝美 西原逸男 高藤宏一 伊澤祥一 雫貞夫 岩永隆弥 荒井浩二	富士重工業のロボット	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
25	薩見雄一 青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒 里 高橋朝美	小型清掃ロボットの 中規模オフィスビルへの導入	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
26	石村左緒里 青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 薩見雄一 高橋朝美	自動車運搬船内用 清掃ロボットの開発	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
27	足立佳儀 青山元 石川和良 関淳也 石村左緒里 薩見雄 一	土壌消毒ロボットシステム の実用化	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
28	青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄 一 高橋朝美	生活支援ロボット実用化 プロジェクト—安全技術を導入 した生活公共空間及びビルの 移動作業型ロボットシステム—	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
29	青山元 石川和良 関淳也 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄 一 高橋朝美	生活支援ロボット実用化 プロジェクト—リスクアセス メントの開発成果—	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
30	関淳也 青山元 石川和良 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄 一 高橋朝美	生活支援ロボット実用化 プロジェクト 清掃ロボットの安全性検証試 験	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日
31	関淳也 青山元 石川和良 足立佳儀 石村左緒里 薩見雄 一 高橋朝美	生活支援ロボット実用化 プロジェクト 清掃ロボットの安全性検証試 験 第 2 報 (機械系)	第 29 回日本ロボット 学会学術講演会(講演予定)	H23 年 9 月 7 日

【受賞実績】

番号	受賞名	受賞題名	主催者	受賞年月
1	第 1 回 ロボット活用社会貢献賞	サービスロボットの事業化 およびビジネスモデルの確立	日本ロボット学 会	H21 年 9 月
2	日本機械学会賞(技術)	ロボットによるビルの清掃システム	日本機械学会	H22 年 4 月
3	日本機械学会 昧`テイクスマカトロクス部門 技術業績賞	専用部小型清掃ロボット	日本機械学会	H22 年 6 月

【プレス発表等】

番号	内容	発行	発表年月日
1	生活支援ロボット実用化プロジェクト	日刊工業新聞社	H21年7月6日
2	経産省とNEDO 生活支援ロボに安全基準づくり	日本経済産業新聞	H21年8月4日
3	生活支援ロボ製品化後押し	フジサンケイビジネスアイ	H21年8月4日
4	ロボット大国 日本アピール	毎日新聞	H21年8月4日
5	生活支援ロボ実用化へ安全基準づくり	産経新聞	H21年8月4日
6	生活支援ロボの安全性 検証プロジェクト始動	日刊工業新聞	H21年8月4日
7	富士重工における「ロボットの安全」の考え方	日本経済産業新聞	H21年9月25日
8	梱包向け搬送ロボットシステム	日本経済新聞	H21年10月21日
9	梱包向け搬送ロボットシステム	日刊工業新聞	H21年10月26日
10	走行プログラム自動生成システム	日刊工業新聞	H21年11月23日
11	オフィスビル向け清掃ロボット	日刊工業新聞	H21年11月25日
12	オフィスビル向け清掃ロボット	日経産業新聞	H21年11月25日
13	オフィスビル向け清掃ロボット	日本経済新聞	H21年11月26日
14	オフィスビル向け清掃ロボット	フジサンケイビジメスアイ	H21年11月26日
15	オフィスビル向け清掃ロボット	日刊自動車新聞	H21年11月30日
16	トイレ施設用清掃ロボットシステム	プレスリリース	H22年3月30日
17	トイレ施設用清掃ロボットシステム	日本経済新聞	H22年3月31日
18	トイレ施設用清掃ロボットシステム	日本経済産業新聞	H22年3月31日
19	トイレ施設用清掃ロボットシステム	読売新聞	H22年3月31日
20	トイレ施設用清掃ロボットシステム	日刊工業新聞	H22年3月31日
21	トイレ施設用清掃ロボットシステム	朝日新聞	H22年3月31日
22	トイレ施設用清掃ロボットシステム	産経新聞	H22年3月31日
23	トイレ施設用清掃ロボットシステム	上毛新聞	H22年3月31日
24	トイレ施設用清掃ロボットシステム	フジサンケイビジネスアイ	H22年3月31日
25	お手洗い自動清掃ロボットの上海万博出展 及びプレス発表について	プレスリリース	H22年4月21日
26	上海万博「暮らしを豊かにするロボットたち」	NEDO プレスリリース	H22年4月26日
27	上海万博でアピール	日刊工業新聞	H22年4月28日
28	安全安心な清掃ロボットとEMC	科学技術出版「EMC」	H22年7月5日
29	オフィスをきれいにする「清掃ロボットシステム」	経済産業新報	H22年8月10日
30	富士重が清掃ロボ オフィスの複雑な経路走行	日刊工業新聞	H22年9月21日
31	サービスロボ市場 専用部向け 新成長に道	日刊工業新聞	H22年10月7日
32	日本のロボ研究、岐路に ヒト型より実用重視を	日経産業新聞	H22年10月13日
33	農業用薬液注入ロボット試作2号機の開発	(社)フルードパワー工業会 機関誌「フルードパワー」	H22年10月19日
34	清掃ロボで事業拡大	日刊工業新聞	H22年10月21日
35	ロボットを通して考える科学技術と私の付き合い方	ベネッセホールディングス 「高2 受験 Challenge」	H22年12月1日
36	安全性試験	朝日新聞	H22年12月28日
37	生活支援ロボットの安全技術の展望 ー上海国際博覧会への展示を通してー	日本機械学会関東支部 「メカトップ関東」	H23年1月5日

【展示会】

番号	内容	展示会名	年月日
1	オフィスビル共用部清掃ロボット、 専用部清掃ロボット、連結式搬送ロボッ ト、 薬液注入ロボットの展示及びデモ走行	2009 国際ロボット展	H21年11月25日 ～28日
2	オフィスビル共用部清掃ロボット、 専用部清掃ロボット、トイレ用清掃ロボッ ト の展示及びデモ走行	上海万博	H22年5月19日 ～23日
3	オフィスビル共用部清掃ロボットの展示	日本の先端科学技術の紹介 ー日本機械学会賞（技術）、	H22年7月27日 ～8月9日

		優秀製品賞、認定機械遺産の紹介 —	
4	薬液注入口ロボットの展示	深谷市産業祭	H22年10月9日 ～10日
5	トイレ用清掃ロボットの展示及びデモ走行	リブライトフェア 2010	H22年10月20日 ～21日
6	トイレ用清掃ロボットの展示及びデモ走行	ハイウェイテクノフェア 2010	H22年11月11日 ～12日
7	オフィスビル共用部清掃ロボット、 専用部清掃ロボットの展示	先端技術館@TEPIA 平成23年度展示	H23年4月8日 ～9月30日
8	オフィスビル共用部清掃ロボット、 専用部清掃ロボット、 薬液注入口ロボットの展示及びデモ走行	2011 国際ロボット展 (出展予定)	H23年11月9日 ～12日

研究開発項目③「安全技術を導入した移動作業型（自律が中心）生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した警備ロボットシステムの開発」

【総合警備保障株式会社、北陽電機株式会社、三菱電機特機システム株式会社】

< 対外発表 >

NO	年月日	講演会名	タイトル
1	平成22年11月12日	サービスロボットの安全性に関するセミナー	ALSOKにおける警備・案内ロボットのご紹介
2	平成22年12月20日	機能安全に関する技術交流会・後期	コンポーネント機器の機能安全認証について
3	平成23年 4月25日	サービスロボットの安全性に関するセミナー	ALSOKにおける警備・案内ロボットのご紹介

< 文献掲載 >

自動車技術 vol.64/2010年 05月号/特集「ロボットのある暮らし」

(株)オーム社 ロボコンマガジン 2010年7月号 (P12~13: サービスロボットの安全に迫る)

研究開発項目④「安全技術を導入した人間装着(密着)型生活支援ロボットの開発、安全技術を導入した人間装着型生活支援ロボットスーツ HAL の開発」

【CYBERDYNE (株)、筑波大学】

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	筑波大学	PCT/JP2009/66364	PCT	2009/09/18	出願	装着式動作補助装置のフレーム構造	山海嘉之
2	筑波大学	PCT/JP2009/65825	PCT	2009/09/10	出願	生体信号計測装着具及び装着式動作補助装置	山海嘉之
3	筑波大学	特願 2010-181601	国内	2010/08/16	出願	装着式動作補助装置のキャリアレーション装置、及びキャリアレーション用プログラム	山海嘉之
4	CYBERDYNE (株)	特願 2010-290769	国内	2010/12/27	出願	装着式動作補助装置、そのインターフェース装置およびプログラム	田中博志
5	筑波大学 / CYBERDYNE (株)	特願 2011-045318	国内	2011/03/02	出願	歩行訓練装置及び歩行訓練システム	山海嘉之 / 林知広

(H23.3.31 現在)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	Tomoyoshi Kawabata, Hozumi Satoh and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Working Posture Control of Robot Suit HAL for Reducing Structural Stress	Proc. of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Guilin, China, pp. 2013-2018	有	2009

2	Takeru Sakurai and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Development of Motion Instruction System with Interactive Robot Suit HAL (Finalist for Best Student Paper Award 受賞)	Proc. of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Guilin, China, pp.1141-1147	有	2009
3	Masahiro Shingu, Kiyoshi Eguchi, and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Substitution of Motor Function of Polio Survivors Who Have Permanent Paralysis of Limbs by Using Cybernic Voluntary Control,	Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2009), Guilin, Guangxi, China, pp.504-509	有	2009
4	Masahiro Shingu, and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Development of Foot Pressure Feedback System with Functional Electrical Stimulation for Robot Suit HAL	Proc. of 14th Annual Conference of the International FES Society, Seoul, Korea, pp.76-77	有	2009
5	Hozumi Satoh, Tomoyoshi Kawabata and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Bathing care assistance with Robot Suit HAL” , Robotics and Biomimetics	Proc. of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Guilin, China, pp.498-503	有	2009
6	Eguchi K, Kawamoto H, Hayashi T, Sankai Y, Yoshida T, Shimizu T, Ochiai N:	University of Tsukuba	Use of a wearable robot – the hybrid assistive Limb – to assist walking in a stroke patient” : a case report	Proceedings of the 5th world congress of the ISPRM, pp.27-29	有	2009
7	Hiroaki Kawamoto, Tomohiro Hayashi, Takeru Sakurai, Kiyoshi Eguchi and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Development of Single Leg Version of HAL for Hemiplegia	Proc. of 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS, Minneapolis, Minnesota, USA, 1-6, Sept., 2009, pp. 5038-5043	有	2009
8	Atsushi Tsukahara, Yasuhisa Hasegawa and Yoshiyuki Sankai	Univesity of Tsukuba	Standing-Up Motion Support for Paraplegic Patient with Robot Suit HAL	Proc. of the 2009 IEEE 11th Int'l Conf. on Rehabilitation Robotics (ICORR 2009), pp. 211-217	有	2009
9	新宮正弘, 江口清, 山海嘉之	筑波大学	バイオフィードバックを用いたポリオ経験者の筋神経系制御能力の改善とロボットスーツ HAL による麻痺肢動作支援	日本機械学会誌 (C編), 76 巻, 772 号, pp. 3630-3639	有	2010

10	Atsushi Tsukahara, Ryota Kawanishi, Yasuhisa Hasegawa and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Sit-To-Stand and Stand-To-Sit Transfer Support for Complete Paraplegic Patients with Robot Suit HAL	Advanced Robotics, Vol.24, No. 11, pp. 1615-1638, 2010	有	2010
11	佐藤帆紡, 川畑共良, 田中文英, 山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツ HAL による移乗介助動作の支援	日本機械学会誌 (C編)76 巻, 762 号, pp. 227-235, 2010	有	2010
12	Hiromasa Hara and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Development of HAL for Lumber Support	Proc. of Joint 5th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 11th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2010), pp. 416-421	有	2010
13	Kousuke Hiramatsu and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Development of Manipulation System with Cybernic Master Arm based on BES	Proc. of Joint 5th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 11th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2010), pp. 422-427	有	2010
14	Hiroaki Kawamoto, Stefan Taal, Hafid Niniss, Tomohiro Hayashi, Kiyotaka Kamibayashi, Kiyoshi Eguchi, and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba, CYBERDYNE	Voluntary Motion Support Control of Robot Suit HAL Triggered by Bioelectrical Signal for Hemiplegia	Proc. of 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS, Minneapolis, Buenos Aires, Argentina, 31 Aug. - 4 Sept., 2010, pp. 462-466	有	2010
15	Stefan Taal and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Practical Design of Full Body Exoskeletons	International Conference on Biomedical Electronics and Devices (BIODEVICES 2010) January 20-23, 2010, Valencia, Spain	有	2010
16	長谷部浩二, 河本浩明, 上林清孝, 松下明, 山海嘉之	筑波大学	段階的な臨床試験プロセスによる人支援型ロボット開発の提案	日本ロボット学会誌, vol.29 (3), pp. 14-18	有	2011

17	山田 陽滋, 山海嘉之, 河本浩明, 李秀雄, 鍋島厚太	筑波大学, サイバーダイナ	パワーアシスト機器の安全	日本機械学会誌, 114巻 1106号, pp.45-48	有	2011
18	林 知広, 岩月幸一, 山海嘉之	CYBERYNE 株式会社	神経・筋活動の制御に支障がある重度対麻痺患者の脚上げ意思推定と歩行アシスト	日本機械学会論文集 C編, Vol. 77, No. 774, pp.439-449	有	2011
19	Stefan Taal and Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Exoskeletal Spine and Shoulder Girdle for Full Body Exoskeletons with Human Versatility	International Conference on Robotics and Automation ICRA2011, Shanghai, China, May 9-13	有	2011

(H23.3.31 現在)

【口頭発表】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	長谷部浩二, 河本浩明, 松下明, 上林清孝, 山海嘉之	筑波大学	治験のプロセスを基にした人支援技術開発のための実験プロトコルの策定法	第7回生活支援工学系学会連合大会, pp.132-133	無	2009
2	松下明, 長谷部浩二, 河本浩明, 上林清孝, 山海嘉之, 松村明	筑波大学	医工連携による機器開発のための実験プロトコルの策定法 -ロボットによる人支援技術を中心に-	社団法人日本脳神経外科学会 第68回学術総会	無	2009
3	河本浩明, 長谷部浩二, 上林清孝, 松下明, 山海嘉之	筑波大学	人支援型ロボットの開発における段階的な臨床試験プロセスの提案	第28回日本ロボット学会学術講演会	無	2010
4	塚原淳, 長谷川泰久, 山海嘉之	筑波大学	意思推定機能を有する HAL による完全脊髄損傷患者のための歩行支援 -マネキンによる歩行実験-	第11回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI2010), pp. 291-294	無	2010
5	佐藤帆紡, 山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツ HAL による移乗介助動作支援時の装着者と介助動作対象者に関する基礎的主観評価	第28回日本ロボット学会学術講演会	無	2010
6	山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツ HAL 最前線	ロボットスーツ HAL 導入実践セミナー	無	2010
7	山海嘉之	筑波大学	健康長寿社会を支える最先端人支援技術 ~サイバニクスを駆使したロボットスーツ HAL 最前線~	第1回筑波大学研究成果発表フォーラム 2010	無	2010
8	山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツのある未来 -活力ある「健康長寿」社会へ	International Forum on Cybernics/サイバニクス国際フォーラム 2011	無	2011
9	山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツのある未来! 最先端人支援・技術が創る健康長寿社会	FIRST 最先端サイバニクス 一般シンポジウム	無	2011

(H23.3.31 現在)

【招待講演・特別講演・基調講演】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
----	-----	----	------	------------	----	-----

1	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	ロボットスーツにかける夢・情熱・人を思いやる心～人間を幸せにする未来技術へ～	第26回全国都市おかやまフェア花だより 2009～みらいへ～	招待講演	2009.4.29
2	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba, Cyberdyne	Cybernetics and The latest technology for promoting ambulation: Experience with the Hybrid Assistive Limb	the 5th World Congress of the ISPRM	Plenary talk	2009.6.15
3	山海嘉之	筑波大学	Cybernetics: その現状と未来	第23回人工知能学会全国大会	招待講演	2009.6.18
4	山海嘉之	筑波大学	人体密着型ロボットスーツ「HAL」	動力エネルギー技術シンポジウム	特別講演	2009.6.29
5	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	HAL 事業化の取り組み	つくばロボットフォーラム	基調講演	2009.7.9
6	山海嘉之	筑波大学	サイバニクスを駆使したロボットフォーラム HAL	第25回ファジィシステムシンポジウム	招待講演	2009.7.15
7	山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツ HAL	ポリオの会定例会	招待講演	2009.7.18
8	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba, Cyberdyne	Robot Suit HAL based on Cybernetics and Future challenges	The International Conference on Intelligent Robotic Technology and Business Taipei International Robot Show	Invited Speech	2009.8.6
9	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	ロボットスーツ「HAL 福祉用」について	平成21年度第2回ロボットテクノロジービジネス講演会	招待講演	2009.9.4
10	山海嘉之	筑波大学	夢を現実に～ロボットスーツ HAL の開発とこれからの医療介護への展開	第4回岩手県立中央病院総合学会	特別講演	2009.9.5
11	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	ロボットデザイン考現学2	ジャパンロボットフェスティバル 2009 in TOYAMA	招待講演	2009.9.26
12	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Robotics and Humans	The Science and Technology in Society (STS) forum 2009 Sixth Annual Meeting	Invited speech	2009.10.5
13	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba, Cyberdyne	Cybernetics-based Solutions for the Ageing Society	Ageing in Place & Age Friendly Cities	Keynote Speech	2009.10.10
14	山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツ「HAL」によるリハビリテーション	社団法人日本脳神経外科学会 第68回学術総会	招待講演	2009.10.15
15	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	ロボットスーツ HAL にかける思い	第42回 VE 全国大会	特別講演	2009.10.27
16	山海嘉之	筑波大学	サイバニクスを駆使した未来開拓最前線	国際人工知能およびロボットシンポジウム2009名古屋	招待講演	2009.10.30
17	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Recent advances of Cybernetics and collaboration	WSK-TNg Summer School in Autumn 2009	Invited talk	2009.11.3
18	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	HAL 事業化の取り組み	産業交流展 2009	招待講演	2009.11.4
19	山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツの基礎研究と臨床応用	第24回日本整形外科学会 基礎学術集会	教育研修講演	2009.11.5
20	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	HAL 事業化への取り組みと未来開拓への挑戦	コラボさいたま 2009	特別講演	2009.11.6
21	山海嘉之	筑波大学	保健医療福祉分野におけるサイバニクスの最前線とその展開	第48回全国自治体病院学会	特別講演	2009.11.13
22	山海嘉之	筑波大学	健康長寿社会を支えるサイバニクス人支援技術	第47回日本人工臓器学会大会	教育講演	2009.11.14

23	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba, Cyberdyne	Robot Suit HAL	Futuro Remoto 2009 - Robot e altre Storie	Invited Talk	2009.11.29
24	山海嘉之	University of Tsukuba, Cyberdyne	人に寄り添うロボットテクノロジー	第 17 回 サイエンスカフェ 岡山 2009	招待講演	2010.1.9
25	山海嘉之	University of Tsukuba, Cyberdyne	人に寄り添うロボットテクノロジー	科学講演会	招待講演	2010.1.10
26	山海嘉之	筑波大学	HAL の運動失調への応用	厚生労働省 運動失調症 班 ミニシンポジウム「小脳の機能と、その評価法を探る」	招待講演	2010.1.15
27	山海嘉之	筑波大学	未来の介護への提案～ロボットスーツのある時代へ～	社団法人岡山県介護福祉士会	招待講演	2010.5.8
28	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba, Cyberdyne	Robotics to suit you	TEDx Tokyo	招待講演	2010.5.15
29	山海嘉之	筑波大学	高齢化への多角的アプローチ	筑波大学ボン事務所開設 記念ワークショップ	特別講演	2010.5.20
30	山海嘉之	筑波大学	HAL の開発を通じたライフ イノベーションに向けた提言	平成 22 年度 産学官連携 推進会議 科学・技術フェスタ in 京都	招待講演	2010.6.5
31	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba, Cyberdyne	empower human capabilities	Orange Institute Tokyo international	Invited speech	2010.6.9
32	山海嘉之	筑波大学	「ロボットスーツ HAL」～ 脊髄外科患者への展開 “ Robot Suit HAL ”～	第 25 回日本脊髄外科学会	特別講演	2010.6.10
33	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	福祉介護ロボットの未来を語る	つくばロボットフォーラム2010 / ロボット研究会 地域討論会 in つくば	招待講演	2010.7.6
34	山海嘉之	筑波大学	ロボットスーツ HAL の開発と運動器リハビリテーションへの挑戦	第22回日本運動器リハビリテーション学会大会	特別講演	2010.7.10
35	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba,	Leading edge of Cybernics: Robotics to suit you	ISFA2010 (International Symposium on Flexible Automation)	Plenary Speech	2010.7.14
36	山海嘉之	筑波大学	サイバニクス最前線: ロボットスーツの医療福祉への応用と未来医療展開	広島記念病院創立 60 周年記念事業	招待講演	2010.8.7
37	山海嘉之	筑波大学	ひとにやさしいロボットテクノロジーの最先端	第10回レスキューロボットコンテスト	招待講演	2010.8.8
38	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Cybernics - fusion of human , machine and information systems	JSPS-NRCT seminar at Thailand research expo 2010	Invited Speech	2010.8.29
39	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Leading edge of Cybernics : Robotics that suit you	第 11 回国際自動制御連盟 IFAC Human-Machine Systems シンポジウム	Plenary Speech	2010.8.31
40	山海嘉之	筑波大学	リハビリ支援ロボット	日本臨床医療福祉学会	招待講演	2010.9.4
41	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Leading Edge of Cybernics: Robotics to suit you	International Conference on Playware and Robotics	Invited talk	2010.9.9
42	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	ロボットスーツにかける思い	第5回 尾花沢市中学生企業ふれあい学習会	招待講演	2010.10.8
43	山海嘉之	筑波大学, サイバーダイナ	ロボット開発への情熱 -未来を担う子どもたちへのメッセージ-	第 20 回全国産業教育フェア茨城大会	招待講演	2010.10.16

44	Yoshiyuki Sankai	University of Tsukuba	Robot Suit HAL (Hybrid Assistive Limb) and Cybernics Medicare System	IEEE IROS 2010	Plenary Speech	2010.10.21
45	山海嘉之	筑波大学	サイバニクスを駆使したロボットスーツ HAL 最前線	第 40 回日本臨床神経生理学会学術大会	特別講演	2010.11.2
46	山海嘉之	筑波大学	医療・労働安全・災害医療におけるサイバニクスケアの貢献ー現在と将来ー	第 58 回日本職業・災害医学会学術大会	招待講演	2010.11.6
47	山海嘉之	筑波大学	サイバニクス最前線:ロボットスーツ HAL の医療福祉への応用と未来医療への展開	第 56 回大分神経カンファレンス 冬期特別講演会	特別講演	2010.11.23
48	山海嘉之	筑波大学,サイバーダイ	福祉におけるロボット技術の活用ーロボットスーツ HAL の現状と未来ー	デンマーク福祉産業フォーラム	基調講演	2010.11.26
49	山海嘉之	筑波大学,サイバーダイ	「ロボット“未来”シンポジウム」～人を支援するロボットスーツ HAL～	第 4 回ロボット大賞	招待講演	2010.11.27
50	Yoshiyuki Sankai	筑波大学	Leading Edge of Cybernics and Promotion of Tsukuba-Edinburgh Project for the Future Challenges	筑波大学-エジンバラ大学合同シンポジウム	招待講演	2010.12.7
51	山海嘉之	筑波大学	サイバニクスを駆使したロボットスーツ HAL～高齢社会への応用～	筑波大学ボン事務所第 2 回ワークショップ	招待講演	2010.12.10
52	山海嘉之	筑波大学	～「夢」「情熱」「人を思いやる心」が未来開拓を加速する～	茗溪学園父母会	招待講演	2011.1.14
53	山海嘉之	筑波大学,サイバーダイ	ロボットスーツ HAL®の現状と将来展望～健康長寿社会を支える最先端人支援～	福祉系ロボットシンポジウム 2010	基調講演	2011.1.28
54	山海嘉之	筑波大学,サイバーダイ	ロボットスーツのある未来ーリハビリテーションへの貢献	「先進リハビリテーション・ケアセンターゆふいん」開設記念講演会	招待講演	2011.2.12
55	山海嘉之	筑波大学,サイバーダイ	ロボットスーツ HAL の現状と未来について	第2回健康ビジネスセミナー	招待講演	2011.3.23

(H23.3.31 現在)

【その他：メディア】

番号	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	発表年
1	筑波大学,サイバーダイ	ロボットスーツ HAL	To be yourself(手塚芳晴・手塚美和子著/有限会社ヴィーナズアソシエーション), p.107	2009.4.1
2	筑波大学,サイバーダイ	Robotic limbs may let the disabled walk	Exoskeleton The Morning Call, pp.1～2	2009.4.14
3	筑波大学,サイバーダイ	介護ロボット本格普及へ 重要性増す「人づくり」,	日刊工業新聞, p.23,	2009.4.23
4	筑波大学,サイバーダイ	今月の表紙 筑波大学大学院・サイバーダイ	月刊ニューメディア,表紙および p.4	2009 年 4 月号
5	筑波大学,サイバーダイ	筑波大学大学院 山海嘉之 教授 ロボット	Focus NEDO No.32, pp.6～8	2009 年 5 月

6	筑波大学,サイバーダイ ン	In Japan findet die Zukunft fruher statt	Swiss Economic Forum Magazin, p.24	2009年5月
7	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツ, 世の中が見えてくる 大 人の科学 110	永岡書店, pp.248~249	2009.5.10
8	筑波大学,サイバーダイ ン	筑波大学特別講義 ー大学と学問ー, HAL 開発 山海教授が講義	筑波大学新聞, p.1	2009.5.11
9	筑波大学,サイバーダイ ン	科学のふしぎたんけん なんでも調べ隊, 最新のロボットについて調べちゃおう	学研サイエンスキッズ	2009.5.18
10	筑波大学,サイバーダイ ン	Ritual way to human development : Shinto and Human Development in Japan	Religion and Human Development, p.8, p.25	2009年6月
11	筑波大学,サイバーダイ ン	高齢化等に対応した科学技術, 平成 21 年 度版 科学技術白書, 世界の大転換期を 乗り越える日本発の革新的科学技術を目 指して	文部科学省, p.48	2009.6.1
12	筑波大学,サイバーダイ ン	装着すれば誰でもパワーUP! 世界初の ロボットスーツ, 大学受験講座エンカレッジ 物理	株式会社ベネッセコーポレーション p. 52	2009年6月号
13	筑波大学,サイバーダイ ン	装着型ロボット HAL が描く未来図,	すごいぞ日本(産経新聞), pp.58~ 60	2009.6.20
14	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツ短期レンタル	日本経済新聞, p.15	2009.6.24
15	筑波大学,サイバーダイ ン	監督とサイバーダイ ン社代表が激論! コ ンピューターが反乱する日はやってくるの か!?	月刊シネコンウォーカー, p.21	2009年6月号
16	筑波大学,サイバーダイ ン	総合科学技術会議 web サイト「5分でわか る最新の科学技術」	総合科学技術会議,web	2009年6月
17	筑波大学,サイバーダイ ン	自立支援ロボットスーツ HAL	そよ風サロン夏号, p.16	2009年6月
18	筑波大学,サイバーダイ ン	Japan's future: robots in retirement homes ?	JETRO Geneva Newsletter (Issue 4)	2009年7月
19	筑波大学,サイバーダイ ン	特別インタビュー 橋本昌氏 茨城県知事	2010 上海 EXPO, p.41	2009年7月号
20	筑波大学,サイバーダイ ン	イノベーションの芽 育てられぬ日本 装 着型ロボ 普及のハードル高く	日経ネット Plus, web	2009.7.6
21	筑波大学,サイバーダイ ン	サイバーダイ ン ロボスーツ 初の輸出 福祉用をデンマークに	日本経済新聞, web	2009.7.8
22	筑波大学,サイバーダイ ン	サイバーダイ ン, ロボスーツを初輸出 福 祉用をデンマークに	NIKKEI NET,web	2009.7.8
23	筑波大学,サイバーダイ ン	高齢者の歩行支援用ロボスーツ 地元で 普及めざす	日本経済新聞, 茨城版	2009.7.9
24	筑波大学,サイバーダイ ン	サイバーダイ ン ロボスーツ病院に登場 阿見、県内導入第1号「足が楽に上がる」	日本経済新聞, p.41	2009.7.11

25	筑波大学,サイバーダイ ン	Research Projects for Promoting University-Industry Cooperation	ILC(筑波大学産学リエゾン共同研究センター広報誌英語版, p.2, p.5	2009年7月
26	筑波大学,サイバーダイ ン	日本のハイテク技術を宇宙服に!	大人の科学マガジン別冊 決定版 ロケットと宇宙開発, p.105	2009.7.14
27	筑波大学,サイバーダイ ン	21世紀発明賞 サイボーグ型ロボット技術の発明	平成21年度全国発明表彰受賞者功績概要, pp.51~53	2009年7月
28	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボット大国ニッポン, 日本の未来はのぞみにおまかせ!	マンガで分かる新経済成長戦略, 経済産業省, pp.120~121	2009.7.31
29	筑波大学,サイバーダイ ン筑波大学, サイバーダイ ン	つくばちびっ子博士 2009	月刊 ezpress ideal, p.28	2009年8月号
30	筑波大学,サイバーダイ ン	生活支援ロボットの実用化を目指したプロジェクトをスタート(記者説明会を開催)	NEDO:独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 Web サイト	2009.8.3
31	筑波大学,サイバーダイ ン	生活支援ロボット実用化へ安全基準づくり	YAHOO JAPAN ニュース (産経新聞)	2009.8.3
32	筑波大学,サイバーダイ ン	生活支援ロボット 大国日本 PR 25年市場10倍と予想	YAHOO JAPAN ニュース (毎日新聞)	2009.8.3
33	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツ県内初 始動サイバーダイ ン社の福祉用ロボットスーツ 阿見第一クリ ニックに県内初導入	常陽リビング,p1	2009.8.3
34	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツ都内で歩行実験 サイバー ダイ ン	日本経済新聞, 茨城版	2009.8.4
35	筑波大学,サイバーダイ ン	生活支援ロボ 実用化へ安全基準づくり	産経新聞	2009.8.4
36	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボット大国日本アピール	毎日新聞	2009.8.4
37	筑波大学,サイバーダイ ン	EKITOPI 研究学園駅 未来テクノロジーの 開発・発信拠点に大注目	TX かわら版(首都圏新都市鉄道株式会社発行)	2009年8月
38	筑波大学,サイバーダイ ン	基調講演 HAL 事業化の取り組み, サイバ ー ダイ ン CEO 筑波大学大学院システム情報工 学研究科教授 山海嘉之氏	日経産業新聞	2009.8.5
39	筑波大学,サイバーダイ ン	企業協賛ステージ, 山海嘉之(筑波大学大 学 院教授)教授講演 & ロボットスーツ 「HAL」デモンストレーション	第26回全国都市緑化おかやまフェア公式記録, p.30	2009年8月発行
40	筑波大学,サイバーダイ ン	ひと劇場 山海嘉之氏 [筑波大学大学 院]	日経ビジネス	2009年8月31日号
41	筑波大学,サイバーダイ ン	「Vascular Lab」対談 ロボットスーツと血管 診療の未来	バスキュラー・ラボ 第6巻4号 pp.2 ~9	2009.9.1
42	筑波大学,サイバーダイ ン	Exoskeletons Are on the March	IEEE Spectrum	2009.8.17
43	筑波大学,サイバーダイ ン	特集 平成21年度 全国発明表彰, 21世 紀 発 明 賞 受賞者にきく	発明, pp.14~17	2009年9月号

44	筑波大学,サイバーダイ ン	先端研究、政府が 2700 億円助成 万能細胞の山中氏ら 30 人	日本経済新聞	2009.9.5
45	筑波大学,サイバーダイ ン	50 代中心 30 人に 研究費 2700 億円	毎日新聞, p.21	2009.9.15
46	筑波大学,サイバーダイ ン	生活支援ロボ実用化 三洋電・独バイエル参加 筑波大が国際研究拠点	日刊工業新聞	2009.9.16
47	筑波大学,サイバーダイ ン	1日ぶらり散策レポート 研究学園 葛城科学体験	UR 都市機構 Web サイト	2009 年 9 月
48	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツ、医療機関に リハビリ支援県が 18 体貸与へ	読売新聞, p.30(地域版)	2009.10.3
49	筑波大学,サイバーダイ ン	サイバーダイ「ロボットスーツ」普及へ	日経産業新聞, p.17	2009.10.8
50	筑波大学,サイバーダイ ン	山海先生と HAL そして私の希望(著者: 稲村敦子),山海先生の講演を拝聴して(著者: 白根真理子), 山海先生御講演をうかがって(著者: 白崎, 小山)	ポリオの会ニュース, pp.15~18	2009.9.21
51	筑波大学,サイバーダイ ン	製品安全の政策体系	精密工学会誌, p.1037	2009 年 9 月号
52	筑波大学,サイバーダイ ン	Development of "Robot Suit HAL"	Attractive Sectors Medical Care (Jetro 発行), p.11	2009 年 9 月
53	筑波大学,サイバーダイ ン	安全な生活支援ロボットを	朝日小学生新聞, p.1	2009.10.9
54	筑波大学,サイバーダイ ン	歩行補助ロボットや着るエアバッグ 高齢者らをハイテクで支援	常陽新聞, p.7	2009.10.20
55	筑波大学,サイバーダイ ン	パワーアシストスーツのレンタル 年内、北欧に現地法人	日刊工業新聞, p.6	2009.10.20
56	筑波大学,サイバーダイ ン	高い技術力誇るデンマーク サービスロボ、日本と提携	日刊工業新聞, p.24,	2009.10.22
57	筑波大学,サイバーダイ ン	歩行補助スーツ体験「歩けた」 事故で障害、ブラジル男性 昭和病院	山口新聞, pp.17,	2009.10.23
58	筑波大学,サイバーダイ ン	自立動作支援ロボット 図 2.22 HAL / pp.37 第 4 章 次世代ロボット産業の注目技術, 4.1 要素技術 4.1.1 ロボット要素(2) 生体電位解析	中部産業レポート Vol.6「次世代ロボット産業」,p.88	2009 年 10 月
59	筑波大学,サイバーダイ ン	HAL with つくばスタイル	TSUKUBA STYLE つくばスタイル協議会 Blog	2009.11.4
60	筑波大学,サイバーダイ ン	A glimpse of the future: Robots aiding the elderly / A challenge for tech firms: Convincing people they can trust robots	USA TODAY, p.1, p.2	2009.11.5
61	筑波大学,サイバーダイ ン	本学サイバニクス拠点 デンマーク工科大学と提携/サイバーダイスタジオ1周年イベント HAL 披露に子供達喜ぶ 山海教授が講演	筑波大学新聞 p.1, p.5	2009.11.9
62	筑波大学,サイバーダイ ン	SUPER VISION ロボット社会への第一歩、公共の場ではじめてロボットスーツの歩行実験が行なわれた	Newton, pp.16~17	2009 年 11 月号

63	筑波大学,サイバーデザイン	「サイバニクス」に1行言及	1.3.2 文部科学省,p.9	2009年
64	筑波大学,サイバーデザイン	厚生科研プロジェクト「人間・機械・情報系の融合複合新技術サイバニクスを駆使したロボットスーツ HAL の開発」に1行言及	1.3.6 厚生労働省,p.13	2009年
65	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツ着て動こう 介護の日にちなみイベント	読売新聞, p.31,	2009.11.12
66	筑波大学,サイバーデザイン	ロボスーツの背に乗り鞍馬山を散策 車いすの男性「未来へ第一歩」	京都新聞	2009.11.15
67	筑波大学,サイバーデザイン	【京都】介護でロボットスーツ	毎日 jp	2009.11.16
68	筑波大学,サイバーデザイン	Japansk robotfirma abner dansk kontor, (英訳: Japanese robot company opens Danish office),	Borsen(デンマークの経済紙), p.14 (写真掲載のみ)- p.15,	2009.11.26
69	筑波大学,サイバーデザイン	Japanese Robotics Firm Cyberdyne to Establish Presence in Denmark,	Invest In Denmark(デンマーク外務省運営サイト)	2009.11.30
70	筑波大学,サイバーデザイン	研究から「ものづくり」へ	Campus(筑波大学全学学類・専門学群代表者会議 広報委員会発行), p.9	2009年11月号
71	筑波大学,サイバーデザイン	“ロボットの街”PR 国際展示会、つくばから3社	茨城新聞, p.11	2009.11.26
72	筑波大学,サイバーデザイン	明日の日本を創るリーダー! 第5回 CYBERDYNE 株式会社 代表取締役 CEO 山海嘉之	STEP(サイバーコム株式会社社内報), pp.6~7	2009年10月号
73	筑波大学,サイバーデザイン	国際福祉機器展 ロボット「ロボットスーツ HAL」	月刊福祉, p.93	2009年12月号
74	筑波大学,サイバーデザイン	(各分野で使われている先端技術) 介護サイボーグ型ロボット「ロボットスーツ HAL」, 日本と世界のしくみがわかる! よのなかマップ	日能研+日本経済新聞出版社編), p.41	2009.12.4
75	筑波大学,サイバーデザイン	HAL 実演イベント リハビリ中の方が体験 全国で貸与も進む	筑波大学新聞, p.2	2009.12.7
76	筑波大学,サイバーデザイン	自立支援ロボットスーツ「HAL」で歩ける感動	コミュニケーションデザイン1 いのちを守るデザイン(株式会社遊子館), p.41	2009.11.20
77	筑波大学,サイバーデザイン	第V章 医療とコンピュータ 1.3 感覚機能と運動機能の補助 図 V-10 ロボットスーツ HAL	臨床ライブラリーシリーズ 7 医療系スタッフのための情報システム入門(秀潤社/嶋津秀昭監修), p.147	2009.12.21
78	筑波大学,サイバーデザイン	民生・産業分野の展開図	パワーアカデミーWeb サイト, web	2009.12.25
79	筑波大学,サイバーデザイン	NEDO プロジェクトの上市事例 自立動作を支援する「ロボットスーツ HAL」リリース開始	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 2011 年度入構案内, p.10	2009年12月
80	筑波大学,サイバーデザイン	ロボット技術と医療・介護・福祉 最終回【インタビュー】人とサイバニクス 山海嘉之	病院(医学書院発行), pp.986~988	2009年12月号
81	筑波大学,サイバーデザイン	こち亀トラベル 3 人を助ける最新技術! ロボット研究所 仰天体験ツアー	こちら葛飾区亀有公園前派出所(集英社), pp.148~151	2009年12月号

82	筑波大学,サイバーデザイン	歩行がラクになる福祉用ロボットスーツ	月刊ビジネスアスキー, p.24	2010年1月号
83	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツ実演 県、段階的に導入	YOMIURI ONLINE, web	2010.3.30
84	筑波大学,サイバーデザイン	INNOVATIVE PRODUCTS	The Voice of FOD, India' s first magazine on disability, JAN-MAR 2010	2010年3月
85	筑波大学,サイバーデザイン	New Members Cyberdyne	NCCJ The Netherlands Chamber of Commerce in Japan	2010.4.2
86	筑波大学,サイバーデザイン	ニッポンの科学技術力 開発時にビジネス視野 国際標準を狙え	日本経済新聞, p.11	2010.4.5
87	筑波大学,サイバーデザイン	ロボスーツ単関節型を年内事業化 サイバーデザイン 介護現場で実証	読売新聞千葉版, p.24	2010.4.8
88	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツ福祉機器を実演 甲州の障害者支援施設	山梨日日新聞, p.21	2010.4.9
89	筑波大学,サイバーデザイン	最先端研究支援プログラム 筑波大 41億円で2課題	読売新聞, p.31	2010.4.23
90	筑波大学,サイバーデザイン	国の最先端研究2課題 筑波大が支援拠点に	日本経済新聞, p.37	2010.4.23
91	筑波大学,サイバーデザイン	最先端研究支援 補助ロボット 精神活動解明 筑波大が2研究内容発表	茨城新聞, p.20	2010.4.23
92	筑波大学,サイバーデザイン	『健康長寿』を支援 ロボット実用化を筑波大院・山海教授 国の支援制度で	東京新聞 TOKYO Web, web	2010.4.23
93	筑波大学,サイバーデザイン	筑波大 41億円で2課題 最先端研究支援プログラム,	YOMIURI ONLINE, web	2010.4.23
94	筑波大学,サイバーデザイン	動作支援装着型ロボ 腕力160キロに倍増 筑波大が試作 上海万博に出展	日本経済新聞, p.11	2010.4.26
95	筑波大学,サイバーデザイン	チェンジメーカーズ・研究者部門 筑波大学大学院山海教授が受賞	常陽新聞, p.2	2010.5.13
96	筑波大学,サイバーデザイン	チェンジメーカー賞 筑波大・山海教授を表彰	茨城新聞	2010.5.12
97	筑波大学,サイバーデザイン	頭で考えただけでロボットを動かせる!	中2マイスタイル(ベネッセ), pp.23	2010年5月号
98	筑波大学,サイバーデザイン	茨城が歩む医療・健康の最先端	日本経済新聞, p.31	2010.5.11
99	筑波大学,サイバーデザイン	国の援助で世界トップ目指す 上海万博に HAL 出展	筑波大学新聞, p.2	2010.5.10
100	筑波大学,サイバーデザイン	福祉分野で期待!長野市でロボットスーツの実演会,	SBC 信越放送,	2010.5.20

101	筑波大学,サイバーデザイン	2 件の支援拠点に選出 最先端研究開発支援プログラム 国の援助で世界トップを目指す,	常陽新聞, p. 3	2010. 5. 27
102	筑波大学,サイバーデザイン	上海万博でお披露目「ロボットスーツ HAL」、改良で腕力増強	ケアマネジメントオンライン, web	2010. 5. 31
103	筑波大学,サイバーデザイン	最先端の人支援技術 筑波大学: 新学問領域サイバニクス	TEPIAビデオライブラリー	2010 年
104	筑波大学,サイバーデザイン	筋肉への電気信号感知して歩行支援福祉用機器「ロボットスーツ・HAL」	中日新聞 CHUNICHI Web	2010. 6. 1
105	筑波大学,サイバーデザイン	装着すれば誰でもパワーUP! 世界初の「ロボットスーツ」	大学受験講座【エンカレッジ】, p. 52	2010. 6. 1
106	筑波大学,サイバーデザイン	体の運動機能を拡張するロボットスーツがすでに実用段階に	中3 My Style , pp. 24~28	2010. 6. 1
107	筑波大学,サイバーデザイン	日本再生なるか 経産省「産業構造ビジョン」の舞台裏 医療・介護でも日本の最先端ロボット技術に期待が高まる	日本経済新聞, p. 11	2010. 6. 6
108	筑波大学,サイバーデザイン	足が不自由でも自分で歩ける夢の技術を開発! 『ロボットスーツで世界じゅうの人を救いたい』	健康365 8月号, pp. 8~10	2010. 6. 16
109	筑波大学,サイバーデザイン	動作支援ロボット 身体機能を増幅するパワーユニット	モノの最新テクノロジーがわかる本 (成美堂出版) pp. 142~143	2010. 7. 20
110	筑波大学,サイバーデザイン	一流研究者が出前授業 「負担過大」懸念の声も	日本経済新聞, p. 42	2010. 6. 23
111	筑波大学,サイバーデザイン	インドの青少年来県 26人、25~29日に各地で交流,	常陽新聞, p. 2	2010. 6. 25
112	筑波大学,サイバーデザイン	進めロボ産業! 次の柱に育て	日本経済新聞, p. 33	2010. 6. 19
113	筑波大学,サイバーデザイン	ノーベル賞の益川さんが講演、サイボーグ型ロボットも!、「科学・技術フェスタ」で公開のハイテク機器	日経トレンディネット, web	2010. 6. 25
114	筑波大学,サイバーデザイン	第1章 未来を切り拓き課題解決に貢献する科学・技術, 2) 生活を支えるサービスロボット	平成22年版 科学技術白書 価値創造人材が拓く新たなフロンティア, ~日本再出発のための科学・技術の在り方~ 文部科学省出版, pp. 24-25	2010 年
115	筑波大学,サイバーデザイン	茨城県つくば市、「ロボットの街」づくり	日刊工業新聞, p.3	2010.6.28
116	筑波大学,サイバーデザイン	医療・介護最前線リポート 装着ロボで歩き回れる	日経産業新聞, pp.12	2010.7.2
117	筑波大学,サイバーデザイン	茨城県つくば市、「ロボットの街」づくり	日刊工業新聞, p.3	2010.6.28
118	筑波大学,サイバーデザイン	サイバーデザイン、専用シューズの取付け方向を調整できる HAL 福祉用と新ソフトを披露	ロボナブル, web	2010.7.9

119	筑波大学,サイバーダイ ン	装着ロボ開発のサイバーダイ ン 情報拠 点、体験型に改装	日本経済新聞 茨城版, p.35	2010.7.31
120	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットを活用したトレーニング施設が開 所-茨城・つくば市	Yahoo! JAPAN, web	2010.8.4
121	筑波大学,サイバーダイ ン	タッチパネル、多数操作 サイバーダイ ンゲームなどに開発	日経産業新聞, p. 12	2010.8.5
122	筑波大学,サイバーダイ ン	タッチパネル一緒に操作 サイバーダイ ン反応数、無制限に	日本経済新聞 茨城, p. 35	2010.8.5
123	筑波大学,サイバーダイ ン	補助ロボで機能訓練 サイバーダイ ンつくばに施設	日刊工業新聞, p. 20	2010.8.5
124	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツ体験 障害者らの歩行練習 向け	読売新聞 茨城, p. 25	2010.8.5
125	筑波大学,サイバーダイ ン	体験スタジオを改装 ロボスーツで歩行訓 練	茨城新聞, p. 11	2010.8.5
126	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツの体験施設	NHK ニュース	2008.8.14
127	筑波大学,サイバーダイ ン	「ロボスーツ」リハビリ支え	読売新聞, p. 33	2010.8.20
128	筑波大学,サイバーダイ ン	新しい技術が「バリア」をなくす！	Z会 ZigZag time 4・5・6年生, p. 11	2010年9月号
129	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットと触れ合い 子どもたちが体験学 習	常陽新聞, p. 1	2010.8.22
130	筑波大学,サイバーダイ ン	介護ロボの安全性検証 11年度、モデル 事業推進 厚労省	日刊工業新聞, p. 3	2010.8.25
131	筑波大学,サイバーダイ ン	「科学万博」の感動 今も胸に	産経新聞, p.22	2010.9.1
132	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットが結ぶ旧交 科学万博技術者ら同 窓会	茨城新聞, p.19	2010.8.29
133	筑波大学,サイバーダイ ン	ロボットスーツ HAL を使って体と心をトレ ーニング	常陽リビング, web	2010.8.26
134	筑波大学,サイバーダイ ン	介護ロボット普及へ アザラシ、サイボーグ 型…神奈川県が無償貸与	産経ニュース,web	2010.9.16
135	筑波大学,サイバーダイ ン	自分の意思で歩く。世界初の自立支援ロ ボット「ロボットスーツ HALxAJ」	メディセオ ジャーナル/ pp.26-27	2010年9月
136	筑波大学,サイバーダイ ン	TX かわら版 開業5周年記念号	つくばエクスプレス広報誌	2010年10月号
137	筑波大学,サイバーダイ ン	”頭脳の街”つくば ベンチャー企業が集積	茨城新聞, p.14	2010.9.28

138	筑波大学,サイバーデザイン	一橋ビジネスレビュー創刊 10 周年記念フォーラム	週刊 東洋経済	2010.10.16
139	筑波大学,サイバーデザイン	福祉ロボットの未来	知財フロントライン, p.19	2010 年 11 月号
140	筑波大学,サイバーデザイン	従来のイメージを覆す医療・介護現場のロボット最前線!	医療タイムス, pp.34-35	2010.11.1
141	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツで歩きたい(オピニオン・声)	朝日新聞, p.16	2010.11.10
142	筑波大学,サイバーデザイン	特別功労賞 HAL の研究開発・山海嘉之氏 Jリーグチェアマン・大東和美氏	常陽新聞, p.7	2010.11.6
143	筑波大学,サイバーデザイン	妹島さんに県民栄誉賞:特別功労賞に山海さんと大東さん 県の名声高める	茨城新聞, p.18	2010.11.6
144	筑波大学,サイバーデザイン	県民栄誉賞妹島和世さん:特別功労賞山海嘉之さん、大東和美さん	産経新聞, p.22	2010.11.7
145	筑波大学,サイバーデザイン	県、35 人 15 団体たたえる・山海教授表彰	茨城新聞, p.20	2010.11.13
146	筑波大学,サイバーデザイン	見聞録 2010・頑張れロボット4 動き先回り黒子スーツ	読売新聞夕刊, p.2	2010.11.10
147	筑波大学,サイバーデザイン	見聞録 2010・頑張れロボット5 未来の脚でかっこ良く	読売新聞夕刊, p.2	2010.11.12
148	筑波大学,サイバーデザイン	世界の先端技術 ロボットスーツ HAL	高校受験ガイドブック2010(12)サクセス 15, p.35	2010.11.15.日
149	筑波大学,サイバーデザイン	Spotlight on Tsukuba/Cybernetics: enhancing human function	Nature, p.6	2010.11.11
150	筑波大学,サイバーデザイン	未来案内人・未来の夢物語ではなくなった人を助けるロボットスーツ	サクラサク, p.12	2010 年 11 月号
151	筑波大学,サイバーデザイン	「サービスロボット市場」最前線	Fole/pp.9-10	2010.12.1
152	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツが未来を変える	日本経済新聞2部/ A3	2010.11.30
153	筑波大学,サイバーデザイン	ベンチャー5社支援 1月の米 IT 展示会	茨城新聞, p.8	2010.11.19
154	筑波大学,サイバーデザイン	Recharging the batteries	The Economist, p.15	2010.11.20
155	筑波大学,サイバーデザイン	関彰商事「ロボスーツ」取次店に サイバーデザインと契約 医療機関にレンタル	日本経済新聞, p.35	2010.12.1
156	筑波大学,サイバーデザイン	ロボスーツ HAL 関彰商事が貸し出し	茨城新聞, p.9	2010.12.1

157	筑波大学,サイバーデザイン	いばらきデザイン推奨「知事選定」サイバーデザインなど25件	日刊工業新聞, p.26	2010.12.7
158	筑波大学,サイバーデザイン	商工農なう HAL レンタル開始	朝日新聞, p.26	2010.12.7
159	筑波大学,サイバーデザイン	Japan's robot suit to bring hope to the disabled	AFP 通信発信, web	
160	筑波大学,サイバーデザイン	Robot suit to bring hope to disabled	The Straits Times (Singapore), web	
161	筑波大学,サイバーデザイン	The Hindu : International : Right out of science fiction	The Hindu(India), web	
162	筑波大学,サイバーデザイン	Japan's robot suit to bring hope to the disabled	Space Daily, web	
163	筑波大学,サイバーデザイン	Japan's robot suit offers hope to disabled	Channel NewsAsia, web	
164	筑波大学,サイバーデザイン	Japan's robot suit to bring hope to the disabled	channelnewsasia.com, web	
165	筑波大学,サイバーデザイン	NEDO のエネルギー・環境技術・産業技術の歴史	NEDO 30 年史, p.34 pp.170-171	2010.11.30
166	筑波大学,サイバーデザイン	NIKKEI Japan Report・タッチパネル企画	日本経済新聞, web	2011.1.1~6.30 頃まで
167	筑波大学,サイバーデザイン	サービスロボ、握れ覇権 基準策定大詰め、官民連携力ギ	YAHOO Japan, web	2010.12.8
168	筑波大学,サイバーデザイン	Japan Video Topics	Web Japan(外務省),web	2010.12.9
169	筑波大学,サイバーデザイン	福祉用ロボットをレンタル販売 関彰商事が取り次ぎ開始	常陽新聞, p.2	2010.12.16
170	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツ HAL で世界に進出	JOYO ARC , pp.28-29	2011.1.1
171	筑波大学,サイバーデザイン	平成22年度 茨城県表彰	フォトいばらき, pp.18-19	2011.1.1
172	筑波大学,サイバーデザイン	こだま ロボ普及へ動き出す安全検証	日本経済新聞, p.31	2011.1.1
173	筑波大学,サイバーデザイン	米ラスベガス国際家電市 つくばのロボット PR	茨城新聞, p. 18	2011.1.9
174	筑波大学,サイバーデザイン	筑波大発ベンチャー ロボスーツで2社が共同開発	日本経済新聞, p.35	2011.1.14
175	筑波大学,サイバーデザイン	Forum Report 「揺るぎない日本の未来」	週刊東洋経済	2011.1.15

176	筑波大学,サイバーデザイン	少子高齢化とロボット	日刊工業新聞, p.23	2011.1.18
177	筑波大学,サイバーデザイン	人口問題 弱者を支える／浄水装置・福祉ロボ開発	日刊工業新聞, p.26	2011.1.20
178	筑波大学,サイバーデザイン	未来へ向かって人助けロボットぞくぞく登場！	チャレンジ4年生わくわく発見 BOOK, p.16	2011.2.1
179	筑波大学,サイバーデザイン	一望千里・ロボットスーツHALが切り開く未来	医療経営情報, p.3	2011年2月号
180	筑波大学,サイバーデザイン	Robotic Recovery	CNN Interactive English Magazine (台湾), pp.26-30	2011年2月号
181	筑波大学,サイバーデザイン	世界のロボ競演 つくばで見本市	産経新聞, p.20	2011.2.2
182	筑波大学,サイバーデザイン	「ロボットの街」をPR 国際家電市 出展報告会始まる	常陽新聞, p.7	2011.2.2
183	筑波大学,サイバーデザイン	岡山にPR 拠点 県 量産工場誘致目指す	岡山日日新聞, p.1	2011.2.4
184	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツ「HAL」開発・実用化への舞台裏	中央公論, pp.78-85	2011.2.10
185	筑波大学,サイバーデザイン	HAL 普及後押し 岡山県 11年から無償貸与や研究	山陽新聞, p.28	2011.2.9
186	筑波大学,サイバーデザイン	筑波大の山海教授らがサイバニクス研究を語る、サイバニクス国際フォーラム	日刊工業新聞社ロボナブル, web	2011.2.10
187	筑波大学,サイバーデザイン	蒲島知事が病院で使用のロボットスーツを視察	YOMIURI ONLINE, web	2011.2.15
188	筑波大学,サイバーデザイン	Part 4 ルールを作る／受け身の姿勢で不利な立場に身内で閉じず仲間を集める	日経ものづくり3月号, pp.58-59	2011.3.1
189	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツ「HAL」石川の病院が導入 北陸で初	日経産業新聞, p.11	2011.2.18
190	筑波大学,サイバーデザイン	装着ロボ「HAL」研究の進捗状況説明	日本経済新聞, p.31	2011.2.11
191	筑波大学,サイバーデザイン	長寿社会支える研究の状況説明	読売新聞, p.29	2011.2.11
192	筑波大学,サイバーデザイン	人体の機能を補助「人支援技術産業」めざす筑波大の挑戦	日本経済新聞, web	2011.3.4
193	筑波大学,サイバーデザイン	ロボットスーツ: 無料貸与 歩行リハビリに活用――岡山	毎日jp, web	2011.2.28
194	筑波大学,サイバーデザイン	難病治療ロボット活用 国立病院機構とVB、12年にも治験	日本経済新聞, p.3	2011.3.9

195	筑波大学,サイバーダイ ン	Japan's Robot Suit Venture Cyberdyne	India Times, web	2011.3.8
196	筑波大学,サイバーダイ ン	Un 'casco' que lee actividad cerebral, último complemento para el traje-robot	EL MUNDO.es (スペイン エル・ムンド紙), web	2011.3.9
197	筑波大学,サイバーダイ ン	パワフル 未来の助っ人	読売経済新聞, p.24	2011.3.10
198	筑波大学,サイバーダイ ン	2台連動型のロボットスーツ=リハビリに応用期待—筑波大学	時事ドットコム, web	2011.3.10
199	筑波大学,サイバーダイ ン	社会の新たな課題解決への挑戦~科学・技術への期待	首相官邸ブログ (KUN-FULL BLOG),web	2011.3.10
200	筑波大学,サイバーダイ ン	現代の発明家から次世代へのリレーメッセージ「健康長寿社会を支える最先端人支援ロボット ロボットスーツ HAL」	特許庁, web	2011.3.15
201	筑波大学,サイバーダイ ン	Cyberdyne demos lower-body HAL exoskeleton for helping the disabled, not eradicating mankind	Engadget, web	2011.3.15
202	筑波大学,サイバーダイ ン	「変化=チェンジ」は、ヒトと科学が共生する新しい未来を創る。	日経ビジネス No.1584	2011.3.28

(H23.3.31 現在)

研究開発項目⑤「安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発、搭乗型生活支援ロボットにおけるリスクアセスメントと安全機構の開発」の成果

【トヨタ自動車株式会社、独立行政法人国立長寿医療研究センター、株式会社フォー・リンク・システムズ】

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	産業医科大学	特願 2005-27836 3	国内	2011/04/2	取得	ユニバーサルアダプタ	中野正博
2	財団法人ヒューマンサイエンス振興財団	2009-22 6454	国内	2009/09/30	2011.4.14 公開	歩行支援装置	松井康素

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	中野 他 Nakano	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	Theoretical Studies for Removal Devices of Bad Smell	Jr. of Biomedical Fuzzy Systems Associations, Vol.15(2), 17-20	有	2010
2	松浦 他 Matsuura	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	Quantum Circuits and Its Application for Neuro-Junction	Jr of Biomedical Fuzzy Systems Associations, Vol.15(2),33-40	有	2010
3	松浦 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	Social Factors' Analysis of Japanese Divorce	Jr of Biomedical Fuzzy SystemsAssociations,41-47	有	2010
4	松浦 他 Matsuura	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	Quantum Neuro-System	International Conference of BMSFA, 299-300	有	2010
5	中野 他 Nakano	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	Theoretical Analysis on Head Injury Criterion	International Conference of BMSFA, 299-300	有	2010

6	伊藤 他 Ito	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	Investigation on Shock Response of Magnesium Alloy Honeycomb Sandwich Panels under Low Velocity Impact Loading	Materials Science Forum, 675-677, 547-550	有	2010
7	行正 Yukimasa	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	The relationship between Fractal Dimension of Brain CT Image and the Scores on the MMSE in Senile Dementia of Alzheimer Type	23rd Biomedical Fuzzy Systems Association,suppl.	無	2010
8	玉川 Tamagawa	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	Simulation of thrombus formation process using Lattice Boltzmann Method with consideration of adhesion force to wall	Proceedings of the ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress & Exposition .40859-2	有	2010
9	玉川 Tamagawa	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	Analysis of a Bubble Deformation Process in a Microcapsule for Developing Drug Delivery Systems using Underwater Shock Waves	Proc. of ASME 2010 3rd Joint US-European Fluids Engineering Summer Meeting and 8th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels (FEDSM2010-ICNMM 2010),pp.31242	有	2010
10	行正 Yukimasa	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	Fractal Analysis of Brain CT Image in Senile Dementia of the Alzheimer Type	Jr of Biomedical Fuzzy Systems Associati ons (in press)	有	2011 予定
11	Atsushi Harada,et., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Nationwide survey of current medical practices for hospitalized elderly with spine fractures in Japan.	J Orthop Sci, 79-85	有	2010
12	Hiroshi Hagino, Atsushi Harada., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Nationwide One-Decade Survey of Hip Fractures in Japan	J Orthop Sci, 737-745	有	2010
13	Chikako Kato, Atsushi Harada., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Does self-efficacy to falls in hip-protector users affect Wuality of Life (QOL) and physical activity in nursing homes in Japan?	J Am Geriatr Soc, 1810-1812	有	2010
14	Arahata Y., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Cortical hypometabolism and hypoperfusion in parkinson's disease is extensive: Probably even at early disease stages.	Brain Struct Funct, 214, 303-317	有	2010

15	Takeyama M, Isogai Z., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Increase in matrix metalloproteinase-2 level in the chicken retina after laser photocoagulation.	Lasers Surg Med. 2010 ; 42:433-41	有	2010
16	Kobayashi N, Isogai Z., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Hyaluronan deficiency in tumor stroma impairs macrophage trafficking and tumor neovascularization.	Cancer Res. 2010;70:7073-83.	有	2010
17	Takahashi Y, Isogai Z., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Versican G1 and G3 domains are upregulated and latent transforming growth factor- β binding protein-4 is downregulated in breast cancer stroma.	Breast Cancer in press	有	2011
18	Wasa J, Isogai Z., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Versican Regulates Cell-associated Matrix Formation and Cell Behavior Differentially from Aggrecan in Swarm Rat Chondrosarcoma Cells.	Int J Cancer. 2011 in press	有	2011
19	<u>Yasumoto</u> <u>Matsui</u> , <u>Atsushi</u> <u>Harada.</u> , et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Effects of Knee Extensor Muscle Strength on the Incidence of Osteopenia and Osteoporosis after Six Years	Journal of Bone and Mineral Research in submission	有	2011
20	Yasuhiro Terabe, <u>Atsushi</u> <u>Harada.</u> , et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Vitamin D deficiency in elderly women in nursing homes—Investigation with consideration of decreased activation function from the kidneys	J Am Geriatr Soc, in submission	有	2011
21	Fumihiko Mizokami, Zenzo Isogai., et al	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Iodoform gauze removes necrotic tissue from pressure ulcer wounds by reduction of type I collagen aggregates	In submission		2011
22	Fumihiko Mizokami, Zenzo Isogai., et al.	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	Definition of Physical Properties of Pressure Ulcer Wounds and Characterization of their Regional Variance.	In submission		2011

23	Sonoko Hatano, Zenzo Isogai, et al.	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	Versican/PG-M and hyaluronan proteoglycan aggregates are essential for cardiac atrioventricular cushion development and subsequent ventricular septal development.	In submission		2011
24	山中 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	施設設計図から見た動線別リスク要因	バイオメディカル・ファジィ・システム学会, 89-92	有	2011
25	中野 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	頭部損傷基準値(HIC)の理論的分析	バイオメディカル・ファジィ・システム学会, 57-64	有	2010
26	伊藤 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	ドライブシミュレータ検査における高齢者への事前インストラクションの影響	自動車技術会, 102(10), 27-29	有	2010
27	伊藤 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	有効視野低下によるハイリスク高齢者ドライバー在宅検査手法の検討	数理科学会, 12(1), 27-32	有	2010
28	山中 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	図からみた動線別リスク因子	バイオメディカル・ファジィ・システム学会, 147-148	無	2010
29	松浦 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	鞭毛モータのコヒーレント理論とその量子状態	第2回ナノ・バイオメディカル学会講演要旨集, 32	無	2010
30	伊藤 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	高齢者ドライブシミュレータ適応課題の開発	第29回数理科学講演会, 125-126	無	2010
31	根本 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	減歪ひずみゲージによる皮膚表面変形の計測	第29回数理科学講演会, 127-128	無	2010

32	根本 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	相関次元解析によるクマムシの 歩行軌道分類	第 29 回数理学講演 会, 131-132	無	2010
33	松浦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	神経伝達の量子論	バイオメディカル・フ ァジー・システム学 会, 5-6	無	2010
34	松浦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	転倒と衝突に関する力学的 損傷	バイオメディカル・フ ァジー・システム学 会, 73-74	無	2010
35	山中 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	医療者のリスク認知と事故 予防の考察	バイオメディカル・フ ァジー・システム学 会, 97-102	無	2010
36	根本 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	二点弁別の自発的回路の 信頼性評価手法の開発	バイオメディカル・フ ァジー・システム学 会, 105-108	無	2010
37	松浦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	神経回路と量子論	ナノ・バイオメディカル 学会, 第3回大会講演 予稿集, 15	無	2010
38	松浦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	神経伝達の量子干渉理論	人工知能学会大会, 45	無	2010
39	西井 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	防水・透湿性カバー素材が臥床 時の皮膚表面水分率にもたらす 効果について	第 41 回応力・ひずみ 測定と強度評価シンポ ジウム	無	2010
40	西井 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	防水・透湿性マットレスカバーが 臥床時の皮膚表面水分率にもた らす効果について	第 6 回日本褥瘡学会 中部地方会学術集会	無	2010

		所				
41	西井 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	成人女性における電動アシスト 自転車走行時の運動強度	第 14 回日本体力医学 会東海地方会学術大 会	無	2010
42	西井 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	電動アシスト自転車利用時にお ける脚の筋活動量	第 65 回日本体力医学 会大会	無	2010
43	西井 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	中高齢自転車愛好者の血液正 常, 体力および走行時の運動強 度	第 65 回日本体力医学 会大会	無	2010
44	西井 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	高齢者の転倒リスク低減を目的 とした握力測定装置の開発	第 15 回日本体力医学 会東海地方学術集会	無	2010
45	中野 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	ソフトなサイエンスで学ぶ先端科 学	日本理工出版会, 東京, 1-399 (著作)	有	2010
46	中野 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	一般病棟におけるがん患者の家 族に対する看護ケアの実践評価 指標の作成に向 けた基礎的研究	産業医科大学雑誌 31(1),37-49	有	2010
47	久保田 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	極低温環境下における CFRP 複 合材料の高速衝突特性につい て	実験力学, Vol.10, No.1, 110-115	有	2010
48	久保田 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	マグネシウム合金の極低温下 における高速衝突特性	日本機械学会論文集 A 編, Vol.76, No.765, 573-580	有	2010
49	久保田 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	リアルタイム皮膚ひずみ測定法 を用いた皮膚特性の評価方法の 検討	実験力学, 11, 1, 30-34	有	2010
50	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療	高齢者ドライバーの安全運転対 策におけるドライビングシミュレ ータの活用と課題	交通科学, 41, 2, 18-23	有	2010

		研究センター研究所				
51	久保田 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	長期間使用時におけるマットレス性能評価手法の検討	日本実験力学会 20106年度年次講演会, 日本実験力学会講演論文集, 10, 195-196	無	2010
52	根本 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	一様接合材の減歪作用を利用した大変形ひずみ挙動の計測	日本実験力学会 2010年度年次講演会, 日本実験力学会講演論文集, 10, 201-202	無	2010
53	久保田 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	経時筋力計による高齢者の体力測定評価	第 29 回数理学講演会講演論文集, 29, 131-132	無	2010
54	伊藤 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	生体軟組織の厚さが骨折リスクに及ぼす影響	日本実験力学会 20106年度年次講演会, 日本実験力学会講演論文集, 10, 197-200	無	2010
55	伊藤 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	生体軟組織の衝撃吸収特性ー軟組織の厚さが骨折リスクに及ぼす影響	日本法科学技術学会 第 16 回学術集会講演要旨集, 日本法科学技術学会誌, 15 Supplement, 127	無	2010
56	伊藤 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	人体損傷からみた介護・福祉ロボットの安全性評価法の検討	The 10th Conference on Biomechanics in Sendai, 日本実験力学会講演論文集	無	2010
57	根本 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	皮膚の動揺を簡便に計測・評価する手法の開発	第 42 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集, 5-8	無	2010
58	久保田 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	マットレスの体荷重による変形が皮膚表面の温湿度におよぼす影響	第 42 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集, 21-24	無	2010
59	押本 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	リアルタイム皮膚ひずみ測定法を用いた褥瘡周辺部のひずみ分布	第 41 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集, 151-156	無	2010
60	伊藤 他	独立行政	簡易型 DS 操作中の脳波測定お	第 41 回応力・ひずみ	無	2010

		法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	よび高齢者安全運転評価に関 する研究	測定と強度評価シンポ ジウム講演論文集, 81-86		
61	根本 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	被接触物の機械的性質がおよぼ す人体損傷への影響	第 41 回応力・ひずみ 測定と強度評価シンポ ジウム講演論文集, 67-70	無	2010
62	押本 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	リアルタイム皮膚ひずみ測定法 を用いた褥瘡周辺部のひずみ分 布	第 6 回日本褥瘡学会 中部地方会学術集会 抄録集, 46	無	2010
63	根本 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	被接触物の影響による皮膚変形 エネルギーの評価	第 6 回日本褥瘡学会 中部地方会学術集会 抄録集, 47	無	2010
64	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	簡易型 DS 操作中の脳波測定お よび安全運転評価に関する研 究,	第 24 回人工知能学会 全国大会, 論文集, In CD-ROM	無	2010
65	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	鈍器による打撃力計測	日本実験力学会 2010 年度年次講演会, 日 本実験力学会講演論 文集, 10, 49-51	無	2010
66	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	福祉ロボットリスクアセスメントの ための生体軟組織衝撃特性評 価	第 41 回応力・ひずみ 測定と強度評価シンポ ジウム講演論文集, 7-12	無	2010
67	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	力学的人体損傷評価技術の開 発ー生体軟組織の衝撃特性評 価	第 6 回日本褥瘡学会 中部地方会学術集会 抄録集, 47	無	2010
68	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	生体軟組織の厚さが骨折リスク に及ぼす影響	日本実験力学会 20106 年度年次講演会, 日 本実験力学会講演論 文集, 10, 197-200	無	2010
69	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究	ドライブシミュレータ操縦におけ る視点移動測定アルゴリズムに 関する研究	第 42 回応力・ひずみ 測定と強度評価シンポ ジウム講演論文集, 29-34	無	2010

		所				
70	伊藤 招待講演	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	高齢・認知症ドライバーに対する 医療工学からのアプローチ	第 19 回日本交通医学 工学研究会学術総会 (シンポジウム「ドライバ ーへの安全支援対 策」), 抄録集, 9	招聘	2010
71	伊藤 招待講演	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	人体損傷から見た介護・福祉ロ ボットの安全性評価, ロボットシ ンポジウム 2010	「期待される介護・福祉 ロボットの研究・開発の 現状と将来」講演要旨 集, 特別講演 1-16	招聘	2010
72	伊藤 招待講演	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	福祉機器リスクアセスメントのた めの生体軟組織衝撃特性評価	第 58 回応用物理学関 係連合講演会(シンポ ジウム「衝撃の科学とそ の利用」), 講演予稿 集, 250	招聘	2010
73	伊藤	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	第 42 回応力・ひずみ測定と強度 評価シンポジウム報告	非破壊検査, 60, 3, 183	依頼	2010
74	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	高齢者ドライバーの安全運転 を、長期間継続可能にするため の支援事業	人と車, 45, 9, 10-15	依頼	2010
75	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	回避行動の評価における模擬走 行の装置と検査課題の設計の検 討	自動車技術会論文集, 41, 2, 221-226	有	2010
76	伊藤 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	衝撃力に対する筋肉および皮下 脂肪の緩衝性能	実験力学, 11, 1, 18-21	有	2010
77	行正	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	量子論の観測の問題と精神現象 との共通性について	バイオメディカル・ファ ジィ・システム学 会,12(2),37-42	有	2010
78	中野 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	NIRSを使用した音声波の振幅包 絡の変更と影響	バイオメディカル・ファ ジィ・システム学 会,12(2),1-10	有	2010
79	中野 他	独立行政 法人国立 長寿医療	音声波の時間領域での情報局 在性	バイオメディカル・ファ ジィ・システム学 会,12(2),11-20	有	2010

		研究センター研究所				
80	行正	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	平行電流間の作用は必ず引力か？	第23回バイオメディカル・ファジィ・システム学会要項集	無	2010
81	行正 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	高頻度 rTMS の治療抵抗性うつ病に対する治療効果	第32回日本生物学的精神医学会要項集	無	2010
82	玉川他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	サイトカイン濃度勾配下における好中球運動の解明—濃度輸送の可視化観察と数値解析	日本機械学会第22回バイオエンジニアリング講演会論文集,78-79	無	2010
83	玉川他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	格子ボルツマン法によるせん断血液流れ場での血栓形成予測と検証	日本機械学会第22回バイオエンジニアリング講演会論文集,120-121	無	2010
84	玉川他 Tamagawa	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	Prediction of thrombus formation process in blood flow with separation using Lattice boltzmann method	第49回日本生体医工学会大会抄録集(CD-ROM), 48-1,FC-25-1	無	2010
85	玉川他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	各種オリフィス管内せん断流れ場における血栓形成の可視化	日本機械学会年次大会講演論文集, Vol.1, No.10-1, 123-124	無	2010
86	玉川他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	各種せん断流れ場での血栓形成の可視化	生活支援工学系学会連合会(WWLS2010)講演会講演論文集,25	無	2010
87	玉川他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	付着力を考慮した格子ボルツマン法を用いた血栓形成流れのシミュレーション	日本機械学会流体工学講演会2010講演論文集, No.10-16, 325-326	無	2010
88	玉川他	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	各種オリフィス管内せん断流れ場における血栓形成の可視化とPIVによる速度場計測	日本機械学会流体工学講演会2010講演論文集, No.10-16, 321-322	無	2010
89	玉川他	独立行政	せん断血流場における血栓形成	日本機械学会第23回	無	2010

		法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	の可視化と速度場計測	バイオエンジニアリング 講演会論文 集, No.10-74, 115-116		
90	玉川	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	衝撃波 DDS 用マイクロカプセル の開発と内部気泡変形挙動	第50回日本生体医工 学会大会講演論集 CD-ROM, 1016	無	2010
91	玉川	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	衝撃波を利用した気泡内包マイ クロカプセルの破壊	日本ソノケミストリー学 会, 第3回超音波とマイ クロバブルの相互作用 に関するシンポジウム 講演論文集, 13-14	招聘	2010
92	根本 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	在宅人工呼吸装置装着者の電 源確保の重要性	難病と在宅ケア, 21-24, 16(10)	有	2011
93	松浦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	力学的人体損傷に関する基礎 的研究-1	バイオメディカル・ファ ジィ・システム学会(投 稿中)	有	2011 中
94	松浦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	力学的人体損傷に関する基礎 的研究-2	バイオメディカル・ファ ジィ・システム学会(投 稿中)	有	2011 中
95	松浦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	力学的人体損傷に関する基礎 的研究-3	バイオメディカル・ファ ジィ・システム学会(投 稿中)	有	2011 中
96	行正	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	経頭蓋磁気刺激療法の原理と うつ病治療への応用	日本生物学的精神医 学会誌, 22(3)(印刷中)	有	2011 予定
97	玉川 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	キャピテーション微小気泡群 放電を用いた水処理	電気学会論文誌 A, 122-B	有	2011 印刷中
98	原田敦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	サルコペニアに対する臨床的ア プローチ	Geriatric Medicine, 217-229	無	2010

99	鈴木隆雄、 <u>原田敦</u> 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	サルコペニア研究の現状と臨床への応用ー	Geriatric Medicine, 241-259	無	2010
100	奥泉宏康、 <u>原田敦</u>	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	大腿骨近位部骨折の予防ーヒッププロテクター	骨粗鬆症治療,47-51	無	2010
101	竹村真里枝、 <u>原田敦</u> 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	一般住民における動脈硬化と骨粗鬆症の関連	Osteoporosis Japan 22-25	有	2010
102	伊東学、 <u>原田敦</u> 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	骨粗鬆症性脊椎骨折の日本における現状	関節外科,544-548	無	2010
103	原田敦	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	骨折患者の管理	骨粗鬆症のマネジメント、193-199	無	2010
104	原田敦	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	身体診察のすすめ方、身体所見のとり方	骨粗鬆症のトータルマネジメント、36-43	無	2010
105	飛田哲朗、 <u>原田敦</u> 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	経皮的椎体形成術を施行した骨粗鬆症性椎体骨折 59 例における ADL および疼痛の変化と合併症の検討	骨折、737-740	有	2010
106	松井康素、 <u>原田敦</u> 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	一般住民における膝関節痛 日常生活動作による痛みと関節変形との関連	JOSKAS 35 巻 1 号 Page136-137	無	2010
107	加藤隆司、 <u>新畑豊</u> 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	健常脳画像の加齢性変化ー認知症との関係を中心にー	分子精神医学, 10(2) : 35-41	無	2010
108	溝神文博、 <u>磯貝善蔵</u> 他	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	高齢者褥瘡に対する薬剤師主導型の褥瘡対策チームの有用性	日本病院薬剤師会雑誌 46(12), 1643-1646, 2010	有	2010

109	磯貝善蔵	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	外用薬	看護技術 56(1), 81-86, 2010	無	2010
110	磯貝善蔵	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	多彩な褥瘡病変と褥瘡と間違い やすい皮膚病変	薬局 61(3), 353-357	有	2010
111	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	認知症に対する運動および身体 活動の効果	Jpn J Rehabil Med 47:637-645.	有	2010
112	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	認知症の症状を活かしたケアの 方法	小長谷陽子編:本人・ 家族のための若年性 認知症サポートブック、 中央法規出版株式会 社,pp209-225	無	2010
113	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	環境要因に応じた対応	小長谷陽子編:本人・ 家族のための若年性 認知症サポートブック、 中央法規出版株式会 社,pp226-230	無	2010
114	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	嚥下障害について教えてください	遠藤英俊編:高齢者へ の服薬指導 Q&A 医 薬ジャーナル,大 阪,p42-44	無	2010
115	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	転倒・骨折が起こりやすい状況と その予防について教えてください	遠藤英俊編:高齢者へ の服薬指導 Q&A 医 薬ジャーナル,大 阪,p42-44	無	2010
116	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	筋萎縮は、どのように起こります か?	遠藤英俊編:高齢者へ の服薬指導 Q&A 医 薬ジャーナル,大 阪,p86-87	無	2010
117	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	筋力低下への対応について教え てください	遠藤英俊編:高齢者へ の服薬指導 Q&A 医 薬ジャーナル,大 阪,p88-90	無	2010
118	三浦久幸	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	1. 高齢在宅医療の新しい展開 1. 在宅医療の制度・システム・ 教育 2)在宅医療・地域連携・ 在宅医療支援病棟	Geriatr. Med. 1481-1484.	無	2010

119	三浦久幸	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	特集 死生学 高齢者の気持ち に即した医療	MEDICO 11-14.	無	2010
120	遠藤英俊、三 浦久幸 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	特集 エビデンスに基づいた運 動療法・運動処方ー健康支援・ 疾病予防に対するアプローチ [各論]認知症	臨床スポーツ医学 1247-1249.	無	2010
121	遠藤英俊、三 浦久幸 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	認知症の新しい治療(非薬物療 法) 2. 音楽療法	Modern Physician 1169-1172.	無	2010
122	遠藤英俊、三 浦久幸 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	特集 認知症治療の今後を予測 する 1. 認知症治療の現状と今 後	医 薬 ジャ ー ナ ル . 1365-1369.	無	2010
123	原田敦	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	高齢者の転倒と骨折ープロテク タの効用ー	日本実験力学会,9-11	有	2011
124	原田敦	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	臨床におけるサルコペニアの診 断	サルコペニアの基礎と 臨床、64-71	無	2011
125	新畑豊 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	パーキンソン病の核医学診断	Rad Fan	無	2011
126	飛田 哲朗、 原田 敦 他	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	大腿骨頸部骨折患者におけるサ ルコペニア(加齢性筋肉減少症) の現状および精神機能、血液生 化学的評価	未病と抗老化 in press	有	2011
127	長屋政博	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	若年性認知症に対する達成感 療法プログラム	月刊デイ出版予定	無	2011

【その他外部発表】

番号	発表者	所属	タイトル	新聞、テレビ、特別講演	発表年
1	伊藤安海	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター研究 所	高齢ドライバーは安全運転？	テレビ東京、トコトンハテナ 2011.1.16 (18:30~19:00)	2011

2	島本聡, 伊藤安海, 南晶煥	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	二軸サーボ疲労試験機の開発と応用	検査機器ニュース, 産報出版株式会社, 第 1190 号, 12-15 2010.7.20.	2010
3	根本哲也, 伊藤安海, 久保田怜, 松浦弘幸, 桜井亨	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	災害時の電源供給装置,	せんねん村 10 周年記念シンポジウム, 西尾市(西尾市総合福祉センター), 2010.9.12.	2010
4	伊藤安海	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	参加しよう! 高齢者ドライバー講習	富士河口湖町高齢者交通安全フォーラム, 富士河口湖町(勝山ふれあいセンター), 2010.7.27	2010
5	伊藤安海,	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	安全・安心な社会作りのための人体損傷評価技術	日本実験力学会人体損傷評価分科会第 1 回研究会, 名古屋(ウイंकあいち), 2010.2.22	2010
6	伊藤安海(監修・出演)	独立行政法人国立長寿医療研究センター研究所	林家たい平の高齢ドライバーの交通安全(DVD)	東映株式会社, テレビ朝日映像株式会社, 2011.	2011
7	原田敦	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	介護施設女性のビタミンD不足	神奈川新聞	2010
8	原田敦	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	介護施設女性のビタミンD不足	信濃毎日新聞夕刊	2010
9	原田敦	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	介護施設女性のビタミンD不足	日本経済新聞夕刊	2010
10	原田敦	独立行政法人国立長寿医療研究センター病院	介護施設女性のビタミンD不足	東京新聞夕刊	2010

11	原田敦	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	介護施設女性のビタミンD不足	中日新聞夕刊	2010
12	松井康素	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	ロコモをとめよう。お元気で すか	東京新聞読者向け情報誌「暮ら すめいと」 2010.1～2010.12 計12回	2010
13	松井康素	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	ロコモをとめよう	中日新聞読者向け情報誌「RO OS」 2010.7～2010.12 2011.1～2011.5 計11回	2010
14	原田敦	独立行政 法人国立 長寿医療 研究セン ター病院	骨粗鬆症関連の転倒 骨 折、その予防と治療(DVD)	第138回日本医学会シンポジウ ム 骨粗鬆症の診断と治療 2010.7.29 日本医師会配布	2010