

「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」

事業原簿

公開版

作成者	新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術開発推進部
-----	------------------------------

— 目 次 —

概要	1
戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト 基本計画（平成 18～20 年度）	8
戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト 基本計画（平成 21～22 年度）	26
ロボット・新機械イノベーションプログラム	44
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	50
1.1 NEDOが関与することの意義	50
1.2 実施の効果（費用対効果）	50
2. 事業の背景・目的・位置づけ	
2.1 事業の位置付け・必要性	51
2.2 国のプログラムとの関連性	53
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標	55
2. 事業の計画内容	55
2.1 研究開発の内容	55
2.2 研究開発の実施体制	62
2.3 研究開発の運営管理	65
3. 情勢変化への対応	69
4. 中間評価結果への対応	70
5. 評価に関する事項	70
III. 研究開発成果および実用化、事業化の見通しについて	
1. 事業全体の成果	71
2. 各テーマの成果まとめ	87
3. 各テーマの成果詳細	
3.1 次世代産業用ロボット分野	
3.1.1 柔軟物も取り扱える生産用ロボットシステム	i-1-1-1
3.1.2 人間・ロボット協調型セル生産組立システム	i-2-1-1
3.2 サービスロボット分野	
3.2.1 片付け作業用マニピュレーション RT システム	ii-1-1-1
3.2.2 高齢者対応コミュニケーション RT システム	ii-2-1-1
3.2.3 ロボット搬送システム	ii-3-1-1
3.3 特殊環境用ロボット分野	
3.1.1 被災建造物内移動 RT システム	iii-1-1-1
3.1.2 建設系産業廃棄物処理 RT システム	iii-2-1-1
添付資料 1（出願特許、学会発表、論文、展示会、プレス発表等）	A-1

1 概 要

		作成日	平成 23 年 10 月 28 日				
制度・施策（プログラム）名	ロボット・新機械イノベーションプログラム						
事業（プロジェクト）名	戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト	プロジェクト番号	P 0 6 0 2 3				
担当推進部/担当者	技術開発推進部 有木 孝夫						
0. 事業の概要	<p>我が国は、少子高齢化・労働力の減少、アジア諸国の台頭を背景とした国際競争の激化、地震など大規模災害に対する不安といった社会的課題を抱えている。このような中、製造現場を含めた様々な分野における諸課題を、ロボット技術を活用することにより解決することが期待されている。</p> <p>本事業では、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれ、かつ、「市場の失敗」に対応すべく国として関与すべき「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することで達成し（＝アウトプット）、もって当該ニーズを満たす一助となること（＝アウトカム）」を目的とする。</p> <p>また、我が国経済の成長の源泉であるイノベーションの推進を通じて、先端的なロボットシステム及び要素技術を開発することにより、我が国ロボット産業の国際競争力を強化・維持するとともに、当該技術群が、ロボット以外の製品分野（自動車・情報家電等）にも広く波及することが期待される。</p>						
I. 事業の位置付け・必要性について	我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているロボットの適応分野を、技術開発や制度整備等を通じて、生活、福祉介護や災害救助などの様々な分野に拡大することで、ロボット産業を我が国における基幹産業の1つに成長させることを目的として、本事業を実施する。						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	本事業では、「将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより、達成すること」を目標とする。「ミッション」を設定する分野は、「ロボット技術戦略マップ」を踏まえ、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズが高いと考えられる「製造分野」、「サービス分野」及び「特殊環境下での作業分野」の3分野とする。「ミッション」とは、上記3分野において、本プロジェクト終了時点（平成22年度末）に達成されるべき作業内容をいう。したがって、「ロボットシステム又は要素技術の開発」自体が本プロジェクトの目標ではなく、これらのシステム又は技術を用いて、あらかじめ設定された作業内容を実行すること、すなわち「ミッション」を達成することが、本プロジェクトの目標となる。						
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	
	柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム	←					→
	人間・ロボット協調型セル生産組立システム	←					→
	片付け作業用マニピュレーションRTシステム	←					→
	高齢者対応コミュニケーションRTシステム	←					→
	ロボット搬送システム	←					→
	被災建造物内移動RTシステム	←					→
	建設系産業廃棄物処理RTシステム	←					→
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）	会計・勘定	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額
	一般会計	1,042	940	754	718	468	3,922
	特別会計 （電多・高度化・石油の別）	0	0	0			0
	総予算額	1,042	940	754	718	468	3,922

	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	千葉工業大学 平井成興
開発体制	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載）	三菱電機株式会社、ファナック株式会社、財団法人四国産業・技術振興センター、香川大学、株式会社プレックス、宝田電産株式会社、香川県産業技術センター、積水ハウス株式会社、千葉工業大学、村田機械株式会社、慶應義塾大学、独立行政法人産業技術総合研究所、特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構、パンドー化学株式会社、株式会社シンクチューブ、ビー・エル・オートテック株式会社、独立行政法人情報通信研究機構、株式会社ハイパーウェブ、東急建設株式会社、株式会社日立建機（平成20年7月まで）株式会社ニルバーナテクノロジー（平成21年3月まで）東北大学、株式会社安川電機、筑波大学、川田工業株式会社、THK株式会社、セイコーエプソン株式会社、野村ユニソン株式会社、株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ、早稲田大学、株式会社けいはんな、奈良先端科学技術大学院大学、オムロン株式会社、三菱重工業株式会社、東京大学、東京工業大学、株式会社国際電気通信基礎技術研究所、富士通株式会社、横浜国立大学、電気通信大学、東芝テック株式会社、株式会社東芝、財団法人理工学振興会、株式会社ハイボット、株式会社インターネットイニシアティブ、名城大学、大阪大学、清水建設株式会社
情勢変化への対応	<p>(1) 柔軟な実施体制の変更 ユーザーニーズに基づいたRTシステムの開発を行うため、実際のユーザー企業が不明確なグループには再委託先としてユーザー企業を参画させた。 また、業績不振によりプロジェクトから抜けた実施者がグループでは外部協力者としてグループの</p> <p>(2) ステージゲート評価結果を受けての再公募の実施 ステージゲートにおいて基準を満たさなかったテーマについては、全てのグループの委託を打ち切り、再公募を実施した。</p> <p>(3) 最終目標の見直し ステージゲートを通過したグループについては、最終目標を見直し、数値目標を含め具体的な目標を再設定した。</p>	

Ⅲ. 研究開発
成果および
実用化、事業
化の見通し
について

1. 次世代産業用ロボット分野

1. 1 柔軟物も取り扱える生産用ロボットシステム

ワイヤーハーネスのような柔軟物を迅速活高精度・高信頼度にハンドリングできるマニピュレーション技術や知的にハンドリングするためのセンサ利用技術、短時間で還元作業を提示できる次世代教示機能等を開発し、人では組立困難であった電機電子製品の自動組立を実現した。

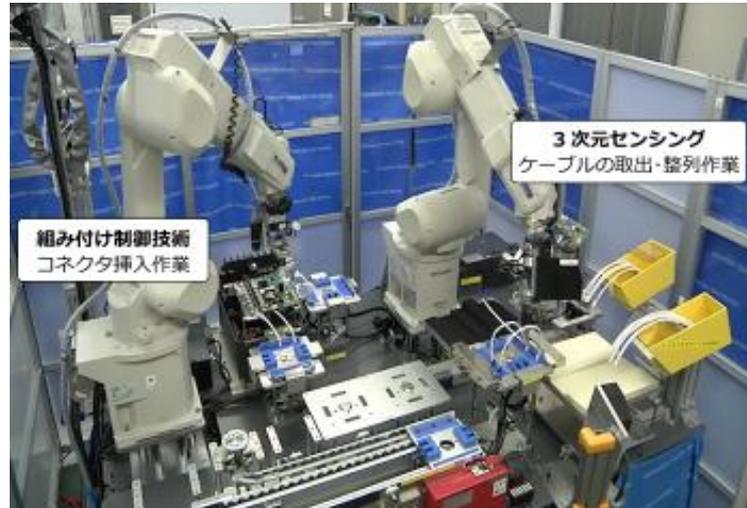


図1 柔軟物も取り扱える生産用ロボットシステム

1. 2 人間・ロボット協調型セル生産組立システム

作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術や必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術、作業者が習熟しやすい作業情報提示技術等を開発した。



図2 人間・ロボット協調型セル生産組立システム

2. サービスロボット分野

2. 1 片付け作業用マニピュレーションRTシステム

洗濯物等の多様な形状を有する対象物を迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術や対象物の位置姿勢を識別し収納するための空間構造化技術、これらを実行するためのマニピュレータ等を開発した。

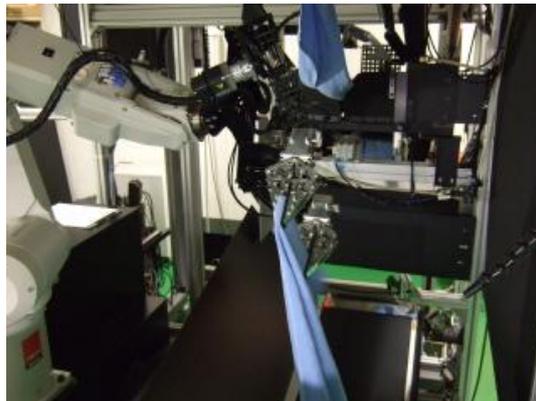


図3 片付け作業用マニピュレーションRTシステム

2. 2 高齢者対応コミュニケーションRTシステム

音声を主体とするコミュニケーションRT(Robot Technology)により、毎日のバイタル(血圧・脈拍・体温・体重)を測定・蓄積・解析し、それに基づく自動問診を行うことで、遠隔での医師や家族による見守りを実現し、高齢者の安心安全な自宅生活をサポートするシステムを開発した。



図4 高齢者対応コミュニケーションRTシステム

2. サービスロボット分野

2. 3 ロボット搬送システム

大規模病院等において、人や物、環境の状況を把握して自律移動する技術や人とロボットが共存する環境下での安全(事故防止)技術等を開発した。



図5 ロボット搬送システム

3 特殊環境用ロボット分野

3.1 被災建造物内移動RTシステム

複数のロボットが地下街、高層ビル等の閉鎖空間階段、ドアを含む)において、障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら半自律走行できる迅速な移動技術や、軽量簡易型のインタフェースで複数ロボットの同時遠隔操作(移動行動司令)ができるヒューマンインタフェース技術、複数の遠隔操作映像を含むセンシング情報をリアルタイムに安定して伝送できる通信技術、複数ロボットの走行経路をモニタリングし、複数の映像を含むセンシング情報をGIS(Geographic Information System)上にマッピングできる測位技術とGIS技術等を開発した。



図6 被災建造物内移動RTシステム

3.2 建設系産業廃棄物処理RTシステム

建物の解体時に発生する廃棄物材質の判定手法や解体・選別作業を効率よく安全に、かつ高信頼度で行う技術解体現場で使用可能で建設機械相当の耐環境性を持つ次世代マニピュレータ、現場作業員でも使用可能なヒューマンインタフェース等を開発した



図7 建設系産業廃棄物処理RTシステム

【成果発表数】				
分類	学会発表 (内 論文数)		特許等	報道等
件数	国内	海外		
		254	346	224
<p>本プロジェクトの中間目標では、プロトタイプロボットシステムにより最終目標として掲げた目標に到達できるような見込みを示すことを求めている。ステージゲート評価では3分野7テーマについての18グループ全てがプロトタイプロボットシステムによるデモンストレーションを行った。</p> <p>ステージゲート評価では「ステージゲート時点における達成状況」「技術的評価」「事業的（実用化）評価」「その他の評価」の4項目について評価を行い、それらを考慮した「総合評価」により、ステージゲート通過グループを選定した。ステージゲートを通過した6グループおよびステージⅡで再公募した1グループについては、事業化シナリオが明確であり、技術的評価も優れており、プロジェクト終了後に成果の実用化、事業化が期待できるものとなっている。</p>				
IV. 評価に関する事項	事前評価	なし		
	評価予定	平成20年度 ステージゲート評価を実施 平成21年度 中間評価実施 平成23年度 事後評価実施予定		
V. 基本計画に関する事項	策定期期	平成18年3月 策定		
	改訂履歴	平成20年3月 中間評価実施時期の変更により、改訂 平成21年3月 最終目標の具体化及びそれに伴う中間目標の見直しにより、改訂		

1. 研究開発の目的、目標及び内容

(1) 研究開発の目的

我が国では、自動車や電機・電子産業を中心とする各産業分野の成長、人手不足等を背景に、特に1980年代以降、産業用ロボットの本格的な導入が進んだ。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し、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など、我が国は自他ともに認める「ロボット大国」といえる。加えて、2005年の愛知万博等を契機とするロボットブームによりロボットに対する関心が高まっているとともに、ビジョンセンサーや力センサー等の認識技術やバッテリーの性能向上といった要素技術が著しく発展しつつある。

他方、我が国は、少子高齢化・労働力の減少、アジア諸国の台頭を背景とした国際競争の激化、地震など大規模災害に対する不安といった社会的課題を抱えている。このような中、製造現場を含めた様々な分野における諸課題を、ロボット技術を活用することにより解決することが期待されている。

「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」(以下「本プロジェクト」という。)は、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれ、かつ、「市場の失敗」に対応すべく国として関与すべき「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することで達成し(=アウトプット)、もって当該ニーズを満たす一助となること(=アウトカム)を目的とする。

また、我が国経済の成長の源泉であるイノベーションの推進を通じて、先端的なロボットシステム及び要素技術を開発することにより、我が国ロボット産業の国際競争力を強化・維持するとともに、当該技術群が、ロボット以外の製品分野(自動車・情報家電等)にも広く波及することが期待される。

なお、ミッションは、「技術戦略マップ」を踏まえて設定するものとする。具体的なミッションの内容は、別紙の研究開発計画に規定する。

本プロジェクトは、「我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているロボット適応分野を拡大し、ロボット産業を我が国における基幹産業の一つに成長させること」を目的とする「21世紀ロボットチャレンジプログラム」の一環として実施する。

(2) 研究開発の目標

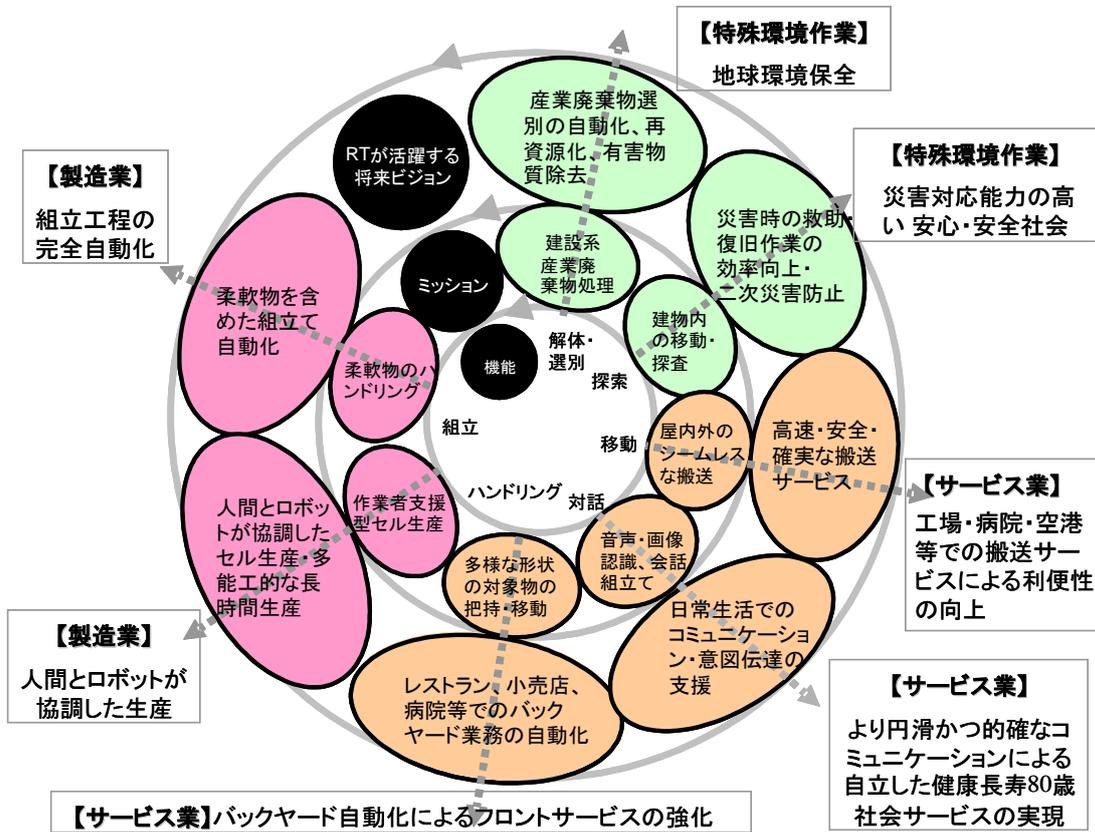
本プロジェクトの直接的な目標(アウトプット)は、「将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより、達成すること」である。

「ミッション」を設定する分野は、「ロボット技術戦略マップ」を踏まえ、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズが高いと考えられる「製造分野」、「サービス分野」及び「特殊環境下での作業分野」の3分野とする。国として取り組むべきミッションの具体的な体系図(案)は、下図のとおり。

「ミッション」とは、上記3分野において、本プロジェクト終了時点(平成22年度末)に達成されるべき作業内容をいう。したがって、「ロボットシステム又は要素技術の開発」自体が本プロジェクトの目標ではなく、これらのシステム又は技術を用いて、あらかじめ設定された作業内容を実行すること、すなわち「ミッション」を達成することが、本プロジェクトの目標となる。

ただし、当然ながら、「ミッションの達成」自体はアウトプットに過ぎず、開発されたロボットシステム又は要素技術が発展することで、将来的に、市場ニーズ又は社会的ニ

ズが満たされることが、本プロジェクトを実施する真の意義・期待される効果（アウトカム）となる。したがって、研究開発主体は、開発されたロボットシステム又は要素技術が、プロジェクト終了後に各分野の実現場でどのように導入されるのか（＝導入のシナリオ）を明確に意識することが求められる。



(3) 研究開発の内容

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、別紙の「研究開発計画」に基づき提案公募方式にて研究開発を実施する。

なお、本プロジェクトでは、「ステージゲート制度」を導入し、実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本プロジェクトは、NEDO技術開発機構が、企業、大学・研究機関等によって構成される研究開発グループ（研究共同体であって法人格である必要はない。企業、大学・研究機関等の単独での構成も可とする）を公募によって、原則として各ミッション毎に複数選定の上、委託して実施する。

本プロジェクトは、NEDO技術開発機構が指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）の下にミッションの設定分野毎に責任者（サブプロジェクトリーダー）を置き、それぞれのミッション達成目標を実現すべく研究開発グループ（提案者）毎に研究開発を実施する方式を採用する。

(2) 研究開発の運営管理

プロジェクト全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本プロジェクトの目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。

具体的には、

①必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

②プロジェクトリーダー等は、当該報告等を踏まえ、研究開発グループに対し、適宜指導・助言を行う。

③研究実施主体が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、「ステージゲート制度」を導入する。

具体的には、プロジェクト実施期間を前半3年間の「ステージⅠ」（平成18～20年度）と後半2年間の「ステージⅡ」（平成21～22年度）に分け、「ステージⅠ」の最終段階（平成20年度）に、絞り込み評価を実施する。絞り込み評価では、研究開発目標に対する「達成度」、「再現性・安定性」、「ミッション達成の所要時間」等を踏まえて、定性的・定量的に評価する。絞り込み評価を踏まえ、「ステージⅡ」（平成21年度以降）では、絞り込み評価で高く評価された研究開発に絞り、これらを継続して重点的に行う。絞り込みに当たっては、原則、ミッション毎に、1グループに絞ることとする。なお、研究開発主体の絞り込みについては、複数のミッション間で相対的に評価を行うことは困難であるため、原則ミッション毎に行う。

また、ステージⅡに移行するに当たり、研究開発の進捗状況を踏まえ、必要に応じて、ミッション及び実施体制を見直すこととする。また、本プロジェクト終了後に、事後評価を実施し、最終的なミッションの達成度を定性的・定量的に評価する。

3. 研究開発の実施期間

本プロジェクトの実施期間は、平成18年度から平成22年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、事業全体について技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、制度の運営管理、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者によるプロジェクトの中間評価を平成21年度に、事後評価を平成23年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ、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。

なお、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等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、上記中間評価とは別に、「ステージⅠ」の最終段階（平成20年度）に、絞り込み評価を実施し、「ステージⅡ」（平成21年度以降）で継続して重点的に行う研究開発テーマの絞り込みを行う。

5. その他の重要項目

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも、我が国産業等に対し普及に努めることとする。

②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

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26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技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、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18年3月に制定する。

(2) 平成20年3月、中間評価実施時期の変更により、改訂。

(別紙) 研究開発計画

I. 次世代産業用ロボット分野

研究開発項目①「柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム」

1. 研究開発の必要性

自動車や家電等の組立工程において、変形しない部品の自動化はすでに実現しているが、柔軟物（ワイヤーハーネス等）のハンドリング、組み付け作業は今でも自動化が困難で人手に頼っている。また、同時に実行されることの多いコネクタの接続は多様な形状であり、掴み方、組み立て方が多様のため、これも自動化が困難な例が多い。本研究開発はワイヤーハーネス等の柔軟物を対象とする組み付け作業をほぼ全自動で実現するロボットシステムを開発する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①柔軟物を迅速かつ高精度・高信頼度でハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②柔軟物を知的にハンドリングするためのセンサ利用技術（ビジョンシステム、力制御、力センサ）の開発
- ③短時間で簡便に作業を提示できる次世代教示機能の開発

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

ロボットシステムが、柔軟物（ワイヤーハーネス等）を筐体内に取り付ける一連の作業を実現する。柔軟物の種類が変更された場合には、現場で容易にプログラムを組み替え可能なこと。

例えば、ワイヤーハーネスは柔らかく曲がる長いひも状のもので、両端に多ピンのコネクタが着いている。組み付け対象は、パネルで作られた箱の内側にコネクタ 2 つがついている。

- ①供給箱からワイヤーハーネスを取り出し、
 - ②ワイヤーハーネス両端末のコネクタをパネル側のコネクタに挿入し、
 - ③ワイヤーハーネスの途中に装着されている固定ピンをパネルに挿入して、ワイヤーハーネスを壁面に固定する。
- 以上の動作を実現する。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

- ①次世代ロボットの開発
 - ・ 多腕あるいは多指などで生産性と汎用性を高めたロボット
 - ・ 多腕協調や知的把持などによる高度なハンドリング
 - ・ 狭い空間でも作業可能なスリムな形状
- ②柔軟物をうまく取り扱うマニピュレーション技術の開発
 - ・ 変形するひも状物体のハンドリング
 - ・ 柔軟物の特性の指定方法
- ③柔軟物の動きを認識するセンサ技術の開発
 - ・ 腕に搭載可能な3次元ビジョンや力センサなどのセンサ
 - ・ キャリブレーション容易なシステム
 - ・ 簡易センサプログラミング機能
- ④次世代ハンド（エンドエフェクタ）の開発
 - ・ 柔軟物やひも状物のハンドリングに適したハンドの開発
 - ・ コネクタやクランプの結合確認方法の開発
- ⑤次世代教示機能の開発
 - ・ 柔軟物を表現可能なCADデータ等を利用したオフライン教示
 - ・ センサ利用の教示位置・姿勢の自動補正
 - ・ 作業レベルで指示可能な記述言語
 - ・ 3次元コンピュータグラフィックスとセンサモデルを利用したシミュレーションによる動作の確認
 - ・ CADデータから作業異常を推定して検出する方法の組込
- ⑥次世代データベースの開発
 - ・ 単位作業用データベース
 - ・ コネクタ、柔軟物などの部品データベース
 - ・ 把持対象と把持機構のデータベース

I. 次世代産業用ロボット分野

研究開発項目②「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

1. 研究開発の必要性

近年の製造業には多品種少量生産が求められており、従来のライン型組立システムに代わってセル型の組立システムが普及してきた。ライン生産では自動機械が組立作業を行い、人間作業者が各種段取り作業を行っていたのに対し、セル生産では機械は極力用いず、組立および各種段取り作業を人間作業者が行う。人間を多用することで初期コストが低く済むが、一方で熟練作業者を育成するのに時間がかかり、品質管理が難しいといった欠点も持つ。本ミッションでは、セル生産で作業者とロボットとの協働を目標として、現状より高生産性で使いやすいセル生産システムを確立する。

2. 研究開発の具体的内容

作業者とロボットが協働するセル生産システムの構築を目標として、組立作業者をロボット技術が物理的・情動的に支援することで、高生産性で多品種少量生産に適するシステムを確立する。セル生産システムの特徴である機種切り替えへの迅速な対応は現有システム並みの能力を持ち、同時に十分な高生産性を達成する。

例えば、組立は人間作業者が行い、配膳作業（必要部品を部品箱から取り出し、位置姿勢を整えて、作業順に配膳する）や部品搬送といった段取り作業をロボットが担当することで、セル生産の問題点の解消を目指す。

(1) 開発技術

- ①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術(注)
- ②必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術
- ③作業者が習熟しやすい作業情報提示技術

(注) 既存の産業用ロボットの安全規格が改定されないことを考慮し、現行規格をほぼ遵守する形で達成することが求められる。

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

開発したシステムで作業者が組立を行い、(a)作業手順の改善、(b)機種切り替え、(c)生産量の変動、に対しての対応能力を示す。組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して性能を定量的に明らかにすること。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

- ①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術(注)

- ・ 作業者とロボットとの作業領域の分離技術
- ・ 人の接近距離に応じた速度低減など危険回避技術
- ・ 突起部・挟まれ危険部のゼロ化と柔らかい外装を持つ構造
- ・ 簡易で短時間で、かつ安全に行える次世代教示機能
- ②必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術
 - ・ 多様な部品の分離・整列・供給技術
 - ・ 必要な部品を適切な姿勢・適切なタイミングで供給する技術
 - ・ 自走式部品箱など自律性の高い部品供給システム
- ③作業者が利用しやすい作業情報提示技術
 - ・ 作業者の疲れを招かず、品質安定・生産性向上に役立つ作業指示技術
 - ・ AR (Augmented Reality) 技術等を用いた直感性に優れた作業情報提示
 - ・ 作業者が容易にプログラムできる作業教示と作業指示
- ④多品種中小量生産へ適応する迅速な対応技術
 - ・ 治工具・把持具の迅速な準備・段取り換えシステム
 - ・ 段取り換え時間の高速化
- ⑤人間と協働のためのセンサ利用技術
 - ・ 作業者の意図推量システム
 - ・ 作業者を見守る多数のセンサ統合技術
 - ・ 作業進行の確認技術
 - ・ 作業者の生理的状态や行動を非侵襲かつ低心理負荷で測定するセンサ群

(注) 既存の産業用ロボットの安全規格が改定されないことを考慮し、現行規格をほぼ遵守する形で達成することが求められる。

Ⅱ. サービスロボット分野

研究開発項目①「片付け作業用マニピュレーションR Tシステム」

1. 研究開発の必要性

高齢化社会、労働力不足に対応するため、社会の効率化と、人間の創造力を発揮することを支援するR T環境を提供することが求められている。

日常作業において、バックヤードにおける収納作業に着目し、これまでは人手により対応している「整理整頓」を実現するR Tシステムを開発する。

具体的には、レストランの食器片付け、家庭の食事後の片付け、洗濯物の折りたたみ・収納、オフィスの書類・事務用品整理など、乱雑におかれたものを整理整頓・収納するという単純労働を、ロボット技術（R T）で代替する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①多様な形状を有する対象物を、迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②対象物の位置姿勢を識別し、収納するための空間構造化技術
- ③上記を実行するための、器用なハンドおよび軽量高剛性マニピュレータの開発

(2) 実証ロボット（プロトタイプR Tシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

多様な形状を有する対象物（20種類以上）を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に収納する作業を実現する。なお、作業環境条件は実作業を考慮すること。

このような技術の具体的な実現例としては、

レストラン、家庭などの状況を想定し、乱雑に置かれた食器（陶器）、食事道具（ナイフ、フォーク：金属）、箸（木製）などを識別し、隣接した食器戸棚、ストレージ、食洗器に収納するトータルシステムをバックヤードなどにおいて実現する。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①マニピュレーション技術

- ・ 多様な形状を有する対象物を、迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術
- ・ 人間のマニピュレーションスキル収集解析技術
- ・ 対象に応じた、マニピュレーションスキルデータベース

②対象物識別技術

- ・ 多種多様な対象物を識別するための、センサ（ビジョン、タグ）と運用システム
- ③位置姿勢同定技術
 - ・ ビン状態の対象物から、対象物を切り出し、位置姿勢を同定する認識技術
- ④空間構造化技術
 - ・ 対象物の属性情報をもとに、作業及び収納空間構造化技術
- ⑤R Tインテグレーション技術
 - ・ 個々のR T要素を統合し、サービスを設計、実現、運用する技術
- ⑥高剛性軽量マニピュレータ
 - ・ 狭所など姿勢に制約を受ける環境下で、上記作業を実行する、姿勢に自由度が高く、動作空間の広い高剛性軽量マニピュレータ
- ⑦巧緻性を有するハンド
 - ・ 対象物の属性に応じて、把持、ハンドリング戦略を実行できる巧緻性を有する器用なハンド
 - ・ ハンドリングスキルデータベース
- ⑧R T運用技術
 - ・ 要求条件、環境変化に対応した、システム改修、アップデート技術

Ⅱ. サービスロボット分野

研究開発項目②「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

1. 研究開発の必要性

「日本21世紀ビジョン」において謳われているように、「健康長寿80歳」を実現し、主体的に生きるための自立環境を構築することが求められている。

単身もしくは夫婦で自立した生活を送っている高齢者は、掃除・洗濯・料理などの家事程度はこなすことができたとしても、日常生活において些細なことに苦勞する場合がある。例えば、ゴミや新聞紙などを外に出す、電気器具の使い方が分からない・故障に対処できない、などである。かつての大家族の時代であれば、子や孫に頼めば簡単に片付いたような作業であっても、高齢者には対処が困難なことがある。このような、わざわざ人を呼び出すほどではないが、何らかの困難の伴う作業を支援するサービスロボットがあれば、高齢者の自立的な生活を支援することができる。

これらを実現するため、人の意図を理解し、指示により作業を代行するRTサービス技術、すなわち、日常生活における、人に頼むには気が引ける「ちょっとした作業代行」をRTで代行可能とするRTサービスフレームワーク、特にヒューマンロボットインタラクション技術と、エージェント（代行）技術を開発する必要がある。

さらに、「時持ち」に対する、スキル教授支援などにも適用でき、ひいては、家庭、社会におけるRTによる支援空間サービスとして多くのRTビジネスが期待できる。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①さまざまな年齢層に適応した、会話を主体としたコミュニケーション技術
- ②物理空間行動を伴うヒューマンロボットインタラクション技術
- ③室内における、人、物、コトの関係性を知識化する空間構造化技術
- ④指示に基づいて、簡単な作業を自律的に実行する技術

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

- ①バーバル（会話）やノンバーバル（ジェスチャー、指示具）コミュニケーションによる指示により、情報提供のみならず、RTならではの物理空間作業を行う。
例えば、電気器具の使い方の質問に答える、指示に従って身の回りにある対象物を持ってくる、操作するなどの作業を自律的に行うものとする。
- ②複数の年齢層に対し、適切なコミュニケーションを実現する。また、人とのやりとりを重ねながら、適切なコミュニケーションモデルの選択、履歴の活用などが可能なものとする。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要

条件とするものではない。

- ①コミュニケーション技術
 - ・ 日常会話、ジェスチャー認識、タイミング生成等
- ②ヒューマンロボットインタラクション技術
 - ・ 会話のみならず、表情、ジェスチャー、行動による違和感のない応答生成技術
- ③ロバスト画像処理技術
 - ・ 照明条件依存性の少ない、画像処理
- ④ロバスト音声処理技術
 - ・ 日常雑音下の、音、音声信号処理技術
- ⑤行動観察・理解技術
 - ・ 人の位置追跡技術
 - ・ 行動切り出し、認識技術
 - ・ 行動履歴データベース
 - ・ 行動データマイニング技術
- ⑥人物認証技術
 - ・ 特定人物認証
- ⑦空間構造化技術
 - ・ 空間条件（物体配置、存在追加・消滅）などへの対応技術
 - ・ 対象物の属性情報をもととした、位置とサービス情報構造化技術
 - ・ 人と空間における物との関係性を規定するコトの表現技術
 - ・ マニピュレータでの細かい操作には限界があるため、ユニバーサルデザインの機器群の開発
- ⑧サービスインテグレーション技術
 - ・ 個々のRT要素を統合し、サービスを設計、実現、運用する技術
 - ・ 個人対応サービス構成技術
 - ・ コンテンツ供給技術
- ⑨RT運用技術
 - ・ 要求条件、環境変化に対応した、システム改修、アップデート技術
- ⑩マニピュレーション技術
 - ・ ユーザの操作指示により物を把持、下ろすなどを器用に行える

II. サービスロボット分野

研究開発項目③「ロボット搬送システム」

1. 研究開発の必要性（位置づけ、意義、必要性）

オフィスや施設等の人との共存環境下において、ロボットが自己位置を認識し、人や障害物を回避しながら自律的に、かつ、安全に移動できることは、サービスロボットにとって非常に重要で、誘導や搬送作業等の多くのサービスで必要とされる要素機能である。

搬送作業として例えば、ゴミ箱運搬作業、病院での検体・薬品等の搬送、空港でのポーター、工場内での危険物搬送等は多大な労力を要するため、今後ロボット化が期待されている。

2. 具体的研究内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術
- ②人とロボットが共存する環境下での安全（事故防止）技術

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

人間や障害物が多く存在する可変環境において、屋内外をシームレスに移動でき、指定場所に設置された搬送物を、ロボットが自律走行しながら指定された搬送先へ安全かつ信頼性高く搬送する。

（凹凸・段差2cm、エレベータや扉・ドアを含む屋内及び屋外（事業所・施設等の敷地内における屋外空間）環境下を人の歩行速度程度で搬送）

(2) 【中間目標】

建物内の指定場所に設置された搬送箱を、ロボットが建物内を自律走行しながら指定された搬送先へ搬送する。

（凹凸・段差1cm、エレベータでの昇降を含む環境下を人の歩行速度の半分程度で搬送）

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①移動技術

- ・ 自律移動技術
- ・ 凹凸、段差、斜面等に適応して移動する技術開発

②センシング・認識技術

- ・ 自己位置認識技術
- ・ 人や障害物までの距離測定技術
- ・ 人と障害物の判別技術

③安全（事故防止）技術

- ・ 不測の障害物回避技術

- ・ 急制動停止技術
- ・ 転倒防止技術
- ④経路計画技術
 - ・ ロバスト画像処理技術
 - ・ 自然照明下，照明条件依存性の少ない，画像処理
- ⑤空間構造化技術
 - ・ サービス空間センシングネットワーク技術
 - ・ 空間条件（物体配置，存在追加・消滅）などへの対応技術

Ⅲ. 特殊環境用ロボット分野

研究開発項目①「被災建造物内移動RTシステム」

1. 研究開発の必要性

近年の大規模災害の発生頻度には目を見張るものがある。1990年代の自然災害による死者59万人のうち41万人(70%)はアジアに集中しており、アジアのリーダーでありRT大国を目指す日本としては、技術面からの人道的貢献が求められている。この分野で国際的なリーダーシップを取ることは、他の手段では得難い大きな国益を我が国にもたらすと考えられる。

自然災害や人為災害における人命救助は中でも最も重要である。被災した建物内(地下鉄、地下街、高層ビルなど)はきわめて危険性が高く、人命救助等におけるRTのニーズが最も高い空間である。初動時における迅速な情報収集は、救助や緊急医療と並んで最も重要なプロセスであり、高速かつ分散的な情報収集による高効率化と高精度化がその後の被害軽減活動全体の成否を左右する。危険空間で人間が情報収集を行うことは二次災害が発生する確率を増大させるため、RTによる支援が望まれる。複数ロボットが建物内を高速に走破できる機能は、そのために必要不可欠である。

複数ロボットの高速走破の実現のために必要な技術は、高速移動メカニズムの開発のみならず、移動体の半自律性、オペレータの遠隔操作のための環境認知と移動行動司令、建物内での通信と位置計測、GIS (Geographic Information System) への情報マッピング、一時的な環境構造化、分散協調など、多岐にわたっている。これらは、特殊環境ロボット(災害対応ロボット、建設ロボット、プラント保全ロボット、セキュリティロボット、農林業ロボット、屋外自律走行車両など)のみならず、ありとあらゆるRTシステムのために重要な基盤技術であり、その波及効果はきわめて大きい。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標(ミッション)を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①複数のロボットが地下鉄(含改札)、地下街、高層ビルなどの閉鎖空間(階段、ドアを含む)において、障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら、迅速に歩く人間と同程度の平均速度で、半自律走行できる、迅速な移動技術の開発。ただし、ロボットの重量は人間が一人で運搬可能であることとし、実証試験の稼働状態にてバッテリーが連続1時間以上もつことを条件とする。
- ②1台の会議机に15分以内に設置可能な軽量簡易型のインタフェースで、オペレータが複数ロボットの周囲環境を認識でき、複数ロボットの同時遠隔操作(移動行動司令)ができる、ヒューマンインタフェース技術の開発。
- ③建物内のロボット群から700m以上離れたオペレータステーションに、複数の遠隔操作用映像を含むセンシング情報をリアルタイムに安定して伝送できる、通信技術の開発。
- ④複数ロボットの走行経路をモニタリングし、複数の映像を含むセンシング情報をGIS上にマッピングできる測位技術とGIS技術の開発。

(2) 実証ロボット(プロトタイプロボット)の開発及び実証実験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、地下鉄駅等にて高速移動をメインとする課題を実行する実証試験を行うことにより開発技術の有効性を実証する。実証試験は研究期間中(2年度目後半～5年度目)数回にわたって開催し、難易度を変えた課題が設定される。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】(最終実証試験)

複数の遠隔操縦型ロボットが、階段やドアのある建物内でオリエンテーリングを行い、決められたエリアを人間よりも速く、迅速に移動する。場面としては、地下鉄駅、地下街、空港、高層ビル(オフィス、大規模店舗、劇場)で、非常に混雑しておらず、通常の営業時間としては比較的散らかった程度に障害物が散在し、人間が歩行している状態で、ドア(絞り込み評価終了後に仕様を与える)を通り抜け、照明条件がミッション遂行まで不明であるケースを想定する。既存インフラの使用を前提とせず、必要な環境は自分で構築する。建物のGISマップをもとにして、決められた地点とそこに至るまでの映像情報等を迅速に取得できることを実証する。

(2) 【中間目標】

ドアは自動、または、押せば開く方式であり、照明が正常であるケースを想定し、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを、研究期間中数回にわたって開催される実証試験にて示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標(ミッション)及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①移動ロボットの開発

- ・ 階段を含む建物内環境で、迅速に歩く人と同程度の平均速度で移動が可能なロボット
- ・ 生活環境で散在する障害物を回避、乗り越え、あるいは排除する機能
- ・ 混雑していない平常時の地下商店街のような状況で、歩行者をよける機能
- ・ ドアノブのついたドアを通り抜ける機能
- ・ 遠隔操作を支援する半自律性

②軽量簡易型遠隔操作ヒューマンインタフェースの開発

- ・ オペレータへの周囲環境のリアルな提示技術
- ・ 複数ロボットの同時操作
- ・ コンパクト・軽量で機動的なヒューマンインタフェース

③センシング技術の開発

- ・ 階段・ドア・通路等の環境及び歩行している人間等の認識
- ・ 3次元形状計測

④測位技術の開発

- ・ 屋内GPS
- ・ SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

⑤通信技術の開発

- ・ アドホックネットワーク技術
- ・ 建物内に通信インフラを一時的に設置する技術

⑥GIS技術の開発

- ・ 屋内GISマップ
- ・ GISへのマッピング機能

⑦一時的環境構造化、複数エージェント協調技術の開発

- ・ ミッション遂行を補助する環境を一時的に構築する技術
- ・ 複数台のロボットと人間が役割分担して協調的にタスクを遂行する技術

Ⅲ. 特殊環境ロボット分野

研究開発項目②「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

1. 研究開発の必要性

建設廃棄物を解体・処理する際は、材質（素材）別に資源として再利用可能な物と、焼却可能な物、最終処分場へ埋める物に分類する作業を伴う。建設現場において現在この分類作業は、油圧ショベルを主とした破碎機により解体、人力による建設現場内での粗選別を経て、中間処理施設等で精選別を行うのが一般的である。建設現場内および中間処理施設で選別する際の問題点として、様々な気象条件（夏期の高温多湿、冬期の低温下、降雨、降雪など）や粉塵が伴う劣悪な環境化で作業を行っていることが挙げられる。また、近年建物の解体時において、建材中に石綿が混入することによる作業員の健康に対する影響や外部への飛散が問題視されている。つまり、現在人間が「手選別」で実施している作業において、作業環境と安全性に問題のある工程の自動化が望まれている。

一方、既に最終処分場に搬入されている廃棄物についても、廃棄物最終処分場の残余量は減少の一途をたどっていることから、再資源化可能な物を完全に選別して処分場へ持ち込まないことが求められている。

建設現場から排出される廃棄物を0とすることを目指して、本ミッションでは、①建物解体現場、②中間処理場、③最終処分場での適用のうち、①建物解体現場に焦点を当て、ロボット技術による解体・選別作業効率、建物解体中におけるオペレータ、作業員の安全性確保、周辺の住民の安全性などの向上を実現する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①建物解体時に発生する廃棄物材質の判定手法
- ②解体・選別作業を効率よく、安全に、かつ高信頼度で行う技術
- ③解体現場で使用可能で、かつ、建設機械相当の耐環境性を持つ次世代マニピュレータの開発
- ④現場作業員でも使用可能なヒューマンインタフェースの開発（複合操作、操作感覚、力制御、ビジュアルサーボ等）

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

上記の開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】

「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・マニピュレータを開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」

(2) 【中間目標】

- ①「建物解体時に発生する廃棄物のうち、異なる5種類以上の材質を選別判定できること。」

解体作業を対象とした建物で使用されている物性の異なる材質（コンクリート塊、廃プラスチック、木くず、金属くず、紙くず等）を特定し、特定された材質を選別するための判定手法を開発する。

- ②「建物解体時に発生する廃棄物を素材料毎に分離できること」

建設機械レベルの大きさ、力を持つマニピュレータの開発を想定し、上記技術項目に

関する要素技術を開発する。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①廃棄物材質の判定手法の開発

- ・ 最低 5 種類の廃棄物の判別技術（95%の選別が目標）
- ・ 廃棄物発生場所での対策としての廃棄対象へのマーク付け技術

②解体・選別技術

- ・ 作業対象の状態センシング（位置、姿勢、形状、材質の違いを特定できる項目（固さ、重さ、剛性、色等））
- ・ 廃棄物の解体・分解

③解体現場で使用可能な次世代マニピュレータ開発

- ・ 施工現場の環境認識（機械周囲、機械本体）
- ・ 多自由度、多腕マニピュレータ、多機能ハンド
- ・ 施工に必要な作業分析を基にし、作業状況との関係で柔軟な作戦を策定できる知能化
- ・ 複数腕、複数軸の同時操作を容易にする操作系
- ・ 対象物の把持、ハンドリングを容易する操作感覚の付加

④安全技術

- ・ 使用される機器類は一般建設機械で用いられる電子機器の使用環境（温度、振動、湿度、塵埃）に耐えられること
- ・ 周辺住民が安心できる技術（例えば、振動、騒音、粉塵、飛散防止対策 等）

1. 研究開発の目的、目標及び内容

(1) 研究開発の目的

我が国では、自動車や電機・電子産業を中心とする各産業分野の成長、人手不足等を背景に、特に1980年代以降、産業用ロボットの本格的な導入が進んだ。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し、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など、我が国は自他ともに認める「ロボット大国」といえる。加えて、2005年の愛知万博等を契機とするロボットブームによりロボットに対する関心が高まっているとともに、ビジョンセンサーや力センサー等の認識技術やバッテリーの性能向上といった要素技術が著しく発展しつつある。

他方、我が国は、少子高齢化・労働力の減少、アジア諸国の台頭を背景とした国際競争の激化、地震など大規模災害に対する不安といった社会的課題を抱えている。このような中、製造現場を含めた様々な分野における諸課題を、ロボット技術を活用することにより解決することが期待されている。

「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」(以下「本プロジェクト」という。)は、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれ、かつ、「市場の失敗」に対応すべく国として関与すべき「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することで達成し(=アウトプット)、もって当該ニーズを満たす一助となること(=アウトカム)を目的とする。

また、我が国経済の成長の源泉であるイノベーションの推進を通じて、先端的なロボットシステム及び要素技術を開発することにより、我が国ロボット産業の国際競争力を強化・維持するとともに、当該技術群が、ロボット以外の製品分野(自動車・情報家電等)にも広く波及することが期待される。

なお、ミッションは、「技術戦略マップ」を踏まえて設定するものとする。具体的なミッションの内容は、別紙の研究開発計画に規定する。

本プロジェクトは、「我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているロボット適応分野を拡大し、ロボット産業を我が国における基幹産業の一つに成長させること」を目的とする「ロボット・新機械イノベーションプログラム」の一環として実施する。

(2) 研究開発の目標

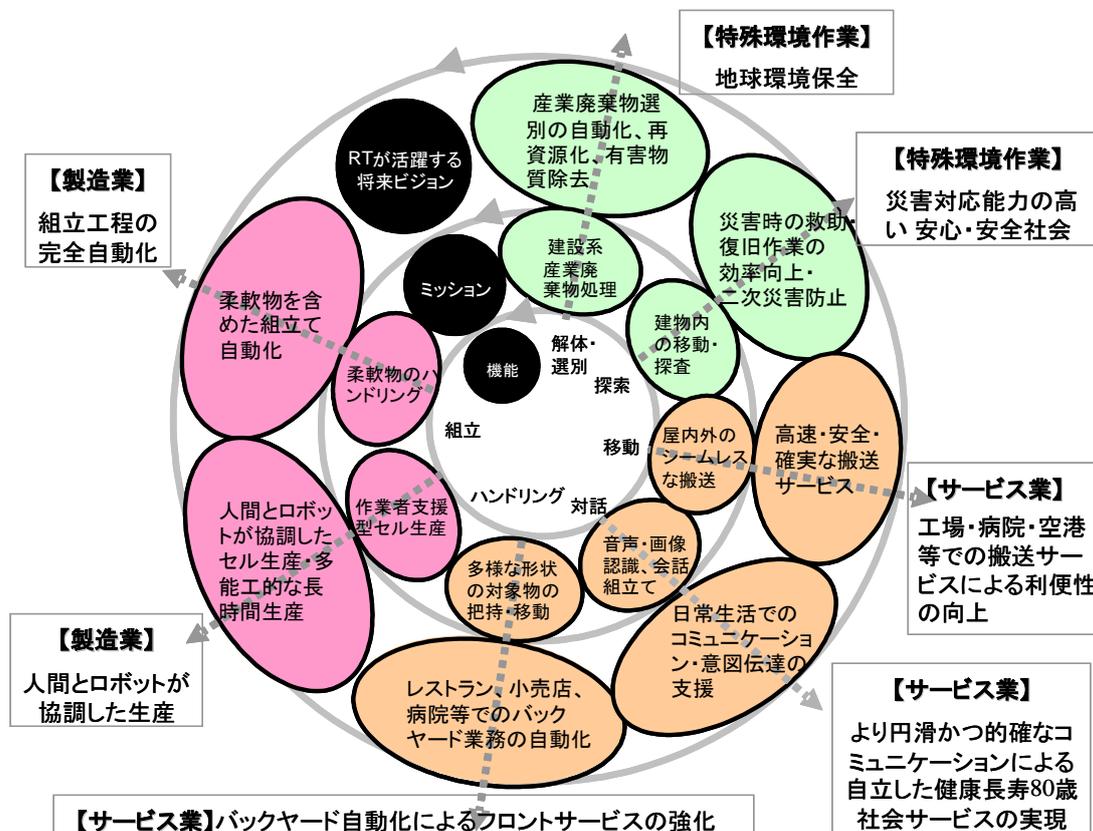
本プロジェクトの直接的な目標(アウトプット)は、「将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより、達成すること」である。

「ミッション」を設定する分野は、「ロボット技術戦略マップ」を踏まえ、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズが高いと考えられる「製造分野」、「サービス分野」及び「特殊環境下での作業分野」の3分野とする。国として取り組むべきミッションの具体的な体系図(案)は、下図のとおり。

「ミッション」とは、上記3分野において、本プロジェクト終了時点(平成22年度末)に達成されるべき作業内容をいう。したがって、「ロボットシステム又は要素技術の開発」自体が本プロジェクトの目標ではなく、これらのシステム又は技術を用いて、あらかじめ設定された作業内容を実行すること、すなわち「ミッション」を達成することが、本プロジェクトの目標となる。

ただし、当然ながら、「ミッションの達成」自体はアウトプットに過ぎず、開発されたロボットシステム又は要素技術が発展することで、将来的に、市場ニーズ又は社会的ニーズが満たされることが、本プロジェクトを実施する真の意義・期待される効果(アウトカ

ム)となる。したがって、研究開発主体は、開発されたロボットシステム又は要素技術が、プロジェクト終了後に各分野の実現場でどのように導入されるのか(=導入のシナリオ)を明確に意識することが求められる。



(3) 研究開発の内容

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、別紙の「研究開発計画」に基づき提案公募方式にて研究開発を実施する。

なお、本プロジェクトでは、「ステージゲート制度」を導入し、実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

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（以下、NEDO 技術開発機構という。）が、企業、大学・研究機関等によって構成される研究開発グループ（研究共同体であって法人格である必要はない。企業、大学・研究機関等の単独での構成も可とする）を公募によって、原則として各ミッション毎に複数選定の上、委託して実施する。

本プロジェクトは、NEDO 技術開発機構が指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）学校法人千葉工業大学未来ロボット技術センター 副所長 平井成興氏の下にミッションの設定分野毎に責任者（サブプロジェクトリーダー）を置き、それぞれのミッション達成目標を実現すべく研究開発グループ（提案者）毎に研究開発を実施する方式を採用する。

(2) 研究開発の運営管理

プロジェクト全体の管理・執行に責任を有するNEDO 技術開発機構は、経済産業省及

び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本プロジェクトの目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。

具体的には、

- ①必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。
- ②プロジェクトリーダー等は、当該報告等を踏まえ、研究開発グループに対し、適宜指導・助言を行う。
- ③研究実施主体が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、「ステージゲート制度」を導入する。

具体的には、プロジェクト実施期間を前半3年間の「ステージⅠ」（平成18～20年度）と後半2年間の「ステージⅡ」（平成21～22年度）に分け、「ステージⅠ」の最終段階（平成20年度）に、絞り込み評価を実施する。絞り込み評価では、研究開発目標に対する「達成度」、「再現性・安定性」、「ミッション達成の所要時間」等を踏まえて、定性的・定量的に評価する。絞り込み評価を踏まえ、「ステージⅡ」（平成21年度以降）では、絞り込み評価で高く評価された研究開発に絞り、これらを継続して重点的に行う。絞り込みに当たっては、原則、ミッション毎に、1グループに絞ることとする。なお、研究開発主体の絞り込みについては、複数のミッション間で相対的に評価を行うことは困難であるため、原則ミッション毎に行う。

また、ステージⅡに移行するに当たり、研究開発の進捗状況を踏まえ、必要に応じて、ミッション及び実施体制を見直すこととする。また、本プロジェクト終了後に、事後評価を実施し、最終的なミッションの達成度を定性的・定量的に評価する。

3. 研究開発の実施期間

本プロジェクトの実施期間は、平成18年度から平成22年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、事業全体について技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、制度の運営管理、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者によるプロジェクトの中間評価を平成21年度に、事後評価を平成23年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ、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。

なお、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等に応じて、前倒しする等、適宜見直しものとする。

また、上記中間評価とは別に、「ステージⅠ」の最終段階（平成20年度）に、絞り込み評価を実施し、「ステージⅡ」（平成21年度以降）では事業化を強く意識した目標を設定し、継続して重点的に行う研究開発テーマの絞り込みを行う。

5. その他の重要項目

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも、我が国産業等に対し普及に努めることとする。

②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準案の提案等を積極的に行う。

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技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、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18年3月に制定する。
- (2) 平成20年3月、中間評価実施時期の変更により、改訂。
- (3) 平成21年3月、最終目標の具体化及びそれに伴う中間目標の見直しにより、改訂。
- (4) 平成21年4月、PLの所属変更により、改訂。

(別紙) 研究開発計画

I. 次世代産業用ロボット分野

研究開発項目①「柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム」

1. 研究開発の必要性

自動車や家電等の組立工程において、変形しない部品の自動化はすでに実現しているが、柔軟物（コネクタ付ケーブル等）のハンドリング、組み付け作業は今でも自動化が困難で人手に頼っている。また、同時に実行されることの多いコネクタの接続は多様な形状であり、掴み方、組み立て方が多様のため、これも自動化が困難な例が多い。本研究開発はコネクタ付ケーブル等の柔軟物を対象とする組み付け作業をほぼ全自動で実現するロボットシステムを開発する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①柔軟物を迅速かつ高精度・高信頼度でハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②柔軟物を知的にハンドリングするためのセンサ利用技術（ビジョンシステム、力制御、力センサ）の開発
- ③短時間で簡便に作業を提示できる次世代教示機能の開発

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】 実証ロボットでの実証

ロボットシステムが、柔軟物（コネクタ付ケーブル等）を筐体内に取り付ける一連の作業を実現する。柔軟物の種類が変更された場合には、代表的な部品や設計情報などが登録されているデータベースなどを活用して、立ち上げ、調整時間が従来の 1/3 以下で品種追加、動作可能なこと。

具体的には、コネクタ付ケーブルは柔らかく曲がる長いひも状のもので、両端に多ピンのコネクタが着いている。組み付け対象は、箱の内側の電気部品や基板にコネクタが2つ以上ついている。

- ①供給部からコネクタ付ケーブルを取り出し、
 - ②コネクタ付ケーブル両端末のコネクタを電気部品や基板側のコネクタに挿入し、
 - ③代表的な作業エラーが発生した場合には、自動的に復旧し、作業を継続する。
- 以上の動作を人と同等以上の生産量で実現する。

最終的にはプロジェクト終了後2年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、必要条件とす

るものではない。

①次世代ロボットの開発

- ・ 多腕あるいは多指などで生産性と汎用性を高めたロボット
- ・ 多腕協調や知的把持などによる高度なハンドリング
- ・ 狭い空間でも作業可能なスリムな形状

②柔軟物をうまく取り扱うマニピュレーション技術の開発

- ・ 変形するひも状物体のハンドリング
- ・ 柔軟物の特性の指定方法

③柔軟物の動きを認識するセンサ技術の開発

- ・ 腕に搭載可能な3次元ビジョンや力センサなどのセンサ
- ・ キャリブレーション容易なシステム
- ・ 簡易センサプログラミング機能

④次世代ハンド（エンドエフェクタ）の開発

- ・ 柔軟物やひも状物のハンドリングに適したハンドの開発
- ・ コネクタやクランプの結合確認方法の開発

⑤次世代教示機能の開発

- ・ 柔軟物を表現可能なCADデータ等を利用したオフライン教示
- ・ センサ利用の教示位置・姿勢の自動補正
- ・ 作業レベルで指示可能な記述言語
- ・ 3次元コンピュータグラフィックスとセンサモデルを利用したシミュレーションによる動作の確認
- ・ CADデータから作業異常を推定して検出する方法の組込

⑥次世代データベースの開発

- ・ 単位作業用データベース
- ・ コネクタ、柔軟物などの部品データベース
- ・ 把持対象と把持機構のデータベース

⑦作業エラーからの自動復旧技術の開発

- ・ センサを用いた作業エラー検出方式
- ・ 作業エラーに応じた自動復旧方式

I. 次世代産業用ロボット分野

研究開発項目②「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

1. 研究開発の必要性

近年の製造業には多品種少量生産が求められており、従来のライン型組立システムに代わってセル型の組立システムが普及してきた。ライン生産では自動機械が組立作業を行い、人間作業者が各種段取り作業を行っていたのに対し、セル生産では機械は極力用いず、組立および各種段取り作業を人間作業者が行う。人間を多用することで初期コストが低く済むが、一方で熟練作業者を育成するのに時間がかかり、品質管理が難しいといった欠点も持つ。本ミッションでは、セル生産で作業者とロボットとの協働を目標として、現状より高生産性で使いやすいセル生産システムを確立する。

2. 研究開発の具体的内容

作業者とロボットが協働するセル生産システムの構築を目標として、組立作業者をロボット技術が物理的・情動的に支援することで、高生産性で多品種少量生産に適するシステムを確立する。セル生産システムの特徴である機種切り替えへの迅速な対応は現有システム並みの能力を持ち、同時に十分な高生産性を達成する。

例えば、組立は人間作業者が行い、配膳作業（必要部品を部品箱から取り出し、位置姿勢を整えて、作業順に配膳する）や部品搬送といった段取り作業をロボットが担当することで、セル生産の問題点の解消を目指す。

(1) 開発技術

- ①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術(注)
- ②必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術
- ③作業者が習熟しやすい作業情報提示技術

(注) 既存の産業用ロボットの安全規格が改定されないことを考慮し、現行規格をほぼ遵守する形で達成することが求められる。

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

開発したシステムで作業者が組立を行い、(a)作業手順の改善、(b)機種切り替え、(c)生産量の変動、に対しての対応能力を示す。組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して以下の性能を実現する。

生産性：作業者とロボットを合わせた時間単価をベースとした生産性において既存セル（人間中心セル）から2割向上。

機種切り替え時間：既存セル生産システムの1/2。

最終的にはプロジェクト終了後2年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、必要条件とするものではない。

①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術(注)

- ・ 作業者とロボットとの作業領域の分離技術
- ・ 人の接近距離に応じた速度低減など危険回避技術
- ・ 突起部・挟まれ危険部のゼロ化と柔らかい外装を持つ構造
- ・ 簡易で短時間で、かつ安全に行える次世代教示機能

②必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術

- ・ 多様な部品の分離・整列・供給技術
- ・ 必要な部品を適切な姿勢・適切なタイミングで供給する技術
- ・ 自走式部品箱など自律性の高い部品供給システム

③作業者が利用しやすい作業情報提示技術

- ・ 作業者の疲れを招かず、品質安定・生産性向上に役立つ作業指示技術
- ・ AR (Augmented Reality) 技術等を用いた直感性に優れた作業情報提示
- ・ 作業者が容易にプログラムできる作業教示と作業指示

④多品種中小量生産へ適応する迅速な対応技術

- ・ 治工具・把持具の迅速な準備・段取り換えシステム
- ・ 段取り換え時間の高速化

⑤人間と協働のためのセンサ利用技術

- ・ 作業者の意図推量システム
- ・ 作業者を見守る多数のセンサ統合技術
- ・ 作業進行の確認技術
- ・ 作業者の生理的状态や行動を非侵襲かつ低心理負荷で測定するセンサ群

(注) 既存の産業用ロボットの安全規格が改定されないことを考慮し、現行規格をほぼ遵守する形で達成することが求められる。

II. サービスロボット分野

研究開発項目①「片付け作業用マニピュレーションRTシステム」

1. 研究開発の必要性

高齢化社会、労働力不足に対応するため、社会の効率化と、人間の創造力を発揮することを支援するRT環境を提供することが求められている。

日常作業において、バックヤードにおける収納作業に着目し、これまでは人手により対応している「整理整頓・分類整列」を実現するRTシステムを開発する。

具体的には、洗濯物の取り出し、分類、洗濯機への投入、乾燥した洗濯物の折りたたみ・梱包・収納など、乱雑におかれた不定形のを整理整頓・収納するという単純労働を、ロボット技術（RT）で代替する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①多様な形状を有する柔軟な対象物を、迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②対象物の位置姿勢を識別し、分類・設定するための空間構造化技術
- ③上記を実行するための、器用なハンドおよび形状制御技術の開発

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

多様な形状を有する対象物を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に分類・格納する作業を実現する。

具体的には、業務用洗濯ラインにおいて、乱雑に置かれた洗濯物を識別し、分類して洗濯ラインに投入したり、乾燥が終わった洗濯物を仕上げラインに投入するトータルシステムを実現する。

実際のビジネスで取り扱うアイテムとそれを扱う人手作業の速さから、分類数や格納サイズ、処理速度についての目標値は以下の通りとする。

- ・ベッドアイテム洗濯前・分類投入実証機：

ベッドアイテム（シーツ、枕カバー、浴衣）の洗濯前・分類投入作業場の自動化を想定し、洗濯物の形状、重量、色等の違いから2千枚/h以上の速さで4種類以上に分類する。

- ・バスルームアイテム仕上げ前・分類投入実証機：

バスルームアイテム（バス、フェースタオル、バスマット）の仕上げ前の投入作業場の自動化を想定し、一枚ごとに展開し、種別判定して、折り畳み仕上げ機に投入する。

実証試験では10種類以上のアイテムをサイズや色・模様を設定・識別して仕上げ機から排出する際に、自動選別・スタックする。折り畳み仕上げ機と組み合わせて8百枚/h以上の速さでピックアップからスタッキングまでの処理を行う。

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、必要条件とするものではない。

① マニピュレーション技術

- ・ 多様な形状を有する柔軟な対象物を、迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術
- ・ 人間のマニピュレーションスキル収集解析技術
- ・ 対象に応じた、マニピュレーションスキルデータベース

② 対象物識別技術

- ・ 多種多様な対象物を識別するための、センサ（ビジョン、力センサー、タグ）と運用システム

③ 位置姿勢同定技術

- ・ 乱雑に積み上げられた対象物から、一つ一つの対象物を切り出し、位置姿勢を同定する認識技術

④ 空間構造化技術

- ・ 対象物の属性情報をもとに、作業及び収納空間構造化技術

⑤ RTインテグレーション技術

- ・ 個々のRT要素を統合し、サービスを設計、実現、運用する技術

⑥ 柔軟物伸展マニピュレータ

- ・ 狭所など姿勢に制約を受ける環境下で、上記作業を実行する、姿勢に自由度が高く、動作空間の広い柔軟物伸展マニピュレータ

⑦ 巧緻性を有するハンド

- ・ 柔軟物を伸展する器用なハンドおよび形状制御技術の開発
- ・ 対象物の属性に応じて、把持、ハンドリング戦略を実行できる巧緻性を有する器用なハンド
- ・ ハンドリングスキルデータベース

⑧ RT運用技術

- ・ 要求条件、環境変化に対応した、システム改修、アップデート技術

II. サービスロボット分野

研究開発項目②「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

1. 研究開発の必要性

「日本21世紀ビジョン」において謳われているように、「健康長寿80歳」を実現し、主体的に生きるための自立環境を構築することが求められている。

単身もしくは夫婦で自立した生活を送っている高齢者は、掃除・洗濯・料理などの家事程度はこなすことができたとしても、インターネット等の手の込んだ情報収集をすることが困難であったり、あるいは遠く離れた家族が高齢者の生活状況等を把握する必要がある場合がある。このため、RTシステムを活用したコミュニケーションツールにより、日常的な会話を提供しながら、高齢者の自立的な生活を支援する。

これらを実現するため、人と機器の間をとりなすインタフェースとして機能するRTシステムとして、コミュニケーション技術およびヒューマンロボットインタラクション技術を開発する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①さまざまな年齢層に適応した、会話を主体としたコミュニケーション技術
- ②高齢者も対応できるヒューマンロボットインタラクション技術

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

【最終目標】実証ロボットでの実証

RTシステムを用いて高齢者の声を認識し、コミュニケーションをとりながら、情報提供、情報伝達、体調確認、行動把握など的高齢者向けのサービスを提供する。

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

II. サービスロボット分野

研究開発項目③「ロボット搬送システム」

1. 研究開発の必要性（位置づけ、意義、必要性）

オフィスや施設等の人との共存環境下において、ロボットが自己位置を認識し、人や障害物を回避しながら自律的に、かつ、安全に移動できることは、サービスロボットにとって非常に重要で、誘導や搬送作業等の多くのサービスで必要とされる要素機能である。

搬送作業として例えば、ゴミ箱運搬作業、病院での検体・薬品等の搬送、空港でのポーター、工場内での危険物搬送等は多大な労力を要するため、今後ロボット化が期待されている。

2. 具体的研究内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術
- ②人とロボットが共存する環境下での安全（事故防止）技術

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

人間や障害物が多く存在する可変環境において、屋内を周囲の状況に応じた速度で移動でき、指定場所での搬送物の受け取り、受け渡しを円滑に行うユーザーインタフェースを備え、ロボットが自律走行しながら指定された搬送先へ安全かつ信頼性高く搬送する。

本システムの有効性を確認するために、2ヶ所以上の病院で実証試験を行う。

(凹凸・段差1cm、隙間3cmに対応。エレベータを利用した上下移動を含む屋内環境下を人の歩行速度程度で搬送)

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

(2) 【中間目標】

建物内の指定場所に設置された搬送箱を、ロボットが建物内を自律走行しながら指定された搬送先へ搬送する。

(凹凸・段差1cm、エレベータでの昇降を含む環境下を人の歩行速度の半分程度で搬送)

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①移動技術

- ・ 自律移動技術
- ・ 凹凸、段差、斜面等に適応して移動する技術開発

②センシング・認識技術

- ・ 自己位置認識技術
- ・ 人や障害物までの距離測定技術

- ・ 人と障害物の判別技術
- ③安全（事故防止）技術
 - ・ 不測の障害物回避技術
 - ・ 急制動停止技術
 - ・ 転倒防止技術
- ④経路計画技術
 - ・ ロバスト画像処理技術
 - ・ 自然照明下，照明条件依存性の少ない，画像処理
- ⑤空間構造化技術
 - ・ サービス空間センシングネットワーク技術
 - ・ 空間条件（物体配置，存在追加・消滅）などへの対応技術

Ⅲ. 特殊環境用ロボット分野

研究開発項目①「被災建造物内移動RTシステム」

1. 研究開発の必要性

近年の大規模災害の発生頻度には目を見張るものがある。1990年代の自然災害による死者59万人のうち41万人(70%)はアジアに集中しており、アジアのリーダーでありRT大国を目指す日本としては、技術面からの人道的貢献が求められている。この分野で国際的なリーダーシップを取ることは、他の手段では得難い大きな国益を我が国にもたらすと考えられる。

自然災害や人為災害における人命救助は中でも最も重要である。被災した建物内(地下鉄、地下街、高層ビルなど)はきわめて危険性が高く、人命救助等におけるRTのニーズが最も高い空間である。初動時における迅速な情報収集は、救助や緊急医療と並んで最も重要なプロセスであり、高速かつ分散的な情報収集による高効率化と高精度化がその後の被害軽減活動全体の成否を左右する。危険空間で人間が情報収集を行うことは二次災害が発生する確率を増大させるため、RTによる支援が望まれる。複数ロボットが建物内を高速に走破できる機能は、そのために必要不可欠である。

複数ロボットの高速走破の実現のために必要な技術は、高速移動メカニズムの開発のみならず、移動体の半自律性、オペレータの遠隔操作のための環境認知と移動行動司令、建物内での通信と位置計測、GIS (Geographic Information System) への情報マッピング、一時的な環境構造化、分散協調など、多岐にわたっている。これらは、特殊環境ロボット(災害対応ロボット、建設ロボット、プラント保全ロボット、セキュリティロボット、農林業ロボット、屋外自律走行車両など)のみならず、ありとあらゆるRTシステムのために重要な基盤技術であり、その波及効果はきわめて大きい。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標(ミッション)を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①複数のロボットが地下鉄(含改札)、地下街、高層ビルなどの閉鎖空間(階段、ドアを含む)において、障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら、迅速に歩く人間と同程度の平均速度で、半自律走行できる、迅速な移動技術の開発。ただし、ロボットの重量は人間が一人で運搬可能(移動台車本体重量:32kg以下)であることとし、実証試験の稼働状態にてバッテリーが連続1時間以上もつことを条件とする。
- ②1台の会議机に15分以内に設置可能な軽量簡易型のインタフェースで、オペレータが複数ロボットの周囲環境を認識でき、複数ロボットの同時遠隔操作(移動行動司令)ができる、ヒューマンインタフェース技術の開発。
- ③建物内のロボット群から700m以上離れたオペレータステーションに、複数の遠隔操作用映像を含むセンシング情報をリアルタイムに安定して伝送できる、通信技術の開発。
- ④複数ロボットの走行経路をモニタリングし、複数の映像を含むセンシング情報をGIS上にマッピングできる測位技術とGIS技術の開発。

(2) 実証ロボット(プロトタイプロボット)の開発及び実証実験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、地下鉄駅等にて高速移動をメインとする課題を実行する実証試験を行うことにより開発技術の有効性を実証する。実証試験は研究期間中(2年度目後半~5年度目)数回にわたって開催し、難易度を変えた課題が設定される。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】（最終実証試験）

複数の遠隔操縦型ロボットが、階段やドアのある建物内でオリエンテーリングを行い、決められたエリアを人間よりも速く、迅速に移動する。場面としては、地下鉄駅、地下街、空港、高層ビル（オフィス、大規模店舗、劇場）で、非常に混雑しておらず、通常の営業時間としては比較的散らかった程度に障害物が散在し、人間が歩行している状況で、ドア（施錠していない丸型またはレバー型ノブ付きドア）を通り抜け、照明条件がミッション遂行まで不明であるケースを想定する。既存インフラの使用を前提とせず、必要な環境は自分で構築する。建物のGISマップをもとにして、決められた地点とそこに至るまでの映像情報等を迅速に取得できることを実証する。

また、訓練所・地下街・建物内などで3回以上の実証試験を行い、最終的にはプロジェクト終了後1年以内に受注生産が可能な体制を構築する。

(2) 【中間目標】

ドアは自動、または、押せば開く方式であり、照明が正常であるケースを想定し、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを、研究期間中数回にわたって開催される実証試験にて示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①移動ロボットの開発

- ・ 階段を含む建物内環境で、迅速に歩く人と同程度の平均速度で移動が可能なロボット
- ・ 生活環境で散在する障害物を回避、乗り越え、あるいは排除する機能
- ・ 混雑していない平常時の地下商店街のような状況で、歩行者をよける機能
- ・ ドアノブのついたドアを通り抜ける機能
- ・ 遠隔操作を支援する半自律性

②軽量簡易型遠隔操作ヒューマンインタフェースの開発

- ・ オペレータへの周囲環境のリアルな提示技術
- ・ 複数ロボットの同時操作
- ・ コンパクト・軽量で機動的なヒューマンインタフェース

③センシング技術の開発

- ・ 階段・ドア・通路等の環境及び歩行している人間等の認識
- ・ 3次元形状計測

④測位技術の開発

- ・ 屋内GPS
- ・ SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

⑤通信技術の開発

- ・ アドホックネットワーク技術
- ・ 建物内に通信インフラを一時的に設置する技術

⑥GIS技術の開発

- ・ 屋内GISマップ
- ・ GISへのマッピング機能

⑦一時的環境構造化、複数エージェント協調技術の開発

- ミッション遂行を補助する環境を一時的に構築する技術
- 複数台のロボットと人間が役割分担して協調的にタスクを遂行する技術

Ⅲ. 特殊環境ロボット分野

研究開発項目②「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

1. 研究開発の必要性

建設廃棄物を解体・処理する際は、材質（素材）別に資源として再利用可能な物と、焼却可能な物、最終処分場へ埋める物に分類する作業を伴う。建設現場において現在この分類作業は、油圧ショベルを主とした破碎機により解体、人力による建設現場内での粗選別を経て、中間処理施設等で精選別を行うのが一般的である。建設現場内および中間処理施設で選別する際の問題点として、様々な気象条件（夏期の高温多湿、冬期の低温下、降雨、降雪など）や粉塵が伴う劣悪な環境化で作業を行っていることが挙げられる。また、近年建物の解体時において、建材中に石綿が混入することによる作業員の健康に対する影響や外部への飛散が問題視されている。つまり、現在人間が「手選別」で実施している作業において、作業環境と安全性に問題のある工程の自動化が望まれている。

一方、既に最終処分場に搬入されている廃棄物についても、廃棄物最終処分場の残余量は減少の一途をたどっていることから、再資源化可能な物を完全に選別して処分場へ持ち込まないことが求められている。

建設現場から排出される廃棄物を0とすることを目指して、本ミッションでは、①建物解体現場、②中間処理場、③最終処分場での適用のうち、①建物解体現場に焦点を当て、ロボット技術による解体・選別作業効率、建物解体中におけるオペレータ、作業員の安全性確保、周辺の住民の安全性などの向上を実現する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①建物解体時に発生する廃棄物材質の判定手法
- ②解体・選別作業を効率よく、安全に、かつ高信頼度で行う技術
- ③解体現場で使用可能で、かつ、建設機械相当の耐環境性を持つ次世代マニピュレータの開発
- ④現場作業員でも使用可能なヒューマンインタフェースの開発（複合操作、操作感覚、力制御、ビジュアルサーボ等）

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

上記の開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】

「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・マニピュレータ等を開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（主として中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」

具体的には、マニピュレータにより複合廃棄物の分離作業を行い、5種類以上の材質を選別し、選別の精度（素材ごとの抽出率）は60%以上とする。開発にあたっては実際の現場において実証実験を2回以上実施する。

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

(2) 【中間目標】

- ①「建物解体時に発生する廃棄物のうち、異なる5種類以上の材質を選別判定できること。」

解体作業を対象とした建物で使用されている物性の異なる材質（コンクリート塊、廃

プラスチック、木くず、金属くず、紙くず等)を特定し、特定された材質を選別するための判定手法を開発する。

②「建物解体時に発生する廃棄物を素材料毎に分離できること」

建設機械レベルの大きさ、力を持つマニピュレータの開発を想定し、上記技術項目に関する要素技術を開発する。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標(ミッション)及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①廃棄物材質の判定手法の開発

- ・ 最低5種類の廃棄物の判別技術
- ・ 廃棄物発生場所での対策としての廃棄対象へのマーク付け技術

②解体・選別技術

- ・ 作業対象の状態センシング(位置、姿勢、形状、材質の違いを特定できる項目(固さ、重さ、剛性、色等))
- ・ 廃棄物の解体・分解

③解体現場で使用可能な次世代マニピュレータ開発

- ・ 施工現場の環境認識(機械周囲、機械本体)
- ・ 多自由度、多腕マニピュレータ、多機能ハンド
- ・ 施工に必要な作業分析を基にし、作業状況との関係で柔軟な作戦を策定できる知能化
- ・ 複数腕、複数軸の同時操作を容易にする操作系
- ・ 対象物の把持、ハンドリングを容易する操作感覚の付加

④安全技術

- ・ 使用される機器類は一般建設機械で用いられる電子機器の使用環境(温度、振動、湿度、塵埃)に耐えられること
- ・ 周辺住民が安心できる技術(例えば、振動、騒音、粉塵、飛散防止対策 等)

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

○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。2007年6月改定版を経済財政諮問会議に報告）

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付けられ、次世代ロボット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。

またITによる生産性向上と市場創出のためのIT革新を支える産業・基盤の強化技術として、新機械技術の重要分野であるMEMS技術の重要性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。

○「ロボット政策研究会」（２００６年５月経済産業省取りまとめ）

ロボットを実際に市場に導入するための政策の強化、ロボットが現実に使われることを想定した安全性の確保、及び具体的な用途を想定したロボット技術の開発の推進を検討の視点として、これら課題への対応の方向性をまとめた。

3. 達成目標

- (1) 我が国製造業の高度化に必要不可欠な基盤技術である機械分野においては、バイオ技術や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]

I. ロボット技術開発

- (1) 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）

①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。

②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。

③研究開発期間

２００８年度～２０１０年度

- (2) 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）

①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。

②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、高機能的なロボットシステムの構築を実証する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 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）

①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。

②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。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

II. MEMSの技術開発・新機械産業の領域開拓

(1) 高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

従来個別に開発されてきた各種センサならびに通信用デバイスについて、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）製造技術を用いて一体形成、高集積化、ナノ機能付加することで、小型・省電力・高性能・高信頼性のMEMSデバイスを製造する技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、以下の開発を行う。

- ・MEMS／半導体の一体形成技術の開発
- ・MEMS／MEMSの高集積化技術の開発
- ・MEMS／ナノテク機能の複合技術の開発

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(2) 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

①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。

②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。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

Ⅲ. 分析機器産業の技術開発支援

(1) 高度分析機器開発実用化プロジェクト

①概要

燃料電池・情報家電・ナノテクといった先端新産業において、材料解析・性能評価・品質管理等で必要とされる超微量・超低濃度試料の分析技術や機器の開発を行う。これら産業化の各フェーズに適した分析技術を開発することにより、先端新産業の事業化や製品の高付加価値化を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに希ガスイオン源を搭載した集束イオンビームの開発、低加速・高分解能・高感度の元素分析用顕微鏡の開発、超微量試料用分離・分析技術の開発を行う。

③研究開発期間

2006年度～2008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）

〔実用化・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。
- (13)平成20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。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画(平成19・03・15産局第2号)及び新製造技術プログラム基本計画(平成19・03・19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。

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

我が国では、自動車や電子電機産業を中心とする産業分野の成長や、高度経済成長期における労働力不足、労働環境の改善要望等を背景に、1970年代後半以降、製造業における生産性を高める手段の一つとして、産業用ロボットの本格的な導入が進んだ。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している。

また、全世界で稼働している産業用ロボットの約4割が日本国内で稼働しており、我が国はいわば「ロボット大国」又は「RT（ロボット・テクノロジー）大国」であるといえる。また、近年は、ビジョンセンサーや力センサー等のセンシング技術や駆動部分の制御技術等の向上、教示作業を補助するソフトウェアといった要素技術が著しく発展しつつある。このような技術の発展の結果、産業用ロボットの活動領域も、従来の搬送・溶接・塗装・電子部品実装から、組立て・セル生産等、より高度かつ複雑な作業領域に広がりつつある。

他方、我が国は、少子高齢化による熟練作業員数の減少、中国等アジア地域のコスト競争力に基づく台頭等を背景とした国際競争の激化、地震・雪害・水害といった災害への対応など、喫緊に取り組むべき社会的課題に直面している。例えば、労働力減少については、数年以内に予想される団塊世代の労働市場からの一斉退出により、製造業においては、労働力不足のみならず、技能の断絶による生産性や製品品質の低下が懸念されている。

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。

しかし、現在まで産業用ロボット以外の市場が形成されていない中、新たな分野へ次世代ロボットを実用化するためには、ニーズに対応したシステム化技術開発や長期間の技術実証が必要となる。そして現状としては、必要となる明確なニーズが見えず、先行指標がないため、民間企業における経営判断は相当な困難が伴い、市場原理に任せていたのでは次世代ロボットの実用化・産業化は望めない。そのため、NEDO技術開発機構が研究開発の対象となる分野及び仕様を設定し、次世代ロボットの研究開発を効率的に推進する必要がある。

また、次世代ロボットの産業化を実現するためには、技術開発だけでなく、事業性も含めたビジネスモデルとして、多種多様なアプローチの中から戦略的に絞り込みを行う必要がある。しかしながら、この要求を満たすためには長期間に亘りチャレンジングなロボット要素技術等の研究開発と過度な資金リスクを恐れない開発環境の提供が必要である。そのため、NEDO技術開発機構が国家プロジェクトとして、リスクの高い研究開発に取り組める環境を提供する必要がある。

1.2 実施の効果(費用対効果)

本プロジェクトは、研究実施主体が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、「ステージゲート制度」を導入している。具体的には、プロジェクト実施期間を前半3年間の「ステージⅠ」（平成18～20年度）と後半2年間の「ステージⅡ」（平成21～22年度）に分け、「ステージⅠ」の最終段階（平成20年度）に、絞り込み評価を実施する。絞り込み評価では、研究開発目標に対する「達成度」、「再現性・安定性」、「ミッション達成の所要時間」等を踏まえて、定性的・定量的に評価する。絞り込み評価を踏まえ、「ステージⅡ」（平成21年度以降）では、絞り込み評価で高く評価された研究開発に絞り、これらを継続して重点的に行う。絞り込みに当たっては、原則、ミッション毎に、1グループに絞ることとする。なお、研究開発主体の絞り込みについては、複数のミッション間で相対的に評価を行うことは困難であるため、原則ミッション毎に行

う。

また、ステージⅡに移行するに当たり、研究開発の進捗状況を踏まえ、必要に応じて、ミッション及び実施体制を見直すこととする。また、本プロジェクト終了後に、事後評価を実施し、最終的なミッションの達成度を定性的・定量的に評価する。

ステージⅠでは、18グループがロボットシステムの開発を行い、18種類のRTシステムのプロトタイプを製作した。ステージⅠのわずか3年間における研究開発費は約27.4億円であり、1システム当たり換算すると約1.5億円となる。この金額で、事業化を見据えた各種RTシステムのプロトタイプ・システムの開発・製造、複数回の実証試験を実施し、それぞれのRTシステム開発における要素技術及びシステム統合技術の向上、そして技術実証の際に得られた知見や技術データ、さらにユーザーニーズに係るヒアリング情報などの多岐に亘る情報収集を行えていることなど、競争的環境における効果的・効率的なロボット開発が推進されたことを意味しており、本プロジェクトが実現した効果は大きい。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

2.1 事業の背景・目的

我が国では、自動車や電機・電子産業を中心とする各産業分野の成長、人手不足等を背景に、特に1980年代以降、産業用ロボットの本格的な導入が進んだ。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し、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など、我が国は自他ともに認める「ロボット大国」といえる。加えて、2005年の愛知万博等を契機とするロボットブームによりロボットに対する関心が高まっているとともに、ビジョンセンサーや力センサー等の認識技術やバッテリーの性能向上といった要素技術が著しく発展しつつある。

他方、我が国は、少子高齢化・労働力の減少、アジア諸国の台頭を背景とした国際競争の激化、地震など大規模災害に対する不安といった社会的課題を抱えている。このような中、製造現場を含めた様々な分野における諸課題を、ロボット技術を活用することにより解決することが期待されている。

本プロジェクトは、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれ、かつ、「市場の失敗」に対応すべく国として関与すべき「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することで達成し（＝アウトプット）、もって当該ニーズを満たす一助となること（＝アウトカム）」を目的とする。

ここでいう「ミッション」は、ロボット政策研究会（2006年5月経済産業省取りまとめ）及びロボット技術戦略マップ2006（平成18年）にて、広くユーザアンケートを行った結果を有識者による検討により、以下の7つを設定している。

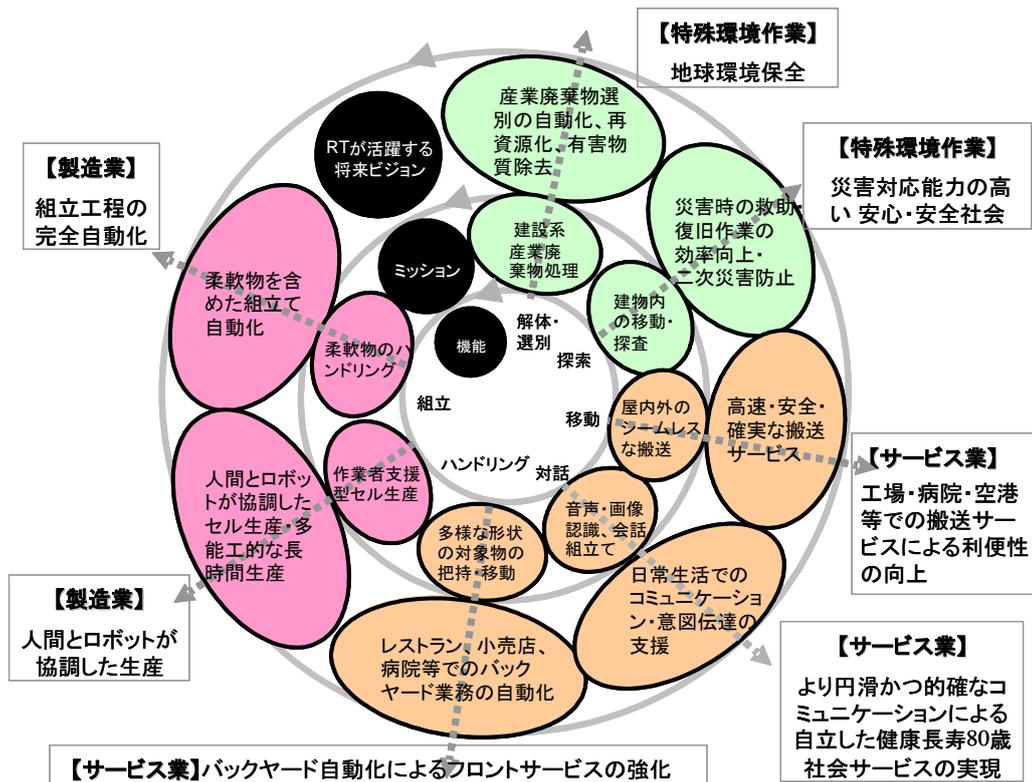


図 I .2.1 設定された7つのミッション

また、我が国経済の成長の源泉であるイノベーションの推進を通じて、先端的なロボットシステム及び要素技術を開発することにより、我が国ロボット産業の国際競争力を強化・維持するとともに、当該技術群が、ロボット以外の製品分野（自動車・情報家電等）にも広く波及することが期待される。

そのため、本プロジェクトは、「我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているロボット適応分野を拡大し、ロボット産業を我が国における基幹産業の一つに成長させること」を目的とするとも言える。

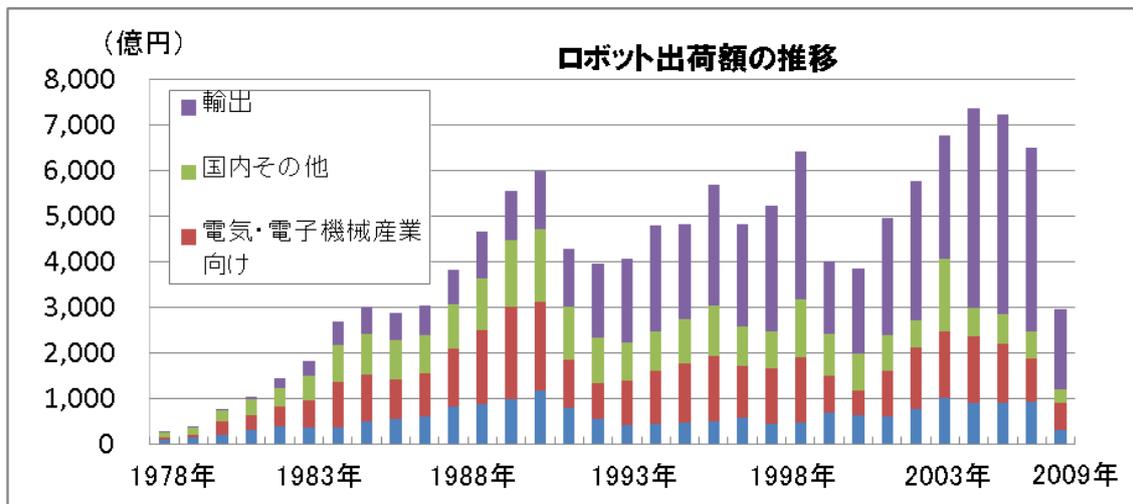


図 I .2.2 ロボット出荷額の推移

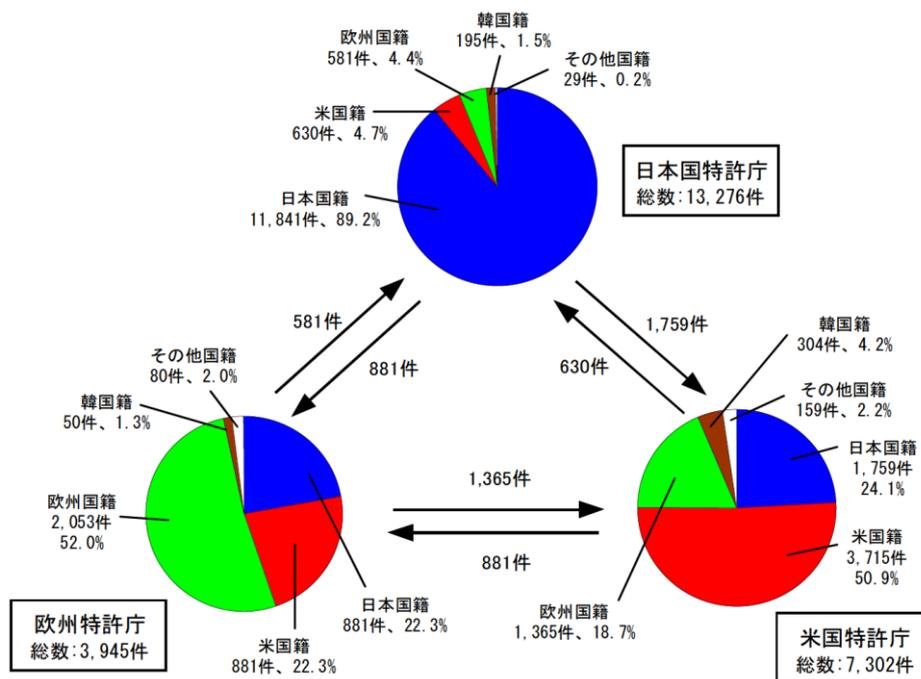


図 I.2.3 ロボット分野の出願先国別— 出願人国籍別出願件数

2.2 国のプログラムとの関連性

「平成16年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（平成15年度6月総合科学技術会議）では、ロボット技術は重点4分野の情報通信の中で人間と共存するロボットとして強化すべき研究開発課題として位置付けられており、また、「新産業創造戦略」（平成16年5月 経済産業省）の中で、ロボットが目指すべき7つの産業分野の1つとして位置付けられている。

図 I.2.4に日本におけるロボット分野の基本戦略を示す。

「ロボット・新機械イノベーションプログラム」では、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。これを受けて、NEDOでは、「RTミドルウェア」の開発をはじめとしたロボットの基盤技術開発並びに「次世代ロボット実用化プロジェクト」「人間支援型ロボット実用化基盤技術開発」等のロボットの先行用途開発を実施してきた。これらに加えて、我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、ロボット適応分野を家庭・医療・福祉、災害対応など幅広い分野に拡大し、我が国の抱える諸問題を解決すると共に、産業競争力を強化することを目的に、「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」を実施する。

このロボット・新機械イノベーションプログラムの中で、「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」は、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を設定し、これらを達成するためのロボットシステム及び要素技術を開発し、実用化を推進する。これにより、新たな分野へのロボットの参入障壁を取り除き、次世代ロボットの産業競争力強化・市場拡大に貢献できる。これはロボットの活躍の場を家庭・医療・福祉や災害救助といった分野に拡大するというロボット・新機械イノベーションプログラムの目的に合致している。

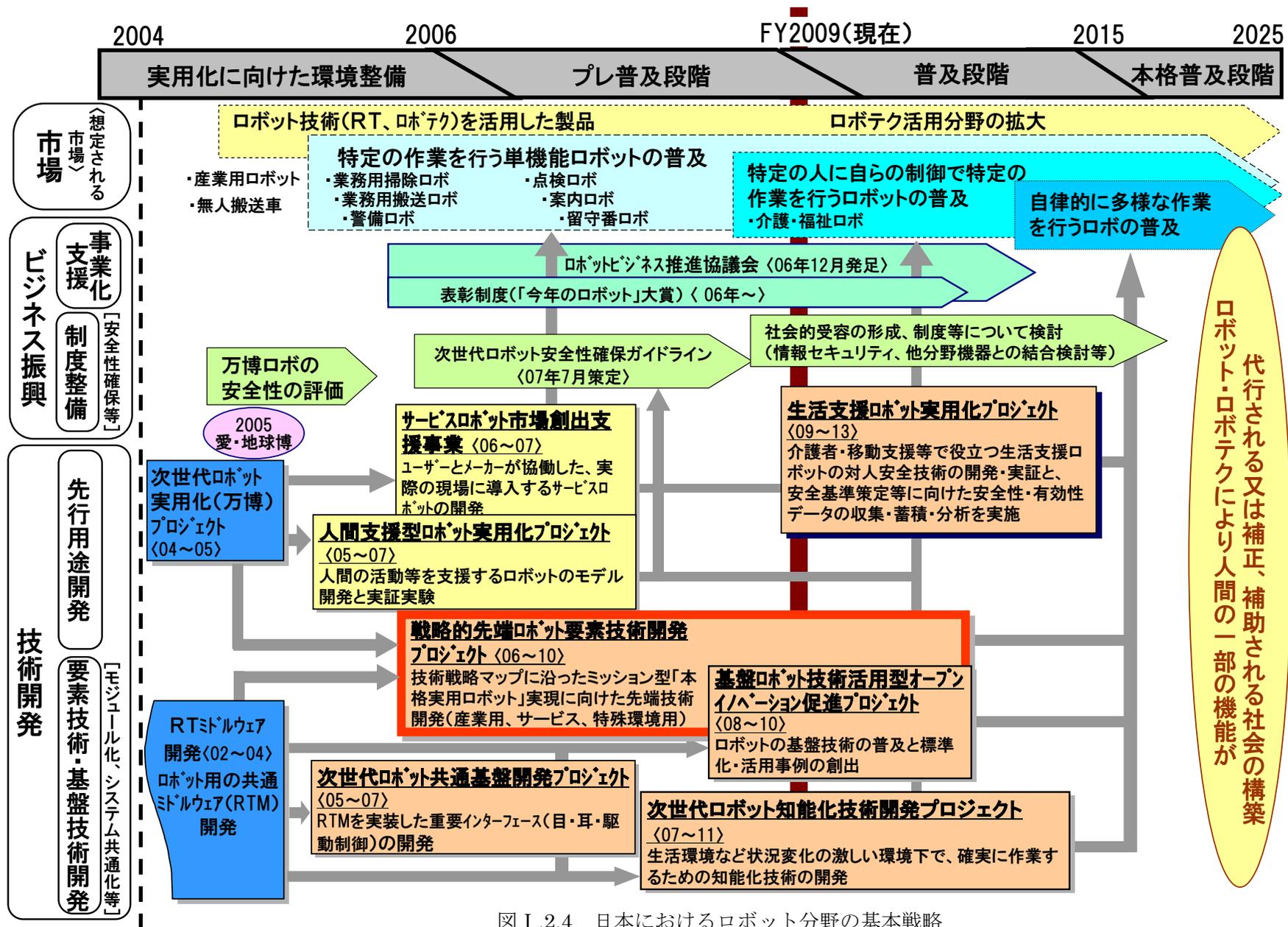


図 I.2.4 日本におけるロボット分野の基本戦略

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

ロボット・新機械イノベーションプログラムの要件に照らし、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより、達成することを目標とする。

「ミッション」を設定する分野は、「ロボット技術戦略マップ」を踏まえ、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズが高いと考えられる「製造分野」、「サービス分野」及び「特殊環境下での作業分野」とする。

「ミッション」とは、上記3分野において、本プロジェクト終了時点（平成22年度末）に達成されるべき作業内容をいう。したがって、「ロボットシステム又は要素技術の開発」自体が本プロジェクトの目標ではなく、これらのシステム又は技術を用いて、あらかじめ設定された作業内容を実行すること、すなわち「ミッション」を達成することが、本事業の目標となる。

ただし、当然ながら、「ミッションの達成」自体はアウトプットに過ぎず、開発されたロボットシステム又は要素技術が発展することで、将来的に、市場ニーズ又は社会的ニーズが満たされることが、本プロジェクトを実施する真の意義・期待される効果（アウトカム）となる。したがって、研究開発主体は、開発されたロボットシステム又は要素技術が、プロジェクト終了後に各分野の実現場でどのように導入されるのか（＝導入のシナリオ）を明確に意識することが求められる。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の項目について技術開発を行う。

なお、本事業では「ステージゲート制度」を導入し、実施する。「ステージゲート制度」については2.3「研究開発の運営管理」にて説明する。

I. 次世代産業用ロボット分野

研究開発項目①柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム

1. 研究開発の必要性

自動車や家電等の組立工程において、変形しない部品の自動化はすで実現しているが、柔軟物（ワイヤーハーネス等）のハンドリング、組み付け作業は今でも自動化が困難で人手に頼っている。また、同時に実行されることの多いコネクタの接続は多様な形状であり、掴み方、組み立て方が多様のため、これも自動化が困難な例が多い。本研究開発はワイヤーハーネス等の柔軟物を対象とする組み付け作業をほぼ全自動で実現するロボットシステムを開発する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①柔軟物を迅速かつ高精度・高信頼度でハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②柔軟物を知的にハンドリングするためのセンサ利用技術（ビジョンシステム、力制御、力センサ）の開発
- ③短時間で簡便に作業を提示できる次世代教示機能の開発

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証す

る。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】 実証ロボットでの実証

ロボットシステムが、柔軟物（ワイヤーハーネス等）を筐体内に取り付ける一連の作業を実現する。柔軟物の種類が変更された場合には、現場で容易にプログラムを組み替え可能なこと。

例えば、ワイヤーハーネスは柔らかく曲がる長いひも状のもので、両端に多ピンのコネクタが着いている。組み付け対象は、パネルで作られた箱の内側にコネクタ 2 つがついている。

- ①供給箱からワイヤーハーネスを取り出し、
- ②ワイヤーハーネス両端末のコネクタをパネル側のコネクタに挿入し、
- ③ワイヤーハーネスの途中に装着されている固定ピンをパネルに挿入して、ワイヤーハーネスを壁面に固定する。

以上の動作を実現する。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

研究開発項目②「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

1. 研究開発の必要性

近年の製造業には多品種少量生産が求められており、従来のライン型組立システムに代わってセル型の組立システムが普及してきた。ライン生産では自動機械が組立作業を行い、人間作業者が各種段取り作業を行っていたのに対し、セル生産では機械は極力用いず、組立および各種段取り作業を人間作業者が行う。人間を多用することで初期コストが低く済むが、一方で熟練作業者を育成するのに時間がかかり、品質管理が難しいといった欠点も持つ。本ミッションでは、セル生産で作業者とロボットとの協働を目標として、現状より高生産性で使いやすいセル生産システムを確立する。

2. 研究開発の具体的内容

作業者とロボットが協働するセル生産システムの構築を目標として、組立作業者をロボット技術が物理的・情動的に支援することで、高生産性で多品種少量生産に適するシステムを確立する。セル生産システムの特徴である機種切り替えへの迅速な対応は現有システム並みの能力を持ち、同時に十分な高生産性を達成する。

例えば、組立は人間作業者が行き、配膳作業（必要部品を部品箱から取り出し、位置姿勢を整えて、作業順に配膳する）や部品搬送といった段取り作業をロボットが担当することで、セル生産の問題点の解消を目指す。

(1) 開発技術

- ①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術(注)
- ②必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術
- ③作業者が習熟しやすい作業情報提示技術

(注) 既存の産業用ロボットの安全規格が改定されないことを考慮し、現行規格をほぼ遵守する形で達成することが求められる。

- (2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験
- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】 実証ロボットでの実証

開発したシステムで作業者が組立を行い、(a)作業手順の改善、(b)機種切り替え、(c)生産量の変動、に対しての対応能力を示す。組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して性能を定量的に明らかにすること。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

II. サービスロボット分野

研究開発項目①「片付け作業用マニピュレーションRTシステム」

1. 研究開発の必要性

高齢化社会、労働力不足に対応するため、社会の効率化と、人間の創造力を発揮することを支援するRT環境を提供することが求められている。

日常作業において、バックヤードにおける収納作業に着目し、これまでは人手により対応している「整理整頓」を実現するRTシステムを開発する。

具体的には、レストランの食器片付け、家庭の食事後の片付け、洗濯物の折りたたみ・収納、オフィスの書類・事務用品整理など、乱雑におかれたものを整理整頓・収納するという単純労働を、ロボット技術（RT）で代替する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①多様な形状を有する対象物を、迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②対象物の位置姿勢を識別し、収納するための空間構造化技術
- ③上記を実行するための、器用なハンドおよび軽量高剛性マニピュレータの開発

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】 実証ロボットでの実証

多様な形状を有する対象物（20種類以上）を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に収納する作業を実現する。なお、作業環境条件は実作業を考慮すること。

このような技術の具体的な実現例としては、

レストラン、家庭などの状況を想定し、乱雑に置かれた食器（陶器）、食事道具（ナイフ、フォーク：金属）、箸（木製）などを識別し、隣接した食器戸棚、ストレージ、

食洗器に収納するトータルシステムをバックヤードなどにおいて実現する。

(2)【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

研究開発項目②「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

1. 研究開発の必要性

「日本21世紀ビジョン」において謳われているように、「健康長寿80歳」を実現し、主体的に生きるための自立環境を構築することが求められている。

単身もしくは夫婦で自立した生活を送っている高齢者は、掃除・洗濯・料理などの家事程度はこなすことができたとしても、日常生活において些細なことに苦勞する場合がある。例えば、ゴミや新聞紙などを外に出す、電気器具の使い方が分からない・故障に対処できない、などである。かつての大家族の時代であれば、子や孫に頼めば簡単に片付いたような作業であっても、高齢者には対処が困難なことがある。このような、わざわざ人を呼び出すほどではないが、何らかの困難の伴う作業を支援するサービスロボットがあれば、高齢者の自立的な生活を支援することができる。

これらを実現するため、人の意図を理解し、指示により作業を代行するRTサービス技術、すなわち、日常生活における、人に頼むには気が引ける「ちょっとした作業代行」をRTで代行可能とするRTサービスフレームワーク、特にヒューマンロボットインタラクション技術と、エージェント（代行）技術を開発する必要がある。

さらに、「時持ち」に対する、スキル教授支援などにも適用でき、ひいては、家庭、社会におけるRTによる支援空間サービスとして多くのRTビジネスが期待できる。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①さまざまな年齢層に適応した、会話を主体としたコミュニケーション技術
- ②物理空間行動を伴うヒューマンロボットインタラクション技術
- ③室内における、人、物、コトの関係性を知識化する空間構造化技術
- ④指示に基づいて、簡単な作業を自律的に実行する技術

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1)【最終目標】実証ロボットでの実証

- ①バーバル（会話）やノンバーバル（ジェスチャー、指示具）コミュニケーションによる指示により、情報提供のみならず、RTならではの物理空間作業を行う。
例えば、電気器具の使い方の質問に答える、指示に従って身の回りにある対象物を持ってくる、操作するなどの作業を自律的に行うものとする。
- ②複数の年齢層に対し、適切なコミュニケーションを実現する。また、人とのやりとりを重ねながら、適切なコミュニケーションモデルの選択、履歴の活用などが可能なものとする。

(2)【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

研究開発項目③「ロボット搬送システム」

1. 研究開発の必要性（位置づけ、意義、必要性）

オフィスや施設等の人との共存環境下において、ロボットが自己位置を認識し、人や障害物を回避しながら自律的に、かつ、安全に移動できることは、サービスロボットにとって非常に重要で、誘導や搬送作業等の多くのサービスで必要とされる要素機能である。

搬送作業として例えば、ゴミ箱運搬作業、病院での検体・薬品等の搬送、空港でのポーター、工場内での危険物搬送等は多大な労力を要するため、今後ロボット化が期待されている。

2. 具体的研究内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術
- ②人とロボットが共存する環境下での安全（事故防止）技術

(2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

人間や障害物が多く存在する可変環境において、屋内外をシームレスに移動でき、指定場所に設置された搬送物を、ロボットが自律走行しながら指定された搬送先へ安全かつ信頼性高く搬送する。

（凹凸・段差2cm、エレベータや扉・ドアを含む屋内及び屋外（事業所・施設等の敷地内における屋外空間）環境下を人の歩行速度程度で搬送）

(2) 【中間目標】

建物内の指定場所に設置された搬送箱を、ロボットが建物内を自律走行しながら指定された搬送先へ搬送する。

（凹凸・段差1cm、エレベータでの昇降を含む環境下を人の歩行速度の半分程度で搬送）

Ⅲ. 特殊環境用ロボット分野

研究開発項目①「被災建造物内移動RTシステム」

1. 研究開発の必要性

近年の大規模災害の発生頻度には目を見張るものがある。1990年代の自然災害による死者59万人のうち41万人(70%)はアジアに集中しており、アジアのリーダーでありRT大国を目指す日本としては、技術面からの人道的貢献が求められている。この分野で国際的なリーダーシップを取ることは、他の手段では得難い大きな国益を我が国にもたらすと考えられる。

自然災害や人為災害における人命救助は中でも最も重要である。被災した建物内（地下鉄、地下街、高層ビルなど）はきわめて危険性が高く、人命救助等におけるRTのニーズが最も高い空間である。初動時における迅速な情報収集は、救助や緊急医療と並んで最も重要なプロセスであり、高速かつ分散的な情報収集による高効率化と高精度化がその後の被害軽減活動全体の成否を左右する。危険空間で人間が情報収集を行うことは二次災害が発生する確率を増大させるため、RTによる支援が望まれる。複数ロボットが建物内を高速に走破できる機能は、そのために必要不可欠である。

複数ロボットの高速走破の実現のために必要な技術は、高速移動メカニズムの開発のみならず、移動体の半自律性、オペレータの遠隔操作のための環境認知と移動行動司令、建物内での通信と位置計測、GIS (Geographic Information System) への情報マッピング、一時的な環境構造化、分散協調など、多岐にわたっている。これらは、特殊環境ロボット（災害対応ロボット、建設ロボット、プラント保全ロボット、セキュリティロボット、農林業ロボット、屋外自律走行車両など）のみならず、ありとあらゆるRTシステムのために重要な基盤技術であり、その波及効果はきわめて大きい。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①複数のロボットが地下鉄（含改札）、地下街、高層ビルなどの閉鎖空間（階段、ドアを含む）において、障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら、迅速に歩く人間と同程度の平均速度で、半自律走行できる、迅速な移動技術の開発。ただし、ロボットの重量は人間が一人で運搬可能であることとし、実証試験の稼働状態にてバッテリーが連続1時間以上もつことを条件とする。
- ②1台の会議机に15分以内に設置可能な軽量簡易型のインタフェースで、オペレータが複数ロボットの周囲環境を認識でき、複数ロボットの同時遠隔操作（移動行動司令）ができる、ヒューマンインタフェース技術の開発。
- ③建物内のロボット群から700m以上離れたオペレータステーションに、複数の遠隔操作映像を含むセンシング情報をリアルタイムに安定して伝送できる、通信技術の開発。
- ④複数ロボットの走行経路をモニタリングし、複数の映像を含むセンシング情報をGIS上にマッピングできる測位技術とGIS技術の開発。

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、地下鉄駅等にて高速移動をメインとする課題を実行する実証試験を行うことにより開発技術の有効性を実証する。実証試験は研究期間中（2年度目後半～5年度目）数回にわたって開催し、難易度を変えた課題が設定される。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】（最終実証試験）

複数の遠隔操縦型ロボットが、階段やドアのある建物内でオリエンテーリングを行い、決められたエリアを人間よりも速く、迅速に移動する。場面としては、地下鉄駅、地下街、空港、高層ビル（オフィス、大規模店舗、劇場）で、非常に混雑しておらず、通常の営業時間としては比較的散らかった程度に障害物が散在し、人間が歩行している状況で、ドア（絞り込み評価終了後に仕様を与える）を通り抜け、照明条件がミッション遂行まで不明であるケースを想定する。既存インフラの使用を前提とせず、必要な環境は自分で構築する。建物のGISマップをもとにして、決められた地点とそこに至るまでの映像情報等を迅速に取得できることを実証する。

(2) 【中間目標】

ドアは自動、または、押せば開く方式であり、照明が正常であるケースを想定し、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを、研究期間中数回にわたって開催される実証試験にて示すことが求められる。

研究開発項目②「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

1. 研究開発の必要性

建設廃棄物を解体・処理する際は、材質（素材）別に資源として再利用可能な物と、焼却可能な物、最終処分場へ埋める物に分類する作業を伴う。建設現場において現在この分類作業は、油圧ショベルを主とした破碎機により解体、人力による建設現場内での粗選別を経て、中間処理施設等で精選別を行うのが一般的である。建設現場内および中間処理施設で選別する際の問題点として、様々な気象条件（夏期の高温多湿、冬期の低温下、降雨、降雪など）や粉塵が伴う劣悪な環境化で作業を行っていることが挙げられる。また、近年建物の解体時において、建材中に石綿が混入することによる作業員の健康に対する影響や外部への飛散が問題視されている。つまり、現在人間が「手選別」で実施している作業において、作業環境と安全性に問題のある工程の自動化が望まれている。

一方、既に最終処分場に搬入されている廃棄物についても、廃棄物最終処分場の残余量は減少の一途をたどっていることから、再資源化可能な物を完全に選別して処分場へ持ち込まないことが求められている。

建設現場から排出される廃棄物を0とすることを目指して、本ミッションでは、①建物解体現場、②中間処理場、③最終処分場での適用のうち、①建物解体現場に焦点を当て、ロボット技術による解体・選別作業効率、建物解体中におけるオペレータ、作業員の安全性確保、周辺の住民の安全性などの向上を実現する。

2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

(1) 開発技術

- ①建物解体時に発生する廃棄物材質の判定手法
- ②解体・選別作業を効率よく、安全に、かつ高信頼度で行う技術
- ③解体現場で使用可能で、かつ、建設機械相当の耐環境性を持つ次世代オペレータの開発
- ④現場作業員でも使用可能なヒューマンインタフェースの開発（複合操作、操作感覚、力制御、ビジュアルサーボ等）

(2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

上記の開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

3. 達成目標

(1) 【最終目標】

「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・オペレータを開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」

(2) 【中間目標】

①「建物解体時に発生する廃棄物のうち、異なる5種類以上の材質を選別判定できること。」

解体作業を対象とした建物で使用されている物性の異なる材質（コンクリート塊、廃プラスチック、木くず、金属くず、紙くず等）を特定し、特定された材質を選別するための判定手法を開発する。

②「建物解体時に発生する廃棄物を素材毎に分離できること」

建設機械レベルの大きさ、力を持つマニピュレータの開発を想定し、上記技術項目に関する要素技術を開発する。

これらの開発スケジュールと開発予算の推移を下表に示す。

表Ⅱ.2.1 研究開発スケジュールと開発予算

事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	
	柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム						→
人間・ロボット協調型セル生産組立システム						→	
片付け作業用マニピュレーションRTシステム						→	
高齢者対応コミュニケーションRTシステム						→	
ロボット搬送システム						→	
被災建造物内移動RTシステム						→	
建設系産業廃棄物処理RTシステム						→	
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)	一般会計	1,045	950	760	718	468	3,922
	特別会計 (電多・高度化・石油の別)	0	0	0	0	0	0
	総予算額	1,045	950	760	718	468	3,922

2.2 研究開発の実施体制

本事業は、NEDO技術開発機構が、企業、大学・研究機関等によって構成される研究開発グループ（研究共同体であって法人格である必要はない。企業、大学・研究機関等の単独での構成も可とする）を公募によって、原則として各ミッション毎に複数選定の上、実施した。

また、市場調査事業およびステージゲート評価基準策定を行う機関を公募により選定した。

本事業は、NEDO技術開発機構が指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）の下にミッションの設定分野毎に責任者（サブプロジェクトリーダー）を置き、それぞれのミッション達成目標を実現すべく研究開発グループ（提案者）毎に研究開発を実施する方式を採用した。

プロジェクトリーダーについては公立大学法人首都大学東京 谷江和雄 教授の下、研究開発を開始したが、平成19年6月に逝去されたため、プロジェクトリーダーを独立行政法人産業技術総合研究所 平井成興部門長（現所属：千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター）の下、研究開発を実施している。

○実施体制

(ステージゲート実施前)

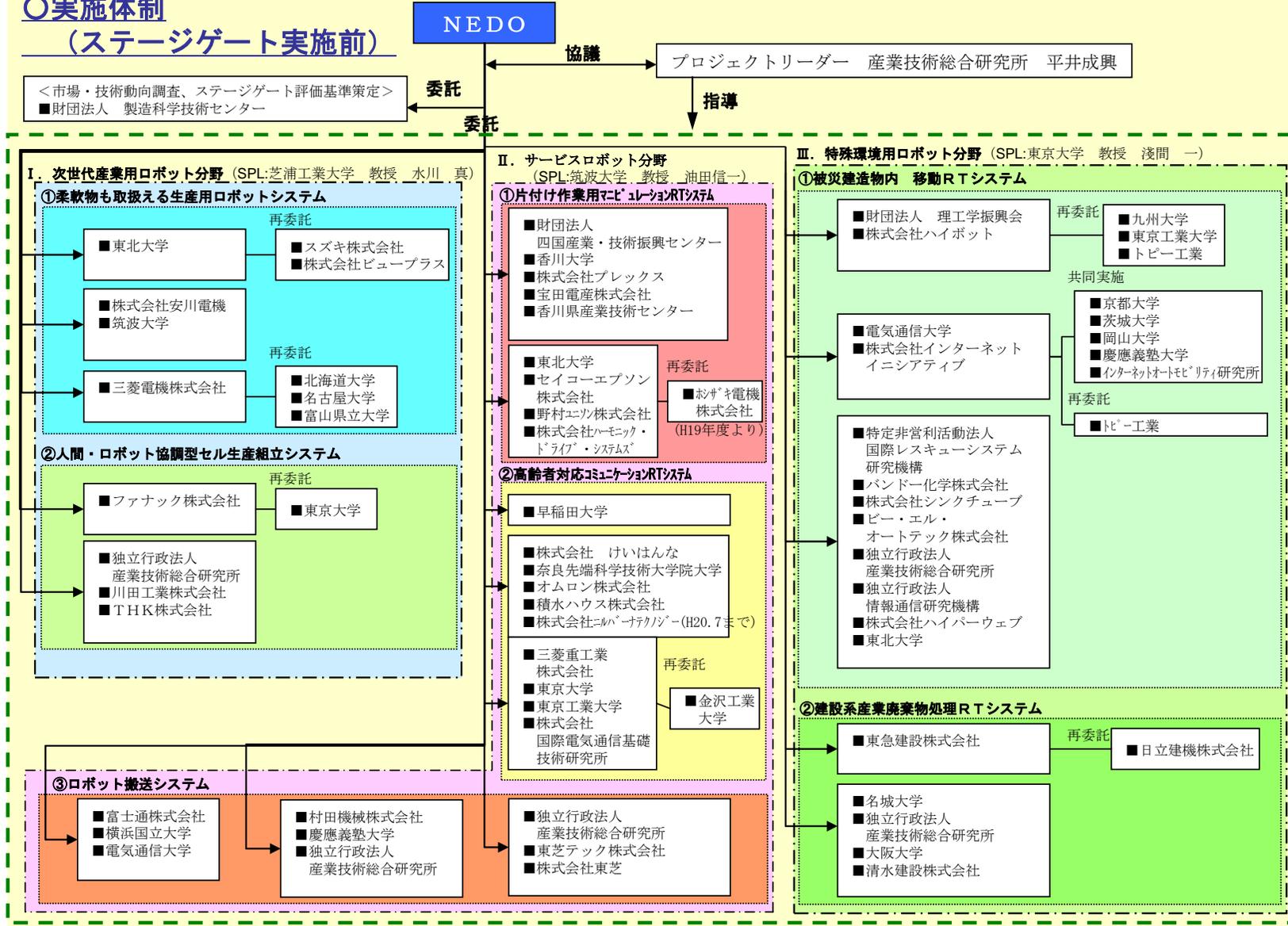


図 II.2.1 実施体制 (ステージゲート実施前)

○実施体制

(ステージゲート実施後)

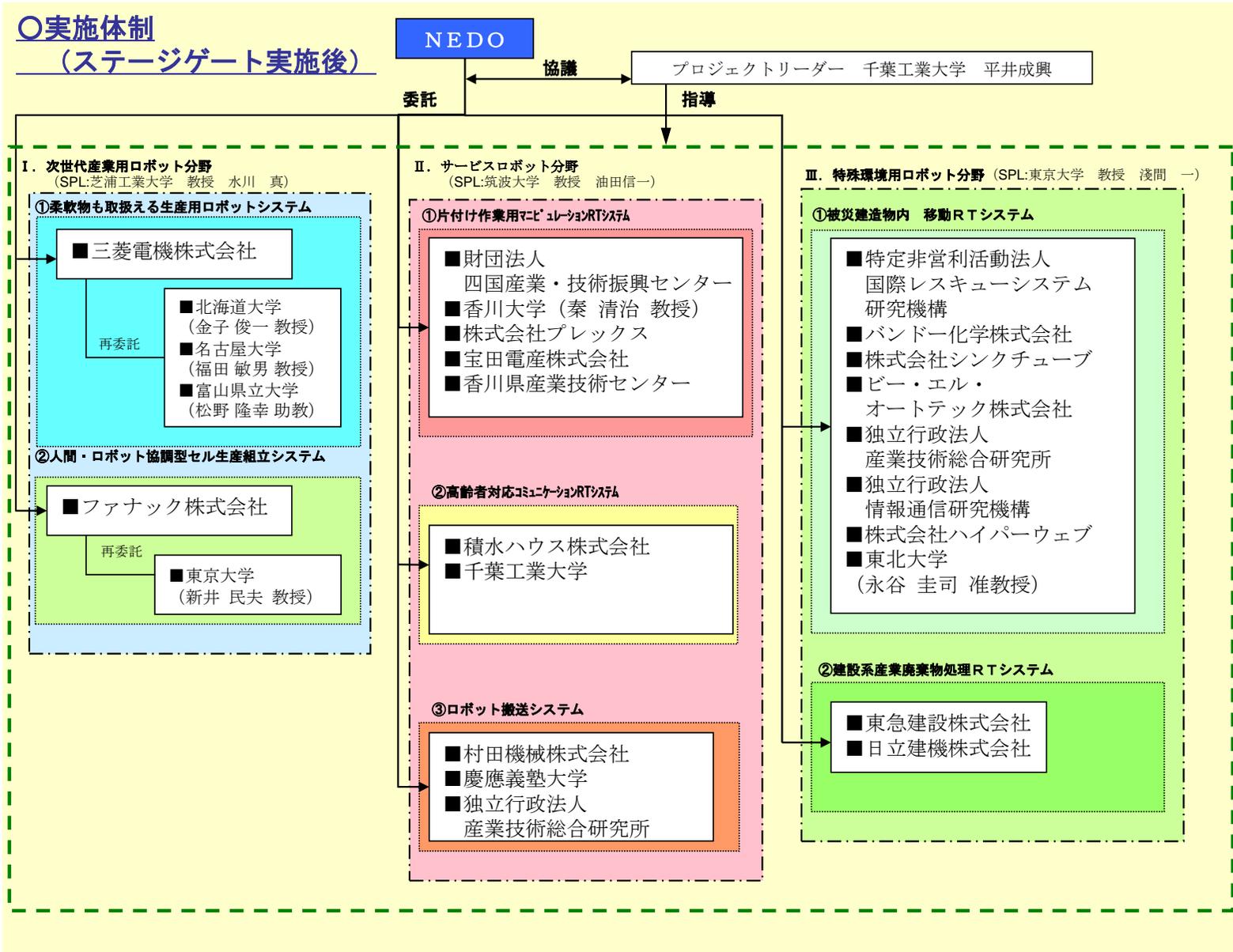


図 II.2.2 実施体制 (ステージゲート実施後)

2.3 研究開発の運営管理

プロジェクト全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本プロジェクトの目的及び目標に照らした運営管理として以下について実施した。

- ①必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。
- ②プロジェクトリーダー等は、当該報告等を踏まえ、研究開発グループに対し、適宜指導・助言を行う。
- ③研究実施主体が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、「ステージゲート制度」を導入した。

本プロジェクトではロボット政策研究会の提言を踏まえ、「ステージゲート方式」を導入した。米国 DARPA(国防総省高等研究計画局)方式のミッション設定競争的プロジェクトを例としたもので、競争原理を導入したミッション指向型のプロジェクトとなっている。

これは従来の「要素技術開発の後にシステム統合してロボット開発」というプロセスではなく、「課題解決の為にミッションを設定し、競争的にロボット開発」というもので、技術開発に競争原理を取り入れることにより、イノベーションが加速することを目的としている。また、製品として世に出すことを強くイメージした、事業性、現場に導入されるための工夫なども重要な開発項目であり、「個別の技術の新規性を目指した研究」よりも、「既存の技術でも実用性、現場への適合性のために行われた技術開発」が重要となる。

「ステージゲート制度」では、プロジェクト実施期間を前半3年間の「ステージⅠ」(平成18～20年度)と後半2年間の「ステージⅡ」(平成21～22年度)に分け、「ステージⅠ」の最終段階(平成20年度)に、絞り込み評価を実施した。絞り込み評価では、研究開発目標に対する「達成度」、「再現性・安定性」、「ミッション達成の所要時間」等を踏まえて、定性的・定量的に評価した。絞り込み評価を踏まえ、「ステージⅡ」(平成21年度以降)では、絞り込み評価で高く評価された研究開発に絞り、これらを継続して重点的に行うこととした。絞り込みに当たっては、原則、ミッション毎に、1グループに絞ることとした。なお、研究開発主体の絞り込みについては、複数のミッション間で相対的に評価を行うことは困難であるため、原則ミッション毎に実施した。

また、ステージⅡに移行するにあたり、研究開発の進捗状況を踏まえ、必要に応じて、ミッション及び実施体制を見直すとともに、基本計画の最終目標の具体化し、事業化年度についても最終目標として設定した。

本プロジェクトの目的・目標達成に向け、「ステージⅠ」では、ステージゲート評価における評価基準等の策定、事業化に向けたの調査検討等を目的とした事業を公募により、財団法人製造科学技術センターに委託した。

財団法人製造科学技術センターでは「推進委員会」「技術委員会」「評価委員会」を組織し、プロジェクトの運営を行った。

「ステージⅡ」においては、進捗状況および実用化(事業化)に向けた本気度を確認する目的で現地指導および現地実査を実施するために、「推進委員会」を再編し、プロジェクト運営を行った。

5年間にわたる委員会の開催実績は以下のとおりである。

(1) 各種委員会の開催

表Ⅱ.2.2 各委員会開催回数 (単位：回)

	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	計
推進委員会	5	4	0	14(※)	14(※)	37
技術委員会	18(※)	24(※)	12(※)			54
評価委員会	1	2	22(※)			25
計	24	30	34	14	14	116

※ 実施者の研究実施場所における現地指導および現地実査を含む。

(2) 各種委員会体制

表Ⅱ.2.3 推進委員会委員構成(H18～20年度)

氏名	職位	所属
H19.6より 平井 成興(PL)	委員長	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長
水川 真(SPL)	委員	学校法人芝浦工業大学 教授
油田 信一(SPL)	委員	国立大学法人筑波大学 教授
浅間 一(SPL)	委員	国立大学法人東京大学 教授
金子 誠	委員	国立大学法人大阪大学 教授
横井 一仁	委員	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
H20.7まで 和田 充雄	委員	国立大学法人北海道大学 教授
H19.6まで 谷江 和雄(PL)	委員長	公立大学法人首都大学東京 教授
H19.6まで 比留川博久(PL代行)	委員	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 副研究部門長

(順不同、敬称略)

表Ⅱ.2.4 技術委員会委員構成(H18～20年度)

氏名	職位	所属
次世代産業用ロボット分野WG		
水川 真(SPL)	委員	学校法人芝浦工業大学 教授
金子 真	委員	国立大学法人大阪大学 教授
古田 貴之	委員	学校法人千葉工業大学 所長
大築 康生	委員	財団法人新産業創造研究機構
中井 潤	委員	三井リース事業株式会社
サービスロボット分野WG		
油田 信一(SPL)	委員	筑波大学 教授
中内 靖	委員	筑波大学 准教授
石黒 周	委員	株式会社MOTソリューション
小柳 樹弘	委員	株式会社損害保険ジャパン
H20.7まで 和田 充雄	委員	国立大学法人北海道大学 教授
特殊環境用ロボット分野WG		
浅間 一(SPL)	委員	国立大学法人東京大学 教授
大隅 久	委員	学校法人中央大学 教授
横井 一仁	委員	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
三好 和人	委員	東京消防庁
H20.4～ 土井 裕幹	委員	福岡市経済振興局
H19.4～H20.3まで 安部 寿	委員	福岡市経済振興局
H19.3まで 北島 昭三	委員	福岡市経済振興局

(順不同、敬称略)

表Ⅱ.2.5 評価委員会委員構成 (H20年度)

氏名	職位	所属
牟田 博光	委員長	学校法人東京工業大学
木嶋 豊	副委員長	株式会社テクノロジー・アライアンス・インベストメント
大築 康生	委員	財団法人新産業創造研究機構
中内 靖	委員	筑波大学 准教授
大隅 久	委員	学校法人中央大学 教授
石黒 周	委員	株式会社MOTソリューション
池田 博康	委員	独立行政法人労働安全衛生総合研究所
中井 潤	委員	三井リース事業株式会社
土井 裕幹	委員	福岡市経済振興局

(順不同、敬称略)

表Ⅱ.2.6 推進委員会委員構成 (H21～22年度)

氏名	職位	所属
平井 成興(PL)	委員長	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長
石黒 周	副委員長	株式会社MOTソリューション
水川 真(SPL)	委員	学校法人芝浦工業大学 教授
油田 信一(SPL)	委員	国立大学法人筑波大学 教授
浅間 一(SPL)	委員	国立大学法人東京大学 教授
徳納 孝昭	委員	株式会社損害保険ジャパン
池田 博康	委員	独立行政法人労働安全衛生総合研究所

(順不同、敬称略)

(3) ステージゲート評価について

プロジェクト外の有識者により組織した評価委員会において、平成18～19年度にかけて、ステージゲートにおける評価基準の策定を実施した。評価委員にはロボット研究者だけではなく、事業面、安全面、ユーザー等の様々な立場の有識者を選定し、評価手法の専門家を委員長としてステージゲート評価を実施した。

ステージゲート評価では

- ①ステージゲート成果報告書
- ②実証システムによるデモンストレーション (現地実査)
- ③プレゼンテーション

を総合して評価を実施することとした。

ステージゲート成果報告書では、成果報告書では技術的な報告書の他、事業計画書の作成を義務づけ、想定顧客や事業化体制、想定する売上げ、コスト試算等を記載することにより、事業化を強く意識した評価を行った。事業計画書の作成においては、グループの研究責任者ではなく事業化責任者が記載することとし、企業としての具体的な事業展開の説明を求めた。

また、開発したプロトタイプロボットシステムによるデモンストレーションでは、システムの完成度とともに、チャンピオンデータや実験室レベルでの少ない動作でなく、再現性、ロバスト性に優れ、想定する実用先への適用可能性についても評価を行った。そのため、より実環境に近いところでのデモンストレーションが求められ、被災建造物内移動RTシステムのテーマにおいては、渋谷駅(東京)や三宮地下街(神戸)といった場所で一般利用者がいなくなった深夜にデモンストレーションが行われた。

表Ⅱ.2.7 ステージゲート現地実査について

実施期間	H20/10/22 ~ 12/3 (延べ14日間)
実施場所	18箇所 (18グループ)
参加者	PL, SPL, 評価委員等 (延べ約280人)

3. 情勢変化への対応

(1) 柔軟な体制変更

平成18年度の技術委員会および年度末成果報告会にて、「サービスロボット分野：片付け作業用マニピュレーションRTシステム」の東北大学グループは個々の技術レベルが高いものの全体システムおよび事業化にむけたシナリオが不明確であったため、ユーザー企業をメンバーに取り組みべき、と指導を行い、平成19年度より厨房メーカのホシザキ電機株式会社がグループメンバー（再委託）として参加した。この実施体制の変更により、全体システム像、事業化への道筋が具体化され、質の高い研究開発を行うことが出来た。

また、平成20年度に、「サービスロボット分野：高齢者対応コミュニケーションRTシステム」のけいはんなグループでは事業化を担当していた株式会社ニルバーナテクノロジーが経営不振によりプロジェクト継続を断念（その後倒産）したため、グループにおける実施体制の見直しを実施した。その結果、事業化体制強化のため協力を要請していた株式会社ビジネスデザイン研究所が外部協力者としてプロジェクトに参加することにより、プロジェクトを継続することとした。

(2) ステージゲート評価結果を受けての再公募の実施

平成20年度に実施したステージゲート評価では、サービスロボット分野：高齢者対応コミュニケーションRTシステムについては、参加していた3グループ全て設定した基準を満たさなかったため、3グループの委託を打ち切り、基本計画の見直しとともに再公募を実施した。

(3) 最終目標の見直し

ステージゲートを通過したグループについては、最終目標を見直し、数値目標を含め具体的な目標を再設定した。特に事業化を意識した研究開発を行うため、最終目標に研究開発項目毎に事業化する年度についても明記した。

4. 中間評価への対応

中間評価では、「概ね現行通り実施して良い。」との評価であった。下記は、主な指摘事項に対する対応は以下の通り。

表Ⅱ.4.1 中間評価での指摘事項及びその対応内容

	指摘事項	対応内容
1	実用化・事業化を強調するために、達成目標が実用化できる範囲に設定されたテーマも散見され、今後ブレークスルーとなる革新的な技術への取り組みを更に強化することを期待する	実用化を意識した指導を実施し、その中で世界最高水準の革新的な技術も多数開発している。これまで人でしか出来なかった作業の自動化技術や、瓦礫環境での走破性の高いロボットの開発等について、実証実験を実施しながら実用化を意識するような指導・助言を実施した。
2	今後どのようなキー技術に対してブレークスルーが必要かの議論を行い、次のプロジェクトへの方向性を提言する等の運営が必要である。	ロボット技術戦略マップの改訂に着手し、マップに沿った新たな方向性について、ロボット関連プロジェクト全体における課題を整理して、次のプロジェクトへの方向性を提言した。
3	ステージゲート方式による競争原理の導入は、目的をより良く達成するための積極的な取り組みの1つであり、高く評価できる。高齢者対応RTシステム分野では、全ての研究グループがステージゲートを不通過となり、再公募で新しいグループが後半2年間で実用化・事業化を目指すことになった。これは大きな決断を要するマネジメントのステップであり、目標達成に向けて最大限の検討を行う必要がある。	高齢者対応RTシステム分野では実用化の最終目標を達成するために適切なマネジメントを実施したものの、技術レベルおよび事業化の期待度等から、全ての研究グループをステージゲート不通過とした。ステージゲート後に基本計画の変更を行い、事業化の可能性を踏まえて、開発技術項目を「音声認識を用いたコミュニケーション技術」に絞った上、最終目標を達成できる提案を、外部有識者による採択委員会にて新たに採択した。2年間の開発期間の中で、最終目標までの道程を明確にするための的確な指導・助言を行った。さらにPL、SPLを含めた推進委員会で指導を行った。

5. 評価に関する事項

NEDOは平成20年度にステージゲートによる絞込評価を実施し、平成21年度に外部有識者による技術開発の中間評価を実施した。さらに、技術的及び政策的観点から見た技術開発の意義、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の観点から、外部有識者による技術開発の事後評価を平成23年度に実施する。

Ⅲ. 研究開発成果および実用化、事業化の見通しについて

1. 事業全体の成果

(1) 目標の達成度

プロジェクトの中間目標では、プロトタイプロボットシステムにより最終目標として掲げた目標に到達できるような見込みを示すことを求め、ステージゲート評価により3分野7テーマについての18グループ全てがプロトタイプロボットシステムによるデモンストレーションを行い、1テーマ1グループ、計7グループの体制に絞り込みを行った。

ステージゲート評価後の最終目標では、事業化または実用化の目標を追加し、中間目標で開発したプロトタイプロボットシステムを用いて各グループが真のユーザーを想定（一部は実際の現場に持ち込み）し、実証試験を実施することとした。さらに、試験時にユーザーから得られた要望や試験結果を基に、実用化に向けた改良を実施し実用化に向けた改良を実施し、全てのグループで目標を達成した。

各テーマにおける主な成果は以下の表の通り。

（達成度に関しては、◎：目標以上の成果、○：目標達成、△：目標概ね達成とする。）

表Ⅲ. 1. 1 次世代産業用ロボット分野：柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>ロボットシステムが、柔軟物（コネクタ付ケーブル等）を筐体内に取り付け一連の作業を実現する。柔軟物の種類が変更された場合には、代表的な部品や設計情報などが登録されているデータベースなどを活用して、立ち上げ、調整時間が従来の 1/3 以下で品種追加、動作可能なこと。</p> <p>具体的には、コネクタ付ケーブルは柔らかく曲がる長いひも状のもので、両端に多ピンのコネクタが着いている。組み付け対象は、箱の内側の電気部品や基板にコネクタが 2 つ以上ついている。</p> <p>①供給部からコネクタ付ケーブルを取り出し、</p> <p>②コネクタ付ケーブル両端末のコネクタを電気部品や基板側のコネクタに挿入し、</p> <p>③代表的な作業エラーが発生した場合には、自動的に復旧し、作業を継続する。</p> <p>以上の動作を人と同等以上の生産量で実現する。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後 2 年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	<p>①3次元センシング技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サイズ約 300cc、通常カメラの 4 倍のダイナミックレンジを実現するカメラ投光部一体型の小型三次元センサヘッドユニットの開発 ・コネクタエッジの位置誤差±1mm、認識処理時間 1.5 秒以内のコネクタ位置姿勢認識アルゴリズムの開発 ・位置精度±2mm、処理時間 2 秒/視点以下のモーションステレオ計測による 3 次元位置計測手法の実現 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘッドサイズ 300cc（ヘッド分離型）およびダイナミックレンジ従来比 400% 向上の実現 ・計測時間 1 秒以下、距離比分解能 0.1%以下、コネクタ位置誤差±1mm、認識時間 1.5 秒達成 ・計測時間 2 秒/視点以下、ワイヤハーネス計測精度±2mm 達成 	○
	<p>②組み付け制御技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コネクタ挿入作業を人の 1 倍以内の時間で実現する力制御方式の開発 ・分解能 0.2%直線性 1%以下、コスト従来の 1/3 以下の力覚センサの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・人の 1 倍の時間で挿入作業を実現 ・分解能 0.2%、直線性 1.1%、コスト 従来の 1/3 以下を達成 	○
	<p>③柔軟物組み付け作業オフラインプログラミング技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・典型的な作業動作のロボットプログラム生成機能と頻度の高い作業に対するオフラインガイダンス機能を有するプログラム生成システムの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラミング、調整工数の従来比 1/5を達成 	○
	<p>④作業エラーからの自動復旧技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ミッション実行時に想定される作業エラーからの自動復旧率 80%の自動復旧方式の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・多品種コネクタで 80%以上の自動復旧率を確認 ・ねじ締めエラー状態認識成功率 95%を達成 	○
	<p>⑤FA 機器組立実証システムの仕様検討・設計・試作</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開発技術を統合し、ケーブル取り出し、コネクタ組み付け、基板、カバー組み付け作業を実現する実証システム開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・要素技術を統合し人の作業時間と同等の作業時間、安定した自動復旧を確認した 	○

表Ⅲ.1.2 次世代産業用ロボット分野：人間・ロボット協調型セル生産組立システム

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>開発したシステムで作業者が組立を行い、(a)作業手順の改善、(b)機種切り替え、(c)生産量の変動、に対しての対応能力を示す。組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して以下の性能を実現する。</p> <p>生産性：作業者とロボットを合わせた時間単価をベースとした生産性において既存セル（人間中心セル）から2割向上。</p> <p>機種切り替え時間：既存セル生産システムの1/2。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後2年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術	低重心本質安全設計・安全センサーでのロボット移動時の安全確保	◎
		多重系機能安全による作業 者協調時の安全対策の確立	
		リスクアセスメント(171項目の危険源の同定・リスク低減)	
	②必要な時に必要な量の部品を整理して供給する作業支援技術	移動配膳協調ロボットの開発、 部品配膳・作業支援機能の 実証	◎
		9種バラ積み部品のピンピッキング の実証	
		知能化部品トレイによる品 種・熟練度に応じた作業 支援の切替え	
	③作業者が習熟しやすい作業情報提示技術	作業者位置姿勢測定システム の開発、作業者の身体8部位の位置情報の取得、 実用レベルでの位置精度・検出速度の実現	◎
		心的負担測定系の開発、 情報支援・ロボットとの協調作業時の心的負担の 評価、設計基準・安全基準の導出	
		作業教示支援システム の開発、作業初心者 に伝達すべき作業注目点を作業成績との相関から抽出する 方法論を確立	
		作業情報支援システム(ソフトウェア・ハードウェア)の 開発、作業モデル編集ソフトウェアによる作業手順変更の 容易化	

表Ⅲ.1.3 サービスロボット分野：片付け作業用マニピュレーションRTシステム

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>多様な形状を有する対象物を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に分類・格納する作業を実現する。</p> <p>具体的には、業務用洗濯ラインにおいて、乱雑に置かれた洗濯物を識別し、分類して洗濯ラインに投入したり、乾燥が終わった洗濯物を仕上げラインに投入するトータルシステムを実現する。</p> <p>実際のビジネスで取り扱うアイテムとそれを扱う人手作業の速さから、分類数や格納サイズ、処理速度についての目標値は以下の通りとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ベッドアイテム洗濯前・分類投入実証機： <p>ベッドアイテム（シーツ、枕カバー、浴衣）の洗濯前・分類投入作業場の自動化を想定し、洗濯物の形状、重量、色等の違いから2000枚/h以上の速さで4種類以上に分類する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バスルームアイテム仕上げ前・分類投入実証機： <p>バスルームアイテム（バス、フェスタオル、バスマット）の仕上げ前の投入作業場の自動化を想定し、一枚ごとに展開し、種別判定して、折り畳み仕上げ機に投入する。</p> <p>実証試験では10種類以上のアイテムをサイズや色・模様を設定・識別して仕上げ機から排出する際に、自動選別・スタックする。折り畳み仕上げ機と組み合わせて800枚/h以上の速さでピックアップからスタッキングまでの処理を行う。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	<p>①柔軟な布形状の計測と端点検出可能な視覚技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・対象物の位置姿勢を識別するための3次元視覚センサを開発した。ハンドタオル、フェスタオルの種類及び表裏判別を成功率97.96%で実現した。 	◎
	<p>②広い動作範囲を持ち力制御が可能なロボットハンドリング技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・第7軸斜めハンドや辺把持用ロングストロークたぐりハンドを実現した。 	○
	<p>③洗濯物の把持、整形を行うための補助システムの整備</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・力センサと視覚センサの総合種別判別による混流柔軟物分類システムを開発した。 	○
	<p>④実用化に必要な性能（1時間当たり800枚）の実現</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・1時間当たり400枚を実現した。 ※高速化、効率化により1時間当たり800枚を実現できる見込みを得た。 	△

表Ⅲ.1.4 サービスロボット分野：高齢者対応コミュニケーションRTシステム

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>RTシステムを用いて高齢者の声を認識し、コミュニケーションをとりながら、情報提供、情報伝達、体調確認、行動把握などの高齢者向けのサービスを提供する。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	<p>①会話主体のコミュニケーション技術の確立</p>	<p>・『音声コミュニケーション』『自動問診アプリケーション』を開発し、実証試験を実施した。</p>	<p>○</p>
	<p>②高齢者も対応できるヒューマンロボットインタラクションの開発</p>	<p>・『RTマスコット』『タッチパネル』『バイタルセンシングチェア』による在宅健康管理・支援システムにより、高齢者が1ヶ月間使い続けられる』プロトタイプシステムを開発した。</p>	<p>○</p>

表Ⅲ.1.5 サービスロボット分野：ロボット搬送システム

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>人間や障害物が多く存在する可変環境において、屋内を周囲の状況に応じた速度で移動でき、指定場所での搬送物の受け取り、受け渡しを円滑に行うユーザーインタフェースを備え、ロボットが自律走行しながら指定された搬送先へ安全かつ信頼性高く搬送する。</p> <p>本システムの有効性を確認するために、2ヶ所以上の病院で実証試験を行う。</p> <p>(凹凸・段差1cm、隙間3cmに対応。エレベータを利用した上下移動を含む屋内環境下を人の歩行速度程度で搬送)</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	<p>①全方向移動可能な自律搬送ロボットの安定・安全移動機構の技術開発</p>	<p>全方向へ移動可能とする機構技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 凹凸・段差1cm、隙間3cmに対応した 	◎
		<ul style="list-style-type: none"> エレベータへの乗り降り可能機構技術の開発した。 	◎
		<ul style="list-style-type: none"> 搬送物を安全に搬送する技術の開発 	◎
	<p>②自律搬送ロボットのための高度な安全性を確保したRT分散情報処理システムの開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> RT分散処理技術の研究開発 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 自動環境地図生成技術の開発 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 自己位置同定技術の開発 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 障害物回避技術の開発 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 転倒防止技術の開発 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 安全・異常検知技術の開発 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 安全性・耐故障性技術の開発 	○

表Ⅲ.1.6 特殊環境用ロボット分野：被災建造物内移動RTシステム

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>複数の遠隔操縦型ロボットが、階段やドアのある建物内でオリエンテーリングを行い、決められたエリアを人間よりも速く、迅速に移動する。場面としては、地下鉄駅、地下街、空港、高層ビル（オフィス、大規模店舗、劇場）で、非常に混雑しておらず、通常の営業時間としては比較的散らかった程度に障害物が散在し、人間が歩行している状況で、ドア（施錠していない丸型またはレバー型ノブ付きドア）を通り抜け、照明条件がミッション遂行まで不明であるケースを想定する。既存インフラの使用を前提とせず、必要な環境は自分で構築する。建物のGISマップをもとにして、決められた地点とそこに至るまでの映像情報等を迅速に取得できることを実証する。</p> <p>また、訓練所・地下街・建物内などで3回以上の実証試験を行い、最終的にはプロジェクト終了後1年以内に受注生産が可能な体制を構築する。</p>	<p>①複数のロボットが地下鉄（含改札）、地下街、高層ビルなどの閉鎖空間（階段、ドアを含む）において、障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら、迅速に歩く人間と同程度の平均速度で、半自律走行できる、迅速な移動技術の開発。ただし、ロボットの重量は人間が一人で運搬可能であることとし、実証試験の稼働状態にてバッテリーが連続1時間以上もつことを条件とする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・高速移動が可能で、瓦礫環境での走破性が高く、階段途中での旋回すら可能な、重量30kg以下の小型軽量ロボット：Quince（クインス）、Kenaf（ケナフ） ・ドア開けが可能で、階段等がある屋内環境で探索可能な、重量30kg以下の小型軽量作業用ロボット：UMRS（ユーエムアールエス） ・知能やヒューマンインタフェースの共同開発を行いやすいアーキテクチャ ・耐衝撃性・高効率の伝動変速機構：平ベルトアクチュエータ ・机上訓練のためのダイナミクスシミュレータ 	◎
	<p>②1台の会議机に15分以内に設置可能な軽量簡易型のインタフェースで、オペレータが複数ロボットの周囲環境を認識でき、複数ロボットの同時遠隔操作（移動行動司令）ができる、ヒューマンインタフェース技術の開発。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・瓦礫を注意深く迅速に移動するに適したマニュアル遠隔操縦インタフェース ・オペレータの操縦を楽にするための不整地半自律走破技術を開発した ・複雑な場所の状況確認のための、3D環境計測・地図構築を実現した。 ・半自律行動を実現するための、高精度3Dオドメトリの開発 ・Disaster City, 兵庫県広域防災センター, E-defense 木造倒壊建物, 神戸市地下街さんちか, 仙台市地下鉄, RoboCupRescue 他で有効性を検証した ・ロボカップ世界大会 2007 Atlanta, 2009 Graz 運動性能部門で世界優勝 	◎
	<p>③建物内のロボット群から700m以上離れたオペレータステーションに、複数の遠隔操作用映像を含むセンシング情報をリアルタイムに安定して伝送できる、通信技術の開発。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地下街実証試験、消防訓練塔実験、等により、683mを、ほとんど遅れなしにカバーできることを実証した。 	○

	<p>④複数ロボットの走行経路をモニタリングし、複数の映像を含むセンシング情報をGIS上にマッピングできる測位技術とGIS技術の開発。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・情報のマッピングができることを実証した。 ・データベース上の3次元データに対してSLAMを行い、データの位置情報を修正し、3次元地図を構築し、登録できることを実証した。 	<p>◎</p>
--	---	--	----------

表Ⅲ.1.7 特殊環境用ロボット分野：建設系産業廃棄物処理RTシステム

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・マニピュレータ等を開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（主として中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」</p>	<p>① 建物解体時に発生する廃棄物のうち、異なる5種類以上の材質を選別判定できること。</p>	<p>・建物解体時に発生する実際の廃棄物5品目（コンクリート塊、鉄くず、アルミくず、木材、廃プラスチック）を画像処理により廃棄物の材質判定が可能なシステムを搭載した廃棄物選別システムを開発した。選別の精度（素材ごとの抽出率）は60%以上を達成。また、画像処理による廃棄物材質判定システムは、次世代マニピュレータにもアルゴリズムを搭載した。</p>	<p>○</p>
<p>具体的には、マニピュレータにより複合廃棄物の分離作業を行い、5種類以上の材質を選別し、選別の精度（素材ごとの抽出率）は60%以上とする。開発にあたっては実際の現場において実証実験を2回以上実施する。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	<p>② 建物解体時に発生する廃棄物を素材毎に分離できること</p>	<p>・試作機を解体現場へ試験導入(実証実験)し、その結果を受け細かな、把持分離作業及び切断作業が可能な、多機能ハンドの改良設計製作。多自由度、多腕マニピュレータ本体の改良設計製作を実施。マニピュレータによる廃棄物の分離実験を実施し、目標機能を確認した。</p>	<p>○</p>

(2) 成果の意義

本プロジェクトで対象としている分野は、将来の市場ニーズおよび社会的ニーズから導かれた分野であり、設定したミッションは実用化・事業化が期待されているものとなっている。本プロジェクトの開発成果は、ユーザーを組み込んだ実施体制により、単なる技術開発にとどまらず、現場で求められている有用な技術開発を進めることができた。

また、センサ、通信技術、マニピュレータといった個別の要素技術の中でも、事業展開が見込める成果が挙げられている。

実用化・事業化を強く意識したプロジェクトの実施方針により、本プロジェクトは製造分野以外のロボット市場の創出に向けての足がかりになると考えられる。

(3) 特許の取得状況

本プロジェクト全体の特許の出願状況は、224 件であり、海外出願も含めて戦略的に出願している。

表Ⅲ.1.8 論文件数および特許出願状況

	研究発表 (論文誌、学会誌、口頭発表)		特許出願	報道 (新聞、雑誌等)
	国外	海外		
件数	254	346	224	166

(4) 論文発表・成果の普及

研究発表(論文誌、学会誌、口頭発表)は、国内 254 件、海外 346 件、計 600 件、新聞雑誌等による報道は 166 件を数えた。

海外論文発表のうち、ロボット分野で主要な国際会議 ICRA(IEEE International Conference on Robotics and Automation)や IROS(IEEE Intelligent Robots and Systems) IECON (IEEE Industrial Electronics Society)などでそれぞれ発表されている。

本プロジェクトの成果については、中間評価時に日本ロボット学会誌において特集号として掲載され(平成 21 年 12 月発行)、最終成果をロボメカ欧文誌 JRM にて特集号として掲載予定である(平成 23 年 12 月発行予定)

さらに、公開デモンストレーションやユーザーサイドの現場での実証試験を積極的に実施すし、成果の一部を 2009 国際ロボット展(東京ビッグサイト)にて公開した。

(5) 実用化、事業化への見通し

(ア) 成果の実用化の可能性、事業化までのシナリオについて

ステージゲート評価では「ステージゲート時点における達成状況」「技術的評価」「事業的(実用化)評価」「その他の評価」の 4 項目について評価を行い、それらを考慮した「総合評価」により、ステージゲート通過グループを選定した。

中でも、事業化(実用化)評価においては、事業化計画書の作成を義務づけ、想定顧客や製品、サービス提供などの事業化体制、想定する売上げ、コスト試算等を記載するととし、各グループ内にユーザー企業、サービスを提供する企業等を組み込み、具体的な事業化シナリオを策定した。

ステージゲートを通過した 6 グループは、事業化シナリオが明確であり、技術的評価も優れており、最終目標の達成およびプロジェクト終了後に成果の事業化が期待できるものとなっている。

平成 21 年度以降は、事業化、実用化に向けた開発を行い基本計画の最終目標に本事業終

了後の事業化、実用化時期を明記した、再公募を実施した高齢者対応コミュニケーション R Tシステムにおいても同様に、事業化時期を基本計画に明記した上で、公募を実施した。
変更した基本計画における最終目標は以下の通り。

I. 次世代産業用ロボット分野

研究開発項目①「柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム」

変更前	変更後
<p>【最終目標】実証ロボットでの実証 ロボットシステムが、柔軟物（ワイヤーハーネス等）を筐体内に取り付ける一連の作業を実現する。柔軟物の種類が変更された場合には、現場で容易にプログラムを組み替え可能なこと。</p> <p>例えば、ワイヤーハーネスは柔らかく曲がる長いひも状のもので、両端に多ピンのコネクタが着いている。組み付け対象は、パネルで作られた箱の内側にコネクタ2つがついている。</p> <p>①供給箱からワイヤーハーネスを取り出し、 ②ワイヤーハーネス両端末のコネクタをパネル側のコネクタに挿入し、 ③ワイヤーハーネスの途中に装着されている固定ピンをパネルに挿入して、ワイヤーハーネスを壁面に固定する。</p> <p>以上の動作を実現する。</p>	<p>【最終目標】実証ロボットでの実証 ロボットシステムが、柔軟物（コネクタ付ケーブル等）を筐体内に取り付ける一連の作業を実現する。柔軟物の種類が変更された場合には、代表的な部品や設計情報などが登録されているデータベースなどを活用して、立ち上げ、調整時間が従来の 1/3 以下で品種追加、動作可能なこと。</p> <p>具体的には、コネクタ付ケーブルは柔らかく曲がる長いひも状のもので、両端に多ピンのコネクタが着いている。組み付け対象は、箱の内側の電気部品や基板にコネクタが 2 つ以上ついている。</p> <p>①供給部からコネクタ付ケーブルを取り出し、 ②コネクタ付ケーブル両端末のコネクタを電気部品や基板側のコネクタに挿入し、 ③代表的な作業エラーが発生した場合には、自動的に復旧し、作業を継続する。</p> <p>以上の動作を人と同等以上の生産量で実現する。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後2年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>

今後の課題とアプローチについて：

研究開発項目②「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

変更前	変更後
<p>【最終目標】実証ロボットでの実証 開発したシステムで作業者が組立を行い、(a)作業手順の改善、(b)機種切り替え、(c)生産量の変動、に対しての対応能力を示す。組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して性能を定量的に明らかにすること。</p>	<p>【最終目標】実証ロボットでの実証 開発したシステムで作業者が組立を行い、(a)作業手順の改善、(b)機種切り替え、(c)生産量の変動、に対しての対応能力を示す。組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して以下の性能を実現する。</p> <p>生産性：作業者とロボットを合わせた時間単価をベースとした生産性において既存セル（人間中心セル）から2割向上。</p>

	<p>機種切り替え時間：既存セル生産システムの1/2。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後2年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>
--	--

今後の課題とアプローチについて：

今後の課題としては、部品ピッキングの性能強化や、ユーザビリティ強化が挙げられる。課題解決に向けて、ビジョンソフトウェア・ハンド改良による多品種対応能力強化や GUI・編集機能の強化、作業への指示方法の洗練等を実施する。

II. サービスロボット分野

研究開発項目①「片付け作業用マニピュレーションRTシステム」

変更前	変更後
<p>【最終目標】実証ロボットでの実証 多様な形状を有する対象物（20種類以上）を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に収納する作業を実現する。なお、作業環境条件は実作業を考慮すること。</p> <p>このような技術の具体的な実現例としては、レストラン、家庭などの状況を想定し、乱雑に置かれた食器（陶器）、食事道具（ナイフ、フォーク：金属）、箸（木製）などを識別し、隣接した食器戸棚、ストレージ、食洗器に収納するトータルシステムをバックヤードなどにおいて実現する。</p>	<p>【最終目標】実証ロボットでの実証 多様な形状を有する対象物を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に分類・格納する作業を実現する。</p> <p>具体的には、業務用洗濯ラインにおいて、乱雑に置かれた洗濯物を識別し、分類して洗濯ラインに投入したり、乾燥が終わった洗濯物を仕上げラインに投入するトータルシステムを実現する。</p> <p>実際のビジネスで取り扱うアイテムとそれを扱う人手作業の速さから、分類数や格納サイズ、処理速度についての目標値は以下の通りとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ベッドアイテム洗濯前・分類投入実証機： ベッドアイテム（シーツ、枕カバー、浴衣）の洗濯前・分類投入作業場の自動化を想定し、洗濯物の形状、重量、色等の違いから2000枚/h以上の速さで4種類以上に分類する。 ・バスルームアイテム仕上げ前・分類投入実証機： バスルームアイテム（バス、フェースタオル、バスマット）の仕上げ前の投入作業場の自動化を想定し、一枚ごとに展開し、種別判定して、折り畳み仕上げ機に投入する。 <p>実証試験では10種類以上のアイテムをサイズや色・模様を設定・識別して仕上げ機から排</p>

	<p>出す際に、自動選別・スタックする。折り畳み仕上げ機と組み合わせて 800 枚/h 以上の速度でピックアップからスタッキングまでの処理を行う。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後 3 年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>
--	--

今後の課題とアプローチ：

今後の課題としてはステージゲートで開発したタオル仕上げ投入システムの製品プロトタイプ機の開発に向け、小型化、低価格化、タクトタイムの短縮、投入成功率の向上などが挙げられる。課題解決に向けて、コンパクト設計、最適なロボット選択およびシステム構成、視覚センサーの投影パターンの検討等を実施する。

研究開発項目②「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

変更前	変更後
<p>【最終目標】実証ロボットでの実証</p> <p>①バーバル（会話）やノンバーバル（ジェスチャー、指示具）コミュニケーションによる指示により、情報提供のみならず、RTならではの物理空間作業を行う。</p> <p>例えば、電気器具の使い方の質問に答える、指示に従って身の回りにある対象物を持ってくる、操作するなどの作業を自律的に行うものとする。</p> <p>②複数の年齢層に対し、適切なコミュニケーションを実現する。また、人とのやりとりを重ねながら、適切なコミュニケーションモデルの選択、履歴の活用などが可能なものとする。</p>	<p>【最終目標】実証ロボットでの実証</p> <p>RTシステムを用いて高齢者の声を認識し、コミュニケーションをとりながら、情報提供、情報伝達、体調確認、行動把握などの高齢者向けのサービスを提供する。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>

研究開発項目③「ロボット搬送システム」

変更前	変更後
<p>【最終目標】実証ロボットでの実証</p> <p>人間や障害物が多く存在する可変環境において、屋内外をシームレスに移動でき、指定場所に設置された搬送物を、ロボットが自律走行しながら指定された搬送先へ安全かつ信頼性高く搬送する。</p> <p>（凹凸・段差2cm、エレベータや扉・ドアを含む屋内及び屋外（事業所・施設等の敷地内における屋外空間）環境下を人の歩行速度程度で搬送）</p>	<p>【最終目標】実証ロボットでの実証</p> <p>人間や障害物が多く存在する可変環境において、屋内を周囲の状況に応じた速度で移動でき、指定場所での搬送物の受け取り、受け渡しを円滑に行うユーザーインタフェースを備え、ロボットが自律走行しながら指定された搬送先へ安全かつ信頼性高く搬送する。</p> <p>本システムの有効性を確認するために、2ヶ所以上の病院で実証試験を行う。</p> <p>（凹凸・段差1cm、隙間3cmに対応。エレベータを利用した上下移動を含む屋内環境下を人の歩行速度程度で搬送）</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>

今後の課題とアプローチ：

今後の課題はエレベータとの連携による階層間移動やサービス運用形態の検討が挙げられる。課題解決の為にエレベータを利用した実証試験や複数病院での実証試験およびヒアリングを実施する。

Ⅲ. 特殊環境用ロボット分野

研究開発項目①「被災建造物内移動RTシステム」

変更前	変更後
<p>【最終目標】（最終実証試験） 複数の遠隔操縦型ロボットが、階段やドアのある建物内でオリエンテーリングを行い、決められたエリアを人間よりも速く、迅速に移動する。場面としては、地下鉄駅、地下街、空港、高層ビル（オフィス、大規模店舗、劇場）で、非常に混雑しておらず、通常の営業時間としては比較的散らかった程度に障害物が散在し、人間が歩行している状況で、ドア（絞り込み評価終了後に仕様を与える）を通り抜け、照明条件がミッション遂行まで不明であるケースを想定する。既存インフラの使用を前提とせず、必要な環境は自分で構築する。建物のGISマップをもとにして、決められた地点とそこに至るまでの映像情報等を迅速に取得できることを実証する。</p>	<p>【最終目標】（最終実証試験） 複数の遠隔操縦型ロボットが、階段やドアのある建物内でオリエンテーリングを行い、決められたエリアを人間よりも速く、迅速に移動する。場面としては、地下鉄駅、地下街、空港、高層ビル（オフィス、大規模店舗、劇場）で、非常に混雑しておらず、通常の営業時間としては比較的散らかった程度に障害物が散在し、人間が歩行している状況で、ドア（施錠していない丸型またはレバー型ノブ付きドア）を通り抜け、照明条件がミッション遂行まで不明であるケースを想定する。既存インフラの使用を前提とせず、必要な環境は自分で構築する。建物のGISマップをもとにして、決められた地点とそこに至るまでの映像情報等を迅速に取得できることを実証する。 また、訓練所・地下街・建物内などで3回以上の実証試験を行い、最終的にはプロジェクト終了後1年以内に受注生産が可能な体制を構築する。</p>

研究開発項目：被災建造物内移動RTシステムについては、基本計画の開発技術の項目にて、具体的な数値目標を設定している。

－参考－

（1）開発技術

- ①複数のロボットが地下鉄（含改札）、地下街、高層ビルなどの閉鎖空間（階段、ドアを含む）において、障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら、迅速に歩く人間と同程度の平均速度で、半自律走行できる、迅速な移動技術の開発。ただし、ロボットの重量は人間が一人で運搬可能（移動台車本体重量：32kg以下）であることとし、実証試験の稼働状態にてバッテリーが連続1時間以上もつことを条件とする。
- ②1台の会議机に15分以内に設置可能な軽量簡易型のインタフェースで、オペレータが複数ロボットの周囲環境を認識でき、複数ロボットの同時遠隔操作（移動行動司令）ができる、ヒューマンインタフェース技術の開発。
- ③建物内のロボット群から700m以上離れたオペレーターステーションに、複数の遠隔操作映像を含むセンシング情報をリアルタイムに安定して伝送できる、通信技術の開発。
- ④複数ロボットの走行経路をモニタリングし、複数の映像を含むセンシング情報をGIS上にマッピングできる測位技術とGIS技術の開発。

今後の課題とアプローチ：

耐環境性能とUMRSの軽量化が今後の課題。また、有用性は確認できたが、実用化は消防等の強力が必要となる。課題解決に向けて、実用化に向けたスペックの洗い出しと実証試験による検証を行い、消防等とも合同実証試験を行うなどして連携を深めていく。

研究開発項目②「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

変更前	変更後
<p>【最終目標】 「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・マニピュレータを開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」</p> <p>－参考－</p> <p>【中間目標】</p> <p>①「建物解体時に発生する廃棄物のうち、異なる5種類以上の材質を選別判定できること。」 解体作業を対象とした建物で使用されている物性の異なる材質（コンクリート塊、廃プラスチック、木くず、金属くず、紙くず等）を特定し、特定された材質を選別するための判定手法を開発する。</p> <p>②「建物解体時に発生する廃棄物を素材料毎に分離できること」 建設機械レベルの大きさ、力を持つマニピュレータの開発を想定し、上記技術項目に関する要素技術を開発する。</p>	<p>【最終目標】 「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・マニピュレータ等を開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（主として中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」</p> <p>具体的には、マニピュレータにより複合廃棄物の分離作業を行い、5種類以上の材質を選別し、選別の精度（素材ごとの抽出率）は60%以上とする。開発にあたっては実際の現場において実証実験を2回以上実施する。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>

今後の課題とアプローチ：

今後の課題としては、廃棄物判定移送装置の速度および精度の向上や、次世代マニピュレータのヒューマンインタフェースの実用化が挙げられる。課題解決に向け、画像による材質判定の強化、選別機構の考案等を行い、実現場でユーザ操作性、作業性評価の実施と実用化に向けた改良を実施する。

(イ) 波及効果について

本プロジェクトで取り組んだ3分野7テーマの研究開発項目は、これまでのロボット市場の中心であった産業用ロボット以外の分野への事業化推進により市場拡大の足がかりとなると考えられる。また、センサ、ハンドツール、マニピュレータ、アクチュエータ等、要素技術単体の製品化(事業化)が見込めるものも、波及効果は高いと考える。

2. 各テーマの成果まとめ

2. 1次世代産業用ロボット分野

2. 1. 1 柔軟物も取り扱える生産用ロボットシステム

FA 機器組立ロボットシステムの研究開発」

【実施者：三菱電機(株)】

研究項目	目的	本開発の目標	成果	達成度
柔軟物を迅速かつ高精度・高信頼度でハンドリングできるマニピュレーション技術の開発	(1) 自動復旧技術の開発により、作業エラーによる停止から自動的に再開し、作業を継続する。	(1) ミッション実行時に想定される作業エラーからの自動復旧率 80%の実現	(1) 多品種コネクタで 80%以上の自動復旧率を確認 ・ねじ締めエラー状態認識成功率 95%	(1) 目標達成
柔軟物を知的にハンドリングするためのセンサ利用技術(ビジョンシステム、力制御、力センサ)の開発	(1) モーションステレオ計測と 3 次元ケーブル形状認識技術を開発しケーブルのような柔軟物を認識する (2) 小型アクティブ 3 次元センサユニット、2 次元・3 次元情報統合認識技術を開発し、ケーブル先端のコネクタのような位置姿勢の自由度の高い剛体物を高速、確実に認識する (3) 高速組み付け制御技術を開発し高速にコネクタの挿入作業を実現する (4) 低コスト力覚センサの開発により力覚制御機能の導入コストの削減	(1) 計測時間 :2 秒/視点以下、ワイヤハーネス計測精度:±2mm (2) サイズ:300cc 以下、ダイナミックレンジ:従来比 400%向上、コネクタ位置誤差:±1mm,計測時間:2 秒以下 (3) コネクタ挿入作業時間:人作業の 1 倍以内 (4) コスト:従来の 1/3 以下、分解能 0.2%、直線性 1%	(1) 計測時間 2 秒/視点以下、ワイヤハーネス計測精度±2mm (2) ヘッドサイズ 300cc (ヘッド分離型)ダイナミックレンジ従来比 400%向上 計測時間 1 秒以下、距離比分解能 0.1%以下、コネクタ位置誤差±1mm、認識時間 1.5 秒 (3) コネクタ挿入作業を人の 1 倍の時間(0.7s)で実現 (4) 分解能 0.2%、直線性 1.1%、コスト従来の 1/3 以下	(1) 目標達成 (2) 目標達成 (3) 目標達成 (4) ほぼ目標達成

<p>短時間で簡便に作業を提示できる次世代教示機能の開発</p>	<p>(1) 作業レベルプログラム生成システムの開発により、短時間でシステム立ち上げと品種追加を可能とする</p> <p>(2) 動作最適化技術の開発により、作業を高速化し、生産性を向上する</p>	<p>(1) 頻度の高い作業に対するオフライン教示ガイダンス機能を開発、作業レベルプログラム生成システムの機能追加</p> <p>(2) 組み立て部品のワイヤーの障害物の回避と動作の最適化を同時に実現するようなマニピュレータ手先の軌道および加速度パターンを生成。</p>	<p>(1) 実証システムの作業工程を対象にプログラム作成、シミュレータによる動作確認時間を評価し、従来の 1/5 の時間でプログラムが作成できることを確認。</p> <p>(2) ケーブル重心移動抑制軌道を自動生成し、従来の軌道より約 50% の振幅減少を確認。作業床面にケーブルが接触することを回避する手先軌道を獲得。</p>	<p>(1) 目標達成</p> <p>(2) 目標達成</p>
<p>FA 機器組立実証システムの仕様検討・設計・試作</p>	<p>開発技術の有効性と、柔軟物組み付けの実証</p>	<p>・開発技術を統合し、ケーブル取り出し、コネクタ組み付け、基板、カバー組み付け作業を実現する実証システム開発</p>	<p>要素技術を統合し人の作業時間と同等の作業時間で柔軟物組み付けを実現。安定した自動復旧確認</p>	<p>目標達成</p>

2. 1. 2 人間・ロボット協調型セル生産組立システム

先進工業国対応型セル生産組立システムの開発 【実施者：ファナック株式会社】

安全管理技術の開発目標に対する成果と達成度

目的	本開発の目標 (実施計画書より)	成果	達成度
(1) ロボット移動時 安全対策の確立	ロボットの工場環境移動時において作業者の安全を確保すること。	ロボット転倒防止のための低重心本質安全設計、ロボットと作業者の動作エリアを安全センサにて分離する多重系安全対策を構築し、作業者の安全確保を実証した。	移動時の転倒なきこと、作業者がロボット移動エリア侵入した際の確実なロボット停止を実証し、目標を達成した。
(2) 作業者協調時 安全対策の確立	ロボットと作業者の協調作業時において作業者の安全を確保すること。	位置監視、速度監視、力監視を組み合わせた機能安全により、本質的に高速・高出力なロボットに触りながらの安全な協調作業を実現した。	各技術の性能を実証し、目標をほぼ達成した。事業化では、2つの力センサによる二重監視のPL(パフォーマンスレベル)の認証取得を推進する。
(3) 安全管理技術 統合化手法の確立	リスクアセスメントを実施し、合理的に予見可能な誤使用においても作業者の安全を確保すること。	171項目の危険源を同定し、リスク低減の安全対策を開発・実装した。	力センサのPL取得を除き、全ての安全対策を実装・検証し、目標をほぼ達成した。

作業支援技術の開発目標に対する成果と達成度

目的	本開発の目標 (実施計画書より)	成果	達成度
(1) 移動配膳協調 ロボットの開発	工場路面を走行して作業者に部品を配膳し、かつ部品供給などの作業支援が可能なこと。	開発した移動配膳協調ロボットでの安定した走行性能、部品配膳、作業支援機能を実証した。	双腕移動ロボットによる部品キット化・配膳の自動化システムを世界で初めて実現し、目標を達成した。
(2) 部品ピッキング ハンドとビジョン システムの開発	多品種部品に対応可能な汎用性の高いハンドにて高速部品ピンピッキングを実現すること。	設計したハンドにて部品棚に収納されたバラ積み状態の9種類の部品ピッキングを実証した。	ロボットの24時間連続稼働により従来の人間作業の約1.7倍の生産性を実現し、目標を達成した。

(3) 知能化部品トレイ の開発	RFID にてトレイ内部 品を表現し、かつ画像 認識にてトレイ内部品 が認識可能であるこ と。	ビジョン検査により部品 間違いのない高信頼性の 部品キット配膳を実現し た。製品 RFID、作業 管理 RFID を導入し、頻 繁な機種切り替え、作 業者の熟練度に応じた作 業支援を実証した。	RFID の導入により、頻 繁な機種切り替えへの即 時対応、異なる熟練度の 作業員への的確な作業支 援を実現し、目標を達成 した。
------------------------	---	---	--

作業情報提示技術の開発目標に対する成果と達成度

目的	本開発の目標 (実施計画書より)	成果	達成度
(1) 作業員位置姿勢測 定システムの開発	安価なカメラシステム を用いて、作業員の位 置姿勢を検知し、作業 員安全の確保と熟練者 の作業のやり方の抽出 が可能であること。	作業員の身体 8 部位の 3 次元座標を取得し、人体 モデルとパーティクルフ ィルタを用いた作業員の 姿勢の推定を実用レベ ルでの位置精度・検出速 度で実現した。	開発したシステムは測定 周期 10Hz、測定標準偏 差 69.0mm を実現した。
(2) 心的負担測定系の 開発	作業員の心的負担を定 量的な評価を可能にし る生理指標の決定とシ ステムの改善基準の導 出を可能にすること。	多種の生理指標の中か ら、心的負担に関連の強 い 3 種の生理指標を採 用し、情報支援及びロボ ットによる協調作業時の 心的負担の評価から設計 基準・安全基準を導出し た。	ロボットの協調作業時に 作業員が被る精神的な影 響の包括的な測定が可能 となり、従来の主観評価 のみに比べて安全と情報 設計に関する客観的なデ ータの取得を確認した。
(3) 作業指示支援 システムの開発	熟練作業員の作業のや り方を記録し、それを 作業初心者へ伝達する ことで作業効率を向上 させるシステムを構築 すること。	熟練者が重要視し、初心 者が軽視する作業初心 者に伝達すべき作業注 目点を作業成績との相 関から抽出する方法論 を確立した。	提示用情報の絞り込みと 作業間違い原因の推定 に効果を確認した。
(4) 作業情報支援 システムの開発	機種切り替え対応、作 業員の作業負担が小さ くかつ作業効率を向上 させるような作業員に 分かりやすい情報支援 を実現すること。	組立作業に必要な情報 を的確に作業員に支援 するソフトウェア・ハー ドウェアの開発を行い、 実験的にその有効性を 検証した。機種切り替 え時の情	機種切り替えと作業員 熟練度に対応のケーブル ハーネスの組立作業に、 本システムを適用した結 果、作業初心者において 生産立ち上げ時から作業

		報提示を即座に変更可能となる。また、これら作業モデル編集環境や情報提示ソフトウェアを開発し、作業手順変更を容易化した。開発したシステムはロボット動作と作業手順指示との連動を管理し、作業熟練度に応じた支援情報を提示する。	中級者と同程度の作業効率での作業が実現した。
--	--	---	------------------------

統合システムの開発目標に対する達成度

基本計画における最終目標	達成度
<p>[1] 開発したシステムで作業者が組立を行い、 (a)作業手順の改善 (b)機種切り替え (c)生産量の変動 に対しての対応能力を示す。</p>	<p>部品キット化・配膳について (a) 作業手順の改善や(b) 機種切り替えでは立上げ時のロボット教示の時間ロスが、(c) 生産量の変動では増設ロボットのエネルギーロスが生じるものの、生産時の信頼性が向上することから、各指標に対して対応能力を有すと言える。</p>
	<p>組立作業について 上記と同様に、立上げ時のロボット教示・提示情報変更などの時間ロスや増設ロボットのエネルギーロスが生じるものの、生産時の信頼性が向上することから、各指標に対して対応能力を有すと言える。</p>
<p>[2] 組立作業をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。</p>	<p>171 項目の危険事象のリスクアセスメントを実施し、リスク低減を図った。 特に、協調作業におけるロボットアームと腕・手の過度な接触、ロボットアームと周辺機器との間の挟み込みについて、位置監視、速度監視、力監視の組合せによる多重系の機能安全により、十分安全なレベルまでリスクが低減され、作業者の安全が確保された。</p>
<p>[3] 特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して以下の性能を実現する。</p>	<p>(A)生産性 部品キット化で従来の 1.7 倍、組立作業で従来の最大 2 倍の生産性を実現し、共に目標の 2 割向上を超える生産性向上を達成した。</p>

<p>(A)生産性：作業者とロボットを合わせた時間単価をベースとした労働生産性において既存セル（人間中心セル）から2割向上。</p>	<p>(B)機種切り替え時間 部品キット化では、従来の人間のみの作業と同等で即時の機種切り替えが可能である。組立作業では目標の1/2を下回る機種切り替え時間の短縮を達成した。</p>
<p>(B)機種切り替え時間：既存セル生産システムの1/2。</p>	<p>作業間違い率（追加評価） 組立作業にて、従来1/10以下の低減を実現した。</p>

2. 2. サービスロボット分野

2. 2. 1 片付け作業用マニピュレーションRTシステム

乱雑に積層された洗濯物ハンドリングシステムの研究開発

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>多様な形状を有する対象物を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に分類・格納する作業を実現する。</p> <p>具体的には、業務用洗濯ラインにおいて、乱雑に置かれた洗濯物を識別し、分類して洗濯ラインに投入したり、乾燥が終わった洗濯物を仕上げラインに投入するトータルシステムを実現する。</p> <p>実際のビジネスで取り扱うアイテムとそれを扱う人手作業の速さから、分類数や格納サイズ、処理速度についての目標値は以下の通りとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ベッドアイテム洗濯前・分類投入実証機： ベッドアイテム（シーツ、枕カバー、浴衣）の洗濯前・分類投入作業場の自動化を想定し、洗濯物の形状、重量、色等の違いから2000枚/h以上の速さで4種類以上に分類する。 ・バスルームアイテム仕上げ前・分類投入実証機： バスルームアイテム（バス、フェスタオル、バスマット）の仕上げ前の投入作業場の自動化を想定し、一枚ごとに展開し、種別判定して、折り畳み仕上げ機に投入する。 <p>実証試験では10種類以上のアイテムをサイズや色・模様を設定・識別して仕上げ機から排出する際に、自動選別・スタックする。</p> <p>折り畳み仕上げ機と組み合わせて800枚/h以上の速さでピックアップからスタッキングまでの処理を行う。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	①柔軟な布形状の計測と端点検出可能な視覚技術	<ul style="list-style-type: none"> ・対象物の位置姿勢を識別するための3次元視覚センサを開発した。ハンドタオル、フェスタオルの種類及び表裏判別を成功率97.96%で実現した。 	◎
	②広い動作範囲を持ち力制御が可能なロボットハンドリング技術	<ul style="list-style-type: none"> ・第7軸斜めハンドや辺把持用ロングストロークたぐりハンドを実現した。 	○
	③洗濯物の把持、整形を行うための補助システムの整備	<ul style="list-style-type: none"> ・力センサと視覚センサの総合種別判別による混流柔軟物分類システムを開発した。 	○
	④実用化に必要な性能（1時間当たり800枚）の実現	<ul style="list-style-type: none"> ・1時間当たり400枚を実現した。 ※高速化、効率化により1時間当たり800枚を実現できる見込みを得た。 	△

2.2.2 高齢者対応コミュニケーションRTシステム

コミュニケーションRTによる高齢者の在宅健康管理・支援システムの開発と実用化

【実施者：積水ハウス株式会社、千葉工業大学】

目 標	研究開発成果	達成度
<p>プロジェクト全体の目標(基本計画 p.11) RT システムを用いて高齢者の声を認識しコミュニケーションを取りながら、情報提供、情報伝達、体調確認、行動把握などの高齢者向けのサービスを提供する。最終的にはプロジェクト終了後 3 年をめぐりにプロジェクトの成果を活用し事業化を行う。</p>	<p>高齢者対応コミュニケーション RT システムとして「在宅健康管理・支援システム」を構築</p>	
<p>(1) コミュニケーションRT基礎技術開発 【音声認識インターフェース】 ・認識性能の安定と選択肢拡張(5 択) ・誤認識時のフェイルセーフ機能の実装 ・パラ言語情報からのバイタル情報抽出 【RTマスコット駆動制御】 ・駆動制御アルゴリズムの構築とユーザ評価</p>	<p>(1) コミュニケーションRT基礎技術開発 ・2~5 択の選択肢を実装(認識率 99%超) ・フェイルセーフ機能としてタッチパネルを導入 ・バイタル情報とパラ言語情報の相関 ・シナリオに対応した RT マスコットの駆動制御 ・アンケートによる RT マスコットの評価</p>	(1) 達成
<p>(2) センシングRT基礎技術開発 【バイタルデータセンシング機器の開発】 ・実証試験用機器の開発と改良</p>	<p>(2) センシングRT基礎技術開発 ・バイタル測定機器の無線化 ・体重計/血圧計のコンティニュー対応</p>	(2) 達成
<p>(3) 健康状態推定/アドバイスシステム ・問診エキスパートシステム(5)として統合</p>	<p>(3) 健康状態推定/アドバイスシステム ・カットオフ値/問診内容設定ソフトウェア</p>	(3) 達成
<p>(4) 健康情報履歴蓄積要約技術 【バイタルデータ解析システム】 ・健康異常検出、情報要約技術の開発 【医療診断支援システム】 ・解析結果提示/患者情報管理システムの構築</p>	<p>(4) 健康情報履歴蓄積要約技術 ・カットオフ値に基づく健康状態判定アルゴリズム ・DB サーバ構築 ・医師用 WebUI/管理者用 WebUI の構築 ・健康情報解析・要約ソフト</p>	(4) 達成
<p>(5) 高齢者健康状態問診システム ・問診シナリオの実装 ・問診エキスパートシステムの構築</p>	<p>(5) 高齢者健康状態問診システム ・問診シナリオプロトタイプの実装 ・問診エキスパートシステムプロトタイプの実装</p>	(5) 達成
<p>(6) 一般高齢者を対象としたモニタ試験システム ・モニタ試験用システムの開発(1次/2次)</p>	<p>(6) 一般高齢者を対象としたモニタ試験システム ・1次モニタ試験用システム/在宅モニタ試験実施 ・2次モニタ試験用システム/在宅モニタ試験実施</p>	(6) 達成
<p>(7) 高齢者対応UI開発 ・事業化プロトタイプによるユーザビリティ評価</p>	<p>(7) 高齢者対応UI開発 ・事業化プロトタイプシステム ・事業化へ向けた課題の抽出</p>	(7) 達成
<p>(8) 医療ネットワーク構築と事業化検討 ・オーナー向け web サイトのコンテンツ構築 ・実証用サービス体制の構築</p>	<p>(8) 医療ネットワーク構築と事業化検討 ・サンプル Web コンテンツ/実証用システム構築</p>	(8) 達成

2.2.3 ロボット搬送システム

全方向移動自律搬送ロボット開発

【実施者：村田機械(株)、慶應義塾大学、(独)産業技術総合研究所】

研究項目	目的	本開発の目標	成果	達成度
人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術	(1)全方向移動可能な自律搬送ロボットの安定・安全移動機構の技術開発	(1)-① <ul style="list-style-type: none"> ・段差 1cm、隙間 3cm 対応 ・人並みの走行速度 (1.1m/sec) ・製品プロトタイプ台車製作・実証実験実施 	(1)-① <ul style="list-style-type: none"> ・サスペンション付き全方向移動機構を搭載した製品プロトタイプを開発した。 	(1)-① 目標達成 <ul style="list-style-type: none"> ・段差 1cm、隙間 3cm 対応 ・最高速度 1.1m/sec ・製品プロトタイプ台車製作し、京都第二赤十字病院、大阪大学歯学部附属病院にて実証実験を実施した。
	①全方向へ移動可能とする機構技術の開発	(1)-② <ul style="list-style-type: none"> ・ロボットがエレベータに乗降可能なシステムの構築 	(1)-② <ul style="list-style-type: none"> ・村田機械株式会社 R&D センター及び京都第二赤十字病院エレベータに通信装置を設置し、ロボットが乗降可能なシステムを構築した。 	(1)-② 目標達成 <ul style="list-style-type: none"> ・複数フロアをエレベータを用いて移動可能な搬送システムを構築した。
	②エレベータへの乗り降り可能機構技術の開発	(1)-③ <ul style="list-style-type: none"> ・必要とされるセキュリティレベルを備えた搬送形態の具現化 ・ロボットの現在走行位置の確認システム構築 ・到着通知機能等、実運用可能なシステム構築 	(1)-③ <ul style="list-style-type: none"> ・必要とされるセキュリティレベルを備えた搬送スペースを持つ搬送ロボットを開発した。 ・現在位置表示及び到着通知可能なシステムを構築した。 ・院内物品管理データと連携する搬送管理システムを構築した。 	(1)-③ 目標達成 <ul style="list-style-type: none"> ・搬送物スペースを持つ搬送ロボット及び運行管理システム、搬送管理システム等、ロボット搬送システムとして実運用可能なシステムを開発した。
③搬送物を安全に搬送する技術の開発				

<p>人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術</p>	<p>(2)自律搬送ロボットのための高度な安全性を確保したRT分散情報処理システムの開発</p> <p>①RT分散処理技術の研究開発</p> <p>②自動環境地図生成技術の開発</p> <p>③自己位置同定技術の開発</p> <p>④障害物回避技術の開発</p>	<p>(2)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モータドライバ及びモーションコントローラの内製化 ・内製モータドライバによる人並みの走行速度の実現 <p>(2)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2次元地図自動生成システム構築 ・誤差±3cm以内 ・複数センサを用いた自動環境地図生成アルゴリズムの開発 <p>(2)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自己位置同定アルゴリズム構築 ・誤差±3cm以内 ・複数センサを用いた自動環境地図生成アルゴリズムの開発 <p>(2)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人並みの走行速度(1.1m/sec)で移動しながら、同速度で対向移動する障害物を安全に回避 	<p>(2)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・要求仕様に応じたモータドライバ及びモーションコントローラを製作した。 ・人並みの走行歩行速度(1.1m/s)を実現した。 <p>(2)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レーザーレンジセンサを用いた2次元地図自動生成システムを構築した。 ・ランドマーク自動抽出アルゴリズムを開発した。 <p>(2)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レーザーレンジセンサを用いた自己位置同定アルゴリズムを構築した。 ・画像センサによるモーションステレオ測距システムを実装した。 <p>(2)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> ・障害物回避技術を取得した。 ・周囲環境に応じた障害物回避モードの切替アルゴリズムを開発した。 	<p>(2)-① 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・内製モータドライバ及びモーションコントローラをロボットに搭載し、人並みの走行速度(1.1m/s)を実現した。 <p>(2)-② 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・誤差±3cm以内 ・ナビゲーションに利用可能なランドマーク抽出アルゴリズムを検証。 <p>(2)-③ 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・誤差±3cm以内。 ・充電ステーション近傍では誤差±3mm以内、±0.5deg以内。 ・モーションステレオ測距システムを実機で検証。 <p>(2)-④ 目標一部未達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人並みの走行速度(0.7m/sec)で移動しながら、同速度で対向移動する障害物を安全に回避するアルゴリズム開発 ・ロボットの走行速度の7割の速度で対向移動する障害物の回避を実機で検証
-------------------------------	---	---	---	--

<p>人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術</p>	<p>(3)屋内環境自律移動ロボットの自己位置計測のためのセンサ・ネットワークの研究開発</p> <p>①超音波タグを用いた位置計測技術の高度化</p> <p>②大規模センサ・ネットワークの開発</p> <p>③大規模センサ・ネットワークにおけるタグ追跡のハンドオーバー技術の開発</p>	<p>(3)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・位置計測技術の精度向上 ・誤差 2-3cm ・加速度センサ内蔵型超音波タグシステムの開発（低消費電力機能実現） <p>(3)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・超音波受信機 100 個以上の規模を持つ複数の大規模センサ・ネットワークの構築 <p>(3)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大規模センサ・ネットワークにおけるタグのハンドオーバーアルゴリズムの開発検証 	<p>(3)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPGPU を用いて、パーティクルフィルタを利用した位置推定アルゴリズムを実装した。 ・加速度センサを内蔵した低消費電力型超音波タグを開発した。 ・無指向性超音波タグを開発した。 <p>(3)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・超音波受信器 270 個超の大規模センサ・ネットワークを開発した。 <p>(3)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上記大規模センサ・ネットワークにおけるタグ追跡のハンドオーバー技術を確立した。 	<p>(3)-① 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・位置計測技術の精度向上 ・誤差 2-3cm / 演算時間 2ms ・加速度センサ内蔵型超音波タグシステムの開発（低消費電力機能実現） ・無指向性超音波タグの開発（受信器の設置位置の自由度向上） <p>(3)-② 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・超音波受信機 270 個超の規模を持つ複数の大規模センサ・ネットワークの構築 <p>(3)-③ 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大規模センサ・ネットワークにおけるタグのハンドオーバー・アルゴリズムの開発検証実施
-------------------------------	--	--	---	---

<p>人とロボットが共存する環境下での安全（事故防止）技術</p>	<p>(2)自律搬送ロボットのための高度な安全性を確保したRT分散情報処理システムの開発</p> <p>④RT分散処理技術の研究開発</p> <p>⑤転倒防止技術の開発</p> <p>⑥安全・異常検知技術の開発</p> <p>1.カセンサレス衝突検出</p> <p>2.車椅子等搬送のための移動支援技術</p> <p>3.接触に関連した安全技術の開発</p> <p>4.情報表現とアクティブセーフティ技術</p> <p>⑦安全性・耐故障性技術の開発</p>	<p>(2)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> 各機能モジュール・分散制御基板の設計・実装 <p>(2)-⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> 瞬間最大加速度 0.5G の衝撃にも転倒しない転倒防止技術の開発 人並みの走行速度 (1.1m/sec)での急発進、急停止する場合の転倒防止の実現 <p>(2)-⑥-1</p> <ul style="list-style-type: none"> 反作用力推定アルゴリズムの構築 100msecでの衝突検出 環境・人との衝突の識別アルゴリズム構築 制御精度±10N以内の作用力検出 <p>(2)-⑥-2</p> <ul style="list-style-type: none"> 非ホロノミック拘束の影響度に基づいた電動車椅子の誘導制御アルゴリズムの確立 車椅子型移動ロボットの試作 制御精度±10cm以内の支援軌道追従確認 障害物検出情報と移動ロボットの受動性に基づく、軌道再計画アルゴリズムの検証 シミュレーションによるアルゴリズムの検証 <p>(2)-⑥-3</p> <ul style="list-style-type: none"> ロボットの指先に装着可能な弾性触覚センサの設計 接触検出確認 (指先で 10g 程度) ロボットへの実装検討 	<p>(2)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> 院内障害物 (車椅子、ストレッチャー)を検出可能な超音波測距センサモジュール及び分散制御基板を開発した。 <p>(2)-⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> 急発進、急停止に転倒しない搬送ロボットを開発した。 <p>(2)-⑥-1</p> <ul style="list-style-type: none"> 反作用力推定アルゴリズムの構築を完了した。 <p>(2)-⑥-2</p> <ul style="list-style-type: none"> 非ホロノミック拘束を考慮したアルゴリズムの構築を完了した。 軌道追従制御アルゴリズムを構築し、シミュレーションによる検証を完了した。 障害物検出は考慮せず、ロボットに作用する推定反力に基づいた軌道再計画アルゴリズムを構築完了 <p>(2)-⑥-3</p> <ul style="list-style-type: none"> 指先に装着可能な弾性触覚センサ技術を取得 	<p>(2)-④ 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> 超音波センサ統合基板製作 4ch、測距時間 42msec 16ch、測距時間 100msec <p>(2)-⑤ 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> 機構的転倒対策を実施し、ロボット本体を 10 度傾けた状態でも転倒しないことを確認した。 人並みの走行速度 (1.1m/sec)での急発進、急停止する場合の転倒防止の実現 <p>(2)-⑥-1 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> 推定速度 100msec 以内を達成。 人との衝突検出に関しては検証が不十分。 精度±10N 以内の力検出を達成。 <p>(2)-⑥-2 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存システムを改良し、車椅子型移動ロボットを試作。 制御精度±10cm 以内の支援軌道追従確認 障害物検出情報と移動ロボットの受動性に基づく、軌道再計画アルゴリズムの検証 シミュレーションによるアルゴリズムの検証 <p>(2)-⑥-3 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ロボットの指先に装着可能な弾性触覚センサを設計し、接触検出確認 (指先で 10g 程度) 実施。
-----------------------------------	--	--	---	--

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">人とロボットが共存する環境下での安全（事故防止）技術</p>		<p>(2)-⑥-4</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平常時に人間の活動を妨げない7段階の情報提示で、7割の人がタスクを遂行しながらロボットからの情報を取得できることを達成する ・ 人間へのアクティブな情報提示についてシステムの周囲3m四方の環境情報を、環境情報の評価結果で絞り込む機構を実現し、情報提示を選択する際の環境情報の参照を無くす ・ 人とロボットの位置関係に依存して、提示ジェスチャを変更する手法を開発する ・ 人の位置関係を考慮したジェスチャ生成を用いて、ロボットの移動意図が有意に伝わることを達成する <p>(2)-⑦</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンピュータの暴走の検知を行うと共に、それぞれのセンサおよびアクチュエータの異常による暴走および誤動作を防ぐシステムの開発 ・ コンピュータ、センサおよびアクチュエータの異常による暴走および誤動作を防ぐ基本システムの開発 ・ 人並みの半分の程度の移動速度領域におけるコンピュータ、センサおよびアクチュエータの異常による暴走および誤動作を防ぐ基本システムの実現 	<p>(2)-⑥-4</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 人を避ける際の発話・ジェスチャ生成を可能にするために認識機構を構築した。 ・ 画像データより選択的に人の顔画像領域を発見する手法を開発した。 ・ ロボットの通過する意図を伝えるモジュールを開発した。 ・ 人に道を空けてもらうことを頼む発話および、ロボットが避ける方向を示すジェスチャを生成する機構を構築した。 <p>(2)-⑦</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 腕にかかる過負荷に対する安全制御を確認した。 	<p>(2)-⑥-4 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットの避けてほしいという意図が伝わること ($p<0.05$)、およびジェスチャがある場合、ロボットが左右のどちらへ避けようとしているか伝わりやすいこと ($p<0.1$)を確認。 <p>(2)-⑦ 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 腕に過負荷が生じた際、脱力する安全制御を確認。
---	--	--	--	--

<p>実証ロボットの開発及び実証試験</p>	<p>(4)実証実験の実施</p> <p>①搬送デモンストレーションを一定期間実施</p> <p>②2箇所以上の実証試験場所の確保</p> <p>③院内搬送デモンストレーション用ロボット製作</p> <p>④国内外マーケティングの実施</p>	<p>(4)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・搬送デモンストレーションを実施し、その有効性を確認する。 <p>(4)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数個所で実証実験を実施し、汎用性の高いシステムを構築する。 <p>(4)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・院内搬送デモンストレーション実施の円滑化 <p>(4)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本システム実用化に向け、ニーズを探索する。 	<p>(4)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一定期間実施し、本システムの有効性を確認した。 <p>(4)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・京都第二席十字病院及び大阪大学歯学部付属病院で定期的な実証試験を実施した。 <p>(4)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボットを追加1台製作した。 <p>(4)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> ・潜在ニーズの掘り起こしを行うことができた。 	<p>(4)-① 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一定期間デモンストレーションを実施し、運用上での課題を抽出できた。 <p>(4)-② 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各病院個別課題と共通課題の抽出ができた。 <p>(4)-③ 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアの開発効率の向上が図られた。 <p>(4)-④ 目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ライトハウスカスタマーの獲得に寄与した。
------------------------	---	--	--	--

2.3 特殊環境ロボット分野

2.3.1 被災建造物内移動RTシステム

閉鎖空間内高速走行探査群ロボット

【実施者：国際レスキューシステム研究機構，東北大学，(独)産業技術総合研究所，(独)情報通信研究機構，バンドー化学(株)，(株)シンクチューブ，ビー・エル・オートテック(株)，(株)ハイパーウェブ】

課題	研究項目	目的	目標	成果	達成度	評価
移動技術の開発	高速不整地走破機構 Kenaf の開発	障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら，高速走行できる，移動技術の開発。	移動速度は迅速に歩く人間と同程度。ロボットの重量は人間が一人で運搬可能であることとし，実証試験の稼働状態にてバッテリーが連続1時間以上もつことを条件とする。	左記の目標をすべて実現した。特に，不整地において高い走破性を実現し，RoboCup 2007 Atlanta 大会，2009年 Graz 大会運動性能部門優勝，Disaster City のコンクリート瓦礫の走破，などの実績を上げた。	目標を高いレベルで達成した。	◎
	ドア開け用台車 UMRS (UMRS-2007)，および，マニピュレータの開発	地下街・ビルなどのドア開けが可能なシステムの開発	押し開きが可能な軽量ドアを開け，他のロボットを閉鎖空間の内部に安全に導き入れることができる。	ステージゲートデモで設けられたドアなどを押し開けることができた。	目標をほぼ達成した。	○
	耐衝撃平ベルトアクチュエータの開発	外部からの衝撃に対してロバストな2段変速伝達機構の開発	台上試験により，実用上十分な耐衝撃性を実証する。	実験により耐衝撃性を実証するとともに，高い伝達効率を実現した。	目標をほぼ達成した。	○
	実用化高速不整地走破ロボット Quince の開発	ミッションに応じたモジュール交換，走破性・防塵防水・耐久性などの高い実用性を持った高速不整地走破ロボットの開発	実証試験を繰り返し行い，消防等への試験配備により実用性を高める。	Disaster City の木材瓦礫の走破などの実績を上げ，千葉市消防局に半年間試験配備を行い，実用化を達成した。なお，本プロジェクト終了後に福島第一原発の	目標を高いレベルで達成した。	◎

				原子炉建屋内調査に使用され、実用性が現場実証された。		
	実用化ドア開けロボット UMRS-2009の開発	軽量化して機動性を高め、防塵防水・耐久性などの高い実用性を持ったドア開けロボットの開発	実証試験を繰り返し行い、消防等への試験配備により実用性を高める。	消防訓練施設の防火扉を開けられることを実証し、Disaster CityにおけるNIST/ASTM評価試験で高い性能を示し、神戸市消防局に試験配備を行い、実用化を達成した。	目標を達成した。	◎
	UMRS-2009用耐衝撃プラットフォーム	小型軽量の耐衝撃性の高い伝達機構の開発	減速比固定化により小型軽量化を図り、ロボット搭載を容易にする。	台上試験およびロボット搭載による実機評価で適合性および耐久性を確認	目標を達成した	◎
②	Kenafのジョイスティックによる遠隔操作	瓦礫上や狭い場所でスムーズに遠隔操縦を行う	操縦が困難な場所でも、機構の性能を十分に活かした走行を可能にする。	RoboCup 2007 Atlanta大会, 2009 Graz大会運動性能部門優勝, Disaster Cityの瓦礫走破などの実績を挙げた。	目標を達成した。	◎
技術	通過ポイント方式によるKenafの遠隔操作	オペレータの介在を最小限に抑え、複数のロボットの操縦を可能にし、通信遅れに対するロバスト性を確保する。	オペレータの介在を少なくし、長距離の遠隔操縦ができるようにする。	ステージゲートデモで地下街を走行し、その有効性を示した。その後、精度の向上、携帯型操縦端末への適用を行った。	目標をほぼ達成した。	○
	UMRS-2009のポータブル遠隔操縦卓	携帯可能で操作性が高い、実用型遠隔操作卓の開発	電源・耐衝撃性・防塵防水性能などの向上。操作性の高いヒューマンインタフェース、マップナビゲーションの実現。	様々な実証試験にて、その使いやすさと実用性を示した。	目標を達成した	◎
	3次元操縦イ	狭隘箇所にお	狭隘箇所の形状と	Disaster Cityで操	十分に	◎

	インタフェース	る遠隔操作を容易にする	その中のロボットの位置形状を操縦者が十分に認識できるようにする	縦における有効性を実証した。本プロジェクト終了後に、東北大学の被災建物の調査で有効性を示した。	目標を達成した	
	半自律不整地踏破	階段や不整地における遠隔操作の支援	階段や不整地において、操縦者の詳細な運動指令なしで、走破することを可能にする。	オプション搭載なしの Quince で 30deg 程度の階段を半自律走破でき、オプション測域センサ搭載でコンクリート不整地を半自律走破できることを、 Disaster City 等で示した。	目標を達成した	◎
	ロボットシミュレータの開発	(半) 自律機能の開発、及び、ファーストレスポンスの訓練を仮想的に行う	シミュレータを開発し、計算機内で Kenaf が不整地走行できる環境を整える。	ステージゲートデモで、計算機内で実機とほぼ同じように仮想的な遠隔操縦ができることを示した。	目標を達成した。	◎
③	有線・無線ハイブリッドアドホックネットワーク	地下街やビル内にインフラを使わないでネットワークによる遠隔操作を可能にする。	距離 700 m, 面的な広がり、遠隔操作に支障を来さないレイテンシー、複数台のロボットからの映像情報。	複数台のロボットからの映像や3次元計測データを収集し、遠隔操縦が可能であることを距離 683m の地下街で検証。10階建てビルの階段を1階から10階まで同様に走行検証をおこなった。ローミング時の遅延短縮も実現し遠隔操縦に障害を生じない通信性能を実現。	ほぼ目標を達成した	○
	ケーブル敷設ロボット	有線・無線ハイブリッドアドホックネットワークのためのケー	距離 700 m, 50 m 毎にアクセスポイントを設置できることを示す。	神戸市地下街での実験で、敷設が技術的に可能であることを確認した。ケーブル	ほぼ目標を達成した。	○

		ブルおよびおア クセスポイント を敷設する		敷設ロボットを開発 し動作検証を行っ た。簡易ケーブル敷 設サブシステムを開 発し、2台体制での 遠隔通信システムを 実現した。		
	閉鎖空間内での電波伝搬シミュレーション	シミュレーションにより、有線・無線ハイブリッドアドホックネットワークの配置計画を行う。	地下街における複数台のロボットからの電波伝搬状況の推定を行う。	シミュレーションにより伝搬状況の推定が可能であることを確認した。これを元に指向性可変アンテナを試作し有効性を検証した。	ほぼ目標を達成した	○
GIS 技術	④ DaRuMa と MISP の改良	誤差の大きい複数台のロボットからの収集情報を統合する	複数座標系を許容するためにプロトコルの拡張を行う	ステージゲートデモで、情報の統合が可能であることを示した。	目標を達成した。	◎
	曖昧さ・複数座標系を許容する位置表現	誤差の大きい複数台のロボットからの収集情報を統合する	座標系の修正が可能なシステムを開発する	ステージゲートデモで、統合データによるマップ生成と、座標系の修正が可能であることを示した。	目標を達成した。	◎
	高精度2次元・3次元オドメトリ	GISおよび半自律機能に十分なオドメトリ精度を実現	スリップ推定によるクローラ機構のオドメトリの精度の工場	瓦礫地図作成、消防訓練棟での3次元地図構築などにより、その精度を示した。	目標を達成した。	◎
	3次元地図の構築と自己位置推定	ファーストレスポンスの判断に資するための3次元地図の構築とロボットの自己位置の推定	3次元情報の計測、ICPアルゴリズムによる地図構築、複数の計測地図の半自動マッチング	仙台市地下鉄や Disaster City で、3次元地図を構築できることを示した。プロジェクト終了後、東北大学の全壊建物内の3次元地図を作成し、有効性を示した。	目標を達成した。	◎
⑤ 実用	Quince の耐久性・防塵・防水	現場実用性のための耐久性・防塵防水性能の実	2m 落下可能、IP66.	試験の結果、性能を確認した。	ほぼ目標を達成した。	○

性能・試験配備		現				
	Quince の試験配備	実用化のためのユーザへの試験配備	千葉県消防局への半年間の試験配備	訓練評価に基づき、改良を繰り返し、実用性を高めた。プロジェクト終了後、福島第一原発内での使用によって成果が実証された。	高いレベルで目標を達成した。	◎
	UMRS-2009 の耐久性・防塵・防水	現場実用性のための耐久性・防塵防水性能の実現	1m 落下可能, IP64.	試験の結果, 性能を確認した。	ほぼ目標を達成した。	○
	UMRS-2009 の試験配備	実用化のためのユーザへの試験配備	神戸市消防局への試験配備と訓練使用	評価に基づき改良を行い, 実用性を高めた。	目標を達成した。	◎
その他特筆すべき項目	プロジェクト終了後, 福島第一原子力発電所原子炉建屋内の調査および軽作業に使用。	5回にわたり (6/24, 7/8, 7/26, 9/22, 9/24), 原子炉建屋内の調査, 軽作業のために投入された。	線量率測定, ダストサンプリング, 配管工事用映像データの収集他の実績を上げた。	本研究成果の有効性を高いレベルで示した。	◎	

2.3.2 建設系産業廃棄物処理RTシステム

次世代マニピュレータによる廃棄物分離・選別システムの開発

【実施者：東急建設(株)、日立建機(株)】

最終目標	達成目標	成果	達成度
<p>「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・マニピュレータ等を開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（主として中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」</p>	<p>①建物解体時に発生する廃棄物のうち、異なる5種類以上の材質を選別判定できること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 建物解体時に発生する実際の廃棄物5品目（コンクリート塊、鉄くず、アルミくず、木材、廃プラスチック）を画像処理により廃棄物の材質判定が可能なシステムを搭載した廃棄物選別システムを開発した。選別の精度（素材ごとの抽出率）は60%以上を達成。また、画像処理による廃棄物材質判定システムは、次世代マニピュレータにもアルゴリズムを搭載した。 	<p>○</p>
<p>具体的には、マニピュレータにより複合廃棄物の分離作業を行い、5種類以上の材質を選別し、選別の精度（素材ごとの抽出率）は60%以上とする。開発にあたっては実際の現場において実証実験を2回以上実施する。</p> <p>最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。</p>	<p>②建物解体時に発生する廃棄物を素材料毎に分離できること</p>	<ul style="list-style-type: none"> 試作機を解体現場へ試験導入(実証実験)し、その結果を受け細かな、把持分離作業及び切断作業が可能な、多機能ハンドの改良設計製作。多自由度、多腕マニピュレータ本体の改良設計製作を実施。マニピュレータによる廃棄物の分離実験を実施し、目標機能を確認した。 	<p>○</p>