

# 「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 機械システム技術開発部
-----	----------------------------------

## — 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 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. 評価に関する事項	69
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	70
2. 各テーマの成果まとめ	83
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
添付資料 2（ステージゲート評価成果報告書書式、評価要領等）	B-1

1 概 要

		作成日	平成 21 年 6 月 3 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	機械システム技術開発部 若林潔、九津見啓之						
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	(718)	(4,172)
	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	(718)	(4,172)

開発体制	経産省担当原課	製造産業局産業機械課
	プロジェクトリーダー	千葉工業大学 平井成興
	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載）	東北大学、株式会社安川電機、筑波大学、三菱電機株式会社、ファナック株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所、川田工業株式会社、THK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、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、積水ハウス株式会社、株式会社ニルバーナテクノロジー(平成20年7月まで)、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、村田機械株式会社、慶應義塾大学、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、特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構、バンドー化学株式会社、株式会社シンクチューブ、ピー・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、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。

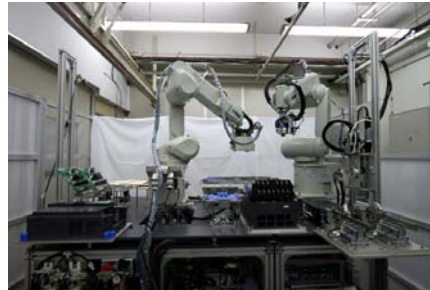
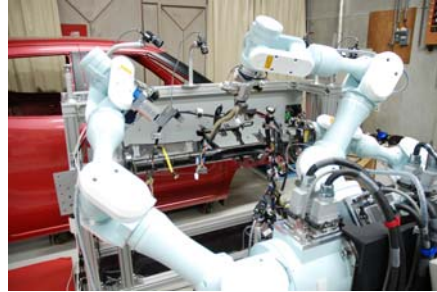


図1 柔軟物も取り扱える生産用ロボットシステム

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

食器や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。

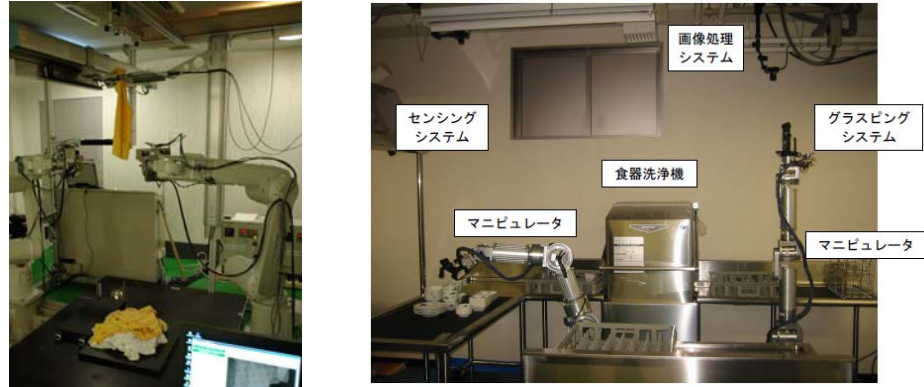


図3 片付け作業用マニピュレーションRTシステム

### 2. 2 高齢者対応コミュニケーションRTシステム

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や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、室内における人、物等の関係性を知識化する空間構造化技術、指示に基づいて簡単な作業を自律的に実行する技術等を開発した。

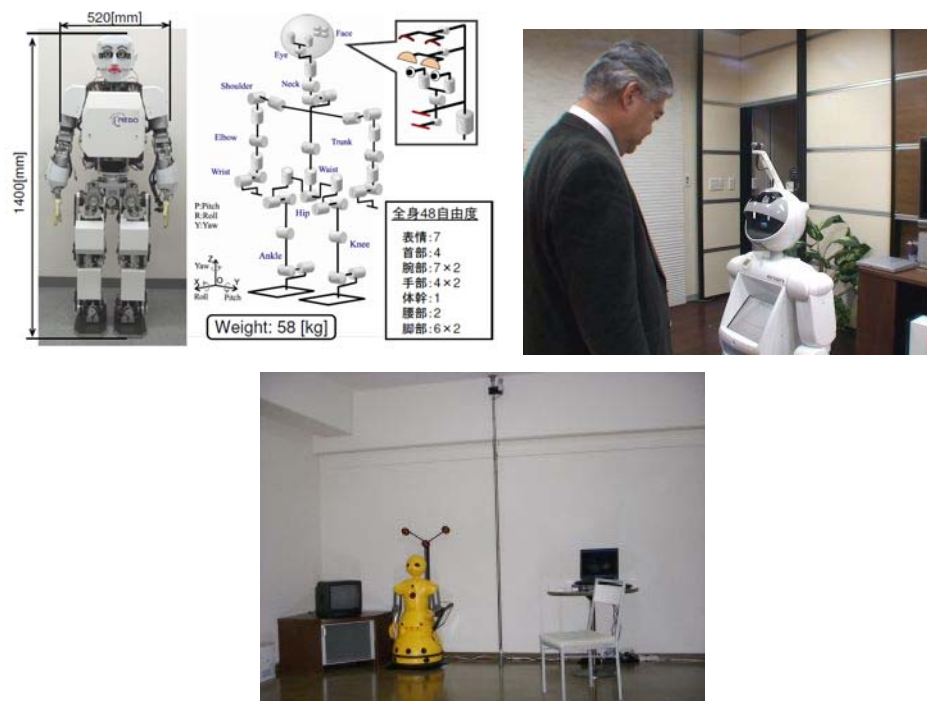


図4 高齢者対応コミュニケーションRTシステム

## 2. サービスロボット分野

### 2.3 ロボット搬送システム

大規模商業施設等において、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R T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R Tシステム

#### 3. 2 建設系産業廃棄物処理R T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R T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
	国内	海外		
件数	33	159	99	77
<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 中間評価実施予定 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		

(21世紀ロボットチャレンジプログラム) 平成18～20年度  
「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

機械システム技術開発部

## 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

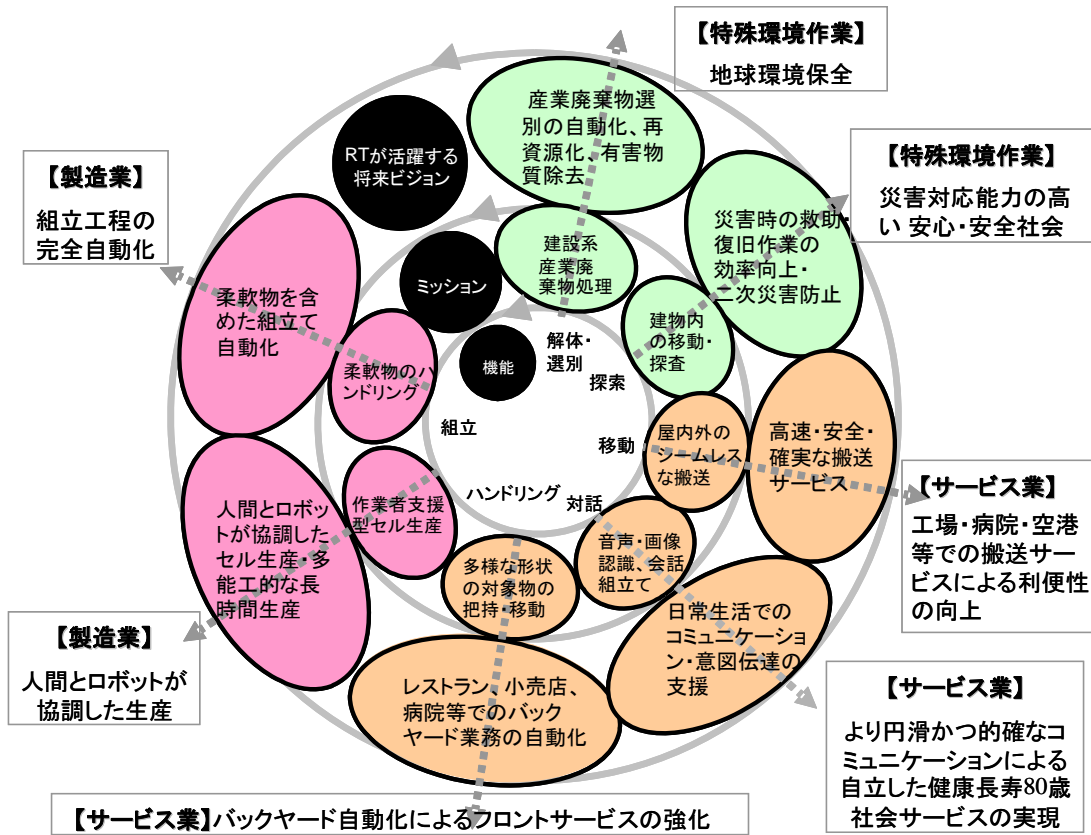
本プロジェクトの直接的な目標(アウトプット)は、「将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより、達成すること」である。

「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解体现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) 平成 21 年度  
「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(案)

機械システム技術開発部

## 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

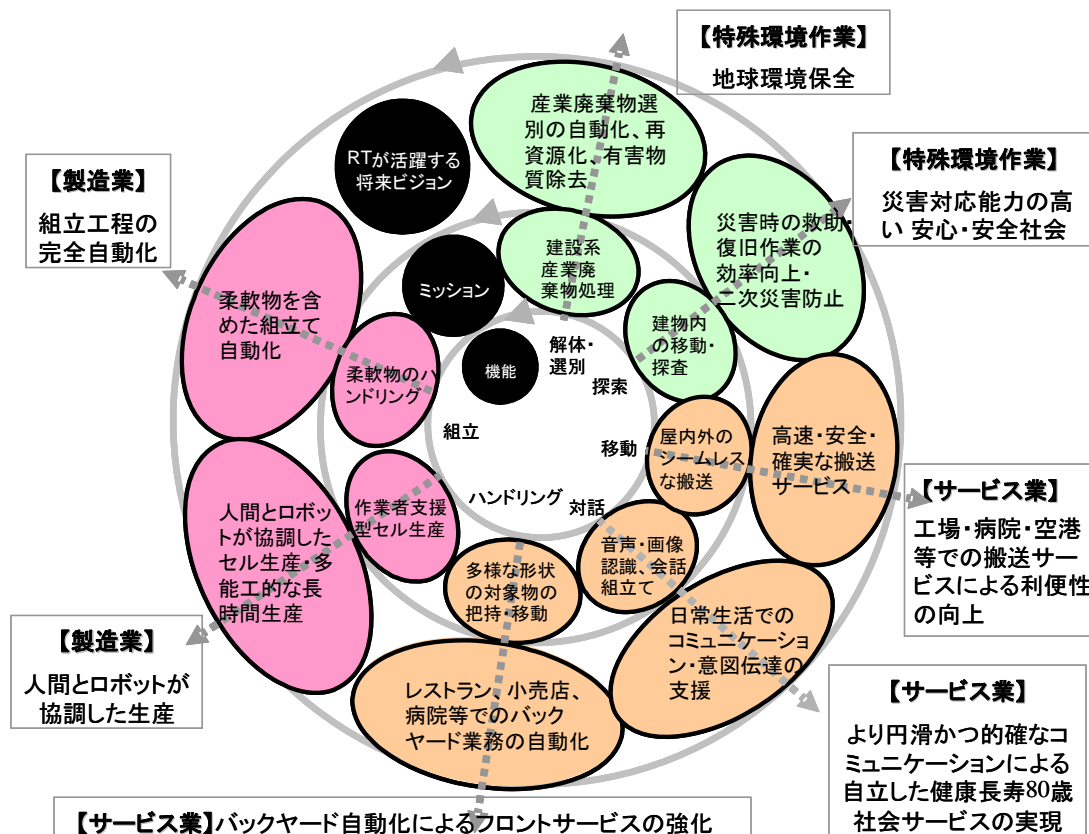
本プロジェクトの直接的な目標(アウトプット)は、「将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより、達成すること」である。

「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ーフェースを備え、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。

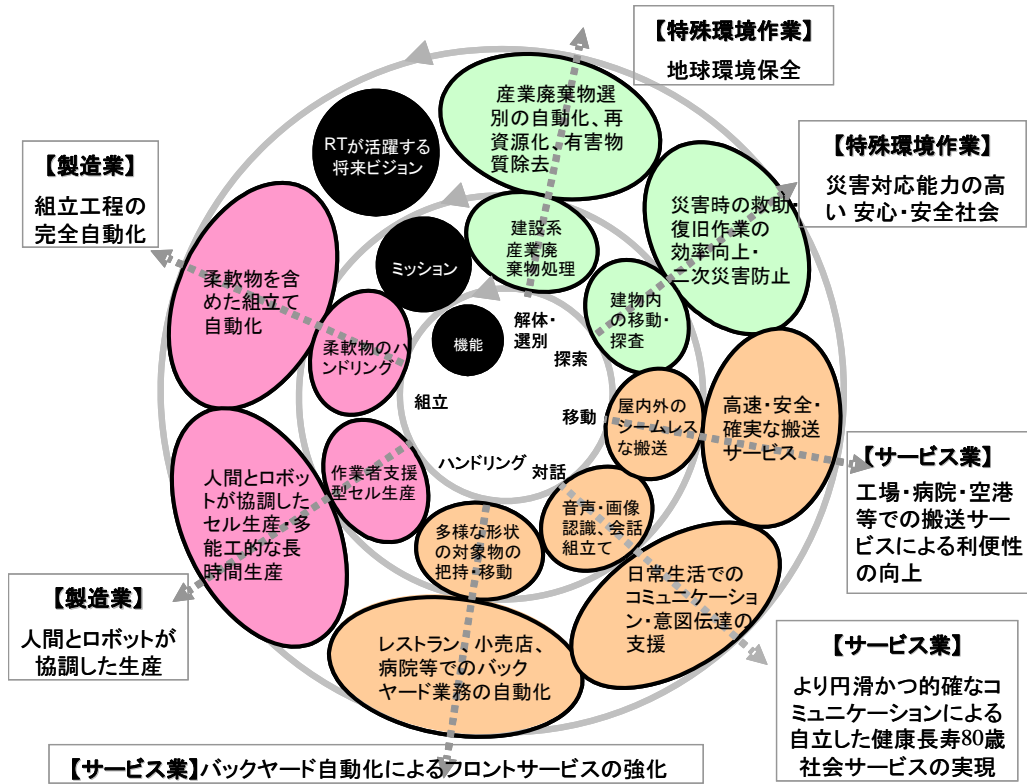


図 I.2.1 設定された7つのミッション

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。

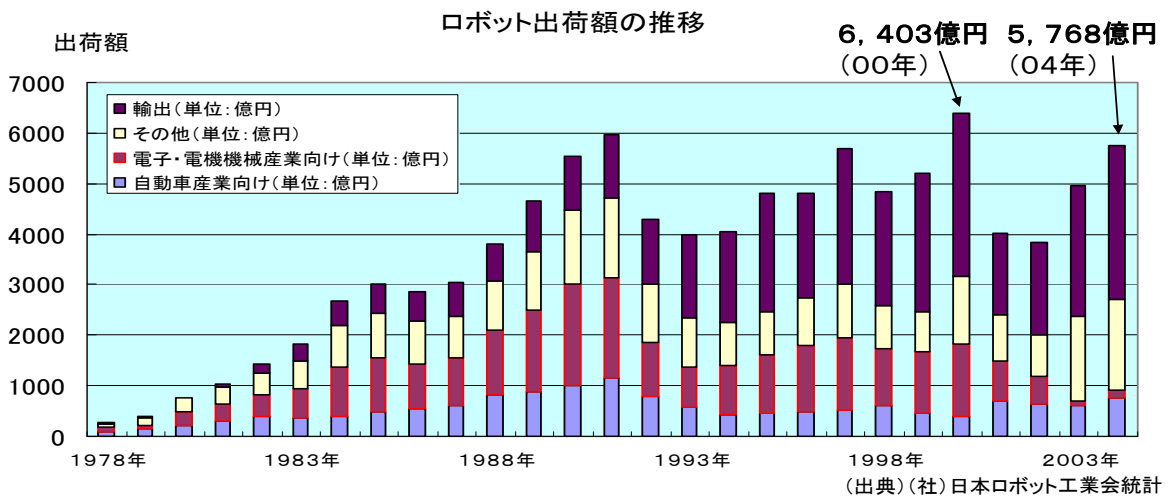


図 I.2.2 ロボット出荷額の推移

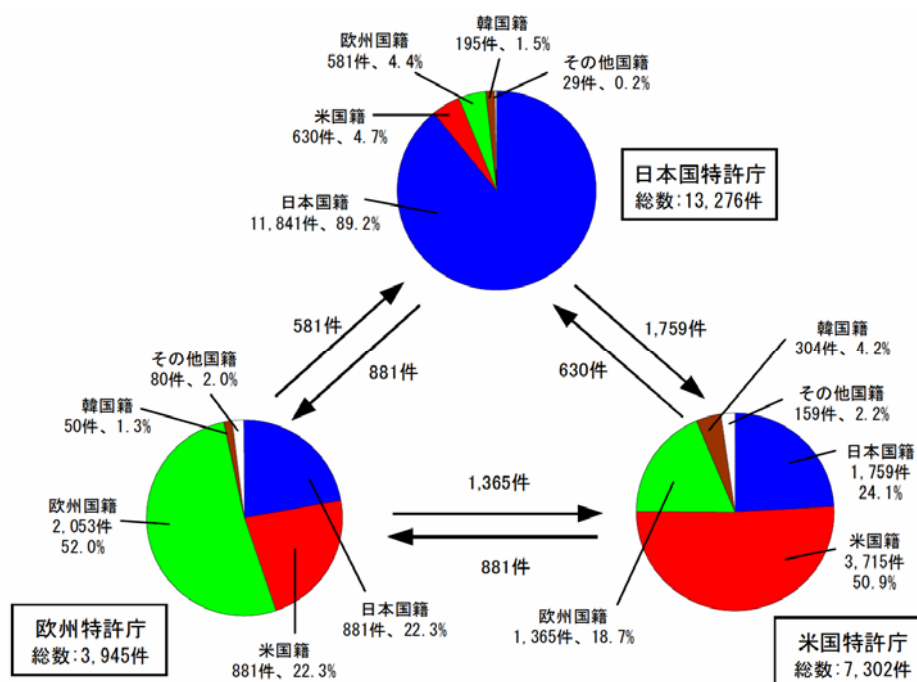


図 I .2.3 ロボット分野の出願先国別— 出願人国籍別出願件数

## 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。

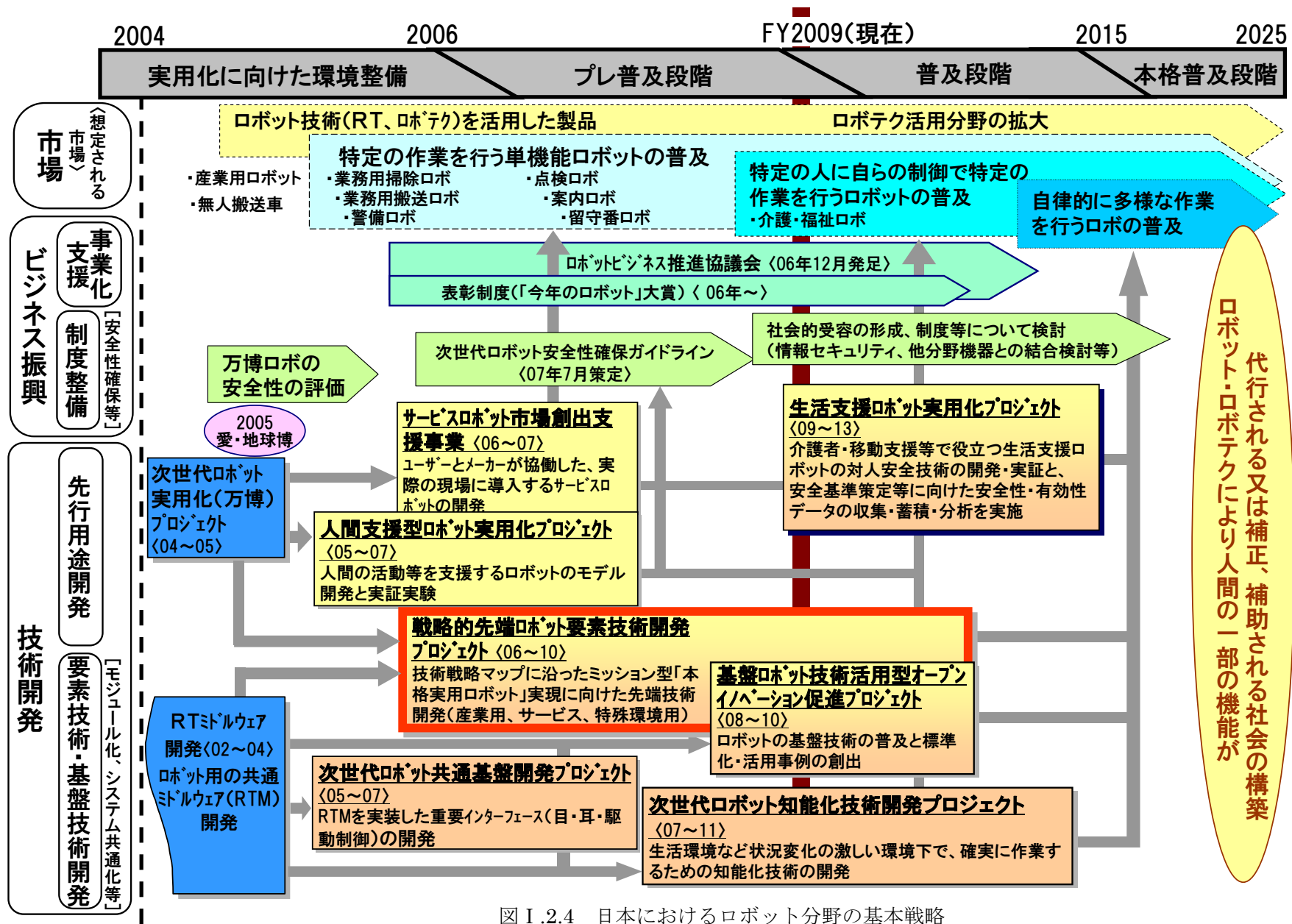


図 I.2.4 日本におけるロボット分野の基本戦略

## 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。

## 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。

## 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	1,042	941	752	718	(718)	(4,171)
	特別会計 (電多・高度化・石油の別)	0	0	0			0
	総予算額	1,042	941	752	718	(718)	(4,171)

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)

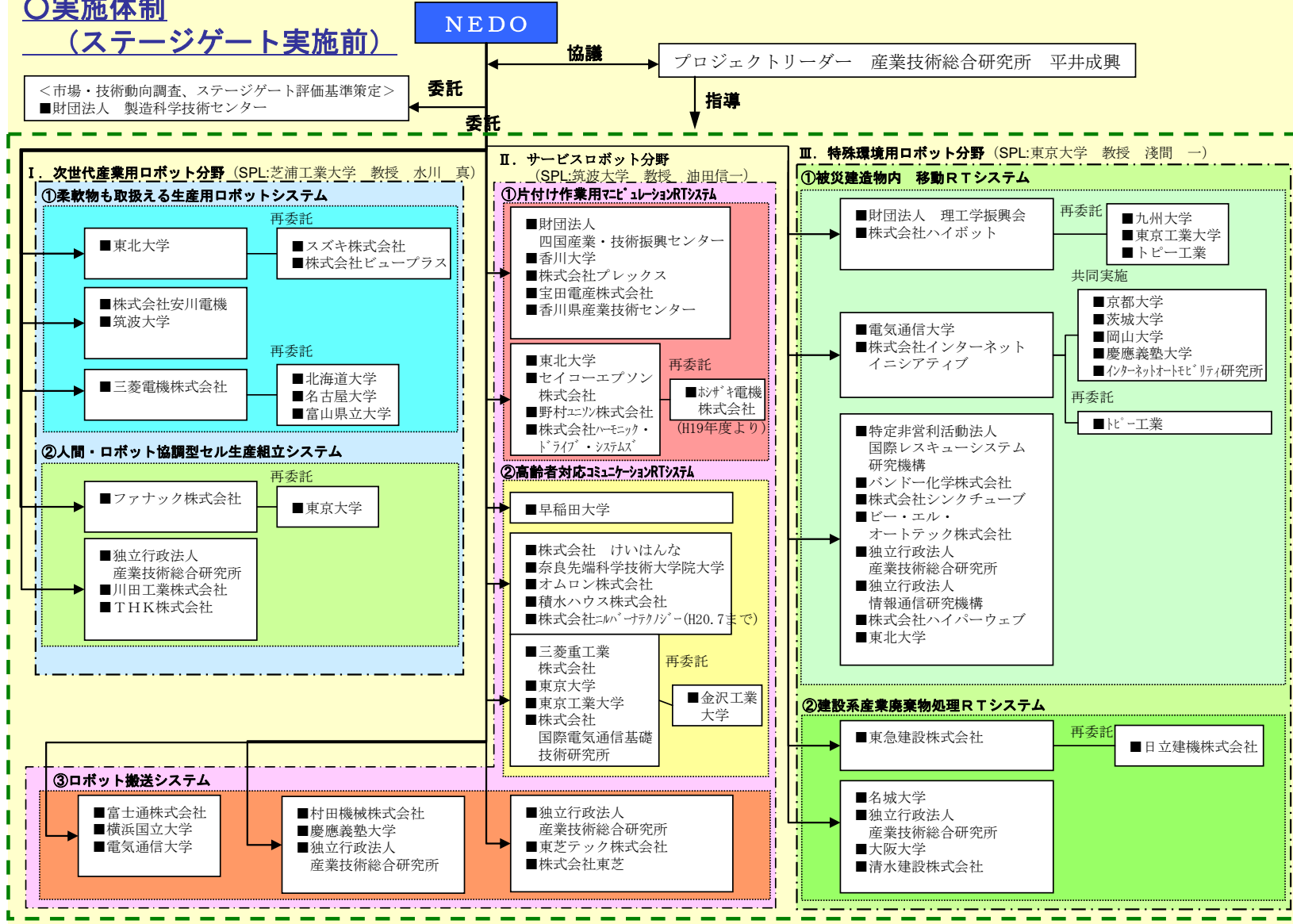


図 II.2.1 実施体制 (ステージゲート実施前)

# ○実施体制

(ステージゲート実施後)

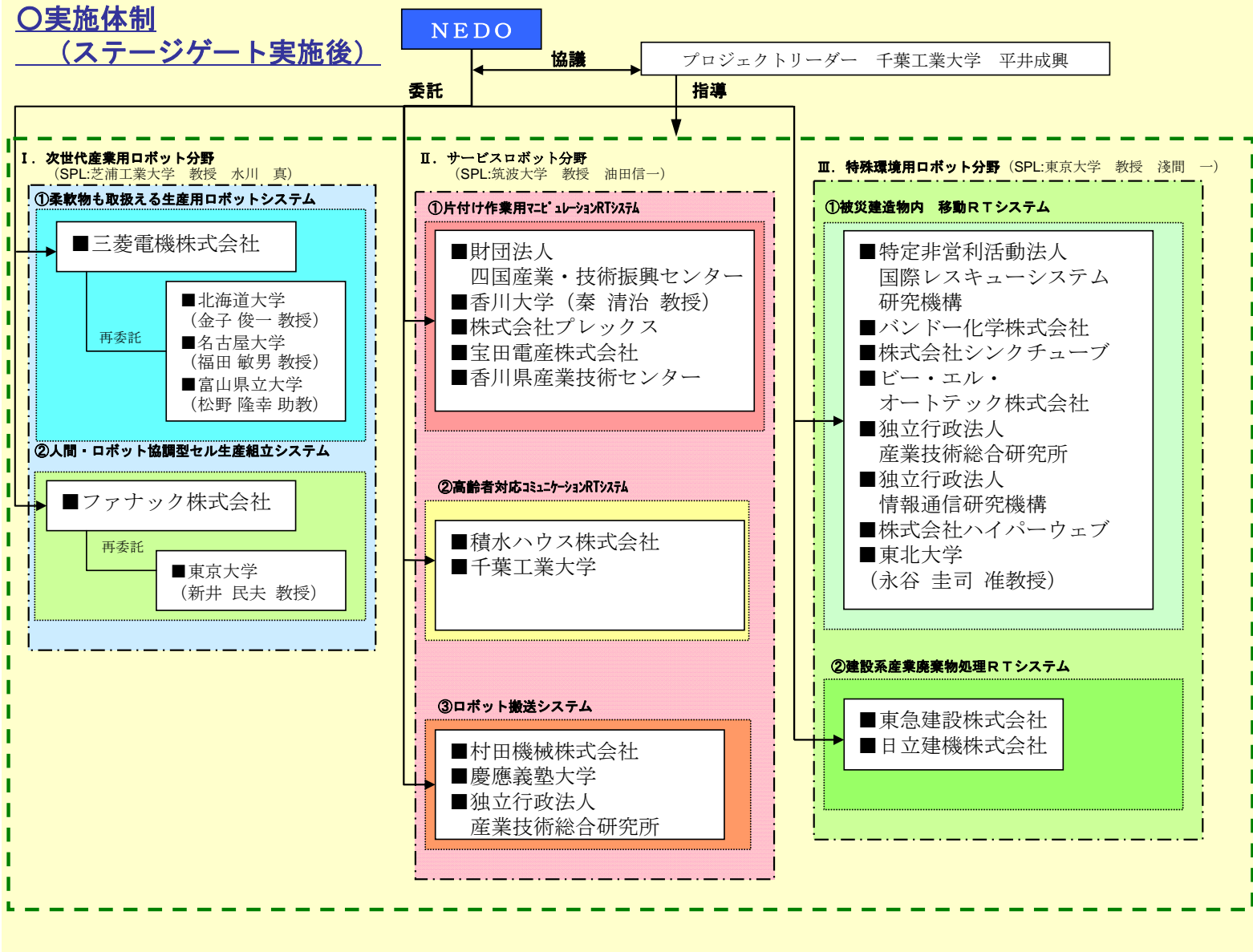


図 II.2.2 実施体制 (ステージゲート実施後)



## 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、「課題解決の為の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。

「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。3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	計
推進委員会	5	4	0	9
技術委員会	18(※)	24(※)	12(※)	54
評価委員会	1	2	22(※)	25
計	24	30	34	88

※ 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 誠(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）

### （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。

ステージゲート成果報告書の書式および評価基準は添付資料2の通り。

表Ⅱ.2.6 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、と指導を行い、平成19年度より厨房メーカー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. 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。

### 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

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。各テーマ、概ね目標を満足することが出来たが、高齢者対応コミュニケーションRTシステム（サービスロボット分野）においては、基本計画に対応した要素技術開発で優れた成果を出しているものもあったが、全体的に達成度が低く、高齢者対応のアプリケーションとしての事業化期待度も低いプロトタイプロボットシステムであったため、ステージゲート通過グループを該当無しとした。

高齢者対応コミュニケーションRTシステムについては政策的意義も大きいことから、基本計画の見直しを行うとともに再公募を実施した。

各テーマにおける主な成果は以下の表の通り。

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

開発技術	中間目標	最終目標	成果	達成度
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	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	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	・プロトタイプシステムにおいて、異常検出、異常判別、自動復旧技術を組み合わせて、基板コネクタとIGBTコネクタの挿入作業において異常状態からの自動復旧をそれぞれ成功率99%と98%で実現した。	○
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			・投光部・カメラ一体型の小型3次元センサヘッドユニットを開発した。	○
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。			・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1/3の時間でプログラムが作成できることを確認した。	○

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

開発技術	中間目標	最終目標	成果	達成度
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	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	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。	・ロボットと作業者の動作エリアを安全柵や光カーテンなどの安全センサにて分離する多重系安全対策によるシステムを構築した。	○
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			・移動配膳協調ロボットにより、安定した走行性能、部品配膳・作業支援機能を実証した。	○
③作業者が習熟しやすい作業情報提示技術			・直感的に理解しやすいマルチメディアを用いた支援情報の設計と作業視野内に情報を提示する水平LCDディスプレイ作業台を開発。	○

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

開発技術	中間目標	最終目標	成果	達成度
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	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	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。	・視覚とロボットを組み合わせて布1枚を把持し、布のコーナーを把持し、辺を抽出する布ハンドリング技術を開発した。 ・10種類以上の食器や食器洗浄用ラックをハンドリングするマニピュレーションスキルを開発した。	○
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			・パターン光プロジェクト付加3次元視覚センサを開発。 ・10種類以上の食器を識別し、0.5秒以内に認識する技術を開発。	○
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			・布端から布の一边を把持する簡易版たぐり機能ハンドを開発した ・ロバスト把持を実現するハンドを開発した ・高出力・軽量7自由度マニピュレータを開発した。	○

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

開発技術	中間目標	最終目標	成果	達成度
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	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	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。 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。	・年齢対応音韻モデルによる音声認識性能の向上とロバストなハンズフリー音声対話システムを構築した。	○
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			・全身のジェスチャ認識手法と行動情報の遠隔転送手法の確立した	△
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			・室内の対象物の3次元座標を取得できる「指示デバイス」、人物行動を認識するシステムとの連携インタフェースを開発した。プロトタイプ機においては、人物の入室を検知し、自発的にサービスを開始するシステムを開発した。	○
④指示に基づいて、簡単な作業を自律的に実行する技術			・指示語（あれ、これ等）、色（「赤い」本等）、指差しを組み合わせた行動会話によって、空間内の対象物を特定する技術を開発した。	△

△：目標概ね達成。一部未達成。

各要素技術の開発では、基本計画の目標を達成しているものもあったが、技術レベルおよび事業化の期待度等からステージゲート評価ではステージゲート通過候補該当無しとして、最終目標の見直しを行うとともに再公募を実施した。



表Ⅲ.1.5 サービスロボット分野：ロボット搬送システム

開発技術	中間目標	最終目標	成果	達成度
①人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術	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)	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)	・人並みの1/2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を開発した。	○
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			・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を検証した。 ・ロボットの最外円周部から接触時における力を検出する機構と力覚センサをロボットに搭載し、人との接触があった場合に停止、あるいは接触方向を避けるなどの処置を行うアルゴリズムを開発した。	○

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

開発技術	中間目標	最終目標	成果	達成度
<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>	<p>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。</p>	<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（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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高速不整地走破機構をもつ「Kenaf」を開発した。特に、不整地において高い走破性を実現し、RoboCup 2007 Atlanta 大会運動性能部門優勝、Disaster City の瓦礫の走破、などの実績を挙げた。</li> </ul>	○
<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"> <li>RoboCup や Disaster City、地下街等で実証試験を行い、開発した遠隔操作技術の有効性を実証した。</li> </ul>	○
<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"> <li>地下街の実証試験において、距離683mを遅れが小さく、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実証した。</li> <li>マルチホップ無線ネットワークに特有な遅延およびパケット消失に対応した、ロバストなロボット制御プロトコルおよびロバストな動画像伝送機構を開発した。</li> </ul>	○
<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"> <li>仙台市地下鉄や Disaster City にてオフラインで3次元地図を構築できることを示した。</li> </ul>	○

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

開発技術	中間目標	最終目標	成果	達成度
①建物解体時に発生する廃棄物材質の判定手法	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  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	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	近赤外線センサ、渦電流センサ、蛍光 X 線分析計と判定要素を統合したベイズ推定法を応用した廃棄物材質の判定手法を開発した。	○
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			<ul style="list-style-type: none"> <li>・3次元形状を認識する対象物センサシステムを開発した。</li> <li>・廃棄物の種類性状の範囲を基に、把持力、分離方法、旋回速度等を明確にし、ハンドリング計画機能の最適性を検証した。</li> </ul>	○
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			<ul style="list-style-type: none"> <li>・細かな把持や切断が可能な多機能ハンドと多腕マニピュレータを開発した。</li> <li>・市販ミニショベルをベースマシンとした水圧マニピュレータを開発した。</li> </ul>	○
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）			<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作レバーとソフト開発を行い 2 本のレバーで多自由度多腕マニピュレータを一般の油圧ショベルオペレータが、同時に簡便に動かせるシステムを開発した。</li> <li>・多腕マニピュレータの干渉防止システムを開発した。</li> </ul>	○

(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、89件であり、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

	論文等誌上発表（査読有り） （論文誌、学会誌、国際会議）		特許出願	報道 （新聞、雑誌等）
	国外	海外		
件数	33	159	99	77

### (4) 論文発表・成果の普及

論文発表（査読有り）は、国内33件、海外159件、計192件、新聞雑誌等による報道は77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)で8件、I IROS(IEEE Intelligent Robots and Systems)で13件、それぞれ発表している。

本プロジェクトの成果については、日本ロボット学会誌において特集号として掲載予定である。（平成21年12月発行予定）

また、ステージゲートの結果について、平成21年2月13日にNEDO日比谷オフィスにて記者発表会を実施した。30名のプレス関係者が参加し、一般紙を中心に写真入りで取り上げられた。

さらに、平成21年度以降の計画では、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ることとし、成果の一部を2009国際ロボット展（東京ビッグサイト）にて公開予定である。



図Ⅲ.1.1 記者発表会(平成21年2月13日)の様子



図Ⅲ.1.2 特殊環境分野：被災建造物内移動 RT システム  
(国際レスキューシステム研究機構グループ) の公開デモの様子

#### (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うこととし、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、研究開発を推進する。また、再公募を実施した高齢者対応コミュニケーションRT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><b>【最終目標】 実証ロボットでの実証</b>                      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><b>【最終目標】 実証ロボットでの実証</b>                      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：

今後の課題としては作業時間の短縮と動作安定性の向上および多種製品に対応するための技術の汎用化が挙げられる。課題解決に向けてリカバリー対応エラーの拡充、様々なコネクタケーブル取り扱いに対応できる形への開発技術の拡張に取り組む。

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><b>【最終目標】 実証ロボットでの実証</b>                      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><b>【最終目標】 実証ロボットでの実証</b>                      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：

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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <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>

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><b>【最終目標】（最終実証試験）</b>            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><b>【最終目標】（最終実証試験）</b>            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><b>【最終目標】</b> 「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><b>【中間目標】</b></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><b>【最終目標】</b> 「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

##### 2.1.1.1 自動車生産ラインにおける柔軟物取り付け作業の自動化

【実施者：国立大学法人東北大学】

研究項目 (基本計画内容)	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	ワイヤーハーネスのような柔軟物を確実に把持できる技術を開発する	ワイヤーハーネスを把持できる方法を開発し、それをプロトタイプシステム導入することで有効性を証明する	1) クランプカバーを用いたワイヤーハーネスの把持方法を開発した。 2) 作業の遂行を補助するための柔軟物把持及び変形状態制御技術を開発した。	1)、2)の成果とも実際のプロトタイプロボットシステムに導入された。そして、実際の実配線実験によって、提案した方法の有効性が証明された。
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	ワイヤーハーネスを把持の目的に、ワイヤーハーネスの状態を計測するためのセンサ利用技術を開発する	ワイヤーハーネスの組み付けに必要なワイヤーハーネス計測技術を開発し、それをプロトタイプシステム導入することで有効性を証明する	1) グラフ構造を持つハーネス認識用データベースの構築及びそれに基づいた画像検索手法を開発した。 2) 5眼カメラユニットを開発した。 3) H型溝を持つ高指向性力センサを開発した。 4) 固定カメラ、手先カメラ、レーザ変位センサを併用した分散協調センサシステムに基づいたワイヤーハーネス計測システムを開発した。	1)、4)の技術はプロトタイプロボットシステムに導入され、実際の実配線実験によって、有効性が証明された。 2)、3)の成果はまだワイヤーハーネスの組み付け実験に応用されていないため、今後プロトタイプシステムに導入し、実験による検証を行う必要がある。

<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>ワイヤーハーネスの組み付け作業のための教示方法を開発する</p>	<p>教示用ソフトを開発し、プロトタイプロボットシステムによる実験に応用すること有効性を証明する</p>	<p>1) 3次元コンピュータグラフィックスベースロボット作業教示システムを開発した。</p> <p>2) 作業におけるワイヤーハーネスの振る舞いを考慮する機能を教示ソフトに導入した。</p>	<p>1) の成果は既に実配線実験に応用されたので。その有効性が証明された。</p> <p>2) の成果はまだ実配線の動作計画に使用されていないため、今後、実験システムとの整合性の研究をする必要がある。</p>
<p>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</p>	<p>開発した技術の有効性を確かめる</p>	<p>以上各項目で開発した技術を組み込んで、ワイヤーハーネスの自動組み付け実験を成功させる</p>	<p>実際の工場に近い条件下でのワイヤーハーネスの自動組み付け実験が成功した。</p>	<p>目標とおり、実配線実験を成功したが速度、信頼性のさらなる改善が必要である。</p>

### 2.1.1.2 簡易な教示が可能な高機能マニピュレーション技術の開発

【実施者:(株)安川電機、筑波大学】

研究項目(基本計画内容)	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	接触作業スキルの開発 (複腕協調作業技術)	キット配膳で定位置に部品を供給し、自動でインバータの組立を実行(作業成功率90%以上)	力センサを利用した嵌合作業スキルと2Dレーザセンサを利用したワーク位置姿勢計測により、キット配膳と個別部品供給で定位置に部品を供給し、作業成功率95.7%で小型インバータの配線及び基板の自動組み付けを実現した。	目標達成
	作業パラメータの取得 (高度配線作業技術)	グリッパに人が手を添えて、コネクタの把持姿勢、把持力等のスキルパラメータを教示、再生するシステムの構築。教示時間50%短縮を目指す。	グリッパに手を添えたスキル教示手法の開発を行い、小型マニピュレータでも大型による作業の教示が行えること、初めての教示者でも直感的に利用できること、多人数でもほぼ同様のスキルパラメータが教示できることを確認した。	教示時間の短縮度は未確認だがほぼ目標達成。
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	作業状態認識 (環境認識技術)	キット配膳された部品の把持認識、部品の能動センシング後の把持認識、部品組付け認識を確率95%以上。タッチングキャリブレーション(筑波大アルゴリズム)によるワーク位置姿勢計測でオフライン教示の動作プログラミングの活用。	電動ハンドの把持力とモータエンコーダ情報による部品の把持認識と、力センサとロボットエンコーダ情報を利用した部品組付け認識を確率99.3%で実現した。タッチングキャリブレーションによるワーク位置姿勢計測で、事前検証したオフライン教示の動作プログラミングを実機の動作プログラムとして活用した。	目標達成
	ケーブルトレースによるコネクタ認識 (作業遂行認識技術)	おおよその向きしかわからないケーブルに対し、トレースにより先端コネクタの位置・姿勢、ケーブル把持位置の計測を行う。90%以上の成功確率を目指す。	ケーブルを追従するアルゴリズムを開発し、100mm程度のケーブルを1秒程度で追跡することにはほぼ100%成功している。ただし、高速化に伴い計測時間遅れの影響から振動的となり、長い距離の追従には改良が必要となっている。	目標達成
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	作業教示の簡易化 (簡易教示技術)	作業教示(センサ動作教示、嵌合作業スキル教示、パラメータの自動調整を含む)の簡易化とプレイバックによる作業遂行(作業成功率90%以上)を実現。保守担当のロボットエンジニアリング関係者が教示可能なシステムを実現。	従来通りの操作ペンダントで接触作業させながら嵌合作業スキルに必要なパラメータの自動教示と、2Dレーザセンサのスキャン及び把持動作の簡易教示ができるシステムを実現した。また、作業成功率95.7%でプレイバックによる作業を遂行できた。	目標達成

	キャリブレーションの簡易化 (多自由度系教示技術)	人手で行っていたロボット設置時のキャリブレーションに対し、タッチングプローブとパレット表面の点-面接触を利用して半自動化した手法を開発する。作業時間の50%短縮を目指す。	点-面タッチングによるキャリブレーションアルゴリズムは完成し、±100mm、±20°程度の据付誤差に対しても、5回繰り返した際のばらつきが従来手法の半分の0.1[mm]、0.05[deg]以下でキャリブレーションが行える。	作業時間は従来の手動3点教示する場合と比較して優位性はなかったが、自動化可能な手法として将来性がある。
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	作業実証試験 (実証ロボットシステム)	インバータ製造サブラインでの試験稼働を実現。小型インバータ組立サブラインへの周辺機器も含めたシステムとしてロボットを導入し、小型インバータ組立作業の作業成功率90%以上。	インバータ製造サブラインでの試験稼働を実現し、キット配膳コンベアや部品供給装置を含めたロボット生産システムを導入し、小型インバータ組立作業の作業成功率は95.7%である。	目標達成
	技術検証試験 (検証ロボットシステム)	ロボット用ミドルウェアを用い、様々なスキルに対応可能な複数台マニピュレータからなる検証システムを構築する。	マニピュレータ、2Dレーザセンサ、力センサ、力制御系をロボット用ミドルウェアであるRTミドルウェアにより実装し、ネットワーク上で多数台のロボットが稼働するシステムを構築した。	目標達成

## 2.1.1.3 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) コネクタ組み付け作業における作業エラーからの自動復旧率 80%の実現 (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) 異常検出、異常判別、自動復旧技術を組み合わせ、基板コネクタと IGBT コネクタの挿入作業において異常状態からの自動復旧をそれぞれ成功率 99%と 98%で実現。	(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) 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	(1) 3次元センサユニットサイズ: 350cc 以下、カメラダイナミックレンジ:従来比400%向上, Ethernet 伝送機能実装 コネクタ位置誤差: ±1mm, 計測時間:2 秒以下 (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)	(1) 3 次元センサヘッドユニットを設計、試作 332cc を実現。Ethernet による画像伝送実現、通常の 4 倍のダイナミックレンジを実現。コネクタの位置認識誤差 ±0.9mm、処理時間 1.5 秒以下を実現	(1) 目標達成
	(2) 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) 計算処理時間: 2 秒以下、ワイヤハーネス計測精度: ±3mm (計測時間 :2 秒/視点以下、ワイヤハーネス計測精度: ±2mm)	(2) 計測安定性、検出性能向上、形状推定、計測回数の低減・高速化により、処理時間 1.7 秒、位置精度 ±3mm を実現	(2) 目標達成
	(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	(3) コネクタ挿入作業時間: 人作業の 3 倍以内 (コネクタ挿入作業時間: 人作業の 1 倍以内)	(3) コネクタ挿入作業単体を 0.7 秒（人とほぼ同等）で実現できることを確認。	(3) 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) 柔軟物組み付け作業において、コネクタ把持、挿入など典型的な作業動作のロボットプログラム生成機能を開発する。 (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。 (同上)</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1/3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>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</p>	<p>開発した技術の有効性を確かめる</p>	<p>分岐ケーブルの組み付け作業などFA機器組立において主要な作業を検証可能な実証システムを製作</p>	<p>各工程を実証システムに実装し、FA機器に代表される電機電子製品の一連の組立作業が実現可能であることを確認。</p>	<p>目標達成</p>

※「本開発の目標」はステージゲート時の目標。( )内は最終目標を示す。

## 2.1.2 人間・ロボット協調型セル生産組立システム

### 2.1.2.1 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】

開発技術について

研究項目 (基本計画内容)	目的	本開発の目標	成果	達成度
<p>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) 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。</p>	<p>(1)ロボット移動時安全対策の確立 (2)作業者協調時安全対策の確立 (3)安全管理技術統合化手法の確立</p>	<p>(1)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。 (2)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。 (3)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。</p>	<p>(1)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柵や光カーテンなどの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。 (2)光カーテンによる領域分離、ロボットアーム部動作制限、作業者監視システムによる安全確保の基礎技術を実証。 (3)168 項目の危険源を同定し、リスク低減策を検討。</p>	<p>(1)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確認し、所期の目標を達成した。 (2)各技術の基本性能に問題ないことを確認した。今後、更なる信頼性の強化を進める。 (3)必要となる全てのリスク低減策を検討した。未実装項目や信頼性の強化が必要な項目については今後対応を進める。</p>
<p>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</p>	<p>(1)移動配膳協調ロボットの開発 (2)部品ピッキングハンドとビジョンシステムの開発 (3)知能化部品トレイの開発</p>	<p>(1)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。 (2)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。 (3)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</p>	<p>(1)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。 (2)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複数部品のピッキングを実証。 (3)ロボット搭載ビジョンにて部品キット内の部品過不足を検査する機能を実証。</p>	<p>(1)走行・部品配膳・作業支援機能に問題なく、所期の目標を達成した。今後、信頼性強化を図る。 (2)所期の目標はほぼ達成した。今後、更に多様な部品荷姿に対応するためユーザビリティの強化を図る。 (3)部品キット内の部品過不足検査機</p>

		であること。		能の実現により所期目標の概ね 1/2 は達成した。今後、RFID でのトレイ内部品の表現機能開発に注力する。
作業者が習熟しやすい作業情報提示技術	<p>(1)作業者位置姿勢測定システムの開発</p> <p>(2)バイタルサインモニタの開発</p> <p>(3)作業教示支援システムの開発</p> <p>(4)作業情報支援システムの開発</p>	<p>(1)安価なカメラシステムを用いて、作業者の位置姿勢を検知し、作業者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。</p> <p>(2)作業者の心的負担を定量的な評価を可能にす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。</p> <p>(3)熟練作業者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。</p> <p>(4)作業者の作業負担が小さくかつ作業効率を向上させるような初心者に分かりやすい情報支援を実現すること。</p>	<p>(1)作業者の頭・肩部の 3次元座標を取得し、作業者の姿勢の推定を実用レベルでの位置精度・検出速度で実現する技術を取得。</p> <p>(2)多種の生理指標の中から、心的負担に関連の強い 4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。</p> <p>(3)作業のコツとなる熟練者の作業姿勢を特徴的動作パラメータとして抽出し、3D 仮想空間上での作業初心者モデルにて作業教示する技術を取得。</p> <p>(4)直感的に理解しやすいマルチメディアを用いた支援情報の設計と作業視野内に情報を提示する水平 LCD ディスプレイ作業台を開発。</p>	<p>(1)オクルージョンの問題は残されているが、実用レベル(精度 30mm、速度 0.6s)で検出が可能なることを確認した。</p> <p>(2)個人差への対応や測定の簡便化など課題は残るが、従来の主観評価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。</p> <p>(3)所期の目標を達成した。</p> <p>(4)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中級者と同程度の作業効率での作業が実現できた。</p>

統合システムについて

基本計画における 最終目標	基本計画における 中間目標	達成状況
<p>開発したシステムで作業者が組立を行い、</p> <p>(a)作業手順の改善 (b)機種切り替え (c)生産量の変動 に対する対応能力を示す。</p>	<p>下記に対する対応能力を有する実証システムを構築する。</p>	
	(a)作業手順の改善	<p>作業工程毎のロボットプログラム・提示作業情報はモジュール化されており、容易に順序変更</p>
	(b)機種切り替え	<p>機種切り替え指令に伴い、ロボットプログラム・提示作業情報を自動的に切り替え</p>
<p>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。</p> <p>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>人間・ロボット協調型セル生産組立実証システムにて、簡易的なケーブルハーネスの単品種生産を行い、人間を中心とした従来方式セルからの組立所要時間短縮（＝(A)生産性の向上）を達成する。</p>	<p>(A)生産性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業初心者・中級者共に生産立上げ当初から高い生産性を確保可能 (立上げ時にて、従来方式セルの最大約2倍)</li> <li>● 作業初心者でも中級者と同等の生産性を確保</li> </ul>
	<p>(B)機種切り替え時間の定量的評価は、ステージゲート以降にて構築する多品種混流生産システムにて検証予定。</p>	<p>(B)機種切り替え時間</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 治具の変更 ロボットが治具を兼務するため、自動対応</li> <li>● 作業内容の変更 供給部品変更は、ロボットにて自動対応 作業内容変更は、作業情報提示の自動変更により容易に理解可能</li> </ul>

### 2.1.2.2 コンパクトハンドリングシステムを備えた安全な上体ヒューマノイド

【実施者:(独)産業技術総合研究所、川田工業(株)、THK(株)】

研究項目（基本計画内容）	目的	本開発の目標	成果	達成度
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	(1)小型上体ヒューマノイドの開発 (2)出力制限装置の開発 (3)高機能カバーの開発 (4)安全空間管理システムの開発 (5)シミュレータベースのリスク管理システムの開発	(1)最適なシステムを開発し実証現場で確認する (2)当装置の開発と試験検証 (3)当該カバーの開発と評価 (4)作動空間制限機能の実装 (5)当システムの開発と実機実装	(1)小出力で低コスト、小型のシステムを開発 (2)回路設計が完了した (3)開発し、防塵性能を確認した (4)ハードウェアの開発を完了 (5)開発し性能を確認した	(1)基本性能を確認し、中間目標まで達成した (2)中間目標まで達成した (3)中間目標まで達成した (4)中間目標まで達成した (5)中間目標まで達成した
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	(1)簡易交換コンパクトハンドリングシステム	(1)当システムの開発と評価	(1)3種のシステムを開発し、性能を確認した	(1)中間目標まで達成した
③作業者が習熟しやすい作業情報提示技術	(1)安全な直接教示システム	(1)当システムの開発と評価	(1)安全で直感的なシステムを開発し、評価した	(1)中間目標まで達成した

## 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

#### 2.2.1.1 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

研究項目	目的	本開発の目標	成果	達成度
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	<p>[定型洗濯物ライン投入システムの開発]</p> <p>(1)ハンドリング手順の確立と、要素技術の抽出</p> <p>(2)上記を組み合わせた布ハンドリング、投入システムの開発</p>	<p>(1)洗濯物の山から1枚の布を取り出す技術開発</p> <p>(2)吊り下げ布のコーナを把持する技術開発</p> <p>(3)コーナ把持した布の辺を把持する技術開発</p> <p>(4)以上を纏めてライン投入するシステム開発</p>	<p>(0)布ハンドリング作業の分析と自由度制御体系化</p> <p>(1)視覚とロボットを組み合わせ布1枚を把持する技術開発</p> <p>(2)布のコーナを把持する技術</p> <p>(3)辺を通出する技術</p> <p>(4)投入システム開発、確認</p>	<p>(0)当初予定に加えて開発</p> <p>(1)(2)(3)開発し、定型ライン投入システム(ステージゲートシステム)に組み込み終了。予定通り。</p> <p>(4)予定通り、投入システム完成、総合成功率80%タクト10秒を実現、実用機の可能性を検証した。</p>
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	<p>[視覚センサーおよび視覚認識アルゴリズムの開発]</p> <p>(1)積層された布形状の抽出</p> <p>(2)布端部の検出と把持位置の決定</p> <p>(3)絡まっている布の絡み部の検出と把持位置の決定</p>	<p>(1)視覚センサーの開発</p> <p>(2)全体視覚認識アルゴリズムの開発</p> <p>(3)手先視覚認識アルゴリズムの開発</p> <p>(4)絡み布形状抽出アルゴリズムの開発</p>	<p>(1)パターン光プロジェクト付加3次元視覚センサー</p> <p>(2)積層された洗濯物の全体形状抽出アルゴリズム</p> <p>(3)吊下げ洗濯物の部分形状からの把持位置姿勢決定アルゴリズム</p> <p>(4)視覚と力センサを組み合わせた布の絡み位置形状検出機能</p>	<p>(1)(2)(3)開発し、ステージゲートシステムで動作。実用機への展開可能性を確認した。</p> <p>(4)基本アルゴリズムを開発した。21年度以降の開発システムで使用予定</p>
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	<p>[洗濯物用ハンド及びハンドリング制御方法の開発]</p> <p>(1)布の柔軟性・不定形性に対応する第7軸を付加したハンド</p> <p>(2)冗長な7ハンドの姿勢変換機能</p> <p>(3)双腕ハンドでのたぐり伸展機能</p>	<p>(1)エンドエフェクタ側における先端位置一定での姿勢変換動作機能</p> <p>(2)布端、布片形状から接近位置、接近姿勢を認識するアルゴリズムと動作方法</p> <p>(3)簡易版たぐり機能ハンド</p>	<p>(1)姿勢制御範囲拡大のための第7軸付加ハンドとその制御</p> <p>(2)検出された布端点の位置方向に沿った把持方法</p> <p>(3)布端から布の一辺を把持するための簡易版たぐり機能ハンド</p>	<p>(1)予定を達成</p> <p>(2)開発を終了、視覚との組合せ方法の検討要</p> <p>(3)開発し、ステージゲートシステムで動作確認。実用プロトタイプ機展開のための基礎技術を構築。</p>

### 2.2.1.2 食器洗浄・収納パートナロボットの研究開発

【東北大学、セイコーエプソン(株)、野村ユニゾン(株)、(株)ハーモニック・ドライブ・システムズ】

研究項目(基本計画内容)	目的	本開発の目標	成果	達成度
多様な形状を有する対象物のマニピュレーション技術の開発	(1) システム統合コントローラの開発	(1) 統合ソフトウェアの開発 (2) マニピュレーションスキルの解析ならびにスキルデータベースの構築 (3) 物体ハンドリング技術の開発	(1) 統合運動制御システムによるロボットの運動制御の実現 (2) 10種類以上の食器マニピュレーションスキル構築 (3) 10種類以上の食器ハンドリング可能	当初の目的を達成し、かつ、食器だけでなく食器洗浄用ラックなどのハンドリングも実現した。
対象物の位置姿勢の認識技術の開発	(1) 統合センシングネットワークの開発	(1) 対象物認識技術の開発 (2) 対象物の位置・姿勢同定技術の開発 (3) 作業・収納環境構造化技術の開発	(1) 10種類以上の食器を認識 (2) 0.5sec 以内の認識速度を実現 (3) 食器の位置・高さ情報の取得 (4) 設置環境に依存するセンサのキャリブレーション手法の構築	当初の目的を達成した。
器用なハンドおよび軽量高剛性マニピュレータの開発	(1) 高出力・軽量マニピュレータシステムの開発 (2) グラスピングシステムの開発	(1) 高出力・軽量アクチュエータユニットの開発 (2) 高出力・軽量マニピュレータ機構の開発 (3) 多指ハンド用アクチュエータユニットの開発 (4) ロボットハンドシステムの開発	(1) 高出力・軽量アクチュエータの実現 (2) 高出力・軽量7自由度マニピュレータの実現 (3) 高出力・小型アクチュエータの実現 (4) 軽量ロボットハンドの実現 (5) ロバスト把持を実現するハンドの実現	当初の目的を達成した。
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	開発した技術の有効性を確かめる	上記のシステムを用いて食器洗浄・収納に関する一連の動作を連続して行う実証システムを構築	積み重ねられた食器をハンドリングし、洗浄ラックに投入するマニピュレータおよびセンサシステムと、	当初の目的を達成した。

			洗淨後のラックから食器を取り出し、食器カゴに挿入するマニピュレータおよびセンサシステムの2セットを用いた実証システムを構築し、一連の動作を連続して行うことを実現	
--	--	--	--	--



## 2.2.2 高齢者対応コミュニケーションRTシステム

### 2.2.2.1 快適生活支援 RT システムの開発 【実施者:早稲田大学】

研究項目	目的	本開発の目標	成果	達成度
(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) ハンズフリー対話を実現するために、音源分離および雑音除去手法の確立  (3) 発話者の年齢、障害、心的状況などの対話系の開発	(1) 小型マイクロホンによる音響フォーカスの実現  (2) 断片的な発話の理解の実現  (3) 会話におけるパラ言語理解の実現  (4) 会話相手に応じた内容による会話進行の実現  (5) 会話状況に応じた視線制御の実現  (6) 会話データの蓄積と次回の会話時の利用技術の開発	(4) 1.5m 離れたハンズフリー条件で2万単語連続音声認識で単語認識精度80%、タスク達成率81%を実現  (5) 断片的な発話文を受理することが始めて可能になった  (6) 否定/肯定89%、相槌/聞き返し88%、笑顔/平常顔85%の識別率を達成  (7) 性別識別率97%、男性年齢推定70%、女性年齢推定59%を達成し、対話の制御を実現。  (8) 顔位置認識に基づく会話相手との視線一致とジェスチャによる注意喚起を実現  (9) 対話相手の顔および音声データの蓄積・更新による認識精度を向上させる枠組みを製作	(1) 100%  (2) 100%：定量的な結果はないが、初めての試み。  (3) 100%  (4) 100%  (5) 100%：定量的ではないが自然な会話が実現。  (6) 90%：実証実験が不足
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	(2) 基本6表情を実空間で表現し、物理的なインタラクションが可能なロボットの開発	(4) 2足歩行型情動表出口ロボットによる物理的なインタラクションの実現  (5) 顔表情と身体ジェスチャの組み合わせによる表情認知の比較実験の効果の確認	(5) 表情表出7、首部7、腕部7x2、主部4x2、体幹1、腰部2、脚部6x2、の自由度を持つ2足歩行ロボットと車輪移動型の人間型ロボットを製作  (6) 基本7表情について、平均75%の認知度を実現。身体ジェスチャ付加による認知度向上33%を確認	(1) 100%  (2) 100%：人間比較も行った

<p>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</p>	<p>(1) 行動記録アーカイブのためのサーバシステムの構築し、シーン解析とデータ蓄積方法の確立 (2) 室内GPS(スードライト)とRFIDタグによる環境情報の構造化の実現</p>	<p>(1) 全方位からの人物認証方式の確立 (2) 複数カメラによる人とロボットの行動記録の実現 (3) ロボット搭載用の室内GPSのハード、ソフトの開発 (4) RFIDタグによるロボットの自律移動の実現</p>	<p>(1) 後頭部のみによる40人の個人識別率80%を達成 (2) 4台のカメラによる3次元実時間行動記録の実現、空間分解能5cm、処理速度250m秒以下 (3) 小型GPS受信システムを完成し、屋内測位誤差数cmを達成。 (4) RFIDタグのみによる自律移動を実現、自己位置推定誤差はタグ間隔(30cm)の1/2以下</p>	<p>(1)100% (2)90%データ蓄積による実証不足 (3)100% (4)100%</p>
<p>④指示に基づいて、簡単な作業を自律的に実行する技術</p>	<p>(1) ロボット体内ネットワークアーキテクチャおよび共通プロトコルの開発</p>	<p>(1) ロボット作業のインテグレーションのためのミドルウェアの製作と複数OS上での動作確認</p>	<p>XMLファイルで通信を定義するミドルウェアMONEAを開発、WindowsおよびリアルタイムOSであるQNX Neutrino6.3上で動作を確認</p>	<p>(1)100%</p>
<p>(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</p>	<p>上記開発技術を組み込んだプロトタイプシステムの製作と開発技術の有効性の実証実験</p>	<p>(1) 複数の具体的なシナリオに基づくロボット行動のシステムへの実装 (2) 高齢者介護施設等における実証実験による成果の確認</p>	<p>(1) 挨拶と健康関連の対話を行うロボットROBISUKE、難読ゲームロボットHABIAN、体操教示ロボットKOBIANを製作し、目的の動作を確認 (2) 高齢者介護施設「ケアタウン小平」などでの実証実験で高齢者を活性化する効果を確認</p>	<p>(1)100% (2)100%:定量評価は今後の課題であるが、実現場でこれだけの実験を行ったのは初めてである</p>

### 2.2.2.2 自律機能と遠隔対話を融合した知的インタラクションに基づく対話ロボットの開発

【実施者:(株)けいはんな、奈良先端科学技術大学院大学、オムロン(株)、積水ハウス(株)】

研究項目 (基本計画 内容)	目的	本開発の目標	成果	達成度
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	(1)顔情報計測の開発  (2)音声認識モジュールの開発  (3)顔センシング技術の開発  (4)自然言語検索モジュールの開発	(1)顔情報計測機能と音声認識機能を融合した対話システムの開発  (2)年齢に対応するとともに雑音にロバストな音声認識技術の開発  (3)顔センシングによる性別年代推定、状態推定機能  (4)文脈関連情報の計測による知的な会話のための基本機能	(1)リアルタイム顔情報計測法とマルチモーダル対話システムの構築  (2)年齢対応音韻モデルによる音声認識性能の向上とロバストなハンズフリー音声対話システムの構築  (3)高齢者認識に対応した性別年代推定技術の精度向上と高齢者の特定表情推定機能のプロトタイプの実現  (4)評判情報の要約、相づち機能、ニュース情報の集約を実現する自然言語検索モジュール	(1)目標のマルチモーダル対話システムを構築  (2)目標以上の性能達成  (3)目標通りの認識性能を達成  (4)3つの目標についてほぼ実現
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	(1)システム統合化技術の開発  (2)遠隔コミュニケーション要素技術の開発	(1)室内の自律移動機能の実現  (2)ジェスチャ認識機能と行動情報転送機能	(1)天井画像に基づく移動機能の実現  (2)全身のジェスチャ認識手法と行動情報の遠隔転送手法の確立	(1)目標の移動機能達成  (2)当初目標達成
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	(1)拡張記憶機構の開発	(1)行動情報入力方式と行動履歴の蓄積方式の開発	(1)基本4動作を認識するプロトタイプシステムと行動履歴の検索・描画エンジンの開発	(1)目標認識率をクリア

指示に基づいて、簡単な作業を自律的に実行する技術	(1) システム統合化技術の開発	(1) 室内での自律移動機能と対話機能の統合	(1) 天井画像に基づく自律移動機能を統合し、音声指示に従って行動するデモの実現	自律機能と対話機能の融合目標をクリア
--------------------------	------------------	------------------------	--	--------------------

### 2.2.2.3 行動会話統合コミュニケーションの実現

【実施者:三菱重工業(株)、東京大学、東京工業大学、(株)国際電気通信基礎技術研究所】

研究項目	目的	本開発の目標	成果	達成度
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	(1)高齢者を含む様々な年齢層に適応できる発話と作業実行と表現のための身振りのタイミング制御の手法を確立	(1)発話と身振りのタイミング制御モデルを精密化(双方向のモデル化) (2)年齢層など、ユーザの多様性に対応するためのタイミング制御機構を明らかにする。	(1)発話と身振りのタイミング制御モデルを構築、プロトタイプシステムに実装した。 (2)「行動会話統合タイミング制御技術」がロボットの親和性に影響を与えることを示した。	(1)達成 (2)達成
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	下記を可能とするフレームワークを確立する。 (1)高齢者に馴染みやすいコミュニケーション (2)状況に応じて作業実行が可能なロボット	(1)状況依存モジュールの前提条件部で、空間情報を利用できるようにする。 (2)空間情報構造化データベースを用いた、一台のロボットと人を対象にした実験で、やり取りが円滑に行えることを検証する。	(1)人・モノの位置、利用者別会話履歴(コト)の状況に応じて、サービスの流れを制御する「行動会話統合状況依存モジュール技術」を開発した。 (2)プロトタイプ機へ適用し、人・モノの位置、利用者別会話履歴(コト)のバリエーションに対応できることを実験で確認した。	(1)達成 (2)達成
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	(1)指示語、形容詞、指差しを組み合わせた行動会話によって、空間内の対象物を特定する技術を開発	(1)センサのためのミドルウェアを利用しながら、知識ベース、プリミティブ層、センサ層・セグメント統合層におけるソフトウェアを構築する (2)ロボットを含め、外部にもセンサがある環境下において、フレームワークの稼動について実証実験で確かめる。	(1)指示語(あれ、これ等)、色(「赤い」本等)、指差しを組み合わせた行動会話によって、空間内の対象物を特定する技術を開発した。 (2)プロトタイプ機において、人物の入室を検知し、自動的にサービスを開始するシステムを実現した。	(1)達成 (2)達成

<p>④指示に基づいて、簡単な作業を自律的に実行する技術</p>	<p>(1)再現性, 安全性を検証 (2)機能的優位性・新規性, 有用性を検証</p>	<p>(1)コア技術を統合し, サービス実現に必要な全体機能を備えたプロトタイプシステムを開発する。 (2)物品搬送などの具体的なタスクについて, 本Pjで開発したシステムの優位性・有用性を実証する</p>	<p>(1)プロトタイプシステムを開発し, 一定の実証運用期間中の安定動作を確認 (2)2種類の具体的なタスクについて, 高齢者を含む被験者により優位性・有用性を検証</p>	<p>(1)達成 (2)達成</p>
----------------------------------	---	---	---	------------------------

## 2.2.3 ロボット搬送システム

### 2.2.3.1 環境情報の構造化を利用した搬送ロボットシステムの開発

【実施者:富士通(株)、横浜国立大学、電気通信大学】

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) 環境情報構造化技術を活用し、実環境で移動ロボットのナビゲーションを実現する。	(1) ロボットに搭載、および環境に設置する小型 UWB 無線端末を開発する。無線周波数 3.4～4.8GHz、送信パワーは -41.3dBm/MHz 以下を目標とする。 (2) UWB 測位システムにおいて、TOA(Time of Arrival)を用いた三角測量により、ロボットの測位精度 30cm を達成する。 (3) UWB 測位システムにおいて、非見通し下のマルチパスの影響がある環境下で測位精度を改善するアルゴリズムを開発する。 (4) RFID タグの位置推定方式を開発する。	(1) 大きさが 10cm×10cm、重さ 300g の UWB 無線端末を開発した。また、無線周波数 3.4～4.8GHz、送信パワーは -41.3dBm/MHz 以下を達成した。 (2) UWB 無線端末をロボットに搭載し、実オフィス環境において位置誤差 15.7cm(RMS)での測位を達成した。 (3) マルチパスの影響のあるオフィス環境で、ノード選択法を用いたアルゴリズムを開発した。マルチパス環境において、通常的方式では 68cm の測位誤差(RMS)であったものが、16cm となり、大幅な改善を達成した。 (4) ベイズ理論を用いたパッシブ型 RFID タグの位置推定方法を開発した。位置誤差 30cm の推定精度を達成した。	(1) 目標を 100%達成した。  (2) 目標の 2 倍近い測位精度を実現した。  (3) 目標を 100%達成した。  (4) 目標を 100%達成した。
人とロボットが共存する環境下での	(1) オフィスでの搬送業務に適した、安全な走行機構を開発する。	(1) オフィス環境で走行可能な走行機構を開発する。	(1) リスクアセスメントを繰り返して安全設計を行い、2cm の段差を踏破し、最大速度	(1) 目標を 100%達成した。

<p>安全（事故防止）技術</p>		<p>(2) オフィスで違和感の無いデザインを有する搬送ロボットを開発する。</p> <p>(3) オフィス環境において安全な自律走行を実現する。</p>	<p>1.2m/s で走行可能、可搬重量 20kg の移動機構を開発した。</p> <p>(2) オフィスで違和感の無いデザインを有するオフィスロボットを開発した。</p> <p>(3) ステレオビジョン、レーザレンジファインダ、超音波センサを用いて環境計測を行い、人が往来する実オフィス環境で、衝突の無い安全な自律走行を実現した。</p>	<p>(2) 目標を 100%達成した。</p> <p>(3) 目標を 100%達成した。</p>
-------------------	--	---	--	---



### 2.2.3.2 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	<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>①全方向へ移動可能とする機構技術の開発</p> <p>②エレベータへの乗り降り可能機構技術の開発</p> <p>③搬送物を安全に搬送する技術の開発</p>	<p>(1)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・段差 1cm 対応</li> <li>・人並みの 1/2 の走行速度 (0.7m/sec)</li> <li>・製品プロトタイプ台車製作・実証実験実施</li> </ul> <p>(1)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボットが昇降装置に乗降する際の問題点検証実施</li> </ul> <p>(1)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・着脱可能なワゴン牽引システムの製作・実証実験実施</li> <li>・同一フロア内におけるワゴン牽引搬送実現</li> </ul>	<p>(1)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul> <p>(1)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・昇降装置乗降に必要な情報を取得した。</li> </ul> <p>(1)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・着脱可能なワゴン牽引システムを開発した。</li> </ul>	<p>(1)-①：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・段差 1cm 対応</li> <li>・最高速度 0.7m/sec</li> <li>・製品プロトタイプ台車製作し、京都第二赤十字病院にて実証実験実施。</li> </ul> <p>(1)-②：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今期は、1フロアでの移動技術に開発を集中した。</li> </ul> <p>(1)-③：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・着脱可能なワゴン牽引システムを製作し、同一フロア内におけるワゴン牽引搬送のデモを実施した。</li> </ul>
	<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>①自動環境</p>	<p>(2)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2次元地図自動生成システム構築</li> <li>・誤差±3cm 以内</li> </ul> <p>(2)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自己位置同定アルゴリズム構築</li> <li>・誤差±3cm 以内</li> </ul>	<p>(2)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul> <p>(2)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>	<p>(2)-①：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・誤差±3cm 以内</li> </ul> <p>(2)-②：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・誤差±3cm 以内。</li> <li>・充電ステーション近傍では誤差±3mm 以内、±0.5deg 以</li> </ul>

<p>地図生成技術の開発</p> <p>②自己位置同定技術の開発</p> <p>③障害物回避技術の開発</p>	<p>(2)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・人並みの 1/2 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</li> </ul>	<p>構築した。</p> <p>(2)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・障害物回避技術を取得した。</li> <li>・周囲環境に応じた障害物回避モードの切替の重要性を確認した。</li> </ul>	<p>内。</p> <p>(2)-③：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・人並みの 1/2 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</li> <li>・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。</li> </ul>
<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"> <li>・位置計測技術の精度向上</li> <li>・誤差 2-3cm</li> <li>・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)</li> </ul> <p>(3)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul> <p>(3)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>	<p>(3)-①</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・超音波タグを用いた位置計測技術の高度化を実現した。</li> </ul> <p>(3)-②</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模センサ・ネットワークを開発した。</li> </ul> <p>(3)-③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>	<p>(3)-①：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・位置計測技術の精度向上</li> <li>・誤差 2-3cm</li> <li>・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)</li> </ul> <p>(3)-②：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul> <p>(3)-③：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>

<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.力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"> <li>各機能モジュール・分散制御基板の設計・実装</li> </ul> <p>(2)-⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>人並みの 1/2 の走行速度 (0.7m/sec) での急発進、急停止する場合の転倒防止の実現</li> </ul> <p>(2)-⑥-1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>反作用力推定アルゴリズムの構築</li> <li>100msec での衝突検出</li> <li>環境・人との衝突の識別アルゴリズム構築</li> <li>制御精度±10N 以内の作用力検出</li> </ul> <p>(2)-⑥-2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>車椅子型移動ロボットの試作</li> <li>制御精度±10cm 以内の支援軌道追従確認</li> <li>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</li> <li>シミュレーションによるアルゴリズムの検証</li> </ul>	<p>(2)- ④</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul> <p>(2)-⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>急発進、急停止に転倒しない搬送ロボットを開発した。</li> </ul> <p>(2)-⑥-1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>反作用力推定アルゴリズムの構築を完了した。</li> </ul> <p>(2)-⑥-2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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</li> </ul>	<p>(2)-④：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超音波センサ統合基板製作。</li> <li>4ch、測距時間 42msec</li> <li>16ch、測距時間 100msec</li> </ul> <p>(2)-⑤：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>人並みの 1/2 の走行速度 (0.7m/sec) での急発進、急停止する場合の転倒防止の実現</li> </ul> <p>(2)-⑥-1：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>推定速度 100msec 以内を達成。</li> <li>人との衝突検出に関しては検証が不十分。</li> <li>精度±10N 以内の力検出を達成。</li> </ul> <p>(2)-⑥-2：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>既存システムを改良し、車椅子型移動ロボットを試作。</li> <li>制御精度±10cm 以内の支援軌道追従確認</li> <li>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</li> <li>シミュレーションによるアルゴリズムの検証</li> </ul>
-----------------------------------	--	--	---	---

		<p>(2)-⑥-3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボットの指先に装着可能な弾性触覚センサの設計</li> <li>・接触検出確認 (指先で 10g 程度)</li> <li>・ロボットへの実装検討</li> </ul> <p>(2)-⑥-4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul> <p>(2)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul>	<p>(2)-⑥-3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・指先に装着可能な弾性触覚センサ技術を取得した。</li> </ul> <p>(2)-⑥-4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>(2)-④</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・腕にかかる過負荷に対する安全制御を確認した。</li> </ul>	<p>(2)-⑥-3：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul> <p>(2)-⑥-4：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボットの避けてほしいという意図が伝わること(p&lt;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&lt;0.1)を確認。</li> </ul> <p>(2)-④：目標達成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・腕に過負荷が生じた際、脱力する安全制御を確認。</li> </ul>
--	--	--	---	--

### 2.2.3.3 店舗応用を目指したロボット搬送システムの研究開発

【実施者：独)産業技術総合研究所、東芝テック(株)、(株)東芝】

研究項目	目的	本開発の目標	成果	達成度	注
①人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術	移動プラットフォームの開発	最高速度 0.6m/s, 走行段差 1cm	最高速度 0.6m/s, 走行段差 1cm を達成	達成	
	搬送カートの開発	走行速度 0.6m/s, 搬送重量 5kg, 段差乗り越え 1cm	走行速度 1.2m/s, 搬送重量 10kg, 段差乗り越え 2cm を達成	達成	数値的には大幅に目標をクリアした.
		店舗を想定した環境での障害物センシングの最適化	超音波センサのチューニングと搬送カートへの配置の最適化 汎用超音波センサをシリアル接続し、サブシステム化した.	達成	機能的には OK だが CAN 化の課題がある.
		センシングデータを利用した障害物回避アルゴリズムの実装	幅に比べて前後長のある車両に対して駆動輪配置を決定、センサ配置と合わせて障害物を回避するアルゴリズムを完成した.	達成	
	移動環境データベース	店舗を想定した環境の 2 次元幾何情報、ロボット、人位置情報等をデータベース化し、またその利用技術を開発する	地図情報、人やロボット情報を取り扱うデータベースをロボットサーバー上に構築した。ロボット、環境カメラとの RTC による通信、および GUI を開発した.	ほぼ達成	環境データの更新をデータベースに取り込めるが、その自動化、および GUI への表示は未達
移動制御・静止障害物回避技術	複数の人(動的障害物)が存在する環境での認識	複数の人が存在する模擬店舗環境において、複数種類のセンサを用いて、複数の材質の人や物体を同時に検知できることを確認した.	達成		

		複数の人(動的障害物)や物体が存在する環境での衝突回避	複数の人が存在する模擬店舗環境において、制御による停止または回避を実現した.	達成	
	店舗環境対応技術の開発	実店舗に近い条件で実験可能な模擬店舗環境の提供	実験室に構築商品棚やレジなどを配置し、環境カメラ、ロボットサーバー等を設置して模擬店舗環境を構築した.	達成	
		買い物のサポート動作の実現	各ソフトウェアをコンポーネント化し、システム間で情報共有することで模擬店舗内での買い物シーンによる動作モードの変更を行えるようにした.	達成	安定性, 信頼性の向上の課題はある
		ロボットが複数になってもセンサが誤動作しない	超音波センサのタイムシェアシステムで混信が回避できることを確認した.	達成	3台以上の場合については未確認
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	安全ボディ	人と接触した際に停止、または押された方へ避けるアルゴリズム実装	接触を検知して停止または、接触力の少ない方向への移動制御を達成した.	達成	
		接触しても安全な構造の検討	高さの異なる部位に全方向的に多数のセンサを搭載し、接触や様々な姿勢の人からの停止要望の受理と停止制御を達成した.	達成	
	搬送カートの開発	軽量・低重心化	アルミ合金を使用した軽量フレームを使用し、重量を45kgに抑えた、電池などの重量部品を最下層に設	達成	目標数値は設定せず

		置した.		
	急減速時の停止距離短縮	駆動輪を支持するサスペンションと連動して高荷重急停止時に重心位置を後方に下げる機構を備えることで停止距離を 10%短縮した.	ほぼ達成	動作は確認, バネの強さなど最適化が課題
人検出・予測技術	環境カメラによって人やロボットの移動を計測する 人密度 5-6 人/φ5m (0.064-0.076 人/m <sup>2</sup> )での識別	複数の環境カメラで, 人とロボットの位置を画像処理から検出し, カメラ視野間に渡って追跡するシステムを構築した. 人が分散した状況で達成. ロボット搭載のセンサによって周囲の人の移動を移動しながら計測するシステムを開発した.	達成	人が分散した状況では対応, ただし人が集中した際の検出は課題
	人については移動の予測を行うシステムの構築	ロボット搭載の LRF による人の移動軌跡からシンプルな線形予測を実施した.	未達成	ミッション達成のための時間配分の考慮から一部の行動予測(買物行動)が未達成
	人間共存環境行動計画・動的障害物対応技術	ロボット搭載センサで検知出来ない障害物も考慮した動的障害物回避軌道の生成	逐次更新される環境設置カメラ情報からの動的障害物情報や地図情報を利用した, 指定位置への障害物回避軌道の生成と修正を実現した.	達成

		1レベルの割り込み(割り込みが2重に起こらない)に対応した移動制御	移動中に予定経路上に障害物が発見された際の移動の中断と経路の修正を達成した。	達成	
		人密度 5-6 人/φ5m (0.064-0.076 人/m <sup>2</sup> )環境における移動とサービス提供の実現	模擬店舗環境内(約 72 m <sup>2</sup> )に6人以上 (0.083 人/m <sup>2</sup> )における買い物補助サービスと案内サービスを達成	達成	
		両側 20cm のクリアランスの静止障害物間を通過	両側 10cm のクリアランスの静止障害物を通過	達成	
	店舗環境対応技術の開発	店舗環境での安全な走行	ショッピングカートなど凹凸のある表面積の少ない障害物の検知と回避を実現した	ほぼ達成	検知が難しい什器もあり, 達成度 80%



## 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

#### 2.3.1.1 マニピュレータを有する高機能クローラユニットの研究開発

【実施者：(財)理工学振興会、(株)ハイボット】

研究項目(基本 計画内容)	目的	本開発の目標	成果	達成度
移動技術の開発	複数のロボットが地下鉄、地下街、高層ビルなどの閉鎖空間において、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を目的とする。	(1) 1.5m/s の平地走行速度および段差20cm程度の階段踏破性能を有するクローラユニットの開発 (2) 5kg程度の重量物が持ち上げられるマニピュレータの開発	(1) クローラ車両5台を開発し、にて、1.5m/s以上の走行性能と、20cm以上の階段踏破が可能であることを確認した。 (2) アーム付き車両2台を開発し、5kg超の重量物の持ち上げが可能であることを確認した。	(1) 目標を達成した。 (2) 目標を達成した。
ヒューマンインタフェース技術の開発	1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を目的とする。	(1) 3台までのロボット同時遠隔操作が可能な操縦装置の開発 (2) 連続2時間の操作が可能な電源装置の開発	(1) 複数台のロボットから送られている映像が表示可能であることを確認した。 (2) 2時間以上の動作が可能であることを確認した。	(1) 目標を達成した。 (2) 目標を達成した。
通信技術の開発	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、通信技術の開発を目的とする。	(1) 有線・無線を組み合わせた700m超の通信機能の実現	(1) 出力10mW/MHzの装置を対にした通信実験にて700m超の通信が可能であることを確認した。 IEEE802.11g/nのルータを用いて7ホップでの通信が可能であることを確認した。	(1) 目標を達成した。
測位技術とGIS技術の開発。	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技術の開発を目的とする。	(1) 複数探索ロボットの位置同定動作と探索動作の効率的な運用手法の開発 (2) 2次元レーザレンジファインダとデジタルカメラを組み合わせた3次元レーザレンジファインダの開発	(1) 操縦インターフェースと計測システムを統合し、走行中のロボットを追跡し作成した地図上に表示するGISマッピングシステムを開発した (2) 3次元の位置計測が可能な、3次元環境計測装置を開発した。	(1) 目標を達成した。

2.3.1.2 半自律高機能移動ロボット群による被災建造物内の  
情報インフラ構築と情報収集システムの開発

【実施者：電気通信大学、(株)インターネット・イニシアティブ】

研究項目(基本計画内容)	目的	本開発の目標	成果	達成度
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	軽量で半自律走行が可能な移動プラットフォームの開発	(1) 被災建造物内で歩いている人の回避および自動、または、押せば開くドアの開閉・障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除 (2) 迅速に人が歩く速度と同程度の速度で複数台の半自律走行 (3) 重量は1台50Kg程度でバッテリーにて1時間連続稼働	(1) 開発した兄弟型ロボットプラットフォームは自律移動アルゴリズムによる障害物の回避機能、ドアなどの障害物を押し退ける機動性を備え、階段の昇降も可能である。 (2) の最高速度は1.0[m/s]であり、複数の自律移動アルゴリズムにより、複数台の同時制御が可能である。 (3) 大型の兄ロボットの重量は重量54.5[kg]、兄弟ロボットともバッテリーによる1時間以上の連続稼働が可能である。	(1) 十分な機能を備えている。 (2) 十分な機能を備えている。 (3) 仕様を十分に満たしている。
1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ーフェイスで、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、ヒューマンインターフェイス技術の開発	複数台ロボットの同時遠隔制御を可能とするインターフェイスの開発	(1) 1台の机に15分以内に設置可能な軽量簡易型インターフェイス (2) オペレータが複数ロボットの周辺環境を認識可能 (3) 複数ロボットの同時遠隔制御	(1) 2分程度の準備時間でロボットの遠隔操作を可能とする軽量簡易型インターフェイス(約10kg)を製作した。 (2) 各ロボットの姿勢や、周辺情報、通信状態などを同時に把握可能なインターフェイスを開発した。 (3) 自律移動アルゴリズムによって複数台のロボットを同時に操作可能である。	(1) 仕様を十分に満たしている。 (2) 十分な機能を備えている。 (3) 十分な機能を備えている。

<p>建物内のロボット群から 700 m 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</p>	<p>ロバストなマルチホップ無線ネットワーク技術の開発</p>	<p>(1) ロボットが設置した 10 台程度のプロトタイプ中継基地局を用いた、情報インフラストラクチャの構築 (2) 構成したインフラストラクチャを利用してロボットの遠隔操作を実現</p>	<p>(1) 環境に配置することで拡張可能なマルチホップ無線ネットワークを構築可能なネットワーク構成ノードを開発した。 (2) 複数台のロボットを制御可能な情報インフラストラクチャを実現した。</p>	<p>(1) 十分な機能を備えている。 (2) 十分な機能を備えている。</p>
<p>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>	<p>情報の管理と利活用を柔軟に行える GIS の開発</p>	<p>(1) 複数ロボットの走行経路をモニタリング (2) センシング情報をマッピングできる測位技術と GIS (Geographical Information System) 技術 (3) 無線ノード配置計画アプリケーション</p>	<p>(1) ロボットから送られてくるオドメトリ情報により複数台のロボットの軌跡を表示可能である。 (2) ロボットの測域センサによる地形情報の記録や SLAM による地図作成、カメラ映像の GIS 上へのマッピングや、発見物の情報をアイコンとして登録する機能を実現した。 (3) 事前の無線ノード配置計画を、美術館問題として定式化することで、必要とされる無線ノードの数と配置位置を計算できる機能を実装した。</p>	<p>(1) 十分な機能を備えている。 (2) 十分な機能を備えている。</p>

### 2.3.1.3 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
① 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 大会運動性能部門優勝，Disaster City の瓦礫の走破，などの実績を挙げた。	目標を120%，非常に高いレベルで達成した。	◎
	ドア開け用台車 UMRS，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。	○
② 遠隔操作技術	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。	◎
	ポインティングデバイスによる遠隔操作	人間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製を確保する。	長距離を人間の介在を少なくし，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。	目標をほぼ達成した。	○

	半自律不 整地踏破	階段や不整地の 半自律踏破	緩やかな階段や不整 地を半自律送稿する	ある程度の階段やあ る程度の不整地を走 破できる	目標を 達成し た	◎
	3次元操 縦インタ フェース	狭隘箇所 <sup>①</sup> の遠隔 操作	狭隘箇所 <sup>①</sup> の形状を操 縦者が十分に認識で きる	Disaster City <sup>②</sup> で操縦 における有効性を実 証した。	十分に 目標を 達成し た	◎
	人避け	歩いてくる人を 自動的に避ける	ゆっくりと歩く人を 避けられる	方向の予測が容易な 人の動きに対して、避 けることができる	ほぼ目 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 ダーの訓練を仮 想的に行う	シミュレータを開発 し、計算機内で Kenaf <sup>③</sup> 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。	◎
	マップナ ビゲーシ ョンシス テム	マップに基づく ナビゲーション	マップを表示し、そ れに従って遠隔操縦 ができる	ステージゲートデモ で、地下街における有 効性を示した。	ほぼ目 標を達 成した	○
③ 通 信 技 術	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。	ステージゲートデモ で、距離 683 m を遅 れが小さく、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 可能であることを示 した。	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 のためのケーブル およびアクセス ポイントを敷 設する	距離 700 m、50～ 100 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。	ほぼ目 標を達 成した。	○
	閉鎖空間 内での電 波伝搬シ ミュレー	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	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。	ほぼ目 標を達 成した	○

	ション	ットワークの配置計画を行う.				
④ GIS 技術	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.	ほぼ目標を達成した.	○
	曖昧さ・複数座標計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	座標計の修正が可能な位置表現を開発する	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.	ほぼ目標を達成した.	○
	3次元オドメトリー	GISおよび半自律機能に十分なオドメトリーを実現	クローラ機構のオドメトリーの精度を向上させる	スリップ推定による平地でのオドメトリーの精度向上. 階段等でのジャイロオドメトリーの実現	目標を達成した.	◎
	3次元地図の構築	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	複数の計測地図の半自動マッチング	仙台市地下鉄や <b>Disaster City</b> で、オフラインで3次元地図を構築できることを示した	目標を達成した	◎
	自己位置推定	ロボットの自己位置の推定	閉鎖空間内で、ファーストレスポンスの判断に十分な精度の自己位置推定	フィールドテストで自己位置推定が可能であることを示した.	ほぼ目標を達成した	○

## 2.3.2 建設系産業廃棄物処理RTシステム

### 2.3.2.1 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)】

研究項目 (基本計画 内容)	目的	本開発の目標	成果	達成度
建物解体時に発生する廃棄物材質の判定手法	(1) 選別作業効率の向上	廃棄物解体、選別に関する実態調査、および廃棄物材質の判定手法・の研究開発を実施する。	(1) 調査の結果対象とする廃棄物を発生量からコンクリート、鉄、アルミ、木、プラスチックの5品目とした。 (2) 近赤外線センサ、渦電流センサ、蛍光X線分析計と判定要素を統合したベイズ推定法を応用した廃棄物材質の判定手法を開発した。 (3) 画像による色差及び明暗の差で廃棄物材質を判定する手法を（一部）開発した。 (4) 開発した廃棄物材質判定手法を使用し、室内で異なる5種類以上の生材および廃棄物の材質判別実験を行い、さらに屋外において実際の廃棄物判別実験を実施した。	「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」を達成した。
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	(1) 解体中の作業員の安全性確保 (2) 周辺住民の安全性確保	実証ロボットの仕様策定、ハンドリングのための作業対象の状態センシング、施工に必要な作業分析結果を基にし、作業対象の状態との関係で最適なハンドリング計画の策定、および安心安全の技	(1) 3次元形状を認識する対象物センサシステムを試作し、各処理を手動操作で対象物の3次元形状取得結果の評価を実施した。 (2) 廃棄物の種類性状の範囲を基に、把持力、分離方法、回転速度等を明確にし、ハンドリング計画機能の最適性を検証した。 (3) 環境計測システムを開発	「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」を達成した。

		術に関し研究開発を実施する。	し、現場適用結果データを収集、環境計測システムの評価を行った。 (4) リスクアセスメントに基づく保護方策の有効性の見極め（製造者、販売者、使用者、管理者）を実施した。	
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	(1) 解体作業効率向上 (2) 解体中の作業員の安全性確保	機械本体および施工現場の環境認識技術、多自由度、多腕マニピュレータ、多機能ハンドの開発、耐環境性能の検証を実施する。	(1) 機械周囲の作業員を識別し認識するシステムを試作し、マニピュレータに搭載し評価実験を行った。 (2) 細かな把持や切断が可能な多機能ハンドと多腕マニピュレータを開発。廃棄物分離実験を行った (3) 把持対象物質量測定機能を実装し機能及び精度を検証した。 (4) 使用機器の耐環境性検証を実施し基準を満足していることを確認した。	「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」を達成した。
現場作業員でも使用可能なヒューマンインターフェースの開発	(1) 解体作業効率向上	複数腕、複数軸の同時操作を容易にする操作系の研究開発を実施する。	(1) 操作レバーとソフト開発を行い2本のレバーで多自由度多腕マニピュレータを一般の油圧ショベルオペレータが、同時に簡単に動かせることを確認した。 (2) 干渉防止システムを開発し機能を検証した	「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」を達成した。



### 2.3.2.2 廃材分別を考慮した環境対応型解体作業支援ロボットの研究開発

【実施者：名城大学、(独)産業技術総合研究所、大阪大学、清水建設(株)】

研究項目 (基本計画 内容)	目的	本開発の目標	成果	達成度
①建物解体時に発生する廃棄物材質の判定手法	(1)建設廃材の分別	(1)5種類の廃材の分別	(1)人・ロボット協調方式の仕組みの中で人が判別し、IDタグに入力	(1)目標達成
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	(1)解体廃材のリサイクルの促進	(1)廃材のリアルタイム分別を可能とする。  (2)5種類以上の廃材の分別	(1)IDタグを用いて解体廃材のリアルタイム分別を可能とする手法を開発  (2)ガラス、鉄板、アルミ、石膏、鉄屑の5種類を分別	(1)目標達成  (2)目標達成
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	(1)汎用性、頑強性、機動性、省エネルギー性を併せ持つマニピュレータの実現  (2)人と協調可能な安全な作業環境の実現  (3)天井解体作業を可能とする。  (4)省エネルギー作業システムの実現	(1)建設機械相当の耐環境性  (2)人の作業時の本質安全を可能とする。  (3)自律遠隔融合対応と高精度位置決め  (4)液圧省エネルギーマニピュレータ	(1)市販ミニショベルをベースマシンとした水圧マニピュレータを実現  (2)人作業時の停止ロックを実現。本質安全の実現  (3)自律制御、遠隔制御の基本操作方式を実現。  (4)低漏洩水圧マニピュレータの実現。油圧並みの制御性と内部漏洩を実現	(1)目標達成 世界初  (2)目標達成  (3)目標達成  (4)目標達成 世界初
④現場作業員でも使用可能なヒュー	(1)人とロボットの共存作業システムの実現	(1)人・ロボットの安全な協調システム	(1)ロボット作業を重量物保持に特化し、人が簡単にロボットを捜査する制御システムを実現。	(1)目標達成 世界初

<p>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)</p>	<p>(2) 非熟練工のロボット捜査を可能とする。  (3) 安全性確保</p>	<p>(2) 操作性の良い操作器の実現  (3) 安全コンセプト立案</p>	<p>(2) エンコーダジョイスティックと自律制御の併用によって、容易な操作方式を実現  (3) 階層的安全の実現</p>	<p>(2) 目標達成  (3) 目標達成</p>
<p>⑤ その他の技術</p>	<p>(1) 時代の要請の基づく事業の創出  (2) 波及性の高い技術の創出  (3) 作業効率性の向上  (4) 設計効率化  (5) 付帯システム機器の実現性</p>	<p>(1) 少子高齢化対応事業  (1) 現状をしのぐ作業工法開発  ・ L G S 検出センサー  (3) 高速ネジ除去  (4) 設計コストの低減。多様ロボットの統一設計法  (5) 自在搬送キャリアの実現</p>	<p>(1) 作業人員を半減する人・ロボット協調解体システムの実証システムを開発  (2) 超高压ウォータージェット導入し、作業時間、速度を現状より短縮。水圧源のコストダウン検証を残す。 ・ 磁石式センサーを開発 (3) 摩擦式ネジ取り手法の開発。安定性検証を残す (4) R T ミドルウェア、N P A, I C N の導入によって短期間設計を実現 (5) アクティブキャスター搭載キャリアの実現</p>	<p>(1) キーコンセプトを提言 (2) 新工法を提言 世界初 ・ 簡易で安定 (3) 画期的高速化 (4) 多様ロボットの統一設計が可能なることを検証 (5) 自在性を検証</p>