

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」

(中間評価) 分科会

資料5-1

# 「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」

## 事業原簿(1)

公開部

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
「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」基本計画	8
「ロボット・新機械イノベーションプログラム」基本計画	46
1. 事業の背景・必要性・目的・位置づけについて	52
1.1 事業の背景・必要性	52
1.2 政策への適合性	53
1.3 国のプログラムとの関連性	53
1.4 事業の目的	53
1.5 事業の位置づけ	54
1.6 NEDOの関与の必要性	56
1.6.1 NEDO が関与することの意義	56
1.6.2 実施の効果(費用対効果)	57
2. 研究開発マネジメントについて	58
2.1 事業目標	58
2.1.1 研究開発目標(平成23年度最終目標)	58
2.1.2 研究開発目標(平成21年度中間目標)	58
2.2 研究開発項目	58
2.3 研究開発項目ごとの研究開発目標	59
2.3.1 研究開発項目①-1:ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	59
2.3.2 研究開発項目①-2 : ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発	63
2.3.3 研究開発項目② : 作業知能(生産分野)の開発	63
2.3.4 研究開発項目③ : 作業知能(社会・生活分野)の開発	65
2.3.5 研究開発項目④ : 移動知能(サービス産業分野)の研究開発	68
2.3.6 研究開発項目⑤ : 高速移動知能(公共空間分野)の開発	70
2.3.7 研究開発項目⑥ : 移動知能(社会・生活分野)の開発	73
2.3.8 研究開発項目⑦ : コミュニケーション知能(社会・生活分野)の開発	75
2.4 研究開発計画	80
2.5 研究開発の実施体制	81
2.6 研究の運営管理	83
2.6.1 応用を見据えたモジュールの開発	83
2.6.2 運営方式	85
2.7 情勢変化への対応	86
2.7.1 柔軟な体制変更 (応募状況に対応した追加公募)	86
2.7.2 柔軟な体制変更 (再利用体制の設置)	86

2. 7. 3 統一したフレームのモジュールのためのリファレンスモデルの設定 .....	87
2. 7. 4 成果評価と研究開発加速(予算再配分) .....	87
3. 研究開発成果 .....	89
3. 1 研究開発の成果および中間目標の達成度 .....	89
3. 1. 1 全体総括 .....	89
3. 1. 2 ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発分野における研究開発成果 .....	90
3. 1. 3 作業領域における研究開発成果 .....	103
3. 1. 4 移動領域における研究開発成果 .....	107
3. 1. 5 コミュニケーション領域における研究開発成果 .....	110
3. 2 成果の検証 .....	114
3. 2. 1 研究開発成果の見える化 .....	114
3. 2. 2 先行発表・検証デモ発表会 .....	116
3. 3 成果の意義 .....	117
3. 4 知的財産権等の取得及び標準化の取組 .....	118
3. 5 成果の普及 .....	119
3. 6 成果の最終目標の達成可能性 .....	119
4. 実用化見通しについて .....	120
4. 1 本プロジェクトの実用化の考え方 .....	120
4. 2 成果の実用化の見通しについて .....	120
4. 3 波及効果 .....	122

添付資料 1 (学会発表、論文、展示会、プレス発表等)

添付資料 2 (知能モジュールリスト)

添付資料 3 (代表的知能モジュールのカタログ)

添付資料 4 事前評価 (N E D O P O S T 3)

# 概要

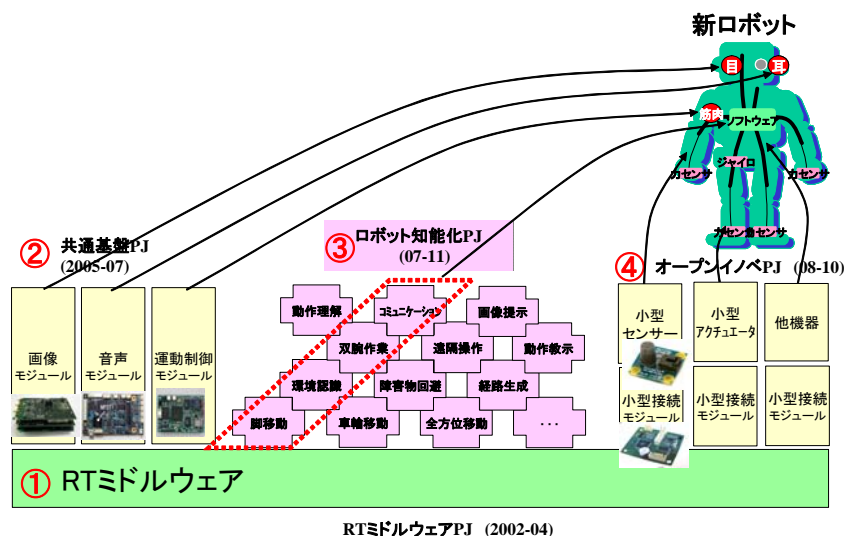
		作成日	平成 21 年 8 月 5 日				
制度・施策（プログラム）名	ロボット・新機械イノベーションプログラム						
事業（プロジェクト）名	次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト	プロジェクト番号	P08013				
担当推進部/担当者	機械システム技術開発部 安川裕介						
0. 事業の概要	<p>我が国では、1980 年代以降、自動車や電機・電子産業等のユーザ産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入が進んだが、1990 年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた。</p> <p>他方、我が国は、少子高齢化・人口減少、アジア諸国の台頭等を背景とした国際競争の激化や、地震や水害等大規模災害に対する不安といった社会的課題に直面している。我が国に蓄積された基盤的なロボット技術（RT）を活用・高度化することにより、これらの諸課題を解決することが期待されている。</p> <p>上記解決に求められる最重要な技術課題の一つは、「知能化技術」である。特に、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が必要である。</p> <p>当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることが必要である。これにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野（自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等）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	<p>我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が必要である。</p> <p>また、次世代ロボットの効率的開発のためには、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることが必要である。</p> <p>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、自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等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する。</p>						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	<p>本事業は、これまでの次世代ロボット共通基盤技術開発の成果及びその課題を踏まえ、共通化・標準化の観点から、当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることを目標とする。これを実現とすることにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野（自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等）にも広く波及することが期待される。さらに、開発したモジュールをロボットシステムに組み込むことにより有効性の検証を行うことにあり、上述のプログラムの目標達成のために寄与するものである。</p> <p>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。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	
	ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	←					→
	ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発			←			→
	作業知能（生産分野）の開発	←					→
	作業知能（社会・生活分野）の開発	←					→
	移動知能（サービス産業分野）の開発	←					→

	高速移動知能（公共空間分野）の開発	←					→	
	移動知能（社会・生活分野）の開発	←					→	
	コミュニケーション知能（社会・生活分野）の開発	←					→	
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	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	総額	
	一般会計	1,900	1,500	1,350	(1,350)	(1,350)	(7,450)	
	特別会計 （電多・高度化・石油の別）	0	0	0			0	
	総予算額	1,900	1,500	1,350	(1,350)	(1,350)	(7,450)	
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	東京大学 佐藤 知正 教授						
	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載）	(独)産業技術総合研究所、日本電気(株)、(株)セック、ゼネラルロボティクス(株)、(株)前川製作所、東京農工大学、I D E C(株)、三菱電機(株)、京都大学、(株)安川電機、九州大学、九州工業大学、(株)東芝、首都大学東京、東北大学、(有)ライテックス、(株)Robotic Space Design 研究所、(株)パイケーク、筑波大学、富士ソフト(株)、明星学苑明星大学、富士通(株)、豊橋技術科学大学、東京大学、トヨタ自動車(株)、奈良先端科学技術大学院大学、大阪大学基礎工学研究所、東京理科大学、和歌山大学、大阪電気通信大学、富士重工業(株)、九州先端科学技術研究所、環境 GIS 研究所(株)、慶應義塾大学 S F C 研究所、アイシン精機(株)、(財)日本自動車研究所、(株)アイ・トランスポート・ラボ、NECソフト(株)、北海道大学、芝浦工業大学、千葉工業大学、(株)ピューズ、セグウェイジャパン(株)、特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構、京都大学、近畿大学、(株)国際電気通信基礎技術研究所、オムロン(株)、三菱重工業(株)、(株)イーガー、大阪工業大学、ロボット工業会						
情勢変化への対応	<p>(1) 採択結果を受けての再公募の実施 採択結果を検討した結果、研究開発内容が変更し効果的な研究開発が見込めなかったため、公募内容を修正して追加公募を実施した。</p> <p>(2) 柔軟な実施体制の変更 開発技術を相互利用して再利用性・交換性の実証を促進するため、再利用体制と運営技術を研究開発する研究開発項目を新設し、公募により検証と蓄積を実施する企業を参画させた。</p> <p>(3) 柔軟な研究開発手法の変更 規範システムを設定して再利用性の高いモジュールを開発するため、システムの構成モデルと用途モデルを設定し、実施者の共通目標として追加した。</p>							

Ⅲ. 研究開発成果および実用化の見通しについて

(1) 研究開発の概要

NEDO 技術開発機構では、ロボットの基本機能をモジュールとして部品化し再利用を促すことにより、毎度同様の開発をする必要なく高度なロボットを容易に構成可能とする技術を、一連の要素開発型プロジェクト群として推進してきた。図において、①～④はこれを可能にするプロジェクトを表しており、①において構成技術の基盤を、②～④においてロボットの機能部品を開発する。本プロジェクトは図中②にあたり、ロボットの知能技術をソフトウェア部品として開発するものである。



(2) 研究開発目標

上記目的を実現するため、本プロジェクトの研究開発目標は以下の3種となる。

① ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

知能モジュール群の開発を支援する基盤環境である。開発環境やデバッガ、シミュレータ、検証用ロボットなどにより確実にロボットシステムを実現できる環境を整える。

② モジュール型知能化技術の開発

周辺環境が変化しても所期の仕事を行うことができるロボスタ性に優れ、かつ実用性のある知能モジュールを開発する。すなわち、以下の3項目が必要である。要望される広い範囲の知能モジュールを開発すること、そのモジュールが実用的であること、そのモジュールが再利用性に富み汎用的であること。

③ 有効性の検証

上記①及び②に関し、開発した知能モジュールをロボットシステムに組み

込む等により、その有効性・実用性を検証する。

### (3) 研究開発成果

プラットフォーム、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能の4領域において14の応用領域を設定し、本プロジェクト期間中に320個の知能モジュールを開発する計画である。そのうち中間評価までに105個の知能モジュールが完成し、一部は他社の利用のために登録済み、他者は登録のための検証中である。

知能モジュールは、採択した16の事業者間で相互に提供・利用を行い、開発者以外が使うことで評価とフィードバックを行い機能・性能を向上させることとしている。利用希望を集計したところ、領域間に限っただけで合計でのべ72事業者に対して利用希望が寄せられている。一部はすでに領域間利用が開始している。領域内ではロボットの応用領域が近いとため、より多い利用がされる予定である。

以下の表に中間評価までの成果を示した。

開発項目	研究開発目標 最終目標(平成23年度)	中間目標	成果	達成度
①ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	<b>1.研究開発</b> ●知能モジュール群を統合可能 ●ロボットシステムをシミュレート可能 <b>2.有効性の検証及び改良</b> ●検証用知能モジュール群を開発 ●リファレンスハードウェアを開発	1.最終目標達成に必要な要素技術開発の <b>具体的な見通しを得る</b> 2.知能モジュールの統合に必要な情報を提供する 3. <b>基本部分の開発を完了する</b>	RTコンポーネント開発支援機能、応用ソフトウェア支援機能、ロボットシステム設計支援機能を <b>開発</b> しEclipseに統合。リファレンスハードウェアを開発し検証用知能を搭載して <b>先行デモで実証</b> 。	◎
②モジュール型知能化技術の開発	<b>1.モジュール型知能化技術の開発</b> ●環境変化に対応可能なロバスト性を有する ●用途が広く、利用が容易 ●他者に提供 ●成果(知能モジュール)を実行可能なソフトウェアモジュールの形で提供	1.最終目標に対して、必要な要素技術開発の <b>具体的な見通しを得る</b> 2.各年度末に性能の検証・評価を受け、 <b>ソフトウェアモジュールの提供</b> を可能とする。	14の開発テーマのうち、8テーマにおいてはすでに個別 <b>中間目標を達成した</b> 。また、5テーマは今年度中達成の見込みである。 <b>1テーマはほぼ達成の見込み</b> であり、早期に挽回が可能。	○
③有効性の検証	<b>1.①及び②の技術の有効性検証</b> ●テーマごとに応用目標を決め、ロボットシステムで試験し、実環境の使用に耐えることを検証する。 <b>2.可能な限り広範囲に提供</b> ●ソフトウェアモジュールとして ●他者が利用(再利用)できる形	1.最終目標に対して、必要な要素技術開発の <b>具体的な見通しを得る</b>	●検証用知能モジュール群をRTコンポーネント開発ツールを用いて開発し、仕様記述方式で記述可能なことを <b>検証済</b> 。 ●先行発表でロボットで <b>検証</b> 。 ●プロジェクト内で <b>相互提供</b> 。	◎

本プロジェクトの開発項目はソフトウェアであるため、開発結果が目に見えない。そこで、開発成果の「見える化」を行い、成果の確認、他者への利用推進、進捗評価等に資することとした。14の知能モジュール開発事業者においてそれぞれが実現すべき「設定ゴール」を決定し、それを実現できる知能モジュールを開発することとした。設定ゴールの一部を以下に示す。



図 各事業体による「設定ゴール」の一部

これらのゴールを目指して、成果についても実現形態により示す工夫を行い、進捗や実用性の評価を行った。下の図に研究開発成果の可視化例を示す。

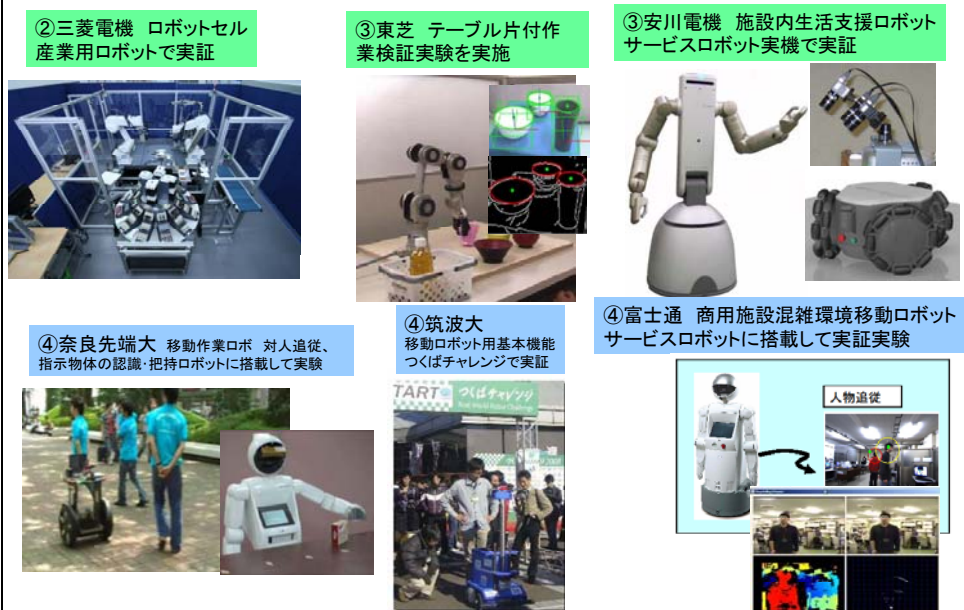


図 研究開発成果の可視化例



#### (4) 実用化の見通し

本プロジェクトにとっての「実用化」を以下の3点に整理した。

##### 1. 実用的な知能モジュールを多数蓄積する事

実用化の第一歩は幅広い使用分野にわたり必要な機能を備えた数多い知能モジュールを蓄積することである。そのモジュールが十分な性能・機能、再利用性を有する実用的であること、さらに、相互に接続や交換が可能な統一したインターフェースを持つことが必要である。

##### 2. モジュール開発を実現する設計環境を提供すること。

新ロボットを容易にモジュール組合せで開発できる開発環境と試験環境が準備できていること

##### 3. 知能モジュールおよびモジュール構成法を提供し普及させること

本プロジェクトの成果がさまざまな分野で活用されること。

実用化の最も基本的な基本は、実用的な技術を開発することである。プロジェクトの運営では、PLの指導の下に、網羅的に知能モジュールの開発を分担している。また、同一目的でも使い分けのできる複数のモジュールを開発させている。この方針の下に多数のモジュールが蓄積されつつある(研究開発成果の項参照)。

また、品質を確保するためには、蓄積担当部署が受け入れ検査をする等の体制を整えた。また、実ロボットにおいて実用性の検査する体制を開始している。これらの結果、動作を確認された実用的な知能モジュールが再利用可能な形態で蓄積される。

提供については、蓄積された知能モジュールを社会に提供する組織をプロジェクト終了後に構成する構想を描いている(下図)。

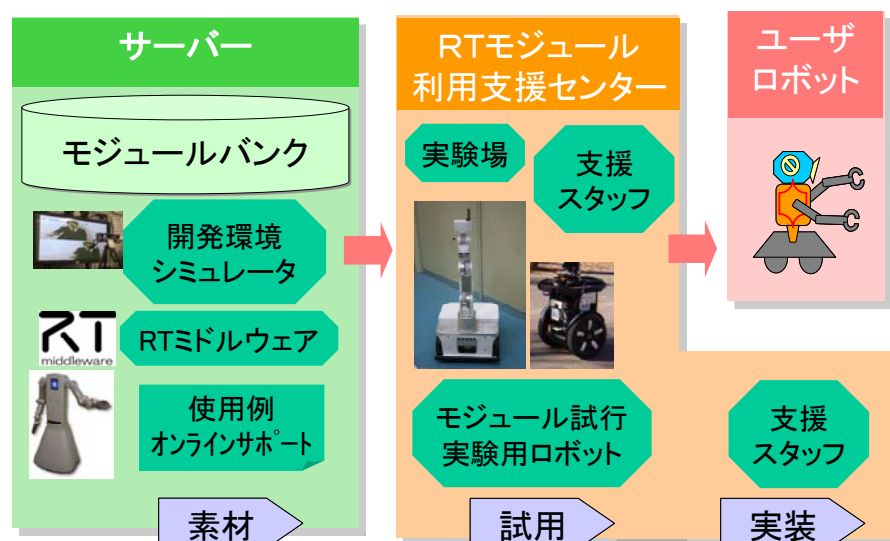


図 普及のための体制の構想

	<b>【成果発表数】</b>				
	分類	学会発表 (内 査読論文数)	特許等	報道等	
	件数	国内	海外	5 1	1 7 5
		2 8 5 ( 9 )	5 5 ( 2 6 )		
IV. 評価に 関する事項	事前評価	なし			
	評価予定	平成 21 年度 中間評価実施予定 平成 24 年度 事後評価実施予定			
V. 基本計 画に関する 事項	策定時期	平成 19 年 3 月 策定			
	改訂履歴	平成 20 年 3 月 再利用推進体制の追加のため、およ びプログラム変更に対応するため 改訂			

(ロボット・新機械イノベーションプログラム)

## 「次世代ロボット知能化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・内容

#### (1) 研究開発の目的

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

しかし、ロボットを巡る状況は、着実に変わりつつある。製造業においては、ロボット・セルのように、さらに高度化した産業用ロボットが生産現場に投入されつつある。また、サービス業の分野においても、2005年の愛知万博では、サービスロボットの實用化に向けた実証実験が行われるとともに、実際のビジネスにおいても、清掃ロボットや食事支援ロボット、災害復旧作業を行う遠隔操作型ロボット等の導入が進んでいる。このように、我が国のロボット産業・技術は、次の成長段階に踏みだし、まさに「第2の普及元年」の幕開けを迎えている。

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

上記解決に求められる最重要な技術課題の一つは、「知能化技術」である。特に、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が必要である。

また、当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることが必要である。これにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野(自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等)にも広く波及することが期待される。

本プロジェクトは、以上のような知能化に係る技術課題を解決することを目的として、経済産業省が推進する「ロボット・新機械イノベーションプログラム」の一環として実施する。

## (2) 研究開発の目標

### (最終目標) 平成23年度

本プロジェクトでは、次の3項目すべてを最終目標とし、次世代ロボットシステムに必要な基盤技術を確立する。

#### ① ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

以下②にて開発する知能モジュール群を統合し、次世代ロボットシステムを事前にシミュレートし確実に実現できるロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発を行うとともに、検証用知能モジュール群及びこれを搭載するリファレンスハードウェアを研究開発し、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性の検証及び改良を行う。

#### ② モジュール型知能化技術の開発

周辺環境が変化しても所期の仕事を行うことができるロバスト性に優れ、かつ汎用性のあるモジュール型知能化技術の開発を行って、その成果である知能モジュールを実行可能なソフトウェアモジュールの形で提供（有償を含む。）する。

#### ③ 有効性の検証

上記①及び②に関し、開発した知能モジュールをロボットシステムに組み込む等により、その有効性を検証するとともに、その成果であるソフトウェアモジュールを、他者が利用（再利用）できる形で可能な限り広範囲に提供（有償を含む。）する。

### (中間目標) 平成21年度

最終目標に対して、必要な要素技術開発の具体的な見通しを得る。なお、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発については、モジュール型知能化技術を組み込むために必要な情報を提供するとともに、基本部分の開発を完了する。

また、モジュール型知能技術の開発については、各年度末にその性能の検証・評価を受けた後に、ソフトウェアモジュールの提供（有償を含む。）を可能とし、プロジェクトの進展に資するものとする。さらに、知能モジュールを利用するために専用のデバイスが必要になる場合は、デバイスも併せて提供する。

最終目標及び中間目標の詳細は、(別紙) 研究開発計画に記載のとおり。

## (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、次の7つの研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

また、開発したモジュールの有効性を検証するため、システムに組み込み実証試験を行うとともに、当該システムに必要な技術開発も併せて行う。

＜基盤技術の開発＞

研究開発項目①-1 ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

研究開発項目①-2 ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発

＜知能モジュール群の開発＞

研究開発項目② 作業知能（生産分野）の開発

研究開発項目③ 作業知能（社会・生活分野）の開発

研究開発項目④ 移動知能（サービス産業分野）の開発

研究開発項目⑤ 高速移動知能（公共空間分野）の開発

研究開発項目⑥ 移動知能（社会・生活分野）の開発

研究開発項目⑦ コミュニケーション知能（社会・生活分野）の開発

## 2. 研究開発の実施方式

### （1）研究開発の実施体制

本研究開発は、経済産業省により、企業、民間研究機関、独立行政法人、大学等（委託先から再委託された研究開発実施者を含む。起業を意図する者、ソフトベンダー等の参加も推奨する。）から公募によって研究開発実施者が選定され、共同研究契約等を締結する研究体を構築され、平成19年度より委託により実施している。平成20年度より、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。）が本研究開発を運営・管理するに当たっては、平成19年度の進捗状況を踏まえた研究開発内容・計画及び実施体制の妥当性について、外部有識者による審議を含めた評価を行った上で最適な研究開発体制を構築し、委託して実施する。

また、上記研究開発項目②から⑦については、密接な連携により研究開発成果が上がるよう研究体を構築する。

本研究開発は、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）東京大学情報理学系研究科教授 佐藤知正氏の下に各研究体の責任者を置き、それぞれの研究テーマの達成目標を実現すべく効率的な研究開発を実施する。

### （2）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダー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研究開発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、外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、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。

### 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の実施期間は、平成20年度から平成23年度までの4年間とする。本研究開発は、平成19年度経済産業省が実施した「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」について、平成20年度よりNEDO技術開発機構の事業として実施する。

### 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成21年度、事後評価を平成24年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じその結果を後年度の研究開発に反映することとする。なお、平成23年度までの各年度中に推進委員会等で各研究開発内容を内部評価し、必要に応じ、プロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

### 5. その他の重要事項

#### (1) 成果の取扱い

##### ①成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO技術開発機構及び実施者とも普及に努めるものとするとともに、再利用性を担保するため各研究体間の成果の公開・共有を必須としてオープンイノベーションを促進する。さらに、プロジェクト実施期間中または終了後に、適切な知財戦略の下、成果の外部への提供を積極的に行うこととする。

##### ②成果の産業化

a) 実施者は、本研究開発から得られる研究開発成果の産業面での着実な活用を図るため、本研究開発の終了後に実施すべき取組のあり方や研究開発成果の産業面での活用のビジネスモデルを立案するとともに、立案した取組のあり方とビジネスモデルについて、研究開発の進捗等を考慮して、本研究開発期間中に必要な見直しを行う。

また、当該ビジネスモデルを勘案し、開発したモジュールの国際標準化を戦略的に推進する仕組みを構築する。

b) 実施者は、上記a)で立案した取組とビジネスモデルを本研究開発終了後、実行に移し、成果の産業面での活用に努めるものとする。

また、各受託者においては、本研究開発終了後も内容物等の保守管理及びモジュールの蓄積・発展に努める。

##### ③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第27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、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

### **(3) 根拠法**

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号に基づき実施する。

## **6. 基本計画の改訂履歴**

- (1) 平成20年3月、制定。
- (2) 平成20年6月、イノベーションプログラム基本計画制定により改訂。

## (別紙) 研究開発計画

### <基盤技術の開発>

#### 研究開発項目①-1 : ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

##### 1. 研究開発の必要性

従来の産業用ロボットは、大量生産方式に対応する比較的単機能なものであったことから、ユーザニーズに合致したロボットについて垂直統合型の研究開発を行い事業化することが可能であった。しかしながら、生産方式の多様化への対応や製造現場以外の多種多様なサービスロボットの実用化を確たるものとするためには、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能を含む多様な知能を研究開発するだけでなく、これらの知能技術をモジュール化し再利用可能なものとするとともに、それらの統合を容易にするこれまでにない新たなフレームワークを開発し、次世代ロボットシステムの効率・効果的な開発環境を構築していく必要がある。このため、本事業では、ロボット知能化技術をRTコンポーネントとしてモジュール化し、これらを統合してロボットの作業の計画・運用・制御を行い、かつ、次世代ロボットシステムの設計を支援するフレームワーク（ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム）を開発する。

##### 2. 研究開発の具体的内容

###### (1) ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

RTコンポーネント化された知能モジュール群を統合し、次世代ロボットシステムのシミュレーション・動作生成・シナリオ生成・システム設計を行うことのできるロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発を行う。具体的には以下のとおり。

###### ①RTコンポーネント開発支援機能

- (a) ロボットシステム、知能モジュール、ハードウェアの仕様の記述方式、作業シナリオの記述方式の設計を行い、他の研究開発項目の実施者に提供する。ロボットシステムの仕様記述は、ロボットの運動学・動力学パラメータ・センサの配置・アクチュエータの配置等ロボットシステムを構築するために必要な情報を含むものとする。なお、本仕様記述方式については、他の研究開発項目の実施者と協議の上決定する。
- (b) RTコンポーネントのコード作成、デバッグ、パッケージ化等の一連の作業をシームレスに行い、知能コンポーネント・部品コンポーネントを含むRT部品コンポーネントを開発することができるRTコンポーネントビルダ、RTコンポーネントをデバッグできるRTコンポーネントデバッガ、及びRTコンポーネントで構成されるネットワークの設計・デバッグができるRTシステムエディタの開発を行う。

###### ②応用ソフトウェア開発支援機能

タイムライン・イベントに対して、RTコンポーネント間の起動・停止・接続等、



一連のシーケンスとして実行するシナリオの作成ができる作業シナリオ設計ツール、ロボットの移動・作業等の動作の作成ができる動作設計ツール、作成されたシナリオに対して、実時間制御を実行するソフトウェアの作成支援ができる実時間ソフトウェア設計ツール、及びマニピュレータ・車輪型移動ロボット・脚型移動ロボットを含む多様なロボットを対象として、運動学・動力学・視野画像のシミュレーション、距離センサ・加速度センサ・ジャイロ・力センサ・アクチュエータを含むRT部品機能のシミュレーションが行えるシミュレータを開発する。

### ③ロボットシステム設計支援機能

RTコンポーネントを組み合わせ、上記ロボットシステムの仕様記述を作成できるロボットシステム構築ツールを開発する。このため、上記の知能モジュール・ハードウェア仕様記述に基づいて、RTコンポーネントをコンテンツとする分散型データベースを管理する機能を開発する。

## (2) ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性検証

検証用知能モジュール群及びこれを搭載するリファレンスハードウェアを研究開発し、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性の検証及び改良を行う。具体的には以下のとおり。

### ①検証用知能モジュール群の開発

作業知能、移動知能、コミュニケーション知能それぞれ一つ以上含む知能モジュール群を研究開発し、RTコンポーネント化する。開発する知能モジュール群の内容については、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能の公募内容を参考にして、研究開発項目①-1の実施者の提案に基づき決定するものとする。

### ②リファレンスハードウェアの開発

開発するRTコンポーネントを搭載可能なリファレンスハードウェアの開発を行う。構成要素であるRTコンポーネントはハードウェア的にもモジュール化され、RTコンポーネントの追加・削除が容易な構成とする。研究開発用として利用するため、低コストで製造可能であることを要件とする。

### ③ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証

検証用知能モジュール群をリファレンスハードウェアシステムにRTコンポーネントとして搭載し、ロボットシステムのシミュレーション、動作生成、シナリオ生成を行うことによりロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証を行う。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標（平成23年度）

- ①次世代ロボットシステムの応用ソフトウェアの開発が、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いて効率よく実施できること。

- ②本プロジェクトで開発される、作業知能モジュール、移動知能モジュール、コミュニケーション知能モジュールのすべてが、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームに組み込み可能となること。
- ③次世代ロボットシステムの設計を支援する機能が、ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム上に実現すること。

## (2) 中間目標 (平成21年度)

本研究開発項目の成果は、本プロジェクトの他の研究開発に利用される必要があるため、以下の項目を中間目標とする。

### ①RTコンポーネント開発支援機能

- (a)本プロジェクトで開発されるすべての知能モジュールの仕様が記述可能となること。
- (b) RTコンポーネントの実装に関する専門的知識を有しないユーザが、RTコンポーネントを効率良く開発・デバッグできる機能、RTシステムを効率よく開発・デバッグできる機能が実現されること。
- (c)本目標の基本部分については平成20年度に達成されること。

### ②応用ソフトウェア開発支援機能

- (a) RTコンポーネント化された作業知能モジュール、移動知能モジュール、コミュニケーション知能モジュールをそれぞれ一つ以上含む知能モジュール群について、知能ロボットシステムの運動学・動力学・視野画像のシミュレーション、動作生成、シナリオ生成が統合的に実施できること。
- (b) 本目標の基本部分については平成20年度に達成されること。

### ③ロボットシステム設計支援機能

- (a) RTコンポーネント化された知能コンポーネントと応用ソフトウェア開発支援機能を用いて、本プロジェクトで開発される検証用知能モジュール群を用いたロボットシステムが効率よく設計できるシステムを実現すること。
- (b) 本目標の基本部分については、平成21年度に達成されること。

### ④リファレンスハードウェアの開発

- (a) RTコンポーネントの集合体で構成され、各RTコンポーネントはハードウェア的にもモジュール化され、RTコンポーネントの追加・削除が容易であり、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能のRTコンポーネントをそれぞれ一つ以上含むハードウェアを開発すること。
- (b) また、これらの知能の一部を含むシステムとしても構成可能であること。
- (c) 低コストで製造可能であること。
- (d) 本目標については、平成20年度に達成されること。

### ⑤ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証

- (a)リファレンスハードウェアシステム及び構成するRTコンポーネントの仕様が知能

ロボット仕様技術方式で記述可能であり、リファレンスハードウェアシステムを構成するRTコンポーネントの開発がRTコンポーネント開発ツールを用いて行え、作業シナリオ、動作生成、実時間制御が応用ソフトウェア開発ツールを用いて行えること。

(b)本目標については、平成21年度に達成されること。

#### 4. 特記事項

(1) RTコンポーネントは、下記の仕様書に準拠するものとする。

The Robotic Technology Component Specification、 Adopted Specification、 OMG。

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

(2) リファレンスハードウェアシステムの開発に当たっては、NEDO技術開発機構「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」で開発中のデバイス（別紙1、2、3参照）を利用することを推奨する。

(3) 本研究開発項目の詳細目標については、他の研究開発項目の実施者と適宜協議の上、決定する。

## 研究開発項目①ー２： ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発

### 1. 研究開発の必要性

知能モジュールを他者が利用（再利用）できる形で提供するためには、適切な仕様に基づいた開発と品質試験、モジュールの有効性検証、データの蓄積、知能モジュールの再利用、実用性評価及び知能モジュール開発へのフィードバックという「知能モジュール・ライフサイクル」の効果的・効率的な工程管理及び品質管理が必要不可欠である。このため、本事業では、知能モジュール開発における最適な環境を構築する。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) ロボット知能モジュールの開発体制の整備

研究開発項目②から⑦の各研究体（以下「各研究体」という。）の知能モジュール開発工程において、開発仕様等記述方式の統一化を行うとともに、知能モジュールの機能仕様書及び試験仕様書に基づいた品質試験、一元的な蓄積・管理及び提供を行うための体制を整備しつつ、再利用性の高い高品質ソフトウェア群を開発するための手法を確立する。

#### (2) ロボット知能モジュールの再利用環境の構築

提供される知能モジュールを各研究体が相互に利用し、利用者による評価を各研究体の開発工程に反映させて知能モジュールの改良を促進する環境を構築する。

### 3. 達成目標

#### (1) 最終目標（平成23年度）

再利用できる知能モジュールを開発するために必要な開発手法、検証・蓄積方法等を確立し「知能モジュール・ライフサイクル」を構築する。

#### (2) 中間目標（平成21年度）

各研究体が提供する知能モジュールを高品質に開発する手法の確立を行い、それらの中間目標時点までに提供される知能モジュールについて、上記2.（1）に示すロボット知能モジュールの試験、蓄積及び提供を行う。

### 4. 特記事項

R Tコンポーネントは、下記の仕様書に準拠するものとする。

The Robotic Technology Component Specification、Adopted Specification、OMG。  
[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

## <知能モジュール群の開発>

### 研究開発項目②：作業知能（生産分野）の開発

#### 1. 研究開発の必要性

多品種変量生産への対応として、一人の人間が複数の作業を行うセル生産方式が一つの有効な手段となっているが、少子高齢化による就業人口の減少傾向により、従来のヒト・セルからロボットによるセル生産方式の実現が注目を集めつつある。しかしながら、現在のところ、微妙な位置修正を必要とする組立作業等、複雑な作業工程へのロボットの適用は進んでいない。この原因の一つとして、生産設備立上げ時におけるロボット動作の教示時間の問題があげられる。塗装等の単純な作業工程では、オフラインシミュレータにより教示時間の短縮が図られつつあるものの、部品のハンドリングや組立等、ロボットと作業対象物との物理的接触を伴う複雑な作業や、手先姿勢に強い拘束がある作業では、依然として多くの教示時間がかかっている。また、実際の生産ラインへロボットを導入するためには、長期間にわたる安定的な動作が必須であり、そのためには、作業中に一時的なエラーが発生し作業が停止した場合（チョコ停）の事前回避やエラー状態からの自動復帰が重要な課題である。このため、本事業では周囲の状況が変化しても所期の仕事を確実に遂行できる汎用的な作業知能モジュールの開発を行う。

#### 2. 研究開発の具体的内容

生産分野において想定される複雑作業の実現、生産設備立上時間の短縮、人手を介さない長期にわたる作業動作の安定化を実現するため、以下に示す汎用的な作業知能モジュールの開発及びその検証を行う。なお、各知能モジュールの使用に当たっては、安全が確保されることを必須とする。

##### (1) 作業知能モジュール群の開発

###### ①教示支援に関する知能モジュール群

ロボット動作の教示作業において、その教示時間の短縮を実現する知能モジュール群。例えば、視覚制御のプログラミングが容易にできるようになる機能、複雑な部品の情報を容易に計算機に取り込める機能などにより、教示作業時間が短縮できること。

###### ②チョコ停対応に関する知能モジュール群

チョコ停の事前回避を実現する機能、あるいは、チョコ停発生時に把持や運搬動作の補正等によりチョコ停状態から正常状態へ自動で復帰できる機能を実現する知能モジュール群。

###### ③認識に関する知能モジュール群

上記①及び②の実現のため、作業対象物・周囲環境等の状態やロボットとの接触状

態等をロバストにセンシングできる機能を実現するモジュール群。

## (2) 知能モジュール群の有効性検証

ロボットシステムに、上記(1)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を検証する。なお、実環境の実タスクでの検証が望ましいが、特段の支障がある場合には、模擬の検証システムを構築しても構わない。ただし、模擬システムでの検証は実態にあった環境下・作業で行うこと。また、当該ロボットシステムに必要とされる要素技術開発も併せて行うこととする。例えば、以下の技術開発が想定されるが、これを必要条件とするものではない。

- ① エンドエフェクタやティーチングボックス等のデバイス。
- ② 生産設備計画ツール等のシステム技術。
- ③ 環境側へのセンサ配置や知識の分散配置等を行う環境構造化手法等。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標 (平成23年度)

上記2.(1)で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムが、以下の全事項を達成すること。

- ① 教示における作業時間が、知能モジュールを利用しない場合に比較して 1/3 以下に減少し、かつ、同一作業を繰り返すときのタクトタイムが初期状態に比べて短くなること。
- ② チョコ停を誘発する頻度が高い原因(規定外のワークの混入、位置ずらし等)を、人為的に検証システムに与えた時、チョコ停の事前回避、あるいは多少のタクトタイムの増加を伴いながらも自動復帰が実現すること。

### (2) 中間目標 (平成21年度)

#### ① 教示支援に関する知能モジュール群

教示作業時間が従来に比べ 2/3 以下に低減されること。

#### ② チョコ停対応に関する知能モジュール群

エラー状態認識信号を擬似入力したとき、エラー状態から正常状態へ復帰すること。その際、形状(3種類以上)・材質(2種類以上)が異なる複数の作業対象物を用いて検証すること。

#### ③ 認識に関する知能モジュール群

形状・材質が異なる 10 種類の作業対象物の位置・姿勢がそれぞれ 5 秒以下でロバストに認識できること。

## 4. 特記事項

(1) 下記のRTコンポーネントの仕様書に準拠することを推奨する。

The Robotic Technology Component Specification、Adopted Specification、OMG。

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

(2) NEDO技術開発機構「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」で開発中のデバイス（別紙1、2、3参照）を利用することを推奨する。

(3) 環境構造化技術を開発対象とする場合は、下記の科学技術連携施策の共通プラットフォームとの連携を推奨する。

「次世代ロボットー共通プラットフォーム技術の確立ー」

<http://www.renkei.jst.go.jp/seika/robot/index.html>

(4) 上記研究開発の具体的内容において、研究開発知能を一体のモジュールとせず、モジュール群で構成する理由は、本プロジェクトでは知能化技術の継続的発展のために知能要素を適切な粒度で構成し、蓄積管理を可能とすることが必須であり、またこれらのモジュールがロボット以外の製品分野にも波及することを期待するためである。従って提案する知能モジュール群は、有効に再利用可能なよう適度に分割されたモジュールとし、最小単位とすることが望ましい。

(5) 提案者は、提案書に次の3つの事項を明確に記載すること。

①各知能モジュール群を構成する具体的な知能モジュールの内容とその構成。

②各知能モジュールの年度ごとの達成目標とその評価方法。

③各知能モジュールの提供に関する事項（内容の範囲、有償・無償の別、対象者及び時期等）。例えば、研究開発のマイルストーンに従い、各年度末に実行可能なプログラムモジュールの形で成果を得た上で、その検証を受け、仕様書及びマニュアルを含め、特定又は一般に無償若しくは有償で提供（共用可能、有償を含む。）にすることなど具体的に記載すること。

なお、平成20年度までの各年毎の実現形は、各社の個別対応とするが、平成21年度以降はロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いた実現とすること。また、中間評価以降の研究計画においては、その研究開発の中心を、知能モジュール群の統合に移し、知能モジュールの高度化を図りつつ、その提供（有償を含む。）に注力するようにすること。

(6) 知能モジュールの再利用性を確保するため、各実施者は開発した知能モジュールを研究開発項目①で開発する「ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム」のシミュレータ上で動作させ、保守管理を行うものとする。なお、詳細に当たっては当該プラットフォーム開発者と密接に連携をとるものとする。

(7) 本研究開発項目②に示した知能モジュール以外に、当該知能モジュールと同等以上の知能モジュール開発も推奨する。

## 研究開発項目③ : 作業知能（社会・生活分野）の開発

### 1. 研究開発の必要性

少子高齢化の進展に伴い、施設で共同生活をする高齢者の増加やサービス分野における労働力不足が顕在化しつつある。これに対し、日常生活を営むための作業（片付け、取寄せ等）を支援するロボットや、サービス分野の手作業（レストランの食器の下膳、自動販売機の商品補充等）を人に代わって行うロボットの実用化が期待されている。しかしながら、対象とする作業内容・作業対象物は多種多様であり、かつ作業対象物が置かれている環境も限定されないことから、上記のニーズを満たすロボットシステムの実用化・普及は進展していない。このため、本事業では、作業内容、作業対象、及び作業環境の多様性に対応できる汎用的な作業知能モジュールを開発する。

### 2. 研究開発の具体的内容

本事業では、人間が日常生活において指示した作業を遂行するサービス産業分野及び生活支援分野で活躍が期待されるロボットに必要な作業知能モジュールの開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。なお、当該モジュールは、サービス産業分野及び生活支援分野のみではなく、他分野の知能ロボットにも利用可能な汎用性を有することとする。

#### (1) 作業計画知能モジュール群の開発

##### ①作業計画に関する知能モジュール群

人から受けた指示をもとにロボットが遂行可能な作業計画を構築する機能を実現するモジュール群。作業計画を立てるために必要な情報が指示に含まれていない場合（例えば、作業対象物の置かれている場所等）は、作業対象物追跡・位置管理知能モジュール等を利用して情報を補完して計画すること。なお、指示や問い合わせは、音声認識・音声合成や持ち運びが容易な携帯端末装置の利用を推奨する。

##### ②作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群

人やロボットによる日常物の移動を監視し、対象物が置かれている位置を管理できる機能を実現するモジュール群。作業対象物を追跡する際に、環境認識センサにより得られた情報のみを利用することを推奨するが、作業対象物に電子タグ等を付加する環境構造化技術を利用してもよい。また、作業対象物の特定が困難な場合には人への問い合わせをしてもよい。

#### (2) 作業遂行知能モジュール群の開発

##### ①作業対象物認識に関する知能モジュール群



ロボットが日常物をマニピュレーションするために必要な情報（種類、位置、姿勢・状態等）を必要な精度で認識する機能を実現するモジュール群。作業対象物を認識する際に、環境認識センサにより得られた情報のみを利用することを推奨するが、作業対象物に電子タグ等を付加する環境構造化技術を利用してもよい。また、作業対象物の特定が困難な場合には人への問い合わせをしてもよい。

#### ②対人作業に関する知能モジュール群

- (i) 作業計画知能モジュールや作業対象物認識知能モジュールで得た情報に基づき、作業対象物を把持し指示された場所まで作業対象物をマニピュレーションする機能を実現するモジュール群。
- (ii) マニピュレーション中に新たな作業指示（中断、停止、変更など）が出た場合は、作業計画を変更して遂行できること。
- (iii) 作業対象物をマニピュレーションする場合に、その妨げとなるような物体（重なっている物や収納庫の扉等）があった場合、それを検知し回避する動作を行うこと。
- (iv) 作業対象物を人に手渡しする場合は、人の位置・姿勢等を計測して、人に手渡すこと。作業対象物をマニピュレーションする範囲が、ロボットのアームの動作範囲を超える場合は、ロボット本体を移動させる機構を利用することや、別のロボットと協調することにより作業を遂行すること。

### (3) 知能モジュール群の有効性検証

施設や家庭等の実際の作業環境又はそれを模した環境において、上記（1）、（2）で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムを用いて、その有効性を検証する。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標（平成23年度）

上記2.（1）、（2）で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムが、実際の作業環境あるいはそれを模した模擬環境において、6つ以上の作業対象物に対する3つ以上の作業指示を成功率80%以上で達成すること。なお、作業環境の条件は以下のとおり。

- a. 騒音レベル：40 デシベル以上（生活支援分野）、60 デシベル以上（サービス産業分野）
- b. 照明条件：家庭や施設で一般的に使用されている照明器具のみを光源とすること（ロボットに光源等を搭載する場合は、この限りではない）。なお、直射日光は入らないと仮定してもよい。

### (2) 中間目標（平成21年度）

## ①作業計画知能モジュール群の開発

### (a)作業計画に関する知能モジュール群

作業計画を立てる上で情報が不足している作業指示（例えば、作業対象物の置かれている場所情報が与えられていない）を3つ以上認識し、ロボットが遂行可能な具体的な作業計画を立てること。

### (b)作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群

作業対象物が置かれている位置を管理し、その場所（テーブル上、収納庫内等）を提示できること。また床のように広い場所の場合、500mm以下の精度で位置が提示できること。管理する作業対象物は6つ以上であること。

## ②作業遂行知能モジュール群の開発

### (a)作業対象物認識に関する知能モジュール群

距離が500mm離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に置かれた6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、マニピュレーションに必要な情報（種類、位置・姿勢等）を認識し、提示できること。作業対象物が重なった状態で置かれている場合、一番上にある作業対象物の情報を提示できること。

### (b)対人作業に関する知能モジュール群

6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、下記のマニピュレーション機能を4つ以上実行できること。またそれらを組み合わせて、作業対象物の移動作業を行うこと。さらにマニピュレーション中に新たな作業指示（中断、停止、変更）が出た場合は、作業計画を変更し遂行できること。

(イ-1) 開放的な場所（テーブル上など）や床に置かれた作業対象物を取り上げる。

(イ-2) 開放的な場所（テーブル上など）に作業対象物を置く。

(ロ-1) 人から作業対象物を受取る（人がロボットの動作に合わせる行為が無いこと）。

(ロ-2) 人へ作業対象物を手渡す（人がロボットの動作に合わせる行為が無いこと）。

(ハ-1) 閉鎖的な場所（扉が付いた収納庫など）から作業対象物を取り出す。

(ハ-2) 閉鎖的な場所（扉が付いた収納庫など）へ作業対象物を収納する。

(ニ-1) 籠などの中にバラ積みされた作業対象物を取り出す。

(ニ-2) 籠などの中へ作業対象物を入れる。

## 4. 特記事項

(1) 下記のRTコンポーネントの仕様書に準拠することを推奨する。

The Robotic Technology Component Specification、Adopted Specification、OMG。

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

(2) NEDO技術開発機構「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」で開発中のデ

バイス（別紙1、2、3参照）を利用することを推奨する。

- (3) 環境構造化技術を開発対象とする場合は、下記の科学技術連携施策の共通プラットフォームとの連携を推奨する。

「次世代ロボット ー共通プラットフォーム技術の確立ー」

<http://www.renkei.jst.go.jp/seika/robot/index.html>

- (4) 上記研究開発の具体的内容において、研究開発知能を一体のモジュールとせず、モジュール群で構成する理由は、本プロジェクトでは知能化技術の継続的発展のために知能要素を適切な粒度で構成し、蓄積管理を可能とすることが必須であり、またこれらのモジュールがロボット以外の製品分野にも波及することを期待するためである。従って提案する知能モジュール群は、有効に再利用可能なよう適度に分割されたモジュールとし、最小単位とすることが望ましい。

- (5) 提案者は、提案書に次の3つ事項を明確に記載すること。

①各知能モジュール群を構成する具体的な知能モジュールの内容とその構成。

②各知能モジュールの年度毎の達成目標とその評価方法。

③各知能モジュールの提供に関する事項（内容の範囲、有償・無償の別、対象者及び時期等）。例えば、研究開発のマイルストーンに従い、各年度末に実行可能なプログラムモジュールの形で成果を得た上で、その検証を受け、仕様書及びマニュアルを含め、特定又は一般に無償若しくは有償で提供（共用可能、有償を含む。）することなど具体的に記載すること。

なお、平成20年度までの各年毎の実現形は、各社の個別対応とするが、平成21年度以降はロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いた実現とすること。また、中間評価以降の研究計画においては、その研究開発の中心を、知能モジュール群の統合に移し、知能モジュールの高度化を図りつつ、その提供（有償を含む。）に注力するようにすること。

- (6) 知能モジュールの再利用性を確保するため、各実施者は開発した知能モジュールを研究開発項目①で開発する「ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム」のシミュレータ上で動作させ、保守管理を行うものとする。なお、詳細に当たっては当該プラットフォーム開発者と密接に連携をとるものとする。

- (7) 本研究開発項目③に示した知能モジュール以外に、当該知能モジュールと同等以上の知能モジュール開発も推奨する。

## 研究開発項目④：移動知能（サービス産業分野）の研究開発

### 1. 研究開発の必要性

少子高齢化の進展や労働力不足等の社会問題が顕在化する中、商業施設・交通施設・オフィス等、人間・障害物が混在し、かつ時間的・空間的に変動する環境において、安全かつ適切な速度で移動し、各種サービス（清掃、案内・誘導、搬送等）を提供するロボットに対して大きな期待が寄せられている。しかしながら、現在の自律移動ロボットは、誘導ガイド・ランドマーク・反射板等によって位置を同定し、予め入力した経路地図により移動しながら仕事を行っており、その活用範囲は限定的なものとなっている。

このため、本事業では、人や障害物が混在する状況において、周囲の状況が変化しても所期の仕事を確実に遂行できるロボスタ性を備えた汎用的な移動知能モジュールの開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

人の往来や障害物が混在し複雑に変化する環境の中で、ロボット自身の位置を認識し、確実に目的地に到達するとともに、障害物や人に衝突することなく移動できる汎用的な移動知能モジュールの開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。

#### （1）移動環境認識知能モジュール群の開発

複雑かつ変化する環境の中でロボット自身の位置を認識する知能モジュール群を開発する。当該知能は少なくとも以下の2つのモジュール群から構成される。

##### ①自己位置認識に関する知能モジュール群

周囲環境のセンシング結果を手がかりに、記憶している地図等の環境記述上で自己位置を認識する機能を実現するモジュール群。

##### ②地図情報生成に関する知能モジュール群

新規環境での動作開始に至るまでの準備作業を簡便にし、物品の配置変化等にも速やかに対応するために、ロボットに搭載されたセンサ情報を用いて、移動に必要な地図等の環境記述を生成する機能を実現するモジュール群。（1）①の自己位置認識は、ここで生成した環境記述を用いて行う機能を実現すること。

#### （2）人環境安全移動知能モジュール群の開発

人が往来する環境の中で、確実に目的地に到達するとともに、障害物や人に衝突することなく移動する知能モジュール群を開発する。当該知能は少なくとも以下の3つのモジュール群から構成される。

##### ①人・障害物認識に関する知能モジュール群

静止障害物の位置、ならびに人等の移動障害物の位置・動きを認識する機能を実現するモジュール群。

#### ②動的経路計画に関する知能モジュール群

- (a) 現在地と目的地を結ぶ経路を求め、経路から外れたり一部経路が塞がれたりしても、補正又は再計画を自動的に行いながら、目的地に到達可能な機能を実現するモジュール群。
- (b) 人等の移動障害物の動きを予測し、状況に応じて、安全に回避できる機能を実現するモジュール群。

#### ③安全移動制御に関する知能モジュール群

移動環境及びその状況に応じて、移動速度の制御を行いつつ、安全に移動可能な機能を実現するモジュール群。

### (3) 知能モジュール群の有効性検証

ロボットシステムに、上記(1)、(2)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を実環境の実タスクで検証する。また、当該ロボットシステムに必要とされる要素技術の開発も併せて行うこととする。例えば、以下の技術開発が想定されるが、これを必要条件とするものではない。

#### ①画像処理ハードウェア技術

開発する知能モジュールを移動ロボット上で実時間動作させるために必要な画像処理ハードウェア技術。

#### ②環境構造化技術

環境側に機器等を設置することで、移動のロバスト性を高める技術。ただし、建物のデザインに影響を与えないこと。施工が容易であり、インフラ設置コストが内界センサ（現場での調整・試験コストも含む）に比較して安価であること。

### 3. 達成目標

#### (1) 最終目標（平成23年度）

上記2.(1)で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムが、人の往来する実際の公共空間における移動作業を実行し、80%以上、所期の仕事を達成すること。

#### (2) 中間目標（平成21年度）

##### ①移動環境認識知能モジュール群の開発

##### (a) 自己位置認識に関する知能モジュール群

実際の公共空間で必要となる狭隘な通路やオープンスペースを含む10種類以上の環境条件を設定し、安定に自己位置を同定できることを確認する。ただし、日光が差し

込むガラス窓がある環境条件を含めること。

**(b) 地図情報生成に関する知能モジュール群**

上記(a)で設定した環境において、移動に必要な地図等の環境記述を生成できると。

**②人環境安全移動知能モジュール群の開発**

**(a) 人・障害物認識に関する知能モジュール群**

人が0.5m/秒以下の速度で往来する実際の公共空間において、起こり得る人や障害物の状況を10ケース以上抽出し、全ケースにおいて、回避が必要な人・障害物を認識できること。

**(b) 経路計画に関する知能モジュール群**

- (i) 人が往来する実際の公共空間において、10組以上の現在地・目的地を指定し、安定に経路を生成できること。
- (ii) 2組以上の現在地・目的地について、経路の一部を塞いだ場合も、目的地に到達する別の経路を再計画できること。
- (iii) 上記(2)①で抽出した人・障害物状況の全ケースについて、安全な回避経路を生成できること。

**(c) 安全移動制御に関する知能モジュール群**

人が往来する実際の公共空間において、路面の状況・周囲状況に応じ、スムーズな速度制御を可能とし、車体に大きな振動的運動を起こさないこと。

**4. 特記事項**

- (1) 下記のRTコンポーネントの仕様書に準拠することを推奨する。

The Robotic Technology Component Specification、Adopted Specification、OMG。

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

- (2) NEDO技術開発機構「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」で開発中のデバイス(別紙1、2、3参照)を利用することを推奨する。
- (3) 環境構造化技術を開発対象とする場合は、下記の科学技術連携施策の共通プラットフォームとの連携を推奨する。

「次世代ロボットー共通プラットフォーム技術の確立ー」

<http://www.renkei.jst.go.jp/seika/robot/index.html>

- (4) 上記研究開発の具体的内容において、研究開発知能を一体のモジュールとせず、モジュール群で構成する理由は、本プロジェクトでは知能化技術の継続的発展のために知能要素を適切な粒度で構成し、蓄積管理を可能とすることが必須であり、またこれらのモジュールがロボット以外の製品分野にも波及することを期待するためである。従って提案する知能モジュール群は、有効に再利用可能なよう適度に分割さ

れたモジュールとし、最小単位とすることが望ましい。

(5) 提案者は、提案書に次の3つ事項を明確に記載すること。

①各知能モジュール群を構成する具体的な知能モジュールの内容とその構成。

②各知能モジュールの年度毎の達成目標とその評価方法。

③各知能モジュールの提供に関する事項（内容の範囲、有償・無償の別、対象者及び時期等）。例えば、研究開発のマイルストーンに従い、各年度末に実行可能なプログラムモジュールの形で成果を得た上で、その検証を受け、仕様書及びマニュアルを含め、特定又は一般に無償若しくは有償で提供（共用可能、有償を含む。）することなど具体的に記載すること。

なお、平成20年度までの各年毎の実現形は、各社の個別対応とするが、平成21年度以降はロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いた実現とすること。また、中間評価以降の研究計画においては、その研究開発の中心を、知能モジュール群の統合に移し、知能モジュールの高度化を図りつつ、その提供（有償を含む。）に注力するようにすること。

(6) 知能モジュールの再利用性を確保するため、各実施者は開発した知能モジュールを研究開発項目①で開発する「ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム」のシミュレータ上で動作させ、保守管理を行うものとする。なお、詳細に当たっては当該プラットフォーム開発者と密接に連携をとるものとする。

(7) 本研究開発項目④に示した知能モジュール以外に、当該知能モジュールと同等以上の知能モジュール開発も推奨する。

## 研究開発項目⑤：高速移動知能（公共空間分野）の開発

### 1. 研究開発の必要性

交通システムの発達によって人々の生活は便利になった一方、高齢化の進展やモビリティの増加を背景に、高齢者の身体機能低下による事故、渋滞に起因する経済損失、環境汚染等の社会的問題が顕在化している。このような問題の解決に向けて、高速移動中に瞬時に周囲状況を認識し、その情報を複数で共有・制御する技術の実用化が期待されている。かかる技術は、将来的なロボット台数の増加やロボットの移動速度の高速化等に対応するために不可欠な技術である。このため、本事業では、高速移動体（ロボット、自動車等）が瞬時に周囲環境を認識し、複数の移動体間で情報を共有し、最適な判断・制御を可能とする汎用的な高速移動知能モジュールの開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

公共空間における高速移動体が周囲状況を瞬時に認識し、複数の移動体間で情報を共有し、最適な判断・制御を可能とする汎用的かつロバストな高速移動知能モジュールの開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。

#### (1) 高速移動知能モジュール群の開発

##### ①交通状況認知に関する知能モジュール群

センサから取得した情報や他の移動体から伝達される知識を含めて、交通状況等周囲の状況を高速移動（100km/時）中に確実に認知することが可能な機能を実現するモジュール群。他の移動体から入手した知識には、古いものや、移動体の性能の違いによる誤差のあるものも含まれていることなどを適切に判断できること。また、認知した情報は知識として知識ベースに格納されること。

##### ②知識共有に関する知能モジュール群

知識ベースに格納された知識を、移動体同士の直接通信によって必要ときに共有できる機能を実現するモジュール群。ただし、新たな通信インフラの敷設を前提としないこと。

##### ③交通支援に関する知能モジュール群

信頼性が高い周囲状況に関する知識を操縦者に提示できる機能を実現するモジュール群。以下を要件とすること。

- (a) 交通情報の生成、統合処理が可能なこと。
- (b) 危険回避を支援できること。渋滞を回避し最適な経路の計画策定及び目的地までの移動時間と平均速度情報を生成可能なこと。



## (2) 知能モジュール群の有効性検証

移動体に上記(1)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、実環境に近い環境下でその有効性を検証する。なお、検証する移動体に求められる最低要件は以下のとおり。

- ①安全性能：人間が危険と判断した場合に、移動体の行動を制限できること。
- ②移動効率向上：通信インフラが敷設されていない地域も含め、渋滞を回避する等効率的に移動が可能なこと。
- ③全天候性：屋外での利用を想定し、全天候性を確保すること。
- ④一般性：最低3種の周囲状況に関する知識（走行路に関する知識、周囲の移動体に関する知識、自然環境に関する知識等）を獲得可能であること。
- ⑤連続稼働時間：24時間連続動作が可能であること。
- ⑥規模性：半径150mのエリアに120台の移動体が集合しているのと同等の環境において、意図した周囲状況が認知可能であること。
- ⑦移動耐性：公共空間における高速移動速度（100km/時）において、知識伝達が可能であること。
- ⑧メディア非依存性：特定の通信メディアに依存したシステムではないこと。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標（平成23年度）

上記2.(1)で開発する知能モジュール群をすべて搭載した移動体が、以下の全事項を達成すること。ただし、移動体は2.(2)に示す最低要件を満たすこと。

- ①半径150mのエリアに120台以上の移動体が存在する条件下で、時刻や天候、季節、場所、移動速度に適応して周囲交通状況を認知し、操縦者に提示可能なこと。また、認知した情報を移動体間で交換することによって、安全性、円滑性、環境等に関する5種以上の知識を共有可能であること。
- ②移動体が事故等を認知してから5分以内に、1km以上離れた場所に伝達可能であること。

### (2) 中間目標（平成21年度）

#### ①交通状況認知に関する知能モジュール群

地図情報の利用とともに、移動体の走行に有益な3種以上の知識（走行路に関する知識、周囲の移動体に関する知識、自然環境に関する知識等）を獲得できること。周辺状況を認知する時、大きな誤差を含むセンサ情報は、自律的に削除する機能を有すること。

#### ②知識共有に関する知能モジュール群

特定の位置で発生した情報を移動体間で共有可能であること。ランダムに知識を配信した場合と比較して、リソース消費、知識伝達時間等において有意な性能向上が認めら

れること。また、60km/時の移動速度においても知識伝達が可能であること。

### ③交通支援に関する知能モジュール群

信頼性が高い周囲状況に関する知識を、その知識を欲している移動体の存在位置を予測しながら、当該移動体に提供可能であること。ランダムに知識を配信した場合と比較して、リソース消費、知識伝達時間等において有意な性能向上が認められること。また、60km/時の移動速度においても知識伝達が可能であること。

## 4. 特記事項

(1) 下記のRTコンポーネントの仕様書に準拠することを推奨する。

The Robotic Technology Component Specification、Adopted Specification、OMG。

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

(2) NEDO技術開発機構「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」で開発中のデバイス(別紙1、2、3参照)を利用することを推奨する。

(3) 環境構造化技術を開発対象とする場合は、下記の科学技術連携施策の共通プラットフォームとの連携を推奨する。

「次世代ロボット ー共通プラットフォーム技術の確立ー」

<http://www.renkei.jst.go.jp/seika/robot/index.html>

(4) 上記研究開発の具体的内容において、研究開発知能を一体のモジュールとせず、モジュール群で構成する理由は、本プロジェクトでは知能化技術の継続的発展のために知能要素を適切な粒度で構成し、蓄積管理を可能とすることが必須であり、またこれらのモジュールがロボット以外の製品分野にも波及することを期待するためである。従って提案する知能モジュール群は、有効に再利用可能なよう適度に分割されたモジュールとし、最小単位とすることが望ましい。

(5) 提案者は、提案書に次の3つ事項を明確に記載すること。

①各知能モジュール群を構成する具体的な知能モジュールの内容とその構成。

②各知能モジュールの年度毎の達成目標とその評価方法。

③各知能モジュールの提供に関する事項(内容の範囲、有償・無償の別、対象者及び時期等)。例えば、研究開発のマイルストーンに従い、各年度末に実行可能なプログラムモジュールの形で成果を得た上で、その検証を受け、仕様書及びマニュアルを含め、特定又は一般に無償若しくは有償で提供(共用可能、有償を含む。)することなど具体的に記載すること。

なお、平成20年度までの各年毎の実現形は、各社の個別対応とするが、平成21年度以降はロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いた実現とすること。また、中間評価以降の研究計画においては、その研究開発の中心を、知能モジュール群の統合に移し、知能モジュールの高度化を図りつつ、その提供(有

償を含む。)に注力するようにすること。

- (6) 知能モジュールの再利用性を確保するため、各実施者は開発した知能モジュールを研究開発項目①で開発する「ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム」のシミュレータ上で動作させ、保守管理を行うものとする。なお、詳細に当たっては当該プラットフォーム開発者と密接に連携をとるものとする。
- (7) 本研究開発項目⑤に示した知能モジュール以外に、当該知能モジュールと同等以上の知能モジュール開発も推奨する。

## 研究開発項目⑥：移動知能（社会・生活分野）の開発

### 1. 研究開発の必要性

人間の行動の範囲及び自由度を拡大する移動手段として、現在は自動車や自転車が確立されているが、ショッピングセンターや娯楽施設等、これらの移動手段では対応できず、歩行が必要な環境が多く存在している。一方で、高齢化が進展するにつれ、長時間・長距離の歩行が困難となる層が拡大すると予想されることから、このような環境において活用される歩行に代替しうる自由度の高い移動手段として、携行可能性を備えた乗物ロボット（モビリティ・ロボット）の実用化が期待されている。このため、本事業では、人や障害物が混在する状況において、人を乗せて安全に移動する機能を実現する汎用的な移動知能モジュールの開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

人を乗せて、操縦者の指令にしたがって安全かつ自在に移動する機能を実現する汎用的な操縦移動知能モジュール群、及び自律的な走行機能を実現する汎用的な自律移動知能モジュール群の開発並びにその検証を行う。具体的には以下のとおり。

#### (1) 操縦移動知能モジュール群の開発

##### ①安定走行に関する知能モジュール群

指令値に基づく駆動力制御に加え、走行加速度や外力、未知環境等に対して自動的に姿勢を安定化する機能等基本的な移動機能群を備えているモジュール群。

##### ②障害物回避に関する知能モジュール群

外界センサを利用した障害物（人を含む）検知機能、衝突リスク見積もり機能、回避行動生成機能等、外界との衝突を避けるための回避機能群を備えているモジュール群。

##### ③操縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群

広範な利用者層に対してモビリティ・ロボットの使用を簡便にするため、習熟が不要な新しい操作インタフェースに必要な機能群を備えているモジュール群。

#### (2) 自律移動知能モジュール群の開発

##### ①自律走行に関する知能モジュール群

高精度自己位置推定、リアルタイム経路計画、操縦移動と自律移動の自然な融合機能等、操縦者不在時や操縦アシスト時を含めた自律・半自律走行に必要な機能群を備えているモジュール群。

##### ②自律帰還に関する知能モジュール群

環境地図情報や移動履歴情報等を活用し、あらかじめ指定した対象物が存在する場所に自律走行で帰還するために必要な機能群を備えているモジュール群。

### ③協調走行に関する知能モジュール群

モビリティ・ロボット間及びモビリティ・ロボットと使用者間の相対位置・方位検出機能に基づき、追従制御機能等の協調行動を行うために必要な機能群を備えているモジュール群。

## (3) 知能モジュール群の有効性検証

モビリティ・ロボットシステムに、上記(1)、(2)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を検証する。なお、検証するロボットシステムに求められる最低要件は以下のとおり。

- (a) 小型軽量化：バッテリー、駆動ユニット、躯体を含めて携行利用も可能な重量、寸法とする。
- (b) 走行性能：人間の速歩程度の速度（最大 10km/時）、最小航続距離 2 km、安全で十分な回避、最大登坂性能 10 度。
- (c) 操作インターフェース：年少者から高齢者まで簡便に利用できること。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標（平成 23 年度）

上記 2. (1)、(2) で開発する知能モジュール群をすべて搭載したモビリティ・ロボットシステムが、長期間（3ヶ月程度）の技術実証試験において安定的に動作すること。ただし、モビリティ・ロボットシステムは 2. (3) に示す最低要件を満たすこと。

### (2) 中間目標（平成 21 年度）

#### ①操縦移動知能モジュール群の開発

##### (a) 安定走行に関する知能モジュール群

人間が押す程度の外力に対してロバストであり、最大 10 度の斜面上でも安定走行を可能とすること。

##### (b) 障害物回避に関する知能モジュール群

通常の歩行速度（4 km/時）で接近する人を含む障害物を安全に回避できること。危険度に応じて使用者に警告を与えることができること。

##### (c) 操縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群

年少者から高齢者まで簡便に利用できる操作インターフェースを実現すること。

#### ②自律移動知能モジュール群の開発

##### (a) 自律走行に関する知能モジュール群

操縦者に違和感を与えることない自律走行を可能とすること。

#### (b) 自律帰還に関する知能モジュール群

環境地図情報または移動履歴情報が利用可能な条件下において、あらかじめ指定した対象物が存在する場所への自律走行での帰還を可能とすること。

#### (c) 協調走行に関する知能モジュール群

モビリティ・ロボット間及びモビリティ・ロボットと利用者間の協調行動により、複数台のモビリティ・ロボットによる移動と利用者への追従を可能とすること。

### 4. 特記事項

- (1) 下記のRTコンポーネントの仕様書に準拠することを推奨する。

The Robotic Technology Component Specification、 Adopted Specification、 OMG。

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

- (2) NEDO技術開発機構「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」で開発中のデバイス（別紙1、2、3参照）を利用することを推奨する。

- (3) 環境構造化技術を開発対象とする場合は、下記の科学技術連携施策の共通プラットフォームとの連携を推奨する。

「次世代ロボット ー共通プラットフォーム技術の確立ー」

<http://www.renkei.jst.go.jp/seika/robot/index.html>

- (4) 上記研究開発の具体的内容において、研究開発知能を一体のモジュールとせず、モジュール群で構成する理由は、本プロジェクトでは知能化技術の継続的発展のために知能要素を適切な粒度で構成し、蓄積管理を可能とすることが必須であり、またこれらのモジュールがロボット以外の製品分野にも波及することを期待するためである。従って提案する知能モジュール群は、有効に再利用可能なよう適度に分割されたモジュールとし、最小単位とすることが望ましい。

- (5) 提案者は、提案書に次の3つ事項を明確に記載すること。

①各知能モジュール群を構成する具体的な知能モジュールの内容とその構成。

②各知能モジュールの年度毎の達成目標とその評価方法。

③各知能モジュールの提供に関する事項（内容の範囲、有償・無償の別、対象者及び時期等）。例えば、研究開発のマイルストーンに従い、各年度末に実行可能なプログラムモジュールの形で成果を得た上で、その検証を受け、仕様書及びマニュアルを含め、特定又は一般に無償若しくは有償で提供（共用可能、有償を含む。）することなど具体的に記載すること。

なお、平成20年度までの各年毎の実現形は、各社の個別対応とするが、平成21年度以降はロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いた実現とすること。また、中間評価以降の研究計画においては、その研究開発の中心を、知能モジュール群の統合に移し、知能モジュールの高度化を図りつつ、その提供（有

償を含む。)に注力するようにすること。

- (6) 知能モジュールの再利用性を確保するため、各実施者は開発した知能モジュールを研究開発項目①で開発する「ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム」のシミュレータ上で動作させ、保守管理を行うものとする。なお、詳細に当たっては当該プラットフォーム開発者と密接に連携をとるものとする。
- (7) 本研究開発項目⑥に示した知能モジュール以外に、当該知能モジュールと同等以上の知能モジュール開発も推奨する。

## 研究開発項目⑦：コミュニケーション知能（社会・生活分野）の開発

### 1. 研究開発の必要性

少子高齢化、労働力不足等の社会問題が顕在化する中、人と自然にコミュニケーションを行いながら各種サービスを提供し、国民生活の質の向上に役立つ次世代ロボットの実用化・普及が期待されている。音声認識・合成技術や画像認識技術の進歩や、愛知万博等での実証実験を背景に、ロボットの対人コミュニケーション技術は向上しているものの、いまだ限られた環境下における特定用途での実証実験レベルに留まっている。今後、デパート、遊園地、老人ホーム、学校等の公共エリアにおいて、受付、案内、見守り等を行うロボットや、家庭において家電操作支援、見守り、セキュリティ等を行うロボットを実用化・普及していくためには、ロバスト性に優れたコミュニケーション知能を開発し、多様なロボットに適用していくことが極めて重要である。このため、本事業では、周囲環境が変化しても所期の仕事を確実に遂行できる汎用的なコミュニケーション知能モジュールの開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

サービス産業分野及び生活支援分野において活用されるロボットが、ロバストなコミュニケーション能力を獲得するために必要な汎用性を有する知能モジュール群の開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。

#### (1) 環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発

##### ①環境・状況認識に関する知能モジュール群

ロボット前方の範囲内の人物の状況（人数、向き、接近等の動き）を把握すること、及びロボットと対話する相手の人数や位置を把握することが可能な機能を実現するモジュール群。

#### (2) 対話支援知能モジュール群の開発

##### ①音声認識に関する知能モジュール群

ロボットと対話しようとしている人の音声と周囲雑音を分離し、騒がしい環境であっても、子供や高齢者を含む対象者の音声を認識することが可能である機能を実現するモジュール群。

##### ②音声合成に関する知能モジュール群

対話すべき内容が与えられたとき、周囲環境や子供や高齢者を含む対象者の属性に応じて、適切な話し方で、聞き取りやすい発話を行うことを可能とする機能を実現するモジュール群。



### ③行動理解に関する知能モジュール群

以下の機能を実現するモジュール群。

- (a) 人の身振りや仕草の認識により、人の指示や意図を理解する機能。
- (b) 人の表情や非言語の発声の認識により、人の理解度や感情を認識する機能。
- (c) ロボットの形状や仕草により、人に適切に情報やロボットの状況を伝える機能。

## (3) 対話制御知能モジュール群の開発

### ①対話コンテンツ管理に関する知能モジュール群

ロボットの機能・用途に応じて予め準備された多数の対話コンテンツを保持・管理し、対話者の属性や状況に応じて適切な対話コンテンツを選択することが可能な機能を実現するモジュール群。

### ②対話制御に関する知能モジュール群

以下の機能を実現するモジュール群。

- (a) 対話者の反応や状況に応じて対話の流れを切り替えながら、対話フローを制御し、対話タスク（ある目的を達成するための対話コンテンツの実行）を実現することが可能な機能。
- (b) 複数の人物が話しかけてきたときに複数の人物からの話しかけであることを検出し、少なくとも1人の人物との対話を継続できる機能。

## (4) 対話管理等知能モジュール群の開発

### ①対話対象同定に関する知能モジュール群

顔認識等による人物同定機能や、対話しながら随時顔等を記憶することのできる人物登録機能を実現するモジュール群。

### ②対話履歴管理に関する知能モジュール群

対話対象人物毎の情報やコミュニケーションの履歴を蓄積・管理して、同じ内容を繰り返さない、興味のある話題を提供する等、履歴から得られた知識・情報を対話内容に反映することが可能な機能を実現するモジュール群。

## (5) 知能モジュール群の有効性検証

ロボットシステムに上記(1)～(4)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を実環境の実タスクで検証する。また、当該ロボットシステムに必要とされる要素技術の開発も併せて行うこととする。例えば、以下の技術開発が想定されるが、これを必要条件とするものではない。

### ①環境・状況・対象認識知能技術

- (a) 近傍の人物全員を追跡し、新しく人物が登場したこと、ある人物がいなくなったこと、

一度対話した人物との対話の再開であること等が認識できる技術。

(b) 環境を構造化することにより、ロボットが環境・状況・対象を認識することを助ける技術。

(c) 対話中の人の顔、音声、体型その他の特徴から、年齢、属性を推定する技術。

(d) 近傍に複数の人物がいる場合、人物の音声の方向、口の動き等から、ロボットに話しかけられている状況であること及びその人物を特定する技術。

## ②対話支援知能技術

(a) 音声認識において、多様な言い回し・表現や方言に対応する技術。

(b) 音声認識において、ロボットが発話中や動作中であっても、対話者の音声を認識する技術。

(c) 音声認識において、複数の対話者が同時に話しかけた場合でも、それを適切に選別ないしは同時に認識する技術。

(d) 音声合成において、感情を込めた発声を可能にする技術。

(e) 音声合成において、多様な音声を低コストで開発することを可能にする技術。

(f) ロボットが、話す内容に応じて自動的に適切な仕草を生成することを可能にする技術。

(g) 身振り、仕草を用いたコミュニケーション技術。

## ③対話制御知能技術

(a) 周囲に、対話妨害者（タスクの遂行を阻害する子供等）がいる場合でもタスク遂行が可能な対話制御技術。

(b) 複数の人物がロボットと対話しようとするときに、複数の人物と同時に対話を進めることのできる対話制御技術。

(c) 対話履歴管理モジュールにおいて、内容の履歴だけではなく、対象者の発話の特徴（声の質、明瞭さ、方言）等を記憶して、認識の成功率を高める技術。

(d) 予めコンテンツとして準備されたタスクだけではなく、言語・非言語のインタラクションを自動的に生成し実行する技術。

(e) 対話内容がユーザに伝わっていないことを検出して表現手段と変更することや、ユーザの発話が認識できないときに、適切に聞きなおしたりすることのできる対話エラーリカバリ技術。

(f) 外部のコンテンツ管理サーバと連携し、随時新しいコンテンツを獲得することにより、対話の内容を変化させ、ロボットへの興味を持続させる技術。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標（平成23年度）

上記2. (1)～(4)で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムが、3種類以上の実用的なコミュニケーションのタスクを実行し、成功率70%以上のタスク達成率と、70%以上のユーザ満足度を得ること。なお、実行するタスクには、(a-1)、

(a-2)の少なくとも一つ及び(b)のタスクを含むこととする。

(a-1) サービス産業分野向けを対象とする研究開発の場合は、BGMや人の話し声が聞こえる、一般的な騒がしさのスーパー等の商業施設において、顧客からの商品に関する質問の聞き取りや商品説明を行う対話が可能であること。

(a-2) 生活支援分野向けを対象とする研究開発の場合、テレビのついた状態のリビングで高齢者と対話して、ビデオの制御や録画・再生をアシストすることができること。

(b) タスク内での対話内容と対話対象を組み合わせたバリエーションは、少なくとも200以上とする。バリエーションとは、例えば、「テレビをつけて」「エアコンの温度を20度にして」等の指示の種類を指す。

## (2) 中間目標 (平成21年度)

### ① 環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発

#### (a) 環境・状況認識に関する知能モジュール群

ロボットの前方5m以内の人物の配置が70%以上の精度で検出できること。

### ② 対話支援知能モジュール群の開発

#### (a) 音声認識に関する知能モジュール群

BGMが聞こえるスーパーや、TVがついているリビング等の実用的な環境において、子供や高齢者を含む不特定話者の音声を70%以上の精度で認識できること。

#### (b) 音声合成に関する知能モジュール群

子供や高齢者を含む不特定の相手とのコミュニケーションにおいて、70%以上の精度で内容が伝達できること。

#### (c) 行動理解に関する知能モジュール群

「人の身振りや仕草の認識により、人の指示や意図を理解する技術」「人の表情や非言語の発声の認識により、人の理解度や感情を認識する技術」について、それぞれ少なくとも3種類の要素（例えば、3種類の身振り、3種類の表情等）の認識技術を開発し、実用的なロボットタスクの実証実験において、その効果を実証すること。また、「ロボットの形状や仕草により、人に適切に情報やロボットの状況を伝える技術」に関しては、仕草を伴うことの効果を、ユーザへのアンケートで実証すること。

### ③ 対話制御知能モジュール群の開発

#### (a) 対話コンテンツ管理に関する知能モジュール群

200以上の対話コンテンツを格納でき、また状況に応じて対話コンテンツを選択する機能を有すること。

#### (b) 対話制御に関する知能モジュール群

選択された対話コンテンツのフローを制御し、初心者ユーザに対して70%以上の成功率でタスクを達成できること。

### ④ 対話管理等知能モジュール群の開発

#### (a)対話対象同定に関する知能モジュール群

100人を対象に80%以上の精度で人物を同定できること。

#### (b)対話履歴管理に関する知能モジュール群

100人以上の対話履歴を管理し、その履歴から得られた情報を対話に反映する機能を有すること。

### 4. 特記事項

(1) 下記のRTコンポーネントの仕様書に準拠することを推奨する。

The Robotic Technology Component Specification、 Adopted Specification、 OMG。

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

(2) NEDO技術開発機構「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」で開発中のデバイス（別紙1、2、3参照）を利用することを推奨する。

(3) 環境構造化技術を開発対象とする場合は、下記の科学技術連携施策の共通プラットフォームとの連携を推奨する。

「次世代ロボットー共通プラットフォーム技術の確立ー」

<http://www.renkei.jst.go.jp/seika/robot/index.html>

(4) 上記研究開発の具体的内容において、研究開発知能を一体のモジュールとせず、モジュール群で構成する理由は、本プロジェクトでは知能化技術の継続的発展のために知能要素を適切な粒度で構成し、蓄積管理を可能とすることが必須であり、またこれらのモジュールがロボット以外の製品分野にも波及することを期待するためである。従って提案する知能モジュール群は、有効に再利用可能なよう適度に分割されたモジュールとし、最小単位とすることが望ましい。

(5) 提案者は、提案書に次の3つ事項を明確に記載すること。

①各知能モジュール群を構成する具体的な知能モジュールの内容とその構成。

②各知能モジュールの年度毎の達成目標とその評価方法。

③各知能モジュールの提供に関する事項（内容の範囲、有償・無償の別、対象者及び時期等）。例えば、研究開発のマイルストーンに従い、各年度末に実行可能なプログラムモジュールの形で成果を得た上で、その検証を受け、仕様書及びマニュアルを含め、特定又は一般に無償若しくは有償で提供（共用可能、有償を含む。）することなど具体的に記載すること。

なお、平成20年度までの各年毎の実現形は、各社の個別対応とするが、平成21年度以降はロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いた実現とすること。また、中間評価以降の研究計画においては、その研究開発の中心を、知能モジュール群の統合に移し、知能モジュールの高度化を図りつつ、その提供（有償を含む。）に注力するようにすること。

- (6) 知能モジュールの再利用性を確保するため、各実施者は開発した知能モジュールを研究開発項目①で開発する「ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム」のシミュレータ上で動作させ、保守管理を行うものとする。なお、詳細に当たっては当該プラットフォーム開発者と密接に連携をとるものとする。
- (7) 本研究開発項目⑦に示した知能モジュール以外に、当該知能モジュールと同等以上の知能モジュール開発も推奨する。

## 別紙1 画像認識用デバイス及びモジュールの仕様

### 1. 基本性能

生活空間等の実環境で稼働するロボットのステレオカメラの画像を処理し、ロボットの自己位置同定、環境の3次元マップ取得をリアルタイムで実行するために以下の性能を備える。

- ・2系統以上のカメラ画像をフレームレート30fps以上、16ビット以上のカラー解像度で同時入力・処理可能であること。
- ・カメラ画像の入力と画像処理を毎フレーム実行可能であること。
- ・移動しながら自己位置同定と環境の3次元マップの取得を行うための処理能力としてシーン内の1000箇所以上の特徴的な領域(8×8画素以上)について、ステレオ計測と動き計測を100ms以下で実行可能であること。
- ・2m先の対象物を10cm以下の精度で検出可能であること。
- ・各計測データについての信頼性評価値の出力が可能であること。

### 2. RTコンポーネントとしての動作

開発したモジュールを以下のRTM(RTミドルウェア)の仕様に基づくRTコンポーネントとして提供できること。

The Robotic Technology Component Specification, Adopted Specification, OMG.

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

### 3. 低消費電力・低発熱量

次世代ロボットは、画像認識に高い処理能力が求められると同時にバッテリーで駆動することが想定されるため、ピーク動作に必要な消費電力が20W以下であること。

### 4. 小型軽量化

ロボットに搭載可能な面積150cm<sup>2</sup>以下、質量250g以下であること。

### 5. 耐ノイズ性

強電系と共存して安定に動作すること。

### 6. 付加的機能

- (1) 照明条件への適応やノイズ除去のための画像前処理機能として、階調補正及びフィルタリング処理の適用が可能であること。
- (2) 人物の検出及び顔の登録・照合を行うことが可能であること。
- (3) 人のジェスチャを認識する機能を有すること。
- (4) 部屋内を移動することにより、部屋の3次元マップを構築可能であること。
- (5) 部屋のマップと現在のセンサ入力情報から、自己位置を同定可能であること。
- (6) 省配線：組立工数を削減し、スペースの制約を満たし、高信頼性を実現できること。

## 別紙2 音声認識用デバイス及びモジュールの仕様

### 1. 基本性能

ロボットが稼働する生活空間等の実環境で音声情報を処理し、人間とのコミュニケーションを行うために以下の性能を備えること。

- 様々な処理の搭載・入れ替え、性能の改善、個別ロボット向けのカスタマイズが可能であること。
- 不特定話者の単語認識が可能な処理能力を備えること。
- 日常生活空間の雑音環境下で耐雑音処理により70%以上の単語認識率を実現可能な処理能力を備えること。
- 音源方向の検出が可能であること。
- 8ch以上の多チャンネル入力が可能であること。

### 2. RTコンポーネントとしての動作

開発したモジュールを以下のRTM (RTミドルウェア) の仕様に基づくRTコンポーネントとして提供できること。

The Robotic Technology Component Specification, Adopted Specification, OMG.

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

### 3. 低消費電力・低発熱量

次世代ロボットの音声認識は常時動作させる必要があり、高い処理能力が求められると同時に、バッテリーで駆動することが想定されるため、必要な消費電力が最大で20W以下であること。

### 4. 小型軽量化

ロボットに搭載可能な面積75cm<sup>2</sup>以下、質量150g以下であること。

### 5. 耐ノイズ性

強電系と共存して安定に動作すること。

### 6. 付加的機能

- (1) ロボット発話やメカノイズをキャンセルできること(雑音発生時の認識率70%以上)。
- (2) 自由発話の大語彙音声認識が可能であること。
- (3) 認識すべき音声以外の音に対する誤認識を30%以下に抑えること。
- (4) 発話者の口とマイクの距離が50cm以上でも目標性能が達成可能であること。
- (5) 省配線：組立工数を削減し、スペースの制約を満たし、高信頼性を実現できること。

## 別紙3 運動制御用デバイス及びモジュールの仕様

### 1. 基本性能

実運用環境下で動作する多自由度ロボットの分散処理を可能とする高度な処理機能を実現するために以下の性能を備えること。

- ・ 1軸以上のアクチュエータを制御できる性能を有すること。
- ・ 多自由度協調動作を行うための制御情報、状態量等を出力できること。
- ・ 1ms以下の周期処理が実現可能であること。
- ・ 実時間通信インタフェースを複数種類備えること。
- ・ 汎用OSが稼働すること。

### 2. RTコンポーネントとしての動作

開発したモジュールを以下のRTM(RTミドルウェア)の仕様に基づくRTコンポーネントとして提供できること。

The Robotic Technology Component Specification, Adopted Specification, OMG.

[http://www.omg.org/technology/documents/domain\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/domain_spec_catalog.htm)

サーボ系などの高速処理に関わる通信に関しては他のプロトコルを採用することを認めるが、開発したモジュールで制御する各パーツ(腕、指、移動機構等)と上位制御装置間に関しては、上記の条件を満たし、ネットワーク上で実時間稼働すること。

### 3. 低消費電力・耐熱性

次世代ロボットは、多自由度系の制御等に高い処理能力が求められると同時に、バッテリーで駆動することが想定されるために

- ・ 制御部が必要とする消費電力が最大で15W以下であること。
- ・ アクチュエータ等の発熱源近傍で安定に動作すること。
- ・ 要素モジュールを構成した際にパワー部ピーク動作に必要な消費電力を低減すること。

### 4. 耐ノイズ性

強電系と共存して安定に動作すること。

### 5. 小型軽量化

ロボットに搭載可能なサイズ、質量であること。但し、パワー部を除いた要素モジュールは面積50cm<sup>2</sup>以下、質量150g以下であること。

### 6. 付加的機能

- (1) 加速度センサ、ジャイロ、力センサやレーザレーダ等のセンサからの信号を入力し、その信号を処理すること。
- (2) 省配線：組立工数を削減し、スペースの制約を満たし、高信頼性を実現できること。



## 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な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間のマッチングを図り、中小・ベンチャーや異業種企業のロボット産業への参入を促進する。

また、市場創出に貢献するロボットを表彰し、ロボットユーザ、メーカーから一般の方まで広くPRする表彰制度「今年のロボット」大賞を共催機関と協力して実施している。

開発したソフトウェア等の成果については、広く一般に提供するなど積極的な普及を図ることにより、より多くの開発主体がロボット技術開発に参加できる環境を創出し、ロボット技術開発の裾野の拡大を図る。

将来のロボットは人に接する場面が多くなるであろう。したがって、ロボットの導入・普及を促進するためには、安全に対する考え方を整理し、周知することが重要で

ある。平成19年7月には人間と共存する次世代ロボットの安全性を確保するための基本的な考え方をまとめた「次世代ロボット安全性確保ガイドライン」をとりまとめた。今後は、普及や具体化に向けた取組みが求められており、技術開発と並行して安全に係るルールなどの整備を推進することで普及をより現実化させることが必要である。

MEMSの一層の実用化促進を図るため、異分野や製造設備を有していない企業でも容易にMEMSビジネスに参入できるように、MEMS用設計・解析支援システムを開発した。その成果を活用しつつ、実習を中心とした人材育成及び試作環境の充実、製造拠点（ファンドリー）強化などMEMS産業全体の競争力の維持・強化を図る。

#### 〔標準化〕

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準団体（OMG等）への提案等）を実施する。

特に、ロボットの安全基準や性能の評価基準については、過去に実施した研究開発プロジェクト等による実証データや「次世代ロボット安全性確保ガイドライン」の活用を図りつつ我が国発の国際標準としての提案について検討し、拡大するロボット市場における国際競争力の確保を目指す。

なお、これまでの研究施策の成果である、ロボット部分品の接続の共通化を目指したRTM（ロボット・テクノロジー・ミドルウェア）が、OMG（ソフトウェア技術の国際標準化団体）において、平成19年12月に標準仕様として採択されている。

MEMS技術・製品を世界市場に広く普及するために技術戦略マップに基づくMEMS標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進等の標準化活動に継続的に取り組む。

#### 6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

#### 7. 改訂履歴

- (1) 平成14年2月28日付け、21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画制定。
- (2) 平成15年3月10日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成14・02・25産局第3号）は、廃止。
- (3) 平成16年2月3日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成15・03・07産局第11号）は、廃止。
- (4) 平成17年3月31日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成16・02・03産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成18年3月31日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画（平成17・03・25産局第18号）は、廃止。
- (6) 平成19年4月2日付け制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画

- (平成18・03・31産局第7号)は、廃止。
- (7)平成14年2月28日付け、新製造技術プログラム基本計画制定。
- (8)平成15年3月10日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成14・02・25産局第6号)は、廃止。
- (9)平成16年2月3日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成15・03・07産局第9号)は、廃止。
- (10)平成17年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成16・02・03産局第11号)は廃止。
- (11)平成18年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成17・03・25産局第5号)は、廃止。
- (12)平成19年4月2日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成18・03・31産局第6号)は、廃止。
- (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。

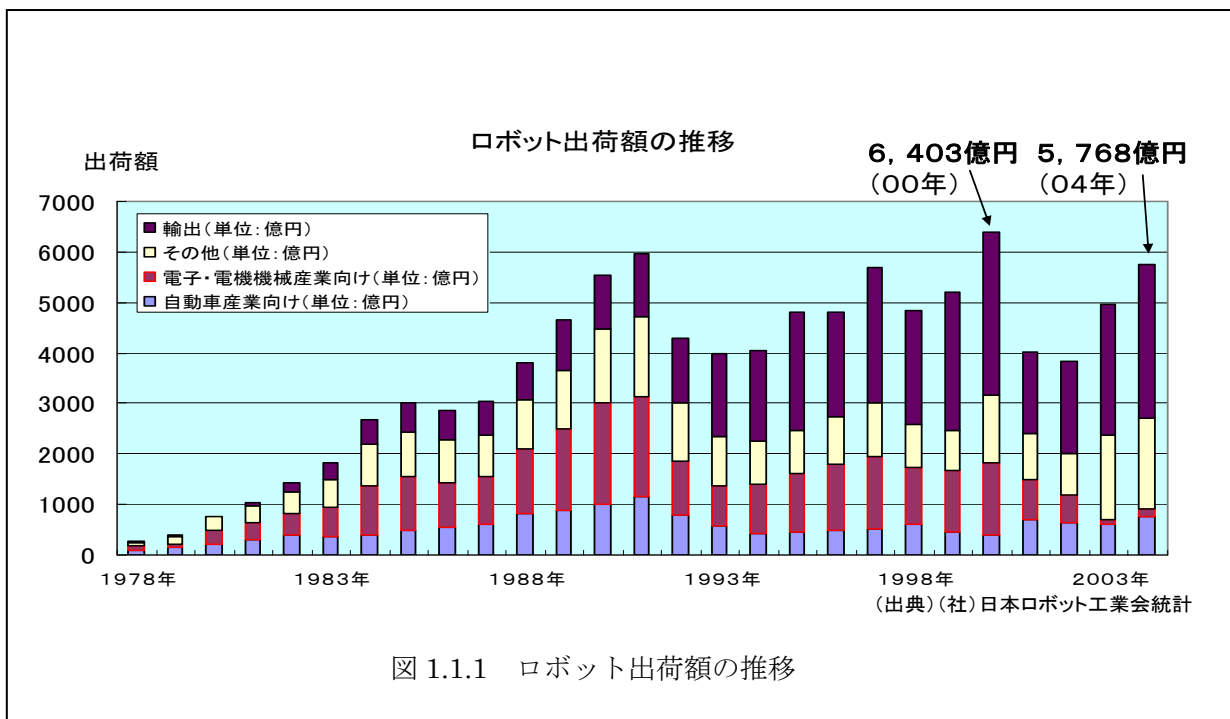
## 1. 事業の背景・必要性・目的・位置づけについて

### 1.1 事業の背景・必要性

我が国では、1980年代以降、自動車や電機・電子産業等のユーザ産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入ができた。現在、我が国は、国際的にもトップレベルのロボット技術を有するとともに、生産現場においても、全世界で稼働している産業用ロボットの約4割が日本で稼働している等、自他ともに認める「ロボット大国」といえる。ただし、1990年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた（図1.1.1）。

しかし、ロボットを巡る状況は、着実に変わりつつある。製造業においては、ロボット・セルのように、さらに高度化した産業用ロボットが生産現場に投入されつつある。また、サービス業の分野においても、2005年の愛知万博では、サービスロボットの実用化に向けた実証実験が行われるとともに、実際のビジネスにおいても、清掃ロボットや食事支援ロボット、災害復旧作業を行う遠隔操作型ロボット等の導入が進んでいる。このように、我が国のロボット産業・技術は、次の成長段階に踏みだし、まさに「第2の普及元年」の幕開けを迎えている。

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



## 1.2 政策への適合性

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

「経済成長戦略大綱」（2006年7月財政・経済一体改革会議。2007年6月改訂版を経済財政諮問会議に報告）の中で、ロボット技術は産学官連携による世界をリードする新産業群の一つとして位置づけられ、次世代ロボットの市場の拡大に向けて、サービスロボット市場の整備、ロボットの認識技術の開発等必要な取組を継続することとしている。

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

## 1.3 国のプログラムとの関連性

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

このロボット・新機械イノベーションプログラムの中で、「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」はロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とする。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。

## 1.4 事業の目的

上記解決に求められる最重要な技術課題の一つは、「知能化技術」である。特に、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が



必要である。

また、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、新たな分野で次世代ロボットを実用化するためには、高品質で高効率な新たなロボット開発手法が必要である。すなわち、次世代ロボット開発を効率化し普及を促進するためには、目や耳などのロボットの主要なパーツに加え、知能に相当する機能をモジュール化することと、これらを統合する共通基盤技術の開発することが必要であり、これらの技術を統合して生み出されるロボットのモジュール式設計手法をロボットの共通基盤として整備することが重要である。

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。）は、次世代ロボット共通基盤技術開発の一環として、RTミドルウェアの開発を行った。また、RTミドルウェアを用いた基本的ロボットの機能モジュールとして、次世代ロボット共通基盤開発プロジェクトにおいて、画像認識モジュール、音声認識モジュール、運動制御モジュールを開発してきた。

本事業では、これまでの次世代ロボット共通基盤技術開発の成果及びその課題を踏まえ、共通化・標準化の観点から、当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とする。これにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野（自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等）にも広く波及することが期待される。さらに、開発したモジュールをロボットシステムに組み込むことにより有効性の検証を行う。

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。

## 1.5 事業の位置づけ

経済産業省の発行する技術戦略マップ2009[1]にはロボットの導入シナリオとしてロボットプロジェクトのロードマップが記載されている。このロードマップに参照番号を追記したものが図1.5.1である。図中A～Dは先行用途開発を目指したプロジェクト群を示している。これらのプロジェクトはロボットが達成すべき用途を「タスク」として定義し、それに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を目的としている。

一方①～④は基盤技術開発を目的とするプロジェクト群である。これらは、お互いに関連を持った一連のプロジェクトである。ロボットの基本機能をモジュールとして部品化し再利用を促すことにより、毎度同様の開発をする必要なく高度なロボットを容易に構成可能とすることを目的とするものである。この際、重要となるのが部品の接続を支える基盤システムである。NEDO技術開発機構ではこのシステムをRTミドルウェアとして、「ロボットの開発基盤となるソフトウェア上の基盤整備」（平成14～16年度）で開発した（図

1.5.2の①)。この技術を用いて、平成17年に「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト」として、ロボットのキー技術である画像認識モジュール、音声認識モジュール、運動制御モジュールの3種を先行的に開発した(図1.5.2の②)。これらのモジュール開発の成功を受けて、今度はロボットを制御するのに必要なソフトウェアの部品(知能モジュール)をそろえることを目的として本プロジェクトを開始した(図1.5.2の③)。図1.5.2の④はさらにその先の小型センサーや小型アクチュエータを同じ接続法で部品化することを目的とした「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」である。これらのプロジェクトが完了すると、ロボットを構成可能な機能部品(モジュール)がそろい、必要なモジュールを組合わせて使用することで効率的に高性能な新ロボットを開発できる環境が整備されることとなる。

このように本プロジェクトは技術戦略マップにおける一連の基盤技術開発プロジェクト群に位置づけられるもので、ソフトウェアモジュール開発を担当する重要プロジェクトである。

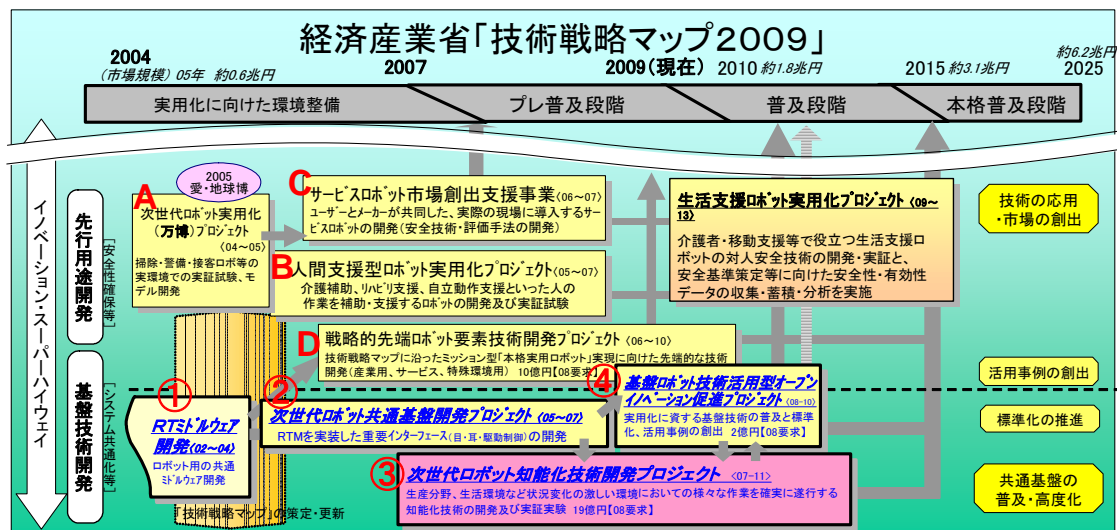


図 1.5.1 ロボット分野の導入シナリオ[1]

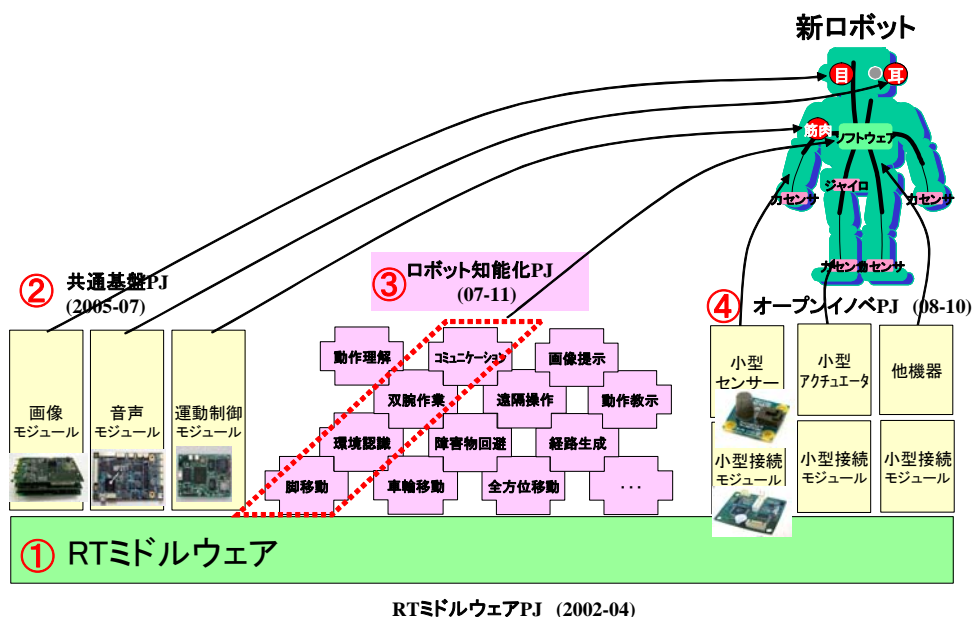


図 1.5.2 ロボット基盤技術開発に関する4プロジェクトの関係

## 1.6 NEDOの関与の必要性

### 1.6.1 NEDOが関与することの意義

本事業はロボットの活用範囲を拡大するために必要な基盤整備施策であり、公共性が高いものである。

また、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、高性能な次世代ロボットを効率的に開発するためには、根本的にロボット設計法を変化させることが必要となる。それが「21世紀におけるロボット社会創造のための技術戦略調査報告書」(社)日本機械工業連合会、(社)日本ロボット工業会(2001)に提案されたモジュール設計法である。この設計法を普及させるには、数多くの魅力的なモジュール群が選択肢としてそろっていることが必要である。しかし知能モジュール群の蓄積が少ない現状では、魅力が少ないため参入者が見込めない。参入者が少ないため、モジュール群の数量が増えないという鶏と卵の関係にある。すなわち、単独でモジュール数を増加させる事業は企業リスクが高く、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。

このため、NEDO技術開発機構が必要となる機能モジュールを開発することにより、次世代の効率的ロボット開発法を普及させることにより、新規産業創出や産業活性化が期待でき、産業政策的効果は高い。

このような環境下にあるため、本プロジェクトはNEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業であると考えられる。

### 1. 6. 2 実施の効果(費用対効果)

今までに4領域8テーマにおいて16事業者が参加し、基盤となる知能モジュール相互の接続環境と、14種の用途に対応した知能モジュール群の基本形を開発した。本プロジェクトの初年度は経済産業省の直轄事業として進められ、委託先との契約が12月～1月となったため、現在(中間評価)の時期までに実質2年間弱の開発期間しか経過していない。このような短期間であるが、その間に以下の開発を実現できている。

1. 知能モジュールを効率的に開発可能とする開発環境を実現し、開発担当実施者に提供して使用を開始している。

2. 14種の用途に応じた知能モジュール群を開発し、実ロボットで動作試験を実施。今後2年間で有効性検証を進め、実使用に耐える機能・性能を持つ知能モジュール群に改良する見通しがある。

このわずか2年間における研究開発費は47.5億円であり、1事業者あたりに換算すると、約3.0億円となる。この金額で、再利用性にすぐれた知能モジュールを開発し、そのモジュールの機能・性能を検証し改良するための実証RTシステムの開発・組み込み、複数回の実証試験を実施し、また、それらのRTシステム開発における設計環境としてのRTモジュール設計環境、シミュレータ、システム統合技術の開発、そして技術実証の際に得られた知見や技術データを蓄積・相互に利用できるデータベースなど、競争的環境における効率的・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. 研究開発マネジメントについて

### 2.1 事業目標

#### 2.1.1 研究開発目標(平成23年度最終目標)

本プロジェクトには 8 つの研究開発項目があるが、それらを総合して次の 3 項目すべてを最終目標とし、次世代ロボットシステムに必要な基盤技術を確立する。

##### ① ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

以下②にて開発する知能モジュール群を統合し、次世代ロボットシステムを事前にシミュレートし確実に実現できるロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発を行うとともに、検証用知能モジュール群及びこれを搭載するリファレンスハードウェアを研究開発し、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性の検証及び改良を行う。

##### ② モジュール型知能化技術の開発

周辺環境が変化しても所期の仕事を行うことができるロバスト性に優れ、かつ汎用性のあるモジュール型知能化技術の開発を行い、その成果である知能モジュールを実行可能なソフトウェアモジュールの形で提供（有償を含む。）する。

##### ③ 有効性の検証

上記①及び②に関し、開発した知能モジュールをロボットシステムに組み込む等により、その有効性を検証するとともに、その成果であるソフトウェアモジュールを、他者が利用（再利用）できる形で可能な限り広範囲に提供（有償を含む。）する。

#### 2.1.2 研究開発目標（平成21年度中間目標）

最終目標に対して、必要な要素技術開発の具体的な見通しを得る。なお、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発については、モジュール型知能化技術を組み込むために必要な情報を提供するとともに、基本部分の開発を完了する。

また、モジュール型知能技術の開発については、各年度末にその性能の検証・評価を受けた後に、ソフトウェアモジュールの提供（有償を含む。）を可能とし、プロジェクトの進展に資するものとする。さらに、知能モジュールを利用するために専用のデバイスが必要になる場合は、デバイスも併せて提供する。

8 つの研究開発項目ごとの最終目標及び中間目標の詳細は、基本計画（PP. 8-45）に記載のとおり。

## 2.2 研究開発項目

本プロジェクトでは以下の 8 テーマ（ロボット利用領域）の研究開発項目を設定した。研究開発項目①-1 と①-2 はすべての知能モジュールのベースとなる基盤技術開発であり、残りの 6 テーマにおいて、知能モジュールを開発する。

<p>&lt;基盤技術の開発&gt;</p> <p>研究開発項目①-1 ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発</p> <p>研究開発項目①-2 ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発</p> <p>&lt;知能モジュール群の開発&gt;</p> <p>研究開発項目② 作業知能（生産分野）の開発</p> <p>研究開発項目③ 作業知能（社会・生活分野）の開発</p> <p>研究開発項目④ 移動知能（サービス産業分野）の開発</p> <p>研究開発項目⑤ 高速移動知能（公共空間分野）の開発</p> <p>研究開発項目⑥ 移動知能（社会・生活分野）の開発</p> <p>研究開発項目⑦ コミュニケーション知能（社会・生活分野）の開発</p>
---

プロジェクト推進上、これらの8テーマを以下の4領域に整理している(図 2.2.1)。

- I. 基盤技術開発
- II. 作業領域の知能モジュール群開発
- III. 移動領域の知能モジュール群開発
- IV. コミュニケーション領域の知能モジュール群開発

<b>I. 基盤技術開発</b>	
①-1	ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発
①-2	ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発
<b>II. 作業領域の知能モジュール群開発</b>	
②	作業知能(生産分野)の開発 (次世代産業用ロボット)
③	作業知能(社会・生活分野)の開発 (介護やレストラン分野でのハンドリング)
<b>III. 移動領域の知能モジュール群開発</b>	
④	移動知能(サービス産業分野)の開発 (街やビル内の移動)
⑤	高速移動知能(公共空間分野)の開発 (車両移動)
⑥	移動知能(社会・生活分野)の開発 (搭乗用ロボット)
<b>IV. コミュニケーション領域の知能モジュール群開発</b>	
⑦	コミュニケーション知能(社会・生活分野)の開発

図 2.2.1 4領域に整理した8つの研究開発項目

## 2.3 研究開発項目ごとの研究開発目標

### 2.3.1 研究開発項目①-1:ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

#### 1. 研究開発の必要性

従来の産業用ロボットは、大量生産方式に対応する比較的単機能なものであったことから、ユーザニーズに合致したロボットについて垂直統合型の研究開発を行い事業化することが可能であった。しかしながら、生産方式の多様化への対応や製造現場以外の多種多様なサービスロボットの実用化を確たるものとするためには、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能を含む多様な知能を研究開発するだけでなく、これらの知能技術をモジュール化し再利用可能なものとするとともに、それらの統合を容易にするこれまでにない新たなフレームワークを開発し、次世代ロボットシステムの効率・効果的な開発環境を構築していく必要がある。このため、本事業では、ロボット知能化技術をR Tコンポーネントとしてモジュール化し、これらを統合してロボットの作業の計画・運用・制御を行い、かつ、次世代ロボットシステムの設計を支援するフレームワーク（ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム）を開発する。

## 2. 研究開発の具体的内容

### (1) ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

R Tコンポーネント化された知能モジュール群を統合し、次世代ロボットシステムのシミュレーション・動作生成・シナリオ生成・システム設計を行うことのできるロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発を行う。具体的には以下のとおり。

#### ①R Tコンポーネント開発支援機能

(a) ロボットシステム、知能モジュール、ハードウェアの仕様の記述方式、作業シナリオの記述方式の設計を行い、他の研究開発項目の実施者に提供する。ロボットシステムの仕様記述は、ロボットの運動学・動力学パラメータ・センサの配置・アクチュエータの配置等ロボットシステムを構築するために必要な情報を含むものとする。なお、本仕様記述方式については、他の研究開発項目の実施者と協議の上決定する。

(b) R Tコンポーネントのコード作成、デバッグ、パッケージ化等の一連の作業をシームレスに行い、知能コンポーネント・部品コンポーネントを含むR T部品コンポーネントを開発することができるR Tコンポーネントビルダ、R TコンポーネントをデバッグできるR Tコンポーネントデバッガ、及びR Tコンポーネントで構成されるネットワークの設計・デバッグができるR Tシステムエディタの開発を行う。

#### ②応用ソフトウェア開発支援機能

タイムライン・イベントに対して、R Tコンポーネント間の起動・停止・接続等、一連のシーケンスとして実行するシナリオの作成ができる作業シナリオ設計ツール、ロボットの移動・作業等の動作の作成ができる動作設計ツール、作成されたシナリオに対して、実時間制御を実行するソフトウェアの作成支援ができる実時間ソフトウェア設計ツール、及びマニピュレータ・車輪型移動ロボット・脚型移動ロボットを含む多様なロボットを対象として、運動学・動力学・視野画像のシミュレーション、距離センサ・加速度センサ・ジャイロ・力センサ・アクチュエータを含むR T部品機能のシミュレーションが行えるシミュ

レータを開発する。

### ③ロボットシステム設計支援機能

R Tコンポーネントを組み合わせて、上記ロボットシステムの仕様記述を作成できるロボットシステム構築ツールを開発する。このため、上記の知能モジュール・ハードウェア仕様記述に基づいて、R Tコンポーネントをコンテンツとする分散型データベースを管理する機能を開発する。

## (2) ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性検証

検証用知能モジュール群及びこれを搭載するリファレンスハードウェアを研究開発し、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性の検証及び改良を行う。具体的には以下のとおり。

### ①検証用知能モジュール群の開発

作業知能、移動知能、コミュニケーション知能それぞれ一つ以上含む知能モジュール群を研究開発し、R Tコンポーネント化する。開発する知能モジュール群の内容については、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能の公募内容を参考にして、研究開発項目①-1の実施者の提案に基づき決定するものとする。

### ②リファレンスハードウェアの開発

開発するR Tコンポーネントを搭載可能なリファレンスハードウェアの開発を行う。構成要素であるR Tコンポーネントはハードウェア的にもモジュール化され、R Tコンポーネントの追加・削除が容易な構成とする。研究開発用として利用するため、低コストで製造可能であることを要件とする。

### ③ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証

検証用知能モジュール群をリファレンスハードウェアシステムにR Tコンポーネントとして搭載し、ロボットシステムのシミュレーション、動作生成、シナリオ生成を行うことによりロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証を行う。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標（平成23年度）

①次世代ロボットシステムの応用ソフトウェアの開発が、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いて効率よく実施できること。

②本プロジェクトで開発される、作業知能モジュール、移動知能モジュール、コミュニケーション知能モジュールのすべてが、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームに組み込み可能となること。

③次世代ロボットシステムの設計を支援する機能が、ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム上に実現すること。



## (2) 中間目標 (平成21年度)

本研究開発項目の成果は、本プロジェクトの他の研究開発に利用される必要があるため、以下の項目を中間目標とする。

### ① R Tコンポーネント開発支援機能

(a) 本プロジェクトで開発されるすべての知能モジュールの仕様が記述可能となること。

(b) R Tコンポーネントの実装に関する専門的知識を有しないユーザが、R Tコンポーネントを効率良く開発・デバッグできる機能、R Tシステムを効率よく開発・デバッグできる機能が実現されること。

(c) 本目標の基本部分については平成20年度に達成されること。

### ② 応用ソフトウェア開発支援機能

(a) R Tコンポーネント化された作業知能モジュール、移動知能モジュール、コミュニケーション知能モジュールをそれぞれ一つ以上含む知能モジュール群について、知能ロボットシステムの運動学・動力学・視野画像のシミュレーション、動作生成、シナリオ生成が統合的に実施できること。

(b) 本目標の基本部分については平成20年度に達成されること。

### ③ ロボットシステム設計支援機能

(a) R Tコンポーネント化された知能コンポーネントと応用ソフトウェア開発支援機能を用いて、本プロジェクトで開発される検証用知能モジュール群を用いたロボットシステムが効率よく設計できるシステムを実現すること。

(b) 本目標の基本部分については、平成21年度に達成されること。

### ④ リファレンスハードウェアの開発

(a) R Tコンポーネントの集合体で構成され、各R Tコンポーネントはハードウェア的にもモジュール化され、R Tコンポーネントの追加・削除が容易であり、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能のR Tコンポーネントをそれぞれ一つ以上含むハードウェアを開発すること。

(b) また、これらの知能の一部を含むシステムとしても構成可能であること。

(c) 低コストで製造可能であること。

(d) 本目標については、平成20年度に達成されること。

### ⑤ ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証

(a) リファレンスハードウェアシステム及び構成するR Tコンポーネントの仕様が知能ロボット仕様技術方式で記述可能であり、リファレンスハードウェアシステムを構成するR Tコンポーネントの開発がR Tコンポーネント開発ツールを用いて行え、作業シナリオ、動作生成、実時間制御が応用ソフトウェア開発ツールを用いて行えること。

(b) 本目標については、平成21年度に達成されること。

## 2.3.2 研究開発項目①ー2：ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発

### 1. 研究開発の必要性

知能モジュールを他者が利用（再利用）できる形で提供するためには、適切な仕様に基づいた開発と品質試験、モジュールの有効性検証、データの蓄積、知能モジュールの再利用、実用性評価及び知能モジュール開発へのフィードバックという「知能モジュール・ライフサイクル」の効果的・効率的な工程管理及び品質管理が必要不可欠である。このため、本事業では、知能モジュール開発における最適な環境を構築する。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### （1）ロボット知能モジュールの開発体制の整備

研究開発項目②から⑦の各研究体（以下「各研究体」という。）の知能モジュール開発工程において、開発仕様等記述方式の統一化を行うとともに、知能モジュールの機能仕様書及び試験仕様書に基づいた品質試験、一元的な蓄積・管理及び提供を行うための体制を整備しつつ、再利用性の高い高品質ソフトウェア群を開発するための手法を確立する。

#### （2）ロボット知能モジュールの再利用環境の構築

提供される知能モジュールを各研究体が相互に利用し、利用者による評価を各研究体の開発工程に反映させて知能モジュールの改良を促進する環境を構築する。

### 3. 達成目標

#### （1）最終目標（平成23年度）

再利用できる知能モジュールを開発するために必要な開発手法、検証・蓄積方法等を確立し「知能モジュール・ライフサイクル」を構築する。

#### （2）中間目標（平成21年度）

各研究体が提供する知能モジュールを高品質に開発する手法の確立を行い、それらの中間目標時点までに提供される知能モジュールについて、上記2.（1）に示すロボット知能モジュールの試験、蓄積及び提供を行う。

## 2.3.3 研究開発項目②：作業知能(生産分野)の開発

### 1. 研究開発の必要性

多品種変量生産への対応として、一人の人間が複数の作業を行うセル生産方式が一つの有効な手段となっているが、少子高齢化による就業人口の減少傾向により、従来のヒト・セ

ルからロボットによるセル生産方式の実現が注目を集めつつある。しかしながら、現在のところ、微妙な位置修正を必要とする組立作業等、複雑な作業工程へのロボットの適用は進んでいない。この原因の一つとして、生産設備立上げ時におけるロボット動作の教示時間の問題があげられる。塗装等の単純な作業工程では、オフラインシミュレータにより教示時間の短縮が図られつつあるものの、部品のハンドリングや組立等、ロボットと作業対象物との物理的接触を伴う複雑な作業や、手先姿勢に強い拘束がある作業では、依然として多くの教示時間がかかっている。また、実際の生産ラインへロボットを導入するためには、長期間にわたる安定的な動作が必須であり、そのためには、作業中に一時的なエラーが発生し作業が停止した場合（チョコ停）の事前回避やエラー状態からの自動復帰が重要な課題である。このため、本事業では周囲の状況が変化しても所期の仕事を確実に遂行できる汎用的な作業知能モジュールの開発を行う。

## 2. 研究開発の具体的内容

生産分野において想定される複雑作業の実現、生産設備立上時間の短縮、人手を介さない長期にわたる作業動作の安定化を実現するため、以下に示す汎用的な作業知能モジュールの開発及びその検証を行う。なお、各知能モジュールの使用に当たっては、安全が確保されることを必須とする。

### （1）作業知能モジュール群の開発

#### ①教示支援に関する知能モジュール群

ロボット動作の教示作業において、その教示時間の短縮を実現する知能モジュール群。例えば、視覚制御のプログラミングが容易にできるようになる機能、複雑な部品の情報を容易に計算機に取り込める機能などにより、教示作業時間が短縮できること。

#### ②チョコ停対応に関する知能モジュール群

チョコ停の事前回避を実現する機能、あるいは、チョコ停発生時に把持や運搬動作の補正等によりチョコ停状態から正常状態へ自動で復帰できる機能を実現する知能モジュール群。

#### ③認識に関する知能モジュール群

上記①及び②の実現のため、作業対象物・周囲環境等の状態やロボットとの接触状態等をロボストにセンシングできる機能を実現するモジュール群。

### （2）知能モジュール群の有効性検証

ロボットシステムに、上記（1）で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を検証する。なお、実環境の実タスクでの検証が望ましいが、特段の支障がある場合には、模擬の検証システムを構築しても構わない。ただし、模擬システムでの検証は実態にあった環境下・作業で行うこと。また、当該ロボットシステムに必要とされる要素技術開発も併せて行うこととする。例えば、以下の技術開発が想定されるが、これを必要条件と

するものではない。

- ① エンドエフェクタやティーチングボックス等のデバイス。
- ② 生産設備計画ツール等のシステム技術。
- ③ 環境側へのセンサ配置や知識の分散配置等を行う環境構造化手法等。

### 3. 達成目標

#### (1) 最終目標 (平成23年度)

上記2. (1) で開発する智能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムが、以下の全事項を達成すること。

- ① 教示における作業時間が、智能モジュールを利用しない場合に比較して 1/3 以下に減少し、かつ、同一作業を繰り返すときのタクトタイムが初期状態に比べて短くなること。
- ② チョコ停を誘発する頻度が高い原因(規定外のワークの混入、位置ずらし等)を、人為的に検証システムに与えた時、チョコ停の事前回避、あるいは多少のタクトタイムの増加を伴いながらも自動復帰が実現すること。

#### (2) 中間目標 (平成21年度)

##### ① 教示支援に関する智能モジュール群

教示作業時間が従来に比べ 2/3 以下に低減されること。

##### ② チョコ停対応に関する智能モジュール群

エラー状態認識信号を擬似入力したとき、エラー状態から正常状態へ復帰すること。その際、形状(3種類以上)・材質(2種類以上)が異なる複数の作業対象物を用いて検証すること。

##### ③ 認識に関する智能モジュール群

形状・材質が異なる 10 種類の作業対象物の位置・姿勢がそれぞれ 5 秒以下でロボストに認識できること。

## 2.3.4 研究開発項目③ : 作業知能(社会・生活分野)の開発

### 1. 研究開発の必要性

少子高齢化の進展に伴い、施設で共同生活をする高齢者の増加やサービス分野における労働力不足が顕在化しつつある。これに対し、日常生活を営むための作業(片付け、取寄せ等)を支援するロボットや、サービス分野の手作業(レストランの食器の下膳、自動販売機の商品補充等)を人に代わって行うロボットの実用化が期待されている。しかしながら、対象とする作業内容・作業対象物は多種多様であり、かつ作業対象物が置かれている環境も限定されないことから、上記のニーズを満たすロボットシステムの実用化・普及は進展していない。このため、本事業では、作業内容、作業対象、及び作業環境の多様性に対応できる汎用的な作業知能モジュールを開発する。

## 2. 研究開発の具体的内容

本事業では、人間が日常生活において指示した作業を遂行するサービス産業分野及び生活支援分野で活躍が期待されるロボットに必要な作業知能モジュールの開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。なお、当該モジュールは、サービス産業分野及び生活支援分野のみではなく、他分野の知能ロボットにも利用可能な汎用性を有することとする。

### (1) 作業計画知能モジュール群の開発

#### ①作業計画に関する知能モジュール群

人から受けた指示をもとにロボットが遂行可能な作業計画を構築する機能を実現するモジュール群。作業計画を立てるために必要な情報が指示に含まれていない場合（例えば、作業対象物の置かれている場所等）は、作業対象物追跡・位置管理知能モジュール等を利用して情報を補完して計画すること。なお、指示や問い合わせは、音声認識・音声合成や持ち運びが容易な携帯端末装置の利用を推奨する。

#### ②作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群

人やロボットによる日常物の移動を監視し、対象物が置かれている位置を管理できる機能を実現するモジュール群。作業対象物を追跡する際に、環境認識センサにより得られた情報のみを利用することを推奨するが、作業対象物に電子タグ等を付加する環境構造化技術を利用してよい。また、作業対象物の特定が困難な場合には人への問い合わせをしてもよい。

### (2) 作業遂行知能モジュール群の開発

#### ①作業対象物認識に関する知能モジュール群

ロボットが日常物をマニピュレーションするために必要な情報（種類、位置、姿勢・状態等）を必要な精度で認識する機能を実現するモジュール群。作業対象物を認識する際に、環境認識センサにより得られた情報のみを利用することを推奨するが、作業対象物に電子タグ等を付加する環境構造化技術を利用してよい。また、作業対象物の特定が困難な場合には人への問い合わせをしてもよい。

#### ②対人作業に関する知能モジュール群

(i) 作業計画知能モジュールや作業対象物認識知能モジュールで得た情報に基づき、作業対象物を把持し指示された場所まで作業対象物をマニピュレーションする機能を実現するモジュール群。

(ii) マニピュレーション中に新たな作業指示（中断、停止、変更など）が出た場合は、作業計画を変更して遂行できること。

(iii) 作業対象物をマニピュレーションする場合に、その妨げとなるような物体（重なっている物や収納庫の扉等）があった場合、それを検知し回避する動作を行うこと。

(iv)作業対象物を人に手渡しする場合は、人の位置・姿勢等を計測して、人に手渡すこと。作業対象物をマニピュレーションする範囲が、ロボットのアームの動作範囲を超える場合は、ロボット本体を移動させる機構を利用することや、別のロボットと協調することにより作業を遂行すること。

### (3) 知能モジュール群の有効性検証

施設や家庭等の実際の作業環境又はそれを模した環境において、上記(1)、(2)で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムを用いて、その有効性を検証する。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標 (平成23年度)

上記2.(1)、(2)で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムが、実際の作業環境あるいはそれを模した模擬環境において、6つ以上の作業対象物に対する3つ以上の作業指示を成功率80%以上で達成すること。なお、作業環境の条件は以下のとおり。

- a. 騒音レベル：40 デシベル以上 (生活支援分野)、60 デシベル以上 (サービス産業分野)
- b. 照明条件：家庭や施設で一般的に使用されている照明器具のみを光源とすること (ロボットに光源等を搭載する場合は、この限りではない)。なお、直射日光は入らないと仮定してもよい。

### (2) 中間目標 (平成21年度)

#### ①作業計画知能モジュール群の開発

##### (a)作業計画に関する知能モジュール群

作業計画を立てる上で情報が不足している作業指示 (例えば、作業対象物の置かれている場所情報が与えられていない) を3つ以上認識し、ロボットが遂行可能な具体的な作業計画を立てること。

##### (b)作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群

作業対象物が置かれている位置を管理し、その場所 (テーブル上、収納庫内等) を提示できること。また床のように広い場所の場合、500mm 以下の精度で位置が提示できること。管理する作業対象物は6つ以上であること。

#### ②作業遂行知能モジュール群の開発

##### (a)作業対象物認識に関する知能モジュール群

距離が500mm離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に置かれた6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、マニピュレーションに必要な情報 (種類、位置・姿勢等) を認識し、提示できること。作業対象物が重なった状態で置かれている場合、一番上にあ

る作業対象物の情報を提示できること。

#### (b)対人作業に関する知能モジュール群

6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、下記のマニピュレーション機能を4つ以上実行できること。またそれらを組み合わせて、作業対象物の移動作業を行うこと。さらにマニピュレーション中に新たな作業指示（中断、停止、変更）が出た場合は、作業計画を変更し遂行できること。

(イ-1) 開放的な場所（テーブル上など）や床に置かれた作業対象物を取り上げる。

(イ-2) 開放的な場所（テーブル上など）に作業対象物を置く。

(ロ-1) 人から作業対象物を受取る（人がロボットの動作に合わせる行為が無いこと）。

(ロ-2) 人へ作業対象物を手渡す（人がロボットの動作に合わせる行為が無いこと）。

(ハ-1) 閉鎖的な場所（扉が付いた収納庫など）から作業対象物を取り出す。

(ハ-2) 閉鎖的な場所（扉が付いた収納庫など）へ作業対象物を収納する。

(ニ-1) 籠などの中にバラ積みされた作業対象物を取り出す。

(ニ-2) 籠などの中へ作業対象物を入れる。

### 2.3.5 研究開発項目④：移動知能(サービス産業分野)の研究開発

#### 1. 研究開発の必要性

少子高齢化の進展や労働力不足等の社会問題が顕在化する中、商業施設・交通施設・オフィス等、人間・障害物が混在し、かつ時間的・空間的に変動する環境において、安全かつ適切な速度で移動し、各種サービス（清掃、案内・誘導、搬送等）を提供するロボットに対して大きな期待が寄せられている。しかしながら、現在の自律移動ロボットは、誘導ガイド・ランドマーク・反射板等によって位置を同定し、予め入力した経路地図により移動しながら仕事を行っており、その活用範囲は限定的なものとなっている。

このため、本事業では、人や障害物が混在する状況において、周囲の状況が変化しても所期の仕事を確実に遂行できるロボラスト性を備えた汎用的な移動知能モジュールの開発を行う。

#### 2. 研究開発の具体的内容

人の往来や障害物が混在し複雑に変化する環境の中で、ロボット自身の位置を認識し、確実に目的地に到達するとともに、障害物や人に衝突することなく移動できる汎用的な移動知能モジュールの開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。

##### (1) 移動環境認識知能モジュール群の開発

複雑かつ変化する環境の中でロボット自身の位置を認識する知能モジュール群を開発する。

当該知能は少なくとも以下の2つのモジュール群から構成される。

①自己位置認識に関する知能モジュール群

周囲環境のセンシング結果を手がかりに、記憶している地図等の環境記述上で自己位置を認識する機能を実現するモジュール群。

②地図情報生成に関する知能モジュール群

新規環境での動作開始に至るまでの準備作業を簡便にし、物品の配置変化等にも速やかに対応するために、ロボットに搭載されたセンサ情報を用いて、移動に必要な地図等の環境記述を生成する機能を実現するモジュール群。(1) ①の自己位置認識は、ここで生成した環境記述を用いて行う機能を実現すること。

(2) 人環境安全移動知能モジュール群の開発

人が往来する環境の中で、確実に目的地に到達するとともに、障害物や人に衝突することなく移動する知能モジュール群を開発する。当該知能は少なくとも以下の3つのモジュール群から構成される。

①人・障害物認識に関する知能モジュール群

静止障害物の位置、ならびに人等の移動障害物の位置・動きを認識する機能を実現するモジュール群。

②動的経路計画に関する知能モジュール群

(a) 現在地と目的地を結ぶ経路を求め、経路から外れたり一部経路が塞がれたりしても、補正又は再計画を自動的に行いながら、目的地に到達可能な機能を実現するモジュール群。

(b) 人等の移動障害物の動きを予測し、状況に応じて、安全に回避できる機能を実現するモジュール群。

③安全移動制御に関する知能モジュール群

移動環境及びその状況に応じて、移動速度の制御を行いつつ、安全に移動可能な機能を実現するモジュール群。

(3) 知能モジュール群の有効性検証

ロボットシステムに、上記(1)、(2)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を実環境の実タスクで検証する。また、当該ロボットシステムに必要とされる要素技術の開発も併せて行うこととする。例えば、以下の技術開発が想定されるが、これを必要条件とするものではない。

①画像処理ハードウェア技術

開発する知能モジュールを移動ロボット上で実時間動作させるために必要な画像処理ハードウェア技術。

②環境構造化技術

環境側に機器等を設置することで、移動のロバスト性を高める技術。ただし、建物のデザ



インに影響を与えないこと。施工が容易であり、インフラ設置コストが内界センサ（現場での調整・試験コストも含む）に比較して安価であること。

### 3. 達成目標

#### (1) 最終目標（平成23年度）

上記2. (1) で開発する智能モジュール群をすべて搭載したロボットシステムが、人の往来する実際の公共空間における移動作業を実行し、80%以上、所期の仕事を達成すること。

#### (2) 中間目標（平成21年度）

##### ①移動環境認識智能モジュール群の開発

###### (a) 自己位置認識に関する智能モジュール群

実際の公共空間で必要となる狭隘な通路やオープンスペースを含む10種類以上の環境条件を設定し、安定に自己位置を同定できることを確認する。ただし、日光が差し込むガラス窓がある環境条件を含めること。

###### (b) 地図情報生成に関する智能モジュール群

上記(a)で設定した環境において、移動に必要な地図等の環境記述を生成できること。

##### ②人環境安全移動智能モジュール群の開発

###### (a) 人・障害物認識に関する智能モジュール群

人が0.5m/秒以下の速度で往来する実際の公共空間において、起こり得る人や障害物の状況を10ケース以上抽出し、全ケースにおいて、回避が必要な人・障害物を認識できること。

###### (b) 経路計画に関する智能モジュール群

(i) 人が往来する実際の公共空間において、10組以上の現在地・目的地を指定し、安定に経路を生成できること。

(ii) 2組以上の現在地・目的地について、経路の一部を塞いだ場合も、目的地に到達する別の経路を再計画できること。

(iii) 上記(2)①で抽出した人・障害物状況の全ケースについて、安全な回避経路を生成できること。

###### (c) 安全移動制御に関する智能モジュール群

人が往来する実際の公共空間において、路面の状況・周囲状況に応じ、スムーズな速度制御を可能とし、車体に大きな振動的運動を起こさないこと。

## 2.3.6 研究開発項目⑤：高速移動智能(公共空間分野)の開発

### 1. 研究開発の必要性

交通システムの発達によって人々の生活は便利になった一方、高齢化の進展やモビリティ

ィの増加を背景に、高齢者の身体機能低下による事故、渋滞に起因する経済損失、環境汚染等の社会的問題が顕在化している。このような問題の解決に向けて、高速移動中に瞬時に周囲状況を認識し、その情報を複数で共有・制御する技術の実用化が期待されている。かかる技術は、将来的なロボット台数の増加やロボットの移動速度の高速化等に対応するために不可欠な技術である。このため、本事業では、高速移動体（ロボット、自動車等）が瞬時に周囲環境を認識し、複数の移動体間で情報を共有し、最適な判断・制御を可能とする汎用的な高速移動知能モジュールの開発を行う。

## 2. 研究開発の具体的内容

公共空間における高速移動体が周囲状況を瞬時に認識し、複数の移動体間で情報を共有し、最適な判断・制御を可能とする汎用的かつロバストな高速移動知能モジュールの開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。

### （1）高速移動知能モジュール群の開発

#### ①交通状況認知に関する知能モジュール群

センサから取得した情報や他の移動体から伝達される知識を含めて、交通状況等周囲の状況を高速移動(100km/時)中に確実に認知することが可能な機能を実現するモジュール群。他の移動体から入手した知識には、古いものや、移動体の性能の違いによる誤差のあるものも含まれていることなどを適切に判断できること。また、認知した情報は知識として知識ベースに格納されること。

#### ②知識共有に関する知能モジュール群

知識ベースに格納された知識を、移動体同士の直接通信によって必要なときに共有できる機能を実現するモジュール群。ただし、新たな通信インフラの敷設を前提としないこと。

#### ③交通支援に関する知能モジュール群

信頼性が高い周囲状況に関する知識を操縦者に提示できる機能を実現するモジュール群。以下を要件とすること。

- (a) 交通情報の生成、統合処理が可能なこと。
- (b) 危険回避を支援できること。渋滞を回避し最適な経路の計画策定及び目的地までの移動時間と平均速度情報を生成可能なこと。

### （2）知能モジュール群の有効性検証

移動体に上記（1）で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、実環境に近い環境下でその有効性を検証する。なお、検証する移動体に求められる最低要件は以下のとおり。

- ①安全性能：人間が危険と判断した場合に、移動体の行動を制限できること。
- ②移動効率向上：通信インフラが敷設されていない地域も含め、渋滞を回避する等効率的に移動が可能なこと。

- ③全天候性：屋外での利用を想定し、全天候性を確保すること。
- ④一般性：最低3種の周囲状況に関する知識（走行路に関する知識、周囲の移動体に関する知識、自然環境に関する知識等）を獲得可能であること。
- ⑤連続稼働時間：24時間連続動作が可能であること。
- ⑥規模性：半径150mのエリアに120台の移動体が集合しているのと同等の環境において、意図した周囲状況が認知可能であること。
- ⑦移動耐性：公共空間における高速移動速度（100km/時）において、知識伝達が可能であること。
- ⑧メディア非依存性：特定の通信メディアに依存したシステムではないこと。

### 3. 達成目標

#### （1）最終目標（平成23年度）

上記2.（1）で開発する知能モジュール群をすべて搭載した移動体が、以下の全事項を達成すること。ただし、移動体は2.（2）に示す最低要件を満たすこと。

- ①半径150mのエリアに120台以上の移動体が存在する条件下で、時刻や天候、季節、場所、移動速度に適応して周囲交通状況を認知し、操縦者に提示可能なこと。また、認知した情報を移動体間で交換することによって、安全性、円滑性、環境等に関する5種以上の知識を共有可能であること。
- ②移動体が事故等を認知してから5分以内に、1km以上離れた場所に伝達可能であること。

#### （2）中間目標（平成21年度）

##### ①交通状況認知に関する知能モジュール群

地図情報の利用とともに、移動体の走行に有益な3種以上の知識（走行路に関する知識、周囲の移動体に関する知識、自然環境に関する知識等）を獲得できること。周辺状況を認知する時、大きな誤差を含むセンサ情報は、自律的に削除する機能を有すること。

##### ②知識共有に関する知能モジュール群

特定の位置で発生した情報を移動体間で共有可能であること。ランダムに知識を配信した場合と比較して、リソース消費、知識伝達時間等において有意な性能向上が認められること。また、60km/時の移動速度においても知識伝達が可能であること。

##### ③交通支援に関する知能モジュール群

信頼性が高い周囲状況に関する知識を、その知識を欲している移動体の存在位置を予測しながら、当該移動体に提供可能であること。ランダムに知識を配信した場合と比較して、リソース消費、知識伝達時間等において有意な性能向上が認められること。また、60km/時の移動速度においても知識伝達が可能であること。

## 2.3.7 研究開発項目⑥：移動知能(社会・生活分野)の開発

### 1. 研究開発の必要性

人間の行動の範囲及び自由度を拡大する移動手段として、現在は自動車や自転車が確立されているが、ショッピングセンターや娯楽施設等、これらの移動手段では対応できず、歩行が必要な環境が多く存在している。一方で、高齢化が進展するにつれ、長時間・長距離の歩行が困難となる層が拡大すると予想されることから、このような環境において活用される歩行に代替する自由度の高い移動手段として、携行可能性を備えた乗物ロボット(モビリティ・ロボット)の実用化が期待されている。このため、本事業では、人や障害物が混在する状況において、人を乗せて安全に移動する機能を実現する汎用的な移動知能モジュールの開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

人を乗せて、操縦者の指令にしたがって安全かつ自在に移動する機能を実現する汎用的な操縦移動知能モジュール群、及び自律的な走行機能を実現する汎用的な自律移動知能モジュール群の開発並びにその検証を行う。具体的には以下のとおり。

#### (1) 操縦移動知能モジュール群の開発

##### ①安定走行に関する知能モジュール群

指令値に基づく駆動力制御に加え、走行加速度や外力、未知環境等に対して自動的に姿勢を安定化する機能等基本的な移動機能群を備えているモジュール群。

##### ②障害物回避に関する知能モジュール群

外界センサを利用した障害物(人を含む)検知機能、衝突リスク見積もり機能、回避行動生成機能等、外界との衝突を避けるための回避機能群を備えているモジュール群。

##### ③操縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群

広範な利用者層に対してモビリティ・ロボットの使用を簡便にするため、習熟が不要な新しい操作インタフェースに必要な機能群を備えているモジュール群。

#### (2) 自律移動知能モジュール群の開発

##### ①自律走行に関する知能モジュール群

高精度自己位置推定、リアルタイム経路計画、操縦移動と自律移動の自然な融合機能等、操縦者不在時や操縦アシスト時を含めた自律・半自律走行に必要な機能群を備えているモジュール群。

##### ②自律帰還に関する知能モジュール群

環境地図情報や移動履歴情報等を活用し、あらかじめ指定した対象物が存在する場所に自律走行で帰還するために必要な機能群を備えているモジュール群。

### ③協調走行に関する知能モジュール群

モビリティ・ロボット間及びモビリティ・ロボットと使用者間の相対位置・方位検出機能に基づき、追従制御機能等の協調行動を行うために必要な機能群を備えているモジュール群。

#### (3) 知能モジュール群の有効性検証

モビリティ・ロボットシステムに、上記(1)、(2)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を検証する。なお、検証するロボットシステムに求められる最低要件は以下のとおり。

- (a)小型軽量化：バッテリー、駆動ユニット、躯体を含めて携行利用も可能な重量、寸法とする。
- (b)走行性能：人間の速歩程度の速度（最大10km/時）、最小航続距離2km、安全で十分な回避、最大登坂性能10度。
- (c)操作インターフェース：年少者から高齢者まで簡便に利用できること。

### 3. 達成目標

#### (1) 最終目標（平成23年度）

上記2.(1)、(2)で開発する知能モジュール群をすべて搭載したモビリティ・ロボットシステムが、長期間（3ヶ月程度）の技術実証試験において安定的に動作すること。ただし、モビリティ・ロボットシステムは2.(3)に示す最低要件を満たすこと。

#### (2) 中間目標（平成21年度）

##### ①操縦移動知能モジュール群の開発

###### (a)安定走行に関する知能モジュール群

人間が押す程度の外力に対してロバストであり、最大10度の斜面上でも安定走行を可能とすること。

###### (b)障害物回避に関する知能モジュール群

通常の歩行速度（4km/時）で接近する人を含む障害物を安全に回避できること。危険度に応じて使用者に警告を与えることができること。

###### (c)操縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群

年少者から高齢者まで簡便に利用できる操作インターフェースを実現すること。

##### ②自律移動知能モジュール群の開発

###### (a)自律走行に関する知能モジュール群

操縦者に違和感を与えることない自律走行を可能とすること。

###### (b)自律帰還に関する知能モジュール群

環境地図情報または移動履歴情報が利用可能な条件下において、あらかじめ指定した対象

物が存在する場所への自律走行での帰還を可能とすること。

#### (c)協調走行に関する知能モジュール群

モビリティ・ロボット間及びモビリティ・ロボットと利用者間の協調行動により、複数台のモビリティ・ロボットによる移動と利用者への追従を可能とすること。

### 2.3.8 研究開発項目⑦：コミュニケーション知能(社会・生活分野)の開発

#### 1. 研究開発の必要性

少子高齢化、労働力不足等の社会問題が顕在化する中、人と自然にコミュニケーションを行いながら各種サービスを提供し、国民生活の質の向上に役立つ次世代ロボットの実用化・普及が期待されている。音声認識・合成技術や画像認識技術の進歩や、愛知万博等での実証実験を背景に、ロボットの対人コミュニケーション技術は向上しているものの、いまだ限られた環境下における特定用途での実証実験レベルに留まっている。今後、デパート、遊園地、老人ホーム、学校等の公共エリアにおいて、受付、案内、見守り等を行うロボットや、家庭において家電操作支援、見守り、セキュリティ等を行うロボットを実用化・普及していくためには、ロバスト性に優れたコミュニケーション知能を開発し、多様なロボットに適用していくことが極めて重要である。このため、本事業では、周囲環境が変化しても所期の仕事を確実に遂行できる汎用的なコミュニケーション知能モジュールの開発を行う。

#### 2. 研究開発の具体的内容

サービス産業分野及び生活支援分野において活用されるロボットが、ロバストなコミュニケーション能力を獲得するために必要な汎用性を有する知能モジュール群の開発及びその検証を行う。具体的には以下のとおり。

##### (1) 環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発

###### ①環境・状況認識に関する知能モジュール群

ロボット前方の範囲内の人物の状況(人数、向き、接近等の動き)を把握すること、及びロボットと対話する相手の人数や位置を把握することが可能な機能を実現するモジュール群。

##### (2) 対話支援知能モジュール群の開発

###### ①音声認識に関する知能モジュール群

ロボットと対話しようとしている人の音声と周囲雑音を分離し、騒がしい環境であっても、子供や高齢者を含む対象者の音声を認識することが可能である機能を実現するモジュール群。

## ②音声合成に関する知能モジュール群

対話すべき内容が与えられたとき、周囲環境や子供や高齢者を含む対象者の属性に応じて、適切な話し方で、聞き取りやすい発話を行うことを可能とする機能を実現するモジュール群。

## ③行動理解に関する知能モジュール群

以下の機能を実現するモジュール群。

- (a)人の身振りや仕草の認識により、人の指示や意図を理解する機能。
- (b)人の表情や非言語の発声の認識により、人の理解度や感情を認識する機能。
- (c)ロボットの形状や仕草により、人に適切に情報やロボットの状況を伝える機能。

## (3) 対話制御知能モジュール群の開発

### ①対話コンテンツ管理に関する知能モジュール群

ロボットの機能・用途に応じて予め準備された多数の対話コンテンツを保持・管理し、対話者の属性や状況に応じて適切な対話コンテンツを選択することが可能な機能を実現するモジュール群。

### ②対話制御に関する知能モジュール群

以下の機能を実現するモジュール群。

- (a)対話者の反応や状況に応じて対話の流れを切り替えながら、対話フローを制御し、対話タスク(ある目的を達成するための対話コンテンツの実行)を実現することが可能な機能。
- (b)複数の人物が話しかけてきたときに複数の人物からの話しかけであることを検出し、少なくとも1人の人物との対話を継続できる機能。

## (4) 対話管理等知能モジュール群の開発

### ①対話対象同定に関する知能モジュール群

顔認識等による人物同定機能や、対話しながら随時顔等を記憶することのできる人物登録機能を実現するモジュール群。

### ②対話履歴管理に関する知能モジュール群

対話対象人物毎の情報やコミュニケーションの履歴を蓄積・管理して、同じ内容を繰り返さない、興味のある話題を提供する等、履歴から得られた知識・情報を対話内容に反映することが可能な機能を実現するモジュール群。

## (5) 知能モジュール群の有効性検証

ロボットシステムに上記(1)～(4)で開発する知能モジュール群をすべて搭載し、その有効性を実環境の実タスクで検証する。また、当該ロボットシステムに必要な要素技術の開発も併せて行うこととする。例えば、以下の技術開発が想定されるが、これを必要条件とするものではない。

### ①環境・状況・対象認識知能技術

- (a)近傍の人物全員を追跡し、新しく人物が登場したこと、ある人物がいなくなったこと、一度対話した人物との対話の再開であること等が認識できる技術。
- (b)環境を構造化することにより、ロボットが環境・状況・対象を認識することを助ける技術。
- (c)対話中の人の顔、音声、体型その他の特徴から、年齢、属性を推定する技術。
- (d)近傍に複数の人物がいる場合、人物の音声の方向、口の動き等から、ロボットに話しかけられている状況であること及びその人物を特定する技術。

### ②対話支援知能技術

- (a)音声認識において、多様な言い回し・表現や方言に対応する技術。
- (b)音声認識において、ロボットが発話中や動作中であっても、対話者の音声を認識する技術。
- (c)音声認識において、複数の対話者が同時に話しかけた場合でも、それを適切に選別ないしは同時に認識する技術。
- (d)音声合成において、感情を込めた発声を可能にする技術。
- (e)音声合成において、多様な音声を低コストで開発することを可能にする技術。
- (f)ロボットが、話す内容に応じて自動的に適切な仕草を生成することを可能にする技術。
- (g)身振り、仕草を用いたコミュニケーション技術。

### ③対話制御知能技術

- (a)周囲に、対話妨害者（タスクの遂行を阻害する子供等）がいる場合でもタスク遂行が可能な対話制御技術。
- (b)複数の人物がロボットと対話しようとするときに、複数の人物と同時に対話を進めることのできる対話制御技術。
- (c)対話履歴管理モジュールにおいて、内容の履歴だけではなく、対象者の発話の特徴（声の質、明瞭さ、方言）等を記憶して、認識の成功率を高める技術。
- (d)予めコンテンツとして準備されたタスクだけではなく、言語・非言語のインタラクションを自動的に生成し実行する技術。
- (e)対話内容がユーザに伝わっていないことを検出して表現手段と変更することや、ユーザの発話が認識できないときに、適切に聞きなおしたりすることのできる対話エラーリカバリ技術。
- (f)外部のコンテンツ管理サーバと連携し、随時新しいコンテンツを獲得することにより、対話の内容を変化させ、ロボットへの興味を持続させる技術。

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標（平成23年度）

上記2. (1)～(4)で開発する知能モジュール群をすべて搭載したロボットシステム



が、3種類以上の実用的なコミュニケーションのタスクを実行し、成功率70%以上のタスク達成率と、70%以上のユーザ満足度を得ること。なお、実行するタスクには、(a-1)、(a-2)の少なくとも一つ及び(b)のタスクを含むこととする。

(a-1)サービス産業分野向けを対象とする研究開発の場合は、BGMや人の話し声が聞こえる、一般的な騒がしさのスーパー等の商業施設において、顧客からの商品に関する質問の聞き取りや商品説明を行う対話が実行できること。

(a-2)生活支援分野向けを対象とする研究開発の場合、テレビのついた状態のリビングで高齢者と対話して、ビデオの制御や録画・再生をアシストすることができること。

(b)タスク内での対話内容と対話対象を組み合わせたバリエーションは、少なくとも200以上とする。バリエーションとは、例えば、「テレビをつけて」「エアコンの温度を20度にして」等の指示の種類を指す。

## (2) 中間目標 (平成21年度)

### ① 環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発

#### (a)環境・状況認識に関する知能モジュール群

ロボットの前方5m以内の人物の配置が70%以上の精度で検出できること。

### ② 対話支援知能モジュール群の開発

#### (a)音声認識に関する知能モジュール群

BGMが聞こえるスーパーや、TVがついているリビング等の実用的な環境において、子供や高齢者を含む不特定話者の音声を70%以上の精度で認識できること。

#### (b)音声合成に関する知能モジュール群

子供や高齢者を含む不特定の相手とのコミュニケーションにおいて、70%以上の精度で内容が伝達できること。

#### (c)行動理解に関する知能モジュール群

「人の身振りや仕草の認識により、人の指示や意図を理解する技術」「人の表情や非言語の発声の認識により、人の理解度や感情を認識する技術」について、それぞれ少なくとも3種類の要素(例えば、3種類の身振り、3種類の表情等)の認識技術を開発し、実用的なロボットタスクの実証実験において、その効果を実証すること。また、「ロボットの形状や仕草により、人に適切に情報やロボットの状況を伝える技術」に関しては、仕草を伴うことの効果を、ユーザへのアンケートで実証すること。

### ③ 対話制御知能モジュール群の開発

#### (a)対話コンテンツ管理に関する知能モジュール群

200以上の対話コンテンツを格納でき、また状況に応じて対話コンテンツを選択する機能を有すること。

#### (b)対話制御に関する知能モジュール群

選択された対話コンテンツのフローを制御し、初心者ユーザに対して70%以上の成功率で

タスクを達成できること。

④ 対話管理等知能モジュール群の開発

(a)対話対象同定に関する知能モジュール群

100人を対象に80%以上の精度で人物を同定できること。

(b)対話履歴管理に関する知能モジュール群

100人以上の対話履歴を管理し、その履歴から得られた情報を対話に反映する機能を有すること。

## 2.4 研究開発計画

ロボットの機能部品である知能モジュールの開発と、その開発環境であるロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発は同時並行で行われる。したがって、開発用ツールの開発とそれを用いた設計が同時に行われることになる。この矛盾を解決するため、平成20年度までの各年毎の実現形態は各社の個別対応とするが、平成21年度以降はロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いた実現とした。また、プロジェクト期間の後半である平成22年度以降の研究計画においては、その研究開発の中心を、知能モジュール群の統合に移し、知能モジュールの高度化を図りつつ、その提供に注力するようにすることとした。

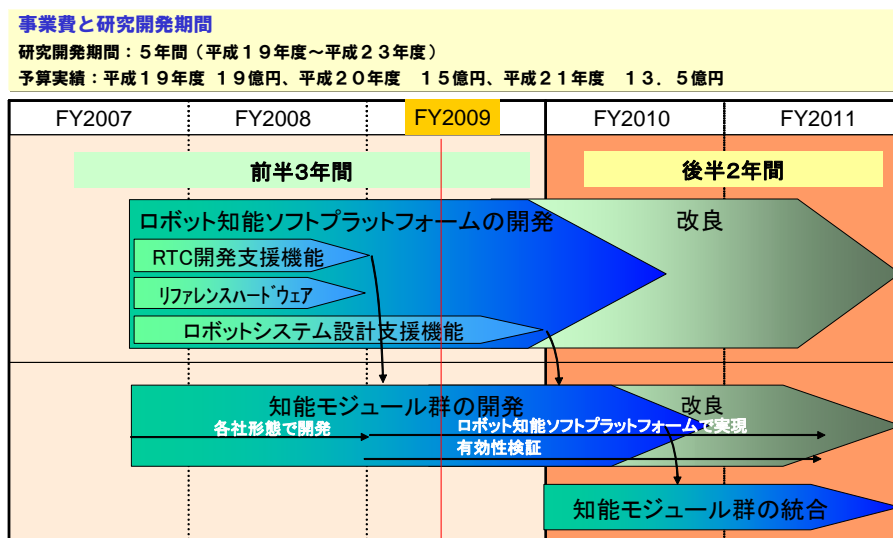


図2.4.1 研究開発スケジュール

これらの開発スケジュールと開発予算の推移を表2.4.1に示す。

		'07	'08	'09	'10	'11	合計
①-1	ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発（1事業体）						
①-2	ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発（1事業体）						
②	作業知能（生産分野）の開発（2事業）						
③	作業知能（社会・生活分野）の開発（2）						
④	移動知能（サービス産業分野）の開発（5事業体）						
⑤	高速移動知能（公共空間分野）の開発（1事業体）						
⑥	移動知能（社会・生活分野）の開発（2）						
⑦	コミュニケーション知能（社会・生活分野）の開発（2事業体）						
開発予算	一般会計	1900	1500	1350	(1350)	(1350)	(7450)
	特別会計	0	0	0			0
	合計	1,900	1,500	1,350	(1350)	(1350)	(7450)

表2.4.1 研究開発計画と開発予算

## 2.5 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（事業体）を公募によって、原則として研究開発項目毎に複数選定の上、実施した（図 2.5.1）。

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）を中心とし4つの設定領域毎に責任者（リーダー）を置き、それぞれの領域ごとの整理やマイルストンの設定等によるマネジメントの下に事業体毎に研究開発を実施する方式を採用した（図 2.5.2）。

プロジェクトリーダーについては国立大学法人東京大学 佐藤知正教授に依頼した。また、開発した知能モジュールの相互利用を推進する体制として再利用WGを設置し、委員長として独立行政法人産業技術総合研究所 平井成興部門長（現：千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター副所長）に依頼し、実用的な知能モジュールを研究開発可能な体制とした。

また、事業体毎に中心とする役割を設定して図 2.5.3 に示す体制とした。すなわち、事業体を技術開発を中心とする役割を担当するグループと開発した知能モジュールを応用検証する役割を中心とするグループに分け、相互に連携しながら汎用的で実用的な知能モジュールを開発することを目指した。また、特徴的な技術を持つ実施者は各研究開発項目の一部の技術だけを開発する役割とし、専門的な知能モジュールを蓄積できる体制とした。

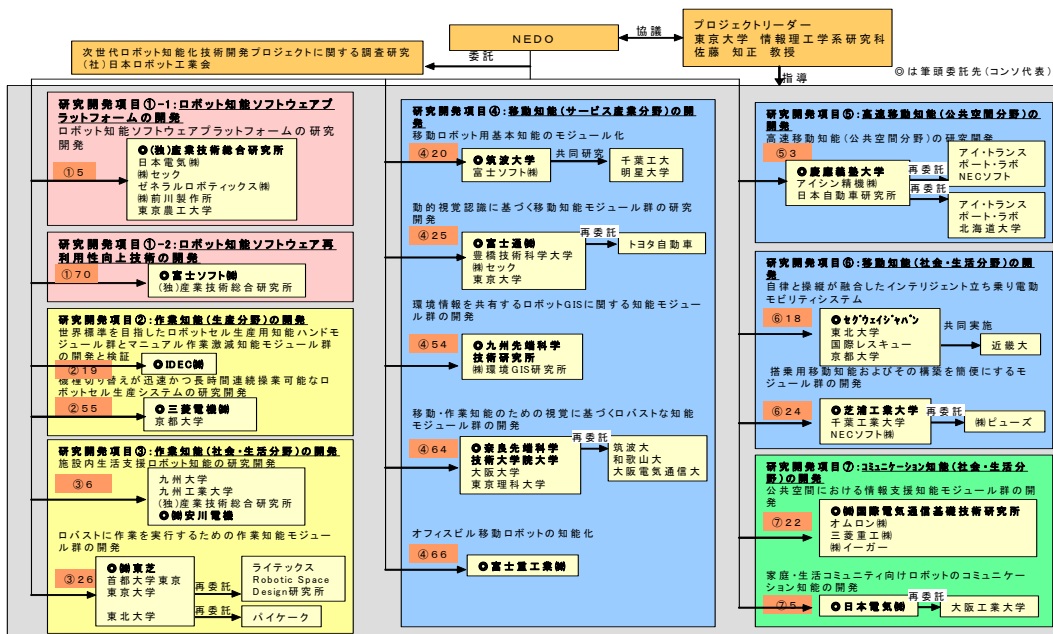


図 2.5.1 研究開発実施体制の全体図

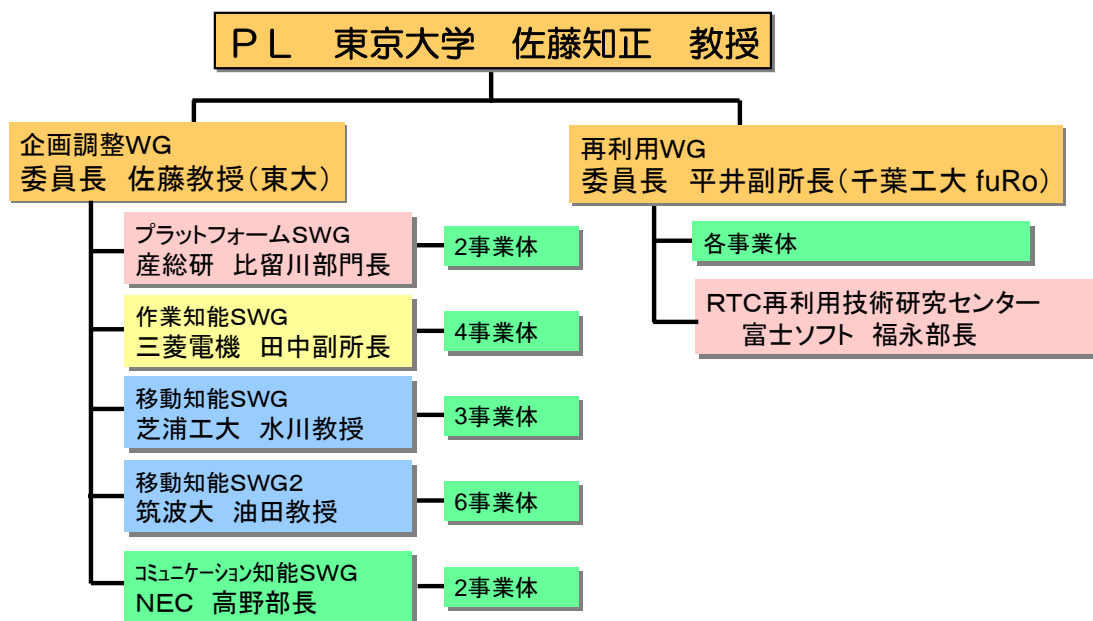


図 2.5.2 研究開発実施体制の骨格

研究開発項目(個別テーマ)	技術開発期待 (提供を中心)	応用開発期待 (事業化能力)	応用検証期待 (利用を中心)	専門技術期待 (ベンチャー能力)
①-1ロボット知能ソフトウェア プラットフォームの開発	産総研Gr	-	-	-
①-2ロボット知能ソフトウェア 再利用性向上技術の開発	富士ソフトGr	-	-	-
② 作業知能(生産分野)の開発	IDEC Gr	三菱電機Gr		IDEC・Gr
③ 作業知能(社会・生活分 野)の開発	安川電機Gr (介護) 東芝Gr (レストラン)			-
④ 移動知能(サービス産業分 野)の開発	筑波大学Gr	富士通Gr	奈良先大Gr 富士重工Gr	九州先端科学 技術研Gr
⑤ 高速移動知能(公共空間 分野)の開発	慶応大Gr			-
⑥ 移動知能(社会・生活分 野)の開発	芝浦工大Gr	セグウェイジャパンGr		-
⑦ コミュニケーション知能(社 会・生活分野)の開発	ATRGr	日本電気Gr		-

図 2.5.3 プロジェクトの実施体制

## 2.6 研究の運営管理

本プロジェクトの運営に際しては以下の工夫を加え、効率的に実働的智能モジュールの開発が行えるようにした。

### 2.6.1 応用を見据えたモジュールの開発

智能モジュールは基本的にソフトウェアであるため、機能・性能・進捗が見えにくい。また、現実のロボットをロバストに制御できることの確認が難しい。このため、事業体ごとに「設定ゴール」を設定した。このゴールを実現できる智能モジュールを開発することとし、ゴールに向けた有効性検証を行うことで、智能モジュールの品質や機能を確認することとした。以下に「設定ゴール」の概要を示す。

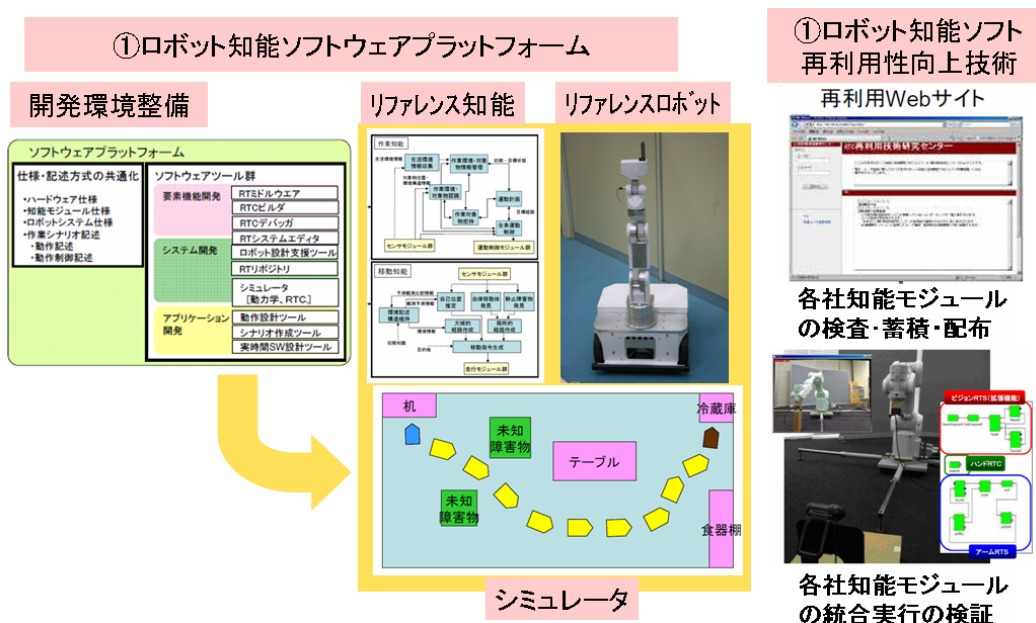
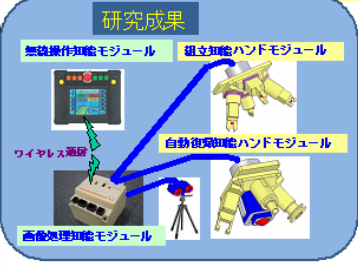


図 2.6.1.1 <基盤技術の開発>領域の開発内容

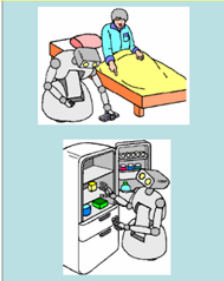
②三菱電機 ロボットセル



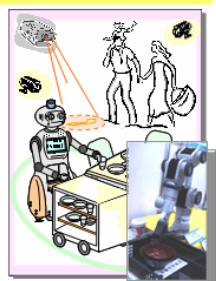
②IDEC セル生産ハンド



③安川電機 施設内生活支援ロボット



③東芝 テーブル片付作業



④筑波大 移動ロボット用基本機能



④富士通 商用施設 混雑環境移動ロボット



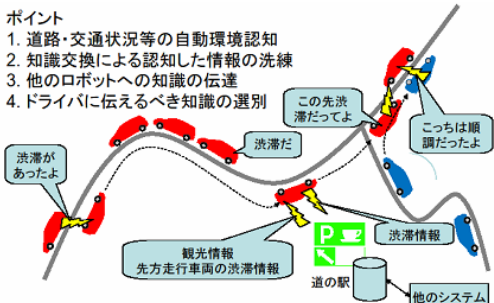
④奈良先端大 移動作業ロボット 対人追従、指示物体の認識・把持



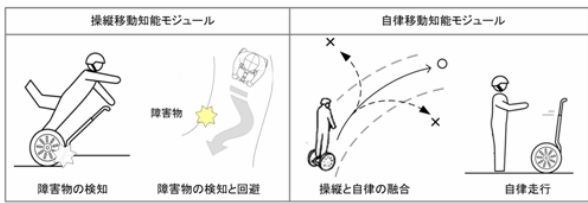
④富士重工 清掃ロボット



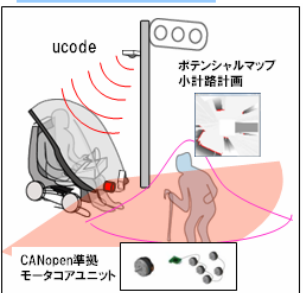
⑤慶応大 道路・交通状況の群共有



⑥セグウェイ 立乗りモビリティ



⑥芝浦工大Gr 搭乗用移動知能



⑥ATR ショッピングモールロボ



⑥NEC 家庭・生活コミュニティ向けロボ



図 2.6.1.2 事業者ごとに設定した「設定ゴール」の内容

## 2.6.2 運営方式

PLAN-DO-SEEに基づいた日常的なきめ細かな運営を行い、再利用性を持った効果的な知能モジュールを開発できるように努めた（表 2.6.2.1）。推進委員会はプロジェクト全体の方向性を検討する場であり、プロジェクトの進捗とPLの運営方針をNEDOと有識者により検討する場である。企画調整WGは、実施者の全員が出席する会議であり、PLがプロジェクトの進捗を把握し、またPLから実施者に指導・伝達を行う場である。このWGは毎月行うことで、目に見えにくいソフトウェアの開発と相互利用性や再利用性を実現するという難しい開発内容に対して、きめ細かな運営を行っている。実施者の開発状況を把握するために、進捗ヒアリング、進捗確認シート、サイトビジットを行っている。進捗ヒアリングはPLに対し実施者が開発状況を口頭発表する場であり、質疑応答を通してPLが今後の研究開発の実施内容等を指示する。進捗確認シートは推進状況を指定した表に記入させ、PLとNEDOが確認するためのもので、評価の記入も行う。サイトビジットは実施者の実験室にPLや有識者が訪問して実物の確認討論を行う場である。さらに本プロジェクトでは、開発の促進と相互理解のために「先行発表」を行った。これは、各事業者の「設定ゴール」に向けたロボット実証を、相互にデモ・見学する場を作ることによりノウハウの共有と相互利用を促進することを目的としたものである。

	項目	説明	回数	状況
計画・運営	推進委員会	PL,NEDO,有識者による運営方針会議	開催1回（毎年）	
	企画調整WG（実施者全体会議）	PLが実施者の進捗を把握し、指導・伝達	開催15回（毎月）	
確認・指示	進捗ヒアリング	委託先が発表。進捗を確認し指導する場	開催3回（半年毎）	 
	進捗確認シート	3ヵ月毎の書類確認	確認4回（四半期毎）のべ248ページ	
	サイトビジット	委託先を訪問し進捗チェック	のべ6回（随時）	
促進	先行発表・検証デモ	委託先のロボット動作による進捗確認。	開催1回	

表 2.6.2.1 本プロジェクトの運営体制

本プロジェクトは16事業者という規模の大きいものであり、そのままでは相互の意思疎通が密にならないことから、開発する知能モジュールの相互接続に問題が起こる恐れがあった。このため、知能モジュールの粒度やインタフェースを関連領域ごとに検討を行えるように以下のサブWGを構成し、連携を実施しやすい体制を構築した（図 2.6.2.2）。サブ



WGの主査の下で密に連携し、共通問題や共通フレームワークの検討や相互接続や交換性の実現のために連携開発が行える体制とした。

研究開発項目(個別テーマ)	サブWG名	WG主査
①-1 知能ソフトウェアプラットフォーム	プラットフォームサブWG	産総研 比留川部門長
①-2 知能ソフトウェア再利用性向上技術		
② 作業知能(生産分野)の開発	作業サブWG	三菱電機 田中副所長
③ 作業知能(社会・生活分野)の開発		
④ 移動知能(サービス産業分野)の開発	移動サブWG(1)(2)	芝浦工大 水川教授 筑波大学 油田教授
⑤ 高速移動知能(公共空間分野)の開発		
⑥ 移動知能(社会・生活分野)の開発		
⑦ コミュニケーション知能(社会・生活分野)の開発	コミュニケーションサブWG	日本電気 高野部長

図 2.6.2.2 領域ごとに設定したサブWG

## 2.7 情勢変化への対応

本プロジェクトの運営に際し、環境・状況にして次のような対応を行った。

### 2.7.1 柔軟な体制変更（応募状況に対応した追加公募）

公募採択時、応募者から審査により採択を行ったが、当初の目論見とは異なり、応募者は知能モジュールの開発者ばかりで他人の開発した知能モジュールを利用する内容の応募は含まれなかった。このため、採択者は自社のモジュールを開発する事業者ばかりとなった。これでは異種モジュールの統合使用の確認や、他用途利用の確認ができない。

この情勢に対応するため、他社モジュールを含めた知能モジュールを幅広く使用し、モジュール応用を中心とした実施者を追加公募した。この結果、3社を採択した（2007年7月）。この追加公募の実施者は他者モジュールを率先して使用して検証を行い、評価をフィードバックして改良促進を行うことを任務とした。

### 2.7.2 柔軟な体制変更（再利用体制の設置）

本プロジェクトでは知能モジュールを開発し、自社・他社の知能モジュールを利用して有効性検証を行い知能モジュールを改良していくことを期待している。しかし、当初は知能モジュールを開発する事業者と応用検証を行う事業者は存在したが、利用を支援する体制がなかった。たとえば、知能モジュールの貸し借りをを行うには当事者同士が相談する必要があり、ノウハウもばらばらに存在する状態であった。

この状態を打破するため、基本計画を変更し、他者モジュールの利用を主体的に先導する体制を新設した（2008年10月）。この新しい体制（研究開発項目①-2）は、開発し

た知能モジュールを一元的に蓄積し、ノウハウや貸与の問題を集中して扱う方法を研究開発する。知能モジュールを蓄積する際には説明書と動作を確認することとし、基本的な品質を確保できるようにした。また、蓄積した知能モジュールの一覧性、サポート、試用、提供契約の管理体制問題等を解決する体制とした。

また、研究開発の途上、有効性検証として知能モジュールを組合わせて使用することが求められるが、さまざまな事業者が独自のロボットを利用している状態では使用上の知識が分散してしまう欠点が明らかになった。このため、実証用ロボットを常備するRTC再利用技術研究センターを開設した（2009年1月）。このセンターでは、開発した知能モジュールの受入れに際する検品、異種知能モジュールの組合わせ使用の実証実験、モジュール単位の交換性検証、典型的応用例（リファレンスタスク）による知能モジュールの実用性検証等を行う。

### 2.7.3 統一したフレームのモジュールのためのリファレンスモデルの設定

当初、事業者ごとに知能モジュールを開発していたため、同じ移動関連のモジュール開発者であっても、知能モジュールの粒度やインタフェース等の統一性がなく知能モジュールとしての形態がさまざまなものができてしまった。再利用性・交換性を確保するためにはある程度のモデル化が必要である。

これに対処するため、サブWGごとに「リファレンスモデル」を設定することとした。これは、各領域の知能モジュールの接続モデルを設定し、これに沿って知能モジュールを開発することで、インタフェース等の統一性を図るものである。すなわち、リファレンスモデルがモジュールの設計規範となり再利用性を向上させる。

さらに、リファレンスタスクを設定した。これは、サブWGごとに統一した典型的使用例である。各事業体は各自の「設定ゴール」は擁するが、共通した動作目標がないため、「設定ゴール」以外の動作に十分な性能を持つか検証できなかったためである。各事業体が開発する知能モジュールを「設定ゴール」以外にリファレンスタスクでも動作することを確認することで、その知能モジュールの汎用性が確保できるようになった。

### 2.7.4 成果評価と研究開発加速(予算再配分)

本プロジェクトでは評価に応じて能動的に予算の再配分を行った。事業者の評価に当たっては、2.5.2章の評価手法を使用し、研究開発の進捗度、再利用状況、知能モジュールの提供等のプロジェクトへの貢献度等の観点からPLを中心とする評価グループにより行った。予算は年度当初には全額は配布せず、秋に残予算を配布することで内部加速の形式をとることで、年に2回の評価を行っている。表2.6.4.1に予算の再配分状況を示した。プロジェクトがNEDOに移管された後、半年ごとに評価と予算配分の再検討を行っている。

さらに、初年度の経済産業省直轄を終了した時点では、契約して間もないもないこともあ

り事業体の評価を行うには時間的余裕がなかった。このため、NEDOに移管された平成20年4月には各事業体ごとに予算を前年の50%だけ暫定配布し、半年後の平成20年10月に事業体評価とその結果に従って研究開発項目の重点化として事業者ごとに予算額を決定した。

今後も機動的な研究開発の運営を行いたい。

時期	対象	額(単位百万円)	目的	成果
平成20年4月	①-2	40.0	再利用推進グループの新設。 <b>状況対応</b>	知能モジュールの利用促進のための検査、蓄積体制を確立
平成20年4月	全実施者	前年予算額の50%配布。	成果が未評価のため、評価決定まで配布延期	
平成20年10月	全実施者	評価に従い残額を配布	研究開発項目の重点化。 <b>予算再配分</b>	高い成果の研究体の開発促進。
平成20年11月	①-2	30.0	再利用技術研究センター開設。 <b>状況対応</b>	知能モジュール試験実証環境を整備した。
平成21年4月	全実施者	評価に従い予算配布	研究開発項目の重点化。 <b>予算再配分</b>	高い成果の研究体の開発促進。

表 2.7.4.1 能動的な予算再配分

### 3. 研究開発成果

#### 3.1 研究開発の成果および中間目標の達成度

##### 3.1.1 全体総括

各事業体が中間目標とした知能モジュールを開発し、実証タスク(ミッション)を想定した実証デモを用いて機能・性能の検証を実施した。研究開発目標に対応させた成果を表 3.1.1.1 に示す。達成度は、一部のテーマで未達成があるが、概ね目標達成と評価した。

開発項目	研究開発目標 最終目標(平成23年度)	中間目標	成果	達成度
①ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	<b>1.研究開発</b> ●知能モジュール群を統合可能 ●ロボットシステムをシミュレート可能 <b>2.有効性の検証及び改良</b> ●検証用知能モジュール群を開発 ●リファレンスハードウェアを開発	1.最終目標達成に必要な要素技術開発の <b>具体的な見通しを得る</b> 2.知能モジュールの統合に必要な情報を提供する 3. <b>基本部分の開発を完了する</b>	RTコンポーネント開発支援機能、応用ソフトウェア支援機能、ロボットシステム設計支援機能を <b>開発</b> しEclipseに統合。リファレンスハードウェアを開発し検証用知能を搭載して <b>先行デモで実証</b> 。	◎
②モジュール型知能化技術の開発	<b>1.モジュール型知能化技術の開発</b> ●環境変化に対応可能なロバスト性を有する ●用途が広く、利用が容易 ●他者に提供 ●成果(知能モジュール)を実行可能なソフトウェアモジュールの形で提供	1.最終目標に対して、必要な要素技術開発の <b>具体的な見通しを得る</b> 2.各年度末に性能の検証・評価を受け、 <b>ソフトウェアモジュールの提供</b> を可能とする。	14の開発テーマのうち、8テーマにおいてはすでに個別 <b>中間目標を達成した</b> 。また、5テーマは今年度中達成の見込みである。 <b>1テーマはほぼ達成の見込み</b> であり、早期に挽回が可能。	○
③有効性の検証	<b>1.①及び②の技術の有効性検証</b> ●テーマごとに応用目標を決め、ロボットシステムで試験し、実環境の使用に耐えることを検証する。 <b>2.可能な限り広範囲に提供</b> ●ソフトウェアモジュールとして ●他者が利用(再利用)できる形	1.最終目標に対して、必要な要素技術開発の <b>具体的な見通しを得る</b>	●検証用知能モジュール群をRTコンポーネント開発ツールを用いて開発し、仕様記述方式で記述可能なことを <b>検証済</b> 。 ●先行発表でロボットで <b>検証</b> 。 ●プロジェクト内で <b>相互提供</b> 。	◎

表 3.1.1.1 研究開発の成果

このプロジェクトの最終目標は知能モジュールを開発して蓄積し、機能・性能を検証し、提供することである。まず、知能モジュールの開発数を評価した(表 3.1.1.2)。本プロジェクトで総計320の知能モジュールの開発を予定しており、そのうち105モジュールが出来上がった。残りの約半数は現在開発中、あるいは検証中であり、最終年度にはすべての知能モジュールが完成できる。開発したモジュールの多くは16種の実証用ロボットシステムに格納して機能・性能を検証した。

開発したモジュール数					カタログ数
H19	H20	H21実績	今後予定	合計	H21現在
48	57	63	152	320	136
168					

表 3.1.1.2 開発した知能モジュールの総数

提供に関して表 3.1.1.3 にまとめた。これは、各事業体が提供の要望を受けたモジュールの延べ数

のうち技術領域間にまたがるものである。技術領域内での事業者間の知能モジュールの相互使用は経常的に行われているため、表には含めていない。知能モジュールの相互使用を図にしたのが図3.1.1.4である。技術領域間においても知能モジュールの相互利用が複数開始しており、今後の活発な分野外使用と評価・改良が期待できる。

利用希望モジュール(提供元) のべ数			
基盤	作業	移動	コミュニケーション
10	18	38	6

表 3.1.1.3 利用の希望のあった知能モジュールの延べ数

研究開発成果:提供

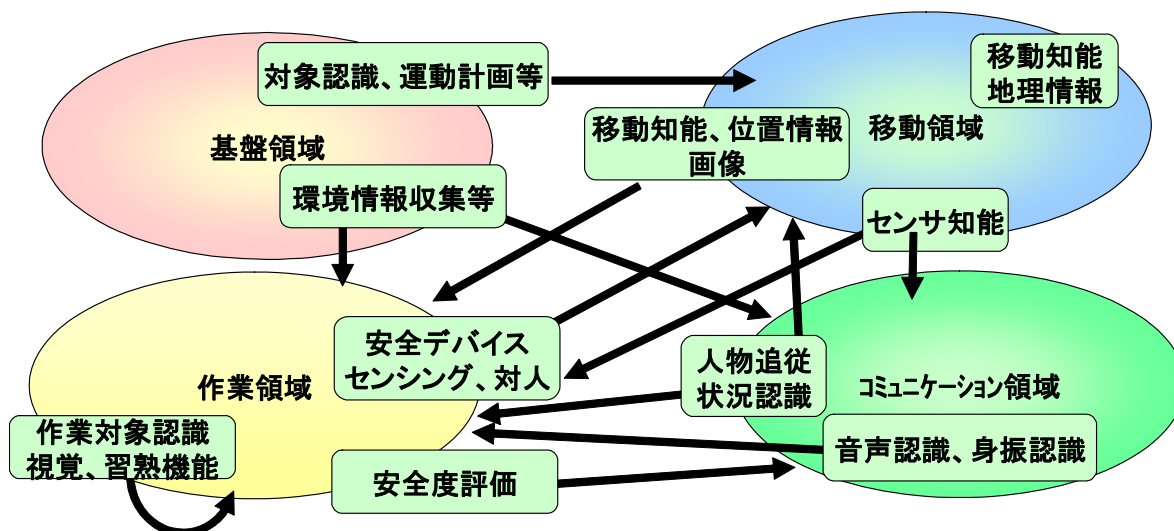


図 3.1.1.4 利用希望モジュールの相互関係

### 3. 1. 2 ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発分野における研究開発成果

(1)開発したソフトウェアプラットフォームおよびモジュール群

1) ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム開発

①RTコンポーネント開発支援機能

(a) RTシステムに関する仕様記述方式

(a-1) RTコンポーネントに基づくRTシステムの構成を記述するための、ロボットシステム仕様記述方式 (RTSPProfile Specification) 第0.2版をプロジェクト参加組織からの意見・要望などを基に作成し、公開を行った。同時に本仕様記述方式に準拠したシステム設計ツール: RTシステムエディタを開発し、仕様の整合性、妥当性を検証した。

(a-2) 知能モジュール等のメタ情報を含むデータ構造を記述するための知能モジ

ール仕様記述方式 (RTCProfile Specification) 第 0.2 版を、プロジェクト参加組織からの意見・要望を基に第 0.2 版を作成し、公開した。同時に新たな仕様記述方式に準拠した R T コンポーネント設計ツール：R T コンポーネントビルダを開発し、仕様の整合性、妥当性を検証した。

(a-3) ハードウェア仕様記述方式として、プラットフォーム非依存モデルおよび XML 形式でのプラットフォーム依存モデルの草案 0.2 を策定した。その後、同様のメカトロシステムを記述する言語として Modelica という言語が存在し、CAD システムの CATIA 等で使用されていることが判明したため、Modelica の調査と仕様記述の再検討を行った。

(a-4) 作業シナリオ仕様記述方式として、比較的抽象度の低いデータである動作軌道データの記述方式として動作記述仕様およびロボットの動作制御記述仕様の策定を行った。動作記述仕様は、記述の読みやすさ、プログラミング時の扱いやすさ、処理効率等を考慮し、YAML ベースの動作軌道データ記述としての策定を行った。また、ロボットの動作制御記述方式として、作業シナリオ実行系が使役対象の R T コンポーネントを使役するためにポート間でやりとりするメッセージの形式を定義したシナリオメッセージ規約およびメッセージの上に積載される対象 R T コンポーネントへの命令、対象 R T コンポーネントからの結果出力、を形式記述するためのメタ言語を定義したワーカ定義規約を作成した。

(b) R T コンポーネントのコード作成、デバッグ、パッケージ化等の一連の作業をシームレスに行うための R T コンポーネントビルダ、R T システムエディタ、R T コンポーネントデバッグの開発を行い、プロジェクト参加組織へ公開した。

(b-1) R T コンポーネントビルダは、知能コンポーネントに必要な設定項目を入力することで、各種言語に対するソースコードを自動生成することができる。また、設定項目のヘルプを併記するとともに、前述の RTCProfile、OpenRTM-aist-1.0 に対応している。

(b-2) R T コンポーネントデバッグは、R T コンポーネント単体の動作を検証するためのツールであり、アクティビティ検証機能、コンフィグレーション検証機能、サービスポート検証機能、R T コンポーネント実行コンテキスト制御機能、データプロット機能、データストア機能、データ再生機能などを有している。また、マニュアルの作成を行い、OpenRTM-aist-0.4.2 対応版として、本プロジェクトの各研究項目実施機関のほか、外部機関に対しても提供を開始した。OpenRTM-aist-1.0 に対する対応は平成 21 年度中に達成見込みである。

(b-3) R T コンポーネント間の静的接続の設計・コンポーネントを実際のノードに配置 (デプロイメント) しシステムを構築・動作検証を行うための R T システムエディタの開発を行い、一般公開を行った。また、前述の RTSPProfile・RTCProfile に対応し、OpenRTM-aist-1.0 で新たに追加される機能であるマネー

ジャコントロール、複合コンポーネントに対応を行った。

(c) R Tミドルウェアの開発

(c-1) R T ミドルウェアを利用できる計算機環境、プログラミング環境を拡充するため、R Tミドルウェアの各種 OS/言語対応として、ロボットシステムで多く利用されている実時間 OS VxWorks 向け R Tミドルウェアのプロトタイプならびに、次世代ロボット共通基盤開発プロジェクトにて開発した.NET (ドットネット) 環境で動作する R Tミドルウェア OpenRTM.NET について、OMG 仕様に準拠し、OpenRTM-aist-1.0 と相互運用できるよう研究開発を実施した。VxWorks については、従来の V6.4 だけではなく、他の実施機関の要望を受け、V5.5.1 にも対応し、本プロジェクトの各研究項目実施機関に提供を開始した。

OpenRTM.NET には書籍や Web サイトを通じて一般にも公開を行っている。

(c-2) 計算資源の制限されたロボットに搭載される組み込みプロセッサに対応するために、軽量化された CORBA を用いた軽量 R Tミドルウェア OpenRTM-aist-0.4.2 対応版を開発し、をプロジェクト内に公開した。この R Tミドルウェアは、従来版の約半分のリソースで動作することを確認した。また、プロジェクト参加組織である芝浦工業大学コンソで開発を進めている T-Kernel 対応の OpenRTM-aist に対応するための資料提供、サポート等を行った。

② 応用ソフトウェア開発支援機能

(a) 作業シナリオ設計ツールの開発

タイムラインに対して、R Tコンポーネント間の起動・停止・接続等、一連のシーケンスとして実行するシナリオの作成を行うための作業シナリオ設計ツールを開発し、プロジェクト参加組織内に提供した。

シナリオ設計ツールは、ビルディングブロック形式で作業シナリオのロジックを構成できるビジュアルシナリオ編集機能 (Windows 版)、そこで開発された作業シナリオを実行するためのシナリオ実行機能 (R Tコンポーネント、OpenRTM-aist-0.4.2 準拠、Linux 版および Windows 版)、および、シナリオ実行系とそれが使役する R Tコンポーネント群の間のメッセージングを制御するイベントマネージャ (R Tコンポーネント、Linux 版) 機能を持つ。また、シナリオ編集系・実行系ともに作業シナリオ仕様記述方式で既定したシナリオメッセージ規約、ワーカ定義規約に基づいて実装した。特に、ビジュアルシナリオ編集系ではターゲットロボットに併せて、ビジュアルブロックをカスタマイズできる構成を持っており、先行デモにおいてもリファレンスハードウェア向けのビジュアルブロックを作成し、これを実証した。

(b) 動作設計ツールの開発

(b-1) 動作パターン設計ツール

多関節を有するロボットに対して、関節角軌道として表現されるロボットの「動

作パターン」をインタラクティブに編集するためのツールの基本機能を開発した。動作設計ツールは、データアイテム／ビュー／ツールバー／プラグイン管理フレームワークを有し、様々な機能は、モジュール化されており、プラグイン等を追加し、様々な機能拡張を行うことができる。さらに、マルチプラットフォーム対応を確認するために Linux と Windows で同様に動作することを検証し、公開した。

#### (b-1) 移動動作設計ツール

移動動作設計ツールとは、ロボットの移動能力に応じた2次元平面上での移動動作を、a) ユーザがGUIを用いてインタラクティブに設計する方法、b) ロボットが計画エンジンを呼び出して自律的に設計する方法、の2つの方法で設計可能なツールである。移動動作設計ツールは、ロボットの移動能力記述部、計画エンジン部、移動動作可視化部、移動経路設定部の4つの部分で構成される。移動能力記述部を分離することで、様々な形態のロボットにおいてそれぞれの移動能力に応じた移動経路を設計可能である。また移動動作可視化部、移動経路設定部を分離することで、GUIを用いてユーザがインタラクティブに移動動作を設計する場合とロボットが自律的に設計する場合とで計画エンジンの共通化を実現している。このツールは、プロジェクト参加組織内に公開した。

#### (c) シミュレータ

作成されたロボットの動作及び作業シナリオの正当性・妥当性を、仮想世界を用いて検証するためのソフトウェアである動力学シミュレータ、およびで様々なロボットで利用が想定されている各センサのRT部品機能のシミュレーション機能モジュール(RTコンポーネントシミュレータ)の開発を行った。

##### (c-1) 動力学シミュレータ

動力学シミュレータは、ロボットの動作及び作業シナリオの正当性、妥当性を仮想世界において検証するためのソフトウェアである。ロボットおよび作業環境を模擬可能な3次元シミュレーションを実現しており、他のツール群と連携して動作可能にし、一般公開を行った。また、従来の多関節型のロボットのみならず、移動ロボット用のシミュレーションモードに対する改修、ロボットのモデルを構築するための機能の追加なども行った。

##### (c-2) RTコンポーネントシミュレータ

ロボットのアプリケーションを開発する上で必要なセンサのシミュレーション機能として、距離センサ、ジャイロセンサ、力センサ、トルクセンサ、GPSセンサを動力学シミュレータ内で実現するためのRTコンポーネントシミュレータの開発を行った。これらの各センサモジュールについて知能モジュール仕様記述に則り仕様検討を行い、RTコンポーネントシミュレータならびに、基本RTコンポーネントの開発を行った。公開済みのRTコンポーネントシミュレータモジュールは、距離センサモジュール(北陽電機:URG-04LX、Top-URG、SIC社LMS100、



LMS200)、加速度センサ (クロスボー : CXL02LF3、東京計器 : VSAS2 (ジャイロ機能を含む))、力覚センサ (ニッタ : XFS (トルク機能を含む))、GPS センサ (Hemisphere : CrescentA100) の OpenRTM-aist-0.4.2 対応版である。また、音声情報を外部から入力する機能を開発した。基本RTコンポーネントについては、プロジェクト外への提供も行っている。

#### (d) 実時間ソフトウェア設計ツール

複合RTコンポーネントで構成されたロボットコントローラの実行時間を検証するための枠組みの検討を行い、ツールの実装を行った。また、ツールの使用方法を説明したチュートリアルを作成する見込みである。

### ③ ロボットシステム設計支援機能

RTコンポーネントを再利用し、組み合わせてロボットシステムの構築を支援するためのツールとして、ロボットシステム設計ツールとRTリポジトリの開発を行った。

#### (a) ロボットシステム構築ツール

ロボットシステム構築ツールは、ロボットのリンク形状、自由度配置およびセンサ配置が作業に適しているかどうかの評価の支援および、ロボットをシミュレーション実行するためのモデル編集機能を提供するツールである。これまでに、モデルデータの読込機能、モデルデータの書出し機能、アクチュエータの簡易編集機能を実装した。

#### (b) RTリポジトリ

RTリポジトリは、知能モジュール・ハードウェアの仕様記述及び知能モジュールをコンテンツとする分散型データベースであり、RTメタデータ検索機能、RTリポジトリアクセスライブラリ、RTコンポーネントデプロイメント機能、知能モジュール仕様記述V0.2に対応している。RTリポジトリで使用するデータベースエンジンは、(株)セック製 Karearea だけでなく、オープンソースの Xindice も利用可能となっている。本ツールは、RTコンポーネントの蓄積、再利用を促進するための再利用 Web 実現のために、RTC再利用技術研究センターに提供した。

## 2) ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性検証モジュール

### ① 検証用知能モジュール群の開発

後述するリファレンスハードウェアに搭載することで、介助犬が行っているような室内で人の生活活動を支援するロボットを実現することを応用イメージとして、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能を含む知能モジュール群を研究開発し、RTコンポーネント化する。図 3.1.2.1 に開発する知能モジュール群の全体構成を示す。

# 知能モジュール構成

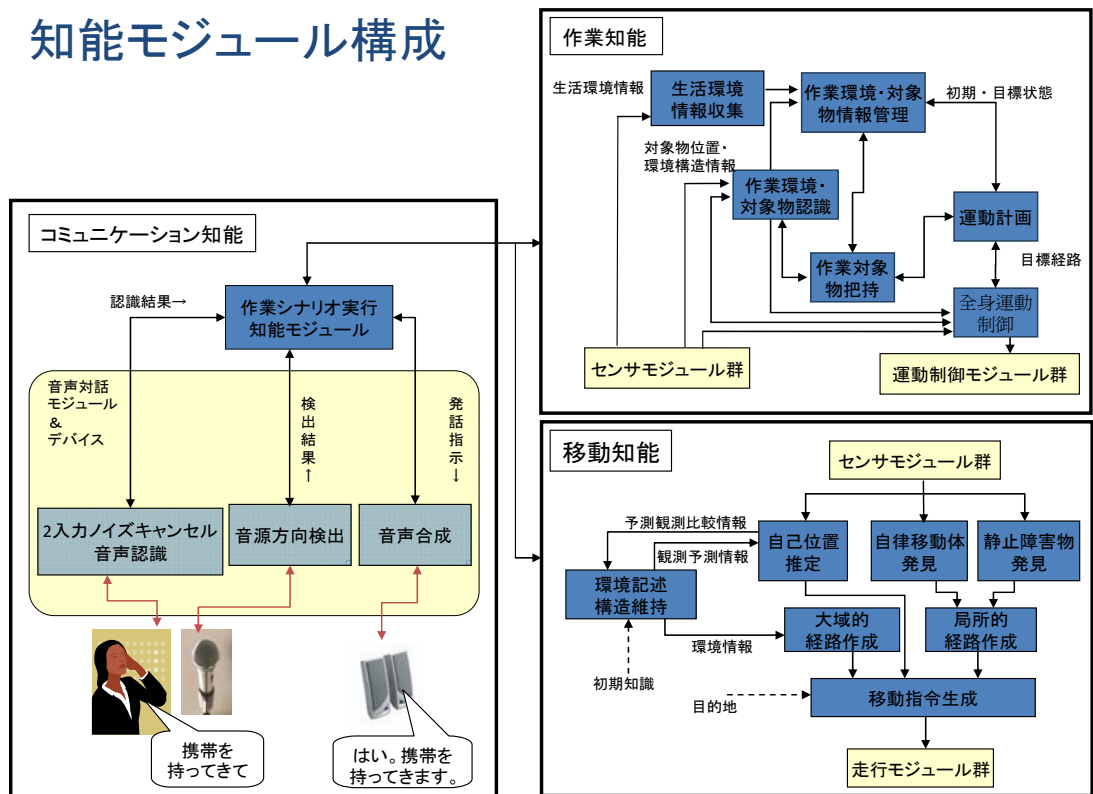


図 3.1.2.1 : 検証用知能モジュール 全体構成

以下に示す検証用作業知能モジュール群ならびに検証用移動知能モジュール群を、RTコンポーネント開発ツール（RTコンポーネントビルダ、RTシステムエディタ）等を用いて開発し、知能モジュール仕様記述方式で記述可能なことを検証した。なお、各知能モジュールの前に付けられた記号☆は、公開済みであり、記号なしのモジュールは、平成 21 年度末までに公開するものである。また、後述する各知能モジュールの後ろに付けられた[1]は、前川製作所が開発したリファレンスハードウェア試作 0 号機台車に搭載し、その有効性を 2009 年 1 月 27 日に芝浦工業大学豊洲校舎で行われた先行デモにて検証した。[2]は、先行デモにて市販ロボットアーム Katana を搭載したロボットに搭載し、ソフトウェアプラットフォームの有効性検証に用いた知能モジュールである。[3]は、先行デモにおける他コンソとの共通仕様に基づくモジュール化の有効性検証に利用した知能モジュールである。

## (a) 検証用作業知能モジュール群

### (a-1) 作業環境・対象物認識知能モジュール群

ロボットが障害となるものを回避しながら日常物をマニピュレーションするために必要な情報（種類、位置・姿勢、状態等）を必要な精度で認識する機能及び視覚センサでは捉えることのできない作業対象物との接触や、作業対象物の重

さや環境との拘束状態を認識する機能作業対象物を把持できているかどうか判定する機能を実現する知能モジュール群。

幾何学特徴・アピアランス特徴視覚認識モジュール[2]、触覚認識モジュールを開発した。また、平成21年度中に視覚・触覚融合認識モジュール、ユーザカスタマイズ作業・物体認識モジュールを開発する予定である。

#### (a-2) 作業環境・対象物情報管理知能モジュール群

作業中に得られた作業環境・対象物認識モジュール群による観測情報を用いて、ロボットが作業をするために有用な知識（環境・物体モデル）の記述を更新・管理し、さらに、マニピュレーションするために必要な情報（物体の位置、姿勢）が不足している場合には、それを獲得するためのセンシングプランを生成する探索機能を実現する知能モジュール群。

物体知識管理モジュール[2]、認識結果に基づく環境物体知識更新モジュール[2]、作業環境知識管理モジュール、作業環境・対象物表示モジュールを開発した。また、平成21年度末までに情報不足時の物体探索モジュール、対話的情報記述モジュールを開発予定である。

#### (a-3) 運動計画知能モジュール群

認識可能な固定・移動障害物の存在する環境で、初期・目標位置間の移動体の衝突のない軌道の探索を行い、ロボットへの運動指令を生成するための知能モジュール群。

改良版基本軌道計画モジュール[2]、ロボット運動指令生成モジュール[2]を開発した。

また平成21年度末までに、基本計画軌道モジュールの再計画機能を開発予定である。

#### (a-4) 作業対象物把持知能モジュール群

把持対象物・作業環境・ロボットの情報（種類、形状、位置・姿勢、状態など）を入力として、適切な把持形態の選定や、対象物へのアプローチから持ち上げまでの一連の把持動作を計画する知能モジュール群。

物体カテゴリーデータベース（ $\alpha$ 版）[2]、可能把持形態抽出モジュール（ $\alpha$ 版）、把持動作計画モジュール[2]を開発した。また平成21年度末までに、作業環境（障害物）モデル化モジュールを開発予定である。

#### (a-5) 全身運動制御知能モジュール群

運動計画知能モジュール群で計画された運動指令に基づき、ロボットの全身運動を制御するとともに、作業環境・対象物認識知能モジュール群によって検出

された作業環境・対象物との接触に対しても、運動計画知能モジュール群で計画されたように適切な応答を取ることのできる知能モジュール群。

アーム単体でのグリッパ位置・姿勢制御モジュール[2]、☆アーム・台車自己干渉回避モジュール、☆移動台車とアームを協調させたグリッパ位置・姿勢制御モジュールを開発した。

なお、全身運動制御知能モジュール群のアーム・台車自己干渉回避モジュール、移動台車とアームを協調させたグリッパ位置・姿勢制御モジュールについては、改良版基本軌道計画モジュールおよびロボット運動指令生成モジュールの機能として組み込む形で実現した。

#### (a-6) 生活環境情報収集知能モジュール群

生活環境情報収集知能モジュール群は、生活環境内で作業を実行するロボットが、生活環境の様々な情報を収集し、生活環境における異常状態の可能性を検出したり、温度・明るさ等の変化を検知したり、室内の人の大まかな場所や動きの検出を可能にする知能モジュール群である。これらの機能を実現するために、焦電センサ・温度センサ・湿度センサ・においセンサ・照度センサを搭載したユニット（長期間電池駆動可能）と、焦電センサアレイを搭載した生活環境情報収集モジュールを開発した。これにより人のいる方向を認識して、人の方向が変化すると、そちらを向き、照度センサ、温度センサ、湿度センサ、においセンサの状態が変化すると、それに応じて発話行動を行う知能モジュールを実現した。

#### (b) 検証用移動知能モジュール群

検証用移動知能モジュール群として以下の知能モジュールを開発した。また、開発したモジュールの随時バージョンアップを行っている。

##### (b-1) 自己位置推定知能モジュール群

自己位置と3D点&直線群により構成される地図を状態ベクトルとして管理し、運動モデルによる予測、単眼及びステレオ画像入力による能動観測、さらにはオドメトリに基づき、拡張カルマンフィルタあるいはパーティクルフィルタで状態ベクトルを更新し、環境中の3D点&直線を選択的に地図に追加・削除することにより、照明条件や設置物が増える環境においても実時間で頑健に自己位置を推定しつつ地図を構築できる知能モジュール群。

単眼画像による拡張カルマンフィルタに基づく自己位置推定地図構築モジュール、☆オドメトリ計算モジュール[1] [2]、☆自己位置推定融合モジュール[1] [2]を開発した。

##### (b-2) 環境記述構築維持知能モジュール群

環境DBから得た間取り図などから初期化した静的3D環境記述を、静止障害物などの情報に基づき更新し、他の移動知能モジュールに現状情報を提供する知

能モジュール群。

☆環境記述初期化モジュール[1] [2]、☆静的3D環境記述更新モジュール[1] [2]を開発した。

(b-3) 静止障害物発見知能モジュール群

距離情報と画像情報に基づき移動経路上の静止障害物の検出と形状計測を行う知能モジュール群。

☆距離情報利用移動経路上障害物候補検出モジュール[1]、距離情報利用仮想バンパーモジュール、距離センサパンチルト制御モジュール、視覚情報利用移動経路上障害物候補検出モジュール、☆距離センサシミュレーションモジュールを開発した。

(b-4) 自律移動体発見計測知能モジュール群

画像情報に基づき移動経路上の移動体の検出と計測を行う知能モジュール群。

視覚情報利用移動経路上単一移動体検出&速度予測モジュールを開発した。

また、平成21年度末までに、視覚情報利用移動経路上移動体計数&速度予測モジュールを開発予定である。

(b-5) 大域的経路作成知能モジュール群

現在地から目的地までの大域的格子状経路を生成・更新する知能モジュール群。

☆静的2D環境記述に基づく大域的格子状経路生成モジュール[1] [2]を開発した。

(b-6) 局所的経路作成知能モジュール群

大域的格子状経路をベースにして、障害物情報などに基づいて局所経路を生成・更新する知能モジュール群。

☆静的2D環境記述に基づく局所的経路生成モジュール[1] [2]を開発した。また、平成21年度末までに、自律移動体予測情報利用局所的点列経路変更モジュールを開発予定である。

(b-7) 移動指令生成知能モジュール群

現地から目的地への格子状及び滑らか経路を維持し、経路に沿って安全かつ効率良く走行するための移動速度指令を生成する知能モジュール群。

☆経路形状と障害物情報に基づく移動速度指令生成モジュール[2]、☆経路形状と障害物情報に基づく移動共通速度指令生成モジュール[1]、ジョイスティック操作に基づく移動共通速度指令生成モジュール[3]を開発した。

(b-8) その他の知能モジュール群

リファレンスハードウェアを用いた知能モジュール開発に必要なユーザインターフェース、ハードウェア依存解消のための知能モジュール群。

リファレンスハードウェア0号機台車部用移動指令変換モジュール[1] [2] [3]、

リファレンスハードウェア 1 号機台車部用移動指令変換モジュール、リファレンスハードウェア 1 号機アーム部用速度指令変換モジュール、☆シミュレーション用移動指令変換モジュール[1]、開発用ロボット用移動指令変換モジュール、☆グラフィカルユーザインタフェースモジュール[1]を開発した。

#### (c) 検証用コミュニケーション知能モジュール群

検証用コミュニケーション知能モジュールとして、2 入力ノイズキャンセル音声認識モジュール、☆音源方向検出モジュール、音声合成モジュールの 3 知能モジュールの開発を行った。各モジュールは、共通機能であるワーカフレームワーク (Linux 版、OpenRTM-aist-0.4.2 準拠、ライブラリ) で実現されており、これらのワーカフレームワークは、前述の作業シナリオ仕様記述方式に基づいて実装されている。また、これを RT コンポーネントに組みこんで利用することにより、作業シナリオ実行系との規約に従ったメッセージングを実現している。本機能は、作業シナリオ実行系の中核機能としても利用された他、先行デモにおけるリファレンスハードウェアに組みこまれた作業や移動のための RT コンポーネントの実現でも利用され実証された。

#### ② リファレンスハードウェアの開発

独立 2 輪移動機構によって 800mm 幅の安全通路内でその場旋回が可能な移動ユニットを有し、及び 500ml のペットボトルを床から高さ 70 センチ上方の机の上まで把持・移送動作可能なマニピュレータ機構を有するリファレンスハードウェア 試作 1 号機を 4 セット試作した。マニピュレーションユニットは全長 755mm、最大幅 102mm となり、全軸ハーモニックギヤを用いて高減速化と関節機構の小型化の両立を図った。また、動力源はマクソン製コアレス DC モータを採用し、各軸にシリアルコマンド入力方式超小型モータドライバ mrsvm100 (アールラボ製、主要寸法 40×40×20mm) を実装し、RS485 を介してダイジーチェーン接続を行うことで、マニピュレータ内部の省配線化が実現した。さらに、構造体にアルミニウム合金、カバーに ABS 樹脂を採用することで、マニピュレーションユニット本体だけで 8.2kg まで軽量化させた。一方、台車ユニットは試作 0 号機よりも段差乗り越え能力を向上させるため、動力軸を前方へ移設し、またキャストの個数を後方 2 輪のみとした。また、マニピュレーションユニットと制御系統を共通化させるため、モータドライバとして上述の mrsvm100 を採用した。緊急停止時の対応として、マニピュレーションユニットには屈曲 2 軸分、台車ユニットには動力軸に無励磁ブレーキを実装した。その他、3 軸ベクトルセンサユニット (ミネベア製) を内蔵させ、ちり紙から 500ml ペットボトルまでを把持可能な試作エンドエフェクタ 4 台を製作した。このリファレンスハードウェアは、RTC 再利用技術研究センターで、プロジェクト内の知能モジュールの

有効性検証のプラットフォームとして利用されている。

## (2) 有効性検証およびその結果

ソフトウェアプラットフォームについては、既にほとんどのツール群は、プロジェクト内の各組織に公開し、利用されている。また、検証用知能モジュールの開発においてプロジェクト内への公開に先立ち利用され、得られたフィードバックに基づきバグフィクスや性能向上のための改善を行った。

また、検証用知能モジュールとして開発したモジュールの内[1]印を付けたモジュールについては、前川製作所が開発したリファレンスハードウェア試作 0 号機台車に搭載し、その有効性を平成 21 年 1 月 27 日に芝浦工業大学豊洲校舎で行われた先行デモにて検証した。また、[3]印を付けたモジュールにより芝浦工大コンソ、日本 SGI コンソとともに先行共同デモを行い共通仕様に基づくモジュール化の有効性を示した。

また、開発したモジュールの内[2]印を付けたモジュールについては、NEC の開発したコミュニケーション知能モジュール、シナリオ実行モジュールとともに前川製作所が開発したリファレンスハードウェア試作 0 号機台車に市販ロボットアーム Katana を搭載したロボットに搭載し、その有効性を平成 21 年 1 月 27 日に芝浦工業大学豊洲校舎で行われた先行デモにて検証した。

先行デモに引き続き、前川製作所の開発したリファレンスハードウェア試作 1 号機に平成 21 年度開発した [1] [2]印の検証用知能モジュールを搭載し、先行デモと同内容の実験を行い、その有効性を検証した。[1] 印の検証用知能モジュールについてはリファレンスハードウェア試作 1 号機に搭載して R T C 再利用技術研究センターに納めた。

## (3) 目標の達成度

### (a) 中間目標に対する目標の達成度

表 3.1.2.2 に研究開発項目ごとの中間目標に対する目標達成度を示す

表 3.1.2.2 知能ソフトウェアプラットフォームの開発領域における中間目標の達成度

基本計画 研究課題	研究項目	中間目標	達成度
ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	① R T コンポーネント開発支援機能	(a) 本プロジェクトで開発されるすべての知能モジュールの仕様が記述可能であること	本プロジェクト内で開発される知能モジュールの仕様記述を可能になるように、全体のWGを通じて意見収集を行い、ロボットシステム、知能モジュール、ハードウェア、作業シナリオの各記述方式

		<p>(b) R Tコンポーネントの実装に関する専門知識を有しないユーザが、R Tコンポーネントを効率よく開発・デバッグできる機能が実現されること</p> <p>(c) 本目標の基本部分は平成 20 年度に達成されること</p>	<p>を策定した。</p> <p>R Tコンポーネント開発に必要な、R Tコンポーネントビルダ、R Tコンポーネントデバッグ、R Tシステムエディタを統合プラットフォームである Eclipse に実装し、知能モジュールのコード生成から、デバッグ、システム構築までシームレスに実行できるようにした。また、各ツールにヘルプ機能を実装し、ドキュメントの整備も行った。</p> <p>これらのツール群を、平成 19 年度末から平成 20 年度中期にかけて公開し、ユーザの意見をもとに機能改良を継続している。</p>
	② 応用ソフトウェア支援機能	<p>(a) R Tコンポーネント化された作業知能モジュール、移動知能モジュール、コミュニケーション知能モジュールをそれぞれ 1 つ以上含む知能モジュール群について、知能ロボットシステムの運動学・動力学・視野シミュレーション、動作生成、シナリオ生成が統合的に実施できること</p> <p>(b) 本目標の基本部分については平成 20 年度に達成されること</p>	<p>動力学シミュレータである OpenHRP3 を Eclipse のプラグインとして実装し、他のツール群との連携機能を強化し、知能ロボットに必要な各センサシミュレーションモジュールおよび音声の外部からの入力モジュールを統合的に動作させるようにした。また、作業知能、移動知能を実現する動作生成ツールおよび作業シナリオ設計ツールも統合的に利用可能にした。また、検証用知能モジュール群を用いて機能の検証を行った。</p> <p>本機能を実現したツール群を、平成 20 年度前期までにプロジェクト内部に公開し、基本的な部分は達成している。またユーザの意見をもとに機能改良を継続している。</p>
	③ ロボット	<p>(a) R Tコンポーネン</p>	<p>ロボットシステム設計支援機能</p>



	<p>システム設計 支援機能</p>	<p>ト化された知能コンポーネントと応用ソフトウェア開発支援機能を用いて、本プロジェクトで開発される検証用知能モジュール群を用いたロボットシステムが効率よく設計できるシステムを実現できること</p> <p>(b)本目標の基本部分については、平成 21 年度に達成されること</p>	<p>である R T リポジトリの基本機能を実現し、知能モジュールの蓄積機能を実現した。また、他のツールとの連携機能も実現し、応用ソフトウェア開発支援機能のともに利用可能になった。また、R T リポジトリは、R T C 再利用技術研究センターで利用され、プロジェクト内で開発される知能モジュールの再利用性向上に寄与した。ロボットシステム設計ツールに関しては、モデル構築機能を実現し、R T コンポーネントに基づくロボットシステムの設計、シミュレータによる動作検証機能の効率化を実現した。</p>
	<p>④リファレンスハードウェアの開発</p>	<p>(a) R T コンポーネントの集合体で構成され、各 R T コンポーネントはハードウェア的にもモジュール化され、R T コンポーネントの追加・削除が容易であり、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能の R T コンポーネントをそれぞれ一つ以上含むハードウェアを開発すること</p> <p>(b) また、これらの知能の一部を含むシステムとしても構成可能であること</p>	<p>リファレンスハードウェア 0 号機台車に市販ロボットアーム Katana を搭載したリファレンスハードウェアを開発し、その上に R T コンポーネントの追加・削除が容易な形式で、検証用作業知能モジュール群、検証用移動知能モジュール群、検証用コミュニケーションモジュール群を搭載し、その有効性を平成 21 年 1 月 27 日に芝浦工業大学豊洲校舎で行われた先行デモにて検証した。</p> <p>また、上記の一部を含むシステムとしてリファレンスハードウェア 0 号機台車に検証用移動知能モジュール群を搭載し、これだけでも有効であることを平成 21 年 1 月 27 日に芝浦工業大学豊洲校舎で行われた先行デモにて検証した。</p>

	<p>(c)低コストで製造可能であること</p> <p>(d)本目標については、平成20年度に達成されること</p>	<p>平成20年度には、独立2輪駆動台車、6自由度アーム、1自由度グリッパから構成される低コストな試作1号機を開発し、平成21年度にかけて、上記知能モジュール群を搭載し有効性を検証している。</p>
⑤ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証	<p>(a)リファレンスハードウェアシステムおよび構成するRTコンポーネントの仕様が知能ロボット仕様記述方式で記述可能であり、リファレンスハードウェアシステムを構成するRTコンポーネントの開発がRTコンポーネント開発ツールを用いて行えること</p> <p>(b)本目標については、平成21年度に達成されること</p>	<p>リファレンスハードウェアシステムおよび構成するRTコンポーネントである検証用作業知能モジュール群ならびに検証用移動知能モジュール群をRTコンポーネント開発ツール（RTコンポーネントビルダ、RTシステムエディタ）等を用いて開発し、知能モジュール仕様記述方式（RTコンポーネント仕様記述方式）で記述可能なことを第1検証した。</p> <p>平成21年度開発する検証用知能モジュール群に関しても引き続きRTコンポーネントの仕様を知能ロボット仕様記述方式で記述するとともに、その開発をRTコンポーネント開発ツールを用いて行う。</p>

### 3.1.3 作業領域における研究開発成果

#### (1)開発したモジュール群

作業サブWG内の各コンソーシアムの開発した代表的知能モジュールを表3.1.3.1に列挙する。

表3.1.3.1 作業領域における開発した代表的知能モジュール

	代表的な知能モジュールの特徴
IDEC	<p>●ロボットコントローラ制御RTC</p> <p>ロボットの動作を共通化させる為のコンポーネントがどうあるべきかを議論するたたき台となりうる柔軟性の高いコンポーネント構造を持っている。</p>

	<p>※本R T Cを実現するために採用した機能毎に特化した構造を持つ2層化R T Cによるコンポーネント再利用性・実装容易性の向上の手法を広く公表し、多くの意見を頂戴したいところである。</p> <p>●安全信号制御R T C</p> <p>移動ロボットのデモでロボットの動きに伴なって、有線で繋がった非常停止 BOX を持ってロボットについて回るデモ要員が必要であった不便さを無線で解消できる。</p>
三菱電機	<p>●複合情報G U I 知能モジュール</p> <p>産業用ロボットに不可欠な、導入時の教示作業に要する時間を、短縮するために使用。ロボット手先の状態を計測したセンサ情報を統合表示することにより、作業時間が 2/3 に短縮されることを被験者試験で確認。</p> <p>●習熟機能知能モジュール</p> <p>産業用ロボットに不可欠な、導入時の教示作業に要する時間を、短縮するために使用。ロボット軌道上の経由点を学習的に変更することで、タクトタイムを短縮。検証システム上の特定軌道で 56%タクトタイム短縮確認。汎用的に、制御パラメータ調整に水平展開できることも確認。</p> <p>●部品ピッキング知能モジュール</p> <p>組立作業を実行する産業用ロボットにおける重要課題である整列部品供給の問題を解決。独自の 3 D センサの情報を三次元処理することで、ばら置き状態の部品の位置・姿勢を高速・高精度に認識可能。</p>
安川電機	<p>●三次元環境認識モジュール</p> <p>複眼カメラシステムから取得した画像データと予め準備する対象物データを照合することにより、作業対象物の位置と姿勢を計測可能</p> <p>●把持機能</p> <p>与えられた把持対象物の情報（位置、姿勢、形状）をもとに、ハンドが把持するためのアプローチ位置姿勢と把持時の位置姿勢を計画するモジュール</p> <p>●アームモジュール</p> <p>RTM のサービスポートを介して、基本動作（PTP や直交座標補間）制御が可能</p>
東芝	<p>●ステレオ楕円認識モジュール</p> <p>ステレオカメラによる楕円認識なので、単眼よりも誤検出が少ない。皿やコップなどの位置・姿勢検出に使える。位置検出結果を色々なロボットシステムで利用できるため、再利用性が高い。</p> <p>●位置管理モジュール</p> <p>共通利用が容易な静止・可動・移動オブジェクトの統一プロトコルによる位置管理。国際標準化、RTM 化を推進。</p>

	<p>●冗長性解法モジュール、および手先拘束下でのマニピュレーション知能モジュール</p> <p>ロボットアームは一つ一つ自由度配置やアームの長さが異なるため、ソフトウェアモジュールを共通化して使用することは困難であった。この問題を、アームの幾何パラメータを VRML モデルから読み込み、運動学を自動的に計算することで解決した。複数サンプル（HRP2、PA10、KATANA、・・・）で実証。</p>
--	---

(2)目標の達成度

表 3.1.3.2～3.1.3.5～に各コンソの中間目標達成度を列挙する。中間目標は、すべて達成している。

表 3.1.3.2 IDEC 中間目標達成度

基本計画分類	知能モジュール	中間目標	達成状況
教示支援	a.概略座標補正・設定機能による教示支援知能モジュール群 b.詳細座標補正機能による教示支援知能モジュール群 c.無線安全信号処理知能モジュール群 1)ロボットコントローラ制御RTC(ロボットとのI/F機能全般) 2)安全信号制御RTC(安全信号とのI/F機能全般)	教示作業時間が従来に比べ2/3以下に低減されること。	<b>達成</b> 垂直6軸ロボット基本動作モデル(IEC製スイッチの組立システム)において、研究成果の導入前後で実際の教示作業時間が2/3以下に低減されることを実証する。
チョコ対応	d.詳細座標補正機能によるチョコ停車回避知能モジュール群 e.チョコ停時の部品撤去・再スタート処理知能モジュール群	エラー状態認識信号を擬似入力したとき、エラー状態から正常状態へ復帰すること。その際、形状(3種類以上)・材質(2種類以上)が異なる複数の作業対象物を用いて検証すること。	<b>達成</b> 垂直6軸ロボット基本動作モデル(IEC製スイッチの組立システム)において、実際に組み立てを行っている動作において発生するチョコ停から自動復帰する様を形状(3種類以上)・材質(2種類以上)が異なる複数の作業対象物を検証できることを実証する。
認識	3)カメラ制御・画像処理RTC(画像処理に関連する機能全般)	形状・材質が異なる10種類の作業対象物の位置・姿勢がそれぞれ5秒以下でロボストに認識できること。	<b>達成</b> 垂直6軸ロボット基本動作モデル(IEC製スイッチの組立システム)にて、使用可能な3種類の画像処理システムにおいて、形状・材質が異なる10種類の作業対象物の位置・姿勢がそれぞれ5秒以下でロボストに認識できることを実証する。

表 3.1.3.3 三菱電機中間目標達成度

基本計画分類	知能モジュール	中間目標	達成状況
教示支援	①オフライン教示支援(三菱電機・京都大学) ②オンライン教示支援(三菱電機・京都大学)	教示作業時間が従来に比べ2/3以下に低減されること。	<b>達成</b> ロボット手先の作業状況を直感的に作業者に提示する複合情報GUI機能の有無により、検証システム内の特定箇所の教示作業を例題とする被験者試験(のべ10人、51試行)を実施し、作業時間が2/3に短縮されることを確認。
予備対応	②オンライン教示支援(三菱電機・京都大学)	エラー状態認識信号を擬似入力したとき、エラー状態から正常状態へ復帰すること。その際、形状(3種類以上)・材質(2種類以上)が異なる複数の作業対象物を用いて検証すること。	<b>達成</b> 検証システムで組み立て対象とする小型電機製品の部品のうち、材質3種類、形状8種の部品について、把持に関する擬似エラー信号を発生させ、エラー状態の検知と正常状態への復帰が達成されることを確認。
認識	①部品ピッキング用物体認識(三菱電機) ②ハイブリッド視覚補正(三菱電機) ③エラー検知用視覚(三菱電機)	形状・材質が異なる10種類の作業対象物の位置・姿勢がそれぞれ5秒以下でロボットの認識できること。	<b>達成</b> 検証システム上で、ばら置き状態の遮断器2種類の部品(材質4種、形状10種類の部品(計28個))について、平均1秒以下、繰り返し精度±0.3mm以下の認識性能を確認。

表 3.1.3.4 安川電機中間目標達成度

基本計画分類	知能モジュール	中間目標	達成状況
作業計画	作業計画モジュール、音声対話モジュール(九工大)	作業計画を立てる上で情報が不足している作業指示(例えば、作業対象物の置かれている場所情報が与えられていない)を3つ以上認識し、ロボットが実行可能な具体的な作業計画を立てること。	<b>達成</b> 「作業計画を立てる上で情報が不足している作業指示を3つ以上認識する」という中間目標に対し、①対話による情報の補充、②照応詞(それ、あれ)を活用した補充、③環境情報の問い合わせによる補充の処理により情報不足を補充ことができ、不足した情報を補充した後3つ以上の命令に対応した作業計画スクリプトを読み込みインテリジェントによりアームモジュール等へ指示をすることを達成した。今後、知能モジュールの評価・改善と作業計画スクリプトの作り込みを行い中間目標を達成する見込みである。
位置管理	三次元環境計測モジュール、環境情報構造化知能モジュール(九工大)	作業対象物が置かれている位置を管理し、その場所(テーブル上、収納庫内等)を提示できること。また床のように広い場所の場合、500mm以下の精度で位置が提示できること。管理する作業対象物は6つ以上であること。	<b>達成</b> 「作業対象物が置かれている位置を管理し、その場所(テーブル上、収納庫内等)を提示できること。また床のように広い場所の場合、500mm以下の精度で位置が提示できること。管理する作業対象物は6つ以上であること」という中間目標に対し、収納庫やテーブルに設置して物品の出納を計測する重量センサシステムとタグリーダシステムを開発済みである。作業対象物に電子タグを付加すれば、重量センサシステムとタグリーダシステムを用いて収納庫内の4つ以上の物品を同時に識別・管理できることを確認している。また、環境に配置したLRFやカメラを用いて、屋内を移動する人間やロボットの位置を500mm以下の精度で計測できることを確認しており、今年度中に中間目標を達成する見込みである。
作業対象物認識	認識モジュール、撮像モジュール、画像表示モジュール(産総研)	距離が500mm離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に置かれた6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、マニピュレーションに必要な情報(種類、位置、姿勢等)を認識し、提示できること。作業対象物が重なった状態で置かれている場合、一番上にある作業対象物の情報を提示できること。	<b>達成</b> 「距離が500mm離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に置かれた6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、マニピュレーションに必要な情報(種類、位置、姿勢等)を認識し、提示できること」という中間目標は達成しており、「作業対象物が重なった状態で置かれている場合、一番上にある作業対象物の情報を提示できること」については今年度中に達成する見込みである。
対人作業	ハンドモジュール(産総研) 把持形態選択モジュール、把持動作計画モジュール(産総研) 対話モジュール(九工大) アーム制御モジュール、移動体制御モジュール、腰制御モジュール(安川電機)	6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、下記のマニピュレーション機能を4つ以上実行できること。またそれらを組み合わせ、作業対象物の移動作業を行うこと。さらにマニピュレーション中に新たな作業指示(中断、停止、変更)が出た場合は、作業計画を変更し実行できること。	<b>達成</b> 「(イ-1) 開放的な場所や床に置かれた作業対象物を取り上げる」、「(イ-2) 開放的な場所に作業対象物を置く」という中間目標に關し、7種類の形状が異なる作業対象物に対して動作を確認した。「(ハ-1) 閉鎖的な場所から作業対象物を取り出す」、「(ロ-2) 人へ作業対象物を手渡す」という中間目標に關しては、相関法による3次元距離計測モジュールと手の位置の計測の利用を進めており、今年度中に達成する見込みである。「マニピュレーション中に新たな作業指示が出た場合は、作業計画を変更して実行できること」という中間目標に關しては、その動作を確認した。

表 3.1.3.5 東芝中間目標達成度

基本計画分類	知能モジュール	中間目標	達成状況
作業計画	・実時間プランニングモジュール ・知識・情報管理モジュール	作業計画を立てる上で情報が不足している作業指示(例えば、作業対象物の置かれている場所情報が与えられていない)を3つ以上認識し、ロボットが実行可能な具体的な作業計画を立てること。	<b>達成</b> テーブル上にある各皿に関して、大きさ、位置、向き、トレーに載っているか否かが不明で、かつ、それらの皿を片付ける場所(トレー上のどの位置に置くか)が不明な状態で、能動的に必要な情報を認識して、皿をトレー上の適切な場所に片付ける作業計画を立てることができる。
作業対象追跡・位置管理	・環境サーバ、 ・位置管理モジュール	作業対象物が置かれている位置を管理し、その場所(テーブル上、収納庫内等)を提示できること。また床のように広い場所の場合、500mm以下の精度で位置が提示できること。管理する作業対象物は6つ以上であること。	<b>達成</b> 環境サーバ、位置管理モジュールにより、オブジェクトの位置を管理可能。APIにより、座標データの登録・提示、及び複数の座標系の登録が可能になっている。データは、要求された座標系での提示が可能である。
作業対象物認識	・物体センシングモジュール(ステレオ構円画像認識) ・作業対象物認識モジュール	距離が500mm離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に置かれた6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、マニピュレーションに必要な情報(種類、位置・姿勢等)を認識し、提示できること。作業対象物が重なった状態で置かれている場合、一番上にある作業対象物の情報を提示できること。	<b>達成</b> ステレオ構円画像認識モジュールと、「Bag of Keypoints」を使った特徴点ベースの画像認識で、6種類の食器を認識し、位置、姿勢を出力することが出来る。これらの認識は、距離が500mm離れた位置から広さ500mm×500mmの領域に対して行う。上記、出力をマニピュレータに伝え、把持動作を行うことが出来る。
対人作業	・マルチモーダルインタラクションモジュール ・サービス記述実行モジュール	6種類以上の形状が異なる作業対象物に対して、下記のマニピュレーション機能を4つ以上実行できること。またそれらを組み合わせ、作業対象物の移動作業を行うこと。さらにマニピュレーション中に新たな作業指示(中断、停止、変更)が出た場合は、作業計画を変更し実行できること。	<b>達成</b> 6種類の食器に対して机から食器を取る、籠へ食器を入れる、机に食器を置くという3つのマニピュレーション機能を用いた片付け作業のデモを実現した。さらに、人間のジェスチャー・音声による指示から作業を中断・停止・変更するデモを実施した。現在、これらに追加して人から食器を手渡しで受け取る作業、作業不能時に人とのインタクシオンを通して作業計画を遂行し片付け作業を実現可能である。

3.1.4 移動領域における研究開発成果

各グループの成果および達成度を表 3.1.4.1 にまとめた。

表 3.1.4.1 移動領域における研究開発成果および中間目標の達成度

	(1)開発したモジュール群	(2)有効性検証およびその結果	(3)目標の達成度
移動ロボット用基本知能のモジュール化	15モジュール開発、うち6モジュール(動作計画管理、環境地図情報管理、生体スキャンデータによる自己位置補正、走行制御、自己位置管理、障害物回避)はRTC化を実施した。	開発したモジュールを統合し、屋内・屋外環境にて実移動ロボットのナビゲーション実験および評価を実施した。中でも「つくばチャレンジ」においては8月から11月の期間で天候・日照時間も様々であり、一般の公道で人のいる環境での試走会にて1km走破した。これにより各モジュールの有用性が明らかになり、また、各モジュールの更なるロボast化が進んだ。	基本計画に則った実施計画書のスケジュールの計画をやや前倒しにて達成している。
動的視覚認識に基づく移動知能モ	共通基盤画像認識デバイスを用いたLinux版画像認識モジュール、画像ランドマークを利用した自己位置認識モジュール	個別モジュールについては、計算機上の模擬環境でのシミュレーション、実環境のセンサ情報によるシミュレーション	個別モジュールの開発では、目標機能の達成をシミュレーション

<p>ジュール群の研究開発</p>	<p>ル、障害物の存在確率を表現した地図を自動生成・管理するモジュール、静止障害物と動的障害物の両方を避け目標地点へ向かう行動を計画するモジュール、ヒューマノイド移動時に頭部で発生する3次元揺動を計測し、補正する自己位置認識モジュール群、移動知能ロボットを構築・運用するために有益な機能を提供する移動知能用RTミドルウェアを開発。</p>	<p>オン検証、実験用ロボットへの搭載による模擬環境での検証を実施。</p>	<p>ン、実ロボットでの検証を完了しており、今年度中に個別モジュールを結合した機能単位のモジュール群を実験用ロボットに搭載し、10 ケースを越える環境を設定し模擬環境での検証を完了する。</p>
<p>環境情報を共有するロボットGISに関する知能モジュール群の開発</p>	<p>RgisOperator RTC: 空間情報DBへのアクセスや可視化地図生成(GoogleMap等)、各種R-GIS機能の提供。 MapManagement RTC: 移動ロボットが、R-GISに接続するためのサンプルRTC、ソース公開を予定。 ActionPlanning RTC: 移動ロボットが、移動指令を受けるためのサンプルRTC。 TS(トータルステーション)モジュールRTC: 公共座標系とロボット作業座標系との変換や自己位置推定機能を提供。 移動ロボット用RTC群(OpenINVENTを参考)。 障害物検知モジュールRTC(予定)。 自己位置推定モジュールRTC(予定)。</p>	<p>ソフトウェアPF(OpenHRP3)上での検証(内覧会で実施。但し、R-GIS RTCは、開発を継続中(α版)のため、OpenHRP3環境での検証ツールも順次、更新しており、場合によっては、古い版は、破棄もありえる)。仮想的なモデル上では、R-GIS RTC(または、機能)の有効性は、検証されつつある。但し、基本的に、R-GISは、ある実体と共に利用されるものであり、SW-PF上での単独での検証は不可能。SW-PFでの仮想モデルと、実機実験との比較による有効性検証を推進予定。R-GIS実証実験環境(福岡市人工島内の中央公園)での実機(RTC化された車いすロボット)による検証を推進中(2009/6/26に、一部、公開デモ実施)。(予定)R-GISコンセプト説明のためのLEGOを用いたスケールモデル検証(屋内実機デモを想定)。(予定)つくばチャレンジ2009でのR-GIS地図データ and/or R-GIS RTCを用いた移動ロボット制御(移動知能SWG2主査、油田先生を經由して、協議中)。</p>	<p>RTC化の前倒し、ソフトウェアPF(OpenHRP3)上での検証の前倒し。H19~H21の目標は、ほぼ達成予定。</p>
<p>移動・作業知能のため</p>	<p>ロボットの制御用モジュール及び知能モジュールの開発を行い、視覚に基づくロ</p>	<p>検証用システムとして、富士通サービスロボットenon、日本SGI社</p>	<p>人間共存環境におけるサービスを実現す</p>

<p>の視覚に基 づくロボ トな知能モ ジュール群 の開発</p>	<p>パストな知能モジュールとして対人追従移動を実現した。天井画像を用いた自己位置推定に関しては、R T C 再利用センサーにソースコードの提供を行った。また、日本 SGI 社や国際電気通信基礎技術研究所よりコンポーネントの提供を受け、コンポーネントの接続性等の検証を行っている。</p>	<p>Segway-RMP に R T コンポーネントでの制御が可能な知能モジュール統合プラットフォームを構築し、検証デモにて対人追従コンポーネントを各ロボットの制御用コンポーネントに接続し、再利用性を検証した。</p>	<p>るため、各機能の基本性能の向上を行い、屋内外を問わない視覚機能を実現した。これら主要な機能のコンポーネント化は完了しており、H21 年度末にはこれらの機能を連携してサービスを実現する見込みである。</p>
<p>オフィスビ ル移動ロボ ットの知能 化</p>	<p>オフィスビル等の清掃に必要な直進制御モジュール、旋回制御モジュール、エレベータ自動乗降モジュール、走行プログラム自動生成（第 1 フェーズ）を開発した。走行プログラム自動生成の第 2 フェーズで、CAD から自動的に走行プログラムを生成するモジュールを開発予定。</p>	<p>開発したモジュールを自社清掃ロボットに搭載し晴海トリトンスクエアや神田和泉町ビル等、実際のオフィスビルにおいて走行試験を行い実用に耐える性能を得た。</p>	<p>自己位置認識に関する知能モジュール群及び安全移動制御に関する知能モジュール群について中間目標の目標値を達成した。</p>
<p>高速移動知 能（公共空 間分野）の 研究開発</p>	<p>車両（高速移動知能）を支援するための情報を作り出す以下の知能モジュール群を開発した。  交通状況認知知能モジュール群（交通情報認知、省エネ情報認知、危険情報認知、車両情報取得）  知識共有知能モジュール群（情報流布知能モジュール、通信知能モジュール）  交通支援知能モジュール（セルマッピング知能モジュール、知識統合知能モジュール）</p>	<p>通信、GPSとJavaアプリの動作する評価装置を製作し、この上で開発した知能モジュールを評価した。有効性検証は、車両に搭載して、公道上で実施するフィールド評価と、専用シミュレータ上で多数の高速移動知能の動作を検証するシミュレーションとで実施し、中間目標達成を検証した。</p>	<p>中間目標達成度 100% 最終目標も一部開発が完了。R T C 化は一部（車両情報、通信、セルマッピング）完了。残りは、当初計画通り今年度中に完了予定。</p>
<p>自律と操縦 が融合した インテリジ ェント立ち 乗り電動モ ビリティシ ステム</p>	<p>a) 各種台車モジュール群など：再利用性を考慮した複数の台車(プラットフォーム)での動作を実現し、プロジェクト内外へ評価版を配布済(セグウェイジャパン)  b) 自律移動モジュール群など：再利用性を考慮した開発を行い、プロジェクト内外へ評価版を配布済(東北大学)</p>	<p>a) 先行発表・検証デモにて開発したモジュールの公開とデモンストレーションを実現  b) つくばチャレンジ 2008 にて開発したモジュールの実証実験を行い、競技でも好成績を収める  c) 一部モジュールをプロジェクト</p>	<p>成果は中間目標を達成する見込みであり、最終目標に対して順調に開発が進捗している</p>



	<p>c) 自己位置認識・地図情報管理モジュール群など：再利用性を考慮した開発し、屋外の公共機関での動作実験を実施 (IRS)</p> <p>d) フォーマーション制御モジュール群</p> <p>なお：複数のプラットフォームでの動作を実現(京都大学)</p>	<p>内・外へ評価版を配布し有効性の検証を実施</p>	
<p>搭乗用移動知能およびその構築を簡便にするモジュール群の開発</p>	<p>搭乗型移動ロボットに必要な知能モジュール群、1) 障害物回避知能、2) ucode 環境インフラや R-GIS と連動するナビゲーション知能、の開発に加え、移動知能ロボットの構築支援技術として3) 多モータシステムを容易に構築可能なモータコアユニット、4) OS を必要しない組込環境で R T ミドルウェアを利用可能とする RTC-CANopen、5) 組込リアルタイム OS として広く利用されている TRON (T-Kernel) で稼働する R T ミドルウェア環境、のプラットフォーム群を開発している。上記の知能モジュールは、移動 SWG1 で仕様策定を行っている共通 IF に則り実装されている。</p>	<p>東京ユビキタス計画における銀座地下街(準公道)、検証デモにおける搭乗型移動ロボットを用いた実証実験や先行共同デモにおける移動 SWG1 共同で共通 IF 実証実験を行うことで有効性の検証を行った。その結果、設定した目標を達成可能であることを確認した。</p>	<p>基本計画に示されている移動知能モジュールに関する目標を達成するだけでなく、移動 SWG1 において共通 IF 仕様を策定しそれに則って実装することで相互利用性を向上させた。また、独自に移動知能ロボット構築支援プラットフォーム群の開発も行い目標以上の成果を達成している。</p>

### 3. 1. 5 コミュニケーション領域における研究開発成果

#### (1) 開発したモジュール群

コミュニケーション知能として開発したモジュールのうち、特筆すべきものを下記に述べる。なお、詳細かつ網羅的な記述については、6 章において事業体ごとに記述する。

まず「社会分野」では、状況認識モジュール、音声認識モジュール、発話区間推定モ

ジュール、顔動作推定モジュールなどを開発した。これらはすべてRTコンポーネントの仕様に準拠したモジュールである。状況認識モジュールは、ロボット前方5m以内について、同時に最大10人程度の人の位置座標と共に、「歩いている」「走っている」などのラベル付けされた人の行動情報を出力する。状況認識モジュールについては、本プロジェクト内の作業知能（安川電機）および移動知能（奈良先端大学）でも利用を検討している。音声認識モジュールおよび発話区間推定モジュールは、顔画像（口の開閉）と音声を併用することにより雑音に頑健に発話区間を検出し、これにより社会分野のサービスの環境下で起こる雑音に頑健な音声認識可能なモジュール群を開発することができる。音声認識モジュールについては、本プロジェクト内の作業知能（東芝）、移動知能（筑波大学、奈良先端大学）および高速移動知能（慶應大学）でも利用を検討している。顔動作推定モジュールは、複数人がロボットの前にいる状況でもそれぞれの人の顔を認識し、顔動作推定が可能なモジュール群であり、社会分野に向けたモジュールを構成できる。

次に「生活分野」では、音声認識モジュール、話者認識モジュール、人物状況検知モジュールなどを開発した。これらはすべてRTコンポーネントの仕様に準拠したモジュールである。音声認識モジュールは、ワイドレンジ音声入力ボードを用いて離れた場所からの認識が可能であること、高齢者対応の音響モデルを実装し、高齢者層の認識精度を向上していること、雑音抑圧機能として2マイクノイズキャンセラ、エコーキャンセラを搭載（それぞれRTコンポーネントとして実現）していることにより、「生活分野」の周囲雑音（特に後方）が存在する状況下での幅広い年齢層の発話者に対するロバスト性を向上している。本モジュールは、既に他のコンソーシアムが利用している音声認識モジュールデバイスと比べて、大規模な音声認識用辞書を搭載可能であり、またエコーキャンセラ機能の搭載、また今後は子供対応の音響モデルの搭載を予定しているなどの点で高度化を実施しており、音声認識モジュールデバイスを置き換える形で利用してもらうことを検討している。話者認識モジュールは、音源方向検出、顔検出、音声認識の結果を統合することで、ロボットにとっての話者とその発話内容を同定するモジュールである。人物状況検知モジュールはビデオカメラ映像とRFIDを併用して、ロボットの周囲に存在する人物の検出と同定を高速かつ高精度に行うモジュールである。

さらに、九州工業大学では、音声認識モジュールと発話推定モジュールを開発した。音声認識モジュールは、精度向上のために、複数の音声認識器を統合的に扱う枠組みで実装されている。「それ」や「あれ」などの照応詞を含む発話にも対応が可能である。照応解析を除く部分についてはコンポーネント化済みである。照応解析を含む音声認識モジュールについては現在コンポーネント化中である。発話推定モジュールは、動画像と音声をもとに画面に映っている人物が発話中かどうかを推定する。動画像のみを利用するモジュールはコンポーネント化済みである。音声も含めたモジュールについてはコンポーネント化中である。

また、首都大学東京では、音声認識モジュールとジェスチャ認識モジュールを利用し

た、マルチモーダルインタラクションモジュールを開発した。マルチモーダルインタラクションモジュールは、ジェスチャ認識モジュールから得られる指差し方向の情報（ノンバーバル）と、音声認識から得られたオブジェクト名やコマンド情報（バーバル）から、作業指示対象と作業内容を認識する。これにより、作業の開始・中断・変更・停止を認識することができる。ジェスチャ認識モジュールおよび音声認識には共通基盤プロジェクトで開発された画像認識用モジュールおよび音声認識モジュールを利用している。

以上のように、様々な環境・分野にロバストに対応することができるコミュニケーション知能モジュールが着実に開発されている。コミュニケーション知能を利用する開発者は、これらのモジュールをリファレンスモデルに従ってロボットシステムに組みこむことができるので、リファレンスモデルの中のモジュールを取り替える手段によれば、異なる適用先においても高いコミュニケーション能力を備えたロボットシステムを容易に構築することができる。

## (2) 有効性検証およびその結果

「社会分野」においては、「聞く・見る・話す」機能に関連する基本モジュール群を開発し組み合わせることにより、道案内タスクを実行するロボットシステムを実現した。このロボットシステムでは、ロボットに命令を与えるのではなく、例えばロボットが「こんにちは、どこかへ案内しましょうか？」と問いかけ、これに対しユーザが「トイレはどこ？」と尋ねると、ロボットが身振りを交えて「トイレならあっちの方にあるよ」と応えるように、ユーザと会話によるインタラクションを行い、「トイレ」、「コンビニ」、「喫茶店」など10種類の場所を案内する。検証実験では、背景雑音が65dBAの際、およそ75%の精度でユーザとのインタラクションが成立した。また、モジュールの再利用性も確認し、3種類のロボット（子供サイズのRobovie II、デスクトップ用の小型サイズのRobovie mini-R2、バーチャルのwakamaru simulator）で、開発したモジュール群が同様に動作することを確認した（対話利用モデルの検証に対応）。

「生活分野」においては、開発したモジュールのうち、11種類のRTコンポーネントとシナリオを組み合わせ、対話ロボットシステムを実現し、検証デモにてモジュールの有効性を検証済みである。対話シナリオとしては、相当の音声コマンドに応答する基本対話（コマンド利用モデルの検証に対応）と複数人物と対話中の割り込みを許容するやや複雑な対話シナリオ（対話利用モデルの検証に対応）を実装し、認識性能、応答速度など問題が無いことを確認している

九州工業大学で開発された音声認識モジュールと発話推定モジュールは、検証デモにおいて有効性を検証済みである（コマンド利用モデルの検証に対応）。音声認識モジュールは、安川電機様に提供し動作検証を進めている。首都大学東京で開発されたマルチモーダルインタラクションモジュールは、バーバル・ノンバーバル知的融合により、作業の中断・停止が可能であることを検証デモにおいて検証済みである（コマンド利用モデル

ルの検証に対応)。2009年5月行われた第12回組込みシステム開発技術展においても発表を行った。

(3) 目標の達成度

中間目標の達成度については表 3.1.5.1 に示した。

表 3.1.5.1 コミュニケーション知能領域における中間目標の達成度

大分類	小分類	中間目標	達成度	
			社会分野	生活分野
① 環境・状況・対象認識知能モジュール群	(a) 環境・状況認識に関する知能モジュール群	ロボットの前方5m以内の人物の配置を70%以上の精度で検出。	達成済。 5m以内 99%以上	H21年度末・達成見込み。
② 対話支援知能モジュール群	(a) 音声認識モジュール群	BGMが聞こえるスーパーや、TVがついているリビング等の実用的な環境において、子供や高齢者を含む不特定話者の音声を70%以上の精度で認識。	65dBAの騒音環境下で75%以上を達成済。	達成済。
	(b) 音声合成モジュール群	子供や高齢者を含む不特定の相手とのコミュニケーションにおいて、70%以上の精度で内容を伝達。	達成済。	H21年度末・達成見込み。
	(c) 行動理解に関する知能モジュール群	「人の身振りや仕草の認識により人の指示や意図を理解する技術」「人の表情や非言語の発声の認識により人の理解度や感情を認識する技術」について、それぞれ少なくとも3種類の要素の認識技術を開発し、実用的なロボットタスクの実証実験で効果を実証。「ロボットの形状や仕草により、人に適切に情報やロボット	達成済。	3種類の表情認識と2種類の身振り認識を達成。残り1つの身振り認識とそれらの実証に関してはH21年度末・達成見込み。

		の状況を伝える技術」に関しては、仕草を伴う効果をユーザへのアンケートで実証。		
③ 対話制御知能モジュール群の開発	(a) 対話コンテンツ管理モジュール群	200以上の対話コンテンツを格納でき、また状況に応じて対話コンテンツを選択する機能を保有。	達成済。	達成済。
	(b) 対話制御モジュール群	選択された対話コンテンツのフローを制御し、初心者ユーザに対して70%以上の成功率でタスクを達成。	達成済。 商品説明タスク成功率 93%。	H21年度末・達成見込み。
④ 対話管理等知能モジュール群の開発	(a) 対話対象同定モジュール群	100人を対象に80%以上の精度で人物を同定。	達成済。 500人を対象に認識率 99.6%。	達成済。
	(b) 対話履歴管理モジュール群	100人以上の対話履歴を管理し、その履歴から得られた情報を対話に反映する機能を保有。	達成済。	対話履歴管理は達成済。対話への反映についてはH21年度末・達成見込み。

## 3.2 成果の検証

### 3.2.1 研究開発成果の見える化

本プロジェクトの研究開発成果の基本は知能モジュールの蓄積である。知能モジュールの数は計算できるが、種類や機能・性能の検証には困難が伴う。ソフトは見えないものであり、厳密で正確な検証を規定するとそれに時間をとられて効率的ではない。そこで、成果の「見える化」を行って事業体の進捗を確認した。今回の「見える化」は進捗の目安でしかないが、実際に動くシステムに知能モジュールを搭載して動作させることにより、早期の状況確認や事業体内での認識共有にも役立つものであった。図 3.2.1.1 に「見える化」による進捗確認例を示す。なお、図中の丸数字は図 2.2.1 の研究開発項目の分類を示す。

**②三菱電機** ロボットセル  
産業用ロボットで実証



**②IDEC** セル生産ハンド



更なる進化の継続  
基本動作モデルの検証用ロボットシステム

**③安川電機** 施設内生活支援ロボット  
サービスロボット実機で実証



**③東芝**  
テーブル片付作業  
検証実験を実施



**④筑波大**  
移動ロボット用基本機能  
つばチャレンジで実証



**④富士通** 商用施設混雑環境移動ロボット  
サービスロボットに搭載して実証実験



**④奈良先端大** 移動作業ロボ  
対人追従、指示物体の認識・把持  
ロボットに搭載して実験



**④富士重工** 清掃ロボット  
実環境で実証実験



**⑥セグウェイ** 立乗りモビリティ



**⑥芝浦工大Gr**  
搭乗用移動知能



**⑥ATR**  
ショッピングモールロボ



<reference label="book1">  
こちら</reference>ですよ

**⑥NEC** 家庭・生活コミュニティロボ



対話試作システム  
での動作検証



図 3.2.1.1 「見える化」による研究開発成果の可視化例

### 3. 2. 2 先行発表・検証デモ発表会

本プロジェクトでは知能モジュールの事業者相互の提供・利用を推奨している。これを促進するためには、どの事業者がどのような機能・性能の知能モジュールを持っているかを相互に認識している必要がある。研究開発成果である知能モジュールを相互に理解するため、および研究開発進捗を確認するための**先行発表・検証デモ発表会**を行った(2009年1月21日)。

この会の目的は大きく以下の3項目である。

#### 1. 見える化による相互の知能モジュールの理解

各事業者の開発した知能モジュールをロボットに搭載して動作としてアピールする。提供可能な知能モジュールを相互に紹介することにより、他者開発品の利用を促進する。

#### 2. イベント設定による開発加速

イベントが設定されていると、それに使用する技術開発が加速されることは周知のとおり。

#### 3. 先行事業者による動作見本提示

知能モジュールの開発法や応用法、提供法は未だ開発途上である。先行して成果を挙げている事業者により成功例を示し、今後の開発・運営の参考とする。

芝浦工大の校舎を借用し、知能モジュールの開発を担当している全15事業者による実働ロボットを用いた開発モジュールの動作デモを行った。

この結果、知能モジュール開発・統合化の加速とモジュール化の工夫や指針に対する共通認識を共有することができた。また、運営上の知見として、知能モジュールの性能評価法としての実ロボットデモの有用性、各事業者の進捗度と課題、モジュール統合と再利用性への課題、統一したロボットによる組み合わせ実証の体制を作ることの必要性をあらためて認識できた。



図 3.2.2.1 検証デモ発表会の風景

### 3.3 成果の意義

本プロジェクトではソフトウェアプラットフォーム、作業知能、移動知能、コミュニケーション知能の4つの領域で開発を進め、それぞれの領域で大きな成果が得られている。それぞれの成果ごとに代表的な成果とその評価を記す(図 3.3.1)。

ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発では、知能モジュールを開発するための開発支援ツールとシミュレータという従来にない新しい機能を開発して公開した。このツールを用いることでロボットのモジュール設計を効率的に進めることが可能となり、適用可能分野が拡大した。

移動・作業知能のための視覚に基づくロバストな知能モジュール群の開発においては、視覚を用いたナビゲーションにおいて最高水準の機能を実現できている。

移動知能(サービス産業分野)の開発の領域においては、今回開発した知能モジュールとその構成法を商用に試用している実ロボットに試験適用した結果、カスタマイズ性が向上し、サービスロボット開発の開発効率が30%向上する結果が得られた。従来の設計法を大きく変えるメリットが実感されている。

コミュニケーション知能の開発領域の公共空間における情報支援知能モジュール群の開発においては、平成21年度はまだ半年を残すが、現段階で中間目標を大きく超え、実用的な世界最高水準の音声認識モジュールを開発・公開することができている。

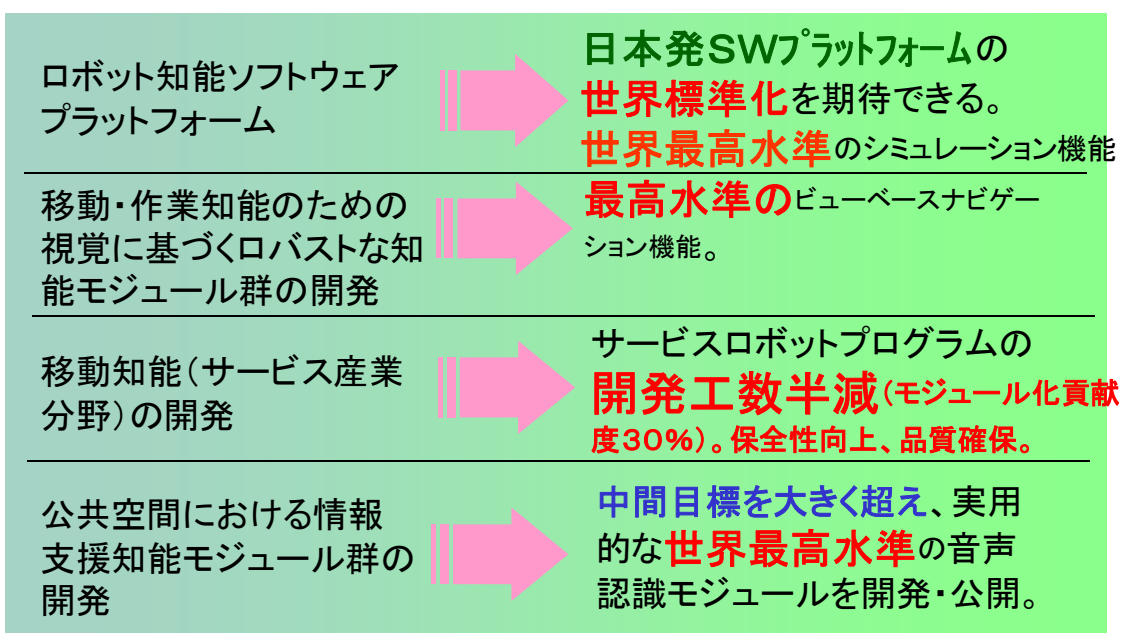


図 3.3.1 代表的な成果の意義



### 3.4 知的財産権等の取得及び標準化の取組

本プロジェクトの特許・論文等についての領域ごとの出願状況を図 3.4.1 に示す。特許は50件、研究発表は331件、報道は合計して176件の結果となった。図 3.4.2 に年度ごとの推移を示す。初年度は立ち上げ時期のため件数は少ないが、平成21年は実績と計画を合計すると平成20年を上回る数値を予定しており、年々成果が上がっている。

領域	特許 (出願)	研究発表 (論文誌、学会誌、口頭発表)		報道	
		国際研究発表	国内研究発表	新聞・雑誌	展示会
I. 基盤技術	1	1	39	2	3
II. 作業知能	17	24 (19)	87	61	20
III. 移動知能	19	22 (11)	130 (9)	55	31
IV. コミュニケーション知能	13	8 (4)	20	0	2
合計	<b>50</b>	55 (34)	276 (9)	<b>119</b>	<b>57</b>
		<b>331 (43)</b>			

括弧内は査読付論文(内数)

図 3.4.1 領域ごとの特許出願、発表状況

領域	特許 (出願)	研究発表 (論文誌、学会誌、口頭発表)				報道					
		国際研究発表		国内研究発表		新聞・雑誌		展示会			
H19	1	1 (1)		3 (1)		12		1			
H20	16	29 (12)		128 (4)		48		32			
H21	33	実績	14	12 (11)	25	73 (2)	142 (4)	45	63	11	24
		計画	19	13 (10)		72 (2)		14		13	
合計	<b>50</b>	55 (34)		276 (9)		<b>119</b>		<b>57</b>			
		<b>331 (43)</b>									

括弧内は査読付論文(内数)

図 3.4.2 年度ごとの特許出願、発表状況

### 3.5 成果の普及

本プロジェクトは、開発した知能モジュールやその開発支援ツールを世の中に広く普及させることを目標とするため、成果の普及には心を配っている。主な使用者はロボットの開発者であるため、ロボットの専門家が集まる学会や展示会を主な普及活動場所としている。

なかでも隔年で開催される国際ロボット展(2009年11月25日～29日)はプロジェクトの理解を広げる大きなチャンスであると認識しており、NEDOにおいて40小間(約 360m<sup>2</sup>)のエリアを確保し、知能モジュールの使用法や実用例を紹介する予定である。

また、日本ロボット学会誌にて特集号を発行予定(平成22年6月)である。この特集号ではロボットのモジュール設計法を紹介するほか4領域8テーマ全てについて説明予定である。

関連学会との連携も深めている。ロボットの主要3学会の学術講演会(日本ロボット学会学術講演会、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門大会、計測自動制御学会システムインテグレーション部門大会)では毎年、本プロジェクトの開発内容の発表や事例紹介を行っている。特に、今年度の日本ロボット学会(2009年9月15日～17日、横浜国立大学)では多くの事例紹介を行うこととしており、学会の企業発表件数全69件のうち59件(85%)が本プロジェクトの成果発表となる見込みである。このように知能モジュールの実用性を強くアピールできる普及活動を進めている。

国際学会においても本プロジェクトの認知度向上と標準化活動の支援となるための活動紹介に力を入れている。ICRA2009(2009年5月12日～17日、神戸国際会議場)においては、開発フレームワークについてのワークショップを開催し、海外の関連技術者との討論や国際連携を目指した活動を行った(平成21年5月17日)。

### 3.6 成果の最終目標の達成可能性

本プロジェクトの最終目標の達成可能性を表 3.6.1 に示した。いずれの分野の目標においても、平成23年度のプロジェクト最終年度までに最終目標を達成できる見込みである。

研究課題	テーマ対応	最終目標(平成23年度末)	達成見通し
①ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	基盤	<b>1. プラットフォームの研究開発</b> ●以下②にて開発する知能モジュール群を統合 ●次世代ロボットシステムを事前にシミュレートし確実に実現 <b>2. 有効性の検証及び改良</b> ●検証用知能モジュール群の研究開発 ●リファレンスハードウェアを研究開発	平成20年度提供分基本機能はすでに提供済み。平成21年度分も順調であり、来年度からは改良であり <b>達成の見通し。</b>
②モジュール型知能化技術の開発	作業	<b>1. モジュール型知能化技術の開発</b> ●環境変化に対応可能なロバスト性 ●用途が広く、利用が容易 <b>2. 他者に提供</b> ●1.の成果である知能モジュールを実行可能なソフトウェアモジュールの形で提供(有償を含む)	14社で実ロボットを制御できるモジュールを開発済み。今後改良の上 <b>提供できる性能まで向上できる見込み。</b>
	移動		
	コミュ		
③有効性の検証	基盤	<b>1. ①及び②の技術の有効性検証</b> ●テーマごとに应用目標を決め、開発した知能モジュールをロボットシステムで組み込み試験し、実環境の使用に耐えることの検証 <b>2. 可能な限り広範囲に提供</b> ●成果であるソフトウェアモジュール ●他者が利用(再利用)できる形式で提供	自己ロボットで検証済み。今後、共通ロボットで検証して機能をまとめることは、 <b>ほぼ達成の見込み。</b>
	作業		
	移動		
	コミュ		

表 3.6.1 成果の最終目標の達成可能性

## 4. 実用化見通しについて

### 4.1 本プロジェクトの実用化の考え方

本プロジェクトの目標は、実用的な知能モジュールを使ったモジュール式ロボット開発法を普及させ、効率的なロボット開発を実現することである。使用したい知能モジュールが準備されていなければこの開発法は使ってもらえないため、まずは幅広い機能分野にわたる多数の知能モジュールを開発し取り揃えること、次にそのモジュールの品質が一定以上であることを保証する仕組みを作ること、知能モジュールを蓄積し使いたいモジュールをすぐに取り寄せられる環境を提供すること、複数の知能モジュールを接続するための道具を提供すること、組合わせたシステムの動作を確かめる環境を提供することなどが必要である。

上記を整理して、本プロジェクトの「実用化」を以下の3点に整理した。

#### 1. 実用的な知能モジュールを多数蓄積すること

幅広い使用分野にわたり必要な機能を備えた数多い知能モジュールを蓄積すること。  
十分な性能・機能、再利用性を有する実用的なモジュールとして検査済であること。  
相互に接続や交換が可能な統一したインタフェースを持つ知能モジュールであること。

#### 2. モジュール開発を実現する設計環境の提供

新ロボットを容易にモジュールの組合せで開発できる開発環境と試験環境が準備できていること。

必要なモジュールを検索・提供が可能な蓄積環境を作ること。

#### 3. 知能モジュールおよびモジュール構成法の提供・普及

本プロジェクトの終了後も幅広い分野で成果が活用されること。

### 4.2 成果の実用化の見通しについて

上記の3点について、各事業体およびプロジェクト全体の実用化にむけて積極的に活動している。

知能モジュールを多数蓄積することに関しては、数をそろえることと、質を高めることの両面から開発を進め、実用化を目指している。

実用化の最も基本的な方法は、実用的な技術を開発することである。プロジェクトの運営では、各事業体に対し設定ゴールとリファレンスモデル、リファレンスタスクを勘案した開発内容リストを作成させ、PLの指導の下に知能モジュールの網羅性を高めている。また、品質を確保するための体制や運営方式を開発するしくみを整えた。これに対応して、各事業体では実用的な知能モジュールを開発し、蓄積 DB に登録するとともに、各自の有するロボットとRTC再利用技術研究センターの共用検証用ロボットで機能・性能を検査を開始している。これらの結果、動作を確認された実用的な知能モジュールが再利用可能な形態で蓄積されつつある。今後、蓄積された知能モジュールを社会に提供する組織をプロジェクト終了後に構成する構想がある。このためには、RTC再利用

技術研究センターで開発中の知能モジュールの取り扱い技術を移管するとともに、知的財産の取り扱いについての検討が必要である。

開発環境については、早期に完成させて、本プロジェクト内で積極的に利用して改良を進め、実用性を向上させる方針を採る。すでに設計環境、デバッグ環境、シミュレータ等の初版が提供されており、事業体において知能モジュールやロボットシステムの開発に使用され始めている。実用的な開発環境は、学会や展示会等において利点をアピールしつつ普及を図る。開発環境のユーザを開拓する意味では、本プロジェクトそのものが役に立っている。本プロジェクトは47事業者の集団であり、開発を進めることで47事業者のユーザが生まれたことを意味する。多くの事業者に知能モジュールと開発環境を使い慣れてもらい、知能モジュールを理解している技術者が拡大していくことが実用化の大きな推進力となる。

設計環境の普及については、オープンソフト化を目指している。知能モジュールを接続する根幹となるものはRTミドルウェアである。世界では部品化したロボット技術を再利用してロボットの開発を効率化する動きが始まっている。特に今年度から動きが盛んになってきた米国 Willow Garage 社（以下ウ社）はロボットの機能部品とその統合法を無償で公開することを目指した私的研究開発機関である。ウ社は、すでに画像処理界で広く利用されている OpenCV ライブラリーの提供元であり、今後ロボット分野でもウ社のライブラリーが広く普及することが予想される。これに対応するため、ウ社と連携して、より洗練された部品接続法としてRTミドルウェア を共同で公開してゆくことを決定した。この公開は、ロボット技術を構築していくための共通基盤となり、本プロジェクトの成果を実用化するための事業環境が整うとの判断である。本プロジェクトの成果である知能モジュールは、この事業環境の上で普及を推進することとなる。

知能モジュールの普及に関しては、プロジェクトとして以下の実用化方法を設定し、事業者にはこのいずれかの方法によりプロジェクト終了後の技術活用を検討することとしている。

1. 開発した知能モジュールを他者の応用のために技術提供する。
2. 開発した知能モジュールを普及のために無償で提供する。
3. 開発した知能モジュールを自社の製品に活用し、販売する。

本プロジェクトの事業者は上記の候補から実用化法を選択し宣言することとしており、実用化を推進する方向性を明確化している。16の事業体のうち、12の事業体においては知能モジュールの具体的な実用化方法を計画しており、残りの4事業体においては、具体的な実用化方法を検討中である。

普及のためには図 4.2.1 に示すセンターを構想している。知能モジュールシステムは専門的であるため、試験的に使用してメリットを実感しないと導入が進まない性格を持つと思われる。このため、知能モジュールの試験使用や評価を気軽に実行できる「場所」が必要と考える。図 4.2.1 では「RTモジュール利用支援センター」と仮称している。このセンターで、実験用ロボットシステムや試用可能な知能モジュール、支援スタッフ、支援環境を活用しながらユーザにメリットを実感してもらうことが重要である。このセンターの開設や運用には、現在運用を開始したRTC再利用技術研究セ

ンターが蓄積した知見やノウハウが活かされるはずである。

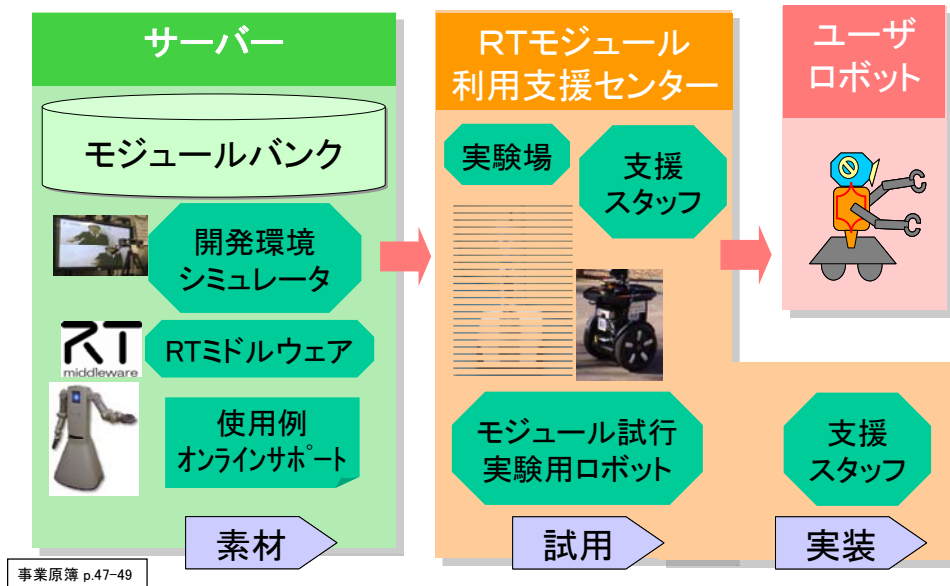


図 4.2.1 知能モジュールを実用化するための将来体制の構想

### 4.3 波及効果

本プロジェクトのモジュール式ロボット構成法は、次世代ロボット技術が広い製品分野に波及し新規産業創出や産業活性化を実現できること等の広い波及効果がある。

まず、本プロジェクトにより実用的な知能モジュールの蓄積が実現すると、その知能モジュールを活用可能なロボットのモジュール式設計法が普及する。これによりロボット機能を内蔵する機器開発が効率化し、産業競争力が向上する。

また、組み込み用 OS を対象とした R T ミドルウェアの開発により知能モジュールやこれらを利用するシステムの適用範囲が拡大する。本プロジェクトの関連プロジェクトにより R T コンポーネント（ロボットの機能部品）が供給され、知能モジュールのラインナップが拡大する。また、R T ミドルウェアや知能モジュール関連技術の国際標準が取得されることによりモジュールの相互接続性が保証される。これらの相互影響力により乗算的に魅力が増し応用範囲が拡大することにより、知能モジュールの利用が増加して産業競争力が向上できるものと考えられる。

標準化に関しては、R T ミドルウェアは現在ソフトウェア分野のコンソーシアム標準である OMG において標準化として成立している。今後、位置表現法等の知能化 P J モジュールに関する他の技術を OMG 標準とするほか、より高位の I S O 等の標準を取得することにより、本プロジェクトの技術の普及を加速できる。

さらに、本プロジェクトの推進によりRTミドルウェアや知能モジュールを使いこなす技術者が増大した。これにより、知能モジュールの開発が活発化し、RTミドルウェアを使用するRTシステム機器の適用分野が拡大することが期待できる。

上記の相乗効果により、ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発がさらに推進され、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技術の適応分野を拡大し、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につながられる。

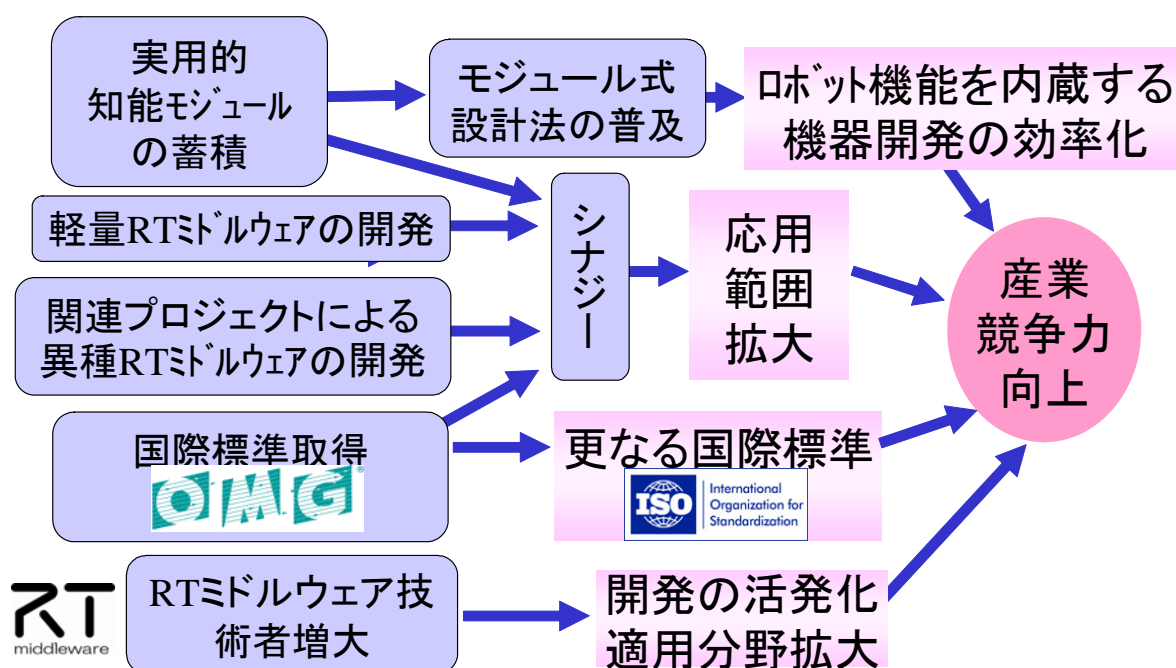


図 4.3.1 知能モジュール開発の普及効果

参考文献

- [1] 経済産業省:”技術戦略マップ2009”, pp.459-485, 2009

以上