

第1回「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」

(事後評価) 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

公開部

作成者

新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術開発推進部

—目次—

概要	1
「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
I. 事業の背景・必要性・目的・位置づけについて	52
1. 事業の背景・必要性	52
2. 政策への適合性	52
3. 国のプログラムとの関連性	53
4. 事業の目的	53
5. 事業の位置づけ	54
6. NEDOの関与の必要性	56
6.1 NEDOが関与することの意義	56
6.2 実施の効果(費用対効果)	56
II. 研究開発マネジメントについて	58
事業目標	58
1. 研究開発目標(平成23年度最終目標)	58
2. 研究開発項目	58
3. 研究開発項目ごとの研究開発目標	59
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
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	62
3.3 研究開発項目②:作業知能(生産分野)の開発	63
3.4 研究開発項目③:作業知能(社会・生活分野)の開発	65
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
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
3.7 研究開発項目⑥:移動知能(社会・生活分野)の開発	72
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	74
4. 研究開発計画	79
5. 研究開発の実施体制	80
6. 研究の運営管理	83
6.1 応用を見据えたモジュールの開発	83
6.2 運営方式	85
7. 情勢変化への対応	86
7.1 柔軟な体制変更(応募状況に対応した追加公募)	86
7.2 柔軟な体制変更(再利用体制の設置)	86
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
7.4 成果評価と研究開発加速(予算再配分)	87

7. 5 NEDO 内加速資金制度の活用	88
8 中間評価結果への対応	90
9 評価に関する事項	91
Ⅲ. 研究開発成果について	92
1. 事業全体の成果	92
1. 1 研究開発の成果および最終目標の達成度	92
全体総括	92
2. 研究開発項目毎の成果	93
2. 1 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	93
2. 2 作業領域における研究開発成果	95
2. 3 移動領域における研究開発成果	97
2. 4 コミュニケーション領域における研究開発成果	99
2. 5 成果の検証	100
2. 5. 1 研究開発成果の見える化	100
2. 5. 2 先行発表・検証デモ発表会	102
2. 5. 3 成果の意義	103
2. 5. 4 知的財産権等の取得及び標準化の取組	104
2. 5. 5 成果の普及	105
2. 6. 実用化見通しについて	105
2. 6. 1 本プロジェクトの実用化の考え方	105
2. 6. 2 成果の実用化の見通しについて	106
2. 6. 3 波及効果	107
3. 各テーマの成果詳細	
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	i -1-1
3. 2 ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発	ii -1-1
3. 3 作業知能の開発	
3. 3. 1 作業知能(生産分野)の研究開発	iii -1-1
3. 3. 2 作業知能(社会・生活分野)の研究開発	iii -2-1
3. 4 移動知能の開発	
3. 4. 1 移動知能(サービス産業分野)の研究開発	iv -1-1
3. 4. 2 オフィスビル移動ロボットの知能化	iv -2-1
3. 4. 3 移動ロボット用基本知能のモジュール化	iv -3-1
3. 4. 4 移動知能(社会・生活分野)の研究開発	iv -4-1
3. 5 コミュニケーション知能の開発	
公共空間における情報支援知能モジュール群の開発	v -1-1

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 (作成したモジュールのマニュアル例)

1. 自律移動モジュール群マニュアル
2. 統合ロボットシステムマニュアル

概要

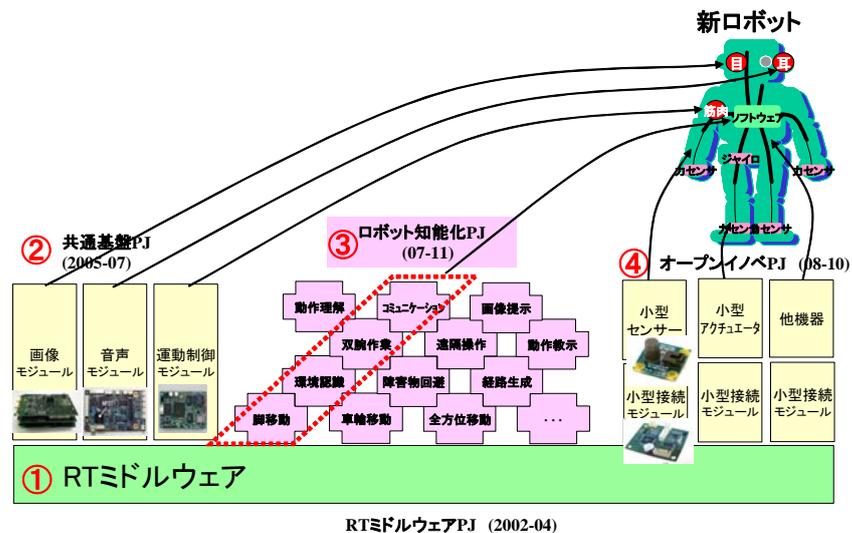
		作成日	平成 24 年 6 月 1 日				
制度・施策（プログラム）名	ロボット・新機械イノベーションプログラム						
事業（プロジェクト）名	次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト	プロジェクト番号	P08013				
担当推進部/担当者	技術開発推進部 有木孝夫						
0. 事業の概要	<p>我が国では、1980 年代以降、自動車や電機・電子産業等のユーザ産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入が進んだが、1990 年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた。</p> <p>他方、我が国は、少子高齢化・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	1,010	978	6,738	
	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	1,010	978	6,738	
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、N E C 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> <p>(4) NEDO加速資金の活用 実用化や普及に向けた取り組みを実施するため、加速資金を活用して開発項目を追加した。</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ったが、最終的に計画を上回る346個の知能モジュールを開発し、登録のための検証を終えた。そのうちオープンソースのモジュールについては公開することで、他者も自由に使用可能な状態とした。また、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、領域間利用を行った。領域内ではロボットの応用領域が近いため、より多く利用がされている。

以下の表に本プロジェクトの成果を示した。

設定目標分野	テーマ対応	研究開発目標 最終目標(平成23年度)	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	基盤	1.研究開発 ●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 2.有効性の検証及び改良 ●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	ハンドと車輪型移動機構をもつ リファレンスハードウェアを開発 し、移動、作業、コミュニケーションの各知能モジュールを統合した検証システムを開発した。また、 リファレンスハードウェアのシミュレーションモデルを作成 し、ハードウェアを用いることなく知能モジュールの動作を可能とした。	◎
②モジュール型知能化技術の開発	作業	1.モジュール型知能化技術の開発 ●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	全てのテーマで最終目標を達成した。	○
	移動			
	コミュ			
③有効性の検証	基盤	1.①及び②の技術の有効性検証 ●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。 2.可能な限り広範囲に提供 ●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	有効性検証として、要求仕様からトップダウンでの設計を行ない、システムに適合する知能モジュールを選出し、アプリケーションシステム例として「来訪者受付システム」の構築を実施した。その成果は一般公開し、 プロジェクトの内外問わず、利用(再利用)された。	◎
	作業			
	移動			

◎：大幅達成、○：達成、△：一部未達、×：未達

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、前半の3年間は開発成果の「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事とした。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した。後半2年間では、開発したモジュールの再利用性の検証を行うため、実施者の相互利用の促進と統合的な試験検証を行った。

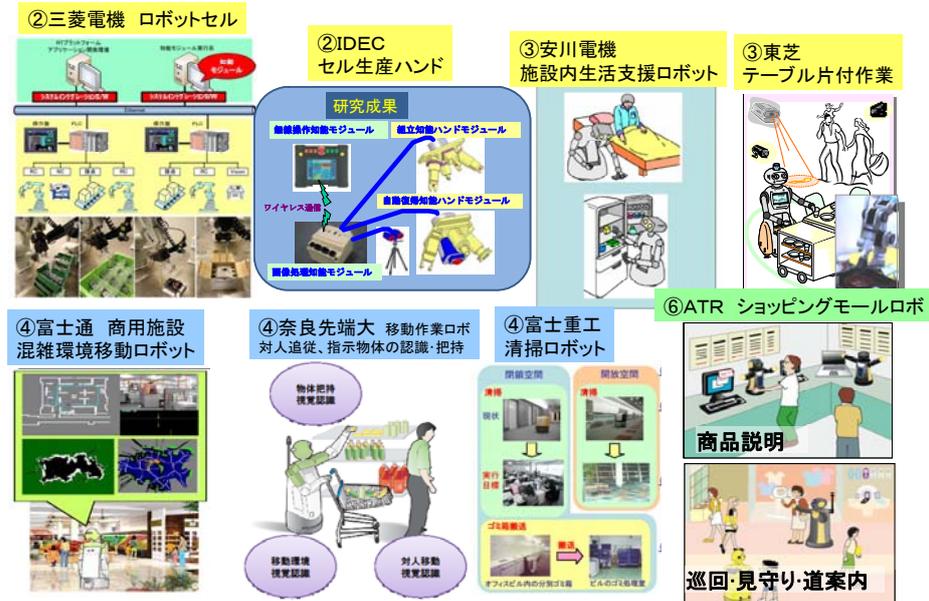


図 各事業者による「設定ゴール」の一部

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。

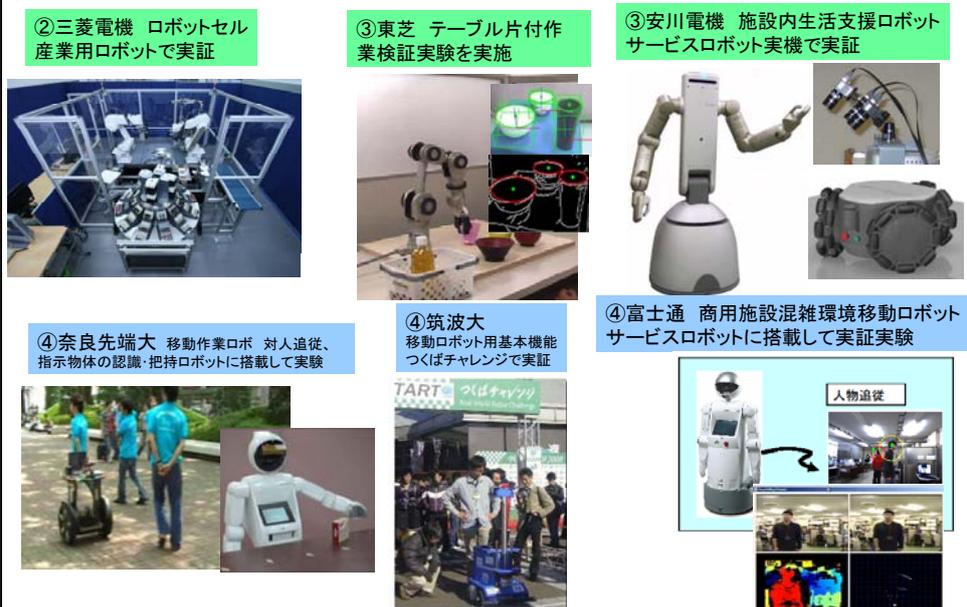


図 研究開発成果の可視化例

(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た(研究開発成果の項参照)。

また、品質を確保するために、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た。

提供については、プロジェクト期間中の23年7月 OprnRTミドルウェアのWeb ページ内に公開用ページを構築し、再利用性の検証が終わったモジュールから順次公開を行った。

	【成果発表数】				
	分類	学会発表 (内 査読論文数)		特許等 (内 国際特許数)	報道等
		国内	海外		
	件数	582 (41)	159 (44)	68 (7)	372
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 平成 24 年度 事後評価実施予定			
V. 基本計 画に関する 事項	策定期期	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 平成 22 年 3 月 中間評価の結果を受け、研究開発計画を変更したため改訂			

P08013

(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。

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となる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。

研究開発項目⑤については、平成20年度から平成21年度までの2年間とする。

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。
- (3) 平成22年3月、中間評価の結果を受け、研究開発計画を変更したため改訂。

(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

(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①-2 : 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

<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 秒以下でロボストに認識できること。

4. 特記事項

- (1) 下記の R T 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

- (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

(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バ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を行いながら、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

(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。

4. 特記事項

- (1) 平成21年8月に実施した中間評価において、研究開発項目⑤については、高速であるという技術的な特徴から、他の研究開発項目との連携が困難であり、現段階では、本プロジェクトの中で実現するには時期尚早との指摘を受けた。このため、後半2年間の知能モジュール群の統合と改良フェーズは実施せず、平成21年度で研究開発を終了する。

- (2) 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

- (3) 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。

- (4) 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>

- (5) 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。

- (6) 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。

- (7) 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。
- (8) 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 R T 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

(2) N E D O 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。

4. 特記事項

(1) 下記の R T 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

(2) N E D O 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

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150cm²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

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75cm²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

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50cm²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不可欠な基盤技術である機械分野においては、バイオ技術やIT技術等の異分野技術を活用した従来の機械の概念を超えた新しい機械の創造及びその計測技術の確立を図ることを目標とする。例えば、２０１５年頃に革新的MEMSの本格普及を目指すことにより、安全・安心な社会の構築に貢献する。
- (2) 安全・安心な社会、便利でゆとりある生活の実現のために必要不可欠なロボットは、信頼性技術、高機能化・知能化技術、システム化技術が特に重要であり、これら技術を開発することで、２０１５年頃には、自律的に多様な作業を行うロボットの実用化を目指す。

4. 研究開発内容

[プロジェクト]

I. ロボット技術開発

- (1) 基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト（運営費交付金）

①概要

これまでの研究開発プロジェクトの成果を活用し、生活環境やロボットで使用される各種要素部品をRT(Robot Technology)システムで利用しやすい共通の接続方式、制御方式の下で利用可能な形で提供(RTコンポーネント化)するための基盤を開発する。これにより既存の生活環境を簡単にRTシステム化し、それらを活用することにより様々な生活支援機能の提供、基盤ロボット技術の普及と標準化を推進する。

②技術目標及び達成時期

２０１０年度までに、共通の通信インタフェースとRTミドルウェアで動作させる基盤通信モジュール、既存の要素部品をRTコンポーネント化したRT要素部品、それらを用いたRTシステムを開発する。

③研究開発期間

２００８年度～２０１０年度

- (2) 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

生活空間や多品種少量生産の製造現場など状況が変わりやすい環境下では、ロボットの使用条件や用途は大きく限定されている。これを克服するため、ロボットが確実性（ロバスト性）をもって稼動し、ロボットの環境・状況認識能力等の向上とともに、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積管理及び組合せ等を可能とする技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代ロボットが高度な作業（タスク）を行う上で必要な効率的で実用的な知能化技術を開発する。具体的には、魅力的でニーズが高いタスクを設定し、知能化技術モジュールを開発し、高機能的なロボットシステムの構築を実証する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

市場ニーズ及び技術戦略マップに基づき、約10年後にロボット技術の活用により達成するミッションを設定した上で、これを達成するために必要なロボットシステム及び要素技術開発を、関係府省の連携の下で実施する。

②技術目標及び達成時期

市場ニーズ及び技術戦略マップに基づき、約10年後にロボットを活用して達成するミッションを設定した上で、これを達成するために必要なロボットシステム及び要素技術の開発を実施する。具体的かつ先端的なRT開発を支援することで、我が国のRT競争力の維持・発展を図るとともに、研究開発成果の他分野（自動車、情報家電等）への波及を図る。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

II. MEMSの技術開発・新機械産業の領域開拓

(1) 高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

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

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、以下の開発を行う。

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

③研究開発期間

2006年度～2008年度

(2) 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト

①概要

高信頼性が必要な医療分野や特殊環境等で活用され、医療や安全・安心等の社会的課題を解決する、小型・高性能・省エネルギーな次世代デバイスの基盤プロセス技術を、MEMS製造技術とナノ・バイオ等の異分野技術の融合により開発する。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、次世代デバイス製造に必要な不可欠な基盤プロセス技術群である、バイオ・有機材料融合プロセス技術、3次元ナノ構造形成プロセス技術、マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術を開発すると共に、得られた知見を系統的に蓄積しデータベース化し、従来の技術情報と統合的に取り扱える知識データベースシステム整備を行う。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

Ⅲ. 分析機器産業の技術開発支援

(1) 高度分析機器開発実用化プロジェクト

①概要

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

②技術目標及び達成時期

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

③研究開発期間

2006年度～2008年度

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

〔実用化・導入普及促進〕

ロボットやその関連部品等の見本市の開催等を支援することによって、システム開発者、要素部品の開発者、ロボットユーザ等とのマッチングを図り、中小・ベンチャーや異業種企業のロボット産業への参入を促進する。

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

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

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

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

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

〔標準化〕

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

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

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

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

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

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

7. 改訂履歴

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

- (平成18・03・31産局第7号)は、廃止。
- (7)平成14年2月28日付け、新製造技術プログラム基本計画制定。
- (8)平成15年3月10日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成14・02・25産局第6号)は、廃止。
- (9)平成16年2月3日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成15・03・07産局第9号)は、廃止。
- (10)平成17年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成16・02・03産局第11号)は廃止。
- (11)平成18年3月31日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成17・03・25産局第5号)は、廃止。
- (12)平成19年4月2日付け制定。新製造技術プログラム基本計画(平成18・03・31産局第6号)は、廃止。
- (13)平成20年4月1日付け、ロボット・新機械イノベーションプログラム基本計画制定。21世紀ロボットチャレンジプログラム基本計画(平成19・03・15産局第2号)及び新製造技術プログラム基本計画(平成19・03・19産局第3号)は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

I. 事業の背景・必要性・目的・位置づけについて

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）。

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。

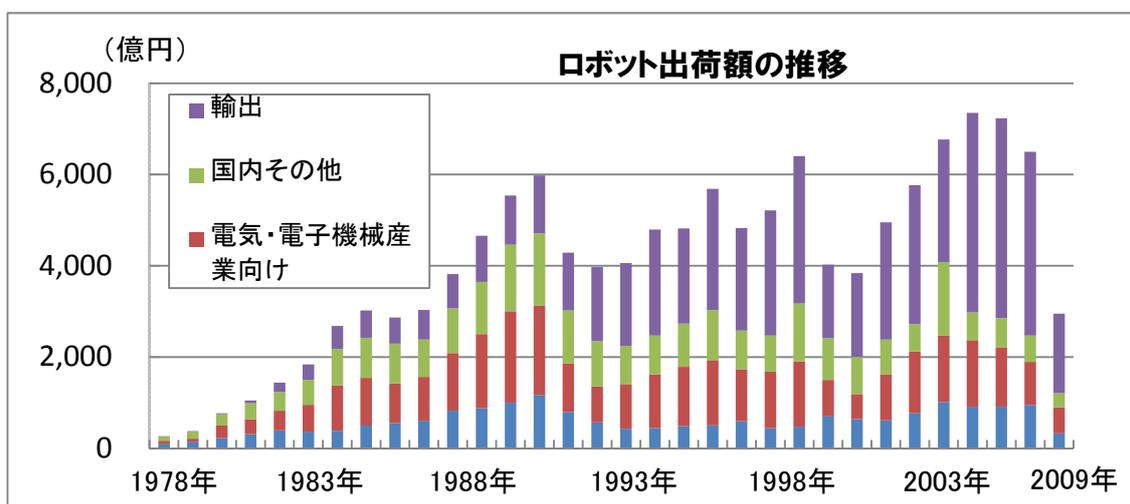


図 1.1 ロボット出荷額の推移

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。

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。

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。

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5.2の③）。図5.2の④はさらにその先の小型センサ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。

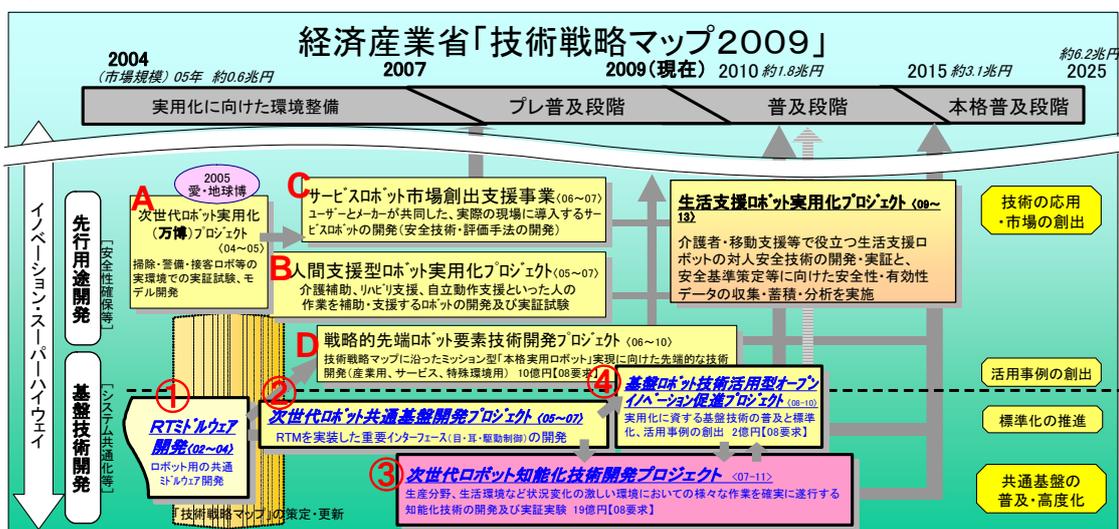


図 5.1 ロボット分野の導入シナリオ[1]

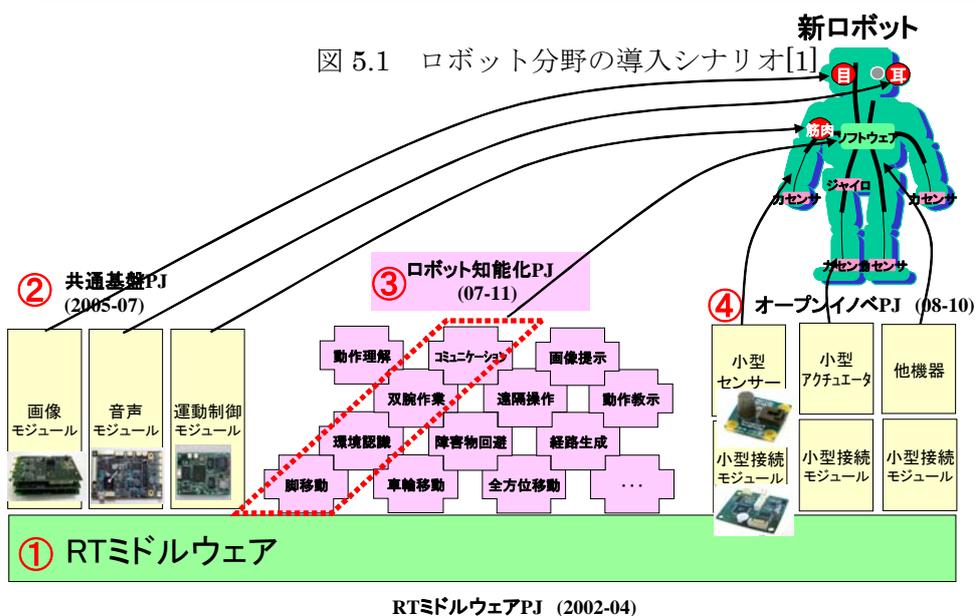


図 5.2 ロボット基盤技術開発に関する4プロジェクトの関係

6 NEDOの関与の必要性

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加者が見込めない。参加者が少ないため、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。

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事業体が参加し、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た。中間評価までに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、様々なミッションに対応した知能モジュール群を開発した。中間評価後の2年間で、下記の成果を得た。

1. 開発した知能モジュール群を相互運用することで統合的な検証を行い、他者が再利用できる有効性を確認した。
2. 再利用性の確認作業が終わったモジュールをプロジェクト期間中より一般向けにドキュメント(仕様など)と共に公開し、ダウンロードを可能な状態とした。

本プロジェクト研究開発費は67.4億円である。中間評価で受けた指摘事項への対応として事業体の再編成および整理を行い9事業体となった。中間評価までの3年間は1事業体あたり約3億円、評価後の2年間は1事業体あたり約2.2億円となる。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R

T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果的・効率的なロボット開発が推進された。また、実際に使用できる状態で開発したモジュール群を公開して、本プロジェクトの成果を利用できる様に提供するなど、本プロジェクトが実現した効果は大きい。

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

事業目標

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。

8 つの研究開発項目ごとの最終目標の詳細は、「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」基本計画「(別紙) 研究開発計画」(PP. 13-45) に記載のとおり。

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。

< 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

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2.1)。

- 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

I. 基盤技術開発	
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
II. 作業領域の知能モジュール群開発	
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)
III. 移動領域の知能モジュール群開発	
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)
IV. コミュニケーション領域の知能モジュール群開発	
⑦	コミュニケーション知能(社会・生活分野)の開発

図 2.1 4領域に整理した8つの研究開発項目

3 研究開発項目ごとの研究開発目標

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

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。

① R 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。

①R 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) 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。

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。

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 秒以下でロボストに認識できること。

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。

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バ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こと。

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。

3.6 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様の環境において、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. 中間評価への対応

「プロジェクト全体の目的とのつながりが希薄で孤立しているグループも見受けられる」との中間評価の指摘を受け、実施体制の再編成を行った関係で本開発項目は平成21

年度で終了とした。

4. 達成目標

(1) 最終目標 (平成23年度)

中間評価において、他の知能化モジュール群の開発とは関係性が低いことから事業体の再編成により、平成21年度で開発を終了した。そのため、本開発項目の成果は下記中間目標の達成までである。

(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

信頼性が高い周辺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。

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 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（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。

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。

4 研究開発計画

ロボットの機能部品である智能モジュールの開発と、その開発環境であるロボット智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智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、智能モジュール群の統合に移し、智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。さらに、NEDO内の加速資金制度を活用し、実用化への取組の強化を行った。具体的には、市販の双腕ロボットを利用した智能モジュールの統合検証、組込型RTCの開発、安全認証取得RTCの開発および国際化連携のためのRTミドルウェアとWillowgarage社のROS連携の取組である。

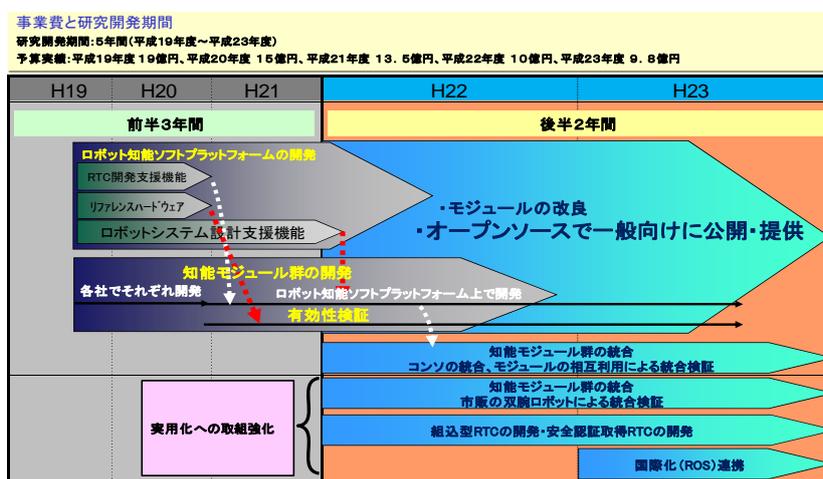


図4.1 研究開発スケジュール

これらの開発スケジュールと開発予算の推移を表4.1に示す。

	H19	H20	H21	H22	H23	合計	
①-1 ロボット智能ソフトウェアプラットフォームの開発	→						
①-2 ロボット智能ソフトウェア再利用性向上技術の開発		→					
② 作業智能(生産分野)の開発	→						
③ 作業智能(社会・生活分野)の開発	→						
④ 移動智能(サービス産業分野)の開発	→						
⑤ 高速移動智能(公共空間分野)の開発	→						
⑥ 移動智能(社会・生活分野)の開発	→						
⑦ コミュニケーション智能(社会・生活分野)の開発	→						
開発予算 (単位:百万円)	通常予算	1,900	1,500	1,350	910	978	6,638
	NEDO加速予算	0	0	0	100	0	100
	合計	1,900	1,500	1,350	1,100	978	6,738

表 4.1 研究開発計画と開発予算

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 5.1）。プロジェクト当初は 16 事業体であったが、中間評価の指摘への対応として、類似テーマの統合や廃止などを実施し、9 事業体へ絞り込みを行っている。（図 5.2）

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ー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 5.3）。

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 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。さらに、普及のための WT を外部に設置し、普及の推進を可能な体制とした。（図 5.4）

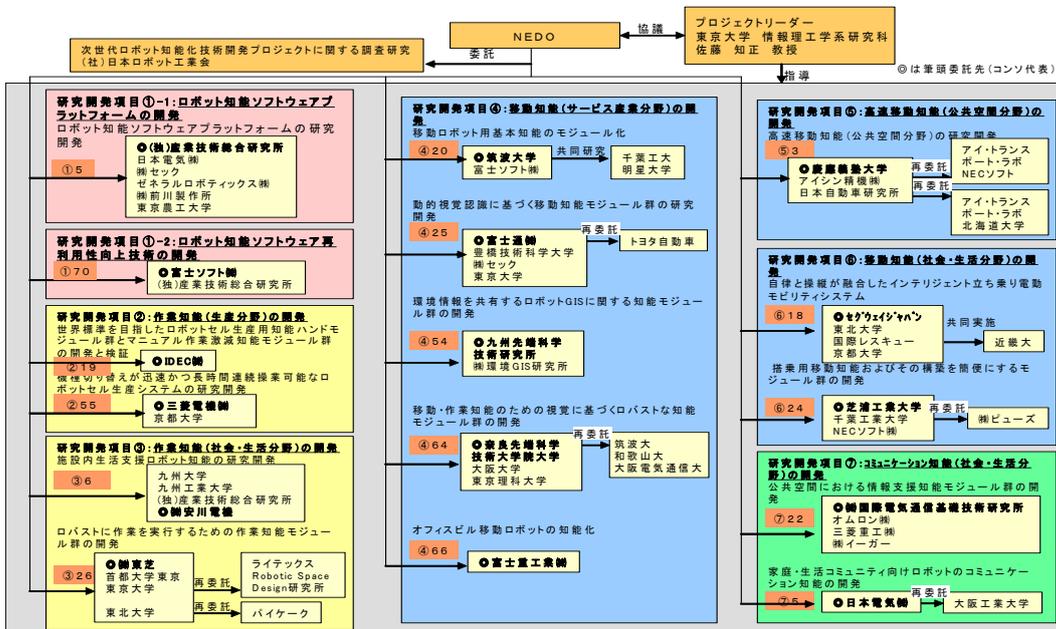


図 5.1 研究開発実施体制の全体図（プロジェクト当初）

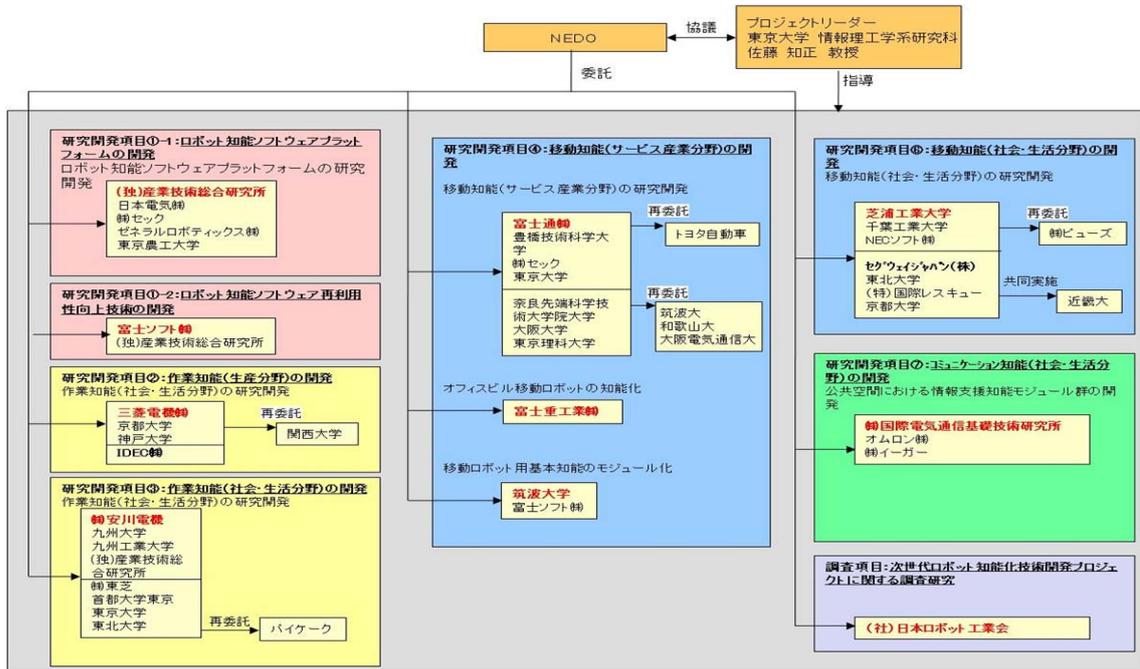


図 5.2 研究開発実施体制の全体図（最終年度）

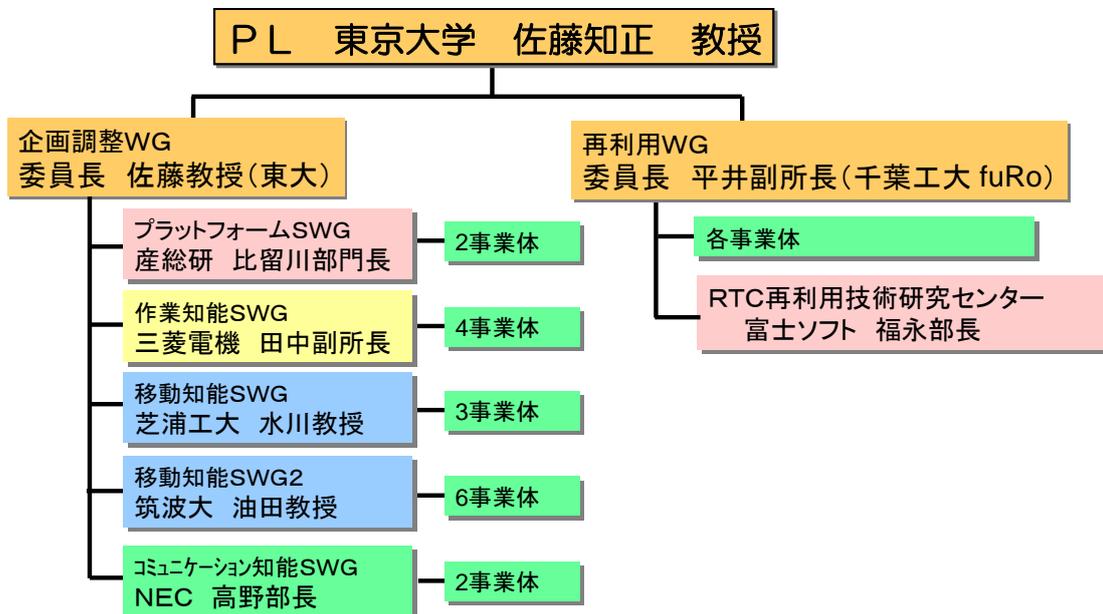


図 5.3 研究開発実施体制の骨格

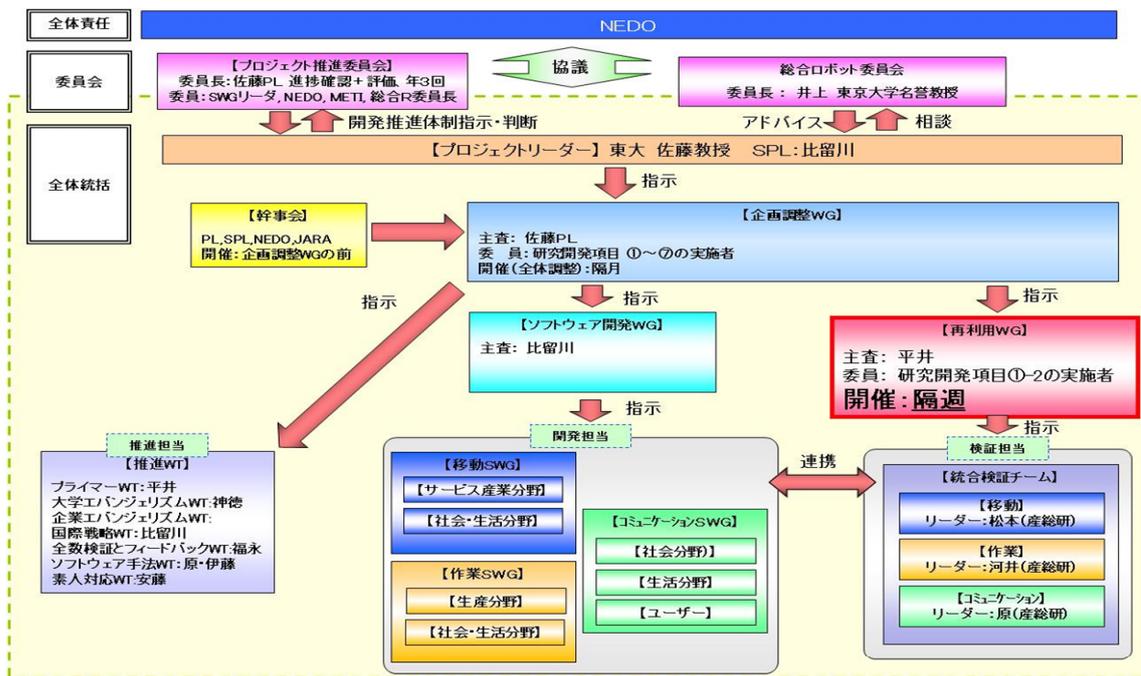


図 5.4 プロジェクトの実施体制

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。

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。

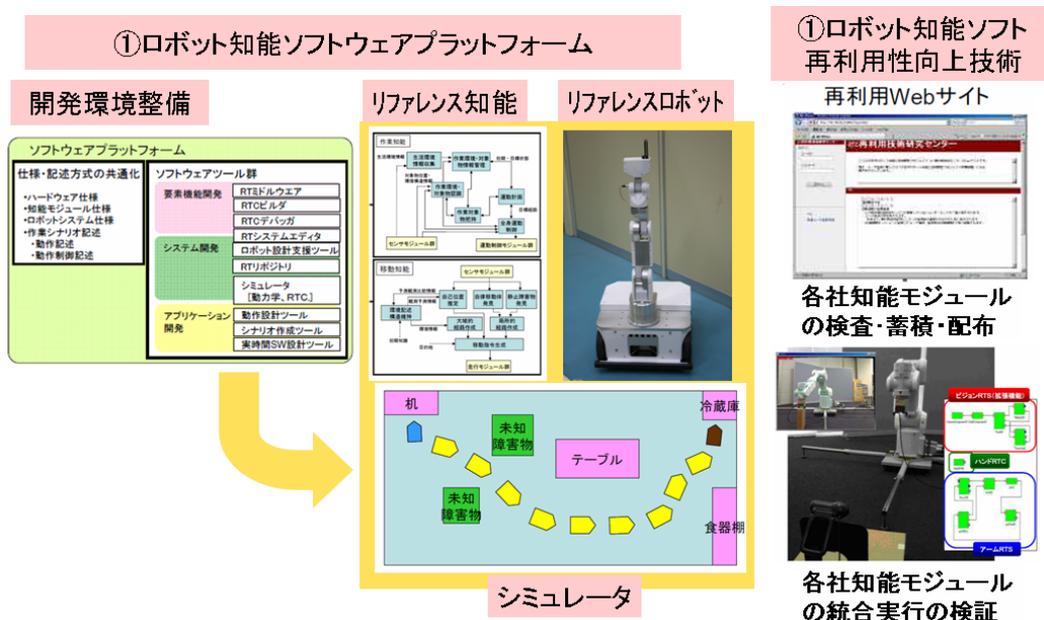


図 6.1.1 <基盤技術の開発>領域の開発内容

②三菱電機 ロボットセル

②IDEC セル生産ハンド

研究成果

- 無線操作知能モジュール
- 直立知能ハンドモジュール
- 自動復旧知能ハンドモジュール
- ワイヤレス通信
- 画像処理知能モジュール

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 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

ポイント

- 道路・交通状況等の自動環境認知
- 知識交換による認知した情報の洗練
- 他のロボットへの知識の伝達
- ドライバーに伝えるべき知識の選別

⑥セグウェイ 立乗りモビリティ

操縦移動知能モジュール	自律移動知能モジュール
障害物の検知	障害物の検知と回避
操縦と自律の融合	自律走行

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

商品説明

巡回・見守り・道案内

⑥NEC 家庭・生活コミュニティ向けロボ

多様なシーン、ユーザーに対応可能なコミュニケーション知能を実現

- 人物状況検知
- 感情認識
- 話者認識
- 音声認識
- 複数人物対話
- 対話履歴管理
- 対話コンテンツ管理
- 音声合成
- 仕事認識

図 6.1.2 事業者ごとに設定した「設定ゴール」の内容

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 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(/年)
計画・運営	運営会議	PL,NEDO,有識者による運営方針会議	開催26回(隔週開催)
	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12回(月1回)
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2回
	サイトビジット	委託先を訪問し進捗チェック	PJ期間中のべ8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。	1回

表 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 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 6.2.2 領域ごとに設定したサブWG

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。

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。

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R T C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。

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。

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。 状況対応	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。 予算再配分	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。 状況対応	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。 予算再配分	高い成果の研究体の開発促進。

表 7.4.1 能動的な予算再配分

7.5 モジュールのオープンソース化

国際的な動きとして、ソフトウェアのオープンソース化が推進されている状況の中で、アメリカの Willow garage 社がロボットソフトウェアのオープンソースでの開発を前提とした「ROS」を開発し、コミュニティ等で盛んにソフトウェアの開発が始まった。本プロジェクトも、たくさんの人に使ってもらう「基盤」を開発するプロジェクトであることもあり、開発した知能モジュール群をオープンソースで可能な限り提供することとした。オープンソースで提供することで利用障壁を少なくし、更なる普及を目指すものである、ただし、知的財産やノウハウ等が含まれるものは従来どおりバイナリでの提供を実施することとした。これらは上級モジュールとして販売することで産業振興の戦略を見据えたものである。

7.6 NEDO 内加速資金制度の活用

中間評価への対応と実用化へ向けた取り組みのため、開発項目の追加を行った。内容としては、以下の通りである（表 7.6.1）

(1) 一般向け公開の前倒し実施による普及の促進

早期に本プロジェクトで開発したモジュール群を利用可能な状態で公開する

(2) 双腕ロボットプラットフォームを用いた作業知能オープンソースの統合検証

高度作業知能モジュールの追加開発、双腕ロボットを用いた作業知能の統合検証を行い、その成果をオープンソースで公開する

(3) 組込機器への RT ミドルウェアの実装

RT ミドルウェアの普及を促進するため、CANopen 版・T-Kernel 版等資源の少ない組込機器で動作するミドルウェアの開発を実施する

(4) 安全認証取得 RTM の開発

IEC61508 等の機能安全規格に基づいた開発プロセスを構築、支援するためのツール群の開発と機能安全規格に準じた RT ミドルウェアの開発を実施する

(5) Willow garage 社「ROS」と RT ミドルウェアの連携

次世代ロボット知能化技術の相互運用可能性を検証するため、ROS をターゲットとして相互運用プラットフォーム上で相互運用性を検証する。

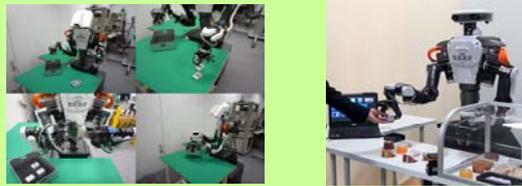
研究開発項目	個別項目	
Webへの公開環境構築	OpenRTM、ツール群、および知能モジュール公開の前倒し	NEDO知能化プロジェクトRTコンポーネント集 http://http://www.openrtm.org/openrtm/ja/node/4599
双腕ロボットプラットフォームを用いた作業知能オープンソースの統合検証	高度作業知能モジュールの追加開発, 双腕ロボットを用いた作業知能の統合検証	 <p>パレタイジング作業 アソート作業</p>
実用化への取組	組込機器へのRTミドルウェアの実装	OpenRTM on T-KernelおよびRTC-CANopenの開発
	安全認証取得RTMの開発	 IEC61508 SIL3 Capableの認証を取得できるRTM
	RTMとROSの連携	と  の相互運用

表 7.6.1 NEDO 内加速資金による開発項目の追加

8 中間評価結果への対応

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

	指摘事項	対応内容
1	<p>モジュール化のやり方に関して、本プロジェクトに関与していないメーカーやユーザ、大学などから意見を聞いて議論したほうがよかった。ソフトウェアのRT コンポーネント化のやり方とその使い方に関しては、HP に書かれているが、マニュアルか教科書を書いて啓蒙すべきである。作業知能、移動知能、コミュニケーション知能の中には、中間目標の達成に関する記述が明確でないもの、あるいはグループ内の連携が十分でないものもある。高速移動知能は、本プロジェクトの趣旨に合わない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・マニュアルやカタログを国際ロボット展（2011年）で配布した ・ドキュメントの整備を行った ・高速移動知能グループについて21年度末でプロジェクトを終了した
2	<p>大きな4分類のうち、作業知能（特に社会・生活分野）、コミュニケーション知能については、テーマ設定が現状のロボット技術では難しく、そのため十分な成果が挙げられているようには思えない。プロジェクトが多岐に渡っているため、この中間審査を機に、取捨選択を行うのも一つの方向性かと思われる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・類似の目標をもつコンソを統合し、目標の変更を行うと共に、これまで開発したモジュールの相互利用による統合試験を行った。 ・（株）国際電気通信基礎技術研究所コンソは、研究開発の効率化のために有効性検証で使用するロボットハードウェアを共通のハードウェアに絞りこんだため、三菱重工（株）を21年度末でプロジェクト終了とした。
3	<p>ほとんどのグループは程度の差こそあれプロジェクトの目的に沿った方向で研究を進め、モジュールの構築・提供・利用を行っている、あるいは行おうとしているが、一部にプロジェクト全体の目的とのつながりが希薄で孤立しているグループも見受けられる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・環境情報を共有するロボットGISに関する知能開発グループについて21年度末でプロジェクトを終了した。
4	<p>実用化（実際にロボット製品で使用される可能性）への距離という視点からみて、サブグループごとの最終目標のばらつきが大きい。そのため、最終目標の設定が妥当であったかどうか疑問は残る。実環境での使用に耐えられるか、ハードウェアとの相性を吸収できるような仕組みがあるのかどうか、といった視点から、客観的検証も必要と思われる。統合プラットフォームも依然として敷居が高く、今後多くの開発メーカーが呼び込めるかどうかには課題が残っている。また、実使用に向けて、プラットフォームやモジュールの信頼性を高めていく努力も必要と思われる。</p>	<p>信頼性を高めて行く努力として、以下の内容の開発を実施した</p> <ul style="list-style-type: none"> ①プラットフォームやモジュールが実際に再利用（他者）ができる様に、再利用センターにてサービス仕様を作成した。 ②再利用Web（知能化PJ内で相互利用するためのクローズドなWebページ）に登録されているモジュールを使用して、その仕様が実現出来るかの検証を行う為のロボットシステムの作成を行い、実際に動作試験を実施した。 ③再利用センターで検証が終了した（再利用可能の確認がとれたもの）を一般向けに公開した（2011年7月）

5	<p>個々のモジュールにおいても、再利用性を向上させるという観点での目標設定、評価を充実させることが望まれる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・再利用向上のため、各コンソに対して、開発している各モジュールのPJ終了時点での提供方法(オープンソース/バイナリ)を設定し、オープンソースのモジュールについては公開のライセンス形態を決めた。 ・オープンソースでの提供となっているモジュールは、PJ終了までに一般向けに公開した。(2011年7月、上記4と同じ)
6	<p>目標とする成果の普及のためには、「部品」の信頼性、安全性確保が最大の課題となる。特にソフトウェアの場合、これを如何に目に見える形で担保するかが重要であり、この点に関する具体的目標の設定が望まれる。これは、再利用性の向上に対しても共通する問題である</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・当初計画に無かった、機能安全の認証を受けることが可能な高信頼版RTミドルウェアの開発を実施した。

9 評価に関する事項

NEDOは平成21年度に外部有識者による技術開発の中間評価を実施した。さらに、技術的及び政策的観点から見た技術開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等の観点から、外部有識者による技術開発の事後評価を平成24年度に実施する。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

1.1 研究開発の成果および最終目標の達成度

全体総括

各事業体が最終目標とした智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 1.1.1 に示す。達成度は、全て目標を達成したと評価した。

設定目標分野	テーマ対応	研究開発目標 最終目標(平成23年度)	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	基盤	1.研究開発 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 2.有効性の検証及び改良 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 	ハンドと車輪型移動機構をもつ リファレンスハードウェアを開発 し、移動、作業、コミュニケーションの各知能モジュールを統合した検証システムを開発した。また、 リファレンスハードウェアのシミュレーションモデルを作成 し、ハードウェアを用いることなく知能モジュールの動作を可能とした。	◎
	② モジュール型知能化技術の開発 作業 移動 コミュ	1.モジュール型知能化技術の開発 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 	全てのテーマで最終目標を達成した。	◎
③ 有効性の検証	基盤	1.①及び②の技術の有効性検証 <ul style="list-style-type: none"> ● 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。 2.可能な限り広範囲に提供 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 	有効性検証として、要求仕様からトップダウンでの設計を行ない、システムに適合する知能モジュールを選出し、アプリケーションシステム例として「来訪者受付システム」の構築を実施した。その成果は一般公開し、 プロジェクトの内外問わず、利用(再利用)された。	◎
	作業			
	移動			
	コミュ			

表 1.1.1 研究開発の成果

このプロジェクトの最終目標は智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、智能モジュールの開発数を評価した(表 1.1.2)。本プロジェクトで総計320の智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智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					
H19	H20	H21	H22	H23	合計
48	136	120	16	42	362

表 1.1.2 開発した智能モジュールの総数

提供に関して表 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体間の智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。智能モジュールの相互使用を図にしたのが図 1.1.4 である。技術領域間においても智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 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

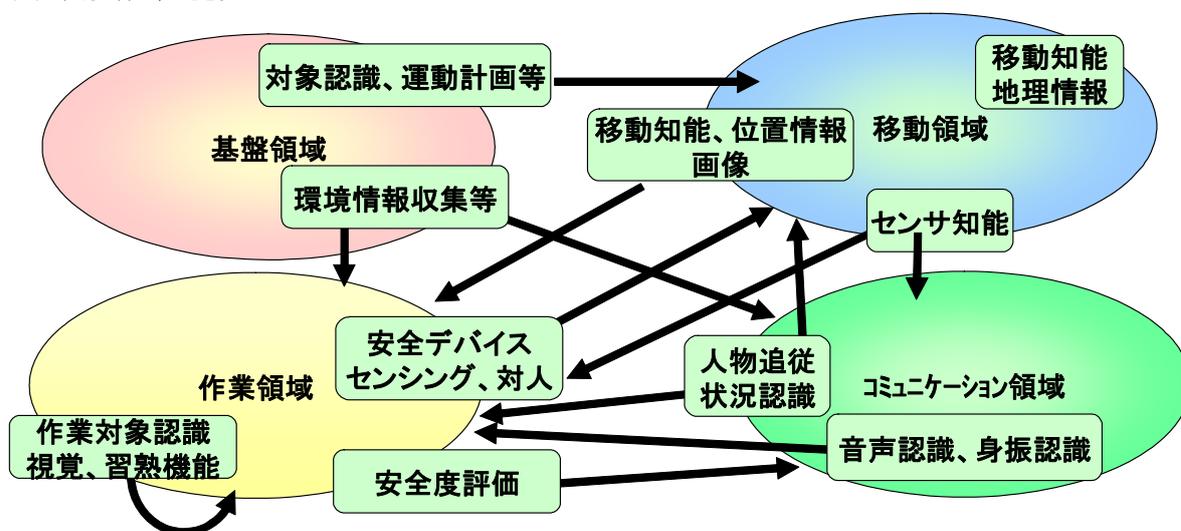


図 1.1.4 利用希望モジュールの相互関係

2. 研究開発項目毎の成果

研究開発項目毎の成果については全ての目標を達成した。

2.1 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) ロボット知能ソフトウェアプラットフォーム開発

表 2.1.1 に研究開発項目毎の最終目標および目標達成度を示す

表 2.1.1 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最終目標の達成度

	最終目標	達成状況	
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	知能モジュール、ロボットシステムの仕様記述方式としてRTC Profile Specification、RTS Profile Specificationを作成して、OMGにおいて標準化するための活動を行った。ハードウェア仕様記述方式に関しては、IDLによって定義し、ソフトウェアプラットフォームのツール群ではVRML97へのマッピングを読み書きできるような実装を行った。また、これらの仕様は、プロジェクト内に公開し、他の実施者からの意見に基づき改良を行った。	達成
	(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グ、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。	H21年度までにOpenRTM-aist-1.0に対応したRTコンポーネントビルダ、RTCデバッグ、RTシステムエディタを開発し、プロジェクト内に公開した。また、プロジェクト内の他の実施者からの要求、意見に基づき改良を行った。	達成
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を開発する。	作業シナリオ設計ツールとして、イベント駆動シナリオ設計ツール、時間駆動型シナリオ設計ツールを開発し、eclipse上で動作させると共に単独起動型のRCP版の開発を行った。イベント駆動シナリオ設計ツールはH21年度にプロジェクト内に公開、H23年度中にオープンソースとしても公開予定。	達成
	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を開発する。	ロボットの作業の動作を作成するために動作パターン設計ツールを開発した。また、移動ロボットの経路計画等を実施する移動動作設計ツールを開発し、動力学シミュレータOpenHRP3と統合して公開した。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を開発し、プロジェクト内に公開した。今後双腕ロボットプラットフォームを利用し、ツールの使い勝手を向上させていく予定である。	達成
	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・カセンサ・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。	運動学・動力学・視野画像のシミュレーションは動力学シミュレータOpenHRP3として提供を行った。また、距離センサ(2次元、3次元)、加速度センサ、ジャイロセンサ、カセンサ、GPSセンサ、ネットワークカメラなどの実デバイスのRTCを開発・提供した。さらに、それらのRTCとOpenHRP3を連携し、センサシミュレーションができる環境を構築・提供した。	達成
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。	VRML形式でのロボットシステムの作成ツール及び、VRML形式モデルをCollada形式に変換するツールは完成し、一般公開済みであるが、上記ロボットシステムの仕様記述の構築部分は未実装である。	達成
	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。	RTCProfile、RTSProfileおよびRTCを登録・管理するためのRTリポジトリを開発・提供した。RTリポジトリの仕様は、OMGで標準化検討されているDDC4RTC(Dynamic Deployment and Configuration for RTC)に提案している。	達成
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。	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の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に関する検証用知能モジュール群を開発した。知能モジュール群の開発においては、生活支援分野のみでなく、他分野の知能ロボットにも利用可能な汎用性を有するように留意した。	達成
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。	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をH21年度までに開発した。RTコンポーネントは、ハードウェア的にもモジュール化し、RTコンポーネントの追加・削除が容易な構成とした。試作3号機までの開発を通して、ユーザから挙げた要望事項を取り込みながら改善、改良を続けるとともに、試作機の設計段階でABC分析によるコスト分析を行った結果、マニピュレータと台車ロボットを合わせて従来の海外製研究ロボットの半額レベル(300万円台)で販売する見通しを得た。	達成
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。	検証用知能モジュール群をリファレンスハードウェアに搭載し、人間の命令によって机の上の物をはんどリングする統合システムを実現した。これらの検証用知能モジュール群は、ロボット知能ソフトウェアプラットフォームを用いて開発され、その有効性の検証も行った。	達成

(2) ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発

表 2.1.2 に研究開発項目毎の最終目標および目標達成度を示す

表 2.1.2 ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発領域における最終目標の達成度

	最終目標	達成状況	
(1) ロボット知能モジュールの開発体制の整備	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。	知能モジュールの蓄積・提供の仕組みとして、「再利用Webシステム」をH21年11月に開設。また既存のロボットを再利用性試験プラットフォームとして導入を行ない、動作検証の試行を重ねることで、検証ルールの策定を行い、H22年7月から運用を開始。以後プロジェクト内の実施者から登録された300件以上のモジュールについて受入確認/動作確認を実施中。適宜注意を行い、品質向上を図っている。	達成
	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。	第三者への提供を可能とする再利用性の高いシステム開発を目的として、要求仕様/動作仕様及びシステム動作内容を明文化するためにドキュメントを作成。それらの有効性検証として、要求仕様からトップダウンでの設計を行ない、システムに適合する知能モジュールを選出し、アプリケーションシステム構築を実施。反復的に実施した4回の検証を通して、ブラッシュアップを図った。	達成
(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	統合検証に適用したモジュールについて、その評価・要望を各研究体にフィードバックを実施。また統合検証における全てのドキュメント・プログラムについて、「再利用Webシステム」に併設する形で公開サイトを開設し、プロジェクト内部向けに公開。最終版については外部公開サイトに登録、公開し、知能モジュール再利用の推進・サポートを継続してを実施中。	達成

2.2 作業領域における研究開発成果

表 2.2.1～2.2.2～に各コンソの最終目標および目標達成度を列挙する。

表 2.2.1 三菱電機・IDEC 最終目標達成度

	最終目標	達成状況	
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。	外界センサ情報を利用して、教示時間を短縮する知能化技術を開発し、実証システムにおいて、教示時間1/3となることを確認した。	達成
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。	外界センサ情報を利用して、エラー状態から正常状態へ自力で復帰する知能化技術を開発し、実証システムにおいて、自動復帰できることを確認した。	達成
③ 認識に関する知能モジュール群	参考までに、この項目の最終的な具体的開発内容は以下の通り。 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。	3次元ビジョンセンサにより得られたポイントクラウドから、作業対象物の把持位置を算出するモジュール群を開発した。 また、2次元ビジョンセンサの部品の配置・整列状況を合致度と呼ぶ閾値でもって調整・判断できるモジュール群を開発した。	達成

表 2.2.2 安川電機・東芝コンソ目標達成度

	最終目標	達成状況	
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。	九工大 : 音声認識・音声合成コンポーネントと接続し、ユーザとの対話から指示内容を理解し、不足する情報を他のモジュール群に問い合わせして、作業可能な計画をSDLスクリプトで記述して構築できる作業計画モジュールを開発した。 産総研 : 指示や問い合わせを理解することができる音声認識・音声合成コンポーネントを開発した。 東芝 : プランニングモジュール群(東芝の知識状況管理モジュールと実時間モジュール)として、人の指示など外部イベントをトリガにして、センサーや外部DB等から得られる情報に応じて、自律的に目標・作業計画を作成し、状況変化に応じ動的に作業計画を修正しながら実行するモジュールを開発した。 首都大 : 東芝製アプリボコを用いて、人のジェスチャーを画像認識し、音声認識結果と統合して片付けのための指示を認識可能。また、空間知サーバと連携する事で具体的な食器の片付け先まで確定し作業ロボットへ指示を行うことが可能である。	達成
	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。	九大 : タグリーダと荷重中心計測センサを配置したテーブルや収納庫を用いて、RFIDタグが付加された日常物の位置情報を管理するシステムを構築した。また床上に設置されたレーザレンジファインダにより、床上に落下したり置かれた物体を検出し、位置を取得するシステムを開発した。対象物の位置やその移動情報はデータベースに格納され、他のモジュールがその情報をオンラインで取得することができる。 九工大 : 指示された物体がデータベースに存在していない場合、同種の代替品を提案する作業計画を立てることができるSDLスクリプトを開発した。 産総研 : 作業対象の特定が困難な場合に人への問い合わせを行う機能を音声合成コンポーネントを利用して実現した。 東大 : データベースに蓄積されたオブジェクトの位置情報を適切な形に変換して提供するモジュールおよび、移動オブジェクトの位置・速度情報に基づいて安全に関する情報を提供するモジュールを開発した。 首都大 : 空間知モジュールから必要な情報を収集し、作業手順を計画するモジュールを開発した。指示や問い合わせは、ジェスチャー認識と音声認識により人の指示を認識するモジュールを開発した。	達成
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。	産総研 : ステレオカメラを利用した作業対象物認識モジュール群を開発し、再利用性を高めるため、認識結果共通IFを開発し関係機関と策定し、準拠させた。 首都大 : RFIDタグを用いて食器の場所を管理するモジュールを開発した。	達成
	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。	安川 : (i)アームユニットRTCと腰ユニットRTCを連携して動作させる協調制御RTCにより、作業対象物認識モジュールや把持計画モジュールの情報に基づき作業対象物をマニピュレーションすることができる。また双腕移動型ロボットの汎用リンク構成に対応し、協調制御RTCと同等の機能を有する汎用モーションRTCを開発した。 (ii)タスクプランナRTCを使用することにより、作業中に中断、停止、変更といった指示に対して、計画を変更して作業遂行可能である。 (iii)知的収納棚において複数対象物がある状況で奥の物を取る場合に、手前の物を一旦横にどけてからとった作業計画をタスクプランナRTCで実現した。 (iv)手検出RTCを使用することにより人の手の位置・姿勢を認識して、手渡すことが可能である。協調制御RTCあるいは汎用モーションRTCは、アームの動作範囲を超えても腰輪を使用したモーションを自動で行うので、手先の位置・姿勢を指令するのみで作業を遂行することができる。 産総研 : (i) 把持動作計画モジュールを開発し、日常生活品の把持機能を実現した。 (ii) 人の手の位置検出モジュールを開発し、手渡しを実現した。 東芝 : (ii) 開発したプランニングモジュール群(東芝の知識状況管理モジュールと実時間モジュール)は、状況変化時に必要に応じて作業計画を変更し、実行中の作業を中断して新たな作業計画に基づき作業を再開する。 (iii)本モジュール群を用いて、左右の手を使い分けて障害物を回避する、あるいは、障害物を移動する物体マニピュレーションができることを検証した。 首都大 : RFIDタグおよびカメラ画像から作業対象の位置を認識するモジュール群を開発した。また、未知物体がある場合、アプリボコを通して人に助けを求めルモジュールを開発した。	達成

2.3 移動領域における研究開発成果

表 2.3.1～2.3.4 に各コンソの最終目標および目標達成度を列挙する。

表 2.3.1 富士通・奈良先端大コンソ最終目標達成度

	最終目標	達成状況	
①移動環境認識 知能モジュール群 の開発	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。	各環境や使用条件に合わせて、レーザーセンサや画像を用いて 以下のロボットの自己位置認識用モジュールを開発。 【富士通 自己位置推定RTC群】 当モジュールに含まれるランドマーク自己位置推定RTCでは、 レーザーセンサと画像ランドマークを利用した自己位置推定を行う 【奈良先端大 LRFモンテカルロ位置推定モジュール】 地図情報とLRFの距離情報からモンテカルロ位置推定を行う 【奈良先端大 天井カメラを用いた位置推定モジュール】 天井地図と画像のマッチングにより自己位置を推定する 【豊橋技科大 大域位置推定モジュール】 距離データと視覚特徴を利用した大域位置推定を行う	達成
	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。	①の自己位置推定モジュール用に以下の地図生成モジュールを 開発。 【富士通 自己位置推定RTC群】 当モジュールに含まれるランドマークSLAM RTCでは、レイアウ ト地図と画像ランドマーク地図を同時に生成する処理を行う 【豊橋技科大 局所地図生成モジュール】 距離データを利用した局所地図の生成を行う 【豊橋技科大 大域地図生成モジュール】 距離データと視覚特徴を利用した大域地図の生成を行う 【東京大学 3次元視覚による三次元地図生成コンポーネント】 ステレオ画像処理ハードウェアから得られる三次元特徴点の追 跡結果を元に計算されるビジュアルオドメトリを応用し、ロボット の自己運動推定と環境の計測情報から三次元点群地図を生成	達成
②人環境安全移 動知能モジュール 群の開発	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。	障害物や人を追跡するための以下のモジュールを開発 【富士通 障害物クラスタ追跡モジュール】 ステレオビジョン画像処理ハードウェアを活用し、特徴点の運動 情報を利用して運動障害物の位置の認識を行う 【東大 3次元運動認識モジュール】 ステレオビジョンモジュールからの3次元特徴量追跡の情報と モーションセンサによるカメラ姿勢情報をセンサフュージョンする ことで、自己運動と視野内の他の移動物体の運動を30Hzの実 時間で分離して計測 【豊橋技科大 人発見運動追跡モジュール】 ステレオ視に基づく人発見・追跡を行う 【東京理科大 対人追従モジュール】 視差情報と色情報とを用いて追従動作を実現。動作中の明るさ の変化による視差情報、色情報の誤りにもロバストな手法を開 発。	達成
	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しながら、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。	(a)の経路計画機能を実現するために以下のモジュールを開発 【豊橋技科大 大域行動計画モジュール】 グリッド地図情報を元にグリッド地図を基に始点と終点を結ぶ経 由点列を生成する (b)の人回避機能を実現するために以下のモジュールを開発 【豊橋技科大 局所行動計画モジュール】 人の位置・速度の情報と局所地図を基に安全な移動行動を生成 する	達成
	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。	速度制御による安全な移動を実現するために以下のモジュール を開発 【豊橋技科大 局所行動計画モジュール】 人の位置・速度の情報と局所地図を基に安全な移動行動を生成 する人間に対する安心感を考慮した速度制限の導入した経路計 画を行う 【奈良先端大 緊急停止モジュール】 レーザーセンサを用いて近接物検出時にロボットを安全に停止さ せる	達成

表 2.3.2 富士重工最終目標達成度

	最終目標	達成状況	
①移動環境認識 知能モジュール群 の開発	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。	実施計画書に記載した知能モジュールについて、実 環境で有効性検証と実証試験を行い、再利用セン ターに登録済み 動作確認用の動画も送付済み	達成
	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。	実施計画書に記載した知能モジュールについて、実 環境で有効性検証と実証試験を行い、再利用セン ターに登録済み 動作確認用の動画も送付済み	達成
②人環境安全移 動知能モジュール 群の開発	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。	実施計画書に記載した知能モジュールについて、実 環境で有効性検証と実証試験を行い、再利用セン ターに登録済み 動作確認用の動画も送付済み	達成
	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実行しながら、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。	実施計画書に記載した知能モジュールについて、実 環境で有効性検証と実証試験を行い、再利用セン ターに登録済み 動作確認用の動画も送付済み	達成
	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。	実施計画書に記載した知能モジュールについて、実 環境で有効性検証と実証試験を行い、再利用セン ターに登録済み 動作確認用の動画も送付済み	達成

表 2.3.3 筑波大学・富士ソフトコンソ最終目標達成度

	最終目標	達成状況	
①移動環境認識 知能モジュール群 の開発	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。	モジュールの開発・有効性検証を実施した。	達成
	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。	モジュールの開発・有効性検証を実施した。	達成
②人環境安全移 動知能モジュール 群の開発	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。	モジュールの開発・有効性検証を実施した。	達成
	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実行しながら、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。	モジュールの開発・有効性検証を実施した。	達成
	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。	モジュールの開発・有効性検証を実施した。	達成

表 2.3.4 芝浦工大・セグウェイコンソ最終目標達成度

最終目標		達成状況	
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。	対応度：対応済み ○千葉工業大学で開発した全方位移動搭乗型ロボット、不整地対応ステアリング搭乗型ロボットのモータ駆動に次世代ロボット共通基盤開発プロジェクトで開発された運動制御モジュールFTMD2Axを利用している。また、移動ロボット(千葉工大より全方位台車、国際レスキューシステム研究機構より樹立伸子型台車)を再利用センターに提供済み。 ○セグウェイジャパン/東北大学/京都大学が開発した台車制御モジュールなどで基本機能に対応し、再利用センターで検証、オープンソース対応、一部公開し、プロジェクト内外で再利用済み。 ○「移動SWG共通インターフェース」対応済み。	達成
	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。	対応度：対応済み ○東北大学がモジュールを開発し、オープンソースソフトウェア対応、公開、プロジェクト内外で再利用済み。 ○「移動SWG共通インターフェース」対応済み。 ○再利用センターの統合検証「001~003」に対しても提供。	達成
	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。	対応度：対応済み ○京都大学らがモジュールを開発し、オープンソースソフトウェアで対応済み。 ○「移動SWG共通インターフェース」対応済み。	達成
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。	対応度：対応済み ○東北大学/京都大学らがモジュールを開発し、オープンソースソフトウェアで対応、公開、プロジェクト内外で再利用済み。 ○「移動SWG共通インターフェース」対応済み。 ○再利用センターの統合検証「001~003」に対しても提供。	達成
	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。	対応度：対応済み ○国際レスキューシステム研究機構/東北大学/京都大学らがモジュールを開発し、オープンソースソフトウェアで対応済み。 ○「移動SWG共通インターフェース」対応済み。	達成
	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。	対応度：対応済み ○京都大学/セグウェイジャパンがモジュールを開発し、オープンソースソフトウェアで対応、公開、プロジェクト内外で再利用済み。 ○「移動SWG共通インターフェース」対応済み。	達成

2.4 コミュニケーション領域における研究開発成果

(1) 目標の達成度

最終目標および目標達成度については表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 コミュニケーション知能領域における最終目標の達成度

	最終目標	達成状況	
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。	環境情報構造化プラットフォームを利用し、ロボット前方5m以内の人物の位置・人数・接近等の行動を検出する機能を実現するモジュール群を開発済み。再利用性を高めるためのマニュアル整備を実施しており、2月に完了する見込み。	達成
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。	65dBaの騒音環境下において、ロボットと対話者の間の距離を1mの条件で、75%以上の音声認識性能を実現するモジュール群を開発済み。再利用性を高めるためのマニュアル整備を実施しており、2月に完了する見込み。	達成
	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が可能とする機能を実現するモジュール群。	調音の明瞭な、了解度の高い発声による音声合成を行うことにより、雑音にかき消されずに、重要な情報を聞き手に伝達するモジュール群を開発済み。再利用性を高めるためのマニュアル整備を実施しており、2月に完了する見込み。	達成
	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。	(a)人の仕草として、顔部分の傾きや首かしげといった意思表示に関する仕草検出を、顔向き推定エンジンにより実現。また、エンジン用のラッパーをモジュール化。 (b)人の非言語的発話を利用し、対話相手の発話によって伝達される意図・態度・感情に関するカテゴリを認識する機能を実現するモジュール群を開発済み。 (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ために、身振り仕草の「動的生成」、「自動生成」、「動作合成」の3つの機能を実現するモジュール群を開発済み。再利用性を高めるためのマニュアル整備を実施しており、2月に完了する見込み。	達成
②自律移動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。	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を開発済み。	達成
	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。	(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、対話タスクを実現することが可能な機能を実現するモジュール群を開発済み。 (b)コミュニケーション知能(生活分野)(NEC)が担当	達成
②自律移動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。	顔認識による人物同定機能を実現。広い顔向きに対応することで自然な行動中での人物同定が可能。また対話しながら随時顔登録するために高精度な顔検出エンジンを開発しそのエンジン用のラッパーをモジュール化。検出した顔を随時登録することで随時登録機能を実現。	達成
	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。	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を開発済み。	達成

2.5 成果の検証

2.5.1 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 2.5.1.1 に「見える化」による進捗確認例を示す。

2.5.2 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 2.5.2.1 検証デモ発表会の風景

2.5.3 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 2.5.3.1)。

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、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た。



図 2.5.3.1 代表的な成果の意義

2.5.4 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 2.5.4.1 に示す。特許は68件（うち、国際特許7件）、研究発表は766件、報道は合計して73件の結果となった。後半 2 年は開発したモジュールの検証を主としたため、特許の出願数が少なくなっているが、普及のために研究発表や新聞、雑誌への報道を精力的に実施している。

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
H19～21	50(0)	55	336	119	57
H22	13(7)	53	172	44	5
H23	5(0)	51	99	60	11
合計	68(7)	159	582	223	73
		766			

図 2.5.4.1 領域ごとの特許出願、発表状況

2.5.5 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(平成21年11月25日～29日および平成23年11月9日～12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、NEDOのプロジェクト発表のブースをそれぞれ出展し、知能モジュールの使用法や実用例を紹介した。

また、日本ロボット学会誌にて「使える RT ミドルウェア」特集号を発行(平成22年6月)した。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を行った。さらに最終的な成果をもとにした特集号が平成25年1月に発行予定となっている。

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、平成21度の日本ロボット学会(9月15日～17日、横浜国立大学)では多くの事例紹介を行い、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った。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た。

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。

2.6. 実用化見通しについて

2.6.1 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。

充分な性能・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。

2.6.2 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きみを整えた。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すすめることとしている。

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の事業者のうち、12の事業者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事業者においては、具体的な実用化方法を検討中である。

普及のためには図 2.6.2.1 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。

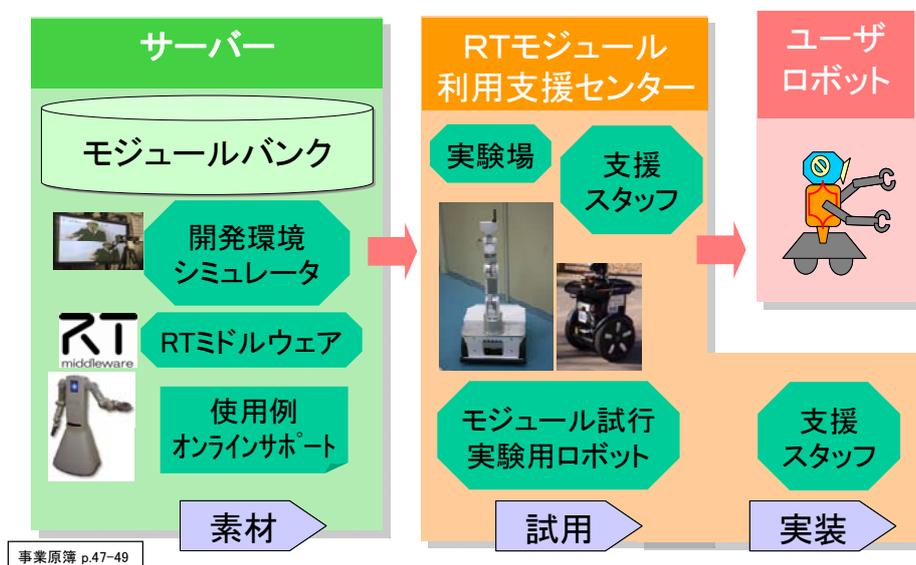


図 2.6.2.1 知能モジュールを実用化するための将来体制の構想

2. 6. 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える。

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。また、通信規格である CAN の標準化団体である CIA (Can In Automation) において、RTC-CANopen の標準化作業も行っており、こちらは最終ドラフトが完成し、間もなく成立する見込みである。

さらに、本プロジェクトの推進により R T 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、R T ミドルウェアを使用する R T 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。

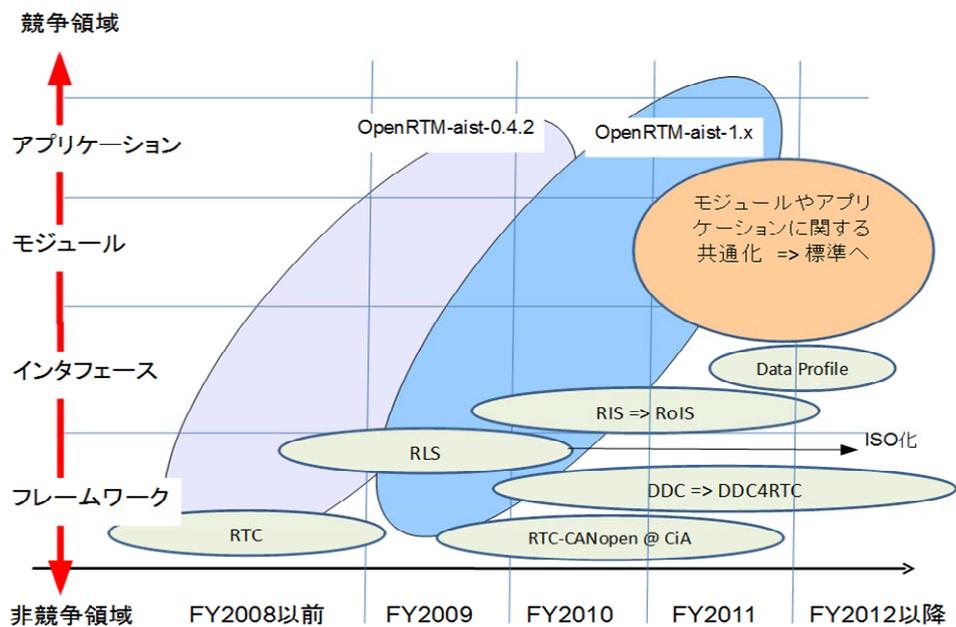


図 2.6.3.1 国際標準化の進捗とロードマップ

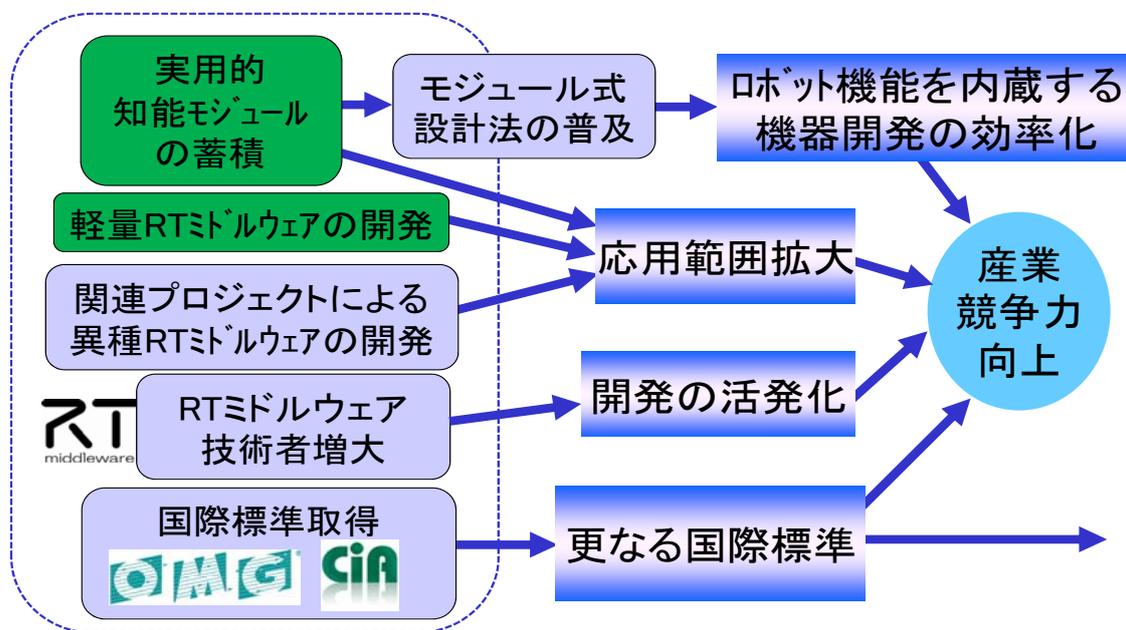


図 2.6.3.2 知能モジュール開発の普及効果

参考文献

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

以上