

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」  
事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要（案） .....	1 1
評点結果 .....	1 4

## はじめに

本書は、第31回研究評価委員会において設置された「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」（事後評価）の研究評価委員会分科会（第1回（平成24年6月22日））において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第32回研究評価委員会（平成24年10月10日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成24年10月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「次世代蓄電池材料評価技術開発」分科会  
（事後評価）

分科会長 奥乃 博

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会  
「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成24年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	おくの ひろし 奥乃 博*	京都大学 大学院情報学研究科 知能情報学専攻 教授
分科会長 代理	ほそだ ゆうじ 細田 祐司	一般社団法人 日本ロボット学会 事務局長
委員	うめだ かずのり 梅田 和昇	中央大学 理工学部 精密機械工学科 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	こばやし てつり 小林 哲則	早稲田大学 理工学術院 情報理工学科 教授
	みやけ のりひさ 三宅 徳久	パラマウントベッド株式会社 技術本部 フェロー
	やぶた てつろう 藪田 哲郎	横浜国立大学 大学院工学研究院 システムの創生部門 教授

敬称略、五十音順

注\*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：京都大学大学院工学研究科メカトロニクス研究室）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成23年7月7日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

## プロジェクト概要

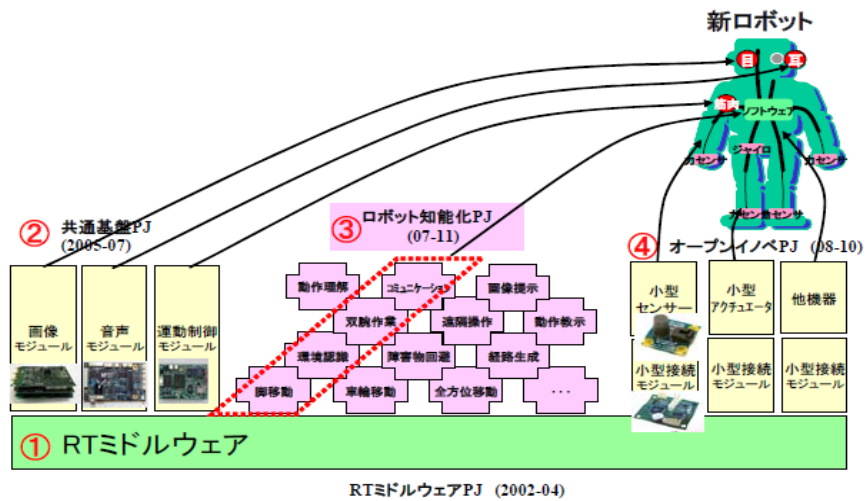
		作成日	平成 24 年 6 月 1 日			
制度・施策（プログラム）名	ロボット・新機械イノベーションプログラム					
事業（プロジェクト）名	次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト	プロジェクト番号	P08013			
担当推進部/担当者	技術開発推進部 有木孝夫					
0. 事業の概要	<p>我が国では、1980 年代以降、自動車や電機・電子産業等のユーザ産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入が進んだが、1990 年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた。</p> <p>他方、我が国は、少子高齢化・人口減少、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、ロボットがロバスタ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、ロボットがロバスタ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一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）	<p>(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)パイケック、筑波大学、富士ソフト(株)、明星学苑明星大学、富士通(株)、豊橋技術科学大学、東京大学、トヨタ自動車(株)、奈良先端科学技術大学院大学、大阪大学基礎工学研究所、東京理科大学、和歌山大学、大阪電気通信大学、富士重工業(株)、九州先端科学技術研究所、環境 GIS 研究所(株)、慶應義塾大学 S F C 研究所、アイシン精機(株)、(財)日本自動車研究所、(株)アイ・トランスポート・ラボ、NECソフト(株)、北海道大学、芝浦工業大学、千葉工業大学、(株)ピューズ、セグウェイジャパン(株)、特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構、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、関西大学、神戸大学</p>					
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、ロボットの智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バスト性に優れ、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	<b>1.研究開発</b> ●知能モジュール群を統合可能 ●ロボットシムをシミュレート可能 <b>2.有効性の検証及び改良</b> ●検証用知能モジュール群を開発 ●リファレンスハードウェアを開発	ハンドと車輪型移動機構をもつ <b>リファレンスハードウェアを開発</b> 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、 <b>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</b> 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	<b>1.モジュール型知能化技術の開発</b> ●環境変化に対応可能なロバスト性を有する ●用途が広く、利用が容易 ●他者に提供 ●成果(知能モジュール)を実行可能なソフトウェアモジュールの形で提供	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	<b>1.①及び②の技術の有効性検証</b> ●テーマごとに応用目標を決め、ロボットシステムで試験し、実環境の使用に耐えることを検証する。 <b>2.可能な限り広範囲に提供</b> ●ソフトウェアモジュールとして ●他者が利用(再利用)できる形	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、 <b>プロジェクトの内外問わず、利用(再利用)された。</b>	◎
	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 各事業体による「設定ゴール」の一部

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



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
	件数	国内	海外	68 (7)	372
		582 (41)	159 (44)		
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	策定時期	平成 19 年 3 月 策定			
	改訂履歴	平成 20 年 3 月 再利用推進体制の追加のため、およびプログラム変更に対応するため改訂 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			

技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6より抜粋)

## 背景と目的

### 背景

- ・産業用ロボットは1990年代以降市場規模は穏やかな成長にとどまる。
- ・一方、ロボットセルなどの高度化した製造業、食事支援ロボット等で**次の成長段階**に踏み出しつつあるが**芽はまだ小さい**。

### 市場ニーズ：

少子高齢化、国際競争の激化、大規模災害に対する不安等、大きな社会的課題に直面。我が国に蓄積された

**基盤的なロボット技術（RT）を活用・高度化し、**  
これらの諸問題を解決。

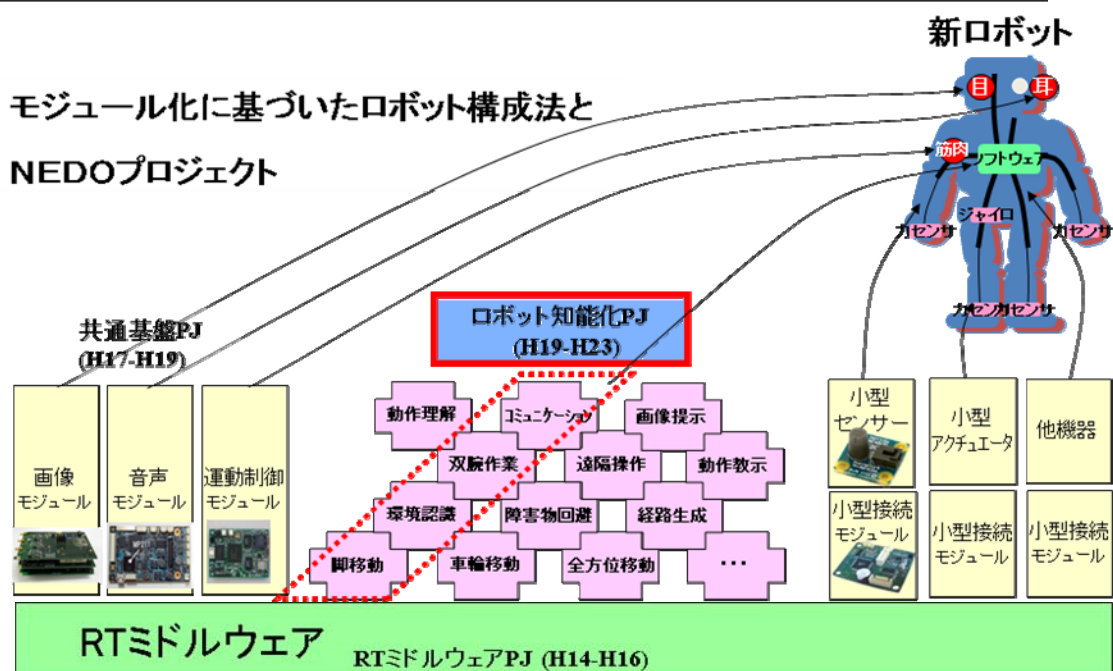


上記の市場ニーズを実現するための技術課題：

### ⇒ 知能化技術

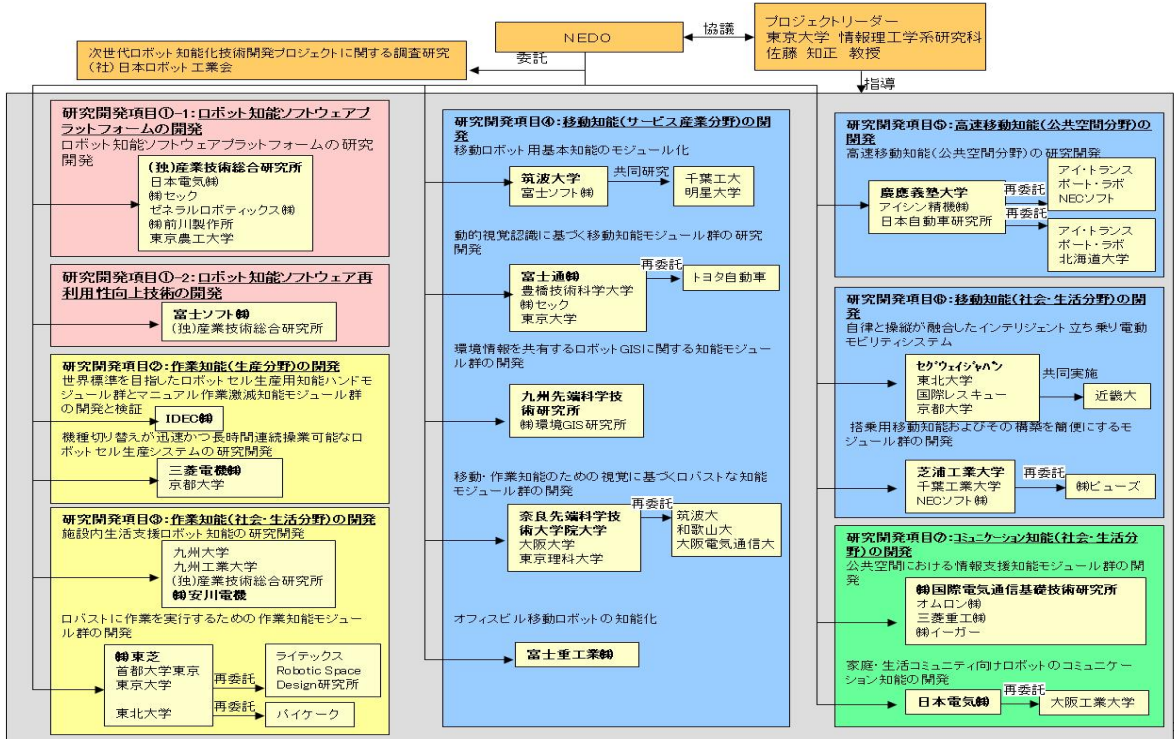
- ・生活空間等の状況が変わりやすい環境下で、ロボットの稼働を可能とする**ロバスト性**
- ・ロボットの知能要素を**モジュール化し、蓄積・管理および統合化**を可能とする技術を開発。

## 政策動向(経産省のモジュール化プロジェクト群の推移)

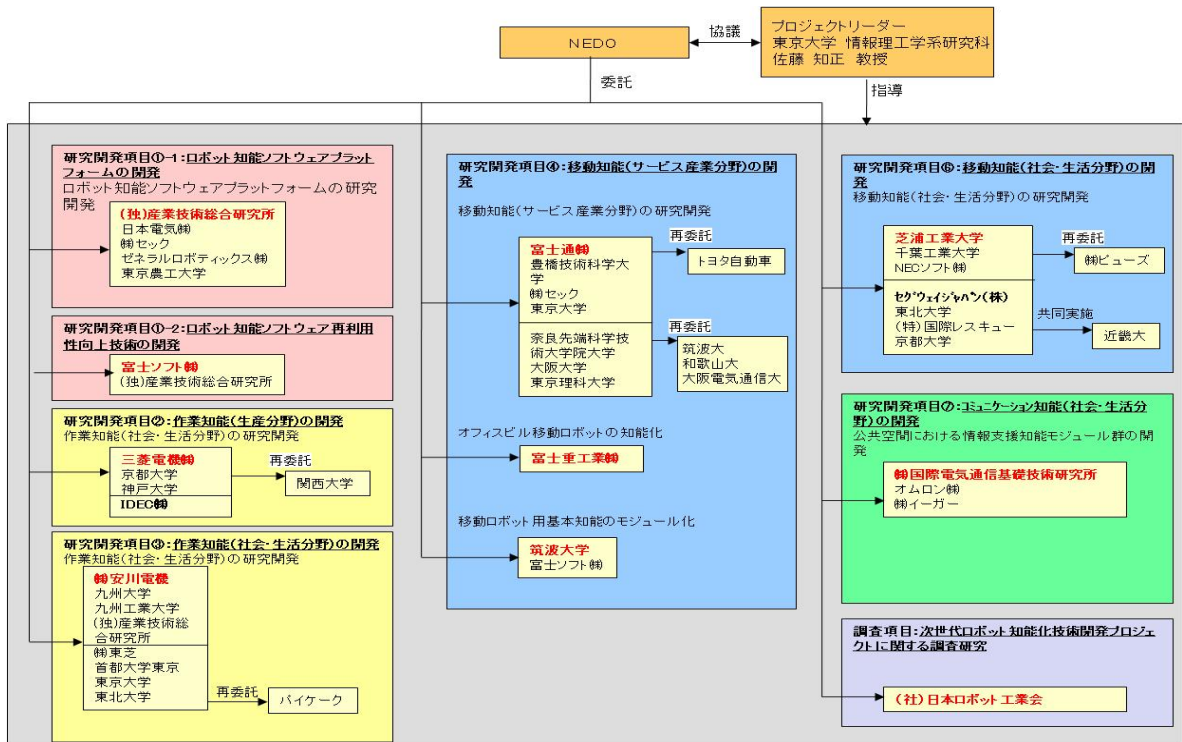


# 「次世代ロボット智能化技術開発プロジェクト」 全体の研究開発実施体制

H19—21年度



H22—23年度



# 「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」(事後評価)

## 評価概要 (案)

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

ロボット知能化のためのソフトウェア基盤の確立という本プロジェクトは、海外でも同分野の研究開発が活発化して来たことを見ても分かる通り、時宜を得たものであり有意義なものであった。

オープンなミドルウェアで開発プラットフォームを作るという目標に対して、数多くの知能モジュールが完成し、さらに複数モジュールの統合実装・検証評価が行われた。また、中間評価後に事業体の取捨選択・統合などが適切に図られ、その後に研究加速制度を活用した ROS (Robot Operating System) との連携システムの構築、安全認証取得 RT ミドルウェアの開発も実施された点は評価できる。

しかし、知能化モジュールは使って洗練化するというプロセスを経ないと一流のシステムには成り得ない。ユーザーのフィードバックを取り入れた拡張・バージョンアップのサイクルを継続的に繰り返すことが不可欠である。本当の成果は、今後仲間作りができるかどうか、いかに市場に RT モジュールが普及するかであり、ユーザーにとってのメリットを明確に示す宣伝戦略が非常に重要であると考ええる。

#### 2) 今後に対する提言

本プロジェクトで得られた成果を今後も継続・発展させて次世代ロボット産業の発展につなげるための明確なフォローアップ体制が必要である。特にソフトウェアの分野では、今後予想される様々な技術革新やデファクトスタンダードの変化等に対する対応、適合化を図って行くことが重要で、ソフトウェアの更新・保守、恒常的なユーザサポートなどを含めて、普及のための広報活動を継続的に行ってほしい。ソフトウェアが 1 世代で完成することはなく、ユーザーのフィードバックを取り込んだ洗練化・バージョンアップを継続的に繰り返す必要がある。

また、国際競争力の向上も大きな課題であり、OMG\* (Object Management Group) での国際化標準の主導的活動をさらに活性化してほしい。ROS との連携は、今回の大きな成果であるが、ROS に載るものの One of them にならないよう、RT モジュール自体の欧米への売り込み戦略も早急に考慮する必要があると考える。

さらに、重要なテーマであり、アプローチも理にかなっているので、技術の普及にスピード感が欲しい。コミュニティ形成の方法論や、根幹となる RT ミド

ルウェアの保守体制なども含め、原因についての根本的な検討が必要なのではないか。

\*オブジェクト指向技術の標準化をすすめる国際標準化団体

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

RT ミドルウェアが提供する基盤の上に、有用かつ再利用可能なモジュール群を取りそろえることで、RT ミドルウェアを普及させるとともにロボット産業をより活性化させようとする本プロジェクトの事業内容は、日本が今後主導権をとって研究・開発を進める観点から非常に重要である。また、本プロジェクトは、多岐に渡る要素技術を統一的に提供していくという極めて公共性の高い内容であり、利害関係を伴う民間における活動のみでの実施はほぼ不可能であることから、NEDO の事業としての妥当性は極めて高い。

さらに、欧米・アジアでロボット関連研究に対して大型の予算措置がとられており、海外の開発ツールが急速に台頭してきたことから見ても、時宜を得た開発事業だったと言える。

### 2) 研究開発マネジメントについて

プロジェクトの前半に基礎部分の開発を進め、後半に実装・検証まで進むという当初の目標・スケジュールは妥当であり、中間評価の結果を受け、事業体の絞り込み、相互乗り入れを図った点は、実用化を確実にする方向としてメリハリが効いていて高く評価できる。さらに情勢変化への対応として、組み込みシステムへの対応に加え、ROS 連携、安全認証を加えた点も評価できる。

また、プロジェクトリーダーの強力なリーダーシップのもと、知能モジュール構築のための実施者間の密な連携がはかられ、研究加速制度の活用、再利用センタの設置等も含めて、適切に推進されたプロジェクトであった。

但し、実用化に向けたマネジメントとして、ユーザー数を増やすための組織としての施策と、今後のサポート体制が弱いように感じられた。今後の普及のためには、ユーザーが魅力を感じる事が必須であり、今回実施された成果が具体的にどのような利益があり、事業化に結び付くかを、もっと積極的に明確に世間に宣伝すべきである。

### 3) 研究開発成果について

設定した目標は概ね達成されており、モジュール群を作って、これをいろいろな応用分野のロボットに応用したことは評価できる。さらに、個々のモジュールの成果もさることながら、モジュール群のボリュームの確保が大きく、360 件強の開発ができたことは評価に値する。

また、米国の ROS との連携・相互運用の試みや国際標準化活動、RT モジュールの第 3 者安全認証の確保など、非常に有益なプロジェクト成果が得られた

ものとする。

しかし、今後実用的なロボット開発に資するという点から見て、現在のモジュールが十分かどうか定かでない。粒度や機能の異なる再利用可能なモジュールをどのように拡充していくかに、課題が残っている。モジュールの豊富さを魅力的に訴えるために、さまざまなプラットフォームに展開するのではなく、共通の1つのロボットハードを提供して、世界中に展開させるといった、思い切った宣伝・普及戦略が必要だと考える。

現在のモジュール及び共通基盤の活用で、顧客や利用者がどこまで自分の望むロボットの機能・性能を実現できるかについては、まだ不確実性が残る。共通基盤とモジュールの活用が、オリジナル開発に比してどれくらいの生産性向上につながるか、経験と知見を積み重ねることが必要と考える。

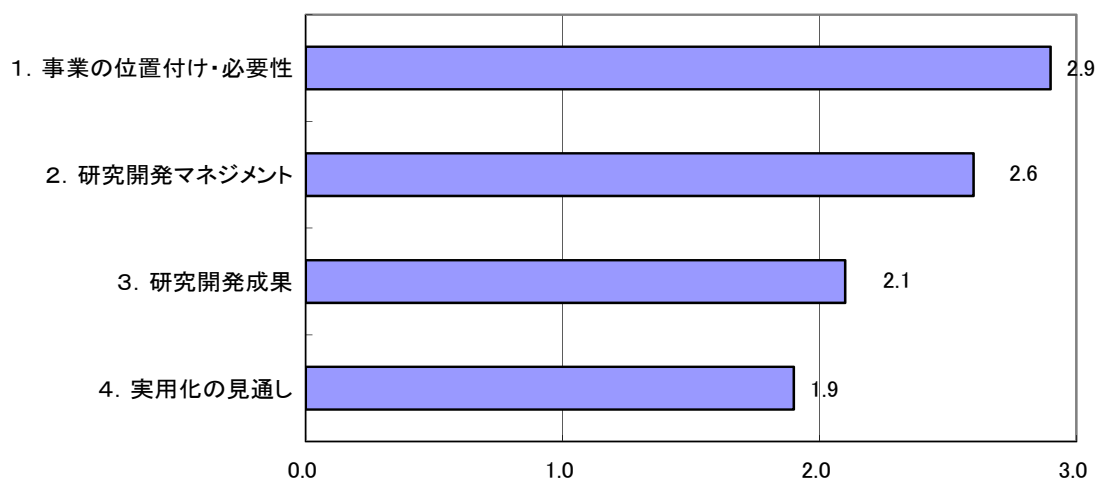
#### 4) 実用化の見通しについて

実用化のためのソフトウェア基盤の整備を標榜したプロジェクトであり、ロボット知能モジュールの再利用環境を構築し、検証に代表されるように、実用化に向けた様々な努力が積み重ねられている。研究者・民間企業等に今後の参加を呼びかける呼び水として、一定水準のプラットフォームはできあがったと考えられ、ROS連携など技術的に海外と相互乗り入れ可能な開発を行っており、今後の国際展開に期待をつないだ。

また、安全認証取得 RT ミドルウェアの開発は、今後の企業による実用化への取り組みに向けて極めて重要な位置づけを占めるものと考えられ、高く評価できる。さらに、組み込みへの対応及び認証対応は、産業界に対し、適用範囲拡大や信頼性をもたらすもので、評価できる。今後、狭義のサービスロボットに留まらず、既存の産業界である産業用ロボットや自動車・設備関連などにも拡大を期待したい。

但し、今回開発されたオープンモジュール群は、公共の財産として積極的に活用されることで、初めてプロジェクトの成功といえる。そのためには、RTモジュールの開発・保守を支え、適切なフォローアップを行う仕組みをさらに充実させることが必要である。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)						
		A	A	A	A	A	A	B
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.6	B	A	B	A	A	B	A
3. 研究開発成果について	2.1	B	B	B	A	B	B	B
4. 実用化の見通しについて	1.9	B	C	B	A	B	B	C

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D