

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」
中間評価報告書（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 9

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
「次世代ロボット智能化技術開発プロジェクト」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成21年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	しらい よしあき 白井 良明	立命館大学 総合理工学院・情報理工学部 知能情報学科 教授
分科会長 代理	たかせ くにかつ 高瀬 國克	電気通信大学 名誉教授
委員	あおやぎ せいじ 青柳 誠司	関西大学 システム理工学部 機械工学科 教授
	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 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 とくひさ 三宅 徳久	パラマウントベッド株式会社 開発部 主席研究員

敬称略、五十音順

事務局：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価部

プロジェクト概要

		作成日	平成 21 年 8 月 5 日
制度・施策（プログラム）名	ロボット・新機械イノベーションプログラム		
事業（プロジェクト）名	次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト	プロジェクト番号	P08013
担当推進部/担当者	機械システム技術開発部 安川裕介		
0. 事業の概要	<p>我が国では、1980 年代以降、自動車や電機・電子産業等のユーザ産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入が進んだが、1990 年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた。</p> <p>他方、我が国は、少子高齢化・人口減少、アジア諸国の台頭等を背景とした国際競争の激化や、地震や水害等大規模災害に対する不安といった社会的課題に直面している。我が国に蓄積された基盤的なロボット技術（RT）を活用・高度化することにより、これらの諸課題を解決することが期待されている。</p> <p>上記解決に求められる最重要な技術課題の一つは、「知能化技術」である。特に、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が必要である。</p> <p>当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることが必要である。これにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野（自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等）にも広く波及することが期待される。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が必要である。</p> <p>また、次世代ロボットの効率的開発のためには、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることが必要である。</p> <p>ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているロボットの適応分野を、技術開発や制度整備等を通じて、自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等などの様々な分野に拡大することで、ロボット産業を我が国における基幹産業の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

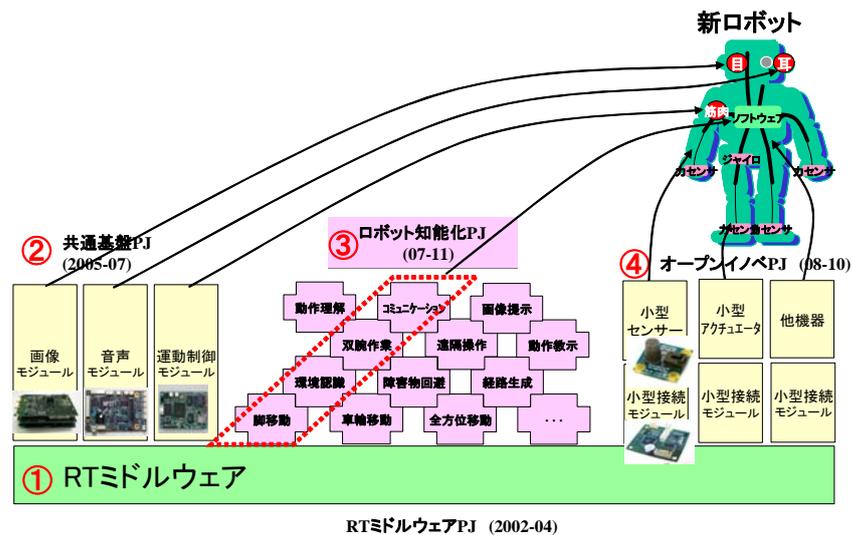
<p>事業の目標</p>	<p>本事業は、これまでの次世代ロボット共通基盤技術開発の成果及びその課題を踏まえ、共通化・標準化の観点から、当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることを目標とする。これを実現とすることにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野（自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等）にも広く波及することが期待される。さらに、開発したモジュールをロボットシステムに組み込むことにより有効性の検証を行うことにあり、上述のプログラムの目標達成のために寄与するものである。</p> <p>そのため、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>						
<p>事業の計画内容</p>	<p>主な実施事項</p>						
	<p>ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発</p>	←				→	
	<p>ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発</p>		←			→	
	<p>作業知能（生産分野）の開発</p>	←				→	
	<p>作業知能（社会・生活分野）の開発</p>	←				→	
	<p>移動知能（サービス産業分野）の開発</p>	←				→	
	<p>高速移動知能（公共空間分野）の開発</p>	←				→	
	<p>移動知能（社会・生活分野）の開発</p>	←				→	
	<p>コミュニケーション知能（社会・生活分野）の開発</p>	←				→	
<p>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） （委託）</p>	<p>会計・勘定</p>	H19fy	H20fy	H21fy	H22FY	H23fy	総額
	<p>一般会計</p>	1,900	1,500	1,350	(1,350)	(1,350)	(7,450)
	<p>特別会計 （電多・高度化・石油の別）</p>	0	0	0			
	<p>総予算額</p>	1,900	1,500	1,350	(1,350)	(1,350)	(7,450)

	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	東京大学大学院 情報理工学系研究科 佐藤 知正 教授
開発体制	委託先（*委託先が 管理法人の場合は参加 企業数も記載）	<p>(独)産業技術総合研究所、日本電気㈱、㈱セック、ゼネラルロボティクス㈱、㈱前川製作所、東京農工大学、I D E C㈱、三菱電機㈱、京都大学、㈱安川電機、九州大学、九州工業大学、㈱東芝、首都大学東京、東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻、東北大学大学院情報科学研究科、(有)ライテックス、㈱Robotic Space Design 研究所、㈱パイケーク、筑波大学、富士ソフト㈱、明星学苑明星大学、富士通㈱、豊橋技術科学大学、東京大学人工物工学研究センター、東京大学大学院情報理工学系研究科、トヨタ自動車㈱、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㈱、九州先端科学技術研究所、環境 GIS 研究所 ㈱、慶應義塾大学 S F C 研究所、アイシン精機㈱、(財)日本自動車研究所、㈱アイ・トランスポート・ラボ、N E C ソフト㈱、北海道大学、芝浦工業大学、千葉工業大学、㈱ピューズ、セグウェイジャパン㈱、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、㈱国際電気通信基礎技術研究所、オムロン㈱、三菱重工業㈱、㈱イーガー、大阪工業大学、ロボット工業会</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>	

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る。そのうち中間評価までに105個の知能モジュールが完成し、一部は他社の利用のために登録済み、他者は登録のための検証中である。

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

以下の表に中間評価までの成果を示した。

開発項目	研究開発目標 最終目標(平成23年度)	中間目標	成果	達成度
①ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	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 	1.最終目標達成に必要な要素技術開発の 具体的な見通しを得る 2.知能モジュールの統合に必要な情報を提供する 3. 基本部分の開発を完了する	RTコンポーネント開発支援機能、応用ソフトウェア支援機能、ロボットシステム設計支援機能を 開発 しEclipseに統合。リファレンスハードウェアを開発し検証用知能を搭載して 先行デモで実証 。	◎
②モジュール型知能化技術の開発	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 	1.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 2.各年度末に性能の検証・評価を受け、 ソフトウェアモジュールの提供 を可能とする。	14の開発テーマのうち、8テーマにおいてはすでに個別 中間目標を達成した 。また、5テーマは今年度中達成の見込みである。 1テーマはほぼ達成の見込み であり、早期に挽回が可能。	○
③有効性の検証	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 	1.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	<ul style="list-style-type: none"> ●検証用知能モジュール群をRTコンポーネント開発ツールを用いて開発し、仕様記述方式で記述可能なことを検証済。 ●先行発表でロボットで検証。 ●プロジェクト内で相互提供。 	◎

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



図 各事業者による「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可視化例を示す。

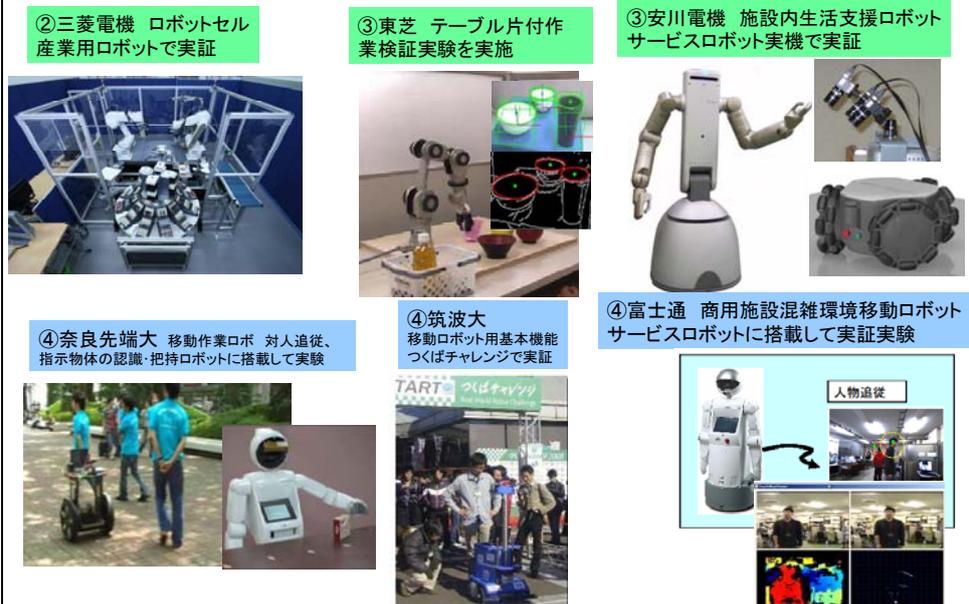


図 研究開発成果の可視化例

(4) 実用化の見通し

本プロジェクトにとっての「実用化」を以下の3点に整理した。

1. 実用的な知能モジュールを多数蓄積する事

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

2. モジュール開発を実現する設計環境を提供すること。

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

3. 知能モジュールおよびモジュール構成法を提供し普及させること

本プロジェクトの成果がさまざまな分野で活用されること。

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

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

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

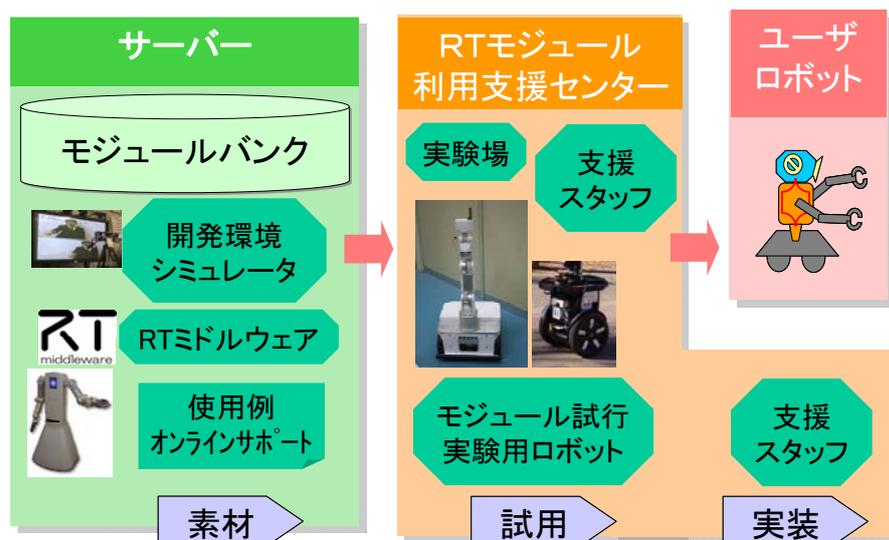


図 普及のための体制の構想

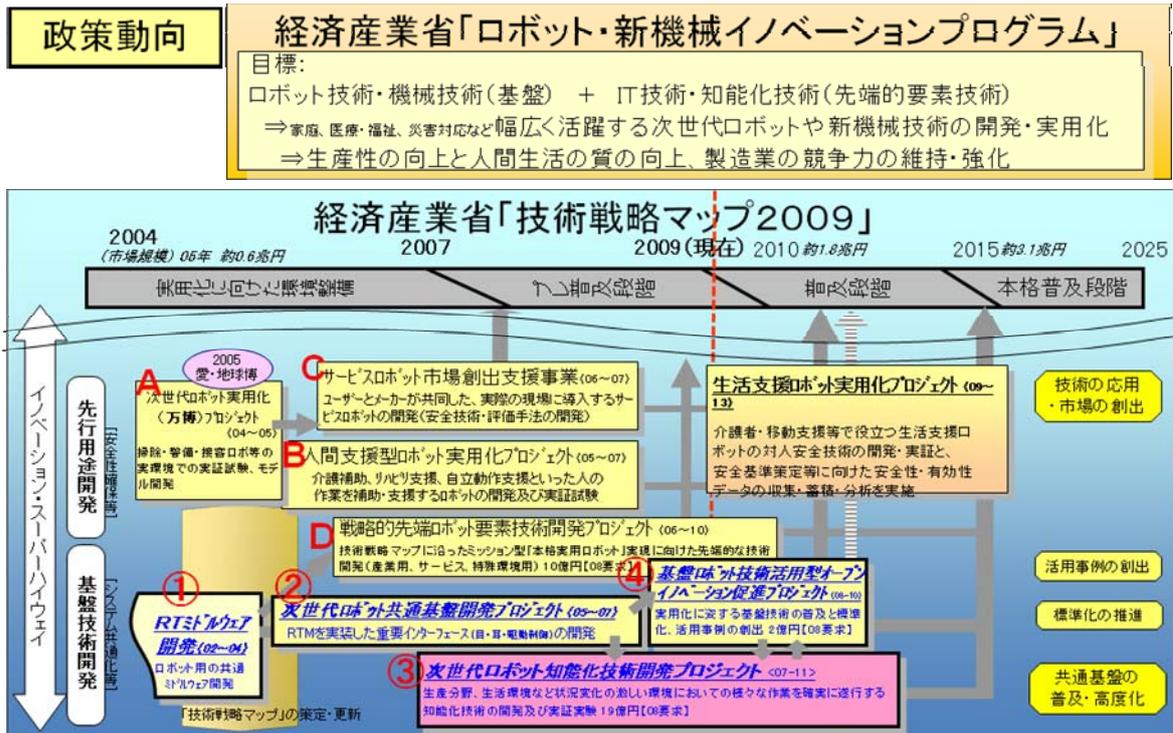
【成果発表数】

分類	学会発表 (内 査読論文数)		特許等	報道等
	国内	海外		
件数	285 (9)	55 (26)	51	175

IV. 評価に関する事項	事前評価	なし
	評価予定	平成 21 年度 中間評価実施予定 平成 24 年度 事後評価実施予定
V. 基本計画に関する事項	策定時期	平成 19 年 3 月 策定
	改訂履歴	平成 20 年 3 月 再利用推進体制の追加のため、およびプログラム変更に対応するため改訂

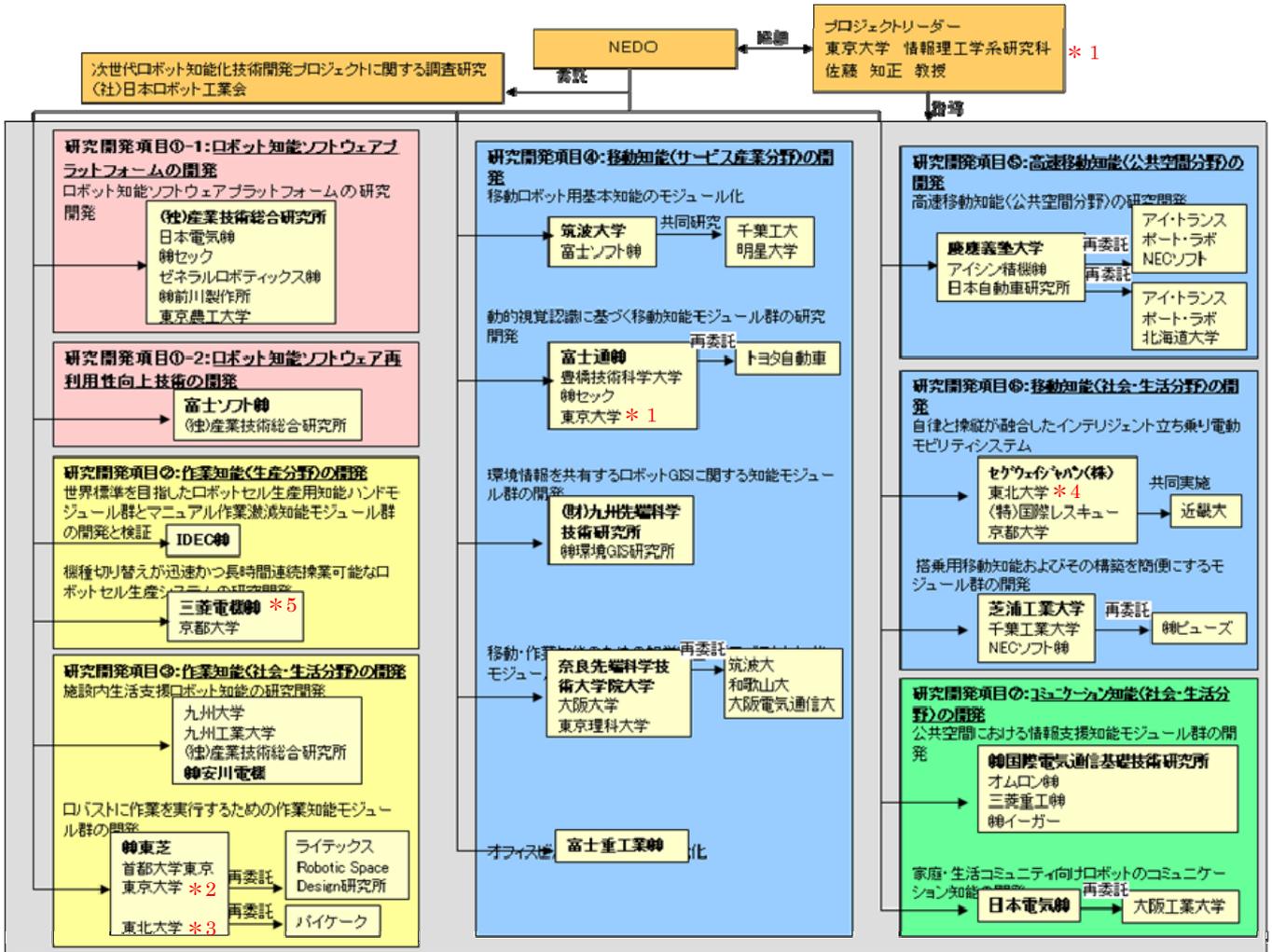
技術分野全体での位置づけ

(分科会資料5-3より抜粋)



「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」

全体の研究開発実施体制



- * 1 東京大学大学院情報理工学系研究科
- * 2 東京大学人工物工学研究センター
- * 3 東北大学大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻
- * 4 東北大学大学院情報科学研究科
- * 5 三菱電機(株)

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」(中間評価)

評価概要 (案)

1. 総論

1) 総合評価

研究開発のリードタイムが長いロボット技術において、ロボット開発の効率化やソフトウェア資源の再利用性を高めるため、ソフトウェアの統合プラットフォームとモジュール化環境を提供する、というビジョンは高く評価できる。民間活動のみでの実施は困難であり、かつ産業への大きな寄与が見込まれるプロジェクトであり、NEDOの事業としての妥当性は極めて高い。

研究開発に必要なソフトウェアプラットフォームを早期に開発したこと、さらに再利用性を検証するグループを追加したことにより、よりロバストなモジュールとしたことは評価できる。このモジュール化の試みは世界で初であるから、有用性をアピールできれば、世界の標準に持っていける可能性がある。

概ね中間目標値をクリアしており、目標を超えた水準を達成しているものもある。一方、目標達成といっても、環境依存やハードウェア依存が無くなっているわけではないと推測され、実環境での使用に対して曖昧さは残る。

今後、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、客観的検証が必要である。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である。

2) 今後に対する提言

開発するソフトウェア部品の信頼性、安全性を保証するための仕掛け、ならびに再利用性を評価するための適切な前提条件と評価基準の設定などについて明確化すると共に、それに基づいた研究開発の実施が期待される。

中間評価時における各グループの成果を踏まえ推進内容の重点化や条件の絞り込み等、選択と集中が適切に行われることを期待する。更に、利用者の拡大に向けた施策（マニュアル作成、プラットフォームの使い勝手と信頼性の向上、情報開示の拡大、啓蒙、サポート）に力点を移していくことも必要であろう。

なお、知能ソフトウェアの再利用を行う秋葉原センターは、プロジェクト終了後、1年間は活動できることが望ましい。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

ロボット技術のイノベーションの対象として、人と共存するロボットは未開発であり、有望である。本プロジェクトは、知能技術をモジュール化し、他にも使える形のソフトウェアとして蓄積することを目指しているため、知能化技術の実用化への一歩といえる。この開発は、ロボット学やロボット業界、およびそのユーザー全体に利益をもたらすものであり、民間が単独で行うことは困難であり、NEDOが主導することは妥当である。日本発の国際標準を提唱するチャンスでもある。

2) 研究開発マネジメントについて

ソフトウェアプラットフォームを開発し、その上に各知能モジュールを載せてテストをするという方式と、原則すべてのモジュールを搭載して動かすという方式は評価できる。また、再利用性を検証するグループを追加したことにより、よりロバストなモジュールとすることも評価できる。プロジェクトリーダー、サブプロジェクトリーダー、WGリーダーは、十分な実力・実績を持ち、本プロジェクトを実施するために十分適切な人選となっている。プロジェクトリーダーが研究の評価に応じて予算の再配分を行う体制は、プロジェクト全体の発展のために寄与する適切なものである。

一方、一部、高速移動知能の研究等、ロボットとは関連性の薄いテーマや連携に乏しいテーマが散見される。今後、中間評価時における各グループの成果を踏まえ、推進内容の重点化や、案件の絞り込み等、選択と集中が適切に行われることを期待する。

また信頼性、安全性確保が成果普及の最大の課題であり、特にソフトウェアの場合、これを如何にわかりやすい形で担保するかが重要であるため、この点に関する具体的な対策が望まれる。

3) 研究開発成果について

基盤技術に相当するソフトウェアプラットフォームの開発は、プロジェクト内で開発される機能要素のみならず、一般ユーザーが機能要素を開発する際にも有用なものとなると期待される。また、秋葉原でのデモ等で、世間にアピールするインパクトは大きく、一定の成果はあった。成果の可視化（見える化）に力を入れていることは、一般に向けた情報発信の観点から大変好ましい。

別々に開発されたロボット用のソフトウェアをモジュール化して利用できるようにする試みは、世界でもこのように大規模に行っていることはなく、成果ができれば、世界で通用する。しかし、本当に成果が出るのは、開発されたモジュ

ールが実際に再利用された時である。

開発成果のハードウェアに依存する部分と非依存部分との明確な分離が重要である。最終評価に向けて、実使用環境での客観的な検証結果を出すことが望まれる。

知能化ソフトウェアの再利用を行う秋葉原センターは、より普及を効果的にするためにプロジェクト終了後1年間は、活動できることが望ましい。

4) 実用化の見通しについて

共通プラットフォーム上に多くのモジュール、ライブラリーが揃い、その組み合わせでロボット開発が容易になるというイメージは明確である。開発した知能モジュールの再利用環境の構築と共に、開発成果の利用促進を図るセンター構想を示すなど、実用化に向けた活動を視野に入れたプロジェクト推進がなされている点は評価できる。

ロボットメーカーがモジュール化のためにソフトウェアを学び、ソフトウェア業の方からもロボット技術を学ぶことができ、両方の知識をもつ人材育成を促進している。

実用化、普及を成功に導くためには、ハードウェアに依存する部分の変更に対する対応方法の明確化が望まれる。モジュールとライブラリーの数が増えなければ、本プロジェクトの波及効果は限られる。普及に向けて強力な売り込みを図るロボットSI業者の確保とモチベーション作りが必要であろう。

また、プロジェクト終了後の成果普及体制を慎重に計画しておくことが肝要である。

個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価
ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発（基盤技術の開発 I）	<p>本プロジェクトの中核にふさわしく、明確な枠組み・モジュール群の提供を実現している。レファレンスハードウェア上で検証済みのソフトウェア・プラットフォームを開発し、他の実施者の知能モジュールの蓄積を成功裏に開始している。世界的にユニークな結果を出しており、国際標準（OMG）の獲得にも成功している。</p> <p>RT コンポーネント開発支援機能は、すべてのモジュール作成にとって有用であるので早く開発する必要がある、これが開発されたことは評価できる。開発ツール、シミュレーターからリファレンス・ハードウェアまで一式用意して可視化を行ったこと、モジュール検証のプラットフォームを提供できたこと等は、ロボット開発の容易化を進める上で、大きな意義があったと思われる。</p> <p>しかしながら、デモンストレーションの内容が、簡単な作業に留まっている。もう少し高度な作業を、完成度高く実現してほしい。そのデモが公開できれば、本プロジェクトに対する注目度が上がると考える。</p> <p>プラットフォーム自体の改良・発展プロセスをオープン化して、外部の開発者を巻き込むような仕組み作りや、ソフトウェアの開発速度をあげるとともに、外部開発者を呼び込む仕掛けが欲しい。</p>	<p>この試みは世界で初であるから、有用性をアピールできれば、世界の標準に持っていける可能性がある。プラットフォームの根幹部分は開発が進んでおり、実用化に向けた拡張（組み込み、OS、言語など）への道筋は見えている。動作シミュレータについては完成度が高い。検証用ロボットについては、完成度を高め、かつコストを抑えれば、多数導入される可能性がある。</p> <p>一方、国内外のソフトウェア基盤との連携に関しては、真に利用者の役に立つ実質的な互換性の実現に努力して頂きたい。また、オープン化と有償化のバランスをどうとるかの検討が必要である。開発グループで閉じた印象を与えないように、情報発信するとともに、公開できるものは早期に公開すべきである。</p> <p>なお、国際標準の取得は必須だが、他国との拙速な統合は避け、日本が主導権を握る形を確保すべきである。今からグローバルな体制作りの準備に着手しておくことが必要である。</p>

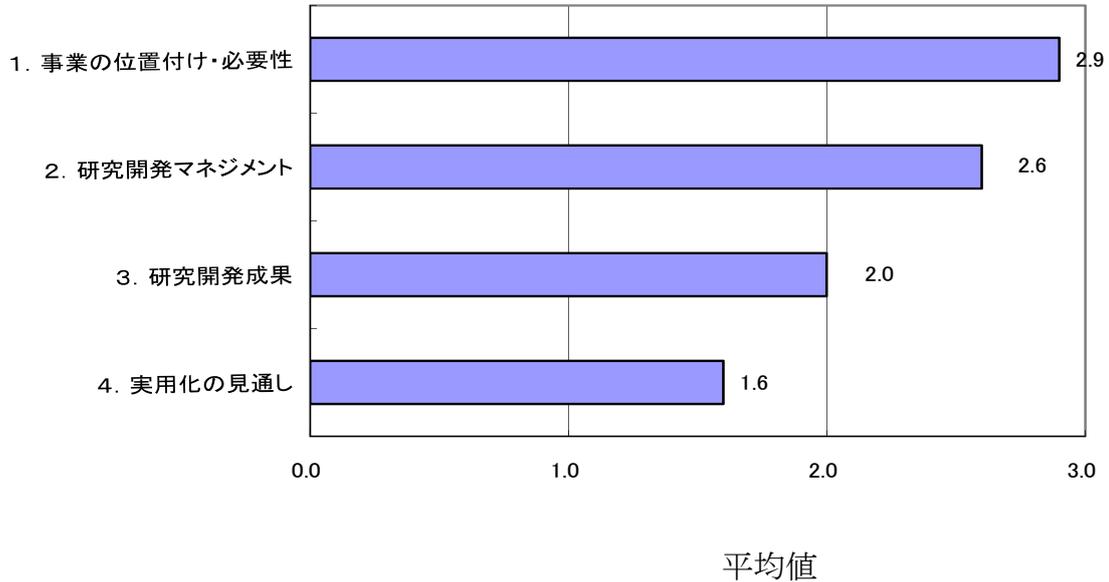
<p>ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発（基盤技術の開発Ⅱ）</p>	<p>本プロジェクトにとって、ソフトウェア再利用は重要であり、それを保障する機能を担い、実行していることは評価できる。活動を開始したばかりであるのに、すでに立ち上がっており、検証を始められるようになっている。実装、実証、個別ハードウェアへの対応という視点から、秋葉原のセンター開設も良かったと考える。</p> <p>しかし、ソフトウェアを再利用する際、前記プラットフォームで動いても、現実には異なるハードウェアでは動かないという可能性があるため、ハードウェアの多様性、ソフトウェアの OS の多様性をカバーできる仕組み作りが肝要になる。モジュールを組み合わせてどのように問題を解くか（どのような機能のシステムを組み上げるか）といった知見を、ソフトウェア工学におけるデザインパターンのような形で整理することを推奨する。</p> <p>また、仕様書の書式統一だけでなく、ソフトウェア品質作り込み基準、プログラミング作法（SEC 等）、モジュール入出力仕様の考え方（関数の引数か共通領域参照か、等）などについても統一化が望まれる。</p>	<p>ソフトウェア再利用のコンセプト自体は素晴らしく、利用者がメリットを感じるような仕組み作りを慎重に検討すれば、実現の可能性は高い。様々なレベルのユーザーを想定したマニュアル、カタログ等の開発など、実用化のために重要な施策が進められている点は、評価できる。また、再利用性の検証段階で、国際標準化に関するコメントをつけることにより、プロジェクト全体の国際性を高める可能性をもっている。</p> <p>モジュール化によって、ソフトウェア開発者をロボット産業に呼び込む仕組みを示すことができ、今後、専門の人材育成等がスムーズに運ぶ可能性がある。</p> <p>一方、ハードウェアの多様性、OS の多様性に対応する仕組み作りが必要であろう。今後、ソフトに詳しい人を集めて、サポート体制を作ることも視野に入れてほしい。</p> <p>また、仕様書の書式統一だけでなく、ソフトウェア品質作り込み基準、プログラミング作法、モジュール入出力仕様の考え方などの統一を図ることで、利用者が混乱することなく容易に利用可能で、かつ信頼性を担保したソフトウェアモジュールの実現を目指して頂きたい。</p> <p>プロジェクト終了後、業界全体のソフトウェア開発者の参画をどう促していくのか、その仕組み作りが重要と考える。</p> <p>再利用は重要な課題であり、その機能はプロジェクト終了後も必要である。秋葉原のセンターの維持や、ライブラリー管理を始めとして、この成果をどう引き継ぐか、普及へのシナリオを練っておく必要がある。</p>
--	--	--

<p>作業知能（生産分野、社会・生活分野）の開発</p>	<p>生産分野の作業の知能化は、すでに十分開発されているので困難な問題しか残されていない。その中で、教示支援とチョコ停対応に取り組んだことは評価できる。論文数、特許数も多く、一定の成果が挙げられている。</p> <p>社会・生活分野は、今後のロボットの市場拡大を考えれば、この分野に注力することが大切であり、テーマ設定等、取り組み自体は評価できる。</p> <p>しかし、生産分野と社会・生活分野は、環境の不確実性が著しく異なる。そのため、作業知能とひとくくりにしたものの、前者が現実・現場の課題対応となっているのに比べ、後者は研究段階に留まる印象である。目標として掲げている「介護施設内での日用品の取り寄せや手渡し等の生活支援作業」の実現に対し、まだかなり距離がある。</p> <p>なお、社会・生活分野においては、ロボットに全部の責任を負わずとなると、高度な人工知能や高度な画像処理の技術が必要となる。ロボットに全部を任せるのではなく、環境にも助けてもらって作業を実現するような考え方も必要となる。</p>	<p>生産分野については、工場内ではロボットが動作しやすいように環境を整備できるので、比較的問題設定のハードルが低く、導入も容易であると考えられ、今後の実用化の可能性も高い。また、同分野では、教示支援とチョコ停対応のモジュールが実用化の見通しがある。いずれも生産現場の課題に即応したものであり、ニーズが高い。生産技術への組み込みにより、波及効果は期待できる。モジュール化で、システム・インテグレーターの負担が軽減するとすれば、設備投資時の立ち上げ時間短縮やコスト削減等に寄与することも期待できる。しかしながら、生産分野のモジュールは作業に依存する恐れがあるので、汎用性を重視してモジュール化することに留意されたい。</p> <p>また、社会・生活分野は、実使用までのハードルが高い。日常生活内でのピック・アンド・プレイス、テーブル片付け業務などはいずれも、現行の要素技術をモジュール化しただけでは、正確性、効率性、安全性の点で、研究の域に留まる可能性がある。社会・生活分野でのロボットの目標は、今後の社会で有用なものであるが、近い将来に何ができ、どのように応用でき、実用化できるかをもう少しつめて考える必要がある。</p>
------------------------------	---	---

<p>移動知能（サービス産業、公共空間、社会・生活分野）の開発</p>	<p>屋内における指定場所への自律移動という課題に対し、知能モジュール群やインターフェイスの共通化をはかって、多岐にわたるテーマにおいて RT コンポーネントの作成にとりくまれており、一定の成果が出ている。</p> <p>複数の走行指令系（コントローラ）と走行系（移動ロボット）とを互いに交換、接続して動作を確認するなど、本プロジェクトの趣旨に合致した活動を行い、「サービス産業分野」「社会・生活分野」においては、高いレベルの移動技術がモジュール化され広く一般に提供される見通しが得られており、高く評価できる。</p> <p>一方、サービス産業、公共空間、社会・生活分野それぞれにおけるロボット知能の必要性は理解できるが、モジュール化すべき技術には共通の部分も多く、研究項目を絞り込むことが必要である。</p> <p>また、高速移動知能は、中間目標の達成度の記述が抽象的などところがあり、不明確な点が多く、連携にも乏しいように見受けられる。知能ロボットへの貢献である多数の高速移動ロボットの協調は時期尚早であり、当面の貢献は低いので、今後の対策を考慮する必要がある。</p>	<p>商業施設内の移動ロボットに関しては、ロボットが試験的に使われているが、センサ、地図作成などの高い機能を備えていれば、実用化の可能性が高い。掃除ロボットに関しては、掃除の経路を支援するシステムを開発自動で作成する機能を加え、それをユーザーに供給することにより、普及が促進されると考えられる。</p> <p>ロボットを動作させ、また複数の異なるロボット、異なる操作系間の互換性を示したことは、実用化ならびに再利用化に向けた一歩として高い意義を持つ。</p> <p>今後はハードウェア依存部分、非依存部分の明確化を図り、これらモジュールにおける重複部分の整理と共通化を目指すことが、将来的な普及に向けて望ましい方向と考える。</p> <p>なお、国際化について、海外ではスペイン、米国をはじめとして、移動ロボットの知能化の研究が進んでおり、日本よりも先にいっているような感じがする。このプロジェクトはその特長に重点をおいて国際的にアピールし、将来 ISO の策定等で日本が主導的な立場をとれるようになってほしい。</p>
-------------------------------------	---	--

<p>コミュニケーション知能の開発</p>	<p>人間とロボットとのコミュニケーションは避けては通れない重要な課題であり、この課題に意欲的に取り組まれている。口の動きにより発話区間を推定する方法は、以前にも例があるが、顔認識に基づくロバストな方法で実現したことは評価できる。</p> <p>音声に加えて、視覚による行動、感情理解、しぐさ等による情報伝達についても取り組んでいる点は、社会シーン、生活シーンにおけるコミュニケーションを想定した場合、大いに意味がある。RTコンポーネント化で、音声認識、画像認識、人物検知モジュール等のセット化が容易になっており、これらの組み合わせにより、目標に掲げた認識率への到達が期待できる。</p> <p>しかし、認識率の定義があいまいである。どのような実験（試験）をやって認識率を明らかにしたのか提示しないと説得力がない。</p> <p>音声認識は環境への依存度が高く、信頼度にはまだ改良の余地がある。社会分野・生活分野とも期初目標の音声認識率を達成したとしているが、目標数値自体が実用化に十分な水準と言えるのかどうか、見極める必要がある。</p>	<p>ユニバーサルタウン等の実証プラットフォームを作り、実際にデモンストレーションを行い、アピールをされており、商店街に客を導入するアミューズメントとしては、十分実用化の見通しがある。音声合成、顔認識とも情報機器への搭載実績があり、要素技術としては信頼性が高い。それをロボットで共通に扱えるようRTコンポーネント化できた点に意味がある。</p> <p>一方、社会分野、生活分野とも、かなり限定された適用シーンが想定されているようであり、実用化には状況変化に対するロバスト性の付与が重要となると考えられる。この観点での研究開発の強化が望まれる。</p> <p>なお、音声認識は、応用によってユーザー自身がチューニングできるような仕組みをつけておくことが必要である。</p>
-----------------------	--	---

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	B	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	A	A	A	A	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.0	A	B	B	B	B	B	C
4. 実用化の見通しについて	1.6	B	B	B	C	B	C	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