

「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

平成21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

平成21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  
理事長 村田 成二 殿

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 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり  
評価結果について報告します。

## 目次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-21
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（基盤技術の開発Ⅰ）	
2. 2 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）	
2. 3 作業知能（生産分野、社会・生活分野）の開発	
2. 4 移動知能（サービス産業、公共空間、 社会・生活分野）の開発	
2. 5 コミュニケーション知能の開発	
3. 評点結果	1-48
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1

## はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」の中間評価報告書であり、第18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」（中間評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）に諮り、確定されたものである。

平成21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

「次世代ロボット知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
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
委員	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
委員	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
委員	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

## 審議経過

### ● 第1回 分科会（平成21年8月24日）

#### 公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明

#### 非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

### ● 第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）

## 評価概要

### 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、他で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。

## 研究評価委員会におけるコメント

第23回研究評価委員会（平成21年10月29日開催）に諮り、了承された。研究評価委員会から以下のコメントが出された。

- 日本のロボット開発全体において、つくろうとしているロボット開発の目標が高過ぎるのではないか。目標は高い方が技術開発がより進む場合もあるが、もっと汎用的で使えるものを出して、市場で試す必要があることについても考えていただきたい。
- ロボットがもたらす知能化の中で、特に危険性の問題は早めに議論しておいたほうが良い。戦争のようなものに活用されていく可能性というのが未来社会の中で大きな危険要因であり、ネガティブな部分に対してどう抑えていくかといった内容についても議論が必要である。

## 研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパス株式会社 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画グループ コーディネーター
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授	

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

## 1. プロジェクト全体に関する評価結果

### 1. 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、世界の標準に持つことができる可能性がある。

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。

#### <肯定的意見>

- 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、そのための知能化技術は重要な分野である。従来の知能化技術は、他への適用が困難であることが多かったため、知能技術をモジュール化し、他でも使える形のソフトウェアとして蓄積することは、知能化技術の実用化への一歩といえる。

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。PLが予算配分にも関与し、毎月、実施者全体会議を主催していることなどは評価できる。

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、世界の標準に持つことができる可能性がある。

作業知能、移動知能、コミュニケーション知能はほとんど中間目標を達成していて、その一部は実用化に対する明確な計画をもっている。

- ロボットの実用化・産業化を目的として、再利用性のある知能モジュールの蓄積を目指す基本的な考え方は高く評価できる。

柔軟なプロジェクトの進め方によりP D C Aサイクルが機能しているのは評価できる。

- 次世代の知能ロボットに必要なソフトウェアをコンポーネント化して蓄積し、今後のサービスロボットの開発を容易にするというプロジェクトの意義は素晴らしいものがある。

また大きな4分類のうち、基盤技術と移動知能については、個々に実用化がすぐそこに来ているものもあり、大きく評価できる。

特に基盤技術のテーマにおいて、秋葉原で標準ロボットが用意され、これまで開発されてきたRTコンポーネントの実証試験ができるのは素晴らしい試みであり、プロジェクト終了後もこのような環境を何らかの形で存続させてほしい。

- ロボット用のソフトウェアの標準化・モジュール化という意義深い目的に向けて、本プロジェクトではこれまでのところ着実に研究成果を挙げている。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。

「ロボット・新機械イノベーションプログラム」における他の関連プロジェクトとの棲み分けならびに連携も適切である。既に実施されたRTミドルウェア開発、共通基盤PJの研究成果も生かされている。

強力なプロジェクトリーダー・サブリーダーを中心とした研究体制は妥当であり、企画調整WGを月1回以上のペースで開催するなど綿密に議論を行うことで、プロジェクト全体としてのまとまりもある。

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と考える。

- 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、統合プラットフォームとモジュール化環境を提供する、というビジョン自体は高く評価できる。また、ソフトウェア開発者をロボット開発に呼び込むためのインフラ環境としても、波及効果を期待できる。プロジェクト進行については、中間段階で開発、検証、達成度などに深刻な遅延が無く、ほぼ順当と思われる。

- ロボットの生産性向上の観点から重要なテーマである。  
概ね順調に中間目標をクリアしている。

- 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との基本方針は、妥当性ならびに有用性を備えたものであり、本プロジェクトの価値は高いと考える。特に、再利用性に関する技術開発と評価は、その有用性を高める上で意義は大きい。

#### <問題点・改善すべき点>

- 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ー、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（移動知能のコメントを参照）。
- 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ので、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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

#### <その他の意見>

- ・ 再利用性のある優れた知能モジュールの蓄積が直ちにロボットシステムの

実用化・産業化に繋がるとはいえない。知能モジュールの先にある大きな市場を持つロボット発掘までのロードマップ（試行錯誤を含む）を検討しておくべき。

- 開発成果を真に業界標準として普及させるためには、バイドール法に言う開発者の利益に優先して、成果の無償公開を検討すべきであり、本プロジェクトの場合、特にそれが当てはまる内容であると考ええる。



## 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。

### <今後に対する提言>

- 以下は、プロジェクトにとって重要であるから重点を置くことが期待される： ソフトウェアプラットフォームの開発、再利用性向上技術の開発、三菱電機グループの作業知能技術開発、富士通グループの移動知能技術開発、ATRグループのコミュニケーション技術開発。  
高速移動知能は本プロジェクトの目的と合致しにくいので、縮小したほうがいい。  
セグウェイによる移動と、車椅子による移動は、移動知能の面からは大きな違いはなく、ロボットとしての形態は車椅子のほうが一般的であるので、やや縮小したほうがいい。
- モジュール機能の重複が見受けられる。プロジェクト後期の推進にあたっては、結果の評価に基づき、重複モジュールの取捨選択、統合などをすすめ、必要十分性が高いモジュール群を整備すべきである。
- プロジェクト終了後に、開発された RT コンポーネントを実際のハードウェアに落とし込む作業についてサポートしてくれるような機関の設置が望まれる。そうでないと、せっかくのプロジェクトの成果が無駄になるような気がする。  
ハードウェアは日進月歩で進化する。またソフトウェアの環境も然りである。従って、ソフト（ソースコードも含めて）そのものでなく、その底流にあるアルゴリズムのようなもの（これとてハード、ソフト環境の変化につれて陳腐化するのかもしれないが）を広く知らしめて保存するような仕組み作りも希望する。
- 全体としてこれまで順調にプロジェクトは進捗しているので、基本的にはこのまま進めて行けば良いと考える。

成果の普及に向けた努力・情報発信を精力的に行ってきたことは理解でき、敬意を表すが、本プロジェクトの性格を考えると更なる努力が望まれる。そのための専属の人材の追加なども有効かもしれない。

国際標準化に向けての取り組みも今後更に加速して頂きたい。

- 中間期を経過したところで、全体趣旨への適合性、実用性を勘案し、サブワーキンググループ間で予算を再配置し直すことも有意義と思われる。また最終目標では、信頼性や継続性を意識した上で、実環境・実使用での検証を行って欲しい。更に、開発だけでなく、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と思われる。
- 本プロジェクトのテーマはソフトウェア工学と深く関連する。その分野の専門家をアドバイザーとして迎え、目標設定、評価方法等について助言を得るとよいのではないか。  
重複するテーマについては、役割を整理することが望まれる。
- 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。

#### <その他の意見>

- 知能ソフトウェアの再利用を行う秋葉原センターは、最後に仕事を遣り残す可能性があるため、プロジェクト終了後1年間活動できることが望ましい。
- **RT** ミドルウェアから始まったロボット開発プラットフォームの統合化やソフトウェアや基盤の共通化に関する政策は、本プロジェクトで一つの達成を見るものと理解している。一方、一部の例外を除き、依然としてサービスロボット市場は立ち上がっていない。このギャップを埋めるため、今後は最終需要自体を強力に喚起する政策（例えば既に商用化されたロボットの市場拡大支援、サービスプロバイダーや顧客側に対する購買支援・使用支援等）への転換を考慮すべきと思われる。

## 1. 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ので、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。

#### <肯定的意見>

- ロボット技術のイノベーションの対象として、従来の産業用ロボットとは異なる人と共存するロボットは未開発であり、有望である。その技術として、知能化技術は重要な分野である。これまでも知能化技術は研究されているが、作業依存の知能であり、他への適用が困難であることが多かった。本プロジェクトで、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ので、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、民間会社が単独で行うことは困難である。また、大学などで研究しても他で使えるほどロバストになっていない。また、開発したモジュールが本当に稼動するかをチェックするためにも何らかの仕組みが必要である。したがって、NEDOによる本プロジェクトが必要とされる。
- 非常に研究開発のリードタイムが長いロボット技術においてイノベーションを目指す事業として斬新なアプローチである。採算性の面で民間単独では実施できず、NEDOが主導することは妥当である。  
国民のQOL向上、新産業立上げによる雇用創出、戦略産業の育成の観点から何としても実施すべき事業である。
- ロボットの知能化のために、基本プラットフォーム（ハード、ソフト）、マニピュレーション機能、移動機能、コミュニケーション知能等の多岐にわたる分野で、RT ソフトウェアを多数モジュールとして開発し、それらを蓄積するという本プロジェクトの意義は重要であると思料する。  
多数のモジュールが蓄積されており、それらの中から必要なモジュールをサブスクリプション感覚で、オープンまたは低額のライセンス料金を支払って購入することが可能になれば、今後既存のロボットメーカーや、サービスロボットの市場を見据えて新規参入してくるメーカーの両者ともに、開発期間・コストの短縮につながり、今後のロボット分野における市場の発展に寄与すると

ころ大であると思量する。

- 費用対効果の面でいえば、現在まで企業内や研究室で開発してきた既存のソフトウェアを再利用するという考え方は、ソフト開発費用を抑制するという観点から評価できるものと思量する。

このようなソフトウェアの蓄積は、もちろん1企業や1大学ではできないことであり、NEDOの関与が必要である事業であると考えている。

ロボット展や国際会議での本プロジェクトの宣伝等、国際的な対応においても一定の努力はなされていると考える。

- ソフトウェアの標準化・モジュール化が核となった本プロジェクトは、民間活動のみでの実施は困難であり、NEDOの事業としての妥当性は極めて高い。

本プロジェクトは産業用ロボットに次ぐ次世代のロボット産業の立ち上げに大きく寄与しうるものであり、費用対効果も十分高いと予想できる。

- 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、統合プラットフォームとモジュール化環境を提供する、というビジョン自体は高く評価できる。民間でのプラットフォーム開発は先行投資のリスクが高く、公的機関が関与する意義もある。日本発の国際標準を提唱するチャンスでもある。
- ロボットの知能モジュール群を提供することでロボットの生産性向上に寄与しようとするもので、標準化との関連も深く、NEDOの関与が必要な重要なテーマと考える。
- 標準化による産業界の活性化を目的としたプロジェクトであり、NEDOの事業として推進することは適切である。また、我が国の強み技術であるロボット技術、メカトロニクス技術のハードルを低くし、参入への門戸を拡げる意味においても、事業目的も妥当なものと考えられる。

#### <問題点・改善すべき点>

- 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ー、大学などから意見を聞いて議論したほうがよかった。
- 費用を分配する機関が多岐に亘っており、一件あたりの額が薄まっているきらいがある。この中間評価を期に、重点的に費用を投資する案件について絞り込みを行い、資金を重点的に投下することも一考に値すると考える。

国際的な取り組みについて、今後ISO等の策定において主導権を得るためにも、ロボット展や国際会議のみでなく、海外のロボットメーカーと特許のクロスライセンス使用や、言葉は陳腐かもしれないがWinWinの関係になるような協定を結ぶ等、もう一步踏み込んだ工夫が今後必要であると思量する。

これに関して、プロジェクト終了後に、誰が先導して国際的にアピールするのか、その時の資金はどうするのかについて、プロジェクト期間内にある程度相談しておく必要があると思われる。

- 費用対効果に関して年間 600 億円に貢献するとの算出は、大風呂敷を広げすぎに感じる。例えばこの計算で前提としているロードマップでは 2010 年にはロボット産業の市場規模が 1.8 兆円になると予測しているが、現状ではこの数値の実現はあり得ない。
- 本プロジェクトのタイトルは、新規性・新機能・性能を追うのか、統合化・共通化の完成度を追うのかが、分かりにくいところがあった。後者が本当の焦点であるなら、本プロジェクトの個々のモジュールが、必ずしも世界最高性能を目指す必要は無く（なぜなら今後同様のモジュールが多数開発されることの方が重要だから）、この辺の優先順位の整理をもっと行っても良かった。

#### <その他の意見>

- 3年間47.5億円の事業費用に対し将来1兆円の波及効果を見るのは「狸の皮算用」であろう。教育や研究開発の効率化・実質化の観点からの効果の評価を行うべきと考える。
- RT ミドルウェアから始まったロボット開発の統合化や部品の共通化に関する政策は、本プロジェクトで一つの達成を見るものと理解される。一方で、一部の例外を除き、依然としてサービスロボット市場は立ち上がっていない。例えていうと、調理道具は揃っても、顧客の満足する料理を出せない状況が続いている。従って、今後は最終需要自体を強力に喚起する政策（例えば商用化されたロボットの市場拡大支援、サービスプロバイダーや顧客側の購買・使用支援等）への転換を考慮すべきと思われる。
- 標準化を視野に入れた普及拡大のためには、開発環境としてのプラットフォームのみならず、基本機能モジュールなどの本プロジェクトの開発成果は、無償で公開すべき性格の内容であると考えられ、NEDO の強力的な指導が望まれる。

## 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。

### <肯定的意見>

- まず、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。目標は定量的に書かれている。  
PL は熱心で適任である。予算配分にも関与し、月に一度 PL を交えた実施者全体会議を行っていることなどは評価できる。
- モジュール応用 G r の追加公募、評価に応じた予算の配分、再利用技術センターの新設、レファレンスモデルの設定など本プロジェクトの性格の把握に努め、それに即したマネジメントを柔軟に実施している。  
プロジェクトリーダーが権限を持ち、資金の配分をタイムリーに判断していったことが今回の中間報告から理解でき、評価できると思われる。今後もこの方向で進められることを期待する。
- 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と言えよう。

モジュール応用を中心とした実施者を追加公募したこと、①-2の研究テーマが追加されたことは、本プロジェクトの普及のために妥当であると考えられ、情勢変化への機敏かつ適切な対応となっていると言えよう。

- 共通プラットフォーム開発が予定通りに先行して、開発スケジュールに深刻なボトルネックが発生しなかった点は評価できる。最終目標達成に向けての道筋も明確で、期待が持てる。検証専門のチームを追加公募した点も、客観性や有用性を高める上で、良い判断だったと思われる。
- 適切にプロジェクトの運営がなされている。
- 研究内容の見直しに基づく追加公募等により、目標、体制を含めて情勢変化への対応が行われている、また、技術の普及を念頭に置いた再利用技術に関する項目の強化が図られるなど、適切なマネジメントがなされていると判断する。

#### <問題点・改善すべき点>

- 目標は定量的であるが、その中身があいまいな点がある。たとえば、6つ以上の作業対象物に対する3つ以上の作業指示という記述で、どのような作業対象物か、どのような作業の指示であるかが明確でない。
- 知能モジュールの普及策が十分に検討されていないように見える。
- 一部、高速移動知能の研究等、ロボットとは関連性の薄い（将来的には大きく関連があるのだろうが、研究レベルではなく、ここ数年での実用化の話としての関連性という意味で）テーマが散見される。

また、福岡のロボットタウン、大阪のユニバーサルウオーク等、今まで他の資金が大きく投与されてきたプロジェクトが入っており、本プロジェクトでさらに支援をする必要があるのか、疑問点が残る。

既に走っているテーマに視点を変えて資金を追加投入するのは、（表現が悪いかもしれないが）成果を容易に出すという意味では良いのかもしれないが、プロジェクトリーダー等が目利きとなり、他のきらりと光るものがあり、資金を投入すれば大きな成果に化けるような研究を広くサーベイして採用していくことも必要であると思われる。中間評価を機に少し考えていただきたい。前項目においても述べたが、関与する機関が多岐に亘っており、プロジェクトリーダーが全てを管理するには限度を超えているくらいがある。一件あたりの額が薄まる問題点とともに、この中間評価を機に、案件の絞り込みを行うことも、プロジェクトの管理・効率的運営の観点から一考に値すると考える。

- 用途や活用場面に応じて、解決すべき課題の難易度は全く異なる。その点の尺度がないため、ワーキンググループはそれぞれ、実用化に近い開発から、

あくまで研究の一里塚に留まりそうな開発までが混在している。目標値は「実用化・商用化への距離」という尺度から逆算して設定することが望ましい。

- ソフトウェア工学の専門家をアドバイザーに加えるとよい。
- 応用検証を目的に行われた追加公募の採択内容においても新規開発内容が並立していることは、やや一貫性に欠けるものと言わざるを得ない。今後、推進内容の重点化が望まれる。

<その他の意見>

- ・ ①-1のコア技術の開発の負荷が特定の研究者に集中していることに対する懸念を多少覚える。
- ・ 現在はモジュール開発、検証が先行しているが、最終製品としてのロボットを企画開発するロボットのシステム・インテグレーターとの連携が必須。最終用途を欠いては、このプロジェクトの効果が最終的に発揮できない。
- ・ 中間評価時における各グループの成果を踏まえ、今後選択と集中が適切に行われることを期待する。



### 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。

#### <肯定的意見>

- 中間目標は、前述のように中間目標の記述がややあいまいの点があるが、だいたい達成している。目標を超えた水準を達成しているものもある程度あることは評価できる。  
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。  
国際標準があるものはそれに則る努力をしている。また、ないものはそれを提案する意気込みがあるグループもある。より多くのグループが国際標準を提案する心構えを持ってほしい。  
成果は発表されている。査読付きの論文は少ないが、本プロジェクトの目的からは当然であり、問題でない。  
プロジェクトの終了時には予定して成果が達成されると予測される。しかし、本当に成果がでるのは、開発されたモジュールが実際に再利用された時である。
- 概ね中間目標値をクリアしている。  
外部発表が少ないグループもあるが、知能モジュールの蓄積というインフラ整備的な性格上、発表に至っていないのはやむをえない。
- 個々の RT モジュールには必要十分に機能しているものがあり、秋葉原でのデモ等で一定の成果は得られているものと思われる。

OS が違う、メカが違う 3 台の移動ロボットを同じソフトウェアで動かすデモがあった。多分かなり上位での互換性があることのデモで、ハードウェアについては各ロボットに依拠したモジュールソフトが必要なのであろうが、そうであったとしても、こんなことがやりたいんだと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ように感じられる。

- 中間目標は概ね目標値を達成している。いくつかの項目に関しては、特に本プロジェクトで最も根幹となる①-1の研究テーマを含め、目標値を上回る進捗を示している。

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と考える。

- 中間目標に関していえば、各チームともおおよそ申告した目標値は達成している。本プロジェクトの中心であるモジュール化環境の整備に関しては、最終的に達成が期待できる。モジュール部品に互換性を持たせた開発環境は、世界的に見ても先行していると思われる。
- 個々のモジュールの性能といった観点では、中間目標に掲げたレベルをクリアしている。
- 幅広い分野の全般にわたって、所期の目標をほぼ達成する成果を挙げていると考えられ、一定の水準を満足しているものと評価できる。このうち、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。

#### <問題点・改善すべき点>

- 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。
- Gr 間あるいは Gr 内で知能モジュールの重複が見られる。結果を評価し取捨選択や統合を行い再使用が容易になるようにすべき。
- 個々の RT モジュールについてはうまく機能しているものがあるが、これらの中には本プロジェクトの前からかなり長い期間をかけて開発されてきた成果の賜であるようなものも見受けられる（間違っていたら申し訳ないが、オムロンの顔認証ソフト、産総研の動作シミュレータ、芝浦工大水川研および富士重工業の移動ロボット関連、など）。

一方、本プロジェクトで着手された RT モジュールについては、まだこなれていなく、プロジェクト内に成果が得られるのか心配なものも散見された。例えば、安川電機の生活支援ロボット（冷蔵庫からのペットボトルの取り出し）、東芝の食器認識・ハンドリング等、人間と共存しなければいけない社

会・生活分野の課題について、この傾向が強いという感想を持った。  
また高速移動体（自動車を想定）についても、プレゼンテーションを拝聴した限りでは、具体的にロボットに適用できる成果が出ているようには、思えなかった。

特許や論文が少ないプロジェクトも散見された。また論文が多いテーマに関しても、果たしてそのリソースが本プロジェクトによるものなのか、それとも研究室での本プロジェクト以前の努力の賜なのか、判然としないものも多かった。

- 成果の普及に向けた努力・情報発信を精力的に行っていることは理解できるが、本プロジェクトの性格を考えると更なる努力が望まれる。そのための専属の人材の追加なども有効かもしれない。

事業原簿に記載の論文等に、いくつか明らかに科研費など他の研究費による成果が含まれている（謝辞に他研究費のみ入っている）ので、それらは除外すべきである。

- 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。

特許や論文は重要だが、どれだけ実用に耐えるモジュールができているかは必ずしも明確でない。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。

- モジュール化にあたっての具体的な設計指針が不明な部分が多い。例えば、どのような階層を用意して、どの部分でハードウェア依存性、タスク依存性を隠蔽しているのかといった内容について、記述しているグループが極めて少ない。これらを記述することで、再利用性に対する見通しを持てる。

一部、指向するロボット像が、全体における一般共通なロボット像と整合しないテーマがある（個別技術の評価の欄を参照のこと）。

- 知能モジュール群の開発においては、対象となるリファレンス・ハードウェアが設定されているが、そ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と、依存部分の変更に対する対応方法の明確化が必須であると考える。

#### <その他の意見>

- ・ 知能ソフトウェアの再利用を行う秋葉原センターは、最後に仕事を遣り残す可能性があるため、プロジェクト終了後1年間活動できることが望ましい。
- ・ 具体的にソフトウェアを作るとなると、どうしてもハードウェアに依拠した部分の共通化が難しくなる。ソースコードがあれば、後の開発が楽になるのということは評価できる。しかしながら、ソース無しのモジュールが提供さ

れて中身がわからない場合、ハードウェアが異なってしまうと、ドライバソフトを作成する必要が生じて、そこでのちもさちもいなくなってしまうことが、小職の経験上多々ある。またハードウェアだけでなく、ソフトウェアのバージョン（例えば Linux の Ubuntu, Fedora とかのディストリビューションの違い、カーネルのバージョンの違い）によっても、ソフトウェアが動かないことがある。本プロジェクトの成果を真に世にアピールするためには、そのような細かい最後の動かすための調整に対して、アドバイスをしてくれるサービススタッフのようなものが必要になることが火を見るより明らかである。プロジェクトが完了した後に、そのようなサービスを誰が責任をもって、どのようにするのか検討しておく必要がある。ソフトウェアを開発した大学や企業が個々に対応するのでは、資金や人の面から明らかに無理である。何らかのプロジェクト終了後の体制を、NEDO の方でも考えておかないと、せっかくの成果が全く使用されないということになりかねない。このところを検討してほしい。

また、上記のような具体的インプリメンテーションの問題をクリアにする方法として、ソフトウェア自体でなく、その考え方となるアルゴリズムをフリーで開示する、またはライセンス化してお金を払えば利用できるようにすることも考えて頂きたい。画像処理の世界では、OpenCV や WEKA 等のフリーでアルゴリズムおよびソフトウェアも（画像はハードウェアへの依存性が、メカのあるロボットに比べて弱いので）公開されている。本プロジェクトを契機として、このような方向に将来的に持って行っていただきたい。

また、個々が作成したソフトの性能を評価するためのテストベンチのようなものも将来的に用意する必要があると思われる。上記画像の世界では、例えば一般物体認識のソフトを評価する画像集として Caltech101 とか、データベースが充実している。ロボットのハードウェアの多様性から難しいのかもしれないが、是非考えて頂きたい。そのためには上記したように、プロジェクト終了後にどのように継続に関する体制をとるのかを慎重に計画しておくことが肝要だと思う。

- 開発環境の標準化に向けては、海外の民間企業もデファクト化を狙う動きがある。本プロジェクトは国際標準規格を取ることを目指しているが、それだけでは普及が保証されるわけではない。残りのプロジェクト期間でデファクトを取るための戦略を描いて欲しい。
- 再利用性の評価は難しい問題であることを理解するが、何かの形で、できあがったモジュールの再利用のし易さを評価できると良い。

モジュール設計にあたりどの程度の量の典型例が考慮されていて、それをどの程度カバーするのかといった議論があると、ある程度再利用に対する見通

しを持てるので良い。

今後、研究グループ間で互いに開発したモジュールを相互利用し、問題点を出し合うことが望まれる。

成果の「見える化」とは、必ずしも実機ロボットによる作業、動作を「見せる」ことと同義ではない。ソフトウェアとしての構造、モジュール仕様等をユーザーに対して如何に分かり易く使い易いものとするか、その方策についての「見える化」にも十分な配慮が必要であろう。

#### 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。

#### <肯定的意見>

- 実用化や国際標準に関しては前項で述べたとおりである。  
波及効果に関しては、異なる会社や大学が、お互いの技術を相互に使うので、互いの技術交流ができ、研究開発が促進されている。また、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。
- 再使用可能な知能モジュールを蓄積したという意味で、概ね実用化の見通しがついている。知能モジュールの機能面での実用化という意味では、作業知能（生産分野）、移動知能（サービス産業分野）、コミュニケーション知能においてある程度の見通しがついている。
- 前川製作所に依頼した検証用ロボットを用いて、現在利用できるモジュールを使用してソフトウェアを構築し、デモをできるまでに至っている。既存のソフトウェアの再利用という意味では、一定の実用化の目途を示せていると思う。
- グループによって差はあるが、これまでの研究の進捗から、実用化イメージは明確になっており、産業界への一定の寄与も見込まれる。
- 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。開発ツールのマニュアル整備等も比較的順調に進んでいるように見受けられる。
- 実用化を推進するための環境整備として、有用な成果を生みつつある。

- 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の構想を示すなど、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。

#### <問題点・改善すべき点>

- 知能モジュールの機能面での実用化という意味では、多くのモジュールは実用の見通しが立っていない。
- 本プロジェクトで着手されたと思われる RT モジュールについては、まだこなれていなく、プロジェクト内に成果が得られるのか心配なものも散見された。特に人間と共存しなければいけない社会・生活分野の課題について、この傾向が強いという感想を持った。

ハードウェアの多様性を本当に吸収できるのか、OS のディストリビューションやカーネルの多様性を本当に吸収できるのか、プレゼンテーションを拝聴しただけではその懸念が未だ払拭できない。何らかの推奨ハードウェア、OS を各モジュール毎に示すような工夫が是非とも必要だと思われる。

また、ある程度大規模なソフトウェアを作成するときに、本当に細かいモジュールを繋いでいって実現できるのか、プレゼンテーションを拝聴しただけではその懸念が未だ払拭できない。いわゆるソフトの粒度の問題である。様々な粒度のものを取り揃えるのも良いが、それではどの程度までの粒度の変化に対応するのかという問題があり、いちいち対応していたら切りがない、ある程度粒度を選定する必要がある、これはプロジェクト・リーダを含めた上層部メンバーで今後検討する必要があると思われる。

- 現状では仕方ないとも言えるが、国際標準化に対しての道筋が必ずしも明確ではない。
- ロボットの最終需要と用途が見えにくい中では、モジュール化だけをもって実用化のイメージは描きにくい。  
また、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と思われる。
- 実用化、普及を成功に導くためには、先に記したリファレンス・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と、依存部分の変更に対する対応方法の明確化に更なる注力が望まれる。

#### <その他の意見>

- ・ 前記と重複するが、多様なハードウェアや、使用 OS のディストリビューションやカーネルの違いに対応するために、細かい最後の動かすための調整が必要となる。ソフトに詳しい人にとってはそんなことは3, 4時間、または

長くても1日あれば大丈夫だよということになるのかもしれないが、このプロジェクトはソフトに明るくない人が既存のモジュールをうまく使って、ロボットの開発を容易にすることが目的であると考え。だとすれば、そのような調整に対してサポートしてくれる体制をプロジェクトが完了した後に考えないといけない。そうでなければ、実用化は難しいと考える。

またこれも前記と重複するが、具体的なソフトでなく、その背景にあるアルゴリズムを公開していく手段についても、プロジェクト終了後も見据えて考えてほしい。教科書等を用意されているということであるが、是非とも早く出版にこぎつけてほしい。また誰でもがアクセスできる、画像の分野の **OpenCV** のようなものを標準化してもらいたい。これが日本発として、世界での標準（表現が陳腐かもしれないが、デファクトスタンダード）になれば、本プロジェクトの意義がより明確になると思われる。

- 単にオープン・プラットフォームを提供するだけでは、登録モジュールや参加者は増えない。現在までに個別に開発されてきたソフトウェアを共通プラットフォーム上に移植するような政策的後押しが欲しい。  
実際に商用化ロボットに搭載された実績のある知能化ソフトウェアを、RTコンポーネントに移植する、ということに予算を割り当てるのも一考と思われる（ただし、商用化されていない研究だけのものは対象外で、実用性、信頼性、価格などあくまで市場での実績重視が望ましい）。
- 開発成果の利用促進のための利用支援センターに関しては、運営に当たって、公的資金の裏付け等が不可欠となると思われる。**NEDO** のスキームで可能な範囲で、これをサポートするための施策が望まれる。



## 2. 個別テーマに関するコメント

### 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(基盤技術の開発 I)

#### 1) 研究開発成果についての評価

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。

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。

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。

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。

#### <肯定的意見>

- 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。その有効性を実証することで、世界標準とすることが期待される。ソフトウェアプラットフォームとレファレンスハードウェアを開発し、その上に検証用のモジュール群を載せて動作実験を行ったことは評価できる。この成果は再利用の試験に用いられ、試験の実施に貢献している。
- 本プロジェクトの基盤をなすテーマであり、他のテーマに先行して開発が行われた。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。
- 前川製作所に依頼した検証用ロボットを用いて、現在利用できるモジュールを使用してソフトウェアを構築し、デモをできるまでに至っている。ロボットのシミュレータについても素晴らしい完成度である。

RT コンポーネントビルダ、デバッガ、エディタ、プラットフォーム RTM についてもその意図は好感が持てる。

- 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。

ソフトウェアプラットフォーム・ならびにモジュール群の開発は目標値を上回り順調に進んでおり、他グループへの成果の提供も順調に行われている。

- 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。

また、この共通プラットフォーム開発がスケジュール通りだった点も評価したい。これにより、他のグループの開発・検証のボトルネックとなるリスクを回避できた。

- ソフトウェア開発環境、プラットフォームの開発は、今後一般ユーザーがロボットの機能要素を開発する際において、有用な支援ツールとなるものと期待される。

#### <問題点・改善すべき点>

- モジュール作成の手間がかかるので、これを容易にする工夫は今後も続けるべきである。
- デモンストレーションの内容が、机まで移動して、そこの上のペットボトルを取る等、簡単な作業に留まっている。また、移動時にサーボ系の調整が不十分なのか、かなり振動しながら移動していた。

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。

各テーマにおいて、RT コンポーネントビルダ、デバッガ、エディタ、プラットフォーム RTM が本当に使用されたのか、プレゼンテーションを拝聴しただけではよくわからず、もしかしたら各テーマで既存のソフトを使用するか、それに改良するかしているのではないかとの疑問がわいた。せつかくこのような開発環境ができたのだから、まずは本プロジェクト内のテーマで試してみて（もうそうしてあるのであれば評価委員の誤解なのですみません）、一定の使用評価アンケート等を経た上で、広く成果を世に問うのが良いと思う。

- 仕様書やマニュアル作成、インターフェイスの充実など様々な取り組みは認められるが、依然として初めて RT コンポーネントに取り組む開発者には、敷居が高いように感じられる。ロバストネスや粒度などの問題はありますが、プ

プログラムの自動生成等も含め、できるだけ初心者が取り組みやすいような開発があればよいと思われる。

<その他の意見>

- 適切な時期に、プラットフォームを用いたシステムの例を、ソースコードを含めて公開することが望ましい。
- 研究の性格上、査読付き研究発表がないのは仕方がない。各種のチャンネルを用いた情報発信にはさらに力を注いで欲しい。
- このプラットフォームの利用についてはオープン化を唱っているが、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はできないか。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。
- ソフトウェア開発環境は、中小企業、ベンチャ企業等が利用する場合の負担軽減に配慮し、開発ターゲットシステムの規模や機能等に応じて適宜必要な部分のみを抽出し、カスタマイズ出来る形とすることが望ましい。

## 2) 実用化の見通しについての評価及び今後に対する提言

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。

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。

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。

### <肯定的意見>

- 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。
- 再使用可能な智能モジュールの蓄積を可能にするソフトウェアプラットフォームであり実用化されている。
- 動作シミュレータについては完成度が高い。後述する改善点が解決できれば、十分実用化が可能であると思量する。  
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、研究プラットフォームとしては、企業の研究開発部署、大学の研究所等に多数導入される可能性がある。
- 学会の際の講習会の積極的な開催などで、利用者を着実に増やしつつあることは評価される。
- 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。モジュールの拡張性や再利用性が高まれば、日本のロボット開発効率の向上に貢献することが期待される。）
- RT モジュール利用支援センター等の設置を通して実用化とその普及拡大を図る、との施策は妥当性の高い構想であり、ぜひ具体化して頂きたい。

### <問題点・改善すべき点>

- 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。

- 動作シミュレータについて、HRP ヒューマノイドロボットと、PA10 が例とされていたが、世の中の産業ロボットはそんなに数が多いわけではないので、サンプル例の数を増やしてほしい。そうすれば、普及の多大な助けとなる。検証用ロボットに関しては、完成度を高めてほしい。このままでは研究用としては良いのかもしれないが、実際に家庭内や病院・福祉施設内で使用されるまでにはまだ道のりが遠いという感じがした。
- 国際標準化を目指すシナリオが必ずしも明確とは言えない。大変重要なポイントであるので戦略的に動いて頂きたい。
- オープン・プラットフォームを用意しただけでは、普及策として十分とは言えない。それを売り込む SI 業者や代理店は、有償販売の方がモチベーションが高くなる。そのため、オープン化と有償化のバランスをどうとるか、プランニングが必要。
- 国内外のソフトウェア基盤との連携に関しては、単なる表面的な連携ではなく、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。

#### <その他の意見>

- ・ 実用化は、使いたいモジュールがあるか、それを使うための労力が自前でモジュールを開発するより少なくて済むかに依存する。このバランスを良い方へもっていく努力をすべきである。
- ・ 使うに当たっての敷居が高いという声もある。マニュアルの完備、ビギナー教育用教科書の作成などを期待する。
- ・ 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。現状は慎重な対応で構わないが、いずれかの時点で国際的にも強力な布教活動が必要になってくる。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。

## 2. 2 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)

### 1) 研究開発成果についての評価

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きている。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。

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ることで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。

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。

#### <肯定的意見>

- 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にない、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きている。
- 遅れて活動開始したにもかかわらず、重要な成果を出している。仕様書の書式統一、知能モジュールの一元管理は不可欠である。
- ソフトウェア再利用のコンセプト自体は素晴らしい。仕様書の書式統一も当然の流れであると考えられる。再利用試験プラットフォーム（秋葉原プロジェクト）も大変良い試みだと思う。
- 本プロジェクトで構築される成果（モジュール群・ソフトウェア）の再利用性を向上させるための肝となる、意義の大きい研究テーマである。
- 仕様書の統一、モジュールの再利用性向上と蓄積、などロボット産業にとって画期的な仕組み作りであると評価される。  
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。
- 再利用性を一つの項目として設定し、推進する体制を取っていることは、成果の普及に対して極めて有効な方策であると考えられる。再利用性試験プラットフォームの試作を行ったことも成果として認められ、今後の試験実施の加速

に期待したい。

<問題点・改善すべき点>

- 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懸念がある。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と思われる。
- 再利用性試験プラットフォームがやや限定されているように思える。
- 着手からの期間が短かったこともあると思われるが、中間段階では検証やウェブの稼働がまだ進行途中である。最終目標の着実な達成を期待したい。
- モジュール毎に使い方をドキュメント化しても、それだけではモジュールを使いこなすことは難しい。モジュールを組み合わせで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。
- 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。

<その他の意見>

- ・ 便利な場所にあるので、再利用性のデモの場所としても活用できたらいい。
- ・ 知能モジュールの働きは、ロボットや作業内容だけでなく環境、動作状況などに依存し変化する可能性がある。環境、動作状況などに関する条件は記述されていないケースが多いと思うが対応策が必要であろう。
- ・ 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られる。富士ソフトには自社だけに留まらず、ソフトウェア産業全体を呼び込む先導的な役割を期待したい。
- ・ 上記「モジュール群を用いた問題の解き方」については、幅広くユーザーから集める仕組みを作るとよいのではないか。

## 2) 実用化の見通しについての評価及び今後に対する提言

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。

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。

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。

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。

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。

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。

### <肯定的意見>

- 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。
- 再使用可能な知能モジュールの蓄積を可能にする技術そのものであり実用化されている。
- 前記したが、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（ソフトの提供側、利用側も含めて）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と思われる。再利用システムの構築を行う富士ソフト社には是非とも頑張ってください。
- 本プロジェクトにおける位置づけは明確であり、この研究課題自体でなく他の研究課題の成果の実用化への寄与が大きい。
- 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た。ロボット・ソフトウェアの作業領域・役割を独立に



示すことで、今後、専門の人材育成等がスムーズに運ぶ可能性がある。

- 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、実用化に向けて重要となる施策が進められている点は、高く評価できる。

#### <問題点・改善すべき点>

- 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だと思われる。これはソフトに詳しい人のマンパワーによるところが大きい。プロジェクト終了後に、きちんと給料も払って、このような人を集めて、サポート体制を作ることも視野に入れてほしい。

また、違うプラットフォームへの組み込みを行う場合は、ソフトウェアのソースコードが必要な場合も多い。ソースコードの開示に関する仕組みづくりについても将来的に考えてほしい。

一方、ソフトウェアを提供する側の立場にたてば、特に企業では多大な開発費を考えたら無料での（オープンでの）公開は考えにくい。それでは高い使用料をとるとなれば、多分誰も使用せず、個々に自社や自分の研究室で開発するということになり、ジレンマがある。このあたりについての仕組みづくりも将来的に考えてほしい。

上記のような事項に対応できるよう、再利用システムの構築を行う富士ソフト社には大きな期待を寄せる。

- 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、本プロジェクト終了後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。
- 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。

#### <その他の意見>

- ・ 本技術自体はとくに新規性を必要とせず、新製品の開発も行わないが、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。
- ・ むしろプロジェクト全体のマネジメントに関わることであるが、他の研究テーマに対するこの研究テーマの位置づけをより重要にすることが有効であると思われる。
- ・ ソフトウェアの信頼性と、そのソフトウェアによって制御されるロボット動作の安全性とは不可分のものであるが、それぞれ異なる観点からの検証が必

須である。両者に留意され、鋭意実用化に努めていただきたい。

## 2. 3 作業知能(生産分野、社会・生活分野)の開発

### 1) 研究開発成果についての評価

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。

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。

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。

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とはならず、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。

#### <肯定的意見>

- 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。IDEC と三菱電機は密に連携していて、本プロジェクトの効果が出ている。  
社会・生活分野では、食器のマニピュレーションをデモしたことは評価できる。
- 生産分野は知能モジュールのR T C化が進んでいるとともに、新規性のある機能を実現し中間目標を達成している。社会・生活分野は中間目標をクリアしR T C化も進めているが、モジュールの機能は特に目新しさはない。  
特許出願と論文発表は良好である。
- 生産分野の教示に関する IDEC、三菱電機の取り組みは、論文数、特許数も多く、一定の成果が挙げられていると思われる。  
社会・生活分野は、目標設定は理想的には良い（ただし後述するように現状のロボット技術を考えると、目標設定が高すぎるきらいがある）。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。
- 企業を中心とした4つのグループが、構築した知能モジュールを相互に再利

用する体制となっていることは妥当である。

全体として本プロジェクトの趣旨に沿った研究の成果となっている。実力のある企業間での実効性のあるモジュール化・相互利用が実現されることで、本プロジェクトの中でもコアとなる成果が生まれつつある。

- 各知能モジュールがプロジェクト内で流通・再利用されており、統合化の意義は発揮できている。

生産分野の開発に関しては、問題解決型のモジュールを作り特許申請も行うなど、成果、知財両面から評価できると考える。

- 幅広い作業を対象にモジュール群の開発が進められており、全てのモジュールについて実機による検証を行っている点は評価できる。

#### <問題点・改善すべき点>

- 安川電機のグループは、構成機関の連携が十分行われていないようである。
- 認識関連のモジュールがG r 内、G r 間で重複があるように見えるが、結果の評価に基づく絞込みが必要ではないか。

- 生活・社会分野において、成果がまだ十分に挙がっていないとの印象が強い。例えば、安川電機の生活支援ロボット（冷蔵庫からのペットボトルの取り出し）、東芝の食器認識・ハンドリング等。

説明に来られなかったが、東芝の食器外形の楕円抽出等は、市販の HALCON というソフトウェアで既に高い精度で実現されており、このプロジェクトでやる意義があるのかという疑問を抱いた。

論文のうち、京都大学主導のものが多く見受けられたが、本プロジェクトの成果であるのか、それ以前の大学の成果であるのかの判別が難しい。

論文発表の前に特許を出願しているということで安心したが、大学の業績と企業の業績とは相反する場合も多いので、今後ともお互いの利益になるように進めていっていただきたい。

- 質疑応答で、安川電機グループにおいて組織間での情報の共有が必ずしも充分でないとの印象を受けた。

中間目標の達成度自体は高いが、認識モジュールなど、中間目標が必ずしもチャレンジングでない・条件が明確でないと思われるものもある。

- 生産分野と社会分野は、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。両者間での基本的なモジュールの使い回しは有益であるにしても、後者での目標設定が現実に役立つレベルにあるのか確信を持ちにくい。

- 社会・生活分野の中間段階での成果は、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ように思われる。

- 生産分野、社会・生活分野とも、設定された目標作業の仕様が単純化されており、現在の目標が達成出来たことが当該作業への適用性の証明となるとは言い難い面がある。少なくとも「成功率 80%」等と言うのであれば、作業の仕様や内容自体も定量的に規定しないと意味がないであろう。

#### <その他の意見>

- ・ 東芝の楢円認識モジュールは評価できるが、それを用いて食器などを認識しなければ意味がない。楢円の一部が隠されている場合での成功例を示すべきである。
- ・ 生活・社会分野においては、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。

RF タグやマーク付与等、環境内にも情報を埋め込み。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（高野・青柳の RECS コンセプト、高瀬のマークビジョン、新井・太田のサービスロボットで古く提案され、最近ではロボットタウンやロボットルームで着手されているが）も必要となると思われる。

この分野で全部をソフトにまかせようとする、必ず人工知能の分野に踏み込むことになり、将来を見据えた研究としては面白いが、数年先の実効性が要求される NEDO の支援の趣旨にはなじまないと思われる。

- ・ 音声対話インタフェースをモジュール化するにおいては、タスク依存性をどのように解消するか、音声認識誤りに配慮してどのような行動をとらせるべきか等、難しい問題が多い。モジュールの再利用についての見通しを与えるためには、これらの問題に対し、どのような対応がとられているかについての説明が必要である。
- ・ また、コミュニケーション知能の開発グループにおいても同様の問題を抱えているはずである。協力して仕様を決め、開発にあたってはどうか。共通仕様での開発がなじまない場合は、対象の違いを明確にするべきと考える。

## 2) 実用化の見通しについての評価及び今後に対する提言

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。

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。

### <肯定的意見>

- 三菱電機の実用化計画は、生産ラインのシステムとして販売することは評価できる。さらに、ロボットにこだわらず、生産設備として捕らえていることは妥当である。
- 生産分野においては、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。
- 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、今後の実用化の可能性も高いと思われる。
- 実績のある企業が中心となっており、成果の実用化イメージも各社の実績を踏まえた明確なものとなっている。
- 生産分野に関しては、チョコ停、教示支援など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。
- 模擬環境における概理想条件の下とは言え、ロボットを動作させ、実際の作業を実行していることは、実用化に向けた第一歩としての意義を持つ。

<問題点・改善すべき点>

- チョコ停対応モジュールは魅力的であるが、作業に依存したものになりがちであるので、なるべく多くに使えるようにモジュール化すべきである。  
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。
- 社会・生活分野においては、モジュールの機能としての実用化の見通しは十分ではない。
- 前記したが、生活・社会分野における課題については、まだ実用化への道の方が遠いと思われる。RF タグやマーク等、環境知能化の概念を取り入れ、ロボットの技術課題のハードルを低くすることも念頭においてほしい。
- 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。  
成果の評価にも記載したように、設定作業目標の達成を以って当該作業への適用が証明されたとは言い難い面もある。作業における本質的な事象と設定仕様条件に基づく事象とを第 3 者に明示することが、真の実用化の達成に向けて不可欠であると考ええる。

## 2. 4 移動知能(サービス産業、公共空間、社会・生活分野)の開発

### 1) 研究開発成果についての評価及び今後に対する提言

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ー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。

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。

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。

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。

#### <肯定的意見>

○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ースの共通化をはかって、RTコンポーネントとして実装を進めていることは評価できる。

筑波大のグループは、従来のソフトウェアがあるので、それをRTコンポーネント化することは比較的順調に行われている。

富士通グループは、大学での成果を取り入れて、人と共存しながら屋内で移動する重要な技術を開発し、コンポーネント化している。

九州先端研は、独自のロボットGISから、共通化した形式に変更し、コンポーネント化しやすくしたことは評価できる。

富士重工は、従来の掃除ロボットのソフトウェアをRTコンポーネント化するため、人材を養成してから行っていることは意欲的である。障害物回避はすでに開発され、有効性が検証されている。

芝浦工大グループは、開発した知能モジュール群を銀座地下街で実証したことは評価できる。

○グループとしての移動知能のレファレンスモデルは適切であり、概ね中間目標はクリアしている。

筑波大G、富士通G、富士重工の成果は従来積み上げた技術の厚みを反映し



高水準となっている。

特許出願と論文発表は良好である。

- 水川・油田両先生の主導のもと、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ものと思われる。

OS が違う、メカが違う 3 台の移動ロボットが同じソフトウェアで動かされていた。このデモが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ように感じられる。

まだ本当の実用化とは言えないが、筑波チャレンジ等の取り組み等、実用化の一手手前まできているような印象がある。

論文発表件数、特許取得件数も多く、評価できる。

- これまでに標準化に対して大きな寄与を果たしてきた SWG 主査の下、知能モジュールの共通化・標準化において明確な指針を持ちながら成果を挙げている。例えば既に確立されている国際標準に準拠することは合理的である。つくばチャレンジなどを利用し、“見える化”による成果の発信・普及が適切に行われている。
- 複数の移動作業モジュール間で、互換性が取られており、ほぼ予定通りの達成状況と見受けられる。位置情報をはじめとして他の国際標準規格との連携も考慮されている。次世代共通基盤プロジェクトのハードウェア基盤とも連携しながら、モジュール提供の準備を進めている(富士通)点も評価できる。
- 「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。
- 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、成果が得られていることは、意義があると評価できる。

#### <問題点・改善すべき点>

- 高速移動知能は、中間目標の達成度の記述が抽象的なところがあり、不明確な点が多い。また、本プロジェクトに対する貢献はほとんどない。将来、群ロボットが実用化される場合に役に立つかも知れないが、高速移動中の情報伝達が必須になるとは考えられない。この研究開発は別のプロジェクトで行うことが望ましい。このグループが入っていることにより、移動全体の評価が下がっている。
- 資料からは移動環境認識知能モジュール、人環境安全移動知能モジュールに関して G r 内での重複があるように見える。結果の比較評価に基づく絞込みが必要ではないか。

- 画像、LRF 等、様々なセンシング用のハードウェアが使用されており、各グループごとに使用しているハードウェアの統一がとれていないきらいがある。

本プロジェクトの趣旨がそのようなハードウェアの種類に依拠しないソフトウェアコンポーネントの開発を目指しているとはいえ、上位での互換性があるものの、ハードウェアについては各ロボットに依拠したモジュールソフトが必要であろうと推察される。推奨のハードウェアをある程度決めることも必要であると思われる。

高速移動知能の研究は、ロボットとは関連性が薄いと思われる。将来的には大きく関連するのだろうが、研究レベルではなくここ数年での実用化の話としての関連性という意味で疑問点がある。また中間評価時点で、具体的にロボットに適用できる成果が出ているようには思えない。

- 慶應大のグループは、個別の研究内容としての意義は認められるものの、プロジェクトの中での位置づけが必ずしも明確でなく、他グループとの関連が希薄であり、モジュールの相互利用も見られない。
- 公共空間分野については、移動体がロボットと言うより自動車を想定しているため、プロジェクトの全体像から乖離しているように感じられる。
- 「公共空間分野」が対象とするロボット像が、本プロジェクトにおける他の研究が対象とするロボット像と乖離している印象を持つ。このため、汎用性の高いモジュールとして、他から利用されるイメージを描けない。中間段階での目標設定から、適切かどうか疑問視される。
- 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、やや総花的な研究内容となっている嫌いがある。研究項目を絞り込むことも視野に入れる必要があるだろう。また、高速移動知能に関しては、他と内容が異質なだけでなく、連携にも乏しいように見受けられる。少なくとも基本モジュールを共通利用する等、他 WG との協調に関するアクティビティを含めた内容とすることが望ましい。

#### <その他の意見>

- ・ 筑波大と九州先端研は人通りの少ない屋外での移動という類似の課題を扱っている。したがって、共通化できる点はなるべく早くから共通化すべきである。  
富士通の研究で、今後ヒューマノイドロボットの移動を行う予定であるが、歩行による移動知能として共通化できる機能に限定して開発すべきである。
- ・ 高速移動知能は自動車や群ロボットを対象とするものであり、他との接点が

ほとんど無いように見える。プロジェクト内で座りが悪い。

- 富士通の画像認識モジュールは、言葉が紛らわしい（本プロジェクトでモジュールがソフトウェアを指すのが一般であるのに対し、これはハードウェアである）ので留意して頂きたい。

良くも悪くもグループごとの研究内容の違いが大きい。

- 移動はソフトウェアだけでは完結しない。段差の上や不整地での走行を行う場合、ハードウェアに緩みが出た場合など、補正をどのようにスムーズにおこなっていくかについても、モジュールから提案してほしい。

## 2) 実用化の見通しについての評価及び今後に対する提言

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。

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。

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。

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。

### <肯定的意見>

- 富士通の商業施設内の移動ロボットに関しては、すでに荷物を載せて人についてくる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。また、そこで使われる機能は汎用性があるので、他の応用も可能である。  
富士重工の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。
- 移動ロボットは実用に近い技術であるということから、開発された移動知能は実用化の見通しは比較的明るい。特に、富士通グループの動的視覚認識と富士重工のオフィスビル移動ロボットは機能的にも優れ実用化の可能性が高い。
- 移動ロボット用の RT モジュールが多数開発されており、ユーザーがこれらを利用して移動ロボット用ソフトを作成しやすい環境作りが整備されつつある。この意味で実用化も見通しがあると思われる。
- 大半のグループで成果の実用化イメージが明確で、さらにいくつかのグループでは即効性のある産業化も期待できる。
- 移動を伴うサービスは、サービスロボットにとって、最も商用化が早い分野

の一つ（清掃、物流、巡回、乗用、等）と予想され、経済的な波及効果も期待できる。技術を枯らすこと（筑波大）、普及ロボットからモジュールの切り出しを行うこと（富士重工業）は、実用化に向けて有効なステップと評価される。

- 「サービス産業分野」「社会・生活分野」においては、出口イメージが明確であり、高く評価できる。
- 整えられた環境下とは言え、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。

#### <問題点・改善すべき点>

- 芝浦工大は、Ucode によって位置情報を得ることを想定しているが、これは新たに設置する必要がある。GPSの利用で代替することも考慮したほうがいい。  
セグウェイの人が載るロボットは、ロボットというより、エンターテインメント用がふさわしい。警備などでは、荷物があつたり、通信しながらの巡回などで手が使えなかったり、階段の走行が必要となり、作業用としては困難な場合が多い。
- 前記したように、ハードウェアの多様性の違いを吸収するか、使用できるハードウェアを限定するかしないと実効性がでないような印象がある。  
国際化についてだが、海外ではスペイン、米国をはじめとして、Visual SLAM等、人工知能的な要素も含んで移動ロボットの知能化の研究が進んでおり、評価者の印象では、学問的には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もう少し実用的なところを狙っていると思われるので、是非とも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。
- 強い指摘ではないが、いくつかのグループでは、成果の実用化イメージが本プロジェクトの目的とやや乖離して見える。
- 移動モジュールの機能・性能だけで、走行作業は完結しない。ハードウェアは長時間使い込む中で、必ず機械的な誤差を生じるので、それをどうソフトウェア側で吸収・補正していくかについても、工夫が望まれる。
- 「公共空間分野」の成果は、本プロジェクトが対象とする標準的なロボットにおける利用技術としての出口イメージが不明である。
- 複数の異種ロボット、異種操作系間の互換性が示されたことから、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。

<その他の意見>

- ・ 富士通はトヨタとの協力を考えているが、その必要性を明確にする必要がある。

## 2. 5 コミュニケーション知能の開発

### 1) 研究開発成果についての評価

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。

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。

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。

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。

#### <肯定的意見>

- 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。  
ATRとオムロンが密接に提携してコミュニケーション機能を実現していることも評価できる。
- 中間目標を十分にクリアしている。  
視覚と聴覚を統合し認識率を高める手法は優れている。
- 今後ロボットが家庭内や病院・福祉施設内にも導入されるといったサービスロボットへの市場拡大を考えた場合、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という印象である。  
顔動作による発話区間推定等と組み合わせて、音声認識を行い、認識率を高めたことは評価できる。  
論文等も精力的に発表されていると思量する。
- コミュニケーション知能に関して実績のあるグループ構成となっており、成果も順調に上がっている。  
論文数などは多くはないものの、難易度の大変高い CVPR での採択は評価できる。

研究成果の一般への普及を積極的に行っているようである。

- 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。
- 高い精度で要素技術を実現している。
- 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。

#### <問題点・改善すべき点>

- 一般に、目標の記述があいまいである。すなわち、認識精度が定量化されているが、不特定多数に対するのか、認識対象の単語数などの認識作業自体が記述されていない。  
日本電気は、共通基盤技術開発プロジェクトで音声認識を担当したので、すでにRTモジュール化したソフトウェアをもっているため、いくつかのモジュールを提供できるはずであるが、十分貢献していない。
- 認識率の定義があいまいである。88%の認識率といっても、どのような実験（試験）をやって88%なのかを提示しないと説得力がない。話者を特定しているのか特定していないのか、背後のノイズ等。  
他の資金との関係が不明確。ユニバーサルタウンでの実証は他のプロジェクトからも資金が出ているはずであり、本プロジェクト単体での成果が何であるのかを明確に切り分ける必要がある。
- 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、見極めが付きにくい。
- 画像認識・音声認識ともに、目標・成果の記載が性能XX%とあるだけで、評価タスク（実験条件）が明記されていない。評価タスクの概要を示す必要がある。  
複数のグループで類似テーマを重複して実施しているが、この場合グループごとの役割分担を明確化することが望ましい。  
「対話制御知能モジュール」の内容が不明。どの程度対話インタフェースを記述する手間があるかなど、モジュールの使い勝手の評価があるとよい。
- 音声以外への取組みも見られるとは言え、ノンバーバル、かつマルチモーダルなコミュニケーションの比重は未だ低い。この分野を強化し出来るだけ定量的な評価を行って欲しい。音声についても高齢者特性等の、より定量的な評価が期待される。



<その他の意見>

- 口の動きにより発話区間を推定しているが、より進めて、唇の動きからあいまいな発音を推定できるとなるとよい。

日本電気は、すでに開発したパペロ用に、音源推定やノイズ抑制の技術を開発している。これを提供することを検討してほしい。

- SWGの主査がご欠席だったのは残念であった。
- 社会分野での音声認識において、唇動作で発話区間を推定することで高精度な認識ができたとしているが、発話区間を推定できたとしても、単体のマイクロホンでは限界がある。可能ならば、マイクロホンアレイの専門家の協力を得て、前処理をより高度化し、より実用的な規模のタスクで動作するハンズフリー音声認識モジュールにすることが望まれる。

## 2) 実用化の見通しについての評価及び今後に対する提言

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。

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。

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。

### <肯定的意見>

- ATR、三菱重工、オムロン、イーガーがともにお互いの技術を利用した実用化計画をもっていることは評価できる。
- 十分な実用化イメージを持っており着実に実用化に向かって進むものと思われる。知能モジュール化することにより更なるマーケット展開が期待される。
- 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、アピールをされている。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。
- 実用化イメージは大変明確である。
- 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。対話型ロボットが普及するとすれば、その構成要素としては必要となる要素モジュールと考えられる。
- 音声コミュニケーションに関しては、既存技術（フリーソフト）を利用した開発が行われるなど、実用化に向けた効率的な開発を指向していることが評価できる。

### <問題点・改善すべき点>

- 三菱重工は、次世代 wakamaru によってコミュニケーション知能を実用化しようとしているが、コミュニケーションだけだと、分散マイクロフォンで十分であるので、wakamaru の意義を明確にする必要がある。  
日本電気のグループも実用化を考慮すべきである。

- レーザレンジファインダのポストや、屋上への多数カメラの設置等、インフラ整備にお金がかかるのが問題である。またこのような投資に対して、商店街が納得するような費用対効果があるのか疑問がある。初期の客寄せとしては良いが、飽きられてしまうおそれもある。そこで、本当に実質的な案内ができるようなコミュニケーション能力がロボットに要求される。デモをみた限りでは、まだそこまでには達していない印象を持った。またインフラが通行人の邪魔にならないかどうかも心配である。

オムロンの顔認証ソフトウェアを RT コンポーネントにして、有料で、または無償で公開することが可能なのか疑問がある。また RT コンポーネントに簡単に変換できるのかどうか技術的、商用的な両面で心配である。

- 音声認識や顔認識が、ロボット本体の需要を喚起する上でのキラーアプリになりうるかどうか、確信を持ちにくい。

外部環境側の情報化に別途投資が発生するため、ロボット単体での活用といより、デジタルサイネージや情報機器との連携を含む全体像を示す工夫も欲しい。

- 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。

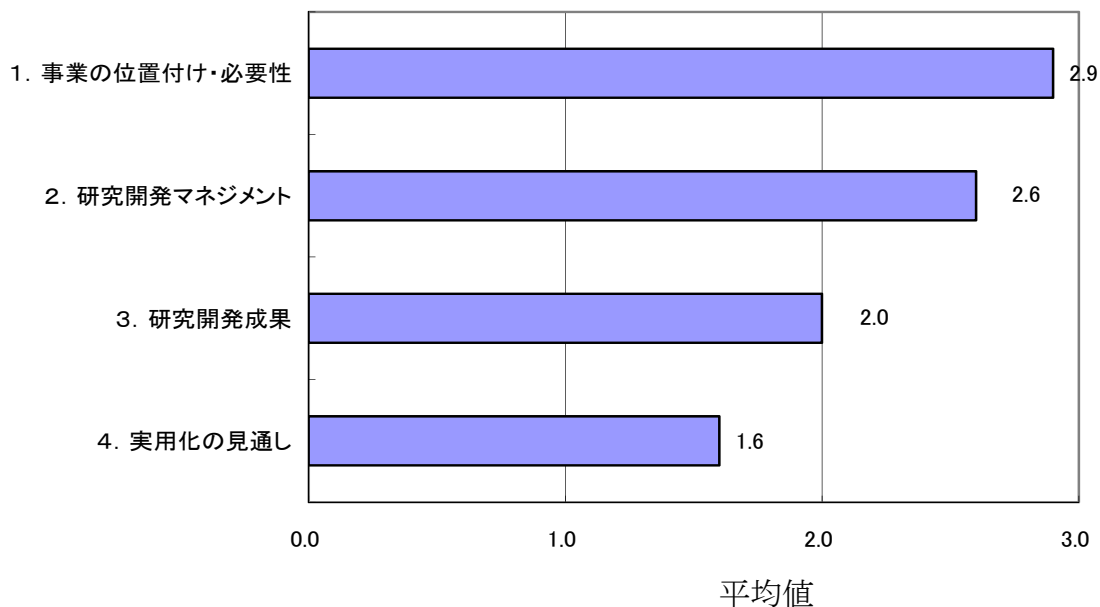
#### <その他の意見>

- ・ 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。
- ・ 開発者として知能モジュール化することのインセンティブがあるのかどうか分からない。

最終製品としての案内・受付・見守りロボットに、需要が本当に存在するのか確信を持ってない。コミュニケーション用の RT コンポーネントは、案内・受付ロボット以外の用途開拓も視野に入れながら進めることが望ましい。

### 3. 評点結果

#### 3. 1 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

## 第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

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

## —目次—

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



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

添付資料1 (学会発表、論文、展示会、プレス発表等)

添付資料2 (知能モジュールリスト)

添付資料3 (代表的知能モジュールのカタログ)

添付資料4 事前評価 (NEDOPOST3)

# 概要

作成日

平成 21 年 8 月 5 日

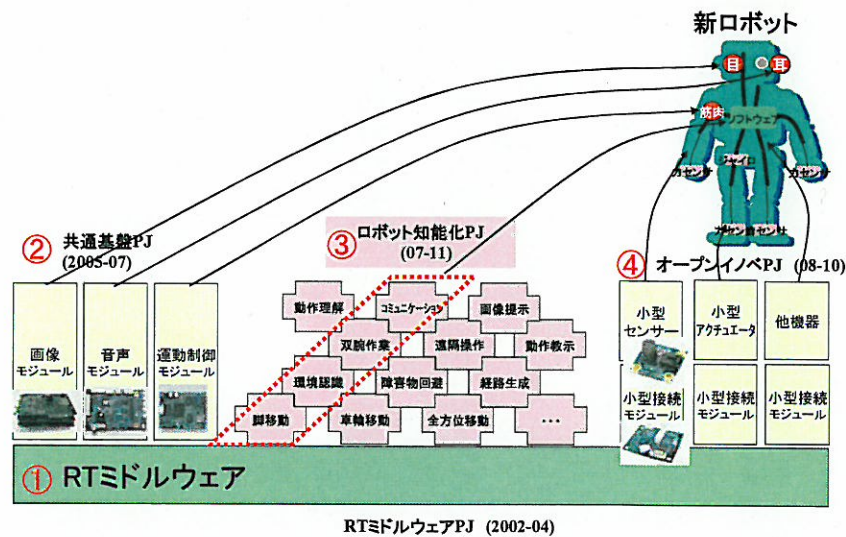
制度・施策（プログラム）名	ロボット・新機械イノベーションプログラム					
事業（プロジェクト）名	次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト	プロジェクト番号	P08013			
担当推進部/担当者	機械システム技術開発部 安川裕介					
0. 事業の概要	<p>我が国では、1980 年代以降、自動車や電機・電子産業等のユーザ産業の成長や人手不足を背景に、産業用ロボットの本格的な導入が進んだが、1990 年代以降、産業用ロボットの市場規模は緩やかな成長にとどまり、用途も特定の産業分野に限られていた。</p> <p>他方、我が国は、少子高齢化・人口減少、アジア諸国の台頭等を背景とした国際競争の激化や、地震や水害等大規模災害に対する不安といった社会的課題に直面している。我が国に蓄積された基盤的なロボット技術（RT）を活用・高度化することにより、これらの諸課題を解決することが期待されている。</p> <p>上記解決に求められる最重要な技術課題の一つは、「知能化技術」である。特に、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が必要である。</p> <p>当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることが必要である。これにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野（自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等）にも広く波及することが期待される。</p>					
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、生活空間等の状況が変わりやすい環境下においても、ロボットがロバスト性をもって稼働するためには、ロボットの環境・状況認識能力や自律的な判断能力及び作業の遂行能力の向上が必要である。</p> <p>また、次世代ロボットの効率的開発のためには、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることが必要である。</p> <p>ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているロボットの適応分野を、技術開発や制度整備等を通じて、自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等などの様々な分野に拡大することで、ロボット産業を我が国における基幹産業の 1 つに成長させることを目的とする。</p>					
II. 研究開発マネジメントについて						
事業の目標	<p>本事業は、これまでの次世代ロボット共通基盤技術開発の成果及びその課題を踏まえ、共通化・標準化の観点から、当該技術の継続的な発展に向けて、ロボットの知能要素をモジュール化し、その蓄積・管理及び組み合わせ等を可能とすることを目標とする。これを実現とすることにより、ロボットのみならず、それ以外の製品分野（自動車、家電、住宅・オフィスビル、航空機、船舶、各種産業機械等）にも広く波及することが期待される。さらに、開発したモジュールをロボットシステムに組み込むことにより有効性の検証を行うことにあり、上述のプログラムの目標達成のために寄与するものである。</p> <p>そのため、本プロジェクトは、「我が国に蓄積されたロボット技術を活用して、ロボットの基盤的要素技術及びシステム開発をさらに推進することにより、製造分野をはじめとする一部の分野に限られているロボット適応分野を拡大し、ロボット産業を我が国における基幹産業の一つに成長させること」を目的とする。</p>					
事業の計画内容	主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy
	ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発	←				→
	ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発			←		→
	作業知能（生産分野）の開発	←				→
	作業知能（社会・生活分野）の開発	←				→
	移動知能（サービス産業分野）の開発	←				→

	高速移動知能（公共空間分野）の開発	←					→	
	移動知能（社会・生活分野）の開発	←					→	
	コミュニケーション知能（社会・生活分野）の開発	←					→	
開発予算 （会計・勘定別に事業費の実績額を記載） （単位：百万円）	会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	総額	
	一般会計	1,900	1,500	1,350	(1,350)	(1,350)	(7,450)	
	特別会計 （電多・高度化・石油の別）	0	0	0			0	
	総予算額	1,900	1,500	1,350	(1,350)	(1,350)	(7,450)	
開発体制	経産省担当原課	製造産業局産業機械課						
	プロジェクトリーダー	東京大学 佐藤 知正 教授						
	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載）	(独)産業技術総合研究所、日本電気㈱、㈱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、(有)ライテックス、㈱Robotic Space Design 研究所、㈱パイケック、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、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						
情勢変化への対応	<p>(1) 採択結果を受けての再公募の実施 採択結果を検討した結果、研究開発内容が変更し効果的な研究開発が見込めなかったため、公募内容を修正して追加公募を実施した。</p> <p>(2) 柔軟な実施体制の変更 開発技術を相互利用して再利用性・交換性の実証を促進するため、再利用体制と運営技術を研究開発する研究開発項目を新設し、公募により検証と蓄積を実施する企業を参画させた。</p> <p>(3) 柔軟な研究開発手法の変更 規範システムを設定して再利用性の高いモジュールを開発するため、システムの構成モデルと用途モデルを設定し、実施者の共通目標として追加した。</p>							

Ⅲ. 研究開発成果および実用化の見通しについて

(1) 研究開発の概要

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



(2) 研究開発目標

上記目的を実現するため、本プロジェクトの研究開発目標は以下の3種となる。

- ① ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発  
 知能モジュール群の開発を支援する基盤環境である。開発環境やデバッガ、シミュレータ、検証用ロボットなどにより確実にロボットシステムを実現できる環境を整える。
- ② モジュール型知能化技術の開発  
 周辺環境が変化しても所期の仕事を行うことができるロバスト性に優れ、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の事業者間で相互に提供・利用を行い、開発者以外が使うことで評価とフィードバックを行い機能・性能を向上させることとしている。利用希望を集計したところ、領域間に限っただけで合計でのべ72事業者に対して利用希望が寄せられている。一部はすでに領域間利用が開始している。領域内ではロボットの応用領域が近いとため、より多い利用がされる予定である。

以下の表に中間評価までの成果を示した。

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

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

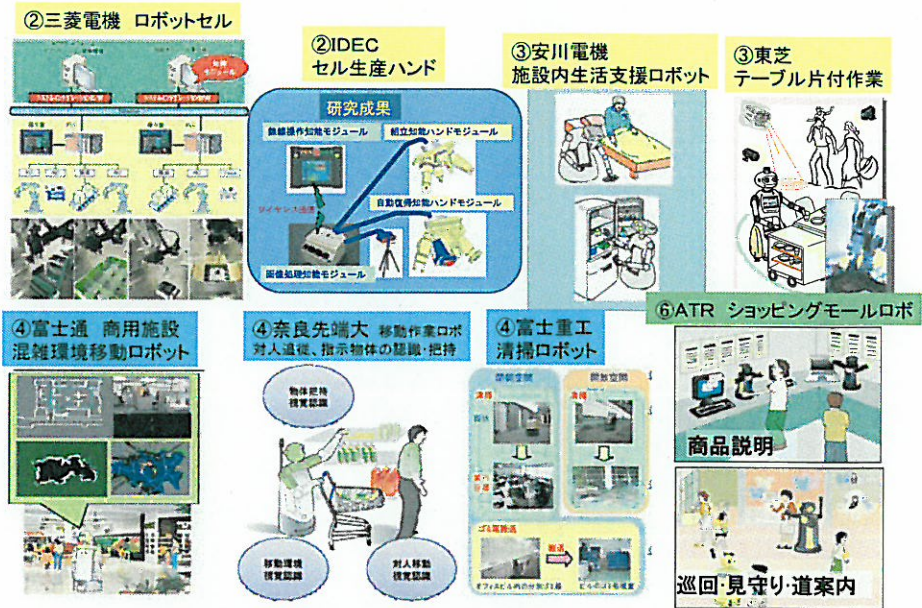


図 各事業者による「設定ゴール」の一部

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。

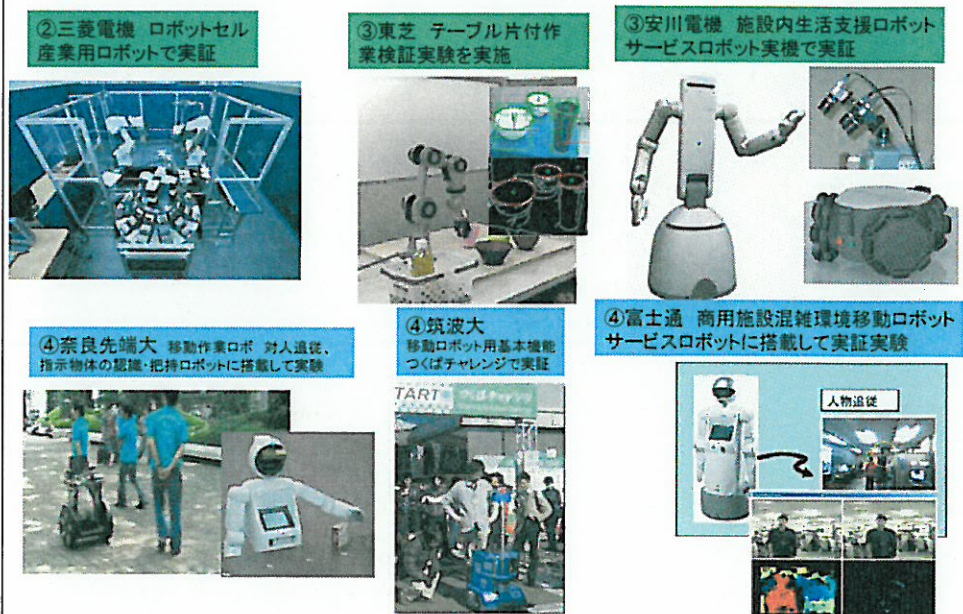


図 研究開発成果の可視化例

#### (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)。

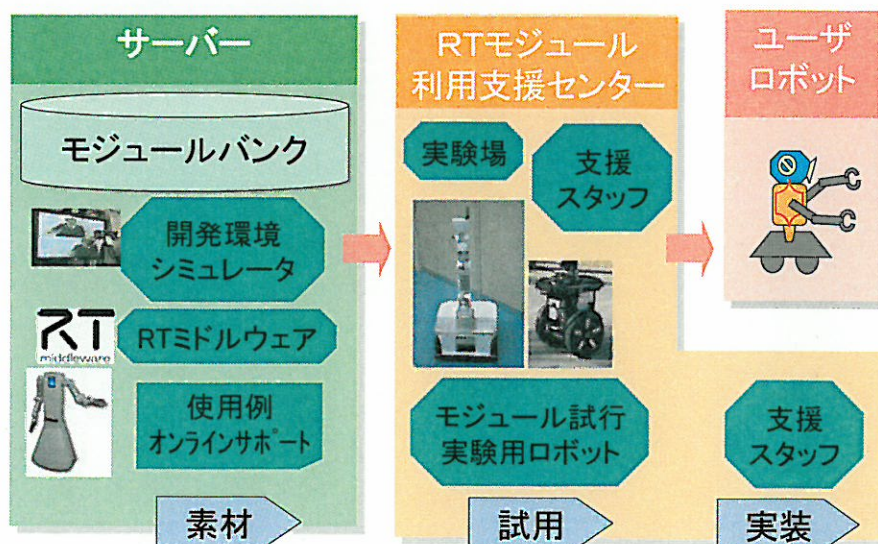


図 普及のための体制の構想

	【成果発表数】				
	分類	学会発表 (内 査読論文数)		特許等	報道等
	件数	国内	海外		
			285 (9)	55 (26)	51
IV. 評価に 関する事項	事前評価	なし			
	評価予定	平成 21 年度 中間評価実施予定 平成 24 年度 事後評価実施予定			
V. 基本計 画に関する 事項	策定時期	平成 19 年 3 月 策定			
	改訂履歴	平成 20 年 3 月 再利用推進体制の追加のため、およびプログラム変更に対応するため改訂			



(ロボット・新機械イノベーションプログラム)

## 「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」基本計画

機械システム技術開発部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

## (1) 研究開発の目的

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

しかし、ロボットを巡る状況は、着実に変わりつつある。製造業においては、ロボット・セルのように、さらに高度化した産業用ロボットが生産現場に投入されつつある。また、サービス業の分野においても、2005年の愛知万博では、サービスロボットの实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）東京大学情報理工学系研究科教授 佐藤知正氏の下に各研究体の責任者を置き、それぞれの研究テーマの達成目標を実現すべく効率的な研究開発を実施する。

### (2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

### 3. 研究開発の実施期間

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

### 4. 評価に関する事項

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

### 5. その他の重要事項

#### (1) 成果の取扱い

##### ①成果の普及

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

##### ②成果の産業化

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

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

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

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

##### ③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第27条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

## (2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

## (3) 根拠法

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

## 6. 基本計画の改訂履歴

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

## (別紙) 研究開発計画

### <基盤技術の開発>

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

##### 1. 研究開発の必要性

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

##### 2. 研究開発の具体的内容

###### (1) ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発

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

###### ①RTコンポーネント開発支援機能

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

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

###### ②応用ソフトウェア開発支援機能

タイムライン・イベントに対して、RTコンポーネント間の起動・停止・接続等、

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

### ③ロボットシステム設計支援機能

RTコンポーネントを組み合わせて、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、RTコンポーネントをコンテンツとする分散型データベースを管理する機能を開発する。

## (2) ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの有効性検証

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

### ①検証用知能モジュール群の開発

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

### ②リファレンスハードウェアの開発

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

### ③ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証

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

## 3. 達成目標

### (1) 最終目標 (平成23年度)

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

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

## (2) 中間目標 (平成21年度)

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

### ①RTコンポーネント開発支援機能

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

### ②応用ソフトウェア開発支援機能

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

### ③ロボットシステム設計支援機能

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

### ④リファレンスハードウェアの開発

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

### ⑤ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの検証

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



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

(b)本目標については、平成21年度に達成されること。

#### 4. 特記事項

(1) RTコンポーネントは、下記の仕様書に準拠するものとする。

The Robotic Technology Component Specification、 Adopted Specification、 OMG。

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

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

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

## 研究開発項目①-2 : 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

RTコンポーネントは、下記の仕様書に準拠するものとする。

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