

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

1. 研究開発の必要性

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

2. 研究開発の具体的内容

（1）ロボット知能モジュールの開発体制の整備

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

（2）ロボット知能モジュールの再利用環境の構築

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

3. 達成目標

（1）最終目標（平成23年度）

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

（2）中間目標（平成21年度）

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

2.3.3 研究開発項目② : 作業知能(生産分野)の開発

1. 研究開発の必要性

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

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

2. 研究開発の具体的内容

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

（1）作業知能モジュール群の開発

①教示支援に関する知能モジュール群

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

②チョコ停対応に関する知能モジュール群

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

③認識に関する知能モジュール群

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

（2）知能モジュール群の有効性検証

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

するものではない。

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

3. 達成目標

(1) 最終目標 (平成23年度)

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

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

(2) 中間目標 (平成21年度)

① 教示支援に関する知能モジュール群

教示作業時間が従来に比べ 2/3 以下に低減されること。

② チョコ停対応に関する知能モジュール群

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

③ 認識に関する知能モジュール群

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

2.3.4 研究開発項目③ : 作業知能(社会・生活分野)の開発

1. 研究開発の必要性

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

2. 研究開発の具体的内容

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

(1) 作業計画知能モジュール群の開発

①作業計画に関する知能モジュール群

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

②作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群

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

(2) 作業遂行知能モジュール群の開発

①作業対象物認識に関する知能モジュール群

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

②対人作業に関する知能モジュール群

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

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

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

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

(3) 知能モジュール群の有効性検証

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

3. 達成目標

(1) 最終目標 (平成23年度)

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

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

(2) 中間目標 (平成21年度)

①作業計画知能モジュール群の開発

(a)作業計画に関する知能モジュール群

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

(b)作業対象物追跡・位置管理に関する知能モジュール群

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

②作業遂行知能モジュール群の開発

(a)作業対象物認識に関する知能モジュール群

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

る作業対象物の情報を提示できること。

(b)対人作業に関する知能モジュール群

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

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

(イ-2) 開放的な場所（テーブル上など）に作業対象物を置く。

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

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

(ハ-1) 閉鎖的な場所（扉が付いた収納庫など）から作業対象物を取り出す。

(ハ-2) 閉鎖的な場所（扉が付いた収納庫など）へ作業対象物を収納する。

(ニ-1) 籠などの中にバラ積みされた作業対象物を取り出す。

(ニ-2) 籠などの中へ作業対象物を入れる。

2.3.5 研究開発項目④：移動知能(サービス産業分野)の研究開発

1. 研究開発の必要性

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

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

2. 研究開発の具体的内容

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

(1) 移動環境認識知能モジュール群の開発

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

当該知能は少なくとも以下の2つのモジュール群から構成される。

①自己位置認識に関する知能モジュール群

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

②地図情報生成に関する知能モジュール群

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

(2) 人環境安全移動知能モジュール群の開発

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

①人・障害物認識に関する知能モジュール群

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

②動的経路計画に関する知能モジュール群

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

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

③安全移動制御に関する知能モジュール群

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

(3) 知能モジュール群の有効性検証

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

①画像処理ハードウェア技術

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

②環境構造化技術

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

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

3. 達成目標

(1) 最終目標（平成23年度）

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

(2) 中間目標（平成21年度）

①移動環境認識知能モジュール群の開発

(a) 自己位置認識に関する知能モジュール群

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

(b) 地図情報生成に関する知能モジュール群

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

②人環境安全移動知能モジュール群の開発

(a) 人・障害物認識に関する知能モジュール群

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

(b) 経路計画に関する知能モジュール群

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

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

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

(c) 安全移動制御に関する知能モジュール群

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

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

1. 研究開発の必要性

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

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

2. 研究開発の具体的内容

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

（1）高速移動知能モジュール群の開発

①交通状況認知に関する知能モジュール群

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

②知識共有に関する知能モジュール群

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

③交通支援に関する知能モジュール群

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

(a) 交通情報の生成、統合処理が可能なこと。

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

（2）知能モジュール群の有効性検証

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

①安全性能：人間が危険と判断した場合に、移動体の行動を制限できること。

②移動効率向上：通信インフラが敷設されていない地域も含め、渋滞を回避する等効率的に移動が可能なこと。

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

3. 達成目標

(1) 最終目標（平成23年度）

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

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

(2) 中間目標（平成21年度）

①交通状況認知に関する知能モジュール群

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

②知識共有に関する知能モジュール群

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

③交通支援に関する知能モジュール群

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

2.3.7 研究開発項目⑥：移動知能(社会・生活分野)の開発

1. 研究開発の必要性

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

2. 研究開発の具体的内容

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

(1) 操縦移動知能モジュール群の開発

①安定走行に関する知能モジュール群

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

②障害物回避に関する知能モジュール群

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

③操縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群

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

(2) 自律移動知能モジュール群の開発

①自律走行に関する知能モジュール群

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

②自律帰還に関する知能モジュール群

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

③協調走行に関する知能モジュール群

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

(3) 知能モジュール群の有効性検証

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

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

3. 達成目標

(1) 最終目標（平成23年度）

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

(2) 中間目標（平成21年度）

①操縦移動知能モジュール群の開発

(a)安定走行に関する知能モジュール群

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

(b)障害物回避に関する知能モジュール群

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

(c)操縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群

年少者から高齢者まで簡便に利用できる操作インタフェースを実現すること。

②自律移動知能モジュール群の開発

(a)自律走行に関する知能モジュール群

操縦者に違和感を与えることない自律走行を可能とすること。

(b)自律帰還に関する知能モジュール群

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

物が存在する場所への自律走行での帰還を可能とすること。

(c)協調走行に関する知能モジュール群

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

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

1. 研究開発の必要性

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

2. 研究開発の具体的内容

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

(1) 環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発

①環境・状況認識に関する知能モジュール群

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

(2) 対話支援知能モジュール群の開発

①音声認識に関する知能モジュール群

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

②音声合成に関する知能モジュール群

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

③行動理解に関する知能モジュール群

以下の機能を実現するモジュール群。

(a)人の身振りや仕草の認識により、人の指示や意図を理解する機能。

(b)人の表情や非言語の発声の認識により、人の理解度や感情を認識する機能。

(c)ロボットの形状や仕草により、人に適切に情報やロボットの状況を伝える機能。

(3) 対話制御知能モジュール群の開発

①対話コンテンツ管理に関する知能モジュール群

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

②対話制御に関する知能モジュール群

以下の機能を実現するモジュール群。

(a)対話者の反応や状況に応じて対話の流れを切り替えながら、対話フローを制御し、対話タスク(ある目的を達成するための対話コンテンツの実行)を実現することが可能な機能。

(b)複数の人物が話しかけてきたときに複数の人物からの話しかけであることを検出し、少なくとも1人の人物との対話を継続できる機能。

(4) 対話管理等知能モジュール群の開発

①対話対象同定に関する知能モジュール群

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

②対話履歴管理に関する知能モジュール群

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

(5) 知能モジュール群の有効性検証

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

①環境・状況・対象認識知能技術

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

②対話支援知能技術

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

③対話制御知能技術

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

3. 達成目標

(1) 最終目標（平成23年度）

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

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

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

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

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

(2) 中間目標 (平成21年度)

① 環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発

(a)環境・状況認識に関する知能モジュール群

ロボットの前方5m以内の人物の配置が70%以上の精度で検出できること。

② 対話支援知能モジュール群の開発

(a)音声認識に関する知能モジュール群

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

(b)音声合成に関する知能モジュール群

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

(c)行動理解に関する知能モジュール群

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

③ 対話制御知能モジュール群の開発

(a)対話コンテンツ管理に関する知能モジュール群

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

(b)対話制御に関する知能モジュール群

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

タスクを達成できること。

④ 対話管理等知能モジュール群の開発

(a)対話対象同定に関する知能モジュール群

100人を対象に80%以上の精度で人物を同定できること。

(b)対話履歴管理に関する知能モジュール群

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

2.4 研究開発計画

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

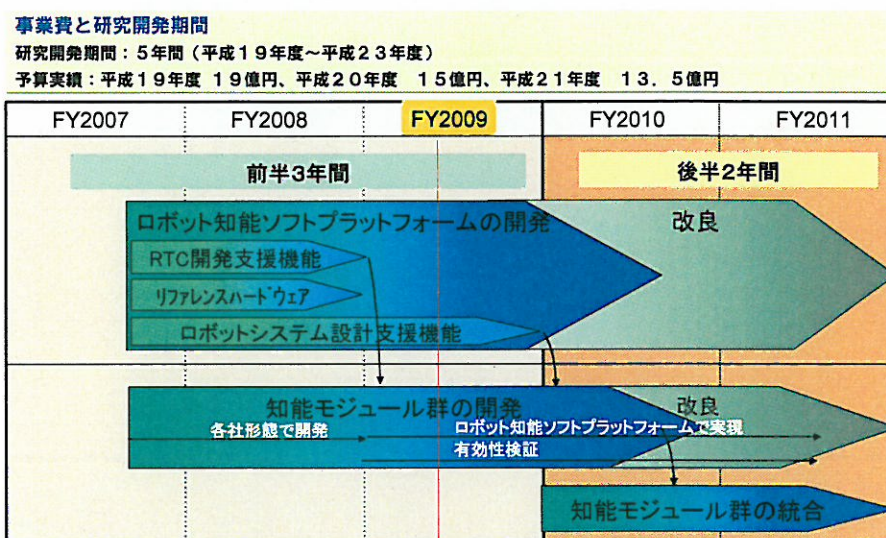


図2.4.1 研究開発スケジュール

これらの開発スケジュールと開発予算の推移を表2.4.1に示す。

	'07	'08	'09	'10	'11	合計	
①-1 ロボット智能ソフトウェアプラットフォームの開発（1事業体）		→	→	→	→		
①-2 ロボット智能ソフトウェア再利用性向上技術の開発（1事業体）			→	→	→		
② 作業智能(生産分野)の開発（2事業）		→	→	→	→		
③ 作業智能(社会・生活分野)の開発(2)		→	→	→	→		
④ 移動智能(サービス産業分野)の開発（5事業体）		→	→	→	→		
⑤ 高速移動智能(公共空間分野)の開発（1事業体）		→	→	→	→		
⑥ 移動智能(社会・生活分野)の開発(2)		→	→	→	→		
⑦ コミュニケーション智能(社会・生活分野)の開発（2事業体）		→	→	→	→		
開発予算	一般会計	1900	1500	1350	(1350)	(1350)	(7450)
	特別会計	0	0	0			0
	合計	1,900	1,500	1,350	(1,350)	(1,350)	(7,450)

表2.4.1 研究開発計画と開発予算

2.5 研究開発の実施体制

本事業は、NEDO技術開発機構が、企業、大学・研究機関等によって構成される研究開発グループ（事業体）を公募によって、原則として研究開発項目毎に複数選定の上、実施した（図 2.5.1）。

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

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

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

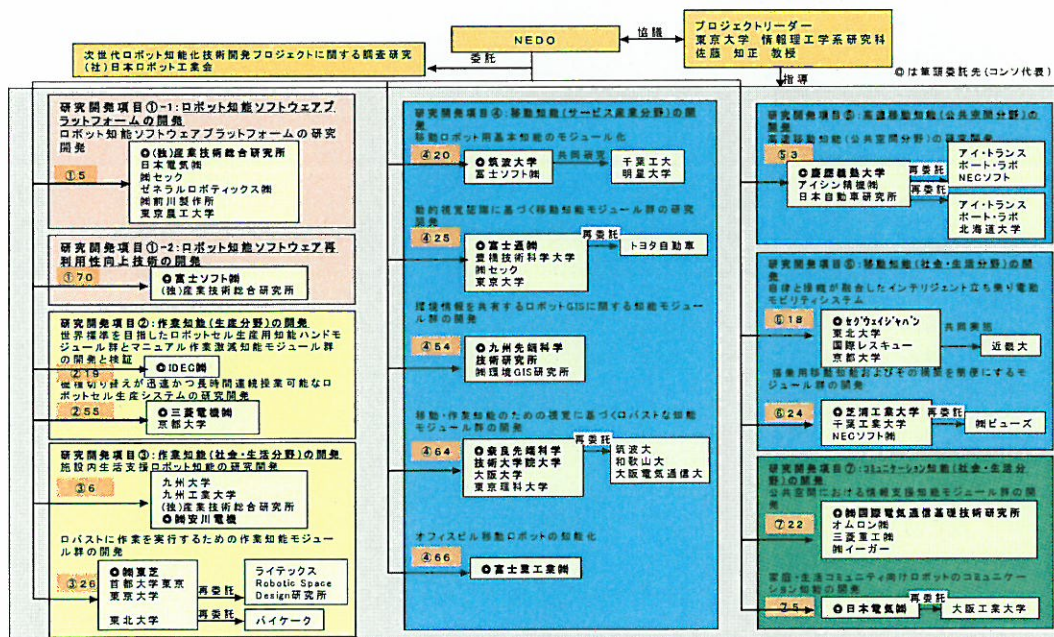


図 2.5.1 研究開発実施体制の全体図

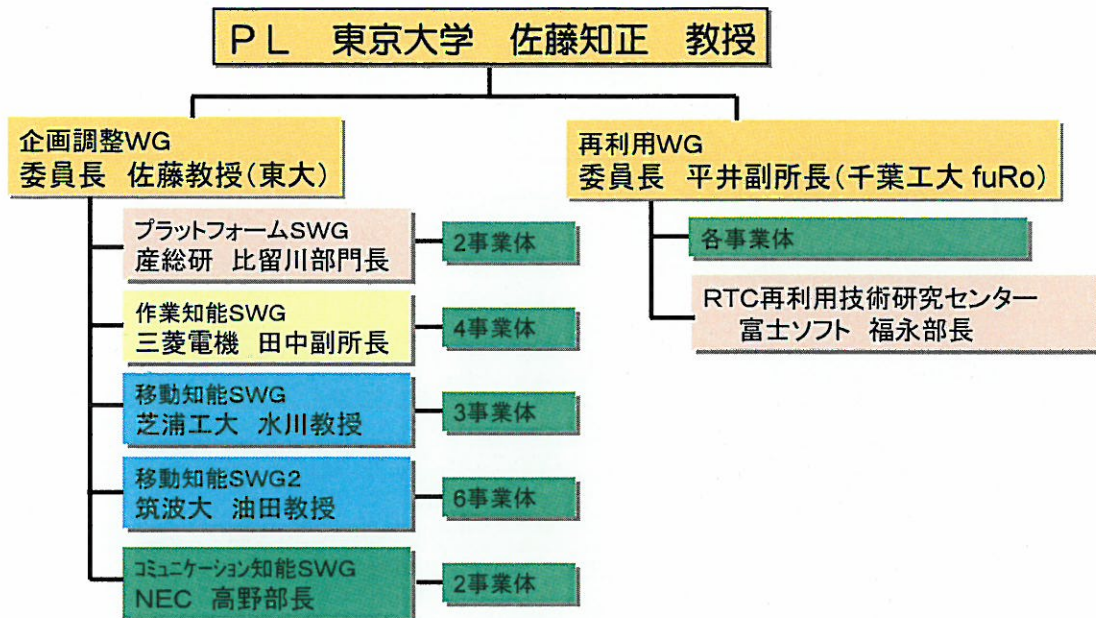


図 2.5.2 研究開発実施体制の骨格

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

図 2.5.3 プロジェクトの実施体制

2.6 研究の運営管理

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

2.6.1 応用を見据えたモジュールの開発

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

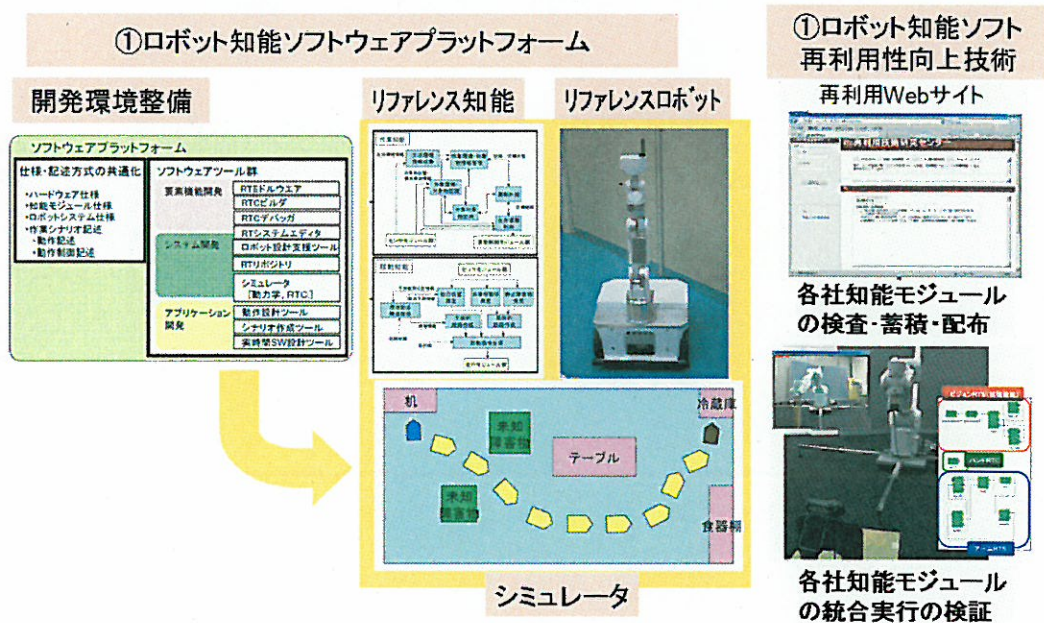


図 2.6.1.1 <基盤技術の開発>領域の開発内容

②三菱電機 ロボットセル

②IDEC セル生産ハンド

研究成果

- 無検出作知能モジュール
- 自立知能ハンドモジュール
- 自動復元知能ハンドモジュール
- 高俊処理知能モジュール

③安川電機 施設内生活支援ロボット

③東芝 テーブル片付作業

④筑波大 移動ロボット用基本機能

④富士通 商用施設 混雑環境移動ロボット

④奈良先端大 移動作業ロボ 対人追従、指示物体の認識・把持

④富士重工 清掃ロボット

⑤慶応大 道路・交通状況の群共有

ポイント

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

⑥セグウェイ 立乗りモビリティ

探検移動知能モジュール	自律移動知能モジュール
<p>障害物の検知</p>	<p>障害物の検知と回避</p>
<p>探検と自律の融合</p>	<p>自律走行</p>

⑥芝浦工大Gr 搭乗用移動知能

uCode

ポテンシャルマップ
小経路計画

CAOpen準拠
モータコアユニット

⑥ATR ショッピングモールロボ

商品説明

巡回・見守り・道案内

⑥NEC 家庭・生活コミュニティ向けロボ

多様なシーン、ユーザーに対応可能なコミュニケーション知能を実現

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

図 2.6.1.2 事業体ごとに設定した「設定ゴール」の内容