

(ロボット・新機械イノベーションプログラム)  
「戦略的先端ロボット要素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、目標及び内容

### (1) 研究開発の目的

我が国では、自動車や電機・電子産業を中心とする各産業分野の成長、人手不足等を背景に、特に1980年代以降、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し、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など、我が国は自他ともに認める「ロボット大国」といえる。加えて、2005年の愛知万博等を契機とするロボットブームによりロボットに対する関心が高まっているとともに、ビジョンセンサーや力センサー等の認識技術やバッテリーの性能向上といった要素技術が著しく発展しつつある。

他方、我が国は、少子高齢化・労働力の減少、アジア諸国の台頭を背景とした国際競争の激化、地震など大規模災害に対する不安といった社会的課題を抱えている。このような中、製造現場を含めた様々な分野における諸課題を、ロボット技術を活用することにより解決することが期待されている。

「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」(以下「本プロジェクト」という。)は、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれ、かつ、「市場の失敗」に対応すべく国として関与すべき「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することで達成し(=アウトプット)、もって当該ニーズを満たす一助となること(=アウトカム)を目的とする。

また、我が国経済の成長の源泉であるイノベーションの推進を通じて、先端的なロボットシステム及び要素技術を開発することにより、我が国ロボット産業の国際競争力を強化・維持するとともに、当該技術群が、ロボット以外の製品分野(自動車・情報家電等)にも広く波及することが期待される。

なお、ミッションは、「技術戦略マップ」を踏まえて設定するものとする。具体的なミッションの内容は、別紙の研究開発計画に規定する。

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「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

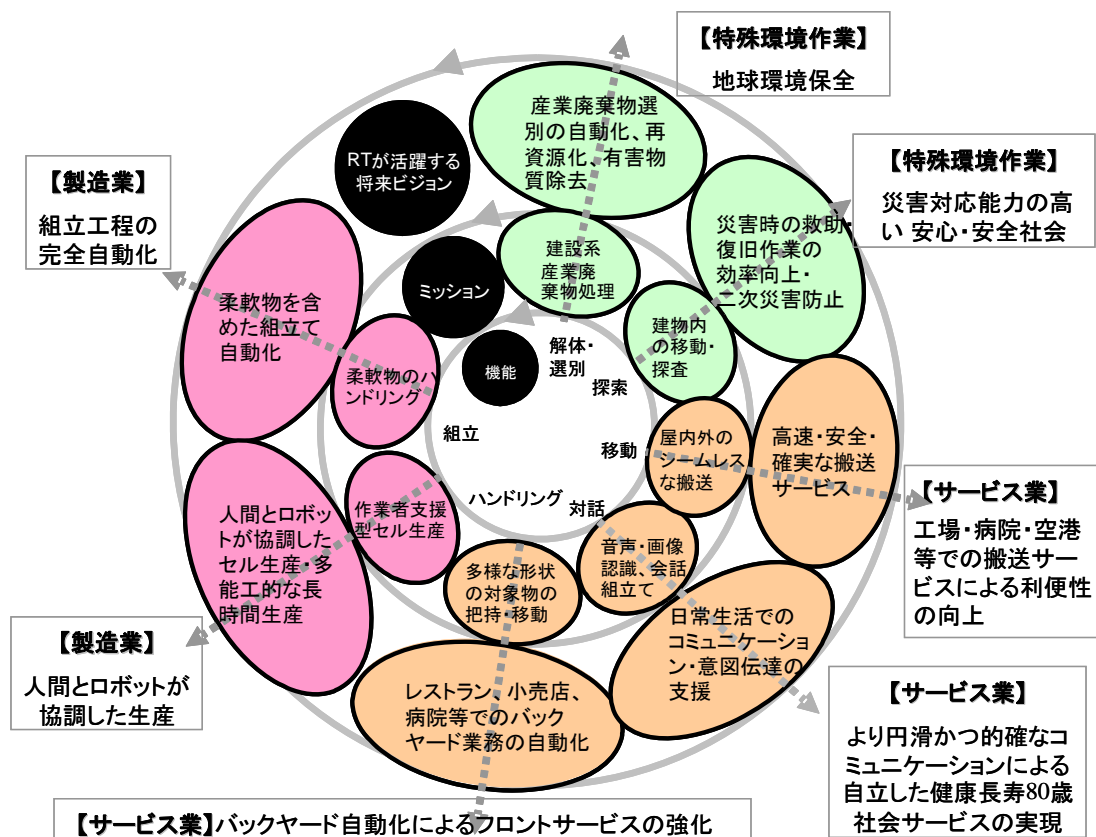
本プロジェクトの直接的な目標(アウトプット)は、「将来の市場ニーズ及び社会的ニーズから導かれる「ミッション」を、必要とされるロボットシステム及び要素技術を開発し活用することにより、達成すること」である。

「ミッション」を設定する分野は、「ロボット技術戦略マップ」を踏まえ、将来の市場ニーズ及び社会的ニーズが高いと考えられる「製造分野」、「サービス分野」及び「特殊環境下での作業分野」の3分野とする。国として取り組むべきミッションの具体的な体系図(案)は、下図のとおり。

「ミッション」とは、上記3分野において、本プロジェクト終了時点(平成22年度末)に達成されるべき作業内容をいう。したがって、「ロボットシステム又は要素技術の開発」自体が本プロジェク

トの目標ではなく、これらのシステム又は技術を用いて、あらかじめ設定された作業内容を実行すること、すなわち「ミッション」を達成することが、本プロジェクトの目標となる。

ただし、当然ながら、「ミッションの達成」自体はアウトプットに過ぎず、開発されたロボットシステム又は要素技術が発展することで、将来的に、市場ニーズ又は社会的ニーズが満たされることが、本プロジェクトを実施する真の意義・期待される効果（アウトカム）となる。したがって、研究開発主体は、開発されたロボットシステム又は要素技術が、プロジェクト終了後に各分野の実現場でどのように導入されるのか（＝導入のシナリオ）を明確に意識することが求められる。



### (3) 研究開発の内容

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、別紙の「研究開発計画」に基づき提案公募方式にて研究開発を実施する。

なお、本プロジェクトでは、「ステージゲート制度」を導入し、実施する。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

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（以下、NEDO技術開発機構という。）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（研究共同体であっ

て法人格である必要はない。企業、大学・研究機関等の単独での構成も可とする)を公募によって、原則として各ミッション毎に複数選定の上、委託して実施する。

本プロジェクトは、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) 独立行政法人産業技術総合研究所知能システム研究部門長 平井成興氏の下にミッションの設定分野毎に責任者(サブプロジェクトリーダー)を置き、それぞれのミッション達成目標を実現すべく研究開発グループ(提案者)毎に研究開発を実施する方式を採用する。

## (2) 研究開発の運営管理

プロジェクト全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本プロジェクト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、

- ①必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度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。
- ②プロジェクトリーダー等は、当該報告等を踏まえ、研究開発グループに対し、適宜指導・助言を行う。
- ③研究実施主体が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、「ステージゲート制度」を導入する。

具体的には、プロジェクト実施期間を前半3年間の「ステージⅠ」(平成18～20年度)と後半2年間の「ステージⅡ」(平成21～22年度)に分け、「ステージⅠ」の最終段階(平成20年度)に、絞り込み評価を実施する。絞り込み評価では、研究開発目標に対する「達成度」、「再現性・安定性」、「ミッション達成の所要時間」等を踏まえて、定性的・定量的に評価する。絞り込み評価を踏まえ、「ステージⅡ」(平成21年度以降)では、絞り込み評価で高く評価された研究開発に絞り、これらを継続して重点的に行う。絞り込みに当たっては、原則、ミッション毎に、1グループに絞ることとする。なお、研究開発主体の絞り込みについては、複数のミッション間で相対的に評価を行うことは困難であるため、原則ミッション毎に行う。

また、ステージⅡに移行するに当たり、研究開発の進捗状況を踏まえ、必要に応じて、ミッション及び実施体制を見直すこととする。また、本プロジェクト終了後に、事後評価を実施し、最終的なミッションの達成度を定性的・定量的に評価する。

## 3. 研究開発の実施期間

本プロジェクトの実施期間は、平成18年度から平成22年度までの5年間とする。

## 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、事業全体について技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、制度の運営管理、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、外部有識者によるプロジェクトの中間評価を平成21年度に、事後評価を平成23年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ、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。

なお、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

等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、上記中間評価とは別に、「ステージⅠ」の最終段階（平成20年度）に、絞り込み評価を実施し、「ステージⅡ」（平成21年度以降）では事業化を強く意識した目標を設定し、継続して重点的に行う研究開発テーマの絞り込みを行う。

## 5. その他の重要項目

### （1）研究開発成果の取扱い

#### ①成果の普及

得られた研究成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも、我が国産業等に対し普及に努めることとする。

#### ②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準案の提案等を積極的に行う。

#### 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25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、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、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18年3月に制定する。
- （2）平成20年3月、中間評価実施時期の変更により、改訂。
- （3）平成21年3月、最終目標の具体化及びそれに伴う中間目標の見直しにより、改訂。

## (別紙) 研究開発計画

### I. 次世代産業用ロボット分野

#### 研究開発項目①「柔軟物も取扱える生産用ロボットシステム」

##### 1. 研究開発の必要性

自動車や家電等の組立工程において、変形しない部品の自動化はすでに実現しているが、柔軟物（コネクタ付ケーブル等）のハンドリング、組み付け作業は今でも自動化が困難で人手に頼っている。また、同時に実行されることの多いコネクタの接続は多様な形状であり、掴み方、組み立て方が多様のため、これも自動化が困難な例が多い。本研究開発はコネクタ付ケーブル等の柔軟物を対象とする組み付け作業をほぼ全自動で実現するロボットシステムを開発する。

##### 2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

###### (1) 開発技術

- ①柔軟物を迅速かつ高精度・高信頼度でハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②柔軟物を知的にハンドリングするためのセンサ利用技術（ビジョンシステム、力制御、力センサ）の開発
- ③短時間で簡便に作業を提示できる次世代教示機能の開発

###### (2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

##### 3. 達成目標

###### (1) 【最終目標】 実証ロボットでの実証

ロボットシステムが、柔軟物（コネクタ付ケーブル等）を筐体内に取り付ける一連の作業を実現する。柔軟物の種類が変更された場合には、代表的な部品や設計情報などが登録されているデータベースなどを活用して、立ち上げ、調整時間が従来の1/3以下で品種追加、動作可能なこと。

具体的には、コネクタ付ケーブルは柔らかく曲がる長いひも状のもので、両端に多ピンのコネクタが着いている。組み付け対象は、箱の内側の電気部品や基板にコネクタが2つ以上ついている。

- ①供給部からコネクタ付ケーブルを取り出し、
- ②コネクタ付ケーブル両端末のコネクタを電気部品や基板側のコネクタに挿入し、
- ③代表的な作業エラーが発生した場合には、自動的に復旧し、作業を継続する。

以上の動作を人と同等以上の生産量で実現する。

最終的にはプロジェクト終了後2年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

###### (2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

### (3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、必要条件とするものではない。

#### ①次世代ロボットの開発

- ・ 多腕あるいは多指などで生産性と汎用性を高めたロボット
- ・ 多腕協調や知的把持などによる高度なハンドリング
- ・ 狭い空間でも作業可能なスリムな形状

#### ②柔軟物をうまく取り扱うマニピュレーション技術の開発

- ・ 変形するひも状物体のハンドリング
- ・ 柔軟物の特性の指定方法

#### ③柔軟物の動きを認識するセンサ技術の開発

- ・ 腕に搭載可能な3次元ビジョンや力センサなどのセンサ
- ・ キャリブレーション容易なシステム
- ・ 簡易センサプログラミング機能

#### ④次世代ハンド（エンドエフェクタ）の開発

- ・ 柔軟物やひも状物のハンドリングに適したハンドの開発
- ・ コネクタやクランプの結合確認方法の開発

#### ⑤次世代教示機能の開発

- ・ 柔軟物を表現可能なCADデータ等を利用したオフライン教示
- ・ センサ利用の教示位置・姿勢の自動補正
- ・ 作業レベルで指示可能な記述言語
- ・ 3次元コンピュータグラフィックスとセンサモデルを利用したシミュレーションによる動作の確認
- ・ CADデータから作業異常を推定して検出する方法の組込

#### ⑥次世代データベースの開発

- ・ 単位作業用データベース
- ・ コネクタ、柔軟物などの部品データベース
- ・ 把持対象と把持機構のデータベース

#### ⑦作業エラーからの自動復旧技術の開発

- ・ センサを用いた作業エラー検出方式
- ・ 作業エラーに応じた自動復旧方式

## I. 次世代産業用ロボット分野

### 研究開発項目②「人間・ロボット協調型セル生産組立システム」

#### 1. 研究開発の必要性

近年の製造業には多品種少量生産が求められており、従来のライン型組立システムに代わってセル型の組立システムが普及してきた。ライン生産では自動機械が組立作業を行い、人間作業者が各種段取り作業を行っていたのに対し、セル生産では機械は極力用いず、組立および各種段取り作業を人間作業者が行う。人間を多用することで初期コストが低く済むが、一方で熟練作業者を育成するのに時間がかかり、品質管理が難しいといった欠点も持つ。本ミッションでは、セル生産で作業者とロボットとの協働を目標として、現状より高生産性で使いやすいセル生産システムを確立する。

#### 2. 研究開発の具体的内容

作業者とロボットが協働するセル生産システムの構築を目標として、組立作業者をロボット技術が物理的・情動的に支援することで、高生産性で多品種少量生産に適するシステムを確立する。セル生産システムの特徴である機種切り替えへの迅速な対応は現有システム並みの能力を持ち、同時に十分な高生産性を達成する。

例えば、組立は人間作業者が行い、配膳作業（必要部品を部品箱から取り出し、位置姿勢を整えて、作業順に配膳する）や部品搬送といった段取り作業をロボットが担当することで、セル生産の問題点の解消を目指す。

##### (1) 開発技術

- ①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術(注)
- ②必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術
- ③作業者が習熟しやすい作業情報提示技術

(注) 既存の産業用ロボットの安全規格が改定されないことを考慮し、現行規格をほぼ遵守する形で達成することが求められる。

##### (2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

- ・上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

#### 3. 達成目標

##### (1) 【最終目標】 実証ロボットでの実証

開発したシステムで作業者が組立を行い、(a)作業手順の改善、(b)機種切り替え、(c)生産量の変動、に対する対応能力を示す。組立作業者をロボット技術が安全を確保しつつ、物理的・情動的に支援する有効性を実証すること。特に(A)生産性、(B)機種切り替え時間については、既存セル生産システムに比較して以下の性能を実現する。

生産性：作業者とロボットを合わせた時間単価をベースとした生産性において既存セル（人間中心セル）から2割向上。

機種切り替え時間：既存セル生産システムの1/2。

最終的にはプロジェクト終了後2年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

(2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

(3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、必要条件とするものではない。

①作業者とロボットとが協働できるための安全管理技術(注)

- ・ 作業者とロボットとの作業領域の分離技術
- ・ 人の接近距離に応じた速度低減など危険回避技術
- ・ 突起部・挟まれ危険部のゼロ化と柔らかい外装を持つ構造
- ・ 簡易で短時間で、かつ安全に行える次世代教示機能

②必要な時に必要な量の部品を整列して供給する作業支援技術

- ・ 多様な部品の分離・整列・供給技術
- ・ 必要な部品を適切な姿勢・適切なタイミングで供給する技術
- ・ 自走式部品箱など自律性の高い部品供給システム

③作業者が利用しやすい作業情報提示技術

- ・ 作業者の疲れを招かず、品質安定・生産性向上に役立つ作業指示技術
- ・ AR (Augmented Reality) 技術等を用いた直感性に優れた作業情報提示
- ・ 作業者が容易にプログラムできる作業教示と作業指示

④多品種中小量生産へ適応する迅速な対応技術

- ・ 治工具・把持具の迅速な準備・段取り換えシステム
- ・ 段取り換え時間の高速化

⑤人間と協働のためのセンサ利用技術

- ・ 作業者の意図推量システム
- ・ 作業者を見守る多数のセンサ統合技術
- ・ 作業進行の確認技術
- ・ 作業者の生理的状态や行動を非侵襲かつ低心理負荷で測定するセンサ群

(注) 既存の産業用ロボットの安全規格が改定されないことを考慮し、現行規格をほぼ遵守する形で達成することが求められる。



## II. サービスロボット分野

### 研究開発項目①「片付け作業用マニピュレーションRTシステム」

#### 1. 研究開発の必要性

高齢化社会、労働力不足に対応するため、社会の効率化と、人間の創造力を発揮することを支援するRT環境を提供することが求められている。

日常作業において、バックヤードにおける収納作業に着目し、これまでは人手により対応している「整理整頓・分類整理」を実現するRTシステムを開発する。

具体的には、洗濯物の取り出し、分類、洗濯機への投入、乾燥した洗濯物の折りたたみ・梱包・収納など、乱雑におかれた不定形のことを整理整頓・収納するという単純労働を、ロボット技術（RT）で代替する。

#### 2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

##### (1) 開発技術

- ①多様な形状を有する柔軟な対象物を、迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術の開発
- ②対象物の位置姿勢を識別し、分類・設定するための空間構造化技術
- ③上記を実行するための、器用なハンドおよび形状制御技術の開発

##### (2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

#### 3. 達成目標

##### (1) 【最終目標】実証ロボットでの実証

多様な形状を有する対象物を識別し、人と同等程度の速度で確実に把持し、周囲環境を認識し、所定の位置に分類・格納する作業を実現する。

具体的には、業務用洗濯ラインにおいて、乱雑に置かれた洗濯物を識別し、分類して洗濯ラインに投入したり、乾燥が終わった洗濯物を仕上げラインに投入するトータルシステムを実現する。

実際のビジネスで取り扱うアイテムとそれを扱う人手作業の速さから、分類数や格納サイズ、処理速度についての目標値は以下の通りとする。

##### ・ベッドアイテム洗濯前・分類投入実証機：

ベッドアイテム（シーツ、枕カバー、浴衣）の洗濯前・分類投入作業場の自動化を想定し、洗濯物の形状、重量、色等の違いから2千枚/h以上の速さで4種類以上に分類する。

##### ・バスルームアイテム仕上げ前・分類投入実証機：

バスルームアイテム（バス、フェースタオル、バスマット）の仕上げ前の投入作業場の自動化を想定し、一枚ごとに展開し、種別判定して、折り畳み仕上げ機に投入する。

実証試験では10種類以上のアイテムをサイズや色・模様を設定・識別して仕上げ機から排出

する際に、自動選別・スタックする。折り畳み仕上げ機と組み合わせて8百枚/h以上の速さでピックアップからスタッキングまでの処理を行う。

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

## (2) 【中間目標】

中間目標としては、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを示すことが求められる。

## (3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、必要条件とするものではない。

### ①マニピュレーション技術

- ・ 多様な形状を有する柔軟な対象物を、迅速・確実にハンドリングできるマニピュレーション技術
- ・ 人間のマニピュレーションスキル収集解析技術
- ・ 対象に応じた、マニピュレーションスキルデータベース

### ②対象物識別技術

- ・ 多種多様な対象物を識別するための、センサ（ビジョン、力センサー、タグ）と運用システム

### ③位置姿勢同定技術

- ・ 乱雑に積み上げられた対象物から、一つ一つの対象物を切り出し、位置姿勢を同定する認識技術

### ④空間構造化技術

- ・ 対象物の属性情報をもとに、作業及び収納空間構造化技術

### ⑤RTインテグレーション技術

- ・ 個々のRT要素を統合し、サービスを設計、実現、運用する技術

### ⑥柔軟物伸展マニピュレータ

- ・ 狭所など姿勢に制約を受ける環境下で、上記作業を実行する、姿勢に自由度が高く、動作空間の広い柔軟物伸展マニピュレータ

### ⑦巧緻性を有するハンド

- ・ 柔軟物を伸展する器用なハンドおよび形状制御技術の開発
- ・ 対象物の属性に応じて、把持、ハンドリング戦略を実行できる巧緻性を有する器用なハンド
- ・ ハンドリングスキルデータベース

### ⑧RT運用技術

- ・ 要求条件、環境変化に対応した、システム改修、アップデート技術

## II. サービスロボット分野

### 研究開発項目②「高齢者対応コミュニケーションRTシステム」

#### 1. 研究開発の必要性

「日本21世紀ビジョン」において謳われているように、「健康長寿80歳」を実現し、主体的に生きるための自立環境を構築することが求められている。

単身もしくは夫婦で自立した生活を送っている高齢者は、掃除・洗濯・料理などの家事程度はこなすことができたとしても、インターネット等の手の込んだ情報収集をすることが困難であったり、あるいは遠く離れた家族が高齢者の生活状況等を把握する必要性がある場合がある。このため、RTシステムを活用したコミュニケーションツールにより、日常的な会話を提供しながら、高齢者の自立的な生活を支援する。

これらを実現するため、人と機器の間をとりなすインタフェースとして機能するRTシステムとして、コミュニケーション技術およびヒューマンロボットインタラクション技術を開発する必要がある。

#### 2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

##### (1) 開発技術

- ①さまざまな年齢層に適応した、会話を主体としたコミュニケーション技術
- ②高齢者も対応できるヒューマンロボットインタラクション技術

##### (2) 実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

#### 3. 達成目標

##### 【最終目標】実証ロボットでの実証

RTシステムを用いて高齢者の声を認識し、コミュニケーションをとりながら、情報提供、情報伝達、体調確認、行動把握など的高齢者向けのサービスを提供する。

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

## II. サービスロボット分野

### 研究開発項目③「ロボット搬送システム」

#### 1. 研究開発の必要性（位置づけ、意義、必要性）

オフィスや施設等の人との共存環境下において、ロボットが自己位置を認識し、人や障害物を回避しながら自律的に、かつ、安全に移動できることは、サービスロボットにとって非常に重要で、誘導や搬送作業等の多くのサービスで必要とされる要素機能である。

搬送作業として例えば、ゴミ箱運搬作業、病院での検体・薬品等の搬送、空港でのポーター、工場内の危険物搬送等は多大な労力を要するため、今後ロボット化が期待されている。

#### 2. 具体的研究内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

##### （1）開発技術

- ①人や物、環境の状況を把握し、自律移動する技術
- ②人とロボットが共存する環境下での安全（事故防止）技術

##### （2）実証ロボット（プロトタイプRTシステム）の開発および実証試験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

#### 3. 達成目標

##### （1）【最終目標】実証ロボットでの実証

人間や障害物が多く存在する可変環境において、屋内を周囲の状況に応じた速度で移動でき、指定場所での搬送物の受け取り、受け渡しを円滑に行うユーザーインターフェースを備え、ロボットが自律走行しながら指定された搬送先へ安全かつ信頼性高く搬送する。

本システムの有効性を確認するために、2ヶ所以上の病院で実証試験を行う。

（凹凸・段差1cm、隙間3cmに対応。エレベータを利用した上下移動を含む屋内環境下を人の歩行速度程度で搬送）

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

##### （2）【中間目標】

建物内の指定場所に設置された搬送箱を、ロボットが建物内を自律走行しながら指定された搬送先へ搬送する。

（凹凸・段差1cm、エレベータでの昇降を含む環境下を人の歩行速度の半分程度で搬送）

##### （3）上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

①移動技術

- ・ 自律移動技術
- ・ 凹凸、段差、斜面等に適応して移動する技術開発

②センシング・認識技術

- ・ 自己位置認識技術
- ・ 人や障害物までの距離測定技術
- ・ 人と障害物の判別技術

③安全（事故防止）技術

- ・ 不測の障害物回避技術
- ・ 急制動停止技術
- ・ 転倒防止技術

④経路計画技術

- ・ ロバスト画像処理技術
- ・ 自然照明下，照明条件依存性の少ない，画像処理

⑤空間構造化技術

- ・ サービス空間センシングネットワーク技術
- ・ 空間条件（物体配置，存在追加・消滅）などへの対応技術

### Ⅲ. 特殊環境用ロボット分野

#### 研究開発項目①「被災建造物内移動RTシステム」

##### 1. 研究開発の必要性

近年の大規模災害の発生頻度には目を見張るものがある。1990年代の自然災害による死者59万人のうち41万人(70%)はアジアに集中しており、アジアのリーダーでありRT大国を目指す日本としては、技術面からの人道的貢献が求められている。この分野で国際的なリーダーシップを取ることは、他の手段では得難い大きな国益を我が国にもたらすと考えられる。

自然災害や人為災害における人命救助はその中でも最も重要である。被災した建物内(地下鉄、地下街、高層ビルなど)はきわめて危険性が高く、人命救助等におけるRTのニーズが最も高い空間である。初動時における迅速な情報収集は、救助や緊急医療と並んで最も重要なプロセスであり、高速かつ分散的な情報収集による高効率化と高精度化がその後の被害軽減活動全体の成否を左右する。危険空間で人間が情報収集を行うことは二次災害が発生する確率を増大させるため、RTによる支援が望まれる。複数ロボットが建物内を高速に走破できる機能は、そのために必要不可欠である。

複数ロボットの高速走破の実現のために必要な技術は、高速移動メカニズムの開発のみならず、移動体の半自律性、オペレータの遠隔操作のための環境認知と移動行動司令、建物内での通信と位置計測、GIS (Geographic Information System) への情報マッピング、一時的な環境構造化、分散協調など、多岐にわたっている。これらは、特殊環境ロボット(災害対応ロボット、建設ロボット、プラント保全ロボット、セキュリティロボット、農林業ロボット、屋外自律走行車両など)のみならず、ありとあらゆるRTシステムのために重要な基盤技術であり、その波及効果はきわめて大きい。

##### 2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標(ミッション)を達成するために、下記技術開発を行う。

###### (1) 開発技術

- ①複数のロボットが地下鉄(含改札)、地下街、高層ビルなどの閉鎖空間(階段、ドアを含む)において、障害物の回避・乗り越え・軽量物の排除を行いながら、迅速に歩く人間と同程度の平均速度で、半自律走行できる、迅速な移動技術の開発。ただし、ロボットの重量は人間が一人で運搬可能(移動台車本体重量:32kg以下)であることとし、実証試験の稼働状態にてバッテリーが連続1時間以上もつことを条件とする。
- ②1台の会議机に15分以内に設置可能な軽量簡易型のインタフェースで、オペレータが複数ロボットの周囲環境を認識でき、複数ロボットの同時遠隔操作(移動行動司令)ができる、ヒューマンインタフェース技術の開発。
- ③建物内のロボット群から700m以上離れたオペレータステーションに、複数の遠隔操作映像を含むセンシング情報をリアルタイムに安定して伝送できる、通信技術の開発。
- ④複数ロボットの走行経路をモニタリングし、複数の映像を含むセンシング情報をGIS上にマッピングできる測位技術とGIS技術の開発。

###### (2) 実証ロボット(プロトタイプロボット)の開発及び実証実験

上記開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、地下鉄駅等にて高速移動をメインとする課題

を実行する実証試験を行うことにより開発技術の有効性を実証する。実証試験は研究期間中（2年度目後半～5年度目）数回にわたって開催し、難易度を変えた課題が設定される。

### 3. 達成目標

#### (1) 【最終目標】（最終実証試験）

複数の遠隔操縦型ロボットが、階段やドアのある建物内でオリエンテーリングを行い、決められたエリアを人間よりも速く、迅速に移動する。場面としては、地下鉄駅、地下街、空港、高層ビル（オフィス、大規模店舗、劇場）で、非常に混雑しておらず、通常の営業時間としては比較的散らかった程度に障害物が散在し、人間が歩行している状況で、ドア（施錠していない丸型またはレバー型ノブ付きドア）を通り抜け、照明条件がミッション遂行まで不明であるケースを想定する。既存インフラの使用を前提とせず、必要な環境は自分で構築する。建物のGISマップをもとにして、決められた地点とそこに至るまでの映像情報等を迅速に取得できることを実証する。

また、訓練所・地下街・建物内などで3回以上の実証試験を行い、最終的にはプロジェクト終了後1年以内に受注生産が可能な体制を構築する。

#### (2) 【中間目標】

ドアは自動、または、押せば開く方式であり、照明が正常であるケースを想定し、提案者が最終目標として掲げる技術要素について、プロトタイプ機により最終目標に十分に到達する見込みを、研究期間中数回にわたって開催される実証試験にて示すことが求められる。

#### (3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

##### ①移動ロボットの開発

- ・ 階段を含む建物内環境で、迅速に歩く人と同程度の平均速度で移動が可能なロボット
- ・ 生活環境で散在する障害物を回避、乗り越え、あるいは排除する機能
- ・ 混雑していない平常時の地下商店街のような状況で、歩行者をよける機能
- ・ ドアノブのついたドアを通り抜ける機能
- ・ 遠隔操作を支援する半自律性

##### ②軽量簡易型遠隔操作ヒューマンインタフェースの開発

- ・ オペレータへの周囲環境のリアルな提示技術
- ・ 複数ロボットの同時操作
- ・ コンパクト・軽量で機動的なヒューマンインタフェース

##### ③センシング技術の開発

- ・ 階段・ドア・通路等の環境及び歩行している人間等の認識
- ・ 3次元形状計測

##### ④測位技術の開発

- ・ 屋内GPS
  - ・ SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)
- ⑤通信技術の開発
- ・ アドホックネットワーク技術
  - ・ 建物内に通信インフラを一時的に設置する技術
- ⑥GIS技術の開発
- ・ 屋内GISマップ
  - ・ GISへのマッピング機能
- ⑦一時的環境構造化、複数エージェント協調技術の開発
- ・ ミッション遂行を補助する環境を一時的に構築する技術
  - ・ 複数台のロボットと人間が役割分担して協調的にタスクを遂行する技術



### Ⅲ. 特殊環境ロボット分野

#### 研究開発項目②「建設系産業廃棄物処理RTシステム」

##### 1. 研究開発の必要性

建設廃棄物を解体・処理する際は、材質（素材）別に資源として再利用可能な物と、焼却可能な物、最終処分場へ埋める物に分類する作業を伴う。建設現場において現在この分類作業は、油圧ショベルを主とした破碎機により解体、人力による建設現場内での粗選別を経て、中間処理施設等で精選別を行うのが一般的である。建設現場内および中間処理施設で選別する際の問題点として、様々な気象条件（夏期の高湿多湿、冬期の低温下、降雨、降雪など）や粉塵が伴う劣悪な環境化で作業を行っていることが挙げられる。また、近年建物の解体時において、建材中に石綿が混入することによる作業員の健康に対する影響や外部への飛散が問題視されている。つまり、現在人間が「手選別」で実施している作業において、作業環境と安全性に問題のある工程の自動化が望まれている。

一方、既に最終処分場に搬入されている廃棄物についても、廃棄物最終処分場の残余量は減少の一途をたどっていることから、再資源化可能な物を完全に選別して処分場へ持ち込まないことが求められている。

建設現場から排出される廃棄物を0とすることを目指して、本ミッションでは、①建物解体現場、②中間処理場、③最終処分場での適用のうち、①建物解体現場に焦点を当て、ロボット技術による解体・選別作業効率、建物解体中におけるオペレータ、作業員の安全性確保、周辺の住民の安全性などの向上を実現する。

##### 2. 研究開発の具体的内容

後述の最終目標（ミッション）を達成するために、下記技術開発を行う。

###### (1) 開発技術

- ①建物解体時に発生する廃棄物材質の判定手法
- ②解体・選別作業を効率よく、安全に、かつ高信頼度で行う技術
- ③解体現場で使用可能で、かつ、建設機械相当の耐環境性を持つ次世代マニピュレータの開発
- ④現場作業員でも使用可能なヒューマンインタフェースの開発（複合操作、操作感覚、力制御、ビジュアルサーボ等）

###### (2) 実証ロボット（プロトタイプロボット）の開発及び実証実験

上記の開発技術を組み込んだプロトタイプ機を製作し、開発技術の有効性を実証する。

##### 3. 達成目標

###### (1) 【最終目標】

「中間目標で開発した要素技術を適用したプロトタイプ・マニピュレータ等を開発し、建物解体時に発生する実際の廃棄物（主として中間目標で対象とした材質）を選別判定し、廃棄物を移送できること。」

具体的には、マニピュレータにより複合廃棄物の分離作業を行い、5種類以上の材質を選別し、

選別の精度（素材ごとの抽出率）は60%以上とする。開発にあたっては実際の現場において実証実験を2回以上実施する。

最終的にはプロジェクト終了後3年を目処にプロジェクトの成果を活用し、事業化を行う。

## (2) 【中間目標】

①「建物解体時に発生する廃棄物のうち、異なる5種類以上の材質を選別判定できること。」

解体作業を対象とした建物で使用されている物性の異なる材質（コンクリート塊、廃プラスチック、木くず、金属くず、紙くず等）を特定し、特定された材質を選別するための判定手法を開発する。

②「建物解体時に発生する廃棄物を素材毎に分離できること」

建設機械レベルの大きさ、力を持つマニピュレータの開発を想定し、上記技術項目に関する要素技術を開発する。

## (3) 上記実証に必要と想定される要素技術

上記の最終目標（ミッション）及び中間目標を実現するには、開発目標に示した技術を中心に、次に掲げる技術要素のいくつかは必要であろうと想定しているが、それを必要条件とするものではない。

### ①廃棄物材質の判定手法の開発

- ・ 最低5種類の廃棄物の判別技術
- ・ 廃棄物発生場所での対策としての廃棄対象へのマーク付け技術

### ②解体・選別技術

- ・ 作業対象の状態センシング（位置、姿勢、形状、材質の違いを特定できる項目（固さ、重さ、剛性、色等））
- ・ 廃棄物の解体・分解

### ③解体現場で使用可能な次世代マニピュレータ開発

- ・ 施工現場の環境認識（機械周囲、機械本体）
- ・ 多自由度、多腕マニピュレータ、多機能ハンド
- ・ 施工に必要な作業分析を基にし、作業状況との関係で柔軟な作戦を策定できる知能化
- ・ 複数腕、複数軸の同時操作を容易にする操作系
- ・ 対象物の把持、ハンドリングを容易する操作感覚の付加

### ④安全技術

- ・ 使用される機器類は一般建設機械で用いられる電子機器の使用環境（温度、振動、湿度、塵埃）に耐えられること
- ・ 周辺住民が安心できる技術（例えば、振動、騒音、粉塵、飛散防止対策 等）