

人に寄り添うスマートロボットを目指して
～ナノ・IT・メカ統合によるロボット基盤技術の革新～

国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST)
研究開発戦略センター (CRDS)
ナノテクノロジー・材料ユニット
馬場 寿夫

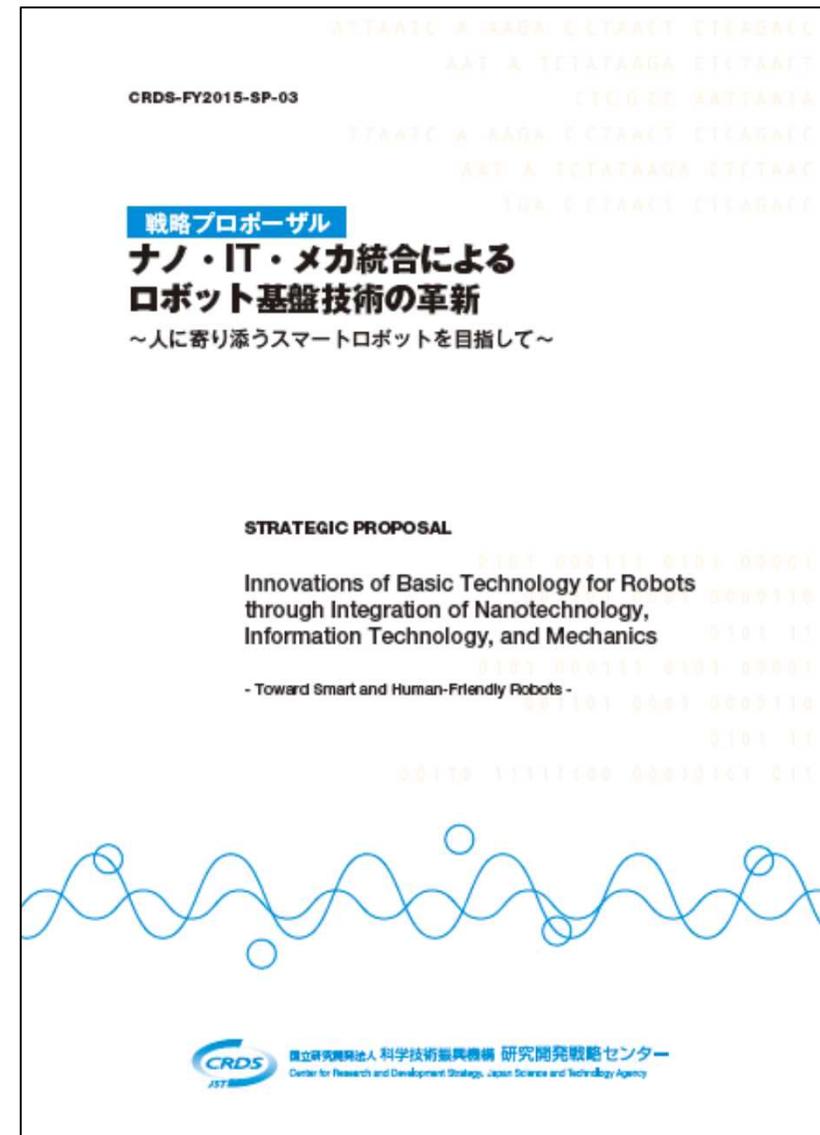


スマートロボットの戦略プロポーザル



◆本提案は、人間が苦手な作業の代行や人間の能力を強化するような、人に寄り添いスマートな(賢い)ロボットを実現するための革新的な要素技術・基盤技術開発と、これらの統合化、モジュール化を可能とする研究開発のプラットフォーム構築に関する。

- ・提言の方向性を検討するため、30名の有識者にインタビュー・意見交換を実施。
- ・CRDSが構築した仮説を検証する目的で、2015年12月に科学技術未来戦略ワークショップ「ナノ・IT・メカ統合によるスマート小型ロボット基盤技術」を開催。(ワークショップ報告書: CRDS-FY2015-WR-09)
- ・2013年3月に戦略プロポーザル「ナノ・IT・メカ統合によるロボット基盤技術の革新 ～人に寄り添うスマートロボットを目指して～」発行。



目 次

1. 背景

- 現状認識および問題点

2. 研究開発課題

- ナノ、IT、メカ統合による新たな基盤技術開発
- 応用分野への適用を目指す機能モジュール、システム化技術開発

3. 研究開発の推進方法

- プラットフォーム活用の拠点形成
- 課題設定、新たなコミュニティの形成

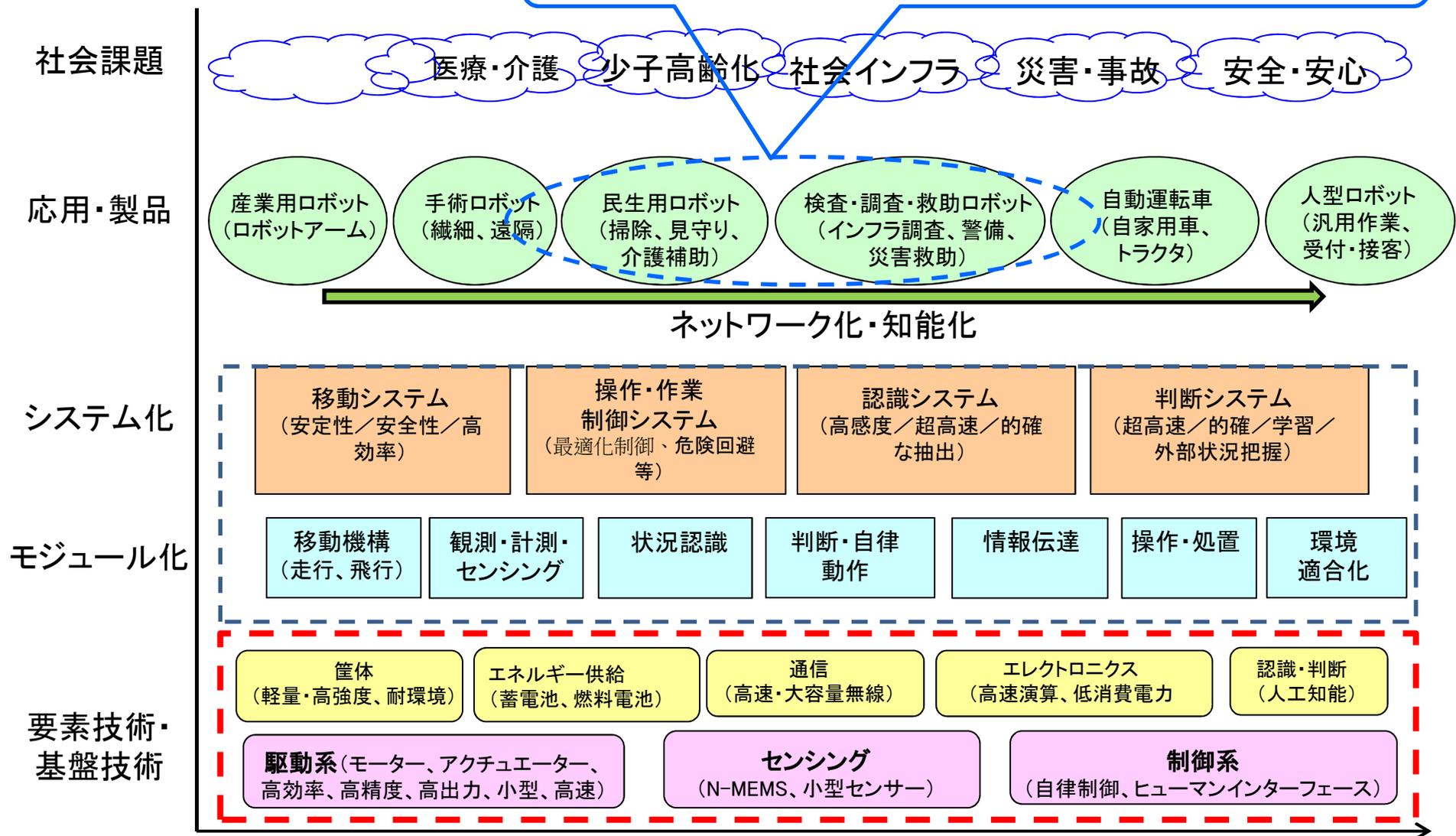
4. 科学技術的／社会・経済的効果

5. まとめ

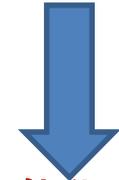
1.背景

ロボットの全体マップ

・重要な社会的課題だが、まだ技術的・産業的に未発達な領域
 ・ネットワーク化・知能化が重要



| | | |
|----------------|-----------------------------------|--------|
| 産業用ロボット | 用意された環境区域での動作 (自らの位置は基本的に動かさず) | 専門家が操作 |
| インフラ検査・災害用ロボット | 自由空間での動作 | 専門家が操作 |
| 家庭用ロボット | 自由空間での動作 | 一般人が操作 |



- ・知能化
(スマート化)
- ・人との共生
- ・群での協調
動作

● 産業用ロボットの進歩

- 米国Unimation社が世界初の産業用ロボットを開発、基本特許も1961年認可
- 日本が産業ロボットとして導入
- 希土類磁石出現により電磁モータの高出力化 ⇒ 油圧動力を置き換え
- サーボモータのコンピュータ制御進展 ⇒ 工場への産業用ロボット導入

| 需要国 | 2012年 | 2013年 | 2014年 |
|--------------|--------|--------|--------|
| 中国 | 22987 | 36560 | 57096 |
| 日本 | 28680 | 25110 | 29297 |
| 米国 | 22414 | 23679 | 26202 |
| 韓国(all type) | 19424 | 21307 | 24721 |
| ドイツ | 17528 | 18297 | 20051 |
| 世界計 | 159346 | 178132 | 229261 |

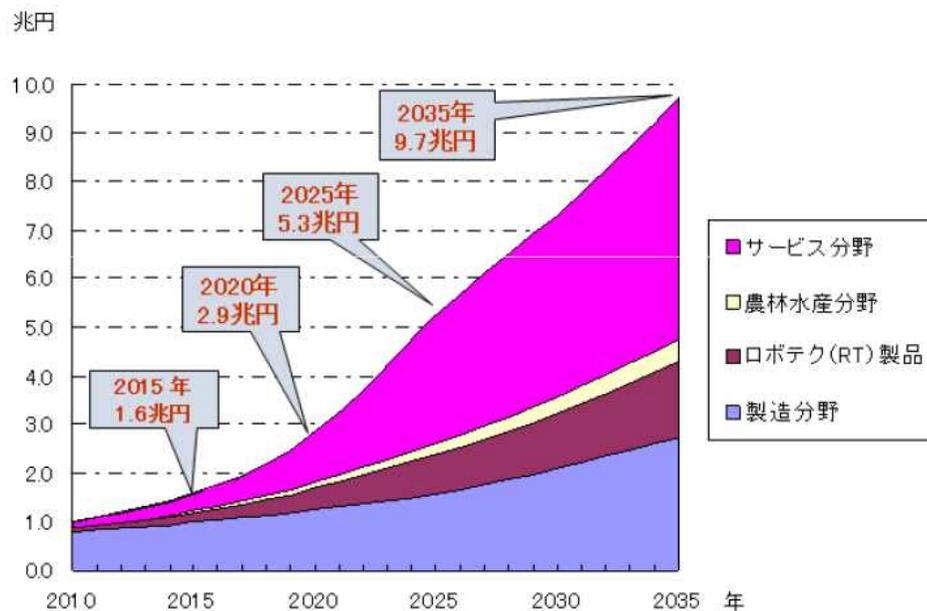
産業用ロボットの需要上位5カ国

| 中国市場 | 2012年 | 2013年 | 2014年 |
|---------|-------|-------|-------|
| 年間需要(台) | 22987 | 36560 | 57096 |
| 中国製(台) | 3000 | 9600 | 17000 |
| 日本製(台) | 14892 | 18785 | 27214 |
| 他国製(台) | 5095 | 8175 | 12882 |
| 中国製シェア | 13% | 26% | 30% |
| 日本製シェア | 65% | 51% | 48% |
| 他国製シェア | 22% | 22% | 23% |

産業用ロボットの中国市場シェア: 日本と中国で市場棲分け

出典: 小平紀生
「産業用ロボットの構成要素
における技術イノベーション」

- ・IoT時代にセンサ・通信デバイス、小型ロボット(ルンバ、ドローン)など新たなニーズが顕在化:
小回りの効く高機能ロボット活用による新たなサービス産業創出への期待大。
- ・ロボット産業の市場規模:10兆円(@2035年)。半分以上がサービス分野と予想。ルンバやドローンのように新たな形態から新たなサービスが創出。
- ・ロボット新戦略策定(2015/1/23):ロボットを広く普及・活用させ世界をリード(早期実用化、システム、サービスの強化)。
- ・ロボット革命イニシアティブ協議会発足(2015/5)。



出展:NEDO「2035年までのロボット産業の将来市場予測」
(経済産業省ロボット産業の将来市場推計)

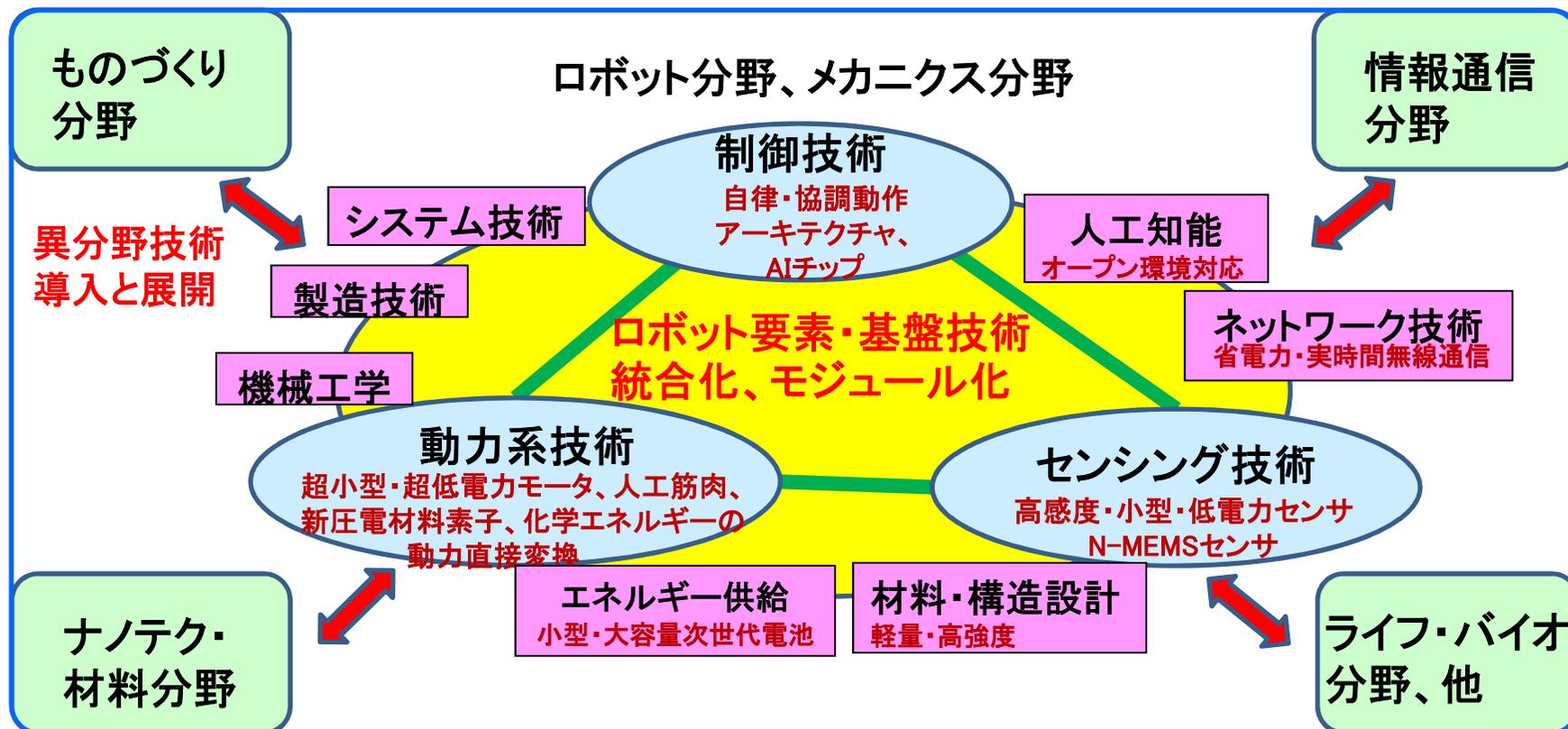
- ・現在はロボット開発は機能実証や制御システム(ソフトウェア)が中心。既存の材料・部品(ハードウェア)の組み合わせで構成。
- ・サービス分野でのロボットは人に寄り添っての使用やスマート化が重要になり、これに対応する新たな技術が必要。
- ・将来はモジュール化が進展し、サービスと材料・部品が大きな価値を生む。
⇒ 部品・材料・デバイスの競争力強化が重要
- ・2000年頃に比べ、ネットワーク技術、マイクロチップ技術(制御技術)は大きく進展。一方で、産業用ロボットでは動力系技術、センシング技術の進歩は遅い。
- ・ナノテク・材料、情報通信分野の新技术を、ロボットの基盤技術として統合することが重要。
集積MEMSセンサ、レアアースフリー高強度磁石、カーボンナノチューブ高分子アクチュエータ、軽量・高強度材料、AIチップ、3Dプリンタなど
- ・欧米のロボット技術開発では、生物の持つ機能や構造に学ぶ基盤技術の開発、ソフトロボティクス開発の新たな動き。

⇒ロボット技術開発の大きな技術トレンドの中で、スマート化、高性能化・低価格化・小型軽量化・安全性向上に対する基盤技術・要素技術の長期的な取組が必要。

2. 研究開発課題

◆ 高機能で、信頼性・安全性に優れ、低価格で実現できる革新的な要素技術・基盤技術の開発

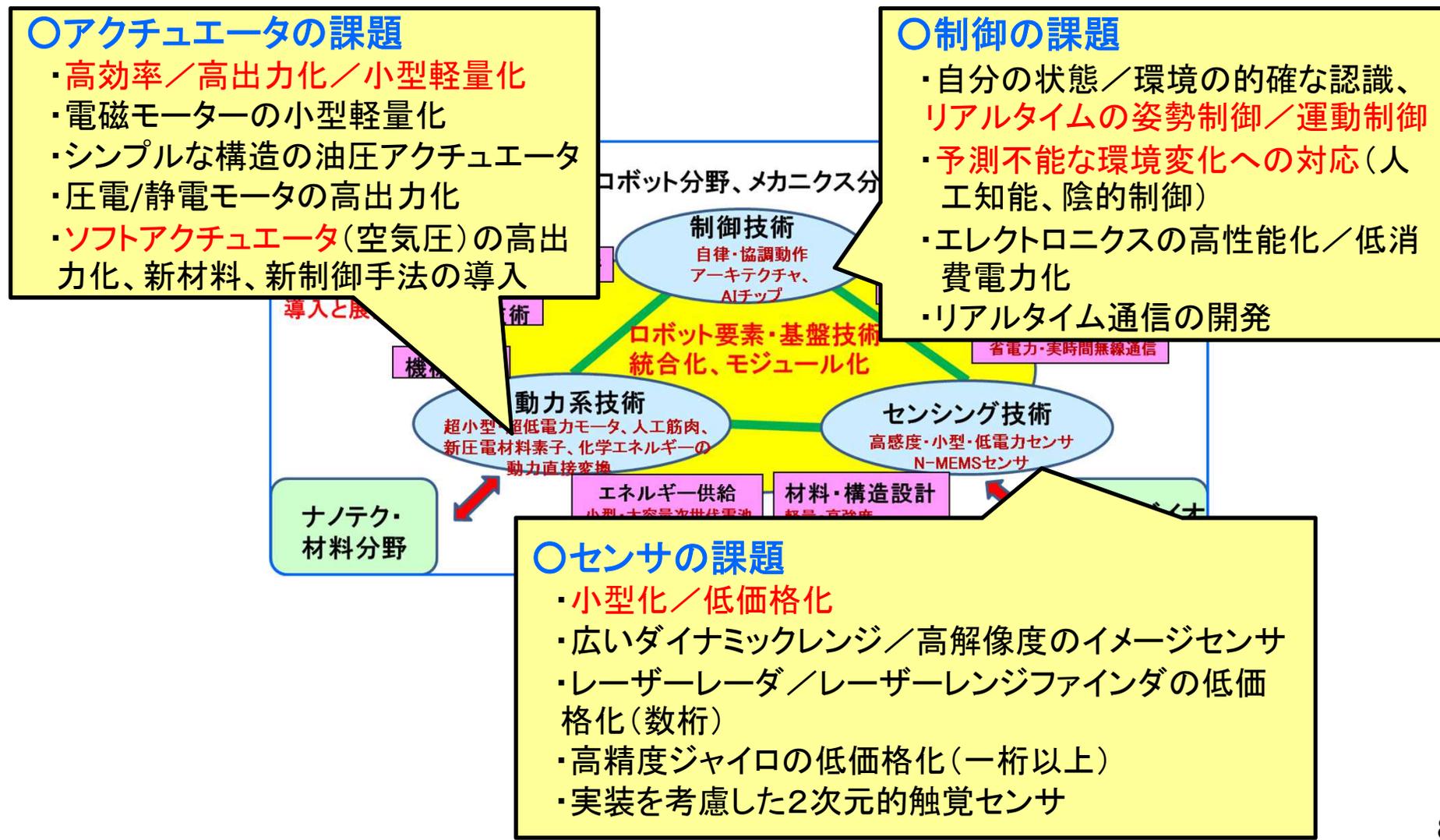
- ・ロボット分野だけでなく、材料・デバイス、情報通信、メカニクスなど異分野の研究者・技術者が参加し、具体的なサービス、ロボットの姿(ロボット化技術)を共有して一体となった研究開発を推進。
- ・開発された要素技術・基盤技術は他の分野へ展開。



2. 研究開発課題

ナノ、IT、メカ統合による新たな基盤技術開発

◆ スマートロボットに要求される「柔らかい素材(非剛体)の利用」、「予測できない環境変化」などに対応する要素技術・基盤技術



スマートロボット事例と主要要素技術・基盤技術

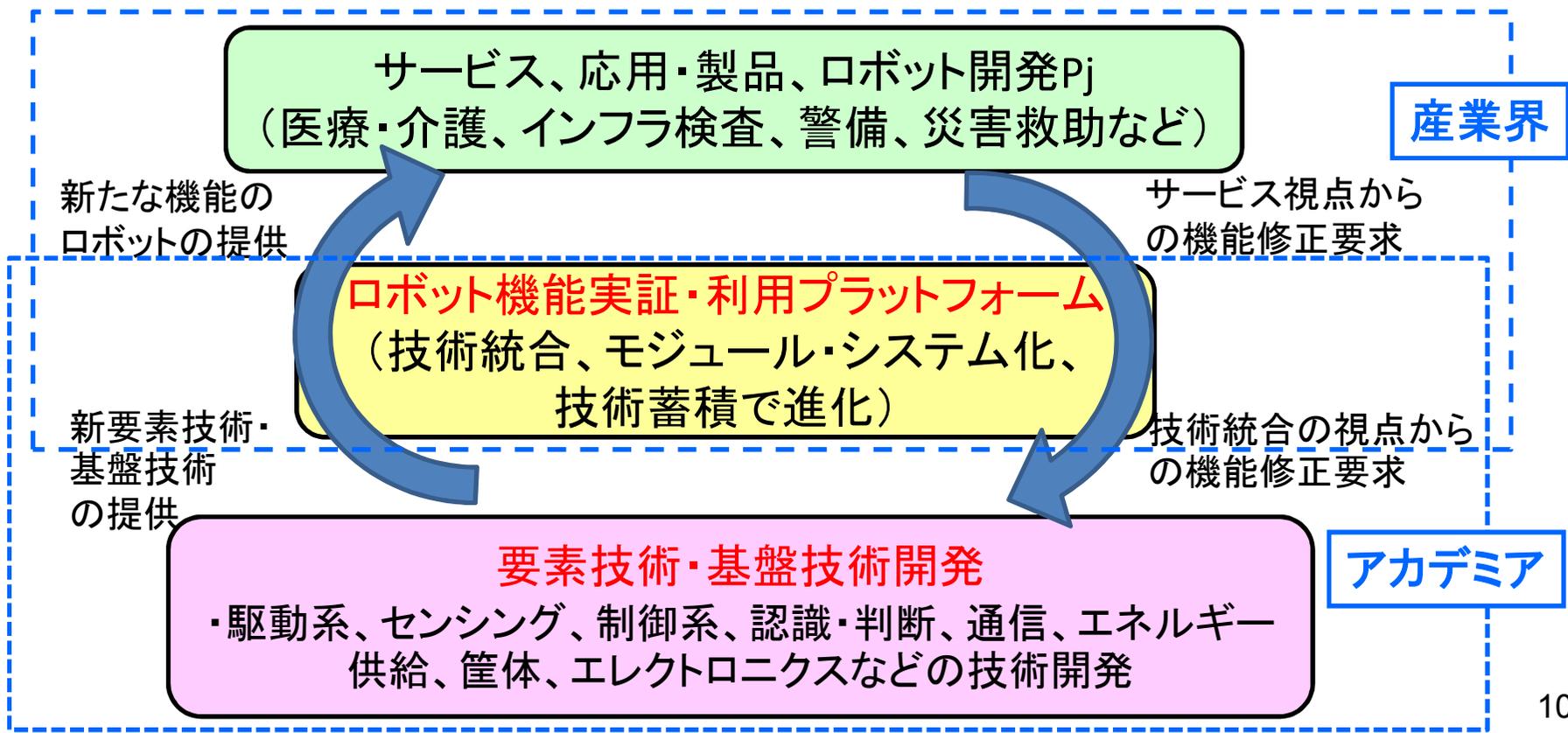


| 分野 | スマートロボットの例 | 特徴 | 重要な要素技術・基盤技術 |
|-----------|--------------|-----------------------|---|
| 医療 | 手術支援 | 体内の詳細情報把握、細かな器具操作の支援 | <ul style="list-style-type: none"> ・小型内視鏡、高解像度イメージセンサ(セ) ・ソフトアクチュエータ(動) ・ジャイロ(動) |
| 介護・福祉 | 自律支援 | 障がい者が自立して生活できるように物を運ぶ | <ul style="list-style-type: none"> ・ステレオカメラ、立体画像認識(セ)、(制) ・フォーストルクセンサ、2次元圧力センサ(セ) ・小型高出力アクチュエータ(動) ・レーザーレンジセンサ(セ) |
| 介護・福祉 | 介護支援 | ロボットスーツにより人間の力を増幅 | <ul style="list-style-type: none"> ・生体電位センサ(セ) ・小型パワーユニット(高出力モータ)(動) ・圧力センサ、角度センサ(セ) |
| 見守り | 幼児や老人の見守り | 常に幼児や老人の傍に移動して見守り | <ul style="list-style-type: none"> ・柔らかいロボットアーム(ソフトアクチュエータ)(動) ・2次元(面)の触覚センサ内臓(セ) ・超軽量・高強度の構造体、柔らかい筐体(動) ・自律動作人工知能(制) |
| 検査・メンテナンス | 社会インフラメンテナンス | コンクリートの壁に密着して亀裂などを発見 | <ul style="list-style-type: none"> ・吸着材料/機構、軽量・自由度の高い移動機構(動) ・小型超音波発生器／音響センサ(セ) ・小型高性能イメージセンサー、ジャイロ(動) ・自律動作／協調動作人工知能(制) ・近距離無線(制) |
| 警備 | 建物の警備 | 侵入者や火災などの異常状態を早期に検知 | <ul style="list-style-type: none"> ・高解像度カメラ、画像認識(セ) ・レーザーレンジセンサ(セ) ・リアルタイム通信(制) ・異常を認識する人工知能(制) |

2. 研究開発課題

応用分野への適用を目指す機能 モジュール、システム化技術開発

- ・各種の要素技術・基盤技術の研究開発とともに、これらの統合を可能にする プラットフォームを構築することで、モジュール・システムレベルの動作やロボット機能を実証。統合化できる製造設備、最先端の技術(3Dプリンタ等)を使いこなせる実験施設。産業界とアカデミアの密な交流。
- ・サービス・応用領域、ロボット機能実証・利用プラットフォームからのフィードバックで要素技術・基盤技術の実用化へのブラッシュアップ。
- ・このループの回転による 技術蓄積を通じてプラットフォームを進化。

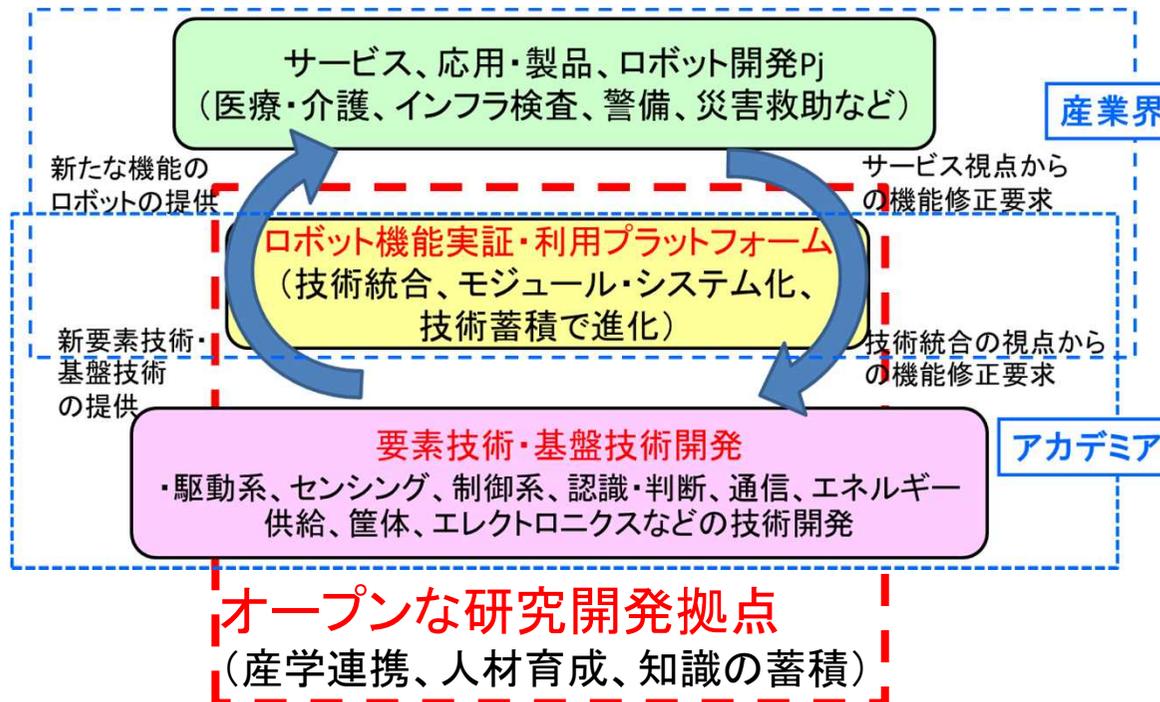


- ・ 要素・基盤技術の研究開発とともにそれらを目的に応じて組み合わせ、モジュール・システムレベルでの機能実証、ロボットとしての動作実証が可能である事が必要。
- ・ サービス分野におけるロボットへの市場ニーズは多様であり、それを実現する要素技術も多岐にわたる。これら多様な市場ニーズに柔軟に応えられる事が必要。
- ・ 市場のニーズを身近に感じている産業界と要素技術の蓄積がなされている大学・国研との連携が積極的に促進されるような体制が必要。
- ・ 産学官連携により目的の機能を持つロボットが開発されるだけでなく、開発を通じて高められ、また新たに生み出される要素・基盤技術がアカデミアに蓄積され、以降のロボット開発に積極的に活用される体制が必要。
- ・ 上記のプロセスを通じて、ロボット研究開発の人材育成がなされる事が重要。

3. 研究開発の推進方法

○プラットフォーム活用の拠点形成

- ・各種の要素技術・基盤技術開発とロボット機能実証・利用プラットフォームを活用するオープンな研究開発拠点を構築。
- ・ロボット(機械)技術、情報通信技術、ナノテク・材料技術など異分野の人が場所と情報を共有し、一体的な研究開発を実施。
- ・ハードウェアとソフトウェアを協調して研究開発し、使い易い技術を開発。
- ・産学連携による技術開発とともに、人材を育成し、知識を蓄積。
- ・新市場・ビジネス、安全性・ELSI、規制、国際標準化等への対応(人文社会系)



3. 研究開発の推進方法

○研究開発の課題設定

- ・社会に必要とされるサービスの視点から、要素技術・基盤技術の課題を設定。
- ・必要とされるサービスのプロセスを分解し、人間では対応が難しいプロセスを明確化。
- ・既存の部品の単純な組合せでは不可能なストレッチ目標を設定し、ハードウェアおよびソフトウェアの新たな要素技術・基盤技術を研究開発。

○コミュニティの形成

- ・直接的にロボットを扱う学会だけでなく、情報通信やナノテク・材料関係に所属する研究者などが集まって、ロボットの要素技術・基盤技術を作る新たなコミュニティを形成。

日本ロボット学会、日本機械学会、精密工学会、計測自動制御学会、電子情報通信学会、情報処理学会、応用物理学会、日本化学会、日本材料学会、日本複合材料学会など

◆ 学術的・技術的な発展

○ メカトロニクスとナノテクノロジー・材料分野、情報科学技術分野などの複数分野にまたがる融合領域

- ・例1 メカ＋材料分野：高効率な圧電材料開発
- ・例2 メカ＋物理＋数理科学分野：空気圧アクチュエータ開発
- ・例3 メカ＋情報＋ナノテク・材料分野：高精度・小型・軽量・低価格センサ開発
- ・例4 メカ＋情報＋ナノテク・材料＋ライフ分野：脳型LSIによる制御技術開発

○ 動力系技術、センサ技術、制御系技術間の融合領域

- ・ソフトロボティクス：柔らかい構造材の高精度な制御では、新たなアクチュエータ、視覚・触覚センサ、非剛体制御の一体的研究
- ・センサ機能を備えたアクチュエータなど

◆ 人材の育成・学際的ネットワークの構築

○ 学際的な研究者の育成

- ・ナノテクノロジー・材料分野、情報科学技術分野、メカトロニクス分野、ロボティクス分野など、多岐にわたる専門分野の知識を習得

○ 学際的なネットワーク(コミュニティ)の構築

- ・各要素技術の研究者およびロボット研究者が容易に意見交換・連携可能

4.科学技術的／社会・経済的効果

社会・経済的効果



- ・サービス系ロボットの社会実装を加速
(ロボット市場規模:約10兆円@2035、サービス系は半分)
- ・3K作業の代替、生活の安全性向上など
- ・自動車、情報通信機器などへのロボット要素技術・基盤技術の展開

(単位:億円)

| 大分類 | 中分類 | 小分類 | 2015年 | 2020年 | 2025年 | 2035年 |
|---------------|------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| サービス分野 | 医療 | 手術支援 | 43 | 136 | 317 | 534 |
| | | 調剤支援 | 65 | 210 | 383 | 414 |
| | | リハビリ機器(※自立支援と重) | - | - | - | - |
| | | 医療周辺サービス(搬送等) | - | - | - | - |
| | 介護・福祉 | 自立支援(※リハビリ機器と重) | 134 | 397 | 825 | 2,206 |
| | | 介護・介助支援 | 33 | 146 | 414 | 1,837 |
| | 健康管理 | フィットネス | 1,376 | 1,461 | 1,576 | 1,817 |
| | | 健康モニタリング | 54 | 161 | 440 | 1,480 |
| | 清掃 | - | 22 | 127 | 541 | 4,287 |
| | 警備 | 機械警備 | 210 | 610 | 1,249 | 2,689 |
| | | 施設警備 | 17 | 210 | 703 | 1,632 |
| | 受付・案内 | - | 2 | 9 | 39 | 465 |
| | 荷物搬送 | ポーター | 7 | 30 | 132 | 811 |
| | | 重作業支援 | 15 | 43 | 120 | 2,299 |
| | パーソナルモビリティ | - | 71 | 1,160 | 8,843 | 9,656 |
| | 物流 | パレタイザ/デパレタイザ | 212 | 410 | 865 | 1,523 |
| | | 無軌道台車システム | 298 | 648 | 1,210 | 1,681 |
| | | 次世代物流支援 | 73 | 408 | 1,073 | 4,326 |
| | 検査・メンテナンス | 住宅 | 46 | 98 | 157 | 213 |
| | | 社会インフラ | 216 | 1,038 | 2,188 | 1,805 |
| | 教育 | - | 119 | 243 | 361 | 450 |
| | アミューズメント | - | 211 | 357 | 576 | 1,222 |
| | レスキュー | - | 8 | 60 | 291 | 670 |
| 探査 | - | 17 | 73 | 257 | 811 | |
| ホビー | - | 223 | 716 | 1,485 | 2,157 | |
| 家事支援 | - | - | - | 157 | 858 | |
| 見守り・コミュニケーション | - | 3 | 11 | 36 | 341 | |

※2015～2035年の推計は平成22年度ロボット産業将来市場調査(経産省・NEDO)による。

5. まとめ

人に寄り添って動くスマートな(賢い)ロボットの実現に向け、「**柔らかい素材(非剛体)の利用**」、「**予測できない環境変化**」などへ対応

○スマートロボット要素技術・基盤技術開発

◆アクチュエータやセンサに対する新たな要求

- 人間との共生のための小型・軽量、柔軟性に優れた新たなアクチュエータ
- 多様な機能のセンサを多数搭載するための、高性能化・小型化、桁違いの低価格化

◆制御に対する新たな要求

- 自律制御、協調制御を可能とする高度な認識、判断機能(人工知能)
- 予測できない環境変化に対応できる機能(条件反射的な動作)
- 剛体に対する制御とともに、柔らかいものに対する高精度制御(ソフトロボット)

○モジュールや小規模システムレベルの機能実証 (ロボット機能実証・利用プラットフォームの構築)

◆ものづくりの視点での使える技術とする要求

- 要素技術・基盤技術を統合したモジュールレベル、プロトタイプでの機能実証
- サービス用ロボットの利用者側からの要望の反映
- 開発したモジュールやプロトタイプの応用分野での試験利用

◆要素技術・基盤技術の高度化と人材育成

- 機能実証、試験利用を経た知識の蓄積、新たな要素技術・基盤技術への要求把握
- プロジェクト的取り組みによる幅広い知識を持つ研究者・技術者の育成