

RT（ロボットテクノロジー）による産業波及効果と市場分析に関する調査 （受託事業－（財）機械振興協会 経済研究所）

本調査研究は、財団法人機械振興協会経済研究所における平成19年度委託調査研究事業「RT（ロボットテクノロジー）による産業波及効果と市場分析」として、実施したものである。

ロボットは、駆動技術、センサ技術、制御技術などの統合システムであるが、今日のRTはロボット特有の技術として発展するとともに、このRTがロボット産業のみならず他産業への展開がみられ、製品としてすでに上市されるものもあるなどRTの産業波及がみられる。

このようなことから、RT ニーズと有望な市場分野を特定、抽出を行い、RT 製品の製造に係わる企業等に対して個別アンケートの調査およびヒアリング調査を実施し、実態の把握（事業化の状況、短中長期に亘る市場の見通し、技術課題、普及要因政策課題等）を行った。

そして、これらの調査結果をもとに、RTの産業波及効果とRT市場（創出可能性）の見通しについて分析するとともに、RT産業の普及・拡大に向けた課題とその解決に向けた取り組みについてまとめたもので、今後の研究開発や利用技術の普及促進に向けた指針となることを目指したものである。

1. 調査の方法

・アンケート調査

RT市場のここ数年の動向、普及のための課題、国等への要望等についてアンケート調査を実施。調査結果は産業波及効果の市場分析に活用。

・ヒアリング調査

RT産業化支援に向けたアンケート調査項目絞込みのための基礎データ収集、国・業界団体等への取り組みのあり方等について調査し、ヒアリング先は26機関。

・RTの定義

本調査でのRTの定義は、「機械システム製品のうち、その製品の主たる役割を果たすために必要な行為の全部、または一部をセンサ、知能・制御系、駆動系の3つの技術要素を組み合わせたRTを活用して動作するもの」とした。

2. 潜在市場ニーズ分野の特定

本調査では、潜在ニーズ市場の対象分野を「ものづくり・RT製品」、「安心・安全公共」、そして「生活・サービス」の3分野としたが、この3分野における横断的なニーズの背景は、「少子高齢化」であるとともに、「安心・安全」、「ゆとりとゆたかさ」といったそれぞ

れの社会テーマのもとで分野の特定を行うとともに、いずれの分野においても潜在市場は期待できるとした。

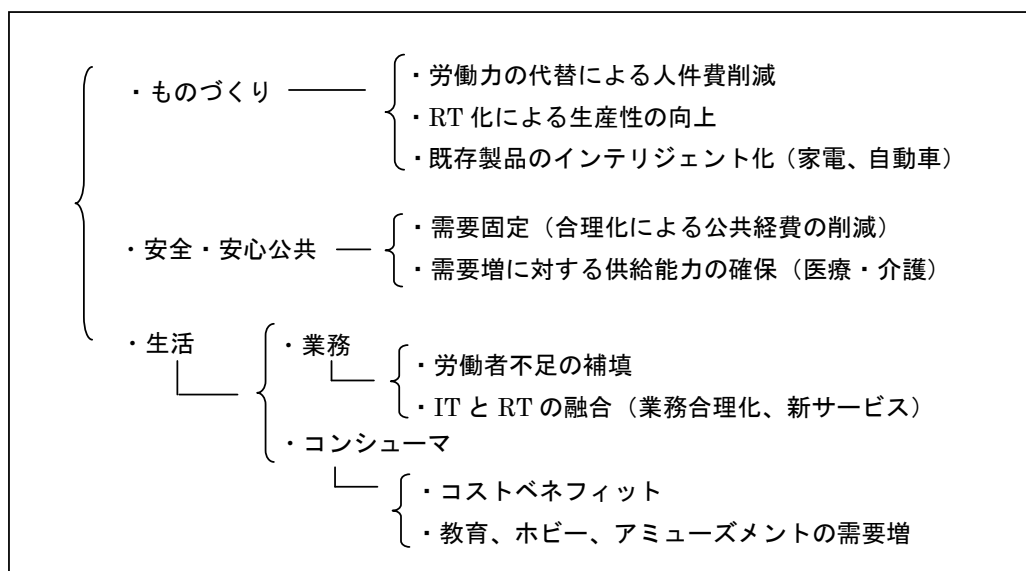
「ものづくり・RT製品」分野は、すでに RT 市場を形成している製造業でのものづくりであるが、従来からの生産性の向上、労働安全衛生や単純労働といった労働環境の改善に加え、グローバル競争、少子高齢化、団塊世代の労働市場からの退出と熟練技能者の不足、そして新たな生産システムへの対応といった課題解決に向けた市場ニーズが期待される。

また、RT 製品は、既存の商品への組込 RT としての市場ニーズによるもので、例えば自動車、建機、農業機械、家電等に RT を組み込んだ RT 製品としての市場として、RT の市場が一層高まることが期待されている。

「安心・安全公共」分野は、少子高齢化が一層加速されるという背景の中で、①医療・福祉では、高齢者の割合が益々増加することでの介護者不足や医療技術の高度化ニーズによる RT への市場期待、②防災では、わが国は自然災害（地震、火山噴火、水害等）の温床となっていることでの監視や救助でのニーズ、テロ等の人災に対する警備・防犯に対する RT ニーズが、そして、③メンテナンスでは道路、橋、ダム等の社会インフラが益々増えつづけるなかで、厳しい国家財政の制約のもとで限られた資源を有効的に活用するうえでも、社会資本の長寿命化に向けた RT によるメンテナンスニーズが期待されている。

「生活・サービス」分野は、個々の生活における社会参加支援、見守り、コミュニケーション、教育、介護、健康管理、住環境など、個人の生活における質的向上（ゆとりとゆたかさの実現）を図るうえで様々な市場ニーズがあるとした。また、生活での RT ニーズは、個人（家庭）を対象とするが故に潜在市場として大きく期待され、予測以上に大きく化ける可能性を有する分野でもある。

RT 産業の潜在市場を規定する要素



3. RT の産業波及効果と市場分析

1) 推計方法

アンケート及びヒアリング調査の結果に基づき、ものづくり、安心・安全公共、生活の3分野において市場規模の推計を行った。市場規模推計にあたっての基本的な考え方は、下図のとおりである。

| 分野 | | 推計の考え方 |
|------------|---------------------|---|
| ものづくり・RT製品 | 次世代組立ロボット (自動車用) | 自動車の組立について推計した。ロボットにより代替可能な労働者総人件費に相当するコストまでロボット導入は可能だとした。但し、高度な作業ほどRT化が難しくなるため、RT化される作業領域が広がるほど導入コストが高くなることを考慮した。 |
| | セル生産(電気機械) | 電気機械器具産業の(組立)セル生産のRT化を推計した。過去の出荷額のトレンドから将来の出荷額を見積もり、増分を国内ですべて生産すると仮定した場合、不足する労働者数(従業者数は生産人口の減少に合わせて減ると仮定)をあるカバー率でロボットセル化により代替・補完すると考えた。 |
| | 産業用ロボット | 産業用ロボットの過去10年の業種別生産台数のトレンドから将来の生産台数を推計した。但し、自動車と電気機械分野は、次世代組立ロボットとロボットセル(上記推計)が普及すると考え、伸び率を半分に推計した。 |
| | AGV(無人搬送車) | AGVの国内出荷額の過去10年間のトレンドをみると全体的に減少傾向にある。しかしここ3年を間では出荷額が増えているので、直近3年の伸び率がそのまま続くと仮定し推計した。 |
| | 組込みRT家電 | エアコンと家庭用掃除ロボット、その他家電の市場を推計した。生産台数は据え置きとし、組込RTの普及率が上昇するとした。普及率及びRT付加価値率は、昨年度NEDO-MSTC調査、アンケート、ヒアリング調査の結果を参考にした。 |
| | 組込みRT自動車 | 昨年度NEDO-MSTCの推計結果を適用した。 |
| | 農業 | 将来の食料自給率の目標値を参考に、トラクタ、田植機、コンバインの生産台数が増加すると考え、そのうちの一定数の割合が半自動化・自動化されると仮定し推計した。 |
| | 建設 | ブルドーザ及び油圧ショベルの国内出荷台数が2030年まで据え置きされると仮定し、本体価格の一定数の割合が、RT化費用として支出されると仮定し推計した。 |
| 安心・ | 手術・診断用RT | 過去3年のトレンドから外科、消火器科、リハビリテーション科を有する病院の将来施設数を推計し、外科手術ロボット、ロボットカプセル内視鏡、リハビリ支援ロボットが施設あたり一定台数普及すると仮定し推計した。 |

| | | |
|---------|------------|---|
| 安全 | 介護・福祉(施設用) | 将来の介護福祉施設数と介護療養型医療施設数が、将来の 65 歳以上人口の伸び率に合わせ増加すると仮定し、施設あたりの所在者数の増加(トレンド)とともに、パワーアシスト、インテリジェント車いす、介護搬送用ロボット、リハビリ支援 RT の施設あたり導入台数が増加すると仮定し推計を行った。 |
| | 介護・福祉(個人用) | 介護予防居宅サービス受給者数が、65 歳以上人口の伸び率で増えると仮定し、訪問介護、リハビリサービス別の受給者数の増加に合わせ介護ロボットが普及すると仮定し推計した。 |
| | レスキュー | 消防施設数が 2030 年まで据え置かれると仮定し、施設あたりの RT 導入台数が増えることみなして、将来市場を推計した。 |
| | メンテナンス | 国内の年間メンテナンス要員の総人件費(ENAA 調査報告書のデータより推計)が 2030 年まで据え置かれると仮定し、生産人口の減少とともに、不足するメンテナンス要員を補う形で RT の導入が進むと仮定し、推計を行った。 |
| 生活・サービス | コミュニケーション | コミュニケーションロボットは高価格帯(高機能)と低価格帯(限定機能)に分けて推計した。高価格帯は価格が 2030 年に半分に下落すると仮定し、国内 PC の単価下落率と市場拡大率の過去の変化を参考に市場規模を推計した。低価格帯は、2030 年までに単価が 3 分の 1 程度まで下落すると仮定しカーナビ市場の価格下落率と市場拡大率を参考に市場規模を推計した。 |
| | 教育 | 中高校、高専・大学、大学院に分けて、教育用 RT キットの単価を設定した。普及率の増加と学生数(将来人口の予測値に合わせて減少)の減少に合わせて販売台数が増加すると仮定し市場規模を推計した。 |
| | ホビー | (組込 RT)ホビーは、2030 年までに 4 万円程度から 1 万円台まで単価が下落すると仮定し、カーナビ市場の価格下落率と市場拡大率の変化を参考に市場規模を推計した。 |
| | アミューズメント | アーケードゲーム市場のうちメダルゲームとクレーンゲームの将来市場を過去のトレンドから推計し、一定の割合が RT 化されると仮定し推計を行った。 |
| | 業務用サービス | 百貨店、大型スーパー、空港(第1種～第3種)、博物館(総合、科学、その他)について、施設規模、種類別に施設あたりの導入台数を設定し推計した。また、ビル・事務所、デパート、ホテル、病院の延床面積の増加(過去のトレンドから推計)に合わせて不足する労働者(将来の生産人口の減少から)を RT 化によって補完・代替すると仮定し推計した。 |

これら特定3分野での RT の産業波及効果とともに、2010 年、2015 年、2020 年、2025 年および 2030 年での将来市場を予測した。その市場予測結果は、以下のとおりとなった。

2) 推計結果

(単位：億円)

| | | 2005年 | 2010年 | 2015年 | 2020年 | 2025年 | 2030年 | 備 考 |
|------------|-----------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| ものづくり・RT製品 | 次世代組立ロボット(自動車用) | | 1,072 | 2,655 | 4,255 | 5,925 | 7,691 | 輸出を含む。輸出は一律に国内出荷額の50%と仮定。 |
| | セル生産(電気機械) | | 130 | 1,465 | 2,999 | 4,846 | 7,147 | ロボットセルは電気機械分野のみを推計。輸出は2010年に国内出荷の50%、以降、年率5%で比率が増えると仮定。 |
| | 産業用ロボット | 6,766 | 7,817 | 8,556 | 9,384 | 10,313 | 11,359 | 自動車と電気機械分野は、次世代組立、セルロボットにシフトすると仮定し伸び率を半減にして推計。数値は輸出を含めた出荷額。 |
| | AGV(無人搬送車) | 150 | 171 | 223 | 292 | 382 | 499 | |
| | 組込RT家電 | 91 | 283 | 1,218 | 2,401 | 3,834 | 5,516 | 2005年実績値は、ジョーパナルンバ+エアコン気流制御の推定値 |
| | 組込RT自動車 | 540 | 2,330 | 4,120 | 5,910 | 7,700 | 9,490 | 先進自動車(ASV)のうち車両の動作を自動的に制御するRT部分の価格。 ※昨年度NEDO調査を参考に計算。 |
| | 農業 | 200 | 275 | 1,473 | 2,036 | 2,666 | 3,588 | |
| | 建設 | 220 | 429 | 708 | 987 | 1,266 | 1,545 | ブルドーザと油圧ショベルの無人化施工を推計 |
| | 小 計 | 7,967 | 12,507 | 20,418 | 28,265 | 36,932 | 46,836 | |
| | 安心・安全 | 手術・診断用RT | | 162 | 643 | 1,146 | 1,676 | 2,242 |
| 医療施設用RT | | | 4 | 492 | 980 | 1,467 | 1,955 | 病院等の受付、案内、搬送等 |
| 介護・福祉(施設用) | | 2 | 79 | 1,099 | 2,727 | 5,237 | 9,012 | 2005年の実績値は、介護・リハビリと介護介助を合算したもの |
| 介護・福祉(個人用) | | | 9 | 1,279 | 2,708 | 4,109 | 5,522 | |
| レスキュー | | | 6 | 12 | 58 | 291 | 583 | |
| メンテナンス | | | 67 | 987 | 2,550 | 4,615 | 7,641 | |
| 小 計 | | 2 | 326 | 4,512 | 10,169 | 17,395 | 26,954 | |
| 生活・サービス | 家庭用サービス | 3 | 138 | 590 | 1,853 | 4,500 | 9,606 | コミュニケーション、癒し、ヘルスケア等の用途を含む。 |
| | 教育 | 4 | 53 | 104 | 258 | 350 | 430 | |
| | ホビー | 11 | 61 | 245 | 694 | 1,499 | 1,981 | ペット・オモチャ型・ホビーロボット |
| | アミューズメント | | 100 | 223 | 376 | 556 | 879 | アーケードゲーム機、テーマパークを推計。 |
| | 業務用サービス | 1 | 72 | 1,605 | 3,723 | 6,231 | 9,645 | 商業施設、空港、博物館の案内及び搬送、清掃ロボットを推計。 |
| | 小 計 | 19 | 425 | 2,768 | 6,905 | 13,137 | 22,540 | |
| 合 計 | | 7,988 | 13,257 | 27,697 | 45,338 | 67,464 | 96,331 | |

注1) 2005年は資料による実績値(一部推計を含む)による

注2) のものづくり分野(次世代組立、ロボットセル、それ以外の産業用ロボット)には輸出が含まれる。

注3) 産業用ロボットは2005年度のJARA出荷統計より、過去の出荷額のトレンドから推計。

1998年-2006年の出荷額の年平均伸び率で分野ごとに推計した。但し、"その他輸送"と"その他製造"、

2006年の出荷額が2030年まで維持されると仮定した。輸出比は国内出荷額の149%(2006年の比率)で固定とした。

資料1) 「ロボット総合市場」総合科学技術会議 科学技術連携施策群 次世代ロボット連携群

資料2) NEDO「平成18年度『ロボット技術戦略マップ』」

資料3) 「マニピュレータ、ロボットに関する企業実態調査(平成19年9月)」(社)日本ロボット工業会

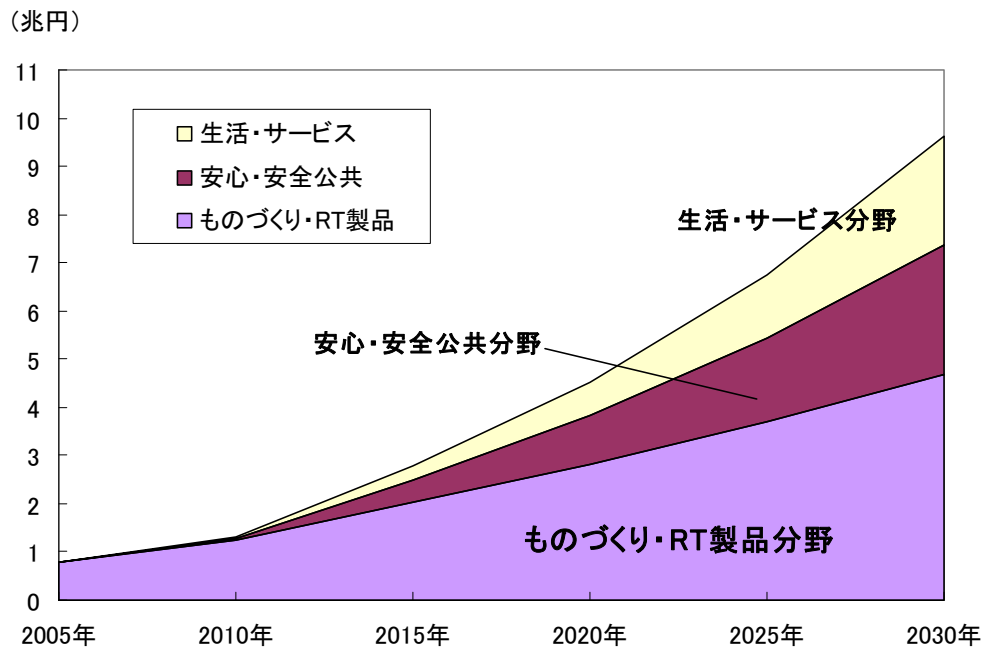
図表. RT 将来市場の分野別のまとめ

単位:兆円

| | 2005年 | 2010年 | 2015年 | 2020年 | 2025年 | 2030年 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ものづくり・RT製品 | 0.8 | 1.3 | 2.0 | 2.8 | 3.7 | 4.7 |
| 安心・安全公共 | — | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 1.7 | 2.7 |
| 生活・サービス | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.7 | 1.3 | 2.3 |
| 合計 | 0.8 | 1.3 | 2.8 | 4.5 | 6.7 | 9.6 |

注) 国内需要の市場規模の推計値。但し、一部生産額(台数)ベースで推計しているため輸出分が含まれる可能性がある。

※JARA と SRDI が推計



4. RT 普及のための課題分析

1) 技術的な課題

- ・ 機能面（性能を含む）の技術的な課題

RT の導入を進めるための機能開発や性能向上に関わる技術開発。サービスロボットへの応用では、特に移動技術、音声認識・合成、画像識別技術の開発が重要になる。

- ・ 安全面の技術的な課題

人間・ロボットの共存系におけるサービスを実現するための安全化技術。サービス分野では製品化にあたってどこまでの安全性が確保されるべきかを定めた基準づくりが必要。

- ・ ロバスト性に関わる技術的な課題

機能を作り込みすぎる（ロバスト性を高める）と条件の変化に対するロバスト性が失われる。逆に、柔軟な状況対応が可能になるほどシステムが不安定になる。コスト面を考慮して実用性に足りるロバスト性をどう確保するかが課題となる。

- ・ ユーザビリティに関わる技術的な課題

利用者に違和感のない社会に溶け込んだ形や機能、使いやすさ、わかりやすさなど（ロボットの外装や身振りなどの動作や発話方式、触感などを含めた）の技術開発。

- ・ 保守性に関わる技術開発

ロボットのチョコ停に対するトラブル回避や不具合が生じた際に早期に復旧、場合によってはシステムの撤収ができるような仕組みの開発。特に業務用途での導入を進めるには、RT の不具合によるオペレーションが停止しないようにしなければならない。

- ・ エネルギー

環境問題等を考慮すると、導入されるロボットのエネルギー消費量を少なくすることが必要。また、オープンスペースでの RT の稼動のために、ケーブルレスの新しいエネルギー供給の仕組みやバッテリー技術の開発が必要。

- ・ 小型化

ロボットの応用範囲を広げるには、RT のサイズをスリムダウンするとともに、これまでと同程度の機能が発現できる RT の開発が望まれる。小型化をすることによって、安全性やエネルギー消費量の問題もクリアされる。

2) 事業化の課題

- ・ コストダウン

部品やソフトウェアモジュール等の共通部分を標準化し、ニッチな事業分野ごとに作り込みをする必要性を少なくすることが必要。また、規格部品の大量生産によるコストダウンや労働賃金の安い国外での生産を積極的に活用する必要がある。

- ・ ユーザ企業との共同開発

業務サービス分野の RT は、人とロボットとの直接的な接触があるため、安全性や安定性の実績を積む必要がある。ユーザ企業と RT メーカーとが連携して実証実験を積み重ねるこ

とが重要になる。実用性が十分に示されるまでは実証試験の費用をある程度 RT メーカー側が負担していくことも必要。

- ・ **アフターケア**

次世代 RT の普及には、RT の保守・メンテナンスやサポート人材の育成、保険制度、故障時のバックアップ体制、アフターケアマーケットの充実等が必要。普及が進んだ後にアフターケアマーケットを整備する余裕はなく普及と同時に考慮されなくてはならない。

- ・ **コンテンツ・アプリケーション**

ゲーム市場や PC 市場の普及においてもそうであったように、次世代 RT も市場の拡大にはキラーアプリの存在が必要。そのためにはアプリケーションやコンテンツ開発の土壌整備が必要。人材育成のための環境整備や RT 教育、教材の充実等も重要。

- ・ **中小・ベンチャー企業の支援**

次世代 RT の事業領域は当面はニッチ市場になるため、新規分野の開拓は中小やベンチャー企業の手によるところが大きい。だが、中小・ベンチャーは事業化をする上で資金面に不安があり、大規模な開発を手がける余力がない。また事業化後の広告宣伝力や販売チャネルの確保ができないなどの課題を抱えている。国・自治体等の機関が、事業化後、収益が出るまで幅広い支援を行うとともに、RT メーカーやユーザ企業が中小・ベンチャー企業等への投資や技術供与を積極的に行う必要がある。

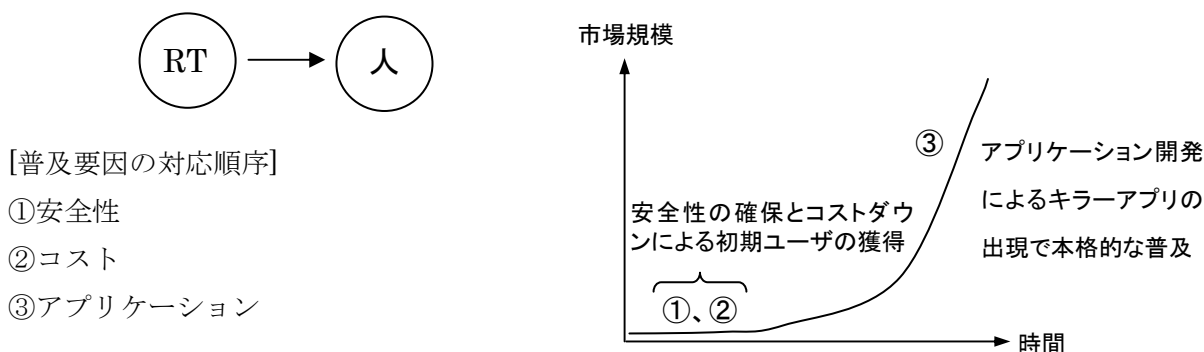
- ・ **プラットフォーム化**

市場創出期には、新製品の開発やビジネス化のコストを減らすための製品化プラットフォームやビジネスプラットフォームを構築することが重要になる。こうした枠組みが整備されれば、新規参入企業の増加や新たな投資を呼び込むことができる。

5. 市場形成に向けて取組むべき方策

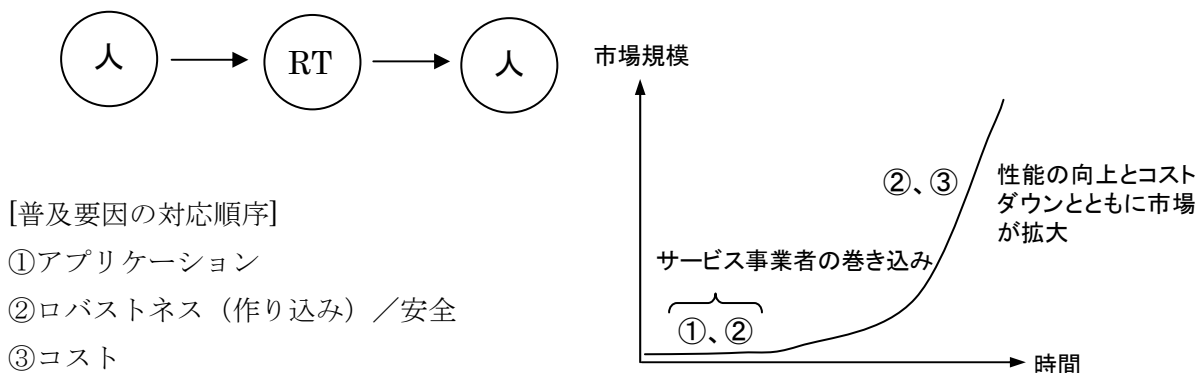
次世代 RT の市場創出のための課題や普及要因の分析から、次世代 RT のビジネス構造を、人と RT の共存形式として 5 つのタイプに類型化し、市場形成に向けた普及モデル（試案）の検討を行った。

I) RT が個人ユーザに直接サービスを提供（コミュニケーション、ホビー、介護（家庭））



市場創出期にはまず、一般ユーザの販売を促進するため、①安全性と②コストダウンを両立する必要がある（①と②はトレードオフの関係にある）。ある程度普及が進んだ段階で、普及期において③アプリケーションの開発を進め、キラーアプリの創出を目指す。

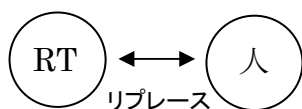
II) サービス事業者が RT を活用してユーザにサービスを提供（業務サービス、医療、介護）



市場創出期には、RT を活用するサービス事業者を増やさなくてはならない。そのためには業務の効率化に資する RT 適用の①アプリケーション開発が必要になる。但し、サービスが安定的に提供されるためには機能の②ロバストネスの確保（作り込み）が必要とされる。他方、①アプリケーションを作り込みすぎると②ロバスト性を失う。

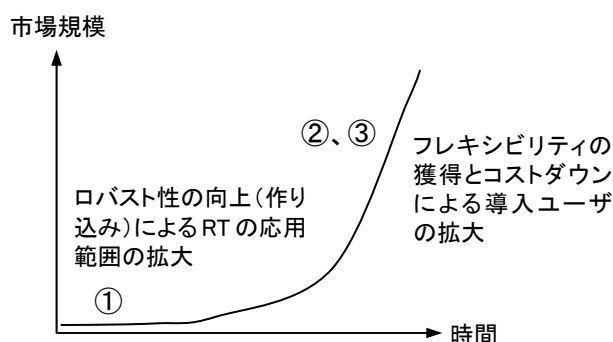
普及期には、提供されるサービスの利用者を増やす必要がある。そのためにはサービスが提供する機能への信頼性（②ロバストネス／安全）の確保とリーズナブルな③価格でのサービスの提供が必要である。普及初期にはサービス事業者を巻き込む戦略をとり、普及期に向けてサービスの信頼性の向上とコストダウンを進める。

Ⅲ) RTによる人の代替（工場、建設、農業、メンテナンス、レスキュー、...）



[普及要因の対応順序]

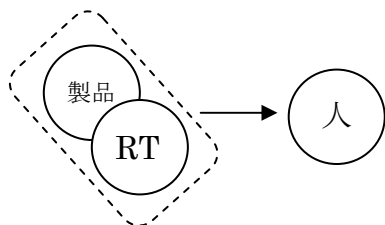
- ①ロバストネス（作り込み）
- ②フレキシビリティ
- ③コスト



RTによる人の代替を可能にするためには、まず人が行う作業を同程度かそれ以上の能力でRTが代替できなくてはならない。そのため、市場創出期には、機能の作り込み（ロバストネス）が必要になる。機能のロバスト性が向上するとともに、RTがカバーできる人の作業領域が拡大する。

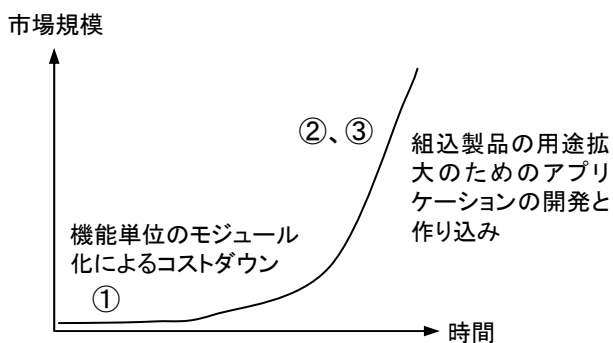
普及期には、多品種少量生産や生産性が比較的到低い業種、中小ユーザ企業を含めた、RTユーザの裾野の拡大が必要である。そのためには需要の変化に応じて柔軟にRTの適用工程を変更できるような②フレキシビリティの獲得が必要になる。同時に、費用対効果に見合う価格帯への③コストダウンが必要になってくる。

Ⅳ) 組込型 RT（組込 RT 家電、先進自動車、無人化建設機械、ホビー、ゲーム、...）



[普及要因の対応順序]

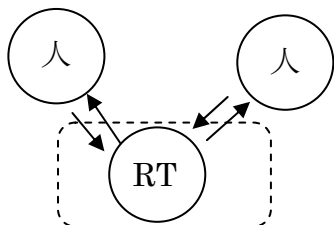
- ①コスト
- ②アプリケーション
- ③ロバストネス（作り込み）



組込RTの場合、組み込み対象製品の主たる機能を補完する装置としてRTが導入される。このためRTが導入される製品本体の価格に対してあまり高価な機能を組み込むことは難しいであろう。従って、組込RT製品の市場創出期には、RT機能の①コストダウンがまず必要になる。コストダウンのためには組込RT機能をモジュール単位で開発し、様々な製品に共通モジュールとして機能を提供できるようにする必要がある。

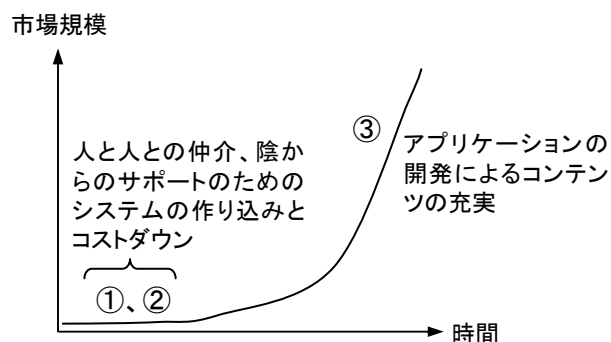
組込 RT は、あくまでも本体製品の機能を補完しサービスを向上する付加価値として提供される。従って、普及期には、組み込み対象製品の用途拡大のために、対象製品の主たる機能に合わせた②アプリケーションの開発と③作り込み（ロバストネス）が必要になる。

V) インターフェース RT（見守り、安全管理、健康管理、家電の遠隔操作、遠隔医療、、、）



[普及要因の対応順序]

- ①ロバストネス（作り込み）
- ②コスト
- ③アプリケーション



インターフェース型の RT は、遠隔地からの操作による家電機器の制御や、健康管理サービス、医療・診断サービスの提供、離れた場所に住む人と人のコミュニケーションの仲介を支える機能を提供する。このため、市場創出期には、システムごとの①作り込み（ロバストネス）がまず必要になる。同時に一般ユーザを対象に販売するためリーズナブルな価格での製品の提供（②コストダウン）が必要である。

一方、普及期には、コンテンツの充実が鍵となってくるため、③アプリケーションの開発が重要になってくる。

6. 政策的な課題

①共通基盤の整備

- ・ すべてのメーカーが共通で使える RT プラットフォームを構築する。ロボットに共通に載せる機能の部分は全社共同で開発し、その上の機能レベルについては各社の競争で開発していく形にしていくことはできないか。
- ・ 参入企業を増やしコストダウンを図るためには、RT デバイスメーカーがミドルウェア等の基盤製品を本体とセットで提供していくことが必要。
- ・ ロボットのコミュニケーション力を実用レベルに近づけるには、実証実験を繰り返しデータの蓄積を進めることが必要(高齢者用の音声データ、子供用の音声データ)。

②アプリケーション開発支援

- ・ アプリケーション開発のための開発資金の支援やマーケティング支援。
- ・ ユーザ企業と RT メーカーが連携して開発・事業化を推進できる仕組みの構築。
- ・ ものづくりの競争力の維持発展に向けて、産業用ロボットのさらなる工場・現場への普及を進めるためのアプリケーション開発の支援についても力を入れる。

③RT 製品の導入支援

- ・ RT の現実的な価値(過大な期待ではなくて現実的な有用性)をアピールしユーザの理解を深める。
- ・ 公共に係わる部分は政府調達で RT 製品を優先的に利用する。これによって新しい市場形成の足がかりにする。
- ・ 価格的に利用者が手を出し難い製品については導入にあたっての補助金等を出す。
- ・ 医療福祉や介護に係わる製品や教育関係に係わる製品については、保険対象とすることや、公的に製品を推奨する(お墨付きを与える)。

④中小・ベンチャー企業

- ・ 開発資金の援助以外に事業化後経営を基盤にのせるまでの資金援助。
- ・ 市場を広げるためのマーケティングや製品の販売チャネルの確保等に係わる支援。
- ・ 製品販売後のアフターケアや保守体制確立のための支援。
- ・ 中小・ベンチャーのユーザ企業に RT 製品を導入してもらうための資金や専門人材のサポートのための仕組みづくり。

⑤RT 関連プロジェクトの運営手法

- ・ プロジェクト1件あたりの開発費用が少なすぎるので予算に限りがあるならば選択と集中をすること。
- ・ 実質的な開発期間が短すぎる。成果をすぐに求めるのではなく長期を見据えた開発

も必要。

- ・ 成果が出て事業化し収益を出すまでにはある程度の期間を要するので有用な技術についてはある程度の期間、サポートする。
- ・ 中小企業は人材の余裕がないため、補助金を受ける事務処理をもっと簡素化する。

⑥今後取り組むべき技術開発テーマ

- ・ 状況判断を行うための多様なセンシング技術。
- ・ エネルギー供給のための電力供給・長寿命・軽量電池技術。
- ・ 多様な対象を自在に操作するためのエンドエフェクタ技術。
- ・ 人間とロボットが共存する系での安全性と安定性を保つための基盤技術。

⑦安全性基準の策定

- ・ 次世代 RT は、人間と直接接触してタスクを行うため安全性に問題が多い。また、安全装置は設備コストが高くつく。どの部分までのリスクを許容し、安全性を確保するのかを含めた現実的な検討が必要。安全技術や安全確保のための方法に関する開発プロジェクトや、開発支援をもっと充実させるべき。
- ・ 安全基準がないため、RT メーカー各社は独自に、機械一般の安全規格や玩具の安全規格等を参考にして試行錯誤的に安全技術を開発している。次世代 RT の安全基準を国が主導で作成する必要がある。そのための国プロがあってもいい。

7. 次世代 RT の普及方策

①知能化でロボットの作業範囲を拡大し、人間の作業補完・代替のフレキシブル化の促進

少子高齢化に備えて、(特に地方の) 工場の生産能力の増強、規模の調整等に対する柔軟性へのニーズが今後広がる見込みで、そのためにはロボットの導入や撤去、補修等を(非専門家でも) 容易にできるようにすること、生産内容の変更に伴った生産ラインのレイアウト変更等にフレキシブルに対応できるシステム技術の高度化が必要となる。

自動車の組立工程等では双腕型ロボットの開発、普及が進んでいるほか、電気機械分野では多品種少量生産対応のロボットセルの導入が進む可能性が高い。

グローバル化の流れの中で、わが国の製造産業は組立を中心に海外に生産拠点を移しつつあるが、産業の空洞化や技術流出を防ぐ意味でも国内の工場の生産能力をさらに高め、安価な海外工場に打ち勝つだけの合理化が必要となる。国内の製造業を守るための役割としても、次世代産業用ロボットの開発と普及に大きな期待が寄せられている。

②人間作業ではきつい、厳しい、危険を伴う領域への RT の積極導入

非製造業分野での RT は、レスキュー、警備、介護・福祉、土木建設、建築物の解体処理、道路や橋梁、下水道等のインフラ設備の保守や補修、ケーブルの敷設などのニッチな分野

での導入が進むと考えられる。

個々の市場のパイが大きくなり、中小・ベンチャー企業が主体となるため1社単独での開発・実用化は難しい。したがって、事業化の促進には、資金面、技術面、事業面での協力・支援体制が必要で、実用化に向けた公的開発支援、公共部門での調達等、積極的な導入を進めるための方策が必要である。

③ロボット・人間共存系の社会・生産システムの構築と導入コスト削減による RT の普及

家庭や業務（商業施設や駅などの公共施設、ミュージアムなどにおける搬送、案内等）のサービスロボットは、一気に普及というよりは着実に導入が進む見込みである。

現時点では、初期投資、ランニングコストが、人手による場合のコストを大きく上回っているため、コストダウンに向けた努力と人手によるサービスにはない新たな付加価値の提示が必要となる。

現状の普及方策としては、コストダウンや付加価値の提示についても、実現場での導入事例を徐々に増やすことで有効性を示していく方法しかなく、こうした努力の積重ねと同時に、ロボットと人間共存系を前提とした社会システム、生産・業務プロセスの革新を進めることで、RT の導入が行いやすい社会体系を構築し、人口減少社会に向かうわが国産業社会の活力を生む基盤を提供することが重要となる。

④RT を含むサービスとしてソリューションを設計し、個別にシステムを最適化

業務用サービスロボット（商業施設や駅などの公共施設、ビルなどにおける警備、清掃等）では、汎用ロボットの開発が難しいため、当面は警備サービス、清掃サービスといったソリューションを提供する事業者が、人間系によるサービスとあわせてそれを補完・支援する形で限定的にロボットを普及していくものと考えられる。

業務サービス部門の生産性の向上は重要なテーマであり、RT 化の促進が望まれているが、RT 化の推進には、ロボットと人間が共存する業務システムを個別環境ごとにかに作り込んでいくかが課題となる。利用者側への普及への理解を進める上で、安全対策の整備（法規制の整備を含めた）やサービス品質の保証等をしていく必要がある。

⑤安心・安全公共分野における RT の積極的な導入の推進

将来人口推計によれば、2025年には総人口に占める高齢者人口（65歳以上）の割合が3割を超え、生産者人口は6割をきると試算されており、少子高齢化が急速に進む日本社会において、安心・安全な社会をいかに実現していくかが最大の社会ニーズとなっている。

一方、医療費や社会保障費が急増する中で、医療サービスや介護・福祉サービスの質を落とさない範囲での合理化が喫緊の課題となっている。医療・介護サービスの合理化へのRTの寄与に対する大きな期待が寄せられているものの、現状では、導入コストや安全性の問題がネックとなって普及が進まない状況にある。有用な技術が生まれつつあるので、こ

うした課題を克服し、導入が進むような開発支援や導入補助等を政策的に推し進める必要がある。

他方、医療や介護を必要としない健康な体を維持できる高齢者を一人でも多く増やすことがより望ましいことは言うまでもなく、健康維持や老化防止に向けた日々の努力を気軽に行えるような機能を RT が提供するようなことも実現していく必要がある。

⑥RT を生活・サービス分野で活用するためのニーズ開発と家電のインテリジェント化による普及

民生用のロボットは、コミュニケーションロボット等の導入の試みがなされているものの、普及拡大の見通しが立っていない状況である。ホビーやアミューズメント系の市場はある程度広がるものと期待されているが、家庭への本格的な普及には、ロボットのモジュール化を進めコストダウンを図ると同時に、多様なアプリケーションを集約できる技術基盤が必要になる。

家電製品や自動車等には、RT の要素技術（画像・音声認識、メカトロ制御等）の導入が今後とも進む見込みで、このような組込 RT によるインテリジェント化は、わが国の製品に新たな付加価値を提供する技術であり、差別化による国際競争力の確保のためのキー技術となるものである。組込 RT 製品の開発・普及に向けた政策的なアプローチも今後充実させていく必要がある。