

Title	我が国におけるサービスロボットの事業化に関する一考察
Author(s)	大重, 隆; 金山, 恒二
Citation	年次学術大会講演要旨集, 25: 128-132
Issue Date	2010-10-09
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/9260
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

1 E O 4

我が国におけるサービスロボットの事業化に関する一考察

○大重 隆、金山 恒二（NEDO）

1. はじめに

我が国では、自動車や電子電機産業を中心とする産業分野の成長や、高度経済成長期における労働力不足、労働環境の改善要望等を背景に、1970年代後半以降、製造業における生産性を高める手段の一つとして、産業用ロボットの本格的な導入が進んだ。その結果、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ており、産業用ロボットについて世界一のシェアを有している。また、近年は、ビジョンセンサや力センサ等のセンシング技術や駆動部分の制御技術等の向上、教示作業を補助するソフトウェアといった要素技術が著しく発展しつつある。このような技術の発展の結果、産業用ロボットの活動領域も、従来の搬送・溶接・塗装・電子部品実装から、組立て・セル生産等、より高度かつ複雑な作業領域に広がりつつある。

他方、我が国は少子高齢化による人口の減少や介護・福祉の問題など、喫緊に取り組むべき社会的課題に直面している。このような状況を踏まえ、我が国の製造業を支えてきたロボット技術を基盤とし、家庭、介護・福祉等幅広い分野でサービスを提供する次世代ロボット（以下、サービスロボット）の実用化が期待されている。サービスロボットの将来市場予測は2035年に4.9兆円¹と推定されている。それは2009年現在の半導体業界規模3兆5,800億円以上[1]であり、サービスロボットの市場ポテンシャルは極めて高い。しかし、2009年度の産業用ロボットの出荷額が3,000億円²[2]であるのに対し、家事・生活支援および介護・福祉などで利用されるサービスロボットの市場規模は79億円[3]と推定されており、現時点の市場規模は極めて小さく、産業として未成熟である。また、サービスロボット市場79億円のうち、60億円と大半を占めている家庭用の掃除用ロボットに注目すると、米国企業の家庭用の清掃ロボットシリーズならびに類似商品で市場形成されており、我が国メーカは競争力を発揮していない。

このような現状を踏まえ本発表では、サービスロボット市場における家庭用の掃除用ロボットに着目し、我が国メーカが競争力を発揮できていない課題を整理し、今後、市場拡大が期待されるサービスロボットの事業化について提言を行う。

2. サービスロボットの事業化に関する課題整理

ロボットは「センサ系、知能・制御系、駆動系の3つの要素技術を有する、知能化した機械システム」と定義され、センサ系で感じ、知能系で考え、駆動系で動くことによりさまざまな機能を発現する。例えば、産業用ロボットに溶接などの作業をさせるためには、作業を実行するために必要な情報を指示し、記憶させる教示を行うとともに、コンベヤや加工機などの「周辺装置」と協調することにより、自動車の製造や電子製品の組み立てなどを行う。このように生産現場などで利用されている産業用ロボットとは異なり、サービスロボットは人に対して直接的または間接的にサービスを提供する事が求められる。そして、医療、介護・福祉、健康管理、清掃、警備、荷物搬送、食品産業、教育、レスキュー、ホビー、家事支援等、多種多様な分野への応用が期待されている一方、現在、サービスロボットは産業として未成熟である。

¹ 介護・福祉、清掃、移動支援、物流、ホビー等のサービスロボットについて、価格帯や利用形態の類似する過去の工業製品の普及台数、世帯普及率、従来品からの置換、価格の推移を、ロジスティック曲線を用いてモデル化し、将来市場を推計。（NEDOより）

<https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubou/press/EP/nedopress.2010-04-22.3293451624/>

² 世界的な経済金融危機の影響で2009年の産業用ロボットの売上げは、日本は57%、ドイツは44%、北米は48%それぞれ前年度比で減少した。（IFRより）

<http://www.ifr.org/news/ifr-press-release/the-robotics-industry-is-getting-back-on-track-151/>

＜サービスロボットの事業化課題について＞

次世代ロボットの本格的な産業化を行うためには、ロボットのタイプや使用シーンごとに、具体的な安全基準や実務的な安全性検証手法の策定と、そのために必要な技術を確認する必要がある[4]。そして、具体的に解決すべきロボットのタイプや使用シーンごとの技術的・社会的な重要課題は、「技術課題」と「環境・システム・制度的課題」が考えられている。技術的課題については接触安全技術（人間の身体動作検出等）、自律移動技術（安全停止・移動開始等）、移動作業安全技術（操作支援等）、そして、環境・システム・制度的課題については、具体的なタイプや使用シーンごとの安全基準の策定、関連する法規等を明確にするための関係者のネットワーク構築等があげられている。経済的に成り立つビジネスモデルの構築については、機能の絞り込み等によるコスト削減、普及価格を実現する部品流用や製品生産、運用リスク管理等の必要性が述べられている。

上記、報告書の提言を踏まえ、本発表ではサービスロボットの主要な事業化課題を①安全性、②法制度、③コスト、④パフォーマンス、⑤取り扱い、⑥メンテナンスの6項目と考え、先行的に事業化が進められている家庭用の掃除ロボットを一例に課題検証を行う。

3. 家庭用の掃除ロボットの事業化に関する課題検証

家電量販店で目にする掃除機は1万円前後の低価格製品から、2から3万円のスタンダード製品、5万円を超えるような高機能製品等バラエティーに富んでいる。一方、2009年度の掃除機（電池式、電気式）の輸出入実績[5]は、輸出が117千台（1,011百万円）であるに対し、輸入が6,519千台（36,257百万円）と貿易赤字である。また、高機能製品においては外国製品が競争力を有していたため、国内メーカーが追従するなどにより競争環境は激化した。2009年現在、我が国の家庭用の掃除用ロボットの市場規模は60億円であり、米国企業の家庭用の掃除ロボットシリーズおよび類似商品で市場形成されている。この米国企業が販売している製品を一例に、我が国における家庭用の掃除ロボットの事業化に関する課題検証を行う。

＜ベンチャー企業により国防技術を製品化＞

現在、世界中で家庭用の掃除ロボットを販売している米国企業はMITで人工知能研究を進めていた3人により1990年に設立されたベンチャー企業である。米国防省国防高等研究計画庁（DARPA）の資金供与により開発を進めた多目的作業用ロボットは、紛争地域で数千台が導入され、2001年のアメリカ同時多発テロの際にも、多くの人々の人命救助に貢献した。そして、これら国家プロジェクトで培った技術を最大限に注ぎ込み、独自に開発した人工知能が家庭用の掃除ロボットに搭載されている。2002年に発売を開始し、日本では2004年から代理店による販売がスタートし、2008年には国内累計販売台数5万台、2009年には国内累計販売台数10万台を達成。現在までに世界40カ国以上、400万台以上を販売。2008年には400人以上が従事する企業となり、また現在はNASDAQに上場しているが、各国の代理店を通じ家庭用の掃除ロボットシリーズの販売を行っている。

＜①安全性と②法制度＞

この家庭用の掃除ロボットシリーズの国内正規品はPSEマークを取得しているため、電気用品安全法により電気用品として製造、輸入、販売等が規制されるとともに、安全性の確保につき自主的な活動を促進することにより、危険及び障害の発生が防止されている。更に、一部モデルで使用している無線通信については、電波法の技術基準を遵守している。つまり、この家庭用の掃除ロボットシリーズはサービスロボットとしての機能や特徴のため、安全性や法制度の新たな課題に直面していたのではなく、あくまで白物家電と同様に電気用品の安全性及び法制度の枠内で従来の掃除機との差別化を図っていたと考えられる。

＜③コストと④パフォーマンス＞

通常の掃除機は人が掃除する場所や作業時間を決めるのに対し、掃除ロボットは各種センサからの情報を分析し、掃除する場所の形状、広さ、汚れ具合等を判断し、最適な清掃時間を自動的に計算し、人の手を借りずに自律的に掃除を行う。そのため、特にペットと暮らす世帯や共働き世帯においては、掃除の手間を掃除ロボットがいつでも担ってくれる。更に、掃除ロボットの稼働を妨げる要因である住宅

の段差については、住宅改装や新築におけるフローリングやバリアフリーの普及により改善されつつあり、掃除ロボットの稼働障壁が緩和されている。そして、家庭用の掃除ロボットシリーズは 2007 年から 2009 年まで毎年モデルチェンジを行い、ブラシの形状や機構の改良により、清掃力、機能性、メンテナンス性、耐久力を向上させている。2008 年には従来品（ハイエンドモデル、スタンダードモデル）より価格の低いエントリーモデルの発売を開始し、2009 年にはリモコンの機能が全てのモデルに装備される等の機能改善と同時に、価格を改定し全てのモデルがさらに低価格になった。通常の掃除機に比べ、構造上吸引力が劣る掃除ロボットであるが、この家庭用の掃除ロボットシリーズは情勢の変化やニーズとのマッチングを図ると同時に、技術的・機能的な改善を継続し、コストパフォーマンスを向上することにより販売台数を伸ばしていったと考えられる。

＜⑤取り扱いと⑥メンテナンス＞

産業用ロボットは技術を有する者による教示が必要なのにに対し、家庭用の掃除ロボットシリーズは教示のような作業は必要なく誰でもボタンを押すだけで、掃除を開始し、掃除完了またはバッテリー残量が少なくなると自動的にホームベースへ戻って充電することができる。また、付属品のバーチャルウォール（赤外線制御）により、指定された場所以外への侵入を防ぎ、同様に付属品のお部屋ナビ（赤外線制御）により連続した複数の部屋を順番にお掃除することを容易に設定できる。また、リモコンで遠隔操作が可能であり、掃除場所を特定すると同時に、ゴミセンサーによりゴミや汚れの多い場所は集中的に掃除できる。また、清掃中に何らかの異常が発生すると、ルンバは清掃を中断し、エラー音や音声で異常を知らせる。このように、ロボットに関する知識がない人でも容易に扱える仕様になっている。また、メンテナンスにおいては、消耗品の別売りによりバッテリーやフィルタ等が交換できるとともに、専門技術者によるメンテナンスサービスを受け付けており、本体の動作チェック、バッテリー、充電器、ホームベースの動作状況確認、最新ソフトウェアへのアップデート、分解・清掃を受けることができる。

図表 1 米国製の家庭用の掃除ロボットシリーズの事業化課題に関する検証結果

事業化課題	①安全性	②法制度	③コスト	④パフォーマンス	⑤取り扱い	⑥メンテナンス
事業化課題に対する取り組み事例	1. 電気用品として製造、輸入、販売 2. 自主的な活動を促進し、危険及び障害の発生を防止	1. 電気用品安全法 2. 電波法	1. 5 万円を超える高機能製品として販売開始 2. 2009 年、全モデルで値下げ	1. 人の手を借りずに自律的に掃除 2. 2007 年から毎年、モデルチェンジ	1. ボタンを押すだけで掃除開始、完了、電源の充電 2. リモコンによる遠隔操作 3. エラー音、音声で異常のお知らせ	1. 消耗品が交換可能 2. 専門技術者によるメンテナンスサービスの提供

サービスロボットの 6 つの事業化課題に対して、米国製の家庭用の掃除ロボットシリーズは我が国の既存の法規制の枠の中で白物家電との差別化を図り、情勢の変化やニーズとのマッチングなどを行い、2007 年以降、毎年モデルチェンジを進め、コストパフォーマンスを高めた。そして、専門的知識のない人でも容易に取り扱える仕様とするとともに、メンテナンスサービスを設けることによりユーザとのコミュニケーションを可能とした。このような取り組みにより、サービスロボットの事業化の 6 つの課題を克服し、我が国における販売台数を 10 万台以上に伸ばすことができたと考えられる。

一方、高機能・省エネ製品を生み続ける我が国の白物家電メーカーが家庭用の掃除ロボット市場で競争力を有していない。以下、このことについて考察及び提言を行う。

4. 考察及び提言

我が国における家庭用の掃除ロボットに関しては、2002 年に国内初となる製品が我が国の白物家電メーカーから販売された（海外製品の代理販売）。また、その前後には我が国の複数の白物家電メーカーが相次いで家庭用の掃除ロボットの試作機を発表するなど開発競争が激化していたが、現在、米国製の家庭用の掃除ロボットシリーズのように市場供給されている日本メーカーの製品はない。

＜安全性とコストパフォーマンス＞

米国製の家庭用の掃除ロボットシリーズは、電気用品として現行法制度を遵守し、販売されているこ

とを示したが、安全性がどこまで担保されているかについては十分な検証に至らなかった。例えば、家具や壁への衝突に関しては、障害物や壁を感知して走行スピードを緩めるソフトタッチバンパーや付属品のバーチャルウォール、クッションラバーなどにより、衝撃を最小限に減らす処置は施せるものの、家具や壁への衝突を完全に防げるとは規定されていない。また、清掃面に水分が存在しても、水分の検出を行って回避することはできないので、水上を走行した場合は故障原因になる。そして衝突による傷や破損、水没等については販売側が責任を負うことには必ずしもなっていない。つまり、現行法制度で規定されていない項目に関する安全性や機能をどこまで担保し、製品のパフォーマンスとして仕様に反映するかについては各社の判断に委ねられている。2002年前後、我が国における掃除ロボットの試作機開発競争の焦点として、「安全性」と「コンパクト化」の二律背反に対する開発を各社が推進していた。一方、その間に米国企業は世界中での販売拡大（40カ国、400万台以上）によりコスト競争力をつけた。その結果、我が国の白物家電メーカは市場参入することができなかったと考えられる。米国企業は既存製品シリーズの完成度及びコストパフォーマンスを高めたが、安全性に関してはユーザに一定のリスクと責任を与えるなど、安全性とコストパフォーマンスを切り離していた。しかし、我が国の白物家電メーカは日本の住宅事情を考慮しコンパクト化を図るとともに、安全性とコストパフォーマンスを切り離すことなく、安全性をパフォーマンスの一要素に含めていた。そのため、安全性が価格に転化され（センサを多用する等）、結局、コスト競争力を維持できなくなったか、または、各社が規定する安全性を満足することができず、市場参入できなかったと考えられる。

<ベンチャー企業と大企業>

我が国の家庭用の掃除ロボットの市場規模は2009年において60億円であるが、2002年前後の開発競争を実施していた時点では極めて小さい市場規模であったと推定される。その当時は、米国ベンチャー企業が、家庭用の掃除ロボットをリリースしたばかりであったのに対し、我が国では大企業が開発を推進していた。ベンチャー企業にとっては一台でも多く、自社の製品を売ることが至上命令であるのに対し、大企業にとっては既存事業（白物家電等）との優先順位や未だ市場が形成されていない等、当該事業に対する評価は冷ややかであったとも考えられる。特に、安全性に関する不確実性がある場合は、企業ブランドを揺るがすような事態になることも予想されるため、事業化の判断が下されことは極めて困難である。

そこで、家庭用の掃除ロボットに関する事例をもとに、今後導入普及が期待されるサービスロボットの事業化に関する提言をまとめる。

①サービスロボットの事業化を目指す企業は、製品コンセプトに対する価格設定を行い、その価格設定の範囲内で最大限の機能・安全性の仕様を策定し、現行法制度を遵守する。メンテナンスサービスによりユーザとのコミュニケーションを行い、そこから見出されるニーズを開発にフィードバックしコストパフォーマンスを高める。

②サービスロボットの事業化を目指す大企業は①に取り組むとともに、自社で事業化が困難と判断される場合は、企業本体から人材と開発資源を切り離した企業発ベンチャーに①を主体的に取り組ませる。

③国や業界団体等の第三者機関は、①や②の取り組みの障壁やサービスロボットの普及課題に関する指針や標準、規定や法規制を整備する。特に防ぎようのないリスクについては保険や基金を設立する。

5. まとめ

今後、導入普及が期待されるサービスロボット市場における課題は、安全性、法制度、コスト、パフォーマンス、取り扱い、メンテナンスであると整理し、先行的に事業化が進められている家庭用の掃除ロボットを一例に課題検証を行った。その結果、既存の白物家電との差別化を行い、情勢の変化やニーズとのマッチング等を図りながらコストパフォーマンス高め、更にメンテナンスサービスを設け一般ユーザとのコミュニケーションを行うことにより、それぞれの課題を克服していたことが示された。そして、我が国の白物家電メーカが家庭用の掃除ロボット市場で競争力を発揮できていないことについては、大企業であるがゆえに安全性とコストパフォーマンスを価格制約のもと克服することができなかったことを指摘した。これらを踏まえ、サービスロボットの事業化に関して、①製品コンセプトに対する価格設定から機能・安全性の仕様を策定し、ユーザニーズを開発にフィードバックしコストパフォーマンスを高めること、②大企業からの企業発ベンチャーの誘発、③国や業界団体等による支援施策を提言した。

今後、現在我が国の各メーカが積極的に進めている海外事業展開について、サービスロボットにおい

ではどのような事業方針のもと推し進めていくのか企業インタビューを実施し調べる。特に、介護・福祉や移動支援については、サービスロボットの導入普及が強く期待される分野であるが、安全性等の課題解決に対する各企業の取り組み、どのような国や業界団体等の支援施策が事業化を促進するのか調べる。

[参考文献]

- [1]高橋秀雄、「2011 年版 図解革命！業界地図 最新ダイジェスト」、一橋総合研究所、2010 年。
- [2]ロボット工業会編、「年間統計推計表」、<http://www.jara.jp/data/dl/yeartable.pdf>、2010 年。
- [3]田中一志、「2009 次世代生活支援・サービスロボットの将来展望」、株式会社富士キメラ総研、2009 年。
- [4]ロボット産業政策研究会編、「ロボット産業政策研究会 報告書 ～少子高齢化時代を見据え、ロボットと共存する安全・安心な社会システムの構築に向けて～」、<http://www.meti.go.jp/press/20090325002/20090325002-3.pdf>、2009 年。
- [5]社団法人日本電機工業会編、「家庭用電気機器 輸出」、「家庭用電気機器 輸入」、<http://www.jema-net.or.jp/Japanese/data/hosei/ka-excy.xls>、<http://www.jema-net.or.jp/Japanese/data/hosei/ka-imcy.xls>、2010 年。