

家庭内物流支援ロボットシステムの構築

(第1報：物流支援ロボットシステムのシステム全体設計)

福井類, 大串和之, 勝代雅行, 森下広, 森武俊, 佐藤知正 (東京大学)

Construction of the Logistical Support Robot System in living space. (1st Report: Total System Design.)

*Rui FUKUI, Kazuyuki Ohgushi, Masayuki SHODAI, Hiroshi MORISHITA,
Taketoshi MORI, Tomomasa SATO(The University of Tokyo)

Abstract—This paper proposes a logistical support robot system in human living environment and discusses several problems that must be solved for the implementation of such a system. As solutions to the problems, an intelligent Container, an upper ceiling automatic rack system and a logistical information management system are proposed. Finally total system design is considered and the system overview is described.

Key Words: Intelligent Environment, Human-Robot Cooperation, Logistical System.

1. 研究の背景

少子高齢化の流れに伴い、ロボット研究に対する要求の1つとして『生活環境におけるロボットによるさりげない(人と低干渉な)物理支援の実現』が求められている。そこで本研究では Fig.1 に示すような、生活の大きな部分を占めるモノへのアクセスを支援する環境型ロボットとして”家庭内物流支援ロボットシステム”の実現を目標とする。家庭内物流支援ロボットシステムによる人間のモノへのアクセス支援は Fig.2 に示すように「保管」「運搬」「受渡し」の3つの主機能による状態遷移から成る。

「運搬」の基本となる生活環境におけるロボットの移動においては、人間とロボットの空間の取り合いが大きな問題となるが、これまで我々が取り組んできた天

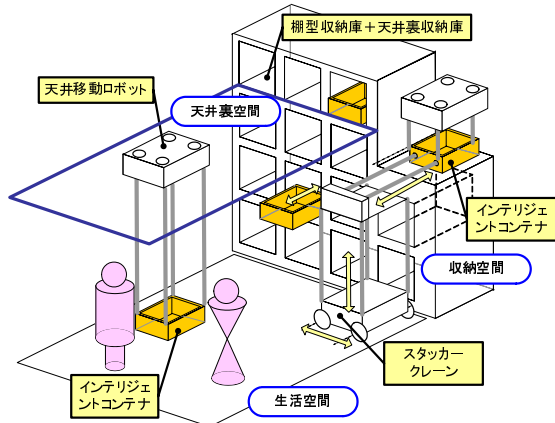


Fig.1 家庭内物流支援ロボットシステムのコンセプトスケッチ

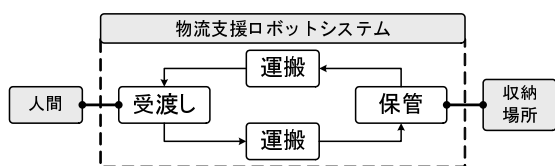


Fig.2 家庭内物流支援ロボットシステムにおける状態遷移

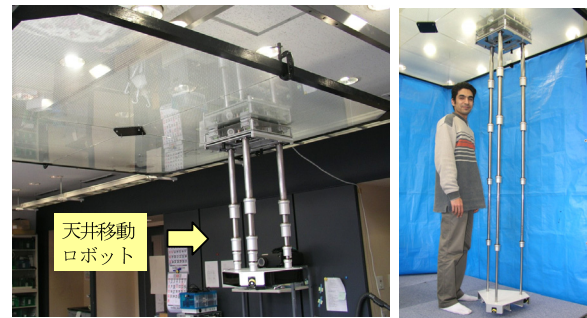


Fig.3 天井移動ロボットプラットフォームの概観

井移動ロボットプラットフォーム [1] (Robotic Ceiling System, Fig.3) を利用することで問題解決の目途は立っていると見える。一方で「保管」「受渡し」に関しては、各々の生活環境特有の課題が残されている。本論文では研究の特徴となる「保管」「受渡し」における課題の洗い出しを行い。それらを解決する物流支援ロボットシステムのシステム全体設計について述べる。

2. 課題の洗い出しと解決策の検討

本章では「保管」「受渡し」に関して、生活環境特有の課題について検討を行う。

2-1 課題の洗い出し

【課題1】居住空間の効率活用

昨今、都市部での人口過密は先進国の中で重要な問題の一つである。これに伴い居住空間は縮小化の一步をたどり結果として十分な収納空間が確保出来ないという問題も発生してきている。そこで本システムにおける保管においては、居住空間をより効率的に用いる方法を開発する必要がある。一方で、従来の収納方法を著しく損なうようなシステムはユーザへの苦痛を伴い可能性があり、可能な限り既存の収納方法と両立する形での収納方法の確立が課題となる。

【課題2】収納位置の最適化

人間はモノの役割、価値などを自然と整理し、保管・

配置の位置を最適化している。例えば食器は台所近辺に配置されるし、使用頻度の高いものは手元に、その逆は納戸の奥に収納するなどの最適化を行っている。搬送センターにおける物流の最適化とは異なるモノの素性・属性の曖昧さを含む問題を取り扱うという意味で、生活環境中における人間の保管・配置の最適化プロセスの解明とロボットによる再現・実装が課題となる。

【課題3】受渡しにおける確実性向上

物品の受渡しに関しては、古くよりロボットハンドによる Pick and Place が取り組まれてきたが、形状が未知の物体を自由に操作するまでは至っていない。特に生活環境における物体は多種多様であり、そのすべての形状・性質を詳細に記述することは困難であり、把持の確実性が要求される実生活環境においてこれまでのロボットハンドによる把持戦略は必ずしも実用的とは言えない。この確実に物体の受渡しを行う手順もしくは機構の開発が課題となる。

2.2 課題の解決策の検討

【課題1】居住空間の効率活用の実現

空間の効率活用という意味では天井移動ロボットプラットフォームのポリシーと同様に「日常人間が使用していない空間を活用する」という考えが必要となる。一戸建ての住宅を見るとロフトや天井裏収納が普及している。これは人間が居住するには十分な高さや広さのない天井裏を収納空間として活用するという考えである。しかし、この天井裏の収納にはクローゼット等の一般収納と異なり、以下の2つの問題が挙げられる。

- 出納作業が非常に手間であり、居住者にとって大きな負担となる。
- 日常使用しない空間だけに、天井裏に収納されているものを人間が忘却してしまう可能性がある。

ここで工場等によく見られる自動収納庫の仕組みを取り入れることによって上記二つの問題を回避することが可能となる。具体的には

- 天井裏への出納作業をロボットにより自動化する。
- 収納庫へ入庫したものの記録を行う。

これによって従来の収納方法を損なうことなく、天井裏空間を収納空間として高効率に活用することが可能となる。また一方ですべての品を天井裏に収納するのは既存の収納方法を損なう可能性があるが、これは天井裏収納庫と同様な棚型の収納庫を従来の収納棚と置換することで回避可能である。

【課題3】受渡しにおける確実性向上の実現

確実性を向上するために、受渡し作業を標準化するという方法が従来工場のライン生産の中で行われてきた。これは対象物体の詳細な情報をシステム側に受渡し、かつその受渡し方法を数種のパターンに分類し、同種の受渡しは常に同じ手順・方法で実施するというものである。

これに類する解決策として把持方法の情報を記載したタグを物体に付与する研究 [2] があるが「ロボットのための環境を整備する」という概念を提言した重要な研究である一方で、生活環境中の物体は実に多種多様であり、これらすべての受渡し戦略をタグに記述する

という点では、現実的であるとは言い難い。

そこで「家庭内における物品受渡しの標準化」を念頭に、人とロボットが容易にモノを受渡し可能な「接点」の構築に取り組むこととする。具体的には「受渡しにおける接点」として、人が様々なモノを収納するのに十分な積載性能を持ち、またロボットにとって位置発見、把持、運搬、収納が容易となる補助機能を実装したインテリジェントコンテナ（以降”iコンテナ”と記述）を構築し、家庭環境内での人間とロボットシステムの物品の受渡しをより確実なものとする。

【課題2】収納位置の最適化の実現

人間は日常の整理・整頓の中で使用頻度、将来的な価値、使用組み合わせなどの様々な情報を頭の中で処理している。一方で前述の課題3の解決方法としてモノの受渡しをiコンテナを用いて行うこととした。これにより基本的に収納品はコンテナ上に設置されることになり、このコンテナに内容物を認識させる機能を実装すればモノの使用頻度、タイミング、使用組み合わせなどの一通りの情報が得られ、これを処理することによって収納位置の最適化を図ることが出来る。

具体的には、以下の収納最適化方法が考えられる。

1. 天井裏収納庫と棚型収納庫の収納区別
使用頻度の高いものは棚型収納庫に設置し、その逆は天井裏に収納するといった区別を行うことにより「人間の従来の収納方法を損なわずに空間を効率的に利用可能」という利点を享受出来る。
2. 同一コンテナへの収納組み合わせ
同時に使用されることの多いモノは同一のコンテナに積載されたほうが出納の手間が省略される。

2.3 課題と解決策のまとめ

Table.1 に本章で検討結果をまとめる。

Table 1 課題と解決策のまとめ一覧

課題	解決策
1. 居住空間の効率活用の実現	天井裏自動収納庫及び棚型自動収納庫の構築
2. 収納位置の最適化の実現	iコンテナによるモノの使用履歴情報の取得とそれに基づく、収納場所・収納組み合わせの最適化
3. 受渡しにおける確実性向上の実現	種々の受渡し補助機能を搭載した“iコンテナ”を仲介とする。人間とロボットシステムのモノの受渡し。

3. システム全体設計

本章ではまずシステムに必要な主機能の整理を行い、次にそれらを実装するシステム構成について述べる。

3.1 システムの主機能の整理

iコンテナを接点として人間とシステムの間でモノのやり取りを行う上で必要なシステムの主機能を保管・運搬・受渡しの流れに沿って Fig.4 に整理する。

本システムに必要な主機能は以下の5つとなる。

- 機能1: iコンテナの積載物の変化を認識する。
- 機能2: 機能1によって認識された積載物の変化情報を蓄積・管理する。
- 機能3: iコンテナの位置を認識し、運搬に備える。
- 機能4: iコンテナを把持・運搬する。
- 機能5: iコンテナを保管・管理する。

3.2 システムの構成

システムの5つの主機能を構成するサブシステムについて検討を行う。なおここで上げるシステムは実装

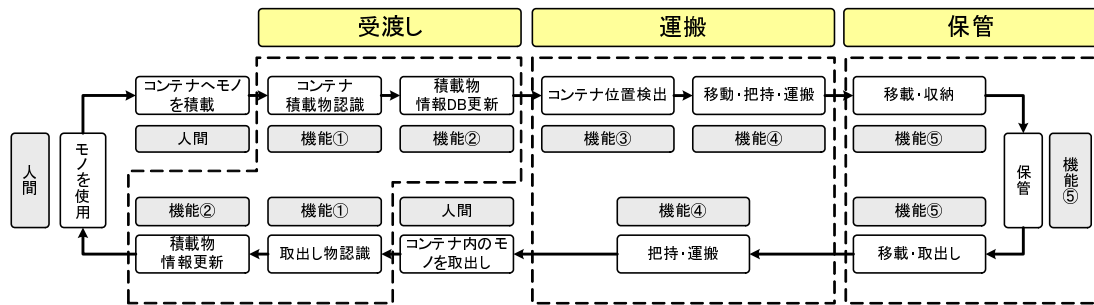


Fig.4 家庭内物流支援ロボットシステムの主機能の流れ

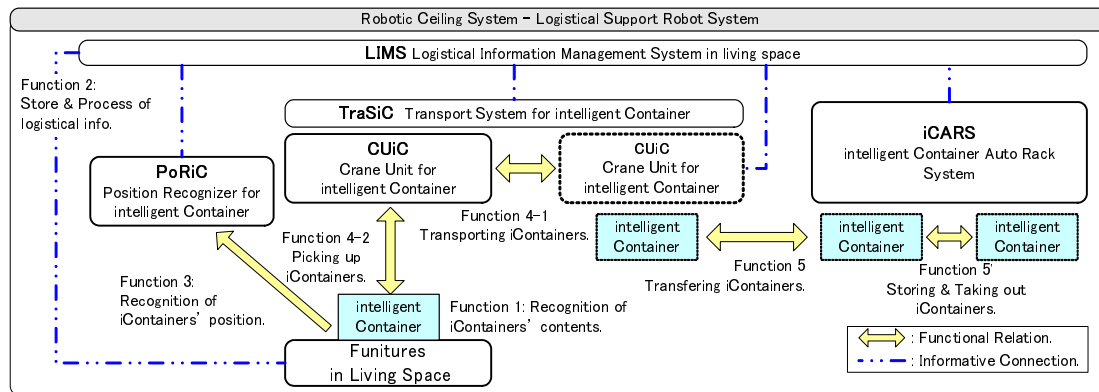


Fig.5 家庭内物流支援ロボットシステムのシステム構成のまとめ

上の装置とは1対1で対応しておらず、1つの装置上に複数のシステムが実装されるものも存在する。

- 構成1：i コンテナ積載物認識システム (Contents Recognizer for i-Container)
 昨今物流業界で普及活動が盛んなRFID等のタグを読み取る機能を用いて、積載物の認識を実現する。またこの認識結果は人間に提示し、必要によって処置の確認を問いかける。このシステムはi コンテナの一部を構成する要素となる。
- 構成2：家庭内物流情報管理システム (Logistical Information Management System in living space)
 i コンテナ上のCoRiC (i コンテナ積載物認識システム)を通して取得された積載物情報をネットワーク経由で取得し、データベースとして検索可能な形で蓄積する。また蓄積した情報は収納最適化ソフトウェアによって処理され、生活者への収納アドバイス等の形で情報支援を行う。
- 構成3：i コンテナ位置認識システム (Position Recognizer for i-Container)
 このシステムは室内に設置されるセンサとi コンテナに実装されるマーカの組み合わせによって実装される。なお本システムでは部屋の中からコンテナを発見するという大域的な位置計測とコンテナに接近したロボットに詳細なコンテナの相対位置・姿勢を伝達する局所的な位置計測の両者を実装する。
- 構成4-1：i コンテナ運搬システム (Transport System for i-Container extends RCS)
 天井移動ロボットプラットフォームを拡張して、コンテナを運搬するクレーンユニット (Crane Unit for i-Container) を構築する。

- 構成4-2：i コンテナ把持誘導システム (Grasp Leading Navigator for i-Container)
 このシステムはi コンテナがロボットにとってハンドリングしやすい物体となる基本機能を担い、ラフなロボットの位置制御でも把持へと導くガイド機構部と、把持・固定を行うロック機構部から構成される。本システムは主としてTraSiC (i コンテナ運搬システム) に組み込まれ、一部はi コンテナの構造設計とも関係する。
- 構成5：i コンテナ収納システム (i-Container Automatic Rack System)
 本システムは天井裏収納庫と棚型収納庫及びi コンテナの移載や収納庫間の荷移しなどを行うスタッカークレーンから構成される。

3.3 システム構成のまとめ

Fig.5 にシステムの主機能と構成のまとめを示す。

4. 結言

本論文では家庭内物流支援ロボットシステムの実現を目標とし、「保管」「受渡し」における生活環境特有の課題の洗い出しを行い「居住空間の効率活用」、「収納位置の最適化」、「受渡しにおける確実性の向上」を課題として設定し、これらを解決する手法の提案及びその手法を実現するシステム設計指針 (システムの主機能分析、構成要素の検討) について述べた。

- [1] 福井ら: "磁石誘導型天井移動ロボットプラットフォーム~天井吸着用磁石モジュールと複数ロボットの位置計測方法~", ロボティクスシンポジウム, pp.146-153, 2004.
- [2] 香月ら: "二次元バーコード付きマークを用いた複数物体のハンドリング", 第3回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会, pp.199-200, 2002.