

家庭内物品収納コンテナ用把持機構の開発

Development of a Mechanism for Grasping Container Cases in Home Logistical Use

学 福井 類 (東京大学) 勝代 雅行 (東京大学)
正 森 武俊 (東京大学) 正 佐藤 知正 (東京大学)

Rui. Fukui, *Masayuki. Shodai, Taketoshi. Mori, Tomomasa. Sato
Department of Mechano-Informatics, The University of Tokyo, Tokyo, JAPAN
(fukui,shodai,tmori)@ics.t.u-tokyo.ac.jp
tomomasasato@jcom.home.ne.jp

This paper reports the development of a mechanism for grasping container cases in home logistical use. When we expect robots to carry something at home, robots have to grasp various goods at home. However, it's very difficult in terms of the complicated problems of recognition and control. To solve these problems, we make a proposal using container cases in home logistical use. Using container cases in logistical use, we can limit subjects which robots have to deal with. In this paper we describe the development of a grasping mechanism only for such container cases. This mechanism can passively permit 10mm errors in positioning. To realize the needs, the mechanism consists of the guide mechanism with a combination of a taper pin and a hole, and the slide mechanism which can switch high and low friction automatically.

Key Words : grasping mechanism, human symbiotic system, logistical system, robot handling

1 緒論

家庭内での運搬をロボットに担わせるためには対象物をハンドで把持するアプローチが一般的であるが、認識や制御の複雑さから信頼性の高い把持を実現することは現状では難しい課題となっている。一方で本研究室では生活環境におけるロボットによるさりげない物理支援の実現を目指し家庭内物流支援システムを構築している。このシステムにおいてはFig.1に示すように天井ロボット [1] によりコンテナケース (インテリジェントコンテナ) を運搬することを想定している。これは上述の把持の問題を解決するために、位置情報などを発信できる規格化されたインテリジェントコンテナに運搬対象物を載せ、ロボットに運搬させることで認識や制御の複雑さを軽減し、確実な把持を行うことを狙ったものである。しかし多様な家庭環境の中で安全かつ確実にインテリジェントコンテナを把持することは難しい。一方で菅原ら [2] はヒューマノイドロボットにおいて専用の装置を用いて動作を確実かつ迅速に行うことに成功している。そこで本論文ではインテリジェントコンテナを確実に把持できる専用のコンテナ把持機構を製作することを目的とする。

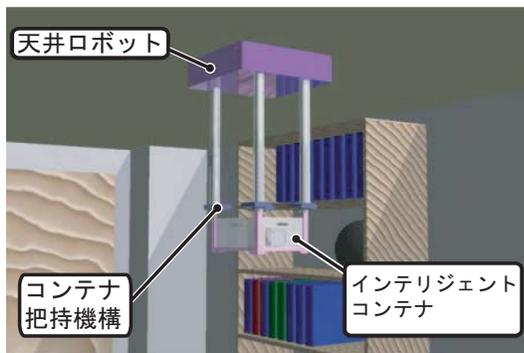


Fig. 1: A conceptual picture of the ceiling robot carrying a container case in the room

2 コンテナ把持機構の要求機能と方式の検討

2.1 要求機能の検討

コンテナケースを確実かつ安全に運搬するために、また利便性なども考慮して以下の項目を要求機能としてあげた。

- 衝突時や停電時でもコンテナを保持できること
コンテナケースの運搬中に人間と衝突したり給電が断たれてしまうことは十分に考えられる。この際にコンテナケースを落としてしまうのは危険であると考えられるため、コンテナケースを保持し続ける必要がある。そのためにはコンテナケースを把持している状態の維持に電気などのエネルギーを用いないことが望ましいといえる。また、これは結果的に省電力につながる。
- 位置情報や制御での誤差をなめらかに吸収できること
コンテナケースを把持するためには、室内でのコンテナケースの位置を認識し、その位置までロボットが向かう必要がある。しかしこの際に位置情報や制御による誤差が生じるため、把持機構には受動的かつなめらかに、この誤差を吸収できる機能が備わっていることが望ましい。本研究では天井ロボットの制御性能などを考慮して平面内での誤差が直径 20mm の円内に収まっていれば、把持できるという項目を要求機能とした。
- 様々なロボットに取り付け可能であること
本研究ではコンテナ把持機構を天井ロボットにとりつけることを念頭に置いてはいるが、その他のロボットにも取り付けられる構成になっていれば、天井ロボット以外のロボットにも家庭内での搬送を担わせることが可能となる。そこでさまざまなロボット、とくにロボットアームの先端にも取り付けられる大きさにすることとした。

これらの要求機能を満たすため、把持機能には以下が必要であると判断した。

- ロック機能
- ガイド機能
- モジュール化

2.2 コンテナ把持機構の制約条件

上述の要求機能に加え、以下を制約条件とした。

- コンテナケースの上面を把持すること
コンテナケースを把持するために上面を用いることは必ずしも必要となる機能ではない。むしろ人間にとってはコンテナケースの側面や底面を把持することのほうが自然である。このような要求機能を挙げた理由は、コンテナケースが室内環境で使われている際に壁際に置かれることが多いことを考慮してである。仮に把持を行う面が壁と接触していた場合、把持を行うことは難しくなってしまう。また本研究で運搬を担うロボットとして念頭においている天井ロボットは上からアプローチを行うロボットであるため上面を把持することが自然であるといえる。
- 把持できる重量は5[kg]
コンテナケースに積載される重量はペットボトル3本分程度を想定し、一つのコンテナ把持機構で把持可能な重量を5[kg]とした。
- 安全性が確保できていること
家庭環境内で用いられることを前提としているので安全性には十分に留意する必要がある。家庭内では防護網などは用いられず人間と同じ環境下でロボットが動作することとなるので十分に安全対策が講じられていなければならない。
- 小型・軽量であること
コンテナケースの重量と把持機構の重量は余分に運搬しなければならない重量であるといえる。ロボットが運搬できる重量は決まっており、把持機構はできる限り小型軽量であることが望ましいといえる。

2.3 把持方式の検討

次に把持機構として考えられる方式を4つ検討した (Fig.2)。

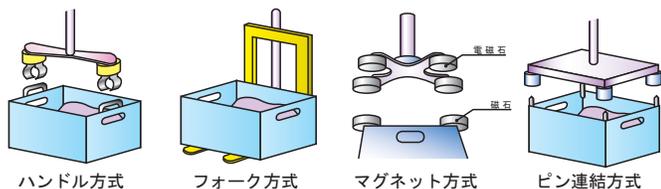


Fig. 2: considered methods

考案された把持機構を比較検討した (Table1)。今回は確実な保持が可能で安全性に優れると判断しピン連結方式を採用することとした。

2.4 RCC デバイス

ピン連結方式を採用する場合、位置の誤差が生じていた場合でもピンを確実に穴に挿入する必要がある。これを工業用途で実現しているのがRCC(Remote Control Center) デバイス [3] である。だが既存のRCCデバイスでは平面内で直径10[mm]の円におさまる誤差を吸収し5[kg]ほどの重量を持ち上げることは難しい。これはばねが垂直に近い角度で配置されているため、水平面内の大きな変位を吸収することが難しいためである。そこでRCCデバイスとは異なるガイド機構を考案することとした。

Table 1: The comparison chart of the methods for grasping container

評価対象	ハンドル	フォーク	マグネット	ラッチ
性能に関する項目				
位置決め精度	○ 寛容	◎ 非常に寛容	◎ 非常に寛容	△ 精度が必要
搬送時の振動	○ 少ない	○ 少ない	○ 少ない	◎ 非常に少
搬送時に衝突した際の安全性	○ 安全	× 落とす危険性	× 落とす危険性	◎ 安全
保持に必要なエネルギー	○ 不要	○ 不要	× 必要	○ 不要
機構の複雑さ	○	○	◎ 可動部分なし	△ 複雑
把持状況検出のしやすさ	× 誤検出しやすい	△ 誤検出しやすい	△	◎ ラッチ部分を検出
モジュール化のしやすさ	○ 可能	× 大きくなる	○ 可能	○ 可能
コスト	○	◎ 構造が簡単で部品も安価	○	○

凡例: ◎優れている ○該当する機構のみで機能・条件をみたす
△ほかの機構と組み合わせる必要がある・優れているとはいえない
×機能を満たすのが難しい

3 コンテナ把持機構の設計・試作

上記のピン連結方式によるコンテナ把持機構を Fig.3 のような機構の構成によって実装した。

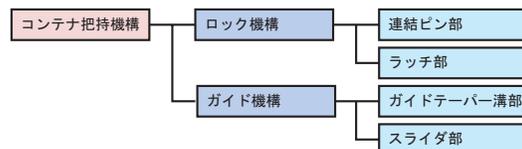


Fig. 3: Components of a mechanism for grasping container

コンテナ側の四隅に連結用のピンが立っており、それを把持機構でラッチする方式とする。連結ピンにはテーパーがついており、把持機構側はクレーター状の溝がついたガイドテーパー溝を押し込むことでラッチ部をスライドさせる (Fig.4)。その後ボールが差し込まれたことをスイッチで検出し、ラッチがかかる。

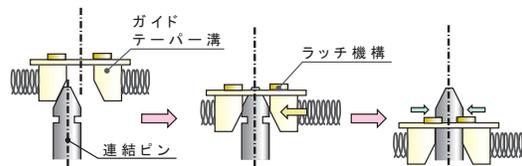


Fig. 4: Outline of the guide system

次に各部分についての詳細設計について述べる。

3.1 ロック機構の設計・試作

ロック機構は連結ピンに刻まれた溝をラッチすることで実現する。連結ピンは位置決めピンに溝を刻むことで制作した。またロック機構はコンテナケースを把持する瞬間だけエネルギーが必要で保持している間はエネルギーを必要としないものにする必要がある。そこで自己保持型のソレノイドを用いることとした。このソレノイドでラッチ用のプレートを駆動し、ロックをかける。今回は省スペースに配置することが可能であると判断しプレートの形状を鉤型 (Fig.5) とした。

3.2 ガイド機構の設計・試作

ガイド機構のスライダ部には相反する仕様が求められた。ピンの挿入時にはなめらかにスライドするように低摩擦であ

4 評価試験

製作したコンテナ把持機構が要求仕様をみたしているかどうかを確認するために評価試験を行った。行った実験は以下の3つである。

- ロック機構の対荷重試験
 - ピンを挿入する際のガイド性能の測定
- 以下にこれらの実験の詳細を述べる。

4.1 ロック機構の耐荷重試験

5[kg]のおもりを吊るし、その重量までであれば把持できることを確認した。(Fig.9) これにより要求仕様を満たしていることを確認した。

4.2 ガイド機構のガイド性能評価試験

コンテナ把持機構のガイド機構の性能評価をするため Fig.10 のような試験装置を製作し、実験を行った。Fig.11 はこの評価装置で連結ピンがコンテナ把持機構に挿入される様子である。

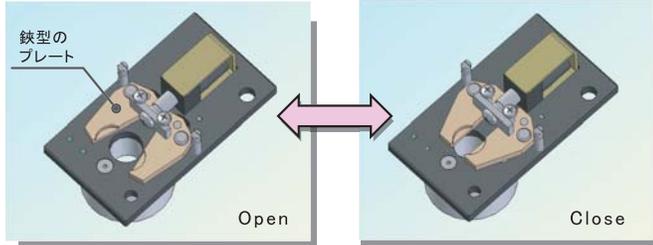


Fig. 5: The latching mechanism whose shape is like scissors

ることが、ピンをラッチしている間は搬送しているコンテナケースが振動しないように高摩擦であることが求められることとなった。そこで低摩擦と高摩擦のスライド面が受動的に選択される仕組みを考案し、この仕様を満たすこととした。(Fig.6)

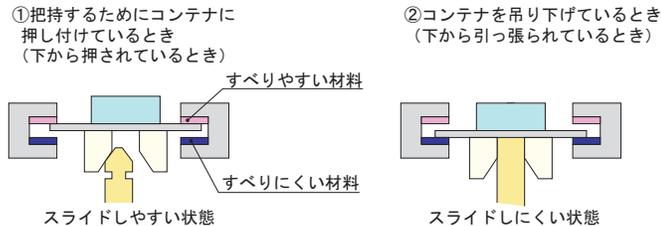


Fig. 6: An outline picture how slider works

以上をもとにして実際に製作したガイド機構の様子を Fig.7 に示す。

高摩擦係数と低摩擦係数の材料を貼り付けたスライド部



Fig. 7: Overview of the guide system

3.3 コンテナ把持機構外観

以上をもとに本研究で製作したコンテナ把持機構の外観図を図8示す。

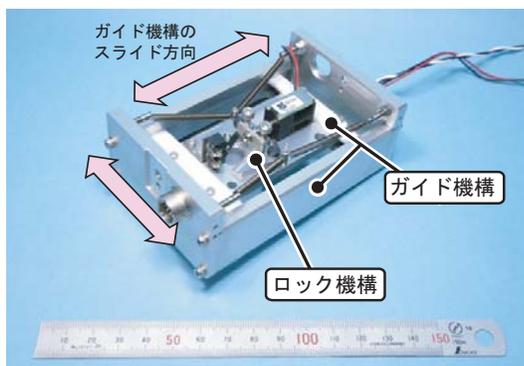


Fig. 8: Photo of mechanism for grasping container

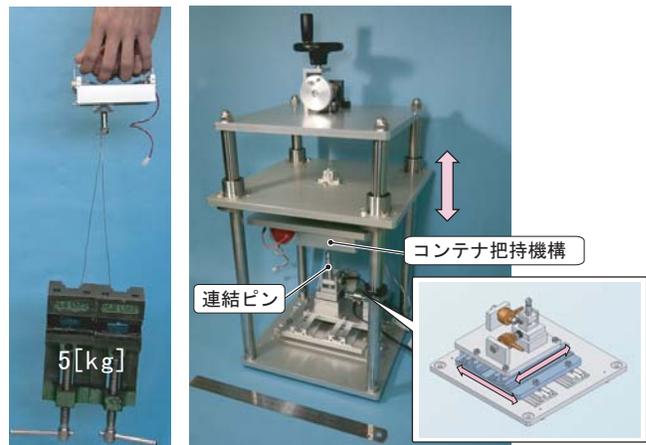


Fig. 9: Load test

Fig. 10: Test bed for guide system



Fig. 11: test for guide system

今回の把持機構はばねでガイド機構を中心に戻している。そのためピンを挿入する際、ガイド機構が中心位置から離れるほどピンに加わる力が大きくなる。なめらかにピンを挿入できるということは大きな力が加わらずにピンを挿入することだと定義しピンに加わるラジアル方向の力を測定した。Fig.10 に示した試験装置では床面に平行なXY平面内において、各軸方向に動かしてピンの位置を固定することができる。これにより要求機能を定めるときに挙げた直径20mmの誤差を再現する。そこでピンを様々な場所で固定し、その場所でピンに加わる力の最大値を測定した。

ピンに加わる力はX軸方向とY軸方向に配置したロードセルで測定している。またそれと同時にガイド機構のライドした移動量を測定するためセレスコ社製のワイヤ式位置トランスデューサを用いている。

Fig.12はY軸方向に10mmピンを動かして固定した際の測定結果である。

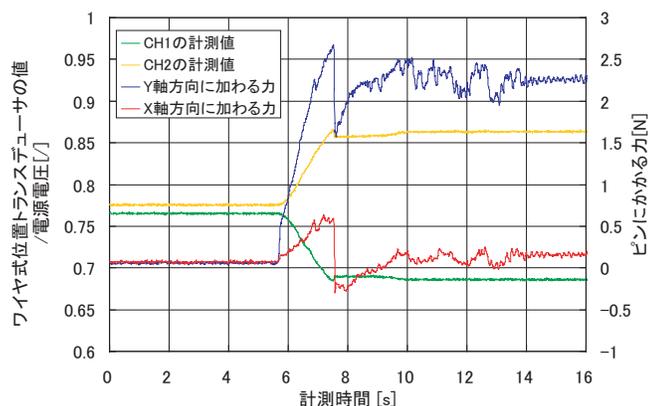


Fig. 12: measurement of the slider movement and the force against the connecting pin

またY軸方向にピンを動かして固定し、その際の最大値をグラフにまとめたのが Fig.13 である。本来であれば平面内のどちらの方向にピンがずれていた場合でも同じ力で挿入できることが望ましいが、今回の把持機構ではばねを配置する都合上Y軸方向にガイド機構が移動するときにもっとも大きな力が加わる構造となった。そこでピンに加わる力の最大値を評価するためにY軸方向にピンを移動させて固定し、この実験を行った。

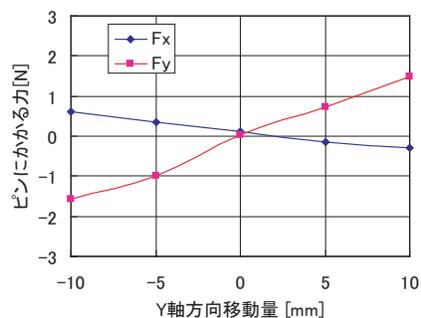


Fig. 13: Maximum value of the force

Fig.13により2[N]以下で連結ピンを挿入できていることが分かる。空のコンテナケースが木製のテーブルに置かれている場合、最大静止摩擦力は2.5[N]程度となる。今回の実験による値はそれよりも小さい。よってなめらかに挿入できるとした。

ただしこの最大値は設計時に計算したものよりも大きな値となっていた。原因としては以下のような理由が考えられる。Fig.14は連結ピンが挿入されたときのスライドの模式図である。連結ピンが溝のテーパによってガイドされている際には、連結ピンがスライドする部分を下方から押すため、スライドする部分全体が傾き接触する部分が点接触となってしまう。また傾きが大きくなると下面の摩擦係数の大きい面とも触れてしまうこととなる。これらの原因により設計値よりも

大きな力がかかってしまっているものと考えた。しかし、コンテナケースが滑り出すほどの力ではないので、なめらかに挿入できているとした。

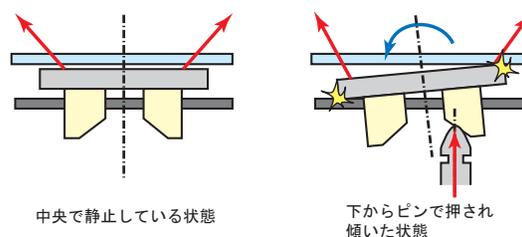


Fig. 14: Analysis of the slider movement

5 結論

本研究では家庭内物流支援ロボットシステムの実現という目標のもと、その中で課題となる対象物体の認識や制御の問題を解決する方法として、専用のコンテナケース(インテリジェントコンテナ)を用いるアプローチを提案した。

本稿ではこのアプローチの具体化の1つとしてインテリジェントコンテナを把持する専用把持機構の開発を行った。

把持機構の要求機能として、対象となるコンテナと把持機構の相対位置が10[mm]以内であれば把持を実行可能なガイド機能と、エネルギー供給がなくても約5[kg]の荷重を支持可能なロック機能の2つを上げた。この要求機能・制約条件をもとにコンテナ把持機構単体を製作し、専用の評価装置を用いた試験により要求仕様を満たしていることを確認した。

また本研究で製作したコンテナ把持機構の特長は2種の摩擦係数の材料が受動的に選択される構造によりガイド機能のON, OFFを切り替えることが可能な点にある。

将来課題としては、複数のコンテナ把持機構を用い実際にコンテナケースの把持を行うことが挙げられる。

文献

- [1] 福井他: "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] 菅原他: 人間協調・共存型ロボットシステムのビル・ホーム管理サービス応用(第4報)室内管理作業用ハンド支援ツールの開発, 第19回日本ロボット学会学術講演会, pp.337-338, 2001.
- [3] D.E.Whitney: "Quasi-Static Assembly of Compliantly Supported Rigid Parts", ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control vol.104, pp.65-77, 1982.