

生鮮食料品を対象とした遠隔ショッピングロボットシステム —商品把持機構の設計と構築—

Remote Shopping Robot System for Fresh Foods —Development of the foods grasping mechanism—

○富沢 哲雄 大矢 晃久 油田 信一（筑波大） 小柳 栄次（桐蔭横浜大学）

○Tetsuo TOMIZAWA, Akihisa OHYA, Shin'ichi YUTA (University of Tsukuba)
Eiji KOYANAGI (Toin University of Yokohama)

Abstract— Our purpose is developing the remote shopping system as a concrete application. A human uses the system to select and buy fresh foods of a supermarket from a remote location via the Internet. We analyzed the shopping task, and designed a mechanism for grasping foods. This paper describes the structure of this mechanism, and shows performance.

Key Words: Remote shopping, Mobile Manipulator, Foods handling

1. はじめに

1.1 目的

本研究では、ロボット技術を応用した具体的な場面を設定し、それを実現するシステムを実際に構築することで、アプリケーションとしてのロボットの可能性を示すことを目的としている。ここでは具体例として、離れた場所から生鮮食料品を購入することのできるロボットシステムの開発を目指す。生鮮食料品は、個体によって品質や形状が微妙に異なり、購買者の好みに応じて選択される対象が変わってくるため、ロボットは臨機応変に行動をとることが求められる。食品を買う作業は、人間が日常生活を営む上で不可欠であり、自ら食料品店に出向くことのできない人が、自分の目で商品を選別しながら購入できるシステムは、社会的にも貢献度が高い仕事として期待できる。国内外の研究をみても、このようなアプローチ方法そのものが珍しく、また、ロボットで生鮮食料品を遠隔操作することは、一部の生産現場でしか見られない¹⁾。

1.2 遠隔買物支援システム

遠隔買物支援システムの具体的なコンセプトは、以下のとおりである。スーパーマーケットの中にロボットを配置しておき、一般の家庭からインターネットを介してロボットにアクセスし、店の棚に並べられた生鮮食料品を実物を見ながら品定めする。選択した商品は、レジで料金を精算され、その後各家庭に宅配される。自宅にいながら店の商品の実物を見て、自分で直接選択を行うことができる点が、従来のカタログ通販とは大きく異なる。遠隔買物支援システムが利用される時の、おおまかな作業の手順を図1に示す。

本稿では、このようなシステムを実現するにあたり、特に食料品の把持機構に焦点をあて、多種多様な形状を持つ生鮮食料品を把持するのに適した把持機構についての検討、および設計・試作した機構メカニズムについて述べる。

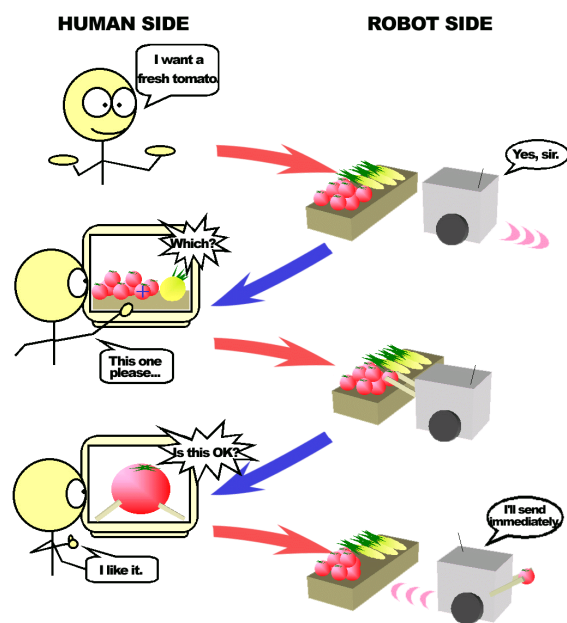


Fig.1 Concept of remote shopping system using a mobile manipulator.

2. 商品棚と食料品の仕様

商品把持機構の設計に際して、まず初めに実際に店舗で使用されている一般的な商品棚を調査した。図2(a)は肉や魚のパック、図2(b)は野菜のショーケースの側面図を示したものである。いずれの棚も、手前に高さ550mmの壁があり、その奥に数段の棚が配置されている。最下段の高さは435mm・最上段の高さは1400mmであり、奥行きは800mmである。商品棚の正面から最上段の奥へ手先を到達させるためには、最低でも約1300mmの長さのリーチが必要となる。

次に、食料品ごとの一般的な特性(形状・重さ)を調査した。主な食品の形状と重さを表1に示す。スイカな

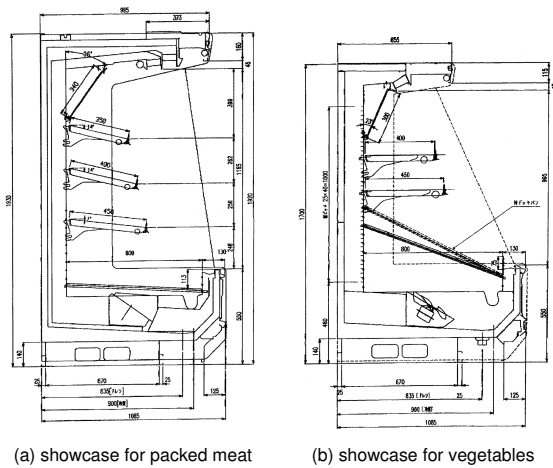


Fig.2 Shape and size of showcase for supermarket.

Table 1 Features of foods.

対象物	形状	重さ
スイカ	球	1500g
大根	円柱	500g
グレープフルーツ	球	300g
りんご	球	250g
肉/魚のパック	直方体	200g
バナナ	円柱	150g
ジャガ芋	楕円球	100g

どの特に大きなものを除くと、重さは 100g から 500g くらいの間で分布している。また、形状に関しては球・楕円球・円柱・直方体の四種類におおきく分けることができ、ハンドはこれらの多種形状の物体をハンドリングできなければならない。

3. 物体把持機構

本研究では、環境と対象物の特性調査に基づいて、生鮮食料品をハンドリングする機構機構を設計・試作した。把持機構は図 3 に示すような、5 つの自由度のアームと、ハンドユニットから構成した。

3.1 アーム

直線方向に伸縮するアームと、アームの方向を旋回させるターンテーブルから構成している。アームは約 550mm 四方の大きさを持つ移動ロボットの上に、地上高 800mm の高さに搭載する。走行時にはアームをロボット本体内部に収納し、商品を閲覧する際にはロボットを商品棚に対して横付けして、アームの伸縮とロボットの前後移動により手先を任意の位置に運ぶ。このような構造にすることで、手先姿勢を固定し商品棚を正面から見下ろしたまま、手先を平行移動することが容易に行える。

伸縮部は、図 4 に示すような直線方向にスライドする複数段のフレームで構成した。スライドする部分には、左右 1 つずつ THK 社の FBW3590R 型のスライドパックを用いて、摩擦が少なくモーメントに強い構造を実現している。隣接する段同士は、ワイヤにより動

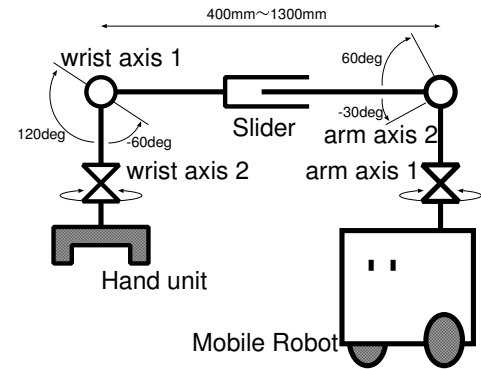


Fig.3 Structure of manipulator for remote shopping robot.

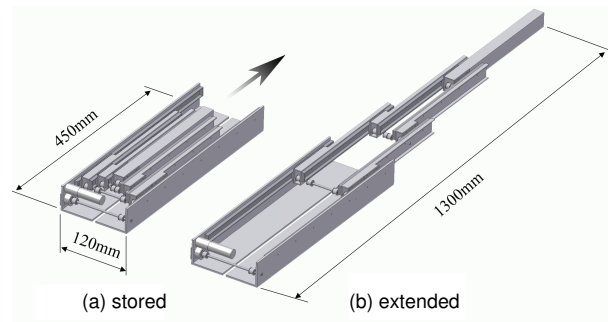


Fig.4 Expandable sliding arm.

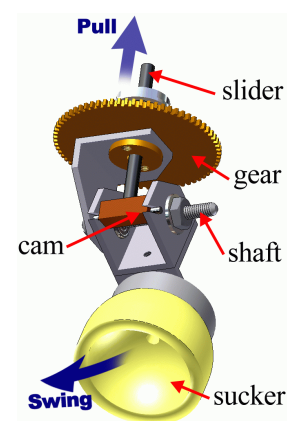


Fig.5 Finger unit with sucker.

きを拘束し、1 段目から 2 段目を押し出すと、それ以降の各段が同期して押し出される構造とした。製作したアームは、4 段のスライダから成り、伸びきったときの長さは 1300mm、先端の耐荷重は約 10kg である。スライダを伸縮させるには非常に大きなトルクが必要であり、バックラッシも無視できないので、減速機にはハーモニックドライブを採用し、高い減速比でありながらバックラッシの影響を最小限に抑えている。

3.2 ハンド

ロボットハンドで生鮮食料品を把持する場合に最も問題となるのは、対象物体が多種多様な形状を持ち、かつ表面が柔軟で傷付きやすいという点である。従来のハンドリングに関する研究例をみると、精密な力覚

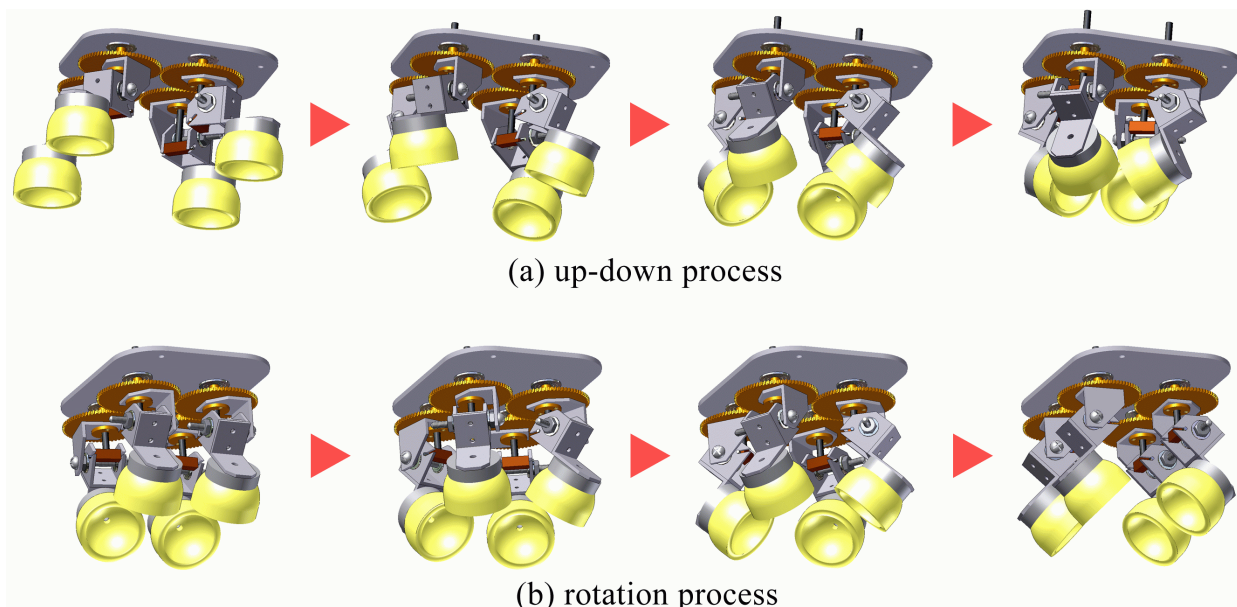


Fig.6 The movement of developed hand.

フィードバックや、多指ハンドの先端を柔軟なゲル材でコーティングしているものが多いが²⁾、我々は指先が柔軟な吸盤からなるハンドを設計・試作した。柔軟な吸盤を持つ利点としては、

- 安価で単純な構造
- 吸引による安定な把持位置へ物体引き寄せ
- ハンドより大きい物体の吸着把持
- 広い接触面積による安定把持・圧力分散
- 吸引に適していない物体に対しては、吸盤側面を利用した挟み込み把持が可能

などがあげられる。十分なコンプライアンスを持ち、接触面の摩擦も大きいため、厳密な形状認識や力覚触覚センサを必要とせず、計算のコストも大幅に削減できることが期待される。

図5は、指一本分の概略図である。カムを利用したリンク機構から成っており、吸盤は揺動・回転の自由度を持つ。吸盤は、超軟質ウレタン樹脂¹⁾で成型したもので、DC ポンプとの組み合わせにより、34Nの吸引力を発生する。ウレタン製の吸盤は接触面に対して柔軟に変形して密着することができるため、多少の凹凸があっても吸着可能であり、また、ハンドよりも大きいスイカや平板をしっかり持ち上げることできる。一方、桃やキウイフルーツのように、表面に起毛が見られるものは、空気漏れが発生してしまうため吸盤で吸着することはできない。

ハンドユニットは、吸盤付き指ユニットを一辺5cmの正方形の各頂点に4つ配置した構造である。図6に示すような運動の組み合わせにより、対象物に応じて吸盤の配置と向きを自由に変更することができる。

対象物のおおまかな位置と形状・特徴がわかっているならば、吸引か把持かのいずれかの手法でアプローチすれば、多くの生鮮食料品は操作が可能と考えられる。表2には、対象ごとに適したアプローチを示した。た

Table 2 Possibility of manipulation.

対象物	吸引の可/不可	把持の可/不可
平板	○	×
スイカ	○	×
リンゴ	○	○
桃	△	○
キウイ	×	○
ビニル袋	△	×

だし、柔らかいビニルや布にはいずれの方法でも対応できないことが想定される。

4. まとめ

本稿では、遠隔ショッピングシステムを実現するにあたり、特に食料品の把持機構に焦点をあて、多種多様な形状を持つ生鮮食料品を把持するのに適した把持機構についての検討、および設計・試作した機構メカニズムについて述べた。今回の評価は、机の上に載せた1個の対象物に対して行ったが、今後は実際の商品配列に基づいて、山積みの中から任意の物体をピックアップする把持方法について検討し、全体のショッピングシステムを構築する。

参考文献

- 1) 門田, 難波, 西: “テレロボティクス農業 ートマト収穫基礎実験”, Robomec2003, 1P1-2F-A1.
- 2) 柴田, 平井: “柔軟指ハンドを用いた把持力制御における安定性と把持可能性の解析”, Robomec2004, 2A1-L1-8.

¹⁾ウレタン樹脂: (株) エクシールコーポレーション, 人肌のゲル 硬度 5