

スーパーマーケットでショッピングするための遠隔ロボットシステム

Remote foods shopping robot system in a supermarket

○正 富沢 哲雄 (産総研) 正 大矢 晃久 (筑波大)
正 油田 信一 (筑波大) 正 大場光太郎 (産総研)

Tetsuo TOMIZAWA, National Inst. of Advanced Industrial Science and Technology
Akihisa OHYA, University of Tsukuba, Intelligent Robot Laboratory
Shin'ichi YUTA, University of Tsukuba, Intelligent Robot Laboratory
Kohtarō OHBA, National Inst. of Advanced Industrial Science and Technology

This paper describes a system which uses a mobile manipulator as a teleoperated tool for accessing and manipulating remote objects. This system attempts to answer the challenge of extending mobile robot potentials and usage in human daily life. The specific task we set up in this research is to help people buy fresh food in a supermarket from a remote location using the Internet. We built the prototype system by integrating custom designed components: the mobile manipulator, the sucker gripper, the shape scanner using a small laser range finder, and the communication interface. With this system, the selections of the food item by the remote user from the supermarket showcase, its close examination using the gripper, and final placement into the shopping basket were realized. This paper describes the hardware and software of this system, and shows the experimental result performed with the integrated system.

Key Words: Remote shopping, Foods handling, Human interface

1. 緒言

本研究では、ロボットが物体を操作できる能力に着目し、「遠隔地に存在する実物体を人間の意図通りに操作してくれるというサービス」を通して生活の支援をするタスクを考案し、この種のロボットシステムを実現することとした。このようなアプローチは、これまでに図書遠隔閲覧システムの開発において成功をおさめた実績があり[1]、このような例を一つ一つ実現して社会に示していくことにより、ロボットの応用が開けていくはずである。

ここでは、「遠隔ショッピングシステム」というアプリケーションを提案する。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、社会的にも貢献度が大きい仕事として期待できる。特に自ら食料品店に出向くことのできない人にとっては非常に有用なシステムである。

2. ショッピングロボットシステム

目標とするシステムは、離れた場所から店内のショーケースに並べられた生鮮食料品を自由に手に取って眺め、気に入ったものをバスケットに入れる動作をサポートするものである。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。

このシステムは、スーパーマーケットの売場に並べられた生鮮食料品を手に取り眺めることのできるロボットと、ネットワークで接続されたコンピュータから構成される。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。自宅にいながら店の商品の実物を見て、自分で直接商品を選別できる点は、従来のカタログ通販とは大きく異なる。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。なお、現在の日本の社会においては、多様な決済方法や宅配サービスが充実しているため、本研究で対象とするのは、店で商品を選択しレジに運ぶ作業までに限定し、商品の精算や配送は対象としない。

3. マニピュレータの構成

商品棚の中の生鮮食料品を扱うためには、可動範囲・可搬重量を十分保ちながら、手先では極めて柔軟な把持制御が求められる。また、本システムの利用形態を推定し、視点操作が直観的に行えることが望ましい。そこで我々は、伸縮機構を有するアームと、複数の可動式の吸盤をもつハンドからマニピュレータを構成した[2]。複数の可動式吸盤を持つことで、対象物の外形に合わせ、球・楕円球・円柱・平面といった様々な形状に対応できると考えられる。また、吸引できない物体に対しては、柔らかい吸盤の表面を利用して、物体を挟み込んで把持する効果が期待できる。

4. 商品の形状計測

未知な形状の物体を把持するためには、対象物体の三次元形状を認識することが不可欠である。三次元の物体認識には様々な手法が提案されている。ビジョンによる形状認識は、物体表面にみられる何らかの特徴点やテクスチャを使ってマッチングを行うものであり、生鮮食料品のようにテクスチャが少なく、曲面から構成される物体の形状認識は一般に苦手とされている。そこで本研究では、対象全体の凹凸形状を直接観測することのできる LRF を採用し、対象物体の位置認識と、その情報を元に把持計画を実現することとした。

使用した LRF は、小型の測域センサ(北陽電機製、URG シリーズ)である。このセンサは、重さは 160g、サイズは 50cm 立方と、従来の LRF と比較して非常に小型軽量であり、アームの手先にも容易に取り付けられる。測距精度は 10mm であるが、この誤差は吸盤のコンプライアンスで十分吸収可能である。このセンサを、ロボットハンドに固定し、目標とするショーケースの上空から下方向を見るように手先を前後に並行移動することで距離データを取得する。この距離データと、データを取得したときの手先の位置姿勢情報から、三次元空間における物体形状を得る。実際にこのセンサを利用して、リンゴ梨の形状復元を行った結果を、図 1 に示す。

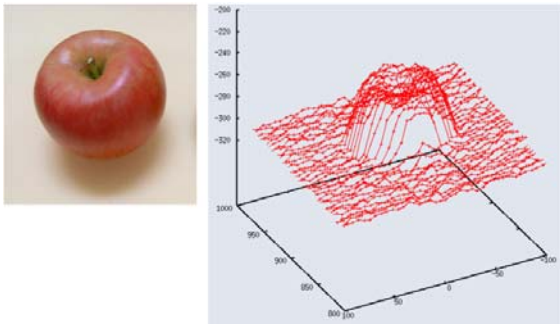


Fig. 1 Measured shape of an apple

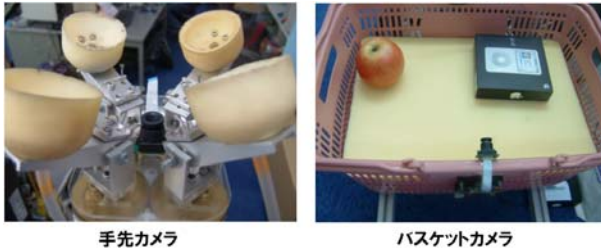


Fig. 2 Mounted Cameras

5. ユーザーインターフェイス

ユーザーが商品を選択するために手がかりとする情報には以下のものがある。

- 視覚情報 (色・ツヤ・傷・特売の値札など)
- 触覚情報 (重さ・密度・温度・表面硬さなど)
- 嗅覚情報 (香り・匂いなど)
- 味覚情報 (甘さ・辛さなど)

が挙げられる技術的には、触覚・嗅覚・味覚情報を測定して数値化することは可能だが、これらを遠隔地で再現する手法は現在多方面で研究されている分野である。ここでは、次の2種類の視覚情報を送信することとする。

- ・ 手先カメラ：商品を手にとりたいときには、手先をショーケースの上方から棚の内部を見下ろして、並べられた商品を映す。また、店内を移動するときには、ロボット前方に向け、周囲の環境を映す。
- ・ バスケットカメラ：取り上げた商品の表面の色や、傷の有無を詳しく観察するために、商品を近傍の様々な方向から接写する。

これを実現するために、ロボットハンドの先端とバスケットの淵に、それぞれ IEEE1394 カメラ (Pointgray 社, Dragonfly) を搭載した。実際にシステムに実装したカメラの取り付け位置は図2を参照されたい。

遠隔からロボットにアクセスして、店内を見回して商品を選択し、取り出した商品を吟味するためのインターフェースを作成した。インターフェースの概略図を図3に示す。画面左側には、手先カメラとバスケットカメラから得られた2つの映像が表示され、また右側には、メッセージ表示用と入力用のメッセージウインドウから構成される。通常は、メッセージウインドウに表示される指示にしたがって、選択肢を選んだり、カメラ画像の上をクリックしたりする。



Fig. 3 User interface of the remote shopping system

Fig. 1 Specifications of the developed robot

サイズ(走行時)	45cm(W) × 91cm(D) × 155cm(H)
重量	30kg
移動速度	30cm/sec
メインコントローラ	Laptop PC (Linux)
手先到達高さ	2400mm
手先最大可搬重量	5.0kg
可動時間	60分

6. 統合システム

ロボットのベースとなる移動ロボットの走行部には、筑波大学知能ロボット研究室で開発された自律移動ロボット山彦を利用する。ロボットには予め環境の地図を与えておく。地図に含まれる情報は、

- ・ 店舗中の経路とショーケースの位置・高さ
- ・ 棚の中にある商品の種類

である。この筐体に、伸縮アームと吸盤ハンド、エアアクチュエータ用回路、商品を回収するためのバスケットを搭載した。構築したロボットの全容を図4に、基本的なシステムスペックを表1に示す。

構築したシステムを用いて、ショーケースに並べられたリンゴから、気に入った商品(ここでは最も大きいリンゴ)をバスケットにするテストを行った。なお、実験では実際の店舗で使用されているショーケースと同様の模型を作成し、研究室の内部に配置した。実験の様子を時間に沿って並べたものを図5に示す。

- ① ロボットがリンゴのショーケースの横まで走行し、ケースに横づけして停止する(図5-(1), (2))。
- ② ロボットはマニピュレータを横向きに旋回させ、ショーケースに向けて傾ける(同図-(3))。
- ③ 伸縮アームを伸ばしながら測域センサでショーケースの中をスキャンして三次元形状を計測する(同図-(4))。
- ④ 手先がリンゴの上空に到達したら、ユーザーに対して画像手先の画像を送信し、選択されたリンゴの半径に合わせて手先の吸盤の配置を変更する(同図-(5))。
- ⑤ 選択したリンゴの上空から吸盤を下降させていき、吸盤にリンゴを吸着させる(同図-(6), (7))。
- ⑥ 取り出したリンゴをバスケットに運ぶ(同図-(8))。
- ⑦ バスケットに取り付けられたカメラの前で、リンゴを回転させて様々な角度からの映像を送る(同図-(9))



Fig. 4 The integrated shopping robot

⑧ ユーザーがそのリンゴの購入を決めたら、バスケットの中にリンゴを入れる(同図-(10))。

この実験では、オペレータは商品の種類を指示し、その後ひとつの商品をクリックするというわずか 2 回の指示で、商品にアクセスして吟味することができた。いずれの指示も、画面を見ながらマウスをクリックするという直感的な方法や、メニューから動作を指示することで行える。現状では、1 個の商品を吟味するのにトータルで 1 分強の時間を要するため、使用者に不快感を与えてしまうことが懸念される。応答時間を高速化することは、今後検討すべき課題である。

7. 今後の課題

現状では、自動的に把持姿勢を計画できる物体形状が「球または平面で近似できるもの」と限っている。リンゴ・桃・オレンジはいずれも把持できることが確認された。今後、扱うことのできる対象を増やすためには、楕円球や円柱形状の物体や、吸盤に吸着できない物体へ対象を拡張していかなければならない。また、今回の実験は、ロボットの周囲には通路を妨げる障害物や、他の客が存在しない環境のみを対象としていた。実際のスーパーマーケットの環境では、大勢の人が周囲に存在することが考えられるため、通常の移動ロボットのナビゲーションや自己位置認識では対応できない可能性もある。以上のことをまとめて、今後検討すべき課題をまとめる。

- ・ 他の客が存在する場合のナビゲーション、障害物回避の手法
- ・ 他の客や、商品、環境に対する安全対策
- ・ LRF で計測できない対象の三次元形状獲得手法の検討
- ・ 球状以外の形状を持つ物体の把持計画法の検討
- ・ 吸引把持ができない物体の把持方法の検討
- ・ 視覚以外の情報(触覚、嗅覚、味覚など)をユーザーに提示する方法の検討

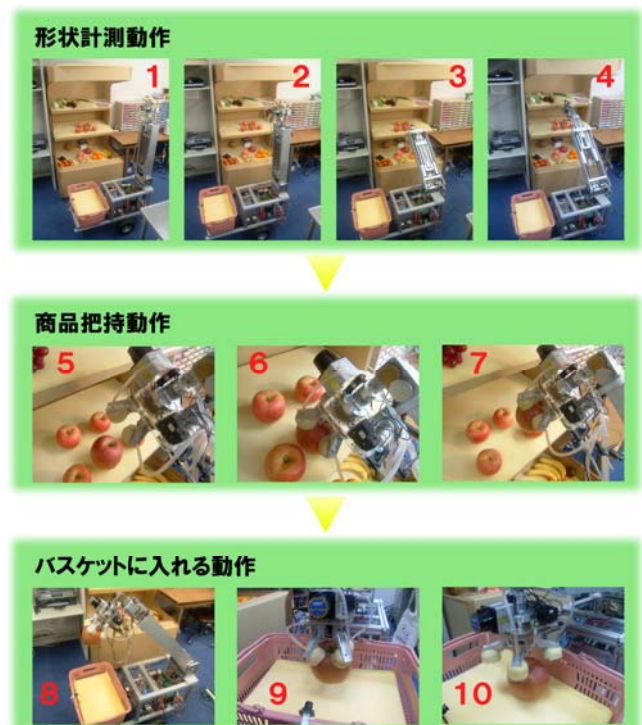


Fig. 5 Demonstration of an apple purchase

8. まとめ

ここでは、遠隔から物体を操作するサービスを提供する日常生活支援ロボットの一つの具体例として、「遠隔ショッピングシステム」というコンセプトを提案し、システムを開発するための問題設定を行い、それぞれの問題に対する検討や対策、および開発した装置やソフトウェアについて述べた。そして、それらの要素技術を統合したシステムにより、離れた場所からショーケースに並べられたリンゴを取り出し、色合いやキズを確認した上で、バスケットに入れるという一連の動作を実現した。これにより、ロボットを日常生活環境で利用可能な一つの場面を示すことができた。

ここで示したシステムは、ショッピングの中でもほんの一例に過ぎないが、スーパーマーケットで働くロボットの可能性を切り開いた。今後、センサやアクチュエータを改良して、段階的に対応可能な物体を増やしていくことで、近い将来実用的なシステムに発展していくことが期待できる。

文献

- [1] T. Tomizawa, A. Ohya, S. Yuta, "Remote Book Browsing System using a mobile manipulator," *Proceedings of the 2003 IEEE International conference on Robotics and Automation*, pp256-261, 2003.
- [2] 富沢,大矢,油田,小柳, "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," *日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'05 講演論文集*, 1A1-N-027, 2005.