

# 自律移動マニピュレータによる遠隔図書閲覧システムの構築

富沢 哲雄 (筑波大) 大矢 晃久 (筑波大/科技団, さきがけ研究 21) 油田 信一 (筑波大)

## Book Reading System using Autonomous Mobile Manipulator Teleoperated via Internet

\*Tetsuo Tomizawa, Akihisa Ohya, Shin'ichi Yuta (University of Tsukuba)

**Abstract**— This paper describes a system which uses a mobile robot as a teleoperated tool for accessing and manipulating remote objects. The purpose of this study is to develop a robot system which helps remote humans to accomplish a given task in their daily life, based on simple communication and mutual cooperation between a mobile robot and humans teleoperating it. By this practical study of developing a book browsing system using an autonomous mobile robot teleoperated via the Internet, we intend to expand mobile robot potentials and usage in human life.

**Key Words:** Mobile Manipulator, Book Reading, Robot on Network, Teleoperation

### 1. はじめに

現在移動ロボットに関する研究は広く行われていて、自律的な屋内ナビゲーションやマニピュレータのコントロールといった各要素の能力は、ここ数年で格段に高性能化が進んでいる。しかし、日常の生活空間を見渡しても依然としてロボットが活躍している姿を見ることはあまりなく、実用化されているのは建物の警備、病院の食事搬送、ペットロボットなどごく少数に限られている。本研究では、移動ロボットと人間の間で簡単なコミュニケーションをとりながら、相互協力のもとで知的な作業を実現することを目指す。ここでは、特に日常生活の中において移動ロボットが人間に代わって遠隔地で作業を行う場面を共同作業のシチュエーションとして想定している。具体的には、ロボットを介して遠隔地にある図書館の本を閲覧することをタスクとして設定し、これを実現するためのシステムを実際に構築することを通して、この種のシステムに必要な技術開発を行うと共に、アプリケーションとしての移動ロボットの有用性を示すことを目標とした。

我々はこれまでに、人間が与えた指示に従って、遠隔地に置かれた任意の本の取り出し・返却動作に加え、本を開いて画像を送信するという最低限の動作は実現してきた。本稿では、これまでに開発してきたシステムでは実現されていなかった機能や問題点を挙げ、実際の図書館に近い環境中で動作させる事を目的として再構築したシステムの構成について述べる。

### 2. 目標タスクの動作の流れ

本の閲覧作業の一連の流れは、次のように設定した。

- (1) オペレータが読みたい本の種類を指示する
- (2) ロボットが自律的に書架まで移動する
- (3) ロボットのカメラ映像を見て本を指示する
- (4) ロボットハンドが目的の本を取り出す
- (5) 本を開く
- (6) 開いたページの映像を送信する
- (7) ページをめくる
- (8) 読み終わった本を書架に戻す

このタスクを実行するためのロボットには、自律的な走行、センサによる本の認識、アクチュエータによる本の取り出し・返却・開閉動作、遠隔地との通信・本の画像の提示など、多岐に渡る機能が要求される。これらの機能をそれぞれ実現して統合することにより全体としての作業の達成を図る。

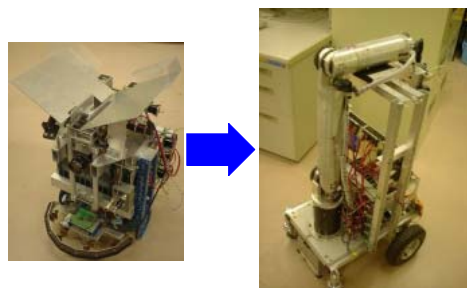


Fig.1 ロボットの外觀(左:旧システム, 右:新システム)

### 3. システムの拡張

これまでにもまず第一段階として、本の高さ・姿勢・大きさなどに制限を設けた上で、小型の自律移動ロボットをベースに、必要最少限の機能を搭載したプロトタイプを製作した(図1左)。このプロトタイプにより、全体のタスクを実現するために必要な基礎的技術要素を確立して、実際に動作を行うことで問題点を明確にすることができた<sup>1)</sup>。

次の段階として、本に関する制限を緩和すると共に、更に機能を加えることで、より実際の図書館に近い環境で働くことのできるロボットシステムとして再構築した。

#### 3.1 プロトタイプの問題点

まず、一番大きな問題は対象としている本に関する制限であった。従来のシステムでは、形状認識や把持機構の簡単化のために、一定の大きさ・高さ・傾きの本のみを扱ってきたが、実際の図書館では、本の高さはまちまちであり、大きさや傾きも一定ではない。これらの様々な種類や条件の本に対処するには、本の認識方法の改善や柔軟な自由度を持つアームを導入することが必要である。

第二に、インターフェースの問題があった。従来のコマンド選択式のインターフェースは、操作者がコマンド一覧の中から希望する命令を見つけ出して選択しなければならず、扱いにくい面もあった。これに対しては、より操作性に優れた GUI が求められる。

第三は、閲覧するページが限定されていた問題があった。現状ではオペレータの指示した本を取り出して開き、映像を送ることはできても、任意のページを開い



(A) 上段の本へのアプローチ



(B) 下段の本へのアプローチ



(C) 傾いた本へのアプローチ

Fig.2 様々な本へのアプローチの様子

て映像を取得することは実現されていなかった。このために、開いた本のページをめくり機能が必要である。

### 3.2 マニピュレータの搭載

まず初めに、様々な種類・条件の本に対処するための機構について検討した。未知の位置姿勢の対象とするには多自由度を持ったアクチュエータが必要となる。そこで本研究では、自律移動マニピュレータの先端に、本をつかむハンドを取り付ける方法をとった。また、ロボット全体の重量やハードウェアの取り付け位置などを考慮して、ベースとなるロボット筐体も大きなものに変更した(図1右)。ロボットの大きさは50cm(W)×60cm(D)、マニピュレータのリーチは120mmである。これにより、本の高さや傾きが変わっても本を取り出すことが可能になる。このロボットによる様々な条件の本へのアプローチの様子を図2に示す。

### 3.3 インターフェース

従来の遠隔操作ロボットは、遠隔地から送られてくる映像や仮想空間に再現された映像を見ながら、オペレータがジョイスティックなどを駆使して操作をする。この方法は通信の時間遅れによる映像やコマンドの遅延が発生するため操作が難しい。

そこで、本研究ではすべての動作をPCの画面内に映っている物体やボタンを選択するだけで操作できるGUIを構築した。それに伴い、画面に必要な情報だけを効果的に表示するために、遠隔の本を読むための動作全体を、本棚までの移動、本の選択、閲覧の3つの部分に大別し、GUIにはそれぞれに応じたモードを用意した。ロボットの状態やオペレータの操作により3つのモードが切り替えられる。

まずはじめにロボットは本棚まで移動しなければならない。ロボットには予め図書館の本のカテゴリリストを与えておき、オペレータが自分の読みたい本のカテゴリをリストから探して入力すると、ロボットは自律的に経路を生成し、障害物を避けながら目標の本棚位置に移動する<sup>2)</sup>。

「本選択モード」の表示画面を図3に示す。本棚の前に到着したロボットは、本棚の映像を撮影すると同時に、レンジセンサによって凹凸を測定して本の位置や境界を検出する。画像中で発見された本には、それぞ

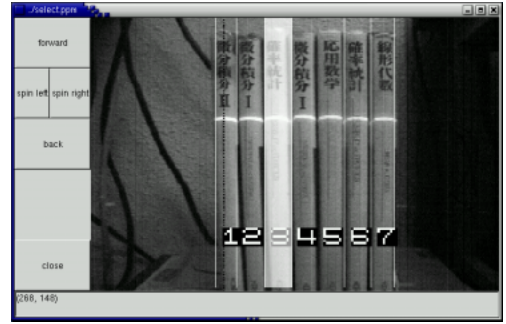


Fig.3 本選択モードの表示画面の例

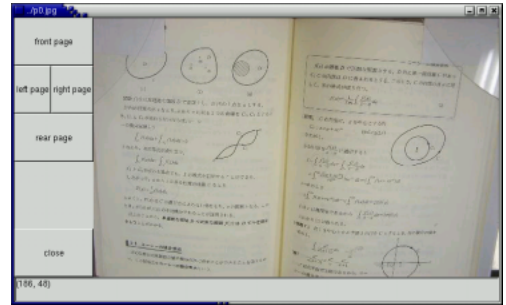


Fig.4 閲覧モードの表示画面の例

れの本に境界線を引いてエリアを区切る。さらに、エリアごとにナンバリングしてから画面上に表示する。ユーザーはこの番号を選択して本を指示する。メイン画面には本ごとにラベルのふられた本棚の映像を表示し、画面の左側にはカメラの視野範囲を変更するためのボタンを配置してある。

「閲覧モード」の画面表示を図4に示す。メイン画面には開いているページの映像が表示される。画面左にはページめくりボタンが配置されている。

## 4. タスクの実行

この実験におけるタスクの成功率はおよそ80%であった。システム全体のパフォーマンスとしては、ナビゲーションの移動の速さが30cm/sec、本の形状認識から取り出しまでに要した時間は約30secであった。

## 5. まとめ

本研究では、ロボットを遠隔地にある実物へのアクセスメディアとして使用することを通して、アプリケーションとしての移動ロボットシステムの有用性を示すことを目的とした。本稿では、ロボットを介して遠隔地の本を閲覧することを考え、これまで構築したプロトタイプシステムの改良について報告した。

今後は、改良システムの各部のハードウェアを整備し、最終的なタスクの達成を目指していきたい。

### 参考文献

- 1) 富沢, 大矢, 油田: “遠隔地より図書を開覧するためのロボットの開発”, 第19回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3J14 (2001)
- 2) 小倉, 油田: “自律移動ロボットにおける地図データ・プランニング機能のモジュール化”, 第15回日本ロボット学会学術講演会予稿集, vol.1, pp.239-240