

# 自律移動マニピュレータによる遠隔図書閲覧システム - システム結合によるタスクの実現 -

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 Remote Browsing System using a Mobile Manipulator - Task Accomplishment by Integrated Behaviors -

Tetsuo TOMIZAWA, Akihisa OHYA, Shin'ichi YUTA (University of Tsukuba)

**Abstract**— This paper describes a system which uses a mobile manipulator as a teleoperated tool for accessing and manipulating remote objects. A human uses the system to browse a book of a library from a remote location via the Internet. We realized the target task combining the function built and carried out for every operation. And we evaluated its performance through experimental results.

**Key Words:** Access Media, Book Remote Browsing, Mobile Manipulator

### 1. はじめに

我々は、遠隔地にある物体への物理的な相互作用をふくめたアクセスメディアとして、移動ロボットを利用することを目指している。遠隔地の実物へロボットがアクセスする例としては、WWW ブラウザを介してロボットを遠隔操縦することで作品を鑑賞する美術鑑賞システムの開発がなされている<sup>1)</sup>。次のステップとして、より積極的に情報を得るために、対象を鑑賞するのみではなく、手を伸ばして実物に操作を加えることまで含めたシステムを構築したい。そこで本研究では、遠隔図書閲覧システムの実現を目的とした。

遠隔図書閲覧システムとは、図書館の中に本を閲覧する機能を備えた自律移動ロボットを配置しておき、ユーザーは他の場所からロボットを遠隔操作することで、ロボットの眼を通して本の内容を見ることができシステムである (Fig.1)。具体的なタスクとして、

1. ユーザーがロボットに本の種類を指定する
2. ロボットが自律的に書架まで移動する
3. ロボットのカメラ画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. 本を開いてページをめくる
6. ページ映像をユーザーに送信する
7. 読み終えた本を書架に戻す

という一連の動作を設定した。ここで対象とした環境は、ロボットのために特別に整備された場所ではなく、人間が普段利用するような一般的な図書館で、本の大きさや位置姿勢は必ずしも一定ではない。我々はこれまでに、対象物の位置姿勢を認識するセンサ<sup>2)</sup>、本を取り出すためマニピュレータ<sup>3)</sup>、本を開いてページをめくる閲覧装置の設計・開発<sup>4)</sup>を行ってきた。本稿では、目標タスクの実現のために行ったシステム全体の統合と、それをを用いた実験結果について述べる。

### 2. システム

#### 2.1 本の形状認識

本の位置姿勢を測定するためにレーザー距離センサを使用した。センサで得られた形状から、視野にある本の冊数や位置・幅を測定している。このセンサによって本棚に並べられた本を識別し、元の画像に本の境界線を重ねた映像をユーザーに提示する (Fig.2)。

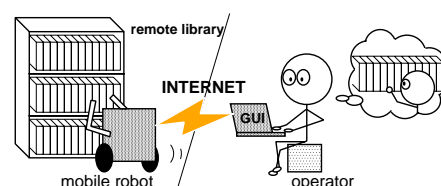


Fig.1 Concept of Book Remote Browsing System.

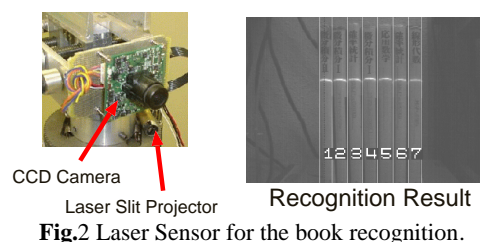


Fig.2 Laser Sensor for the book recognition.

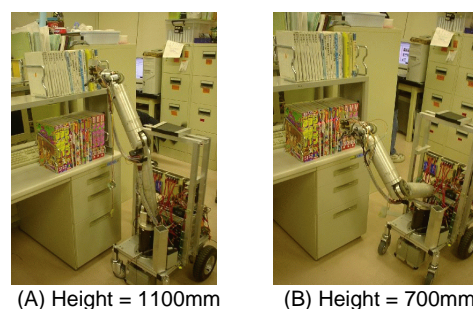


Fig.3 7 DOF Manipulator for the book picking.

#### 2.2 本の取り出し

様々な種類・条件の本に対応するために、自律移動ロボットに7自由度のマニピュレータを搭載し、先端に本をつかむハンドを取り付けた。このハンドは、1300mmより低い位置の本棚に置かれた本 (厚さ 40mm 以下、重量 400g 以下) を把持することができる (Fig.3)。

#### 2.3 本の閲覧

閲覧に必要な機能は、本を開いてページをめくり映像をユーザーに提示することである。そこで、小型かつ簡単な構造からなる本の開閉装置と、ページめくり装置を開発した (Fig.4)。

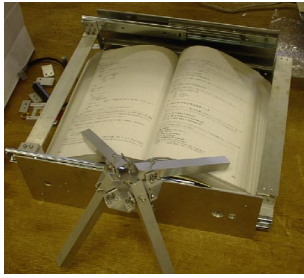


Fig.4 The Book Browsing Unit.

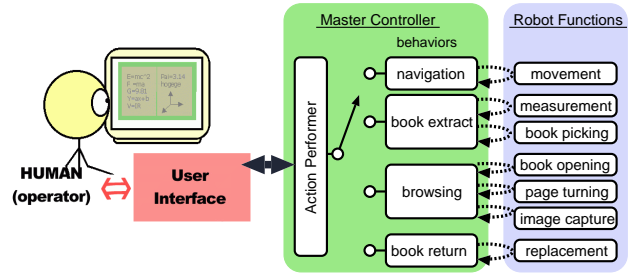


Fig.6 Software structure for the integrated system.

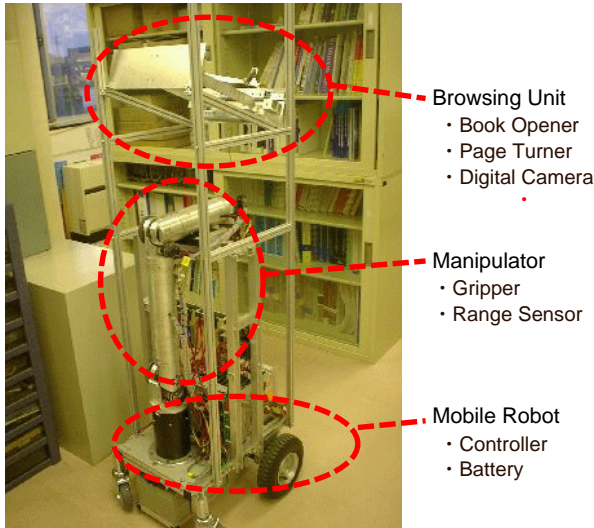


Fig.5 Integrated book browsing robot.



Book Shape Recognition



Extraction from the Bookshelf



Book Opening



Page Turning

Fig.7 Experimental result of book remote browsing.

## 2.4 インテグレーション

センサ、ハンド、閲覧装置を、移動ロボットに実装し、統合システムを構成した (Fig.5)。マニピュレータの先端にセンサを取り付け、ロボットの上部に閲覧装置を配置している。

統合したシステムを制御するソフトウェアは、Robot functions、Master Controller、User Interface という3つのレイヤから構成した (Fig.6)。

Robot Functions は最下層に位置するレイヤであり、センサの信号処理やモータの制御といった低レベルの作業を行っている。これらのファンクションは、上位の意思決定層である Master Controller の指示に従って、実行される。これまで個別に開発してきた形状認識センサやアクチュエータの制御プロセスは、それぞれを一つのファンクションとして、このレイヤに実装した。

Master Controller は、ロボットに搭載したノート PC 上の総括制御プロセスである。ここでは、行動決定と操作シーケンス生成が行われる。Action Planner はロボットの状況に応じて、ロボットが次に取りうる行動を人間に提供し、人間のリクエストに応じて行動を決定する。行動が決まったらそれぞれの振る舞いに応じて操作シーケンスを生成し、下位レイヤに指示を出す。

User Interface は、ロボットから発信される情報を人間に提示し、また人間からのリクエストをロボットに伝える役割を持つ。PC の画面内に映っている物体またはボタンをクリックして選択することで、人間はロボットに自分の意思を伝える。

## 3. 実験

構築した統合ロボットシステムを使用して、遠隔地の本を取り出して閲覧するという動作を行った。ロボットは指示された本を取り出し、その本を開いてページの映像をユーザーに提示することが可能となった。本の取り出しから、開いてページをめくるまでの様子を Fig.7 に示す。

## 4. まとめ

図書を遠隔閲覧するために、センサとマニピュレータと閲覧装置のそれぞれについて構築してきたシステムを統合し、目標としていた本の閲覧動作を実現した。今後は、信頼性や閲覧速度の向上のための改良を施し、実際の図書館にロボットを配置してフィールドテストを試みたいと考えている。

## 参考文献

- 1) S.Maeyama, S.Yuta and A.Harada : "Remote Viewing on the Web using Multiple Mobile Robotic Avatars", Proceedings of IROS'01, pp.637-642
- 2) 富沢, 大矢, 油田 : "遠隔地より図書を閲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講演論文集, 3J14 (2001)
- 3) 富沢, 大矢, 油田 : "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", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2002, 1P1-D05 (2002)
- 4) 富沢, 大矢, 油田 : "遠隔図書閲覧ロボットシステムの開発 - 本の開閉とページめくり動作の実現 -", 日本ロボット学会創立 20 周年記念学術講演会, 3E21 (2002)