

# 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 -

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)

### Development of Remote Book Browsing Robot System - Realization of Book Opening/Closing and Page Turning Behavior -

\*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 present the developed book browsing unit, which contains book opening/closing and page turning device, and evaluate its performance through experimental results.

**Key Words:** Mobile Robot, Teleoperation, Book Opening/Closing, Page Turning

## 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ごく少数に限られている。

本研究では、ロボットを介して遠隔地の本を閲覧することをタスクとした。このシステムを使用することで、ユーザーは世界中どこにいても、あたかも自分自身が実際に図書館に向いている感覚で好みの本を手にとって中身を見て目的の情報を探し出すことができるようになる。我々はこれまでに、自律移動ロボットを遠隔から操作することで、遠隔地の本を取り出すことのできるシステムを構築してきた<sup>1)2)</sup>。このロボットはマニピュレータを搭載していて、ロボットが撮影した本棚の映像からユーザーが1冊の本を選択すると、指定した本の位置姿勢を計測して取り出す作業を実現した (Fig.1)。しかし、取り出した本の任意のページを開いて映像を取得することはできなかった。そこで本稿では、本を閲覧するために欠かせない機能として、取り出した本を開閉してページをめくる方法について検討し、新たに構築した閲覧システムについて述べる。

## 2. 閲覧機能

閲覧に必要な機能は「本を開いてページをめくること」「映像を撮影してユーザーに提示すること」である。本棚から取り出された本は、マニピュレータに取り付けられたハンドによって把持されている。ロボットには腕は1本しかないため、本を開いたりページをめくるには、マニピュレータの他に何らかの機構を追加する必要がある。

本のページをめくる手法に関しては、いくつか商品化されている例はある<sup>3)</sup>。しかし、これらは初めに人間が本を正しくセットする必要があり、ロボットが自動的に本を扱うという目的には適していない。そこで我々は、できるだけ小型で単純な構造で、1枚ずつページをめくることのできるように、本の開閉・ページめくりのそれぞれについて独立した装置を開発してロボットに搭載した。

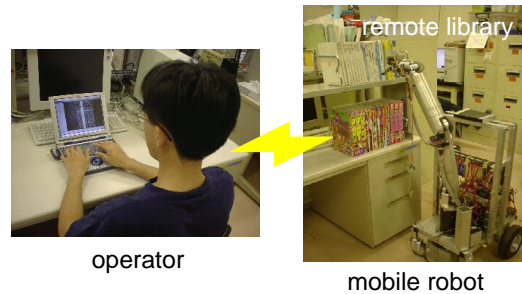


Fig.1 移動マニピュレータによる遠隔地の本の取り出し

なお、本システムを設計するにあたり、大きさが B5 から A4 サイズ・重さは 400g 以内で、ハードカバーの本を対象とした。

### 2.1 本の開閉方法

本開閉装置の概要を Fig.2 に示す。本の開閉装置は、平行に並んだ 2 本のレールの間に 2 本の橋をかけた構造から成る。これらの橋はモータにより左右対称に平行移動する。

本の開閉動作の手順は、まずマニピュレータで本のエッジを 2 本の橋の中央に押し当てる (Fig.2 a~b)。次に、ハンドの手先を徐々に押し上げながら、橋を左右対称に開く (Fig.2 c~f)。なお、本を閉じるときはこの逆の手順を行えばよい。2 本の橋を開く距離や速さは本のサイズによって異なるが、本が開閉装置に挿入されたときのマニピュレータの手先位置により本のサイズを知ることができる。また、この方法では本の面が同じ高さまで上昇してくるため、次の節で説明するページめくり装置を本を開いた後にセットする必要はなく、開閉装置の上部に固定しておくことができる。

### 2.2 ページをめくる方法

開いた本のページをめくるための動作は、人間が片手でページをめくるときの指先の動きに注目し、その動作を模擬する機構を考案することで実現をはかった。人がページをめくる際には、まず親指を紙面に押しつけながら、指の付け根を中心とした円弧に沿って紙面をなでて紙をずらす (Fig.3 左 (i) の軌道)。そして浮き上がった紙を先に送りながら (Fig.3 左 (ii) の軌道)、次

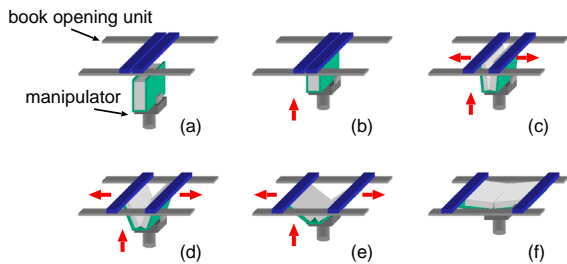


Fig.2 本開閉装置の構造

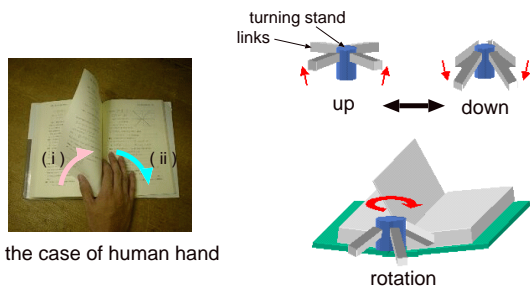


Fig.3 ページめくり装置の構造

に開くべきページの中に手を入れて押さえるという動作を行うのが一般的である。

この動きを再現するために、人間の指の役割をする4本のフリーリンクと、それらを回転させる回転台から構成されるページめくり装置を考案した。リンクの先端には摩擦面が取り付けられており、リンクを上下させることで、一定の力で紙に摩擦面を押しつけた状態と、紙面から離れた状態とを切り替える ( Fig.3 右図 )。ページをめくるときは、左右のページにリンク先端を押しあてた状態で全体を回転させることで、摩擦面が本の表面の凹凸に沿って移動し、それに伴いページがずれて浮きあがる。紙が浮き上がったら、リンクを上方へ持ち上げながら回転を続けると浮き上がったページが先に送られる。同時に、次のページの上には隣のリンクが挿入されるため、めくっている紙が元に戻ろうとした場合でも逆流を阻止することができる。

回転台が 180 度回転するとページが 1 枚めくられ、その後にリンクを再び紙面に押しあててページを固定する。この動作を目的のページに到達するまで繰り返す。また、この機構は回転台の回転方向とリンクを上下するタイミングを左右反転させるだけで、反対向きにもめくることができる。

### 2.3 ページ映像の取得

映像の撮影は高精細な画像の得られるデジタルカメラを用いて行う。カメラはロボットに搭載された PC によって撮影・画像ダウンロードが制御され、映像は無線 LAN を介して遠隔地の操縦者に送られる。

## 3. 実験

これらの閲覧装置を、我々が開発してきた遠隔図書閲覧ロボットに実装した ( Fig.4 )。ロボットの台車にはマニピュレータが取り付けられており、その上部に閲覧装置を配置している。マニピュレータによって本棚から取り出された本は、そのまま閲覧装置に挿入される。このロボットを使用して、次の手順により離れた場所にある本を取り出して読むという動作を行った。

1. ロボットが自律的に書架まで移動する

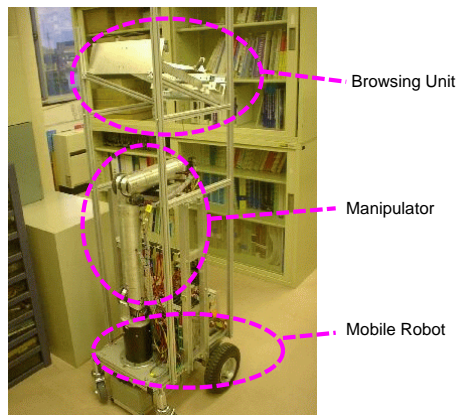


Fig.4 閲覧装置を搭載した移動マニピュレータ“山彦だんぼ”の全容



(A) Book Opening



(B) Page Turning

Fig.5 本を閲覧する動作

2. 操縦者がロボットのカメラ映像を見て本を指示する
3. ロボットハンドが目的の本を取り出す
4. 本の開閉装置に本を挿入する
5. 本のページをめくる
6. ページの映像を操縦者に送信する

取り出した本を開いてページをめくる様子を Fig.5 に示す。本を開閉する動作には約 5 秒・ページを 1 枚めくる動作には約 5 秒を要した。今回作成したページめくり装置は、1 枚ずつしかめくることができないため、複数ページをめくるのには多くの時間を必要とする点が検討課題である。

## 4. まとめ

考案した装置を実装することによって、移動ロボットを介した遠隔図書閲覧システムに、本を開いてページをめくるという新たな機能を追加した。今後は、閲覧装置を改良して高速化をはかると共に、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る予定である。

### 参考文献

- 1) 富沢哲雄, 大矢晃久, 油田信一: 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).
- 2) 富沢哲雄, 大矢晃久, 油田信一: 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).
- 3) ダブル技研 (株)「リーだぶる」:  
[http://www.j-d.co.jp/4\\_fks/readable/r\\_top.html](http://www.j-d.co.jp/4_fks/readable/r_top.html)