

# 遠隔地より図書を閲覧するためのロボットの開発

富沢 哲雄 (筑波大) 大矢 晃久 (筑波大) 油田 信一 (筑波大)

## Development of Remote Book Reading Robot

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

**Abstract**—The aim of this research is to develop a robotic system, which enables us to read a book located in a distant place. The task consisting in taking a book chosen by an operator using a remote operation was designed. Then, the implementation of this system led us to construct a laser range sensor in order to recognize the shape of the books, an actuator used for picking up a book and a remote operating system. After conducting an experiment using this system, we managed to make the mobile robot go to bookshelf, pick up a book and send photos to the operator.

**Key Words:** Mobile Robot, Remote Operation, Laser Range Sensor, Actuator.

### 1. はじめに

ロボットに知的な行動を行わせるための研究は盛んに行われているが、ロボットの環境認識能力・状況判断能力は人間には遠く及ばず、単独で複雑な作業を行うことは実現されていない。そこで本研究では、ある程度自律性を持った移動ロボットと人間との間で簡単なコミュニケーションを持ちながら、相互協力のもとで高度な作業を実現するというアプローチで研究を行った。

具体的な作業内容として、遠隔操作ロボットを介して離れた場所に置かれた本を閲覧することを目標とした(図1)。本を対象とする研究としては、大田ら<sup>1)</sup>によって、既知の背表紙の本を探し出し、その隣に本を返却することをタスクとする自律移動マニピュレータの研究が行われている。それに対して、我々のシステムでは、本を閲覧することに第一の目標を置き、それに伴う一連の作業全体を実現するシステムの構築を目指した。

### 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) ページの映像をオペレータに送信する
- (7) 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。

### 3. 本の認識と操作

#### 3.1 本の認識

本システムでは本の形・大きさ・相対位置を測定するためにレーザー距離センサを採用した。レーザー距離センサは、レーザー投光器から赤外線スリット光を照射し、対象物に当たり返ってきた反射光を CCD カメラで捕らえて、その反射光の入力画像上の位置から 3 次元空間の座標データを得るものである。

レーザー距離センサから 3 次元空間の点列を得ることができたら、その凹凸の状態から本の境界を探し出

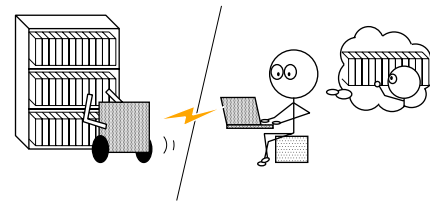


Fig.1 遠隔操作による本の閲覧作業のイメージ



Fig.2 本の境界位置の検出結果

す。その結果、カメラの視野にある本の冊数や、それぞれの本の位置・幅を測定することができる。

この処理によって、実際の本棚にスリット光を照射して 3 次元形状を測定し、入力画像に境界線を重ねて表示したものを図 2 に示す。オペレータはこの結果を見て、読みたい本の番号を指定する。

#### 3.2 アクチュエータ

本を操作するアクチュエータは「把持する」「本を取り出す」「本を開閉する」の 3 つの機能が必要となる。そこで、本研究では自律移動ロボット「山彦」を移動用の台車として、その上に本をつかむためのグリッパを持つハンドと、本を出し入れするための 1 自由度のアーム、そして本の開閉する装置を製作して取り付けした。ハンドの手先の位置は、ロボットの台車によって決定される。台車の走行制御は、左右の車輪に取り付けられたエンコーダの信号により、本体の位置を算出して行っている。ロボットの全容を図 3 に示す。

### 4. 遠隔操作システム

本システムではロボットに Linux を OS としたノート PC を搭載し、無線 LAN により他の PC よりアクセスを可能とした。また、PC に接続された外部機器を使用することも可能となるため、機能の拡張が容易に行える。

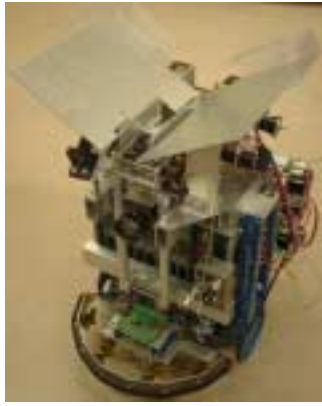


Fig.3 センサとアクチュエータを搭載した自律移動ロボット“山彦”

#### 4.1 本の映像取得

本の映像を取得するために、本に記載された文字を判読できるような高解像度のデジタルカメラをロボットの本開閉装置の上部に設置した。使用したデジタルカメラは、Linux 環境と通信するための CUI アプリケーションやスクリプトが公開されている<sup>2)</sup>ので、これを使用することでファイルリストの取得・任意のファイルのダウンロード等を行うことができる。

#### 4.2 インターフェース

ロボットと人のコミュニケーションは、対話型のコマンド入力により行われる。本システムに実装されているコマンドは以下の通りである。

- straight: 指定した距離だけ直進する
- spin: 指定した角度だけ回転する
- measure: レーザーセンサで本の形状を測定する
- actuator: ハンドとアームの姿勢を指定する
- book open: 本を開く
- book close: 本を閉じる
- shoot: 開いたページを撮影する
- list: 画像リストを取得し、指定した映像を表示する

### 5. タスクの実現

このシステムを利用して、実際に本の把持・開閉・ページ画像の取得という一連の流れを実行した。実験は、ロボットをオペレータと同じ部屋に配置し、数メートル離れたところに置かれた本棚の本を対象とした。

#### 5.1 本の把持動作

本の把持動作は次の手順にしたがって行った。

- (1) ロボットが書架の前に移動し映像を送る
- (2) 指示された本の位置を計測し本の正面に移動する
- (3) グリッパの間隔を本の幅に広げる
- (4) アームを伸ばしグリッパを左右の隙間に挿入する
- (5) グリッパの並進速度が0になるまでハンド閉じる
- (6) 台車を後退させて本を少し引き出す
- (7) アームを引いて本を取り出す

#### 5.2 本の開閉

ハンドとアームによって取り出された本は、ロボット上部の開閉装置の中に納められる。ハンドを解放しながら支持板を開くと、本を左右に開くことができる。ただし、現行の装置はページめくり機能は搭載されていないため、任意のページを見ることはできない。本の取り出しから開くまでの動作の様子を図4に示す。

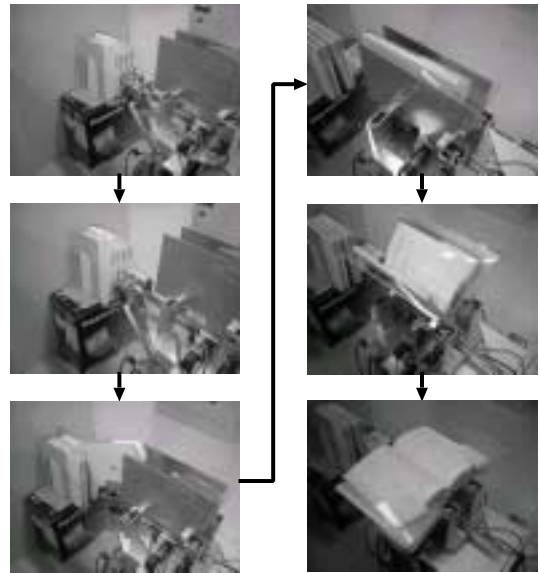


Fig.4 本を取り出してから開くまでの流れ



Fig.5 カメラで撮影された本の映像

#### 5.3 遠隔からの本の閲覧

前章で述べた通り、本の映像はデジタルカメラで取得する。オペレータが撮影を指示すると、PC と USB 接続されたカメラのシャッターが切られる。

また、画像表示が指示された場合は、カメラのメモリに納められているファイルのリストを読み込み、新しいファイルがあれば PC にダウンロードされる。その後、PC に保存された画像リストが表示されるので、オペレータは見たい画像を指示するとディスプレイに映像が表示される。実験によりカメラで撮影して得られた本の画像を図5に示す。

### 6. まとめ

本研究では、ロボットを遠隔操作することで離れた場所に置かれた本の取り出し、本の開閉、ページの画像の取得、本の返却という動作を実装して目標タスクを実現した。今後は、インターフェースの改良や力制御のできるマニピュレータの搭載などについて検討し、タスクの成功率・信頼性の向上を図っていく。

#### 参考文献

- 1) 大田, 永谷 他: “移動マニピュレータによる本の返却動作の実現 -基本動作の実現とインテグレーション-”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 予稿集, 1A1-B6(2001)
- 2) “Open Digita Services”, <http://ods.sourceforge.net>