

図書遠隔閲覧システムの開発

- 本の整列状態認識と取り出し・返却動作 -

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 Book Remote Browsing System - Object Posture Recognition for Book Manipulation -

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 propose an efficient method of recognizing books of any posture and planning their manipulation. The details of such method are presented and yet, results of conduced experiments are shown.

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¹⁾。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出来るシステムである。我々はこれまでに、本の姿勢は直立しているという制限を与えた上で、本を取り出すためのセンサとマニピュレータ²⁾、本を開いてページをめくる閲覧装置³⁾を開発し、システムの統合実験⁴⁾を行い、このようなシステムの有用性を検証してきた。そこで次の段階として、より一般的な図書館での運用を可能にするために、斜めに傾いた本や隙間が混在する書架への対応について検討した。本稿では、このような環境における本の整列状態の認識方法と、本を操作する動作について述べる。

2. ロボットシステム

本システムでは、本の取り出しから閲覧までのすべての動作を1台の移動ロボットで実現させる。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、ページめくり、本の画像の提示、遠隔地との通信など、多岐に渡る機能が要求される。ここでは筆者の所属する研究室で開発された7自由度のアームを持つ自律移動マニピュレータを使用した。また、それとは独立に本を開閉してページをめくる装置を開発してロボットに搭載した。構築したロボットシステムの外観を Fig.1 に示す。

3. 本の整列状態認識

本の位置姿勢を測定するために、ロボットハンドの先端に、レーザースリット投光器と CCD カメラから成るレーザー距離センサを装着した。まず初めに、セ

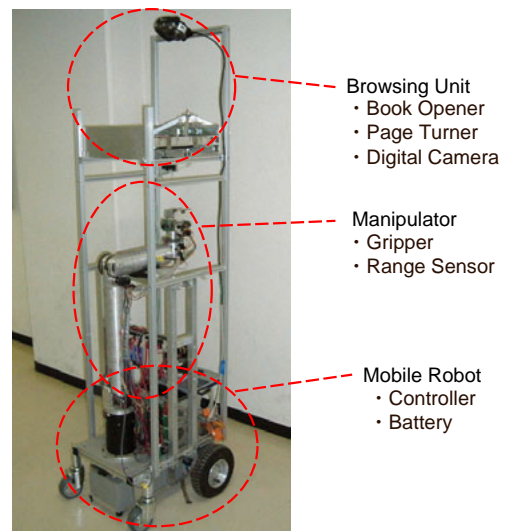


Fig.1 ロボットシステムの外観

ンサで得られた各反射点に対して、光切断方により3次元空間上の位置を計算する。次に、反射位置の凹凸から本の境界を判定し、視野にある本の冊数や位置・幅を求める。ここで対象とした本棚を Fig.2(a)、センサのカメラで捕らえた画像を (b)、このときの3次元位置のプロットの結果と境界位置と判断した点を Fig.3 に示す。

本の境界位置が分かったら、本の傾きを測定する。画像処理で背表紙の縦エッジを抽出し (Fig.2(c))、先に求めた画像上の本境界位置それぞれについて、その位置を通るエッジ線分の角度を計算することで傾きを調べることとした。具体的には、境界位置を通る直線を考えてハフ変換を行い、最も評価値の高い直線を本のエッジとした。この処理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 Fig.2(d) に示す。この方法による本の位置精度は約 1mm、角度精度は約 2 deg である。

4. 本の操作

本を取り出すときは、目標の本の左右に指を差し込み、その指で両側から挟んで把持する方法をとる。目

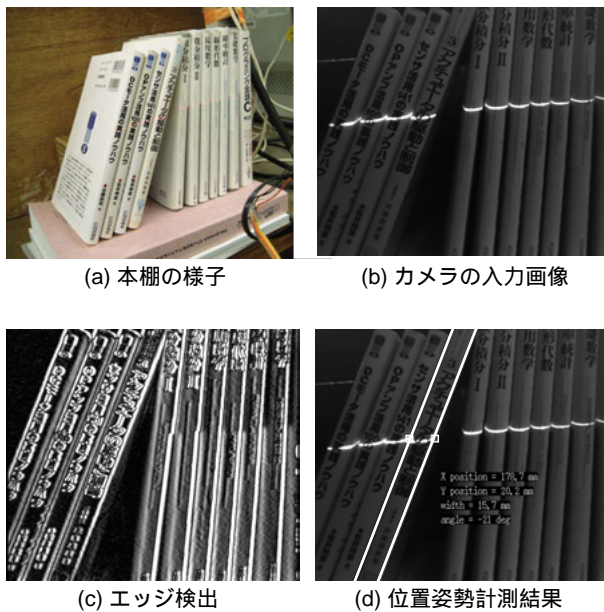


Fig.2 本棚の様子と画像処理の経過

標とする本の左右の隙間にグリッパを挿し込むにあたり、複数のアプローチを試した結果、グリッパを正面からまっすぐ挿し込むと、本を奥へ押し込んでしまうことが判明した。そこで、手先を立てた状態から、手首を下向きに 90 deg 回転させて、グリッパを振り下ろすように挿入することとした。この方法では、本を押し込んでしまうことはなく、手首以外のアクチュエータは姿勢の変更を伴わないため、手先のぶれも最小限に抑えられる。以下にアプローチの手順を、またこの手順にしたがって実際にロボットが本を取り出す様子を Fig.4 に示す。

1. 腕を折り畳んで目標の本棚まで移動する
2. 本棚の前に到着したロボットは、腕を伸ばして手首のカメラを本棚に向ける
3. レーザーセンサで本の位置や境界を計測し、ユーザに希望する本を問い合わせる
4. カメラを目標の本の正面に移動し、手先姿勢を本の傾きと同じ角度に傾ける
5. グリッパを本の幅に合わせて開く
6. 手首を 90 度回転させて、本の隙間に向けて上方よりグリッパを振り下ろすように挿入する
7. グリッパを閉じて本をつかむ
8. 手先の姿勢を固定したまま、手前を 300 mm 引き出す

グリッパの挿入位置と本の隙間の位置が 2 mm 以上ずれると、グリッパが隣の本に接触してしまい、正しく挿入することができずに把持を失敗してしまうことが実験により確認されている。本システムにおいては、レーザーセンサによる位置計測精度と、マニピュレータの手先位置制御の精度がそれぞれ 1 mm 程度であるので、最終的な手先の位置誤差は最大でも 2mm 以内に収まる。そのため、指定した本に対して確実に把持を行うことができた。

5. まとめ

より一般的な図書館で運用可能なシステム実現に向けて、斜めに傾いた本や隙間が混在する書架への対応について検討し、本の整列状態の認識方法と本を操作する動作計画について述べた。今後は、信頼性向上の

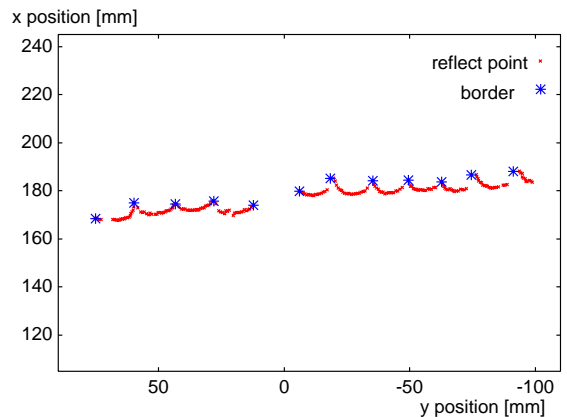


Fig.3 XY 平面に投影した反射点と本の境界位置の認識結果

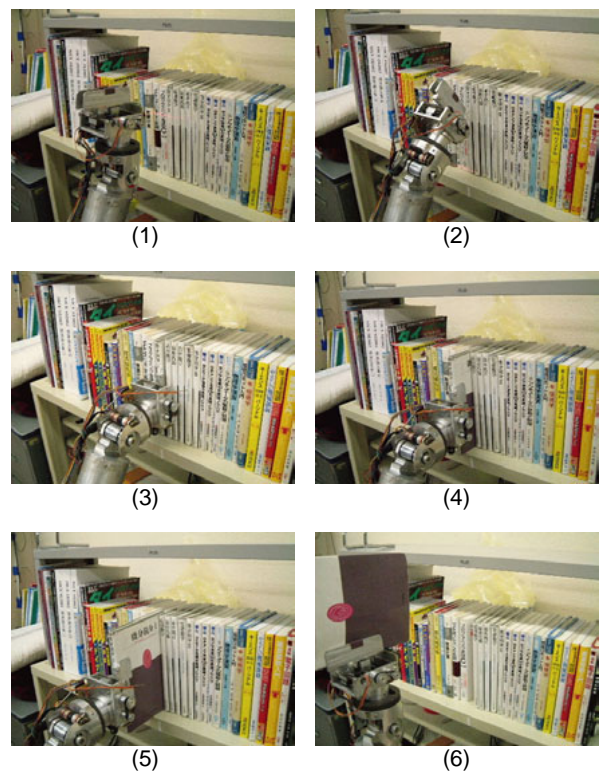


Fig.4 本を取り出す様子

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 : "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
- 3) 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
- 4) 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 -システム結合によるタスクの実現-", 第 3 回システムインテグレーション部門講演会講演論文集 (III), pp165-166