

書籍の背表紙画像を用いた拡張現実図書検索システム Augmented Reality Book Search System by using the book cover images

高橋政樹[†]
Masaki Takahashi

高井昌彰[‡]
Yoshiaki Takai

1. はじめに

図書が大量に収納された書棚から、目的の図書を短時間で発見するための効率的な手法が求められている。従来手法として、収納された書棚の位置情報を埋め込んだ IC タグを図書に付加することで実際に収納されている場所を提示するものがある [1]。しかし、図書が移動された際に正確な配置情報をリアルタイムで取得できないなど、配置管理やスケラビリティに問題がある。

一方近年、iPhone や Android 端末といったスマートフォンや iPad などのタブレット端末が普及し始め、これを用いた拡張現実技術が注目を集めている。これは、スマートフォンやタブレット端末の特徴である持ち運びの手軽さやカメラや GPS などの各種センサの利用の容易さが、現実環境から取得できる情報に電子情報を重ね合わせることで情報の補足を行うという拡張現実技術の特徴と相性が良いためと考えられる。

そこで本研究では、データベースから目的の図書を検索し、その図書の背表紙画像と書棚全体の画像に対して画像特徴点マッチングを行うことで配置場所を特定する手法を考える。また携帯端末の処理能力を補うために、定点カメラを接続した監視クライアントを各書棚に対向するように配置して携帯端末と協調的に連携させる。拡張現実技術を用いて図書の位置と収納されている書棚までの移動経路を視覚的に利用者に提示するシステムの構築を目指す。

2. システムの概要

2.1. システム構成

本システムは、Fig.1 に示されるように、四隅にマーカーを取り付けた書棚、カメラ機能の付いた携帯端末、カメラを接続した監視クライアント、データベース、メインサーバによって構成される。

携帯端末と監視クライアントはメインサーバとネットワークで接続され、全ての通信はメインサーバを経由して行われる。データベースにはあらかじめ書棚に収納されている図書のデータを格納しておくものとする。また、背表紙画像のデータはスキャナを用いて取り込んだものを使用する。位置情報は監視クライアントの処理によって更新され、携帯端末からはその時点における最新の情報を取得できる。

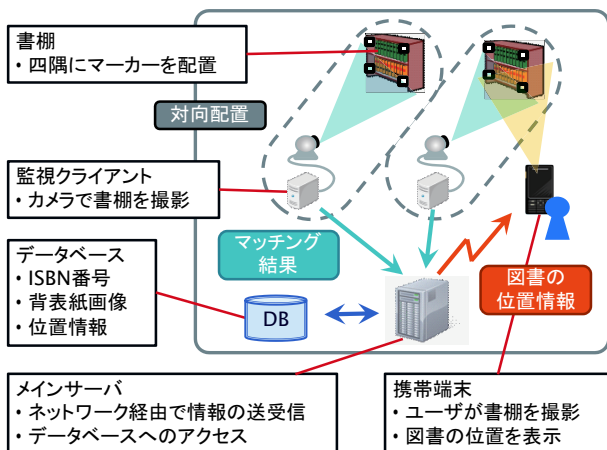


Fig. 1: システム構成図

[†] 北海道大学大学院情報科学研究科, Graduate school of Information Science and Technology, Hokkaido University

[‡] 北海道大学情報基盤センター, Information Initiative Center, Hokkaido University

2.2. システム利用の流れ

利用者が携帯端末でシステムを起動すると、データベースに格納された書棚に収納されている図書のリストが表示される。その中から検索対象図書を選択し、携帯端末のカメラで書棚の四隅に取り付けられたマーカーを撮影する。すると、カメラのプレビュー上に目的の図書が収納されている書棚の方向を示すオブジェクトが表示される。その指示に従って室内を進み、目的の図書が収納された書棚の前に到着すると、その図書の位置に対してオブジェクトが重ねて表示される。

3. 図書の位置特定処理

図書の位置特定処理は、監視クライアントと携帯端末の処理を協調連携させることで行われる。この手法を用いるのは携帯端末の処理能力では特徴点マッチングのような高速な画像処理を行うことが難しいためであり、これにより図書の位置提示をリアルタイムで実現する。

監視クライアントは、図書の背表紙画像と書棚を撮影した画像を入力として、マーカーの検出、書棚画像の領域分割、特徴点マッチングを定期的に行い、その結果をメインサーバに送信する。携帯端末は、マーカーの検出、座標系の変換を行う。その際、監視クライアントの処理により定期的に更新されるデータベースから図書とマーカーの位置情報を取得して利用する。このような処理の分散手法を用いることにより、携帯端末では最新の情報を取得し位置提示に反映させることができる。

3.1. マーカーの検出

Fig.2 に示す白と黒の四角形で構成され、上下左右のいずれかに突起が付いたマーカーを書棚の四隅に配置し、その位置を検出することで書棚領域を認識する。また、位置を検出した4個のマーカーに対して突起の方向を検出し、その組み合わせにより書棚の識別を行う。



Fig. 2: 使用するマーカー

位置の検出

マーカーの位置座標を求めるために、4個のマーカーが映っている画像をグレースケール化、色を反転して二値化したものから輪郭の抽出を行う。生成した二値化画像において、マーカーは白領域の内部に黒領域が存在する構造になっている。また、白と黒の領域の形状や面積比はあらかじめ設定することができる。この2つの条件から、マーカーであるか判定を行う。この判定により求められたマーカーの数が4でない場合、マーカーの数に応じた処理を行う。3個以下の場合には正しく認識できなかったものとし、5個以上の場合にはマーカーの位置関係を考慮してマーカーを4個選択する。

突起の検出

突起を検出するために、まずマーカーの外周からなる図形を包含する凸包を生成する。次に、凸包を構成する各線分に対応する凹状の欠損領域から、その線分と最も離れた点とその距離を計算する。この結果から距離が最も長いものを2個選択し、対応した2点の中点を求める。中点とマーカーの白い領域の重心の位置関係から突起の方向を判定する。

3.2. 書棚画像の領域分割

書棚に似た背表紙の図書が複数あった場合にも、正確にマッチングを行うために書棚画像の領域分割処理が必要となる。領域分割の前処理として、書棚画像に対して Sobel フィルタを用いて水平方向と垂直方向のエッジを検出する。

まず、書棚の段数に応じた領域の分割を行う。垂直方向のエッジ画像を入力として水平方向に画素数を数える。一定の閾値以上の画素数を連続で持つ領域の中から、領域が大きいものを書棚の段数分だけ選択する。

次に、収納されている図書の向きに応じた領域の分割を行う。水平方向と垂直方向のエッジ画像に対して、ラベリング処理と端点の検出によって各エッジを線分に変換する。各線分の傾きから図書の向きを縦横2種類に判定することで領域を決定する。さらに、図書の向きにあわせてさらに細かく領域の分割を行う。

3.3. 特徴点マッチング

本システムではSURF[2]を用いてマッチングを行う。SURFは128次元の単精度浮動小数点数ベクトルで構成される特徴量である。アフィン変換に対して不変であり、照明の変化にも比較的強いものである。ここで、特徴量が検出された点を特徴点とし、関連付けられた情報として保持する。

まず、領域分割した書棚画像の部分画像と背表紙画像のSURFを抽出する。次に、その特徴量ベクトルに対して近傍探索を行い、2つの画像の特徴点をペアとして結びつける。そのペアの中に外れ値が存在している場合、その外れ値を削除し特徴点のリストを再構築する。さらに、このリストからホモグラフィ行列を生成し、背表紙画像の角の4点の座標を書棚画像上の座標に変換する。変換後の4点が凸四角形を形成し、大きく外れた点が存在しない場合、その重心を図書の位置座標とする。

3.4. 座標系の変換

監視クライアントと携帯端末を協調連携させるために、それぞれ別の位置に存在している監視クライアントと携帯端末との間で座標系を変換する。

監視クライアントと携帯端末でそれぞれ検出したマーカーの位置座標を元に射影変換行列を計算した後、その行列を用いて図書の位置座標を変換することによって、携帯端末上の座標を決定する。

4. 書棚までの位置提示処理

図書館のような大規模な環境での利用を考えた場合、複数の書棚に対しても図書の位置提示を行う必要がある。本システムでは各書棚に与えられた識別番号を基に部屋のモデル化と経路計算を行う手法を用いる。

まず、各書棚に取り付けられたマーカーの突起の組み合わせによって識別番号を与える。次に、この識別番号を基に部屋をグリッド上に分割したモデルを作成する。検索対象図書が収納されている書棚の識別番号は監視クライアントのカメラで撮影した画像から、利用者がどの書棚の前にいるかという情報は携帯端末のカメラで書棚を撮影した画像から、それぞれ得られる。作成したモデルに対して、この2点間の経路を探索することで仮想空間上における経路を得ることができる。この経路情報を携帯端末上で表示することで書棚までの位置提示を実現する。

5. システムの動作実験

5.1. 実験概要

Fig.3の書棚に対して図書の位置特定処理を行い、携帯端末のカメラプレビュー上に図書の位置を示すオブジェクトを表示した。また、監視クライアントでの特徴点マッチングと携帯端末での位置提示処理に関して評価を行った。ここでFig.3において、オレンジの円はマーカー、赤色の四角形は検索対象図書を示している。

なお、監視クライアント (OS:Ubuntu Linux, CPU:Atom D510 1.66GHz) への実装は、開発言語としてC++言語と画像処理ライブラリであるOpenCV[3]を用いて行った。また、携帯端末はAndroidタブレット端末(MOTOROLA XOOM(TM)Wi-Fi TBi11M)を使用し、開発言語はJava言語、C++言語、OpenCVを用いている。



Fig. 3: 実験に用いた書棚

5.2. 結果と考察

監視クライアント上における特徴点マッチングの成功確率は約65%となった。ただし、失敗の原因である背表紙の薄い図書を除いた場合、成功確率は80%以上に向上した。

また、Fig.4から、携帯端末上で検索対象図書に対しておおよそ正しく位置提示処理が行われたことがわかる。しかし、マーカーの検出が失敗することがあり、矢印オブジェクトが正確な位置に表示されない場合がある。書棚の識別も含めた現時点での失敗率は10%程度である。この問題点は携帯端末をすばやく動かすことによって生じるが、前フレームのマーカーの位置や状態を元にした推定処理を行うことによって解決できると考えられる。また、1フレームの処理に要する時間は30~40msであり、リアルタイムの処理が実現できている。



Fig. 4: Android 端末による表示結果

6. まとめ

本稿では、図書の背表紙画像と書棚を撮影した画像に対して、特徴点マッチングを行うことで特定した図書の所在を携帯端末で提示する手法について述べ、それを用いた拡張現実図書検索システムの概要を示した。

今後は図書およびマーカーの位置特定処理の精度向上と高速化、検索対象図書が収納されている書棚までの移動経路の提示処理の改善、監視クライアント間の連携処理を実現し、複数の書棚に対応できるシステムを目指す。

参考文献

- [1] 府中市立図書館 - 東京都
<http://library.city.fuchu.tokyo.jp/>
- [2] Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars and Luc Van Gool, "Speeded-Up Robust Features (SURF)", Computer Vision and Image Understanding (CVIU), 110(3), pp.346-359 (2008).
- [3] OpenCV
<http://opencv.willowgarage.com/wiki/>