卒 業 研 究 論 文

題　　目

画像検索とのハイブリッド方式による文書画像検索の性能向上

知能メディア処理研究グループ

指 導 教 員　　岩田　基　助教

平 成　24　年（　　2012　年）度 卒 業

（No.　　1090107028　　）　　杉本 恭隆

大 阪 府 立 大 学 工 学 部 知 能 情 報 工 学 科

画像検索とのハイブリッド方式による文書画像検索の性能向上

第3グループ　杉本 恭隆

1. はじめに

本研究の目的は，文書を撮影した画像からデータベース内の対応する文書を検索することである．このとき，文書画像検索を適用すると正しく高速に検索できる．文書画像検索とは，検索する対象が文書である場合に特化した画像の検索方法である．

文書画像検索の一手法として，高速かつ正確に検索できる方法としてLLAHという手法がある．LLAHでは文章の単語の重心を特徴点とし，他の近傍点との関係より特徴量を算出し検索する．LLAHの利点は，一般的な局所特徴量を用いた画像検索と比べ，計算量が少なく処理時間が高速なことである．しかし，LLAHではどんな文書画像であっても検索できるといったわけではない．例えば，文書を撮影した画像には，図や表などの部分が含まれることがある．文書の図や表の部分を撮影した画像から検索する場合，正しい結果が得られないことがある．

この問題を解決する方法として，文書の図や表の領域には画像検索をすることが挙げられる．画像検索とは，一般的な画像を検索できる手法である．画像検索を用いることによって，文書の図や表の部分にも対応することができる．また，画像の一部分からでも検索できるといった利点がある．しかし，LLAHと比べ処理時間がかかるといった問題もある．

本論文では，LLAHと一般的な画像検索とを組み合わせることを考える．LLAHにおける特徴点を見て，LLAHで対応できるかどうかを判別し，対応できない部分には画像検索を適用する．このように切り替えをすることにより，検索の効率化を図る．LLAHと一般的な画像検索とを組み合わせる方式を提案する．そして実験によって精度と処理時間を比較する．

2. 提案手法

図1のような文書画像を入力として，初めに特徴点を抽出する．特徴点とは文章の単語ごとの重心から算出されるもので，LLAHでも用いられている．この特徴点を用いて，最小全域木を計算することによって文字の並びを切り出す．文章は直線に並んでいると仮定し，極端に木が曲がる部分は除去している．図2に示すように，ここから単語の並びを求める．そして画像を4分割し，それぞれの部分の単語の並びの行数を調べる．ここで出てきた行数が3以上ならばその特徴点を用いてLLAHによる文書画像検索を適用し，3以下ならばその範囲には画像検索を適用する．

3. 実験

データベースの画像は文書画像1000枚，クエリは文書画像を撮影した100枚で実験をした．(1) クエリをLLAHによって検索した場合，(2) 画像検索によって検索した場合，(3) 提案手法によって検索した場合のそれぞれ3種類の検索法での精度，処理時間を調べた．処理時間は特徴点を求めた後，検索を終えるまでの時間である．

表1に実験結果を示す．この結果より，提案手法はLLAHよりも精度が良く，画像検索よりも高速に検索可能であるということがわかった．しかし，LLAHよりも時間がかかっており，画像検索よりも精度が下がっている．よって，実用性を求めるためには，改良を加え処理時間と精度の向上が求められる結果となった．また，どの手法でも検索できない画像もあった．それは，手ぶれなどの影響と考えられる．

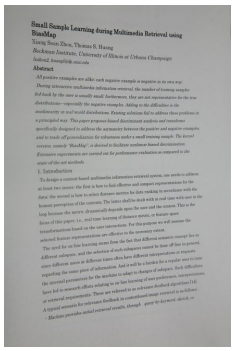


図 1: 文書画像

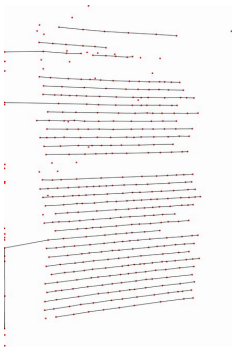


図 2: 単語の並び

	(1)LLAH	(2) 画像検索	(3) 提案手法
精度 (%)	81.0	94.0	88.0
処理時間 (ms)	12.4	86.4	60.1

表 1: 実験結果

4. おわりに

本論文ではLLAHより高精度かつ画像検索より高速な検索法を提案した．実験の結果より，提案手法は両手法の中間の結果となった．

今後の課題として，本手法よりも精度が高く，かつ高速に動作するように改良する必要がある．つまり，LLAHで対応できるかどうかの判別方法を改善することなどである．今回は単語の並びを利用したが，特徴点の分布や密度などを用いることも考えられる．その判別法に応じて，画像の分割の方法も変更できると考えられる．このとき，処理時間には注意しながら精度の向上を考える必要がある．また，本実験でのクエリ画像は，撮影時に角度がついていないものを使用していた．今後は，撮影時に角度がついていた場合や，手ぶれなどにより検索できなかった画像についても考え，その場合でも提案手法が有用であるかを検証する必要がある．

参考文献

[1] 中居友弘，黄瀬浩一，岩村雅一．“処理速度とメモリ効率の改善されたLLAHによるカメラベース文書画像検索，”画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2008)，2008年7月．

[2] 黄瀬浩一，野口和人，岩村雅一．“参照特徴ベクトルの増加による低品質画像の高速・高精度認識，”電子情報通信学会論文誌 D，Vol. J93-D，No. 8，pp. 1353–1363，2010年8月．

[3] 黄瀬浩一，岩村雅一，中居友弘，野口和人．“局所特徴量のハッシングによる大規模画像検索，”日本データベース学会論文誌，No. 8，Vol. 1，pp. 119–124. 2009年6月．

目 次

第 1 章　はじめに **1**

第 2 章　関連手法 **3**

第 3 章　LLAH と画像検索の処理の流れ **5**

第 4 章　LLAH **7**

4.1　特徴点の抽出 7

4.2　特徴量計算 7

4.3　登録処理と検索処理 8

第 5 章　画像検索 **11**

5.1　局所特徴量 11

5.2　登録処理と検索処理 11

第 6 章　提案手法 **13**

第 7 章　実験と考察 **15**

7.1　実験条件 15

7.2　結果と考察 15

第 8 章　結び **23**

謝辞 **25**

参考文献 **27**

図 目 次

3.1 処理の概要 6

4.1 特徴点抽出 9

6.1 画像検索に用いる行 14

7.1 データベース画像例 17
7.2 質問画像の例 19
7.3 全手法で検索失敗した例 20
7.4 LLAH でのみ検索失敗した例 21
7.5 LLAH とハイブリッド方式で検索失敗した例 22

表 目 次

7.1　実験結果 18

第1章　はじめに

近年，デジタルカメラやカメラ付き携帯電話の普及により，大量の画像を手軽に撮影・活用できるようになり，持ち運びも簡単にできるようになった．それに伴い，カメラを情報デバイスとして，撮影した画像を利用することができれば有用である．情報デバイスとしての利用法として，Layered Reading [1] という情報サービスがある．これは新たな読書体験とビジネスを創出する電子書籍アイデアである．電子書籍の紙面上に新しいレイヤを設け，付加情報を重ねて表示するというものである．また，カメラペンを用いて，紙文書に書いた文字をデジタルデータとして扱えるようにするサービスがある [2]．このように，撮影画像を情報デバイスとして利用することによって，日常生活をより豊かなものにできると考えられる．これらの実現のために，まず撮影画像から対応する文書を検索する必要がある．このような検索については様々な研究がなされている．その中でも，撮影した画像に文章が含まれており，どの文書をどのように撮影したのかを検索する文書画像検索という分野が注目されている．

文書画像検索の一手法として，Locally Likely Arrangement Hashing (LLAH) [3] という高速かつ正確に検索できる手法がある．LLAH では文章中の単語の重心を特徴点とし，他の近傍点との関係より特徴量を算出して検索する．これにより，計算量を抑え，高速な処理を実現している．しかし，LLAH では正しく検索できない文書画像も存在する．例えば，文書を撮影した画像には，図や表などの部分が含まれることがある．文書の図や表の部分を撮影した画像から検索する場合，正しい結果が得られないことがある．LLAH では，文章の単語の重心を特徴点とし，他の近傍点との関係より特徴量を算出し検索するため，文章でない領域からは検索に有効な特徴点を得ることができない．

この問題を解決する方法として，文書の図や表の領域には画像検索を適用することが挙げられる．画像検索とは，一般的な画像を検索できる手法であり，最も単純な手法は投票に基づくものである [4] [5] [6]．そのような画像検索を用いることによって，文書の図や表の部分にも対応することができる．しかし，LLAH と比べ処理時間がかかるという問題

がある．

本稿では，LLAH と一般的な画像検索とを組み合わせ，お互いの利点を活かす新たな手法を提案する．この手法では，まず画像が与えられたとき，単語の並びを求めてその並びの数を数える．その数によって LLAH と画像検索のどちらを利用するかの切り替えをすることにより，検索の効率化を図る．また，速度の高速化のために，画像を分割してそれぞれに切り替えをする．実験によって，精度と速度を従来法と比較し，性能向上を確認した．

以下，2 章で関連手法について述べ，3 章で LLAH と画像検索の処理の流れ，4 章で LLAH を用いた特徴量抽出，5 章で画像検索を用いた特徴量抽出について述べる．そして 6 章で提案する組み合わせ方式について述べ，7 章で実験と結果，8 章で結びとする．

第2章　関連手法

文書画像検索の手法では，LLAH の他にも様々な研究がなされている．しかし，LLAH と他の文書画像検索 [7] [8] [9] [10] とで大きく異なる点は，画像が受ける種々の歪みに頑健なことである．カメラにより撮影した文書画像は射影変換による歪みを被る．また，デジタルカメラ，特に携帯電話に付属のものの特性を考えると，文書画像中の一部分からでも検索可能 (部分検索が可能) でなければならない．こういった点で，本手法では LLAH を使用するのが最適である．

また画像検索の手法でも，局所特徴量を使用する手法の他にも，研究がなされている．画像の照合に用いられる特徴量は大きく大域特徴量と局所特徴量に分類できる．大域特徴量とは，画像全体から抽出される特徴量であり，局所特徴量とは，画像の一部分から抽出される特徴量である．局所特徴量を抽出するには，特徴量を取り出す局所領域を決定し，その領域から特徴量を抽出するという 2 段階の処理が必要になる．大域，局所の両者とも特徴量はベクトル（特徴ベクトル）として表現される．これを照合することによって，画像検索が可能となる．局所特徴量を抽出するときに必要となる局所領域の決定に対応する処理が，大域特徴量の抽出では不要であるため，大域特徴量の抽出は計算量的に有利である．また，特徴量が画像 1 枚あたり 1 つであるため，画像の索引付けに用いるデータ量としても大幅に少なくて済むという利点もある．一方で，画像の一部分が隠れによって得られない場合，大域特徴量ではもはや同じ値を得ることは不可能という問題もある．局所特徴量を用いると，隠れによって得られない特徴量があっても，隠れていない部分から依然として同じ特徴量を得ることができるという利点がある．これは，文書を撮影した際に，文書の一部分が欠けていても，欠けていない画像と同じ場所から同じ特徴量が得られるということである．よって，文書を撮影した画像を質問画像とする画像検索には，局所特徴量が有効である．以上より，本手法では局所特徴量を用いている野口らの手法 [6] を用いる．

第3章　LLAHと画像検索の処理の流れ

LLAHと画像検索の共通の処理の流れを説明する．概要を図3.1に示す．図3.1では，文書画像の登録と文書画像の検索についての処理の流れを示している．登録処理は，データベース作成時の処理であり，文書をデータベースに登録する処理である．検索処理は，質問画像とデータベースを照合し，検索結果を求める処理である．

登録処理，検索処理ともに，まずは特徴抽出をし，特徴量を計算する．次に，登録処理の場合は，文書をデータベースに登録する．検索処理の場合は，質問画像とデータベースを照合し，検索結果を求める．

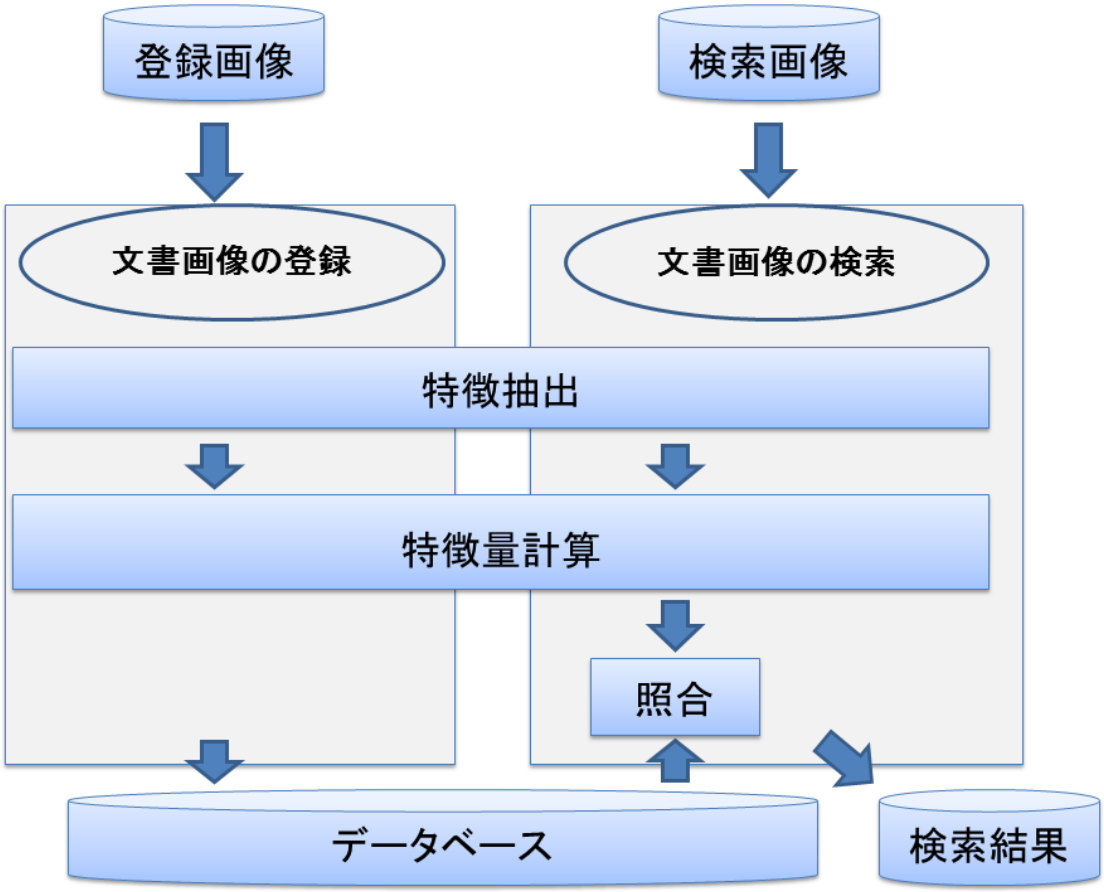


図 3.1: 処理の概要

第4章　LLAH

本章では，LLAH での登録処理と検索処理について説明する．登録処理と検索処理では特徴点抽出と特徴量計算は共通なので，4.1，4.2 で先に説明して，4.3 でそれぞれの処理について説明する．

4.1　特徴点の抽出

特徴点抽出の処理を以下に示す．まず，入力画像（図 4.1(a)）は適応 2 値化され，2 値画像（図 4.1(b)）に変換される．次に，ガウシアンフィルタで画像をぼかし，再度適応 2 値化を施すことで，単語ごとに結合された画像（図 4.1(c)）が得られる．最後に，単語領域の重心（図 4.1(d)）が特徴点として抽出される．

4.2　特徴量計算

LLAH の処理に用いる特徴量は，以下の 2 つの条件を満たす必要がある. 同一の文書から得られる特徴量は同じでなければならないことと，異なる文書から得られる特徴量は全く異なることである．対応しているにもかかわらず, 文書を登録している処理と質問画像から検索する処理で異なる特徴量が得られた場合, それらは違うと特徴点と判断され，対応付けられない．そのため, 正しい検索結果を得ることができなくなる．もう 1 つの条件は, 対応していない特徴点からは異なる特徴量が得られなければならないというものである．もし対応していない特徴点から同一の特徴量が得られた場合, それらの特徴点が対応付けられるので，誤ったものも検索結果として得られることになるからである．この 2 つの条件を満たす方法として，アフィン不変量を用いる方法がある．

アフィン不変量とは，ある特徴点の近傍 4 点から求められる値である．近傍 4 点を $ABCD$

とするとき，アフィン不変量は以下の式で導出される．

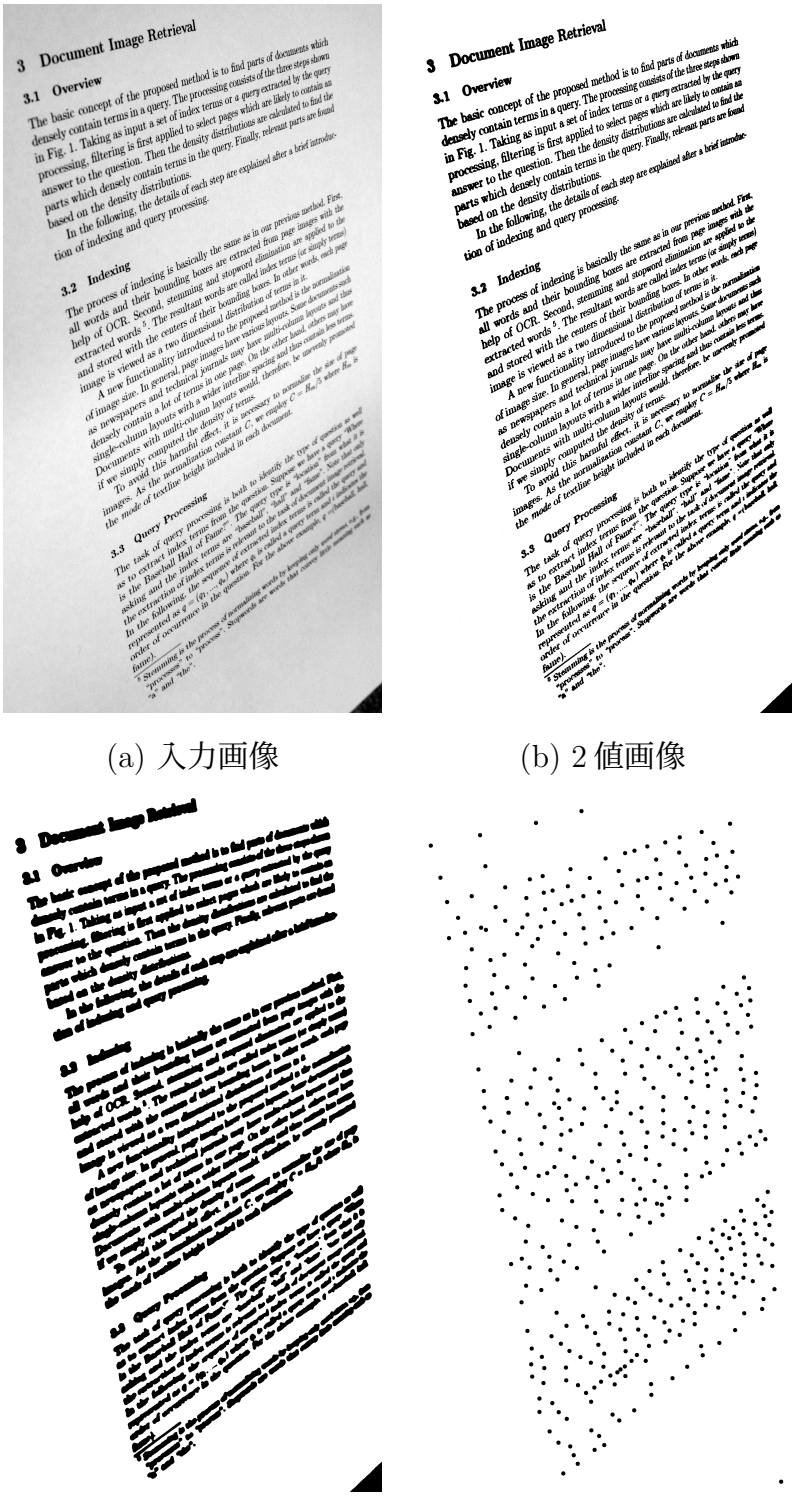
$$\frac{P(A,C,D)}{P(A,B,C)} \tag{4.1}$$

ここで，$P(A,B,C)$ とは，ABC を頂点とする三角形の面積である．よって，アフィン不変量は三角形の比によって導出される．

4.3 登録処理と検索処理

登録処理では，登録画像から特徴量を求める．次に，得られた特徴量をハッシュ関数によってハッシュ表のインデックスに変換する．そして，文書 ID，特徴点 ID と特徴量の組をインデックスとしてハッシュ表に登録する．この処理によって，得られた特徴量に文書と特徴点の位置の情報を付加している．

次に検索処理について説明する．検索処理では，質問画像から特徴量を求める．まず，ハッシュ関数によって特徴量からハッシュ表のインデックスを求め，ハッシュ表にアクセスする．そして，そのインデックスに登録されている文書 ID に投票する．この処理を全ての点について繰り返して，最終的に最も得票数を得た文書を検索結果とする．このとき，特徴点 ID より，文書のどの位置から得られた点かわかるので，質問画像が検索結果のどの範囲を写しているかの情報も得られる．



(a) 入力画像　(b) 2 値画像

(c) 連結成分　(d) 特徴点

図 4.1: 特徴点抽出

第5章　画像検索

本章では，野口らの手法 [6] について説明する．まず 5.1 節で登録処理と検索処理の共通部分であり，図 3.1 の特徴抽出と特徴量計算にあたる局所特徴量について述べ，5.2 節で登録処理と検索処理の処理について説明する．

5.1　局所特徴量

ここでは，局所特徴量について説明する．局所特徴量とは，画像の局所的な領域から求められる特徴量である．局所特徴量を求める手法として，PCA-SIFT を用いる．PCA-SIFT とは，特徴量を 36 次元の特徴ベクトルとして抽出する手法である．基本的に 1 つの画像からは数百から数千個の特徴ベクトルが得られる

まず画像から特徴点を抽出する．そして，PCA-SIFT を用いて特徴点の周りの局所的な領域から特徴量を求める．

5.2　登録処理と検索処理

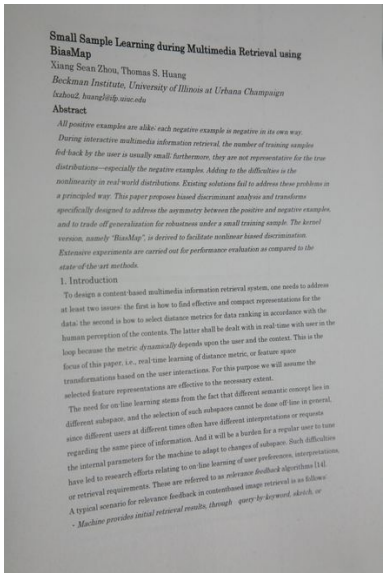
登録処理では，まず登録文書から特徴量を求める．そして，メモリ削減のために，PCA-SIFT によって得られた特徴量の各次元を 2 値化し，ビットベクトルを作成する．得られたビットベクトルをハッシュ関数によってハッシュ表のインデックスに変換する．そして，特徴量と画像 ID の組をハッシュ表のそのインデックスに登録する．

検索処理では，まず質問画像から特徴量を求める．次に，質問画像から得た各特徴ベクトルに対して，登録時と同様にインデックスを計算して，ハッシュ表にアクセスする．そして，アクセスしたハッシュ表に登録されている特徴量を参照し，同じ値があればその特徴量を，なければ近似する特徴量を求め，対応する画像 ID に投票する．投票数が一番多

かった画像を検索結果とする.

第6章　提案手法

本章では，文書画像検索と画像検索のハイブリッド方式について説明する．図 6.1(a) のような文書画像を入力として，初めに特徴点を抽出する．この特徴点とは文章の単語ごとの重心から算出されるもので，LLAH でも用いられている．この特徴点を用いて，最小全域木を計算することによって文字の並びを切り出す．最小全域木とは，いくつかの頂点とその辺の長さが定義されているときに，全ての頂点を含む木で辺の長さの総和が最小となるものである．ただし，木は環状にはならない．最小全域木は，辺の長さを昇順にソートし，小さい順に採用していくという処理である．このとき，採用することで木が環状になるような辺は採用しない．そして，頂点数 -1 本の辺を採用するまで処理を繰り返す．一般的な文章では同じ行の単語の重心は直線状に配置されると考えられる．そういった仮定より，得られた最小全域木から極端に木が曲がる部分を除去する．そこから残った線をすべて単語の並びとする．図 6.1(b) に単語の並びを求めた図を示す．次に画像を分割し，それぞれの部分の単語の並びの行数を調べる．得られた行数が閾値以上ならばその特徴点を用いて LLAH による文書画像検索を適用し，閾値以下ならばその範囲には画像検索を適用する．そうすることにより，分割したそれぞれの結果が導出される．その結果の多数決により，最終的な結果を導出する．結果がすべて別々のものである場合や，結果が等しく分散しどの文書が正解であるか判断できない場合は検索失敗とする．



Small Sample Learning during Multimedia Retrieval using BiasMap

Xiang Sean Zhou, Thomas S. Huang

Beckman Institute, University of Illinois at Urbana Champaign

{xzhou2, huanglthp.uiuc.edu}

Abstract

All positive examples are alike; each negative example is negative in its own way. During interactive multimedia information retrieval, the number of training samples fed-back by the user is usually small; furthermore, they are not representative for the true distributions—especially the negative examples. Adding to the difficulties is the nonlinearity in real-world distributions. Existing solutions fail to address these problems in a principled way. This paper proposes biased discriminant analysis and transforms specifically designed to address the asymmetry between the positive and negative examples, and to trade off generalization for robustness under a small training sample. The kernel version, namely "BiasMap", is derived to facilitate nonlinear biased discrimination. Extensive experiments are carried out for performance evaluation as compared to the state-of-the-art methods.

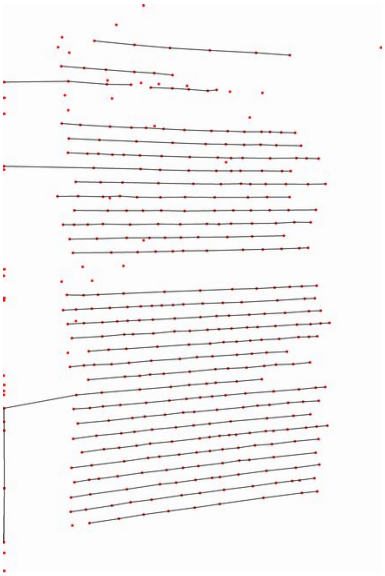
1. Introduction

To design a content-based multimedia information retrieval system, one needs to address at least two issues: the first is how to find effective and compact representations for the data; the second is how to select distance metrics for data ranking in accordance with the human perception of the contents. The latter shall be dealt with in real-time with user in the loop because the metric *dynamically* depends upon the user and the context. This is the focus of this paper, i.e., real-time learning of distance metric, or feature space transformations based on the user interactions. For this purpose we will assume the selected feature representations are effective to the necessary extent.

The need for on-line learning stems from the fact that different semantic concept lies in different subspace, and the selection of such subspaces cannot be done off-line in general, since different users at different times often have different interpretations or requests regarding the same piece of information. And it will be a burden for a regular user to tune the internal parameters for the machine to adapt to changes of subspace. Such difficulties have led to research efforts relating to on-line learning of user preferences, interpretations, or retrieval requirements. These are referred to as *relevance feedback* algorithms [14]. A typical scenario for relevance feedback in contentbased image retrieval is as follows:

- *Machine provides initial retrieval results, through query-by-keyword, sketch, or*

(a) 文書画像



(b) 単語の並び

図 6.1: 画像検索に用いる行

第7章　実験と考察

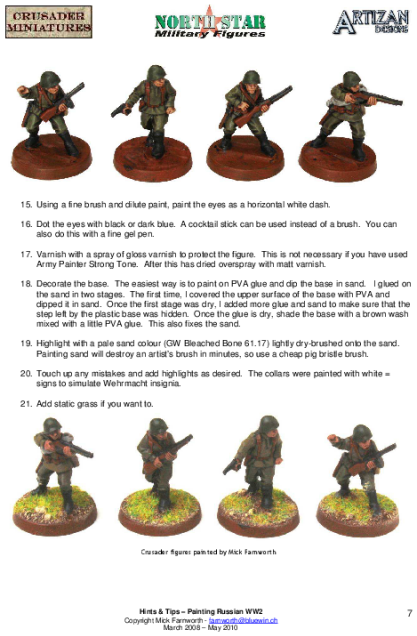
7.1　実験条件

データベースの画像は文書画像1000枚，質問画像は文書画像を撮影した100枚で実験をした．本実験では簡単のため，質問画像はカメラと文書との角度はつけないように撮影したものを使用した．図7.1にデータベースの画像の例を示し，図7.2に質問画像の例を示す．ハイブリッド方式で画像検索に切り替えるかどうかを判別する行数の閾値は3と設定した．そして，画像の分割は縦横均等に二つずつ分け，四分割となるようにした．以上の条件の下，(1) 質問画像をLLAHによって検索した場合，(2) 画像検索によって検索した場合，(3) 提案手法によって検索した場合，のそれぞれ3種類の検索法での精度，処理時間を調べた．精度は正しい文書を検索できた割合で，処理時間は，特徴点を求めた後，検索を終えるまでの時間である．これは，画像検索で特徴点抽出に膨大な時間がかかるためである．一連の流れの処理時間を導出すると，画像検索の特徴点抽出にかかる時間が膨大であるために，検索にかかった時間の違いが読み取れない．よって，本論文では特徴点を求めた後からの時間を導出した．

7.2　結果と考察

表7.1に実験結果を示す．この結果より，提案手法はLLAHよりも精度が良く，画像検索よりも高速に検索可能であるということがわかった．図7.3に全手法で検索失敗した例，図7.4にLLAHでのみ検索失敗した例，図7.5にLLAHとハイブリッド方式で検索失敗した例を示す．図7.3より，ブレがひどい画像ではどの手法でも検索できないことがわかる．ブレが大きい部分からは特徴点がうまく取り出せないことが多い．よって，検索できなかった理由は抽出される特徴点数が少なかったからであると考えられる．図7.4のよう

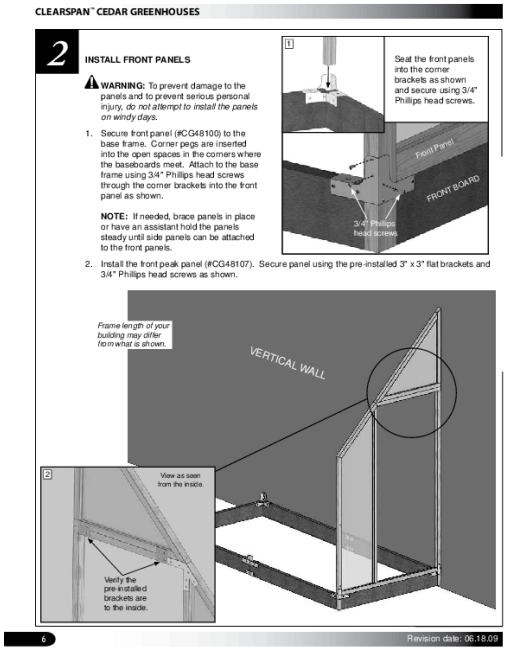
な文章が少ない質問画像はLLAHでは検索失敗している．けれども，画像検索とハイブリッド方式では検索成功している．これは，ハイブリッド方式により，適切に画像検索を適用できているからである．しかし，図7.5のクエリでは画像検索では検索成功しているが，LLAHだけでなくハイブリッド方式でも検索失敗している．これは，大まかに分けて二つの理由があった．まず一つ目の例を図7.5(a)に示す．この例では最終結果を出す際の多数決に失敗している．得られた四つの結果により，二票ずつ別々の画像に投票していたため，結果が等しく分散し，検索失敗した．次に二つ目の例を7.5(b)に示す．この例では，特徴点は数多く抽出できたものの，LLAHの検索時に誤投票により，他の文書に投票されていた．つまり，画像検索への切り替えができていないために，ハイブリッド方式で検索失敗していた．



15. Using a fine brush and dilute paint, paint the eyes as a horizontal white dash.
16. Dot the eyes with black or dark blue. A cocktail stick can be used instead of a brush. You can also do this with a fine gel pen.
17. Varnish with a spray of gloss varnish to protect the figure. This is not necessary if you have used Army Painter Strong Tone. After this has dried overspray with matt varnish.
18. Decorate the base. The easiest way is to paint on PVA glue and dip the base in sand. I glued on the sand in two stages. The first time, I covered the upper surface of the base with PVA and dipped it in sand. Once the first stage was dry, I added more glue and sand to make sure that the step left by the plastic base was hidden. Once the glue is dry, shade the base with a brown wash mixed with a little PVA glue. This also fixes the sand.
19. Highlight with a pale sand colour (GW Bleached Bone 61.17) lightly dry-brushed onto the sand. Painting sand will destroy an artist's brush in minutes, so use a cheap pig bristle brush.
20. Touch up any mistakes and add highlights as desired. The collars were painted with white = signs to simulate Wehrmacht insignia.
21. Add static grass if you want to.

Crusader figures painted by Mick Farnworth

Hints & Tips – Painting Russian WW2
Copyright Mick Farnworth - farnworth@bluewin.ch
March 2008 – May 2010
7



CLEARSPAN™ CEDAR GREENHOUSES

2 INSTALL FRONT PANELS

WARNING: To prevent damage to the panels and to prevent serious personal injury, *do not attempt to install the panels on windy days.*

1. Secure front panel (#CG48100) to the base frame. Corner pegs are inserted into the open spaces in the corners where the baseboards meet. Attach to the base frame using 3/4" Phillips head screws through the corner brackets into the front panel as shown.

   NOTE: If needed, brace panels in place or have an assistant hold the panels steady until side panels can be attached to the front panels.

Seat the front panels into the corner brackets as shown and secure using 3/4" Phillips head screws.

Front Panel
FRONT BOARD
3/4" Phillips head screws

2. Install the front peak panel (#CG48107). Secure panel using the pre-installed 3" x 3" flat brackets and 3/4" Phillips head screws as shown.

Frame length of your building may differ from what is shown.

VERTICAL WALL

View as seen from the inside.

Verify the pre-installed brackets are to the inside.

6 Revision date: 06.18.09

図 7.1: データベース画像例

表 7.1: 実験結果

	(1)LLAH	(2) 画像検索	(3) 提案手法
精度 [%]	81.0	94.0	88.0
処理時間 [ms]	12.4	86.4	60.1

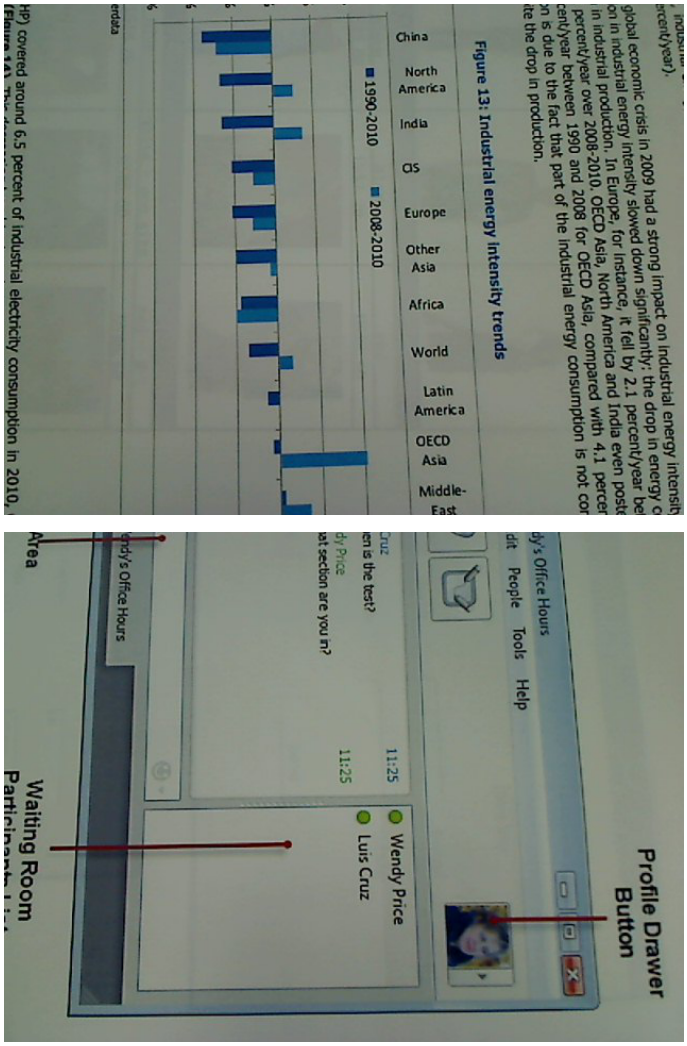

Profile Drawer Button
Wendy Price
Luis Cruz
Waiting Room Area
Figure 13: Industrial energy intensity trends
China
North America
India
CIS
Europe
Other Asia
Africa
World
Latin America
OECD Asia
Middle-East
1990-2010
2008-2010

図 7.2: 質問画像の例

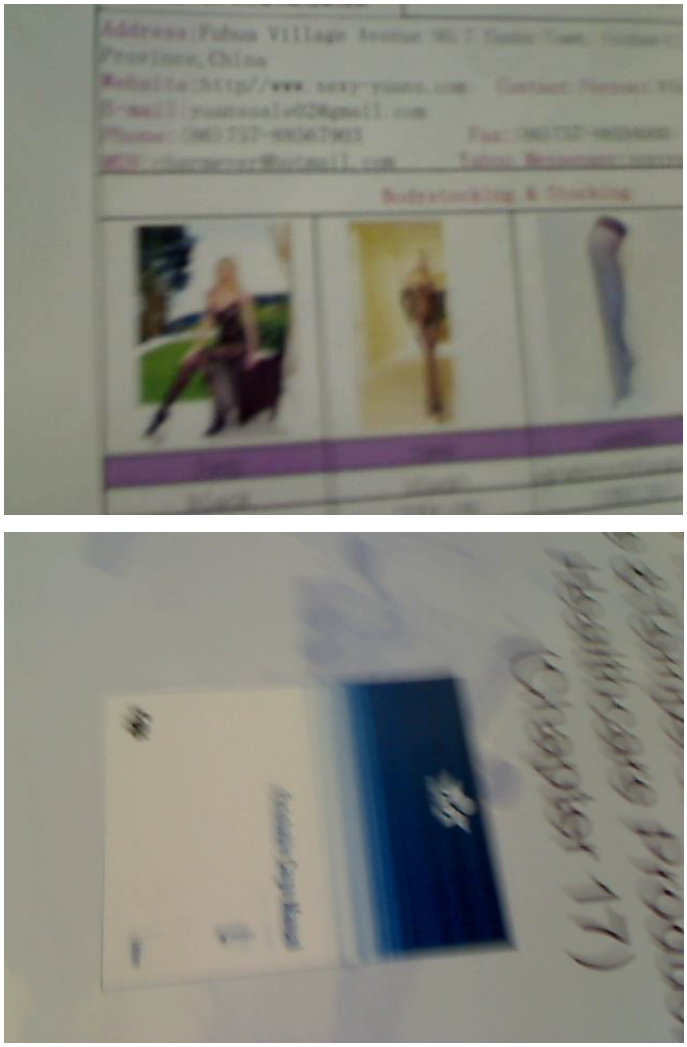
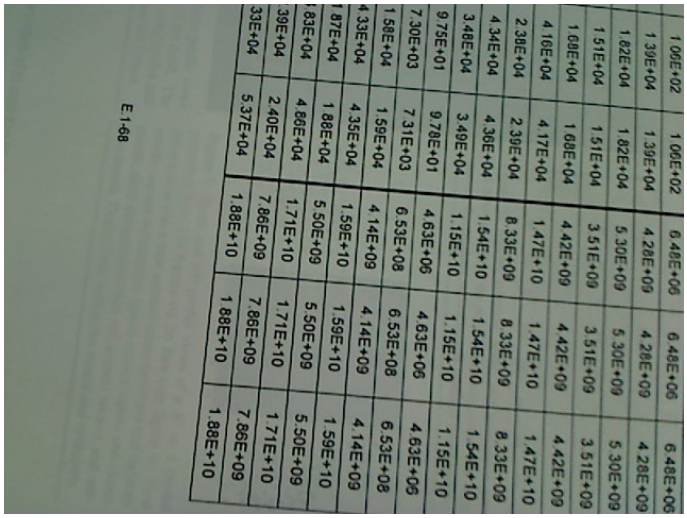


図 7.3: 全手法で検索失敗した例

図 7.4: LLAH でのみ検索失敗した例

(a) 多数決の票の分散



1.06E+02	1.06E+02	6.48E+06	6.48E+06	6.48E+06
1.39E+04	1.39E+04	4.28E+09	4.28E+09	4.28E+09
1.82E+04	1.82E+04	5.30E+09	5.30E+09	5.30E+09
1.51E+04	1.51E+04	3.51E+09	3.51E+09	3.51E+09
1.68E+04	1.68E+04	4.42E+09	4.42E+09	4.42E+09
4.16E+04	4.17E+04	1.47E+10	1.47E+10	1.47E+10
2.38E+04	2.39E+04	8.33E+09	8.33E+09	8.33E+09
4.34E+04	4.36E+04	1.54E+10	1.54E+10	1.54E+10
3.46E+04	3.49E+04	1.15E+10	1.15E+10	1.15E+10
9.75E+01	9.78E+01	4.63E+06	4.63E+06	4.63E+06
7.30E+03	7.31E+03	6.53E+08	6.53E+08	6.53E+08
1.58E+04	1.59E+04	4.14E+09	4.14E+09	4.14E+09
4.33E+04	4.35E+04	1.59E+10	1.59E+10	1.59E+10
1.87E+04	1.88E+04	5.50E+09	5.50E+09	5.50E+09
1.83E+04	4.86E+04	1.71E+10	1.71E+10	1.71E+10
39E+04	2.40E+04	7.86E+09	7.86E+09	7.86E+09
33E+04	5.37E+04	1.88E+10	1.88E+10	1.88E+10

E1-68

(b) LLAH の検索失敗

図 7.5: LLAH とハイブリッド方式で検索失敗した例

第8章　結び

本論文では，文書画像検索と画像検索とのハイブリッド方式について検討し，有用性を確かめるための比較実験をした．結果，LLAH と比べ精度が向上しており，画像検索と比べ処理時間が短いということが分かった．また，ハイブリッド方式の最終結果を出す際の多数決のときに検索失敗があった．LLAH よりも時間がかかっており，画像検索よりも精度が下がっている．よって，実用性を求めるためには，改良を加え処理時間と精度の向上の必要性も感じさせる結果となった．

今後の課題として，図 7.5 のような検索失敗を軽減することが挙げられる．図 7.5 の例では，画像検索のみで検索すれば検索に成功したため，検索手法を切り替える領域の決定方法や，どちらの手法を適用するかの判断条件を改善することにより，対処可能であると考えられる．

謝辞

本研究を進めるにあたって，直接御指導頂いた岩田 基助教，黄瀬 浩一教授には，研究内容や論文の書き方，発表方法において多くの御指導，御助言を頂いたほか，活発な研究活動を導いて頂いたことを深く感謝致します．また，研究発表会等で様々な指摘及び助言をしてくださった岩村 雅一准教授，内海 ゆづ子助教に感謝致します．最後に，公私にわたり様々な支援及び助言をしてくださった知能メディア処理研究グループの皆様に感謝致します．

平成 25 年 3 月 8 日

参考文献

[1] ”http://84dialog.blogspot.jp/2010/03/layered-reading.html” 2011 年

[2] 近野恵，黄瀬浩一，岩村雅一，内田誠一，大町真一郎,“ カメラペンシステムにおける筆跡復元精度の向上，”電子情報通信学会技術研究報告，vol.111，no.317，PRMU2011-101，pp.13.18，(2011).

[3] 中居友弘，黄瀬浩一，岩村雅一.“ 処理速度とメモリ効率の改善された LLAH によるカメラベース文書画像検索，”画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008)，(2008).

[4] 黄瀬浩一，野口和人，岩村雅一.“ 参照特徴ベクトルの増加による低品質画像の高速・高精度認識，”電子情報通信学会論文誌 D，Vol. J93-D，No. 8，pp. 1353–1363，(2010).

[5] 黄瀬浩一，岩村雅一，中居友弘，野口和人.“ 局所特徴量のハッシングによる大規模画像検索，”日本データベース学会論文誌，No. 8，Vol. 1，pp. 119–124. (2009).

[6] 野口和人, 黄瀬浩一, 岩村雅一:“ 近似最近傍探索の多段階化による物体の高速認識 ”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007) 論文集，OS-B2-02, pp. 111.118(2007).

[7] D. Doermann: “ The Indexing and Retrieval of Document Images: A Survey ”, Computer Vision and Image Understanding, 70, 3, pp.287.298 (1998).

[8] D. Doermann, H. Li and O. Kia: “ The Detection of Duplicates in Document Image Databases ”, Proc. ICDAR ’97, pp.314-318 (1997).

[9] K. Hannu : “ Document Image Retrieval with Improvements in Database Quality ”, Academic Dissertation of University of Oulu (1999).

[10] J. J. Hull : “ Document Image Matching and Retrieval with Multiple Distortion-Invariant Descriptors ”, Document Analysis Systems, pp.379.396 (1995).