

多様な文書にも対応可能な カメラベース文書アノテーション付与・共有

小熊 勇佑[†] 黄瀬 浩一[†]

[†] 大阪府立大学 大学院 工学研究科

E-mail: [†]oguma@m.cs.osakafu-u.ac.jp, ^{††}kise@cs.osakafu-u.ac.jp

あらまし スマートフォンのカメラを用いた拡張現実による文書アノテーションシステムを提案する．本システムの特徴は，紙文書と電子文書を垣根無く扱える点である．これは，両者を文書画像として扱い，アノテーションを拡張現実として表示することによって可能となる．アノテーションと文書に対応付けて拡張現実として表示するためには画像検索が必須となる．この際，テキスト，図表，写真などが混在する多様な文書にいかに対応するかが重要となる．すでに，テキスト部分のみを対象とした高速な検索法や，図表・写真などにも対応可能な一般的な検索法は存在するものの，前者は図表・写真を対象にできない，後者は速度に問題があるなど，多様な文書に対応できていない．そこで本稿では，両者を組み合わせることによって，高速性をあまり犠牲にせずに多様な文書に対応する手法を提案する．加えて，付加するアノテーションをスタンプ形式としてスマートフォンで容易に使用可能としたり，印刷物に手書きで加えられたアノテーションをデジタルデータとして分離して電子文書に付与する方式についても述べる．
キーワード 文書画像検索，画像検索，アノテーション，拡張現実，スマートフォン

1. はじめに

我々は文書を読むとき，よくアノテーションを書き込む．この利点は，文書に対するコメントや疑問点が分かりやすく伝わることである．電子文書においては，アノテーションを付与・共有する機能は既に存在する．例えば，Kindle ではハイライトやノートを共有することができる．しかし，多くの場合，端末やサービスが異なるとアノテーションを共有できなくなる．一方，紙文書では，アノテーションは紙媒体に固定されているため，共有は困難である．紙文書においてもアノテーションが共有でき，さらには，電子文書との間でも共有できれば，より便利になることは想像に難くない．このとき重要な点は，媒体に依存せず，同一の方法でアノテーションの付与・共有が可能なシステムとなることである．

このような要求を満たすシステムとして，田中らのシステム [1] がある．田中らは，カメラで撮影した文書に拡張現実としてアノテーションを付与・共有する方法を提案している．カメラで撮影可能であれば，紙文書も電子文書も文書画像となるため，媒体によらず同一に扱うことができる．このとき，文書とアノテーションは文書画像検索によって対応付けられる．また，デバイスとしてスマートフォンを用いることによって，特別なハードウェアを準備することなく，アノテーションのサービスを利用可能としている．

しかし，この方法には 2 つの問題がある．第 1 の問題は，多様な文書に対応できないことである．田中らは，LLAH [2] という文書画像検索手法を用いて高速な検索を実現している．し

かし LLAH は検索対象がテキスト画像に限定されるという問題がある．したがって，図や写真などが混在する多様な文書では，検索に失敗する可能性がある．また，アノテーションとしては，従来の電子文書で設定されていたペン，ハイライト，文字入力と音声や動画の付与を可能としている．しかし，スマートフォンは画面が小さいため，これらのアノテーションを付与する操作は容易ではない．

本研究では，これら 2 つの問題に対して解決手法を提案する．第 1 の問題は，多様な文書に対応した検索手法により解決する．文書画像検索ではなく，一般の画像検索の手法を用いると多様な文書に対する検索が実現できる．ただし，画像検索法は，一般に特徴抽出に長い時間が必要となり，実用的ではない．この問題に対する解決策の一つは，高速に抽出可能な特徴を用いることである．そのような特徴として，ORB [3] が知られている．ただし，残念ながら，ORB を用いると特にテキスト画像でかなり精度が犠牲になる．そこで，本研究では，ORB を用いた画像検索法と，LLAH を統合的に用いることによって，互いの利点を残しつつ，欠点を補うような検索手法を実現する．第 2 の問題は，小さなデバイス上でも容易に付加できるアノテーションによって解決する．そのために，2 つの方法を提案する．第 1 に，電子的なスタンプの貼付によりアノテーションを施すことを考える．これにより，容易に使用可能なアノテーション方法を実現する．第 2 に，カメラ画像からのアノテーションの抽出を考える．これにより，紙文書にペンで手書きするなど，スマートフォンではなく他の方法で付与されたアノテーションを電子的に取り込むことを可能とする．

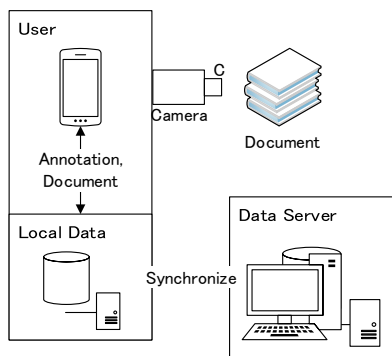


図1 システム構成

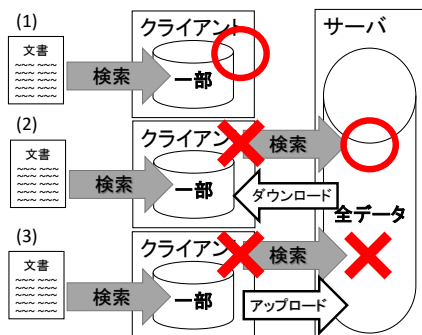


図2 サブセットを持つ方法

本稿では、提案手法の評価実験についても述べる．具体的には、(1) 検索手法の精度と速度、(2) スタンプの使用・理解容易性、(3) カメラ画像からのアノテーションの抽出の精度の3点を評価した．その結果、(1) 提案手法は従来法に比べて処理時間をあまり増加させることなく高精度な検索を実現できること、(2) スタンプにより使用や理解が容易なアノテーションが実現できること [4]、(3) コントラストが十分であればカメラ画像からアノテーションを抽出可能なことが示された．

2. 提案するアノテーション共有システム

2.1 システム構成

ユーザは文書にアノテーションを付与し、サーバを介してほかユーザとアノテーションを共有する．図1にシステムの構成を示す．ユーザはスマートフォンのカメラで文書を撮影し、まずスマートフォンのデータベースに格納する．そしてサーバと通信することによってアノテーションを共有する．このようなサーバ・クライアント方式によってアノテーションの付与・共有システムを実現するためには、スマートフォンの特性から、(1) 狭い通信帯域、(2) 少ないメモリ環境でも、動作可能な方式とすることが必須となる．以下各々について述べる．

まず(1)について述べる．スマートフォンは、殆どの場合、移動体通信方式で通信しており、帯域が狭い．したがって、画像を取得するたびにネットワークを介して検索を行えば、タイムラグが大きくなる．この問題を解決する一つの方法は、サーバに収められているデータをクライアント(スマートフォン)にも持ち、サーバとの通信を行わなくても検索が可能にすることである．

次に(2)について述べる．上記の方式で生じる大きな問題は、スマートフォンのメモリである．すなわち、メモリの制限からスマートフォンは全ての文書データを持つことが困難である．この問題を解決する一つの方法は、サーバ上のデータの一部のみをクライアントとなるスマートフォンに格納することである．図2に概念図を示す．一度検索された文書は、引き続き検索される可能性が高い．したがって、図2(1)に示すように、その文書をクライアントに格納しておけば、対象が変わらない限り検索が可能となる．図2(2)に示すように、クライアントに存在しないときでも、サーバに存在する可能性があるため、サーバに問い合わせる．その結果、文書データが得られたらそれをクライアントにダウンロードして次の検索に備える．図2(3)に示すように、サーバにも存在しなければ、新規の文書であるので、サーバに登録する．以上のような機能を、古い文書データの消去とともに用いれば、メモリの制限を満たしつつも、サーバとの通信を削減し、軽快な動作が可能となる．

2.2 多様な文書に対応可能な高速な検索手法

画像検索に用いられる一般的な特徴としては SIFT [5] が知られている．SIFT を用いた手法は高精度であるが、低速なためスマートフォン上での動作には向かない．高速な抽出が可能な特徴として ORB [3] がある．特徴の照合に近似最近傍探索を用いると、精度をあまり犠牲にせずに、高速な検索が実現可能である．ただし、ORB を用ると特にテキスト画像のような同じ図形が繰り返し出現する対象に対して検索精度が著しく低下する．一方、テキスト画像を高速に検索する手法として LLAH [2] がある．LLAH は 1000 万ページのデータベースに対して 99.4%の精度と 38ms の時間で検索できる．しかし、検索対象はテキスト画像に限定されている．

以上の点を考慮して、本手法では、テキスト画像用の LLAH と、ORB を用いた一般画像の検索を組み合わせることによって、多様な文書に対応することを試みる．このとき、ORB の特徴を高速に照合するため、近似最近傍探索の手法の一つである BDH [6] を用いる．

両者を組み合わせる方法としては、両検索手法を並行して実行し、信頼度の高い方の結果を採用する方法をとる．正しい検索結果ほど照合された特徴点が多くなることから、信頼度としては照合された特徴点数を用いることを考える．ただし、LLAH と ORB では抽出される特徴点数が大きく異なるので、重みを用いてバランスを取る．

本手法をまとめると以下のようになる．

- 検索は、LLAH と ORB+BDH を組み合わせて実現する、
- 両者の統合は、信頼度の高い方を採用することによって実現する．

2.3 スタンプによるアノテーション

アノテーションはスマートフォンを用いて拡張現実として付与・表示される．これにより、直感的に操作できる．図3にクライアントの画面を示す．撮影された文書を画面上に表示し、その上にアノテーションを表示する．表示する座標は、画像検索の結果によるカメラ画像とデータベースとの対応点から射影変換行列を計算し、アノテーションの座標データを射影変換行

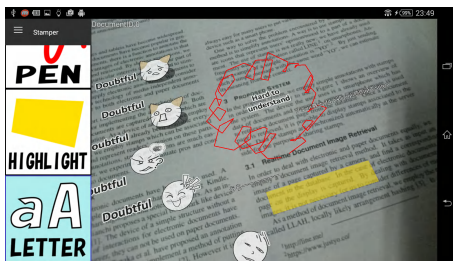


図 3 スタンプを付加した画面

キャラクター					
漫符					
文字	Hard to understand	Interesting	Boring	Surprising	Doubtful

図 4 スタンプ一覧

列で画面上の座標に変換し求める．付与は，タップされた画面上の座標を既に求めた射影変換行列の逆行列を用いて文書上の座標へ変換し，アノテーションの座標とする．

ここで，アノテーション方法について考える．田中らは，従来の電子文書で用いられていたペン，ハイライト，文字入力や音声，画像を追加するアノテーションの手法を実装している．しかし，これらの手法には，小さなデバイス上では操作が難しいという問題がある．ペンやハイライトはなぞったり範囲を指定する間デバイスのブレなどで誤差が発生し，文字入力はタッチ操作では時間がかかる．提案するスタンプによるアノテーションは，一覧からスタンプを選び，カメラで撮影した文書の付与したい場所にタップするだけで付与できる．スタンプとして用意した画像の一部を図 4 に示す．画像はグループに分けられ，グループ内では表情や文字が変化したものを複数用意する．伝えたい意味に合うものを選択することで，理解も容易にできる．

2.4 アノテーション抽出手法

スタンプによるアノテーションは容易に使用できることが予想される．しかし，スタンプのみでは詳細な書き込みは不可能である．一方で，従来の電子文書のアノテーション方法をスマートフォン上で用いることも難しい．

この問題を解決するため，他の方法で付与されたアノテーションをスマートフォンを用いてデジタルデータとして抽出し，付与することを考える．例えば，紙文書に対して，ペンで付与したアノテーションを抽出できれば，アノテーションの容易性を損なうことなく，詳細なアノテーションも扱うことが可能となる．

このような目的のため，中居らは，カメラで撮影した文書からアノテーションを抽出する方法を提案している [7]．この手法では，アノテーションの付与された文書を撮影し，データベースに登録された文書画像データと比較してアノテーションが付与された部分を抽出する．中居らの手法は，平行に配置された行を用いた大域マッチング， 5×5 pixel の小領域のパターンマッチングによる局所マッチング，さらに二値画像での差分を

行い，その結果の画像からアノテーションの抽出をしている．しかし残念ながら，この方法には 2 つの問題がある．第 1 にテキスト文書しか扱えない問題がある．大域マッチングが文書の行を用いているため，行のない文書には適用することが難しい．第 2 に 2 値画像しか扱えない問題がある．これは差分をとる際に必要となる．

提案手法では，以下のようにこれらの問題を解決する．第 1 の問題に対しては，大域マッチングと，局所マッチングの方法を変更することで解決する．第 2 の問題に対しては，差分の方法を変更することで解決する．以下で提案手法の，(1) 大域マッチング，(2) 局所マッチング，(3) 差分，(4) 抽出の方法について説明する．

(1) 大域マッチングの方法としては，SIFT を用いた照合方式を採用する [8]．これにより，多様な文書で射影変換を求められる．

(2) 局所マッチングの方法としては，Gunnar Farneback のオプティカルフローのアルゴリズムを用いる．計算された射影変換はレンズの歪みや文書の歪み，特徴マッチングのエラーなどで大きな誤差を含む．従来法の小さな Window Size で長距離の探索を行うと，マッチングの失敗が起きやすくなる．よって，ある程度大きな Window Size を扱うことができるマッチングの方法として，Gunnar Farneback のオプティカルフローのアルゴリズムを用いる．これにより，大きな誤差や歪みの修正も可能であり，一貫した動きへの制限も行われる．この時の Window Size を W_f とする．

(3) 差分としては，差の絶対値を用いる．差分は，同一の座標を中心とした一辺 L の正方形の領域における画素値の最も近いものとの差とする．これは，微小なずれがあっても対応する画素を見つけるためである．このとき，光源の悪影響を排除するため，色調補正を予め適用しておく．色調補正の方法は，以下の通りである．まず，元画像を一辺の大きさ W の正方形の Window に分割し，各 Window の画素値の平均と分散を求める．次に，カメラ画像側で対応する Window について，その画素値の平均と分散が同一になるように，色調補正を適用する．この時，色情報を扱いやすくするため画像を HSV 系に変換する．そして，明度と彩度を調整して補正する．ただし，彩度については，値が小さくならないように注意する．これは，元文書がグレースケールであった場合にアノテーションの色情報を保存するためである．

(4) 抽出は，差分画像への閾値処理によって実現する．その後ごま塩ノイズの除去のため，小さい連結成分を削除する．さらに，カメラ画像の端はノイズが乗りやすいため，マセマティカルモルフォロジーの収縮を適用する．このときの，2 値化の閾値を T ，連結成分の最小画素数を A ，収縮の繰り返し回数を E とする．

また，画像処理や照合の精度を確保するため，元の文書画像を R 倍に拡大して処理することとする．

3. 実験

提案手法の優位性の検証のため 3 種類の実験を行った．実験

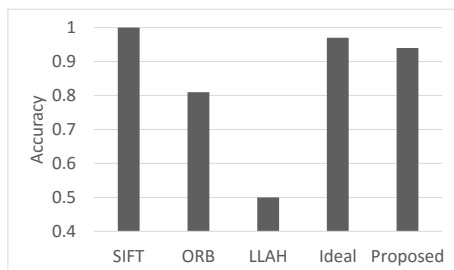


図 5 精度比較結果

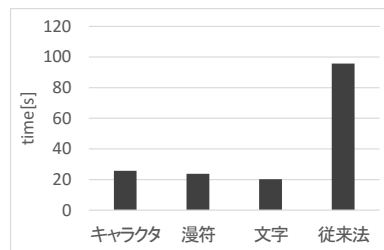
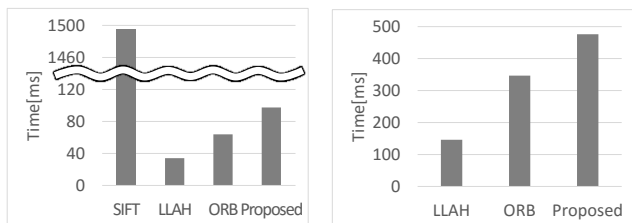


図 7 5 つ付与するのにかった時間



(a) デスクトップマシンでの結果

(b) スマートフォンでの結果

図 6 時間比較結果

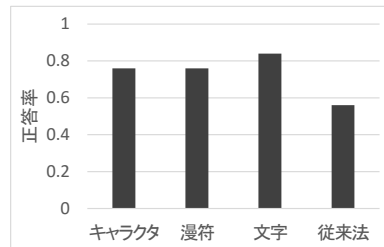


図 8 意味解釈の正答率

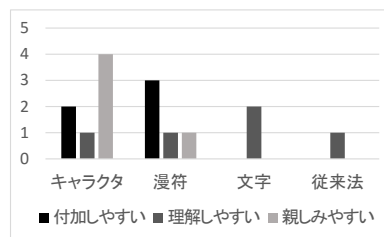
1 では、検索手法が多様な文書に対応し十分高速であるかどうかを検証した。実験 2 では、スタンプは従来のアノテーションと比較して使いやすいかどうかを検証した。具体的には、電子文書でよく用いられているペン、ハイライト、文字入力をそのまま用いた従来法に比べて提案法が使いやすいかをユーザスタディによって検証した。また、使いやすいだけでなく伝えたい意図が十分伝わらなければアノテーションとして意味が無い。よって、アノテーションを施したユーザの意図を他のユーザが推定できるかどうかを検証した。このとき、使いやすいかどうかについてもユーザに問い合わせた。実験 3 では、カメラ画像からのアノテーション抽出の精度を検証した。具体的には、抽出したアノテーションを正解データとピクセル単位で比較し、Recall と Precision を求めることにより評価した。以下、各々の結果について述べる。

3.1 実験 1: 検索手法の精度と処理時間

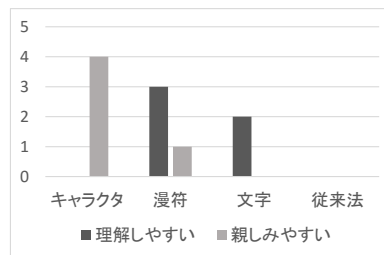
提案した検索手法について比較実験した。まず、データベースとしては、100 枚の文書画像を格納した。また、それを印刷したものを撮影した 100 枚の画像をクエリとして用いた。画像サイズとしては、共に幅が 640pixel となるように縮小した。実験に使用した計算機は、CPU が core i7 950 のものである。

精度を図 5、処理時間を図 6(a) に示す。また、提案手法では、特徴点数に重みを掛けて信頼度とし、照合している。特徴点数が信頼度として適切か検証するために、統合が理想的に行われた場合の精度として Ideal を計算した。Ideal は、ORB と LLAH のどちらか一方でも正しい結果を出した場合は正解とした時の値である。

提案手法の精度は 94% と SIFT には及ばなかったが高い値を得た。また、Ideal からの低下は、3% に留まった。このことから、提案手法は有効であることがわかった。時間は、概ね ORB と LLAH の実行時間を合計した結果となった。SIFT と比較すると 15 倍以上高速であり、LLAH と比較すると 1/3 程度の速



(a) アノテーションを付与した被験者



(b) アノテーションを見た被験者

図 9 アンケート結果

度低下で留まった。

さらに、スマートフォン上に提案手法を実装し、時間を計測した。図 6(b) に結果を示す。用いたスマートフォンは Xperia Z Ultra である。図に示すように、提案手法は数百ミリ秒程度で検索可能なことがわかった。1 秒間に何度も撮影される文書が変わるとは考えにくいことから、これは十分な速度だといえる。

3.2 実験 2: スタンプの使用・理解容易性実験

提案したスタンプによるアノテーションについて使用・理解容易性を 10 人の被験者によって検証した。使用容易性として、スタンプが従来法に比べ、使いやすいかどうかを実験によって検証した。また、理解容易性は次のように検証した。まず、被験者にある意味を持つアノテーションを付与してもらい、その後、別の被験者がそのアノテーションを同じ意味に解釈するかどうかを検証した。アノテーションの種類ごとに正答率、付加にかかる時間を比較し、使いやすいかどうかを被験者に問い合

わせた。

まず 5 人の被験者が、図 4 に示す 3 種のスタンプと、従来法 (ペン、ハイライト、テキストを自由に使う) を文書に付与した。アノテーションが “Hard to Understand”, “Interesting”, “Boring”, “Surprising”, “Doubtful” を意味するよう各種類から選択した。1 人あたり付与したアノテーションの数は 20 個である。その後、別の 5 人の被験者が、同一種類のアノテーションはすべて異なる意味を持つという条件のもとで解釈した。その際、最も “付加しやすい”, “理解しやすい”, “親しみやすい” アノテーションの種類を選んでもらった。

図 7 にスタンプを付加するのにかかった時間を示す。従来法と比べてスタンプは短い時間で付加できることから、使用が容易であると考えられる。

アノテーションの解釈について図 8 に正答率を示す。正答率が高いほど理解が容易だといえる。スタンプの正答率は 80% 程度と従来法に比べて高いことから、スタンプは比較的解釈が容易であるといえる。なお、文字スタンプの正答率は 100% となることが予想されたが、そうならなかったのは、被験者の不注意によるものである。従来法では文字入力も可能であったが、入力のしづらさから途中で諦めハイライトなどで済ませる人が居た。そのため精度が下がったと思われる。

使いやすさや理解しやすさを判断するため、被験者にアンケートを行った。図 9(a) にスタンプを押した被験者へのアンケート結果、図 9(b) にスタンプを見た被験者へのアンケート結果を示す。結果から以下のことが言える。

- (1) 提案法は従来法に対して付加しやすく親しみやすい。
- (2) 文字スタンプは理解しやすいが親しみにくい。
- (3) 解釈側はキャラクタが親しみやすいが漫符や文字が理解しやすい。

以上から、スタンプは従来法に比べ有用であることが示された。

3.3 実験 3: アノテーション抽出の精度

提案したアノテーション抽出手法を画素単位の Recall と Precision により評価した。一定以上の Recall がなければ、抽出されたアノテーションを読み取ることができなくなる。また、ある程度の Precision がなければ、抽出したアノテーションに無関係な画素が多数混入することになり、共有した時に他の部分の読み取りを阻害する。

実験条件について説明する。文書の種類の比較のため、テキストのみの文書、薄い色の図や表などの文書、濃い色の写真などの文書をそれぞれ 10 枚用意した。それらにアノテーションを付加し、カメラで撮影した。アノテーションの付加については、まず電子文書に対して電子的に行った。そしてそれをプリントアウトすることによって、アノテーションが付加された文書を得た。

各文書について一通りのアノテーションを施した。その内訳は以下の通りである。テキストのみの文書については、黄色のハイライト、赤の取り消し線は各々 2 文書に対して、波線のアンダーライン、丸囲み、文字の付与については、赤で 1 文書、黒で 1 文書、合計 10 文書に対して行った。

一方、薄い色の図や表などの文書、および濃い色の写真など

の文書については、文字の付与を伴う丸囲みを付与した。各々、赤で 5 文書、黒で 5 文書の合計 10 文書となる。

デジタルデータとしてアノテーションを付加することにより、正解データを得ることが可能となる。元文書としては解像度が 72dpi の画像を用いた。カメラは Xperia Z Ultra 内蔵のものを用い、画像サイズは 3104 × 1746pixel とした。文書の撮影は、アノテーション部分が中央で大きく映るようにした。

本実験では提案手法のパラメータとして以下のものを用いた。 R を 4, W_f を 31 pixel とした。 L を 7 pixel, W_t を 512 pixel とした。 T をテキスト文書では 20, それ以外は 64, A を 600 pixel, E を 160 pixel とした。

以上の処理によって抽出されたアノテーションは、画像の状態によっては、正解と比べて太すぎたり、逆に細すぎたりすることがある。そのため、最後の処理として、抽出したアノテーションに対して線幅を変更する処理を施す。具体的には、マセマティカルモルフォロジーの収縮あるいは膨張処理を施す。収縮処理については、0~127 pixel の範囲で、膨張処理については、0~128 pixel の範囲で施した。

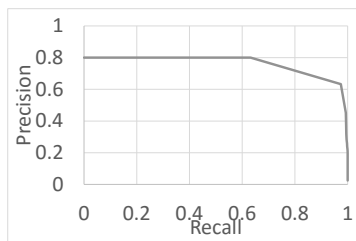
これにより、細かいアノテーションから、太いアノテーションまで様々なアノテーションを抽出することができる。Recall という観点からは太いアノテーションの方が高い値を取るが、Precision は低くなる。逆に細かいアノテーションは高い Precision は取りやすくなるものの Recall は低くなる。したがって、収縮・膨張のパラメータを変更することによって、Recall-Precision グラフを作成することができる。

結果を図 10 に示す。図 10(a) のテキスト文書の抽出結果は Precision, Recall とともに高かった。図 10(b) の薄い図や表などの文書の抽出結果についてもテキスト文書には劣るが、Recall が 0.7 程度の時に Precision が 0.7 程度あった。図 10(c) の濃い写真などの文書の抽出結果については、抽出はほとんど失敗し、Recall も低い。これは、色の濃い写真などでは黒や赤のアノテーションと元画像の画素値が近かったり、光源などで変化した色が色調補正で補正しきれず画素値が離れてしまったため、閾値で分けることができなかつたと考えられる。

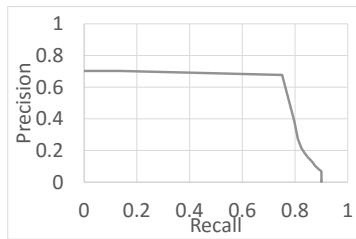
図 11~図 13 に抽出結果の例を示す。図 11 はテキスト文書のうち、スコアの悪かった取り消し線の例を示す。取り消し線周囲の文字部分をアノテーションの一部と誤認している。これは文字のエッジ部分のノイズが、アノテーション領域と結合し、ごま塩ノイズとして取り除かれなかったためだと考えられる。図 12 は薄い図や表などの文書の抽出結果である。一部欠けているが、おおむね抽出に成功している。他の例も、罫線などと重なる部分では欠けることが多かった。これはアノテーションと元文書の画素値が近くなったためだと考えられる。図 13 は濃い写真などの文書の抽出結果である。抽出に失敗し、アノテーションが読み取れない。文書の特に色の濃い部分に書かれたものが消えている。これは、画素値が近くなってしまったためだと考えられる。

4. ま と め

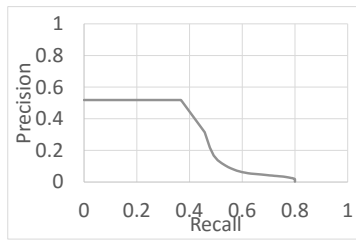
文書のアノテーションを真に有用なものとするためには、



(a) テキスト文書



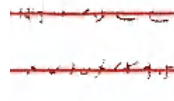
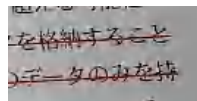
(b) 薄い図や表などの文書



(c) 濃い写真などの文書

図 10 アノテーション抽出の Recall-Precision グラフ

を格納すること
データのみを持



(a) 元文書の該当部分画像

(b) カメラ画像

(c) アノテーション抽出結果画像

図 11 アノテーション抽出例:テキスト文書

1.00	1.00	1.60	1.60
1.65	1.31	1.65	1.31
2.25	1.97	2.25	1.97
1.73	1.73	1.73	1.73
1.78	1.45	1.78	1.45



(a) 元文書の該当部分画像

(b) カメラ画像

(c) アノテーション抽出結果画像

図 12 アノテーション抽出例:薄い図や表などの文書

電子文書、紙文書といった媒体によらないアノテーションの付与・共有システムが必要である。また、そのとき、テキストだけではなく図表、写真など多様なコンテンツを含む文書に柔軟に対応できなければならない。本稿では、このような観点から新たに作成した、アノテーション付与・共有システムについて述べた。本システムの特徴の一つは、多様な文書に対応可能とするため、文書画像検索と一般の画像検索の手法を統合的に用いることにある。また、スマートフォンという画面の大きさや通信速度、メモリなどに制限のあるデバイスでも十分アノ



図 13 アノテーション抽出例:濃い写真などの文書

テーションの付与・共有を可能とするため、クライアントにも文書データベースを持たせるなど、システム構成に工夫を凝らしたほか、アノテーション自体にもスタンプという新しい方式を導入した。さらには、他の方法で付与されたアノテーションをこのシステムに取り込むための、アノテーション抽出法についても述べた。実験の結果、いくつかの制限はあるものの、従来法に比べて概ね良好に動作し、ユーザからの評価も比較的高いことを確認した。

今後の課題としては、本システムを用いてより大規模な実験を行うこと、ならびにその結果に基づいてさらに有用性、容易性を高めることなどがある。

文 献

- [1] K. Tanaka, M. Iwata, K. Kunze, M. Iwamura, and K. Kise, "Share me-a digital annotation sharing service for paper documents with multiple clients support," Proc. of the 2nd Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR2013), pp.779-782, Nov. 2013.
- [2] K. Takeda, K. Kise, and M. Iwamura, "Real-time document image retrieval for a 10 million pages database with a memory efficient and stability improved llah," 2011 International Conference on Document Analysis and Recognition, pp.1054-1058, Sept. 2011.
- [3] E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, and G. Bradski, "Orb: an efficient alternative to sift or surf," Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on IEEE, pp.2564-2571 2011.
- [4] Y. Oguma and K. Kise, "Camera-based system for user friendly annotation of documents," 12th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS 2016), April 2016.
- [5] P.C. Ng and S. Henikoff, "Sift: Predicting amino acid changes that affect protein function," Nucleic acids research, vol.31, no.13, pp.3812-3814, 2003.
- [6] M. Iwamura, T. Sato, and K. Kise, "What is the most efficient way to select nearest neighbor candidates for fast approximate nearest neighbor search?," Proc. 14th International Conference on Computer Vision (ICCV 2013), pp.3535-3542, Dec. 2013.
- [7] 中居友弘, 近藤伸幸, 黄瀬浩一, 松本啓之亮, "情報リサイクルのための文書の書き込み解析," 電気学会論文誌. C, vol.126, no.4, pp.443-450, 2006.
- [8] K. Kise, K. Noguchi, and M. Iwamura, "Robust and efficient recognition of low-quality images by cascaded recognizers with massive local features," Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2009 IEEE 12th International Conference on IEEE, pp.2125-2132 2009.