Analysis of Annotations on Documents for Recycling Information

Tomohiro Nakai Non-member (Osaka Prefecture University, nakai@m.cs.osakafu-u.ac.jp)

Nobuyuki Kondo Non-member (Osaka Prefecture University)

Koichi Kise Member (Osaka Prefecture University, kise@cs.osakafu-u.ac.jp)

Keinosuke Matsumoto Member (Osaka Prefecture University, matsu@cs.osakafu-u.ac.jp)

Keywords: Annotation, Document Image Analysis, Information Recycle, Digital Camera

In this paper, we describe a new notion called the recycle of information for boosting our ability of information handling. Information recycle indicates the decomposition of information into “resources” and the reproduction of new information from the decomposed resources. The recycle of information allows us to access information essential to our business activities in a user-adapted form.

The key of the information recycle is both how to know users’ and organizations’ profiles and how to weight information from the context. We employ analysing annotations on documents to obtain profiles and weights of information since annotating documents is a natural way of interacting with their contents and it often reflects the context of activities and the view of the user.

From the viewpoint of not disturbing users, it is necessary to obtain information about the annotations with the minimum effort of users. As a possible way to meet this requirement, we propose the analysis and extraction of annotations from camera-captured images of documents.

Figure 1 shows the overview of the proposed system. In order to separate annotations from documents, we employ a

database of electronic documents. In recent years most of the printed documents are produced by printing their electronic versions. Thus it is not so unrealistic to assume that electronic equivalents are accessible when analyzing paper documents with annotations.

The processing of extracting annotations consists of three steps: retrieval, annotation extraction and annotation analysis. At the first step, a camera-captured document with annotations is employed to retrieve its electronic version without annotations. At the next step, annotations are extracted by subtracting the document image produced based on the electronic version from the camera-captured document image. At the final step, the structure of annotations is analyzed and each piece of annotations is attached to the corresponding object(s) in the electronic document.

In this paper, we describe the second step of annotation extraction in more details. The processing of this step consists of three smaller steps: preprocessing, dewarping, and extraction. Preprocessing is to obtain binary images from camera-captured color images for the succeeding steps of processing. Dewarping is to normalize perspectively skewed documents (from Fig. 2(a) to Fig. 2(b)). Extraction is the process of subtracting the image of the electronic document from the normalized camera-captured image after adjusting the size and the location of images (from Fig. 2(b) to Fig. 2(c)).

Fig. 1. Overview of the annotation analysis system

Fig. 2. An example of annotation extraction

情報リサイクルのための文書の書き込み解析

非会員 中居 友弘* 非会員 近藤 伸幸**
正員 黄瀬 浩一* 正員 松本 啓之亮*

Analysis of Annotation on Documents for Recycling Information

Tomohiro Nakai*, Non-member, Nobuyuki Kondo**, Non-member, Koichi Kise*, Member,
Keinosuke Matsumoto*, Member

In order to make collaborative business activities fruitful, it is essential to know characteristics of organizations and persons in more details and to gather information relevant to the activities. In this paper, we describe a notion of “information recycle” that actualizes these requirements by analyzing documents. The key of recycling information is to utilize annotations on documents as clues for generating users' profiles and for weighting contents in the context of the activities. We also propose a method of extracting annotations on paper documents just by pressing one button with the help of techniques of camera-based document image analysis. Experimental results demonstrate that it is fundamentally capable of acquiring annotations on paper documents on condition that their electronic versions without annotations are available for the processing.

キーワード：書き込み，文書画像解析，情報リサイクル，デジタルカメラ

Keywords: annotation, document image analysis, information recycle, digital camera

1. はじめに

ビジネスにおける協同作業を効率的に行うには、関連する企業、部署、個人などの情報をより詳しく知る必要がある。このような目的を実現するためのコンピュータを用いた組織や個人についての情報獲得の支援の手法は、モデリングやプロファイリングと呼ばれる。

大量の情報がインターネットのようなネットワークにあるため、オンラインでの取引や情報の流れを分析することで組織や個人の活動を把握できると考えられがちである。しかし、これらは活動の限られた側面に過ぎない。公式・非公式のやり取りにおいて、従来のオフラインのコミュニケーションは未だに大きな役割を担っている。そのようなメディアには、組織や個人のモデリングやプロファイリングにとって重要な情報が活用されずに眠っている。従って、プロフィールをより有効なものにするには、純粋な電子メ

ディアだけでなくさまざまなメディアを活用することが必要である⁽¹⁾。

また、情報過負荷の軽減も情報獲得支援における課題の一つである。電子および紙メディアにおける情報量が急速に増加する一方で、人間の情報処理能力はあまり改善していない。ビジネスにおいて、必要な情報を必要なときに入手することは重要だが、処理すべき情報量が多すぎるためにその実現は非常に困難なものになっている。

これらの問題に関して、本稿では我々が情報リサイクルと呼ぶ情報処理の概念について述べる。情報リサイクルとは、既存の情報を分解して情報の素材とし、それをユーザや組織の好みに応じた情報へと再生するプロセスである。従来から提案されている類似の概念、関連する概念として、データウェアハウス、データマイニング、情報抽出、QAシステム、XML などがある。これらの概念では、取り出されるべき情報の性質や型が予め与えられていたり、将来の加工を意図したタグ付けがなされた情報を扱っている。このため、処理の対象や結果として得られる情報の形態や内容に制限が存在する。たとえば、多くのQAシステムでは、粒度の細かい「事実とみなされるもの」(factoid)を取り出すことが可能であるが、それを超えるもの、例えば、理由の説明(Why型)や粒度の大きなまとめなどに相当する情報を得ることができない。本稿で述べる情報リサイクルは、

* 大阪府立大学大学院工学研究科
〒599-8531 大阪府堺市学園町 1-1
Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University,
Gakuen-cho 1-1, Sakai, Osaka, 599-8531

** 大阪府立大学
〒599-8531 大阪府堺市学園町 1-1
Osaka Prefecture University,
Gakuen-cho 1-1, Sakai, Osaka, 599-8531

このような現状の制限を取り除き、文書として表現された広範な情報から、新しい文書の生成までを含む情報の再生を最終目標としている。

この目標の実現のためには、情報を再構成するための手がかりをいかに得るかが重要となる。即ち、情報リサイクルにおける鍵は、いかにしてユーザに負担を強いることなくユーザおよび組織の好みを規定する情報（プロフィール）の獲得と、それに基づいた情報の重み付けを行うかということである。この目的のため、我々は文書における書き込みに注目する。これは、文書に対する書き込みが一般的な行為であり、業務の内容やユーザの意見を反映したものである。書き込みの解析によりユーザプロフィールの獲得と文書の内容の重み付けが可能になると考えられる。

ユーザの負担を軽減するためには、最小限の操作で書き込みについての情報の取得が可能である必要がある。この要件を満たすため、我々はデジタルカメラを用いて文書を撮影し、得られた画像から書き込みを抽出して解析する枠組を提案する。このようなデジタルカメラを用いた書き込み抽出の試みは筆者らの知る限りほとんど報告されておらず、新しい試みであるといえる。実験の結果により、元となった電子文書が利用可能であれば文書画像からの書き込みの抽出が可能であることが示された。

本稿の構成を以下に示す。2. では情報リサイクルの定義とそこでの書き込みの役割を示す。3. ではデジタルカメラを用いた書き込み解析の手法を説明する。4. ではデジタルカメラで撮影した文書画像からの書き込み抽出の実験の結果を示す。最後に5. で情報リサイクルについての議論と実験結果から結論を述べる。

2. 情報リサイクルと書き込み

ここでは、ビジネスにおける協同作業のための情報リサイクルの概念と、その実現における書き込みの役割について述べる。

2.1 情報リサイクル 環境問題を議論する際、頭文字がRであるいくつかの単語をキーワードとすることがある。キーワードの数に応じて3R から7R までであるが、ここではリデュース (Reduce), リフューズ (Refuse), リユース (Reuse), リサイクル (Recycle) の4R を用いる。

- リデュース (Reduce): 消費量の削減
- リフューズ (Refuse): 不要なものを受け取らないことによる資源消費量の削減
- リユース (Reuse): 再利用することによる資源・エネルギー消費量の削減
- リサイクル (Recycle): 消費したものを再資源化し、新たなものを生み出す

これらの活動は環境保護において異なった役割を担っている。

上述した環境問題と同様に、IT の世界でも環境問題が存在する。例えば、我々は毎日大量の不要なメールやスパムを受け取る。また、インターネットでは、閲覧しきれないほどの Web ページが存在する。Google は現在およそ 80 億もののページをインデックスしており、これは一人の人間が1秒に1ページ閲覧して70年で見ることのできる量の3.6倍である。インターネットにおけるこのような状況は「情報洪水」や「情報過負荷」と呼ばれている。加えて、インターネットにおけるほとんどの情報は大多数の人間にとっては不要なものであり、そのためインターネットは巨大な情報のゴミ山と例えられることもある。しかし、そのよう

図 1 情報のリフューズ、リユースおよびリサイクル

Fig. 1. Refuse, reuse and recycle of information.

な情報も特別な興味のある人間にとっては非常に価値のあるものである場合がある。

同じことがビジネスにおける情報の環境についても言える。ビジネスの業務でも、大量のスパムや業務にあまり関係のないメールを受け取ることがあり、このような大量の情報から実際に読むべきものを選び出す必要がある。また、作成される文書の多くは組織に所属するすべての人間にとって興味のあるものではない。このようなことがビジネスにおける情報の環境を悪化させている。

上記の問題を解決するため、以下のようにして 4R を情報環境に適用することを考える。

- リデュース (Reduce): インターネットでは不要な情報の増加を制限することは困難である。ビジネスでは、リデュースは情報の正しい受け取り手を選ぶことと考えることができる。
- リフューズ (Refuse): 図 1 で示されるように、情報のフィルタリングやルーティングがリフューズに対応する。電子メールのスパムフィルタがその例である。
- リユース (Reuse): 情報をそのままの形で再度利用するという点から、情報や文書の検索が対応する。
- リサイクル (Recycle): 情報の分解による資源への還元および新たな情報への再生である。この情報のリサイクルに相当する技術や研究分野はまだ十分発達していない。

最初の 3 つは、全体として情報をそのままの形で扱うものである。つまり、情報のフィルタリングや選択、検索は提示する情報を選別するだけであり、情報の中身を改変するわけではない。そのため、これら 3 つによって得られる情報のコンテンツは、情報の生産者の観点からのものである。それに対して、4 つ目の「リサイクル」では、情報は分解されてユーザの好みに応じた形で再生されるため、情報の消費者の観点からのものを得ることができる。情報環境の改善のためには、最初の 3 つだけでなく情報リサイクルについても考慮する必要がある。

協同作業に必要なビジネスの業務では、情報のリサイクルによって業務に関する重要な情報をユーザに適した形で得ることが可能になる。ユーザに適した形への変換はユーザプロファイルを用いることで可能になる。これは協同作業支援において重要な役割を果たす。

情報リサイクルの実現のため、最低限以下の問題を解決する必要がある。

- 情報の再利用可能な形での分解方法
- ユーザプロファイルの構築方法
- 分解された情報とユーザプロファイルに基づいた情報の再生方法

分解の問題については、今までに多くの研究がなされている。分解に関連した話題としては、テキストの自動要約⁽²⁾、情報抽出⁽³⁾、テキストおよびウェブのマイニング⁽⁴⁾、ウェブの構造化⁽⁵⁾⁽⁸⁾ などがある。ユーザプロファイルの構築については、ウェブとの関連⁽⁵⁾⁽⁶⁾ や情報検索との関連⁽⁷⁾ で

研究がなされている。これらの 2 つの話題とは対照的に、3 つ目の問題は今まであまり注目されていない。また、上記の研究は電子メディアにおける情報を対象としていることも注目に値する。プロファイルの抽出にはクリックやブラウジング、キー入力のようなコンピュータへの入力情報を用いているが、このような情報はビジネスにおける協同作業の限られた面だけを反映したものである。

2.2 書き込みの役割 近年、ビジネスにおける業務での OA 化が進み、コンピュータを通じた情報の入出力の機会が増加した。しかし、その一方で紙メディアも依然として大きな位置を占めている。電子文書を印刷し、印刷文書として配布・閲覧するということは日常的に行われている。これは、紙メディアのもつ読み易さや扱い易さといった長所によるものである。従って、情報リサイクルのためのユーザプロファイルの構築を行う際には、電子メディアの情報だけでなく紙メディアの情報も活用することが重要である。紙メディアのもつ重要な情報として、ユーザの行う書き込みがある。ユーザが印刷された文書を読む際に書き込んだ印やメモなどは、2.1 で示した情報リサイクルにおける三つの問題のうち、ユーザプロファイルの構築および情報の再利用可能な形での分解に対して、以下のようにして役立てることができる。

- ユーザプロファイルの情報源: 興味の有無という形で、書き込みにはユーザの文書の内容に対する意見が含まれる。従って、書き込みによって印の付けられた単語の属性を解析したり、書き込まれた文字列を認識することでユーザプロファイルの手がかりを得ることができる。
- 重み付けに基づく情報の分解: 書き込みは、ユーザによる文書に対する重み付け情報として利用することができる。重み付け情報を用いることで、より効果的な情報の分解が可能になる。例えば、特定の分野の専門家による書き込みが頻繁になされる箇所には、そのような属性を付与して分解することが考えられる。ただし、そのためには書き込みを行ったユーザのユーザプロファイルが必要である。

3. 書き込みの解析

本節では、文書に対する書き込みの解析方法について提案する。

3.1 書き込み取得の方法 現在、電子文書と印刷文書という 2 通りの文書の形式が存在する。書き込みを取得する方法としては、ペンコンピューティング⁽⁹⁾ と呼ばれるさまざまな手法が提案されている。

電子文書については、タブレットが書き込み取得で広く使われている。この手法の問題点としては、文書に書き込みを行う際に文書そのものではなくタブレットに対して書き込まなければならないという点が挙げられる。この問題を解決するため、液晶ディスプレイを備えたタブレットやタブレット PC が提案されている。InkML⁽¹⁰⁾ の機能を用い

ることで、これらのデバイスによって文書との相互作用⁽¹¹⁾を行うことが可能となる。しかし、ディスプレイに対して書き込むという操作が不自然なためか、あまり普及していない。

印刷文書に対する書き込みを取得する手法もいくつか提案されている。超音波ペンを用いるものでは、通常の紙に書き込みをすることで書き込みの電子的データを取得することができる。しかし、このデバイスにはセンサの滑りにより取得したデータと実際の書き込みが一致しない場合があるという欠点がある。他の書き込みの取得を行うデバイスとしては、アノトペン⁽¹²⁾がある。これは、微細な点のパターンが印刷された専用の紙にカメラを内蔵したペンで書き込みを行うことで、読み取ったパターンからペンの位置を把握し、書き込みのデータを取得するものである。点のパターンは固有であることが保証されているため、書き込みデータの不一致が生じることはない。

上記の手法は、最初から書き込みが文書から切り離されているという利点がある一方で、書き込みの取得に特別なデバイスを必要とするため、ユーザや用いる場面を限定する可能性があるという欠点もある。より自然な形で書き込みの抽出を行うためには、紙やペンなどの通常の道具を用いる必要がある。また、書き込みの取得に用いるデバイスも一般的なものが望ましい。

これらの要件を満たすため、書き込みのなされた印刷文書をデジタルカメラで撮影し、得られた画像から書き込みの取得を行うことが考えられる。デジタルカメラを用いる場合、一度に大量の文書画像を取り込むことは困難だが、数枚の文書の撮影については手軽に行うことができる。また、持ち運びが容易であり、画像の取り込みの際にコンピュータとの接続を必要としないため、入力機器としての柔軟性は高いといえる。ここで問題となるのは、文書からの書き込みだけの分離が困難なことである。

3・2 デジタルカメラを用いた書き込み解析 ここでは、デジタルカメラで撮影した文書画像⁽¹³⁾の解析に基づく印刷文書の書き込み解析手法を提案する。

3・2・1 概要 図2に提案するシステムの概要を示す。上述したように、デジタルカメラを用いた書き込み解析における大きな問題は文書画像からの書き込みの分離が難しいことである。この問題を解決するため、電子文書 (Electronic Documents) から作成した文書画像データベース (Document Image Database) を用いることを考える。近年、多くの印刷文書は電子文書の印刷という形で作成されている。従って、書き込まれた文書の解析を行う際に電子文書が利用可能であると仮定することはそれほど非現実的ではない。

書き込み解析の処理は、検索 (Retrieval)、書き込み抽出 (Annotation Extraction)、書き込み解析 (Annotation Analysis) の3つのステップに分かれている。最初のステップでは、デジタルカメラで撮影された書き込み文書を検索質問 (Query) として対応する (書き込みのない) 電子文

図2 書き込み解析システムの概要

Fig. 2. Overview of the system.

書を検索する。次のステップでは、撮影された文書画像と電子文書から生成した文書画像の差分を取ることで書き込みを抽出する。最後のステップでは、書き込みの構造を解析し、それぞれの書き込みを電子文書の対応する部分に貼り付ける。例えば、アンダーラインは対応する行の下に貼り付けられ、線や矢印は対応する部分に貼り付けられる。

第1ステップの検索処理については、すでに筆者らによって手法⁽¹⁵⁾が提案されている。本稿では、第2のステップである書き込み抽出について詳細に述べる。このステップは、前処理 (Preprocessing)、射影歪み補正 (Dewarping)、抽出 (Extraction) の3つの処理からなっている。前処理では、その後の処理のためにカラーで撮影された文書画像の2値画像への変換を行う。射影歪み補正では、電子文書から得た画像と比較するために撮影画像の射影歪みを取り除く処理を行う。抽出は、補正された撮影画像のサイズと位置を調整した後、電子文書から生成した文書画像との差分を取り、書き込みを抽出する処理である。

3・2・2 前処理 前処理のステップでは2値化とノイズ除去を行う。まず、デジタルカメラで撮影された文書のカラー画像を2値化する。提案手法では、OpenCVライブラリ⁽¹⁶⁾で提供される適応2値化アルゴリズムを用いる。次に、各連結成分の面積をあらかじめ定めた閾値と比

図 3 射影歪みと消失点

Fig. 3. Perspective distortion and vanishing points.

図 4 水平消失点および垂直消失点の推定

Fig. 4. Estimating horizontal and vertical vanishing points.

較し，小さ過ぎる部分や大き過ぎる部分をノイズとして除去する。小さ過ぎる部分の多くはごま塩ノイズであるが，大き過ぎる部分は書き込みである場合がある。大き過ぎる部分の除去は一時的なもので，次のステップの射影歪み補正を適切に行うためである。書き込みの抽出を行うため，大き過ぎる部分は射影歪み補正が終わった後再度追加される。

3・2・3 射影歪み補正 デジタルカメラを用いて傾いた角度で撮影された文書画像は，射影変換の歪みを被る。図 3 の左下に示されるように，本来平行に配置された行は射影歪みを受けると平行でなくなる。

射影歪みは，図 3 に示されるような正対画像との 4 組の対応点から補正することが可能である。水平および垂直消失点によってそれらの対応点を見つけることができる。提案手法では，⁽¹⁷⁾ で提案されている手法を用いて消失点の推定を行う。この手法では，文書画像の周囲のあらゆる点について，それを水平消失点としたときの投影像（Projection profile）を作成する。そして，その投影像の二乗和の最も大きい点を水平消失点とする。図 4(a) に水平消失点から引いた水平線の例を示す。垂直消失点も同じようにして推定される。両方の行端が揃った文書だけでなく左揃えや右揃

え，中央揃えの文書にも対応するため，図 4(b) に示されるように各行の左端，右端，中央の点から 3 本の線を推定し，そのうち信頼性の高い 2 本の線の交点を垂直消失点とする。

水平および垂直消失点を得た後，各消失点から 2 本ずつ直線を引き，その交点を単位正方形の頂点と対応付ける。こうして得られた対応する 4 点に基づいて射影変換を適用し，画像の射影歪みを補正する。ここでも OpenCV の提供するモジュールを利用する。

3・2・4 書き込み抽出 書き込み抽出の処理は，大域マッチング，局所マッチング，差分取得の 3 つのステップに分かれている。大域マッチングでは，撮影画像と電子文書から作成した文書画像の位置とサイズをおおまかに合わせる。ここでは投影像が再度用いられる。次に，おおまかに合わせた画像を $n \times n$ の小領域に分割し，詳細な位置合わせを行う。実験では $n = 5$ を用いた。現在の実装では，各領域は独立に位置合わせを行うが，本来は小領域が独立には動けないので，一貫しない動きを制限するなどの手法がより適切だと考えられる。

画像の位置とサイズを決定すると，差分の取得を行う。図 5 に例を示す。マッチングでの誤差を吸収するため，まず電子文書から生成した元画像（図 5(a)）にモルフォロジ基本演算であるミンコフスキ和を適用し，文字領域を太らせた画像（図 5(b)）を作成する。次に，撮影画像（図 5(c)）から文字領域を太らせた元画像の差分を取り，得られた画像（図 5(d)）を書き込みとして得る。

4. 実験結果

提案手法の有効性を検証するため，書き込みのなされた印刷文書の撮影画像を用いた実験を行った。

4・1 実験条件と評価方法 書き込みのなされた文書画像 36 枚から提案手法で書き込みの抽出を行い，その正確性を調べた。書き込みについては，矢印，アンダーライン，囲みが多く，他には余白へのメモ書き等も行った。書き込みを行った人数は一人である。入力機器としては，630 万画素のデジタルカメラ Canon EOS Kiss Digital と付属のレンズ EF-S 18-55mm USM を用いた。文書画像の撮影は，紙面に対して $60 \sim 45^\circ$ の角度でさまざまな方向から行った。評価基準として再現率 (R)，適合率 (P)，F 値 (F) を用いた。これらの定義を以下に示す。

$$R = B/C, \quad P = B/A, \quad F = 2PR/(R + P)$$

ここで A は実験で抽出された書き込みのピクセル数， B はそのうち正しい部分のピクセル数， C は本来抽出されるべき正しい書き込みのピクセル数である。

また，実験結果の目視による判定も行った。判定の基準は，その用途に応じて異なる。例えば，書き込みを抽出して電子文書に貼り付けることが目的で，書き込みの解析が必要ない場合には，書き込み部分が十分得られてさえいればよく，多少のノイズは問題にならない。しかし，書き込

図 5 差分による書き込み抽出
Fig. 5. Annotation extraction by subtraction of images.

図 6 日本語文書での成功例
(a) 入力画像, (b) 射影歪み補正後, (c) 抽出された書き込み
Fig. 6. Successful case (Japanese document) (a) input image, (b) normalized image, and (c) extracted annotations.

図 7 英語文書での成功例
Fig. 7. Successful case (English document).

みの内容を解析するために書き込まれた文字列の認識が必要な場合には、認識が可能な形で書き込みを抽出しなければならない。今回は、書き込まれた場所を特定し、そこに印刷されていた文字列からユーザプロファイルや重み付け情報を取得するといった用途を想定し、書き込まれた場所の特定に十分な量の書き込みが抽出されており、かつノイズが少なかったものを目視で成功と判定した。

4.2 結果と考察 実験の結果、全体の平均は $R =$

49.2%, $P = 34.0\%$, $F = 40.2\%$ であった。目視による判定では、成功例は 36 枚のうち 14 枚 (38.9%) であった。成功例における平均は $R = 52.7\%$, $P = 65.4\%$, $F = 58.4\%$ であり、失敗例における平均は $R = 47.0\%$, $P = 13.9\%$, $F = 21.5\%$ であった。これらの評価値は、画素単位のものであるため、成功例でもあまり高い値が得られていない。しかし、書き込まれた場所を特定するという目的においては、必ずしも 100% の画素の一致は必要とされない。

図 8 英語文書での失敗例

Fig. 8. Failure case (English document).

処理結果の例を図 6～8 に示す。図 6 は日本語文書の成功例である。このとき $R = 58.2\%$, $P = 83.5\%$, $F = 68.5\%$ であった。書き込みの多くは正しく抽出され、あまりノイズは生じなかった。図 7 は英語文書の成功例である。 $R = 69.1\%$, $P = 69.6\%$, $F = 69.3\%$ であった。図 7(c) 上部の点線の楕円で囲まれた領域にノイズが生じたが、書き込みの多くは正しく抽出された。図 8 は失敗例であり、 $R = 10.4\%$, $P = 14.6\%$, $F = 12.2\%$ であった。太線で示されるような形で垂直消失点を誤って推定したために射影歪みの補正に失敗した。これは、図 8(c) の点線の楕円で示される部分に大きな書き込みがあったためである。射影歪みの補正が失敗したため、多くのノイズが残って適合率の値が低くなっただけでなく、書き込みの部分から差分が取られて書き込みの画素数が減少し、再現率の値も低くなった。実験での失敗例 22 枚のうち 17 枚は、この例のように余白に大きな書き込みがあったり、画像中に別のものが入っていたために射影歪みの補正に失敗したことが書き込み抽出の失敗の原因であった。

上記の実験結果より、提案手法は消失点の推定方法などに改善が必要なものの、射影歪みの補正が成功すれば書き込みの抽出が可能であることが示された。

5. ま と め

本稿では、ビジネスにおける協同作業の支援のための情報リサイクルの必要性について述べた。また、情報の削減、棄却および再利用に比べて、情報のリサイクルは情報を分解し、そこから新たな情報を再構成するという点で異なるものである。情報のリサイクルを実現するためには、ユーザプロフィールと情報コンテンツを抽出することが必要である。ビジネスの業務では、このようなプロフィールは文書に対する書き込みから抽出することが可能だと考えられる。なぜなら、文書は情報メディアとして広く使われており、その重要性も高いからである。また、書き込みの抽出で協同作業に役立つ知識を得ることが可能であると考えられる。

文書画像からの書き込み抽出の手法として、デジタルカメラで撮影された書き込みのある印刷文書の画像から書き込みを抽出するシステムを提案した。この処理は、自動的な書き込み抽出・操作の最初のステップとなるものである。実験結果より、提案手法は射影歪みの補正が成功すれば書き込みの抽出が可能であることが確認された。

今後の課題としては、提案した書き込み抽出法のさまざまな撮影条件での検証、書き込み解析システムの残りの部分である検索および書き込み解析処理の実装、情報リサイクルのための書き込みの活用が挙げられる。

(平成 17 年 7 月 19 日受付, 平成 17 年 11 月 16 日再受付)

文 献

- (1) A. Dengel, M. Junker, and A. Weisbecker, Eds: "Reading and Learning: Adaptive Content Recognition", Springer (2004)
- (2) I. Mani and M.T. Maybury, Eds: "Advances in Automatic Text Summarization", The MIT Press (1999)
- (3) M.T. Pazzienza, Ed: "Information Extraction: Towards Scalable, Adaptable Systems", Springer (1999)
- (4) S. Chakrabarti: "Mining the Web: Discovering Knowledge from Hypertext Data", Morgan Kaufmann Publishers (2003)
- (5) S. Ohno, E. Maeda, K. Kise, and K. Matsumoto: "Estimation of User's Interests and WWW retrieval Based on Topic Extraction from HTML Files", *Trans. IEE of Japan*, Vol.199-C, No.11, pp.1316-1322 (1999-11) (in Japanese)
大野潮満・前田英巳子・黄瀬浩一・松本啓之亮:「HTML ファイルからのトピック抽出に基づく興味推定と WWW 検索」, 電学論 C, 119, 11, pp.1316-1322 (1999-11)
- (6) I. Cingil, A. Dogac, and A. Azgin: "A Broader Approach to Personalization", *Commun. of the ACM*, Vol.43, No.8, pp.136-141 (2000)
- (7) M. Light and M.T. Maybury: "Personalized Multimedia Information Access", *Commun. of the ACM*, Vol.45, No.5, pp.54-59 (2002)
- (8) T. Nanno, S. Saito, and M. Okumura: "Structuring Web Pages Based on Repetition of Elements", In Proceedings of the Second International Workshop on Web Document Analysis, pp.7-10 (2003)
- (9) J. Subrahmonia and T. Zimmerman: "Pen Computing: Challenges and Applications", *Proc. of International Conference on Pattern Recognition*, No.2, pp.2060-2066 (2000)
- (10) W3C: "InkML - The Ink Markup Language", from <http://www.w3.org/2002/mmi/ink.html> (2004)
- (11) M. Shilman and Z. Wei: "Recognizing Freeform Digital Ink

- Annotations”, In Proceedings of 6th International Workshop on Document Analysis Systems, pp.322-331 (2004)
- (12) Anoto: from <http://www.anoto.com/>
- (13) D. Doermann, J. Liang, and H. Li: “Progress in camera-based document image analysis”, In Proceedings of International Conference on Document Analysis and Recognition '03, pp.606-616 (2003)
- (14) K. Yamada: “Consideration on Character and Document Media Recognition and Understanding for Ubiquitous Information Interface”, In Technical Report of IEICE, PRMU2003-229, pp.87-94 (2004) (In Japanese)
山田敬嗣:「ユビキタス情報インターフェースのための文字・文書メディア認識・理解」, 信学技報, PRMU2003-229, pp.87-94 (2004)
- (15) T. Nakai, K. Kise, and M. Iwamura: “Document Image Retrieval with Digital Cameras –Retrieval in 0.1 Second from 10,000 Pages–”, In Forum on Information Technology 2005, LI-001, pp.133-136 (2005) (in Japanese)
中居友弘・黄瀬浩一・岩村雅一:「デジタルカメラによる文書画像検索-1万ページから0.1秒で検索する-」, 第4回情報科学技術フォーラム, LI-001, pp.133-136 (2005)
- (16) OpenCV: “Open Source Computer Vision Library”, from <http://www.intel.com/research/mrl/research/opencv/>
- (17) P. Clark and M. Mirmehdi: “Recognising text in real scenes”, International Journal of Document Analysis and Recognition, No.4, pp.243-257 (2002)

中 居 友 弘 (非会員) 2004 年大阪府立大学工学部情報工学科卒業。同年 4 月同大学院工学研究科電気・情報系専攻入学。現在に至る。文書画像検索に関する研究に従事。電子情報通信学会学生員。

近 藤 伸 幸 (非会員) 2005 年大阪府立大学工学部情報工学科卒業。在学中、文書の書き込み抽出の研究に従事。

黄 瀬 浩 一 (正員) 1988 年 3 月大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻博士前期課程修了。89 年同後期課程退学。90 年大阪府立大学工学部助手。現在、同大学大学院工学研究科教授。00 年~01 年ドイツ人工知能研究センター (DFKI) 客員教授。博士 (工学)。文書情報処理, 情報検索の研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE, ACM などの会員。

松 本 啓之亮 (正員) 1978 年 3 月京都大学大学院工学研究科精密工学専攻修了。同年 4 月三菱電機 (株) 入社。96 年大阪府立大学工学部情報工学科教授。現在、同大学大学院工学研究科教授。主に、知識情報処理やソフトウェアに関する研究に従事。工学博士。84 年電気学会論文賞受賞。情報処理学会, IEEE などの会員。