

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650063

研究課題名(和文)ライティング・ライフログ：画像検索に基づくカメラペンインタフェースの挑戦

研究課題名(英文)Writing-Life Log: a challenge of camera-pen interface based on image retrieval

研究代表者

黄瀬 浩一 (KISE, Koichi)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80224939

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：人間が外界とやりとりをする重要な情報の多くは、読む・書くという行為による。本研究では、このうち書く行為に焦点をあて、そのすべてをライティング・ライフ・ログとして記録することに挑戦する。記録は単なる画像データとしてではなく、どの文書のどの位置に何を書いているのかを認識する処理による。これにより、書く行為を元にした様々な処理、例えば、学習支援やユーザの興味推定が可能となる。この挑戦を可能とするため、本研究では、ペンに取り付けたカメラから得た時系列画像を用いて筆跡を復元する処理、それを文書の正しい位置に配置する処理の2つを考案、改善した。その結果、高い精度で筆跡が復元可能であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Information is exchanged between a human user and the external world by reading and writing. In this research, we focus on writing and challenge to implement "writing-life log", which is to record all information generated by the action writing. This is not just a record of information represented by writing; the written information must be related to which document and which part the writing has been done. This allows a better estimation of the user's preference, as well as a learning aid. In order to realize the above functionality, we have proposed and tested a method of recovering a handwriting by using a camera mounted on the pen, as well as a method of placing the recovered handwriting. As a result, it has been shown that the proposed method is capable of recovering and placing the handwriting accurately.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 ・ メディア情報学・データベース

キーワード：カメラペン 文書画像検索 筆跡形状復元 筆記位置特定 LLAH ライティング・ライフ・ログ ペン アップ・ペンドウン トラッキング

1. 研究開始当初の背景

筆記を電子的に記録するという夢のために、これまでに多数の方式が開発されてきた。開発の歴史は、より自然な筆記を実現するための挑戦の歴史ともいえる。携帯ゲーム機から PC までで利用されているタブレットは代表的な方式である。これは精度は高いものの、筆記対象がタブレットでなければならない点が問題である。紙に対する筆記としては超音波ペンやアノトペンがある。特に後者はどの紙への筆記かを判別可能であり、現在のところ最も自然に進んだ商用方式といえる。ただし、細かいドットを仕込んだ特殊な用紙を利用しなければならないという制限が残る。我々は、この問題を解決するため、カメラを取り付けたペン（カメラペン）で紙面を観測し、筆記を復元するシステムを構築しつつある。このシステムは、紙表面の凹凸や印刷面のパターンを紙面や文書の ID として認識することにより通常の紙でも動作するという特徴を実現するものの、カメラが紙面に近いため筆跡の全容が見えず、モーションブラーの影響も受けることから、動作の安定性に問題が残っているといえる。

2. 研究の目的

人間が外界とやりとりをする重要な情報の多くは、読む・書くという行為による。本研究では、このうち書く行為に焦点をあて、そのすべてをライティング・ライフ・ログとして記録することに挑戦する。記録は単なる画像データとしてではなく、どの文書のどの位置に何を書いているのかを認識する処理による。これにより、書く行為を元にした様々な処理、例えば、学習支援やユーザの興味推定が可能となる。この挑戦を実現可能とするポイントは2つある。カメラを取り付けたペン（カメラペン）の機構やソフトウェアの改善（どこにカメラをつけて、どのようなハードウェア構成にするか）により筆記対象によらない安定した処理を実現すること、大規模文書画像検索を適用してどの文書のどの位置に何を書いているのかを認識することである。

3. 研究の方法

(1) 文書画像検索の大規模化・高精度化

ライティング・ライフ・ログを実現するためには、いかなる文書であってもカメラペンが対応できる必要がある。本研究では、筆記と文書の対応付けに、文書画像検索を用いるため、様々な文書に対応するには、文書画像検索の大規模化が避けて通れない課題となる。

そこで本研究では、研究当初の 100 万ページから、1000 万、2000 万と段階を踏み、最終的には、1 億ページの検索に耐える手法に進化させる。

このためには、メモリ量の削減、処理の安定性や精度の向上など、克服しなければならない問題が多数存在する。これらに対して解決方法を見つけることが、研究の目標となる。

(2) カメラペンの機構の改善

カメラペンを使用する上での大きな問題の一つは、ペンのアップダウン、すなわち、ペンが紙面に接触しているか否かを判定する方法である。カメラで筆記面が見えている場合は対処の方法はあると思われるが、見えていない場合は画像のみからの判定はきわめて難しい。これはペン先の 3 次元位置の高精度な推定が必要となるからである。

様々な可能性を考慮した結果、本研究ではペンが紙面に接触するときの圧力を利用して、スイッチによりペンアップ・ペンドウンを判定する仕組みを採用することとした。

このような方法が、筆記にどういった影響を与えるのかを検証することがここでの課題となる。

(3) カメラペンのソフトウェアの改善

もう一つの大きな問題点は、ペンドウン中の筆跡の復元である。一つの方法は、カメラで紙面を撮影するたびに(1)の文書画像検索によって紙面に対するペン先の位置姿勢を得ることである。しかしながら、これには問題がある。一つは計算量が多いこと、もう一つは十分な精度が必ずしも選らないことである。前者は、(1)によりいくらか大規模化を行ったとしても、ペンの動きに追従可能な速度で実行することは簡単ではないことを意味する。一方、後者は、仮に検索が可能であったとしても、カメラで得る画像によっては位置を特定するための精度が十分得られないことによる。

これらの問題を解決する新しい手法を得て、ソフトウェアを改善することが本研究のもう一つの課題となる。

4. 研究成果

(1) 文書画像検索の大規模化・高精度化

大規模化の問題は、メモリ量、精度、処理時間の三つ巴のトレードオフの関係において、いかによい解を見つけるかという問題である。ここで三つ巴の関係とは、メモリ量を減らすと精度が落ちる、精度を上げようとする、処理時間がかかる、などといった相互の依存関係を指す。

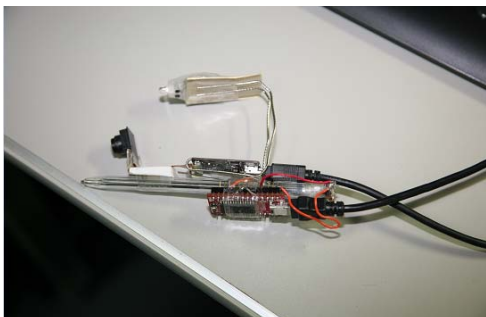
まず、メモリ量については、使用する計算機のメモリに制約を受ける。本研究では、制約を満たす手法として、文書画像の索引付けに用いる特徴点を制限する

手法を考案した。一般に画像からは多数の特徴点を得られる。これをすべて用いるのではなく、残った特徴点が一樣になるようにサンプリングして用いることにより、記録に必要なメモリ量を削減するというアプローチである。これにより必要なメモリ量を 55.3%に減少させることに成功した。

次に精度の改善策について述べる。上記のようにメモリを削減した状況では、一般に精度が低下する。これを補償するための方策として、多重探査と呼ぶ手法を導入する。具体的には、検索に用いる特徴量と類似の特徴量を組織的に生成して検索に用いることにより、変動に対処するものである。これにより平均して1%程度の精度改善が実現できた。特に、斜めから撮影した場合など、撮影条件が悪いときに、改善効果が著しかった。具体的には、撮影角度が 75 度のときに、5%の改善効果があった。

(2) カメラペンの機構の改善

ペンアップ、ペンダウンの判定のために、マイクロスイッチをペンに取り付けた。プロトタイプのパンを下図に示す。この改良によって、ペンアップ、ペンダウンの判定が高い精度で可能であることを実験によって確認した。



(3) カメラペンのソフトウェアの改善

ソフトウェアの改善としては以下の2点を試みた。

一つはLKトラッキングの導入である。短時間であれば、ペン先の奇跡は並進運動に近似できる。このことからLKトラッキングと呼ばれる効率的トラッキング技術を導入し、フレーム間での変位を計測した。これによってペン先自体の動きを把握することが可能となった。加えて、文書画像検索を一定間隔で差し挟むことにより、復元したペン先の動きを、紙面座標系に変換することができるため、結果として筆跡を復元することができる。

このような処理は、最初のフレームを基準として、以後のフレームの画像を最初のフレームの座標系に合わせるような

処理が基本となるため、時間の経過に伴って誤差が蓄積していく。このような状態を回避するため、本研究では、ペンダウンの状態を一区切りとして扱うという方策を採用した。

もう一つの試みは、位置ずれを補正するための後処理である。上記の処理を施しても、様々な要因から誤差が生じ、多少の位置ずれは避けられない。この状態を改善するため、我々は、実際に記載された筆跡に着目した。電子的に復元した筆跡を現在の位置から摂動させ、より実際の筆跡にあう場所を探すことにより、位置ずれの低減を行った。処理例を下図に示す。この図からもわかるように、位置ずれが補正され、より実際の筆跡に近づいている。

		筆跡復元画像		
		正解画像	筆跡位置修正あり	筆跡位置修正なし
4行B	will yield poor when we have			
	ustering techningh criteria, or the number of			
4行D	will yield poor when we have			
	ustering techningh criteria, or the number of			

以上の改善を施したカメラペンを用いて筆記実験を行ったところ、まだ改善の余地はあるものの、筆跡復元が可能であることがわかった。これにより、用紙を選ばないライティング・ライフ・ログの実現が可能となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Megumi Chikano, Koichi Kise, Masakazu Iwamura, Seiichi Uchida, and Shinichiro Omachi, Recovery and localization of handwritings by a camera-pen based on tracking and document image retrieval, Pattern Recognition Letters, **35**, 1, pp.214-224 (2014年1月) 査読有
- ② Marcus Liwicki, Seiichi Uchida, Akira Yoshida, Masakazu Iwamura, Shinichiro Omachi, and Koichi Kise, More than Ink — Realization of a Data-Embedding Pen, Pattern Recognition Letters, **35**, 1,

pp.246-255 (2014年1月) 査読有

- ③ 竹田 一貴, 黄瀬 浩一, 岩村 雅一, 大規模文書画像検索のためのメモリ効率と識別性の向上, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J95-D, 7, pp.1491-1494 (2012年7月) 査読有
- ④ 黄瀬 浩一, 岩村 雅一, 特徴点の高速照合とその文書画像検索への応用, 電子情報通信学会誌, **94**, 8, pp.836-841, 東京 (2011年8月)

[学会発表] (計10件)

- ① Koichi Kise, Riki Kudo, Masakazu Iwamura, Seiichi Uchida, Shinichiro Omachi, A Proposal of Writing-Life Log and Its Implementation Using a Retrieval-Based Camera-Pen, 16th International Graphonomics Society Conference (IGS2013), 4 pages, (2013年6月12日), Nara, Japan, 査読有
- ② 工藤 力, 黄瀬 浩一, カメラペンシステムにおける up・down 判定と筆跡位置修正の有効性評価, 電子情報通信学会技術研究報告, **112**, 495, PRMU2012-206, pp.151-156 (2013年3月15日), 東京都調布市
- ③ 竹田 一貴, 黄瀬 浩一, 岩村 雅一, 1億ページのデータベースを対象とした大規模文書画像検索, 電子情報通信学会技術研究報告, **112**, 441, PRMU2012-161, pp.131-136 (2013年2月22日), 大阪府堺市
- ④ Kazutaka Takeda, Koichi Kise, Masakazu Iwamura, Real-Time Document Image Retrieval on a Smartphone, Proceedings of the 10th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS2012), pp.225-229 (2012年3月27日), Gold Coast, Australia 査読有
- ⑤ Kazutaka Takeda, Koichi Kise, Masakazu 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 (2011年9月21日), Beijing, China, 査読有
- ⑥ Kazutaka Takeda, Koichi Kise,

Masakazu Iwamura, Memory Reduction for Real-Time Document Image Retrieval with a 20 Million Pages Database, Proc. Fourth International Workshop on Camera-Based Document Analysis and Recognition (CBDAR2011), pp.59-64 (2011年9月22日), Beijing, China, 査読有

- ⑦ Marcus Liwicki, Yoshida Akira, Seiichi Uchida, Masakazu Iwamura, Shinichiro Omachi and Koichi Kise, Reliable Online Stroke Recovery from Offline Data with the Data-Embedding Pen, Proc. 11th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2011), pp.1384-1388 (2011年9月21日), Beijing, China, 査読有
- ⑧ 竹田 一貴, 黄瀬 浩一, 岩村 雅一, スマートフォンで動作するリアルタイム文書画像検索, 電子情報通信学会技術研究報告, **111**, 317, PRMU2011-101, pp.31-36 (2011年11月24日), 長崎県長崎市
- ⑨ 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, **111**, 317, PRMU2011-101, pp.13-18 (2011年11月24日), 長崎県長崎市
- ⑩ 内田 誠一, Marcus Liwicki, 岩村 雅一, 大町 真一郎, 黄瀬 浩一, 情報埋め込みペンによる手書き価値の向上, 電子情報通信学会技術研究報告 (2011年5月30日), 東京都千代田区, 招待講演

[図書] (計1件)

- ① Seiichi Uchida, Marcus Liwicki, Masakazu Iwamura, Shinichiro Omachi and Koichi Kise, Data-Embedding Pen, Multimedia Information Hiding Technologies and Methodologies for Controlling Data, pp.396-411 (2012年10月)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

なし

○取得状況 (計3件)

名称：文書・画像検索方法とそのプログラム
発明者：黄瀬浩一，中居友弘，岩村雅一
権利者：大阪府立大学
種類：特許 (US)
番号： 8036497
取得年月日：2011 年 10 月 11 日
国内外の別： 国外 (US)

名称： 文書画像検索方法、文書画像登録
方法、そのプログラムおよび装置
発明者：中居友弘，黄瀬浩一，岩村雅一
権利者：大阪府立大学
種類：特許
番号：5004082
取得年月日：2012 年 6 月 1 日
国内外の別： 国内

名称： 文書画像検索方法、文書画像登録
方法、そのプログラムおよび装置
発明者：中居友弘，黄瀬浩一，岩村雅一
権利者：大阪府立大学
種類：特許
番号： 4958228
取得年月日：2012 年 3 月 30 日
国内外の別： 国内

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黄瀬 浩一 (KISE, Koichi)
大阪府立大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：80224939

(2) 研究分担者

岩村 雅一 (IWAMURA, Masakazu)
大阪府立大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号： 80361129

大町 真一郎 (OMACHI, Shinichiro)
東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号： 30250856

内田 誠一 (UCHIDA, Seiichi)
九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授
研究者番号： 70315125

(3) 連携研究者

なし