

実世界筆記バージョン管理システム

西田昂世[†] 栗原徹[‡]

高知工科大学^{†‡}

1. まえがき

近年、ペンタブレットなどの入力デバイスの普及により、手書きによる記録においてもデジタル化が進んでいる。デジタルデータでの記録は管理が容易という利点がある。しかし、電子ペンとタブレットを用いた入力、紙とペンを用いた筆記と比べて直接的な操作感が得にくいといった問題がある。また入力には電子ペンやタブレットといった専用デバイスが必要となり、メモ書きのような用途では手軽さに劣る。

そこで、紙への筆記をリアルタイムでデジタル化できれば、直接的な操作感と、デジタルの利便性の両立が可能になると考えられる。

本研究では専用デバイスを用いず、通常の紙とペンを用いた筆記をリアルタイムにデジタル化し、筆記の経過をバージョンデータとして参照できること目指した。そのため、Web カメラを用いて机上の用紙をトラッキングし、ペンの筆跡を背景差分法により抽出、差分を一定間隔ごとに保存していくことで、実時間における筆記の経過を画像データとしてバージョン管理するシステムを提案する。

2. 関連研究

紙に対するペンの筆跡をデジタルに復元するシステムとして、カメラを搭載したペンを使用するシステムがある。岩田らのカメラペンシステム[1]では特殊な用紙を使用せず、任意の紙に対する筆跡をデジタル化することができる。しかし電源の必要な専用ペンを必要とすることから、手軽さという点で問題が残る。既存の筆記具や机上環境に対して、その機能を拡張する形でデジタル技術による支援を行うシステムとして、机型実世界指向システムがある。小池らの EnhacedDesk[2]では机上を観察する赤外線カメラによって手指を認識し、教科書のバーコードを指すことでリンクされたデジタルコンテンツを机上に映し出すといった応用を行っている。これは教科書による従来の学習環境はそのままにデジタル技術による機能の拡張を実現している。

このように紙に対する筆記をデジタル化するにあたり、専用のデバイスを用いるのではなく、従来の筆記具や環境に機能を拡張する形でデジタルデータを保存することが、紙とペンを用いた筆記の手軽さを残すうえで必要となる。

Version Control System of Handwriting Digitization
Kose NISHIDA[†], Toru KURIHARA[‡]
Kochi University of Technology^{†‡}

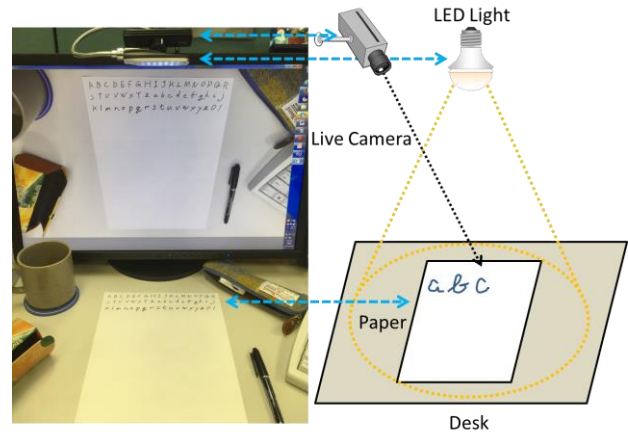


図 1 システムの構成

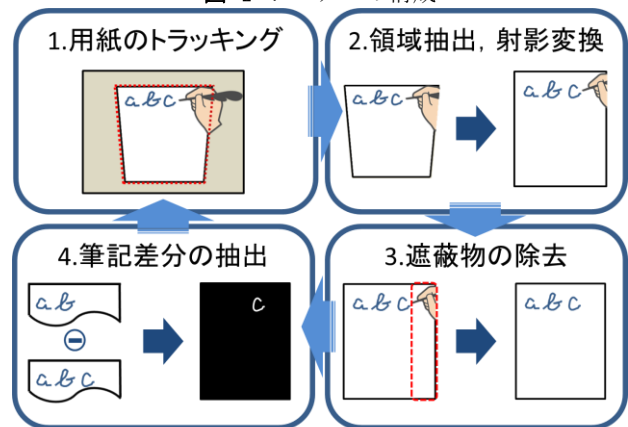


図 2 処理の流れ

3. 提案手法

本システムでは机上に設置した Web カメラを用いて机上の用紙をトラッキングし、用紙領域から手やペンといった遮蔽物を除去したフレームで背景差分を行うことで紙面の筆跡を抽出、保存する。図 1 にシステムの構成、図 2 に処理の流れを示す。

3-1. 初期フレームの保存, 用紙のトラッキング

まず机上の画像中から用紙領域を抽出する。カメラが前方上部にあることから抽出した画像は台形となる。これを補正するため用紙の四隅の点から A 版の比率である $1:\sqrt{2}$ の長方形に射影変換し、これを初期フレームとして保存する。

次に初期フレームから AKAZE 特徴量を計算しトラッキングを開始する。この際、用紙上には特徴点となる文字などの筆跡が存在する必要がある。

3-2. 領域抽出, 射影変換

トラッキングした用紙領域の抽出、特徴点による射影変換を行う。この際、正確な平面への変換には縦横の両方向に特徴点が得られる必要がある。

3-3. 遮蔽物の除去

抽出, 射影変換された用紙領域から混合正規分布 (Mixture of Gaussian Distribution, MoG) による背景差分を用いて, 手やペンなどの遮蔽物を画像マスクとして抽出する. MoG は新たに観測されたフレームを用いて逐次的に背景モデルを更新する. これにより用紙領域を遮蔽する動体を前景として抽出し, 筆記後は静止している紙面の筆跡は, 更新によって背景モデルへと取り込まれる. また, 筆跡の誤検出につながる影等のノイズはペンを持った手部の周辺に発生する. このことから肌色検出によって手領域を検出し, 手領域の上端と左端以下の用紙領域を画像マスクとして抽出する. これは利用者が右利きとした場合の想定である.

次にこれらの画像マスクを用いて保存フレームから用紙領域への画素の転送を行う. これにより遮蔽物等が除去される. この画像を次の保存フレームとして逐次更新していくことで, 背景モデルに取り込まれた筆跡のみが残される.

3-4. 筆記差分の抽出, バージョン画像の保存

遮蔽物の除去された用紙領域から MoG による背景差分を用いて筆跡を差分画像として抽出する. ここで使用する MoG は背景モデルの学習速度を遅らせることで筆跡を前景として抽出する. この画像に抽出した筆跡を逐次転送していく.

抽出される筆跡の画素数が閾値を超える処理が一定回続いた場合, 連続して筆記が行われていると判断し, その時点での差分画像を, バージョン番号を画像名とした png 形式で保存する. 同時に差分画像と処理のカウントを初期化し, 同様のサイクルを繰り返す. これにより筆跡の差分のみをバージョン管理することができる.

4. 実験

本システムを検証するために, 射影変換後の初期フレームと, 筆記を行う様子を撮影した動画を入力とした実験を行った.

4-1. 実験条件

Web カメラには BUFFALO BSW50KM02 を用い, 動画サイズは 1920x1080, 29.97 [fps] とした. カメラ設定は自動露出を停止し, 自動ホワイトバランスのみ有効とした. 筆記用具は黒色フェルトペンの ZEBRA マッキー極細と A4 サイズの白色コピー用紙を用いた. また照明環境は, 天井照明の蛍光灯と机上に設置した 28 灯 LED クリップライトとした.

用紙にはあらかじめ横書き二行のアルファベットを記入しておき, 三行目に英数 18 文字を追記する様子を撮影した. 筆記時には用紙を固定せず, 画角内で自由に動くことを想定している.

本システムで入力を Live 映像としてリアルタイム処理を行った場合, 処理フレームの取得間隔はトラッキング等の処理時間に依存する. 実験では動画を入力とするにあたり, 処理フレーム取得間隔を動画時間での約 2 秒毎とした.

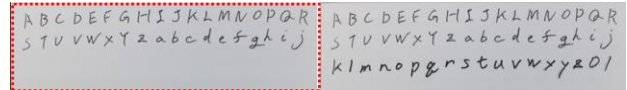


図 3 初期画像と合成画像



図 4 バージョン画像(図 2 における点枠の範囲)

4-2. 実験結果

図 3 に初期画像と合成画像, 図 4 にバージョン画像を示す. 合成画像は初期画像にバージョン画像を逐次転送したものである. 結果として, 英数 18 文字を約 30 秒程度で筆記した場合, 5 枚のバージョン画像が保存された.

5. 考察

結果より, 本システムでは二行程程度の筆記がある用紙をトラッキングすることができ, 追記による筆跡の差分を, 一定量ごとに画像データとして保存できることを確認できた.

現システムではトラッキングの処理時間が AKAZE 特徴量の特徴点数に比例するという問題がある. 実用で初期フレームから検出される特徴点が多いサンプルの場合, 点数を制限し必要な点だけを利用するような機能が必要となる.

6. まとめ

本稿では, 従来の紙とペンを用いた筆記方法を残したまま, 筆記のデジタル化機能を付加させることを目的に, 筆記が存在する用紙への追記の経過を, バージョンデータとして画像で保存するシステムを構築した. 実験では筆記の様子を撮影した映像を入力として筆跡抽出の検証を行い, 実用での問題点を考察した.

今後の展望として, 本システムではトラッキングに AKAZE 特徴量を用いることから, 特徴点となる筆記が存在する用紙への追記を対象としている. このため他のトラッキング方法を用いた, 白紙への筆記を対象とするシステムの開発が必要である.

参考文献

- [1] 内田誠一, 岩村雅一, 黄瀬浩一, 伊藤克啓, 大町真一郎, "ペン先画像からの手書き復元", 電子情報通信学会論文誌 (D), vol. J93-D, pp. 64-67, 2010.
- [2] 小池英樹, 小林貴訓, 佐藤洋一, "机型実世界指向システムにおける紙と電子情報の統合および手指による実時間インタラクションの実現", 情報処理学会論文誌, vol. 42, no3, pp. 577-585, 2001.