

ペン先カメラ画像による手書きパターンの復元

田島修司* 内田誠一** 岩村雅一*** 大町真一郎**** 黄瀬浩一***
(九州大学*工学部電気情報工学科 **大学院システム情報科学研究科)
(***大阪府立大学大学院工学研究科 ****東北大学大学院工学研究科)

1 はじめに

紙とペンによる手書きは、人間にとって身近でかつ簡単な、情報の生成・記録の方法である。手書きの利点はその自由度にあると考えられる。一方、ペンタブレットのようないわゆる「デジタルペン」は、手書きパターンをリアルタイム取得する機能をもつ。ただし、デジタルペンは専用の装置または紙を使用するため、手書きが本来もつ自由度を損なってしまう。

本稿では、デジタルペンの機能と手書きの自由度の両立を実現するための方法を提案する。具体的には、紙の表面に現れる微細な紋様（以下、紙紋）から検出される特徴点を利用し、手書きパターンを復元・取得する。

2 紙紋を利用したパターン復元の方法

紙紋を利用したパターン復元について、その原理を簡単に説明する。まず、ペン先に小型のカメラを取り付け、このカメラで筆記中の手書きパターン及び紙面を撮影し、フレーム分割した画像を得る（図1は実際に得た画像の例である）。次に全フレーム画像の紙紋について特徴点を検出し、さらに各隣接フレーム間の特徴点の対応を求める。最後にこの対応から射影変換を推定することによって各隣接フレーム間のペン先の移動量を求め、それを用いてパターン全体を復元する。

紙紋の利用による本手法の特徴は以下の通りである。

- ・第一に、インク部分を利用していないので、仮にペン先によってインク部分が隠蔽されても復元は可能である。例えば図1のようなペンの位置で下方向に筆記した場合、これから筆記されるインク部分は見えないと予想されるが、紙紋は大部分見えているために復元そのものには問題無い。

- ・第二に、開口問題を回避出来る。例えば、直線を書き続ける場合、画面内には常に同じ手書きパターンが見え、ペン先が静止しているのか動いているのかが判断できない。これに対し、紙紋の特徴点に注目すれば、ペン先の移動量を推定できる。

特徴点の検出にはSURF(Speeded Up Robust Features)を用いる[1]。これは、回転やスケール変化に対して不変な特徴を記述するSIFT(Scale Invariant Feature Transform)の高速版である。図2は、図1からSURF特徴点を検出したものである。SURFを採用した理由は、以下の2点である。

- ・運筆によりペン先の回転やカメラ位置の変化が起こる。
- ・リアルタイム処理を目指すためには、SIFTよりも高速であるSURFが望ましい。

射影変換の推定には、隣接フレーム間の特徴点の対応を利用する。ただし特徴点対応は常に正しいとは限らない。誤った対応に基づいて射影変換を推定した場合、復元に悪影響が生じる。よって、射影変換の推定には頑健な方法が求められる。本手法ではRANSAC[2]を用いる。

3 実験

3.1 条件

復元するパターンは、図3で示す手書きの‘2’とする。パターンのサイズはおよそ縦1.8cm × 横1.8cm、使用し

た紙は非再生のコピー用紙、筆記に要した時間は256フレームである。本実験では30fpsのカメラを使用しているので、筆記時間は約8.5秒となる。動きボケを避けるべくこのように低速での筆記を行っているが、この問題は小型の高速カメラが開発されれば直ちに解消されるものと考えている。

3.2 結果

本手法による復元の結果を図3に示す。これは取得した移動量を元にペン先の各フレームでの位置を白丸でプロットしたものである。多少の変形や伸縮が見受けられるが、全体の形を損なわない程度の復元には成功している。本実験により、紙紋を利用したパターン復元が可能であることが確認できた。

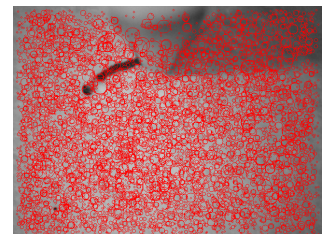
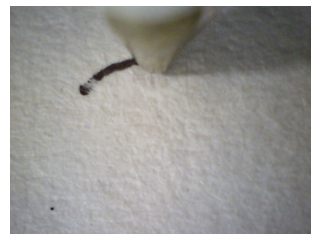


図1: ペン先カメラの画像 図2: SURFによる特徴点

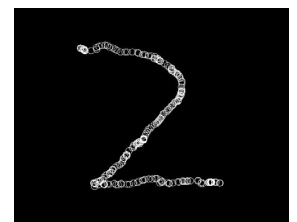
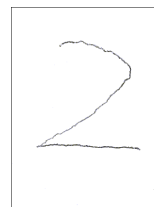


図3: 手書きパターン 図4: パターンの復元結果

4 まとめ

本稿では、紙紋を利用することにより、手書きパターンの概略を復元することが可能であることを示した。今後の課題としては、復元精度の定量的な評価や、再検出した特徴点を利用した復元の安定化[3]、動きボケへの対策などが挙げられる。

参考文献

- [1] H.Bay, T.Tuytelaars, and L.V.Gool, “SURF: speeded up robust features,” Proc. ECCV2006 (LNCS volume 3951), part 1, pp. 404-417, 2006.
- [2] M.A.Fischler and R.C.Bolles, “Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography,” Comm. of the ACM, vol. 24, no. 6, pp. 381-395, 1981.
- [3] 池谷彰彦, 佐藤智和, 池田聖, 神原誠之, 中島昇, 横矢直和, “カメラパラメータ推定による紙面を対象とした超解像ビデオモザイク,” 信学論, vol. J88-D-II, no. 8. pp. 1490-1498, 2005