

ペン型デバイスによる手書きパターンへの情報埋め込みと情報抽出 — 情報抽出のためのストロークリカバリに関する一検討 —

田中一弘 * 内田誠一 * 岩村雅一 ** 大町真一郎 *** 黄瀬浩一 **
(*九州大学) (**大阪府立大学) (***)東北大学)

1 はじめに

我々は日々、鉛筆やペンを用いてノートや手帳といった紙面に文字列や図形などの線パターンを手書きしている。本研究は、この手書きパターンの価値を人間と計算機の両方にとって向上させることを目標としている。具体的には、(i) 手書きパターンの筆記と同時に、そのパターン自身に何らかの情報を埋め込むことが可能なペン型デバイスの開発、ならびに (ii) その紙面の手書きパターンからの正確な情報抽出、を目指す。埋め込む情報としては様々なものが考えられる。例えば筆記者の個人 ID を埋め込むことで、その手書きパターンが誰によるものかを電子的に特定できる。本論文では、手書きパターンへの情報埋め込みの基本的な考え方を説明し、さらに要素技術の一つであるストロークリカバリの一手法を提案する。

2 手書きパターンへの情報埋め込みと抽出

本研究で想定しているペン型デバイスは、紙に連続的に黒インクを塗布すると同時に、不可視インク (もしくは黒以外のインク) を断続的に塗布する機能を具備する (図 1)。このペンにより、普通の紙に、普通に線を描きながら、その線パターンに所望のデータを埋め込むことができる。情報埋め込みならびその抽出については様々な形態が考えられるが、例えば以下のように実現できる。

情報埋め込み

1. 埋め込むべきデータをデータを 2 値符号化しておく。
2. 筆記時に、黒インクに沿って、不可視インクを一定時間間隔で塗布する (ガイドインク)。また、埋め込む符号が 1 の時、ガイドインク間に別途不可視インクを塗布する (データインク)。ガイド/データインクは、塗布半径等で区別できるものとする。

情報抽出

1. ハンドヘルドスキャナ等により、黒インクならびに不可視インクからなる手書きパターンを画像として取り込む。このスキャナは、黒インクと不可視インクを区別できるものとする。
2. 画像中の手書きパターンのインクをトレースして筆記順序を復元する。
3. その筆記順序に従い、埋め込まれたデータインクを読み取り、原データを復号する。

3 ストロークリカバリ

情報抽出処理の第 2 ステップである、画像化された手書きパターンからの筆記順序復元は、ストロークリカバリと呼ばれ、特に文字認識の分野で広く研究がなされている。代表的なアプローチとして、線パターンをグラフ表現して各節点の次数を手がかりに筆順を復元する手法 [1]、輪郭トラッキングによる方法 [2] が挙げられる。また、折れ線モデルの画像への最適フィッティング手法 [3] も利用できる。

本論文では、曲線モデルの最適フィッティングに基づく手法を提案する。フィッティングはモデルが常に黒画素上を通るように制約される。フィッティングの評価基準は、(i) 角度変化量と、(ii) ガイドインクの間隔の変化量の和として定式化される。基準 (ii) は本手法独特の基準であり、

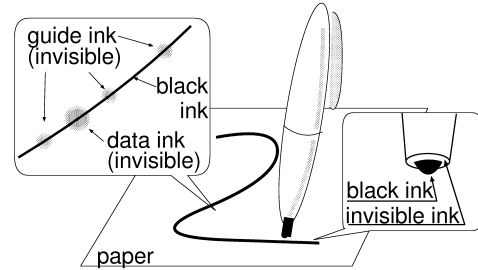


図 1: 情報埋め込み可能なペンと手書きパターン

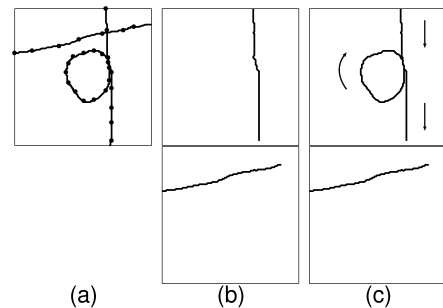


図 2: ストロークリカバリの結果

黒インクだけでは困難なストローク接触箇所の筆記順序復元を容易するという効果がある。基準 (i)+(ii) を最小化する最適フィッティングは動的計画法 (DP) により効率的に探索できる。

図 2 は、ストロークリカバリの結果例である。ペン型デバイスはまだ実装していないため、対象とした手書きパターン (同図 (a)) は、タブレットに筆記されたパターンの各筆点を結んだものを黒インク (曲線)、また筆点を一定間隔でサンプリングしたものをガイドインク (黒丸) として画像化したものである。同図 (b) は基準 (i) のみ、同図 (c) は基準 (i)+(ii) を用いた場合の結果である。この例ではガイドインクの間隔 (基準 (ii)) を考慮することで正しく筆記順序が復元されている。ただし、他には失敗した例も存在し、今後も継続的な検討が必要である。

4 まとめ

手書きパターンへの情報埋め込みの基本的な考え方を説明し、埋め込み情報の抽出に必要なストロークリカバリの一手法について述べた。情報埋め込みの方式とストロークリカバリには密接な関係があり、今後はよりストロークリカバリが容易となるような情報埋め込みを検討する必要がある。

謝辞 本研究の一部は公益信託マイクロソフト知的財産研究助成基金に依った。

参考文献

- [1] Y. Kato and M. Yasuhara, "Recovery of drawing order from single-stroke handwriting images," IEEE Trans. PAMI, vol. 22, no. 9, pp. 938–949, 2000.
- [2] T. Steinherz, et al., "An integration of online and pseudo-online information for cursive word recognition," IEEE Trans. PAMI, vol. 27, no. 5, pp. 669–683, 2005.
- [3] 追江, "Rubber String Matching 法による手書き文字認識," 信学技報, PRL74-20, 1974.