

文書画像の湾曲歪み補正法

江崎 弘記* 内田 誠一** 迫江 博昭**
 (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院)

1 まえがき

書籍の各ページをスキャナにより電子化する場合、書籍の厚みや製本状態により紙面とスキャナ面の間に隙間が生じることがある。この結果、取得文書画像に生じる歪みはOCR等で処理する場合には大きな問題となる。特に横書き文書においては、ページの各行が曲線状に変形すると、OCRは傾き補正処理や行切り出し処理に失敗し、その認識性能は著しく低下する。これは、一般的に行が直線的で平行であることがOCRの前提となっているからである。

そこで本稿では、全体的な傾き補正と同時に曲線状になった行を直線的かつ平行に補正する方法を紹介し、それに対する実験結果を報告する。

2 最適化に基づく湾曲歪み補正手法

本手法では、各行にスプライン曲線をフィッティングすることで歪みを推定し、補正する。ただし、従来法(例えば[1])とは異なり、各行独立ではなく紙面全体としての整合性も考慮する。

2.1 前処理

スプライン曲線でのフィッティングを精度よく行うためにあらかじめ黒画素を太らせる。これは空白部分は白画素のみ、文字部分は黒画素のみとはっきり区別させるためである。この際、行が互いに接触しないようにする。

2.2 スプライン曲線の最適化

歪みの生じた各行を表現するために、3点を通る3次スプライン曲線(図1)を用いる。具体的には、第*i*行の右端点(M, i)は固定、中央点(x_i, y_i)は上下左右動、左端点($1, z_i$)は上下動が許されるものとする。ここで*M*は画像の横画素数である。

紙面全体の整合性を考慮した歪み補正問題は次の最適化問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} & \text{minimize} && \sum_{i=1}^N f(x_i, y_i, z_i | i) \\ & \text{w.r.t.} && \{x_i, y_i, z_i \mid i = 1, 2, \dots, N\} \\ & \text{subject to} && \begin{cases} -1 \leq x_i - x_{i-1} \leq 1 \\ 0 \leq y_i - y_{i-1} \leq 2 \\ 0 \leq z_i - z_{i-1} \leq 2 \end{cases} \end{aligned}$$

ここで*N*は縦画素数である。

目的関数中の $f(x_i, y_i, z_i | i)$ は第*i*行を x_i, y_i, z_i で定まるスプライン曲線として変形することの妥当性を評価する関数である。そのスプライン曲線が黒画素だけ、あるいは白画素だけを通るならば低い値、逆に黒画素と白画素を交互に通るならば高い値となるように設計する。具体的にはスプライン曲線上の画素の白黒の変化を右端あるいは左端から順番に確かめ、変化があった回数を評価値とする。

また、上式中の3つの制約条件は、隣接行のスプライン曲線が極端に変化せず(連続性)、かつ交差しない(単調性)ようにするためのものである。これにより紙面全体での整合性を保った補正が可能となる。

以上の最適化問題は動的計画法(DP)により解くことが

できる。その際のDP漸化式は次のようになる。

$$g(x_i, y_i, z_i | i) = f(x_i, y_i, z_i | i) + \min_{(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1}) \in P(x_i, y_i, z_i)} g(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1} | i-1)$$

ここで、 $P(x_i, y_i, z_i)$ は、ある (x_i, y_i, z_i) に対して前出の制約条件を満たす $(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ の集合である。

2.3 後処理

最適化の結果、理想的には各々のスプライン曲線の間隔はほぼ等しくなることが望ましい。しかし、各行におけるスプライン曲線は太らせの影響等により不安定になりがちである。そこで、 x_i, y_i, z_i それぞれの*i*に関する変化を線形近似することで安定化を図る。この線形近似には最小2乗法を用いる。

3 実験

実験では、スキャナを用いて取り込んだ文書画像の部分画像(サイズ:375×128画素)を用いた(図2(a))。この画像の黒画素を太らせたものを図2(b)に示す。また本手法で補正したものを図2(c)に示す。このように画像全体の傾きと湾曲歪みの両方が適切に補正されていることがわかる。

4 まとめ

本稿では、各行をスプライン曲線でモデル化しDPを用いることで、文書画像の湾曲歪みを補正する方法について紹介した。文書画像で実験を行った結果から、本手法による湾曲歪みの補正ができることを示した。

参考文献 [1] Z. Zhang and C. L. Tan, "Correcting document image warping based on regression of curved text lines," Proc. Int. Conf. Doc. Anal. Recog., pp.589-593, 2003.

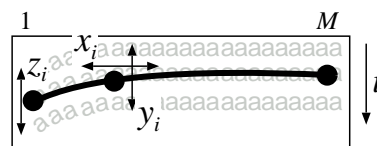


図1: 各行の傾きと湾曲を表現するスプライン曲線

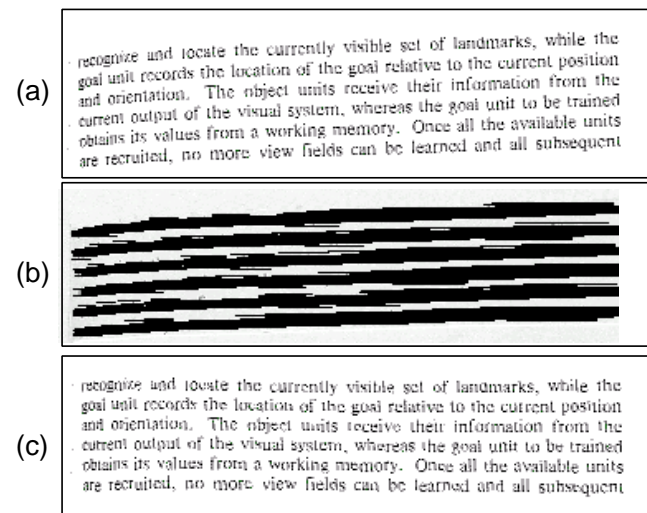


図2: 原画像(a), 前処理後画像(b)および補正後画像(c)