

# プロジェクタを用いた習字学習支援システム

Support system for learning calligraphy using projector

杉山 賢伍

Kengo Sugiyama  
芝浦工業大学

Shibaura Institute of Technology

高橋 正信

Masanobu Takahashi  
システム理工学部

College of Systems Engineering and Science

D-11

## 1. 背景

冠婚葬祭の行事や年賀状に、毛筆を用いて漢字や仮名文字を書く機会がある。また、小学校では授業の一環として「習字」があるなど、習字や毛筆は日本人の生活に深く根付いている。我々は利用者に習字できれいな字を書くことを支援するための習字学習支援システム[1]を実現している(図 1)。これは、お手本を半紙に投影し、次に書くべき場所を色で教えるものであるが、筆使いの支援機能は無い。そこで、筆の傾きを利用者に伝えることで、筆使いを支援する機能を実現する。

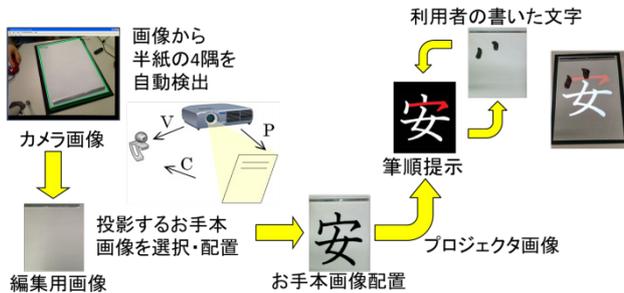


図 1 習字学習支援システムの処理の流れ

## 2. 筆の傾き改善支援

習字は筆の動かし方、つまり筆の傾きが重要な要素の一つである。基本的な書き方は直筆であり、筆を半紙に垂直にして書く。本手法では利用者の筆の傾きを推定し、理想的な傾き(机に鉛直)との誤差を提示することで支援する。

### 2.1 傾き推定手順

プロジェクタから投影された光によってできる筆の影を利用し、以下の手順で筆の傾きを推測する。

- (1)筆の方向とその影の方向の2つの直線を検出
- (2)筆の直線を通る平面(青斜線)と筆の影の直線を通る平面(橙斜線)を算出(図 2)
- (3)2つの平面の交線を3次元空間での筆の傾きとして算出
- (4)求めた傾きと理想的な傾きとの誤差を提示

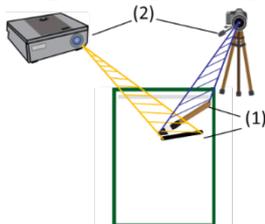


図 2 2平面の交線を用いた傾き推定

### 2.2 筆と影の直線の検出

筆と影の直線は以下の手順で検出する。

- ①背景差分法により変化の生じた領域の画像と筆の色領域の画像を抽出
- ②抽出したそれぞれの画像のエッジを検出

- ③ハフ変換を用いて直線を検出

- ④傾き角の差が一定以内かつ距離が一定範囲内の直線の組を抽出

- ⑤色領域の抽出を用いた画像から得られた直線を、筆の直線とし、もう一方の直線を影の直線とする。

### 2.3 カメラとプロジェクタのキャリブレーション

カメラキャリブレーションには Zhang の手法[2]を用いる。プロジェクタキャリブレーションもカメラとプロジェクタのホモグラフィ行列を計算することで同じ手法を用いる[3]。具体的には、平面上に市松模様を印刷した紙を張り付け、さらにプロジェクタからも市松模様を投影する。それぞれのパターンは色情報により分離し、ホモグラフィ行列の計算、キャリブレーションを行う。

### 2.4 傾き推定

キャリブレーションで求めた透視投影行列を用い、カメラと筆の直線を含む平面の方程式と、プロジェクタと筆の影の直線を含む平面の方程式を算出する。2つの方程式を連立し、3次元の直線の式のパラメータを求めることで、3次元空間での筆の傾きを求める。

## 3. 精度評価

半紙に対して右方向を X 軸、上方向を Y 軸と定める。筆を机に鉛直方向、各軸に 15 度、30 度傾けた際にどの程度傾いているかをそれぞれ 10 回ずつ計測し、誤差を評価した。角度誤差(RMS)は鉛直方向では 2.3°、X 軸 15 度は 2.3°、30 度は 1.3°、Y 軸 15 度は 1.6°、30 度は 2.3° となり、システムを利用する上で十分に小さい誤差を実現できた。計測した筆の傾きは XY 平面にプロットされた赤点の位置としてリアルタイムで利用者に提示され(図 4)、利用者は筆の傾きを修正できる。今後の課題としては、筆を手を持っている際の直線検出精度の向上、システムの効果確認が挙げられる。



図 3 システム利用例

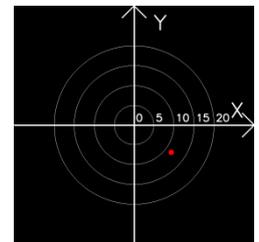


図 4 誤差提示画面

[参考文献]

- [1] 鈴木真彦, 高橋正信: “プロジェクタを用いた習字学習支援システム”, 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, 159, 2017.
- [2] Zhengyou Zhang: “A flexible new technique for camera calibration”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.11, pp.1330-1334, 2000.
- [3] 清田祥太, 川崎洋, 古川亮, 佐川立昌: “平面上を用いたプロジェクタの効率的なキャリブレーション手法の提案”, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-CVIM-180, No.35, pp.1-8, 2012.