

書道運筆時における速度パターンの抽出

山崎 聡*・藤本 真作**・逢坂 一正**

*岡山理科大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程

**岡山理科大学工学部機械工学科

(1998年10月5日 受理)

1. はじめに

人間が行っている仕事の中には、ロボットには実現できないような高度な作業が数多くある。人間はその作業に携わることで、作業の行程やその特質を「経験」や「こつ」といった曖昧な情報に変換・構築を行い、その作業を達成していると考えられる。こうした曖昧なすなわち、知的な情報を工学では“スキル (技能)”という。これをできるだけ定量化・定式化することによって、ロボットにも人間と同じような高度な仕事ができるのではないかと考えられる。

このスキルが必要な作業の一つに書道がある。人間が書道を行うとき、まずお手本を見て筆の目標軌跡を作る。そして、今までに書道を行ってきた「経験」や「こつ」から筆圧の強弱や筆の緩急¹⁾を決めていると考えられる。これらの作業において定量化・定式化できるスキルは、お手本から抽出できるスキルと、お手本から抽出できないスキルに分けられる。前者のお手本から抽出できるスキルは、お手本の文字画像から骨格画像を形成し得られる筆の3次元目標軌跡である。また、後者のそれは「経験」や「こつ」から得られる筆圧の強弱や筆の緩急である。筆者らはこれまでにお手本から抽出できるスキルについての考察は行っている²⁾が、お手本から抽出できないスキルについての考察は行っていない。そこで、本論文ではお手本から抽出することのできないスキルのうち筆の緩急に注目する。すなわち、筆の緩急をあらゆる書道運筆時の速度パターンの抽出を行う。しかし、各文字の速度パターンについてすべて調べていたのでは膨大なデータになってしまう。そこで、少ない速度パターンで多くの文字に対応できるように、書道の基本的な筆使いの8つの要素がすべて入っている“永字八法”³⁾の各要素に注目した。このうち2対の要素については同種のものと考えられるため、書道運筆時における速度パターンの抽出は残りの6つの要素について行う。

2. お手本から抽出できるスキル

ロボットに筆を使って文字を書かせるために、まず人間が文字を書くときのようにお手本を見て軌跡を作る。その方法は、図1に示すように CCD カメラでお手本の文字画像を

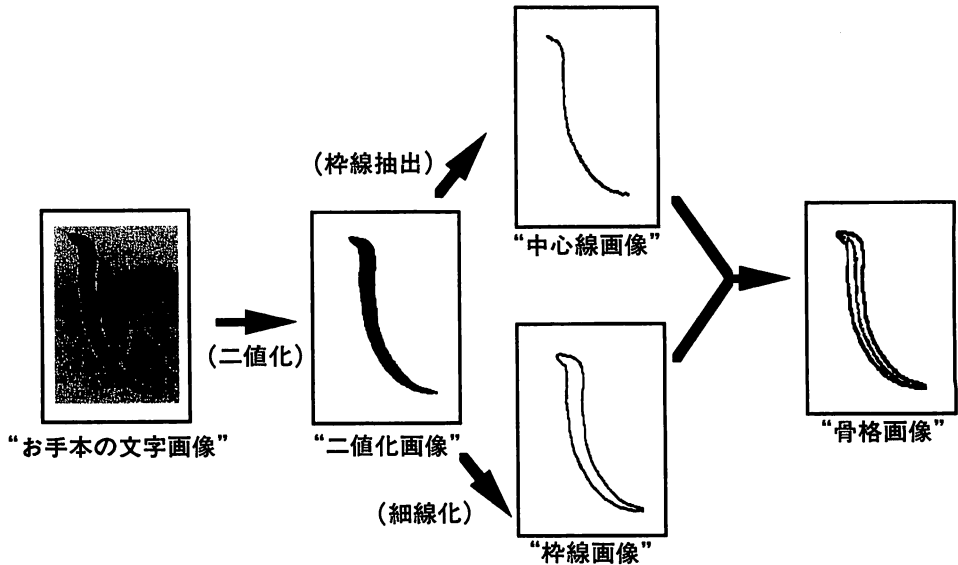


図1 “し”の骨格生成

取り込む。その画像を二値化し、二値化した画像を粹線抽出と細線化処理を行い、それぞれ粹線画像と中心線画像を抽出する。これらの二つの画像から手本文字の骨格画像が形成される。この骨格画像の中心線からロボットの紙面に水平な方向に設定したXY座標の目標軌跡が得られる。また、骨格画像の中心線と粹線との最短距離から文字の“太さ”が求められる。この結果およびこれと筆の沈み量と太さの関係式から筆の沈み量がわかり、紙面に垂直な方向に設定したZ座標の軌跡が求められる。

3. お手本から抽出できないスキル

骨格画像から得られた3次元の目標軌跡をロボットで追従させるだけでは、人間の書くような文字は書けない。人間は、文字を書くときどのような速度でどのくらいの力をかければよいか過去の経験などを無意識的に参考にしている。そこで、書道の“スキル”として考えられる筆圧の強弱と筆の緩急などの中から、筆の緩急、つまり書道運筆時の速度パターンを調べることにより、人間のスキルの一端がわかるのではないと思われる。そこで、実際に人間が文字を書くときの速度パターンを調べる。

4. 測定する要素について

人間の書道運筆時の速度パターンを抽出するために、すべての文字についての速度パターンを測定していたのでは、データの量が膨大となり、また複雑にもなる。そこで、本論文では、“永字八法”に注目する。“永字八法”は、漢字の基本的な筆使いである8つの要素が入っている。すなわち、この“永字八法”の各要素について調べることによってデータ

の量は減少し、また簡単化できる。この“永字八法”の各要素は、図2に示すように点や画（直線）などの基本的なものである。この8つの要素のうち“2. 勅（横画）”と“5. 策（右上がりの横画）”は同じ横画，“6. 掠（長い左払い）”と“7. 啄（短い左払い）”は同じ左払いとし、測定する要素は図3に示す6つの要素とする。

5. 測定装置

書道運筆時の速度パターンを抽出するためにポジションセンサ⁴⁾(コントローラ, LED ターゲット, CCD カメラ), コンピュータ, 作業平面, 筆を使って図4に示すような測定装置を製作した。

LED ターゲットは1個につきX座標, Y座標の2次元位置データが測定できる。このLED



図2 永字八法

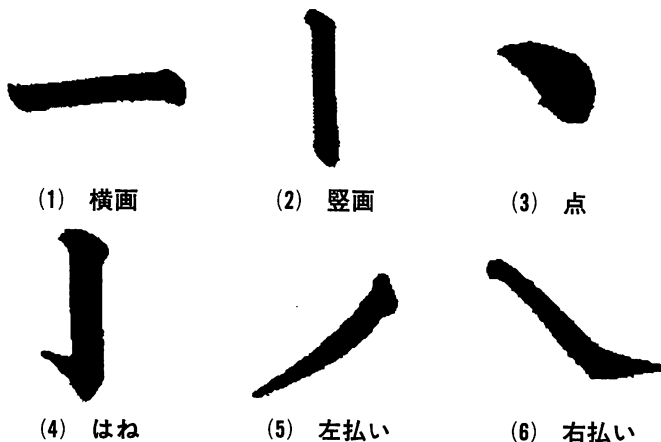


図3 測定する6つの要素

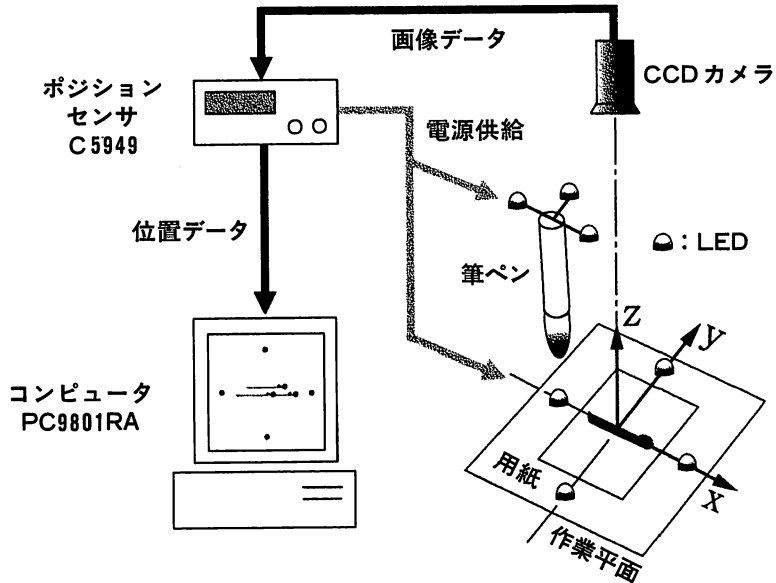


図4 測定装置

ターゲットを筆の上端部に3個，作業平面に4個決められた位置に取り付けた。

このLEDターゲットの光点位置を高さ約2mの位置に取り付けられているCCDカメラの受光素子で測定する。コントローラは、CCDカメラから得られたLEDターゲットの光点位置の電気信号を演算処理してX座標、Y座標電圧として出力する。また、作業平面に取り付けられた4つのLEDターゲットは決められた位置に取り付けられているため、それらと筆に取り付けられた3つのLEDターゲットの位置を比較することによって、コンピュータはコントローラから出力されたX座標、Y座標電圧から作業平面の中心からのLEDターゲットのX座標、Y座標の2次元位置データを求めることができる。つまり、筆の位置が求められることになる。この位置データは、サンプリング時間が10msecごとに測定されているため、1サンプリング時間の移動距離からコンピュータは人間が文字を書くときの速度を算出する。

6. 測定方法

“永字八法”の6つの要素について、5人の被験者にそれぞれ3回ずつ直筆法³⁾を意識して書いてもらった。直筆法とは紙面に対して筆を垂直に立てて書く方法である。計測した部分は図5の矢印に示す“打ったて”と“終筆”と呼ばれる部分を除いた“おくり”部分のみとした。また、図3に示した(1)横画と(2)縦画については、4cmから12cmまで2cmごとに長さを変えた5種類の要素について書いてもらった。図6は、3人の被験者に書いてもらった横画の一例である。

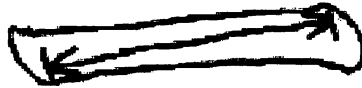


図5 文字のおくり部分



図6 被験者が書いた横画

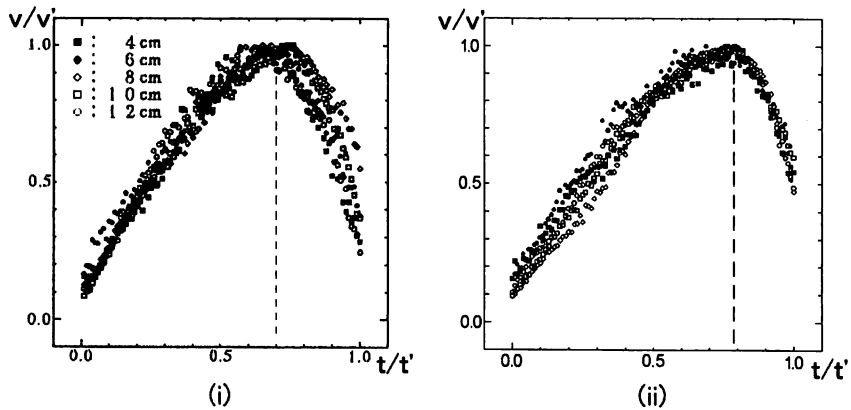


図7 横画と縦画の測定結果

表1 横画の各おくり長さにおける所要時間と最高速度

おくり長さ (cm)	4	6	8	10	12
所要時間: t' (sec)	1.20	1.38	1.53	1.81	2.06
最高速度: v' (cm/sec)	5.95	7.70	8.55	9.70	9.69

表2 縦画の各おくり長さにおける所要時間と最高速度

おくり長さ (cm)	4	6	8	10	12
所要時間: t' (sec)	1.12	1.39	1.68	1.63	1.99
最高速度: v' (cm/sec)	6.33	7.98	8.88	10.49	10.30

7. 測定結果

各要素の測定結果を、図7から図9に示す。また、表1から表6は各おくり長さにおける所要時間と最高速度を示す。グラフの横軸は時間 (t) を所要時間 (t') で割って無次元化したもの、グラフの縦軸は速度 (v) を最高速度 (v') で割って無次元化したものである。各要素とも5人の平均をとったもので横画と縦画は長さ別に5人の平均をとったものである。

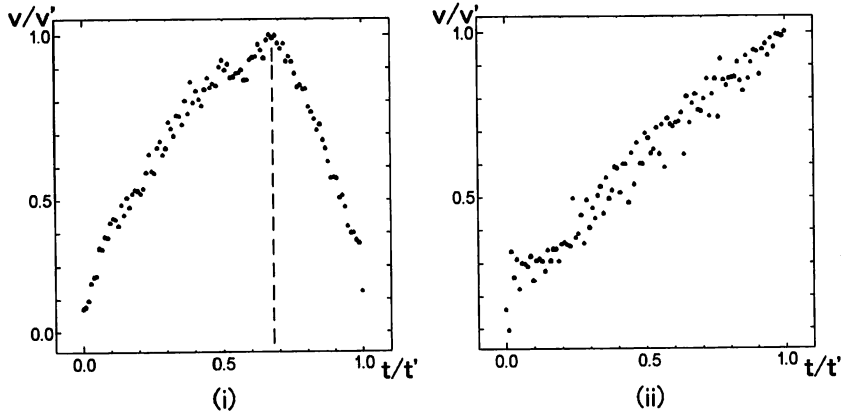


図8 点とはねの測定結果

表3 点の所要時間と最高速度

所要時間: t' (sec)	0.82
最高速度: v' (cm/sec)	4.81

表4 はねの所要時間と最高速度

所要時間: t' (sec)	0.37
最高速度: v' (cm/sec)	7.11

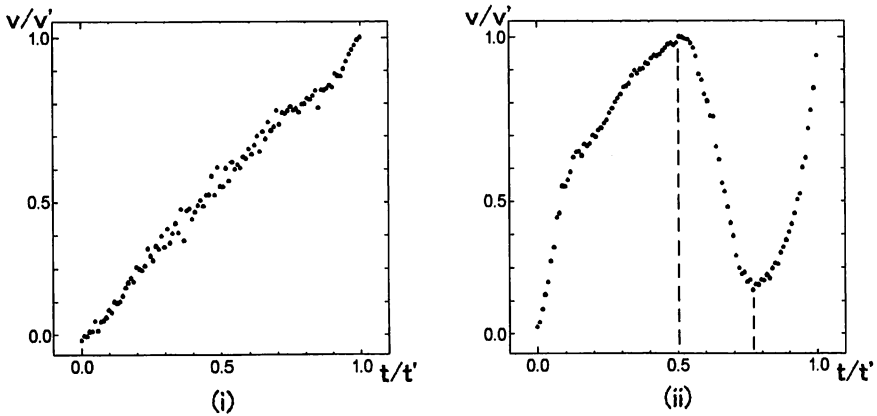


図9 左払いと右払いの測定結果

表5 左払いの所要時間と最高速度

所要時間: t' (sec)	0.86
最高速度: v' (cm/sec)	9.16

表6 右払いの所要時間と最高速度

所要時間: t' (sec)	2.35
最高速度: v' (cm/sec)	6.87

7.1 横画と豎画の測定結果

図7の(i)は横画の測定結果, (ii)は豎画のそれである。無次元化した長さの異なる5種類の要素のグラフを重ねると, 横画の場合も豎画の場合も, ほぼ同じような波形のグラフになっている。また, これらのグラフは速度のピークまで単調増加, それ以後は単調減少している。速度のピークは横画が時間が約70%経過したとき, 豎画の場合は約80%経過

したときである。

7.2 点とはねの測定結果

図8の(i)は点の測定結果、(ii)ははねのそれである。点の場合も、横画や縦画の場合と同じように単調増加・単調減少の波形になっており、速度のピークは時間が約70%経過したときである。また、はねの速度パターンはほぼ等加速度の単調増加の波形となっている。

7.3 左払いと右払いの測定結果

図9の(i)は左払いの測定結果、(ii)は右払いのそれである。左払いの結果ははねの場合と同じように、等加速度の単調増加の速度パターンになっている。また、右払いの場合は時間が約80%経過するところまでは、横画・縦画などと同じように単調増加・単調減少であり、速度のピークは時間が約50%経過したところである。後半は、はね・左払いの場合と同じように単調増加の波形になっている。

7.4 測定結果のまとめ

“永字八法”のうち6つの要素について5人の被験者の速度パターンを測定した。このうち、横画と縦画を無次元化したグラフは、長さが異なってもほぼ同じ波形になっていた。また、6つの要素の速度パターンは、単調増加・単調減少の速度パターン、単調増加の速度パターン、もしくはこれらを組み合わせた速度パターンで表せることがわかった。

8. おわりに

書道から定式化・定量化できるスキルのうち、お手本から抽出できないスキルの1つである筆の緩急についての考察を行った。また、永字八法に各要素に注目し、その6要素の速度パターンの抽出を行った。その結果、横画や縦画は長さが異なっても、速度パターンはほぼ同じ波形になることがわかった。また、速度パターンは3つのパターンに分類されることがわかった。これらの得られた速度パターンから、各文字における速度を算出し、そのデータをスキルとして書道ロボットに与えることにより、人間に近い文字を書かせることができると期待できる。また、これらのスキルを用いた文字と用いない文字とを比較するために、定量的に文字を評価する方法を見つけることは今後の課題である。

参考文献

- 1) 戸田, 野口: 楷書の光と陰一線の深さから始める学習法一, 木耳社, p. 8 (1986).
- 2) 高見, 藤本, 逢坂: 書道ロボットによる人間の書いたひらがな文字の再現, 日本機械学会, 中国四国支部 第36期総会・講演会 講演会論文集, No. 985-1, pp. 267-268 (1998).
- 3) 本間: 小筆字の美しい書き方一やさしく学ぶ細字の基本一, 新星出版社, p. 9, p. 6 (1995).
- 4) 浜松ホトニクス カタログ: ポジションセンサC5949 (1996).

Extraction of Velocity Pattern in Written Letters with a Brush

Akira YAMASAKI*, Shinsaku FUJIMOTO** and Kazumasa OHSAKA**

**Graduate School,*

***Department of Mechanical Engineering,*

Faculty of Engineering,

Okayama University of Science,

Ridai-cho 1-1, Okayama 700-0005, Japan

(Received October 5, 1998)

Humans can write beautiful letters with a brush simply. However it is difficult that robots can write beautiful letters, because written letters need human skill. Skill is necessary to execute advanced human-like task for robots. In this paper, we selected calligraphy from the advanced tasks with skill. The written letters with the brush are composed of skills that are divided into two factors. One is the pressure of the brush and the other is the velocity pattern of the brush in written letters. We consider the velocity pattern, and measured it in order to extract the skill. We chose six elements from "EIJIHAPPO". "EIJIHAPPO" contains eight fundamental ways of written "KANJI" letters. Five subjects have written these six elements each three times. On non-dimensional graph, these velocity patterns are divided into three kinds of velocity patterns. In first pattern, non-dimensional velocity increases monotonously until the peak. In second pattern, it decreases monotonously. In third pattern, it combines with first and second patterns. From these results, we calculate written velocity each letters from measured velocity pattern.