

毛筆から加えられる力の測定について

岡村吉永

About the Measurement of the Force
Applied from the Writing Brush

Yoshihisa OKAMURA

(Received September 28, 2001)

1. はじめに

前報¹⁾において、作業対象が基本的に平面であり、かつ良好な結果を得るために習熟が必要な作業を対象に、作業者の技能を客観的に知るための新たな方法を提案し、装置（技能学習装置²⁾の開発を行った。

今回、この方法および装置を書道指導に利用することを目的として、まず装置に求められる性能等を知るための基礎的資料の収集を行い、併せて装置を用いた書道技能の評価方法についての検討を行った。

2. 測定方法

測定に用いた装置は、前報¹⁾で岡村が開発したものである。

測定中の様子を図1に示す。用紙は装置本体上面に固定し、この上に筆で文字を書く。筆から

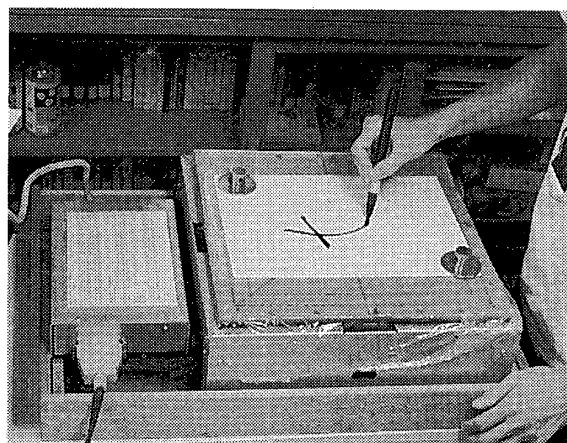


図1 測定中の様子

用紙面に加えられた力は、装置に組み込んだ複数のセンサーによって検出し、A/D変換機(Computer Boards, PCM-DAS16D/16)³⁾を通してパソコンに取り込む。A/D変換機のサンプリング周波数は200Hz、測定時間は10secとした。

不要な高周波成分を除去するための低域フィルター(4.43Hz)⁴⁾およびセンサーのばらつき等に起因する検出誤差の補正は、プログラム⁵⁾⁶⁾を作成してパソコン上で処理を行った。

毛筆に使用した用紙は、一般的なA4サイズのコピー用紙で、筆は条件を統一するために太字の筆ペン(PILOT, S-100FDB-B)を使用した。

被験者は、4歳から13歳までの児童および生徒62名で平均年齢は8.8歳、分布は正規分布に適合している。

各被験者には、実験の要領を理解してもらうため、一回ずつ装置で練習書きをしてもらった後、引き続き好きな文字を装置上で書いてもらった。

測定期間は、平成13年8月11日から12日までの2日間である。

3. 結果および考察

被験者の書いた文字の一覧を表1に示す。測定時間を10秒としたことが影響し、1文字で、かつ複雑なものを避ける傾向がみられる。書かれた文字で多いのは、「あ」ついで「い」であるが、これは、平仮名として最初に思いつくのが「あ」であり、やや字形が難しいと感じるとつぎの「い」を選ぶといったことのようなのである。その他は、自分の氏名から一文字を選ぶ例が多くみられた。

表1 被験者の書いた文字一覧

あ 18	い 11	う 4	お 1	か 2
こ 2	し 1	す 1	つ 1	の 1
は 1	へ 1	ま 2	まみ 1	み 1
も 2	や 1	ゆ 1	り 2	を 1
志 1	川 1	小 1	典 1	土 1
日 1	木 1			

※ 文字の後の数は、それを書いた被験者の数

本研究では、筆から用紙面に加えられる力について、その方向および名称を図2のように定義する。力Fzは、筆から用紙面に加えられる垂直方向の力であり、通常筆圧と呼ぶものである。力FyおよびFxは、用紙面と平行に加えられる水平方向の力で、作業員から見て縦方向をFy、横方向をFxとする。

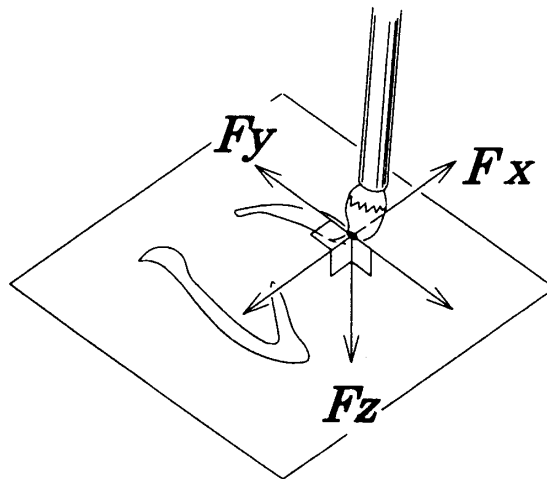


図2 筆から加えられる力と方向

研究では、装置に求められる性能を知るため、各被験者について1画目から最大5画目までを対象に、筆から用紙に加えられる力の分析を行った。

3.1 筆圧および筆の位置

筆圧 F_z の最大値 $F_z(\text{Max})$ と年齢との関係を図3に示す。なお、この図の $F_z(\text{Max})$ は、各被験者ごとに1画めから最大5画目までの各画中の最大値を平均したものである。

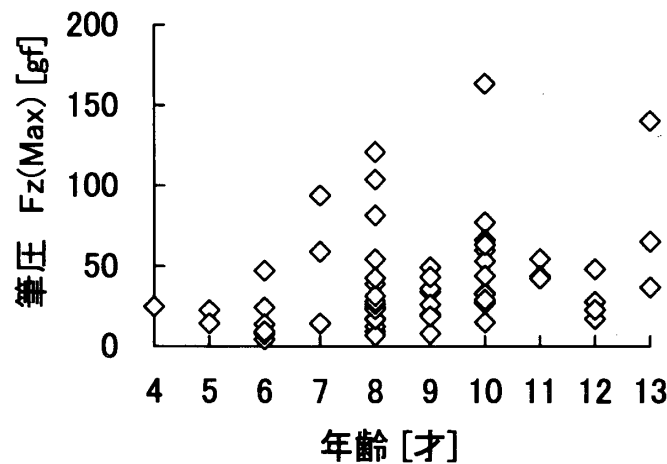
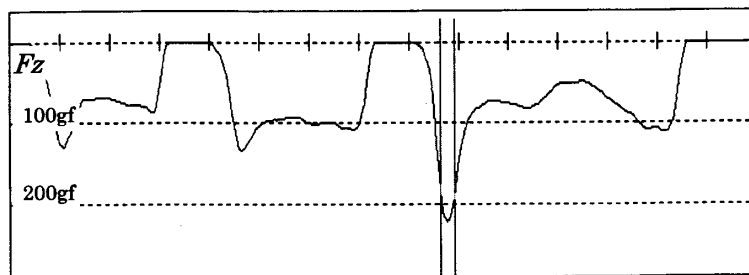


図3 筆圧の最大値と年齢との関係

$F_z(\text{Max})$ 全体の平均は39.7gf (SD:31.82) で、図からも明らかなように個人間のばらつきが大きい。年齢との間には弱い正の相関 ($r=0.290$, $p<0.05$) が認められるが、これについては、身体能力や筆の使用経験の影響等、さらに検討が必要である。

また、瞬間的な筆圧については、図4に示す例(10歳、女子)のように、200gfを超える場合もみられる。正しい測定を行うため、測定装置に求められる条件としては、最大値で300gf程度までは十分に測定できる必要があるだろう。



瞬間的に 200gf を超える範囲

図4 筆圧 (Fz) の大きい例
10歳、女子

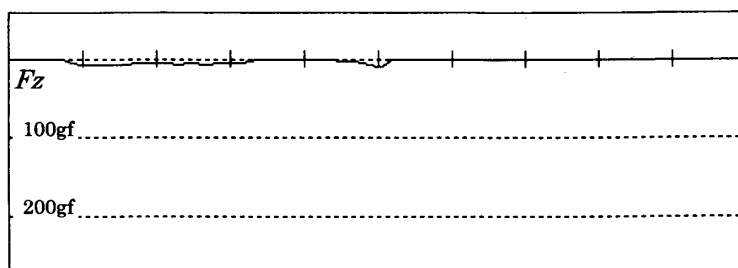


図5 筆圧 (Fz) の小さい例
8歳、女子

この一方で、図5のように筆圧が極めて小さい例もみられる。今回用いた装置では、筆圧の有効測定範囲について、下限を3gfに設定しており、装置の改善が避けられない状況にある。

また、筆の位置表示については、筆圧が有効測定範囲以下で、部分的に正しい位置表示が行えないなどの問題を生じている。一例として、図6は、「木」の1画目の筆圧が小さいために筆の

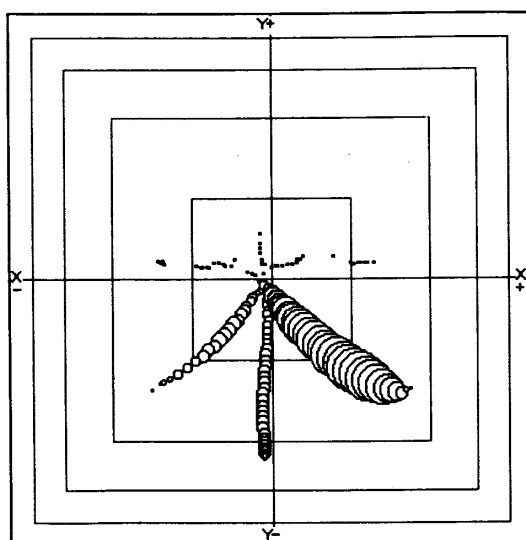


図6 正確な位置表示ができない例
筆圧 (Fz) が小さく、「木」の
1画目が正しく表示できない。

位置計算の誤差が大きくなり、部分的に位置表示ができなくなったものである。正確な位置表示のためには、プログラミングも含めて装置の改善が必要である。

3.2 水平方向の力

用紙面と平行に働く水平方向の力 F_y および F_x について、1画目から5画目までの最大値を平均したものを $F_y(\text{Max})$ 、 $F_x(\text{Max})$ とする。さらに、1画ごとの力の平均を求め、1画目から5画目までを平均したものを $F_y(\text{Av})$ 、 $F_x(\text{Av})$ とする。

まず、 $F_y(\text{Max})$ および $F_x(\text{Max})$ と年齢の関係を図7に示す。全体的に縦画 $F_y(\text{Max})$

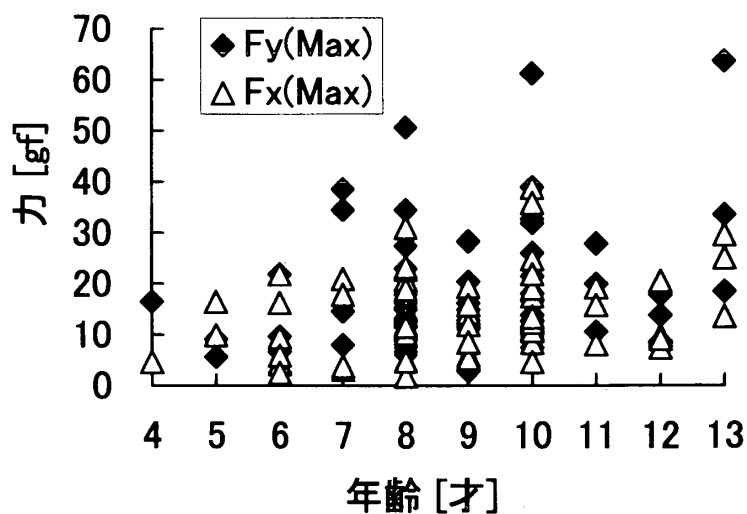


図7 水平方向の力の最大値と年齢との関係

が横画 $F_x(\text{Max})$ よりもやや大きい傾向があり、両者間に有意差 ($t = 3.894$, $p < 0.01$) が認められる。また、年齢が高いほど $F_y(\text{Max})$ 、 $F_x(\text{Max})$ とともに大きくなる傾向がみられるが、これについては筆圧 F_z の影響と考えられる。すなわち、 $F_y(\text{Max})$ および $F_x(\text{Max})$ は、筆と用紙との摩擦によって生じる力であり、基本的に垂直方向加重 F_z を反映する。今回の結果においても、 $F_z(\text{Max}) - F_y(\text{Max})$ 間 ($r = 0.92$, $p < 0.01$) および $F_z(\text{Max}) - F_x(\text{Max})$ 間 ($r = 0.78$, $p < 0.01$) に強い正の相関がみられている。

つぎに、 $F_y(\text{Av})$ および $F_x(\text{Av})$ と年齢の関係を図8に示す。これについても、上述した最大値同様の関係がみられ、両者間に有意差 ($t = 2.94$, $p < 0.01$) がみられる。また、 $F_z(\text{Max}) - F_y(\text{Av})$ 間 ($r = 0.67$, $p < 0.05$)、 $F_z(\text{Max}) - F_x(\text{Av})$ 間 ($r = 0.262$, $p < 0.05$) にも正の相関が認められる。ただし、最大値のときに比べて相関が低くなっているのは、図9に示すように、1画中に筆の向きが変わり、力が相殺されてしまう場合があるためである。例えば平仮名の「あ」の3画目や「つ」といった文字がこれに当たる。毛筆の技能評価を行う場合、 $F_y(\text{Av})$ および $F_x(\text{Av})$ をこのまま使用することについてはやや問題があるといわざるを得

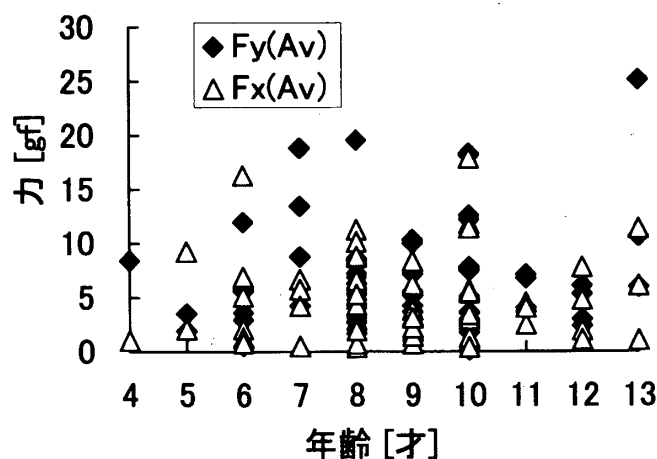


図8 水平方向の力の平均と年齢との関係

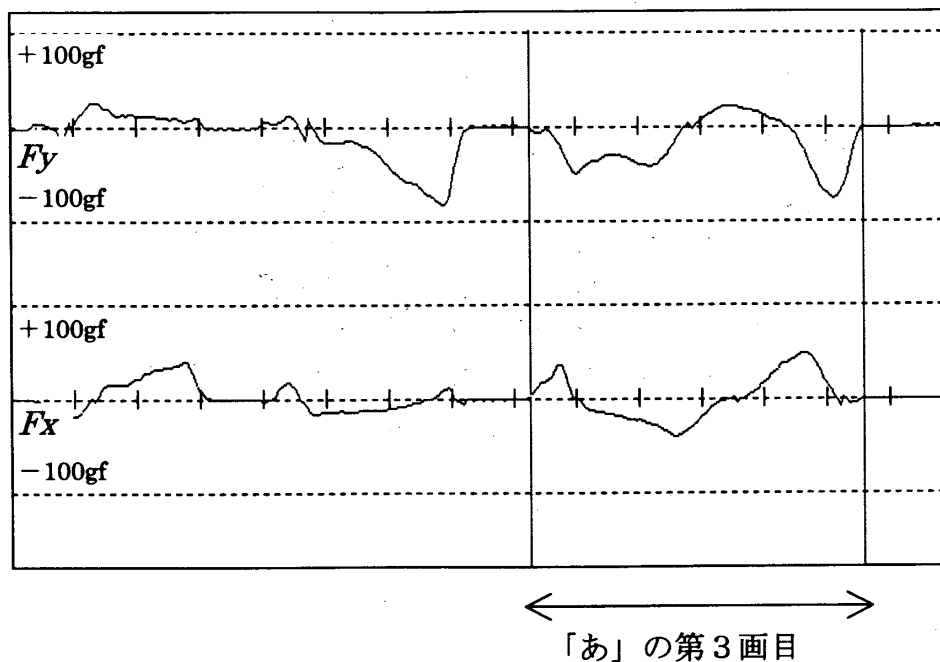


図9 「あ」を書いたときの水平方向の力の変化

ない。さらに、工夫、検討が必要である。

また、水平方向の力の測定についても、装置の構造上、周囲の振動の影響を受け易い問題があり、改善が必要であった。

3.3 筆の移動速度

筆の移動速度と年齢については、図10に示すように1画中の平均速度 $S(Av)$ および最高速度 $S(Max)$ とも有意な相関はみられない。また、他の測定値である筆圧や水平方向の力についても特に関係は認められない。

ただし、今回の測定においては、測定時間を10秒に限定しており、これが被験者に焦りを与え

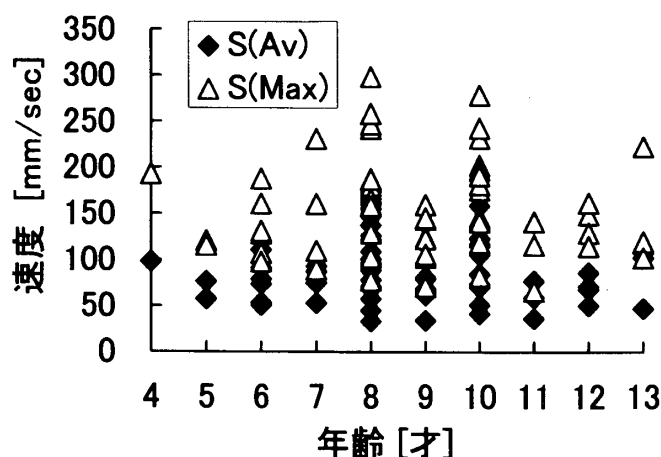


図10 筆の速度と年齢との関係

たことは否定できない。「おさえや払いを正確に行うには、時間が短すぎる」という被験者の指摘も多く、文字や被験者に応じて、ある程度自由に測定時間が変えられるなど、測定方法の改善が必要と思われる。

4. おわりに

開発した装置および方法を書道学習に利用することを目的として、検討の基礎となる資料の収集、分析を行った。

この結果、予想していたよりも被験者の筆圧が小さく、装置の有効測定範囲の変更など、装置の改良が必要ながわかった。測定条件についても、測定時間の設定方法など検討が必要である。

一方、評価項目については、いくつかの点で有意差や相関がみられ、さらに工夫検討が必要であるが、書道の技能評価としての利用が可能と考えられる。

さらにデータを蓄積し、書道技能の特徴を知ることが最も重要であるが、あわせて、適切な表示方法や評価、新たな書道練習方法の提案など、いくつかの新しい点についても今後検討を進めていきたい。

なお、本研究は、科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)「毛筆の技能の測定・評価と情報機器を利用した遠隔地間学習システムの開発」（課題番号：13680240、研究代表者：岡村吉永）の一環として実施した。

文 献

- 1) 岡村吉永：平面作業における技能の測定方法、山口大学教育学部研究論叢、第50巻第3部、pp.227 - 223 (2000)

- 2) 特許出願書類(特願2000-92746) 2000. 3. 30
- 3) 製品仕様書および UNIVERSAL LIBRARY User's Guide, Computer Boards, 1998
- 4) 相田貞蔵, 江端正直, 河野宣之, 釘澤秀雄: 電子計測 基礎と応用, 培風館, pp.83-84(1989)
- 5) Delphi4 Visual Component Library リファレンス Vol. 1、Vol. 2、INPRISE Corporation, 1998
- 6) Delphi プログラミング技法 Vol. 1 入門編, ザビエル・パチェコ, スティーブ・テイクセラ, プレンティスホール出版, 1995