

■原著

書字障害の定量的評価：タブレットを用いた位置と時間の解析

板口典弘* 森真由子** 内山由美子***
吉澤浩志**** 小池康晴***** 福澤一吉*****

要旨：本研究は、日常的に利用できるタブレットから取得できる情報を用いて、書字運動および書字障害を定量的に評価する手法を提案することを目的とした。頭頂葉を含む病変を有する症例5名（以下、患者群）と高齢健常者5名（以下、統制群）が参加した。提案手法によって、(1) 書字障害を呈する症例のみにおいて、字画間にかかる時間が長かったこと、(2) 症状にかかわらず、患者群の速度極小点の数が統制群の範囲を越えて大きかったこと、(3) 複数症例で、字画間の時間と距離の関係が統制群と異なっていたこと、(4) 統制群の字画間の時間と距離の相関係数は、比較的安定であったことが明らかとなった。この知見に基づき、タブレットによる書字運動評価の有用性について議論した。

(高次脳機能研究 39 (4) : 436 ~ 443, 2019)

Key Words：書字運動, 定量的評価, 運動解析, 失書, 上肢運動

writing movement, quantitative evaluation, kinematic analysis, agraphia, upper limb movement

はじめに

どのような臨床検査においても、的確な病態把握、適切な症状分類、さらにリハビリテーションの効果測定のためには、豊富な経験に加えて、客観的かつ定量的な評価が重要である。しかしながら、書字障害の客観的評価は難しい。これは、その評価過程において、紙に書かれた視覚的痕跡と、視覚的軌跡を残さない動的要素が必ずしも一致しないためである（たとえば、「非常にゆっくりだが、綺麗に書ける」）。運動的要素の評価は、専門的な機器を使用すれば可能であるものの、日常の臨床においてはそのようなコストはかけられない。本邦においてもいくつか書字運動の定量的解析に関する試みは学会発表等で散発的に報告されているものの（宗重ら 1999, 飯塚ら 1999）、体系的な報告は未だない。

本研究では、日常の臨床で使用できるような一般的なタブレットを用い、特に視覚情報として残らない情報に焦点を当てた。タブレットを使用することによって、ペン先の位置情報だけでなく、位置情報に対応した時間情報（場合によってはこれに加えて

筆圧）も簡単に取得することができる。一般に、書字のような複雑で小さく速い運動の時間計測は難しい。しかしながら、タブレットを用いることにより、文字全体だけでなく、字画および字画間に対する書字時間も計算が可能である。そのため、本研究では、タブレットから取得できる位置と時間の情報を用いて、従来の視覚的痕跡に基づく臨床評価を補完する知見を提供することを目的として設定した。この試みは従来、検査者間で共有の難しかった暗黙的な情報を、客観的な数値として可視化・共有することも視野に入れたものである。

本研究において、運動の障害に起因しない“書字障害”における運動情報を検討することには理論的な妥当性がある。運動障害が主たる原因ではない“書字障害”では、運動機能よりも視覚あるいは言語にかかわる認知機能の不具合が仮定されることが一般的である。ただし、ヒトにおいて、ほぼすべての行為は、最終的には運動行為として出力される。そのため、末梢的な運動要素以外の高次機能に障害があったとしても、その障害は運動特徴に反映される可能性が十分にある（Farah 1996, 板口ら 2012,

* 静岡大学 情報学部 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1

受稿日 2019年6月30日

受理日 2019年10月11日

** 東京女子医科大学 リハビリテーション科

*** 東京女子医科大学 八千代医療センター 脳神経内科

**** 東京女子医科大学 脳神経内科

***** 東京工業大学 科学技術創成研究院

***** 早稲田大学 文学部

福澤 2006)。このような理論的背景に基づいているため、本研究の主眼は“書字運動の障害”の検討ではなく、書字運動の詳細な分析を通じた“書字障害”の検討となっている点に留意されたい。このアプローチは、たとえば、正答率・反応時間・エラー特徴等の“行為”の分析から高次機能障害（認知プロセスの障害）を推察する従来の臨床・研究行為と変わらない。

I. 方 法

1. 対象

実験には、頭頂葉領域を病変に含む症例5名（以下、患者群）（26～67歳，うち女性2名），および高齢健常者5名（以下，統制群）（58～90歳，平均68歳，うち女性2名）が参加した。対象となった患者群の中で，明らかな書字障害を示していたのは2名のみであった。実験参加者はすべて右利き，書字に使用した手もすべて右手であった。表1aにそれぞれの患者群の簡単なプロフィールを示す。

2. 検査課題

実験では，iPad上で動く自作のプログラムを用いた。このプログラムは，タッチペンの画面上の位置と時間情報を60Hzで記録することができた。参加者はタッチペンを用いて画面に文字を書いた。本研究の主たる検討対象は，字形を想起するプロセスを含めた書字行為であった。そのため，図形が視覚的に呈示されておりそれを再現する写字課題ではなく，書き取り課題を用いた。失行等，ペンの扱いそのものに極端な困難を示す参加者はいなかった。ただし，症例Cは巧緻運動障害を呈しており，書字速度はほかの参加者に比較して遅く，努力性であった。

iPadを机の上に置いた状態で，平仮名1文字の書き取り課題を行った。検査者が書き取るべき平仮名を音声でランダムな順序で教示した。一人の参加者における総試行数は参加者の状況に応じて変えた。患者群では平均29.4文字，統制群では平均27.2文字を書字した（表1b）。書字の大きさや速度について，特別な教示は行わなかった。患者群の書字例として，「る，わ，な」の書字結果を図1に示す。点線が引かれている箇所は，画面にタッチペンが触れていない箇所であり，その間の位置情報は取得・表示されていない。図1から，症例C，Dに字形の乱れが見られることがわかる。その一方で症例A，B，Eの書いた文字はバランスの取れたものとなっている。

る。この印象は，臨床評価とも一致した。

3. 解析

本研究では，特に日常の臨床では定量化しにくい動的な要素に焦点を当てた。そのため，字形のバランス等，視覚的な要素については検討しなかった。また，今回は症状の鑑別等を目的とせず，動的な書字評価法を確立・提案するという目的に照らし合わせて，書き誤った文字は解析対象から除外した。ただし，書き誤りは症例C，Dのみに見られた。また，それらはすべて字形の崩れあるいは機器使用上のエラーであり，意味・音韻・形態性錯書は見られなかった。解析ではまず，基本的な運動学的指標として，各文字における軌道の全長，書字時間，平均速度，そして速度極小点の4点を算出した。速度は接線（進行）方向の速度を算出した。速度極小点は，ある運動における接線速度の落ち込んだ箇所に対応してお

表1 患者群のプロファイル (a) および各参加者の書字した文字数 (b)

(a)

	年齢性別	病因	病巣	症状
A	67 F	脳梗塞	左島，側頭頭頂葉移行部 (BA 39/22/21)	発話は流暢だが喚語困難が強く，復唱は単音も不能。聴覚理解は比較的良好。
B	35 M	脳梗塞	左側頭・頭頂葉移行部 (BA 40/39/22)	発話は流暢，喚語困難が強く，音韻性錯語，復唱障害あり，聴覚理解は良好。
C	66 M	脳梗塞	左頭頂葉 (BA 39/40)	感覚障害，巧緻運動障害，書字障害。
D	66 M	CBS	両側中心領域～頭頂葉 (BA 1/2/3/4/5/7/40)	進行する失構音，失行，語音を発する事ができない，書字障害，読みは問題なし，パーキンソニズムは認められなかった。
E	26 F	脳梗塞	左側頭頭頂葉 (BA 39/22)	発症時失語，検査時点は症状なし。

※大脳皮質基底核症候群 (corticobasal syndrome : CBS), Brodmann Area (BA)

(b)

A	B	C	D	E	Mean	SD
35	64	15	21	12	29.4	19.0
F	G	H	I	J	Mean	SD
57	19	19	20	21	27.2	14.9

各参加者の書字した文字数。このうち，症例CとDの書字からそれぞれ3文字ずつが解析から除外された。A～E：患者群，F～J：統制群。

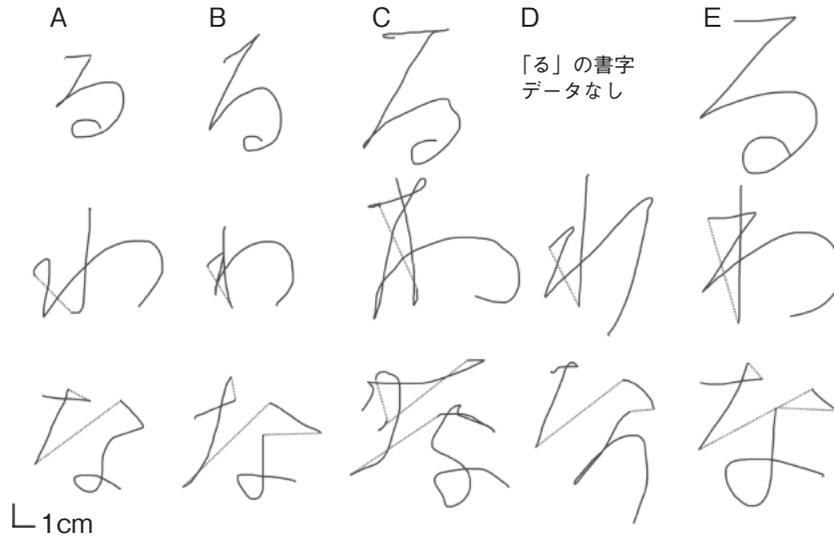


図1 各症例の書字結果例

上段から、各症例の「る」「わ」「な」の書字結果となっている。点線が引かれている箇所は、画面にタッチペンが触れていない箇所であり、その間の位置情報は取得・表示されていない。

り、その数は速度変化および submovements の数に対応する (図 2c の円)。速度変化が少ない運動は、無駄な軌道修正が少ない滑らかな運動である。そのため、速度極小点が少ないほど、滑らかな運動であることを意味する (Itaguchi ら 2018, 福澤 2006)。ただし、速度極小点は運動時間が長いほど多くなる。そのため、速度極小点が、運動時間とは独立に滑らかさを反映するように、速度極小点を運動時間で標準化した (割った) 値を用いた。

さらに、“見えない”情報を可視化することを目指し、字画 (ストローク) 間にかかる時間と距離の対応関係を定量化した。この定量化の背景には、私たちの運動行為の基本的な性質を仮定している。私たちの運動は一瞬で終わることはなく、どのような場合でも時間がかかる。そして、その運動時間はために決定されるわけではなく、運動の大きさ (距離) に依存する。つまり、個人によってそれらの比例の仕方 (回帰係数の傾き) は一定ではないものの、時間と距離の一貫した関係 (相関関係) は存在すると考えられる。この関係が、書字に障害を示す患者では崩れる可能性がある。たとえば、Rosenblum ら (2006) は、書字に困難を示す児童のほうがそうでない児童よりも字画間の滞空時間が長いこと、時間と距離の相関関係が低いことを報告している。

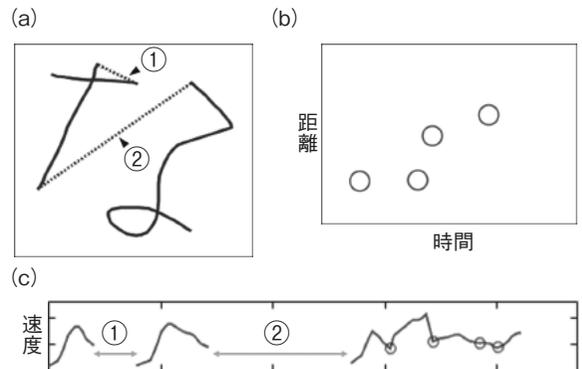


図2 字画間の距離と時間の関係

(a) 「な」の書字軌跡。図中の点線が解析の対象となる字画間の距離である。(b) 縦軸に距離、横軸に時間を取った散布図のイメージ。各点 (○で表示) は一つの字画間のデータ点である。健常書字であれば、字画間移動にかかる時間が長いと、距離も長くなる比例関係が出現する。(c) 「な」書字時の接線方向の速度波形。速度の極小点を円で示した。図中の①②は、図 2a と図 2c における 2 つの字画間要素に対応する。

図 2 に字画間時間と字画間距離の詳細を示す。図 2a の点線部分が字画間距離であり、この移動に要した時間を字画間時間と定義した。図 2c に図 2a の 2 つの字画間距離に対応する字画間時間をそれぞれ ①、②の番号で示す。図 2b に、健常な書字における 2 変数の比例関係のイメージを散布図として示し

た。字画間の距離に比例した時間がかかっていれば、図のような右肩上がりの散布図が得られる。図 2b 中の円 (○) はある一つの字画間に対応するデータを示す。

字画間の時間と距離の関係を定量化するために、相関係数と回帰係数の傾きを用いた。相関係数は、二つの変数間に「一貫した線形な関係があるかどうか」を示す指標であり、回帰係数は、ある変数（この場合には時間）が変化した場合に、もう一方の変数（距離）がどのように変わるかを記述する「直線の傾き」の値である。

本研究では、実験参加者が少なく検定力が低いこと、および患者群において画一的な症状を仮定していないこと、の2点のため、群間の差を検討するための統計的仮説検定は行わず、定性的な記述に留めた^注。

参加者によって異なる文字を書いたことが本研究の結果や考察に影響する可能性は低い。本研究で使用した指標（特に軌道の長さ）は文字の種類に影響を受ける。しかしながら、各実験参加者は複数のランダムな文字を書いており、さらに患者群の結果を解釈する上では、統制群の平均値±2標準偏差を基準としている。この解析は、文字種のばらつきを考慮した考察を可能とする。また、同様の理由で、文字の大きさを厳密に指定しなかった点についても、むしろ自然な書字の範囲での個人差を考慮することができ、問題はないと考える。

II. 結 果

得られた指標の参加者ごとの平均値を図 3 に示す。図中の鎖線は患者群の平均値、破線は統制群の平均値、色付きの範囲は統制群の平均値±1SD（標準偏差）および±2SD の範囲を示す。正規分布を仮定すると、平均値±2SD の範囲内に統制群の約95%が含まれる。

検査の結果、以下のことがそれぞれ明らかとなった。(a) 軌道の長さは、主に文字の大きさを反映する。また、字形の歪みによる軌道の延長も反映すると考えられるが、その割合は大きくはない。図 3 を見ると、症例 C・D・E の軌道が統制群の範囲（平均値+2SD）より若干長いことがわかる。(b) 運動時間は、症例 C 以外は統制群の範囲内に収まっていることがわかる。(c) 平均速度は、運動全体の速

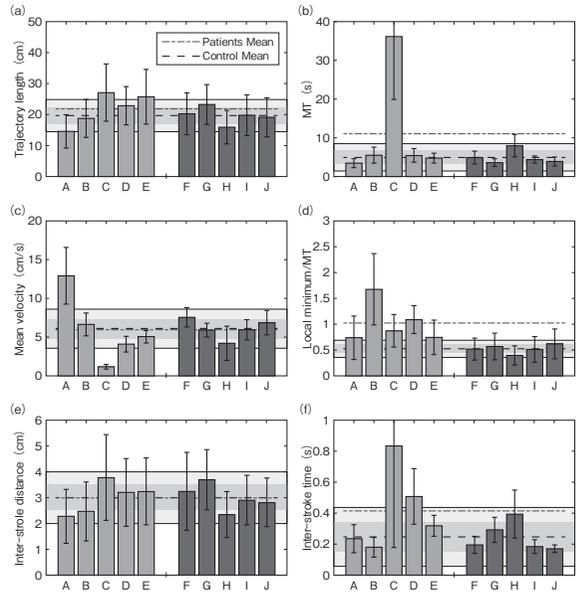


図 3 各参加者の (a) 書字軌道の長さ、(b) 運動時間、(c) 平均速度、(d) 運動時間で標準化した極小点の数、(e) 字画間の距離、および (f) 字画間の時間
運動時間 (MT) と字画間の時間 (Stroke gap (s)) のグラフは、エラーバーが枠内に収まっていないが、グラフの見やすさのために Y 軸の範囲を制限した。エラーバーは各参加者内標準偏差を示す。鎖線は患者群の平均値、破線は統制群の平均値、色付きの範囲は統制群の平均値±1SD および±2SD の範囲を示す。

度を反映し、基本的には運動時間と反比例する。図 3 からは、症例 A の運動時間は統制群の範囲内に収まっているものの、A の平均速度が大きく逸脱して速いことがわかる。(d) 標準化された速度極小点の数は運動学的な運動の滑らかさを反映する。すべての症例において、速度極小点の数は統制群の平均値+2SD よりも高くなっていること、および症例 B・D が特に高い値を示すことがわかった。(e) 字画間の距離は、どの症例も統制群の範囲内であった。これは、文字の大きさによって規定されるため、およそ軌道の長さと同様のパターンを示している。(f) 字画間の時間は、症例 C が大きく、症例 D も多少統制群よりも時間がかかっていることが認められた。その他の症例においては、平均的には、ほぼ統制群と変わらない時間で次の字画に移っていることがわかった。

次に、字画間にかかった時間と距離の関係を示す。図 4 は散布図、図 5 は、2 変数の関係を相関係数お

注) 神経心理学的研究における統計的仮説検定の扱い方については板口ら (2019) を参照されたい。

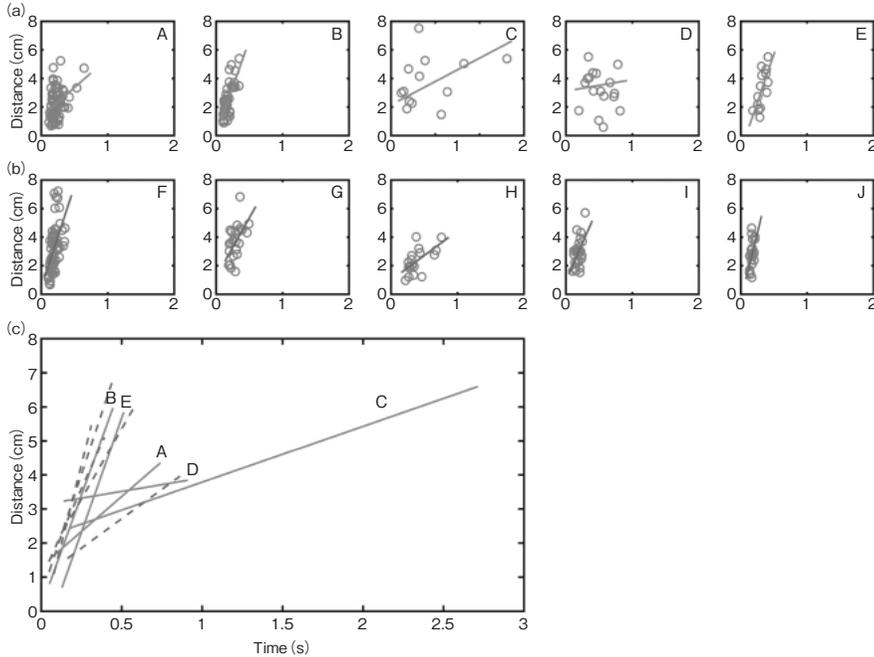


図4 各参加者の字画間時間と距離の関係

(a) 患者群, (b) 統制群の全データの散布図および回帰直線, (c) 全参加者の回帰直線の重ね書き。実線が患者群, 点線が統制群の回帰直線を示す。患者群の直線には参加者記号を振ってある。

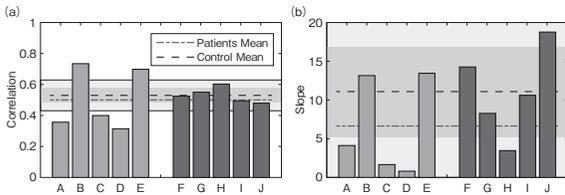


図5 各参加者の字画間時間と距離の (a) 相関係数および (b) 回帰係数

鎖線は患者群の平均値, 破線は統制群の平均値, 色付きの範囲は統制群の平均値±1SD および±2SDの範囲を示す。

および回帰係数として定量化したものである。相関係数は, 患者群ではそれぞれ 0.36, 0.73, 0.40, 0.31, 0.70 (A ~ E), 統制群はそれぞれ 0.52, 0.55, 0.60, 0.49, 0.48 (F ~ J, Mean = 0.53, SD = 0.04) であった。相関係数は統制群の各参加者は 0.5 程度とまとまっているのに対して, 症例 A・C・D はそれよりも低い値となった。ただしその一方で, 症例 B・E の相関係数は統制群よりも高くなった。回帰係数の傾きは, 患者群ではそれぞれ 4.10, 13.12, 1.64, 0.79, 13.42 (A ~ E), 統制群ではそれぞれ 14.25, 8.25, 3.45, 10.59, 18.73 (F ~ J) であった。回帰係数の傾きは

相関係数の低かった症例 A・C・D において小さかった。ただし, 健常者においても 1 名, 回帰係数の小さい参加者が見られた。

Ⅲ. 考 察

本研究は, タブレットから取得できる位置と時間の情報を用いて, 従来の視覚的痕跡に基づく臨床評価を補完する知見を提供することを目的とした。この目的のため, 運動学的指標を算出し, さらに普段は目に見えない字画間における時間と距離の関係を定量化した。考察ではまず, 各種運動学的指標について患者全体に見られた特徴, 書字障害のある 2 症例の特徴, 書字障害のない 3 症例の特徴の検討をおこなう。その後, 字画間の時間と距離の関係について検討する。最後に, 本提案手法の臨床応用について議論する。

1. 運動学的指標

患者群全体に一貫して見られた傾向として, 運動時間で標準化された速度極小点の数が統制群の範囲 (平均値+2SD) を超えていたことが明らかとなった。速度極小点の数が少ないほど, 運動が滑らかで

あることを意味する。すなわち、この結果は、統制群と比較して、患者群の運動は滑らかでなかったことを示唆する。患者群においては症例C・Dを除いて特記すべき感覚運動障害がないにもかかわらず、このような傾向が観察されたのは注目すべき点である。ここで、運動の滑らかさは、必ずしも運動障害のみに起因しないことには注意が必要である。すなわち、本研究からはその要因は明らかでないが、認知的な機能障害が原因（極端な例だと、運動中の思考停止など）で運動の滑らかさが欠ける可能性もある。書字障害・運動障害が見られない患者においてこのような指標が統制群の範囲を超えたことは、書字行為のある側面における、運動学的指標の感性・有効性を示唆している。本研究に参加した症例はみな、病変部位に頭頂葉を含んでいた。このことも今回の結果に影響した可能性がある。

書字障害のある症例C・Dについては、2例で共通する特徴もあれば、そうでないものもあった。軌道の長さは、症例Cが若干統制群の範囲を超えている。これは、文字の書きにくさのため字が大きめになったこと、および字画の歪みによるものだと考えられる。運動時間および平均速度は、症例Cのみで逸脱した値が得られた。その一方で、症例Dは統制群の範囲内であった。これは、症例Cには巧緻運動の障害が見られ、症例Dにはそのような障害が見られなかったことに起因すると考えられる。字画間距離は2例とも正常であったのに対し、字画間時間は2例ともに統制群の範囲を逸脱していた。これらの結果は、目に見える字形の歪みに加えて、次の画へと移る時間の増加が書字障害例に共通した特徴である可能性を示唆する。

最後に、書字障害のない症例に対しての結果を簡単にまとめる。症例A・Bは喚語困難等の言語障害を呈しており、症例Eは検査時点では何の神経心理学的症状も示していなかった。また、症例Bは35歳、症例Eは26歳と、ほかの参加者と比較して年齢的に若い点には注意が必要である。これらの3例の成績は、速度極小点を除き、総じて統制群の範囲内であった。ただし、症例Aの書字速度は統制群の範囲を超えて速かった。これは、文字が小さかったこと（症例Aの軌道の長さは最短）および個人的な特性に起因できると考えられるが、本研究の範囲からでは結論を出すことはできない。

2. 字画間の時間と距離の関係

まず、統制群における相関係数と回帰係数の結果から明らかになったことを検討する。回帰係数が大きいことは、字画間にかかる時間が増えたときに、時間に応じた距離の増加分が増えやすいことを意味する（時間にセンシティブ）。逆に、回帰係数が小さいと、時間が伸びても距離があまり伸びないことを意味する。後者の日常的な例としては、“落ち着いた書字”等が相当する。そのため、回帰係数が小さいことをもって病的だとすることはできない。相関係数は回帰係数の傾きの大小にかかわらず、一貫した線形な比例関係があるかどうかを示す。解析の結果、本研究に参加した統制群の相関係数はどの参加者でも同様の値であった一方で、統制群の回帰係数は、比較的大きくばらつくことがわかった。すなわち、相関係数は一貫して中程度（0.48～0.60）であったのに対し、たとえばある参加者（58歳女性）の回帰係数は3.45、ほかの参加者（67歳女性）は18.73と、大きく差が見られた。この結果から、時間へのセンシティブリティには個人差があるものの、健常書字においては字画間の滞空時間と距離の間にある程度の一貫した関係が存在することが示唆される。これは、運動学的な特性に基づいた予測と矛盾しない。さらにこの結果は、書字が健常の範囲かどうかを検討するためには、回帰係数よりも相関係数の方が安定した指標となることも示唆する。

次に、患者群について検討する。まず、書字障害のある症例C・Dの相関係数は、統制群の範囲を超えて低かった。これと関連して、回帰係数も同様に低かった。これは、字画間時間と距離に一貫した線形関係がないことを示している。さらに、症例Aの相関係数も、統制群の範囲を超えて小さい値であった。症例Aは平均書字時間が全参加者の中でもっとも短かった（ほかの参加者の約2倍）が、字画間時間の平均値は統制群平均とほぼ同じ値であった（**図3**を参照）。そのため、時間に関する天井効果が生じていた可能性は低い。散布図を確認すると、相関係数の低さは、短い距離の運動に対する時間のばらつきが大きい点に起因することが推測される。最後に、症例B・Eの相関係数は統制群の範囲を超えて高い値を示した。これは、2名とも書字障害や感覚運動障害を持っていなかったことに加え、年齢が若い（それぞれ35歳、26歳）ことに起因する可能性がある。結果を簡略化するため詳細なデータは

割愛するが、若年健常者（大学生）を対象とした本研究と同様の実験課題における字画間時間と距離の相関係数の平均値は0.62 (SD = 0.06, n = 5)であった。今回の高齢健常者群の平均値が0.53であったことを考えると、加齢が運動計画・実行の一貫性に与える影響もある程度存在したことが示唆される。症例B・Eについては、回帰係数もほかの症例よりも大きな値を示しており、時間がかかるほど遠くへ移動していた。すなわち、時間に応じて距離が伸びる割合が他症例よりも高かった。

3. まとめと臨床応用

本研究の結果から、大きく以下の4点が明らかとなった。(1) 書字障害を呈する症例のみにおいて、字画間にかかる時間が統制群の95%範囲を越えて長かった。(2) 症状にかかわらず、全症例において、運動時間で標準化した速度極小点の数が統制群の95%範囲を越えて大きかった。(3) 書字障害を呈する症例および書字障害を呈していない1症例の、字画間の時間と距離の相関係数が統制群の95%範囲を越えて小さかった。(4) 統制群の字画間の時間と距離の相関係数は、比較的安定な値を取っていた。その一方で、患者群において年齢が若く書字・感覚運動症状のない2症例の相関係数は高齢健常者群の相関係数を上回っていた。

本結果は、簡易的なタブレットデバイスで計測可能な情報を用いて、どのような指標が書字障害にセンシティブであり、どのような指標がそうではないか、ということを定量的に示した点で新しい。特に、視覚的に“観察”は可能であるものの、言語化・定量化の難しい運動特徴によって書字障害を呈する症例とそうでない症例を区別できたことは、“臨床的な勘”の源泉となる情報の存在を示唆することでもあり意義深い。この点では、若い症例も含めた全症例において速度極小点の数が統制群よりも多かったことも同様に重要である。つまり、運動時間や軌道に現れない滑らかさの欠如が、“症状は見つからないけれど何か違和感がある”という観察に対応する可能性がある。従来の臨床においても、質的な障害を評価する上では、解像度は粗く主観的であっても、行動を量的に捉えた総合的な結果に基づいて“質的な”判断がなされている。本研究ではこのような判断プロセスを顕在化させるための最初のステップとして、従来“質的”に判断されてきた行動を定量化することに焦点を当てた。将来的には、本

研究で提案した複数の量的指標を組み合わせることによって、質的な症状の鑑別が可能になると考える。

タブレット等を用いて書字の計測を行うことには、様々な利点がある。第一は、“見えない”要素の可視化である。紙に残る文字と比較して、紙に残らない要素は見落とされやすい。この要素を可視化することにより、今までにない新たな気づきを得られる可能性がある。第二に、データの蓄積の負担軽減および効率化である。これは、長期的なデータ検討や円滑な情報共有につながる。最後に、患者への定量的なフィードバックである。量的なフィードバックは、より良い症状把握だけでなく、学習を促進したり、モチベーション維持に役立つ場合があることが知られている (Kilduskiら 2003, van Vlietら 2006)。

本邦では幸い、書字障害に対する視覚的痕跡からの検討は充実している (Otsukiら 1999, Sakuraiら 2013, Sasanuma 1972, 岩田ら 1979, 大東ら 1980, 長谷川ら 1989)。今後はそのような知見と本アプローチを組み合わせることによって、書字障害メカニズムの解明、そして効率的なリハビリテーションの推進が期待される。さらに本解析では、症例Cのような感覚障害を主たる原因とする書字運動障害の特徴も抽出・定量化可能であることも示した。そのため、提案手法は失書タイプの的確な鑑別だけでなく、運動にかかわる障害全般の症状分類にも応用できる可能性がある。

文 献

- 1) Farah, M. J. (河内十郎, 福澤一吉, 訳): 視覚性失認—認知の障害から健全な視覚を考える. 新興医学出版社, 東京, 1996.
- 2) 福澤一吉: 運動の計算理論と神経心理学. 高次脳機能研究, 26: 245-252, 2006.
- 3) 長谷川啓子, 河村 満: 頭頂葉性純粋失書の書字障害の分析—2症例での検討. 聴能言語学研究, 6: 28-34, 1989.
- 4) 飯塚照史, 村上恒二, 宗重 博, ほか: 書字動作の定量的評価の試み. 作業療法, 18: 91, 1999.
- 5) Itaguchi, Y. & Fukuzawa, K.: Influence of speed and accuracy constraints on motor learning for a trajectory-based movement. J. Mot. Behav., 50: 653-663, 2018.
- 6) 板口典弘, 吉澤浩志, 内山由美子, ほか: 頭頂葉領域損傷患者の位置感覚の定量的評価. 神経心理学, 28: 274-282, 2012.
- 7) 板口典弘, 福澤一吉: 神経心理学誌における統計解析方法の実態と理論的検討; 推測の意味を考える. PsyArXiv, doi:10.31234/osf.io/n4uc5, 2019.

- 8) 岩田 誠, 杉下守弘, 川井 充, ほか: 運動覚失読を伴う失書症—左角回損傷に基づく書字言語機能障害について—. 臨床神経学, 19: 462-468, 1979.
- 9) Kilduski, N. C. & Rice, M. S.: Qualitative and quantitative knowledge of results; effects on motor learning. *Am. J. Occup. Ther.*, 57: 329-336, 2003.
- 10) 宗重 博, 中増正寿, 光成晶良, ほか: 書字動作解析装置による書字動作の定量的評価. *リハビリテーション医学*, 36: 747, 1999.
- 11) 大東祥孝, 浜中淑彦, 大橋博司, ほか: Gerstmann 症候群における失書. *神経内科*, 13: 299-305, 1980.
- 12) Otsuki, M., Soma, Y., Arai, T., et al.: Pure apraxic agraphia with abnormal writing stroke sequences: report of a Japanese patient with a left superior parietal haemorrhage. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 66: 233-237, 1999.
- 13) Rosenblum, S., Chevion, D. & Weiss, P. L.: Using data visualization and signal processing to characterize the handwriting process. *Pediatr. Rehabil.*, 9: 404-417, 2006.
- 14) Sakurai, Y., Ishii, K., Sonoo, M., et al.: Progressive apraxic agraphia with micrographia presenting as corticobasal syndrome showing extensive Pittsburgh compound B uptake. *J. Neurol.*, 260: 1982-1991, 2013.
- 15) Sasanuma, S.: Rehabilitation of aphasic patients: a survey report. *JPN J. Logop. Phoniater.*, 13: 26-34, 1972.
- 16) van Vliet, P. M. & Wulf, G.: Extrinsic feedback for motor learning after stroke: what is the evidence? *Disabil. Rehabil.*, 28: 831-840, 2006.

■ Abstract

Quantitative Evaluation of Writing Disorder: Spatiotemporal Analysis Using A Tablet Device

Yoshihiro Itaguchi* Mayuko Mori** Yumiko Uchiyama***
 Hiroshi Yoshizawa**** Yasuharu Koike***** Kazuyoshi Fukuzawa*****

The present study proposed a quantitative way to assess writing action and writing disorder using a tablet device. The proposed method revealed that (a) inter-stroke time interval was longer in patients with writing disorder, (b) the number of local minima in the tangential velocity was larger in the patients regardless of their symptoms, (c) several patients had different relationships between inter-stroke time and distance from the control group, and (d) the relationship between inter-stroke time and distance in the control group was relatively stable. Based on these findings, the efficacy of the proposed method was discussed.

* Department of Computer Science, Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Nakaku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8011, Japan

** Department of Rehabilitation, Tokyo Women's Medical University

*** Department of Neurology, Tokyo Women's Medical University Yachiyo Medical Center

**** Department of Neurology, Tokyo Women's Medical University

***** Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology

***** Department of Psychology, Waseda University