

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：32610

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500615

研究課題名(和文)片麻痺と運動失調症の三次元書字運動解析 - 習熟運動と巧緻運動

研究課題名(英文) Three-dimensional movement analysis of handwriting in subjects with hemiparesis and ataxia

研究代表者

岡島 康友 (Okajima, Yasutomo)

杏林大学・医学部・教授

研究者番号：50160669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：書字運動は習熟巧緻運動の典型であり、麻痺や運動失調などの運動障害あるいは運動学習の研究に適した運動モデルといえる。本研究では脳卒中片麻痺、小脳性運動失調症患者、健常者の左右手の書字運動中のペン先から指、手首に至る3ヶ所を評点として三次元運動解析を行い、その障害の特質を調べた。片麻痺ではペン先と指・手首が異常に運動するのが特徴的で、この異常運動は書字速度の低下あるいは書字の拙劣さと相関した。一方、運動失調症では書字の拙劣さに加えて、ペン先と指・手首の運動が消失するのが特徴的で、消失の程度は失調の重症度と相関した。多関節巧緻運動における遠位・近位部連動性の重要性が示された。

研究成果の概要(英文)：Kinematic and morphological features of individual handwriting would be acquired after a long-term daily practice. Therefore, handwriting analysis gives us insight about characteristics of fine coordinated movement and motor learning. In this study, three dimensional movement analysis of the pen tip, finger and wrist was done while the subjects with hemiparesis or cerebellar ataxia were writing. Results indicated abnormally tight movement linkage of the pen tip and finger-wrist as well as decreased consistency of writing kinematics and morphology seen in the hemiparetic handwriting correlated with increase in writing time. Contrary, proximodistal movement dislinkage characteristic of the ataxic handwriting correlated with clinical severity of ataxia. Both tight linkage seen in the hemiparetic and dislinkage in the ataxic handwriting would result in poor handwriting. Regulation of the proximodistal movement linkage is important to control fine movements composed of multiple joints.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：片麻痺 運動失調症 利き手 非利き手 書字 巧緻運動 運動学習 三次元運動解析

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 書字運動解析の意義

片麻痺や運動失調症などの運動障害の評価には多面的尺度が用いられているが、個々の運動障害の特質に焦点をあてた評価研究は少ない。障害者の運動解析には物に手を伸ばす目標リーチ運動、あるいは円や8の字の描画やトレース運動などが用いられているが、パフォーマンスの差に焦点があたり、障害の特質を解明しようとする研究は稀である。

我々は習熟運動である書字を解析することで、微細でかつ、運動学習と関係する変化を捉えられると考えた。書字については、Freeman(1914)の“isochrony”、すなわち成人の習熟書字運動ではサイズによらず書字時間は一定であること、Vivianiら(1980)の“space-time invariance”、すなわち習熟書字ではペン先速度の経時的な変化の速度グラフは書字の大きさ、あるいは速く書こうとしてもゆっくり正確に書こうとしても、基本的には変わらない、つまり速度グラフは相似形をなすことが示されている。これが書字 kinematics の均一性である。

### (2) 多関節運動解析の視点

目標リーチ運動といった簡単な運動でも肩、肘、手、指の多関節の各関節の視点でみると無限のパターンで同一の運動が達成できる。しかし、実際には多関節が一定のパターンで運動して動いてリーチ運動がなされる。Bernstein(1967)はこの運動を“synergy”と呼び、Kawatoら(1987)は小脳がその制御を行う首座と考え、運動学習の“feedback error learning”モデルを唱えた。書字運動も多関節運動であり、その意味では指や手関節の運動をペン先の運動とともに解析することは重要と考えられる。

なお、小脳性運動失調以外の障害にも多関節の視点でなされた研究がある。大脳皮質障害に由来する失行症患者についてのPoiznerら(1990)の報告で、手で種々のジェスチャーをさせたときに、健常者では上肢遠位優位に動かすのに対して、失行症では上肢の遠位と近位部がほぼ同一振幅で動かすというものである。遠位-近位の運動の関係を調べる意義は大

きい。

### (3) 運動障害の重症度

片麻痺の重症度の評価としては筋力を基にしたMotricity Index (MI)と病的共同収縮から分離運動への改善を段階化したBrunnstrom Recovery Stage (BRS)やFugl-Meyer Assessment (FMA)が用いられる。一方、運動失調症の評価には指追い試験、鼻-指試験、前腕回内外運動の拙劣さを段階化したSARA(Scale for the Assessment and Rating of Ataxia)が用いられる。

これらは運動障害を病態の特徴の視点で捉えた評価であるが、病態に関係なく上肢のパフォーマンスの視点で調べる汎用評価の代表がBox and Block test (BBT)である。これは60秒間に指でつまんで移動し得たブロック片数を指標化したものであり、詳細な段階化、区分が可能である。ただし、運動解析に基づいた病態の特徴の評価とパフォーマンス評価は厳密に区別しなければならない。とくにパフォーマンス指標に用いる速さは運動の質、とくに正確さとは相殺関係にあり、両面から捉える必要がある。

## 2. 研究の目的

片麻痺と小脳性運動失調症者の書字の特徴を書字時間、書字 kinematics と形態の一定性、ペン先と指や手首の運動の運動/分離度の各々の視点で解析して、片麻痺、運動失調の重症度あるいは巧緻運動パフォーマンスとの関係を調べるとともに、健常者の利き手/非利き手書字との違いを検証する。これによって単なるパフォーマンスとは切り離して、片麻痺と運動失調の本体を明らかにし、多関節巧緻運動の運動学習、リハビリテーションに資することを意図する。

## 3. 研究の方法

### (1) 三次元書字運動解析の方法

図1のように本体(a)、磁場発信器(b)、2つのディスク型センサ(c、d)と1つのペン型(b)センサから構成される三次元運動解析装置 (Polhemus 社製

LIBERTY) を用いて、書字中のペン先、示指基部、手首(橈骨遠位端)の3つの評点の三次元座標を各240Hzでサンプリングした。書字は2cm、5cm、7.5cm、15cm画の4種類の大きさで平仮名「あ」を左右の手で10回書かせた。座標をもとにオフラインで種々の指標を計算し、左右手間、病態-健常者間、書字サイズの影響を検証した。

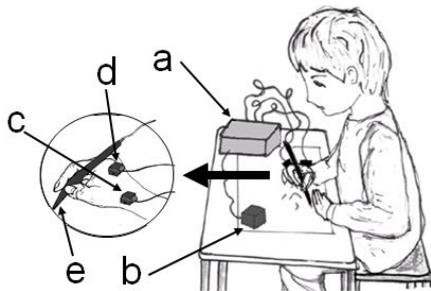


図1. 書字運動解析

## (2) 片麻痺書字解析の対象と指標

右利きの軽症右片麻痺者14名と年齢を一致させた右利き健常者14名を対象にした。利き手はEdinburgh Inventoryにて確認した。麻痺はBRS、左右手のパフォーマンスはBBTと握力で評価した。

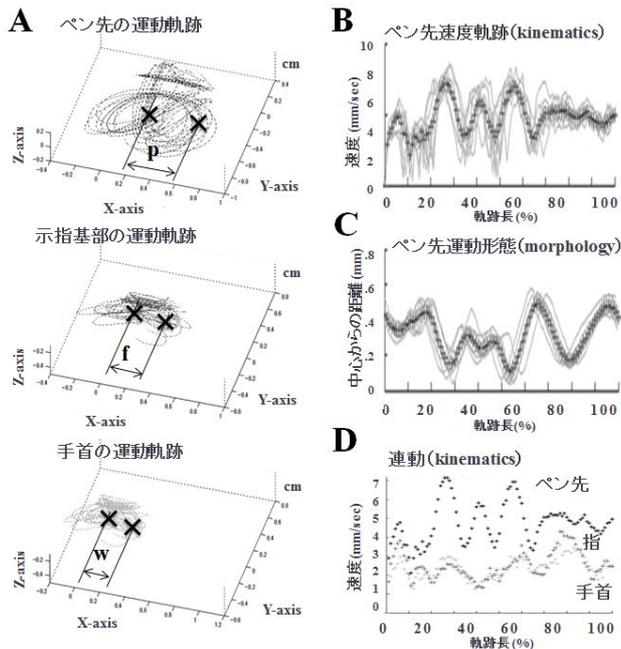


図2. 片麻痺書字の解析

書字パフォーマンスは書字時間、また図2のように書字巧緻度の指標としてkinematicsグラフ均一性(B)と形態類似性(C)を示す相関係数、そして遠位近

位の運動性の指標として書字中のペン先と指や手首の運動半径比  $p/w$  と  $f/w(A)$  および評点間の速度グラフの相関係数(D)を用いた。なお、書字形態は書字運動の中心からの評点の距離のグラフで表現して、その相関係数が形態の相似性を示すものと解釈した。

## (3) 小脳性運動失調書字解析の対象と指標

右利きの小脳性運動失調症患者11名と年齢を一致させた右利き健常者17名を対象にした。失調症の臨床的な重症度はSARAで評価した。

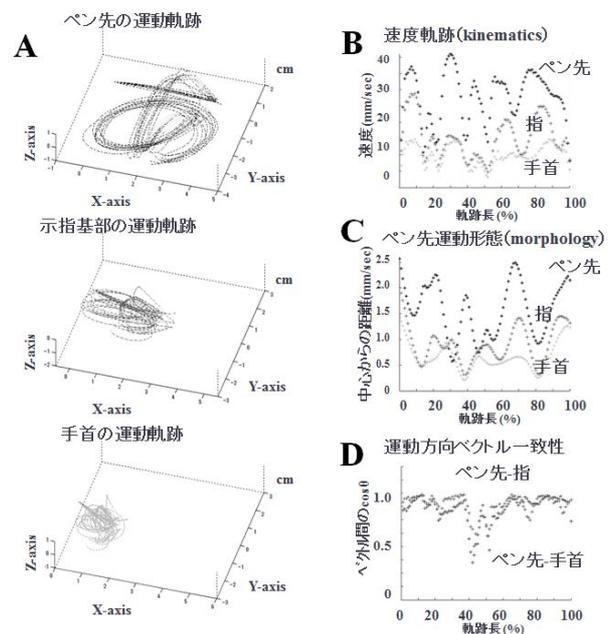


図3. 運動失調症書字の解析

書字パフォーマンスは書字時間、図3のように書字巧緻度の指標としてペン先のkinematics均一性と形態類似性、そして遠位近位の運動度の指標として書字中のペン先と指や手首の評点の速度グラフの相関係数(B)、各評点の運動軌跡形態の相似性(C)、評点間の運動方向の一致性、すなわち2つの評点運動ベクトルのなす角の  $\cos$  (D)を用いた。

## 4. 研究成果

### (1) 片麻痺書字解析

当然のことながら書字時間は麻痺手書字で長くなったが、書字サイズを大きくしても書字時間は比例して長くなることはなかった。すなわち、Freemanのいう "isochrony" は片麻痺でも保たれていた。ま

た、書字時間やペン先 kinematics 均一性と形態類似性指標は手のパフォーマンス指標である BBT や片麻痺重症度 BRS と相関しなかった。すなわち、書字の速さや正確さといった要素は麻痺の重症度とは別次元の事象と解釈できた。しかし、遠位-近位部の運動性を示す運動半径比は書字時間、あるいは kinematics 均一性と相関した。図4は5cm 升の書字例であるが、運動度（半径比）が高いほど書字に時間がかかり（A）、ペン先 kinematics の均一性が低下する（B）ことがわかる。なお、同様な関係は他の書字サイズでも有意であった。このことから、片麻痺書字はペン先と手近位部の異常運動性が1つの特徴と結論できるが、この運動性が書字という習熟巧緻運動を規定する重要な要素と考えられた。

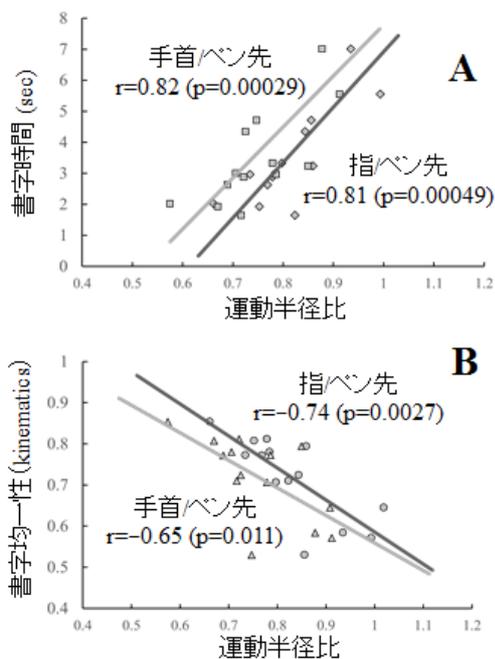


図4. 書字パフォーマンスと運動半径比(5cm升書字例)

## (2) 小脳性運動失調書字解析

失調症では書字時間は長くなり、ペン先 kinematics の均一性と形態類似性は低下した。加えて遠位-近位の運動性は低下し、遠位と近位部が頻繁に不規則に別方向へ動くのが特徴的であった。健常者の小さなサイズの利き手書字でも運動性は低下したが、健常者利き手書字では不規則性がないこと、kinematics 均一性と形態類似性が高いことで大きく

異なった。図5は2cm 書字における結果であるが、失調症の臨床的重症度 SARA は左右の手ともに評点運動方向の一致性の低下の程度  $\cos$  (A)、形態の遠位・近位類似性低下の程度(B)と相関した。速さと正確さ低下を伴う遠位と近位の運動の運動性の低下が小脳性運動失調症の特徴と考えられた。

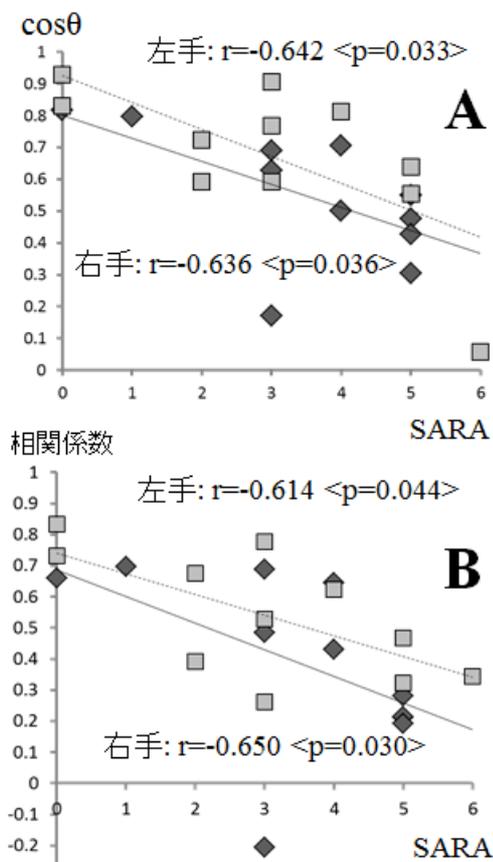


図5. 運動失調症重症度と遠位-近位連動(2cm升書字、A:運動方向一致度、B:運動器席形態類似度)

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計3件)

岡島康友：脳卒中急性期リハビリテーション．内科111：897-900、2013。（査読なし）

[http://www.nankodo.co.jp/wasyo/search/syo\\_syosai.asp?T\\_PRODUCTNO=3011051&T\\_SERIES=臨床雑誌内科月刊](http://www.nankodo.co.jp/wasyo/search/syo_syosai.asp?T_PRODUCTNO=3011051&T_SERIES=臨床雑誌内科月刊)

團志朗、飯田達能、安藤高夫、五十嵐有紀子、都丸哲也、鬼塚俊朗、野本達哉、千野直一、岡島康友：慢性期片麻痺患者の上肢機能に対するA型ボツリヌス毒素治療と治療後の随意運動介助型電気刺激の試

み．日大医学雑誌 70:259-263、2011．(査読あり)  
<http://www.med.nihon-u.ac.jp/department/NUMA/journals/backnumber/>

高橋秀寿、西川順治、團志朗、岡島康友：脳卒中リハビリテーションの新しい展開-リハビリテーションシステム-．総合リハビリテーション 39: 1135-1142、2011．(査読なし)  
<http://medicalfinder.jp/ejournal/1552102292.html?>

#### **[学会発表](計7件)**

藤澤祐基、岡島康友、山田深、橋立博幸、潮見泰藏：片麻痺の麻痺手書字における手の遠位・近位運動の分離性とパフォーマンス小脳性運動失調症の3次元書字運動解析．第51回第50回日本リハビリテーション医学会、名古屋、平成26年6月．

藤澤祐基、岡島康友、高橋秀寿、橋立博幸、中野尚子、潮見泰藏：小脳性運動失調症の3次元書字運動解析．第43回日本臨床神経生理学学会、高知、平成25年11月．

Fujisawa Y、Okajima Y、Takahashi H、Hashidate H、Nakano N、Shiomi T: Characteristic difference in handwriting movement between subjects with hemiparesis and cerebellar ataxia .2nd Japanese-Korean Neurorehabil Conf、Okayama、Feb 2013.

藤澤祐基、岡島康友、高橋秀寿、橋立博幸、中野尚子、潮見泰藏：書字の三次元運動解析 - 不全片麻痺と失調症を含めて 第42回日本臨床神経生理学学会、東京、平成24年11月．

高橋宣成、西川順治、團志朗、高橋修、牛島良介、高橋秀寿、正門由久、岡島康友：母指橈側外転による上肢痙縮抑制効果の電気生理学検討．第42回日本臨床神経生理学学会、東京、平成24年11月．

藤澤祐基、岡島康友、高橋秀寿、潮見泰藏：利き手と非利き手における書字動作解析と練習効果．第31回東京理学療法学会、東京、平成24年6月．

團志朗、都丸哲也、五十嵐有紀子、鬼塚俊朗、千野直一、高橋秀寿、岡島康友：慢性期片麻痺患者の

上肢機能に対するA型ボツリヌス毒素治療と機能的電気刺激併用の試み．第37回日本脳卒中学会、鹿児島、平成24年4月．

#### **[図書](計2件)**

岡島康友：わかりやすいリハビリテーション．中山書店、2013、538．

岡島康友：脳血管障害による運動麻痺のリハビリテーション．山口徹、北原光夫、福井次矢編：今日の治療指針、医学書院、2012、p816．

#### **6．研究組織**

##### **(1) 研究代表者**

岡島 康友 (OKAJIMA、Yasutomo)  
杏林大学・医学部・教授  
研究者番号：50160669

##### **(2) 研究分担者**

藤澤 祐基 (FUJISAWA、Yuhki)  
杏林大学・保健学部・助教  
研究者番号：50612587  
(平成25年度より研究分担者)

高橋 秀寿 (TAKAHASHI、Hidetoshi)  
杏林大学・医学部・准教授  
(埼玉医科大学・国際医療センター・教授)  
研究者番号：50206835  
(平成24年度まで研究分担者)