

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：32610

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K10758

研究課題名（和文）脳卒中片麻痺の上肢運動解析：CI療法は真に麻痺を回復しているか？

研究課題名（英文）Kinematic analysis of upper extremity after stroke: Does CIMT truly improve recover from hemiparesis?

研究代表者

藤澤 祐基 (Fujisawa, Yuhki)

杏林大学・保健学部・講師

研究者番号：50612587

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：脳卒中片麻痺の書字運動中のペン先、示指、手首評点の三次元動作解析により、その特性を調査した。本研究の目的は、急性期脳卒中の発症からの上肢パフォーマンスの向上を片麻痺自体の改善と区別することである。片麻痺患者では、ペン先と指・手首の運動の連結を高める戦略をとる特徴があり、健常者の左手に似た特徴があった。発症からの変化では、麻痺自体に変化がなくとも麻痺手書字のパフォーマンスが改善する症例があった。つまり、片麻痺患者では動作戦略の変化によって麻痺の改善を伴わないパフォーマンスの向上が可能となることがあり得ることを示唆した。上肢片麻痺の回復は麻痺手のパフォーマンスとは無関係に評価されるべきである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中片麻痺の上肢機能について、多関節運動制御の観点からその運動自由度を定量化し、麻痺そのものの改善とパフォーマンスの変化を区分した。「リハビリテーションにおける運動学習とは何か」を再考する学術的意義があった。

研究成果の概要（英文）：Three-dimensional movement analysis of pen tip, finger, and wrist was done in poststroke patients to investigate characteristics of writing by the hemiparetic hand and its changes secondary to recovery from hemiparesis. The study aimed to differentiate improvement of handwriting performance from that of hemiparesis itself. Results of the kinematic analysis indicated that patients with dominant-hand hemiparesis could write well by tightening the joint linkage of the fingers and wrist similar to the non-dominant-hand writing. Moreover, writing performance by the hemiparetic hand could improve even though severity of hemiparesis remained unchanged. Patients might have learned how to write well by changing writing strategy with the hemiparetic hand. This study suggested that recovery from upper-extremity hemiparesis should be evaluated independently of performance of the activities by the hemiparetic hand.

研究分野：総合領域

キーワード：片麻痺 利き手 書字 巧緻運動 運動学習 三次元動作解析

1. 研究開始当初の背景

1) 課題指向型アプローチの効果判定

Constraint - induced movement therapy (以下 CI 療法) に代表される課題指向アプローチは米国の多施設研究で効果が検証され、本邦においても脳卒中治療ガイドラインに Grade A で推奨されるなど、注目を集めてきたが、2016 年に複数の報告が課題指向アプローチの効果に疑問を呈した。上肢麻痺に対する課題指向アプローチと従来の作業療法に改善度の差はなく (Carlee JM, 2016)、CI 療法の根拠となっている反復課題訓練についてのその優位性は見いだせなかった (Frenc B, 2016) とするものである。訓練頻度や効果判定法の違いなどの問題が指摘されたが、これら研究は巧緻運動パフォーマンスの改善を証明したものであり、麻痺そのものの改善を厳密に検証したものではなかった。

2) 脳卒中片麻痺上肢動作の定量化

上肢動作解析のパフォーマンス評価では、簡易上肢機能検査 (STEF)、Box and Block test、Nine Hole Peg Test (NHPT) の他、Action Research Arm Test (ARAT)、Wolf motor function test (WMFT) などがある。多くのパフォーマンス評価の運動課題は習熟を要するものでなく、単に巧緻性の低下、パフォーマンスの低下を示したにすぎない。つまり、課題指向アプローチの効果判定は単なるパフォーマンスの向上・低下から論じられたものであり、上肢運動を「遠位-近位の運動の関係 (運動自由度)」から定量化することが必要である。

3) 書字動作解析

Harada らは脳卒中片麻痺の書字運動について詳細な運動解析を行い、書字サイズを大きくしても麻痺手書字の書字時間は比例して長くなることはなく、Freeman の isochrony 特性は麻痺手でも保たれていることを報告した (Harada, 2010)。習熟運動の代表例として書字運動に着目し、ペン先と示指、手首の関係性をもとに、3 評点の運動方向、速度、軌跡形態を検討したものである。多関節運動において、ペン先と近位部を独立して動かすには、複雑な運動制御が必要である一方、自由度を低くして一塊に動かせば制御は容易である。書字運動においては、ペン先と示指、手首を連動させて辛うじて書いている書字の方が巧緻性は劣ると考えられる。書字動作の三次元動作解析によって近位と遠位の関係性を定量化し、パフォーマンス評価との関係を明らかにできると考えられる。

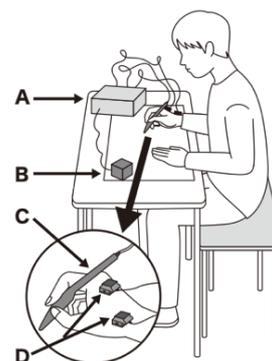


図1. 書字の三次元動作解析

2. 研究の目的

麻痺の回復とは個々の関節の多自由度な分離協調的な運動のことを示すが、ADL 場面で運動戦略の変化、すなわち「代償」によりやり方を変えることによってその課題が達成される場合も多い。本研究の目的は片麻痺患者において上肢パフォーマンスの向上と書字の三次元動作解析の結果との乖離(もしくは一致)を示すことである。パフォーマンスの変化と片麻痺自体の回復を切り離すことができれば、運動学習、リハビリテーションに資することができる。

3. 研究の方法

(1) 三次元動作解析の方法

書字運動の三次元動作解析 (図 1) は、Liberty (POLHEMUS 社製) を用いて計測した。Liberty は本体 (A)、磁気発生装置 (B)、スタイラスペン (C)、小型ブロックセンサ (D) から構成される。ブロックセンサは、示指 MP 関節基部 (以下「示指」)、橈骨遠位端 (以下「手首」) に設置し、ペン先と 2 つのブロックセンサの三次元座標をサンプリング周波数 240Hz にて取得した。対象者には平仮名の「あ」を 4 つのサイズのマス (2.0cm、5.0cm、7.5cm、15cm) に個人の自由な書体で 10 回ずつ書くように指示した。

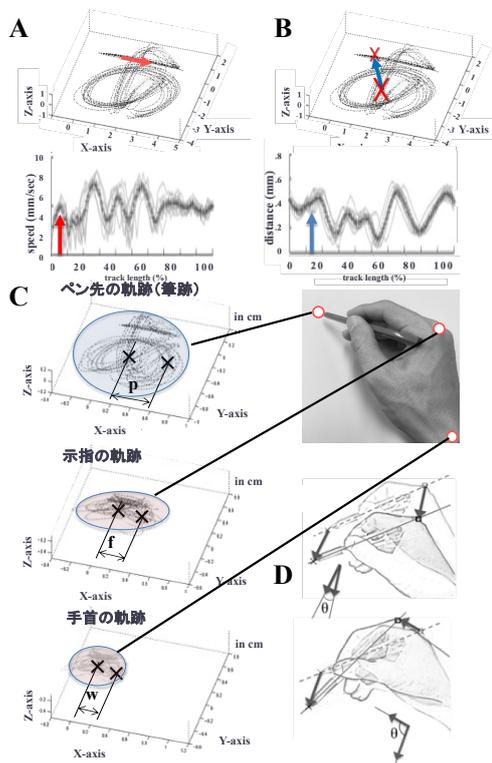


図2. 書字指標

(2) 片麻痺書字解析の指標と対象

1) 書字指標

書字の三次元動作解析から得た三次元位置座標から、一文字あたりの書字時間、ペン先速度の均一性指標 (A)、ペン先筆跡の均一性指標 (B) を算出した。また、ペン先と示指・手首の運動性指標として、書字中のペン先と示指・手首の運動半径比 p/f 、 p/w (C) および、2つの評点間の運動方向の一致性を2つの評点の運動ベクトルのなす角度 θ の $\cos \theta$ (D) を算出した。

2) 右片麻痺の書字の特徴抽出

健常者 17 名、右不全片麻痺 14 名、運動失調患者 11 名の書字動作解析結果から、機械学習手法のランダムフォレスト法 (RF) を用いた決定木分析でサンプル群に対する推定を試みた。また、右健常者 9 名、右不全麻痺 7 名の書字動作解析結果から、利き手書字の普遍的特徴が片麻痺で変化するかを検証した。

3) 急性期脳卒中患者の麻痺手重症度とパフォーマンス指標の改善

急性期脳卒中片麻痺患者 3 例に対して 2 週-1 ヶ月ごとに測定を行った。麻痺手重症度を Fugl-Meyer Assessment (FMA)、Stroke Impairment Assessment Set (SIAS-motor)、麻痺手パフォーマンスを Box and Block テスト、握力で評価した。

4. 研究成果

(1) 右片麻痺の特徴抽出

各書字指標を説明変数、各群を目的変数とした正準判別分析およびランダムフォレスト法により 60%以上の判別率・正答率での各群の判別が可能であった。健常者利き手書字は所要時間が短く、筆跡の均一性を高く、ペン先の独立した運動が可能である一方、脳卒中片麻痺の書字はペン先と指・手首の連結を高めて均一した筆跡を保持する戦略をとる特徴があった。各対象者の書字は疾患特異的な書字特徴を有する可能性が示唆された (図 3)。

健常者で右手書字のペン先速度グラフの位相が近位部に先行する例ではペン先運動半径グラフ (筆跡) のバラツキは小さく、平均半径比 (近位部/ペン先) は小さかった。左手書字では速度の位相差は近位が先行するか、同期する例が多く、筆跡のバラツキ、平均半径比とも大きかった。右片麻痺の右手書字では健常者の左手書字と同程度の時間を要した。位相差には健常者の右手書字の特徴を維持し一部に左手書字の特徴が混在した (図 4)。

(2) 急性期脳卒中患者の麻痺手重症度とパフォーマンス指標の改善

急性期脳卒中片麻痺患者 3 例について、すべての症例について麻痺手の重症度指標、パフォーマンス指標、書字動作指標に改善がみられたが、従来の臨床指標の回復の幅は書字測定から得られた分離性指標の回復の幅には必ずしも一致しなかった。うち 1 症例の初回測定から 1 ヶ月後と 4 ヶ月後の比較においては、麻痺とパフォーマンスに変化がないにもかかわらず、書字時間、筆跡の均一性指標、ペン先と手・指の分離性指標に改善がみられた。このことから、動作戦略の変化によって麻痺の改善を伴わないパフォーマンスの向上が可能となること示すとともに、速く均一に読みやすい字を書くという ADL の側面は手指の麻痺や筋力などは独立した因子である可能性を示した。

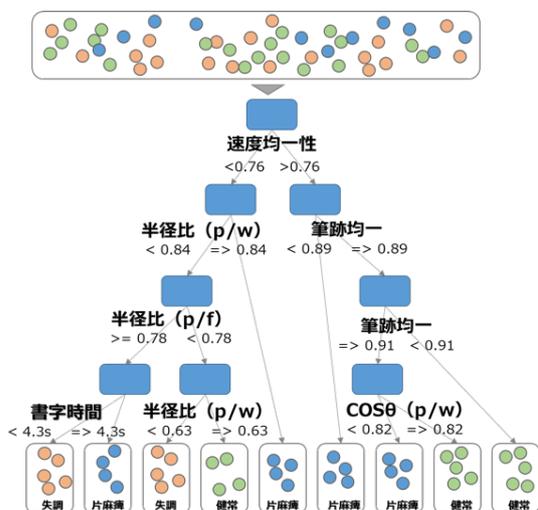


図3. ランダムフォレスト法による各群の分類

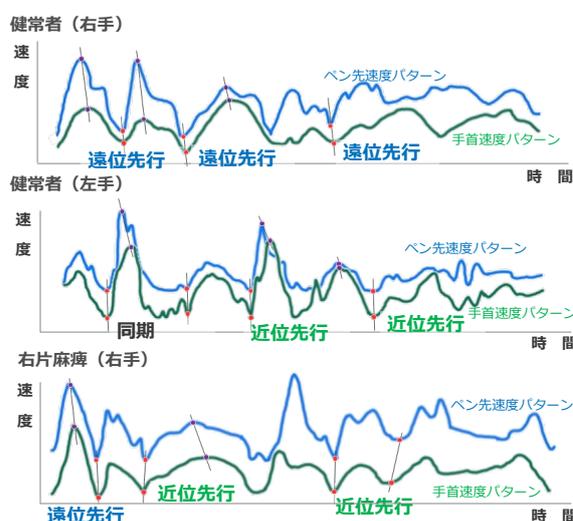


図4. ペン先・手首速度グラフの位相差

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1. 著者名 Fujisawa Yuhki, Okajima Yasutomo, Hashidate Hiroyuki, Nakano Hisako | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Joint Tightening in Hemiplegic Handwriting | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Asian Journal of Occupational Therapy | 6. 最初と最後の頁 71～81 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11596/asiajot.16.71 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|---------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名 藤澤 祐基、岡島 康友 | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 特集 動作分析と臨床のマッチング 脳卒中片麻痺者の動作分析 上肢運動 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 理学療法ジャーナル | 6. 最初と最後の頁 527～533 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11477/mf.1551202665 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 藤澤祐基，岡島康友，中野尚子 |
| 2. 発表標題 片麻痺側の利き手による書字 習熟運動の特徴 |
| 3. 学会等名 第50回日本臨床神経生理学会学術大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 藤澤祐基，岡島康友，中野尚子 |
| 2. 発表標題 正準判別分析とランダムフォレスト法を用いた健常者、片麻痺手、小脳性運動失調症者の利き手書字の特徴抽出 |
| 3. 学会等名 第56回日本リハビリテーション医学学術集会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-----------------------------------------------|
| 1. 発表者名 藤澤祐基, 中野尚子 |
| 2. 発表標題 起き上がり動作の時系列的発達変化-骨格検出システムを用いて 第2報- |
| 3. 学会等名 第6回日本小児理学療法学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 中野 尚子, 藤澤 祐基, 渡辺 はま, 多賀 巖太郎 |
| 2. 発表標題 乳児における臥位から座位への起き上がり動作分析 第2報 - 複数観察者によるテキストマイニング - |
| 3. 学会等名 日本赤ちゃん学会第19回学術集会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|----------------------------------------|
| 1. 発表者名 藤澤祐基, 中野尚子 |
| 2. 発表標題 乳児の起き上がり動作分析 -骨格検出システムを用いて- |
| 3. 学会等名 日本発達神経科学学会第7回学術集会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 中野尚子, 藤澤祐基, 儀間裕貴, 渡辺はま, 多賀巖太郎, 小西行郎 |
| 2. 発表標題 乳児における臥位から座位への起き上がり動作分析 |
| 3. 学会等名 第5回日本小児理学療法学会学術大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-----------|---------------------------------------------------|---------------------------------|----|
| 研究 分担者 | 岡島 康友 (Okajima Yasutomo) (50160669) | 杏林大学・医学部・教授 (32610) | |
| 研究 分担者 | 中野 尚子 (Hisako Nakano) (90549106) | 杏林大学・保健学部・教授 (32610) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|