

平成 30 年 6 月 10 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04195

研究課題名(和文) 失行患者は何ができて何ができないのか？ 損傷機能についての運動計算論的アプローチ

研究課題名(英文) Computational approach to disabilities in Apraxia patients

研究代表者

福澤 一吉 (Kazuyoshi, Fukuzawa)

早稲田大学・文学大学院・教授

研究者番号：00156762

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、脳損傷患者における運動障害メカニズムの解明を目指して、運動の定量的な計測およびそれに基づいた理論的示唆を得ることを目的とした。この研究に関して、大きく分けて2つの成果を得た。まず、自発的に生じる身体を用いた書字運動行為は、筋感覚的なフィードバックではなく、視覚フィードバックを作り出すことのためにであることを示唆した。ふたつめは、運動を学習する上では、速度と精度のふたつのトレードオフは存在せず、それぞれが独立なパラメーターとして制御される可能性を示した。これらの知見は、失行患者や失書患者に対するリハビリテーションを考える際に理論的に大きな意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The project obtained two major findings. First, we clarified that voluntary motor action using a body part is executed not to get kinematic feedback but rather to create visual feedbacks of the action for cognitive facilitation. Second, we indicated that the speed-accuracy tradeoff does not exist in learning processes and that the two factors may be independently controlled in human motor system. These findings would help improve motor retaliation for patients with Apraxia and Alexia especially in terms of its theoretical backing.

研究分野：認知神経心理学

キーワード：失行 失行 運動学習

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、脳損傷に由来する道具使用や書字等の運動的側面に障害を呈する患者（失行患者や失書患者）の効率的なリハビリテーションを提案することを目標として、計算理論的・心理学的な立場から運動行為を定量的に評価・検討することを目的とした。

研究開始当初の当該症状に対する神経心理学的なアプローチにおいては、次のような問題点が存在した。第一に、従来の神経心理学では、患者が様々な道具をどのように使用するかを個別に観察し、それらを恣意的なエラー基準によって分類する手法が用いられてきた。第二に、重症度の評価においても、臨床的観察に基づく経験的・定性的な直感に頼っており、理論的に裏付けられた評価法が存在しなかった。第三に、各症状には運動面で特徴的な障害が存在していることが海外研究によって示唆されつつも、わが国においては、失行や失書においては「感覚・運動機能そのものには障害がないこと」という症状の定義を優先し、感覚運動機能に対する詳細な解析・検討がおこなわれることがなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、まず簡単な水平面運動の学習過程の定量化をおこない、どのような特徴量がどのように変化するかを検討した（以下、実験1）。

次に、身体（指）を用いて文字を動作に関する心理学実験、および連続書字動作における書き誤りパターンの運動学的な解析を通して、運動行為における視覚情報と筋感覚的情報の寄与について検討した（以下、実験2）。

また、高齢者における到達運動がどのような特徴を持っているのかについて、定量的解析をおこなった（以下、実験3）。

本研究期間内には、失行症状を呈する患者（症例数が少ない）の実験参加が得られなかった。ただし、これは研究計画段階でも想定されていた事態であるため、研究計画の大きな変更は生じなかった。本研究期間においては、健常若年者および健常高齢者に対する運動機能の定量的評価・検討を研究の軸として据え、さらに書字運動に障害を持つ失書症状を呈する患者に対する症例報告的な検討もおこなった。

本報告では、メインの成果である実験1について焦点を当て、詳しく解説をおこなう。

### 3. 研究の方法

#### (実験1)

図1に示す軌道を(1)できるだけ早く正確に、あるいは(2)一定の時間でできるだけ正確になぞる実験を、5日間連続で行い、その学習過程を検討した。2つの学習群につき各7名ずつ、計14名の学生が実験に参加した。また、学習を含まないベースラインパフォーマンスを規定するために、5名の学生

が1日のみの実験に参加した。

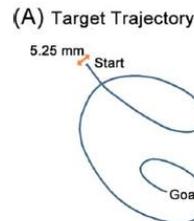
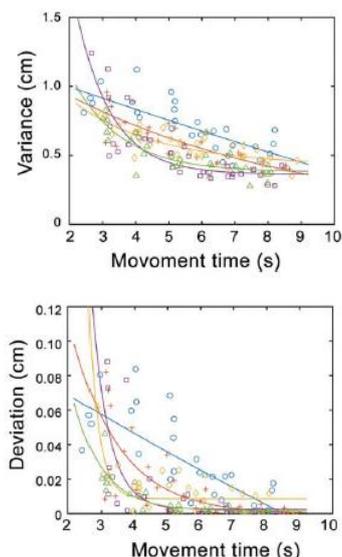


図1. 実験1で使用した軌道

本実験では、運動学習場面における運動速度と運動の正確さのトレードオフの変化を定量化することを目的とした。運動の正確度の指標として、軌道のばらつき、軌道の逸脱、局所最小点の3つを算出した。局所最小点とは、運動の接線方向速度の変化プロファイル上で、一時的に“谷”になる部分である。一般的に、なめらかに運動をおこなった際には、局所最小点は少なくなることが知られている。このことから、局所最小点は運動のなめらかさの指標として用いられ、運動が上達するにつれて局所最小点の数は減っていくことが予想された。

図2に、ベースライン（5名）のパフォーマンスを示す。このときの運動時間は、3秒から10秒の間でランダムにおこなってもらった。運動学習を伴わない運動実行においては、運動の精度に関するふたつの指標（ばらつき・逸脱）において、運動時間と対数関係のトレードオフが生じていることがわかる。さらに、局所最小点については、ほぼ完全に運動時間と比例した。



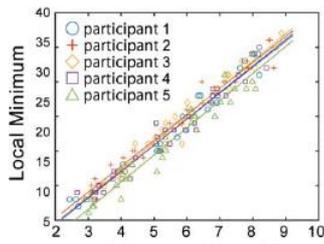


図2. ベースラインパフォーマンス。上から、運動時間に対する、軌道のばらつき、軌道の逸脱、局所最小点の数それぞれの関係の散布図。

#### 4. 研究成果 (実験1)

図3に速度-正確さトレードオフの群平均値が学習にしたがってどのように変化したかを示す。図の縦軸は運動時間と対数精度の回帰係数(散布図の傾き)傾きを示しており、マイナスの値をとっていると、速度-正確さのトレードオフが存在することを示している。

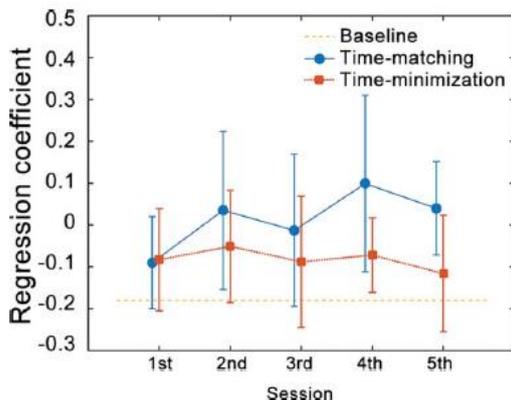


図3. 速度-正確さトレードオフの変化

ベースライン(黄色の点線)は、マイナスの値をとっているのに対し、学習プロセスにおいては、一日目から、傾きが小さくなっていることが分かる。特に、一定の時間でできるだけ正確に運動をおこなう Time-matching 群では、学習が進むにしたがって、回帰係数がゼロに近づいていった。

この結果は、正確さを重視する学習場面においては、たとえ運動速度が速くなったとしてもそれに依存して運動精度が下がることはないことを示している。これは、学習を想定しない従来の実験場面では明らかになってこなかった新しい知見である。

ただ一方で、速さと正確さの両方を追求する Time-minimization 群では、速度は上昇しても、正確さは上昇しないことも明らかとなった(図4)。また、ベースライン条件よりは傾きは小さいものの、ある程度の速度-正確さトレードオフが存在することもわかった。

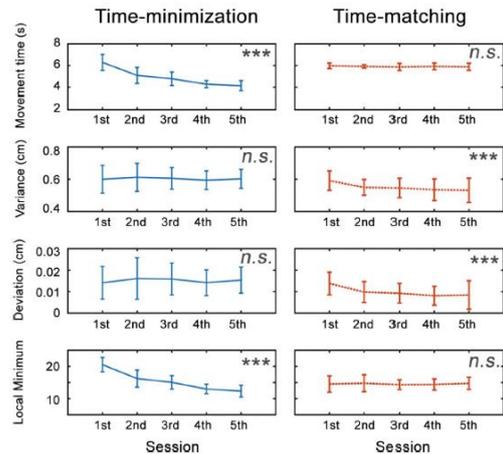


図4. それぞれの群における、学習に伴う各指標の推移。

本研究結果は、速度(運動時間)を設定せずにいると、速度のみが上昇し、速度を設定すると、正確さが上昇することを示唆している。リハビリ場面のような日常場面においては、目的を達成することがまず重要になる。そのため、まずは適度な目的の時間を設定して、その設定時間の範囲内で運動の正確さを高めていくことが望ましいと考えられる。一度正確な運動が達成されたら、その正確さを保ちつつ、速度をあげていくことにより、速度-正確さのトレードオフを回避した運動学習ができる可能性がある。これは、リハビリ場面だけでなく、スポーツや音楽技能の学習など、様々な場面に応用できる。本成果は、Itaguchi and Fukuzawa (2017, Journal of Motor Behavior)にて公開済みである。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

1. Itaguchi Y., Sugimori E., and Fukuzawa K. (2018) Schizotypal traits and forearm motor control against self-other produced action in a bimanual unloading task. *Neuropsychologia*, 113, 43-51
2. Itaguchi Y. and Fukuzawa K. (2017) Influence of speed and accuracy constraints on motor learning for a trajectory-based movement. *Journal of Motor Behavior*, Online.
3. Itaguchi Y., Yamada C., Yoshihara M., and Fukuzawa K. (2017) Writing in the air: a visualization tool for written languages, *PLoS ONE* 12(6): e0178735.
4. Yamada C., Itaguchi Y., and Fukuzawa K. (2017) The effect of visual feedback on writing slip. *Proceedings of Applied Abstraction and Integrated Design*, 1, 1-5.
5. Takemoto K., Katsura S., Itaguchi Y., Yoshizawa H., and Fukuzawa K. (2017)

Consideration of effective element about motion training with robot. Proceedings of Applied Abstraction and Integrated Design, 1, 6-8.

6. Itaguchi Y., Yamada C., and Fukuzawa K. (2015) Writing in the air: contributions of finger movement to cognitive processing. PLoS ONE 10(6):e0128419.
7. Tani Y., Yamada C., Fukuzawa K., Katsura S., and Itaguchi Y. (2015) 3-Dimension analysis of human arm stiffness in reaching movement using arm robot. In Industrial Electronics Society, IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE, 4591-4596.

[学会発表] (計 12 件)

1. Itaguchi Y., Yamada C., and Fukuzawa K. (2018) Kusho effect in Japanese older adults. The 2nd annual conference of Association for Reading and Writing in Asia, Tsukuba, Japan, Feb, 2018 (Oral).
2. Yamada C., Itaguchi Y., and Fukuzawa K. (2018) The temporal aspects of slips of the pen. The 2nd annual conference of Association for Reading and Writing in Asia, Tsukuba, Japan, Feb, 2018 (Oral).
3. Yamada C., Itaguchi Y., and Fukuzawa K. (2017) Kinematic and visual similarity affect slips of the pen. The 27th Annual Meeting of Society for the Neural Control of Movement, Dublin, Ireland, May, 2017. (Poster)
4. 福澤一吉, 板口典弘, 山田千晴. (2017) 健常高齢者における上肢運動機能. 第 41 回日本神経心理学学会学術集会, 東京, 2017 年 10 月. (口頭発表)
5. 板口典弘, 鈴木雄峰, 安藤尚朗, 山田千晴, 福澤一吉. (2017) 失語症例における空書の自発と促進的効果についての検討. 第 41 回日本神経心理学学会学術集会, 東京, 2017 年 10 月. (口頭発表)
6. Tani Y, Igarashi K, Katsura S, Nakai F, Yamada C, Itaguchi Y, Yoshizawa H, and Fukuzawa K. (2016) New measurement system of human arm stiffness for clinical evaluation. Society for Neuroscience 2016. San Diego, USA, Nov, 2016. (Poster)
7. 板口典弘, 山田千晴, 永井知代子, 福澤一吉. (2016) 頭頂葉損傷症例を対象とした. 認知課題成績における空書効果の検討. 第 40 回神経心理学学会, 熊本, 2016 年 9 月. (口頭発表)
8. 板口典弘, 山田千晴, 福澤一吉. (2016) 視覚運動変換課題における練習量と学習効果の維持. ニューロリハビリシンポジウムキックオフ 2016「脳と情報」, 東京, 2016 年 6 月. (ポスター)
9. 板口典弘, 山田千晴, 福澤一吉. (2015) 道

具を使用した到達把持運動における制約と戦略. 認知心理学第 13 回大会, 東京, 2015 年 7 月. (口頭発表)

10. 山田千晴, 板口典弘, 福澤一吉. (2015) 視覚運動変換課題における練習量と内部モデルの獲得. 認知心理学第 13 回大会, 東京, 2015 年 7 月. (口頭発表)
11. 山田千晴, 板口典弘, 吉澤浩志, 福澤一吉. (2015) 頭頂葉損傷症例における到達把持運動の特徴. 第 39 回神経心理学学会, 札幌, 2015 年 9 月. (口頭発表)
12. 谷有佳子, 五十嵐功, 桂誠一郎, 山田千晴, 板口典弘, 福澤一吉, 内山由美子, 吉澤浩志. (2015) 3 次元駆動ロボットを用いた手先スティフネスの計測. 第 39 回神経心理学学会, 札幌, 2015 年 9 月. (口頭発表)

[図書] (計 1 件)

1. 板口典弘・福澤一吉. (分担執筆) (2018) 認知・学習心理学, 大森孝一・永井知代子・深浦順一・渡邊修 (編) 言語聴覚士テキスト 第 3 版, 医歯薬出版

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

福澤一吉 (Kazuyoshi Fukuzawa)  
早稲田大学文学学術院 教授  
研究者番号: 00156762

##### (2)研究分担者

板口典弘 (Yoshihiro Itaguchi)  
慶應義塾大学理工学部 訪問研究員  
日本学術振興会 特別研究員 PD  
研究者番号: 50706637

##### (3)連携研究者

なし

##### (4)研究協力者

吉澤浩志 (Hiroshi Yoshizawa)  
東京女子医科大学 講師

山田千晴 (Chiharu Yamada)  
早稲田大学文学研究科博士後期過程 3 年  
日本学術振興会 特別研究員 DC2