

原 著

上肢巧緻性における基礎的3要素の分析 —速度変化による考察—

福意武史*¹ 井上桂子*¹ 常久謙太郎*² 山形隆造*¹

要 約

巧緻性は、spacing, grading, timing という基礎的3要素から成る。我々は、上肢巧緻動作において3要素の客観的データを同時検出できる評価システムを開発した。今回は、上肢巧緻動作の速度の違いにより3要素がどのように変わるかを検討した。対象は右手利きの健常者58名で、被検手はその両手であった。評価は、被検者が机上の手前と奥に配置された2つのスイッチを示指で交互に押しながら手を反復移動させるものである。被検者は、一定の時間間隔で鳴る2つの刺激音に合わせ、一定の指圧でスイッチ中央の的をずれないように押していく。データは、spacing は的からずれたマスの数、grading は指圧の変動係数、timing は滞空時間の変動係数とした。動作速度は、刺激音が鳴る時間間隔が60回/分（遅い条件）、90回/分（中間条件）および120回/分（速い条件）の3通りとした。spacing は、両手とも速度が遅いほど有意に好成績だった。grading は、両手とも速度が遅いほど好成績だったが、中間条件と速い条件との間には有意差がなかった。timing は、速度が遅いほど好成績だったが、右手は遅い条件と中間条件および中間条件と速い条件との間に、左手は中間条件と速い条件との間に有意差がなかった。動作速度の違いにより、要素間に難易度の差があることが示唆された。spacing 訓練は遅い速度から始め徐々に速くし、grading と timing の訓練は遅い速度から始めるが一定の速度を超えれば患者の能力に基づき段階づければよいと考えられた。

1. 緒言

リハビリテーション医学や作業療法において、上肢動作の滑らかさや巧みさを表す場合、巧緻性という用語が使用される。辞書（広辞苑第7版）では、巧緻性は「たくみでこまかいこと、精巧で緻密なこと」とある。作業療法分野においては、鎌倉¹⁾は「巧緻性とは単なる手指の運動能力のことではなく、細かな対象操作の能力のことを指している」と述べている。そして、上肢機能の包括的評価において、巧緻性は作業療法士が考慮すべき重要な要素である。

巧緻性は、目的とする方向に正確に手を移動する方向調整（spacing）、適度な力加減を行う力調整（grading）、そして速くあるいはゆっくりとリズムをとる時間調整（timing）の3つの機能的要素が基礎となり、それらが巧みに調和されることによって発揮される。古くから、和才と嶋田²⁾は「巧緻性の

機序を考える場合、spacing, grading, timing の3要素を客観的にとらえることのできる評価体系が確立されなくてはならない」（p.323）と指摘している。従来、上肢巧緻性の評価は、上肢の動きの観察や客体操作の正確性や速度の測定等により行われている。しかし、これらの方法では、上肢巧緻性における spacing, grading および timing という3つの基礎的要素を同時に客観的データとして検出することはできなかった。

そこで我々は、上肢巧緻動作において、3要素を同時検出できる評価システムを開発する研究を行ってきた。我々は、1998年に評価システムの開発に着手し、1999年に第1号機が完成した。そして2004年には、第1号機を改良した新しい評価システムが完成した。この間、評価システムの信頼性と妥当性を健常者と患者を通して検討した結果、開発した評価

*1 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 作業療学科

*2 専門学校川崎リハビリテーション学院 作業療学科

（連絡先）福意武史 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail: fukutake@mw.kawasaki-m.ac.jp

システムが上肢巧緻性の評価に有効であることが示唆された^{3,5)}。同時に、これらの検討の中で、ゆっくりした動作では spacing と grading は成績がよいが timing は乱れること、逆に速い動作ではその反対の関係性になることが窺われた。併せて、利き手と非利き手では、同じ条件の動作でも3要素の関係性が異なることが窺われた。また、日ごろの作業療法場面においても、巧緻動作速度の違いにより、3要素の難易度がそれぞれ異なることを経験する。そこで今回は、開発した評価システムを用いて、上肢巧緻動作の速度の違いにより3要素がどのように変わるかを分析した。

2. 方法

2.1 対象

対象は、事前に研究内容を説明し同意を得た作業療法学生58名であった。すべての対象は、上肢巧緻性に影響するような神経筋あるいは整形外科的障害の病歴のない者であった。性別は男性が16名で女性が42名で、年齢は19歳から23歳で平均 20.4 ± 0.8 歳であった。利き手は全員が右利きで、被検手は左右それぞれ58手であった。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認(承認番号14-007)を得て行った。

2.2 評価システム

評価システムは、コントロールボックス、プリンター、第1スイッチ、および第2スイッチから成る(図1)。第1スイッチは机上の奥に、第2スイッチは机上の手前に配置される。第1スイッチは10.0cm四方のパネルであり、それは横13・縦13・計169の区画に

分けられており、それぞれにセンサーが埋め込まれている。その中央のセンサーは赤く塗られており、被検者が指で押すターゲットになっている。第1スイッチのセンサーは、圧センサーとタッチセンサーの機能を持っている。圧センサーは、被検者の指圧を最小100g重の精度で検出する。タッチセンサーは、被検者が指で押した位置を検出し、また押した時間を最小0.01秒の精度で検出する。同様に、第2スイッチもタッチセンサーの機能を持ち、被検者が指で押した時間を最小0.01秒の精度で検出する。

コントロールボックスに内蔵されたスピーカーからは、一定の時間間隔で異なる2つの刺激音が流れる。評価者は、刺激音が流れる時間間隔、および評価時間を自由に設定することができる。プリンターは、評価で得られた spacing, grading および timing のデータを出力する。

2.3 評価方法

被検者は、椅子に座り正面の2つのスイッチに向かう。被検者は、一定の時間間隔で発せられる異なる2つの刺激音に合わせて、2つのスイッチを人差し指の先端で交互に押しながら手を反復移動させる(図2, 3)。第1スイッチと第2スイッチの位置は、被検者が姿勢を崩さずリーチできるように、2つのスイッチの中央が直線距離で30cmになるように設定した。椅子と机の距離は、被検者が行いやすい距離で自由とした。

課題の条件において、spacing は、被検者が第1スイッチの中央のターゲットをいつもずれないように押すことである。grading は、被検者が第1スイ



図1 評価システム



図2 評価風景 (第1スイッチを押す)



図3 評価風景 (第2スイッチを押す)

チをいつも同じ指圧で押すことである。timingは、被検者が第1スイッチと第2スイッチを刺激音の鳴った時に押し、手の反復移動はいつも同じリズムとスピードで行うことである。

評価は、右手と左手それぞれ25往復の動作で1施行とした。評価の開始にあたっては、被検者に被検手を第2スイッチの直上約10cmの空中に保持させ、検者の合図により動作を開始させた。評価中、もう一方の手は同側の膝の上に置かせた。そして、25往復が終了した時点で、検者の合図で動作を終了させた。

動作速度は、60回/分の刺激音に合わせた動作の遅いもの（以下、遅い条件）、90回/分の中間のもの（以下、中間条件）、120回/分の速いもの（以下、速い条件）の3種類とした。手の評価順序は右手から左手とし、速度の順序は学習効果を考慮して順番の異なる3群に分けて行った。データは、spacingは的からずれたマスの平均数(1押し換算)、gradingは指圧の変動係数、timingは滞空時間の変動係数とした。なお、変動係数は標準偏差を平均で除した値で、大きいほどばらつきが大きいことを意味する。結果の処理は、右手と左手のそれぞれに

において、遅い条件と中間条件と速い条件のデータを Friedman 検定および Wilcoxon 符号付き順位検定を用いて比較した。有意水準は0.05未満とした。なお、Bonferroni 法にて補正した。

3. 結果

3.1 spacing の結果

右手において、対象全例の各条件における外的から外れたマス数の平均値（標準偏差）は、遅い条件が0.09 (0.15)、中間条件が0.16 (0.15)、速い条件が0.38 (0.25)であった。左手は、遅い条件が0.09 (0.14)、

中間条件が0.19 (0.15)、速い条件が0.45 (0.26)であった。そして、遅い条件と中間条件と速い条件のデータを Friedman 検定および Wilcoxon 符号順位検定を用いて比較した結果、右手と左手とも、遅い条件は中間条件および速い条件に比べ、中間条件は速い条件に比べ有意にずれが少なかった（図4, 5）。

3.2 grading の結果

右手において、対象全例の各条件における指圧の変動係数の平均値（標準偏差）は、遅い条件が0.12 (0.03)、中間条件が0.15 (0.04)、速い条件が0.17 (0.05)であった。左手は、遅い条件が0.13 (0.03)、中間条

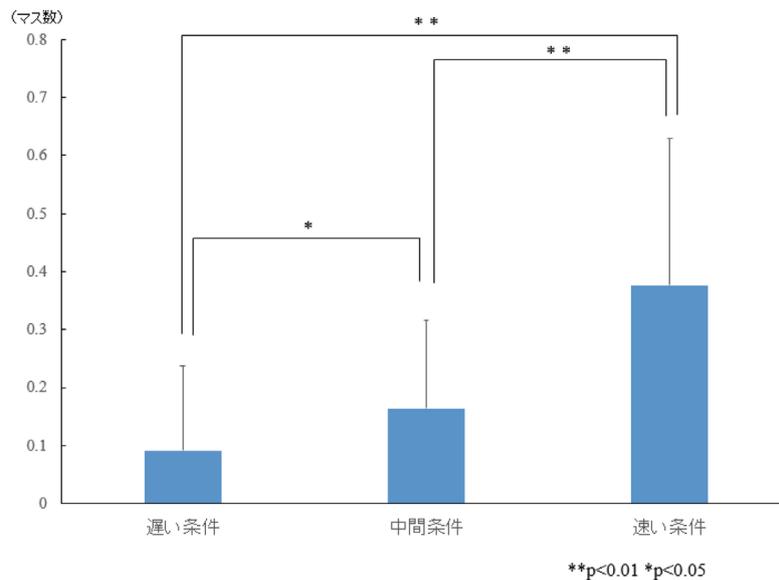


図4 右手 spacing の結果

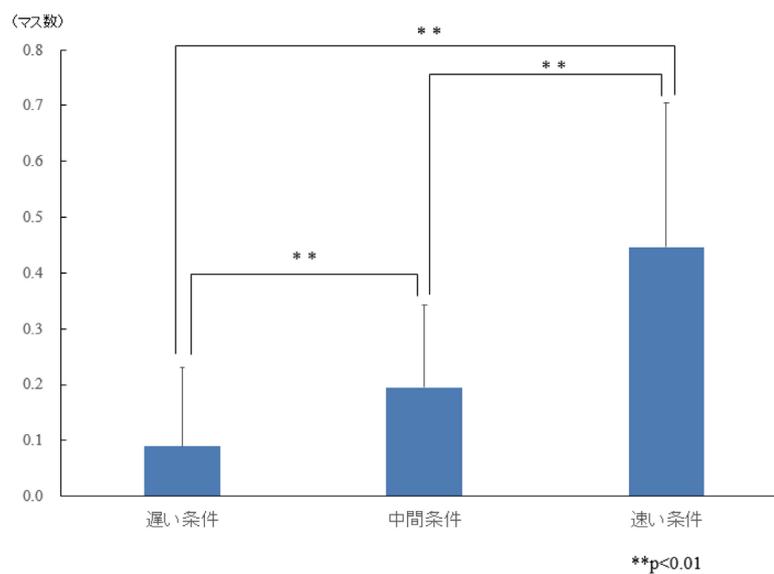


図5 左手 spacing の結果

件が0.16 (0.05), 速い条件が0.17 (0.04) であった。そして、遅い条件と中間条件と速い条件のデータをFriedman 検定および Wilcoxon 符号順位検定を用いて比較した結果, 右手と左手とも, 遅い条件は中間条件および速い条件に比べ有意に指圧のばらつきが少なかったが, 中間条件と速い条件の間には有意差はなかった (図6, 7)。

3.3 timing の結果

右手において, 対象全例の各条件における滞空時間の変動係数の平均値 (標準偏差) は, 遅い条件が0.05 (0.02), 中間条件が0.06 (0.01), 速い条件が0.06

(0.01) であった。左手は, 遅い条件が0.05 (0.01), 中間条件が0.06 (0.01), 速い条件が0.07 (0.02) であった。そして, 遅い条件と中間条件と速い条件のデータをFriedman 検定および Wilcoxon 符号順位検定を用いて比較した結果, 右手は, 遅い条件は速い条件に比べ有意に滞空時間のばらつきが少なかったが, そのほかの間には有意差はなかった (図8)。左手は, 遅い条件は中間条件および速い条件に比べ有意に滞空時間のばらつきが少なかったが, 中間条件と速い条件の間には有意差はなかった (図9)。

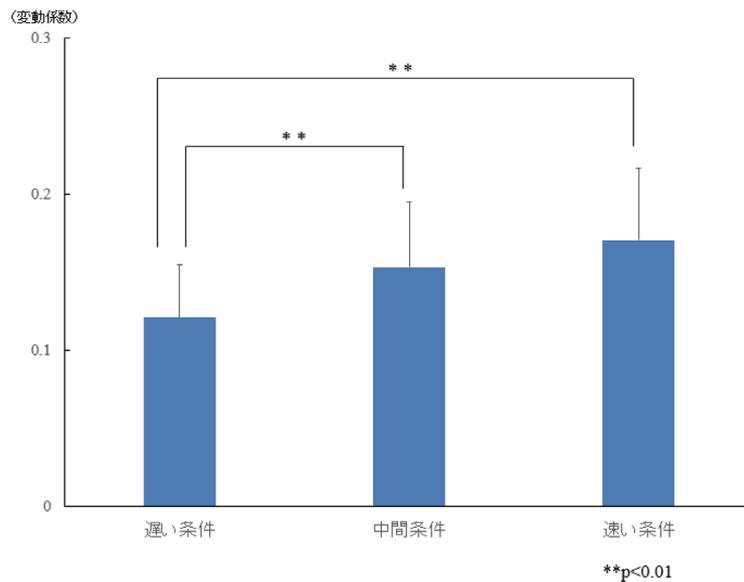


図6 右手 grading の結果

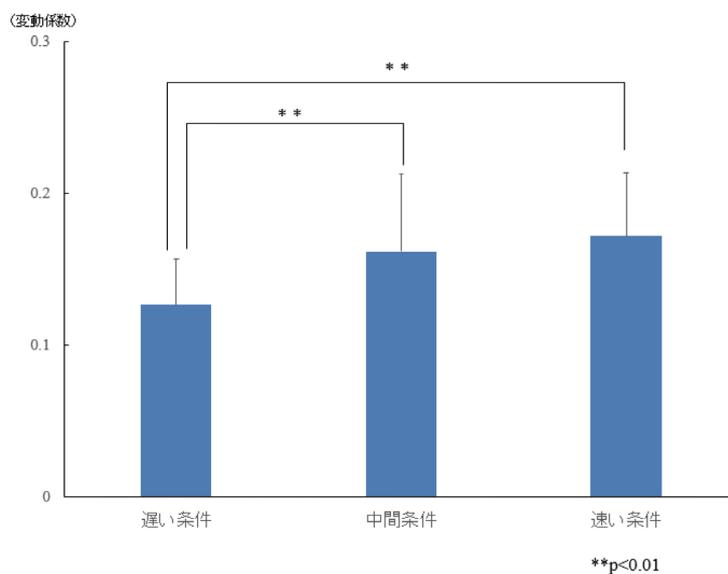


図7 左手 grading の結果

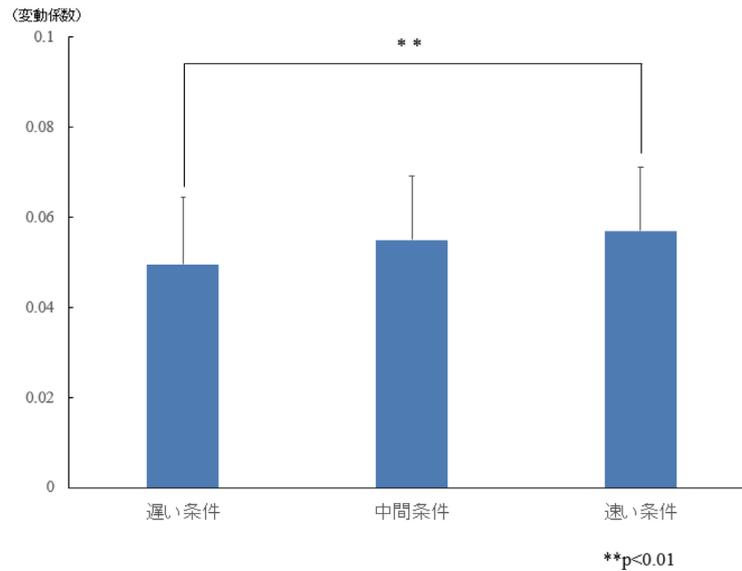


図8 右手 timing の結果

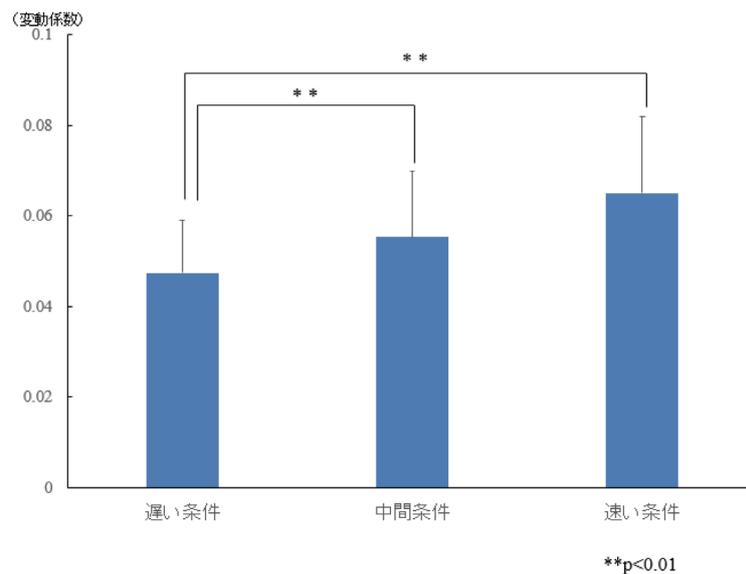


図9 左手 timing の結果

4. 考察

巧緻性の概念については、中村ら⁶⁾は「上肢巧緻性とは運動がすばやく正確であること」と定義しているが、和才と嶋田²⁾は「巧緻動作において運動のスピードは速いものが遅いものより概して容易である」(p.327)としている。このように、上肢巧緻性の概念において、速度に対する見解は一様ではない。

また、上肢巧緻動作と速度変化における関係性については、失調症の作業療法の中に見出せる。一般的に小脳性運動失調症では遅い運動が障害されやす

く⁷⁾、訓練は速い慣性あるいはモーメントを応用した運動より遅くてより随意的コントロールの必要な運動に進めるのがよいとされる⁸⁾。しかし、上肢巧緻動作において、動作速度の違いにより spacing, grading および timing のそれぞれの難易度がどのように変化するかについて論じた文献は見当たらない。

我々は、作業療法での上肢巧緻性の評価や訓練場面において、動作速度とそれら基礎的3要素との関係性がそれぞれ異なることを経験する。その経験を

整理すると、spacing と grading は動作速度が遅いほど容易になることが多かった。timing は比較的速い速度ではリズムがとりやすいが、速度が遅すぎると逆に調整しづらくなることがあった。しかし、この見解は観察だけによるもので、実態は定かではない。

以上のことから、基礎的3要素の改善のための訓練は様に遅い速度から速い速度へと段階づけるのではなく、速度変化における各要素の特徴について分析し、それに基づいて動作速度を設定すべきではないかと考えた。しかし、これまでは上肢巧緻性の基礎的3要素を客観的にとらえることのできる評価体系が確立されておらず、分析するまでには至っていなかった。これに対して我々は、近年のセンシング技術の進歩のもと、基礎的3要素の客観的データを同時検出する評価システムを開発することができた。そして今回、それらを分析する機会を得た。以下に、今回の分析の結果を整理し、各要素の改善のための訓練における段階づけについて考えてみたい。

spacing においては両手とも、動作速度が遅くなるほど難易度は有意に低かった。これは、動作速度が遅いほど容易になるという我々の臨床経験で得た

見解とも一致する。したがって、訓練は遅い速度から始め、徐々に速くするように段階づければよいと考える。

grading においては両手とも、遅い条件は中間条件および速い条件に比べて難易度は有意に低かった。これも、我々の臨床経験で得た見解と一致する。しかし両手とも、中間条件と速い条件の間には難易度に有意差はなかった。以上より、訓練は遅い速度から始めて徐々に速くするが、一定の速度を超えれば患者の能力に基づき設定すればよいと考える。

timing の左手は、遅い条件は中間条件および速い条件に比べて難易度は有意に低いが、中間条件と速い条件の間には有意差はなかった。これは grading の両手の結果と一致し、動作速度が遅くなると逆に困難になることもあるという我々の臨床経験で得た見解とは一致しなかった。左手の訓練は、grading と同様に段階づければよいと考える。timing の右手は、遅い条件は速い条件に比べて難易度は有意に低いが、遅い条件と中間条件および中間条件と速い条件の間には有意差はなかった。右手の訓練は、改善を促す速度の段階づけをより慎重に吟味することが必要だと考えられた。

利益相反 (COI)

本研究は開示すべき利益相反 (COI) 関係にある企業等はない。

文 献

- 1) 鎌倉矩子：巧緻性向上—作業療法技法を中心に—。総合リハビリテーション, 20(9), 955-960, 1992.
- 2) 和才嘉昭, 嶋田智明：測定と評価。第2版, 医歯薬出版, 東京, 1987.
- 3) 福意武史, 井上桂子, 常久謙太郎：上肢協調性評価機器の開発—Spacing, Timing, Grading の3要素の同時検出—。川崎医療福祉学会誌, 11(1), 205-209, 2001.
- 4) Fukui T, Inoue K, Tsunehisa K and Furukawa H : Development of a modified apparatus for hand dexterity evaluation: Interrater and test-retest reliability. *Kawasaki Journal of Medical Welfare*, 12(2), 61-67, 2007.
- 5) 福意武史, 井上桂子, 常久謙太郎：上肢巧緻性評価機器の開発—臨床適応の検討—。川崎医療福祉学会誌, 17(2), 389-394, 2008.
- 6) 中村隆一, 齋藤宏, 長崎浩：基礎運動学。第6版, 医歯薬出版, 東京, 2012.
- 7) 塚原正志, 中村春基, 酒井浩：失調症。石川齊, 古川宏編, 図解作業療法技術ガイド, 第3版, 文光堂, 東京, 546-554, 2011.
- 8) 金子翼：失調症。金子翼, 鈴木明子編, 作業療法各論, 第2版, 医歯薬出版, 東京, 308-323, 2003.

(令和2年6月30日受理)

Analysis of Three Basic Elements in Hand Dexterity: Inspection of Its Speed Changes

Takeshi FUKUI, Keiko INOUE, Kentarou TUNEHISA and Ryuzou YAMAGATA

(Accepted Jun. 30, 2020)

Key words : hand dexterity, spacing, grading, timing, speed changes

Abstract

Hand dexterity encompasses three basic elements: spacing, grading and timing. We developed the evaluation system which simultaneously addresses all three elements. The purpose of this study was the analysis of three elements in the speed change. Fifty-eight healthy subjects participated in the study. When different distinct sounds were heard, the subject was instructed to push the two switches in turn with the finger-tips. All subjects were evaluated under the slow speed, the intermediate speed and the fast speed. In both hands of spacing, the difficulty of task was significantly lower in the slow speed compared with the intermediate speed and the fast speed. Also, the difficulty of task was significantly lower in the intermediate speed compared with the fast speed. In both hands of grading, the difficulty of task was significantly lower in the slow speed compared with the intermediate speed and the fast speed. However, there was not significant difference among the intermediate speed and the fast speed. In the right hand of timing, there was significant difference only among the slow speed and the fast speed. In the left hand of timing, the difficulty of task was significantly lower in the slow speed compared with the intermediate speed and the fast speed. However, there was not significant difference among the intermediate speed and the fast speed. These results show that the difficulty of each element changes by difference in movement speed. It is important that the movement speed is set based on the subjects' abilities.

Correspondence to : Takeshi FUKUI

Department of Occupational Therapist

Faculty of Rehabilitation

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : fukutake@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.30, No.1, 2020 165 – 172)