



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor*

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	運筆の速度変化と注視状態に基づく新しい上肢機能評価システムの開発
Author(s)	須鎌, ひろの; 大柳, 俊夫; 仙石, 泰仁
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要,第 10 号: 35-40
Issue Date	2007 年
DOI	10.15114/bshs.10.35
Doc URL	http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6345
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n134491921035.pdf

- コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- 利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- 著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

運筆の速度変化と注視状態に基づく新しい上肢機能評価システムの開発

須鎌ひろの¹⁾、大柳俊夫²⁾、仙石泰仁³⁾、中島そのみ³⁾、舘 延忠³⁾

¹⁾ 札幌医科大学大学院保健医療学研究科

²⁾ 札幌医科大学保健医療学部一般教育科

³⁾ 札幌医科大学保健医療学部作業療法学科

上肢機能は、我々が日常生活活動を行う上で重要な身体機能の一つである。その上肢機能を、運筆中の速度変化と注視状態に着目して評価する新しいシステムを開発し、有効性を検証する実験を行った。評価システムは、タブレットPC、眼球運動測定装置、新たに開発した2種類の評価課題と計測用ソフトウェアで構成されている。2種類の課題は、罫線間の限られた領域に線を引く線引き課題と柵目の中に書き慣れたひらがなの“あ”を書く柵目課題である。健常成人3名を対象に実験を行い、1) 巧緻性の高い線引き課題では、運筆速度の変化は少なく、注視は常に罫線に沿って発生していた、2) 巧緻性の低い柵目課題では、速度は漸次的に大きく変化し、注視の発生位置は部分的であった、という結果を得た。本結果から、本評価システムは、運筆における運動機能と視覚機能の関係を明らかにし、上肢機能を評価するために有効であることが示唆された。

<キーワード> 運筆、上肢機能評価、速度変化、注視

A new system for the assessment of upper limb function by evaluating change of both speed and gaze in handwriting

Hirono SUGAMA¹⁾, Toshio OHYANAGI²⁾, Yasuhito SENGOKU³⁾, Sonomi NAKAJIMA³⁾, Nobutada TACHI³⁾

¹⁾ Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University

²⁾ Department of Liberal Arts and Sciences, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

³⁾ Department of Occupational Therapy, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

The upper limb function is one of the most important physical functions in activities of daily living. This paper presents a new system for the assessment of upper limb function by evaluating change of both speed and gaze in performing handwriting tasks. The system consists of a tablet PC, an equipment for measuring eye movement, newly developed two tasks, and software for presenting tasks and measuring speed in handwriting. One of the tasks was to draw a line within a restricted region. The other one was to write Hiragana character “あ” inside squares of three different sizes. We tested the system for three normal adults and got the following results: 1) For the former task that is considered a high skilled task, the speed in handwriting was almost regular, and the gazes were occurred along the edges of restricted region; 2) For the latter task that is considered an easy skilled task, the speed changed greatly, and the gazes were occurred in a part of the square. These results suggest that the new system could measure both physical and visual functions in handwriting simultaneously, and then it could be used for the assessment of upper limb function.

Key Words : Handwriting, Assessment of upper limb function, Change of speed, Gaze

Bull. Sch. Hlth. Sci. Sapporo Med. Univ. 10:35-40 (2007)

はじめに

上肢機能は、我々が日常生活活動を行う上で重要な身体機能の一つである¹⁾。この上肢機能の特徴を把握するために、作業療法の臨床現場では、これまで簡易上肢機能検査(STEF)、手指機能指数テスト(FQ)、線引き課題、ペグ操作などの評価法が使われている^{2),3)}。一般に、目的とする方向に、正確に、適度な速さと強さで、企図したものと違わずに上肢の運動を行うためには、上肢の固有受容覚や触覚による運動の情報だけでなく、視覚的な情報を利用しながら、上肢の運動を制御する必要がある^{4),5)}。これら運動情報と視覚情報とによって運動を制御する能力は、「視覚-運動制御能」と呼ばれており、運動の巧緻性が高まるにつれてその重要性も高まる。この巧緻運動の評価課題として、「ものをかく」という運筆課題が用いられることが多くあり、藤井らは、2点間を結ぶ線引き課題を用いて運筆時の運動機能と視覚情報を同時に調べ、運筆の所要時間、注視の位置と回数、そして平均線引き速度に着目した分析を行っている⁶⁾。

本研究では、運筆中の運筆の速度変化と注視状態の変化に着目して、上肢の運動機能と視覚機能の関係を調べるシステムの開発と、そのシステムを利用した新しい上肢機能評価方法の確立を目指す。

研究方法

1. 対象者

年齢23~31歳の健常者3名で、すべての被験者は、右利きであり、普段の生活において運筆に問題を生じさせるような、整形外科的、眼科学的な問題を認めず、課題の遂行に支障のない視力と運動能力であった。被験者には、研究の目的と方法、上肢や眼球の疲労について実験に関する説明を行い、さらに同意しない場合でも不利益を受けないこと、同意はいつでも撤回できること、プライバシーの保護のため個人を特定するような表現をしないこと、データ管理と破棄は実験者が責任を持って行うことなど、被験者の人権に係る事項を口頭と書面によって説明し、同意書にサインを得てから実験を行った。

2. 使用機器

運筆の速度変化を調べるために、ディスプレイ上に直接入力出来るタブレット式パーソナルコンピュータ(東芝製Dynabook SS M200⁶⁾、以下、タブレットPCと呼ぶ)を用いた。また、このタブレットPC上で動作する運筆軌跡記録(座標と経過時間)と課題図形表示用のプログラム(以下、プログラム1と呼ぶ)をMicrosoft社のVisual Basic, Netで作成した。なお、運筆軌跡の記録、図形表示単位として、コンピュータで画像を扱う際の最小単位であるピク

セル(pixel)を使用し、経過時間の計測はミリ秒単位(msec)とした。タブレットPCで使用するペン型マウスの入力位置とディスプレイとのずれは、課題の試行前に較正を行った。

また、タブレットPCを使って運筆を行っている時の、眼球運動を測定するために、竹井機器工業社製の眼球運動測定装置を使用し、右目の眼球の動きを測定した。この装置は、強膜反射法という赤外線 eyeball へ照射し、強膜と瞳孔の反射率の違いをフォトダイオードが受光することで眼球運動を検出している。検出された眼球運動は、変調器でA/D変換され、処理プログラムによって注視成分が分離される⁷⁾。眼球運動測定装置は、18分に一度較正を行い、眼球の測定基準値の補正を行った。この較正は、調整器のプログラムによって自動的に行われた。また、測定中にも目安になるものを被験者に見てもらい、視点のずれの有無を確認しながら実験を行った。被験者の疲労と較正の必要性を考慮し、課題を変える際に約5分間の休憩を入れた。

3. 実験環境

被験者は、椅子座位で机上の書見台から視距離約30cmになるように設置された顎固定器で頭部を固定した状態であった(図1参照)。課題遂行中は、上肢と肘は机上に接触させず、手掌の尺側をディスプレイに接触させて運筆を行

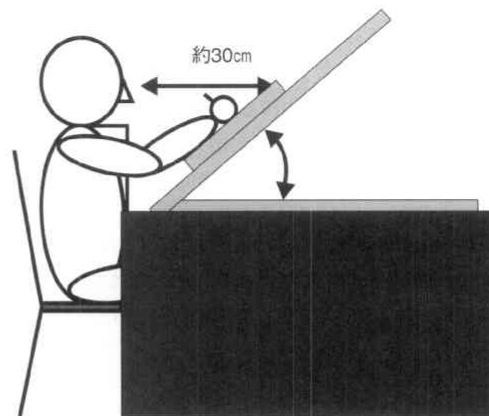


図1 実験環境

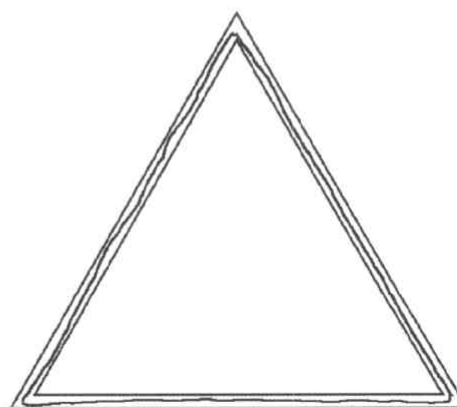


図2 線引き課題

った。

4. 運筆課題と教示

本研究では、“線引き課題”と“柵目課題”の2種類の運筆課題を用いた。実験を始める前に、被験者には、タブレットPCのペン型マウスによるディスプレイ上への運筆に慣れるための練習を約5分間行ってもらった。その後、課題の内容を十分に説明した。

4.1 線引き課題

一辺10cmの正三角形の内側に罫線間3mmになるように同心の三角形を配置し、この罫線間に頂点から右回りに運筆するものと左回りに運筆するものの2種類を線引き課題とした。図2に実際に実施した例を示す。実験の回数は、右回り、左回りそれぞれ1回の計2回とし、“罫線に触れないようにできるだけ正確に速く書く”ように教示した。

4.2 柵目課題

書き慣れているひらがなの中から、直線と曲線で構成されている「あ」を選び、柵内に書くものとした。柵の大きさは、10cm角、5cm角そして2.5cm角の3種類とした。図3に実際に実施した例を示す。実験の回数は、それぞれの大きさの柵目に対して各1回の計3回とし、“罫線に触れないようにできるだけ大きくできるだけ速く書く”ように教示した。

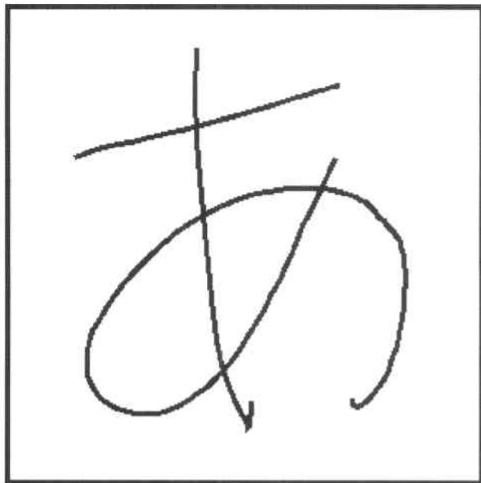


図3 柵目課題

5. 分析方法

実験では、運筆中のペン型マウスの位置とその移動および運筆開始からの経過時間を調べた。また、運筆中の注視を、眼球の移動速度が1~11deg/sec、かつ眼球の停留が99msec以上続いた場合とし^{7),8)}、注視の回数、合計注視時間、位置を計測した。なお実験は、2日に分けて2回実施し、運筆課題遂行に要した所要時間の短いものを分析対象のデータとして、課題遂行中の速度変化と注視の関係を分析した。

結 果

1. 所要時間と速度変化

全被験者の所要時間を図4に示す。線引き課題の右回りは約10~23秒、左回りは約11~22秒で行っていた。所要時間は、被験者によって大きな違いがあった。柵目課題は、10cm角で約2~5秒、5cm角で約2~4秒、2.5cm角で約2~3秒で行い、柵目の大きさが小さくなるほど所要時間が短くなっていった。被験者による所要時間の違いは、線引き

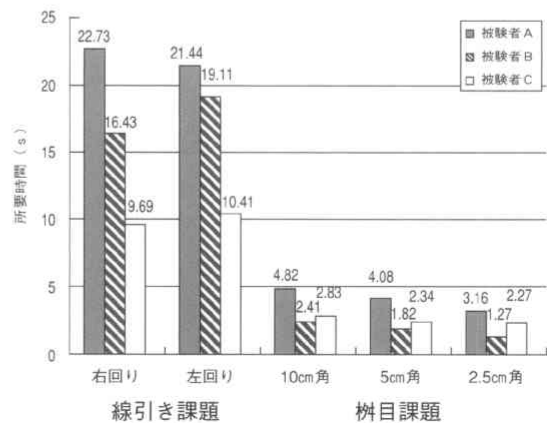


図4 所要時間

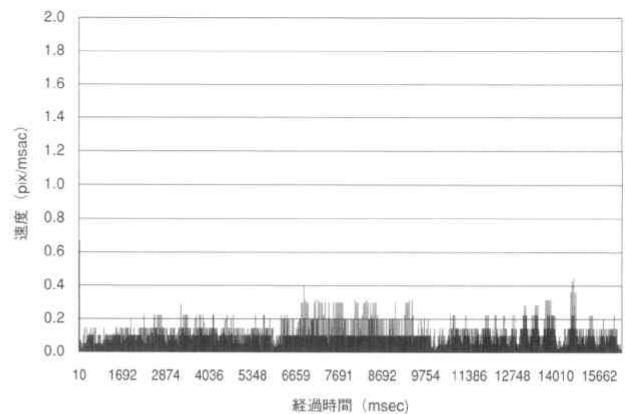


図5 線引き課題の速度変化

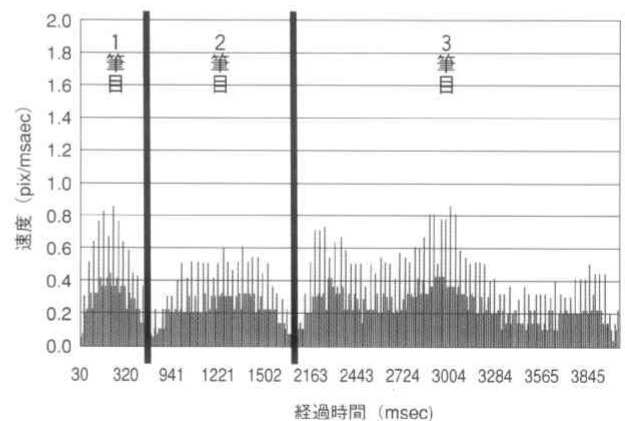


図6 柵目課題の速度変化

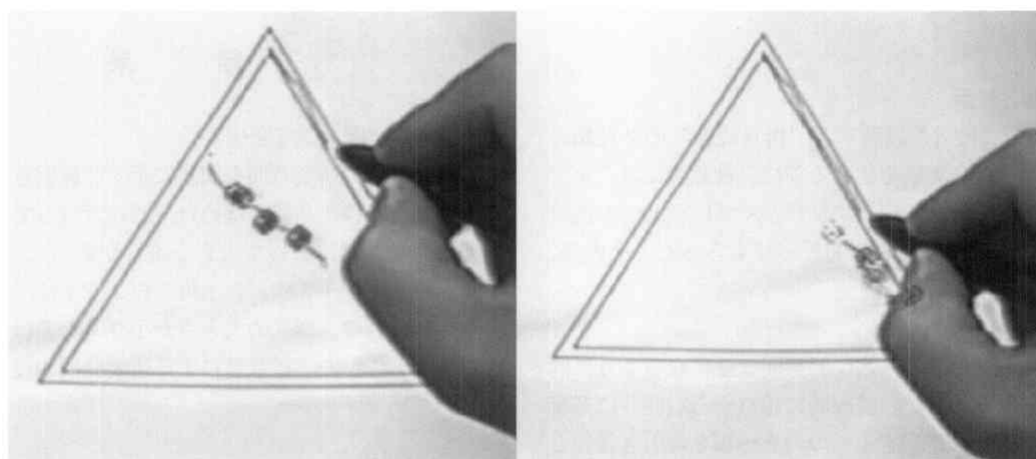


図7 線引き課題における注視位置（右回り）

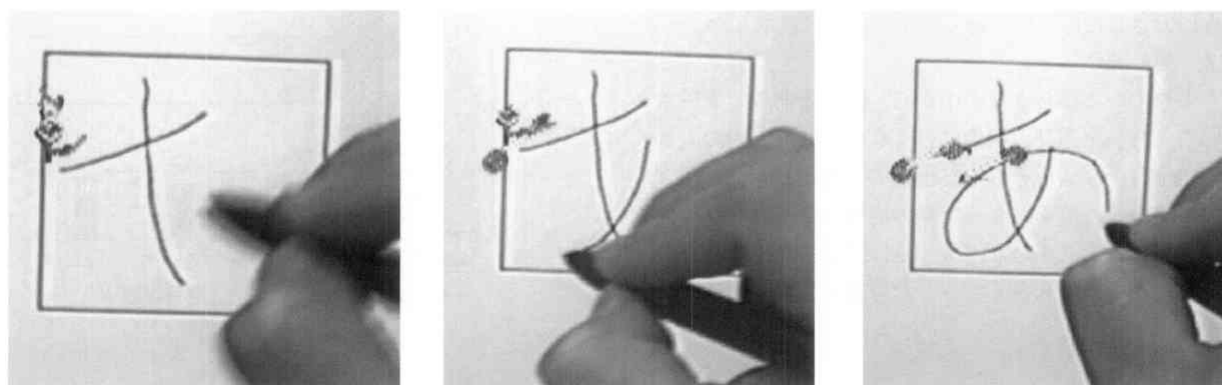


図8 柵目課題における注視位置（5cm角）

表1 線引き課題における注視回数と合計注視時間

	注視回数		合計注視時間（所要時間）（s）	
	右回り	左回り	右回り	左回り
被験者A	19	27	2.28 (22.73)	3.20 (21.44)
被験者B	37	45	5.84 (16.43)	7.66 (19.11)
被験者C	17	25	2.28 (9.69)	3.80 (10.41)

表2 柵目課題における注視回数と合計注視時間

	注視回数			合計注視時間（所要時間）（s）		
	10cm角	5cm角	2.5cm角	10cm角	5cm角	2.5cm角
被験者A	2	9	4	0.33 (4.82)	1.55 (4.08)	0.50 (3.16)
被験者B	5	5	5	0.92 (2.41)	0.79 (1.82)	0.66 (1.27)
被験者C	9	5	6	1.25 (2.83)	0.63 (2.34)	0.69 (2.27)

課題ほど大きくなかった。

さらにプログラム1によって得られた運筆軌跡と経過時間より経過時間ごとの速度を算出しグラフ化した。線引き課題の速度変化と柵目課題の速度変化の例をそれぞれ図5と6に示す。線引き課題では、図5のようにほぼ一定速度を保ち、速度変化が小さい傾向にあり、この傾向は全被験者に共通していた。一方、柵目課題では図6のように速度が漸次に増加と減少を示し、変化が大きい速度変化を全被験者が示していた。

2. 注視の状態（回数、合計注視時間、位置）

線引き課題の運筆遂行中の“注視”状態を表1にまとめた。被験者Bの右回りを例にすると所要時間16.43秒中に37回注視が発生し、合計注視時間（s）は5.84秒であった。注視位置を図7に示す。図中のマーカーが注視位置である。注視は、罫線に沿って発生し、運筆遂行中は常に発生していた。

柵目課題の運筆遂行中の“注視”状況を表2にまとめた。被験者Aの5cm角を例にすると所要時間4.08秒中に9回注視が発生し、合計注視時間は1.55秒であった。注視位置を図8に示す。注視は“あ”の全体ではなく一部分に発生していた。線引き課題と柵目課題の注視の発生状況は、特に注視位置で違いが見られた。この違いは全被験者で共通していた。

考 察

1. 所要時間と速度変化

線引き課題では、全被験者で運筆の速度はほぼ一定に保たれ、変化が少なかった。所要時間は被験者で異なることから、速度の速い遅いといった個人間の違いはあるものの速度を一定に保つ調整方法によって運筆を行っている点は

同様であることを示していた。

一方、柵目課題では、柵目の大きさや所要時間に関係なく速度は大きく変化していた。さらに全被験者に共通して1筆目と2筆目で、漸次的に速度の増加と減少を一度しており、3筆目では複数回漸次的に速度を変化させていた(図6参照)。この速度変化は、運筆の開始点と終了点を一気に結ぶように書いているため、速度変化が漸次的になるのだと考えられる。

これら課題によって速度変化が異なることは、既存の紙による評価方法では評価できず、本評価システムを用いることで可能となったことである。

2. 課題遂行中の眼球運動測定

注視は、線引き課題では罫線に沿って常に発生していたが、柵目課題では“あ”の一部分でのみ発生していた。線引きという限られた領域に線を引く巧緻性の高い課題では、速度を一定に調整するとともに、罫線とペン先の位置を確認する視覚情報が常に必要であることが示唆された。一方、書き慣れた記憶された文字を柵内に書く柵目課題では、運筆は自分の想定した開始点と終了点を結ぶように運筆をするため速度変化は大きくなり、さらに視覚情報は、開始点や遂行中の運筆の一部分のみで利用されていると考えられる結果であった。このため、線引き課題に比べると巧緻性の低い課題と考えられる。

3. 本評価システムの可能性について

今回、開発した運筆評価システムによって、これまで既存の用紙による評価ではできなかった、運筆遂行中の時間経過に沿った速度調整と注視状態の状況を明らかにするとともに、視覚機能を同時に評価することができたと考える。さらに、課題によって運筆速度が異なり、注視の発生位置にも違いがあることを明らかにすることが可能となった。

本研究で課題として用いた線引き課題と柵目課題は、それぞれ視覚誘導性運動と記憶誘導性運動を評価する課題を想定していた。運動制御に関するこれまでの研究からは、視覚誘導性運動では視覚座標と運動座標の統合を図りつつ^{9),10)}、小脳を介した運動制御¹¹⁾が行われていることが知られている。そのため、巧緻性の高い線引き課題では、速度を一定にし、罫線から外れないように常に筆の動きを制御したと考えられる。一方、記憶誘導性運動は、内的情報を基盤とした運動企画に基づいて、補足運動野に存在する運動のサブルーチンを基底核との連携によって抽出することにより適切な運動を出力していると考えられている¹²⁾。すでに記憶された運動であり、巧緻性も低い柵目課題では、速度を一定に保つ必要はなく、速度変化は大きくなると考える。本研究で用いた課題で認められた運筆速度の変化の特性は、この運動制御方略の違いを示したと考える。

おわりに

本研究で開発したシステムは、運筆遂行中の速度変化と注視状態を同期させて測定をすることが可能で、運筆における運動機能と視覚機能の関係を調査するために有効であることが示唆された。

今後、他の多くの被験者を対象に、今回用いた線引き課題や柵目課題とそれら以外の課題を用いて、被験者や課題による速度変化の表れ方の違いや、速度変化と注視との関係をさらに詳しく調べる計画である。そして、眼球運動測定装置を使わずに、速度変化から視覚誘導性と記憶誘導性といった運動方略の違いを評価できるシステムへの改良を行い、最終的には、不器用さの症状の判別や、子どもの発達の変化を調べるといった、臨床現場で使えるシステムの実現を目指している。

なお本論文は、平成18年度札幌医科大学保健医療学研究科博士課程前期・理学療法学・作業療法学専攻に提出した修士論文研究を加筆、編集したものである。

文 献

- 1) 金子翼：作業療法の対象となる障害と問題解決の方法. 金子翼編, 社団法人日本作業療法士協会監修, 作業療法学全書 [改訂第二版] 第4巻作業療法学1 身体障害. 東京, 協同医書出版社, 1999, p18-43
- 2) 森山早苗：脳卒中と頭部外傷. 金子翼編, 社団法人日本作業療法士協会監修, 作業療法学全書 [改訂第二版] 第4巻作業療法学1 身体障害. 東京, 協同医書出版社, 1999, p55-93
- 3) 古川昭人：基礎身体機能検査. 社団法人日本作業療法士協会編, 作業療法学全書第3巻作業療法評価法. 東京, 協同医書出版社, 1998, p184-214
- 4) 乾敏郎：知覚と運動. 乾敏郎編, 認知心理学1 知覚と運動. 東京, 東京大学出版会, 2001, p1-13
- 5) 藤井浩美, 藤原健一, 平川裕一他：線引き課題中の眼と手の協応 眼球固視回数と課題達成度からの検討. 作業療法ジャーナル33: 169-173 1999
- 6) 東芝製Dynabook SS M200: Retrieved December 29, 2006 from the World Wide Web: http://www.toshiba.co.jp/about/press/2003_12/pr_j0401.htm
- 7) 竹井機器工業株式会社：トークアイ仕様・使用説明書
- 8) 福田亮子, 佐久間美能留, 中村悦夫, 福田忠彦：注視点の定義に関する実験的検討. 人間工学32: 197-204 1996
- 9) Atkeson CG. : Learning arm kinematics and dynamics. Annu Rev Neurosci Vol. 12: 157-183 1989
- 10) 村田哲：手操作運動のための物体と手の脳内表現. VISION 16: 141-147 2004

- 11) Kurata K. : Site of origin of projections from the thalamus to dorsal versus ventral aspects of the premotor cortex of monkeys. *Neurosci Res.* 21 : 71-76 1994
- 12) Tanji J., Shima K. : Role for supplementary motor area cells in planning several movements ahead. *Nature* 371 : 413-416 1994