

視覚刺激に対応した視覚－運動反応課題による不器用さの分析

—新たな不器用さの分析を目指して—

須鎌 康介¹⁾ 中島 そのみ²⁾ 佐々木 努¹⁾

瀧澤 聡³⁾ 世良 彰康⁴⁾ 佐々木 悠子⁵⁾

札幌医科大学大学院保健医療学研究科理学療法・作業療法学専攻¹⁾

札幌医科大学保健医療学部作業療法学科²⁾ 札幌市立南月寒小学校³⁾

札幌リハビリテーション専門学校⁴⁾ 札幌あゆみの園⁵⁾

<要 旨>

学習障害児などの軽度発達障害児は、その主症状とともにはさみの使用が困難であるなど手指機能の不器用さも治療目標の一つとなる。本研究では、新たに開発した視覚－運動協応課題を採用した手指機能の測定機器を用いて、運動中の手指動作を若年健常者と学習障害児それぞれに対して測定を行った。測定課題は水平移動する光点にあわせて左右手に保持したつまみ器具をつまむものとした。また、既存の手指機能を評価する机上検査もあわせて実施し比較検討した。その結果、つまみ動作の運動時間とつまんでいる状態から指を離すときの運動が手指機能の能力に関連する可能性が明らかになった。今回使用した機器と既存の評価を併用することで、対象者の個々の状態にあわせてリハビリテーションの提供が可能になるものと考えられる。

<キーワード>

不器用、学習障害、視覚刺激、運動制御、両手協調動作

【はじめに】

学習障害 (LD) などの軽度発達障害児はその主症状以外に、日常生活では、はさみを上手に操作できず思い通りに切れない、製作課題などで人よりもできばえが雑になってしまうなど、手指機能の「不器用さ」に起因した問題が多くの子ども達に共通して臨床上認められる。LDでは、この不器用さの問題が教科学習の遅れなどの主症状よりも、学習参加への導入を妨げたり、子ども自身の劣等感となっていることも多い¹⁾²⁾³⁾。この不器用さは姿勢調節や目と手の協応性、運動方略、課題への集中性などが関わるとされ、主症状とともに中枢神経系の機能障害の影響が考えられている。現在、リハビリテーション場

面で行われている不器用さに関わる手指機能の評価は、箸と茶碗をそれぞれどちらの手で持つかといった利き側の観察、線を鉛筆でなぞる課題など実際の物品操作を行った結果から正確性や所要時間を測定することで評価している。しかし、これらの評価は用いる運動の正確性や速度から手指機能の器用－不器用といった性質を明らかにできるものの、どのような要因がその違いを引き起こしているのかを明らかにすることは限界がある。

今回の研究では運動中の手指機能を、既存の検査・評価法とは異なる視点で分析し得る測定方法を開発することを目的とした。開発にあた

つては、視覚—運動課題を遂行する際の時間的経過に沿った動作結果に関する評価が可能になること、また、動作課題としては日常生活で使用頻度の高いつまみ動作を採用することにした。これらの条件を満たす測定機器を開発するとともに、この機器を用いた健常成人の標準値とLD児との比較を通じて、新しい評価方法の意義について提言する。

【測定機器】

測定機器は変位変換器DT-50A(定格容量50mm)、計装用増幅器(コンディショナ)WGA-670A、バーゲージをそれぞれ2台(以上、共和電業製)、A/D変換器(センサインタフェース)PCD-320A、PC/AT互換パーソナルコンピュータPC-VC500V1FD-1、ニスタモグラフEN1100、指標追跡装置3G31(以上、日本電気製)をそれぞれ1台使用した。

測定機器の構成(図1)は指標追跡装置に呈示する指標(光点)をニスタモグラフが制御し、指標の動きの電圧変化をセンサインタフェースへ出力した。また、手指の移動距離を測定する器具は変位変換器に握り等の把持器具を装着しつまみ装置とした(図2)。つまみ動作による変位変換器の電圧変化は増幅器へ送られ、リアルタイムにつまみの移動距離の実数として増幅器のモニタに表示されるとともに変化を量的なイメージとしてバーゲージにも表示させた。

さらにつまみ動作の信号は増幅器からA/D変換器へ出力しニスタモグラフからの指標の制御信号とともにコンピュータへ取り込まれ制御ソフトウェアPCD-10(共和電業製)にて収録した。

つまみ装置の動作部はつまみ幅を可変式にし、対象者の手の大きさに合わせて変更できるように設計した。

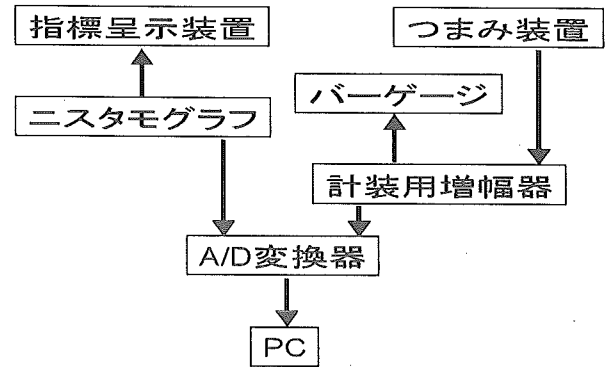


図1 機器構成

矢印は各装置間の信号の流れを表す

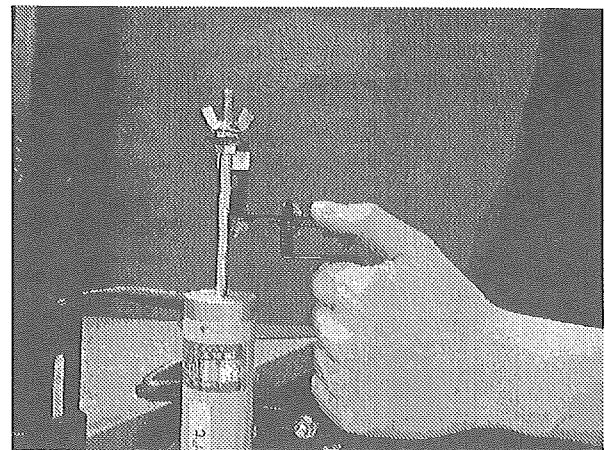


図2 測定器具(つまみ装置)

左手で測定器具を把持している様子。拇指でつまみ動作を行うと変位変換器のロッドが動きつまみ幅の変化を測定する

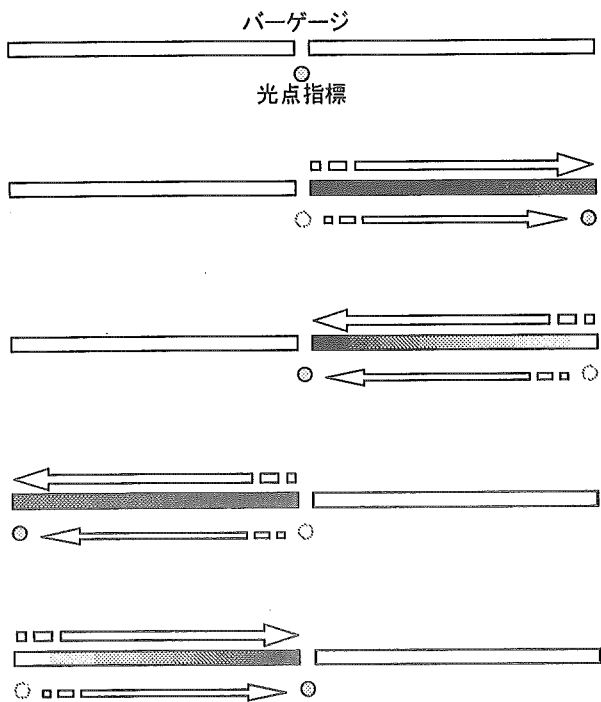


図 3 バーゲージと指標

指標が正中→右→正中→左→正中と動く様子とバーゲージの様子を模式化したもの。光点の動きにあわせてつまみ動作を行うと、動作を行った側のバーゲージの目盛りが増加し、つまみをゆるめるとバーゲージの目盛りは減少する

【測定方法】

測定は左右手でそれぞれ拇指の指腹と示指の側面で行う側腹つまみで測定器具(つまみ装置)を保持し、指標の動きに合わせて洗濯はさみ様のつまみ動作を行う視覚-運動反応課題を行った。運動反応課題は前方 60cm の指標提示装置に表示される指標とつまみの変化量がリアルタイムにイメージ化されて表示されるバーゲージを参考に指標の動きに従ってつまみ動作で反応するように要求した。指標は正弦波として視角 30° の範囲を 10 秒周期で水平方向に移動し、指標が正中から左右どちらかの方向へ移動するに従い同側に保持したつまみ装置をつまみ、指標

が端から折り返し再び正中に戻るに従いつまみの力を抜き、指標が正中を越え反対側に移動すると反対側のつまみへ切り替えるものとした。

測定で要求されるつまみ幅は 10mm とした。測定手順は、検査方法を理解できるまで十分練習の後①片手・右、②片手・左、③両手の順番で測定した。測定時間は 66 秒間とした。

また、今回の研究に用いた機器で得られる評価との比較のために書字機能や手指の巧緻性の評価に使われる机上検査として、厚生労働省編一般職業適性検査の「組合せ検査(図 4)」と「分解検査」、「さし替え検査」を標準的な検査法に準じて実施した。「組合せ検査」と「分解検査」はそれぞれ両手の物品操作を評価する検査である。「組合せ検査」は検査盤の上部の穴にさしてある丸びょうと左側の支柱に重ねてある座金をそれぞれ右手と左手でつまみ取り、丸びょうと座金を組み合わせた後検査盤の下の穴に素早く差し込む検査である。「分解検査」は検査盤の下部の穴に組み合わされてさしてある丸びょうと座金をつまみ取り素早く上部の穴と柱へ戻す検査である。片手の物品操作課題として実施した「さし替え検査」は検査盤にさしてある棒をできるだけ速く片手で穴から抜き、指で棒を逆転させ、もとの穴に戻す検査である。この検査を右手と左手それぞれで測定を行った。

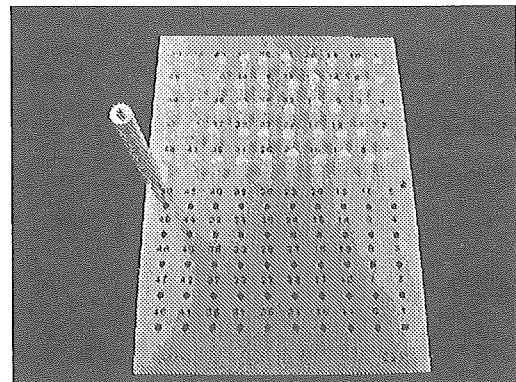


図 4 組合せ検査

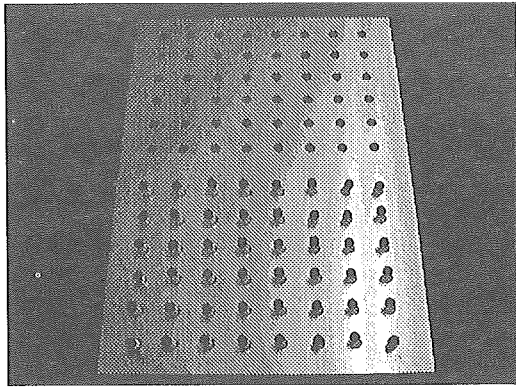


図 5 さし替え検査

【分析方法】

今回開発した機器により得られたデータの分析方法は、指標へのつまみ動作の追従性をつまみ動作の手指の運動制御として「運動時間」と「運動中の連続的な制御」の2点から行った。片手条件・両手条件ともに指標が正中で0mmを指示した時を「運動開始」、9mmを指示する時を「つまみ最大」、端から折り返し再び9mmを指示する時を「解放開始」、0mmを指示する時を「運動終了」とし、運動開始からつまみ最大までの期間を「pinch期」、減少開始から運動終了までを「release期」としてそれぞれの期間の運動時間とつまみ動作中の連続的な制御をRMS(2乗平均平方根: root-mean-square)を用いて分析した。運動の目安となる指標の運動時間は1.8s、RMSは5.7となり、これらの値に近いほど指標への追従性が高いつまみ動作であり、小さい値の場合は運動中の前半に運動が集中し、大きい値では後半に集中していることを表す。

【対象】

対象はすべて右利きのものとし、視力に問題のない15歳(A)と17歳(B)のLD児2名と19歳から30歳の若年健常者5名に対して測定を行

った。利き手の判定は利き手判定質問紙⁴⁾と物品操作や筆記動作の観察を通して行い、視力は指標追跡装置の指標をはっきりと見ることができるかを確認した。

対象としたLD児の特徴は、日常生活ではA児は、言語学習や図形課題などの空間的概念操作に未熟さを示し、国語や数学の応用問題、図形課題、更に社会や理科ではグラフの読みとりなどに困難さを示している。粗大運動では問題は認められていないが、手工芸などの巧緻動作課題では、作品の雑さが両親からも指摘されているが、性格的にいい加減だからと理解されている。11歳2ヶ月時点で行ったWISC-Rの結果では、言語性IQ105、動作性IQ109という結果であった。一方、B児は語彙力が豊富なため詩作などに取り組み、英語にも興味を持ち熱心に取り組んでいる。しかし、数の量的な把握や視覚的記憶およびその再生に未熟さが認められている。運動面では粗大運動と巧緻運動の未熟さが顕著に認められていた。11歳7ヶ月時点で行ったWISC-Rでは言語性IQ92、動作性IQ70という結果であった。

【結果】

1. 健常対象者におけるデータの信頼性

今回使用した視覚-運動協応課題では66秒間の測定中に左右とも5回の運動反応が含まれていた。健常者1名の右手pinch期の運動時間とRMSを用いて、測定の信頼性と代表値の扱いについて検討を行った。測定中の運動時間を測定順に図6に示した。1回目は1.8s、2回目が1.6s、以下1.8s、1.8s、1.7sとなり5回の平均が1.7±0.1sであった。同様にRMS(図7)は1回目5.2、2回目6.3、以下5.7、5.0、6.0となり平均5.6±0.5であった。以上より運動時間、RMS

ともに測定ごとの値の差は生じるものの運動時間は1標準偏差に収まり、RMSも変動が少ない値となったため3回目の値を代表値として扱い分析を行った。

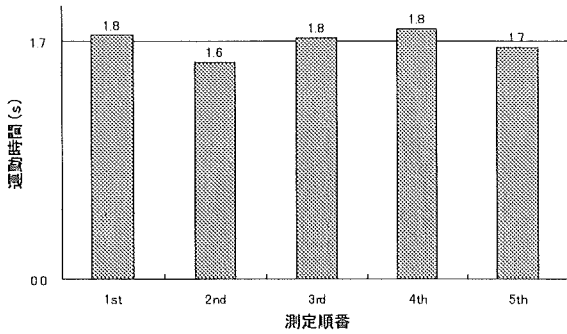


図6 対象者1名の測定中の運動時間

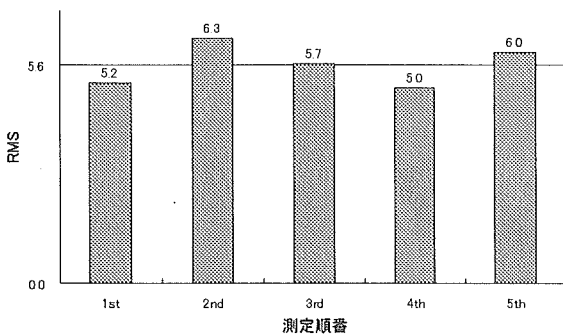


図7 対象者1名の測定中のRMS

2. つまみ動作の運動時間とRMS

つまみ動作の運動時間とRMSの測定結果を測定条件ごとに図8・9にまとめた。健常者の運動時間は、右手の片手・両手ともにpinch期で1.1~2.8s程度、release期で1.2~2.6s程度の範囲に収まる結果となった。左手も同様にpinch期1.1~2.5s、release期1.4~2.1s程度であった。また、RMSは左右ともにpinch期で5~7、release期で4~6の範囲となりつまむ動作よりもつまんでいる状態から徐々に指を離すことの

困難さが認められた。

LD児2名の測定結果は、A児の運動時間がpinch期で右・片手:1.7、両手:2.1、左・片手:1.3、両手:1.8、release期が右・片手:1.6、両手:2.2、左・片手2.2、両手:2.2と健常者と同様の傾向を示した。RMSは左右のpinch期が片手・両手ともに5.2~6.0、release期が片手・両手ともに4.7~5.6と運動時間とともに健常者と同様の結果となった。一方B児では運動時間がpinch期が左右ともに片手:0.4s以下、両手0.2s以下、release期が左右の片手・両手ともに0.8s以下と健常者やA児と比べ短時間に運動を行っていることが明らかになった。RMSは左右の片手・両手ともにpinch期が5.4前後、release期が4.5前後とこちらは健常者と同様につまんでいる状態からの運動調節の難しさが認められた。

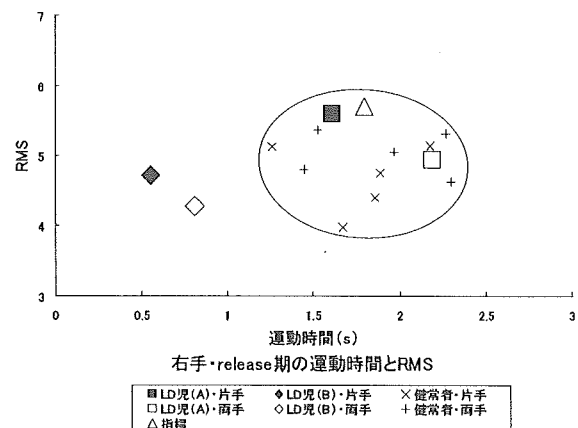
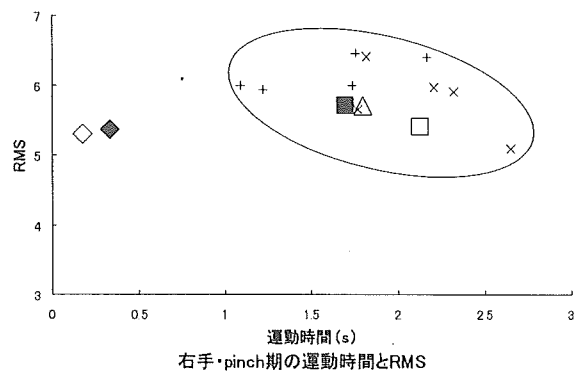
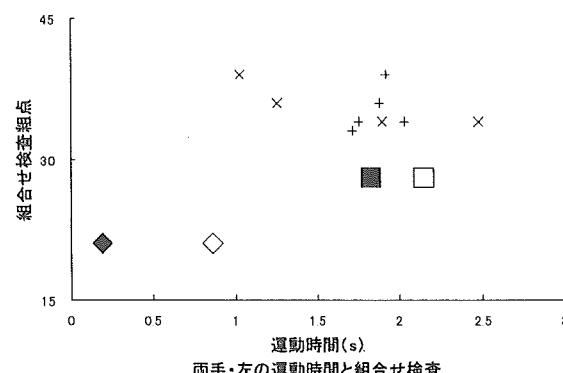
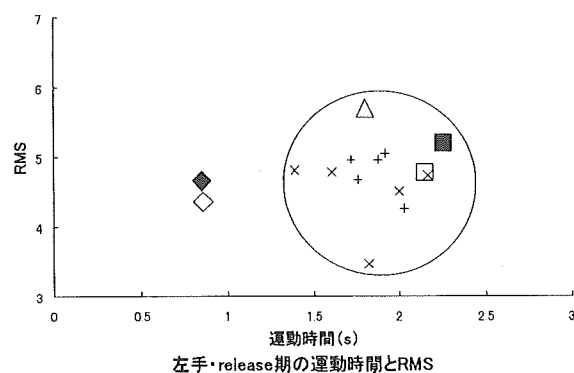
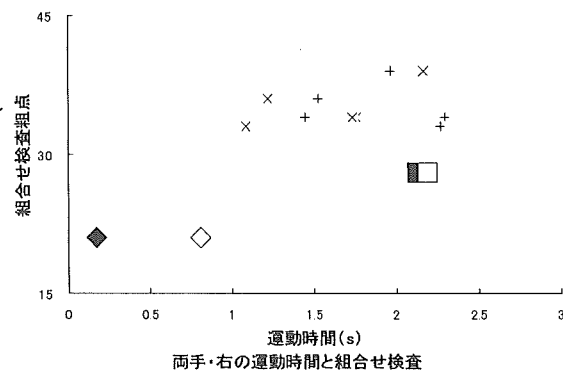
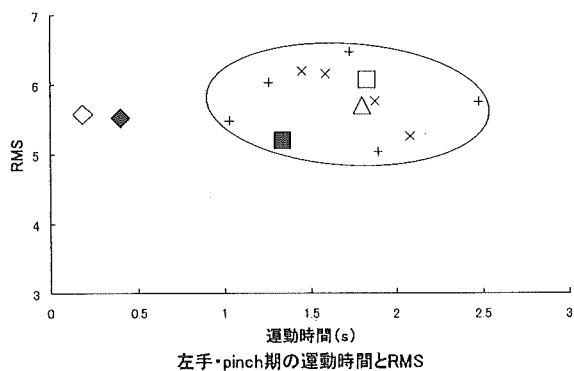


図8 健常者5名とLD児2名の右手の運動時間とRMSの関係



■ LD児(A)・片手 ◆ LD児(B)・片手 × 健常者・片手
□ LD児(A)・両手 ◇ LD児(B)・両手 + 健常者・両手
△ 指標

■ LD児(A)・pinch ◆ LD児(B)・pinch × 健常者・pinch
□ LD児(A)・release ◇ LD児(B)・release + 健常者・release

図 9 健常者5名とLD児2名の左手の運動時間とRMSの関係

図 10 両手の運動時間と組合せ時間

3. つまみ動作の運動時間と机上検査

1) 運動時間と組合せ検査

両手のつまみ動作の運動時間と組合せ検査をまとめたものが図 10 である。LD 児の結果は A 児が 28 点と健常者の 33 点から 39 点の得点範囲に近い値を取ったが、B 児は 21 点と低い得点結果となり、臨床上見られる A 児と B 児の不器用さの特徴が机上検査とともに視覚-運動協応課題でも測定することができた。

2) 運動時間と分解検査

両手のつまみ動作の運動時間と分解検査の結果を図 11 にまとめた。LD 児の得点は A 児が 22 点、B 児が 17 点となり 2 名とも健常者の組合せ検査の得点範囲の 25 点から 32 点よりも低い得点となったが、組合せ検査と同様に A 児が健常者に近い値を示し、B 児は低い得点となり机上検査、視覚-運動協応課題ともに両手での物品操作の困難さを示す結果となった。

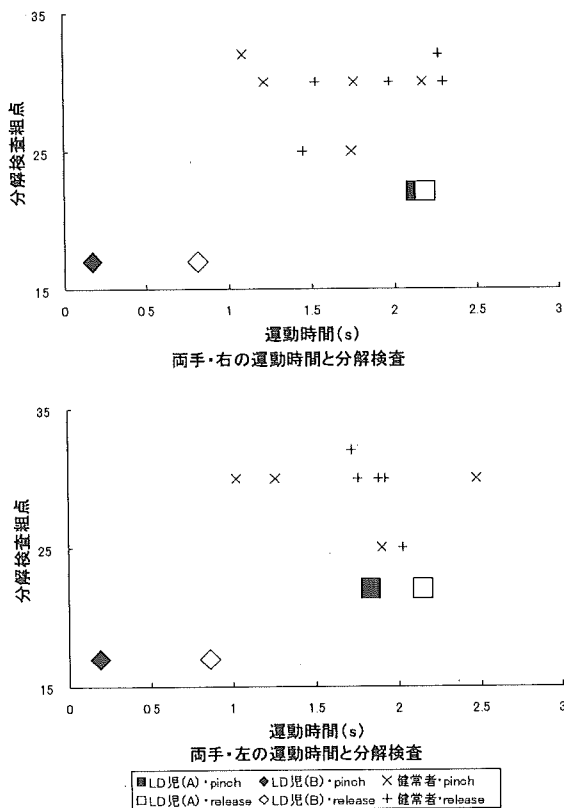


図 11 両手の運動時間と分解検査

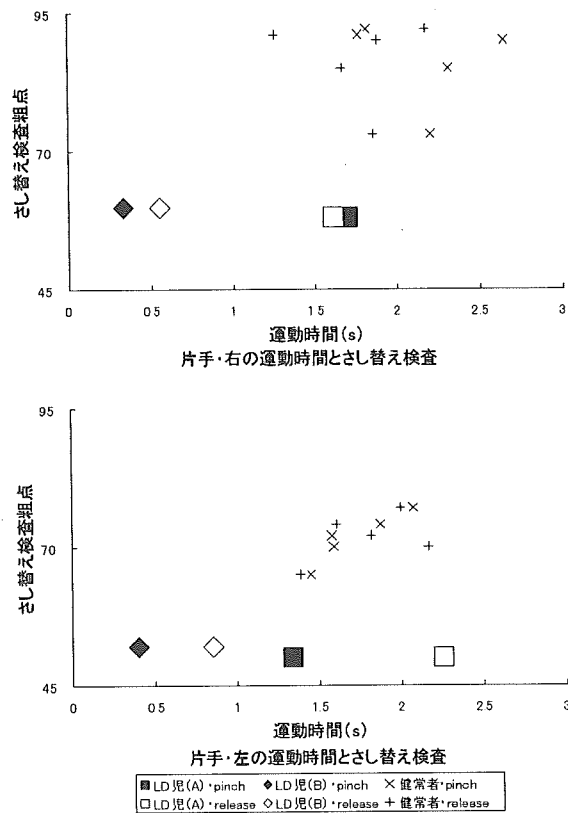


図 12 片手の運動時間とさし替え検査

3) 運動時間とさし替え検査

片手のつまみ動作の運動時間とさし替え検査の関連を右手と左手をそれぞれ図12にまとめた。LD児の測定結果はA児が右手58点、左手50点、B児が右手60点、左手が52点となり、2名とも健常者の右手73点から92点、左手65点から77点の範囲を下回り、右手に比べ左手の得点が低く非利き手である左手指の操作の困難さが認められた。また、視覚-運動協応課題において健常者と同程度の運動調節を行えたA児の得点がB児の得点と同程度の低い得点となった。

【考察】

1. 開発した測定機器の有用性について

手指巧緻性や目と手の協応性に関する評価は、本研究で用いた一般職業適性検査や各種知能検査の下位検査、更にフロスティグ検査などの視知覚機能検査などで行われている。これらの既存検査では、巧緻動作として物品操作や書字動作などの複合的な運動要素を含んだ課題を用いることにより評価を行っている。そのため、結果として時間がかかったり、線がまっすぐ引けていなかったりすることが、どのような運動要素により引き起こしているのかが分析できなかった。運動は関節の伸展と屈曲、その複合と

しての回旋という方向性を持ち、それに筋張力の調整による速度や力の調節という性質と、筋一固有覚系を介した身体両側の協調、視覚や聴覚との統合による協調性といった働きを持つ⁵⁾⁶⁾。開発した機器は動作課題として母指一示指の屈曲と伸展という単純な動作方向で、抵抗のない相同性運動を採用している。この単純な運動を視覚刺激と協調させて行わせており、これまでの諸検査に比べても関わる運動要素を少なく設計できていると考えている。以上のような本測定機器の特性は、既存の評価方法における総合的な手指機能の評価を、より焦点化する可能性を持っていると思われる。実際に、個人内差を見た複数回の測定では、極めてバラツキの少ない結果が得られており、測定されている機能が限定されていることを示唆する結果も得られている。

2. 開発した機器による健常者とLD児の手指機能

本研究結果からは、健常者においても時間的な要因であるタイミングの調節においては、個人間差があることが認められていた。しかし、この個人差は本研究で用いた一般職業適性検査には反映されていなかった。一方、同一個人内での左右手の機能差としては、開発した測定機器で採用した視覚一運動協応課題では明確な差はなく、一般職業適性検査では差異が認められていた。このことは、課題に含まれる動作の複雑さ、特に運動の方向の多様性が、左右手の機能的差異に影響している可能性も考えられる結果であった。

LD児との比較では、A児とB児が共通して未熟さを認めたのは、一般職業適性検査の「さし替え検査」のみであった。この検査は片手でのマニピュレーション能が評価されるものであり、

本検査で測定している視覚一運動協応能と直接的なつながりに乏しい評価と考えられる。実際に視覚一運動協応課題ではA児は健常者と同程度の運動調節能力があったことから、A児とB児の不器用さはその要因や原因が異なる可能性が考えられた。A児・B児ともに「さし替え検査」のような手指の複合的な運動は苦手であるが、測定機器に採用した視覚一運動協応課題のような単純な手指の運動では、A児は運動の開始と終了のタイミング調節が適切になされるが、B児は適切に遂行できていなかった。また、A児は日常生活上、粗大運動では問題がなく、手工芸課題などの手指のマニピュレーション能を一つの要因とした細かな対象物の操作の未熟さが指摘されている。この背景には筋張力の調整による速度や力の調節などの関与も考えられるが、本測定機器では評価ができない要因であり今後の課題としたい。一方、B児では粗大・巧緻動作の未熟さが主要な問題の一つとなっており、時間的な要因であるタイミング調節の問題がその背景として考えられた。このことは、両手動作の机上検査でA児とB児の得点に差にも現れており、A児が健常者に近い運動がなされていた。日常生活で行う物品操作の多くは両手動作であり、A児が日常生活では運動の未熟さによる不適応を明確に指摘されていないこと、両手動作では一側の運動が他側の運動に対して互いに影響しあい運動調節能力が向上⁷⁾⁸⁾することも先行研究で指摘されており、A児では筋一固有覚系が運動調節に影響していることが示唆される結果であった。

また、視覚一運動協応課題を用いた今回の測定機器の特徴である動作中の手指の運動測定からは、机上検査では明確化できない手指機能について、視覚指標に合わせた運動単位の減少に

関する調節（指を離すときの運動の制御）が健常者でもLD児でも調節が難しい課題であることが明らかになった。特に、日常的に不器用さを認めるB児では運動単位の減少と時間的調節を複合することにより、健常者やA児と比較しても極端に困難さを示しており、この視点も今後の評価では有用なものとなる可能性も示唆された。

以上のことから、開発した測定機器と既存の手指機能検査や評価を併せて使用することで、今までは一括りに不器用であると判定され同様のリハビリテーションアプローチがなされていた子どもたちに対して、タイミング調節に問題があるのか、動作中の手指の連続的な動きの制御の困難さが不器用さに影響しているのか、もしくは他の影響によるものであるかを検討することができた。このことにより、本研究を今後より発展させていくことで、より明確なリハビリテーションプログラムを提供する事ができる可能性があると考えている。

【参考文献】

- 1) 辻井政次：普通学級においてみられる不器用さとその指導 1節 教室内・家庭学習での指導. 辻井政次, 宮原資英編著. 子供の不器用さーその影響と発達の援助ー. 東京, ブレーン出版, 1999, p197-202
- 2) 花井忠征：普通学級においてみられる不器用さとその指導 2節 体育科での指導. 辻井政次, 宮原資英編著. 子供の不器用さーその影響と発達の援助ー. 東京, ブレーン出版, 1999, p202-213
- 3) 堀美和子：特別な配慮が必要な不器用な子供たちへの指導 1節 学習障害への指導. 辻井政次, 宮原資英編著. 子供の不器用さーその影

響と発達の援助ー. 東京, ブレーン出版, 1999, p216-227

- 4) 萱村俊哉：健常児(人)における Laterality. 発達の神経心理学的評価ー学習障害・MBDの診断のために. 東京, 多賀出版, 1997, p21-74
- 5) 中村隆一, 斉藤宏：基礎運動学 第4版. 東京, 医歯薬出版, 1992
- 6) 猪飼道夫：体力の要素としての敏捷性. 猪飼道夫. 身体運動の生理学. 東京, 杏林書院, 1973, p84-95
- 7) 須鎌康介, 仙石泰仁, 中島そのみほか：視覚刺激に対応した目と手の協応課題による不器用さの分析ー視覚刺激に対応した目と手の協応課題による不器用さの分析にむけてー. 札幌医科大学保健医療学部紀要第6号：p59-67, 2003
- 8) 大道等, 八木尚江, 森下はるみ：幼児タッピング動作の観察. 体育の科学 33：p240-247, 1983