

知的障害者の衝動性眼球運動反応時間に対する指差しの効果

葉 石 光 一	埼玉大学教育学部特別支援教育講座
奥 住 秀 之	東京学芸大学教育学部
勝 二 博 亮	茨城大学教育学部
岡 崎 慎 治	筑波大学人間系
大 庭 重 治	上越教育大学大学院学校教育研究科
國 分 充	東京学芸大学教育学部

キーワード：知的障害、衝動性眼球運動反応時間、指さし

1. はじめに

反応時間は一般に知能と強い負の相関をもち (Jensen, 1993)、知的障害者の反応時間が遅いことは古くから指摘されている (例えば Baumeister & Kellas, 1968b)。知的障害がある場合に反応時間が延長することの背景については、①知能と神経伝導速度の相関を指摘する研究 (例えば、Reed & Jensen, 1992) や、②知能と大脳皮質活性化の効率性の関連を指摘する研究 (例えば、Neubauer & Fink, 2003) より、ひとつには脳の情報処理効率の低さが想定される。加えて、これまであまり注目されることがなかったが、この背景要因の考察には、知的障害者の反応時間の変動性の大きさを考慮する必要がある。Baumeister & Kellas (1968a) は、知的障害者の最も早い反応時間が定型発達者と比較してそれほど延長していない一方で、その分布が広く、定型発達者にはみられない極端に遅い反応に特徴があることを示した。近年、知能と反応時間との関連は、この極端に遅い反応 (ワースト・パフォーマンス: WP) に着目して分析されるようになっており、知能と反応時間との相関は、WPにおいて最も強い (Coyle, 2003) ことが知られている (WPルール)。これについては、課題に向かう注意やワーキングメモリのつまずき (Schmiedek, Oberauer, Wilhelm, Süß, & Wittmann, 2007) として説明される。このことからいえば、反応時間と知能との関連は、先に述べた情報処理効率の低さのみでなく、課題にそって行為をまとめる実行制御機能の問題を背景要因として考慮する必要があるだろう。

眼球運動反応時間についての研究だが、Haishi, Okuzumi, & Kokubun (2011) は反応時間の平均的パフォーマンスの影響因を分析した。生活年齢、知能指数、実行制御機能、衝動性眼球運動反応時間 (Saccadic Reaction Time: SRT) の平均値 (SRTM) および標準偏差 (SRTSD) の関連をパス解析によって分析したところ、SRTMは①知能指数の影響を受けるとともに、②SRTSDを

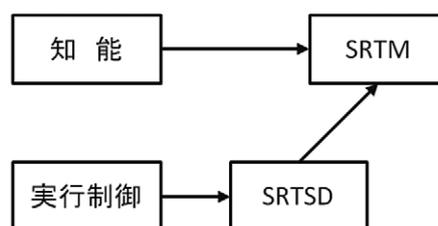


図1 知能、実行制御機能、SRTの関連 (Haishi et al. (2011) に基づいて作成)

介して実行制御機能の影響も受けることが明らかとなった。図1はこの影響関係の概念図である。この結果は、反応時間の平均的パフォーマンスに対して、知能指数に反映される脳の情報処理効率と課題遂行に係る実行制御機能の両者が影響を与えるとする上の見方と一致している。

知的障害者のSRTMを短縮するための手立ての一つとして、運動反応の変動性（SRTSD）を減少させることが考えられる。つまり、極端に遅い運動反応を少なくすることで、平均的パフォーマンスを向上させるという手立てである。先に述べたSchmiedekらの説明によれば、このためには注意の維持を強めることが鍵となる。視覚刺激を検出、定位する眼球運動課題においては、視覚的定位活動を活性化する手立てということになるが、そのような効果をもつもの一つに指差しがある。指差しが注意を喚起する行動であることは生活経験を通してよく知られており、産業現場でもこの効果が認識されている。例えば鉄道業においては、作業対象や確認すべき対象を指差し、その名前や状態を言うことを指差喚呼といい、作業現場でのヒューマンエラーの防止（篠原・森本・久保田，2009）に役立てられている。また指差喚呼により、反応時間が短縮する効果が認められている（篠原・森本・久保田，2009）。SRTについても同様の効果が認められており、視覚刺激を指差しする手の運動を伴わせることでSRTが短縮することが示されている（Lünenburger, Kuts, & Hoffmann, 2000）。そこで本研究では、指差しを伴わせることによる知的障害者のSRTの変化を、平均的パフォーマンス（SRTM）と変動性（SRTSD）の点から分析する。

2. 方法

2-1 対象者

本研究の対象者は生活年齢17から57歳（平均生活年齢 34.8 ± 9.1 歳）、知能指数14から70（平均知能指数 34.5 ± 16.9 ）の知的障害者26名であった。知能指数は、日本で標準化された田中ビネー知能検査によって測定した。対象者には感覚障害、脳性まひや進行性疾患などの運動障害といった、他の障害をあわせもつ者を含めなかった。研究内容に関する事前の説明に対して、全ての対象者の保護者から研究参加の同意を得た。また測定への参加を拒否した者は対象者に含めていない。

2-2 眼球運動の測定

水平および垂直方向の眼球運動を、眼電位図（EOG）法により測定した。水平方向の眼球運動測定のために左右外眼角の外側、垂直方向の眼球運動測定のために右目の上下に銀-塩化銀電極を装着した。電極からのEOG信号は生体アンプによって増幅した後、20Hzローパスフィルタを通して磁気記録した。

2-3 測定条件

眼球運動誘発のための視覚刺激は、対象者の眼前30cmに設置されたスクリーンに映し出される直径視角1度の白色光点であった。測定にあたっては顎台を使い、対象者の顔とスクリーンの距離が一定になるようにした。光点は、水平方向に総振幅視角30度で矩形波様に動かした。対象者には、眼前のスクリーン上で光点が左右に交互点滅して見える。スクリーン上の光ったところを素早く見るよう教示して、光点から光点へ移動する衝動性眼球運動を誘発した。光点の点滅の周波数は0.5Hzとした。眼球運動は二つの条件で測定された。一つは、スクリーンの光点の動きを

単に追視する基準条件である。もうひとつは、光点の追視に指さしを伴わせる指さし条件である。測定の前に、スクリーン上の光点の動きをできるだけ素早く追視することを対象者に伝え、練習試行を行い、対象者の眼球運動を観察して教示の理解の程度を把握した。教示通りの追視ができているとみなされなかった場合、再度教示を繰り返し、練習を行った。

2-4 分析

測定開始後の最初の5試行、および光点の動きよりも眼球運動が先行した先回り試行を除き、光点の追視によって生じた衝動性眼球運動5個の反応時間 (Saccadic Reaction Time: SRT) を計測した。また5個のSRTの平均値 (SRT Mean: SRTM)、および標準偏差 (SRT Standard Deviation: SRTSD) を個人ごとに算出した。SRTM、SRTSDいずれについても、指さしの効果を検討する際の指標として指さし条件/基準条件の比によって表わされるSRTM比およびSRTSD比を算出した。SRTM、SRTSDそれぞれについて、指さしによって値が小さくなればこの比は1.0より小さい値をとる。

3. 結果と考察

3-1 SRTに対する指さしの効果

図2はSRTMについて基準条件と指さし条件の関係を示したものである。両者の関係は明瞭であり、指さし条件のSRTMと基準条件のSRTMの間には正の相関がみられる。基準条件のSRTMを独立変数、指さし条件のSRTMを従属変数として単回帰分析を行ったところ、回帰は統計的に有意であった ($F_{1, 24}=33.84, p=.000$)。これは、指さし条件のSRTMが基準条件のSRTMの大きさによって、ある程度、予測される (回帰分析の調整済み決定係数は0.57) ことを意味している。また指さしの効果は基準条件のSRTMが長いほど大きい。

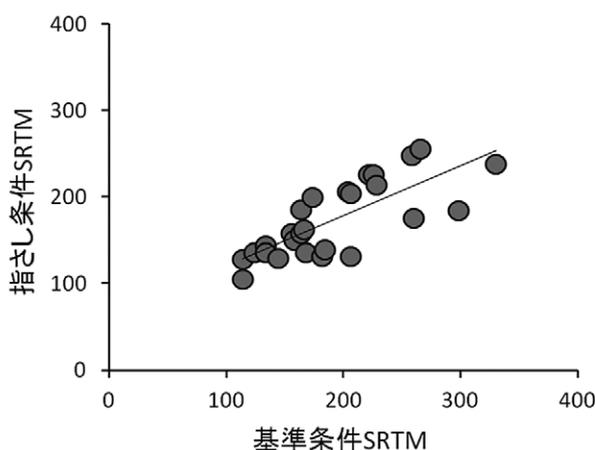


図2 SRTMに対する指さしの効果

いっぽう、SRTSDに対する指さしの効果の現れ方はSRTMの場合とは異なっていた。図3に基準条件のSRTSDと指さし条件のSRTSDの関連を示した。SRTSDに対する指さしの効果は、基準条件のSRTSDが大きい場合により顕著であり、基準条件のSRTSDが大きい者ほど指さし条件のSRTSDは減少している。指さし条件のパフォーマンスが、基準条件のパフォーマンスに関わらず大きく改善される点は、SRTMと特徴が異なっているところである。つまり、指さし条件の

SRTSDは基準条件のSRTSDの値にSRTMの場合ほど大きく影響されていない。この点について、基準条件のSRTSDを独立変数、指さし条件のSRTSDを従属変数とする回帰分析を行って確認した結果、回帰は統計的に有意ではなかった ($F_{1,24}=.22$)。

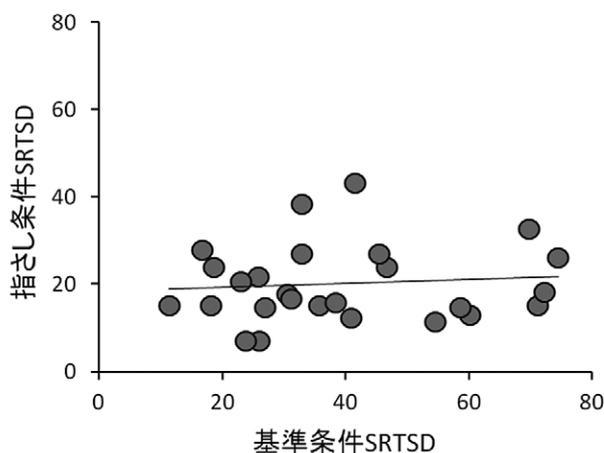


図3 SRTSDに対する指さしの効果

3-2 SRTMとSRTSDの関連

上述のように、指さしがSRTSDの減少とSRTMの短縮に効果をもつことが確認された。ここでは、SRTMとSRTSDに現れた指さしの効果の関連について検討する。

図4は基準条件のSRTSDとSRTM比（指さし条件SRTM／基準条件SRTMの比）の関連を示したものである。両変数の間に単純な関連性を見出すのは難しいが、基準条件SRTSDの分布の四分位数を手がかりにすると両変数間に一定の関係性を見出すことができる。図中の縦線は左から第一四分位数(25.9)、第二四分位数(34.3)、第三四分位数(52.6)を示している。また図中の曲線は、両変数の関連を三次曲線でフィッティングした結果である。

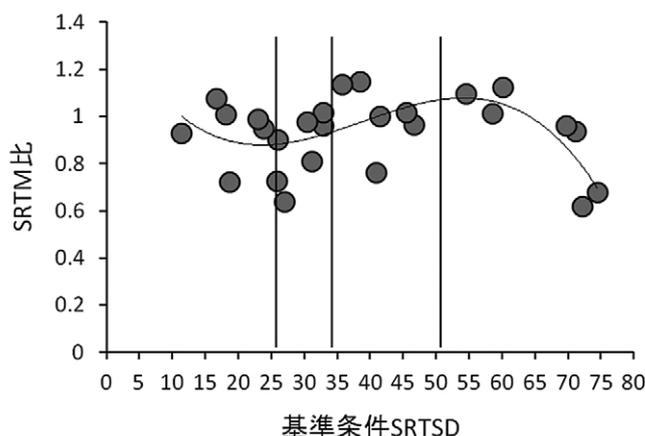


図4 基準条件のSRTSDとSRTM比の関連

この三次曲線による回帰は統計的に有意であった ($F_{3,22}=3.84$, $p=.024$, 調整済み決定係数=0.25)。このことは、SRTM比と基準条件SRTSDとの関係性は、基準条件SRTSDの値によって傾向が変化することを示唆している。第一四分位数以下（以下、第一エリア）では両変数間には負の相関が、第一四分位数から第三四分位数までの範囲（以下、第二エリア）では両変数間に正

の相関が、第三四分位数以上（以下、第三エリア）では両変数間に再び負の相関が認められる。本実験で得られている情報だけでこのような変化の傾向を説明するのは困難であり、この点の分析は対象者の認知特性等の情報と併せて今後検討していきたい。なお、統計的に差が有意ではなかったが、第一エリアに分布する対象者の平均IQは35.9、第二エリアに分布する対象者の平均IQは37.0、第三エリアに分布する対象者の平均IQは29.0であった。第三エリアに分布する対象者のSRTSDは全体の中で特に大きく、これは注意機能の問題と結びつく安定した運動出力の困難の現れとみることができる。指さしの効果が、課題に対する注意の維持と、それに基づく運動の実行制御の質の向上にあるとすれば、このエリアで両変数が負の相関を示したという結果は、指さしの効果がもともと不注意傾向の強い人に対してより顕著に現れたということと解釈できる。少なくとも対象者の注意機能、あるいは実行制御機能に関する情報と合わせた分析を今後行っていく必要があるだろう。

次に、SRTM比とSRTSD比の関連を示した図5をもとに両者の関係性を検討する。SRTM比とSRTSD比の間に、単純な関係性を見出すことはできないが、ここでは両変数間の三つの関係性について注目したい。

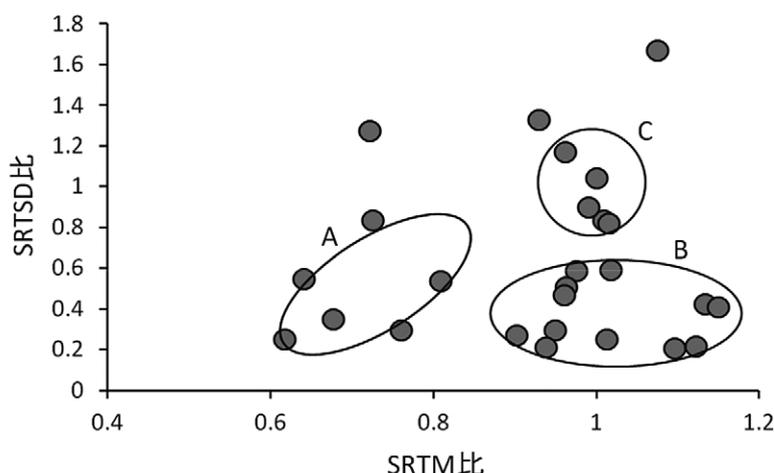


図5 SRTM比とSRTSD比との関連

一つ目は両変数間に正の相関が認められるという関係性である。これは上述のHaishi, Okuzumi, & Kokubun (2011) の結果から期待される関係性であり、SRTSDが小さくなることに伴ってSRTMも短縮するというものである。図中のAは、これに該当するエリアを示している。このエリアA付近に分布している人は全体の4分の1弱であり、数としては多くない。対象者の多くにこのような関係性が当てはまらないことについて、考えられる理由の一つは、対象者の特徴の多様さである。指さしを伴わなくてもSRTのパフォーマンスが十分に高い人や、指さしの効果が単純に現れない人の存在を反映していると考えられる。

図中のCのエリアはSRTM比もSRTSD比も1.0に近い値であり、指さしの効果がSRTMにもSRTSDにも現れなかった対象者たちである。このエリアには、基準条件でのSRTのパフォーマンスが十分に高かった対象者や、そうでなくても指さしの効果がSRTのパフォーマンスを向上させることに貢献しなかった対象者が入ると考えられる。

図中のエリアBは、指さしの効果がSRTSDに偏って現れた対象者が分布している。より具体的には、指さしによってSRTMが短縮することがないか、むしろ延長しているが、運動反応の変動

性が減少した対象者が属しているエリアである。近年、知的障害者の運動機能の評価に「速さと正確性のトレードオフ」という現象を取り入れる試みがみられるようになってきた（例えば、平田・奥住・北島・細渕・国分（2011）、平田・奥住・北島・細渕・国分（2013）など）。平田らの指摘は、知的障害者の中には速さの面から運動のパフォーマンスを評価すると機能的に低いとみられる一方で、正確性の点からは決して評価が低くないという人たちがいるというものである。Bのエリアに入る人たちは、指さしの効果が運動反応の速さの点に現れなかったが、安定性の点には大いに現れている。このエリアに入る人たちと平田らが指摘する事柄との関連については、今後、注目していきたい課題の一つである。

3-3 まとめ

知的障害者の衝動性眼球運動反応時間（SRT）に対する指さしの効果を、SRTの平均値（SRTM）と標準偏差（SRTSD）の二側面から分析した。指さしはSRTM、SRTSDのいずれに対してもその値を減少させる効果をもった。運動発現の素早さを示すSRTMを効率性の指標、そのばらつきを示すSRTSDを安定性の指標とすると、指さしの効果は両側面に影響を与えることが明らかとなった。ただし、指さしの効果の現れ方はSRTMとSRTSDの間でやや異なっており、SRTSDにおいて指さしの効果がより顕著であった。SRTMとSRTSDの間には単純な関係性は見出せなかった。この点については、対象者の認知特性等と結びつけた詳細な分析によって再度検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究（B）（課題番号25285259）の助成を受けて行われた。

引用文献

- Baumeister, A. A. & Kellas, G. (1968a) Distribution of reaction time of retardates and normal. *American Journal of Mental Deficiency*, 72, 715-718.
- Baumeister, A. A. & Kellas, G. (1968b) Reaction time and mental retardation. *International Review of Research in Mental Retardation*, 3, 163-195.
- Coyle, T. R. (2003) A review of the worst performance rule: Evidence, theory, and alternative hypotheses, *Intelligence*, 31, 567-587.
- Haishi, K., Okuzumi, H., & Kokubun, M. (2011) Effects of age, intelligence and executive control function on saccadic reaction time in persons with intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 2644-2650.
- Jensen, A. R. (1993) Why is reaction time correlated with psychometric g? *Current Directions in Psychological Science*, 2(2), 53-56.
- 平田正吾・奥住秀之・北島善夫・細渕富夫・国分充（2011）シール貼り課題とおぼん運び課題における知的障害児の運動行為遂行の特徴とその関連要因. *障害者スポーツ科学*, 9 (1), 25-33.
- 平田正吾・奥住秀之・北島善夫・細渕富夫・国分充（2013）知的障害児・者の運動研究小史：「Oseretsky test」と「速さと正確性のトレードオフ」を中心に. *東京学芸大学紀要. 総合教育科学系*, 64 (2), 165-174.
- Lünenburger, L., Kuts, D. F., & Hoffmann, K. P. (2000) Influence of arm movements on saccades in humans. *European Journal of Neuroscience*, 12, 4107-4116.
- Neubauer, A. C. & Fink, A. (2003) Fluid intelligence and neural efficiency: effects of task complexity and sex. *Personality and Individual Differences*, 35, 811-827.
- Reed, T. E. & Jensen, A. R. (1992) Conduction velocity in a brain nerve pathway of normal adults correlates with

intelligence level. *Intelligence*, 16, 259-272.

Schmiedek, F., Oberauer, K., Wilhelm, O., Süß, H. M., & Wittmann, W.W. (2007) Individual differences in components of reaction time distributions and their relations to working memory and intelligence, *Journal of Experimental Psychology: General*, 136, 414-429.

篠原一光・森本克彦・久保田敏裕 (2009) 指差喚呼が視覚的注意の定位に及ぼす影響. *人間工学*, 45 (1), 54-57.

(2013年10月30日提出)

(2013年11月21日受理)

Influence of Finger Pointing on Saccadic Reaction Time in Persons with Intellectual Disabilities

HAISHI, Koichi

Faculty of Education, Saitama University

OKUZUMI, Hideyuki

Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

SHOJI, Hiroaki

Faculty of Education, Ibaraki University

OKAZAKI, Shinji

Faculty of Human Science, University of Tsukuba

OHBA, Shigeji

Faculty of Education, Joetsu University of Education

KOKUBUN, Mitsuru

Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

Abstract

The influences of finger pointing on saccadic reaction time (SRT) were examined in persons with intellectual disabilities. Both mean and standard deviation of SRT (SRTM and SRTSD, respectively) decreased when the participant had to produce a corresponding simultaneous finger pointing movement to the visual target. However, the finger pointing had a stronger effect on SRTSD than on SRTM. The reduction of SRTSD was statistically significant though that of SRTM was not. There seemed to be no association between SRTM and SRTSD. Taking the variability of cognitive properties in persons with intellectual disabilities into accounts, further analyses are required to clarify the relationship between these two variables.

Key Words : Intellectual disabilities, Saccadic reaction time, Finger pointing