

論文

知的障害者の反応時間特性の分析および手作業の効率性向上に向けた支援実践上の観点

葉石光一*・池田吉史**・大庭重治**・八島 猛**・勝二博亮***・岡崎慎治****・奥住秀之*****・國分 充*****

要約

本研究では、まず知的障害者の手作業の効率性に対する影響因を反応時間特性から分析した。反応時間については、ex-Gaussian分析により、反応の素早さを表す μ および実行制御のミスの混入の程度（反応の安定性）を示す τ を算出し、両者の関連に着目した検討を行った。手作業の効率性については、一定時間のタッピング数によって測定した。反応時間特性と作業効率の関連を分析したところ、実行制御のミスの作業効率に対する影響は、反応の素早さのアドバンテージを失わせるほど大きいことが示された。以上の結果より、手作業の効率性向上に向けた支援実践に必要な観点について考察した。

キーワード：知的障害 反応時間 ex-Gaussian分析 作業効率

1 問題と目的

知的障害は、知的機能および適応行動の問題が顕著であることによって特徴づけられるが、運動機能の問題と関連することも古くから指摘されている（例えば、Bruininks (1974) など）。個人差は大きいですが、粗大運動と微細運動の問題がともに指摘されている（Vuijk, Hartman, Scherder and Visscher, 2010）。特に手指の微細運動の問題は、手を使った作業の効率を低下させる可能性があり、この問題の改善は、就労に向けた教育実践上の課題となりうるものである。

手指の微細運動の問題には、具体的には手先の器用さの問題、あるいは視覚-運動協応の問題という側面がある。つまり、この問題には、視覚情報の収集・処理、その結果の運動出力への反映といった、多様な心理学的プロセスが関与している。そのため、この問題を検討する切り口は様々に考えられるが、「知的障害者の運動機能の問題」としては、運動の実行制御を支える高次の認知プロセスと関連づけてみていく必要がある。実際、実行機能の観点から知的障害者の運動機能を検討した研究が、近年になって見られ始めている（Hartman, Houwen, Scherder and Visscher, 2010; Haishi, Okuzumi and Kokubun, 2011; Schott and Holfelder, 2015）。これらの研究は、知的障害者の運動機能と実行機能との間に関連があることを示している。しかし、実行制御に関わる認知機能の問題が、運動機能にどの程度の影響を及ぼすかについて、具体的に明らかにした研究はみられない。そこで本研究では、手作業の効率性に対して、実行制御の機能状態がどの程度の影響をもちうるのかを明らかにすることを第一の目的とする。その上で、作業効率に対する実行制御の影響の点から、知的障害者における手作業の効率化を目指した支援実

践に係わる観点について考察する。

なお、本研究では、運動行為の実行制御に関わる認知機能を、反応時間の特徴から評価した。一般に、反応時間の分布は図1に示すような正方向に長く尾を引いた、歪んだ形をとる。知的障害者においては、この正方向の分布の裾が長くなる特徴が強く現れる。これは、反応時間課題において素早い反応がみられるものの、それを安定的に維持できず、遅い反応が多く混在するという、知的障害者の特徴を反映している。こういった最適パフォーマンスの維持の困難（Baumeister and Kellas, 1968）に着目した反応時間特性の研究が近年行われつつある。つまり、分布のピークから外れた遅い反応を課題遂行中の注意やワーキングメモリのエラーといった実行制御機能の問題の現れ（Schmiedek, Oberauer, Wilhelm, S溪 and Wittman, 2007）と捉え、裾野部分の特徴を含めた分布特性を数値化することで、認知特性の分析に活用するという研究である。こういった研究でよく用いられる分析手法の一つがex-Gaussian分析である。これは、正方向に歪んだ反応時間分布に、正規（Gaussian）分布と指数（exponential）分布の合成であるex-Gaussian分布をあてはめた分析手法である。ex-Gaussian分布の特徴は、 μ 、 σ 、 τ の3つで表される。 μ と σ は正規分布の平均と標準偏差、 τ は指数分布の平均と標準偏差である。本研究では、このうち μ と τ を算出し、反応時間特性の分析に用いた。 μ は反応時間分布のピーク付近の値となり、素早い反応の代表値としての意味をもつ。一方 τ は、分布の正方向の裾野の長さ、つまり実行制御のミスに伴う反応の安定性の程度を示す。

* 埼玉大学教育学部

** 上越教育大学大学院学校教育研究科

*** 茨城大学教育学部

**** 筑波大学人間系

***** 東京学芸大学総合教育科学系

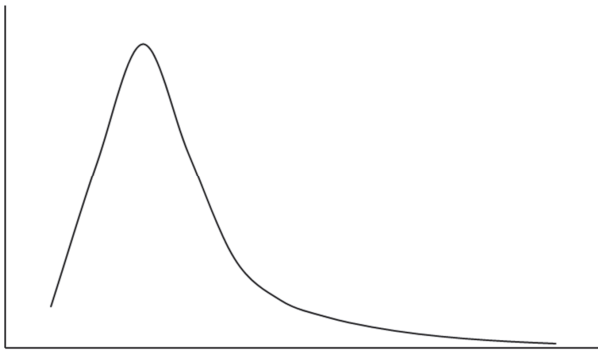


図1 反応時間分布のモデル
 反応時間の分布は、一般に正規分布せず、正方向（この図では右方向）に長く裾を引いた歪んだ形となる。

II 方法

1. 対象者

本研究の対象者は、生活年齢12から63歳（平均34±12.08歳）、知能指数14から70（平均29.34±15.38）の知的障害者32名であった。

2. 反応時間の測定

対象者には、タッチモニタの前50cmの位置に着席してもらい、モニタ上に提示されるターゲットにすばやく指で触れるよう教示した。モニタの背景は白色、ターゲットは直径1cm（視角約1度）の赤色の円であった。

測定は、まずモニタ中央に提示される注視点を見てもらうことから始めた。その後、注視点の左右いずれか視角15度の位置にターゲットをランダムな順で提示した。ターゲットの提示回数は50回であった。

Cedrus社のSuperlab4.5を使用して作成したプログラムにより、刺激提示を行った。また、あわせて刺激提示から対象者がターゲットに触れるまでの時間間隔である反応時間が計測された。反応時間の計測は1000分の1秒（ミリ秒）単位で行った。

3. 反応時間の分析

上述の通り、ex-Gaussian分布の当てはめにより、 μ と τ を算出した。 μ が小さいほど、反応が素早いことを示している。また τ は小さいほど、実行制御のミスが少なく、反応時間が安定していることを示している。

4. 作業遂行能力の測定

本研究では、一定時間内にできるだけ多くタッピングを行ってもらう課題を行った。タッピングには竹井機器製打叩度数計（T.K.K.134）を使用した。課題は、度数計のカウンタに接続しているバーを利き手の人差し指と親指でつまみ、できるだけ速く上下に動かす（20秒間）ことであった。利き手は、口頭での確認に加え、対象者にペンを渡して丸を描いてもらうことを通して確認した。口頭での回答とペンを持つ手が異なっていた場合、ペンを使った手を利き手と判断した。

本研究で実施したタッピング課題は、もち手のバーがカウンタに接続されており、動かせる範囲が限られている。手を使った作業の量は、手先の器用さの影響を受けるが、本課題は、遂行に必要とされる運動の自由度が小さいことから、手先の器用さの要因をできる限り小さくした状態で作業遂行能力を測定す

ることができる。一人あたり測定を2回実施し、平均値を代表値として用いた。

5. 分析

本研究では、反応時間のex-Gaussian分析によって得られる μ と τ の中央値を用いて対象者をグループ分けして分析を進めた。基本的には、 μ と τ がともに小さい群、 μ と τ がともに大きい群の他に、 μ と τ にアンバランスがみられる4群を分類できることになる。

本研究では、課題遂行に係わる実行制御機能が作業の遂行成績に及ぼす影響を検討することを目的としている。そのためには、上記4群のうち、特に μ と τ のアンバランスのある2群に着目する必要がある。一般的には、反応の素早さを示す μ が小さいほど手先の作業の遂行量は多くなると考えられる。しかし μ が小さくても τ が大きい場合、 μ のみから予測されるよりも作業遂行量は少なくなる可能性がある。逆に μ が大きい場合、基本的には作業遂行量は少なくなると考えられる。しかし μ が大きくても τ が小さい場合、最適パフォーマンスを持続し続けることで作業遂行量としてはある程度高い水準を達成できる可能性がある。そこで本研究では、 μ と τ にアンバランスのある2群と両変数がともに小さい群を比較することで、作業遂行能力に対する素早さと実行制御のミスの少なさの影響関係を明らかにする。

III 結果

1. 反応時間特性

Ex-Gaussian分析により算出した μ と τ について、それぞれ中央値を基準に分類し、参加者を4つの群に分けた。 μ と τ がともに中央値より小さい速・安定群（反応が速く安定している群：10名）、 μ は中央値より小さいが τ は中央値より大きい速・不安定群（反応は速いが不安定な群：6名）、逆に μ は中央値より大きいが τ は中央値より小さい遅・安定群（反応は遅いが安定している群：6名）、 μ と τ がともに中央値よりも大きい遅・不安定群（反応が遅く不安定な群：10名）である。

表1に各群の μ と τ をまとめた。中央値で便宜的に分けた群間の差が統計的にも明らかな差であるかどうか確認するため、群（速・安定群、速・不安定群、遅・安定群）を要因とする一要因分散分析を行った。その結果、遅・安定群の μ は速・安定群、速・不安定群よりも大きく（ $F(2,19)=10.87, p=.001, \eta^2=.534$ ）、速・不安定群の τ は速・安定群、遅・安定群よりも大きかった（ $F(2,19)=8.03, p=.003, \eta^2=.458$ ）。

表1 各群の μ および τ の平均と標準偏差

	速・安定群	速・不安定群	遅・安定群	遅・不安定群
μ	469.13±10.74	529.13±566.44	675.90±67.08	1021.16±413.50
τ	111.04±35.77	669.17±566.44	101.17±51.72	533.76±553.03

2. タッピング課題

表2は μ と τ の組み合わせで分類した4群のタッピング課題の成績である。反応が素早く、実行制御のミスが少ない速・安定群のタッピング数は他の群より多かった。反応の素早さと実行制御のミスの状態にアンバランスがある速・不安定群と遅・安定群のタッピング数は速・安定群より少なく、同程度であっ

た。ただし、 μ が大きく反応が遅い遅・安定群のタッピング数が、 μ が小さい速・不安定群を上回っていた。

速・安定群、速・不安定群、遅・安定群の間のタッピング数の差を比較するため、群を要因とする一要因分散分析を行ったところ、群の要因の主効果は有意であった ($F(2,19)=6.38, p=.008, \eta^2=.402$)。速・安定群のタッピング数は、速・不安定群よりも有意に多かったが、一方で速・安定群と遅・安定群のタッピング数に有意差はなかった。このことは、 μ が小さく潜在的には素早い運動が十分可能である速・不安定群の作業遂行能力が、 μ が大きく反応が全般的に遅い遅・安定群よりも高いとはいえないことを示している。

表2 各群のタッピング数の平均と標準偏差

速・安定群	速・不安定群	遅・安定群	遅・不安定群
56.05±11.80	36.67±10.93	41.58±10.78	39.6±10.60

IV 考察

1. 反応時間特性とタッピング課題の成績の関連

本研究では、ex-Gaussian分析による μ と τ の中央値をもとに、対象者を便宜的に4群に分類した。 μ と τ がともに中央値よりも小さい速・安定群は反応が素早く、実行制御のミスによる遅い反応の混在の程度が少ない群である。速・不安定群は、速・安定群と統計的な差がないほど反応は素早い、実行制御のミスによる遅い反応の混在が多い不安定な群である。遅・安定群は、実行制御のミスによる遅い反応の混在の程度は速・安定群と差がないほど少なく安定しているが、反応は速・安定群よりも有意に遅い群である。速・不安定群と遅・安定群を対比させると、速・不安定群は遅・安定群よりも反応は素早い、実行制御のミスによる遅い反応が多く混在する不安定な群、遅・安定群は速・不安定群よりも実行制御のミスによる遅い反応の混在の程度は少なく安定しているが、反応のスピードは有意に遅い群である。

このような特徴の違いが、作業効率にどのような影響を与えるのかを検討するため、一定時間内のタッピング数を測定し、比較した。その結果、実行制御のミスによる遅い反応が多くみられた速・不安定群のタッピング数は、反応の素早さにおいて差がない速・安定群よりも有意に少なかった。速・不安定群のタッピング数は、統計的に有意ではなかったものの、反応が遅い遅・安定群よりも少ないほどであった。一方で、遅・安定群のタッピング数は速・安定群よりは少なかったものの、その差は統計的に有意であるほどではなかった。

解釈が形式的すぎる点は今後の課題であるが、群の特徴を踏まえれば速・安定群と速・不安定群の作業量の差は、実行制御のミスの程度の影響とみられる。明らかに反応が遅い (μ が大きい) 遅・安定群と比較してタッピング数に統計的な差がないことを踏まえれば、作業効率に対する実行制御の影響は相対的に大きい。具体的には、作業効率に対する実行制御のミスの影響は、反応の素早さから期待される水準を下回り、反応スピードのアドバンテージを奪う可能性があるほどといえる。

次に、実行制御のミスの程度が少ない遅・安定群の結果から作業量に対する実行制御の影響を考察する。遅・安定群は、反

応時間特性からみた反応スピードは速・不安定群よりも有意に遅かったが、作業量は速・不安定群と同程度であった。この結果は、実行制御のミスの程度の少なさが、反応スピードの遅さという制約条件下において作業量を最大化する有力な最適化条件の一つであることを示唆している。

2. 手作業の効率性向上に向けた支援実践について

上述のように、本研究の結果は、①作業効率に対する実行制御のミスの影響は、作業を支える反応速度の速さのアドバンテージを失わせるほどであること、②逆に実行制御のミスが少ないことは、反応速度の遅さという制約条件下での作業量を最大化する最適化条件の一つであることを示唆している。この結果から、知的障害者の作業効率の向上を目指す支援の配慮点を考察する。

作業効率の向上を目指す上では、一つには作業を支える運動スピードを向上させることが考えられる。しかし一般的に、作業スピードそのものを向上させようとすると、それと引き換えに作業の正確さが犠牲になることが多い。これは、いわゆる「速さと正確さのトレードオフ (speed-accuracy tradeoff)」(Wickelgren, 1977) と呼ばれる現象である。作業スピードを上げることによって作業量を増やすことができたとしても、それが作業の質を落として得られるものであったとすると、それは作業全体をマネジメントする側の実践的観点から言えば意味のあるやり方とは言いがたい。作業に係わるトレーニングを受ける側にとっても、作業の質が低下してしまうことは、結果として作業に対する効力感・有能感を高めることにつながりにくい可能性がある。作業スピードの追求は、それ自体作業に関する学習の中で取り組まれるべき課題の一つであることは確かだが、作業内容全般に十分慣れていない初期段階における学習目標としては、必ずしも最適ではないと思われる。作業の速さと正確さの両立は、認知的負荷の重さの点からも、作業に関する学習の初期段階における目標としてふさわしくないだろう。

それでは、作業スピードの向上を直接目指さずに作業効率を高める手立てとはどのようなものであろうか。それは、遅・安定群のタッピング数が速・不安定群のそれと変わらなかったという本研究の結果から言えば、実行制御のミスを少なくする工夫である。日常生活環境では著しい実行機能障害を示す子どもが、高度に構造化された状況下ではうまく振舞うことができるといったことが知られている (Vriezen and Pigott, 2002)。これは、何をすればよいか理解しやすく、注意の逸脱が生じにくい、構造化された課題・環境を用意することの心理学的な意味が、実行制御のミスを防ぎうるという点にあることを示唆している。つまり、作業ペースの向上に主眼を置くのではなく、作業ペースのばらつきをなくすことで作業効率を高めるという目的に合った支援は、構造化された課題・環境の整備であることを示唆している。

追記

本研究はJSPS科学研究費補助金 (基盤研究(B)課題番号 25285259 研究代表者: 葉石光一) の助成を受けて行われた。

文献

1. Baumeister, A. A. and Kellas, G. (1968) Reaction time and mental retardation. *International Review of Research in Mental Retardation*, 3, 163-195.
2. Bruininks, R. H. (1974) Physical and motor development of retarded persons. *International Review of Research in Mental Retardation*, 7, 209-226.
2. Haishi, K., Okuzumi, H. and 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(6), 2644-2650.
3. Hartman, E., Houwen, S., Scherder, E. and Visscher, C. (2010) On the relationship between motor performance and executive functioning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 468-477.
4. 岡耕平・三浦利章 (2007) 知的障害者の視覚－運動協応研究の動向. *大阪大学大学院人間科学研究科紀要*, 33, 143-162.
5. Schmiedek, F., Oberauer, K., Wilhelm, O., S溪, H. M. and 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.
6. Schott, N. and Holfelder, B. (2015) Relationship between motor skill competency and executive function in children with DownIs syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 59(9), 860-872.
7. Vriezen, E. R. and Pigott, S. E. (2002) The relationship between parental report on BRIEF and performance-based measures of executive function in children with moderate to severe traumatic brain injury. *Child Neuropsychology*, 8(4), 296-303.
8. Vuijk, P. J., Hartman, E., Scherder, E. and Visscher, C. (2010) Motor performance of children with mild intellectual disability and borderline intellectual functioning. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(11), 955-965.
9. Wickelgren, W. A. (1977) Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, 41, 67-85.