

自閉スペクトラム症における先を見越した知覚判断に基づいた 運動計画能力の解明 —若齢成人を対象とした検討— (中間報告)

東京都立大学大学院 人間健康科学研究科 博士後期課程 菊 地 謙
東京都立大学大学院 人間健康科学研究科 樋 口 貴 広

Analysis of Motor Planning Ability Based on Prospective Perceptual Judgment in Autism Spectrum Disorder; A study in young adults

PhD degree, Graduate School of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University,

KIKUCHI, Ken

Graduate School of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University, HIGUCHI, Takahiro

要 約

自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorder: ASD) は、社会的コミュニケーションや社会的相互作用の問題だけでなく、運動機能障害における問題を引き起こすことに着目する報告が近年増えている。そこで、これらの障害を「運動-社会性連関」として捉える考え方に注目が集まっている。本研究ではこの考えを支持する根拠として、二つの経路の中から適切な経路を選択する「障害物回避のための行為選択」課題を開発した。この課題により、対象者の先を見越した知覚判断能力、および事前の運動計画能力を測定し、ASD 者には先を見越した知覚判断に基づいた運動計画能力に障害があるという仮説を検証する。まず本研究では、若齢成人において課題パフォーマンスと自閉傾向の相関を検討した。

【キー・ワード】 自閉スペクトラム症, 先を見越した知覚判断, 運動計画, 予測システム

Abstract

There has been an increasing number of reports suggesting that Autism Spectrum Disorder (ASD) causes not only problems in social communication and social interaction, but also problems of motor dysfunction. The "motor-social link" theory has been proposed to suggest that these problems are inter-related. To support this idea, the present study developed an "action selection for avoiding collision with obstacle avoidance" task in which participants chose the suitable route out of two possible routes. We believe that this experimental task is available to measures the ability to make prospective perceptual judgment and motor planning. We hypothesized that

participants with ASD should have impairments in their ability to plan movements based on prospective perceptual information. We investigated the correlation between the task performance and autistic tendency in young adults.

【Key words】 autism spectrum disorder, prospective perceptual judgment, motor planning, prediction system

問題と目的

自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorder: ASD) は、社会的スキルの障害とコミュニケーションの困難さ、行動・興味・活動の限局的かつ反復的なパターンを特徴とする疾患である (American Psychiatric, 2013)。さらに、運動機能障害を示唆する報告 (McPhillips et al., 2014; Hirata et al., 2014; Pusponogoro et al., 2016; Zampella et al., 2021) が増えていることから、近年の研究では、社会的相互作用の問題が運動制御と同じ神経学的な機能障害により説明できるとして、「運動-社会性連関」説に注目が集まっている (Hirata et al., 2015)。

この仮説を理解するためには、ASD における予測システム障害仮説の理論が重要であると考えられる (Cannon et al., 2021)。予測システム障害仮説 (predictive impairment in autism: PIA) は、ASD 者の社会的相互作用の問題や感覚過敏、心の理論の理解の困難さ、運動制御の問題などの一見無関係な兆候に共通する問題として、予測過程の機能障害を想定する理論である (Lawson, Rees, & Friston, 2014; Sinha et al., 2014; Van de Cruyset et al., 2014; Cannon et al., 2021)。運動制御で利用される予測システムの働きが、自身の動きだけではなく、他者の動きの予測や理解にも利用されているという認知神経科学の知見 (Mostofsky & Ewen, 2011) に基づくと、対人的な社会的スキルに困難さを抱える ASD 者の運動制御において予測システムの働きに障害があると考えられる。特に、ASD の運動制御に関するシステマティックレビューにおいて、予測システムに含まれる「運動計画」が十分に利用できていないことが推測されている (Gowen & Hamilton, 2013; Cannon et al., 2021)。つまり、ASD の運動制御の中でも運動計画能力に着目することは運動機能と社会性の関連性についての理解を深める上で重要である。

ASD 者は、これまでの経験則、ならびに現在の状況判断 (知覚判断) を踏まえて運動を計画することに困難さを抱えていることが示唆されている。ある先行研究では、物体把持動作と物体の回転調整動作の二つの連続行為を組み込んだ上肢操作課題を用いて、ASD 児の運動計画と運動実行に関して検討を行った (Backstrom et al., 2021)。その結果、ASD 児は物体回転調整動作の難易度に応じて、事前の把持速度の調整を行わず、最終的なゴールに近づいてから回転調整を行っていることが明らかとなった。よって、動作の初期段階で先を見越した全体的な運動を計画立てることについて困難さがあると示された。

ASD 者の運動計画の苦手さをもたらす要因として、全体よりも細部の情報処理を優先するという部分処理特性 (Happé & Frith, 2006; Mottron et al., 2006) が挙げられる。つまり、細部の情報処理を優先するために、先を見越した状況判断 (知覚判断) をすることができず、全体的な運動を計画立

てること困難が生じていると推測する。自身の行為能力を踏まえた知覚判断能力に焦点を当てた先行研究では、ASD 青年が適切な行為の可否判断ができないことが示されている (Linkenauger et al., 2012)。しかし、ここで用いられた課題行為は、リーチング・物体把持・隙間通過の各行為について、遂行できるかどうかの判断をシミュレーションするという単一的な動作、または全体性のない細部の情報処理を要するだけの課題であったため、先の情報を見越して運動を計画立てるという本質的な運動計画の困難さを示すまでには至っていない。

そこで本研究では、運動-社会性連関説の妥当性を示す根拠として、運動行為の予測過程の中でも運動計画に着目し、先を見越した知覚判断の問題が運動計画の困難さの要因となっていることを実証する。本研究では先行研究 (Linkenauger et al., 2012; Backstrom et al., 2021) を参考に、新たな先を見越した知覚判断課題として「障害物回避のための行為選択」課題を開発、および作成した。対象者はビー玉を把持する動作と、上下に分かれた障害物を回避してビー玉をゴールへ設置する動作の二つの連続動作が求められる。上下の障害物間の入口幅は出口幅に比べて広がっており、入口幅の拡大サイズを変更することで対象者の知覚情報に外乱を与えることができる構造となっている。障害物回避方法には、障害物の間を通過する最短経路と、障害物の上方を通過する迂回経路の二つが用意されており、対象者は障害物間の出口幅を考慮して適切な経路を選択しなければならない。この課題のパフォーマンスと対象者の自閉傾向の関連性について検討する。仮説としては、自閉傾向の高い人ほど出口幅の情報よりも目先の入口幅に関する細部の情報が優先される結果、事前の把持速度の調整を行わず、先の情報を考慮した行為を選択できないために衝突などのエラーが生じやすいと考えられる。また、自閉傾向の高い人ほど目先の入口幅の外乱情報が事前の運動計画に悪影響をもたらすと考えられる。

方 法

実験参加者

若齢成人 (18-30 歳) およそ 15 名を対象とする。なお、本研究は東京都立大学の倫理審査委員会の承認を受けた (承認番号: H3-66)。

実験課題

本研究では、対象者の先を見越した知覚判断および事前の運動計画能力を測定するため、障害物回避による行為選択課題を用いる。

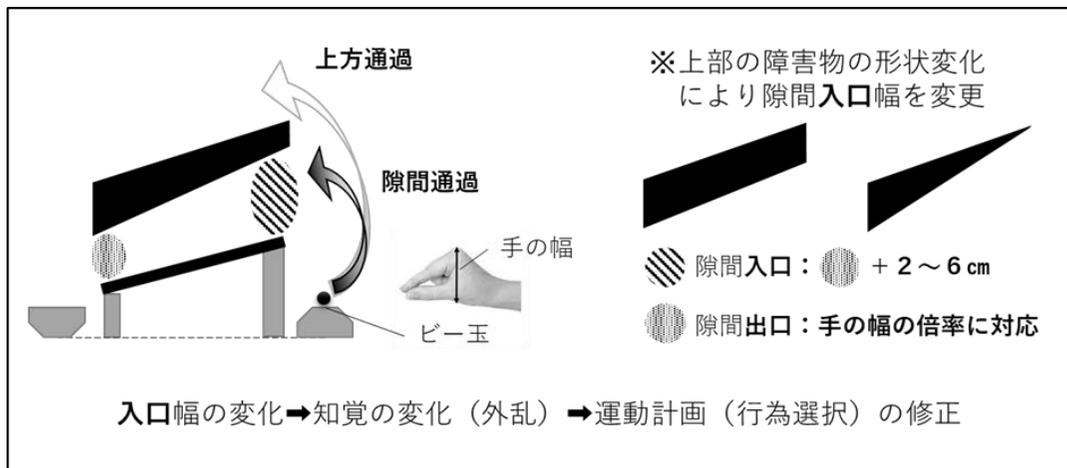


図 1 障害物回避のための行為選択課題

課題内には上下に分かれた二つの障害物が設置され、障害物間の出口幅は対象者の手の幅の倍率に合わせて変更できるようになっている。上部の障害物の形状変更により隙間の入口幅を出口幅よりも 2 cm, 4 cm, 6 cm 拡大する 3 条件を設定することで、知覚情報の外乱を与えることができる。障害物回避の方法は、二つの障害物の隙間を通過する最短距離の中央通過、または障害物の上方を通過する迂回経路の上方通過の二通りである。そのため、出口幅に関する先を見越した知覚判断も踏まえて、把持したビー玉をゴールへ素早く、かつ正確に移動してもらう課題となっている。

質問紙および実験機器

対象者の自閉傾向を測定するため、自閉性スペクトル指数 (Autism-spectrum Quotient: AQ) の成人版を使用する。AQ は社会的スキル、注意の切り替え、細部への関心、コミュニケーション、想像力の下位項目から構成され、本研究では AQ の得点を粗点のまま使用する。

また、対象者の先を見越した知覚判断能力、事前の運動計画能力を定量化するために、本研究では視線解析 (Tobii 社製) と 3 次元動作解析 (Qualisys 社製) を用いる。この実験システムから視認情報や運動情報などの行動指標を定量的に収集する。

手続き

対象者には机の上に置かれた実験装置の前に座ってもらい、机上に設定されたテープに右手の示指を乗せ、目を閉じてもらう。次に、開始の合図であるブープ音と同時に目を開け、隙間部分を通過することができるかどうかを判断する。そして、実験装置右側のビー玉を母指と示指により把持し、ゴールであるカップに運んでもらう。

分析方法

先を見越した知覚判断能力を計測するため、障害物の知覚情報から選択した行為を、隙間通過判断

の正確性、隙間出口幅の変化に対する感度として定量化する。そして、視線解析により対象者の隙間入口と出口部分に対する視線行動の指標や、3次元動作解析によりビー玉把持速度や調整時間、協調性の指標を算出し、対象者の事前の運動計画能力を測定する。これらの課題パフォーマンスの結果と自閉傾向との関連性について、ピアソンの積率相関係数を算出する。

現在の進捗状況と今後の予定

現在までに実験に使用する実験装置の作成と若齢成人を対象とした実験を行った。実験データの解析を年度内に行い、来年度以降に行う児童を対象とする臨床実験のため、実験装置の最適化を行う予定である。

引用文献

- American Psychiatric Association. (2013). *The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*. 5th ed. Washington, DC: American Psychiatric Publishing.
- Bäckström, A., Johansson, A. M., Rudolfsson, T., Rönqvist, L., von Hofsten, C., Rosander, K., & Domellöf, E. (2021). Motor planning and movement execution during goal-directed sequential manual movements in 6-year-old children with autism spectrum disorder: A kinematic analysis. *Research in developmental disabilities*, 115, 104014.
- Cannon, J., O'Brien, A. M., Bungert, L., & Sinha, P. (2021). Prediction in Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review of Empirical Evidence. *Autism research : official journal of the International Society for Autism Research*, 14(4), 604–630.
- Gowen, E., & Hamilton, A. (2013). Motor abilities in autism: a review using a computational context. *Journal of autism and developmental disorders*, 43(2), 323–344.
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The weak coherence account: detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(1), 5–25.
- Hirata, S., Nakai, A., Okuzumi, H., Kitajima, Y., Hosobuchi, T., & Kokubun, M. (2015). Motor Skills and Social Impairments in Children With Autism Spectrum Disorders: A Pilot Study Using the Japanese Version of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ-J). *SAGE Open*, 5(3).
- Lawson, R. P., Rees, G., & Friston, K. J. (2014). An aberrant precision account of autism. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 302.
- Linkenauer, S. A., Lerner, M. D., Ramenzoni, V. C., & Proffitt, D. R. (2012). A perceptual-motor deficit predicts social and communicative impairments in individuals with autism spectrum disorders. *Autism research : official journal of the International Society for Autism Research*, 5(5), 352–362.

- McPhillips, M., Finlay, J., Bejerot, S., & Hanley, M. (2014). Motor deficits in children with autism spectrum disorder: a cross-syndrome study. *Autism research : official journal of the International Society for Autism Research*, 7(6), 664–676.
- Mostofsky, S. H., & Ewen, J. B. (2011). Altered connectivity and action model formation in autism is autism. *The Neuroscientist : a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, 17(4), 437–448.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: an update, and eight principles of autistic perception. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(1), 27–43.
- Pusponegoro, H. D., Efar, P., Soedjatmiko, Soebadi, A., Firmansyah, A., Chen, H. J., & Hung, K. L. (2016). Gross Motor Profile and Its Association with Socialization Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. *Pediatrics and neonatology*, 57(6), 501–507.
- Sinha, P., Kjelgaard, M. M., Gandhi, T. K., Tsourides, K., Cardinaux, A. L., Pantazis, D., Diamond, S. P., & Held, R. M. (2014). Autism as a disorder of prediction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(42), 15220–15225.
- Van de Cruys, S., Evers, K., Van der Hallen, R., Van Eylen, L., Boets, B., de-Wit, L., & Wagemans, J. (2014). Precise minds in uncertain worlds: predictive coding in autism. *Psychological review*, 121(4), 649–675.
- Zampella, C. J., Wang, L., Haley, M., Hutchinson, A. G., & de Marchena, A. (2021). Motor Skill Differences in Autism Spectrum Disorder: a Clinically Focused Review. *Current psychiatry reports*, 23(10), 64.