

【研究成果報告書】

身体運動特徴に基づく「幼児の ASD 様行動傾向」 客観的評価系の開発のための予備的検討

土居裕和^{1,2}、船渡和男³、平野智也³

¹長岡技術科学大学 技学研究院

²国土舘大学理工学部

³国土舘大学大学院スポーツ・システム研究科

1. 背景

自閉スペクトラム症 (ASD; Autism Spectrum Disorder) 児は発達初期から非定型的な身体運動パターンを呈する可能性が示唆されている (Esposito et al, 2009)。したがって身体運動特徴量の定量化により、ASD の早期スクリーニングを行える可能性がある (Doi et al, 2022)。

しかし、ASD の身体運動特徴に関する先行研究の大半は、ASD と定型発達者との間で身体運動を比較するにとどまっており、ASD 特異的な身体運動特徴が解明されたとは言い難い状況にある。本研究では、身体運動特徴量を手掛かりとした ASD 傾向の客観的評価系開発のための予備的検討として、ASD 児と、ASD と類似した症状を呈することが多いダウン症 (DS; Down Syndrome) 児 (Kent et al, 1999) を対象として、モーションキャプチャによる身体動作の 3 次元計測を実施した。

2. 方法

2-1. 研究対象者

ASD 男児 1 名 (10.6 歳, 身長 134.5cm, 体重 27.6kg) と DS 男児 1 名 (12.5 歳, 身長 131.0cm, 体重 42.3kg) に、保護者のインフォームド・コンセントと本人のインフォームド・アセントを得たうえで、研究に参加してもらった。本研究のプロトコルは、国土舘大学の倫理委員会により承認を得ている。

2-2. 計測方法

研究対象者の身体各部に、39 個の赤外線反射マーカーを貼付した。その上で、国土舘大学に設置された 3 次元モーションキャプチャ装置を用いて、普段歩いているスピードで歩いてもらった際のマーカーの三次元座標を 100Hz のサンプリング周波数で測定した。

2-3. 分析方法

2-3-1. 前処理

Nexus ソフトウェアを用いてデータ前処理を行った。赤外線マーカース座標の時系列データを、4 次のバターワース型ローパスフィルター10Hz で平滑化した後、Plugin Gait Full Body モデルに基づき、体を頭部・胸郭(体幹)・骨盤・上腕(左右)・前腕(左右)・手(左右)・大腿(左右)・下腿(左右)・足(左右)の合計 15 個のセグメントの運動を推定した。

2-3-2. 相対運動データの切り出しと時空間標準化

左右上前腸骨棘(ASI)の midpoint を原点とし、各部の原点に対する相対運動を算出した。その後、各研究対象者のデータから、定常状態に達した 2 ステップ分の歩行データを切り出した。

ASD 児と DS 児で、切り出した相対運動データの長さが異なっていた(ASD 児: 1.97 秒, DS 児: 2.12 秒)。このため、相対運動時系列のデータ・ポイント数が 1000 ポイントになるよう、スプライン補間により、リサンプリングした。また、各軸方向の座標値を、平均値とレンジを用いて標準化した。

2-3-3. 運動スピード・加速度の算出

リサンプリングした相対運動時系列データを基に、左右足首の運動軌跡と、運動スピード・加速度の時系列を算出した。運動スピードは、3 次元座標の時間ポイント間差分ベクトルのノルムである。加速度は、運動スピードの時間ポイント間差分を取ることで計算した。運動スピード・加速度時系列は、平均値とレンジを用いて標準化した。

3. 結果

図 1 に左右足首の運動軌跡を示す。運動軌跡自体には、明らかな差異は見出されなかった。

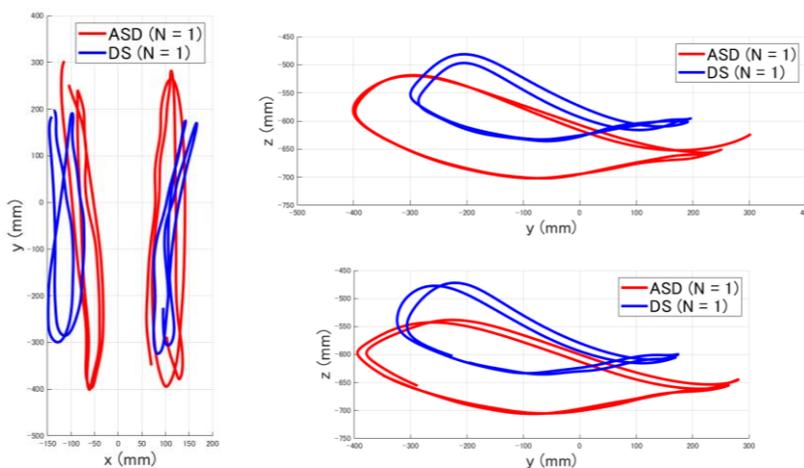


図 1. (左): 床面に投影された運動軌跡、(右): y-z 平面に投影された左足首(上)と右足首(下)の運動軌跡

図2・3に左右足首のy軸方向の位置と足首の速さ・加速度の時系列変化を示す。ASD児では、左足首の y 軸に沿った運動方向が変化する前後において、運動スピード・加速度時系列に、DS児よりも明瞭なピーク(図中の矢印)が観察された。

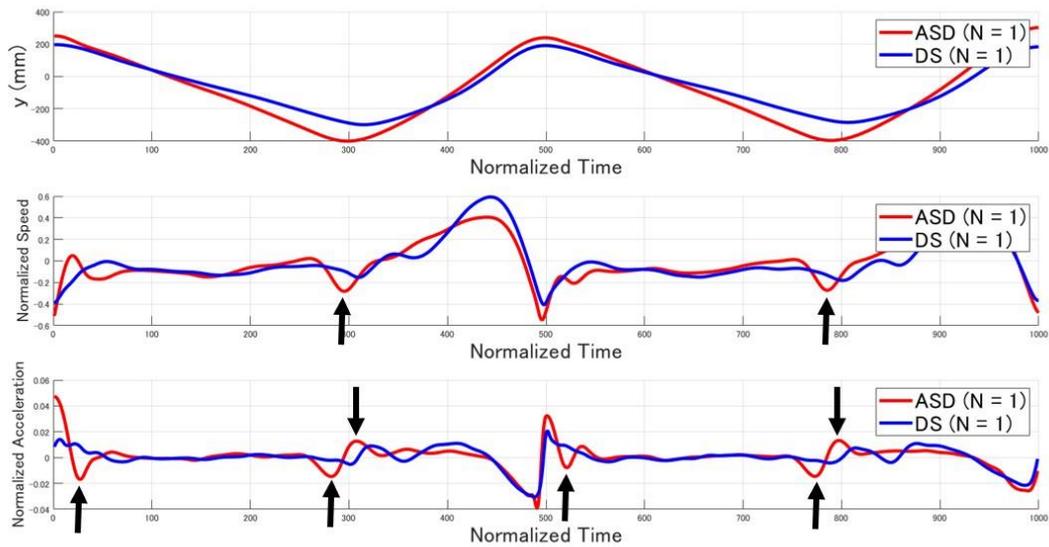


図 2. 左足首運動の y 方向成分(上段)・運動スピード(中段)・加速度(下段)の時系列変化。赤線は ASD 児、青線は DS 児。矢印は、y 軸に沿った運動方向が変化する前後に現れる、運動スピード・加速度のピーク位置を示している。

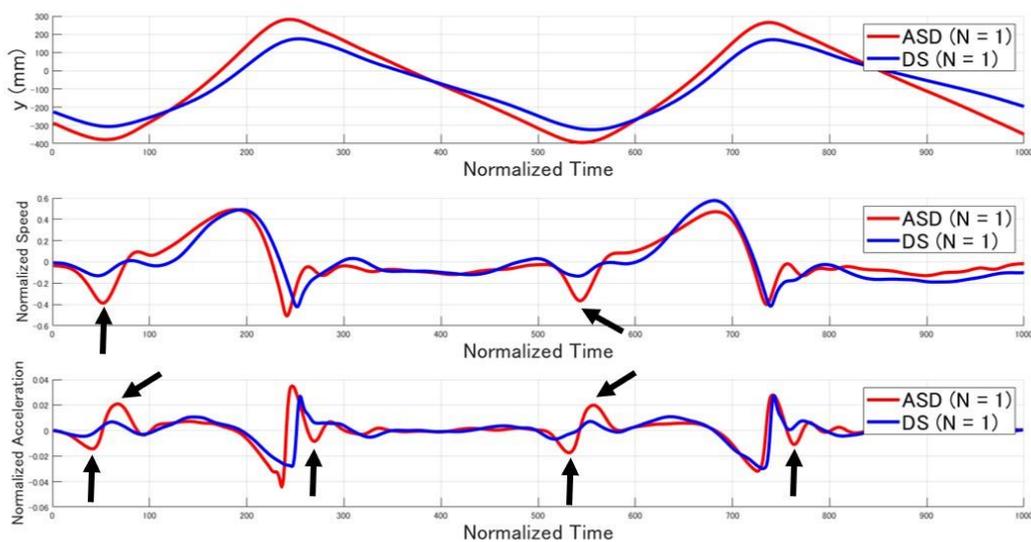


図 3. 右足首運動の y 方向成分(上段)・運動スピード(中段)・加速度(下段)の時系列変化。赤線は ASD 児、青線は DS 児。矢印は、y 軸に沿った運動方向が変化する前後に現れる、運動スピード・加速度のピーク位置を示している。

次に、運動スピード・加速度時系列の差異を検証するため、右足首・左足首の対応する時間区間における時系列データの相加平均を計算した。その結果を、図 4・5 に示す。ASD 児において、足首運動の速さと加速度の変化が、より明瞭にみとめられた。

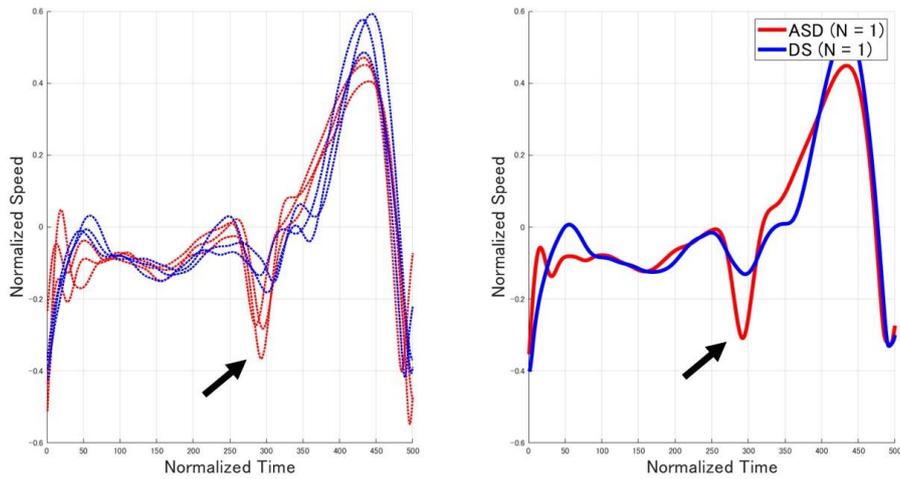


図 4. 運動スピード時系列の相加平均計算に用いた個別の時系列データ(左)と、運動スピード時系列の相加平均(右)。矢印は ASD 児に顕著にみられたピーク位置を示している。

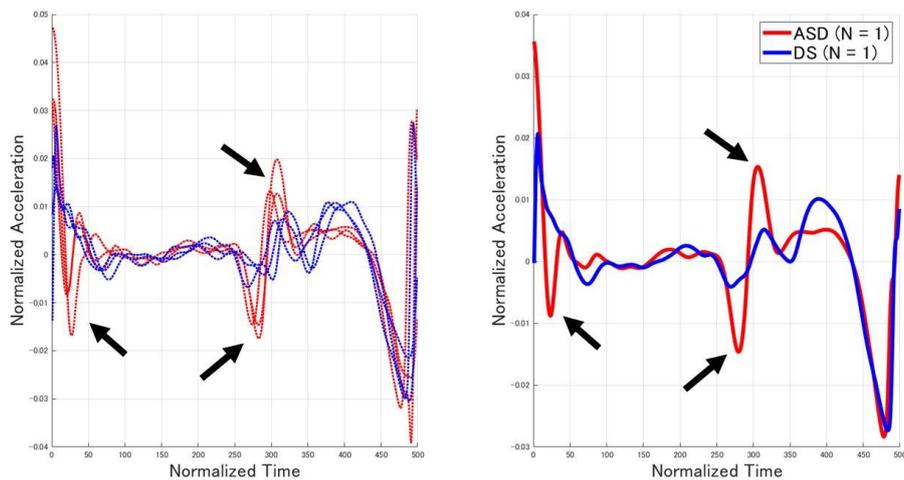


図 5. 加速度時系列の相加平均計算に用いた個別の時系列データ(左)と、運動スピード時系列の相加平均(右)。矢印は ASD 児に顕著にみられたピーク位置を示している。

4. 結語

本研究では、身体運動特徴量を手掛かりとした ASD 傾向の客観的評価系開発のための予備的検討として、ASD 児と DS 児の歩行動作特徴を、モーションキャプチャによる 3 次元身体動作計測により比較した。その結果、ASD 児においては、y 軸に沿った運動方向の変化前後に、左右足首の運動スピード・加速度時系列のピークが、DS 児よりも明瞭に観察された。足首の運動は、安価な加速度センサーにより容易に計測することが出来る。したがって、本研究の知見を活用することで、足首の運動を生じる股関節・膝関節運動に着目して、ASD と DS とを識別するための、新たなデバイスを開発できる可能性がある。

本研究は、体重が大きく異なる児 1 名ずつを比較した定性的な予備研究に過ぎない。今後は、より多くの人数の児を対象に、本研究で得られた知見の一般性・妥当性を検証する必要がある。また、本来の目的である ASD 傾向の定量評価のためには、定型発達児における足首運動の標準データを集積し、それとの比較を行う必要がある。

引用文献

- Esposito, G., Venuti, P., Maestro, S., Muratori, F. (2009) "An exploration of symmetry in early autism spectrum disorders: analysis of lying." *Brain and Development* Vol. 31(2), pp. 131-8.
- Doi, H., Iijima, N., Furui, A., Soh, Z., Yonei, R., Shinohara, K., Iriguchi, M., Shimatani, K., & Tsuji, T. (2022). "Prediction of autistic tendencies at 18 months of age via markerless video analysis of spontaneous body movements in 4-month-old infants" *Scientific Reports* Vol. 12(1), art.no. 18045.
- Kent, L., Evans, J., Paul, M., Sharp, M. (1999). "Comorbidity of autistic spectrum disorders in children with Down syndrome." *Developmental Medicine and Child Neurology* Vol. 41(3), pp. 153-8