

(続紙 1)

京都大学	博士 (人間・環境学)	氏名	續田 尚美
論文題目	ASD者における静止立位中の足圧中心動揺の特性		
(論文内容の要旨)			
<p>本学位論文では、自閉スペクトラム症 (Autism spectrum disorder : ASD) における静止立位中の足圧中心動揺 (Center of pressure : COP) に着目し、先行研究で従来用いられてきた軌跡長や外周面積だけでなく、時間の概念を含む変動特性についても評価し、探求することを主題として議論した。ASD者におけるCOPのフラクタル特性という新たな視点において、ASD者におけるCOPの動揺は大きさやバラツキが不安定な傾向にあるにも関わらず、長期的には安定性を維持していることを示した。</p> <p>第一章では、研究小史として研究の背景について総説し、ASD者特有の運動発達特性について「運動機能の概要」から始まり「中枢神経系」「筋・骨格系」の身体機能の観点から見た運動発達の特徴ならびに「静止立位中の姿勢制御」を概観した。</p> <p>第二章では、ASD者の姿勢維持機能の特徴を明らかにすることを目的に調査を行った。ASD者は定型発達者 (Typical development : TD) と比較して姿勢が不安定であることが指摘されている。先行研究では、その定量を静止立位中のCOPの軌跡長や外周面積または標準偏差といった指標で評価してきた。一方で、生体には規則的なようで不規則なリズムである「ゆらぎの要素」が存在しており、その調査にはフラクタルの概念が重要である。静止立位中のCOPの動揺は時間変化を含む複雑な動きをしており、フラクタルを調査することはその特性や本質を評価するために肝要であるが、その研究報告は見当たらない。そこでASD者における静止立位中のCOPの揺れの特性について、フラクタルの指標を用いて調査した。なお、フラクタルとは長期相関を示し、COPにおいては、現在の揺れが過去の揺れにどの程度影響を受けているかを示す。</p> <p>調査では、ASD者16名とTD者13名を対象に、バランスWiiボード上で70秒間の静止立位を維持するよう求め、その間の前後方向と左右方向のCOPデータを取得した。条件は開眼と閉眼の2条件とした。取得データから、先行研究で用いられてきた軌跡長ならびに外周面積を算出した。また動揺のバラツキである変動に着目し、COPの座標位置のほか、単位時間当たりの移動距離すなわち速度から平均値、標準偏差、変動係数およびフラクタル指数を算出して、ASD者とTD者とで比較検討した。</p> <p>軌跡長や外周面積は有意な群間差がなかったが、ASD者はTD者よりも長い軌跡長と大きな外周面積を示し、先行研究と同様の結果を得た。また、COPの座標位置における標準偏差やフラクタル指数、速度の平均値や標準偏差も有意な群間差がないものの、ASD者はTD者よりも座標位置や速度にバラツキがあった。変動係数ではASD者はTD者よりも有意に大きい傾向があることを示した ($p = 0.066$)。これらの結果から、ASD者のCOPの動</p>			

揺はTD者よりも大きく、その速度は速くてバラツキがあり、ぎこちない動きである可能性が示唆された。一方で、ASD群の前後方向における速度のフラクタル指数はTD群よりも有意に大きな値を示した ($p = 0.011$)。したがって本研究により、ASD者における静止立位中のCOPの動揺は、一見不安定であるにもかかわらず、長期的に安定した静止立位を維持していることが明らかになった。このほか、ASD者は、TD者と同様に速度情報に依存した姿勢制御則を持っていることや、小児期に見られた運動障害という一部の弱点は成人後も特徴として持続していることが示唆された。また、閉眼時においては特に姿勢制御が困難な傾向にあり、視覚的な手がかりがないことは視覚優位性を持つASD者にとって不利になったと考えられる。しかしながら、短期的な干渉が少ない場合、過剰に動員された触覚や視覚などの低次元の感覚モダリティが排除されることで、低機能の中枢系はより効果的に姿勢制御システムを管理および維持できるようになる。したがって、長期的な視点においてはASD者の特性が強化されたのではないかと示唆された。

第三章では、研究の限界や今後の課題、および研究を終えての結語を述べた。本研究で有意な群間差がなかった理由について、参加者数と年齢が研究結果に与えた影響について記された。また今後の課題には、筋骨格系や脳機能との関連について更なる調査が必要であることを述べた。

以上のように、本学位論文はASD者の姿勢維持機能の特徴についてCOPの変動特性に着目して検討し、ASD者の静止立位中のCOPの動揺は、大きさやバラツキが不安定な傾向にありながら、長期的には安定性を維持していることを明らかにした。ASD者における姿勢制御機構を明らかにすることは、ASD者の運動機能の維持・促進やQOL、ウェルビーイングにつながり重要である。したがってこの成果は、ASD者における姿勢制御機構の解明および姿勢不安定性の改善に貢献し得る基礎的な知見となった。

(論文審査の結果の要旨)

自閉スペクトラム症 (Autism spectrum disorder : ASD) 者が抱える生きづらさはコミュニケーションや感覚の問題だけでなく、不器用さや身体動作のぎこちなさといった運動の問題も要因となっており、このようなASD者の特性は生活全般の障害となったり、自尊心の低下や集団から孤立したりするなど、二次的な心理社会的問題につながっている。前者の問題に関する先行研究は多岐に渡るが、発達運動特性に関する理解は十分ではない。

本学位論文では、ASD者の運動特性の一端を明らかにする目的で、基本的な運動機能である静止立位中の足圧中心動揺 (Center of pressure : COP) に着目し、従来用いられてきた軌跡長や外周面積に加えて、時間の概念を含む変動特性についても調査した。論文は第一章の研究小史と本学位論文の目的、第二章のASDの静止立位における足圧中心動揺の揺れの特性、第三章の研究の限界と今後の課題から構成されている。第一章では、1920年代に報告された症例検討が端緒となり、現在に至るまでのASD児・者における運動発達特性の研究報告の変移を概観し解説した。これらは国内外の主要な研究を網羅しており、総説として高く評価できる。同時に、COPの変動、特に時間の概念を含む変動についての研究は十分でないこと、ならびにCOPの特性を理解する上でそれらを調査することの重要性を示し、本学位論文で取り組むべき課題を明確にした。

第二章では、本学位論文の主論文となる静止立位における足圧中心動揺の揺れの特性について説明した。本研究では16名のASD者と13名のTD者を対象に、70秒間の静止立位中のCOPデータを開眼と閉眼の2条件から取得した。評価指標には、従来からCOPの動揺の定量法とされている軌跡長や外周面積を採用したほか、新たな取り組みとして変動特性に着目した。変動特性の評価指標として、座標位置の標準偏差と生体に存在するゆらぎの要素を定量した長期相関を示すフラクタル指数、そして、単位時間当たりの移動距離すなわち速度における平均値と標準偏差、平均からのバラツキを評価する変動係数ならびにフラクタル指数を算出した。ASD者の発達運動特性の調査は協調運動や粗大運動に着眼しがちであるが、運動機能の基本である静止立位に着目し、かつ、より内的なゆらぎの成分を調査する本研究はASD者の立位制御分野において基礎的な知見を得ることを可能にしたもので、高く評価できる。

結果および考察では、軌跡長や外周面積、また座標位置における標準偏差やフラクタル指数、速度の平均値や標準偏差で有意な群間差がないものの、ASD者はTD者よりも動揺が大きく、座標位置や速度のバラツキが大きいことを示した。一方で、ASD群の前後方向における速度のフラクタル指数はTD群よりも有意に強い長期相関を示した。したがって本研究により、ASD者における静止立位中のCOPの動揺はTD者より

も大きく、その速度は速くてバラツキがあり、ぎこちない動きであるが、長期相関は強いことが示唆された。つまり、ASD者のCOPの動揺は、一見不安定であるにもかかわらず、長期的に安定した静止立位を維持していることが明らかにされた。またこれらの結果について、ASD者の姿勢制御システムは速度制御を担う前庭覚の影響を受けていることや、ASD児特有の運動障害は成人後も特徴として持続していること、視覚優位性を持つASD者にとって視覚情報が遮断される状況は不利かもしれないが、短期的な干渉が少ない場合は、長期的な視点においてASD者の特性が強化されることが示唆された。以上の成果は、ASD者における静止立位中のCOPの変動特性を検討した独創的な研究と評価され、*Advances in Neurodevelopmental Disorders* (2023) に掲載された。

第三章においては、研究の限界と今後の課題および結語を述べた。研究の限界としては参加者数や年齢について考察されており、参加者数が少ないことが群間差が有意でなかった要因のひとつとして考えられるが、服薬や二次障害のないASD者を招集することに制約があった。また、運動発達機能が安定している成人よりも未熟である子どもを対象とすることで群間差は明らかになったのかもしれない。しかし本研究ではこれまでに調査されていない指標を用いるため、運動発達が未熟な子どもを対象とするよりも、70秒間の静止立位を安定して維持でき、研究実施者の教示が理解できる者を対象とする必要があったことが明確にされた。また本研究課題を更に追求するためには、筋骨格系や脳機能との関連性についての調査が重要であると新たな課題が明確にされた。

以上より本学位論文は、ASD者における姿勢制御システムの解明および姿勢不安定性の改善に貢献し得る基礎的な知見となり、当該分野への学術的意義が高いと考えられ、人間・環境学研究科 認知・行動科学講座 身体機能論分野の研究として高く評価できる。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和5年12月27日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 令和 年 月 日以降