

発達障害者におけるバランス能力の検討 — Functional Balance Scale と三次元加速度センサによって — **An Analysis of Walking Posture and Movement in Developmental Disorders**

中川 佳子 小山 高正 飯田 亮太

NAKAGAWA Yoshiko, KOYAMA Takamasa and IIDA Ryota

キーワード：発達障害・動作姿勢・加速度

Key Words: Developmental Disorders, Posture, Accelerometer

<要約>

発達障害者における対人的コミュニケーションと社会的相互作用の障害の基盤を検討するため、自閉スペクトラム症 (ASD) と注意欠如多動症 (ADHD)、年齢と性別を一致させた定型発達 (以下 TD) を対象に、バランス能力を Functional Balance Scale と加速度センサによって評価した。その結果、Functional Balance Scale の片足立ち課題ができない者が ASD 群と ADHD 群にいたが、その他の課題で通過できない項目はなかった。また、歩行時の加速度を分析した結果、前後方向では差がなかったが、左右方向では ASD 群が TD 群よりも加速度が小さく、上下方向では ADHD 群が TD 群よりも加速度が大きかった。これらから、発達障害者は片足立ちのバランス能力が悪いとともに、三軸加速度センサによって、歩行動作時の特異的加速度のずれも示唆された。

緒 言

アメリカ精神医学会の精神疾患の診断・統計マニュアル (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM) 第5版 (DSM-5; American Psychiatric Publication, 2013) による診断基準として、自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorder: 以下 ASD) では対人的コミュニケーションや社会的相互作用の障害、行動・興味・活動の反復の様式があげられている。前者は、社会・情緒的な相互作用の障害や、非言語的コミュニケーションの障害、仲間関係を築くもしくは維持することの障害である。言語的コミュニケーションの問題は含まれていないが、非言語的な情報を理解することに障害があり、対人的コミュニケーションや社会的相互作用が障害される。発達障害の症状は幼児期や児童期のみならず、成人期以降も持続し、日常生活の適応に支障をきたしていると考えられ

ている。対人的コミュニケーションと社会的相互作用の障害はどのような基盤によって生じているのであろうか。

コミュニケーションの発達、身体・姿勢の発達とともに、感覚運動や協調運動、情緒や対人関係の発達と関係しており(宇佐川, 2007)、動作姿勢や運動能力の発達はコミュニケーションや情緒、社会性の発達と関係すると考えられる。自閉スペクトラム症では動作姿勢制御の問題(Becchio & Castiello, 2012; Memari et al., 2014)や協調運動の問題(花井, 2009)が指摘されており、対人的コミュニケーションや社会的相互作用の障害と関係する可能性が考えられる。また、注意欠如多動症(Attention-Deficit Hyper Activities: 以下 ADHD)においても姿勢や身体運動に特異性があり、協調運動の悪さや運動能力の低下が示唆されている(Fliers et al., 2008.)しかし、従来の発達障害児を対象とした動作姿勢の研究ではテストに含まれる項目の持続時間や回数、画像を評価し、診断名や知的能力などとの関係を検討しているものが多い。発達障害が困難な動作姿勢や協調運動が定型発達とどのように異なるかについて、数量的に評価したものはない。動作姿勢を客観的に評価することで、ASDやADHDが示すバランス能力の問題について客観的に評価し検討する必要がある。

バランス能力を評価する尺度として、病院やリハビリテーションなどで使用されている臨床テストにFunctional Balance Scale(Berg et al., 1989)がある。このテストは14項目の課題の通過状況によって15分程度で効率的にバランス能力を評価できる。また、このテストはさまざまな肢位を保つ能力や、訓練によるバランス能力改善を評価でき、測定法の信頼性と妥当性を満たす検査として、高齢者や脳損傷後のリハビリテーションで広く使用されている(浅井, 2006)。しかし、このテストでは課題が通過できるかどうかを評価する検査のため、どのようにバランス能力が悪いかを評価することはできない。一方、三次元加速度センサとは歩行動作の識別にも用いられるもので、どのような歩行動作の特質があるかを評価することができるものである。加速度センサは1個の装着で姿勢を推定するには十分であると考えられており(倉沢他, 2006)、この加速度センサを用いることで歩行動作の前後左右上下方向の三次元の加速度から歩行の特質を検討することができる。

そこで、本研究では発達障害者における対人的コミュニケーションと社会的相互作用の障害の基盤を検討するため、成人発達障害の中から、ASDおよびADHDに注目し、Functional Balance Scaleと三次元加速度センサを用いて、動作姿勢が定型発達とどのように異なるかを検討する。

方 法

研究対象者：発達障害として、20歳～39歳までのASD男性17名(ASD群)、ADHD男性5名(ADHD群)。年齢と性別を一致させた定型発達の男性14名(以下TD群)を対象とした。

機材：対象者の腰部背面に10チャンネル小型無線モーションレコーダ(MicroStone10チャンネル小型無線モーションレコーダ MVP-RF10-AC)を1個ベルトで装着し、動作姿勢時の振動・加速度・角速度を計測し、無線にてノートPC上で計測データを記録し、

歩行動作中の加速度を前後（X軸）、左右（Y軸）、上下（Z軸）の三次元空間で評価した。

歩行計測（腰部装着状態）

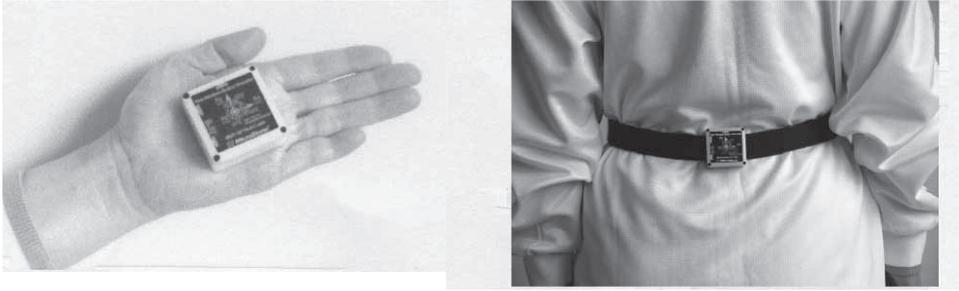


図1 小型無線モーションレコーダ（左）とそれを腰部に装着した状態

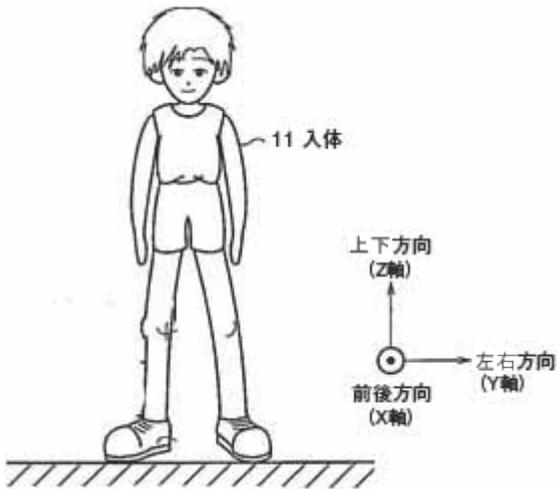


図2 三次元加速度の計測方向

課題：Functional Balance Scale (Berg, 1989) の閉眼立位、両足をそろえた閉眼立位など14項目を0～4点でできたかできなかったかを評価し（表1）、歩行動作のバランス能力を評価するために、5mの普通歩行と線上歩行、タンデム歩行、後方線上歩行時の動作姿勢を三次元加速度センサ（10チャンネル小型無線モーションレコーダ MVP-RF10-AC）を用いて計測した。

表 1 Functional Balance Scale(Berg et al., 1992)

測定内容	
1 閉眼で立位を保持する	30秒
2 足をそろえて立位を保持する	30秒
3 腕を前方に伸ばす	1回
4 床から物(ボールペン)を拾う	1回
5 後方へ肩越しに振り返る	1回
6 360° 左右方向へ回る	各1回
7 踏み台に左右足を交互に乗せる	各1回
8 足を前後に交差させ30秒間立位で保持する	各30秒
9 片足で立つ	各30秒
10 飛び上がり拍手	1回
11 ボール投げ(利き手)	1回
12 ボール両手捕球	1回
13 ソフト板上足をそろえて立位を保持する	30秒
14 ソフト板上片足立ち	各30秒
15 普通の歩行	5m
16 線上歩行	5m
17 タンデム歩行	5m
18 線上後ろ歩行	5m

手続き：Functional Balance Scale14項目の実施には、転倒リスクを配慮し、1人の対象者に検査者1人と補助者1人が対象者の横でバランスを崩して転倒した場合の補助者として待機した。4種類の歩行動作は長い廊下もしくは大きな部屋内で5mの直線を確保し、そこで歩行動作を行うように指示した。16種類の課題の所要時間は15分程度であった。

結 果

対象者に Functional Balance Scale14項目を実施した結果、課題中にうまくバランスがとれずに10秒以内に倒れてしまう対象者が、片足立ち課題で ASD 群 2 名、ADHD 群 1 名、ソフト板上片足立ち課題で ASD 群 4 名と ADHD 群 2 名であった。その他の課題で通過できない対象者はいなかった。

歩行動作を分析するため、通常歩行(課題15)、線上歩行(課題16)、タンデム歩行(課題17)、線上後方歩行(課題18)実施中の加速度について小型無線三次元加速度センサを用いて測定し、課題開始前後1秒間のデータを除いた加速度の前後方向(X軸)、左右方向(Y軸)、上下方向(Z軸)ごとに対象者別に平均値を求め、ASD群、ADHD群、TD群で次元ごとに一元配置分散分析を行った。その結果、前後方向(X軸)ではいずれの課題でも加速度に有意な差はなかった(課題15: $F(2,25) = .207, n.s.$)、課題16 ($F(2,25) = .111, n.s.$)、課題17 ($F(2,25) = .232, n.s.$)、課題18 ($F(2,25) = .221, n.s.$) が、左右方向(Y軸)ではいずれの歩行課題においても三群間の加速度に有意な差があり(課題15: $F(2,25) = 3.172, p < .05$)、課題16 ($F(2,25) = 3.830, p < .05$)、課題17 ($F(2,25)$

= 5.782, $p < .01$)、課題18 ($F(2,25) = 11.283, p < .01$)、下位分析の結果、ASD群がTD群よりも左右方向の加速度が有意に小さかった。次に、上下方向(Z軸)では、通常歩行と線上歩行において加速度に有意な傾向が認められ(課題15: $F(2,25) = .563, p < .10$)、(課題16: $F(2,25) = .454, p < .10$)、線上後方歩行では加速度に有意な差が示された($F(2,25) = 2.843, p < .01$)。下位分析の結果、ADHD群がTD群よりも上下方向の加速度が有意に大きかった。以上から、歩行姿勢において、TD群と比較して、ASD群は左右方向のずれがあまり大きくなく、ADHD群は上下方向に大きく振動して歩行していることが示された。

表2 前後方向(X軸)における対象者別課題別加速度

課題	ASD		ADHD		TD			
	Ave	SD	Ave	SD	Ave	SD		
15	0.420	1.621	0.812	1.376	0.287	2.541	F(2,25)= .207	n.s.
16	0.392	1.951	0.771	1.924	0.383	2.598	F(2,25)= .111	n.s.
17	0.277	1.961	0.897	1.600	0.436	2.848	F(2,25)= .232	n.s.
18	0.088	1.844	-0.132	0.178	0.365	2.722	F(2,25)= .221	n.s.

表3 左右方向(Y軸)における対象者別課題別加速度

課題	ASD		ADHD		TD				vsASD	vsADHD
	Ave	SD	Ave	SD	Ave	SD				
15	8.227	11.662	9.391	0.098	11.135	5.467	F(2,25)= 3.172	+	*	
16	8.361	9.337	9.373	0.055	11.364	5.742	F(2,25)= 3.830	*	*	
17	8.461	6.497	9.241	0.047	11.675	5.100	F(2,25)= 5.782	**	**	+
18	8.807	1.426	9.050	0.184	12.448	5.488	F(2,25)= 11.283	**	**	*

表4 上下方向(Z軸)における対象者別課題別加速度

課題	ASD		ADHD		TD				vsASD	vsADHD
	Ave	SD	Ave	SD	Ave	SD				
15	-0.568	13.579	0.990	5.004	-0.271	0.584	F(2,25)= .586	n.s.		+
16	-0.271	13.878	0.966	4.274	-0.326	0.691	F(2,25)= .454	n.s.		+
17	0.272	14.344	0.396	7.923	-0.374	0.534	F(2,25)= .226	n.s.		
18	0.685	11.944	2.525	0.024	-0.546	0.632	F(2,25)= 2.843	+		**
** p<.01, * : p< .5, + : p<.1, n.s. : 有意差なし										

考 察

本研究の目的は発達障害者における対人的コミュニケーションと社会的相互作用の障害の基盤を検討するため、成人発達障害の中から、ASDおよびADHDに注目し、Functional Balance Scaleと三次元加速度センサを用いて、立位と歩行姿勢が定型発達とどのように異なるかを検討することであった。その結果、ASDおよびADHDの成人発達障害者ではFunctional Balance Scaleの片足立ち課題でバランスを崩し、転倒する者がいた。加齢に伴い、バランス能力は悪くなり、Functional Balance Scaleの通過状況が悪い(Berg, et al., 1989)。しかし、本研究ではASD群とADHD群の年齢と性別を一致させた対象者を定型発達群としている。定型発達群では片足立ちで多少バランスを崩す対象者も

いたが、転倒するほどバランスが悪いものはおらず、本研究によって、ASD や ADHD などの発達障害では片足立ちにおいてバランス能力が悪いことが示唆されたと考えられる。

次に、三軸加速度センサを用いて歩行動作を測定した結果、ASD 群が TD 群と比較して左右方向へのずれが小さく、筋力をあまり使わないすり足歩行を行っている可能性が示唆された。一方、ADHD 群は上下方向に大きく振動しながら歩行していることが示され。歩行動作は疲労により運動量が落ち、バランスが低下する (東他, 2011)。また、年齢とともに身体能力は低くなり、上下方向の加速度が減少する (黒住他, 2011)。さらに、パーキンソン病では、上下左右の移動が少ない (畠中, 2015)。これらから、本研究で示された ASD 群の左右方向への移動の少なさは、運動量が低下したことが原因ではないかと考えられる。一方、ADHD 群については、上下方向の加速度が大きかったが、加速度センサでは早く歩こうとすると振動が激しくなる (大上他, 2006)。そのため、ADHD は上下に激しく振動して歩行していると考えられる。アメリカ精神医学会の診断基準第 5 版 (DSM-5; American Psychiatric Publication, 2013) による ADHD の診断基準には多動性／衝動性の症状が示されており、じっとしていられずに動き回る症状が示されている。これらから、ADHD は歩行動作時に上下方向への運動が大きくなったと考えられる。

以上より、成人発達障害におけるバランス能力の悪さは、Functional Balance Scale により片足立ちができないことが示され、三次元加速度計の計測により歩行動作の特異的な特徴が示唆されたと考えられる。

ASD や ADHD は脳の機能障害によりさまざまな症状を呈する。ASD は大脳皮質の前頭前野の損傷により対人関係の情意の欠落が生じ (與那覇広次, 2015)、ADHD では実行機能課題実施時に前頭葉で活性化悪い (Dibbets P., et al., 2009)。また、加齢 (Berg, et al., 1989) やパーキンソン病 (畠中, 2015) などの脳機能の低下によりバランス能力が悪くなる。これらから、本研究で示された成人発達障害者のバランス能力の悪さは脳機能のなんらかの障がいに関係していると考えられる。そのため、今後は脳機能とバランス能力の関係をさらに検討する必要がある。また、ASD では情意の欠落が示唆されているが、歩行動作時の加速度は感情を込めた歩行動作の識別にも用いられている (田村他, 2010)。そのため、感情を込めた歩行動作が発達障害の場合にも特異的な特徴として示されるかどうか検討する必要がある。さらに、発達障害で示されるバランス能力の悪さが、発達障害者における対人的コミュニケーションと社会的相互作用の障害と脳内の同じ基盤により示されているものかどうかなど、さらに検討する必要があると考えられる。

謝 辞

調査実施にあたりご協力いただきました対象者の皆様、調査協力者の皆様に心より感謝いたします。この調査研究は科学研究費基盤研究 (C) 課題番号16K04316 : 発達障害者における呼吸・情動・動作姿勢・運動能力の検討 (代表 : 中川佳子) と、昭和大学発達障害医療研究所共同利用・共同研究拠点の助成を受け行われた。

引用文献

- American Psychiatric Association, 2013. Diagnostic and Statistic Manual of Mental Disorders: Dsm-5. American Psychiatric Association.
- 浅井仁, 2006. Functional Balance Scale. 理学療法ジャーナル; 40, 459.
- Bacchio C. Castiello U., 2012. Visuomotor resonance in autism spectrum disorders. Integrative Neuroscience; 6, 1-6.
- Berg K., Wood-Dauphinee S., Williams J.I., Gayton D., 1992. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. Physiotherapy Canada; 41, 304-311.
- Debbets P., Evers L., Hurks P., Marchetta N., Jolies J., 2009. Differences in feedback and inhibition related neural activity in adults ADHD, Brain Cognition; 70, 73-83.
- 花井忠往, 2009. アスペルガー症候群児の発達性協調運動障害の検討. 現代教育学部紀要; 1, 81-90.
- 畠中康彦, 2015. 姿勢・動作・歩行分析, 羊土社.
- 東英和・重岡正・糸川剛・北須賀輝明・有次正義, 2011. 加速度計を用いた歩行分析による疲労推定特徴量の検討. 情報処理学会報告 IPSJ SIG Technical Report; 2011-UBI-29, 27, 1-8.
- 飯村一智郎・甲斐久規・中山茂, 2011. 家庭用ゲーム機の加速度センサを用いた歩行動作で表現された感情の識別に関する一考察. 情報処理学会論文誌; 52, 1755-1760.
- 倉沢央・川原圭博・森川博之・青山友紀, 2006. センサ装着場所を考慮した3軸加速度センサを用いた姿勢推定手法. 情報処理学会 IPSJ SIG Technical Report; UBI11, 15-21.
- 黒住亮太・田中基史・倉本圭・小橋昌司・畑豊, 2011. 三軸加速度センサを用いた詳細歩行能力解析と歩行支援のためのリハビリテーション・トレーニング方法の検討. 神戸高専研究紀要; 50, 7-10.
- Memari AH. Ghanouni P. Shayestehfar M. Ghaheri B., 2012. Postural Control Impairments in Individuals With Autism Spectrum Disorder: A Critical Review of Current Literature. Asian Sports Med; 5,1-7.
- 大上裕也・橋本智訓・岩田満・田野俊一, 2006. 3軸加速度センサを用いた歩行パターンの分類. 22nd Fuzzy Symposium, 506-511.
- 田中宏樹・淡野公一・石井雅博・唐政, 2010. 加速度センサを用いた感情を込めた歩行動作の識別実験. 知能と情報 (日本知能情報ファジイ学会誌); 22, 65-72.
- 宇佐川浩, 2007. 発達と運動の高次化による発達臨床の実際, 学苑社.
- 与那覇広次, 2015. 知的障害児・自閉症児への発達臨床心理学アプローチ～理論と実際～, 沖縄タイムズ出版部.

Received : October, 11, 2018

Accepted : November, 7, 2018