

研究論文

自閉スペクトラム症の併発症としての発達性協調運動症 に関する 2023 年の研究における見解

松山 郁夫*

Perspective in the Study of 2023 on Developmental Coordination Disorders Complication in Autism Spectrum Disorders

Ikuo MATSUYAMA

【要約】本研究では、2023年に発刊された ASD に併発症として DCD を持つ神経発達症に関する論文について、ASD に併発症として DCD を持つ神経発達症に対する認識と支援について検討した。得られた論文はその内容から、生理的研究、質問紙調査による研究、運動等による支援の3種類に分類され、各論文について検討した。特に、運動障害は社会生活に影響を及ぼすため、運動能力の向上と社会参加を目指した介入の必要性等が示唆された。

【キーワード】発達性協調運動症、自閉スペクトラム症、併発症、運動障害、神経発達症

I はじめに

ASD(自閉スペクトラム症)に併発する運動障害を包括的にレビューすると、次のことが示されている (Kangarani-Farahani, Malik, Zwicker, 2023)。

ASD に併存する運動障害の有病率、ASD の運動障害の性質と、それらが DCD (発達性協調運動症)と一致しているかどうかを検討する。DCD という用語が、2013年の DSM-5 の発行後に ASD における併発診断として使用されたかどうかを判断する。

これらのために、2010年から2021年までの、MEDLINE、EMBASE、CINAHL、PsycINFO のデータベースに対する系統的検索を実施した。査読され、科学雑誌に掲載された論文から、5歳から12歳までの ASD 児が含まれていることを条件とした。また、ASD 児の運動能力を評価するために運動または機能の測定がなされているものを使用した。

その結果、27件の研究が選択基準を満たし、横断的研究のための評価ツールを用いて2名の独立したレビュアーによって質が評価された。論文の過半数(92.5%)は、ASD の子供の50%から88%が、標準化された運動評価や機能的質問票で重大な運動障害を持っていると示している。また、ASD の運動と機能の問題の質は DCD と一致していた。しかし、2014年以降に発表された20本の論文のうち、運動の問題を DCD として記述したのはわずか3本(15%)であった。運動障害のある ASD 児の15.1%が DCD の診断を併発していたとの報告もあるため、この臨床集団では DCD の認識が十分ではないと示唆された。

さらに、ASD 児の多くは、微細運動や粗大運動の障害を含む運動障害を示す。ASD 児における運動障害の個人的、学業的、社会的な生活への影響は大きい。しかしながら、ほとんどの ASD 児は DCD を併

*佐賀大学教育学部

発していると診断されず、運動障害に対する適切なリハビリテーションサービスを受けていなかったと報告されている。(Bhat, 2020)。運動能力の障害は ASD の中核的な症状ではないため、DCD の二重診断は、子供、親、教師、支援者、その他 ASD 児と関わる人々の運動障害に対する認識と理解を深めるために必要である。支援者は、CO-OP のようなエビデンスに基づいた運動介入を子供の治療計画に加えれば、全体的な機能を改善できると考えられる。

以上の見解より、2010 年から 2021 年までの研究では、ASD に DCD が併発していても、ASD の中核症状の方に目が向き、DCD の症状に目が向かないことが多かったと推察される。したがって、現時点の研究において、ASD に DCD が併発している場合、どのような研究がなされているのか、検討されていることはどのようなことなのかを明らかにする必要がある。したがって、本研究の目的は、2023 年に発刊された ASD に併発症として DCD を持つ神経発達症に関する論文について、ASD に併発症としての DCD を持つ神経発達症に対する認識と支援について検討することである。

II 研究方法

本研究では、ASD に併発症としての DCD について考察された 2023 年に発刊された論文の内容について検討した。文献を検索するデータベースには、CiNii Research、Google Scholar、および Springer を使用した。最終検索日は、2024 年 2 月 10 日であった。このレビューで扱うキーワードについては、「autism spectrum disorder、developmental coordination disorder、complication」とした。

査読され、科学雑誌に掲載された論文から、ASD に併発症として DCD を持つ神経発達症に対する研究手続きがなされているものを使用した。調査や実験による研究の手続きが明確な論文における ASD に併発症として DCD を持つ神経発達症に対する認識と支援に関する知見や見解について考察することにした。その際、論文の主たる研究について内容で分類したところ、15 件が見出された。生理学的研究 2 件、質問紙調査による研究 4 件、運動等による支援 9 件、に分類された。これらの内容について検討することにした。

III ASD の併発症としての DCD に関する 2023 年に発刊された研究に関する考察

ASD の併発症としての DCD について検討した研究は次の通りであった。

1. 生理学的研究

(1) ASD の運動知覚に対する生理学的研究

ASD 者は、社会的スキル、運動スキル、運動知覚の障害を持つ。しかし、これらの関係は明らかにされていなかった。そこで、次のような、運動技能が社会技能と運動知覚に及ぼす影響を評価することを目的とした研究がなされている。

5 名の定型発達児と 14 名の ASD 児が参加した。ランダムドットキネマトグラフ (random dot kinematogram: RDK) を見ることにより、運動知覚を示す脳活動である N200 成分が中側頭 (MT/V5) 脳野に誘導され、頭皮脳波を用いて記録された。1970 年代から、ランダムドット・パターンを刺激に使用した運動知覚の実験がなされるようになった。なお、ランダムドット・パターンを 1 パターンだけ見ると、そこに特定の形を知覚できないが、ある形を作るように成分ドットの一部分の相対的位置をずらして、元のパターンと変化したパターンを交互に呈示すると、特定の形とその運動が知覚される。これを RDK と呼んでいる。少数の光点や図形を刺激に使った仮現運動と比較すると、RDK では運動の知覚が成立する時間間隔と空間間隔が短い。そのため RDK による仮現運動を短距離運動

(short-range motion) と呼称され、従来の少数光点もしくはパターン図形を刺激に使った仮現運動を長距離運動 (long-range motion) と呼称することがある。

さらに、ASD 児を対象に、社会的スキルの欠損を示す社会的反応性尺度 (SRS)、DCD であることを推測する発達性協調運動症質問票 (DCDQ)、運動技能を示す児童用運動評価バッテリー第2版 (MABC-2) を使用して記録することにした。その際、社会的技能と運動知覚の関係に対する運動技能の調節効果を検討するために、階層的重回帰分析を行った。従属変数は N200 潜時、独立変数は SRS、MABC-2、MABC-2 と SRS の組み合わせとした。

その結果、「ASD 児の N200 潜時は、定型発達児に比べて遅れていた。バランス能力は ASD 児の社会的スキルと N200 潜時の関係を調節した。バランス能力が高い場合、社会的スキルが悪化すると N200 潜時は短縮した。このため、運動技能が社会的技能と運動知覚の関係を調節することに関する初めての発見である」(Sakihara, Kita, Suzuki, et al. 2023) と言及されている。

(2) ASD に実施したメンタライジング課題の結果

メンタライジングとは、他者の心的状態を見出したり推論したりすることを表している。メンタライジングは、人が円滑な社会的生活を営む上で重要な能力となる。メンタライジングは、乳児期初期の社会的知覚である。つまり、人に対する志向性から始まり、母子関係に代表される二項関係、さらに第三者もしくは対象物を含む三項関係の成立、他者の誤信念を理解する「心の理論」の成立へと続くものと考えられている。本研究では、この理論による実験がなされたものと捉えられる。

先行研究では、ASD と非 ASD のメンタライジング課題中の神経結合を比較し、下前頭回 (IFG) とメンタライジング領域間の結合が低下していることが明らかにされている。しかし、IFG は運動処理に関与しており、ASD の約 80% が運動に関連した困難を抱えているため、こうした違いが ASD に特有のものなのか、それとも DCD 等、他の発達性運動障害でも同様なものなのかを探る必要がある。参加者 (ASD 29 名、DCD 20 名、定型発達 [TD] 31 名、8 歳から 17 歳) は、fMRI スキャナー内で、ある行動を誰かが行っている理由を考えるメンタライジング課題を行った。

その結果から、ASD 群は TD 群と DCD 群に比べると、他者の行動を思い浮かべる際に有意な機能的結合の違いを示したと言える。左 IFG シードについては、両側側頭頭頂接合部 (TPJ)、左島皮質、両側背外側前頭前皮質 (DLPFC) との ASD の結合性の違いを明らかにした。右 IFG シードを用いた結合性の違いからは、左島皮質、右 DLPFC における ASD の違いが明らかになったと判断できる。これらの結果から、「IFG、メンタライジング領域、情動領域、運動処理領域間の結合性の違いについては、ASD に特有のものであり、潜在的に併存する運動性の違いの結果ではないことを示している」(Jayashankar, Bynum, Butera, 2023) と論及されている。

2. 質問紙調査による研究

(1) 学童期における DCD と心理的問題との関連

学童期における DCD と情緒的問題や行動的問題などの心理的問題との関連は、これまでの研究により証明されているが、DCD を有する学童期におけるこれらの問題の経時的変化については十分に理解されていない。そのため、DCD を有する学童期における情緒的問題と行動的問題のパターンを明確にし、これらの問題の発生と経過に対する併発する神経発達における特性の影響が検討されている。

DCD 質問票を用いて、773 名の学童を DCD と定義して、6 歳から 10 歳までの 4 年間追跡している。また、情緒的問題と行動的問題は、DCD のある学童の両親が記入した Strengths and Difficulties

Questionnaire を用いて評価されている。その結果、「情緒的問題と行動的問題に関する 4 つの軌跡パターンが明らかにされた。特に ASD や ADHD の特性が高い学童は、予後不良の軌跡パターンに割り当てられる可能性が高かった」(Mikami, Hirota, Adachi, et al. 2023) ことが示唆された。このため、学童期でも特に小学校低学年における DCD を有する小児の情緒・行動問題が併発している神経発達における特性を評価する必要があると言える。

(2) DCD 質問票を使用した調査

DCD は ASD と関連性の高い神経発達症である。ASD も人生の初期あるいは後期に神経発達上の問題を抱えている。DCD と ASD との関連は、ASD が「ASD のレベル」のどのカテゴリーに属するかによって異なっている。そのため、DCD と ASD のさまざまなレベルとの関連を明らかにするためには、横断的研究デザインが必要になる。Reactive Physio、Life Line Pain Relief Center において、2021 年 12 月 13 日から 5 ヶ月間、および 2021 年 12 月 13 日から 2022 年 4 月までの 5 ヶ月間において質問紙法による調査がなされている。

その研究では、サンプル 99 名で、親が報告した DCDQ07 (発達性協調運動症質問票) を使用した。親から質問を受け、自分で質問票に記入するようにして実施した。データ収集の最後に、質問票の合計点を集計した結果、46 名が男性、53 名が女性であった。「ASD と DCD との間には、有意な関連が認められた。3 つの ASD レベルの中で、DCD はレベル 2 と最も関連が高く、次にレベル 3、レベル 1 と最も関連が低かった。また、DCD と子供の性別との間に有意な関連がみられ、DCD が最も高いのは女性であった」(Kiran, Naeem, Ashfaq, et al. 2023) と報告されている。

(3) 観察法と質問紙調査票による調査

DCD は、運動協調課題の獲得と遂行における早期発症の障害を特徴とする神経発達症である。社会的スキルは発達していく。ASD の有無にかかわらず、DCD 児の社会的反応性を比較することを目的とした観察法による研究がなされている。5 歳から 15 歳半の DCD 児の親 (n=102) を対象とし、親の報告に基づいて分類された。3 つのグループの子供が含まれている。それらは、ASD なし (noASD) 67 名、ASD 疑 (sASD) 13 名、ASD 確定 (cASD) 22 名で、観察的横断デザインを採用した。親には、社会的反応性尺度 (SRS-2) および DCD-質問票 (DCD-Q) を含む質問票に回答してもらった。

その結果、標準と比較すると、ASD 群にかかわらず、DCD 児の大多数には、社会的反応性のすべての領域で困難さが報告された。sASD と cASD では、noASD と比較して、より好ましくない SRS-2 の T スコアが観察された。post-hoc 解析の結果、ASD 群は noASD 群と比較して有意であった。cASD と sASD では、noASD と比較して DCD-Q スコアの低下が観察された。また、事後分析の結果、cASD では noASD と比較して有意であった。全群においてのみ、運動能力は SRS-2 の総 T スコアおよび「社会的動機づけ」を除くすべての下位尺度 ($r=-0.306\sim-0.405$; $p\leq 0.02$) と有意な弱程度から中程度の関連を示した。したがって、「ASD を併発していない DCD 児においても、広範囲にわたる社会的反応性の困難が確認された。このため、社会的困難が運動障害の二次的な結果であるだけでなく、ASD の併発症としての DCD の部分が過小診断されていることを示唆している」(Roubaix, Waelvelde, Roeyers, et al. 2023) と主張されている。

(4) ASD 児に対して実施した DCD-Q による運動障害の分析結果

運動障害が青年期や成人期まで続くと、ASD の日常生活技能、体力、身体的・精神的健康、幸福感

に悪影響を及ぼす可能性がある。ASD 児の運動障害を性別や年齢で検討した研究はほとんどなされていないが、認知的な課題が大きいほど一般的な運動能力は低下する。

SPARK 研究サンプルの発達性協調運動症質問票 (DCD-Q) のデータによると、ASD 児の 87%から 88%には、15 歳まで持続する一般的な運動障害のリスクがあり、中核的な困難や併発する困難と関連している。Bhat らは、年齢と性別を考慮した上で、ASD 児の運動障害を複数の運動次元で確認し、中核疾患と共起疾患を予測したが、知的障害 (ID) や認知の遅れの有無は、以前の分析ではコントロールされていなかった。また、SPARK サンプルの多次元運動困難に対する年齢、性別、認知能力の影響については、これまで検討されていない。そのため、DCD-Q を用いて、SPARK サンプルの子供の運動能力に対する年齢、性別、認知能力 (ID の有無や認知の遅れの程度) の影響を検討した。

微細運動技能を除き、ASD 児の複数の運動領域は年齢とともに変化しなかった。ID のない女性では、年齢とともに巧緻運動のスコアが向上し、ID のない男性と比較してより良い成績を示した。ASD と ID のある子供は、ID のない子供に比べて、複数の運動領域で運動障害が大きかった。年齢、性別、認知的遅れの有無をコントロールした後でも、運動能力は、社会的コミュニケーション能力、反復行動の重症度、言語や機能の遅れを予測した。また、社会的コミュニケーションの遅れを予測する上で、総体的運動技能は微細運動技能や一般運動能力技能よりも寄与していた。しかし、反復行動の重症度と言語の遅れを予測する上で、微細運動能力と一般運動能力は粗大運動能力よりも顕著であった。

これらの結果から、「ASD 児の運動障害に関する一貫した所見を考慮すると、ASD の定義に運動問題を特定項目として加えることは、運動に関する臨床家が ASD 児の運動障害に対処するための明確な臨床的指針を提供できると考えられる」(Bhat, 2023) と示唆されている。

最近の研究は、「ASD 児における運動障害の広汎な性質に目を向けたものが多い」(Bhat, 2020) と指摘されている。ASD を支援する臨床医に対して、効率的で正確な運動スクリーニングツールを提供する重要性が強調されている。発達性協調運動症質問票 (DCD-Q) は、広く使用されている運動スクリーニングツールであるが、ASD 児における心理測定学的特性に関する証拠はほとんどない状況にある。「ASD 児の大規模サンプル (SPARK 研究) における 15 項目の DCD-Q の探索的因子分析 (EFA) において、ASD 児の大規模サンプルにおける独自の運動障害を同定する 5 因子の潜在構造が見出されている」(Bhat, Boulton, Tulskey, 2022) とされている。

そのため、確証的因子分析 (CFA) を用いて、SPARK 研究 (n=9721) から得られた新しい ASD に関連する固有の運動問題の EFA 所見を相互再現することによって、この研究の一般化を図ることにした。8 つの相関因子、1 つの 2 次因子、2 つの 2 因子モデルを含む 11 の仮説駆動型 CFA モデルの適合性と解釈可能性を比較した結果、2 つの粗大運動サブドメイン、1 つの微細運動ドメイン (オリジナルの DCD-Q と同様)、2 つの全般協調サブドメインを持つ従来の 5 因子モデルが支持されると判断された。

このモデルは、新しい標本において許容可能な適合性を示し、他のいくつかの簡略化された相関因子モデルと比較して優れた適合性を示した。しかし、2 次モデルや 2 因子モデルは、DCD-Q 項目の共通分散の 38% が 5 つのサブドメインに起因するままであったものの、わずかに適合が良く、一般的な運動技能因子の存在を支持していた。二因子モデルの 1 つを用いると、DCD-Q は性別、人種、言語障害と知的障害の併存状態においても測定不変性が支持されている。DCD-Q のスコアを異なる年齢層で検定した場合には、部分的な不変性しか支持されなかった。

これらは、「ASD 児における DCD-Q のより複雑な次元の像を明らかにしたため、DCD-Q は 2 つの方法で使用できることが示された。総得点は簡易スクリーニングのための一般的な運動能力を適切に評価し、サブドメインの得点は ASD 児の多次元的な運動問題について独自の情報を提供すると考えられる」

(Bhat, Tulskey, Boulton, 2023) と報告されている。しかしながら、サブドメインデータについては、ASD に関連した運動障害をスクリーニングする際に、DCD-Q の 3 つのサブスケールに頼ることに問題があるため、DCD-Q の多次元的な運動障害をスクリーニングする能力をさらに検証することが求められる。

3. 運動等による支援

(1) 塗り絵ゲーム中の運動動態の機械学習分析

現時点では、ASD と DCD は、重複する運動特徴を持つ異なる臨床グループであると判断されている。スマートタブレットによる 5 分間行うぬり絵を使ったゲームを用いた実験がなされた。その方法は、ASD 児、DCD 児、TD 児（定型発達児）である 8 歳から 17 歳、ASD 児 18 名、DCD 児 16 名、TD 児 20 名に対して、微細運動、粗大運動、バランス能力等の標準化された行動運動評価とスマートタブレットのタスクのビデオ録画を利用し、目に見える運動、行動、姿勢、関与の違いを捉えることである。

スマートタブレットを使った 5 分間の塗り絵ゲーム中の運動動態の機械学習分析が採用されている。画像データについては、動作生成タスク中に fMRI (functional magnetic resonance imaging: 機能的磁気共鳴画像) を用いて取得した。被験者評価による運動評価では、2 つの臨床群を区別することはできていなかった。

「機械学習による計算分析では、TD と ASD (76%の精度)、TD と DCD (78%の精度)、ASD と DCD (71%の精度) の区別が可能であった。ASD と DCD の区別に使う 2 つの運動学的マーカーは、小脳活動と有意に関連していた」(Miller, Licari, Bhat, et al. 2023) と報告されている。この結果から、ASD と DCD の間の神経運動パターンが小脳機能と関連していると言える。早期識別における計算機技術が 3 種類の対象を鑑別するために有効であることを示していると判断される。

ASD の運動機能の特徴は、臨床家、研究者、地域社会の関係者によって長い間認められてきた。DSM-5 と ICD-11 のガイドラインでは、顕著な運動障害のある自閉症者に DCD の併発診断をつけることを認めている。DCD は発達初期に発症する運動習熟度の低さを特徴とする。ASD と DCD で観察される行動的運動特徴には、重複があると示されている。しかし、ASD と DCD における運動障害は、その根底にある感覚運動メカニズムが異なることに起因している可能性を示す研究もある。

ASD に特有の運動表現型があるか、DCD と重複しているかにかかわらず、ASD における運動問題を認識し、評価、診断、介入の各段階で対処するために、臨床方法の変更が必要になる。臨床診療ガイドラインを最適化するために、ASD における運動障害の病因や DCD との重複に関する研究において、満たされていないニーズに対処するためのコンセンサスが必要となる。ASD への信頼できる運動問題のスクリーニングと評価ツールの開発、および ASD の運動問題に対するエビデンスに基づいた臨床的方法が不可欠である。

(2) 神経発達症 (NDD) 児に対する運動介入の有効性

NDD 児に対する運動介入の有効性は、様々な研究で示されていると言える。ウェブベースの介入は、セラピストの負担を軽減し、効果的な介入に遠隔からアクセスする機会を提供すると考えられる。NDD 児に対するウェブベースの運動介入の効果を検討するために、1994 年以降に英語で発表された関連論文を PubMed で検索し、ウェブベースの運動介入を受けた 18 歳以下の小児の NDD に焦点を当てた介入研究を含めた。抽出された情報をアウトカム指標と介入タイプ別に分類し、含まれる研究のバイアスリスクを評価した。

対象をASD、ADHD、DCDとした5件の論文では、運動介入にアクティブビデオゲーム、Zoomベースの介入、WhatsAppベースの介入が用いられていた。3つの論文では身体活動、運動機能、実行機能の改善が認められたが、DCDに関する2つの論文では運動協調性や身体活動の改善は認められなかった。

「ASD児とADHD児に対するウェブベースの運動介入は、運動機能、実行機能、身体活動を改善する。介入の内容が目的や症状に基づいている場合、専門家による指導が行われている場合、親への十分な説明やサポートが行われている場合、介入はより効果的である可能性がある」（Ikezawa, Yoshihara, Kitamura, et al. 2023）と推測されている。

しかしながら、NDD児に対するウェブベースの運動介入の有効性を統計的に評価するまでには至っていない。ASD児やADHD児に対するウェブベースの運動介入は、運動機能、遂行機能、身体活動を改善する可能性があるが、NDD児には効果がない可能性がある。これらの介入は、その内容が目的や症状に基づいていたり、専門家による指導が行われていたり、親への十分な説明やサポートが行われていたりする場合に、より効果的であると考えられる。

(3) ASD、DCD、ADHDのある小児と青年の運動能力・体力

本研究では、ASD、DCD、ADHDのある小児と青年の運動能力・体力において、陸上での活動と比較した水中活動のエビデンスを総合することを目的として、系統的レビューを行った。

2009年から2021年7月までに4つの電子データベースから、独立した著者2名による系統的検索を実施した。PEDroスケールで方法論の質を評価し、GRADEでエビデンスの質を評価した。Cohenのd効果量により、陸上活動と比較した水中活動の臨床的エビデンスを推定した。9件の研究のうち5件は、方法論的な質が高いものと分類された。「水中活動は、神経発達症のある小児と青年の運動能力・体力を改善することが示された。しかしながら、水中活動が陸上活動より優れているかどうかまでは断言できない」（Neto, Draghi, Weber, 2023）と報告されている。

(4) ASD児における運動協調性が反復行動に及ぼす影響

5歳から15歳までのASD児において、運動協調性が反復行動に及ぼす影響を検討した。相関調査デザインの1つである因果比較デザインを採用し、241名のASD児の保護者から得られたデータを用いて実施された。ASDの診断を確認するためにGilliam Autism Rating Scale-2-Turkish Version、子供と親の情報を得るためにDemographic Information Form、反復行動を評価するためにRepetitive Behavior Scale-Revised-Turkish Version、運動協調性を評価するためにDevelopmental Coordination Disorder Questionnaire-07-Turkish Versionの、各測定ツールを投与することを試みた。データはRパッケージプログラムによってMANCOVA分析を実施した。

これらから、「ASD児の72%にDCDのリスクがあることが明らかになった。DCDのリスクがある児童とない児童の反復行動は有意に異なっていた。年齢、性別、併発している疾患を考慮した場合、DCDリスクを有する子供の反復行動の重症度と強度は、DCDリスクを有さない子供よりも高い」（Karadaş, Bakkaloglu, DemirInternationa, 2023）と示唆された。このため、ASD児の運動協調症の問題は、反復行動に関連していることが推察される。

(5) AVGへの参加がASD、CP、DCDの子供に及ぼす効果

能動的なビデオゲーム（AVG）は、神経発達症児が社会的な遊びに参加できる方法であり、社会的行動の改善と関連する可能性がある。しかしながら、神経発達症児においてAVGが社会的行動の改善

と関連するかどうかを調査した研究は少ない。Medline、Embase、Psycinfo、Cinahl、Eric、Web of Science、Scopus で系統的な文献検索を行った。その際、3つの主要な概念である、ゲーム外、神経発達症、社会的行動を検索した。各コンセプトにはキーワードと件名見出しを使用した。2019年の最初の検索で3080の論文が同定され、2021年1月には167の追加論文が同定された。

このうち、ASD、CP（脳性麻痺）、DCDの子供242名を対象とした8件の研究が本レビューに含まれていた。6つの研究では、AVGへの参加がASD、CP、DCDの子供における社会的機能、社会的相互作用、情緒的幸福、社会的・情緒的スキルの向上と関連していることが示された。

ASDと診断を受けた子供を対象とした2つの研究では、AVGへの参加と社会的行動との関連は認められなかった。「このシステムティックレビューの結果から、AVGへの参加についてASD、CP、DCDのある子供の社会的行動の改善と関連する可能性が示唆された」（Milajerdi, Ordoiazar, Dewey, 2023）と推察される。しかしながら、研究の数が少ないため、この知見には慎重な解釈が求められる。今後の課題として、神経発達症児の社会的行動スキルの改善におけるAVGの治療の妥当性と、これらのスキルの現実の社会的状況へ汎化する可能性を検討することがあげられる。

(6) ASDにおける運動機能の違いが有病率に及ぼす影響に対する認識

ASDにおける運動機能の違いが有病率に及ぼす影響に対する認識が高まっている。しかしながら、その機能的影響はあまり理解されていない。ソーシャルメディアは、研究室での構造化されたインタビューに比べ、作為的でない設定でこの言説を観察するのに適した環境を提供する。このため、(a) ASDであり、かつDCDであると自認するツイッターユーザーの割合を、ASDのみのユーザーと比較して明らかにすること、および(b)運動関連のプロンプトを含む2つのモデレートされたチャットスレッドから浮かび上がる共通のテーマを特定する。これらを目的として調査を行った。

Twitterの研究用アプリケーション・プログラミング・インターフェースを使用して、1ヶ月間のユーザーの公開プロフィールとASDとDCDに関連する用語を含むツイートからデータを採取することにした。加えて、運動技能に関連する2つの#AutChatスレッドからデータを採取した。このスレッドには、31名のASDユーザー（2名はDCDを併発している）の151件のツイートが含まれていた。

これらのツイートのうち、44件は運動技能の違いに関するもので、残りは運動技能に関連が低い話題であった。手先の器用さ、下肢、口腔運動、粗大運動、姿勢、バランス、刺激、筋肉痛、協調性に関係する内容であった。これらを総合すると、「運動能力の違いはASD者の中で強く認識され、議論されているのであるが、ASD者自身が運動技能の問題を受容して認識するまでには至っていない」

(Chatterjee, Fears, Lichtenberg, 2023)と報告されている。

(7) ASDにおける姿勢制御(PC)の障害

ASDにおける姿勢制御(PC)の障害は、その重症度と関連している。これらの症状の管理には様々な感覚運動介入が用いられてきたが、ASDに利用可能な姿勢制御介入をすべて解明した総説が少ない。そのため、ASDにおけるPCの改善を目的とした様々な介入を包括的に提示し、将来の研究推奨を提供することを重視すべきと考えられる。

研究方法については、PubMed、SCOPUS、Embase、Cochrane、ScienceDirect、Web of Scienceの各データベースから、ASD者におけるPCを標的とした介入の効果を検討した論文を検索した。対象とした論文は英語で、2000年以降に発行され、全文が読める査読付き学術誌に掲載されたもので、PCまたはバランスの改善を目的とした介入を用い、PCまたはバランスにアクセスするための客観的

なアウトカム指標があらかじめ定義されているものであった。最初のデータベース検索で 1022 件の研究が見つかり、スクリーニングの結果、21 本の論文が本レビューに含まれた。

21 本の論文の内容は、動物介在療法、空手、水中エクササイズ、バーチャルリアリティベースのトレーニング、標準的およびカスタマイズされたエクササイズ、身体活動プログラムなど、多様な PC 介入が認められた。「ASD のある子供や成人の PC 改善に対する長期的・短期的介入の効果は、あるとしたものからあまりないとしたものまで、幅が広い。そのため、サンプルサイズが大きく、ASD の重症度が異なる参加者を対象としたランダム化比較試験を実施し、一般化する可能性を向上させることに焦点を当てた研究が求められる」(Date, Munn, Frey, 2024) と言及されている。

(8) ASD 児に対する身体活動への介入の効果

ASD は世界で数百万人が罹患している神経発達症であり、米国での現在の有病率は約 54 人に 1 人である。ASD の根底にある正確なメカニズムは依然として不明である。しかし、早期介入が ASD の認知発達や転帰に大きな影響を与えることが研究で示されている。身体活動への介入は ASD への有望な介入として浮上しているが、様々なタイプの介入の有効性については依然として不明である。

これらより、現存する文献に関する知識を更新し、ASD 児の認知機能に対する身体活動介入戦略の有効性を探ることにした。そのため、PRISMA-NMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Protocols for Network Meta-Analyses) 声明に従って、系統的レビューとネットワークメタ解析 (NMA) を行った。合計 9 つの書誌データベース (APA PsycInfo、CENTRAL、Dimensions、ERIC、MEDLINE Complete、PubMed、Scopus、SPORTDiscus、Web of Science) を系統的に検索し、一連の包含・除外基準に基づいて適格な論文を選別した。メタアナリシスの有無にかかわらず、システマティックレビューには分類されず、創刊から現在までに発表されたもので、ASD の 0 歳から 12 歳の小児を含み、認知的アウトカムを定量的に測定したものを使用した。

予備調査の結果、3778 件の関連する可能性のある研究が同定された。包含基準および除外基準に基づく研究のスクリーニングは現在進行中であり、最終的な適格研究数は 30 から 50 の範囲になると推測されている。ASD 児に対する身体活動介入に関する文献の包括的レビューを提供し、NMA を用いて認知アウトカムに対する異なるタイプの介入の有効性を比較した。「得られた知見は、この領域における臨床実践と将来の研究に重要な示唆を与え、ASD 児に対する早期介入の重要な要素として身体活動介入の使用を支持するエビデンスの増加に貢献する」(Li, Wang, Fang, Moosbrugger, 2023) と報告されている。ASD に対する身体活動介入に対する効果を検証するためには、認知アウトカムに対する異なるタイプの介入の有効性を比較した結果から論じることが必要であることが示唆された。

(9) ASD 者の幸福度を高めるための運動

本論では、アオテアロア・ニュージーランドの ASD 者の身体活動 (PA) 参加と経験に関する理解を深めることにする。定期的な身体活動 (PA) は、一般的に人々の幸福に役立つと広く認識されている。ASD 者は一般的に、非 ASD 者に比べて運動量が少なく、幸福度も低いと報告されている。

ASD は一般的に DCD のような運動技能障害を併発していることが多い。これが運動への取り組みに影響を与えている。ニュージーランドでは、身体活動については重要視されているが、ASD 者のスポーツや運動についてはほとんど知られていない。運動と幸福との間には確立された関連性があり、ASD 者の運動レベルや報告された幸福が低いことを考えると、彼らの運動参加や運動経験に関する知識を増やすことは極めて重要と言える。

これらのことから、複数の方法を用いて研究課題に取り組むことにした。研究1では、ASD者のPAレベル、楽しみ、嗜好、障壁、フィットネスの目標について記述するために、横断的調査を行った。参加者は、ASD成人(N=66、年齢18~73歳)とASD者の親、介護者、サービス提供者(N=189、年齢2歳から52歳)の便宜的なサンプルである。研究1の結果から、「ASD者は、天候が悪い、運動がつまらない、学習が難しい、自分は運動ができないと思い込んでいるなど、運動への参加に様々な障害を経験していることが示唆された」(Dovenberg, 2023)と言及されている。

研究1は、参加者のPAの様々な側面について述べたもので、研究2は、ASD者の体験のニュアンスをさらに探ることを目的としたものである。研究2では、ASD者7名、支援者5名(母親4名、パートナー1名)、健康増進プログラムコーディネーター1名を対象に半構造化面接を行った。得られた知見は、個人のPA経験についての文脈的洞察を提供するものである。参加者は、PAがいかに創造的なはげ口、ストレス発散、気分の高揚になりうるかについて詳述したが、PAの文脈における社会的排除の経験について述べる者もいた。両親とプログラムコーディネーターは、参加者にとってのPAの利点を認める一方で、ASD者のためのPAプログラムにおける具体的または重要なギャップを容易に特定し、これらのギャップに対処するための戦略をブレインストーミングした。

これらの研究結果は、ニュージーランドにおけるASD者の運動参加、運動に対する態度、運動への障壁についての理解を深めるものであった。「ASDの参加者におけるPAの嗜好と経験の複雑さと多様性、および彼らのPAへの取り組みに対する機会と支援を改善する必要性が浮き彫りになった」(Dovenberg, 2023)と主張されている。

この調査からいくつかの実践的な示唆が得られた。例えば、学校での体育のユニフォームに柔軟性を持たせる等、比較的簡単なものもある。また、感覚的な過負荷を軽減するためにPAスペースを変更するような、より広範な取り組みが必要なものもある。身体活動への参加と楽しみを促進するこのような努力は、ニュージーランドにおけるASD児者の幸福を高めるために重要だと考えられる。

IV 総合考察

1. 生理学的研究

ASDの運動知覚に対する生理学的研究において、運動技能が社会技能と運動知覚に及ぼす影響を評価することを目的とした研究がなされている。RDKを見ることにより、ASD児のN200潜時は、定型発達児に比べて遅れていた。バランス能力はASD児の社会的スキルとN200潜時の関係を調節している。バランス能力が高い場合、社会的スキルが悪化するとN200潜時は短縮した。この結果から、運動技能が社会的技能と運動知覚の関係を調節することが示唆されている。つまり、ASDにおける運動技能については、社会的技能と運動知覚の関係を調節することに困難さがある。そのため、DCDを併発していると捉えているものと推察される。

ASDに実施したメンタライジング課題の結果から、ASD群はTD群とDCD群に比べると、他者の行動を思い浮かべる際に有意な機能的結合の違いを示している。IFG、メンタライジング領域、情動領域、運動処理領域間の結合性の違いはASDに特有のものであり、潜在的に共存する運動性の違いの結果ではないと判断されるため、ASDとDCDの運動障害の原因には違いがある可能性が考えられる。

2. 質問紙調査による研究

学童期におけるDCDと心理的問題との関連について、DCDを有する学童期における情緒的問題と行動的問題のパターンを明確にし、これらの問題の発生と経過に対する併発する神経発達における特性

の影響が検討されている。DCD 質問紙から情緒的問題と行動的問題に関する 4 つの軌跡パターンが明らかにされた。特に ASD や ADHD の特性が高い学童は、予後不良の軌跡パターンに割り当てられる可能性が高かった。したがって、学童期でも特に小学校低学年における DCD を有する小児の情緒・行動問題が併発している神経発達における特性を評価する必要があると言える。

DCD は ASD と関連性の高い神経発達症である。ASD も人生の初期あるいは後期に神経発達上の問題を抱えている。DCD と ASD との関連は、ASD が「ASD のレベル」のどのカテゴリーに属するかによって異なっている。DCD 質問紙から ASD と DCD との間には有意な関連が認められた。3 つの ASD レベルの中で、DCD はレベル 2 と最も関連が高く、次にレベル 3、レベル 1 と最も関連が低かった。また、DCD と子供の性別との間に有意な関連がみられ、DCD が最も高いのは女性であった。

これらより、ASD と DCD の関連の度合を把握することが適切な支援に繋がるものと考えられる。

DCD は、運動協調課題の獲得と遂行における早期発症の障害を特徴とする神経発達症である。親からの社会的反応性尺度 (SRS-2) と DCD 質問票 (DCD-Q) を含む質問票への回答から、DCD 児の大多数には、社会的反応性のすべての領域で困難さが報告された。ASD を併発していない DCD 児においても、広範囲にわたる社会的反応性の困難が確認された。このため、社会的困難が運動障害の二次的な結果であるだけでなく、ASD の併発症としての DCD の部分が過小診断されている。したがって、ASD の併発症としての DCD の部分を適切に評価することが求められる。

ASD 児に対して実施した DCD-Q による運動障害の分析結果、微細運動技能を除き、ASD 児の複数の運動領域は年齢とともに変化しなかった。ASD 児の運動障害に関する一貫した所見を考慮すると、運動に関する臨床家が ASD 児の運動障害に対処するための明確な臨床的指針を提供するために、ASD の診断に際して、運動問題を特定項目として加える必要があると判断される。

ASD 児における DCD-Q のより複雑な次元の像を明らかにするために、DCD-Q は 2 つの方法で使用できることが示された。総得点は簡易スクリーニングのための一般的な運動能力を適切に評価し、サブドメインの得点は ASD 児の多次元的な運動問題について独自の情報を提供すると考えられる。しかしながら、サブドメインデータについては、ASD に関連した運動障害をスクリーニングする際に、DCD-Q の 3 つのサブスケールに頼ることに問題があるため、DCD-Q の多次元的な運動障害をスクリーニングする能力のさらなる検証をすることが課題と言える。

3. 運動等による支援

現時点では、ASD と DCD は、重複する運動特徴を持つ異なる臨床グループであると捉えられている。スマートタブレットを使った 5 分間の塗り絵ゲーム中の運動動態の機械学習分析がなされている。TD と ASD、TD と DCD、ASD と DCD の区別が可能であった。ASD と DCD の間の神経運動パターンが小脳機能と関連していると示唆されている。早期識別における計算機技術が 3 種類の対象を鑑別するために有効である。現時点では、ASD に使用するのに有効で信頼できる運動問題のスクリーニングと評価ツールの開発が不可欠であり、ASD の運動問題に対するエビデンスに基づいた臨床的方法が必要である。これらの知見を使った ASD と DCD に対する運動支援プログラムの開発が求められる。

神経発達症 (NDD) 児に対する運動介入の有効性は、様々な研究で示されている。ウェブベースの介入は、セラピストの負担を軽減し、効果的な介入に遠隔からアクセスする機会を提供する。ASD 児と ADHD 児に対するウェブベースの運動介入は、運動機能、実行機能、身体活動を改善する。介入の内容が目的や症状に基づいている場合、専門家による指導が行われている場合、親への十分な説明やサポートが行われている場合、介入はより効果的である可能性があると考えられる。

ASD、DCD、ADHD のある小児と青年の運動能力・体力に関して、陸上での活動と比較した水中活動のエビデンスを総合することを目的とした系統的レビューから、水中活動が陸上活動より優れているかどうかまでは断言できないが、水中活動は、神経発達障害のある小児と青年の運動能力・体力を改善することが示されている。

ASD 児における運動協調性が反復行動に及ぼす影響については、ASD 児の 72%に DCD のリスクがある。また、DCD のリスクがある児童とない児童の反復行動は有意に異なっていた。さらに、年齢、性別、併発している疾患を考慮した場合、DCD リスクを有する子供の反復行動の重症度と強度は、DCD リスクを有さない子供よりも高いことが示唆されている。したがって、ASD の併発症としての DCD の問題は、反復行動に関連しているものと考えられる。

AVG への参加が ASD、CP、DCD の子供に及ぼす効果に関して、AVG は、神経発達症のある子供が社会的な遊びに参加できる方法であり、社会的行動の改善と関連する可能性がある。AVG への参加が ASD、CP、DCD の子供における社会的機能、社会的相互作用、情緒的幸福、社会的・情緒的スキルの向上と関連していることが示された。AVG への参加と社会的行動との関連は認められなかった研究も一部存在するが、AVG への参加について、ASD、CP、DCD の児童・青少年における社会的行動の改善と関連する可能性を示していると捉えられる。

ASD における運動機能の違いが有病率に及ぼす影響に対する認識が高まっている。ASD であり、かつ DCD であると自認するツイッターユーザーに対する調査から、31 名の ASD ユーザー（2 名は DCD を併発）の 151 件のツイートが含まれ、このうち、44 件は運動技能の違いに関するもので、残りは運動技能に関連が低い話題であった。それ故、運動能力の違いは ASD 者の間で強く認識され、議論されているが、ASD 者自身が運動技能の問題を受容して認識するまでには至っていないものと推測される。

ASD における姿勢制御（PC）の障害については、その重症度と関連している。これらの症状の管理には様々な感覚運動介入が用いられてきた。しかし、ASD における利用可能な姿勢制御介入をすべて解明した総説は不足している。21 件の論文から、動物介在療法、空手、水中エクササイズ、バーチャルリアリティベースのトレーニング、標準的およびカスタマイズされたエクササイズ、身体活動プログラムなど、多様な PC 介入が認められた。このため、ASD のある子供や成人の PC 改善に対する長期的・短期的介入の効果は、あるとしたものからあまりないとしたものまで、幅が広い。そのため、サンプルサイズが大きく、ASD の重症度が異なる参加者を対象としたランダム化比較試験を実施し、一般化する可能性を向上させることに焦点を当てた研究の必要性に言及されている。

ASD については、米国での現在の有病率が約 54 人に 1 人である。早期介入が ASD 児の認知発達や転帰に大きな影響を与えることが示されている。NMA を用いた認知アウトカムに対する異なるタイプの介入の有効性を比較した。その結果、この領域における臨床実践と将来の研究に重要な示唆を与え、ASD 児に対する早期介入の重要な要素として身体活動介入の使用を支持するエビデンスが増加している。そのため、ASD に対する身体活動介入に対する効果を検証において、認知アウトカムに対する異なるタイプの介入の有効性を比較した結果から論じる必要性が示唆された。

ASD 者は一般的に、非 ASD 者に比べて運動量が少なく、幸福感も低いと報告されている。ASD は一般的に DCD のような運動技能障害を併発していることが多い。これが運動への取り組みに影響を与えている。運動と幸福との間には確立された関連性があり、ASD 者の運動レベルや報告された幸福が低いことを考えると、彼らの運動参加や運動経験に関する知識を増やすことは極めて重要である。ASD 者は、天候が悪い、運動がつまらない、学習が難しい、自分は運動ができないと思いつているなど、運動への参加に様々な障害を経験している。これらより、ASD の参加者における PA の嗜好と

経験の複雑さと多様性、および彼らのPAへの取り組みに対する機会と支援を改善する必要性が推察される。

V 結論

本研究では、2023年に発刊されたASDに併発症としてDCDを持つ神経発達症に関する論文について、ASDに併発症としてDCDを持つ神経発達症に対する認識と支援について検討し、次のことが示唆された。①ASD児における運動技能については、社会的技能と運動知覚の関係を調節することに困難さがある。DCDを併発していると捉えられているが、ASDとDCDの運動障害の原因には違いがある。②ASDの併発症としてのDCDの部分を適切に評価することが求められる。ASDの診断では、運動問題を特定項目として加える必要がある。③ASDに使用するのに有効で信頼できる運動問題のスクリーニングと評価ツールの開発が不可欠であり、ASDとDCDに対する運動支援プログラムの開発が求められる。④ASDの併発症としてのDCDの問題は、反復行動に関連している。AVGへの参加について、ASDやDCDの児童・青少年における社会的行動の改善と関連する。⑤ASDに対する身体活動介入に対する効果を検証において、認知アウトカムに対する異なるタイプの介入の有効性を比較検証する必要がある。

※謝辞：本稿は JSPS 科学研究費 21H00890 の助成を受けた研究に関連するものである。

引用文献

- Bhat, A., (2020). Is Motor Impairment in Autism Spectrum Disorder Distinct From Developmental Coordination Disorder? A Report from the SPARK Study. *National Library of Medicine, 100(4)*, 633-644.
- Bhat, A., Boulton, A., Tulsy, D., (2022). A further study of relations between motor, social communication/language, cognitive, and functional impairments as well as repetitive behavior severity in children with autism spectrum disorder (ASD): A SPARK dataset analysis. *Autism Research, 15(6)*, 1156-1178.
- Bhat, A., (2023). Multidimensional motor performance in children with autism mostly remains stable with age and predicts social communication delay, language delay, functional delay, and repetitive behavior severity after accounting for intellectual disability or cognitive delay: A SPARK dataset analysis. *Autism Research, 16(1)*, 208-229.
- Bhat, A., Tulsy, D., Boulton, A., (2023). Cross-replicating findings on unique motor impairments of children with ASD using confirmatory factor analysis and a novel SPARK study sample. *Autism Research, 16(5)*, 967-980.
- Chatterjee, R., Fears, N., Lichtenberg, G., Tamplain, P., Miller, H., (2023). Identity and Discourse Among #ActuallyAutistic Twitter Users with Motor Differences. *Journal of Motor Learning and Development, 11(3)*, 525-540.
- Date, S., Munn, E., Frey, G., (2024). Postural balance control interventions in autism spectrum disorder (ASD): A systematic review. *Gait & Posture, 109*, 170-182.
- Dovenberg, E., (2023). Using multiple methods to explore physical activity among autistic individuals in Aotearoa New Zealand. University of Otago. Retrieved from

<http://hdl.handle.net/10523/15331>

- Haylie L. Miller, Melissa K. Licari, Anjana Bhat, Lisa S. Aziz-Zadeh, Tine Van Damme, Nicholas E. Fears, Sharon A. Cermak, Priscila M. Tamplain, P., (2023). Motor problems in autism: Co-occurrence or feature? <https://doi.org/10.1111/dmcn.15674>
[Citations:66\(1\),16-22](#)
- Ikezawa, N., Yoshihara, R., Kitamura, M., Osumi, A., Kanejima, Y., Ishihara, K., Izawa, K., (2023). Web-Based Exercise Interventions for Children with Neurodevelopmental Disorders. *Pediatric Reports*, 15(1), 119-12
- Jayashankar, A., Bynum, B., Butera, C., Kilroy, E., Harrison, L., Aziz-Zadeh, L. (2023). Connectivity differences between inferior frontal gyrus and mentalizing network in autism as compared to developmental coordination disorder and non-autistic youth. *Cortex*, 167, 115-131.
- Karadaş, C., Bakkaloğlu, H., DemirInternationa, Ş. (2023). Exploring the effect of motor coordination on repetitive behaviours in children with autism spectrum disorder. *Journal of Developmental Disabilities*, 69(2), 238-247.
DOI:10.1080/20473869.2021.1948318. eCollection 2023.
- Kiran, Q., Naeem, B., Ashfaq, A., Altaf, A., Atif, M., Ehsan, A., (2023). Comparison of Developmental Coordination Disorder at Different Levels of Autism in Children. *ANNALS OF PUNJAB MEDICAL COLLEGE*, 17 (1)1 , 54-57.
- Li, L., Wang, A., Fang, Q., Moosbrugger, M., (2023). Physical Activity Interventions for Improving Cognitive Functions in Children With Autism Spectrum Disorder: Protocol for a Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *JMIR Research Protocls*, 12, e40383.
- Mikami, M., Hirota, T., Adachi, M., Takahashi, M., Nishimura, T., Saito, M., Nakamura, K., Yamada, J. (2023). Trajectories of emotional and behavioral problems in school-age children with coordination difficulties and their relationships to ASD/ADHD traits. *Research in Developmental Disabilities*, 133, 1-10.
- Milajerdi, R., Ordooiazar, F., & Dewey, D. (2023). Is active video gaming associated with improvements in social behaviors in children with neurodevelopmental disorders: A systematic review. *A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 29(1), 1-27.
- Neto, J., Draghi, T., Weber, M. (2023). Effects of Aquatic Activities on Motor Performance and Physical Fitness of Children and Adolescents with Neurodevelopmental Disorders: A Systematic Review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, DOI:10.1007/s40489-023-00401-6
- Roubaix, Waelvelde, Roeyers, Bar-On, (2023). Longitudinal development of preschoolers with pDCD and social responsiveness in children with DCD and autism. *Department of Experimental clinical and health psychology*, Academic Bibliography.
- Sakihara, K., Kita, Y., Suzuki, K., Inagaki, M., (2023). Modulation effects of the intact motor skills on the relationship between social skills and motion perceptions in children with autism spectrum disorder: A pilot study. *Brain and Development*, 45(1), 39-48.