

手書きの心理運動モデルと内部モデル障害仮説を用いた 発達性協調運動症の書字困難に関する検討

日高 茂暢¹・後藤 和彦²・中村 理美³・山津 幸司¹・
井上 伸一¹・芳野 正昭¹・松山 郁夫¹

Understanding writing difficulties in developmental coordination disorder based on a psychomotor model for handwriting and internal modeling deficit hypothesis.

Motonobu HIDAKA, Kazuhiko GOTO, Rimi NAKAMURA, Koji YAMATSU,
Shinichi INOUE, Masaaki YOSHINO, Ikuo MATSUYAMA

【要旨】 微細協調運動に苦手さを示す発達性協調運動症（DCD）では、特に書字困難を示すことが多い。書字困難は、文字の記憶や想起といった認知段階から運筆といった運動出力段階まで、幅広い段階で影響を受ける。DCDの書字動作の負担を軽減するための介入報告は少ない。本研究では、手書きの心理運動モデルに従いDCDの書字困難を概念整理し、さらに運動制御の内部モデル障害仮説（Internal modeling deficit, IMD）に基づく運筆の問題と支援についてレビューを行った。その結果、（1）運筆に対するメンタルリハーサルを用いた内部モデルの修正（Motor Imagery Training, MI）が有効であること、（2）MIはCO-OP等の課題指向型アプローチと同程度の効果があること、（3）MIで用いられる正しい運動イメージを学ぶためのビデオは一般化可能であるため、学校現場でも実践しやすい介入法であること、（4）MIによる運筆の改善と負担軽減にICT機器の活用や時間制限の緩和といった環境調整を組み合わせることがDCDの手書き支援に必要であること、の4点が明らかになった。

Key Words: 発達性協調運動症（DCD）、書字困難、手書きの心理運動モデル、内部モデル障害仮説

1. 発達性協調運動症

不器用・運動技能の神経発達症、発達性協調運動症（Developmental Coordination Disorder, DCD）は協調運動技能の獲得や遂行が生活年齢から期待される水準より明らかに低いことを特徴とする(American Psychiatric Association, 2014)。その困難は、不器用（ものを落とす、ものにぶつかる等）、運動技能（ものをつかむ、書字、スポーツ等）の遂行における遅さと正確さに代表される。学齢期の子どものおよそ5-6%にDCDがあるとされる(Zwicker et al., 2012)。従って、学齢期の子ども20人に1人程度存在し、限局性学習症（Specific Learning Disorders, SLD）や注意欠如多動症（Attention Deficit Hyperactivity Disorders, ADHD）、自閉スペクトラム症（Autism Spectrum Disorders, ASD）といった神経発達症と同じ程度、不器用や運動技能について支援を必要とする子どもがいると考えられる。

年齢で必要とする書字、スポーツ、就労、余暇等の生活にDCDが広く影響するため、DCDのある子どもは心理的問題が生じやすい。学齢期において、定型発達と比較しDCDのある子どもは、心理的well-being、気分・感情、親子関係と家庭生活、学校環境でのQOLが低下する(Karras et al., 2019)。特に指先

¹ 佐賀大学 教育学部

² 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科

³ 西九州大学 子ども学部

連絡先：hmoto@cc.saga-u.ac.jp

を使う微細運動・書字の問題が学校生活の QOL や自尊感情といった精神的健康と関連することから、発達早期からの協調運動を支援する必要性が指摘されている(戸次ら, 2016)。そのため、ストレングス視点からの遊びの展開を促すなど、幼児期からの協調運動のアセスメントと支援が必要と考えられている(松山, 2022)。

また DCD は他の神経発達症との合併が多いことが報告されている。DCD と他の神経発達症との合併リスクについてオッズ比を求めた研究では、DCD の可能性のある子どもは注意力の低下が 1.94 倍、読字困難が 3.35 倍、書字困難が 2.81 倍のリスクがあると示されている(Lingam et al., 2010)。特に ADHD の子どもの 55.2%に DCD を認めたとする報告もあり、DCD のある子どもの多くに不注意症状が見られている(Watemberg et al., 2007)。そのため、ADHD を伴う DCD を、DAMP (Deficit in Attention, Motor control, and Perception) とカテゴリ化することもある。DAMP の場合、ADHD の注意に関する薬物療法としてメチルフェニデートを投与するだけでなく、心理社会的な介入と教育、そして運動療法が必要であることが報告されている(Flapper & Schoemaker, 2008)。

2. 発達性協調運動症の運動の問題に対する主な支援

DCD のある子どもの支援は、子どもが示す心理的問題を扱う心理社会的支援と、主訴となる運動面の改善を中心に扱うリハビリテーション支援に分けることができる。例えば、松山らは発達障害のある幼児・児童を対象に、運動を伴う自由遊びに ASD の支援に活用されてきた受容的交流療法、応用行動分析、感覚統合療法に運動学的コーチングを総合的に組み込んだ「発達障害のある子どもの運動教室」を主催している(中島ら, 2012a)。松山らは、第一に参加児の情緒の安定を図ること、第二に強化の原理を用いて正の強化子をフィードバックし運動に対する自己効力感を高めること、第三に運動学的コーチングに基づき、投げる、打つ、蹴るなどの動作を行う上での具体的な運動スキルの向上を図ることを目的に参加児に働きかけている。その結果、参加児それぞれが、運動種目を意欲的に選択し取り組み、達成感を味わう様子が見られている。さらに ASD 特性から他児との遊びの共有が難しい場面や他害的行動が見られた場面において、適切に介入することを通じて、自然な状況下でソーシャルスキルを学習する場として機能していると報告されている(中島ら, 2012b)。松山らの実践は心理社会的支援とリハビリテーション支援を有機的に組み合わせた好例と言える。

一方でリハビリテーション支援では主に作業療法が行われてきた。リハビリテーション支援は大きく 2 つに分類される。1 つは過程指向型アプローチ、もう 1 つが課題指向型アプローチである。過程指向型アプローチは、感覚統合療法に代表される運動技能の基盤にある感覚運動系の発達促進を目標としたものである。課題指向型アプローチは、DCD のある子どもの主訴に従って、目標とする運動技能を子ども自身が選択させ、その子ども自身に分かりやすい教示と練習を提供する。過程指向型アプローチも課題指向型アプローチも共に DCD のある子どもへの介入として推奨されるものだが、課題指向型アプローチの方が目標とする運動技能が明確である分、効果検証しやすくエビデンスレベルの高い研究が多いため、日本作業療法士協会のガイドラインでも強く推奨されている(日本作業療法士協会, 2022)。

課題指向型アプローチのなかでも近年注目を集めているものが、「日常作業遂行のための認知的オリエンテーション (Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance, CO-OP)」である(Polatajko et al., 2001)。CO-OP は定型発達と比べ DCD のある子どもの作業遂行中の認知ストラテジーが異なることに着目した介入で、子ども自身に問題を解決するための方略と認知ストラテジー (考え方) を学習させる。CO-OP の介入効果を検討した近年の RCT では、DCD 群 37 名、ADHD を合併する DAMP 群 41 名を対象に週 1 回 1 時間の介入を 10 週間実施している(Izadi-Najafabadi et al., 2022)。その結果、DCD 群、DAMP 群どち

らも CO-OP によって運動能力とパフォーマンスの質が改善し、介入 3 ヶ月後もその効果を維持した。また DCD 群のみ、目標とした運動技能以外の運動全般への学習移行が確認されている。現在、日本でも導入する試みが進められており(岩永, 2014), CO-OP による介入を受けられる医療機関が増えている。

3. 発達性協調運動症における書字の問題

全国 LD 親の会が 2019 年に公表した調査結果によると、LD 親の会に所属する子どもの示す困難として、文字の汚さ (83%), 不器用 (83%), 身体の動きがぎこちない (73%), 書字に時間がかかる (71%) 等、書字障害や DCD に見られる主訴が多く報告されている。CO-OP が盛んなカナダにおいても同様の調査結果があり、DCD のある子どもの 71.2-89.7% に手書き (Handwriting) の問題が認められている (Miller et al., 2001)。DCD における手書きの困難を分析するために、手書きが複雑な認知処理過程を必要とすることを論じた van Galen による手書きの心理運動モデルを図 1 に示す (van Galen, 1991)。

このモデルでは、書き手が特定のユニットに対応した処理モジュールを活性化させることで手書きが遂行される。手書きの運動要素を正しく実行するためには、前書字過程として①書こうとする意図の活性化、②意味の検索や③構文構成、④綴りの想起など認知的、言語発達の段階を含む。その後、⑤書記素という視覚イメージを正しく、⑥～⑦バランスよく運筆するための段階に続く。前半の過程は書く行為への動機づけや書く内容の保持・操作するためのワーキングメモリ、注意と関連し、後半の過程は文字を手書き出力するための転写スキルと関連する。後半の転写スキルが自動化するほど、心的エネルギーを前半の認知過程に回すことができる。DCD は微細協調運動の不器用や筆記スキルの問題から後半の過程に心的エネルギーをとられやすいと考えられ、結果的に手書き文章における内容の複雑性と文字の丁寧さにトレードオフ関係が生じる。

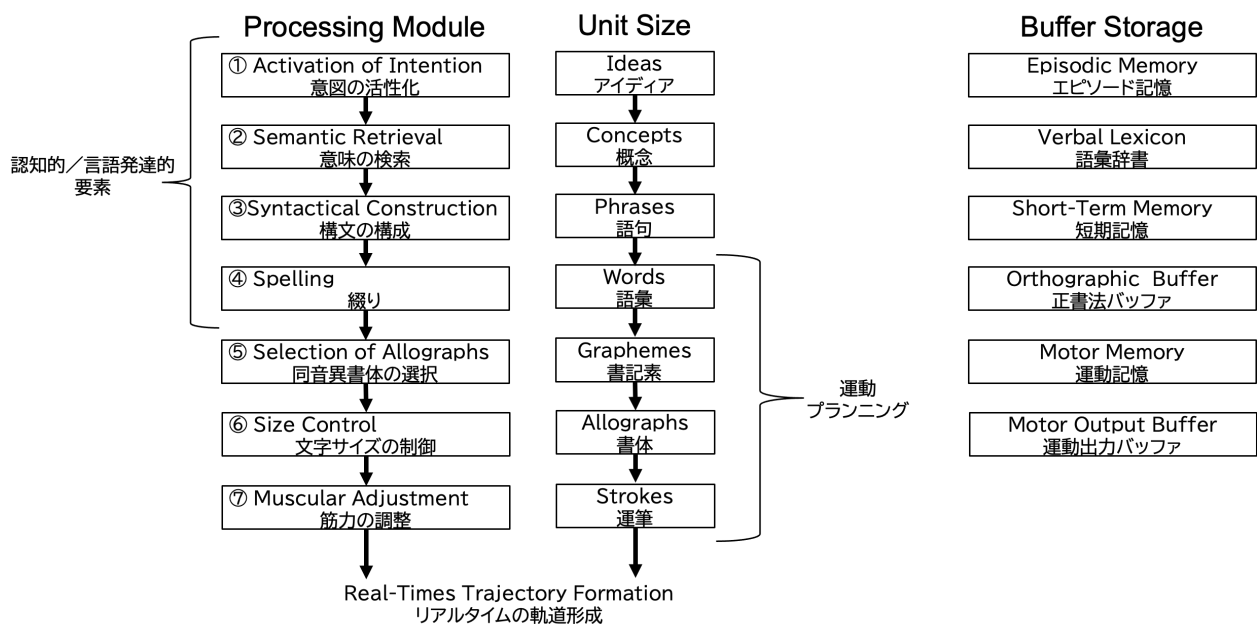


図 1. van Galen (1991) による手書きの心理運動モデル

注：左側に処理モジュールの階層，中央に対応するモジュールで扱われるユニットが示されている。右側は連続する階層間の情報を仲介する記憶バッファを示す。各階層で出力された情報は記憶バッファにある対応した記憶と連絡したり，短期記憶（現在のワーキングメモリ）に保持されたりする。

van Galen のモデルから DCD の手書きの問題を整理したレビューによると、(1) 手書きに対する苦手意識から最初の段階である書く動機づけ、意図の活性化が生じにくい(ただし、DCD のある子どもの多くは手書きを改善したいという意欲を持つ)、(2) 書く動機づけが生じて、DCD を合併する SLD の場合、語彙辞書(心的辞書)にアクセスし意味を検索したり構文構成したりする段階、および綴りの段階で困難を示し、単位時間あたりの書字量が減少する、(3) DCD では綴りの段階で認知的負荷を減らすため、指導されていても文字をつなぐ筆記(joined handwriting)を行わない子どもが多く(日本語圏では漢字を避けかな文字を使う傾向に相当)、単語中に筆記を停止することが多い、(4) DCD に見られる綴り段階のエラーとして最も多い誤りは、間違った開始位置と間違った方向に進む運筆であること、(5) 早く書くことや自由に作文することを要求された時に、文字やスペースのサイズの制御が難しくなりやすく、文字のバランスが崩れ読みにくさが生じる、等の5点が DCD の書字の問題としてあげられる(Barnett & Prunty, 2021)。

4. 発達性協調運動症の書字に関する支援—CO-OP を用いた実践例

英語圏における DCD の書字介入に関するレビューでは、感覚統合療法等の過程指向型アプローチ単独では効果が少なく、必ず適切な書字のトレーニングが必要と報告されている(Hoy et al., 2011)。そのため、日本でも CO-OP を用いた DCD のある子どもへの書字支援に関する実践報告が行われるようになってきた。例えば、塩津は知的・言語発達の CO-OP が適用可能な ASD のある子どもを対象に、「氏名を漢字で書けるようになりたい」という子どもの目標に沿って介入を行っている(塩津, 2019)。彼の実践では、「言葉で手順を暗記する」という認知ストラテジーを用いること、および「漢字の部首がどのように見えるか」という質問を通じて子ども自身に解決するための視点を発見させている。その結果、10分程度の介入で氏名を漢字で書けるようになり、2ヶ月後も効果が持続した。塩津の実践は、子どもの「書けるようになりたい」という思いを動機づけにし、漢字の想起を促す方略を自ら発見・学習することで、最終的に「漢字を覚えることが得意(他の漢字の習得に方略を般化させた)」と子ども自身の自己効力感を高めた優れた実践と言える。

塩津の実践で行われた指導自体は、「部首を言葉で覚える」といういわゆる聴覚法(口唱法)と同じであり、特別支援教育としては一般的な指導である。教育現場では「先生が子どもに教える」という立場や時間的制約から適切な方略をあらかじめ伝えることが多い。しかし、子ども自身が自分で発見した方略、自分で考えた覚え方という CO-OP の特徴が、エピソード記憶に残りやすく達成感の高いものになったと考えられる。CO-OP の実践は、子ども自身に改善に対するモチベーションと問題解決するための視点を意識化させることが、苦手意識の強い活動への介入に重要であることを示している。

5. 手書きの心理運動モデルからみた書字困難と支援の対応関係

van Galen の手書きの心理運動モデルに基づくと、表1のように DCD の書字困難を分類することができる。聴覚法による指導は、漢字の視覚的イメージを記憶、想起するための認知的ストラテジーの獲得を促すと考えられ、DCD の中核症状である運筆に直接関わる運動には介入していない。つまり、運筆に関する協調運動の非流暢性や不正確性は依然として未解決のままと考えられる。筆者らの臨床経験でも、聴覚法やイラスト法等の書字支援を受け、漢字成績が改善し自信を回復した子どもでも、日常のノートや作文では漢字や長い書字を避ける様子が残ることが多い。また書字の量や制限時間の影響から、書字困難の子どもは授業時間内に丁寧に文字を書くことや黒板の視写を終えることが難しい場合が多い。

一方、運筆の協調運動に関する指導法として、従来通りの反復訓練(視覚法)、指なぞりや凹凸のある

表 1. 手書きの心理運動モデルから分類した DCD における書字困難の様子

Processing Module	困難な様子	関連する要素の例	主な支援例
意図の活性化	作文が嫌い。板書を写さない。漢字を避けたり、書字量を少なくしようとしたりする。	書字への動機づけ、自信、自己効力感	興味関心に基づく執筆
意味の検索	単語・熟語が想起できない、想起するまでに時間がかかる。書字中に手が止まる。	言語発達、ワーキングメモリ	聴覚法
構文の構成	複雑な文や長い文章を書けない。	言語発達、ワーキングメモリ	イラスト法 成り立ち法
綴り	文中のかな文字に書き誤りがある、漢字の細部に書き誤りがある。書き直しが多い。	不注意、音韻意識、視覚イメージ、微細協調運動	空書きなど
同音異書体の選択	適切な文字・漢字を想起できない。トメはね等の細部を省略する。略字を	言語発達、視覚イメージ、微細協調運動	反復訓練 体性感覚法
サイズの制御	文字の大きさが不均一、読みにくい文字を書く。板書を丁寧に写せない、丁寧に書くと早く書けない。	微細協調運動、書字速度、時間切迫	身体補助法
筋力の調整	適切な軌道で運筆したり制止したりできない。手指が疲れやすい、長時間書けない。	微細協調運動、運筆の自動化、易疲労	ICT 利活用 環境調整

紙に字を書く体性感覚法、点つなぎ等の課題を用いたビジョントレーニング、子どもの手を取って動かす身体補助法等がある。しかし、これらの指導法が DCD の運筆にどの程度効果があるかは研究ベースで十分に立証されていない。さらに DCD のように書字に苦手意識の強い子どもにとって、これらの指導は心理的、身体的負担が大きく、特に反復訓練は過去の失敗経験を喚起する可能性もあるため、実際の指導の導入にあたっては慎重に判断する必要がある。

書字活動は学校生活のなかで多くの時間を占めている。しかし、「字の読みにくさから字形は正しいのに減点を受けた」、「漢字指定ではない問題を（書字負担を避けるため）ひらがなで回答したら減点を受けた」、「丁寧にないと何度も書き直しを命じられた」等、学習内容ではなく書字が評価対象となり、DCD のある子どもが不利益を受けたエピソードは多い。評価対象外の書字で不当な評価を受けることが問題であるが、このような事例が続く背景には DCD の書字困難の実態が十分に理解されていないためと考えられる。従って、文字の記憶・想起段階に加え、運動出力段階への介入・支援がなければ、子どもの持つ困難の本質的な解消には至らない。

運動出力段階への介入・支援は、実際の合理的配慮を考えると、例えば ICT 機器を活用した音声／キーボード入力による運筆負荷の軽減が挙げられる。また板書時間や提出期限を延長するなど、時間制限を緩和する環境調整も有効である。しかし、学校以外の家庭や職場でのちょっとしたメモ書きや作文する場面など、環境調整できない場面は必ず残る。そのため、DCD の書字困難に対して、運筆という活動に対する支援を用意し、書字負担を軽減するアプローチを確立する必要があると考えられる。

6. 内部モデル障害仮説に基づく発達性協調運動症の書字困難の理解

これまで書字困難について、SLD を対象に、書字の記憶から想起、再生に至るまでの経路を聴覚情報

処理と視覚情報処理, そして意味処理の3つの観点から, 二重経路モデル (dual route model) を用いて検討されてきた(Weekes et al., 2003)。日本語圏でも, 宇野らがディスレクシア児の症例から聴写の書き取りの二重経路モデルを検討している(宇野ら, 2009)。二重経路モデルは, 二重経路のどの経路が阻害されているかを認知特性から明らかにすることで, 保たれている経路を活用した指導法を検討できる認知モデルと言える。DCDの書字困難の場合, 二重経路モデルの認知レベルに加えて運筆に関わる運動レベルの検討が必要であり, 本研究では, 運動制御の内部モデルに基づき検討することを提案する。

運動制御の内部モデルとは, 過去の経験に基づいて, これから起こる現象の枠組みを学習し, 脳内で模倣・シミュレーションする神経機構のことである。内部モデル, 特に脳から筋肉への運動指令に基づいて運動結果を予測する順モデルが正常に機能すると, 予測上の感覚フィードバックを生成する(Bubic et al., 2010)。生成された予測上の感覚フィードバックは実際の感覚フィードバックと比較照合され, 実際の運動が運動指令どおりに適切に遂行されたかを評価, 修正することができる(図2)。

予測上の感覚フィードバックと実際の感覚フィードバックの一致度が低い場合, 運動を適切に制御するために注意を払うといった精神的コストを要し, フィードバックの一致度が高くなると注意を必要としない運動の自動化が生じる。運筆についても, 自分が運筆したい開始点, 方向, 速度, 終点等, 手書きの運動について, 遠心性コピーによる予測上の感覚フィードバックと実際の感覚フィードバックを比較照合し, 時間をかけてズレを最小化し, 運筆を自動化していくと考えられる。

しかし, DCDでは, 予測される方向への空間的注意の定位が遅れる(Tsai et al., 2009), 跳躍眼球運動の予測制御の精度が悪い(Katschmarsky et al., 2001), 手のリーチング軌道の修正が遅い(Hyde & Wilson, 2011)等, 最初の運動指令に対する身体位置の予測と実際の身体位置の統合と修正が難しく, 内部モデルにおける遠心性コピーの異常を示唆する知見が多い。そのため DCD の中核症状は, 運動制御の内部モデルの障害 (Internal modeling deficit, IMD) によるとする仮説が提唱されている(Adams et al., 2014)。そこで

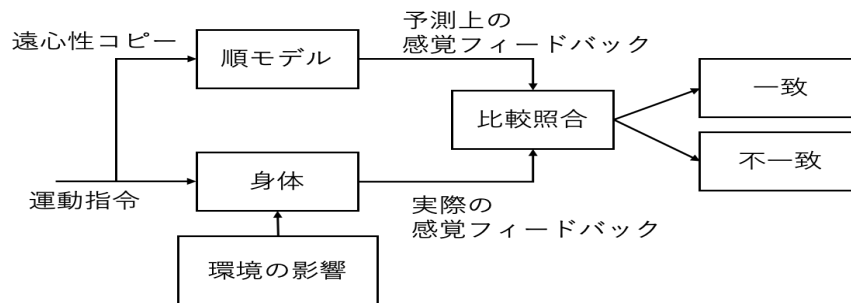


図2. 内部モデル (順モデル) による運動制御と予測 (Bubic et al., 2010 より作成)

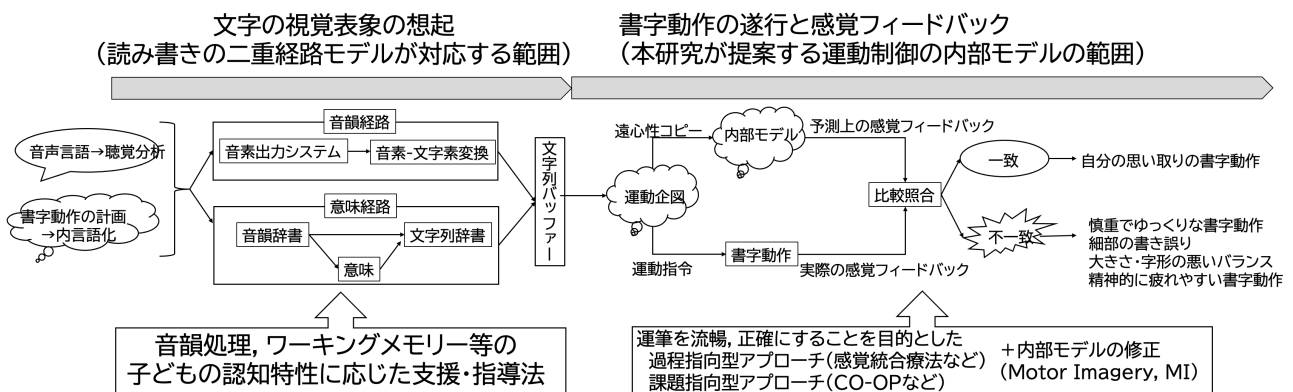


図3. 書字に関する二重経路モデルから内部モデルまでの時間的關係

内部モデル障害仮説に基づき、DCD の書字困難を、書く文字の想起から運筆までの時系列を図示した (図 3)。図に従うと、文字の記憶・想起といった認知レベルの問題を示す場合は二重経路モデルに沿ったアセスメントと指導を、読みにくい書字や丁寧に書けないといった運動出力レベルは内部モデル障害に沿った指導を行うことが考えられる。

7. 内部モデル障害仮説に基づく発達性協調運動症の理解と支援

DCD が内部モデル障害に起因する場合、目標とする運動技能のイメージやプランニングに問題があると予想される。そこで Adams らは、6-11 歳の DCD 群 33 名の運動イメージが定型発達群と異なるかを実験的に検証した(Adams, et al., 2017a)。運動イメージの測定として、手の回転課題を用いた。手の回転課題は、手を刺激とした心的回転 (mental rotation) 課題であり、参加児に自分の手が見えない状況下で、ディスプレイに様々な角度の手 (指を上に向けた状態を 0° とし、 60 度ずつ回転させた 6 種類) を呈示し、手の左右判断を求めた。左右判断が速く正確なほど、手の外転内転と回内回外の運動イメージを利用していると考えられる。さらに行動プランニングを評価する課題として木剣挿入課題 (6 種類の向きに置かれた木剣を利き手でつかみ、指定された穴に挿入する課題。挿入した際の手首の状態が自然であるかの割合を求める) を実施した。その結果、DCD 群は定型発達群と比べ、手の回転課題の反応時間が遅く、正確さも低下した。また木剣挿入課題でも、定型発達群と比べ DCD 群は不自然な手首の状態を終了することが多かった。彼女らは DCD は身体の運動イメージの利用が遅く不正確であり、また自然な身体の動かし方を計画することが難しいとまとめている。つまり、DCD では目標に向けた運動をする時に内部モデルを十分に利用できず、実際の動きの適切な調整が弱くなると考えられる。

次に Adams らは、DCD のある子どもを対象に、目標とする運動技能に関する順モデルに焦点を当てた運動イメージの修正法 (Motor Imagery Training, MI) について検討している(Adams et al., 2016; Adams et al., 2017b; Wilson et al., 2016)。MI は、Holmes らの PETLEPP モデル(Holmes & Collins, 2001) に従って設計された方法で、メンタルリハーサルと運動技能の実技練習を組み合わせ実施された。メンタルリハーサルでは、ビデオを用いて、子どもに目標とする運動技能の正しい視覚的イメージを作り、内部モデル、特に順モデルの発達を促した。ビデオは 1 つの運動技能につき、3 人称視点と 1 人称視点の 2 通りのビデオが呈示された。3 人称視点のビデオは運動技能を実行するために必要な位置や動きを子どもが確認できるように、1 人称視点のビデオは自分自身がその運動をしているように運動の感覚に集中できるように示された。

Adams ら (2016, 2017a) は MI 群と CO-OP 群の 2 群に対して週 1 回 45 分 9 回の個人セッションを行った。MI では、子どもが選択した目標とする運動技能について、(1) 3 人称視点のビデオ視聴、(2) 1 人称視点のビデオ視聴、(3) 運動技能のメンタルリハーサル (10 分間)、(4) 運動技能の実技練習 (10 分間)、(5) 実際の運動とイメージを比較し振り返り、を行った。例えば、手書きを選択した場合、着席姿勢、紙の配置、ペン先を見えるように把持する方法、スムーズに運筆する方法、運筆時に紙を固定する方法のビデオを視聴した。さらに、支援者はイメージを鮮明にするために、「成功したときと失敗したときにどう感じるか」等、感情的要素をイメージの中にも含めるよう促した。Adams らの介入の結果、MI 群は 4 名中 2 名、CO-OP 群は 4 名中 3 名が、協調運動の評価検査 MABC-2 の結果が 2SD 以上改善した。また運動パフォーマンスの質について、本人・保護者の自己評価は、介入後に MI 群と CO-OP 群は同程度改善しており、満足度の高い介入になったと評価できる。また支援者評価として、MI は DCD のある子どもでも負担少なく、楽しく参加したこと、また運動のプランニングの意識化を促すこと、また集中力を高める可能性があることが報告されている。

また Wilson ら (2017) も 6 つの運動技能 (ボールの投球, 捕球, 打撃, 二足跳び, バットでのボール運び, 板での物運び) を目標に, PETLEPP モデルに従った MI (Smith et al., 2007) の介入を行った。彼らは MI として, (1) 物体の移動する予測タイミングを判断する視覚的イメージ運動, (2) 漸進的筋弛緩法を含むリラックス法, (3) 基本運動技能の視覚的モデル化, (4) 3 人称視点でのメンタルリハーサル, (5) 1 人称視点でのメンタルリハーサル, (6) 運動技能の実技練習を行った。その結果, MI 群は知覚運動療法 (Perceptual Motor Therapy) を受けた群と同程度 MABC の改善が見られている。

以上のことから, DCD の内部モデル障害仮説に基づいた MI の介入は, 介入効果が確認されている CO-OP や他の作業療法と同程度の効果をもたらすと考えられる。内部モデルの修正を目標とした手書きに対する MI は, 運筆における行動遂行と感覚フィードバックの調整を行い, 書字動作そのものの負担を軽減する可能性があることが示唆される。Adams らの MI による書字動作そのものへの支援と ICT 機器を用いた代替書字といった環境調整, 双方からの働きかけが DCD の書字困難に対して必要と考えられる。またイメージトレーニングに使用されるビデオ教材は一般化可能性が高いため, 作業療法の専門性を持たない学校教育現場で実践しやすいと考えられる。

8. まとめ

本研究では, DCD が示す書字困難について実践研究をレビューするとともに, 手書きの心理運動モデルと運動制御の内部モデル障害仮説の 2 つのモデルから DCD の書字困難の概念整理を行った。その結果, すでに介入効果のエビデンスがある CO-OP のような課題指向型アプローチに加え, 運筆の質を改善するために内部モデル障害仮説に基づいた運動イメージの修正トレーニング MI が, DCD の書字困難の支援として有効と考えられた。多くの現場で既に実施されている ICT 機器の利用や時間制限の緩和といった環境調整も DCD の書字速度や書字負担への配慮として必要と考えられる。これらを組み合わせ, DCD のある子どもの書字に関する意欲を高めながら支援することが重要と考えられる。

助成・謝辞

本研究にあたり, 日本学術振興会科学研究費助成事業基盤研究 (B) 「運動制御の内部モデルに基づく発達性協調運動症児の書字動作の病態解明と支援の検討 (21H00890)」の助成を受けた。

引用文献

- Adams, I. L. J., Lust, J. M., Wilson, P. H., & Steenbergen, B. (2014). Compromised motor control in children with DCD: A deficit in the internal model?—A systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *47*, 225–244.
- Adams, I. L. J., Lust, J. M., Wilson, P. H., & Steenbergen, B. (2017a). Testing predictive control of movement in children with developmental coordination disorder using converging operations. *British Journal of Psychology*, *108*(1), 73–90.
- Adams, I. L. J., Smits-Engelsman, B., Lust, J. M., Wilson, P. H., & Steenbergen, B. (2017b). Feasibility of Motor Imagery Training for Children with Developmental Coordination Disorder – A Pilot Study. *Frontiers in Psychology*, *8*.
- Adams, I. L. J., Steenbergen, B., Lust, J. M., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2016). Motor imagery training for children with developmental coordination disorder – study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Neurology*, *16*(1), 5.
- American Psychiatric Association. (2014). *DSM-5 精神疾患の診断・統計マニュアル* (高橋三郎・大野裕・染矢俊幸・神庭重信・尾崎紀夫・三村將・村井俊哉,監訳.). 医学書院.
- Barnett, A. L., & Prunty, M. (2021). Handwriting Difficulties in Developmental Coordination Disorder (DCD). *Current Developmental Disorders Reports*, *8*(1), 6–14.
- Bubic, A., Von Cramon, D. Y., & Schubotz, R. (2010). Prediction, cognition and the brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, *4*.
- Flapper, B. C., & Schoemaker, M. M. (2008). Effects of methylphenidate on quality of life in children with both developmental coordination disorder and ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *50*(4), 294–299.
- Holmes, P. S., & Collins, D. J. (2001). The PETTLEP Approach to Motor Imagery: A Functional Equivalence Model for Sport Psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology*, *13*(1), 60–83.
- Hoy, M. M. P., Egan, M. Y., & Feder, K. P. (2011). A systematic review of interventions to improve handwriting. *Canadian Journal of Occupational Therapy. Revue Canadienne D'ergotherapie*, *78*(1), 13–25.
- Hyde, C., & Wilson, P. H. (2011). Dissecting online control in Developmental Coordination Disorder: A kinematic analysis of double-step reaching. *Brain and Cognition*, *75*(3), 232–241.
- 岩永竜一郎. (2014). 発達性協調運動障害の子ども達の支援を考える：作業療法士の立場から (第110回学会特集号 子どもの不器用さとその心理的影響：発達性協調運動障害(Developmental Coordination Disorder : DCD)を中心に) – (シンポジウム). *小児の精神と神経, 日本小児精神神経学会機関誌*, *54*(2), 153–155.
- Izadi-Najafabadi, S., Gunton, C., Dureno, Z., & Zwicker, J. G. (2022). Effectiveness of Cognitive Orientation to Occupational Performance intervention in improving motor skills of children with developmental coordination disorder: A randomized waitlist-control trial. *Clinical Rehabilitation*, *36*(6), 776–788.
- Karras, H. C., Morin, D. N., Gill, K., Izadi-Najafabadi, S., & Zwicker, J. G. (2019). Health-related quality of life of children with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, *84*, 85–95.

- Katschmarsky, S., Cairney, S., Maruff, P., Wilson, P. H., & Currie, J. (2001). The ability to execute saccades on the basis of efference copy: Impairments in double-step saccade performance in children with developmental co-ordination disorder. *Experimental Brain Research*, *136*(1), 73–78.
- Lingam, R., Golding, J., Jongmans, M. J., Hunt, L. P., Ellis, M., & Emond, A. (2010). The Association Between Developmental Coordination Disorder and Other Developmental Traits. *Pediatrics*, *126*(5), e1109–e1118.
- 松山郁夫. (2022). 発達性協調運動症のある幼児児童に対する捉え方と介入. 九州生活福祉支援研究会研究論文集, *15*(2), 23–32.
- Miller, L. T., Missiuna, C. A., Macnab, J. J., Malloy-Miller, T., & Polatajko, H. J. (2001). Clinical description of children with developmental coordination disorder. *Canadian Journal of Occupational Therapy. Revue Canadienne D'ergotherapie*, *68*(1), 5–15.
- 中島範子・松山郁夫・坂元康成・網谷綾香・園田貴章. (2012a). 発達障害児の活動に運動処方を組み込む意義. 研究論文集－教育系・文系の九州地区国立大学間連携論文集－, *5*(2).
- 中島範子・松山郁夫・坂元康成・芳野正昭. (2012b). 発達障害児に対する運動処方を用いたアプローチ: サマースクールの実践と事例研究より. 佐賀大学教育実践研究, *28*, 103–114.
- 日本作業療法士協会. (2022). *作業療法ガイドラインー発達性協調運動症* (pp. 1–26). 一般社団法人日本作業療法士協会.
- Polatajko, H. J., Mandich, A. D., Missiuna, C., Miller, L. T., Macnab, J. J., Malloy-Miller, T., & Kinsella, E. A. (2001). Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP): Part III--the protocol in brief. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, *20*(2–3), 107–123.
- 塩津裕康. (2019). 不器用さが疑われる発達障害児に対する Cognitive Orientation to daily Occupational Performance(CO-OP)を用いた実践. *作業療法*, *38*(3), 344–350.
- Smith, D., Wright, C., Allsopp, A., & Westhead, H. (2007). It's all in the mind: PETTLEP-based imagery and sports performance. *Journal of Applied Sport Psychology*, *19*, 80–92.
- 戸次佳子・中井昭夫・榊原洋一. (2016). 協調運動の発達と子どものQOLおよび精神的健康との関連性の検討. *小児保健研究*, *75*(1), 69–77.
- Tsai, C.-L., Pan, C.-Y., Cherng, R.-J., Hsu, Y.-W., & Chiu, H.-H. (2009). Mechanisms of deficit of visuospatial attention shift in children with developmental coordination disorder: A neurophysiological measure of the endogenous Posner paradigm. *Brain and Cognition*, *71*(3), 246–258.
- 宇野彰・鈴木香菜美・三益亜美・春原則子・金子真人・粟屋徳子・狐塚順子・後藤多可志. (2009). 成人領域での認知神経心理学を発達性dyslexiaへ直接適用する際の問題点について－表層性と音韻性dyslexiaを中心に－. *音声言語医学*, *50*, 276–284.
- van Galen, G. P. (1991). Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science*, *10*(2), 165–191.
- Watemberg, N., Waiserberg, N., Zuk, L., & Lerman-Sagie, T. (2007). Developmental coordination disorder in children with attention-deficit-hyperactivity disorder and physical therapy intervention. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *49*(12), 920–925.
- Weekes, B., Davies, R., Parris, B., & Robinson, G. (2003). Age of acquisition effects on spelling in surface dysgraphia. *Aphasiology*, *17*(6–7), Article 6–7.
- Wilson, P. H., Adams, I. L. J., Caeyenberghs, K., Thomas, P., Smits-Engelsman, B., & Steenbergen, B.

(2016). Motor imagery training enhances motor skill in children with DCD: A replication study. *Research in Developmental Disabilities, 57*, 54–62.

Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2012). Developmental coordination disorder: A review and update. *European Journal of Paediatric Neurology: EJPN: Official Journal of the European Paediatric Neurology Society, 16*(6), 573–581.