

発達性協調運動障害の新規スクリーニング法の開発

—姿勢推定 AI システムを用いた協調運動の評価—

大橋圭

(名古屋市立大学大学院医学研究科 新生児・小児医学分野)

<要 旨>

発達性協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder, DCD) は、協調運動技能の獲得や遂行が年齢や知能、学習機会により期待されるものよりも明らかに劣っていることを基本特徴とする発達障害である。本人ならびに周囲も「協調」の問題の「困り感」を抱えながらも、「気づき」や理解につながらず、その結果、診断、治療・療育、合理的配慮を含む適切な支援が行われていない。DCD のアセスメントツール・診断ツールは限られており、ラジオ体操の動作を姿勢推定 AI システムを用いて解析することで、簡便かつ客観的に子どもの協調運動の障害をスクリーニングできる方法を開発を試みている。これまでに 5 人の研究協力者の解析を行ったが、ラジオ体操の動作は、想定以上に個人差が大きく、また、運動開始のタイミングのズレが大きいことが判明した。今後は、①大学生など運動機能が発達し個人差が減少する年齢層を対象とする、②歩行動作など単純な運動を対象とする、③機械学習法を用いて動画解析方法を改良する、などを検討している。

<キーワード>

発達性協調運動障害、スクリーニング検査、ラジオ体操、姿勢推定 AI システム

【はじめに】

近年、発達障害 (神経発達症) に関する社会的認識が広がり、自閉スペクトラム症 (ASD)、注意欠如・多動症 (ADHD)、限局性学習症または発達性学習症に対する支援や研究がどんどん進歩してきている。一方で、先述の 3 つの発達障害と比較すると知名度が低く、支援や研究が進んでいない神経発達症に発達性協調運動障害 (発達性協調運動症) (Developmental Coordination Disorder : DCD) がある。

DCD とは小児期にみられる協調運動の習得が極端に困難である状態、簡単にいえば「極端な不器用さ」を医学の分野で疾患と捉えたものである。

「協調」とは視覚、聴覚、触覚、平衡感覚、位置感覚など様々な感覚の入力を統合して、個々の意

図に基づき運動として出力すること、「運動」とは個々の筋肉を動かして目的遂行や意思表示を示すものであり、「協調運動」とはある目的を遂行するために、複数の筋肉が相互に調整を保って活動する、滑らかで正確な運動のことである [1]。

DCD が疾患として認定されたのは、1987 年にアメリカ精神医学会が刊行した DSM-III-R (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 3rd Edition text revision) である。現在、使用されている DSM-5 では、DCD の診断基準は表 1 とされている。また、5~11 歳の子どもにおける有病率は 5~6%、男性は女性よりも有病率が高い (男女比 2:1~7:1) とされている [2]。有病率が高い疾患にも関わらず、日本では、その認知度は低く、「不器用」、「運動音痴」、本人の努

表 1 DSM-5 の DCD の診断基準 [2]

<p>A. 協調運動の獲得や遂行が、その人の生活年齢や技能の学習および使用の機会に応じて期待されるよりも明らかに劣っている。その困難さは、不器用（例：物を落とす、または物にぶつかる）、運動技能（例：物を掴む、はさみや刃物を使う、書字、自転車に乗る、スポーツに参加する）の遂行における遅さと不正確さによって明らかになる。</p> <p>B. 診断基準 A における運動技能の欠如は、生活年齢にふさわしい日常生活活動（例：自己管理、自己保全）を著明および持続的に妨げており、学業または学校での生産性、就労前および就労後の活動、余暇、および遊びに影響を与えている。</p> <p>C. この症状の始まりは発達段階早期である。</p> <p>D. この運動技能の欠如は、知的障害（知的発達症）や視力障害によってはうまく説明されず、運動に影響を与える神経疾患（例：脳性麻痺、筋ジストロフィー、変性疾患）によるものではない。</p>
--

力不足、などと考えられ、本人の自尊感情の低下に繋がっている。さらに、本人ならびに周囲も「困り感」を抱えながらも、「気づき」や理解につながらず、その結果、診断、治療・療育、合理的配慮を含む適切な支援が行われていない。

日本における DCD のアセスメントツール・診断ツールは限られている。国際ガイドラインでは、協調運動の問題をある子どもを標準的に抽出し、客観的に評価するアセスメントツールとして Developmental Coordination Disorder Questionnaire 2007 (DCDQ-R)、また、国際的標準検査として Movement Assessment Battery for Children 第 2 版 (Movement-ABC2) が推奨されている [3]。しかしながら、DCDQ-R は保護者もしくは支援者に対する質問紙形式であり客観性が乏しい点、Movement-ABC2 は現在、日本語版の開発中であり、また、広いスペースやトレーニングを受けた評価者による評価が必要である、といった問題点が挙げられる。

本研究の目的は、簡便かつ客観的に子どもの協調運動の障害をスクリーニングできる方法を開発することである。

【方法】

（研究計画立案時は下記の方法で研究を進める予定であったが、結果・考察の項で示す理由から現在、研究方法の再立案を行なっている。）

①対象

名古屋市立大学病院小児科に通院中の 7～12 歳の患者から下記の研究協力者の募集を行う。なお、小児科医が診察を行い、神経・筋疾患が否定的であり、知的発達の遅れを認めない患者を対象とする。

・ DCD 患者群 (25 人) :

DSM-5 の診断基準において DCD の診断基準を満たす患者

・ 定型発達群 (25 人) :

DSM-5 の診断基準において DCD の診断基準を満たさない患者

②『ラジオ体操』運動の解析

同一の条件（個別、見本動画あり）で研究協力者にラジオ体操第一を実施してもらい、動画の撮影を行う。姿勢推定 AI システム『Vision Pose Nano®』（ネクストシステム社）により動画データから体の各部位の関節（25 ヶ所）と顔パーツ（5

図1 Vision Pose Nanoによる骨格情報の検出点



ヶ所)の合計30ヶ所の骨格情報を2D座標で検出し(図1)、各運動動作における四肢、体幹、関節の動き(各座標間の距離、各座標における角度)を定量化する。

③質問紙による協調運動障害の評価

保護者に質問紙 Developmental Coordination Disorder Questionnaire 2007 (DCDQ-R) [4]、Social Responsiveness Scale-2 (SRS-2) [5]、ADHD-Rating Scale (ADHD-RS) [6]で調査を行い、研究対象者の協調運動障害の程度ならびに他の発達障害特性の評価を行う。

④運動解析の結果と問診票による協調運動障害の関連の解析

運動解析結果と DCD 群および定型発達群の比較解析、また、運動解析結果と DCDQ-R による協調運動障害の程度の関連解析により、『ラジオ体操』運動の“どの動作”における“どういった特徴”が、発達性協調運動障害のスクリーニングにおいて有用であるかを明らかとする。

【結果】

これまでに定型発達群 5 人の研究協力者の解析を行なった。それぞれの問診票による協調運動障害ならびに発達障害特性は表 2 の通りであった。

当初の研究計画通りラジオ体操動作の様子をビデオ撮影し姿勢推定 AI システムを用いて骨格情報の検出を行った(図2)。研究協力者 5 人において同様の解析を行い(図3、4)、各運動動作における四肢、体幹、関節の動き(各座標間の距離、各座標における角度)を定量化を行った。想定よりも個々の研究協力者により動作の個人差が大きく、また、動作の開始のタイミングの差異が大きく各研究協力者を比較し、DCD のスクリーニングに有用な動作の同定は困難であると考えられた。

【考察】

「協調運動」の発達の問題は、セルフエスティーム(自尊心)の低下、保護者の養育態度、教師と

表 2 研究協力者の発達障害特性の一覧

No.	年齢(歳)	性別	DCD-Q-R			ADHD-RS			SRS-2 (T score)			
			Total	Control	Fine	General	Total	HI	IA	Total	SCI	RRB
1	8.4	女	70	28	19	23	2	0	2	38	38	42
2	10.3	男	64	24	19	21	4	0	4	39	40	41
3	10.4	男	48	24	10	14	11	3	8	36	36	41
4	7.5	女	48	18	14	16	0	0	0	41	42	42
5	10.1	女	47	18	13	16	5	1	4	48	48	47

Total : 合計、Control : 身体統制、Fine : 書字・微細運動、General : 全般性協応性、HI : 多動衝動性、IA : 不注意、SCI : 社会的コミュニケーション障害、RRB : 限定された反復的な行動様式

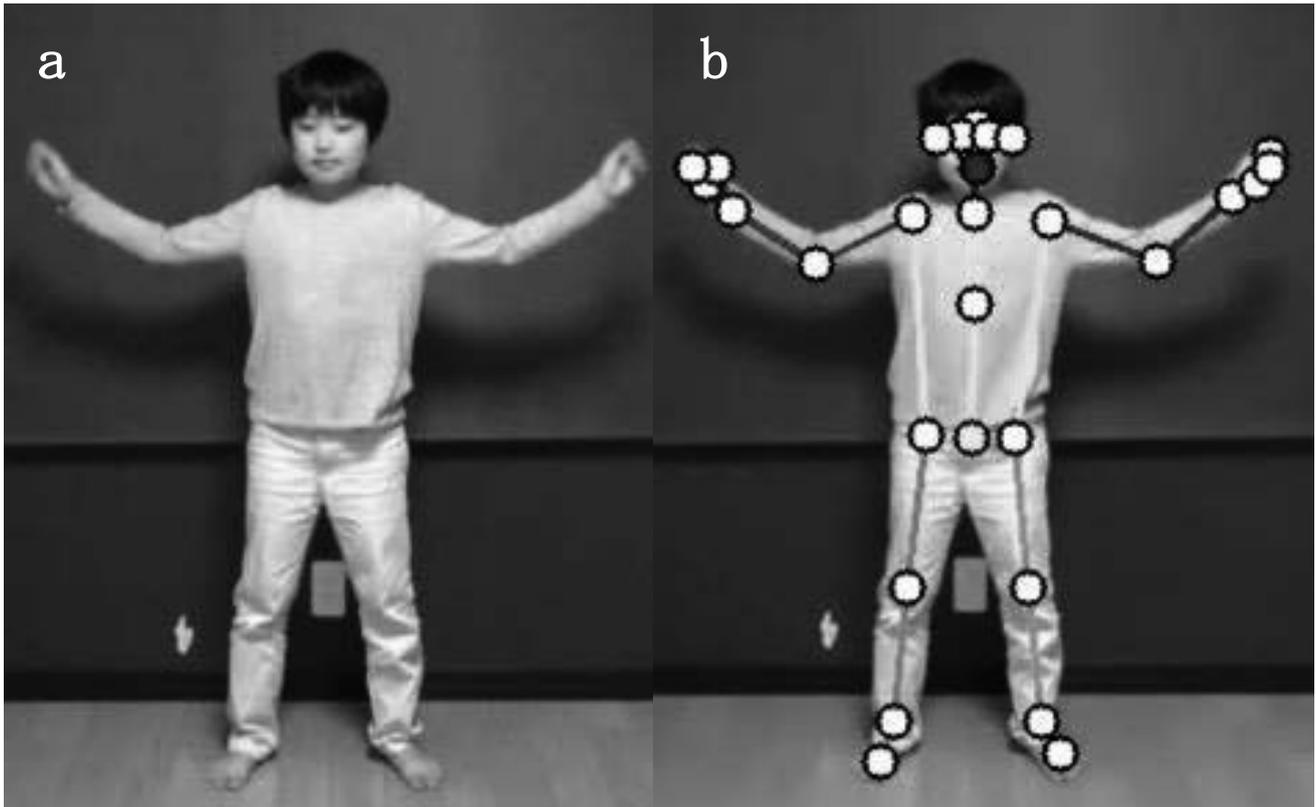


図2 ラジオ体操動作の解析の例

(a: 骨格検出前, b: 骨格検出後)

の関係、社会参加にも影響し、うつ病などの二次障害の要因となることが報告されている[7, 8, 9]。しかし、日本では子育て・保育・教育現場や職場はもとより、医療・療育現場においても「不器用さ」が「脳機能」である「協調」の「発達障

害」であるという理解や認知が非常に低く、国際的アセスメントツールや診断方法が存在せず、適切な支援が行われない状況が続いている。

本研究では、簡便かつ客観的に子どもの協調運動の問題をスクリーニングする方法の開発を目的

表2 各部位の長さ、各関節の角度の解析結果の例

時間(秒)	各部位の長さ(m)								各関節の角度(°)											
	左上腕	右上腕	左前腕	右前腕	左大腿	右大腿	左下腿	右下腿	脊椎上部	脊椎下部	左肩関節	右肩関節	左肘関節	右肘関節	左腕関節	右腕関節	左膝関節	右膝関節	脊椎上部	脊椎下部
0	0.238	0.225	0.158	0.186	0.317	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.340	110.556	173.660	151.314	94.764	90.000	175.236	180.000	95.711	178.377
0.03	0.238	0.225	0.158	0.186	0.317	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.340	110.556	173.660	151.314	94.764	90.000	175.236	180.000	95.711	178.377
0.06	0.238	0.225	0.158	0.186	0.316	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.340	110.556	173.660	151.314	91.909	90.000	178.091	180.000	95.711	179.914
0.09	0.238	0.225	0.158	0.186	0.316	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.340	110.556	173.660	151.314	91.909	90.000	178.091	180.000	95.711	179.914
0.12	0.238	0.225	0.158	0.186	0.316	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.340	110.556	173.660	151.314	91.909	90.000	178.091	180.000	95.711	179.914
0.15	0.238	0.240	0.158	0.186	0.316	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.340	102.388	173.660	152.639	91.909	90.000	178.091	180.000	88.868	179.914
0.18	0.223	0.235	0.174	0.186	0.316	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.789	105.080	173.211	152.216	91.909	90.000	178.091	180.000	91.137	179.914
0.21	0.223	0.235	0.174	0.186	0.316	0.316	0.237	0.263	0.200	0.195	96.789	105.080	173.211	152.216	91.909	90.000	178.091	180.000	91.137	179.914
0.24	0.223	0.235	0.174	0.186	0.300	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	97.345	86.424	178.995	180.000	91.137	179.980
0.27	0.223	0.235	0.174	0.186	0.300	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	97.345	86.424	178.995	180.000	91.137	179.980
0.3	0.228	0.235	0.168	0.186	0.300	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.633	105.080	173.267	152.216	97.345	86.424	178.995	180.000	91.137	179.980
0.33	0.228	0.235	0.168	0.186	0.295	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.633	105.080	173.267	152.216	103.686	86.424	176.983	180.000	91.137	179.980
0.36	0.223	0.235	0.174	0.186	0.295	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	102.653	86.424	177.965	180.000	91.332	179.980
0.39	0.223	0.235	0.174	0.186	0.295	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	102.653	86.424	177.965	180.000	91.332	179.980
0.42	0.223	0.235	0.174	0.186	0.295	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	102.653	86.424	177.965	180.000	91.332	179.980
0.45	0.223	0.235	0.174	0.186	0.305	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	94.168	86.424	179.012	180.000	91.332	179.980
0.48	0.223	0.235	0.174	0.186	0.305	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	94.168	86.424	179.012	180.000	91.332	179.980
0.51	0.223	0.235	0.174	0.186	0.305	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	94.168	86.424	179.012	180.000	91.332	179.980
0.54	0.223	0.235	0.174	0.186	0.305	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	94.168	86.424	179.012	180.000	91.332	179.980
0.57	0.223	0.235	0.174	0.186	0.305	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	94.168	86.424	179.012	180.000	91.332	179.980
0.6	0.223	0.235	0.174	0.186	0.300	0.316	0.237	0.263	0.200	0.200	96.789	105.080	173.211	152.216	96.009	86.424	180.000	180.000	91.332	179.980

図3 同一タイミングでの各研究力者の様子(1)

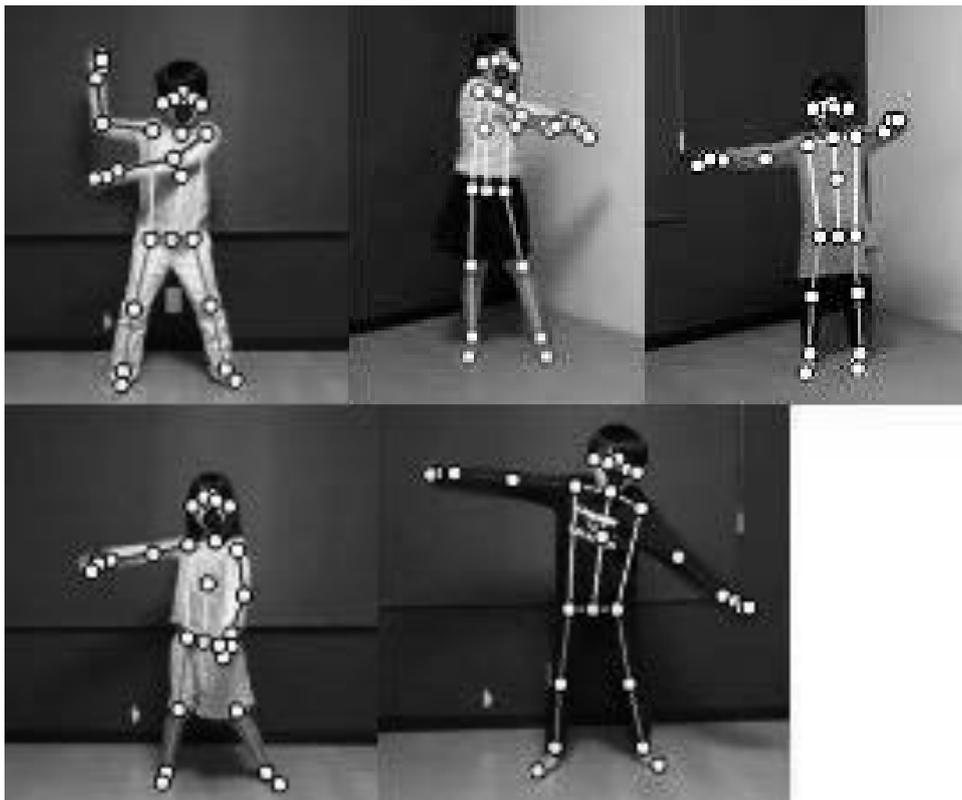
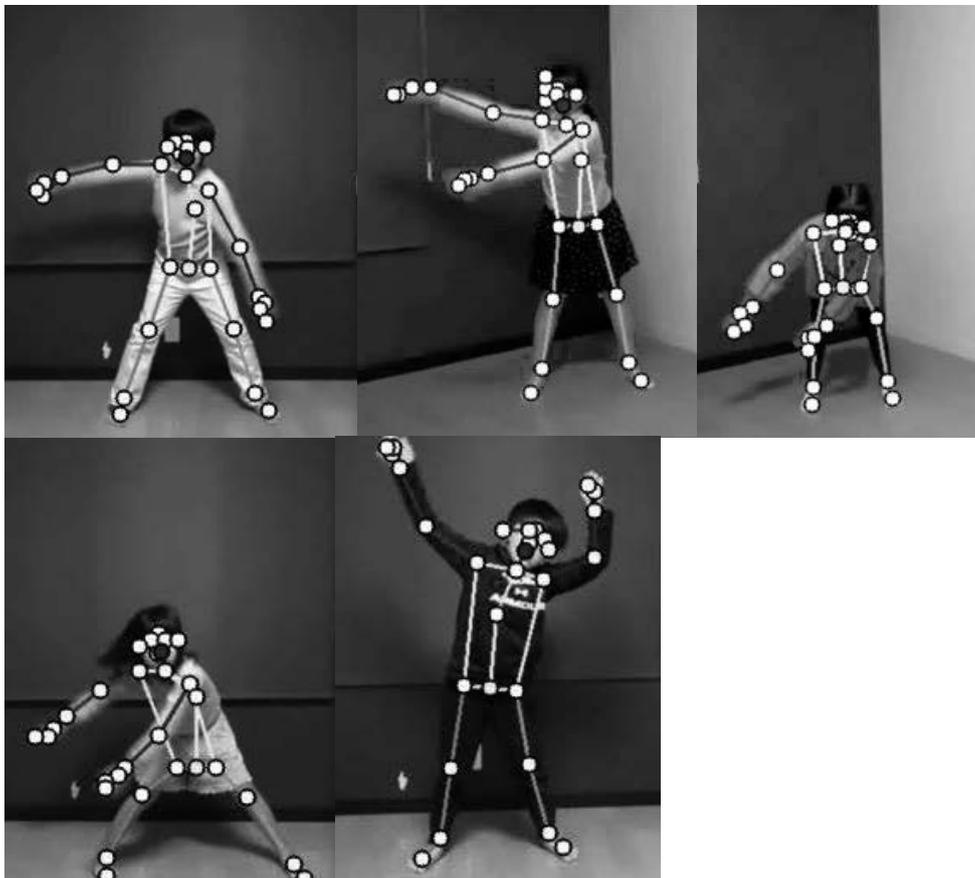


図4 同一タイミングでの各研究力者の様子(2)



的とした。本研究で使用した『ラジオ体操』は日本では子ども達が広く行なっている運動であり、特別な練習を必要としない。また、『Vision Pose Nano®』は姿勢推定 AI により、四肢・体幹の動きを自動的に数値化することが可能であり、評価者に特別なトレーニングを必要としない。すなわち、本研究により開発を試みたスクリーニング方法は、誰でも、どこでも、簡便に子どもの協調運動の問題をスクリーニングすることが可能であり、保育・教育現場ならびに医療・療育現場で用いることで、速やかに適切な支援へ繋げることが可能となり、子どものセルフエスティーム（自尊心）の低下や社会参加への悪影響を軽減し、うつ病などの二次障害を予防することが出来ると期待される。

しかしながら、実際に本研究を施行してみると、『ラジオ体操』は本研究の対象年齢である 7~12 歳（小学生）にとっては、複雑な運動であり、四肢の動かし方・タイミングの取り方などが、極めて多様であった。動画データから体の各部位の骨格情報の抽出、各運動動作における四肢、体幹、関節の動きの定量化を行ったが、DCD のスクリーニングに役立つ動作の同定は困難であると考えられた。そのため、研究協力者の募集を中断し、研究計画の再立案を行なっている。具体的には、①大学生など運動機能が発達し個人差が減少する年齢層を対象とする、②本研究と同様の年齢層（小学生）における歩行動作など単純な運動を対象とする、③機械学習法を用いて動画解析方法を改良する、などを検討している。

【参考文献】

- [1] 北洋輔、澤江幸則、古庄純一（編集）：DCD・不器用な子も楽しめるスポーツがある社会のために：運動に悩む子・先生・コーチへのメッセージ, p2-13, 金子書房, 2022.
- [2] American Psychiatric Association (2013) : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition, DSM-5. American Psychiatric Association, Washington D.C.
- [3] Blank R, Barnett AL, Cairney J, et al. (2019): International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology* 61; 242-85.
- [4] Nakai A, Miyachi T, Okada Ryo, et al. (2011): Evaluation of the Japanese version of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire as a screening tool for clumsiness of Japanese children. *Res Dev Disabil.* 32(5): 1615-22.
- [5] 神尾陽子（編集）（2017）：SRS-2 対人応答性尺度, 日本文化科学社.
- [6] 市川宏伸、田中康雄、小野和哉（編集）（2023）：児童期・青年期の ADHD 評価スケール ADHD-RS-5 【DSM-5 準拠】チェックリスト、標準値とその臨床的解釈, 明石書店.
- [7] Taft LT, Barowsky EI. (1989): Clumsy child. *Pediatr Rev.* 10(8): 247-53.

- [8] Fox AM, Lent B. (1996): Clumsy children. Primer on developmental coordination disorder. Can Fam Physician. 42:1965-71.
- [9] Missiuna C, Moll S, King G, et al. (2008): Life experiences of young adults who have coordination difficulties. Can J Occup Ther. 75(3):157-66.

謝辞

研究の機会をいただきました明治安田こころの健康財団、研究に協力していただいたお子様たち、保護者の皆様に心から感謝いたします。