

研究

発達性協調運動障害のある小学生に対する 複合現実技術を取り入れた運動プログラムの効果

牛腸 昌利¹⁾ 笹田 哲²⁾ 平岩幹男(MD)³⁾

要旨：

本研究の目的は、DCDのある児童を対象に複合現実技術を活用したプログラムが、運動パフォーマンスへ与える効果について検討することである。対象児は小学校1～5年生の男児、10名であった。3種類の運動プログラムを3カ月間実施した。その結果、片脚立位の時間及び反復横跳びの回数と、プログラムBの成功数（得点）において、開始時点と比べて統計学的に有意な向上を認めた。本プログラムでは片脚立位を保持し、同側の足でステップを踏む動作が必要であった。ゲーム的遊びの中でこの運動を学習することができたため、運動パフォーマンスが向上したと考えられた。

キーワード：発達性協調運動障害，運動プログラム，効果

はじめに

発達障害のある子どもでは、身体的な不器用さを伴うことがあり¹⁾、体育などの教科学習の面にも影響を及ぼす²⁾。身体的な不器用さは、DSM-5（精神障害の診断・統計マニュアル第5版）により、発達性協調運動障害（Developmental Coordination Disorder：以下、DCD）として診断基準が示されている³⁾。DCDの定義は、①その人の年齢や経験から考えられるよりも協調運動技能の獲得や遂行が明らかに劣っている、②運動技能の欠如が日常生活に支障をきたす、③症状の始

まりが発達段階早期である、④運動技能の欠如が知的能力障害、視覚障害や運動に影響を与える神経疾患によるものではないことである⁴⁾。DCDのある子どもに対する作業療法は、国内でも取り組みが報告されている^{5,6)}。

子どもの作業療法では、遊びの要素を取り入れた活動を用いる。その中でも、近年はバーチャルリアリティ（仮想現実、Virtual reality：以下、VR）の技術がゲーム等に広く用いられており、子どもの遊びや学習、リハビリテーション等にも活用されている^{7,8)}。VRとは、計算機技術を駆使することによって、さまざまな疑似的体験を行うことができるものを指す⁹⁾。その他にVRと似た技術として、VRと現実空間の環境情報を組み合わせた複合現実（Mixed Reality：MR）や、拡

1) 国際医療福祉大学小田原保健医療学部作業療法学科

2) 神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究科

3) Rabbit Developmental Research

張現実 (Augmented Reality : AR) といった技術も実用化されている。これらは総称して, XR (Extended Reality) と呼ぶ。これらの名称の使用は, 他にも多くあり, 統一されたものではないと考えられる¹⁰⁾。そこで本稿では, より一般的に用いられているVRの用語を使用する。

発達障害等がある子どもについては, 遊びや学習, 運動のプログラムや評価として, VRを用いた方法とその効果等が検討されている。脳性麻痺児を対象とした報告では, Virtual reality rehabilitationや運動プログラム¹¹⁾, 自閉スペクトラム症 (Autism spectrum disorder : 以下, ASD) のある子どもを対象としたソーシャルスキルの練習や評価の手段としてVRが多く用いられている¹²⁾。そして, DCDのある子どもを対象として, VRが運動能力の向上へ効果的か否かについて検討されている¹³⁾。しかし, 特定のプロトコルが存在せず, VRの使用を推奨する根拠に乏しいと報告されている。一方で, Wii Fit[®]等のゲーム機器を使用したVRプログラムの実践は複数報告され, 運動技能の向上における効果が示されている^{14, 15)}。DCDのある子どもの作業療法では, 活動に対する動機付けが重要である¹⁶⁾。VR等の技術を用いることで, 子どもが楽しみながら主体的に活動に取り組めることは, DCDのある子どもの作業療法の効果を高める点において重要であると考えられる。すなわち, DCDのある子どもでは, VRを用いた運動プログラムの効果について検討の余地があるといえる。

以上のことから, 本研究では, DCDのある児童を対象に, VRを活用した運動プログラムが運動パフォーマンスへ与える効果について検討した。

方 法

1. 対象

対象児は, 小児科医師の診察によりDCDと診断された小学生を対象とした。学年は1年生から5年生の児童であった。対象児数は10名で, 性別

は全て男児であった。対象児の知能水準は, 中等度知的障害レベルが2名, 軽度知的障害レベルは1名, 他は正常域であった。DCD以外の併存疾患はASDが10名, 注意欠如・多動症 (Attention deficit hyperactivity disorder : ADHD) が2名, ディスレクシアは2名であった。なお, プログラム内容の説明等が理解できない児童については, 本研究の対象から除外した。

2. プログラム

本プログラムの概要は, プロジェクターで壁と床に投影されるターゲットに手や足で触れ, 成功数により得点が与えられるゲーム的遊びで楽しむものであった(図1)。本プログラムの機器は, 主にDCDのある子どもを対象として, 東京都の助成事業で開発された機器を用いた。

本研究で用いたプログラムは, コンピューターにより作り出された視覚および聴覚情報と, 現実空間内での身体運動を組み合わせた, 複合現実的な環境で実施された。本プログラムは, 3種類を実施した。プログラムAは, スクリーンから140cm離れた位置のバランスボールに座り, 壁に投影されたボールに向かって手を伸ばしタッチする動作をすることでボールを消す課題であった。プログラムBは, 陣地に片足を置いた状態で, 転がって来るボールをもう片方の足で踏んで消すという課題であった。プログラムCは, 床面の足元に映写された足形を踏むと, 足形からビームが出てターゲットを撃ち消すという内容であった。それぞれのプログラムで, 映写されたターゲットが消える際に, 効果音の聴覚情報と映像の視覚情報でフィードバックされる仕組みであった。3種類のプログラムを各60秒間で1回に3試行ずつ実施した。得点と所要時間は自動計測した。期間は週2回の頻度で3カ月間実施した。

3. 評価項目

評価項目は, ①3種類の運動プログラムの成功

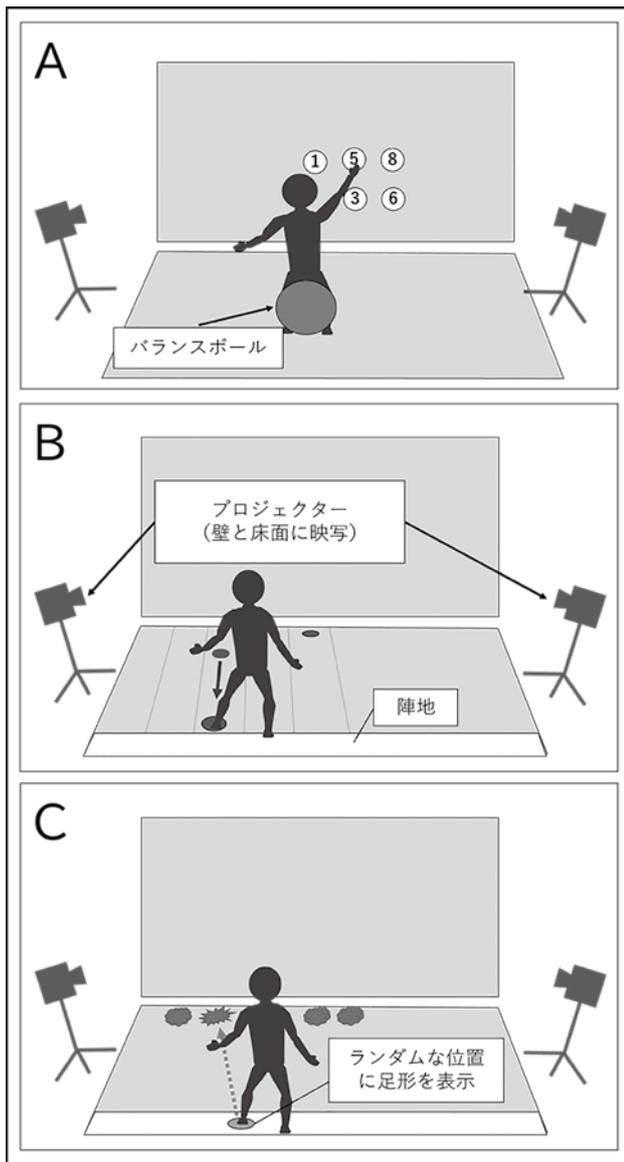


図1 プログラムの内容

各プログラムは2台のプロジェクトで壁と床面に映写し、子どもがターゲットに触れるとプログラムが反応して、時間や得点（触れた回数）が自動計測される。

数（得点）、②反復横跳び（1 m間隔の線をまたぐ）の回数、③左右の片脚立位、④腹臥位伸展位、⑤背臥位屈曲位の保持時間とした。

4. 研究デザインと統計解析

研究デザインは対照群のない郡内比較試験とした。結果の分析は、①プログラムの成功数（得点）については、開始時点と2週間後、4週間

後についてFriedman testを用いて比較し、多重比較はBonferroni法を用いた。②反復横跳びの回数、③左右の片脚立位、④腹臥位伸展位、⑤背臥位屈曲位の保持時間は、初回時と3か月後についてWilcoxon Signed rank testを用いて比較した。有意水準はすべて5%未満とし、効果量（Cliff's delta）を求めた。統計解析はR ver.4.0.5を使用した。本研究は大学倫理審査委員会の承認を得て実施した(21-Ig-6)。また、本研究で開示すべきCOI関係にある企業等はない。

結果

プログラムBについては、対象児10名において、開始時点と2週目、4週目の3群の比較で有意差を認めた ($p < 0.01$)。また多重比較の結果、プログラムBの得点（平均±標準偏差）は、開始時点（ 320 ± 138 点）と4週間後（ 505 ± 203 点）の間で有意な向上を認めた ($p < 0.05$, $d = 0.56$)（図2）。開始時点と2週間後、2週間後と4週間後の間では、有意な向上は認めなかった。また、プログラムAおよびCの得点について、開始時点と2週目、4週目ともに有意な変化を認めなかった。

反復横跳びの回数（平均±標準偏差）は、欠損データを除いた対象児9名において、開始時点（ 21.2 ± 6.1 回）と3か月後（ 27.3 ± 8.0 回）で有意に回数が向上した ($p < 0.01$, $d = 0.47$)（図3）。片脚立位の保持時間は、対象児9名において、右足が開始時点（ 10.8 ± 6.4 秒）と3か月後（ 25.1 ± 10.0 秒）の間で有意に増加し ($p < 0.05$, $d = 0.26$)、左足が開始時点（ 6.8 ± 7.5 秒）と3か月（ 26.0 ± 13.9 秒）で有意に保持時間が増加した ($p < 0.05$, $d = 0.51$)（図4、5）。また、腹臥位伸展位と背臥位屈曲位の保持時間については、開始時点と3か月時で有意な向上を認めなかった。

実施時の子どもの様子は、全員が楽しんで笑顔で取り組んでいた。

考 察

DCDのある小学生を対象に、VRを用いた運動プログラムを実施し、プログラム自体のパフォーマンスと、体力・運動能力調査に採用されている反復横跳びや、体力テストに採用される片脚立位などの運動能力評価について、開始時と各時点との比較を行った。

プログラムBでは、開始時から4週間後の時点で、比較的早い期間で成功数（得点）に有意な差がみられたことから、片脚立位を保持して、同側の足でステップしてターゲットを踏む、比較的単純な目と足の協調動作が向上したものと推察される。また、このプログラムを3カ月程度続けることにより、プログラムBのパフォーマンス自体の向上だけでなく、反復横跳びや片脚立位の結果にも効果がみられたと考えられる。

一方、実施以前では、プログラムCは反復横跳びに効果があるのではないかと考えていた。反復横跳びは、敏捷性のテストの一つに位置づけられる。そして、敏捷性の他にもバランスや筋持久力の要素も含む運動である。加えて、木塚らは、反復横跳びの成績が低い小学生を対象として、ステップ系の運動遊びによってその記録が向上した可能性を報告している¹⁷⁾。しかし、プログラムCは標的に足を合わせて静止してしまうので、連続してステップを踏むようなりズミカルな運動が引き出されなかったと考えられる。加えて、対象児の真横に足形が映写されたときに、首を回旋させて視野外にあるターゲットを捉え、素早く側方に体重移動させる動作が難しかったと考えられ、本研究の対象児にとっては難易度が高かった可能性がある。したがって、プログラムBのほうが、対象児にとっては比較的取り組みやすく、楽しみながら継続して行える課題であり、反復横跳びの結果にも良い影響を与えたと考えられる。

また、2017年度の体力・運動能力調査によると¹⁸⁾、反復横跳びの学年の平均回数は、6歳で約28回であった。本研究の結果では、対象児の反復横跳び

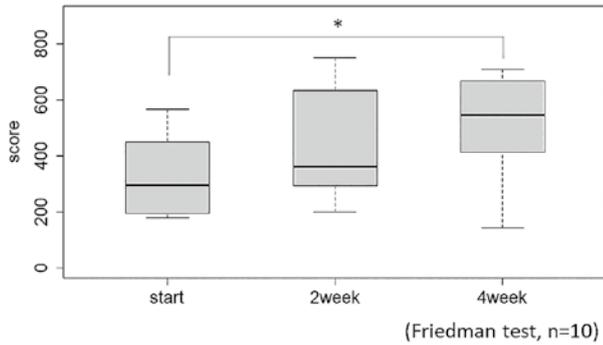


図2 プログラムB 開始時点と2週間後および4週間後の比較
(Friedman test, n=10)

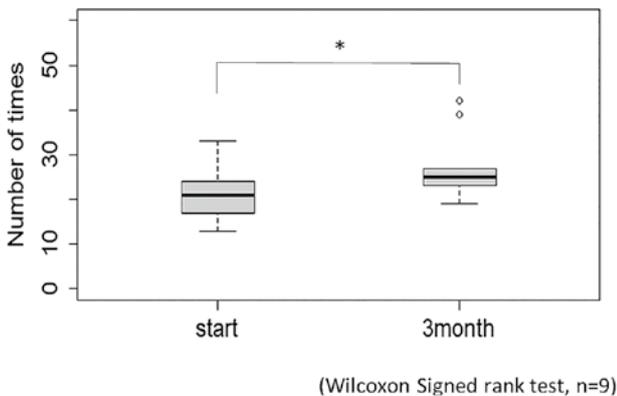


図3 反復横跳び 開始時点と3か月後の比較
(Wilcoxon Signed rank test, n=9)

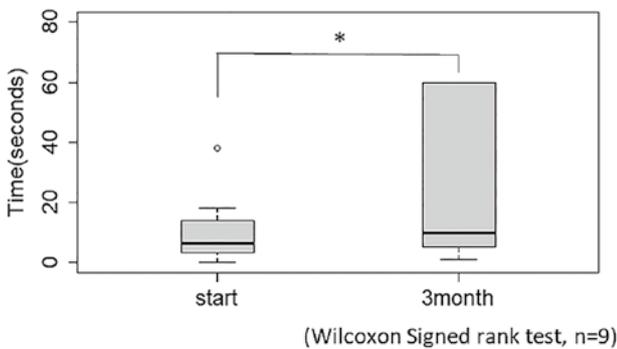


図4 片脚立ち(右) 開始時点と3か月後の比較
(Wilcoxon Signed rank test, n=9)

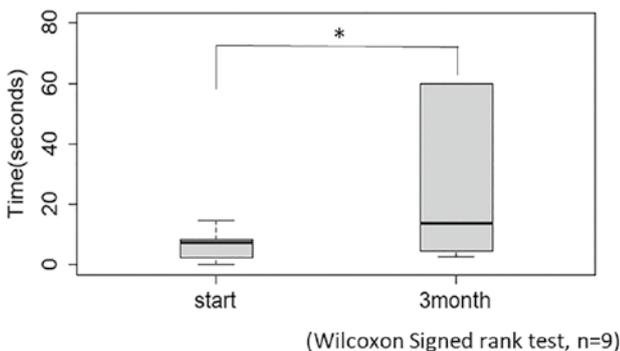


図5 片脚立ち(左) 開始時点と3か月後の比較
(Wilcoxon Signed rank test, n=9)

の平均は27.3回（中央値25回）であり，小学校1年生に近い程度まで向上したといえる。

先行研究では，目標志向の遊び（Goal-oriented play）は，幼児期の子どもの運動能力の向上に寄与することが示されている¹⁹⁾。本研究で実施したプログラムBのような運動プログラムは，単に動作や運動を反復して練習するものではなく，楽しみながら目的をもって取り組むものであった。このような運動的遊びは，反復横跳びや片脚立位のような基本的動作の向上にも良い影響を及ぼす可能性がある。

研究の限界について，本研究では対照群が設定されておらず，DCDのない子どもと比較した場合の，本プログラムの効果については言及できない。そして，他の介入方法と比較していないため，今後はVRを用いないプログラムとの効果の違い等について検討する必要がある。また，対象児の年齢が小学校低学年から高学年にまたがっている。本研究で評価項目に採用した反復横跳びや片脚立位，また，本プログラムの結果自体が年齢の影響を受ける可能性を考慮していない。対象児の年齢と本プログラムの効果との関連については，今後検討する必要がある。そして，対象児が男児に限定されていたため，本プログラムの効果と性差との関連についても言及できない。

最後に，本研究の実施により，VRを用いた運動プログラムが，DCDのある子どもの運動能力の向上に寄与する効果について検証する必要性が確認できた。今後，考えられる交絡因子を考慮し，サンプルサイズを増やし，統制群を設けた研究デザインにおいて，さらに検討を重ねる必要がある。

引用文献

- 1) 香野毅：発達障害児の姿勢や身体の動きに関する研究動向. 特殊教育学研究48（1）：43-53, 2010.
- 2) 綿引清勝，澤江幸則，島田博祐，他：身体的不器用さを有する自閉スペクトラム症児の投
- 動作課題における臨床的な特徴と介入効果について 投動作の質的な変化の違いに着目して. 自閉症スペクトラム研究17（2）：59-67, 2020.
- 3) American Psychiatric Association,& American Psychiatric Association：Diagnostic and statistical manual of mental disorders：DSM-5. Arlington, VA, 2013.
- 4) 辻井正次，宮原資英：発達性協調運動障害 [DCD]不器用さのある子どもの理解と支援. 金子書房，東京，2019. pp.3.
- 5) 塩津裕康：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, 2019.
- 6) 倉澤茂樹，立山清美，丹葉寛之，他：不器用さを呈する学習障害児への作業療法士による学校コンサルテーション. 作業療法39（5）：605-615, 2020.
- 7) 二瓶健次：バーチャルリアリティは子どもに何ができるかー臨床場面でのVRー（特集，心理学とVR）. 日本バーチャルリアリティ学会誌8（3）：133-138, 2003.
- 8) 汲田宏司，島香菜美，今泉一哉：医療保健分野におけるVR技術による挑戦. 計測と制御59（4）：269-273, 2020.
- 9) 廣瀬通孝：バーチャルリアリティと人間工学（特集・新しい情報技術と人間工学）. 人間工学30（6）：367-371, 1994.
- 10) 杉本真樹，谷口直嗣，新城健一：XR（VR・AR・MR）によるトレイゲジスタンス・超臨場感コミュニケーションと遠隔医療・手術シミュレーション・トレーニング. バイオメカニズム学会誌43（1）：35-40, 2019.
- 11) Chen Y, Fanchiang HD, Howard A.：Effectiveness of virtual reality in children with cerebral palsy：a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.

- Physical Therapy 98 (1) : 63-77, 2018.
- 12) Yuan SNV, Ip HHS. : Using virtual reality to train emotional and social skills in children with autism spectrum disorder. London journal of primary care 10 (4) : 110-112, 2018.
- 13) Cavalcante Neto JL, de Oliveira CC, Greco AL, et al. : Is virtual reality effective in improving the motor performance of children with developmental coordination disorder? A systematic review. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine 55 (2) : 291-300, 2018.
- 14) Ferguson GD, Jelsma D, Jelsma J, et al. : The efficacy of two task-orientated interventions for children with Developmental Coordination Disorder : Neuromotor Task Training and Nintendo Wii Fit training. Research in developmental disabilities 34 (9) : 2449-2461, 2013.
- 15) Gonsalves L, Campbell A, Jensen L, et al. : Children with developmental coordination disorder play active virtual reality games differently than children with typical development. Physical therapy 95 (3) : 360-368, 2015.
- 16) Dunford C. : Goal-orientated group intervention for children with developmental coordination disorder. Physical & occupational therapy in pediatrics 31 (3) : 288-300, 2011.
- 17) 木塚朝博：敏捷性テストとしての反復横とびを整理する（特集 体力・運動能力テストを再考する）。体育の科学66（8）：574-581, 2016.
- 18) e-Stat 政府統計の総合窓口：体力・運動能力調査. 2017.<2021.11.1アクセス><https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003288734>
- 19) Sutapa P, Pratama KW, Rosly MM, et al. : Improving Motor Skills in Early Childhood through Goal-Oriented Play Activity. Children 8 (11) : 994, 2021.

Effects of the Mixed Reality-based exercise program on elementary school children with developmental motor coordination disorder

Masatoshi Gocho ¹⁾ Satoshi Sasada ²⁾ Mikio Hiraiwa ³⁾

- 1) Masatoshi Gocho, Department of Occupational Therapy, School of Health Sciences at Odawara, International University of Health and Welfare
- 2) Satoshi Sasada, Graduate School of Health and Social Services, Kanagawa University of Human Services
- 3) Mikio Hiraiwa, Rabbit Developmental Research

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of a mixed reality-based program on motor performance in children with DCD. The participants were 10 boys in grades 1-5 of elementary school. Three kinds of exercise programs were conducted for three months. The results showed statistically significant improvements in the duration of one-legged stance, the number of repetitive lateral jumps, and the success count of the programB compared to the beginning of the program. The program required the children to maintain a one-legged stance and step with the ipsilateral foot. It is thought that motor performance was improved because the children were able to learn this movement during the game-like play.

Key words : Developmental Coordination Disorder , Exercise program , Effect