

平成 31 年 4 月 15 日現在

機関番号：34605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16453

研究課題名（和文）発達性協調運動障害の身体性・模倣能力の定量化とバーチャルリアリティ訓練の効果

研究課題名（英文）Quantitative evaluation of embodiment and imitation ability, and effect of virtual reality training for developmental coordination disorder

研究代表者

信迫 悟志 (NOBUSAKO, Satoshi)

畿央大学・健康科学部・助教

研究者番号：50749794

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、発達性協調運動障害における内部モデル（感覚-運動統合機能）障害およびミラーニューロンシステム（自動模倣機能）障害について検証し、確率共鳴現象の提供が、感覚-運動統合機能と運動機能に与える効果を検証することを目的とした。本研究は、発達性協調運動障害のリスクを有する児では、感覚-運動統合機能と自動模倣機能が有意に低下していることを明らかにした。また確率共鳴の適用は、感覚-運動統合機能を向上することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発達性協調運動障害では、運動が不器用なために日常生活や学業成績に困難を有するだけでなく、自己肯定感の低下、不安障害や抑うつ症状といった精神心理面にも影響をきたす神経発達障害であり、その頻度は学童期の5～6%と非常に高い。

本研究は、感覚-運動統合や自動模倣といった脳機能の低下が、運動の不器用さに繋がっていることを明らかにし、感覚-運動統合や自動模倣を向上する発達支援が、発達性協調運動障害を有する児の運動の不器用さ改善に繋がる可能性を示唆した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the present study was to verify the internal model (sensory-motor integration) and mirror-neuron system (automatic imitation) deficits in children with developmental coordination disorder, and to examine the effect of applying stochastic resonance on sensory-motor integration and motor function.

The present study revealed that sensory-motor integration and automatic imitation functions were significantly reduced in children with probable development coordination disorder. In addition, this study revealed that the application of stochastic resonance improves sensory-motor integration.

研究分野：理学療法

キーワード：発達性協調運動障害 定型発達 感覚運動統合 自動模倣 自閉症スペクトラム障害 注意欠陥多動性障害 抑うつ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (1) 発達性協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder: DCD) は、以前から「不器用な子ども」として取りあげられてきた。近年、国際的には DCD の原因は脳の運動制御モデルである内部モデルや模倣を担うミラーニューロンシステムの機能不全であることが示唆されているが、その解明は不十分であると同時に、欧米諸国と比較して日本国内での DCD 研究は進んでいない。
- (2) バーチャルリアリティ訓練は、内部モデルの内訳である運動意図、遠心性コピー、感覚フィードバック、身体所有感、運動主体感の全てを包含した訓練システムである。したがって、バーチャルリアリティを用いた介入は、DCD 児の内部モデル形成を促進し、運動機能を向上する可能性がある。同様に確率共鳴 (Stochastic resonance: SR) 現象は、感覚入力を増幅し、運動出力を高めることが知られているが、内部モデルにおける感覚-運動統合機能を促進するか否かは分かっていない。

2. 研究の目的

- (1) 定量的評価手法を用いて、DCD 児における内部モデルの感覚-運動統合機能とミラーニューロンシステムの自動模倣機能について明らかにする。
- (2) 感覚-運動統合機能と運動機能に対する SR の効果を検証する。

3. 研究の方法

- (1) 内部モデルの機能である視覚-運動時間的統合機能について映像遅延検出課題を用い、ミラーニューロンシステムの機能である自動模倣機能について運動観察干渉課題を用いて、それぞれ定量的に調べた。その他、DCD に頻繁に併存する自閉症スペクトラム障害 (Autism Spectrum Disorder: ASD) の傾向を Social Communication Questionnaire 日本語版 (SCQ) を用いて、注意欠陥多動性障害 (Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: ADHD) の傾向を ADHD-Rating Scale 日本語版 (ADHD-RS) を用いて、子どものうつ傾向をパルソン児童用抑うつ性尺度 (Depression Self-Rating Scale for Children: DSRS-C) を用いて評価した。DCD 児と定型発達児との間で、視覚-運動時間的統合機能、自動模倣機能、ASD 傾向、ADHD 傾向、抑うつ傾向について比較し、それらの関係性を調べた。
- (2) 定型発達若年成人を対象に、SR の適用が視覚-運動時間的統合機能と運動機能に与える効果を検証した。

4. 研究成果

- (1) 定型発達の大学生 30 名を対象に、経頭蓋直流電気刺激 (transcranial Direct Current Stimulation: tDCS) を使用して、自閉症スペクトラム障害 (Autism Spectrum Disorder: ASD) で困難となる模倣抑制機能、視点取得機能に関わる脳領域の調査を実施した。その結果、下前頭回領域 (Inferior frontal Cortex: IFC) と側頭-頭頂接合部領域 (Temporo-Parietal Junction: TPJ) への tDCS-陽極 (anodal) 刺激は、模倣干渉効果と視点取得コストを有意に減少させることを明らかにし、IFC と TPJ の両方が、模倣抑制および視点取得の両方に重要な働きを有していることを明らかにした。(本研究成果は、Nobusako et al. Front Behav Neurosci 2017 に掲載されている)

- (2) 4-15 歳の定型発達 (typical development: TD) 児 132 名を対象に、内部モデルにおける視覚情報と運動情報を時間的に統合する機能 (視覚-運動時間的統合機能) の発達変化について調査した。その結果、年齢と運動機能は、それぞれ独立して、TD 児の視覚-運動時間的統合機能の予測因子であることが明らかとなった (図 1)。この成果は、TD 児における運動機能 (手先の器用さ) と内部モデル (視覚-運動時間的統合機能) との重要な関係性を明らかにした最初の研究である。(本研究成果は、Nobusako et al. Front Psychol 2018 に掲載されている)

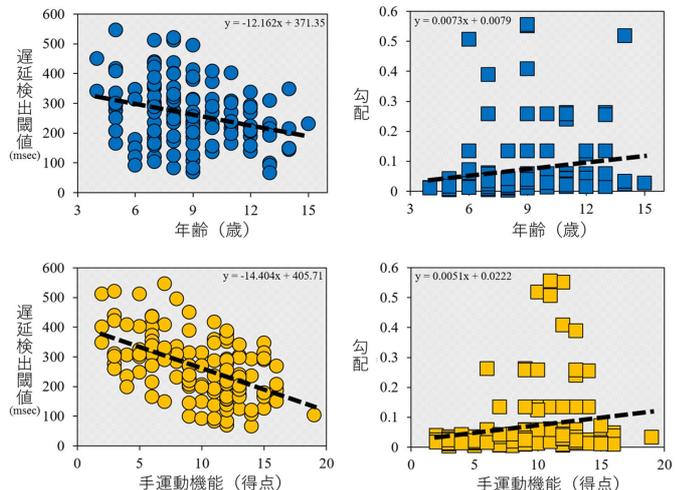


図 1. 視覚-運動時間的統合機能と年齢および手運動機能との相関関係

(3) 4-15歳の発達性協調運動障害(運動の不器用さ)のリスクを有する(probable Developmental Coordination Disorder: pDCD)児29名と年齢と性別を揃えたTD児42名を対象に、視覚-運動時間的統合機能、自動模倣機能の比較、およびASD傾向、ADHD傾向、抑うつ傾向の調査を実施した。その結果、pDCD児は、TD児と比較して、視覚-運動時間的統合機能および自動模倣機能が有意に低下していた(図2)。さらに、pDCD児は、TD児と比較して、ASD傾向・ADHD傾向・抑うつ傾向が有意に高値であった。そして、子どもたちが有する視覚-運動時間的統合機能は、pDCD(運動の不器用さ)の有意な予測因子であることが判明した。この結果は、視覚-運動時間的統合機能や自動模倣機能を改善する発達支援介入が、運動の不器用さの改善に効果的である可能性を示唆した。(本研究成果は、Nobusako et al. Front Neurol 2018に掲載されている)

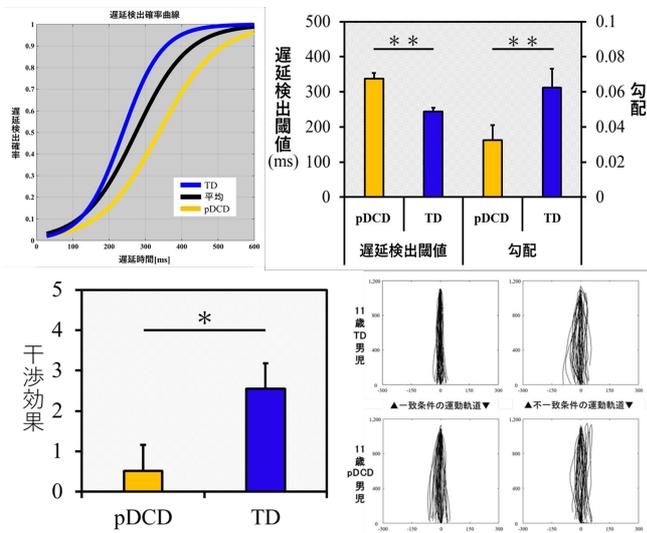


図2. pDCD児とTD児の視覚-運動時間的統合機能と自動模倣機能の比較結果

(4) 定型発達の大学生30名を対象に、閾値下振動触覚刺激装置を使用して、確率共鳴(Stochastic resonance: SR)現象を付与した際の視覚-運動時間的統合機能と視覚-運動時間的統合が困難な条件下での手運動機能に与える影響を調べた。その結果、SRを付与することにより、視覚-運動時間的統合機能が即時的に向上することを明らかにした。この研究は、SRによる介入が、DCD児の運動の不器用さを改善する可能性を示唆した。(本研究成果は、Nobusako et al. PLoS One 2018に掲載されている)

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

Nobusako S, Osumi M, Matsuo A, Fukuchi T, Nakai A, Zama T, Shimada S, Morioka S. Stochastic resonance improves visuomotor temporal integration in healthy young adults. PLoS One. 2018 Dec 14;13(12):e0209382. (査読有)

DOI: 10.1371/journal.pone.0209382

Nobusako S, Sakai A, Tsujimoto T, Shuto T, Nishi Y, Asano D, Furukawa E, Zama T, Osumi M, Shimada S, Morioka S, Nakai A. Deficits in Visuo-Motor Temporal Integration Impacts Manual Dexterity in Probable Developmental Coordination Disorder. Front Neurol. 2018 Mar 5;9:114. (査読有)

DOI: 10.3389/fneur.2018.00114

Nobusako S, Sakai A, Tsujimoto T, Shuto T, Nishi Y, Asano D, Furukawa E, Zama T, Osumi M, Shimada S, Morioka S, Nakai A. Manual Dexterity Is a Strong Predictor of Visuo-Motor Temporal Integration in Children. Front Psychol. 2018 Jun 12;9:948. (査読有)

DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00948

Nobusako S, Nishi Y, Nishi Y, Shuto T, Asano D, Osumi M, Morioka S. Transcranial Direct Current Stimulation of the Temporoparietal Junction and Inferior Frontal Cortex Improves Imitation-Inhibition and Perspective-Taking with no Effect on the Autism-Spectrum Quotient Score. Front Behav Neurosci. 2017 May 9;11:84. (査読有)

DOI: 10.3389/fnbeh.2017.00084

[学会発表](計10件)

信迫悟志, 大住倫弘, 中井昭夫, 前田貴記, 森岡周. 子どもにおける運動主体感の時間窓. 第7回身体性システム領域全体会議. 岩手, 2019.

信迫悟志, 大住倫弘, 松尾篤, 古川恵美, 嶋田総太郎, 中井昭夫, 森岡周. 確率共鳴現象が運動の不器用さに与える即時効果: 一症例を通じた検討. 第5回日本小児理学療法学会学術集会, 大阪, 2018.

Nobusako S, Osumi M, Matsuo A, Zama T, Shimada S, Morioka S. Stochastic resonance improves visuomotor temporal integration. The 2nd International Symposium on

Embodied-Brain Systems Science. Tokyo, Japan, 2018.

信迫悟志, 大住倫弘, 松尾篤, 福知宇宙, 嶋田総太郎, 森岡周. 確率共鳴現象は若年健常成人の視覚-運動統合機能を向上する. 第 19 回日本認知神経リハビリテーション学会学術集会, 大阪, 2018.

信迫悟志, 嶋田総太郎, 中井昭夫, 森岡周. 小児期の微細運動機能と視覚-運動時間的統合能力との関係性. 日本発達神経科学会第 6 回大会, 2017.

信迫悟志, 嶋田総太郎, 坂井理美, 辻本多恵子, 首藤隆志, 浅野大喜, 古川恵美, 大住倫弘, 中井昭夫, 森岡周. 内部モデルにおける視覚-運動時間的統合の発達変化. 第 18 回日本認知神経リハビリテーション学会, 2017.

信迫悟志, 坂井理美, 辻本多恵子, 首藤隆志, 西勇樹, 浅野大喜, 古川恵美, 大住倫弘, 嶋田総太郎, 森岡周, 中井昭夫. 発達性協調運動障害における内部モデル障害の検証—視覚フィードバック遅延検出課題を用いた検討—. 第 52 回日本理学療法学術大会, 2017.

信迫悟志, 坂井理美, 辻本多恵子, 首藤隆志, 浅野大喜, 古川恵美, 大住倫弘, 嶋田総太郎, 森岡周, 中井昭夫. 子どもにおける運動の不器用さと視覚-運動統合機能/自動模倣機能との関係性. 第 4 回身体性システム科学全体会議, 2017.

信迫悟志, 坂井理美, 辻本多恵子, 首藤隆志, 浅野大喜, 古川恵美, 大住倫弘, 嶋田総太郎, 森岡周, 中井昭夫. 子どもにおける運動の不器用さと内部モデルとの関係性. 日本発達神経科学会第 5 回大会, 2016.

信迫悟志, 新井輝裕, 西祐樹, 大住倫弘, 森岡周. 経頭蓋直流電気刺激を用いたソーシャルスキルに関する神経基盤の調査: 模倣抑制課題, 視点取得課題, 自閉症スペクトラム指数による検討. 第 51 回日本理学療法学術大会, 2016.

#### [ 図書 ] (計 1 件)

信迫悟志. 「発達障害: DCD, ASD, ADHD」. 『子どもの感覚運動機能の発達と支援 - 発達の科学と理論を支援に活かす』. 大城昌平, 他 (編). メジカルビュー. pp212-pp241, 2018. (分担)

#### [ その他 ]

ホームページ等

畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター・プレスリリース

経頭蓋直流電流刺激による社会的認知機能の向上

[http://www.kio.ac.jp/nrc/nobusako\\_press\\_2017](http://www.kio.ac.jp/nrc/nobusako_press_2017)

畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター・プレスリリース

子どもにおける手運動機能は, 視覚と運動を統合する能力の強力な予測因子である

[http://www.kio.ac.jp/nrc/press\\_kio\\_20180613](http://www.kio.ac.jp/nrc/press_kio_20180613)

畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター・プレスリリース

視覚と運動を時間的に統合することの困難さは, 子どもにおける手先の器用さに影響する

[http://www.kio.ac.jp/nrc/kio-press\\_20180306](http://www.kio.ac.jp/nrc/kio-press_20180306)

畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター・プレスリリース

確率共鳴 (Stochastic Resonance: SR) 現象による視覚-運動統合の向上

[http://www.kio.ac.jp/nrc/kio\\_nrc\\_press\\_20181219](http://www.kio.ac.jp/nrc/kio_nrc_press_20181219)

## 6 . 研究組織

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名: 大住 倫弘

ローマ字氏名: (OSUMI, michihiro)

研究協力者氏名: 古川 恵美

ローマ字氏名: (FURUKAWA, emi)

研究協力者氏名: 嶋田 総太郎

ローマ字氏名: (SHIMADA, sotaro)

研究協力者氏名: 中井 昭夫

ローマ字氏名: (NAKAI, akio)

研究協力者氏名: 森岡 周

ローマ字氏名: (MORIOKA, shu)

科研費による研究は, 研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため, 研究の実施や研究成果の公表等については, 国の要請等に基づくものではなく, その研究成果に関する見解や責任は, 研究者個人に帰属されます。