

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11502

研究課題名（和文）General Movementsの可聴化による低出生体重児の発達支援方法の開発

研究課題名（英文）A development supporting method for low-birth-weight infants by auralization of kinematic characteristics of General Movements

研究代表者

儀間 裕貴（Gima, Hiroataka）

東京都立大学・人間健康科学研究科・准教授

研究者番号：50708039

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、3次元動作解析装置で取得した乳児の四肢自発運動の座標データを音響信号に変換（可聴化）することに取り組んだ。また、乳児期初期の自発運動特性と運動発達の関連性について検討し、重要と考えられる自発運動特性を確認した。さらに、動画データを用いた骨格・姿勢推定から身体各部の運動特徴について検討し、乳児期初期の正中位活動の定量化につながる指標を得た。可聴化音源を用いた介入実験には至らなかったが、計測した運動データを可聴化する技術の開発、後の良好な運動発達を予測するとされる運動特性の音としての表現、実際に音刺激を与えた際に起こる運動特性変化を捉えるための指標の作成を行うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、1) 乳児の自発運動のデータを可聴化する技術の開発、2) 後の運動発達を予測する運動特性の音としての表現、3) 後の運動発達に重要と考えられる乳児期初期の自発運動特性に明確化、4) 乳児の自発運動可聴化音を刺激として与えた際に起こる運動特性変化を評価するための指標の作成を行うことができた。これらの成果は、可聴化した自発運動音を介入刺激とした、早産・低出生体重児に対する運動発達支援方法の開発・検証に有用な知見をもたらしたと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we converted the coordinate data of infants' spontaneous limb movements, which were collected using a three-dimensional motion analysis system, into acoustic signals. Furthermore, we examined the motor analysis indices necessary to capture changes in motor characteristics when an audible sound source was used as an intervention stimulus. This analysis focused on the motor characteristics of each body part, based on skeletal and postural estimation using video data. We derived indices to quantify movements toward midline activity in early infancy. This method allows us to represent the movement characteristics as sounds that predict normal motor development and create an index for capturing changes in movement characteristics when sound stimuli are applied.

研究分野：小児理学療法学

キーワード：低出生体重 自発運動 可聴化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、自閉スペクトラム症などの発達障害が、早産児や低出生体重児から多く発症することが知られている。このような発達障害の発症を早期に予測する手段として、全身性自発運動 (General Movements; GMs) の評価が注目されている。新生児や乳児が示す多様な自発運動のなかでも、最も頻繁に出現する GMs という四肢・体幹を含んだ全身運動は、脳の自発活動が生み出す身体運動であり、ヒトの初期発達過程に重要な役割を担っている。これまでの多くの先行研究から、新生児・乳児期初期の GMs を検証することによって「将来的に発達の障害・遅滞が危惧されるハイリスク児」を早期に検出することは可能となったが、GMs がヒトの初期発達において重要な役割を有するとすれば、「どのようにしてハイリスク児に十分な量・質の GMs を経験させることができるか？」という問いについて、明確な解を求めていく必要がある。

(2) 本来、ヒトは活動・経験依存的に発達する存在であり、早産・低出生体重児においても自発的な運動・行動に基づく“感覚運動経験”が、発達を促進する重要なエネルギーとなるため、何らかの手段を用いて質の良い GMs を増加・促進させる必要がある。近年、早産・低出生体重児に対する発達のケアの手段として、音声刺激 (クラシック音楽、自然の音、養育者の声、人の会話など) の利用が注目され、音環境の調整が患児の中枢神経系の成熟を促し、知能や言語の発達に良い影響をもたらすことが報告されている。また、身体運動学や運動制御研究の分野では、身体情報の可聴化によるフィードバックが身体感覚への気づきを促し、運動学習を促進する手段として有用であることが報告されている。

(3) 本邦では、早産・低出生体重で出生する児の割合が約 8~10%と高い値で推移している。これには医学的、経済的、社会的な問題など多くの要因が複雑に関連しており、社会全体での問題の認識と予防啓発が期待されている。このような背景において、本邦の周産期・新生児医学の水準は世界トップとなっているが、出生体重が小さいほど身体発育や認知、行動、学習、社会的適応に困難を抱える割合が多いことも明らかになり、児の救命と共に早期から健全な成長と発達を支援することが求められている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「新生児・乳児期初期における全身性自発運動 (GMs) を可聴化し、その音声特性を利用した早産・低出生体重児の発達支援手法を開発・検証する」ことである。ヒトは活動・経験依存的に発達する存在であり、胎児期から GMs などによって能動的に動くことで“感覚運動経験”を得ている。早産・低出生体重児は、本来胎内にいる時期から胎外環境に曝され、中枢神経系や運動機能の未熟さから十分な GMs の生成・経験が困難となり、発達に必要な感覚運動経験が不足する。その結果として、後の運動発達が緩徐であることや発達障害発症のリスクが高いことなど示され、出生早期から発達を支援する方法が模索されている。このような背景の中、近年では、新生児集中治療室 (NICU)・回復治療室 (GCU) に入院し加療される早産・低出生体重児に対して、知覚しやすい感覚刺激の一つである「音」を利用した発達促進・介入手法の有用性が注目されている。先行研究では、早産・低出生体重児に対して受動的に音楽や話し声などの音刺激が提供されているが、本研究では児を能動的に動いて発達する主体として捉え、自己の身体運動に同期した音声をリアルタイムな聴覚フィードバックとして提供することにより、児の全身的な自発運動を増加・促進する方法の開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) 自発運動の可聴化

生後 2~3 ヶ月齢児を対象に四肢の自発運動を 3 次元動作解析装置で計測したデータセットから、GMs 観察評価による印象が異なる 3 ケース (Fidgety movements (FMs) がよく出現している (continual), FMs が時折出現している (intermittent), FMs の出現がほとんどない (sporadic)) を選定し、その四肢運動座標データを可聴化に用いた。可聴化にはデジタルオーディオワークステーションソフトウェア (Ableton Live 11 Suite) およびその内部で動作する開発環境ソフトウェア (Max for Live) を使用し、四肢座標データから算出した加速度と曲率値を音響パラメタに関連付けて音として表現した。四肢それぞれに個別の Instrument (楽器) を割り当て、座標データから算出した加速度の増減に対して音量が上下する持続音に変換した。また、座標データから曲率の値を算出し、その値が一定の閾値を超えた時に鈴の音を付加した。鈴音には四肢で共通した Instrument を用いたが、エフェクトによって音高を変化させるよう工夫した。

(2) 自発運動特性の定量化

早産・低出生体重児の行動特性の評価

乳児行動チェックリスト (Infant's Behaviour Checklist ; IBC) を作成・使用し、低出生体重児の行動特性と 6 歳時の神経発達アウトカムとの関係を検討した。超低出生体重児の新生児期 (修正 36 ~ 43 週) と乳児期早期 (修正 49 ~ 60 週) の行動特性を評価し、各時期における個々の行動特性の出現を神経発達の結果に従って検討した。

GMs の異常性と運動発達の関連

生後 9 ~ 20 週で評価された GMs の結果、3 歳時に新版 K 式発達検査を用いて評価された発達指数、6 歳時に評価された知能指数のデータを用い、脳性麻痺などの運動機能障害を有さず 6 歳時の IQ が正常な児の発達状況を検討した。

正中線方向への四肢自発運動 (Movement toward midline ; MTM) と GMs 特性の関連

GMs 評価用に撮影された 47 本の動画を用いて MTM の出現頻度をカウントし、GMs 特性との関連性を検討した。

MTM の定量化

生後 8 ~ 16 週齢の満期産児 20 名について、背臥位での全身性自発運動を 2 分間撮影した動画 101 本のデータセットから、四肢が正中線へ向かう自発的な運動 (Movement toward midline ; MTM) の MTM 出現率を算出した。その後、全ての動画に 2 次元姿勢推定技術を適用し、得られた座標を用いて四肢と正中線との距離、両手関節と両足関節からなる四肢面積を算出した。また、身体中心点と両手関節からなる上半身面積、身体中心点と両足関節からなる下半身面積を算出し、MTM の出現率を反映する指標を検討した。

4. 研究成果

(1) GMs の可聴化

四肢運動の加速度データを音量に反映させ、四肢それぞれに異なる Instrument を割り当てたことによって、広がりのある音が生成された。また、音が持続するエフェクトを付加したことにより、急に音が鳴ったり途切れたりすることのない柔らかい背景音となった。曲率値を反映した鈴の音は四肢末梢の微細な運動特性を表しており、四肢全体の粗大運動が作る背景音の中に聞き取りやすいアクセントとなった。また、FMs の出現頻度が高い (continual) ケースでは、他の 2 ケース (intermittent, sporadic) に比べて鈴の音が多く聴取された。FMs が出現するとされる生後 2 ~ 3 ヶ月頃の四肢自発運動は、粗大な運動と微細な運動が同時に現れる特徴を有している。今回作成した音は、それらを反映し、運動特性を聞き取りやすく可聴化できたと考える。観察評価によって FMs がよく出現していると判定された児のデータでは、四肢末梢の微細な運動特性を表す鈴の音がよく聴取され、「四肢が速度を変化させながら、あらゆる方向で円を描くような運動」と定義される FMs の特性を反映した音になっていると考えられた。作成された音や、そのスペクトログラム (図 1) などは、FMs の観察評価をする上で評価者にとって有用な補足情報になる可能性が示唆された。

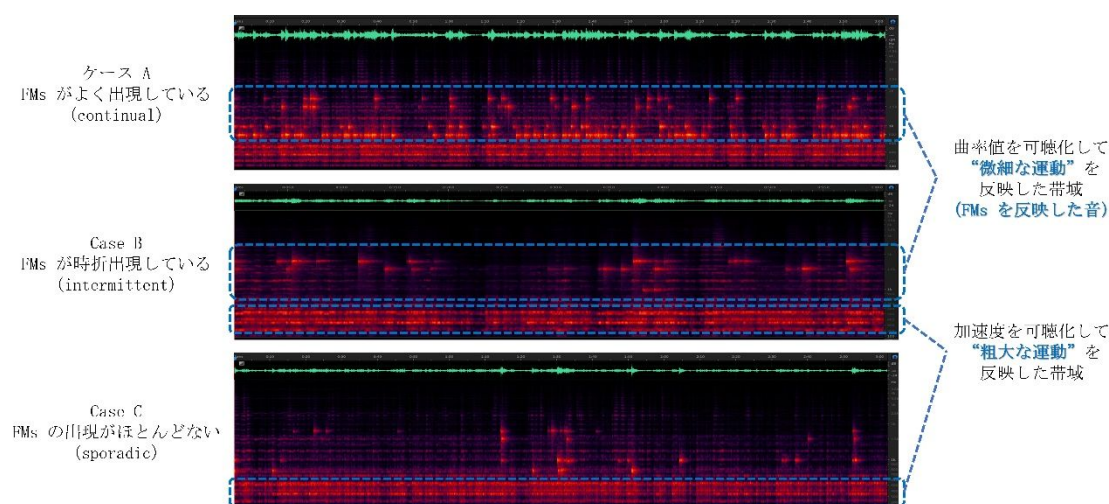


図 1 四肢自発運動を音声データに変換したスペクトログラム

(2) 自発運動特性の定量化

早産・低出生体重児の行動特性の検討、GMs 特性と運動発達の関連性の検討、GMs 異常性と MTM 出現特性の関連性の検討から、FMs の異常性や MTM 出現頻度の低さは、後の運動発達を予測するうえで有用な情報になることが示唆された。また、MTM の定量化の検討では、手関節および足関節と正中線の距離と MTM の出現率に有意な負の相関が確認され、MTM の出現率が高かった児と低

かった児に比較では、下肢の MTM が下半身面積と全体面積に有意な相関を認めた。MTM は、FMs と同様に後の運動発達に重要な役割を有する運動であり、その出現頻度の定量化・指標化は、可聴化した自発運動音源をリアルタイムでフィードバックさせた際の、児の自発運動特性変化を検証するうえで有用となる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(1) 雑誌論文

Nisasri Sermpun, Hiroataka Gima. Correlation between pose estimation features regarding movements towards the midline in early infancy. PLOS ONE, 19(2): e0299758, 2024

儀間裕貴. 赤ちゃんの自発的な運動・行動の特性からみえるもの - 低出生体重児の発達支援を目指して - . ベビーサイエンス, 22, 44-65, 2023

Nisasri Sermpun, Hiroataka Gima. Relationship between fidgety movement and frequency of movement toward midline: An observational study. Early Human Development, Vol 177-178, 105718, 2023

Hiroataka Gima, Tomohiko Nakamura. Association between General Movements Assessment and Later Motor Delay (excluding Cerebral Palsy) in Low-Birth-Weight Infants. Brain Sciences, 12(6), 686, 2022

Hideki Kihara, Hisako Nakano, Tomohiko Nakamura, Hiroataka Gima. Infant 's Behaviour Checklist for low birth weight infants and later neurodevelopmental outcome. Scientific Reports, 11, 19286, 2021

(2) 学会発表

儀間裕貴, 藤井進也, 新屋裕太, 渡辺はま, 多賀巖太郎. General Movements 可聴化の試み. 第 10 回日本小児理学療法学会学術大会, 2023 年 (優秀賞受賞)

儀間裕貴, 藤井進也, 新屋裕太, 渡辺はま, 多賀巖太郎. 乳児における四肢自発運動可聴化の試み. 日本赤ちゃん学会第 23 回学術集会, 2023 年

儀間裕貴, 中村友彦. 低出生体重児の General Movements 評価と運動発達の関連. 第 32 回日本保健科学学会学術集会, 2022 (最優秀演題賞受賞)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kihara Hideki, Nakano Hisako, Nakamura Tomohiko, Gima Hirotaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Infant's Behaviour Checklist for low birth weight infants and later neurodevelopmental outcome	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-98884-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Gima Hirotaka, Nakamura Tomohiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Association between General Movements Assessment and Later Motor Delay (excluding Cerebral Palsy) in Low-Birth-Weight Infants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 686 ~ 686
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/brainsci12060686	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Sermon Nisasri, Gima Hirotaka	4. 巻 177-178
2. 論文標題 Relationship between fidgety movement and frequency of movement toward midline: An observational study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Early Human Development	6. 最初と最後の頁 105718 ~ 105718
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.earlhumdev.2023.105718	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 儀間裕貴	4. 巻 22
2. 論文標題 赤ちゃんの自発的な運動・行動の特性からみえるもの - 低出生体重児の発達支援を目指して -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ベビーサイエンス	6. 最初と最後の頁 44 ~ 65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sermpom Nisasri, Gima Hirotaka	4. 巻 19
2. 論文標題 Correlation between pose estimation features regarding movements towards the midline in early infancy	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0299758	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 儀間裕貴、中村友彦
2. 発表標題 低出生体重児のGeneral Movements評価と運動発達の関連
3. 学会等名 第32回日本保健科学学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 儀間裕貴、藤井進也、新屋裕太、渡辺はま、多賀巖太郎
2. 発表標題 General Movements 可聴化の試み
3. 学会等名 第10回日本小児理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 儀間裕貴、藤井進也、新屋裕太、渡辺はま、多賀巖太郎
2. 発表標題 乳児における四肢自発運動可聴化の試み
3. 学会等名 日本赤ちゃん学会 第23回学術集会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京都立大学 教員紹介
<https://www.tmu.ac.jp/stafflist/data/ka/30341.html>
Hiroataka Gima ホームページ
<https://gimahiroataka.com/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	藤井 進也 (Fujii Shinya)		
研究協力者	多賀 厳太郎 (Taga Gentaro)		
研究協力者	渡辺 はま (Watanabe Hama)		
研究協力者	新屋 裕太 (Shinya Yuta)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------