

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：12101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K20258

研究課題名（和文）人工知能を用いた重症心身障害児の応答評価システムの開発と教育実践

研究課題名（英文）Development and educational practice of response evaluation system for children with severe motor and intellectual disabilities using artificial intelligence.

研究代表者

石田 修（Ishida, Osamu）

茨城大学・教育学部・講師

研究者番号：50909926

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、測定機器や心拍変動に関する専門的な知識・技能がない教員でも、簡便に実施できる重症心身障害児（以下、重症児）の実態把握の方法を確立することを目的とし、企業と連携して人工知能を用いた重症児の応答評価システムを開発した。応答評価システムの開発にあたり、重症児は不随意運動がみられることが多く、計測時にノイズが混入しやすいという課題が見つかった。そこで、生体情報データから体動に基づくノイズを減少させる二次または三次のスプライン関数によるデータ補正を行ったうえで、心理状態に関連した心拍変動と無関連の心拍変動を判定するAIツールの判定アルゴリズムを構築した。研究成果を権利化するため特許出願した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

重症児は、教員の働きかけに対する応答が乏しいことから、行動観察による感覚機能や興味・関心などの実態把握が困難で、それが教育実践における課題となっていた。本研究は、重症児の応答の評価に人工知能を活用する初めての研究であり、重症児の実態把握に新たな方法論を提示する点に学術的意義がある。また、本研究で活用した心拍などの生理指標の分析・解釈には専門的な知識と習熟が必要で、教員が実施するのは難しいという課題もあった。本研究で開発した応答評価システムを活用することで、重症児の感覚機能や興味・関心を簡便に評価できるようになるとともに、実証データに基づく重症児教育の質の向上に寄与しうると社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study aims to establish a method for grasping the actual conditions of children with severe motor and intellectual disabilities (SMID) that teachers can easily implement. These teachers do not have specialized knowledge and skills in measuring equipment and heart rate variability. Collaborating with a company, we developed a response evaluation system for SMID using artificial intelligence. In developing the response evaluation system, we found that critically-ill children often exhibit involuntary movements and that noise tends to be introduced during measurement. Therefore, we developed a judgment algorithm for an AI tool that evaluates heart rate variability related to psychological states and unrelated heart rate variability after correcting the biometric data with a quadratic or cubic spline function to reduce noise based on body movements. A patent application was filed to obtain the rights to the research results.

研究分野：特別支援教育

キーワード：重症心身障害 心拍 人工知能 応答評価システム

1. 研究開始当初の背景

四肢や体幹に運動障害をもつ子どもの重度・重複化や多様化が進んでいる。とりわけ、重篤な運動障害に知的障害や感覚障害が併存する重症心身障害児（以下、重症児）は、医療技術の進歩に伴い近年増加傾向にある（笠原・川住, 2008）。重症児には、ほとんど発話や随意的動作がみられない子も多く、「自発的な動きが乏しい」、「働きかけても反応がない」、「表情から快・不快の判別がつきにくい」、「いつも決まった動きしかしない」ことなどが報告されている（松田, 2002）。さらに、最重度の超重症児では非随意的動作すらほとんど現れない子もいるため、重症児教育の現場では教員の働きかけに対する児童生徒の応答を捉えることが困難だった。重症児における応答の乏しさは、教育実践において実態把握を困難にさせる。たとえば、知的障害児教育では、やりとりの中で現れる視線・表情・身振りなどの応答を観察し、個の教育的ニーズや能力に応じた支援に活かしている。しかし、応答が乏しい重症児では、行動観察で感覚機能や興味・関心を把握することが困難だと指摘されている（大村, 2004）。そのため、従来の方法で実態を把握し個の教育的ニーズや能力に応じた支援を行っていくことには限界があった。

このような重症児の感覚機能や興味・関心の評価法として、心拍・瞳孔・瞬目・脳波・脳血流など、外部からの働きかけに対する身体的・生理的な応答を捉える生理指標の活用が検討されている（山根, 2021, 2022）。とりわけ、心拍は子どもへの負担が少なく、測定も比較的簡便なことから重症児を対象とした先行知見も多い（石倉・三宅, 2014; 川住ら, 2008）。心拍はその加速・減速などの変動のパターンを、感覚機能の受容（定位反応）や期待・能動的な注意（期待反応）に分類できる。そのため、心拍を活用することで、感覚機能が残存しているか（定位反応の有/無）、その感覚刺激に興味・関心を示しているか（期待反応の有/無）などを評価して教育実践に活用できる可能性がある。しかし、生理指標の計測・分析・解釈は専門的な知識と習熟が必要で、業務が増加傾向にある教員が実施するのは難しく、教育実践で活用するには障壁があった。

2. 研究の目的

本研究では、生理指標の分析に関する専門的な知識・技能がない教員でも、簡便に評価できる重症児の実態把握の方法を確立することを目的とし、人工知能を用いた重症児の応答評価システム（以下、重症児心拍 AI ツール）を開発する。重症児の感覚機能や興味・関心を簡便に評価できるようになることは、実証データに基づく重症児教育の質の保証や向上に寄与するものと期待される。本研究は、重症児に関する教育的ニーズと研究動向に、近年の技術的な発展を取り入れたものと位置づけられる（図 1）。

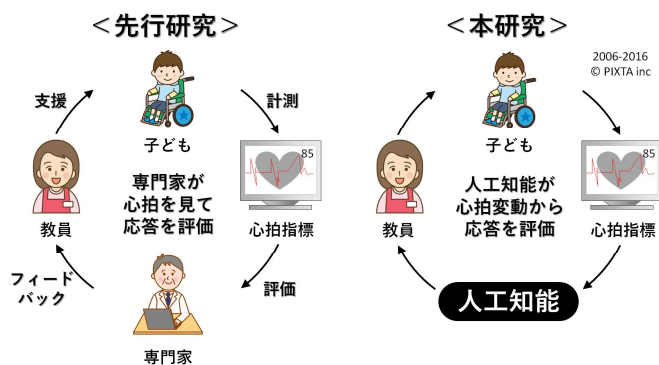


図 1 本研究の位置づけ

3. 研究の方法

(1) 対象者

肢体不自由特別支援学校に在籍する中学部 1～3 年生の生徒 3 名（男子生徒 1 名、女子生徒 2 名）の心拍データをもとに重症児心拍 AI ツールを開発した。生徒 3 名はいずれも濃厚な医療的ケアを必要とし、重篤な運動障害と知的障害および視覚障害（光覚程度）を併存していると医師より診断されている。いずれの生徒も自力で座位姿勢を保持することは困難で、普段は仰臥位もしくは側臥位で過ごしている。KIDS 乳幼児スケール（タイプ A）を実施した結果、いずれの領域でも 0 歳代の発達年齢であった。

(2) 心拍データの収集

本研究の計測は、生徒の自宅もしくは肢体不自由特別支援学校の教室にて行った。心拍数の計測には、PC 上で刺激呈示のタイミングを記録できる miRadar 8 Handy（サクラテック株

株式会社) もしくは **RF-ECG2** (株式会社 **GM3**) を使用した。重症児心拍 **AI** ツールにおける教師データ作成のため、顔刺激・光刺激などの感覚刺激のほか、呼名活動や音楽聴取など複数の場面で心拍データを収集した。収集した心拍データの評価にあたっては、各々の刺激を呈示した直後の一過性の心拍数の減少を定位反応、呈示直後の一過性の心拍数の増加を喜び・興奮などを伴う期待反応とし(心拍データの例を図2に示す)、これらの反応について検討した。

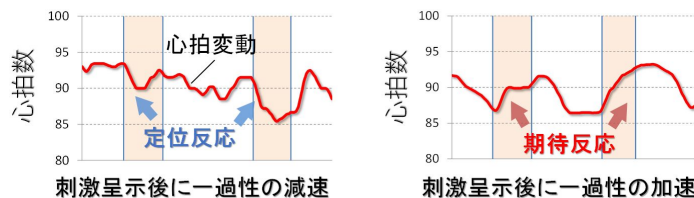


図2 本研究で収集した心拍データの例

(3) 重症児心拍 AI ツールの開発について

重症児心拍 **AI** ツールの開発にあたっては、心理状態に関連した心拍変動と無関連の心拍変動をいかに弁別するかが課題である。心拍数は安静時でも自律的に変動しており、その加速・減速の変動には自律的変動と外的刺激に惹起された変動が混在している。そこで、収集した心拍データをもとに定位・期待反応と自律的変動の除去に最適なフィルターや、定位・期待反応と自律的変動を判別するカットオフ値を検討した。

収集した心拍データをもとに定位・期待反応を同定し、その定位・期待反応の結果を教師データとして人工知能による判定アルゴリズムを構築した。機械学習のアルゴリズムには、外部委託したプログラム製作者と議論しながら選定した。

4. 研究成果

(1) 成果の概要

対象児は計測時に不随意運動がみられることが多く、計測時にノイズが混入しやすいという課題が見つかった。そこで、生体情報データから体動に基づくノイズを減少させる二次または三次のスプライン関数によるデータ補正を行ったうえで、心理状態に関連した心拍変動(定位・期待反応)と無関連の心拍変動(自律的変動)を判定する重症児心拍 **AI** ツールを開発した。また、定位・期待反応と自律的変動の除去に最適なフィルターや、定位・期待反応と自律的変動を判別するカットオフ値を検討するため、収集した心拍データについて複数の専門家で期待反応(加速)、定位反応(減速)、その他(反応なし)の3パターンに分類し、その結果を教師データとして判定アルゴリズムを構築した(開発工程を図3に示す)。重症児心拍 **AI** ツールの開発には **Neural Network** を採用し、**MATLAB** の **Deep Learning Toolbox** で重症児心拍 **AI** ツールを実行できるようにした(図4に実行イメージを示す)。

令和5年度(最終年度)は開発した応答評価システムについて関係者間で協議しながら特許出願書類を作成し、令和6年5月に特許出願(特願2024-075595)をした。

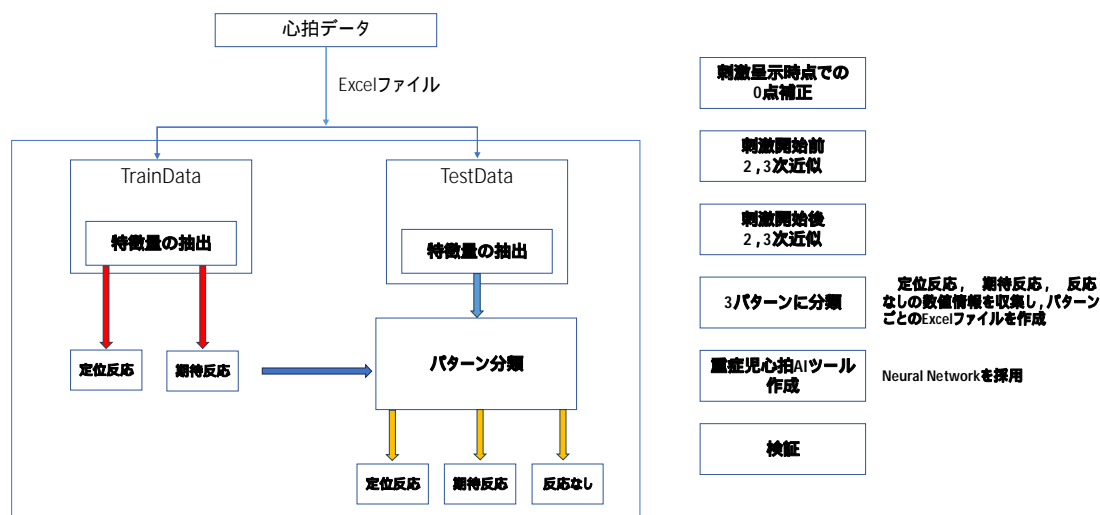


図3 重症児心拍 AI ツールの開発工程

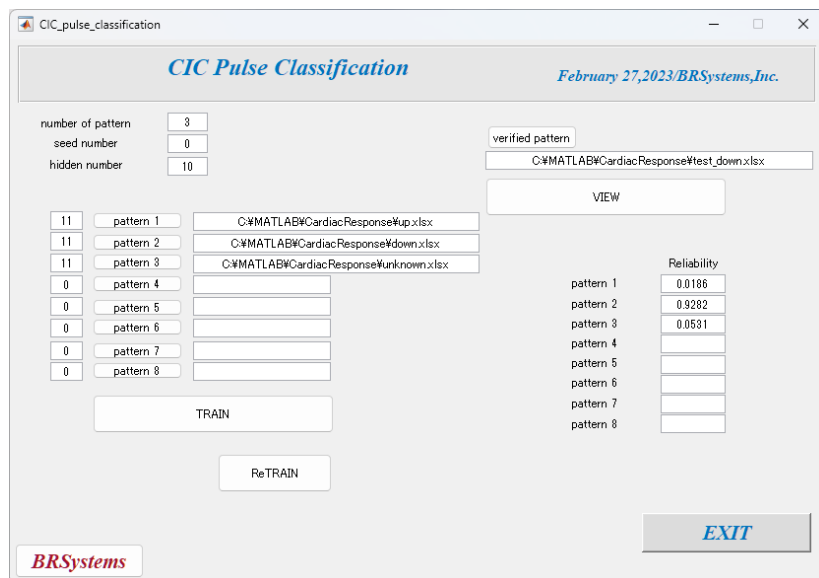


図 4 MATLAB の実行イメージ

左の **pattern1** は加速, **2** は減速, **3** は反応なしと分類
このケースでは右の減速の確率が **0.93** と算出され定位反応と判定される

(2)まとめと今後の課題

重症児の応答の評価については、保護者や長期的にかかわりをもつ支援者の経験に依存する。一方、肢体不自由特別支援学校等の教員が長期間にわたり、特定の児童生徒を担当し続けることは難しい。そのため、担任が変わるたびに関係性の構築に加え、行動表出等の把握に時間を要する。本研究は、重症児の感覚機能や興味・関心の把握に人工知能を活用する初めての研究であり、重症児の実態把握に新たな方法論を提示する創造性を有している。本発明により、生理指標の活用に関する専門的な知識・技能がない教員でも、心拍の計測だけで簡単に種々の感覚受容や、刺激に対する興味・関心も評価できる可能性が示唆された(図5)。

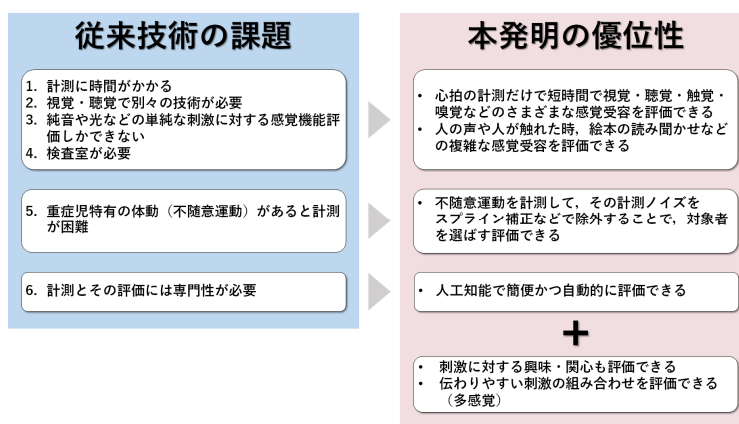


図 5 従来技術の課題と本発明の優位性

【引用文献】

- 石倉健二・三宅かおり(2014)重症児の定位反応の簡便な測定法に関する研究—特別支援学校での授業における実践的使用に向けて—. 研究助成論文集/明治安田こころの健康財団編, 50, 1-9.
- 笠原未来・川住隆一(2008)医療的ケア場面における重度・重複障害者とのコミュニケーションに関する研究. 教育ネットワークセンター年報, 8, 47-57.
- 川住隆一・佐藤彩子・岡澤慎一・中村保和・笹原未来(2008)応答的環境下における超重症児の不随意的微小運動と心拍数の変化について. 特殊教育学研究, 46(2), 81-92.
- 松田直(2002)重度・重複障害児に関する教育実践研究の現状と課題. 特殊教育学研究, 40(3), 341-347.

大村清（2004）難病主治医の立場から．小児看護，**27(9)**, 1249-1253.

山根康代（2021）重度・重複障害児及び重症児の教育支援について（その 1）～生理心理学的指標に関する論文に基づく検討～．畿央大学紀要，**18(2)**, 43-49.

山根康代（2022）重度・重複障害児及び重症児の教育支援について（その 2）～コミュニケーションに関する論文に基づく検討～．畿央大学紀要，**19(1)**, 67-74.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 応答評価装置，応答評価方法，及び応答評価プログラム	発明者 石田修，大山哲司， 水谷勉，飯村大智	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、075595	出願年 2024年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------