

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：17301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K18656

研究課題名（和文）支援現場における重症心身障害児の実態把握の精度向上のための脳機能計測法の検証

研究課題名（英文）Verification of brain function measurement to improve the accuracy of understanding method using objective indices for children with severe motor and intellectual disabilities in support situations

研究代表者

鈴木 保巳（Suzuki, Yasumi）

長崎大学・教育学部・教授

研究者番号：90315565

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：重症心身障害児の発達支援の現場において、客観的指標による実態把握の精度向上を図るため、脳波基礎律動の事象関連性変動（ERC）に加えて、頭皮上脳波から皮質の機能的接続性の検討を可能にする偏有向コヒーレンス（PDC）を導入し、脳機能計測を行った。

ERCによる児の刺激受容特性の計測から、働きかけに有効な刺激（玩具）の感覚モダリティを明示した。PDCによる計測では、児が好む感覚刺激（玩具）を受容する際には、呈示玩具の刺激モダリティに応じて、関連する皮質領域への接続性が高まることを示した。PDC計測は重症心身障害児の脳機能の検討に新たな視点を付加し、実態把握の精度向上に寄与する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの脳活動は、それぞれの脳部位が神経ネットワークを通して有機的に接続・連携して活動することにより生起している。皮質の機能的接続性をその向きを含めて頭皮上脳波から解析できる手法を、重症心身障害児の脳機能評価に導入することで、呈示される刺激の感覚モダリティに関連した皮質領域の接続性が評価でき、実態把握の精度が向上する。

生体現象計測を利用した生理心理学的研究方略を特別支援教育領域で展開することで、神経科学や情報科学の進歩と相俟って、最先端科学に基づく障害や指導効果の評価が可能となり、支援方法を選択・考案する際の科学的根拠となる。

研究成果の概要（英文）：In order to improve the accuracy of understanding method using objective indices for children with severe motor and intellectual disabilities, we introduced partial directed coherence(PDC) to brain function measurement, which enables examination of cortical functional connectivity from EEG, in addition to event-related change(ERC).

The ERC measurement of children's stimulus receptive properties revealed the sensory modalities of stimuli(toys) that were effective for working with children. The PDC measurement showed that when children accepted a preferred stimulus(toy), the connectivity to the relevant cortical areas increased according to the sensory modality of the presenting toy. The latter measurement added a new perspective to the investigation of brain functions of children with severe motor and intellectual disabilities, and contributed to improve the accuracy of understanding their conditions.

研究分野：特別支援教育 / 生理心理学

キーワード：重症心身障害児 実態把握 脳機能評価 事象関連性変動 偏有向コヒーレンス

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

障害のある子どもの教育現場では、個別の指導計画立案の際、子どもの発達段階や障害されている機能特性を的確に評価し実態把握することが指導の出発点となる。しかし重症心身障害児では、自身の内的状態の表出行動が微弱でわかりづらく、遠城寺式乳幼児分析的発達検査等の行動的測度のみで指導に有効な手がかりを得ることが難しい現実がある。著者は、重症心身障害児の行動表出時、感覚刺激時の脳機能に直接焦点を当て、脳電気現象である脳波基礎律動の事象関連性変動 (event-related change : ERC) による検討が、運動の意図性や刺激定位状態の評価 (鈴木ら、2009、寺田ら、2001)、予告刺激の種類による標的刺激的定位状態の確認 (鈴木ら、2017) に有効であることを見出してきている。しかし、各皮質部位の活動性の変動を定量化することとどまり、脳機能の基礎である神経ネットワークの活動状況を定量的に検討するには至っていない。

ヒトの心的活動は、皮質の局所的活動のみで生じているのではなく、それぞれの部位が神経ネットワークを通して有機的に接続・連携して活動することにより生起している。この神経接続性をその向きを含めて頭皮上脳波から解析できる手法が、多変量自己回帰モデル (multivariate autoregressive model : MVAR) をベースとした偏有向コヒーレンス (partial directed coherence : PDC) 解析 (Omidvarnia et al., 2011) として知られる。

### 2. 研究の目的

本研究では、ERC による検討を継続するとともに、中枢電気現象による脳機能計測に、頭皮上脳波から神経接続性の検討を可能にする PDC 解析を導入する。つまり、脳波計測を通して皮質の機能的接続性を定量的に明示することが、重症心身障害児の実態把握の精度向上につながるか、を検討することを目的とした。

具体的には、

(1) ERC による脳機能評価 - 指導における有効な刺激に関する検討 -

(2) PDC による脳機能評価の導入と適用  
を実施した。

### 3. 研究の方法

**対象:** A 特別支援学校(肢体不自由)に在籍する重症心身障害児を対象とした。2016 年から 2020 年の間に 4 回、各回 5~6 名の脳波測定を行ったが、対象児の健康状態により、計測できた年や試行が事例により異なる。なお、脳機能計測結果の研究使用と、個人が特定されない形での公表に関しては、保護者の同意を得た。

**脳波基礎律動の測定手続き:** 玩具呈示課題は、予告無しで玩具を呈示する試行と、声かけ「いくよ」と身体接触「肩または手を軽くたたく・さする」を併用した予告の約 2 秒後に玩具を呈示する試行、で構成した。用いた玩具は、2017 年までは各児の好むものを使用し、慣れ防止のため嫌いなまたは興味の無い玩具を時折呈示した。2019 年からは、児の好む玩具、働きかけに有効か教員が迷う玩具、興味のない玩具を用いた。試行はランダムな順序で実施し、実施回数は、児の状態に合わせ各試行最大 15 回とした。脳波は、エレクトロキャップ (Electro-Cap 社製) を用いて、国際 10 - 20 法に基づき、頭皮上の 19 部位から両耳朶を結線したものを基準として単極導出した。測定は、EEG-9100(日本光電製)を使用して行い、サンプリング周波数 1KHz/ch でパーソナルコンピューターに取り込み記録した。脳波記録時の時定数は 0.3 秒に設定した。

### 4. 研究成果

(1) ERC による脳機能評価 - 指導における有効な刺激に関する検討 -

重症心身障害児の療育現場では、児に適した働きかけを考えることが重要である。そこで、働きかけに有効か教員が迷う玩具が、児の好む玩具か興味のない玩具かを ERC 計測により検討した。

**対象:** A 特別支援学校(肢体不自由)在席の重症児 5 名(生活年齢(CA): 8 歳 7 ヶ月 ~ 15 歳 10 ヶ月)を対象とした。2019 年に脳波測定を行った。

**分析:** 予告刺激として「いくよ」(声かけ)と同時に身体接触し、その約 2 秒後に児の眼前に児の好む玩具(課題 1)、働きかけに有効か教員が迷う玩具(課題 2)、興味のない玩具(課題 3)を呈示する試行を実施した際の脳波基礎律動を、1 区間のデータ長 2 秒で周波数スペクトル解析 (FFT) した。予告前、予告 - 玩具呈示の間、玩具呈示後のスペクトルを加算平均処理した。さらに、 $\delta$  波帯域 (~4Hz)、 $\theta$  波帯域 (4 ~ 8Hz)、 $\alpha$  波帯域 (8 ~ 13Hz) のパワー値を各導出部位において算出後、マッピング処理し各成分の頭皮上分布を等高線図化した。

**結果:** 図 1 に予告刺激後に 3 種類の玩具を呈示した際の C 児の ERC を例示する。課題 1 では、予告刺激と好きな玩具(視覚・嗅覚刺激)の呈示により  $\theta$  波、 $\alpha$  波成分ともに中心部付近の成分パワーが次第に減少している。一方課題 3 では、予告刺激後に  $\theta$  波、 $\alpha$  波成分の中心部付近の成分パワーが減少するが、興味のない玩具(視覚刺激)の呈示後、同成分のパワーが増大している。課題 2 では、予告刺激後に  $\theta$  波、 $\alpha$  波成分の中心部付近の成分パワーが減少し、働きかけに有効

か迷う玩具（聴覚刺激）呈示後さらに成分パワーが減少しており、課題1のERCと類似している。

この様に、教員が使用を迷っている玩具呈示時（課題2）のERCが、児の好む玩具呈示時（課題1）のERCと類似したケースが3例、興味のない玩具呈示時（課題3）のERCと類似したケースが1例、課題1,2,3全て同様のERCを示したケースが1例であった。

考察：刺激呈示時の脳の応答性を示す脳波基礎律動成分のERCを指標として、指導現場において働きかけに用いる玩具の有効性を検討した。教員が働きかけに有効か使用を迷う玩具呈示時のERCが児の好む玩具呈示時のERCと類似した3例では、呈示された玩具を確かに定位してその嗜好性を判断しており、同玩具を使用した働きかけが有効であることが示された。教員が使用を迷う玩具呈示時のERCが、児の興味のない玩具呈示後のERCと類似した1例（B児）では、玩具呈示後に明確なERCが認められず、同玩具による働きかけが有効ではないことが確認できた。また、発達検査などの行動評価と脳機能評価とを照合することで、例えば行動評価では、嗅覚刺激に加え、視覚や聴覚刺激に対する反応が見られる様になっていたが、脳機能評価では聴覚刺激による働きかけがより有効であること（C児）などを確認できた。

以上の評価情報を重症心身障害児の療育現場にフィードバックすることで、指導に有効な教材を定量的に検討することができる。これらの情報を基に、一人ひとりの子どもの刺激受容特性を把握しつつ、発達支援の働きかけを行うことが肝要である。

（本研究は、長崎大学教育学部の卒業研究（論文執筆者：佐藤萌々、吉岡ももか（令和元年度卒））の成果の一部である。）

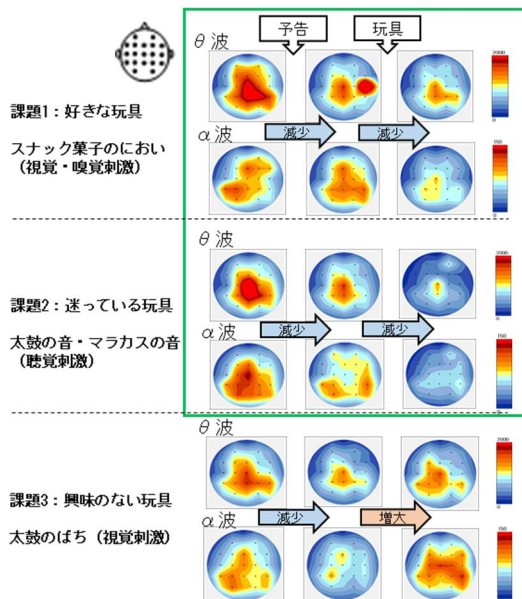


図1 玩具呈示時の事象関連性変動ERC例：C児

## (2) PDCによる脳機能評価の導入と適用

皮質の機能的接続性を脳波基礎律動から明らかにする分析には、これまで二領域間の接続性を示す指標としてコヒーレンスが用いられてきた。コヒーレンスは、脳波基礎律動の周波数成分ごとの相関係数である。しかし従来のコヒーレンスは、距離に伴い減少する複数の接続性の強さを示すこと、また信号間の遅延があるとき常に伝播がみられること、2つの信号間のみを評価するため他の系列からの信号を誤って解釈する可能性があることなどの課題があった。これらの問題を解決するため Blinowska (2011) は、接続性研究の分析手法として MVAR に基づく有向伝達関数 (directed transfer function : DTF) と PDC を挙げ、生理学的時系列に混入するノイズの影響を受けにくい指標で、脳波基礎律動の周波数ごとの機能的接続の方向性を同定することに有効であると説明している。

多変量  $k$  次元の時系列  $X(t) = (X_1(t), X_2(t), \dots, X_k(t))$  は、MVAR では、

$$X(t) = \sum_{j=1}^p A(j)X(t-j) + E(t)$$

と表す。A は  $k \times k$  の行列、E は  $k$  次元のホワイトノイズである。MVAR モデルは、信号からノイズを除去するフィルターの一種でもあり、雑音の多いデータの解析に適しているとされる (Blinowska, 2011)。

この MVAR モデルに基づく DTF は、Kaminski と Blinowska (1991) によって次の公式で導入された。

$$DTF_{j \rightarrow i}^2(f) = \frac{|H_{ij}(f)|^2}{\sum_{m=1}^k |H_{im}(f)|^2}$$

$H_{ij}(f)$  は、MVAR モデルの伝達行列の要素である。DTF は、周波数  $f$  におけるチャンネル  $i$  上のチャンネル  $j$  の因果的影響を記述する。上の式は、チャンネル  $j$  からチャンネル  $i$  への流入とチャンネル  $i$  へのすべての流入との比であり、0 から 1 までの値をとる (Blinowska, 2011)。

PDC は、Baccalá と Sameshima (2001) によって次の公式で定義された。

$$P_{ij}(f) = \frac{A_{ij}(f)}{\sqrt{a_j^*(f)a_j(f)}}$$

$A(f)$  は、MVAR モデル係数  $A(t)$  のフーリエ変換であり、 $a_j(f)$  は  $A(f)$  の  $j$  番目の列であり、アスタリスク\*は転置および複素共役演算である。PDC は 0 から 1 までの値を取る。PDC はチャ

ネル間の直接的なフローのみを示す。DTFとは異なり、PDCは、チャンネルjからチャンネルiへの流出とソースチャンネルjからのすべての流出との比を示すために正規化されている(Blinowska, 2011)。

このように頭皮上の脳波基礎律動による皮質の機能的接続性検討にはMVARによるDTF、PDC解析の有効性が示されているが、新生児脳波の解析にDTFとPDCを適用したOmidvarnia et al. (2011)によれば、チャンネル間の機能的接続性の早い変動を捉えるためには、短区間のPDCがより適切なことが示されている。そこで本研究では、重症心身障害児の玩具呈示時の脳機能状態の短時間における変動を検討するため、Omidvarnia et al.が提供するプログラムに基づいて脳波基礎律動を解析し、頭皮上脳波のPDCから皮質の機能的接続性の变化を計測した。

対象：特別支援学校(肢体不自由)在籍の生徒1名を対象とした。CAが12歳8か月(2016年)から16歳9か月(2020年)の間、4回の脳波測定を行った。2016年の遠城寺式乳幼児分析的発達検査では、対人関係が3~4ヶ月、言語理解が4~5ヶ月であった。

分析：本研究では予告刺激呈示後に好きな玩具呈示する課題中に記録した脳波を解析対象とした。解析にはMATLAB(2018a)を使用し、まずFFT法により周波数スペクトル解析した。スペクトル解析では1区間のデータ長を2秒に設定して区間毎の周波数スペクトルを算出した(FIRフィルター:2-48Hz,周波数分解能:0.5Hz)。予告刺激呈示前後と好きな玩具呈示後の各2秒の区間を分析対象とし、区間ごとに15試行分の周波数スペクトルを加算平均処理した。その後、 $\theta$ 帯域(4~8Hz)のスペクトルパワー値の総和を脳波の各導出部位において算出後、マッピング処理し成分の頭皮上分布を等高線図化してERCを検討した。また、周波数スペクトルから脳波基礎律動成分のピーク周波数を同定した。MVARによるPDC解析には、Omidvarnia et al. (2011)が提供するプログラムに高橋と寺田(2020)がパラメータやフィルターを変更・追加したものを導入した。解析区間は予告刺激呈示の2秒前~1秒前の1秒間、予告刺激呈示の1秒後~2秒後の1秒間、玩具呈示の1秒後~2秒後の1秒間とし、各15試行分のデータを使用した。1KHzでサンプリングしたデータを125HzにダウンサンプリングしてPDC算出に適用し、脳波基礎律動成分のピーク周波数のPDCを抽出して検討した。

結果：FFT法による周波数スペクトル解析の結果、予告刺激呈示前の脳波基礎律動成分のピーク周波数は、部位によって多少の違いはあるが6Hz前後であった。玩具呈示課題時のERCとPDCの変化を図2に示す。課題時の $\theta$ 帯域成分のパワーの頭皮上分布を示す等高線図を右に、0.12以上のPDCを示した部位間について方向性を含めて矢印で記した図を左に示す。優勢成分の $\theta$ 波帯域について、ERCにより成分パワーの変化を、PDCにより皮質間の接続性の变化を検討した。

2016年・・・ERC：玩具呈示後に頭皮上広範囲で成分パワーが増大している。PDC：玩具呈示後に両側頭部への流入接続が整理されている。

2017年・・・ERC：頭皮上広範囲で予告後に成分パワーが減少し、玩具呈示により増大している。PDC：皮質間の接続性は、予告後には多部位間での接続が見られるが、玩具の呈示で両

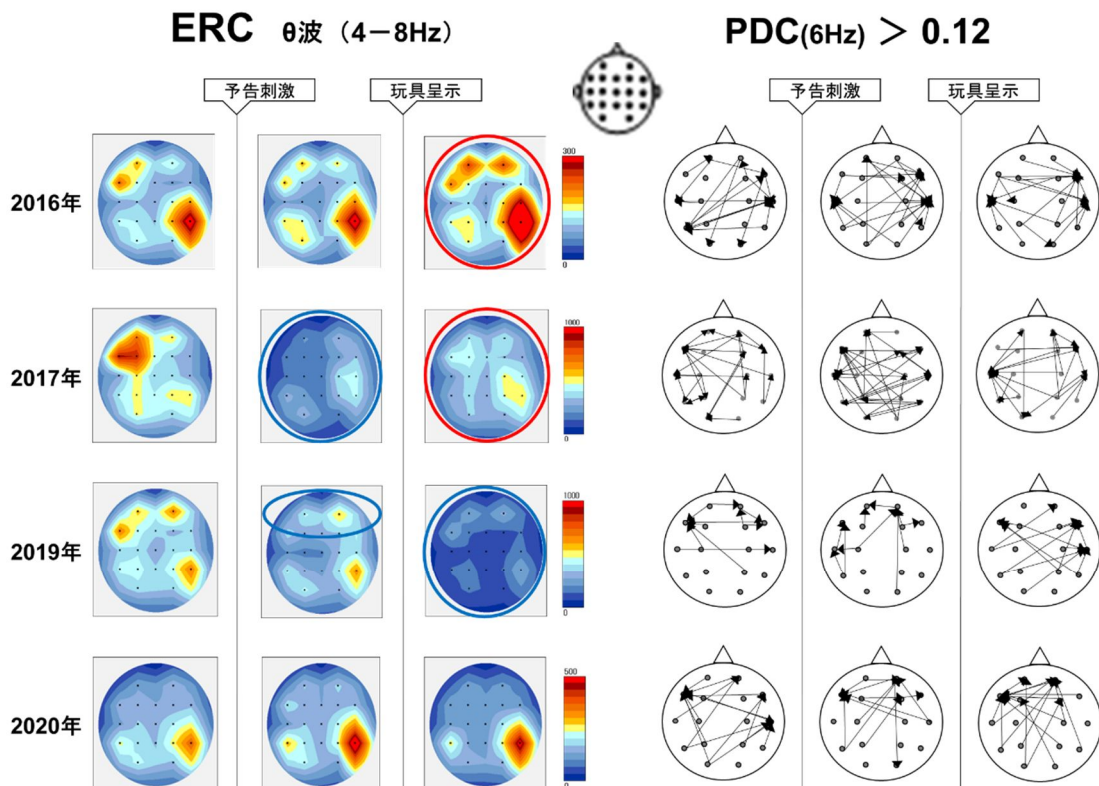


図2  $\theta$ 波帯域のERCとピーク周波数のPDCの変化

側頭部への流入接続が主となる。

2019年・・・ERC：予告後に成分パワーの減少が頭皮上前方で見られ、玩具呈示後には広範囲で成分パワーが減少している。PDC：皮質間の接続性は、予告後に左側頭部内の接続及び前頭部への流入接続が見られ、玩具の呈示で右側頭部と両側頭前方への流入接続となる。

2020年・・・ERC：予告及び玩具呈示により成分パワーの顕著な変化は認められない。PDC：玩具呈示により、頭皮上前方部への流入接続が増加している。

考察： $\theta$ 帯域成分のERCが、予告や玩具呈示といった感覚事象に随伴して観測され、感覚刺激の定位に関連した脳の活動性の変動を反映したものと考えられた。

しかしながらヒトの脳活動は、それぞれの部位が神経ネットワークを通して有機的に接続・連携して活動することにより生起しているため、ある皮質部位の活動性に影響を及ぼしている皮質間の機能的接続性も考慮することが必要となる。本研究では、Omidvarnia et al. (2011) が提供するプログラムに基づいて脳波基礎律動を解析し、頭皮上脳波のPDCから皮質間の機能的接続性の変化を計測した。PDC解析により、呈示玩具の刺激モダリティが聴覚の場合、聴覚機能に關与した側頭部への流入接続に、触覚刺激では、注意や感情機能に關与する頭皮上前方部への流入接続に集約されることが定量的に確認できた。即ち、本児が好む感覚刺激を受容する際には、呈示玩具の刺激モダリティに応じて、關連する皮質領域への接続性が高まることを示したと考える。これにより、皮質の機能的接続性の検討を可能にするPDC解析は、重症心身障害児の実態把握に新たな視点を付与し、その精度向上に寄与することを示した。

(本研究は、長崎大学教育学部の卒業研究(論文執筆者：論文執筆者：古嶋彩花、桂杜成(令和3年度卒))の成果の一部である。)

#### <研究の成果のまとめ>

重症心身障害児の発達支援を担う教育・療育の現場において、個に応じた指導・支援の展開に寄与するため、脳電気現象であるERCにより刺激定位時の脳機能状態の検討を継続した。加えて、中枢電気現象による脳機能計測に、頭皮上脳波から神経接続性の検討を可能にするPDC解析を導入し、客観的指標による重症心身障害児の実態把握の精度向上を図った。これにより、次の点を明らかにした。

- ・ERCによる脳機能評価では、表出行動のみでは把握しにくい刺激呈示や働きかけによる応答性について、脳機能状態から詳細に検討することができることを示した。即ち、働きかけに有効な刺激の感覚モダリティが検討できることを明示でき、計測結果を重症心身障害児の療育現場にフィードバックすることで、刺激受容特性を客観的に把握しつつ指導に有効な教材を選定することに寄与する。
- ・PDCによる脳機能評価では、児が好む感覚刺激を受容する際には、呈示玩具の刺激モダリティに応じて、關連する皮質領域への接続性が高まることを示した。皮質活動の変動を検討できるERCに加えて皮質の機能的接続性の検討を可能にするPDCを検討することは、重症心身障害児の実態把握に新たな視点を付与し、その精度向上に寄与する。

#### <謝辞>

本研究の遂行にあたり、脳機能計測に協力いただいた子どもたち、及び協力をご快諾下さいました保護者の方に謝意を表します。さらに、脳機能計測の場を提供下さいましたA特別支援学校(肢体不自由)に感謝申し上げます。

#### <文献>

- Baccalá LA, Sameshima K(2001) Partial directed coherence: a new concept in neural structure determination. *Biological cybernetics* 84, 463-474.
- Blinowska KJ(2011) : Review of the methods of determination of directed connectivity from multichannel data. *Medical & biological engineering & computing* 49, 521-529.
- Kaminski MJ, Blinowska KJ(1991) : A new method of the description of the information flow in the brain structures. *Biological Cybernetics* 65, 203-210.
- Omidvarnia A, Mesbah M, O'Toole JM, Colditz P, Boashash B (2011) : Analysis of the time-varying cortical neural connectivity in the newborn EEG: A time-frequency approach. 7th International Workshop on Systems, Signal Processing and their Applications(WOSSPA).
- 鈴木保巳, 林恵津子, 寺田信一, 堅田明義(2009) : 重症心身障害児における運動の意図性評価 - 脳波基礎律動の事象関連性変動による事例検討 - . 長崎大学教育学部紀要 - 教育科学 -, 73, 55-62 .
- 鈴木保巳, 池田有紗, 板橋潤子, 高橋由子, 松本秀彦, 平野晋吾, 寺田信一(2017) : 重症心身障害児における複合刺激による予告の効果 - 脳波基礎律動の事象関連性変動の事例検討 - . 長崎大学教育学部紀要, 3, 131-139 .
- 高橋由子, 寺田信一(2020) : 自閉スペクトラム症児1例における統合想起課題時脳波の機能性接続パターンとWCCとの関連. 高知大学教育学部研究報告, 80, 43-48 .
- 寺田信一, 林恵津子, 中川貴美子, 堅田明義(2001) : 重い障害の子の指導・療育のための認知評価. 福井大学教育地域科学部総合自然教育センター年報, 4, 225-235 .

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 鈴木保巳, 高橋由子, 寺田信一	4. 巻 7
2. 論文標題 多変量自己回帰モデルによる重症心身障害児の脳機能評価の試み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 長崎大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 77-84
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 無
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 佐藤萌々, 鈴木保巳, 高橋甲介, 西村大介	4. 巻 21
2. 論文標題 客観的実態把握に基づく重症心身障害児のコミュニケーション指導の検討 行動評価と脳機能評価に基づく指導事例	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 長崎大学教育学部教育実践研究紀要	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) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木保巳, 佐藤萌々, 高橋由子, 寺田信一
2. 発表標題 重症心身障害児指導における有効な刺激に関する検討 - 脳波基礎律動の事象関連性変動による脳機能評価 -
3. 学会等名 日本特殊教育学会 第58回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木保巳, 高橋由子, 寺田信一
2. 発表標題 脳波コヒーレンスを用いた重症心身障害児の脳機能評価 - 玩具呈示による皮質間の接続性変化に関する事例検討 -
3. 学会等名 第40回日本生理心理学会大会・日本感情心理学会第30回大会 合同大会2022
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
研究 分担者	寺田 信一  (Terada Shin-ichi)  (00346701)	高知大学・教育研究部人文社会科学系教育学部門・教授   (16401)	

	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	田山 淳  (Tayama Jun)  (10468324)	早稲田大学・人間科学学術院・教授   (32689)	
研究 協力者	松本 秀彦  (Matsumoto Hidehiko)  (70348093)	高知大学・教育研究部人文社会科学系教育学部門・教授   (16401)	
研究 協力者	平野 晋吾  (Hirano Shingo)  (90571654)	福山市立大学・教育学部・准教授   (25407)	
研究 協力者	熊谷 享子  (Kumagai Takako)  (00721432)	豊橋創造大学短期大学部・幼児教育・保育科・准教授   (43938)	
研究 協力者	吉井 鮎美  (Yoshii Ayumi)  (70732858)	香川短期大学・子ども学科第 部・講師   (46202)	

6. 研究組織（つづき）

	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	高橋 由子 (Takahashi Yuko)  (70915016)	高知大学・学生総合支援センター・特任助教   (16401)	
研究協力者	佐藤 萌々 (Sato Momo)		
研究協力者	吉岡 ももか (Yoshioka Momoka)		
研究協力者	山田 潮音 (Yamada Shion)		
研究協力者	古嶋 彩花 (Furushima Ayaka)		
研究協力者	桂 杜成 (Katsura Morisei)		

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