

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560287

研究課題名(和文)ニューロフィードバックを用いた知的障害者のための言語学習支援システム

研究課題名(英文)Language learning support system for children with mental retardation by Neurofeedback

研究代表者

伊良皆 啓治(Iramina, Keiji)

九州大学・システム情報科学研究科(研究院・教授)

研究者番号：20211758

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文):発達障害児や知的障害児の学習をサポートするため、脳情報を計測しフィードバックする学習支援システムを開発することを旨としたが、脳波や脳血流の情報を非拘束状態で計測するシステム開発、特に脳波の動きによるノイズ除去法の提案、フラクタルディメンジョンを用いた脳波、NIRS解析法の構築、また、重度心身障害児に対する脳波応答の特徴抽出により、シータ波の事象関連位相解析が言語の応答に対して有効であるという研究成果を得た。

研究成果の概要(英文):To support learning activity for children with developmental disorder or mental retardation, we developed a measurement and monitoring system of the brain activity without restraint using the wireless EEG amplifier, the wireless NIRS and some accelerometers. In this study, we focused and obtained following results. Firstly, we developed the online artifact removal method in EEG. We applied independent component analysis to remove motion artifact and succeeded to remove in real time. Secondly, we obtained the fractal dimension analysis shew the good performance for evaluating mental work load. Thirdly, we investigated cortical response by calling name stimulation in healthy subject and severe motor and intellectual disability patients. We observed that the theta phase-rocked activity in patients with SMID was strongly associated with the stimulation. So the theta phase-rocked activity might be a useful index for evaluating language activity.

研究分野：生体医工学

キーワード：脳波 NIRS 事象関連電位 呼名刺激 重度心身障害児 脳波アーチファクト ニューロフィードバック

1. 研究開始当初の背景

発達障害や精神発達遅滞など何らかの情緒、あるいは知的障害を持った児童の増加が社会問題となっている。このような障害を持っている児童の中には、ことばの習得が難しく、ことばを介したコミュニケーションがうまく出来ないことが多くある。

障害児教育の現場では、障害者個々の状態が適切に把握されてなく、適切な教育が施されていない。また学習の習得状況の評価も必ずしも客観的には行われていない。障害児教育の中で、障害児の学習中における認知状態の客観的なモニタリングが可能であると教育効果の劇的な改善が期待できる考えられる。近年の ICT 技術を使えば、ことばの教育も教師の力量によらず、個々の障害の程度に応じて適切に行うことが出来る。このため障害児の学習中の状態を的確、かつ客観的に判断できるシステムを用いて、教育を行うことが必要であると考え、脳機能計測を技術応用し、生理学的指標を用いることによって、学習状態を客観的・定量的にモニターし、適切な課題を与えることにより学習支援に結びつけようという考えのもと本研究を始めた。

2. 研究の目的

本研究では、知的障害児や発達障害児など、ことばの発達が遅れ、ことばの習得が難しい児童が、学校や家庭で、ことばの習得のための教育を受ける際に、効果的な学習ができるように、その子の学習中における状態・状況が客観的に把握できるようにリアルタイムで認知状態を把握しモニタリング、フィードバックすることにより、その状態に応じた的確な学習課題を提供することが出来る学習支援システムを研究開発することである。

このため、次の2つの目的で研究を行った一つは、知的障害者の言語習得支援という、児童の実際の活動現場で本システムを使用することを想定しているため、計測装置を装着していることを意識することがない完全非拘束な脳波・脳血流計測の計測システム、およびオンラインでの認知状態を把握できるシステムを構築する。

二つ目は、障害児の学習中における集中度、理解度などの認知状態に関して、脳波、心電図、近赤外光計測を用いた神経生理学的なデータに基づいて定量化指標を策定し、この指標を基に、障害児がことばを学習出来るシステムを開発するために、障害児の言葉に対する脳波応答に関する特徴を調べる。

3. 研究の方法

ニューロフィードバックを用いた知的障害者のための言語学習支援システムを開発するために必要となる要素技術の確立が本研究の目的である。このための要素技術の確立のため以下の3つの研究を行った

(1) 非拘束脳情報計測システム

脳情報計測システムは小型生体アンプと LED を用いた小型分光計を用い、Bluetooth で信号を伝送し、ノート PC により同時収集を行うシステムを開発した。このシステムの特徴は非拘束で、脳生理情報が計測できることであり、被験者の動きにより脳波にノイズが混入することが大きな問題であるため、脳波からノイズの除去を独立成分分析を用いてオンラインで行う手法を提案した。

(2) 脳波、NIRS を用いたニューロフィードバックに必要な信号解析技術

脳の活動状況を評価するための的確な解析法を調べるため、ワーキングメモリの課題によって、フラクタルディメンジョンによる評価とパワースペクトラムによる解析を比較し、どちらが、より脳の負荷状況を表しているか調べた。

(3) 障害児の脳波応答の特性解析

ここでは、ことばに対する脳波の応答の特徴を調べるため、呼名(被験者の名前を呼びかかる)刺激による脳波応答を、健常大学生と重度心身障害児を対象として、事象関連電位と事象関連位相同期期によって調べた。

4. 研究成果

(1) 非拘束脳情報計測システム

図1に本研究で用いた脳生理情報計測収集システムを示す。脳波、心電図、NIRS(近赤外分光法)の同時計測が可能であり、さらには加速度センサを用いて被験者の動きの状態が同時記録可能である。被験者は、脳波・心電図用電極、NIRSプローブ、生体アンプ、送信機、NIRS計測ユニット、加速度計を装着する。脳波・心電図、NIRS、加速度データはBluetoothによってデータ転送され、部屋の中で自由に動き回ってもデータを取得できる(1)。

このシステムは、被験者が自由に動き回れるため、脳波や NIRS のデータには動きのアーチファクトが混入してしまう。このままではニューロフィードバックに用いるのに適さないため、動きによるアーチファクトを除去するため独立成分分析を用いて除去した(図2)。その際、頭部に付けた加速度センサの信号をもとに除去する成分を決めた。結果を図3、図4に示す。動きによる変動は、基本的に脳波の振幅成分より大きく、その周波数は低い帯域にある。除去の結果、脳波の振幅値は小さくなるが、意味ある信号の周波数帯期の割合が相対的に高くなっている。この手法をオンラインで適応すると、約2秒の遅れでアーチファクトの除去ができ、リアルタイムのフィードバックに十分用いることが可能であった(発表論文)。

(2) 脳波、NIRS を用いたニューロフィードバックに必要な信号解析技術

ワーキングメモリの活動度を捉える指標として、フラクタルディメンジョンと波のパワーを調べた結果、波のパワースペク

トル密度が増加すればフラクタルディメンジョンは減少し、波のパワースペクトル密度が減少すればフラクタルディメンジョンは増加する傾向が見られた。また、波のパワースペクトル密度解析に比べ、フラクタルディメンジョン解析は、ワーキングメモリ活性度をより精度よく捉えていた。以上のことより、ワーキングメモリ活性度を脳波のフラクタル解析をすることにより、即時性優れた計算的資源が少ない携帯型コンピュータなどにも搭載可能BCIやニューロフィードバックシステムの構築に応用可能である。(発表論文)

(3) 障害児の呼名刺激に対する脳波応答
 まず、健常者を用いて呼名における脳波応答を計測し、事象関連電位解析および事象関連同期(脱同期)法を用いて解析を行った。その結果、呼名刺激特有な陽性電位の誘発を確認した。図5に誘発電位波形と各潜時におけるトポグラフィを示す。次に、重度心身障害児8名に関して、事象関連位相同期(ITC)を用いて解析した結果、重度心身障害児6人中4名の呼名刺激応答時に、シータ波帯域のITCが上昇する結果が得られた。シータ波位相同期は、健常群における全ての音声刺激時に見られ、音声による単語刺激によって活性化された聴覚野の活動を示しているため、この応答が観測された4名の重度心身障害児は聴覚野の一部機能が残存し、応答している可能性が示唆された。このことより、知的に問題があっても、このシータ波帯域のITCを解析することにより言葉に対する脳の応答を観測することができると考えられる。(発表論文)

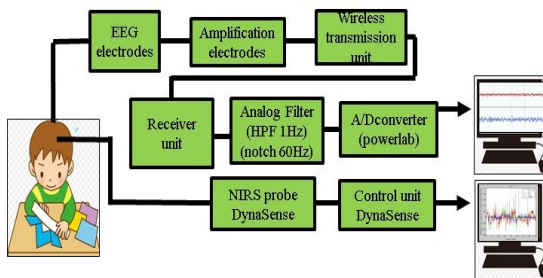


図1 非拘束脳生理情報計測収集システム

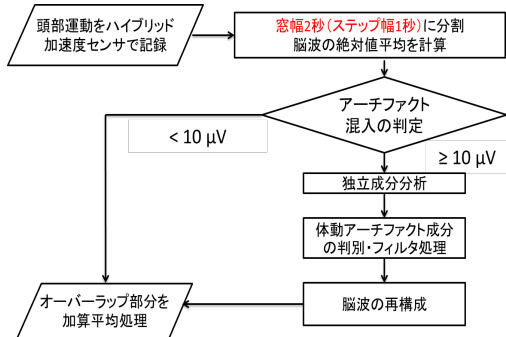


図2 脳波データより動きアーチファクトの除去

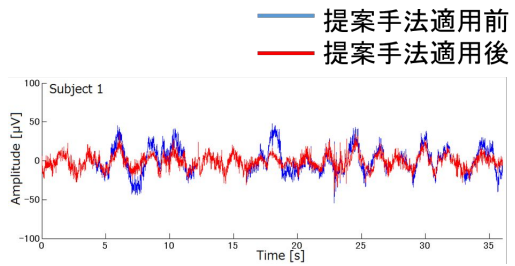


図3 脳波から動きのアーチファクトを除去する手法

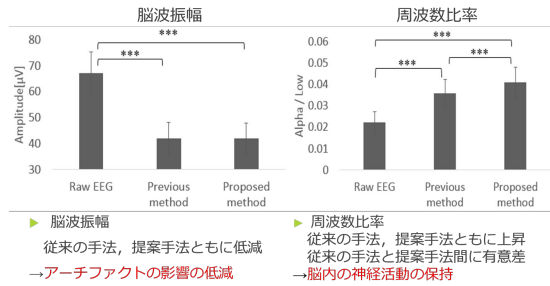


図4 アーチファクト除去後と除去前の評価

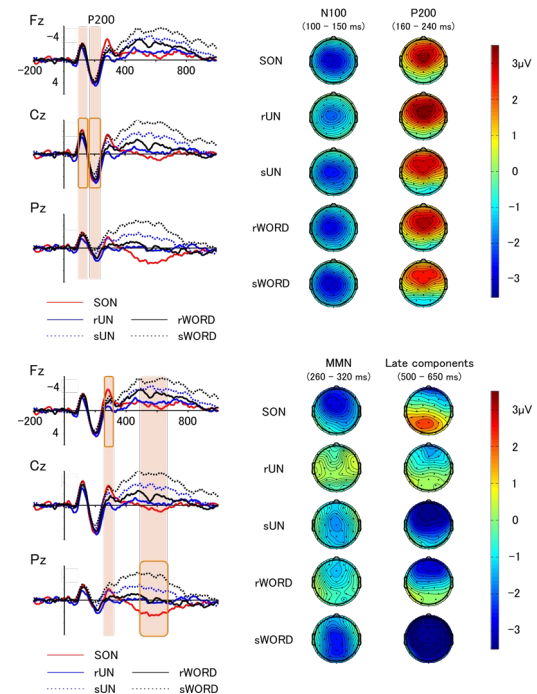


図5 健常大学生における呼名刺激による誘発電位と各潜時間帯におけるトポグラフィ

参考文献

(1) Keiji Iramina, Yoshinori Katayama, Yuichiro Kamei, Evaluation system for minor nervous dysfunction by pronation and supination of forearm using wireless acceleration and angular velocity sensors, Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2011, pp.7364 – 7367

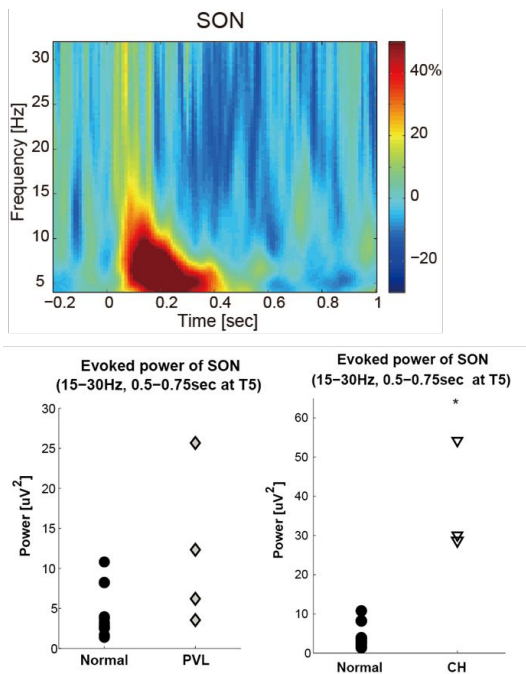


図5 健常者と重度心身障害児における呼名刺激時のITC解析結果。上：健常大学生 下：重度心身障害児（左；脳出血による、右：脳室周囲白質軟化症）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計14件)

Yuya Onitsuka, Yoshiyuki Shiotsuka, Keiji Iramina, The difference in the kinds of stimulations in CIT based on ERP, IEEE Conference Publication, Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON, 2015, p.1-5, 10.1109/BMEiCON.2015.7399531), 査読有

Masaki Ono, Hiroki Furusyo, Keiji Iramina, Analysis of the complexity of EEG during the short-term memory task, IEEE Conference Publication, Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 査読有, 2015, p.1-5, 10.1109/BMEiCON.2015.7399576
Kazuki Onikura, Keiji Iramina, Evaluation of a head movement artifact removal method for EEG considering real-time processing, IEEE Conference Publication, Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 2015, 1-5, 10.1109/BMEiCON.2015.7399577, 査読有

Thanate Angsuwatanakul, Keiji Iramina, Boonserm Kaewkamnerdpong, Multi-scale sample entropy as a feature for working memory study, IEEE Conference Publication, Biomedical Engineering International Conference

(BMEiCON), 査読有, 2015, 1-5, 10.1109/BMEiCON.2014.7017446
Ge Sheng, Ruimin Wang, Yue Leng, Haixian Wang, Pan Lin, Keiji Iramina, A Double-Partial Least-Squares Model for the Detection of Steady-State Visual Evoked Potentials, 2014 7th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, 2015, 699 - 703, DOI: 10., 査読有 1109/BMEI.2014.7002863), 査読有

Miki Kaneko, Yushiro Yamashita, Keiji Iramina, System of Soft Neurological Signs for Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Sensors, 2015, 116-1 -116-9, 10.3390/s16010116, 査読有

Kaori Tamura, Chihiro Karube, Takaaki Mizuba, Mayumi Matsufuji, Sachio Takashima, Keiji Iramina, Phase-locked theta activity evoked in patients with severe motor and intellectual disabilities upon hearing own names, Brain & Development, 37, 764- 772, 10. 1016/j.braindev.2014.11.009, 査読有

Miki Kaneko, Yushiro Yamashita, Osamu Inomoto, Keiji Iramina, Soft Neurological Signs in Childhood by Measurement of Arm Movements Using Acceleration and Angular Velocity Sensors, Sensors, 2015, 15, 10, 25793-25808, 10.3390/s151025793, 査読有
Zennifa Fadilla, Junko Ide, Yukihiro Noguchi, Keiji Iramina, Monitoring of cognitive state on mental retardation child using EEG, ECG and NIRS in four years study, Proceedings of 37th Engineering in Medicine and Biology Society EMBC2015, 2015, 6610-6613, 10.1109/EMBC.2015.7319908, 査読有
Kazuki Onikura, Yoshinori Katayama, Keiji Iramina, Evaluation of a Method of Removing Head Movement Artifact from EEG by Independent Component Analysis and Filtering, Advanced Biomedical Engineering, 2015, 4, 1, 67-72, 10.14326/abe.4.67, 査読有
Aya Sato, Tetsuya Torii, Masakuni Iwahashi, Keiji Iramina, Basic study on the influence of inhibition induced by the magnetic stimulation on the peripheral nerve, Journal of Applied Physics, 117, 17, 17B303-1-4, 2015, 10.1063/1.4908303, , 査読有
Fadilla Zennifa, Fitriлина, Husnil Kamil, Keiji Iramina, Prototype early warning system for heart disease detection using Android application, 2014, Proceedings

of The 36th Annual International Conference of the IEEE (EMBC'14, 3468-3471, 10.1109/EMBC. 2014. 6944369, 査読有
Kaori Tamura, Chihiro Karube, Takaaki Mizuba, Mayumi Matsufuji, Sachio Takashima, Keiji Iramina, Measurement of brain activity responded by subjects'own name using EEG, 2013, Proceedings of The 35th Annual International Conference of the IEEE EMBC'13), 7412-7415, 査読有
Ruimin Wang, Wen Wu, Keiji Iramina, Sheng Ge, The combination of CCA and PSDA detection methods in a SSVEP-BCI system, Proceedings of 11th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), 2424-2427, 2014, 10.1109/WCICA. 2014.7053101, 査読有

[学会発表](計 15 件)

Keiji Iramina, Simultaneous Measurement of NIRS and EEG, 8th Chula Neurology Forum 2016, 2016.3.30, Bangkok(Thailand)
Thanate Angsuwatanakul, Keiji Iramina, Boonserm Kaewkamnerpong, Brain Complexity Analysis of Functional Near Infrared Spectroscopy for Working Memory Study, 8th Biomedical Engineering International Conference, 2015.11.25, Pataya (Thailand)
Masaki Ono, Hiroki Furusyo, Keiji Iramina, Analysis of the complexity of EEG during the short-term memory task, 8th Biomedical Engineering International Conference, 2015.11.25, Pataya(Thailand)
Kazuki Onikura, Keiji Iramina, Evaluation of a head movement artifact removal method for EEG considering real-time processing, 8th Biomedical Engineering International Conference, 2015.11.25, Pataya (Thailand)
Keiji Iramina, Evaluation of soft neurological signs in ADHD children by measurement of pronation and supination, IEEE TENCON2015, 2015.11.02, Macao(China)
Miki Kaneko, Keiji Iramina, Volatility of Pronation and Supination in Children with ADHD, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2015.08.28, Millan(Italy)
Fadilla Zennifa, Junko Ide, Yukihiro Noguchi, Keiji Iramina, Monitoring of

Cognitive State on Mental Retardation Child using EEG, ECG and NIRS in Four Years Study, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2015.08.28, Millan(Italy)
鬼鞍 和輝, 伊良皆 啓治, オンライン性を指向した脳波の体動アーチファクトの除去手法の検討, 第 54 回日本生体医工学会大会, 2015.05.09, 名古屋国際会議場 (名古屋市)
三輪亮也, 伊良皆 啓治, 宮城 靖, 画像処理を用いたパーキンソン病診断のための両手協調運動解析, ME とバイオサイバネティクス研究会, 2015.01.22 佐賀大学 (佐賀市)
鬼鞍 和輝, 伊良皆 啓治, 独立成分分析とフィルタリングによる脳波の体動アーチファクト除去手法の検討, ME とバイオサイバネティクス研究会, 2015.01.22 佐賀大学 (佐賀市)
Takaaki Mizuba, Chihiro Karube, Keiji Iramina, The Cerebral Blood Responses to Subject's Own Name: A NIRS Study, 7th Biomedical Engineering International Conference, 2014.11.27, Fukuoka
Hikaru Kinoshita, Fadilla Zennifa, Junko Ide, Yukihiro Noguchi, Keiji Iramina, The Comparison of brain activity from Developmental Disorder Children by NIRS - EEG with Teacher Score during Training, 7th Biomedical Engineering International Conference, 2014.11.27, Fukuoka
Keita Higashi, Keiji Iramina, Evaluation of Hand Motor Function in Mild Cognitive Impairment Patients by Pronation and Supination of Forearms, 7th Biomedical Engineering Int. Conf., 2014.11.27, Fukuoka
Keiji Iramina, Evaluation of pronation and supination: comparison between typically developing children and children with AD/CD, BioApps 2014, 2014.11.17, Shanghai(China)
田村かおり, 水場 太陽, 松藤まゆみ, 高嶋 幸男, 伊良皆 啓治, 呼名反応時の脳波における時間周波数解析, 第 53 回日本生体医工学会大会, 2014.06.25, 仙台国際センター (仙台市)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

伊良皆 啓治 (IRAMINA KEIJI)
九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授
研究者番号 : 20211758

(2)研究分担者

野口 幸弘 (NOGUCHI YUKIHIRO)

西南学院大学 人間科学部・教授

研究者番号：30352199

井手 順子 (IDE JUNKO)

西南学院大学 人間科学部・准教授

研究者番号：20289507

(辞退 平成 27 年 8 月 15 日)