

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00383

研究課題名（和文）脳科学に基づく脳波測定による知的障がい者の適応機能評価システムの開発

研究課題名（英文）Assessment of social skills for developmental disorders by neuroscience-based EEG analysis

研究代表者

河野 英昭（Kawano, Hideaki）

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：00404096

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、スパイクニューラルネットワークを用いて、自閉症スペクトラム障害を持つ人々に対する運動の有効性を評価した。感情表情の知覚と模倣中の脳波パターンを収集した。近年、ミラーニューロンシステムが脳障害のある被験者の場合にはうまく機能しないといういくつかの研究が報告されている。本研究では、健常者、定期的に運動しているASD被験者、および定期的に運動していないASD被験者に対して、表情の知覚と模倣中の脳活動を観察した。健常者と定期的に運動しているASD被験者に差異が認められず、運動をしていないASD被験者では差が生じた。結果は、自閉症スペクトラム障害に対する定期的な運動の有効性を示している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現状、ASDの適応機能は、行動観察に基づく診断で行われており、脳活動からの定量的な判定を行うシステムは存在しない。本研究で開発したASDの適応機能評価システムは、他に例を見ない新規の試みであり、大型の装置を必要とせずオンサイトでの評価が可能となる点で実用的な意義は大きい。また、ASDに運動が及ぼす効果を定量的に評価した先行研究は存在せず、本研究の学術的な意義は大きい。この方法論を活用することで、運動プログラムの設計、すなわち適度な運動頻度や運動量の指針が明らかになり、脳機能障害を改善する様々な運動プログラムの開発に寄与することが期待され、今後の発展性のある研究と言える。

研究成果の概要（英文）：This study evaluated the effectiveness of an exercise on the people with autism spectrum disorder using a spiking neural network. We collected EEG patterns during perception and imitation of facial expressions for several emotions. Recently, some studies have been reported that mirror neuron system does not work well in the case of subjects with brain disorders. In this paper, we observed brain activities during perception and imitation of facial expressions in typically developed subjects, ASD subjects who exercise regularly, and ASD subjects who don't exercise regularly. There was little difference between healthy subjects and ASD subjects with regular exercises, though ASD subjects who don't exercise regularly exhibit significant difference. The results show the effectiveness of regular exercise on autism spectrum disorder.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：ASD スパイクニューラルネットワーク ミラーニューロン 運動 適応機能

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

自閉症スペクトラム (Autism Spectrum Disorder: ASD) は発達障害の 1 つで、主な症状として、対人関係の形成が難しい、ことばの発達に遅れがある、想像力や柔軟性が乏しく、変化を極端に嫌うなどがあげられる。ASD には有効な治療法が確立されていないものの、日常的に運動を行うことで運動能力の向上だけでなく、社会的スキルの向上を促し、ASD の症状を改善するということが報告されている。

一方で、ASD はミラーニューロンシステム (MNS) と関わりがあることが知られている。ASD 患者は行動の模倣時に健常者と比べて、ミラーニューロン領域が比較的低い活性を示す傾向にある。神経心理学の分野では、MNS は、表情によるコミュニケーションと関連があるとされている。MNS の原理は、1990 年代に Rizzolatti によって導入された。彼はサルが自ら行動した時と、別のサルが同様の行動をしているのを観察した時に、脳の類似の領域が活性化することを発見した。脳におけるこの領域をミラーニューロンという。また、人における MNS は機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) のデータを用いた実験によって確認された。

また、感情の異なる顔表情は、人の脳活動に異なる影響を及ぼす。感情的な表情を知覚し、同じ感情の表情を模倣することから時空間脳波データ (STBD) を得ることができる。STBD を分析することは、MNS に関連する脳活動のより良い理解につながる。これにより、個人の特性や異常を明らかにする可能性があるとされている。

近年、STBD や fMRI などの時間特性と空間特性の両方を捉えることができる NeuCube と呼ばれる脳を模した Spiking Neural Network (SNN) アーキテクチャが提案されている。NeuCube は、STBD マッピング、学習、分類、視覚化を行うためのプラットフォームである。

### 2. 研究の目的

本研究では、健常者と継続的に運動をしている ASD 患者 およびあまり運動をしていない ASD 患者を被験者として、顔表情の知覚時と模倣時の脳波データを調べる。被験者ごとに顔表情知覚時と模倣時の脳波データの差分を計算し、それを可視化することにより、ミラーニューロンの活動を確認する。さらに、このミラーニューロン活動の多寡が、被験者グループで異なるかを確認し、運動効果の定量的な評価を行う。

### 3. 研究の方法

本研究では、図 1 に示す NeuCube の教師なし学習 (特徴抽出学習) を担う SNNc を、2 つの感情における顔表情の知覚時と模倣時に対応する脳波データの特徴として使用する。

本研究の実験では、日本人の成人 20 名を被験者として実験を行った。20 名のうち、8 名 (男性 8 名) が健常者、8 名 (男性 4 名、女性 4 名) が日常から運動をしている ASD 被験者、4 名 (男性 3 名、女性 1 名) があまり運動をしていない ASD 被験者である。

顔表情の指標には JACFEE を用いた。JACFEE は男性 28 名、女性 28 名による 7 種類の感情 (怒り、喜び、悲しみ、驚き、恐怖、軽蔑、嫌悪) を表現する顔表情のカラー画像が計 56 枚収録されている。本研究はそのうちの怒りと喜びの 2 感情の顔表情画像を用いて実験を行なった。

顔表情の知覚および模倣中に生体情報を取得するセンサとして脳波計を使用した。脳波計には、Emotiv 社製 EPOC+ を使用した。EPOC+ は 14 チャンネルの脳波計となっており、電極配置は国際 10-20 法に基づいた配置となっている。また、サンプリング周波数は 128Hz、バンド幅は 0.2~45Hz であった。そして、被験者が顔表情の知覚と模倣をしている間の脳波データを記録した。怒りと喜びの顔表情画像を 5 パターンずつ用意し、図 2 に示すように各表情画像を交互に提示した。それぞれの表情画像の間には、ブランクとしてブラックスクリーンを 5 秒間提示した。被験者 1 人につき、4 回の実験を行った。1 回目と 3 回目の提示では、被験者は画面上に示された顔表情の近くを、2 回目と 4 回目の提示では顔表情の模倣をするように指示した。

ここで取得した脳波データのうち、顔表情を提示している間のものについて STBD 学習を行い、ニューロン間の重みを算出し、可視化した。

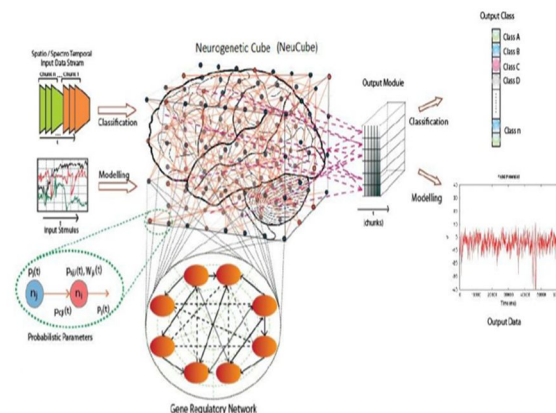


図 1: NeuCube アーキテクチャ



図 2: 顔表情の提示の様子

#### 4. 研究成果

1471 個のスパイクニューロンを Talairach 座標系に基づいてマッピングし, 脳を模した SNNc を作成した. 取得した脳波の時空間データをスパイク列に変換し, 14 個のニューロンから SNNc に入力する. 14 個のニューロンの SNNc における空間配置は, 脳波計測計の電極配置と同様に国際 10-20 法に基づいている. この関係性を図 3 に示す. STDP 学習の間, SNNc の重みはニューロン間のスパイク伝達により変化し, 強いニューロン結合ほど重みが大きくなる.

顔表情画像閲覧中の脳波データを 1 つの SNNc に入力し, 知覚時と模倣時のモデルを被験者ごとに作成した. 図 4 は顔表情知覚時と模倣時の脳波データを学習した SNNc の結合の差分をとった SNNc を可視化したものである.

健常者と運動をしている ASD 患者には, SNNc の結合の差分が大きく, 運動をしていない ASD 患者との差異を確認できない被験者もいた. これは, 使用した脳波計の特性上, 外部からのノイズを受けやすく, 正しく測定できていなかったことが原因として考えられるが, 被験者の運動活動の度合いに依存した結果とも考えられる. 図 4 より, 普段から運動をしていない ASD 患者は, 顔表情知覚時と模倣時の脳波の差分が大きくなっていることがわかる. また, 運動をしている ASD 患者は, 運動をしていない ASD 患者に比べて顔表情知覚時と模倣時の差分が小さく, 相対的に健常者と近い結果が得られた.

実験結果から, 日常的に運動を行っている ASD 患者は, 運動をしていない ASD 患者と比較して, ミラーニューロンの働きが相対的に活発であることが認められた. このことは, 日常的な運動が ASD の症状改善に寄与する可能性を示唆しており, 運動による改善効果を定量的に示す指標となると考えている.

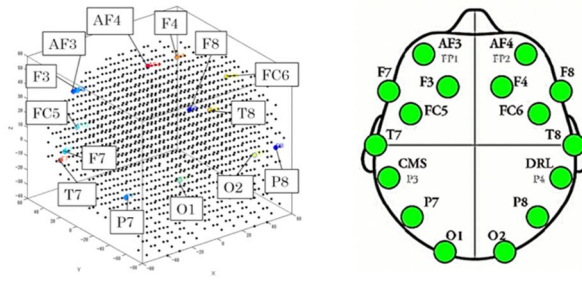
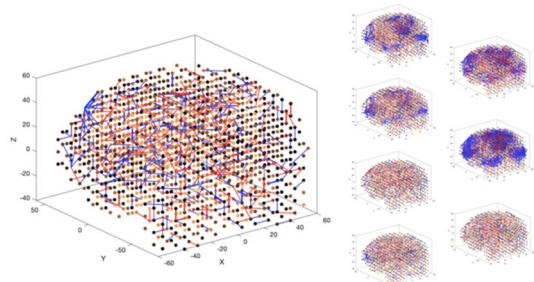
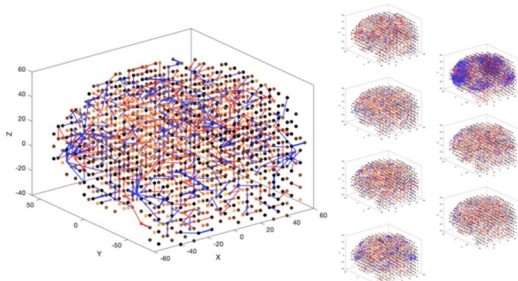


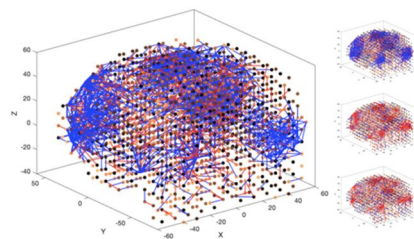
図 3: 電極位置と SNNc の空間位置の関係



(a) 健常者



(b) 運動をしている ASD 患者



(c) 運動をしていない ASD 患者

図 4: 被験者の顔表情知覚時と模倣時の脳波を学習した SNNc の結合の重みの差分をとった SNNc を示している.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takumi Otsuki, Pornthep Sarakon, Hideaki Kawano and Hideaki Orii	4. 巻 11
2. 論文標題 Recognition of Emotional Speech with CNN and Visual Explanations Using Grad-CAM	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 767-772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.11.08.767	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 Hikaru Takefuji, Ran Shima, Pornthep Sarakon and Hideaki Kawano	4. 巻 11
2. 論文標題 A Proposal of Walking Support System for Visually Impaired People Using Stereo Camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 691-696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.11.07.691	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 Junki Enomoto, Hideaki Kawano and Kenya Fukai	4. 巻 11
2. 論文標題 Examination of Judgment Items of Liver Disease Patients by Fuzzy Input Using LRP	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 601-606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.11.06.601	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 Maryam Gholami Dobarjeh, Zohreh Gholami Dobarjeh, Akshay Raj Gollahalli, Kaushalya Kumarasinghe, Vivienne Breen, Neelava Sengupta, Josafath Israel Espinosa Ramos, Reggio Hartono, Elisa Capecci, Hideaki Kawano, Muhaini Othman, Lei Zhou, Jie Yang, Pritam Bose, Chenjie Ge	4. 巻 140
2. 論文標題 From von Neumann Architecture and Atanasoff's ABC to Neuromorphic Computation and Kasabov's NeuCube. Part II: Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Practical Issues of Intelligent Innovations	6. 最初と最後の頁 17-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-78437-3_2	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 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yuma Omori, Akinori Seo and Hideaki Kawano
2. 発表標題 A Study on Difference of EEG Data between Healthy and Development Disabled Subjects in Facial and Imitation Task
3. 学会等名 12th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大森 雄馬, 瀬尾 彰規, 河野 英昭
2. 発表標題 表情知覚時および模倣時における脳波パターンの類似性評価
3. 学会等名 第33回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河野 英昭, 大月 匠, 中司 賢一, 中藤 良久
2. 発表標題 自閉症スペクトラムへの運動が及ぼす改善効果の定量的評価
3. 学会等名 第32回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会
4. 発表年 2019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
研究協力者	カザボフ ニコラ  (Kasabov Nikola)	オークランド工科大学・Knowledge Engineering and Discovery Research Institute・Director	