

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：63905

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2020

課題番号：19K22900

研究課題名（和文）ノイズ誘起脳波ダイナミクスの解析による発達障害特性の解明

研究課題名（英文）Characteristics of developmental disorders revealed by analyzing noise-induced EEG dynamics

研究代表者

北城 圭一（Kitajo, Keiichi）

生理学研究所・システム脳科学研究領域・教授

研究者番号：70302601

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：繰り返し入力される視覚ノイズで誘起される脳波応答のコンシステンシー特性と発達障害特性との関連を調べる実験パラダイムの構築をし、脳波計測実験とデータ解析を行った。視覚刺激実験を二重課題することで、被験者は視覚刺激に注意を向け続け、覚醒レベルも比較的一定に保つことができたと考えられる。健常者を対象に質問紙調査した自閉症スペクトラム障害(ASD)傾向、及び、注意欠陥・多動性障害(ADHD)傾向とノイズ誘起脳波との関連について探索的に解析を行った。これらの心理的な個人特性とノイズ誘起脳波の関連解明にはさらにデータが必要だが、両者の関係を精度高く計測できる実験パラダイムの確立に成功したと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、視覚ノイズ誘起脳波により、ASD、ADHD傾向などの発達障害傾向を評価する新規な実験解析手法の確立を目指した。これまでの我々の実験パラダイムでは注意や覚醒レベルなどの影響要因をコントロールするのが難しかったが、それらのコントロールが可能な実験パラダイムの構築に成功した。発達障害特性の、比較的簡便な脳波計測とデータ解析による理解や評価が可能となり、学術的、社会的にも意義がある。

研究成果の概要（英文）： We developed an experimental paradigm to investigate the relationship between the consistency in electroencephalographic (EEG) responses to repeatedly presented visual noise and developmental disability. We conducted EEG experiments and analyzed the obtained data. We developed a dual-task paradigm to control the attentional state and arousal level. We used questionnaires to measure the traits of autism spectrum disorder (ASD) and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) in healthy individuals. We explored the relationship between the degree of EEG consistency and these psychological traits. Although we need more data, we succeed in developing a novel experimental paradigm to assess the relationship between the psychological traits and noise-induced EEG dynamics.

研究分野：計算論的神経科学

キーワード：ノイズ 脳波 コンシステンシー 発達障害 視覚的注意

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

これまでの研究で、代表者の北城と分担者末谷らは同一ノイズ時系列で変化するダイナミックな視覚刺激の複数試行の繰り返し入力に対して試行間で脳波信号の波形に共通の成分が観察される脳波コンシステンシー特性を発見した。この特性に着目し、北城らは、通常は邪魔者と考えられるノイズにより誘起されるわずか 5 秒ほどの短時間の脳波で非線形力学系としての個人特性をセンシングできる新規なアプローチを開発した。北城らの先行研究では脳波波形の試行間の再現性であるコンシステンシー度には個人差が見受けられた。一般に視覚入力に対するヒトの脳波応答は視覚的注意により大きく変調されることが知られており、コンシステンシー特性と注意機能の個人特性との関連が推測される。また発達障害特性は注意機能の変容と関連することが先行研究で示されており、ノイズ誘起脳波のコンシステンシー特性は発達障害特性と何らかの関連を持つことが予想される。

### 2. 研究の目的

脳波の非自明な非線形ダイナミクスであるコンシステンシー特性を評価するノイズ誘起手法を最適化し、ノイズ誘起脳波ダイナミクスの特性と発達障害特性との関連を解明することを目的とする。特に、注意機能の不全がある自閉症スペクトラム障害(Autistic Spectrum Disorders: ASD)と注意欠陥・多動性障害(Attention-deficit hyperactivity disorder: ADHD)の個人特性と、注意条件をコントロールした実験での視覚ノイズ誘起脳波のコンシステンシー特性を定量化し、発達障害の本質の理解を目指す実験解析パラダイムの方法論を提案することを目的とした。

### 3. 研究の方法

視覚ノイズ誘起脳波の実験パラダイムの開発を行った。特に視覚刺激と被験者の注意、覚醒レベルをコントロールする課題開発に注力した。また ASD, ADHD 傾向を質問紙で計測し、ノイズ誘起脳波のコンシステンシー特性との関連を調べる実験解析パラダイムの開発を行った。被験者は、発達障害特性は健常者と発達障害当事者は連続的な分布(スペクトル)であるとの仮説に基づき、健常者を対象とする。

### 4. 研究成果

当初の計画で計画した多人数での計測は、コロナ禍のため、困難となった。しかし、感染防止のガイドラインを固めて、7名の被験者を対象とした実験を行い、実験解析パラダイムの開発を進めた。

これまでに開発した、チェッカーボードのコントラストが時間的に変化するノイズ誘起視覚刺激を改良し、視覚的注意や覚醒レベルをコントロールしながらノイズ誘起脳波を計測することを目指した。固視点を示す十字の太さがときどき変化し、変化を検知した被験者がボタン押しで反応する課題への改良を行った。ノイズ刺激は隣接するチェッカーボードのマスマスがガウシアンホワイトノイズ様に時間変化するチェッカーボードを用いた。ノイズ実現値は2つの強度で同一強度では4種類の実現値を用意した。また、チェッカーボード刺激の中央には、眼球運動を防ぐために白い十字の固視点を配置した。固視点を構成する線の太さをときどき変化させ、実験参加者には変化に気づいたときに能動的にキーボードを押すことを求めた(図1)。この二重課題化により、固視点の変化がない場合に比べて、実験参加者はコントロールして持続的に視覚刺激に注意を向け続け、覚醒レベルも比較的一定に保つことができたと考えられる。

また脳波実験後に質問紙を用いて、被験者の発達障害特性の定量化を行った。ASD 傾向の定量化は、Baron-Cohen と Skinner による質問紙テストである自閉症スペクトラム指数: Autism-Spectrum Quotient(AQ)を用い、ADHD 傾向は Kesler らによる Adult ADHD Self-Report Scales(ASRS)の日本語版である若林らによる日本語版 AQ と武田らによる日本語版 ASRS を用いた。

脳波コンシステンシー特性を評価するため、脳波試行間同期の解析手法の開発を行った。分担者末谷と北城の研究で脳波試行ペアワイズでの正準相関解析(Canonical Correlation Analysis: CCA)を応用した手法で解析を行った。また CCA による試行間相関以外に視覚刺激と脳波の一般化同期の解析を検討した。脳波試行ペアワイズの正準相関解析ベースの解析を行い、繰り返し提示される同一実現値の時系列の視覚ノイズ刺激を見ているときの脳波試行間で、異なる実現値の時系列の視覚ノイズ刺激を見ているときに比べて、高い正準相関係数が観察され、脳波コンシステンシー特性を作成した課題で精度よく定量化できることが明らかになった。また、同一強度で異なる2つの実現値の時系列をみているときの脳波応答の分離度をマハラノビス距離により定量化した。

以上、ノイズ誘起脳波を精度高く計測できる実験解析パラダイムの確立に成功したと考えられる。ASD、ADHD 傾向と脳波コンシステンシー特性との関連については被験者N数がやや少ないため明確ではなかった。また、申請者らの先行研究で取得した従来の視覚ノイズ誘起パラダイムでの多人数のデータの解析を並行して進めた。AQ スコアのうち、注意のスイッチングに関する

サブスコアとコンシステンシー度との重回帰モデルの構築に成功した。具体的には、社会性、注意等に関連する5個のサブスコアを独立変数として投入し、異なる2種のノイズ実現値に対する脳波応答の分離度を定量化したマハラノビス距離を従属変数として、重回帰ステップワイズ法での解析を行った。その結果、AQスコアの注意のスイッチングに関するサブスコアがマハラノビス距離を説明できることが明らかになった。具体的には、注意のスイッチングがより苦手な自閉症的な被験者程、マハラノビス距離が小さく、コンシステンシー特性が弱いという結果になった。自閉症傾向が強い被験者は外部刺激に対する脳波応答よりも内部ダイナミクスによる脳波成分が強いということがいえるかもしれない。今後は、新実験パラダイムでの実験を進めて、コンシステンシー特性 ASD 傾向、ADHD 傾向や課題パフォーマンスとの関連の解析を進めていくことを計画している。

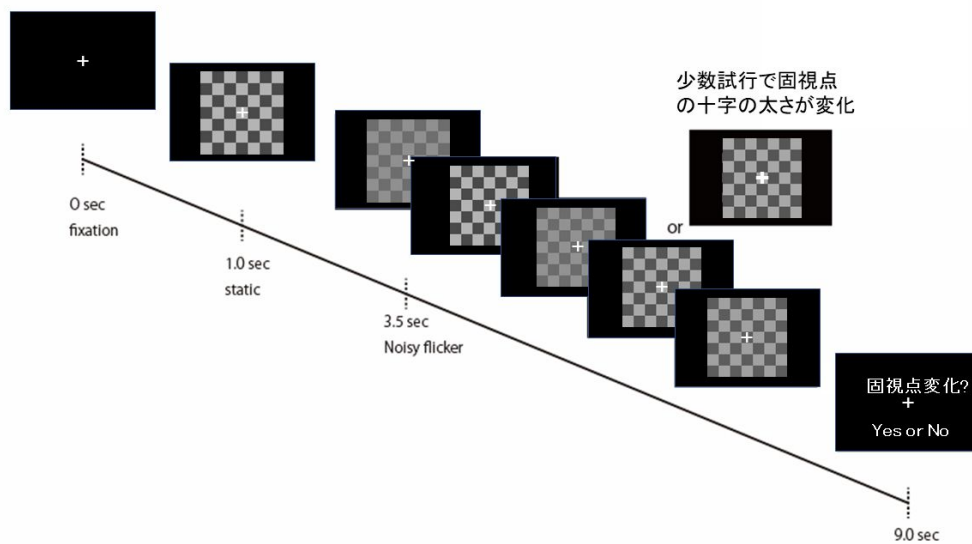


図1 固視点が変わる刺激パラダイム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Kasai Tetsuko, Kitajo Keiichi, Makinae Shiika	4. 巻 1766
2. 論文標題 Behavioral and electrophysiological investigations of effects of temporal regularity on illusory-figure processing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brain Research	6. 最初と最後の頁 147521 ~ 147521
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.brainres.2021.147521	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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 北城圭一
2. 発表標題 脳波遷移ダイナミクスと自閉症傾向との関連
3. 学会等名 第22回日本ヒト脳機能マッピング学会（招待講演）
4. 発表年 2020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	座間 拓郎 (Zama Takuro) (30825469)	国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・研究員 (82401)	
研究分担者	末谷 大道 (Suetani Hiromichi) (40507167)	大分大学・理工学部・教授 (17501)	
研究分担者	河西 哲子 (Kasai Tetsuko) (50241427)	北海道大学・教育学研究院・教授 (10101)	

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