

# 過敏性腸症候群有症者の脳波を人工知能により判別する

## —脳波データを利用した自己管理トレーニング開発の基盤—

### 【概要】

埼玉県立大学作業療法学科の小泉浩平助教・濱口豊太教授，早稲田大学の田山淳教授，東北大学の福土審教授らの研究グループは，過敏性腸症候群有症者の脳波を機械学習させ，有症状者を高い識別能力と精度で弁別するための分類子を作成しました。

この識別方法は，人体に影響のない安全な脳波検査で過敏性腸症候群の有無を推定することに役立ち，脳活動を指標とした自己管理トレーニングの開発に伸展する基盤です。

本研究は，学術誌「*Frontiers in Bioscience-Landmark*」に，2022年6月10日に公表されました。（<https://doi.org/10.31083/j.fbl2706187>）

### 【研究の詳細】

#### ◆研究の背景

過敏性腸症候群（IBS）は，慢性的な反復性腹痛と排便の変化を特徴とします。また，心理ストレスにより症状が増悪することも知られています。腹痛と下痢・便秘などの症状は，通勤や通学の妨げになりやすく，薬物療法では十分に治らずに病悩する人たちがいます。IBS の治療ガイドラインには薬物療法をはじめ認知行動療法など有力な治療法があります。また，近年では，食事と運動と休息のリズムなどで，軽症または難治な IBS を自己管理する方法も提唱されています。IBS の病態は脳と腸が相互に関連する機能障害が中心にあることから，治療薬は脳と消化管の両方に作用するものがあります。

研究者たちは，IBS の脳活動パターンを自己制御することにより，IBS 症状を軽減させる方法（バイオフィードバック療法）に着想し，研究を進めています。脳活動を解析して個々の病態の違いを判別し，関連する脳部位の活動を患者自身の力で調整できるようにする練習に，復元神経フィードバック（Decoded Neural Feedback: DecNef）があります。これは，安静時または作業中の脳活動の異常を識別し，これを人間が認識できる信号でフィードバックして，異常な状態から脱却する自己制御を促す方法です。DecNef 装置を作るには，IBS 有症者と健康な被験者との脳波パターンを区別できる「分類子」が必要です。また，分類子ができて，それが確実に IBS 病態をどの程度正確に弁別できるかを調べなければなりません。

本研究では，若年成人を対象に脳波検査を実施し，脳波に IBS 症状の有無をラベルして機械学習（教師あり学習）させ，IBS の脳活動パターンを識別する分類子を開発し，その有用性を検証しました。

#### ◆方法

脳波データは，埼玉県立大学と長崎大学の学生のうち，IBS 有症者 28 人と無症者 24 人を対象に，前頭葉，頭頂葉，後頭葉を関心領域とした 11 箇所（チャンネル）の電極（チャンネル）で記録されました（図

1-A). 脳波は、IBS 有症者と無症者のそれぞれ 15 人分のデータを周波数解析し、 $\alpha$  波（安静時に出現する）と  $\beta$  波（活動時に出現する）を抽出，データ数を IBS 有症者と無症者のそれぞれ 1000 人分まで数理モデルで増幅しました．その後，十分な量まで増幅されたデータを機械学習させ，IBS 区別のための「分類子」が作成されました（図 1-B）．

次に，作成された分類子を使用して，未解析であった有症者 13 人と無症者 9 人の脳波データをそれぞれ 1000 人分へ増幅し，これを分類子に弁別させて正解率を計算しました（図 1-C）．正解率（弁別精度）は，全脳および各領域（前頭葉，頭頂葉，後頭葉）で比較し，脳部位による違いも検証しました．

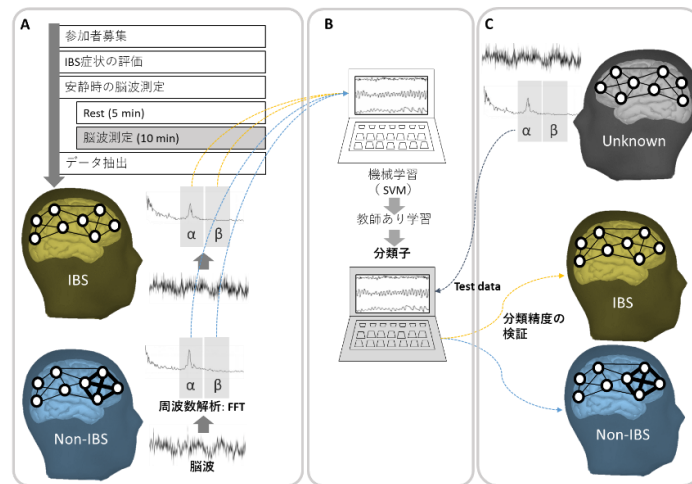


図 1 実験の手順. A：被験者募集から脳波測定までの手続き．B：脳波を解析して分類子を生成する過程．C：機械学習に使った脳波とは別のデータを用いて作成した分類子の弁別精度を調べる過程．

## ◆研究の成果

### 脳全体の脳波パワーの比較

IBS 症状の有無に応じて，チャンネルごとに  $\alpha$  波と  $\beta$  波のパワーを比較してみると， $\alpha$  波は F3, C3, Cz, P3, Pz, P4, O1, O2 の 8 チャンネル， $\beta$  波はすべてのチャンネルで異なりました．これは，IBS 症状のある人とない人で脳波パワーが違うことを示唆しています（図 2）．

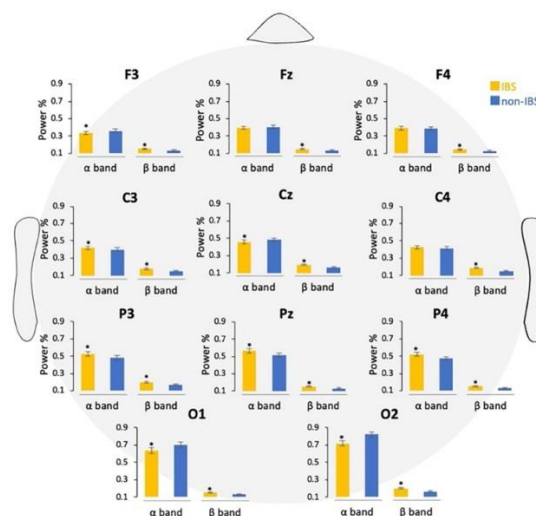


図 2 IBS 症状の有無による脳部位ごとの脳波の違い．頭の表面に配置された電極（チャンネル）から得られた電位波形を  $\alpha$  波と  $\beta$  波に分けてそれを割合（パワーパーセンテージ）に変換して比較した棒グラフ．

## 各脳領域での脳波パワー比較と人工知能の識別能力

機械学習によって作成された分類子の識別能力を、異なる脳領域で比べると、前頭葉領域で高い弁別精度が得られました。図3で示したモデルは、前頭、頭頂ならびに後頭領域を関心領域とした電極配置（チャンネル）から取得されたデータで作成したそれぞれの分類子の識別精度を示しています。3つの脳領域の3D識別マップ（図3の上）では、横軸（x,y）に $\alpha$ 波と $\beta$ 波の大きさ、縦軸にIBS症状の出現確率を示しています。図内の青色部分がIBSの領域です（図3上に示された軸の値はすべてZ値です）。図3の一番下には、分類子の正解率を調べるために、10回試験した結果を表示しており、グラフ横軸は試験回数、縦軸は正解率で、脳全体の正解率はグレーで3つの図に同じ値を参考として表示しています。

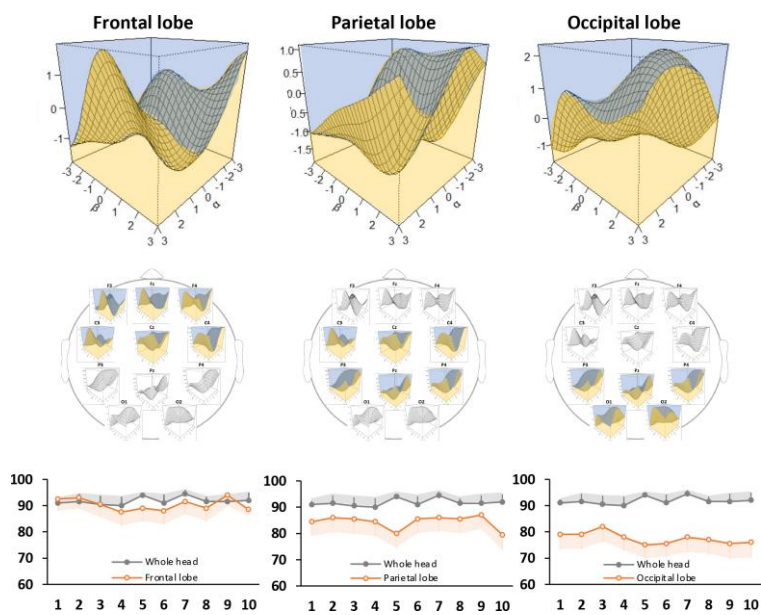


図3 前頭-頭頂-後頭の領域別に作成した分類子の識別能力の検査結果。脳全体（グレーのライン）と前頭葉領域における分類子の識別精度は、90%以上でほとんど差がないことが分かりました（左下の図）。

### ◆今後の展開

本研究で作成された IBS 識別子を用いて、脳波検査で前頭部のデータを解析すれば、IBS 症状の有無を高い精度で識別できることが示唆されました。この識別方法は、IBS の人に脳波で症状のサインを送り、それを自己制御する練習方法に用いる装置に実装される予定で、これらの開発計画が進行中です。IBS で悩む人たちが症状を自己管理でき、腹痛と便通異常に起因する生活障害を取り除けるように研究が続けられています。

#### 【発表雑誌】

Frontiers in Bioscience-Landmark

#### 【論文タイトル】

A Method of Generating a Classifier that Determines the Presence or Absence of IBS Symptoms by Supervised Learning from the Frequency Analysis of Electroencephalogram Data

**【DOI】**

<https://doi.org/10.31083/j.fbl2706187>

**【著者】**

小泉浩平<sup>1</sup>, 濱口豊太<sup>1, 2</sup>, 田山淳<sup>2, 3</sup>, 福土審<sup>2</sup>

**【研究グループ】**

1. 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
2. 東北大学大学院 医学系研究科心療内科学
3. 早稲田大学 人間科学学術院

**【研究助成】**

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（19K11368）および（18KK0275）の支援により行われました。

**【本件に関するお問い合わせ先】**

濱口 豊太

埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

TEL: 048-973-4125

E-mail: hamaguchi-toyohiro@spu.ac.jp

住所: 〒343-8540 埼玉県越谷市三野宮 820