

和歌山大学学生自主創造支援部門（クリエ） クリエプロジェクト
＜2025 年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：脳情報総合研究プロジェクト

ミッション名：脳波を用いた組み分け帽子の作成

ミッションメンバー：システム工学部 3 年生 坂田樹紀, 経済学部 2 年生 栗本修都, システム工学部 1 年生 伊藤光紀, システム工学部 1 年生 田村徳隆

キーワード：EEG, BCI, ハリー・ポッター, 接近回避モデル

1. 背景と目的

人間の性格や適性を分類する試みは古くからおこなわれており、アンケート形式による診断が主流であった。しかし、従来のアンケート形式の診断は回答者の主観のみの判断であり、客観的な判断とは言いがたい。そこで本ミッションでは閉眼安静時の脳波に着目し、閉眼安静状態下の心理状態や特性を客観的に定量化するシステムの開発を目指す。

本ミッション提案時は、心理学において標準的な Big Five 性格特性の短縮版を脳波から分類することを検討していた。しかし、先行研究の調査を行う中で、閉眼安静時の脳波データから Big Five の性格分類を高精度に行うことは困難である旨が示されている論文^[1]を確認した。この知見を踏まえ、本ミッションでは静的な性格分類ではなく、リアルタイムの心理状態を反映しやすい指標へと方針を転換した。具体的には、前頭葉の非対称性に基づく「接近・回避モデル」等を採用し、複雑な脳処理技術を一般の方にもわかりやすく体験していただくため、映画ハリー・ポッターに登場する組み分け帽子をモチーフとした分類システムを開発することにした。エンターテインメント性を付加することで、多くの人に脳科学や生体信号処理への興味を喚起することを最終的な目標とした。

2. 活動内容

Python と生体信号処理ライブラリ (BrainFlow)、OpenBCI Cyton 8ch 脳波計を用いて、取得した脳波データから特徴量を抽出し、4 つのグループに分類するアルゴリズムを実装した。脳波の取得は国際 10-20 法に則り測定し、F3, F4 のデータを用いた。

具体的な手段として、まず前頭葉から取得した脳波データに対し、Welch 法を用いてパワースペクトル密度 (PSD) を算出した。分類の指標には、左右の前頭葉における α 波 (8~13Hz) のパワー差分から接近回避の傾向 (X 軸) を導出するアプローチを用いた。さらに、 β 波 (14~30Hz) と α 波の比率から緊張・集中の度合い (Y 軸) を算出し、この二次元座標上で 4 つのグループに分類するアルゴリズムを実装した。

先行研究^[2]に基づき、X 軸の算出には前頭葉の非対称性指標を採用した (式 1.1)。 α 波は脳の休止状態で強まる性質があるため、左前頭葉の α 波が右前頭葉の β 波に比べて小さいとき、左前頭葉が相対的に活発である、つまり接近・意欲的な状態と判断できる。分母で和を取ることで個人差を正規化し、ハイパボリックタンジェント関数を用いて値を -1.0 から +1.0 の範囲に収束させた。

$$x = \tanh \left(k_x \frac{\alpha_{right} - \alpha_{left}}{\alpha_{right} + \alpha_{left}} \right) \quad (1.1)$$

ここで、係数 k_x はシステムの感度を調整するためのスケーリング係数である。生体信号の個人差や電極の接触状態によって計算値の振幅が異なるため、スケーリング係数を適切に設定することでわずかな脳波の変化でも判定結果に十分に反映されるように最適化を行った。

また、先行研究^[3]に基づき、Y 軸の算出には活動時や緊張時に優位となる β 波と、リラックス時に

優位となる α 波のパワー比を用いた(式 1.2)。対数 \ln を取ることにより、パワー比の倍率を等価に扱うことができる。例えば、 β パワーが α パワーの 10 倍である場合のパワー比は 10 となり、 α パワーが β パワーの 10 倍である場合のパワー比は 0.1 となるが、 \ln を取ることで 0 を中心とした対称な数値として扱うことが可能になる。その後、ハイパボリックタンジェント関数を用いて値を -1.0 から +1.0 の範囲に収束させた。スケーリング係数を適切に設定することでわずかな脳波の変化でも判定結果に十分に反映されるように最適化を行った。これにより、高覚醒(集中・緊張)から低覚醒(沈着・リラックス)までの状態を Y 軸として定義した。

$$y = \tanh(k_y \cdot \ln(\frac{\beta_{total}}{\alpha_{total}})) \quad (1.2)$$

これらの数式から導き出された(x, y)座標に基づき、各寮の性質を動的にマッピングするアルゴリズムを作成した。まず、第一象限は心理学的に積極的かつ高覚醒な状態を指す。これは自ら進んで対象に働きかける意欲があり、かつ精神的に非常に集中している状態であると考えられる。そのためこの特性を、勇気があり困難に対しても熱意をもって突き進むことができるグリフィンドールの性質と対応させた。次に、第二象限は心理学的に回避的かつ高覚醒な状態を指す。これは、行動は慎重であるが脳内では高度な情報処理が行われ、精神が研ぎ澄まされている状態であると考えられる。そのためこの特性を、知的で論理的思考力や深い洞察を好むレイブンクローの性質と対応させた。そして、第三象限は心理学的に回避的かつ低覚醒な状態を指す。これは精神的に安定し、リラックスしている状態を表していると考えられる。そのためこの特性を、穏やかで平和主義で、周囲との調和を重んじるハッフルパフの性質として定義した。最後に、第四象限は心理学的に積極的かつ低覚醒な状態を指す。これは、目標に対して意欲的ではあるが冷静沈着な状態であると考えられる。そのためこの特性を、野心を秘めながらも効率的な手段を選択するスリザリンの性質と対応させた。これらをまとめると下記の図 1 となる。

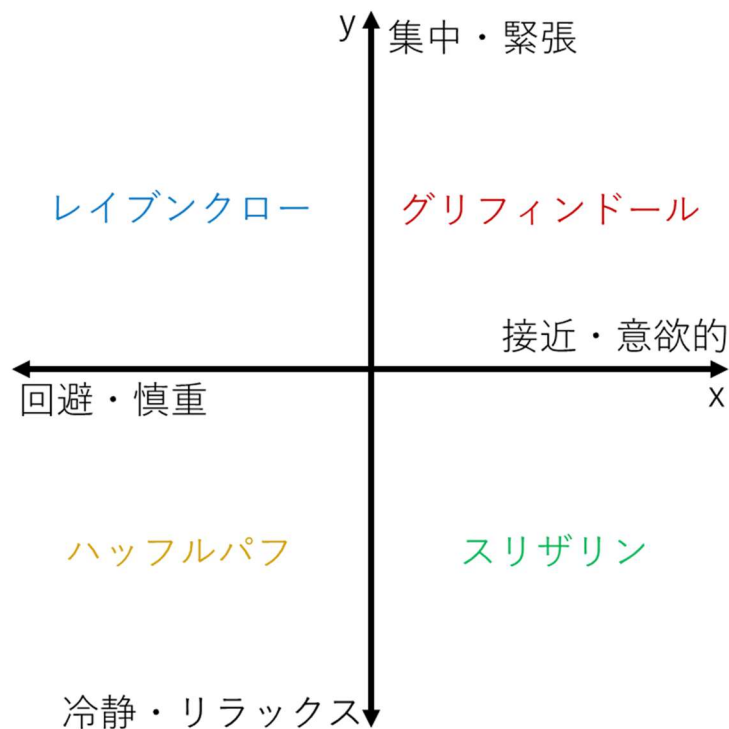


図 1：寮の対応と心理学的意味

3. 活動の成果や学んだこと

本ミッションにおける最大の成果は、閉眼安静時の脳波データをリアルタイムで取得・解析し、前述のアルゴリズムに則って4つのグループに分類し出力するプロトタイプシステムを完成させたことである。

システムの構築過程においては、ソフトウェアとハードウェアを連携させる特有の課題に直面した。特に、Python と生体信号処理ライブラリを連携させる際、取得される脳波データの構造の扱いや、型の不一致による引数エラーが頻発した。当初は一行のコードを通すことすら困難な状況であったが、エラーログを一行ずつ粘り強く読み解き、配列の要素数やデータ型を一つずつ確認しながら修正を繰り返した。また、組み分け帽子としての「思考する時間」を演出するため、測定開始から5秒間のデータを蓄積して一度だけ安定して判定を下すロジックを実装するなど、体験者の満足度を高めるための工夫も凝らした。

本ミッションを通じて、FFT や PSD といった信号処理の数学的知識をプログラムとして実装する技術力が身についた。さらに、思い通りに動かないシステムに対して論理的に原因を切り分け、粘り強く解決に導く実践的な問題解決能力を大きく成長させることができた。この経験は、単なるプログラミングスキルの向上にとどまらず、今後のミッションや研究活動において非常に強力な武器になると確信している。

4. 今後の展開

本ミッションを通じてリアルタイムでの脳波分類システムのプロトタイプを完成させたが、運用過程でいくつかの課題も明確になった。一つは判定アルゴリズムにおける個人差への適応問題である。現状ではスケーリング係数を固定値として設定しているが、今後は測定開始時に数十秒間の閉眼安静時脳波を計測し、その値を基準として動的に係数をキャリブレーションする機能を追加したいと考えている。

また、現在は Anaconda Prompt 上のテキスト出力でとどまっているが、今後は GUI(Graphical User Interface)や判定確定時の音声などを実装し、視覚や聴覚に対する演出を強化することでよりエンターテインメント性の高い体験型展示システムへ昇華させたいと考えている。

5. まとめ

本ミッションでは、従来のアンケート形式が抱える主観性という課題に対し、閉眼安静時の脳波を用いた客観的な性格分類システムの構築に挑戦した。リアルタイムの心理状態を反映する接近・回避モデルと覚醒度指標を軸とし、動的な独自のアルゴリズムを確立することができた。

開発過程では国際 10-20 法に基づいた正確な電極配置や、対数を用いた比率の対称化、ハイパボリックタンジェント関数によるスケーリングなど、工学的なアプローチを徹底した。そして、複雑な生体信号処理を安定して動作するプログラムへと落とし込み、アルゴリズムと組み合わせる最終的には4つの察の性質と心理学的な四象限モデルを矛盾なく融合させたシステムの土台を完成させた。

本ミッションを通じて、既存の理論を鵜呑みにせず先行研究に基づいた論理的な手法を再構築する重要性を学んだ。また、ハードウェア制御と信号処理アルゴリズムの実装という実践的なエンジニアリング経験は、主体的かつ多角的に問題を解決する能力を大きく向上させてくれたと体感している。この知識を基に、来年度も新たなミッションを提案し、実現する。

参考文献

- [1] Korjus, K., Uusberg, A., Uusberg, H., Kuldkepp, N., Kreegipuu, K., Alliki, J., Vicente, R., & Aru, J. (2015, February 13). *Personality Cannot Be Predicted from the Power of Resting State EEG*. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25762912/>
- [2] Davidson, R. J. (1992, September 20). *Anterior Cerebral Asymmetry and the Nature of Emotion*. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1389117/>
- [3] Pope, A. T., Bogart, E. H., & Bartolome, D. S. (1995, March). *Biocybernetic System Evaluates Indices of Operator Engagement in Automated Task*. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0301051195051163>