

2025 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：異分野連携

研究期間：2025 年度

課題番号：25253001

研究課題名（和文）：機械学習による風の心地よさ感に関連する脳領域の推定

研究課題名（英文）：Estimation of brain regions related to sensation of wind pleasantness based on machine learning

研究代表者：大風 翼

交付決定額（当該年度）：280,000円

1. 研究の目的

近年、時間応答性の高い生理指標として、脳波が執務空間の快適性や睡眠の質の評価等に活用され始めている。研究代表者らは 2023 年に本共同研究の助成を受け、熱的中立環境下の人工気候室で取得した風曝露時の脳波の平均パワースペクトル密度を用いて、機械学習により風の心地よさ感の二値分類を試みた。この研究では、医学研究用脳波計が用いられ、64 電極と高密度かつ低ノイズでの計測が可能で、装着時の電極と頭皮の間の導電ジェルを使用を含め、実験参加者の負担や実験従事者の手間が大きいという課題があった。建築・都市空間を対象とした検討では、日常の活動時や、屋外での計測にも有利な、より取り回しの良い脳波計の活用も期待される。そこで本研究では、電極数が約半数で、導電ジェルの代わりに生理食塩水を使用し、Bluetooth でのデータ伝送が可能で、使用者の負担が比較的少ないと考えられる無線式脳波計を用い、前述の実験と同一の環境条件で脳波の計測を行った。続いて、前述の機械学習手法で、脳波から風の心地よさ感を分類予測し、医学研究用脳波計による結果との比較から、無線式脳波計の有用性の検討及び判別に寄与する脳領域の分析を行った。

2. 研究の方法

実験は、2025 年 9 月に、東京工芸大学風工学研究センター内の人工気候室で実施した。無線式脳波計は Emotiv 社製 EPOC FLEX Saline を用いた。今回用いる無線式脳波計は、これまで用いてきた医学研究用脳波計と比べ、電極数が半分(32 電極)である。熱的中立条件(室温 27℃、相対湿度 70%)下で 8 秒間、屋外気流を模した風を浴びた後、その風の心地よさ感を申告するトライアルを、脳波計測と並行して 150 回行った。曝露風速は 5 種類(0.50, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 m/s)でトライアルごとにランダムとした。申告値は、0 を中立として、-3.0 (Unpleasant) から 3.0 (Pleasant) までの 0.1 刻みとした。実験参加者は、右利きで健康な成人とし、計 22 名(男性 11 名、女性 11 名)である。このうち 5 名(男性 2 名、女性 3 名)は、2024 年 11 月の予備実験で計測した。なお、3 名は脳波測定の不具合、2 名は申告の大きな偏りがあったため、以降の分析から除外している。

3. 研究成果

無線式脳波計で取得した 1 名分のデータを検証用とし、残りの 16 名分のデータを学習用とした。特徴量は、各脳領域(44 領域)・周波数帯(4 周波数帯)の平均パワースペクトル密度とした。特徴量を全脳領域・周波数帯とし、無線式脳波計のデータで分類器を生成し、二値分類を行うと、17 名中 14 名で平均正解率がチャンスレベル(50%)を超え、全体の平均正解率は 62.7%、標準偏差は 15.6%となり、統計的に有意に分類できた。分類器の識別関数における各特徴量の重みについて、17 名分の検証の平均値を算出し、予測への寄与度を推定した。図 1 に、Pleasant と Unpleasant それぞれの予測に大きく寄与した上位 10 個ずつ、計 20 個の脳領域・周波数帯を示す。体性感覚に関わるとされる領域やワーキングメモリに関するとされる領域、動作の準備に関わるとされる領域が抽出された。

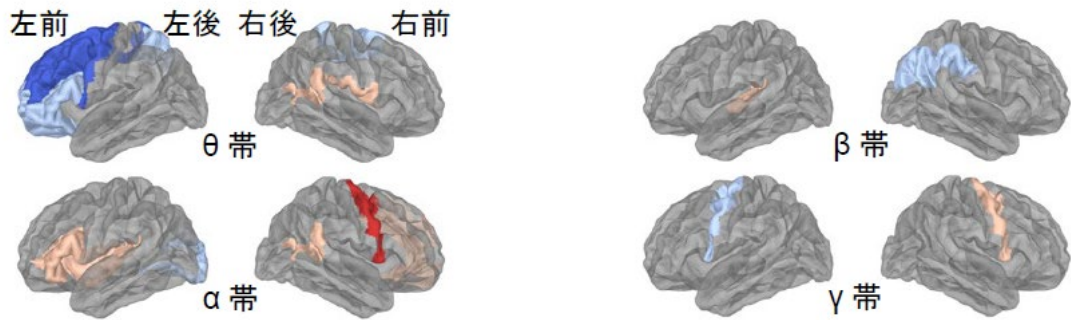


図 1 無線式脳波計のデータで生成した分類器で風の心地よさ感の予測への寄与が大きいと推定された 20 個の脳領域・周波数帯(着色領域)とそのうち医学研究用脳波計と共通した 4 個の脳領域・周波数帯(濃色領域)(赤: Pleasant 予測に寄与、青: Unpleasant 予測に寄与)

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. 東野莉奈、玄英麗、吉村奈津江、大風翼: 脳波を用いた風の心地よさ感評価に関する研究(その 4) 短時間フーリエ変換に基づく心地よさ判別への寄与に関する脳波の時間変動分析、2025 年度日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学、pp167-168

[学会発表] (計 1 件)

1. 東野莉奈、玄英麗、吉村奈津江、大風翼: 脳波を用いた風の心地よさ感評価に関する研究(その 4) 短時間フーリエ変換に基づく心地よさ判別への寄与に関する脳波の時間変動分析、2025 年度日本建築学会大会学術講演会、2025 年 9 月 9 日～9 月 12 日、福岡

[図書] (計 0 件)

[その他、産業財産権、ホームページ等]

5. 研究組織

(1) 研究代表者

大風 翼 (東京科学大学 環境・社会理工学院)

(2) 研究分担者

1. 吉村 奈津江 (東京科学大学 情報理工学院)
2. 玄 英麗 (東京工芸大学 工学部)
3. 東野 莉奈 (東京科学大学 環境・社会理工学院)

6. 要約 (Abstract, 英文)

Research Theme

Estimation of brain regions related to sensation of wind pleasantness based on machine learning

Representative Researcher (Affiliation)

OKAZE Tsubasa (Institute of Science Tokyo)

Summary • Figures

This study aims to compare the classification accuracy of the pleasantness of wind under thermoneutral conditions based on machine learning using two different electroencephalographs. EEG data was recorded with 32 electrodes using a portable electroencephalograph (FLEX 2 Saline by Emotiv) this year and 61 electrodes using an electroencephalograph (eego sports64 by ANT Neuro) recorded as a previous study. EEG data were collected through an experiment performed in an artificial climate chamber at the Atsugi campus of Tokyo Polytechnic University. During the experiments, the air temperature and relative humidity were maintained at 27 °C and 70%, respectively. Each session consisted of 50 trials, and each participant completed three sessions (150 trials in total). After removing noise from the measured EEG signals, the power spectral density in each brain region was calculated. The power values of the four frequency bands in all regions were used as the features for the classification analysis using machine learning. In this study, we applied a support vector machine as the classifier. Average weights for each feature in the classifier's decision function were calculated based on data from 17 participants, and their contribution to prediction was estimated. Figure 1 shows the top 10 brain regions and frequency bands each that contributed significantly to the prediction of "Pleasant" and "Unpleasant," respectively, for a total of 20 regions and bands. Regions associated with somatosensory processing, working memory, and action preparation were identified.

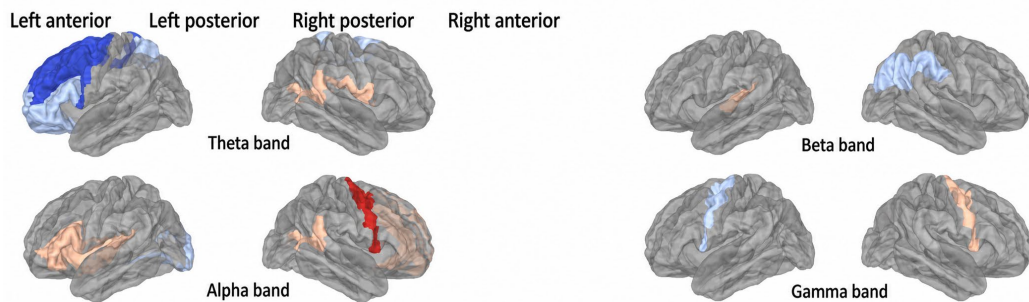


Figure 1. Twenty brain region–frequency band combinations (colored regions) estimated to contribute strongly to the prediction of wind pleasantness by a classifier generated from data obtained with a wireless EEG device, and four of those brain region–frequency band combinations (dark-colored regions) that were also common to a medical research-grade EEG device (red: contributes to Pleasant prediction; blue: contributes to Unpleasant prediction).