

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	脳波による感情の回帰予測と完全閉じ込め状態患者への適用可能性の検討
Title(English)	Electroencephalography-based emotion regression and discussion on its applicability to patients in completely locked-in state
著者(和文)	丸山裕恒
Author(English)	Yasuhisa Maruyama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11982号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉村 奈津江,小池 康晴,金子 寛彦,八木 透,小尾 高史
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11982号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		丸山 裕恒		
			氏名	職名			
論文審査 審査員	主査		吉村 奈津江	准教授	審査員	小尾 高史	准教授
	審査員		小池 康晴	教授			
			金子 寛彦	教授			
			八木 透	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、人間の感情の度合いを脳波から予測することを目的として、感情を誘発する画像を呈示した時の脳波に独立成分分析を適用することで、感情度合いを表現し得る脳領域とその信号の特徴を示唆し、さらに健常者以外への適用可能性の例として完全閉じ込め状態患者と健常者の脳波比較を示すものであり、「脳波による感情の回帰予測と完全閉じ込め状態患者への適用可能性の検討」と題し、和文 4 章からなる。

第 1 章「序論」では、本論文の技術が主に利用されるブレイン・コンピュータ・インタフェース(BCI)の概要と用途について述べ、BCI を用いた感情予測の難しさと完全閉じ込め状態患者の感情予測の必要性について言及している。また、BCI を用いた感情予測への関心が高まる一方で、多くの研究では快や不快など複数の感情の“識別”を行っており、感情の程度を定量的に読み取る“回帰分析”はあまり試みられていないことを指摘している。感情の程度を捉えるためには回帰分析による予測が重要であり、さらに感情の回帰予測に有効な脳領域を特定することで、その予測式が生理学的に妥当なものであるかを検証することの重要性も述べている。これらの検討を第一に健常者を対象として行い、感情の回帰予測に有効な脳領域および特徴の特定を目的としている。第二に、特定した脳領域や特徴を広範囲な対象者に適用する例として、完全閉じ込め状態の筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者への適用可能性を議論することを本論文の目的とすると述べている。

第 2 章「健常者における脳波を用いた感情の回帰予測」では、健常者 26 人に対して感情を誘発する画像を呈示した時の脳波を用いて感情の程度を予測する回帰分析を行い、回帰精度に寄与する脳領域と特徴を示唆している。感情認識の研究で用いられる、人間の感情を「快不快」の度合いを表す軸と「興奮鎮静」の度合いを表す軸の平面モデル上に表現する Russel モデルを紹介し、そのモデル上の各軸の数値レベルを脳波から回帰分析により予測している。様々な神経活動が混在した脳波を独立した神経活動に分離する手法として利用される独立成分分析を実験で計測した脳波に対して適用し、その後ダイポール推定を行うことでそれぞれの独立成分(IC)の脳領域を特定している。実験参加者全員分の脳波から推定された IC のクラスタリング分析から特定された 7 個の IC クラスタの中で、重心が右楔部と呼ばれる脳領域にある IC クラスタは、快・不快、興奮・鎮静の全ての度合いの予測に有効である可能性が示唆され、重心が右楔前部にある IC クラスタは不快度合いと興奮度合いの予測、重心が左中心前回にある IC クラスタは不快度合いの予測、重心が左中帯状回にある IC クラスタは興奮度合いの予測への貢献が示唆されたと述べている。また、脳波成分としては主に θ 帯、 α 帯、 γ 帯が寄与していたとし、得られた IC クラスタの位置は核磁気共鳴画像を用いた感情に関する先行研究で示唆された領域と一致していることから、生理学的に妥当なものと結論づけている。

第 3 章「完全閉じ込め状態の ALS 患者の脳波」では、完全閉じ込め状態に至った ALS 患者と健常者の脳波を比較することで、第 2 章で示唆された特徴の適用可能性について述べている。まず、完全閉じ込め状態患者へ BCI 研究では未だ十分な意思抽出精度が得られていないと説明している。この問題に対して、完全閉じ込め状態の患者の脳波が健常者と異なる可能性について指摘し、ALS 患者の脳波を調べた研究結果を紹介している。それらの研究では ALS 患者の脳波について調べたものは多いが、完全閉じ込め状態の患者複数名を対象とした研究はほとんどないことに言及し、10 名の完全閉じ込め状態の ALS 患者の脳波データについて健常者と比較している。その結果、完全閉じ込め状態の患者において high α 帯、 β 帯、 γ 帯のパワー減少が見られたことを示し、第 2 章で得られた結果を考慮すると楔部に重心を持つ IC クラスタの θ 帯パワーであれば、完全閉じ込め状態の患者においても感情の回帰予測に有効である可能性がある結論づけている。

第 4 章「結論」では、健常者での検討を通して感情度合いの予測への寄与が示唆された脳領域が注意や記憶に関連する神経活動に関連していることを述べるとともに、完全閉じ込め状態の患者にも適用できる可能性について述べている。その一方で、健常者および完全閉じ込め状態の患者のいずれに対しても、感情予測への有効性を更に検討した上で予測システムを開発していく必要性について言及している。

以上要するに本論文は、あらゆる人々の感情度合いを予測するために有効な脳領域を特定し、感情予測システムの実現に大きく寄与するものであり、工学上の貢献が大きい。よって博士(工学)の学位論文として十分な価値を持つと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。