

ALS 患者を対象とした代替的感情表現機構の実現

佐野小春[†] 中村太戯留[‡] 岡田龍太郎[†] 中西崇文[†]

[†] 武蔵野大学データサイエンス学部データサイエンス学科 〒135-8181 東京都江東区有明 3-3-3

[‡] 武蔵野大学教養教育リサーチセンター 〒202-8585 東京都西東京市新町 1-1-20

E-mail: [†]s1922015@stu.musashino-u.ac.jp, {ryotaro.okada, takafumi.nakanishi}@ds.musashino-u.ac.jp

[‡] tagiru_n@musashino-u.ac.jp,

あらまし 本稿では、ALS 患者を対象とした脳波データを対象とした代替的感情表現機構の実現方式について示す。一般的に、ALS 患者を対象として、脳波データからその感情に合致したジェスチャーをロボットなどの感情表現機構に実現することにより、患者と介護者との円滑な意思疎通の手助けが可能であると考える。本方式では、あらかじめ、感情を想起させる音声ナレーションによるストーリーをユーザに聴取させながら脳波データを計測しておき、そこから得られた傾向から、新たに取得された脳波データと相関の高い感情をその脳波データが表す感情であると推定し、その感情に紐づけられたジェスチャーをロボットなどの代替的感情表現機構で実現する。

キーワード 脳波、感情、ロボット、ジェスチャー、ALS

1. はじめに

近年、アイスバケツチャレンジとして、指名を受けた人は氷水をかぶるか ALS 協会に寄付をするか、あるいはその両方を行うかを選択し、選択後次の挑戦者を指名するといった運動が盛んに行われていた。このアイスバケツチャレンジは ALS(筋萎縮性側索硬化症)の知名度を上げるためにアメリカで始まり、世界各国に広がりを見せた。

一般に ALS 患者のコミュニケーションをサポートする方法は腕や指を動かすことが可能な患者の場合、患者にとって親しみのある筆談やスマートフォン、タブレットなどが使用されている。腕や指を動かすことが不可能な患者の場合、文字盤や口文字がよく活用されている。しかしながら文字盤や口文字は母音と子音をそれぞれ確認する必要があり、必然的に介護者が必要となり、コミュニケーションを行う時間がかかることがある。

一方で ICT や専門装置を利用する ALS 患者のコミュニケーションをサポートする方法が注目されている。例えば、僅かな筋肉の動きと指先の僅かな動きを入力スイッチとして活用する装置[ピエゾニューマティックセンサスイッチ]、視線で文字入力する装置 [OriHime eye+Switch] が開発されている。これらの装置を利用することにより、母音と子音をそれぞれ確認する手間が省くことができる。しかしながら、まぶたを開けることのできない患者の場合、これらの装置を使うことができず、自分の気持ちを相手に伝えることが困難になる。これらのことから、ALS 患者と介護者を対象として、能動的にかつ簡易に気持ちを伝える手段の実現が重要である。

これらを実現するために、我々は、ALS 患者のリア

ルタイムで取得可能な脳波データに着目する。脳波データから感情を推定する機構、及び、推定した感情を表す自らの代替となるロボットが実現されれば、リアルタイムで、感情表現、理解を含む円滑なコミュニケーションが実現できると考えられる。

本稿では ALS 患者を対象とした脳波データを対象とした代替的感情表現機構の実現について示す。一般的に、ALS 患者を対象として、脳波データからその感情に合致したジェスチャーをロボットなどの感情表現機構に実現することにより、患者と介護者との円滑な意思疎通の手助けが可能であると考える。本方式は、あらかじめ、感情を想起させる音声ナレーションによるストーリーをユーザに聴取させながら脳波データを計測しておき、そこから得られた傾向から、新たに取得された脳波データと相関の高い感情をその脳波データが表す感情であると推定し、その感情に紐づけられたジェスチャーをロボットなどの代替的感情表現機構で実現する。

本方式を実現することにより、ALS 患者の脳波データから感情を推定し、その感情を表すジェスチャーを代替的感情表現機構であるロボットで実現することにより、ALS 患者が能動的かつ簡易に気持ちを伝える感情表現、理解を含む円滑なコミュニケーションが実現できると考えられる。

本稿は、次のように構成される。2 節では、関連研究について紹介する。3 節では、本方式での感情推定のために用いるいくつかの心理学分野の研究について紹介する。4 節では、脳波データによる代替的感情表現機構の実現方式について示す。5 節では、本方式を実現する実験システムを構築し、評価実験を行い、そ

の結果について示す。6節で本稿をまとめる。

2. 関連研究

本節では、本方式に関連する研究について挙げる。

2.1 聴覚刺激による脳波の感情に関する研究

遠藤ら[1]は特定の周波数の単音を一定の周期で発生させたクリック音、一見不規則に見えるカオス的間隔で発生する水琴窟からの音、および広範囲にわたる周波数ゆらぎおよび強度ゆらぎを含む複雑な構造を持つ音楽という、性質の異なる3種類の聴覚刺激を与えた場合に誘発される脳活動を測定することで、脳の感情応答を推定している。この研究では、複雑な構造を持つ音楽において脳活動が大きな変化を起こしていることが示されており、脳の感情応答もそれに連動して起こると推定している。

本稿で述べる提案方式は音声ナレーションによる擬似体験を刺激として脳活動を計測する点、さらに周波数特性を用いた既存パターンとの類似性の計量によって感情推定を行う点で異なる。

2.2 脳波による感情可視化システムに関する研究

竹内ら[2]は快・不快・睡眠を喚起させる3種類の音刺激(快音:クラシック音楽、不快音:スクランチ音、睡眠:単調連續音)を与えた時の自発脳波からリアルタイムで快音・不快音刺激下における被験者の感情の可視化システムの構築を行っている。

この研究では不快音・快音刺激下における被験者の感情の可視化を目的としており、両刺激下における感情の違いの可視化と、不快音刺激から快音刺激に変えたときの感情の変化をとらえることを可能としている。本稿で述べる提案方式は音声ナレーションによる擬似体験を通じた感情推定による各自専用の感情の定義づけとロボットのジェスチャーによる感情可視化を目的としている点で異なる。

2.3 ロボット感情分析手法の応用に関する研究

保科ら[3]は感情分析のための生体情報(脳波、心拍)を小型計算機上に収集する仕組みと音源定理を行って感情分析手法を行い、それをリアルタイム解析してロボット制御にフィードバックすることで、リハビリの促進意欲を向上させる方法について検討している。ロボットの「声かけ」という動作が人に与える心理的影響を、生体感情推定手法により測定し、その効果を検証している。

本稿で述べる提案方式は、感情推定により導き出された感情を代替的にロボットがジェスチャーにより相手に伝えることを目的としている点で異なる。

2.4 本方式の位置づけ

本方式では脳波データから周波数分析を行い、周波数帯域を算出し、事前に関連付けた、感情の推定を行い、身体的に感情を表現することが困難な患者の意思

表1 主要な評価次元とその結果

	起こる	起こらない
望ましいこと	喜び	悲しみ
望ましくないこと	苦痛	安堵

疎通の手助けを行うことを目的としている。脳波データと感情の繋がりは個人差が発生するため、感情誘発を行うためのモバイルアプリケーションを開発し、そのアプリケーション内で感情誘発を行い、その間に脳波データを計測する。このアプリケーションにより、計測した脳波データと誘発した感情を関連付けることが可能となる。

感情誘発には、感情を想起させる音声ナレーションによるストーリーをユーザに聴取させながら擬似体験を行う。その音声聴取後に分類された当てはまる感情を選択してもらうことで、その感情と脳波データを関連付けることを可能としている。感情誘発アプリケーション終了後はリアルタイムで計測している脳波データを、関連付けられたそれぞれの感情の脳波データの中から一番脳波の数値の近い感情のジェスチャーをロボットがリアルタイムで行うことで、リアルタイムでの感情可視化を可能としている。

これまでの脳波と感情の研究では、聴覚刺激に音を使用する場合が主であった。それにより不快感や聴覚刺激反応の有無についての可視化などが可能になりつつある。一方、本方式では、音の聴覚刺激ではなく、音声ナレーションによる擬似体験を刺激としているため、感情と脳波を直接的に関連付けることが可能としている。これにより、感情誘発アプリケーションで取得した脳波データをもとに、リアルタイムの感情を推測することを可能にしている。

また、感情誘発時に得られる感情を4分類し4つの感情と平常時の合計5つの感情で推定を行なっている。

3. 感情推定のための感情分類

本方式では、感情の推定として脳波を使用し、事前に感情誘発アプリケーションを用いて誘発された感情と脳波の関係を取得し、新たな脳波データから感情を推定し、可視化することを目的としている。本方式では刺激である、音声ナレーションによる擬似体験により誘発された感情を4象限に分類している。また、その4象限の中でどの感情に当てはまるかについて15つの感情から選択を行なっている。その4つの感情象限と15つの感情に、それぞれRosemanの「主要な評価次元とその結果」[4]とLazarusの「感情とそれらの認知的原因」[4]を用いる。

Rosemanは表1のように主要な評価次元とその結果として、感情を4象限に分類している。Lazarusは感情

表 2 感情とその結果それらの認知的原因

感情	中心的関係主題
怒り	自分を傷つけようとする攻撃.
不安	確実であるが実在する脅威に直面すること.
恐怖	直接的で具体的かつ抗しがたい身体的な危険に直面すること.
罪悪感	道徳的原則から逸脱すること.
恥	理想自我にふさわしい生活をし損なうこと.
悲しみ	取り返しのつかない喪失を経験すること.
ねたみ	だれかほかの人が持っているものを欲すること.
嫉妬	他の人の愛情を喪失することや脅威に対して第三者を恨むこと.
嫌悪	我慢ならない対象や考え方(比喩的な言い方)を受け入れることやそれらに非常に近づくこと.
幸福	目的の実現に向かって適度に進歩すること.
誇り	価値ある対象あるいは達成に関して功績を認められることにより、自分自身のじが同一性を高めること、あるいは自分が同一視している人物や集団の自我同一性を高めること.
安堵	目標と合わない心痛める条件が良い方向に変化すること、または、よくなること.
希望	最も悪いことを恐れ、より良いことを願うこと.
愛	愛情を望んだり共有すること。通常相互的であるが、必ずしもそうではないこともあります。
同情	ほかの人の苦しみに心を動かされ、助けたいと思うこと.

とそれらの認知的原因として、表 2 の 15 種類の感情とそれらに結びついた中心的関係主題(15 種類の感情についての定義)を挙げている。

本方式では、これら 2 つの感情分類を適用する。また、Roseman の主要な評価次元とその結果については、それら 4 つに当てはまる感情は一例であるため、本方式では、4 象限のうち、どれに当てはまるかのアンケートを実装したアプリケーション内で行なっている。4 象限に感情を当てはめるために、Lazarus の 15 種類の感情を実装したアプリケーション内で選択してもらいう。感情誘発とアンケートのために実装したアプリケーションの表示例について図 1 に示す。これにより、誘発された感情を 4 象限と 15 種類に分類することができ、その選択された感情を誘発された感情と捉えている。

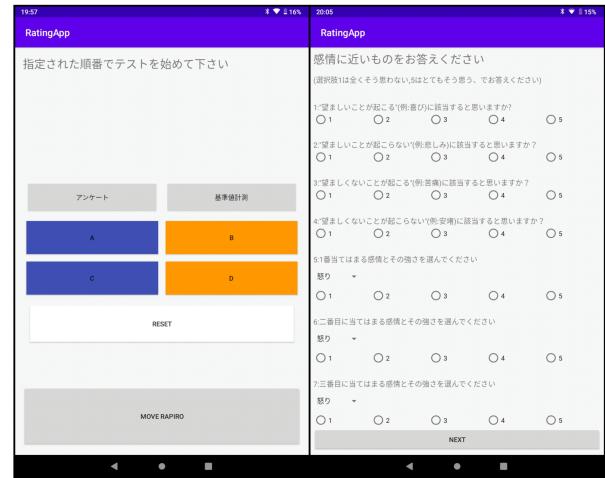


図 1 アプリケーション画面例

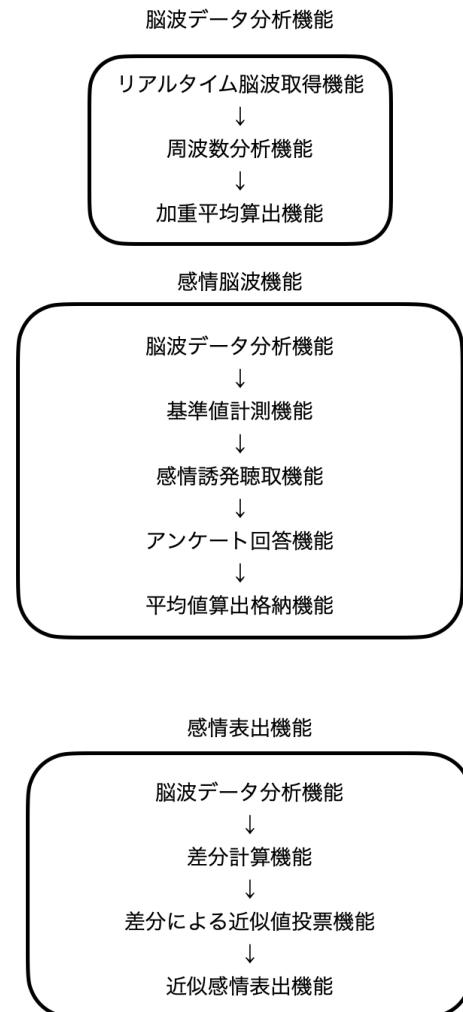


図 2 本方式の全体像

4. 脳波データによる代替的感情表出機構の実現方式

本節では、提案方式である脳波データによる感情推

定の方式について述べる。

4.1 提案手法の概要

本節では提案方式の概要を述べる。提案方式の全体像を図2に示す。

本方式を実現する目的は、ユーザに取り付けられた脳波計測デバイスから脳波データを取得し、その脳波に相關した感情を推定した上で、その感情に合致したジェスチャーを表出することにある。本方式では、脳波データと感情を関連付けるために、事前に感情を誘発するための音声ナレーションや感情の定義づけを行うためのアンケート、脳波データの取得計算を円滑に行うためにアプリケーションを開発した(図1参照)。そのアプリケーションに従い感情誘発を行いながら脳波データを取得した。実際に想起された感情とその間に計測された脳波を関連付けることにより、その感情が誘発された際に、近しい脳波データになると仮定している。

本方式では、覚醒時の安静閉眼時の脳波を計測し、その脳波を通常時とし、音声ナレーション聴取時に閉眼を促し、聴取時の脳波を聴取直後に行うアンケートで得た感情と関連付けし、感情推定を行う。本方式では、感情の分類として3章で紹介した Roseman(1984)の「主要な評価次元とその結果」と Lazarus(1991)の「感情とそれらの認知的原因」を適用している。ユーザには、Roseman(1984)の「主要な評価次元とその結果」の「望ましいこと」、「望ましくないこと」が「起こること」、「起こらないこと」の4象限に分類をし、その分類をした象限の具体的な感情を Lazarus(1991)の「感情とそれらの認知的原因」から選択することで感情を表現することとした。アンケート上で Roseman により定義された4つの感情象限のうち当てはまるものを選択してもらい、さらに Lazarus により定義された15感情を選択してもらうことで感情と感情の分類を明確化している。

4.2 脳波データ分析方法

本節では、脳波計測デバイスから取得される脳波データ分析機能について示す。本機能は、リアルタイム脳波取得、周波数分析機能、加重平均算出機能の3機能で構成される。各機能について、次に詳細を述べる。

4.2.1 リアルタイム脳波取得

リアルタイムの脳波から感情を表出するためにはリアルタイムの脳波を取得する必要がある。本方式では脳波計に Emotiv 社の Epoch+を使用している。本システムの脳波の測定部位は国際 10-20 電極法に基づいた部位 2 点(AF3, O2)である。リアルタイムの感情表出を行うために現在の感情を表すアンケートが必須であり、かつ、リアルタイムで脳波の分析計算を行う必要があったため、アプリケーションを通じての実験が必要で

あり、Epoch+と感情誘発アプリの通信が必須であった。よってアプリケーションと Epoch+を接続するために Emotiv の標準 API である Cortex を利用した。Cortex を用いてアプリケーションと Epoch+を通信し、脳波データをリアルタイムで取得することを可能としている。

4.2.2 周波数分析機能

脳波を分析する上で、波形の大きさや周波数を定量的に表すために周波数分析を行った。4.2.1 節で述べた方法で取得した脳波データに、周波数分析を行い、5つの周波数帯域 (θ 波: 4.0 ~ 8.0 Hz, α 波: 8.0 ~ 12 Hz, Low β 波: 12 ~ 16 Hz, High β 波: 16 ~ 25 Hz, γ 波: 25 ~ 45 Hz) に分割した。

4.2.3 加重平均算出機能

通常、脳波を測定する際に、ノイズが発生することがある。先行方式では被験者の脳波データを統計的に分析することでノイズ除去を行う方法が用いられている。しかしながら、本方式ではリアルタイムデータ、かつ、個人のデータとして蓄積させるため、複数の被験者からの統計をとることを困難としている。そのため、本方式では加重平均をノイズ除去として適用している。リアルタイムの脳波データを周波数分析し、5つの周波数帯域を2つ計測箇所で計測をしている。それぞれの周波数帯域のデータを5つ取得した際に、その5つの値を用いて加重平均を計算し、その値を使用することで、リアルタイムでノイズ除去を可能としている。

4.3 感情脳波機能

本節では、感情表出のために使用する、感情と脳波の関連付けの方法について述べる。本機能は、脳波データ分析機能、基準値計測機能、感情誘発聴取機能、アンケート回答機能、平均値算出格納機能の5機能で構成される。各機能について、次に詳細を述べる。

4.3.1 脳波データ分析機能

4.2 節で示した方法により、脳波所得及び、脳波分析を行う。

4.3.2 基準値計測機能

本方式では、感情の誘発中の脳波を計測することで、脳波と感情の定義付けを行なっている。それに伴い、平常時の脳波を取得する必要がある。そこで、15秒間安静覚醒時の脳波を取得することで、平常時の脳波を取得している。また、脳波の開眼閉眼への影響を考慮し、アプリ内で閉眼を促し、閉眼した状態で計測を行なっている。なお、誘発された感情を引きずることを防ぐため、基準値計測は、最初に行なっている。

4.3.3 感情誘発聴取機能

感情を想起させる音声ナレーションのストーリーをユーザに聴取させることで、擬似体験を目的としている。このストーリーはネガティブ感情を誘発するネ

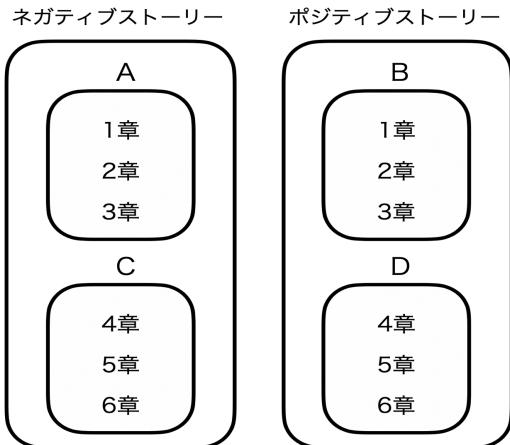


図 3 感情誘発ストーリー区分

ネガティブストーリーとポジティブ感情を誘発するポジティブストーリーの 2 つのストーリーでできている。ポジティブ感情誘発には、日常のしがらみから解放された、自由で安らかな感覚を体験できるとされている、綿元彰「Yoga ではじめる瞑想入門」の本[5]に付属している CD を採用している。ネガティブ感情誘発には、自らの死の擬似体験ができるとされている、山崎章郎「死の体験授業」[6]を採用している。死の体験授業については、第三者が朗読を行い、その音声を録音し、感情誘発のコンテンツとして使用した。また、死の体験では喪失感を味わうために大切なものを例挙し、ストーリー中に消去するという構成になっている。2 つのストーリーをそれぞれ 6 章に分け、3 章でセットにしている(図 3 参照)。順序効果を防ぐため、被験者には A→B→C→D の順序で聴取するネガティブ感情誘発始めのパターンと、B→A→D→C で聴取するポジティブ感情誘発始めのパターンを想定している。始まりの誘発感情を変更することでの順序効果を防ぐことを目的としている。

4.3.4 アンケート回答機能

音声聴取中の感情を定義付けするために、章の終了ごとに現在の感情についてのアンケートを行う。アンケートの内容については 3 章の感情分類あげた、4 種の感情象限と 15 種の感情の中で当てはまるものを選択する。4 種の感情象限において、どれくらい当てはまるかを「とても当てはまる」から「全く当てはまらない」の 5 段階で評価を行う。次に、現在の心境として、どれに 1 番当てはまるかを 15 種の感情の中から選択する。また、その感情の強さを同様に 5 段階で評価する。この作業を現在の心境の 3 番目の感情まで行う。これにより、1 章ごとに計 10 回のアンケートに、回答することになる。これらの作業をポジティブストーリーとネガティブストーリーのそれぞれ 6 章、計 12 回行う。



図 4 人型ロボット Rapiro

4.3.5 平均値算出機能

感情誘発中の脳波データと感情を関連付けるために脳波データを各シーンごとに分割する必要がある。各シーン、各電極箇所、各周波数帯域、ごとに 4.2 節の脳波データ分析を終えた脳波データを格納する。それらの平均値を算出することで、その章の感情と脳波データを関連付けることを可能にしている。よって 1 章につき、各電極箇所(AF3, O2)と各周波数帯域(θ 波、α 波、Lβ 波、Hβ 波、γ 波)の計 10 の脳波データ、計 12 章で 120 の脳波データと感情の関連付けを行い、個人の感情脳波データとして格納している。

4.4 感情表出機能

本節では 4.3 節で得られた感情脳波データを用いて、リアルタイムの脳波データに対しての感情表出方法について述べる。本機能は脳波データ分析機能、リアルタイム脳波データと感情脳波データの差分計算機能、差分による近似値投票機能、近似感情表出機能の 4 機能で構成される。各機能について、次に詳細を述べる。

4.4.1 脳波データ分析機能

4.2 節で示した方法により脳波取得及び、脳波分析を行う。

4.4.2 差分計算機能

リアルタイムで感情の表出をするために、4.3 節で取得した、感情脳波データとリアルタイム脳波を比較し、感情推定を行う必要がある。感情脳波データはストーリーの 1 章につき、各電極箇所と各周波数帯域の計 10 個の脳波データ(AF3: θ 波、AF3: α 波、AF3:Lβ 波、AF3:Lβ 波、AF3:γ 波、O2: θ 波、O2: α 波、O2:Lβ 波、O2:Lβ 波、O2:γ 波)を格納している。

ここからは通常時の脳波データを通常時の脳波データとして感情脳波データに組み込む。よって感情脳波データは 12 章と通常時の計 13 場面の、脳波データ

(AF3: θ 波, AF3: α 波, AF3:L β 波, AF3:L β 波, AF3: γ 波, O2: θ 波, O2: α 波, O2:L β 波, O2:L β 波, O2: γ 波), 計 130 個となっている。

リアルタイム脳波と感情脳波データの, 10 個の脳波データごとに, 絶対値で差分を取得する。得られた絶対値の値が小さければ, 近似しているということになる。それにより, 一番差分の少ない場面を取得する。よって, 10 個の脳波データごとそれぞれで近似していると判断された 10 個の場面を取得する。

4.4.3 差分による近似値投票機能

4.4.2 節で述べたように, 各電極箇所と各周波数帯域の値で一番近似した感情脳波データの場面を抽出する。抽出された各電極箇所と各周波数帯域の近似性の高いと判断された 10 個の場面の中から, どの場面が最も数が多いかを投票し, 最も投票数の多かった場面の感情を, 現在の感情に最も近い感情としている。

4.4.4 近似感情表出機能

4.4.3 節で導き出された投票数の多い場面の感情を現在の感情として表出するために, 本方式では, 人型ロボットの Rapiro を採用した(図 4 参照)。Rapiro は人型ロボットであるため, ジェスチャーを行うことを可能としている。事前実験により, ストーリー区分の A,B,C,D の中の 3 章間は誘発される感情が類似している傾向があった。そのため, 投票数の多い場面の感情を現在の感情と捉え, 表出する。Rapiro にストーリー区分 A, B, C, D それぞれに誘発される感情にあつたジェスチャーを与えることで, リアルタイム脳波データからロボットにジェスチャーとして感情表出を行っている。ジェスチャーには, ストーリー区分 A に悲しそうなジェスチャー, B に少し喜ぶようなジェスチャー, C に不安定なジェスチャー, D に上機嫌なジェスチャーを適用している(表 4 参照)。

以上によって, 脳波データを対象とした代替的感情表出機構を実現する。

5. 評価実験

本節では, 本手法の評価実験について述べる。5 節の構成について述べる。5.1 節では, 本手法の評価方法について述べる。5.2 節では, 実験環境について述べる。

5.1 本手法の評価方法

本実験では被験者に実際にこのシステムを体感してもらい, 得られた結果について考察することで, 脳波データを対象とした代替的感情表出機構の実現の検証を行う。

5.2 実験環境

4 節で提案したシステムを実装した。本システムの脳波の測定は 20 歳代の健康な男女 5 名を対象として,

表 4 ストーリー区分とジェスチャーの関連

	聴取ストーリー	ジェスチャー
Standard	基準値	静止
A	ネガティブ 1-3 章	悲しい
C	ネガティブ 4-6 章	不安定
B	ポジティブ 1-3 章	少し喜ぶ
D	ポジティブ 4-6 章	上機嫌

安静座位開眼状態にて行った。通常時計測や感情誘発音声聴取中はアプリケーション内にて閉眼を促し, 本方式で使用する脳波データは閉眼時のみとしている。測定部位は国際 10-20 電極法に基づいた部位 2 点 (AF3, O2) である。計測した脳波を周波数解析し, 5 つの周波数帯域 (θ 波: 4.0 ~ 8.0 Hz, α 波: 8.0 ~ 12 Hz, Low β 波: 12 ~ 16 Hz, High β 波: 16 ~ 25 Hz, γ 波: 24 ~ 45 Hz) に分割したものを使用する。

5.3 実験結果

本方式では, 統計的な脳波データを取るのではなく, 個人差を考慮し, 個人のデータで扱っているため, 被験者結果についても被験者それぞれの結果を報告する。ここで示す感情は, 感情誘発音声聴取後に行ったアンケートで強度の強かった感情を上げている。実際に誘発された感情はリアルタイムでロボットの Rapiro がジェスチャーで代替的に可視化を行った。被験者ごとの結果について図 5~7 を示し, 次に詳細を述べる。

5.3.1 被験者 1 の結果

被験者 1 の結果を示す。被験者 1 は A の音声聴取の感情を、「望ましいことが起こらない」, 「不安」, 「恐怖」, 「悲しみ」を選択している。B の音声聴取中の感情を「望ましくないことが起こらない」, 「安堵」, 「願望」, 「誇り」を選択している。C の音声聴取中の感情を「望ましいことが起こらない」, 「望ましくないことが起こる」を「罪悪感」, 「恐怖」, 「悲しみ」, 「不安」を選択している。D の音声聴取の感情を「望ましいことが起こる」, 「望ましくないことが起こらない」, 「安堵」, 「幸福」と選択している。被験者 1 の音声聴取中の感情脳波データを図 5, 図 6 に示す。図 5, 図 6 では通常時を「Standard」, 図 2 で示しているストーリー区分の平均値をそれぞれ A, B, C, D としている。 α 波は一般的に楽しいことに没頭している際や心が落ち着いている時や集中している時などに強く現れる。 γ 波は怒りや興奮状態に強く現れる。被験者 1 の通常時についてはテストの初回ということもあり, 緊張が反映されているのではないかと推測する。 θ , α 波の値が α 波 O2 の値を除き, B, D の値が A, C に比べて大きくなっている。それにより, A, C より B, D で心が落ち着いていくことがわかる。また, β , γ 波の値において, B, D

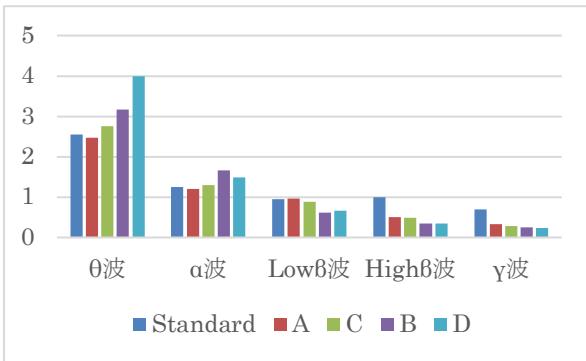


図 5 被験者 1 の AF3 感情脳波データ

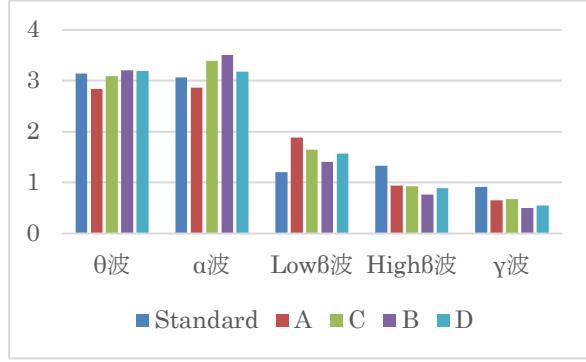


図 6 被験者 1 の O2 感情脳波データ

の値が A, C に比べて小さくなっている。それにより、B, D より A, C で興奮状態だったことがわかる。よってアンケート結果に見合った値が抽出できている。それにより、リアルタイム脳波データを使用し、4.4 節で述べた方法を遂行すれば、その感情に紐づけられたジェスチャーをロボットが代替的感表情示することが可能になっている。

5.3.2 被験者 2 の結果

被験者 2 の結果を示す。被験者 2 は A の音声聴取の感情を、「望ましいことが起こらない」、「望ましくないことが起こる」、「恐怖」、「悲しみ」、「不安」を選択している。B の音声聴取中の感情を「望ましくないことが起こらない」、「幸福」、「安堵」、「願望」を選択している。C の音声聴取中の感情を「望ましいことが起こらない」、「望ましくないことが起こる」、「恐怖」、「不安」、「悲しみ」を選択している。D の音声聴取の感情を「望ましいことが起こる」、「望ましくないことが起こらない」、「幸福」、「願望」、「誇り」と選択している。被験者 2 の音声聴取中の感情脳波データを図 7, 図 8 に示す。

AF3 の θ , α 波においては、ストーリー区分 B の値が他の値と比べて優位となっている。

しかしながら、多くの箇所で AF3 と O2 間において優位なストーリー区分が一致しない結果となった。AF3 と O2 間の脳の働きや作用が反映されたと考えら

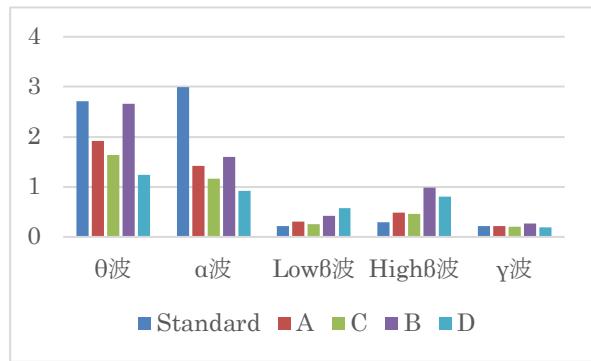


図 7 被験者 2 の AF3 感情脳波データ

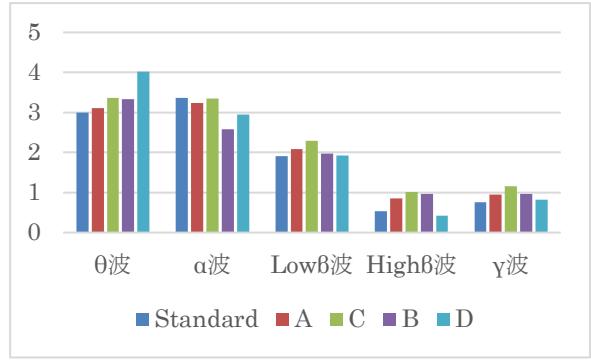


図 8 被験者 2 の O2 感情脳波データ

れる。

5.3.2 被験者 3 の結果

被験者 3 の結果を示す。被験者 3 は A の音声聴取の感情を、「望ましいことが起こらない」、「悲しみ」、「恐怖」、「不安」を選択している。B の音声聴取中の感情を「望ましくないことが起こらない」、「幸福」、「安堵」、「幸福」を選択している。C の音声聴取中の感情を「望ましいことが起こらない」、「望ましくないことが起こる」、「恐怖」、「不安」、「悲しみ」を選択している。D の音声聴取の感情を「望ましいことが起こる」、「望ましくないことが起こらない」、「安堵」、「幸福」と選択している。被験者 3 の音声聴取中の感情脳波データを図 9, 図 10 に示す。 θ , α 波において、概ね B, D の値が優位になっている。それにより、A, C より B, D で心が落ち込んでいることがわかる。High β 波においては C, D が優位になっている。C と D はストーリーの後半部分であり、事前実験から感情が強く誘発できると見込まれていた。よって、ストーリーが後半になるにつれ、感情が強くなったと推測する。アンケートの強さの項目においても感情の強さはストーリー前半の A, B より、後半の C, D が強くなっていたことから、感情の強さを表すことができた。よって、アンケート結果に見合った値が抽出できている。それにより、リアルタイム脳波データを使用し、4.4 節で述べた方法を遂行すれば、その感情や、その感情の強さに紐づけられたジェスチ

ヤーをロボットが代替的感情表出することが可能になっている。

6. 評価実験 2

本節では、本手法の評価実験 2について述べる。6 節の構成について述べる。6.1 節では、本手法の評価方法について述べる。6.2 節では、実験結果について述べる。

6.1 本手法の評価方法

本実験では被験者に実際にこのシステムを体感した後、感情誘発ストーリーを聴取するとそのストーリーに関連付けられたジェスチャーが表出されるか検証を行う。なお、この実験に関しては筆者のみを対象として実験を行う。

6.2 実験結果

実験の結果を示す。5 つのジェスチャーの中で、ポジティブストーリーの B,D と通常時の 3 つは関連付けられたジェスチャーを表出することができた。しかし、ネガティブストーリーの A と C では B と通常時のジェスチャーが表出され、ネガティブストーリーに関しては関連付けたジェスチャーが表出されなかつた。考察として、ネガティブストーリーは 2 回目の聴取となり、慣れや、展開を知っているため想定通りに進んでいる安堵感が生まれたのではないかと推測する。

7. おわりに

本稿では、ALS 患者を対象とした脳波データを対象とした代替的感情表出機構の実現方式について述べた。

本方式は、感情を誘発させる音声ナレーションによる擬似体験中に脳波データを計測しておき、そこから得られた傾向から、新たに取得された脳波データと相関の高い感情をその脳波データが表す感情であると推定し、その感情に紐づけられたジェスチャーをロボットなどの代替的感情表出機構で実現した。

また、本方式を検証するための実験システムを構築し、被験者に協力を得て本方式の有効性を検証する実験を行った。

今後の課題として、感情要素をさらに追加した、脳波データによる感情推定の実現、機械学習を用いて感情推定の精度を向上させる、脳波データによる学習感情推定の実現、脳波データ以外のバイタルデータを組み合わせる、バイタルデータによる感情推定の実現など、多様な感情推定が挙げられる。また、電極数を増やし、各箇所の作用を考慮した脳波データを用いて感情推定を行うことで、更なる精度の向上を可能にすると考えられる。

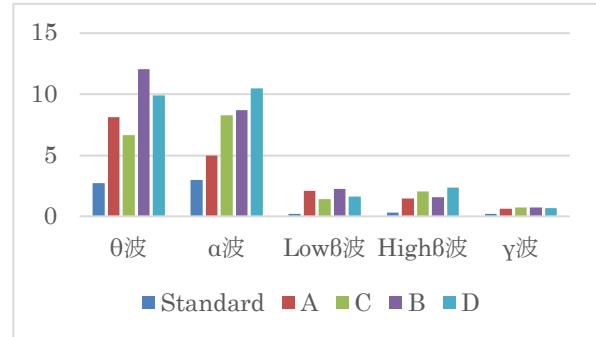


図 9 被験者 3 の AF3 感情脳波データ

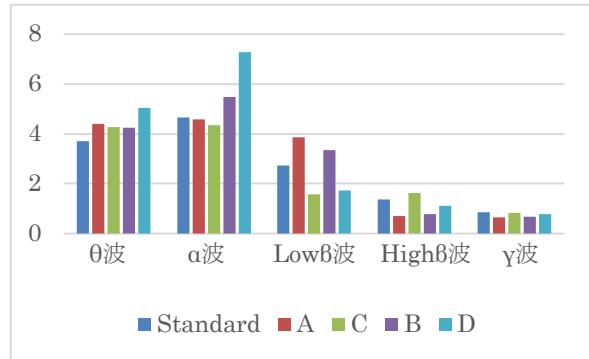


図 10 被験者 3 の 02 感情脳波データ

謝 辞

感情誘発アプリケーション開発にあたり、適切な助言を賜り、また丁寧に指導して下さった橋詰明宗氏に厚く感謝を申し上げます。また、ネガティブ感情誘発の音声ナレーションを担当して下さった東京農業大学山口翔氏に厚く御礼申し上げ、感謝の意を表します。そして、被験者を務めてくれた武蔵野大学中西岡田ゼミの皆様にも感謝の意を表します。

参 考 文 献

- [1] 遠藤順一, 佐光興亞, 聴覚刺激により誘発される脳の感情応答, 人間工学 44(6), 325-333, 2008
- [2] 竹内俊文, 野澤昭雄, 田中久弥, 井出英人, 脳波による感情の可視化システム, 情報科学技術フォーラム一般講演論文集 2002(3), 461-462, 2002-09-17
- [3] 保科篤志, Siriwat Limwattana, 武井祐一, 伊藤哲平, 菅谷みどり, 在宅リハビリテーション: 測定およびロボット感情分析手法の応用の検討, 組込みシステムシンポジウム 2017 論文集 (2017), 120-121, 2017-08-17
- [4] 『ヒルガードの心理学 (第 16 版)』(内田一成監訳, 金剛出版, 2015) (Susan Nolen-Hoeksema, Barbara L. Fredrickson, Geoffrey R. Loftus, Christe Loftus, G. R.: Atkinson & Hilgard's Introduction to Psychology, 16th Ed." Engage Learning EMEA, 2014)
- [5] 『Yoga ではじめる瞑想入門』(綿元彰, 新星出版社, 2006)
- [6] 『死の体験授業』(山崎章郎, サンマーク出版, 2015)