

簡易脳波センサを用いた快・不快音聴取時の情動推定に関する一考察

Emotion Extraction Method for listening to the Pleasant and Unpleasant Sound using Alpha and Beta Wave on a Simplified EEG

柴田 慎一* 秋田 貴俊** 木村 春彦***

Shin-ichi Shibata* Takatoshi Akita** Haruhiko Kimura***

Summary

The physical disorders as a depression and dementia are caused by a high stress society. There is the way which is music therapy to treat disease using music. The music is so abstractness that the therapists have no foundation on the selection music for the therapy. In this study, we examine the EEG (electroencephalogram) in listening to the music when the music which was consistently effective for emotion was used. We look at the relativeness between the brain wave and emotion and conduct the evaluation of emotion in listening to the music using brain wave. The electroencephalogram power spectrum in alpha and beta wave were used for input data and the change in subjective emotional state was evaluated by the POMS (Profile of Method States) & TDMS-ST (Two-Dimensional Mood Scale-Short Term) test. We evaluate the subjective emotion state by SVM (Support Vector Machine). In the result, we obtain the high identification rate and the rate was 95% in the case of using sound source or TDMS-ST for learning data.

キーワード：脳波，音刺激，情動，サポートベクターマシン， α 波， β 波，主成分分析

Keywords：EEG, Sound Stimuli, Emotion, Support Vector Machine, Alpha Wave, Beta Wave, Principal Component Analysis

1. はじめに

現代社会ではストレスが蔓延しており，うつ病や認知症など精神疾患の原因になっている．人間関係や経済，仕事や勉強での悩みなどから日常的に不安や苛立ちを感じていることがストレスの原因であると述べられている¹⁾．平成 23 年の厚生労働省の調査によると，精神疾患の患者数は平成 8 年で約 220 万人であったが，平成 23 年には約 320 万人と増加していることが示されている²⁾．

精神疾患の治療法にはカウンセリングや薬物の服用などがあるが，通院や入院期間が数年と長めになりがちで治療を途中で断念してしまうことや，長期間の治

療により自立して生活する力が次第に無くなってしまふこと，さらに薬物による副作用の危険性がある³⁾．

このような治療を支える手法として音楽療法が注目を浴びている．音楽療法とは，音を聴くことでリラクゼーション効果を与えることができる医療的介入のことをいい，身体的，精神的，情緒的に健全な状態に回復させるための治療手段である．音楽を聴くことで生じる変化を医療的場面に応用し，治療効果を上げるための補助的手段として活用されている⁴⁾．

しかし，音は抽象的なものであり，呈示された音に対してどう感じるかは人それぞれであることから，音楽療法には様々な問題がある．例えば，音楽療法がどういった対象に効果的か，どのような音楽が効果的か

* 大同大学情報学部情報システム学科

** 大成株式会社

*** 金沢大学自然科学研究科

などの根拠が明らかになっていないことや、音楽のリズムやテンポ、患者の状態や音楽に対する感じ方など、様々な要因により生理的な反応が生じることなどが挙げられる。

また、音楽療法に用いる音楽は多種多様であるため、音楽療法士は患者に対して適した選曲を行わなければならない、選曲にかなりの時間がかかってしまうという問題もある^{5,6)}。

そこで、著者たちは携帯性に優れた簡易脳波センサを用い、音楽療法における音選定に関して脳波による選曲システムの構築を目的としている。音刺激を与えた時の情動の変化と脳活動の関連性を示し、どのような音楽が快や不快に感じるかの効果が明確になれば、患者に適した音楽を使用することが期待される。

本研究では、快や不快といった情動と脳波との関連性を検証し、脳波による音聴取時の情動の評価指標作成を検討した結果について報告する。

2. 提案手法

2.1 脳波計測

本研究では、快や不快といった情動と脳波との関連性を検証し、脳波による音聴取時の情動の評価指標の作成を検討することを目的としている。脳波 (Electro Encephalo Gram : EEG) とは、脳内で発生する電気活動を頭皮上の電極で記録し、脳活動を計測する方法のことである⁷⁾。脳活動の計測法は大きく分けて、侵襲的と非侵襲的計測の2つに分類されている。侵襲的な手法とは、外科手術を行い、脳細胞の近くにセンサを貼り付けて計測を行う方法であり、医療機関等以外での使用は認められていない。そのため、本研究では生体を傷つけない計測法である非侵襲的な脳波計を用いて脳活動を計測する。

脳活動を非侵襲的に計測する方法として、近赤外線分光法 (NIRS)、陽電子放射断層撮影 (PET) や機能的磁気共鳴画像法 (fMRI)、脳磁図 (MEG) といった方法がある。これらの計測法には時間分解能、空間分解能、拘束性などの特性が異なっているため、研究の目的に合わせて選択する必要がある。時間分解能とは、活動のタイミングを区別することができる最小の時間間隔、空間分解能とは、活動部位を空間的に区別することができる最小の距離、拘束性とは、計測中の被験者に対する制約のことである。

本研究では、音聴取時の情動変化を対象としているため、被験者の脳の状態がいつ、どのように変化しているのかを見る必要がある。そのため、時間分解能に優れており、データとして記録する時間間隔が短いも

のが適切であると考えられる。

また、測定装置の拘束感により、被験者の情動が変化する可能性があることから、拘束感が少ないものが望ましいと考える。そこで、被験者に対する拘束性が低く、時間分解能に優れている脳波計が本実験には適していると判断し、本研究では脳波に着目をした。

脳波を計測する方法は、基準電極導出法 (Referential Derivation) と双極導出法 (Bipolar Derivation) の2種類がある⁷⁾。基準電極法とは、電位を零とする点におく電極 (基準電極) と、脳波そのものを計測するために頭の表面におく電極 (探査電極) を組み合わせて脳波を計測する方法である。双極導出法とは、探査電極同志を組み合わせて、計測する方法である。本研究では、基準電極導出法を使用して脳波の計測を行った。

脳波は、周波数ごとに大きく分けて δ (デルタ) 波、 θ (シータ) 波、 α (アルファ) 波、 β (ベータ) 波の4つに分類される。 δ 波は浅い眠りの状態、 θ 波は深い眠りの状態、 α 波はリラックスした状態、 β 波はストレスを感じている状態を示している。

本研究では、上記の α 波、 β 波の脳波を slow, mid, fast と細分化を行った。細分化することでより詳しく被験者の状態が分かるのではないかと考えたためである。脳波の周波数分類は研究により異なっているが、本研究では、文献8)の「アルファ波優勢状態の条件づけによるストレス耐性強化」⁸⁾と文献9)の「常習喫煙者の禁煙と再喫煙が脳波に及ぼす影響」⁹⁾より設定した。脳波の分類について Table1 に示す。

Table1 脳波の周波数分類^{8,9)}

分類	周波数[Hz]	意識状態
δ 波	0.5~4未満	浅い眠り
θ 波	4~8未満	深い眠り
slow α 波	8~9未満	リラックス
mid α 波	9~12未満	
fast α 波	12~14未満	
slow β 波	14~20未満	ストレス
mid β 波	20~26.6未満	
fast β 波	26.6~29未満	

2.2 POMS・TDMS

情動を理解するには主観的視点と、客観的視点からのアプローチが必要であるとされている¹⁰⁾。そこで、本研究では主観的視点として POMS (Profile of Mood States) と TDMS-ST (Two-Dimensional Mood Scale-Short Term) を用いて情動の変化について検証する。

POMS とは、気分状態を主観的側面からの評価を目的として米国の McNair らにより開発された、65 項目の質問に「まったくなかった」(0 点) から「非常に多く

あった」(4点)までの5段階(0~4点)で回答し、対象者の緊張 - 不安、抑うつ - 落ち込み、怒り - 敵意、疲労、混乱、活気の6つの気分尺度を同時に評価できるものである¹¹⁾。「緊張 - 不安」は得点が高いほど緊張している状態を示し、「抑うつ - 落ち込み」は自身喪失状態、「怒り - 敵意」は不機嫌な状態、「疲労」は疲労状態、「混乱」は当惑、思考力低下を表す。「活気」は元気さ、躍動感、活力を表し、他の尺度とは負の関係にあたる。

本研究では、POMSの質問項目を30項目に削減した日本語版POMS短縮版を使用した。理由として、音刺激を与えた時の情動変化を見るものであるため、時間短縮と負担を軽減することで、実験以外での不快感を軽減することができると考えたためである。また、信頼性は短縮版と通常版と比較して大差がないことが示されているため、使用に適していると判断した¹¹⁾。

TDMS-ST(以下TDMS)とは、坂入らによって開発された主観的側面から心の活性度と安定度を評価するものである。8項目の質問に対し、「全くそうでない」(0点)から「非常にそう」(5点)の6段階で回答し、心理状態を測ることができる気分尺度である¹²⁾。活性度、安定度、快適度、覚醒度の4つの心理状態を評価することができる。活性度、安定度は+10~-10点、快適度、覚醒度は+20~-20点で得点化される。

「活性度」は+得点でイキイキした状態、-得点で元気がでない状態、「安定度」は+得点で落ち着いた状態、-得点でイライラした状態、「快適度」は+得点でポジティブな状態、-得点でネガティブな状態を示す。覚醒度は+得点で興奮状態、-得点で沈静状態を示し、他の尺度とは負の関係にあたる。

POMSとTDMSの2つの気分尺度を使用する理由としては、POMSでは緊張・不安、抑うつ・落ち込みといったように、ネガティブな感情を細かく見ることができる。しかし、緊張・不安項目の得点が高く、抑うつ・落ち込みの得点が低いといった結果が得られた場合、快か不快かを判定するのは難しい。

そこで、快適度という快か不快かを判定する明確な項目があるTDMSと共に使用することで、快・不快といった心理状態をより詳しく見ることができるのではないかと考える。そこで、POMSとTDMSの2つを用いて快であるか不快であるかの心理状態の変化について検討を行う。

2.3 実験装置

実験に用いる装置は、脳波センサZA(ZAB-009-D:株式会社プロアシスト)を使用した。脳波センサZAでは脳波と眼球を計測可能であるが、事前実験として脳波と眼球運動の関連性を調べたところ、眼球運動によ

る脳波への影響はδ波のみであることが示された。

また、今回の実験では脳波のmidα波、midβ波のみに着目していることや、被験者には安静閉眼状態で脳波の計測を行ったため、眼球の計測は行わなかった。

サンプリング周波数は128Hz、基準電極を左耳の後ろ側に、探查電極を額の中央部の1箇所貼り付け、基準電極導出法にて計測する。脳波センサの受信機と送信機はワイヤレスデータ通信が採用されており、送信機が20gと軽量であるため、従来の脳波計と比べ拘束性は少ないと考えられる。計測可能な脳波の周波数帯域は0.5~40Hzである。Fig.1に脳波センサZAの概観を、Table2に脳波センサZAの基本構成について示す。電極はBlueSensor M(M-00-S/50: Ambu)を使用した。

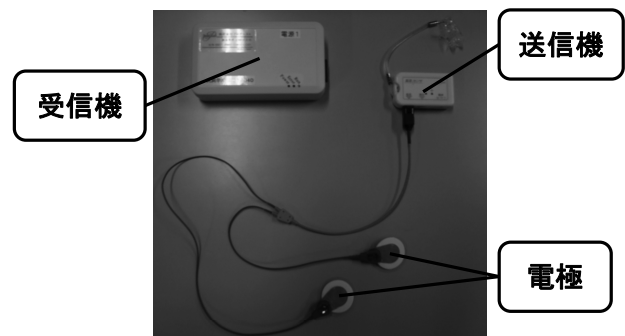


Fig.1 脳波センサZA

Table2 脳波センサZA本体の基本構成¹³⁾

送信機	入力端子	脳波入力1, 眼球入力1
	電極数	脳波2極, 眼球2極
	外形寸法	65mm (W) × 35mm (H) × 14mm (D)
	重量	20g (本体のみ)
	使用電源	ボタン型空気電池PR44×2個
	電池寿命	連続約50時間
	消費電流	平均6.5mA
	帯域	脳波: 0.5~40Hz, 眼球: 0.5~10Hz
	サンプリング周波数	128Hz
	AD変換分解能	12ビット
受信機	無線周波数	2.4GHz
	外形寸法	135mm (W) × 76mm (H) × 27mm (D)
	重量	155g (本体のみ)
	電源	ACアダプタ100V (出力6VDC)
	メモリ	メモリカード (2GB)
測定モード	オンライン, オフライン	
データフォーマット	オンライン: CSV, EDF / オフライン: EDF	

2.4 呈示音

情動と脳波の関連性を検証するにあたり、快適に感じる音2種類、不快に感じる音2種類の聴取時の脳波計測し検証する。

快適に感じる音としては、睡眠誘導作用のある音楽CD「Sleep deeply」(全8曲収録)から被験者にどの曲が快に感じるかアンケートを行い、最も選ばれた2曲である「Twilight Fades」(快音1)と「Worlds Away」(快音2)を使用した。このCDに収録されている音楽は、

心身を休め、ゆっくりとした規則的な呼吸を促し、脳を睡眠状態に誘導する効果があるとされていることから、快適な情動を誘発させるために適していると考えたため使用した¹⁴⁾。

不快に感じる音は、一般的に不快であるとされている“黒板を爪で引っ掻く音”（不快音 1）と“発砲スチロールを擦り合わせる音”（不快音 2）を使用した。この 2 つの音に関しても同様に、被験者に対して不快に感じるかアンケートを行い、使用するのに適していると判断した。

また、快音 1・2 には共に癒し効果を持つとされている 1/f ゆらぎがみられ¹⁵⁾、不快音 1・2 には人が不快に感じるとされる 2000~4000Hz の周波数帯域が多く含まれている¹⁶⁾。このことから、快音 1・2、不快音 1・2 は本実験に適した音源であると考えられる。

3. 実験方法

3.1 実験手順

本実験で情動と脳波の関連性を検証するにあたり、快適に感じる音 2 種類、不快に感じる音 2 種類の聴取時の脳波を各 6 回ずつ測定した。被験者は研究室に所属する 11 名とし、周囲の音環境を考慮するため簡易防音室内で実験を行った。

実験を行う際の条件として、全被験者に対して計測時間の統一（14 時から 16 時 30 分）、前日、当日の激しい運動の禁止、睡眠時間の確保（6 時間以上）、昼食時間の統一（12 時から 13 時）の 4 つの条件を守るように指示した。そして、これらの条件を確認するため、計測前に簡易的なアンケートの記入を行い、条件を満たしているかどうかの確認を行った。

簡易アンケートの記入後、脳波計測前後での気分変化を見るために、POMS と TDMS の記入を行った。そして、被験者の額と耳にアルコール消毒をし、センサの装着を行った。これは、汗や皮脂によりノイズが発生するのを防ぐためである。そして、ヘッドホンを装着し、音の聞こえ方の個人差を考慮し、被験者ごとの設定を行った。

なお、使用する快音 1・2、不快音 1・2 に対しては、音圧を 70dB に設定を行っている。その後、簡易防音室に入り、脳波を安定させるために 30 秒経過してから計測を開始した。被験者には計測中はなるべく体を動かさず、目を閉じた状態を保つように指示した。

呈示される音源は初めに 20 秒の無音区間があり、続いて 20 秒の有音区間を 9 回交互に繰り返す様に加工し、無音区間 180 秒、有音区間 180 秒の計 6 分の聴取となる様にした。理由として、一定の感情は 5 分程度まで

しか保つことができないことや¹⁷⁾、同じ音を聴き続けることにより生じる慣れによる影響を考慮したためである¹⁸⁾。快音に関しては無音区間と有音区間の切り替え時に不快感を覚えることを考慮し、フェードさせるように加工した。

計測終了後、再度 POMS と TDMS の記入を行った。実験手順を Fig.2 に示す。この計測を 1 日 1 回行い、音源毎につき 6 回、計 24 回計測を行った。1 日 1 回にした理由は、被験者への負担と、音源による脳波の影響を考えたためである。また、先入観により感情が変化するということを考慮し、どの音源を使用するかは被験者には事前に知らせずに計測を行った。実験により聴取する音源の順番は、ラテン方格法を用いて日ごとにランダムとなるように設定した¹⁹⁾。

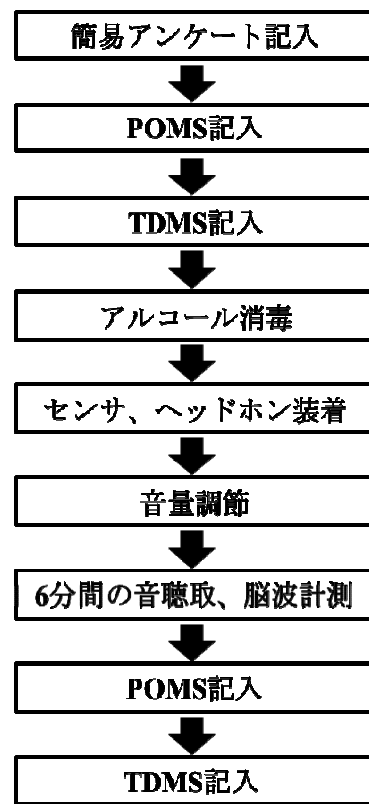


Fig.2 計測の流れ

3.2 解析手法

POMS と TDMS の結果に対しては、各音源聴取時に情動変化が発生しているかどうか調べるために、音聴取前後の結果に対して、一対の標本による平均の t 検定を行い、各測定項目の有意差の検証を行った。

計測した脳波に対しては、統計解析ソフト「R (ver3.1.2 64bit 版)」を用いて解析を行った。R を使用した理由としては、R はオープンソースなフリーソフトであることから、利用できる関数のコードを確認する事が可能であり、関数の計算の信頼性が高いという点にある。ま

た、世界中の研究者が様々な追加ライブラリを公開していることや、自分で新しい拡張関数を付け加えることができるなど、拡張性が高いという利点もあることから、本研究では R を使用して解析を行った。

本研究では追加ライブラリとして e1071 パッケージを使用してサポートベクターマシン (SVM) の計算機能を使用している。e1071 パッケージの内容は libSVM という台湾国立大学の Lin らによって作られた SVM が実装されており、カーネルトリックや交差検証法が使用できるといった特徴がある。

解析手順としては、まず測定した生データに対して窓関数 (ハミング窓) を使用し、最小値 0・最大値 1 となるような正規化処理を行った後、音源の有音部分 20 秒の区間に対して高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform : FFT) にて周波数成分の算出を行った。

本研究でハミング窓を使用した理由としては、小さい電力のスペクトル検出に向いているという特徴があり、微小な電気信号である脳波を検出するのに適していると考えたためである。

そして、有音 9 区間分の周波数データに対して、ノイズの影響を最小限にするために加算平均を行い、これらの周波数帯域の mid α 波、mid β 波データ 200 変数を抜き出し、データをより少ない変数に要約する主成分分析 (Principal Component Analysis : PCA) を行い、累積寄与率 90% となる 34 変数を算出した。

そして、SVM の学習識別器を用いて情動評価のモデルを作成し、検証用データの識別を行った。SVM のカーネルには汎用的なカーネルである RBF カーネルを用い、11fold-cross validation の交差検証を行った。交差検証を行った理由としては、機械学習では学習データの内容によって識別性能が大幅に変化してしまうことから、交差検証を行うことで平均の識別率を算出し、学習データに依存しない評価を得るためである。

4. 実験結果

4.1 POMS・TDMS 結果

計測実験時の POMS と TDMS の結果と、一対の標本による平均の t 検定を行った結果について Table3, Table4 に示す。それぞれ実験前後において各測定項目に有意差が認められたものについては矢印が記載されている。快音 1 の結果より、POMS では緊張 - 不安、抑うつ - 落ち込み、活気、混乱の 4 つのネガティブな項目で低下の有意差が認められた。TDMS では活性度、安定度、快適度で上昇の有意差が、覚醒度では低下の有意差が認められた。

快音 2 では、POMS では緊張 - 不安、混乱のネガテ

Table3 POMS 結果

測定前後差	POMS					
	ネガティブ					ポジティブ
	緊張	抑うつ	怒り	疲労	混乱	活気
快音1	↓	↓		↓	↓	
快音2	↓				↓	↑
不快音1		↑	↑	↑	↑	↓
不快音2	↑	↑	↑	↑	↑	↓

Table4 TDMS 結果

測定前後差	TDMS			
	ポジティブ			ネガティブ
	活性度	安定度	快適度	覚醒度
快音1	↑	↑	↑	↓
快音2	↑	↑	↑	
不快音1	↓	↓	↓	↑
不快音2	↓	↓	↓	↑

ィブ項目で低下の有意差、活気のポジティブ項目で上昇の有意差が認められた。TDMS では活性度、安定度、快適度で上昇の有意差、覚醒度で低下の有意差が認められた。不快音 1 では、緊張 - 不安以外のネガティブ項目で上昇の有意差、活気のポジティブ項目で低下の有意差が認められた。TDMS では活性度、安定度、快適度で低下の有意差、覚醒度で上昇の有意差が認められた。

不快音 2 ではすべてのネガティブ項目で上昇の有意差、活気のポジティブ項目で低下の有意差が認められた。TDMS では活性度、安定度、快適度で低下の有意差、覚醒度で上昇の有意差が認められた。

これらの結果より、快音 1・2、不快音 1・2 はそれぞれ心理状態を快、不快へと変動させる効果があると分かる。これらの音聴取時の脳波を用いて、脳波から情動を識別できるか検討を行う。

4.2 情動評価

SVM を用いた情動評価実験の結果について示す。得られた脳波データに対して 3.2 節に示すようにデータの加工を行った。使用した音源を教師データとし、快音 1・2 を快、不快音 1・2 を不快として評価実験を行った。

教師データに音源を使用した理由は、POMS と TDMS の t 検定の結果より、被験者の状態は快音聴取時には快、不快音聴取時には不快になるということが示されている。よって、音源を教師データとすることで被験者の状態を適切に分類できていると考えたためである。

快・不快の 2 値で分類を行った理由としては、音の感じ方が被検者によって異なることから、快音 1・2、不快音 1・2 といった分類では被験者の状態を正確に分けることができないのではないかと考えたためである。

データ数は快・不快共に 132 で識別を行った。SVM での情動評価実験の結果を Table5, 結果の内訳を Table6 に示す。

Table5 音源を教師データとした際の識別結果

単位:%			
教師データ:音源	快	不快	平均識別率
正解率	92.4	97.7	95.1
エラー率	7.6	2.3	4.9

Table6 音源を教師データとした際の識別結果 内訳

	快	不快
快	122	3
不快	10	129

Table6 は列が元の教師データ, 行が SVM で識別されたデータを示している。結果として, 教師データを音源とした場合には約 95.1%と高い平均識別率を得ることができた。

しかし, POMS や TDMS による計測時の被験者の状態を個別でみると, 不快音聴取時にポジティブな項目が上昇するといった結果が見られた。そのため, 教師データによる被験者の状態を正確に分類することが困難であると考えられる。

そこで, TDMS の快適度項目の点数を計測前から計測後にどの程度の変動があるかを算出し, 変動が 1 以上であれば快, -1 以下であれば不快として教師データを割り当て, 再度 SVM にて情動評価実験を行った。変動が 0 の場合は変動がないものと見なし, 使用データから除いた快 126 件, 不快 116 件として使用した。

TDMS の快適度を使用した理由としては, 快適度項目では快であるか不快であるかの判別を行うという項目であることから, データとして扱いやすいという点と, 計測前後での変動量で快・不快をみることで, 被験者の計測時の情動を考慮したうえでの評価が可能となるのではないかと考えたためである。教師データを TDMS とした際の SVM での情動評価実験の結果を Table7, 結果の内訳を Table8 に示す。

Table7 TDMS を教師データとした際の識別結果

単位:%			
教師データ:TDM	快	不快	平均識別率
正解率	95.2	96.6	95.9
エラー率	4.8	3.4	4.1

Table8 TDMS を教師データとした際の識別結果 内訳

	快	不快
快	120	4
不快	6	112

以上の結果より, 音源を教師データとした際の結果よりも約 0.8%程度高い識別率を得ることができた。

このことから, 教師データを音源とした時には被験者の状態を正確に分類できていないことがみてとれる。被験者ごとの特徴を考慮した実験を行うことで, より高い精度で情動を識別することができるのではないかと考えられ, 音聴取時の脳波を用いて情動の識別をすることが可能であることが示された。

5. おわりに

現代社会ではストレスが蔓延しており, うつ病や認知症といった精神疾患の患者数が増加している。この精神疾患の治療を支える手法として, 音を用いた音楽療法という手法が注目を浴びている。しかし, 音は抽象的なものであるため, どのような音が効果的かといった根拠が明らかになっていない。

そこで, 本研究では音聴取時の脳波によって情動を評価できるか検討し, 脳波と情動の関連性について検証を行った。その結果, 音聴取前後の POMS・TDMS より, 各音聴取後に快音では快, 不快音では不快に感じるという効果があることが分かった。

音聴取時の脳波データを用いた SVM での情動評価実験では, 教師データを音源としたときでは被験者の状態を正確に分類できていないため, 良い結果は得られなかった。

しかし, 音聴取前後での TDMS の快適度の差を教師データとして学習することで 95.9%と高い識別結果を得ることができた。このことから, 音源を教師データとした場合には被験者の状態を正確に分類できていないと考えられる。そのため, 被験者ごとの特徴を考慮した教師データによる実験を行うことで, より高い精度で識別することができるのではないかと考えられる。

以上の結果から, 音聴取時の脳波を用いた情動の識別への可能性が示されたことから, 脳波と情動との間には関連性があることが示された。

今後の課題として, 今回の脳波計測実験では, 周囲の雑音を失くすために簡易防音室内で計測を行っているが, 完全に雑音を失くすことはできおらず, 正確なデータを得るために, より正確な計測環境にて実験を行う必要があることが挙げられる。具体的な案としては, 簡易防音室の防音性をさらに高めることや, ノイズキャンセル機能を搭載したヘッドホンを使用するなどが考えられる。

また, 本研究では, 脳波計測前に被験者に対し, 簡易アンケート, POMS, TDMS への回答を求めている。その際に, 被験者に対して不快感を与えてしまうこと

が考えられる。POMS に関しては質問項目が分かりづらいたといった意見や、どう答えればよいのか回答に迷うなどの声が挙げられている。そこで、TDMS のみで心理状態が解析できるかを検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 内閣府, “平成 20 年度版 国民生活白書”, 2008.
- 2) 厚生労働省官房統計情報部, “患者調査”, 2011.
- 3) 佐藤啓二, 石倉佐和子, 濱名優, 高瀬聡子, 杉本英昭, “精神科診療所における治療脱落の実態の一例”, 精神神経学雑誌. Vol.114, No.7, pp.789-792, 2012.
- 4) 志和資朗, 小川栄一, 青山慎史, ルディムナ優子, “音楽療法に関する臨床心理学的研究”, 島修大論集.人文編, Vol.48, No.2, pp.323-337, 2008.
- 5) 小川宜洋, カルンガルスティーヴン, 満倉靖恵, 福見稔, 赤松則男, “ニューラルネットワークを用いた音楽聴取時の脳波解析”, 電子情報通信学会技術研究報告.NC, ニューロコンピューティング, Vol.107, No.92, pp.5-9, 2007.
- 6) 藤沢隆史, 松井淑恵, 風井浩志, 古屋晋一, 片寄晴弘, “音楽を鑑賞する脳”, 情報処理, Vol.50, No.8, pp.764-770, 2009.
- 7) 市川忠彦, “脳波の旅への誘い 楽しく学べるわかりやすい脳波入門 新版 第2版”, 星和書店, 2006.
- 8) 志賀一雅, “アルファ波優勢状態の条件づけによるストレス耐性強化”, 日本バイオフィードバック学会, Vol.20, pp.53-54, 1993.
- 9) 小松理依子, 元村直靖, “常習喫煙者の禁煙と再喫煙が脳波に及ぼす影響”, 大阪教育大学紀要.第III部門, 自然科学・応用科学, Vol.44, No.1, pp.103-109, 1995.
- 10) 横山和仁, 下光輝一, 野村忍, “診断・指導に活かす POMS 事例集”, 株式会社金子書房, 2002.
- 11) 横山和仁, “POMS 短縮版手引きと事例解説”, 株式会社金子書房, 2005.
- 12) 坂入洋右, 征矢英昭, 木塚朝博, “TDMS 手引き Two-dimensional Mood Scale ～二次元気分尺度～”, アイエムエフ株式会社, 2009.
- 13) 株式会社プロアシスト, <http://www.proassist.co.jp/nouha/>, アクセス日 2015 年 1 月 30 日.
- 14) McCraty.R, “Entrainment”, IHM Research Update, Vol.2, No.1, p.2, 1996.
- 15) 菅井桂子, 斉藤兆古, 堀井清之, “音楽を伴う 1/f ゆらぎ周波数成分の抽出とその人間生理への応用”, 法政大学情報メディア教育研究センター研究報告, Vol.23, pp.103-107, 2010.
- 16) Christoph Reuter, Micharl Oehler, “Psychoacoustics of chalkboard squeaking”, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol.130, No.3, p.2545, 2011.
- 17) 今若卓也, 山下雄己, 上岡英史, “脳波を用いた刺激に対する慣れの検出”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, p.507, 2012.
- 18) 平澤瞬, 渡邊鉄也, 田中基八郎, “脳波を用いた環境音の快適性評価”, 日本機械学会論文集. C 編, Vol.76, No.771, pp.2876-2882, 2010.
- 19) 島根大学総合情報処理センター, <http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/food/kobayasi/latinsquare.htm>, アクセス日 2015 年 1 月 30 日.