

携帯型端末を用いた脳情報に基づく情報推薦システムの提案

日高 智貴[†] 増谷 直人[†] 木下 裕輝[†] 白石 優旗[†] 河合由起子[†]
奥田 次郎[†]

[†] 京都産業大学コンピュータ理工学部 〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山
E-mail: †{g0947190, g0947316, g0946551, yuhki, kawai, jokuda}@cc.kyoto-su.ac.jp

あらまし 本研究では、携帯型簡易脳波計測機器ならびに携帯端末を用いることで、脳波に基づいた情報推薦システムの研究開発を目指す。提案システムで使用した携帯型簡易脳波計測機器は、ヘッドホン型で8種類の脳波を取得でき、また音声提供も可能である。本システムでは、事前に学習用サンプルとして8種類の脳波を取得し、Support Vector Machine (SVM) を用いて分類する。次に、情報推薦時における脳波を携帯端末より取得し、学習したSVMを用いて脳波の状態に即した情報を携帯端末上に推薦する。本論文では、脳波の取得、分類法について述べ、同一コンテンツに対する脳波の2値分類による推薦システムと異種コンテンツに対する脳波の複数分類による推薦システムを検証する。

キーワード 脳波, SVM, 携帯型簡易脳波計測機器, 情報推薦

A proposal of information recommendation system based on brain information using mobile terminals

Tomoki HIDAKA[†], Naoto MASUTANI[†], Yuki KINOSHITA[†], Yuhki SHIRAISHI[†], Yukiko KAWAI[†], and Jiro OKUDA[†]

[†] Computer Department of Science and Engineering, Kyoto Sangyo University,
Kamigamohonzan, Kita-ku, Kyoto-shi, Kyoto, 603-8555 Japan
E-mail: †{g0947190, g0947316, g0946551, yuhki, kawai, jokuda}@cc.kyoto-su.ac.jp

Abstract This research aims at the research and development of an information recommendation system based on electroencephalography (EEG) by using portable simple brain measurement apparatus and mobile terminals. The portable simple brain measurement apparatus used by the proposal system can acquire eight kinds of EEG with a headphone type, and voice offer is also possible for it. Eight kinds of EEG are acquired as a sample for study in advance, and it classifies according to this system using support vector machine (SVM). Next, the information which acquired the EEG at the time of information recommendation from the personal digital assistant, and was based on the state of EEG using the learned SVM is recommended on a personal digital assistant. In this paper, acquisition of EEG and taxonomy are described, and two kinds of built recommendation systems are verified.

Key words Electroencephalography (EEG), Support vector machine (SVM), Portable simple brain measurement apparatus, Information recommendation

1. はじめに

近年、大量データのリアルタイム処理技術の向上に伴い、生体計測情報分析に関する研究が活発に行われている [1]~[4]。生体情報には、心拍数や脈拍、眼球運動などがあるが、本研究では生体情報として脳波を対象とし、脳波を分析することで思考に即した情報推薦を目的とする。

これまで、脳波の状態から人の思考を推測し、ハードウェア

を動作させる多くの研究開発が行われている。柳澤ら [5][6] は、患者にグーチョキパーの3種類の運動を行わせ、その際の感覚運動野における皮質脳波を計測し、学習させることで、どの運動を行うか推定し、推定結果に基づいてリアルタイムに電動義手を制御可能としている。飯田ら [7] は、人の四肢動作時における脳波を用いて状態推定を行い、ロボットをリアルタイムで制御し動作させている。これらの研究は、脳の表面に脳波電極を留置して計測することや脳の広範囲を計測する必要がある。

また、ヘッドギアやMRIといった高価で拘束性の高い機器を使用するため、一般ユーザにとっての実用性は低い。

一方で、携帯型の脳波計測機器 (Neurosky 社 MindSet) も開発されており、脳波としては8種類 (delta, theta, low/high alpha, low/high beta, low/mid gamma) と限られており、従来機器より多くのノイズを含む、ヘッドフォン型のため拘束性が低く安価である。そこで本研究では、簡易型脳波計測機器と携帯端末 (スマートフォン) を用いることで、ユーザの脳情報を取得、分析し、情報推薦を可能とするシステムの研究開発を目指す。

本論文では、1) 同一コンテンツに対する脳波を2値分類し、同一コンテンツを推薦可能なシステム、および2) 異種コンテンツに対する脳波を用いて複数分類し、異種コンテンツを推薦可能なシステムの各々を検証する。

同一コンテンツに対する脳波に基づく推薦では、携帯端末上のアプリケーションに対して、ユーザが選択する／しないのいずれの状態であるかを判定する。具体的には、まず、時刻と位置、脳波の情報からアプリケーションを各ユーザに最適化してランク付けする。次に、最上位にランク付けされた情報をユーザに推薦すると同時に、簡易脳波計測機器で一定時間脳波を取得する。最後に、取得した脳波を Support Vector Machine (SVM) を用いて、ユーザの目的のアプリケーションか否かを判別し、目的のアプリケーションであれば起動し、異なれば次のアプリケーションを推薦する。

異種コンテンツに対する脳波に基づく推薦では、音楽視聴時の脳波を画像閲覧時に対する脳波で分類し、(Valence 低, Arousal 高), (Valence 低, Arousal 中), (Valence 中, Arousal 高), (Valence 中, Arousal 中), (Valence 中, Arousal 低), (Valence 高, Arousal 高), (Valence 高, Arousal 中) の7種類のいずれの状態かを判別する。なお、Arousal (覚醒), Valence (快不快感を表す感情価) は IAPS 画像^(注1)の評価値である。具体的には、事前に画像閲覧時の脳波を簡易脳波計測機器で取得し、SVM を用いて7種類のうち、本システムに適した分類器を構成する。次に、音楽視聴時の脳波を取得し、学習した分類器を用いて分類し画像と関連付ける。関連された画像を用いて、画像データベースから Arousal と Valence 値のユークリッド距離の近い画像を携帯端末に送信し、提示する。

2. システム概要

本論文では、1) 同一コンテンツに対する脳波を2値分類し、同一コンテンツを推薦可能なシステムとしてアプリケーション推薦システムを、2) 異種コンテンツに対する脳波を用いて複数分類し、異種コンテンツを推薦可能なシステムとして画像推薦システムを構築する。

2.1 アプリケーション推薦システム

図1にアプリケーション推薦システムの概要を示す。本システムでは簡易脳波計測機器と携帯端末を Bluetooth で接続し、

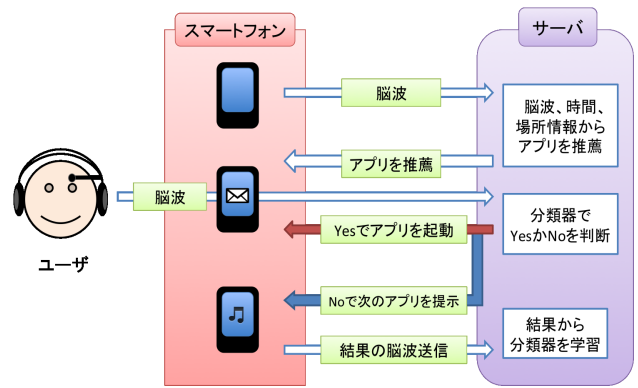


図1 アプリケーション推薦システム概要図

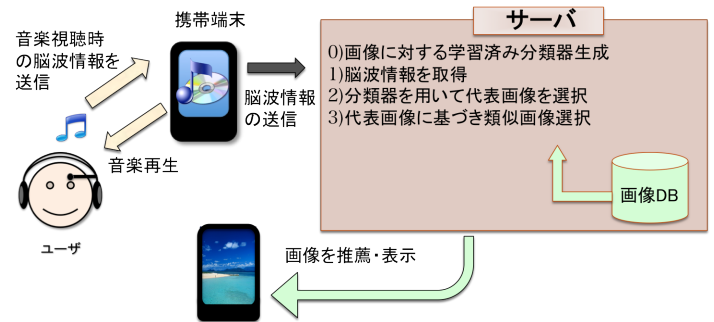


図2 画像推薦システム概要図

携帯端末で脳波を計測し取得する。前提としてユーザには初期学習として、ユーザが希望するアプリケーションか否かに基づいた脳波の計測を行い、分類器を構成する。

推薦時は、まず携帯端末は時刻および場所情報、脳波をサーバへ送信する。次に、サーバ側は取得した時刻や場所、脳波といった情報に基づきアプリケーションを各ユーザに最適化してランキングし、ランクの高い順に推薦する。携帯端末では受信したアプリケーションを提示し、その際のユーザの脳波をサーバに送信する。サーバは取得した脳波からユーザが希望するアプリケーションか否かを判定する。ユーザ選択の際に脳波を使用した時刻や場所、脳波、情報推薦の正誤情報と共に保存しておくことで、サーバはそれらの情報を用いて再帰的に学習可能とする。

2.2 画像推薦システム

図2に画像推薦システムの概要を示す。本システムでは簡易脳波計測機器と携帯端末を Bluetooth で接続し、脳波と音楽、画像データを送受信する。前提としてユーザには初期学習として、被験者に (Valence 低, Arousal 高), (Valence 低, Arousal 中), (Valence 中, Arousal 高), (Valence 中, Arousal 中), (Valence 中, Arousal 低), (Valence 高, Arousal 高), (Valence 高, Arousal 中) に基づいた7種類の画像を見せ、その際の8種類の脳波を計測し、画像に対する分類器を構成する。簡易脳波計測機器では、音楽の再生と同時に8種類の脳波を計測し、1秒間隔で携帯端末にデータを送信する。

推薦時は、まず携帯端末で音楽を聴いた時の脳波を取得し

(注1)：フロリダ州大学で標準化が進められた感情を喚起する大規模なカラー写真セット。それぞれの値は1-9の9段階で評価されている。

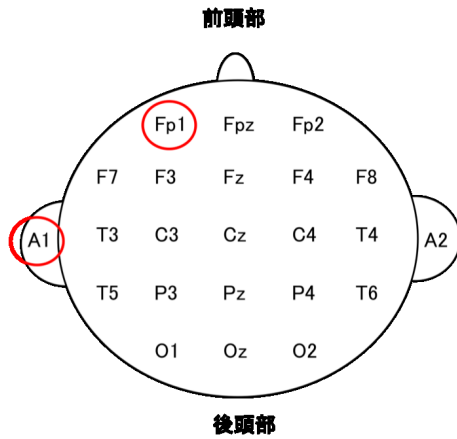


図3 10-20法による脳波記録用電極の装着部位

サーバに脳波情報を送信する。次に、サーバでは脳波情報を事前に構成した分類器に入力し、出力に対応した画像を特定する。画像の提示方法は、特定した画像とデータベースの画像の特徴量(今回は Arousal と Valence)の類似度を算出し、類似性の高いものから、携帯端末で順次提示する。

3. 脳情報抽出および情報推薦

3.1 脳波

脳波計測機器によって頭皮上から記録される電位は、大脳皮質神経細胞の尖頂樹状突起で生じたシナプス後電位である。シナプス後電位は数十 mV の単位であるが、頭皮上から記録される脳波の電圧は、通常数十 μV と非常に低電圧である。

脳波計測機器の電極は 10-20 法に沿った配置で装着する。10-20 法とは国際臨床神経生理学学会連合が国際標準として定めた電極配置である [11][12]。図 3 に電極配置を示す。それぞれの部位の記号は脳部位と関連している。Fp (frontal pole: 前頭極), F (frontal: 前頭部), C (central: 中心部), P (parietal: 頭頂部), O (occipital: 後頭部), T(temporal: 側頭部) という記号と、正中線を z とし、そこから側頭部に向けて番号を付けて部位を表している。

脳波計測の際、瞬きをすることで脳波に影響があるということが報告されている [8]。一般に瞬きの筋電位は $100 \sim 150 \mu V$ であり、瞬きが終わった後も筋電位の変化が脳波にノイズとして残ることも確認されている。

3.2 簡易脳波計測機器

使用する簡易脳波計測機器は、NeuroSky 社の MindSet (図 4) である。外形は $21mm(L) \times 17.5mm(W) \times 5mm(H)$ 、重量は約 190g とコンパクトであり、拘束性が低い。MindSet 本体の左耳のパッド部と、伸びているアームに電極が実装されている。計測手法には、左耳のパッド部の端子で耳朵を基準とし、アーム部の端子との電圧差を測定する単極誘導法を用いている。計測部位は電極配置 Fp1 の箇所である。計測可能な脳波はリラックス度や覚醒度といった感情と相関があると考えられている。delta (0.5 - 2.75Hz), theta (3.5 - 6.75Hz), low-alpha (7.5 - 9.25Hz), high-alpha (10 - 11.75Hz), low-beta (13 - 16.75Hz), high-beta (18 - 29.75Hz), low-gamma (31 -



図4 MindSet

39.75Hz), mid-gamma (41 - 49.75Hz) の 8 種類である。これら 8 種の値のダイナミックレンジは $0 \sim 1677215$ であり、毎秒 1 回取得可能である。

3.3 脳情報に基づく情報推薦

情報推薦の流れを以下に説明する。

1. 簡易脳波計測機器と携帯端末を Bluetooth で接続し、携帯端末で脳波を計測し取得
2. 脳波を計測した後、携帯端末からサーバへ脳波を送信
3. 事前に構成しておいた分類器に計測した脳波を入力し、判定結果を取得

本研究では、SVM により二つの分類器を構成した。アプリケーション推薦システムでは入力 8 出力 2 の分類器、画像推薦システムでは入力 8 出力 2 又は 3 の分類器を構成した。最後に、分類器の出力に沿ってアプリケーション又は画像を推薦し、推薦結果がユーザにとって目的のものか否かの情報をサーバに送信する。これにより再帰的な学習が可能となる。

SVM は一般に汎化能力が高いと報告されており [9]、その理由として識別面に近いそれぞれのクラス間の距離(マージン)を最大にするように学習することにあると考えられている。基本的には線形分離可能なデータを分類するが、入力空間を高次元特徴空間に写像することで非線形のデータも分類することが可能となるため、本研究では分類器として SVM を用いた。

3.4 分類手法

以下では、分類手法について詳しく説明する。

構成した分類器の概要を図 5 に示す。入力 は 3.2 で述べた簡易脳波計測機器で取得可能な 8 種類の脳波であり、出力は Yes 又は No の 2 出力である。但し、画像推薦システムの場合は 2 又は 3 出力となる。

取得した脳波からユーザの希望するアプリケーションか否かの具体的な判定方法は以下の通りである。

1. この分類器を使用し 1 秒毎に下記の式で Yes 又は No に分類する。

$$\begin{cases} \text{Yes} & \text{if } y_{1j} > y_{2j} \\ \text{No} & \text{else} \end{cases}$$

- Yes の出力値は y_{1j} 、No の出力値は y_{2j} に対応しており、どちらも $0 \sim 1$ の実数値をとる。($j = 1 \sim n$)

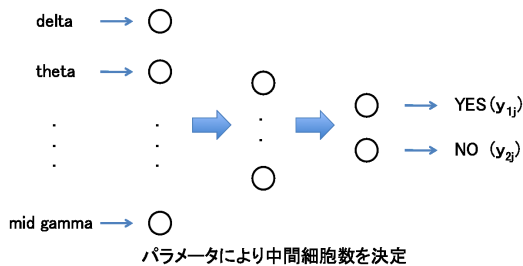


図5 分類器の概要

- Yes はユーザの希望するアプリケーション、No はユーザの希望しないアプリケーションを表している。
- 2. 最終判定として、各アプリケーションの t 秒間の提示に対して n 回の連続分類を行い、 Th 回以上 Yes となった場合、そのアプリケーションを Yes と評価する。
- t はアプリケーションアイコンの提示時間で、 n は判定に要する計測時間を表している。
- Th は判定閾値を表し、 $Th = \lceil n/2 \rceil$ とする。

なお、再学習の際には、情報推薦の正誤情報が必要となるが、誤ったアプリケーションが推薦された際に、ステータスバー又はボタンから以下の選択肢をユーザに与えることによって正誤情報を取得する。具体的には、以下のステータスバー又はボタンを用意する。

1. アプリケーションを直ちに終了 (アプリケーション起動時に数秒間提示)
2. 1つ前に提示したアプリケーションを起動 (次のアプリケーション判定へ移行時に数秒間提示)

4. 実験

本論文では、1) 同一コンテンツに対する脳波を2値分類し同一コンテンツを推薦可能なシステム、および 2) 異種コンテンツに対する脳波を用いて複数分類し、異種コンテンツを推薦可能なシステムにおける実験を行う。

4.1 アプリケーション推薦システム

本実験では、ユーザの Yes 又は No という判断を脳波から識別するための分類器を構成し、その分類器の精度を評価する。

分類器を構成するに当たって、携帯端末上のアプリケーションの提示に対し、Yes 又は No と判断した際の脳波を計測するアプリケーションを開発した。図6に実際の計測時の携帯端末の画面を示す。本アプリケーションは、簡易脳波計測機器から8種類の脳波を1秒間隔で取得し、アプリケーション終了時に、取得した脳波を全てサーバに送信する。

実験手順は以下の通りである。

1. あらかじめ実験者側でユーザに Yes だと判断させるアプリケーションを決定し、ユーザに提示
2. ユーザに Yes だと判断させるアプリケーション又はそうでないアプリケーションを5秒間提示
3. 脳波を取得し、Yes または No にラベル付け
- Yes だと判断させるアプリケーションを提示した場合は、その計測時間の脳波を Yes とラベル付け

- No だと判断させるアプリケーションを提示した場合は、その計測時間の脳波を No とラベル付け

実験条件として、3種類のアプリケーション (メール、音楽、web) をランダムで提示し、被験者3名 (A, B, C) を対象にそれぞれ5セット計測を行った。1セットの計測で、アプリケーションの提示は12回行われ、Yes : No = 1:1 とし、Yes と判断させるアプリケーションを6回、No と判断させるアプリケーションを6回提示する。各アプリケーションの提示時間 (t) は5秒間である。1セットの計測で取得できるデータ数は、1秒毎に脳波の取得が可能のため1セット $\times$ 5秒 $\times$ 12回 = 60個であり、Yes とラベル付けされるデータ数は半分の30個、同様に No とラベル付けされたデータ数も半分の30個となる。被験者1名に対してデータ数は300個であり、Yes とラベル付けされたデータ数は150個、No とラベル付けされたデータも150個である。なお、本実験では、各個人ごとに最適化した識別器を作成する。

実験環境として、使用した携帯端末は Samsung の Galaxy S III、簡易脳波計測機器は NeuroSky 社の MindSet。本実験で使用した SVM は R(version2.15.1) のパッケージ e1071 内の LIBSVM, SVM のカーネルは RBF カーネルを用いた。被験者は20代の男性3名に行ってもらった。

実験結果を表1に示す。実験条件は、 $t = 5$ (各アプリケーション提示時間) で行った。被験者 A の分類器は、パラメータとして、 $\gamma = 3.16$, $\text{cost} = 3162$ の分類器を構成した。また、 $n = 1$ (判定計測時間)、 $Th = 1$ とした。結果、正答率は 61.33% であった。次に、 $n = 5$, $Th = 3$ の条件で評価を行った結果、正答率は 66.70% となった。

被験者 B, C についても同様の実験を行ったところ、それぞれパラメータが $\gamma = 1995$, 0.01 , $\text{cost} = 0.8$, 316 の分類器を構成し、 $n = 1$ による正答率は 60.67%, 57.00% であった。 $n = 5$ で評価を行った結果、正答率は 75.00%, 63.30% であった。

被験者 A~C の平均を取ると、 $n = 1$ による分類器の評価は正答率 60.85% であり、 $n = 5$ での正答率は 68.33% であった。

また、false-positive と false-negative の結果を表2に示す。 $n = 1$ の評価において、被験者 A, B, C の3人の false-positive はそれぞれ 19.0%, 20.0%, 25.0% であり、false-negative は 20.0%, 20.0%, 18.0% であった。 $n = 5$ の評価において、被験者 A, B, C の3人の false-positive はそれぞれ 20.0%, 10.0%, 21.7% であり、false-negative は 13.3%, 15.0%, 15.0% であった。

被験者 A~C の false-negative, false-positive の平均を取ると、 $n = 1$ による false-negative は 21.3%, false-positive は 19.3%, $n = 5$ による false-negative は 17.2%, false-positive は 14.4% となった。

4.2 画像推薦システム

本実験では、ユーザが画像を見た時の感情を脳波から識別するための分類器を構成し、その分類器の評価を行う。また、その分類器でユーザが音楽を聴いた時の脳波を分類する。

本実験で使用した画像は、感情と注意の実験的研究において広

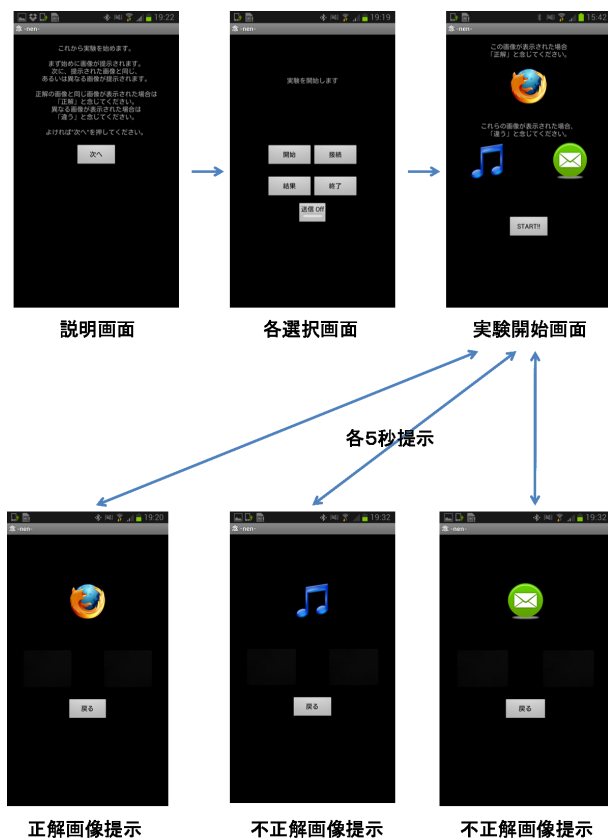


図 6 脳波計測アプリケーション画面

表 1 各被験者毎の実験結果

	gamma	cost	$n = 1$ での正答率	$n = 5$ での正答率
被験者 A	3.16	3162	61.33%	66.70%
被験者 B	1995	0.8	60.67%	75.00%
被験者 C	0.01	316	57.00%	63.30%

表 2 false-positive と false-negative

	$n = 1$		$n = 5$	
	false-negative	false-positive	false-negative	false-positive
被験者 A	19.0%	20.0%	20.0%	13.3%
被験者 B	20.0%	20.0%	10.0%	15.0%
被験者 C	25.0%	18.0%	21.7%	15.0%

く用いられている IAPS 画像である。また、IAPS 画像には死体などのショッキングな画像や、気分の悪くなるような画像も含まれているため、今回の実験では次の画像提示時にも影響が現れると判断し、それらの画像を除く 905 枚を使用した。

各画像は、Valence (誘発性)、Arousal (覚醒度)、Dominance (支配的主観) の 3 つの観点から 9 段階で画像を評価することが可能である。Valence は、どれだけ画像が快であるか、不快であるかを意味し、Arousal は、どれだけ画像を見ることで心が覚醒したか、Dominance は、どれだけ画像に引き込まれたかを意味している。Dominance は評価基準が支配的主観とわかりにくいことや、IAPS 画像の評価データに数値がないものもあり、本実験では使用しなかった。したがって、Valence と Arousal の評価値を画像の特徴量とした。

図 7 は IAPS 画像の分布図を示す、 x 軸は Valence、 y 軸は Arousal を表す。青色の丸は (Valence 高, Arousal 低)、(Valence 低, Arousal 低) を表しており、今回用いた IAPS 画像ではこれらに属するものがなかった。オレンジの丸で囲った中の赤点 (a, b, c, d, e, f, g) が今回使用した画像であり、被験者に提示した 7 枚の画像を図 8 に示す。図 8 の各画像の下は (Valence 値, Arousal 値) である。

本実験では、7 種類の画像を被験者に提示し、50 セット計測を行った。1 セットの計測では、7 枚の画像 (図 8) を 5 秒間ずつ順次提示するため、計測時間は 35 秒となる。よって、1 セットの計測で取得できるデータ数は 35 個となり、50 セット計測を行った際の a, b, c, d, e, f, g のデータ数はそれぞれ $5(\text{秒}) \times 50(\text{セット}) = 250$ 個となる。分類器を構成するに当たって、7 クラス分類は良い分類結果が得られない為、ファーストステップとして 2 クラス分類を行う。それぞれの画像の組み合わせ毎の分類器の正答率を表 3 に示す。

次に、音楽を聴いた際の脳波を 5 分間の楽曲で計測を行い、5 セット計測を行った。使用した楽曲は DEPAPEPE の Wedding Bell という曲を使用した。本楽曲は歌詞のないギターのための曲であり、落ち着ける曲である。先ほどの実験で作成した正答率上位 5 つの分類器を用いて、音楽を聴いた際の脳波を SVM で分類した結果を図 9 に示す。ここでは、e と g の画像を用いて説明する。音楽を聴いている時間が 10 秒のとき 5 セット中 4 セットを g と判定され、残りの 1 回は、5 秒間を e と判定され残りの 5 秒間は g と判定されたため、e と g のどちらの画像が音楽に適しているか判定されなかった。残りの 20, 30, 60, 300 秒では、5 回中 5 セット g と判定された。

表 3 作成した正答率上位 5 つの分類器

画像の組み合わせ	gamma	cost	正答率
c,e	3162.28	1258.93	53.2
e,g	501.19	0.316	53.1
a,g	630.96	158.49	52.4
b,c	0.16	0.40	52.3
c,d	3162.28	1258.93	52

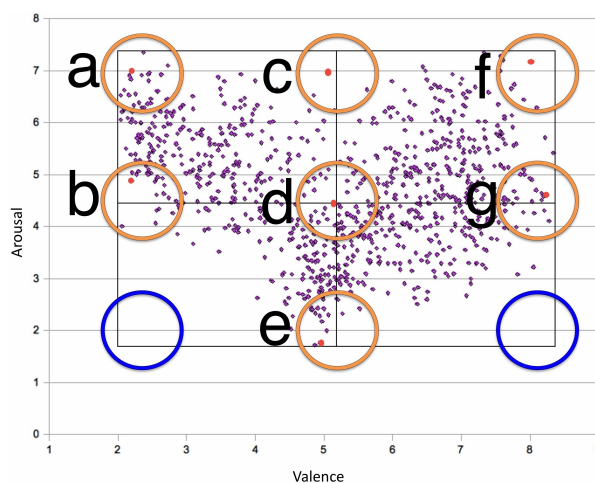


図 7 IAPS 画像の Valence, Arousal の分布図



図8 提示する7枚のIAPS画像

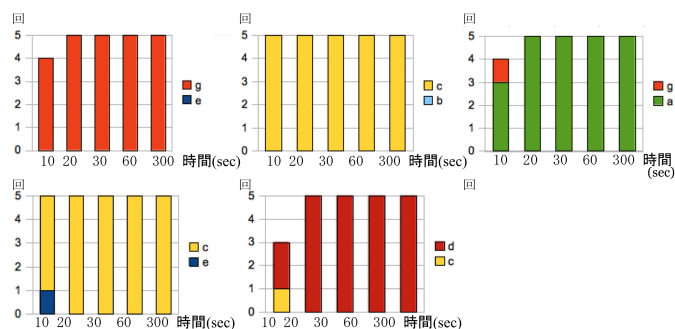


図9 構成した分類器を用いて音楽を分類した回数

5. 考 察

今回、アプリケーション推薦システムにおける検証実験では、各個人に最適化した識別器を作成した。これは、実験により採取した脳波に対してデータ解析を行った結果、脳波の個人差が非常に大きいことを確認したためである。したがって、システム検証のファーストステップとして、個人毎に脳波を採取し、SVMの学習を行い、評価、検証を行った。

しかしながら、 $n = 1$ の条件による平均正答率は60.85%であり、必ずしも十分な認識率が得られなかった。この理由の一つとして、学習データ数が不十分であることが考えられる。他の理由としては、周囲の雑音や瞬き等のノイズの影響を受けている可能性もある。今後は、実験結果の更なる解析や追加実験を行い、認識率の向上を目指す。

また、本システムでは、信頼度の向上のため、最終的なアプリケーションの推薦は、個々のSVMの判定値からの統合判定による行うとしたのであった。検証実験により、 $n = 1$ による評価結果よりも $n = 5$ と各アプリケーション提示時間(t)を同じ時間に設定する評価方法の方が高い正答率を得ており、本手法の基本的な有効性が確認できたといえる。

画像推薦システムにおける、音楽を聴いた際の脳波をSVMで分類するという検証実験では、20秒辺りで脳波が安定することが確認出来た。しかし、10秒で判定することも不可能ではなく、10秒経った時の脳波で画像を推薦しておき、20秒経った

時に正確な画像を推薦するといった方法も考えられる。

今後の課題は、分類器の正答率を上げることと、評価の2つである。

正答率をあげる為には、分類器の構築方法と評価方法の見直しが必要になると考える。分類器の構築方法では、どれだけのデータ数を学習すれば正答率が変化しなくなるのかといった、学習データ数の変化を調べる必要がある。判断基準において、Yesの判断基準を緩くすることで、ユーザが一番強く望む感情のYesが判定されやすくなってしまい、Yesの判断基準を緩くし、ユーザがNoと判断した場合、分類器はYesと判定し、希望しないアプリケーションが起動してしまい、被験者は不快に感じてしまう。したがって、ユーザがYesと判断した場合の判定が重要であり、Yesの判断基準を厳しくした方が良いと考える。本論文ではYesの判断基準として、判定閾値を $Th = \lceil n/2 \rceil$ としているが、判定閾値を実験結果のfalse-positive, false-negativeと絡めて再考する必要がある。そして、脳波にノイズ等の情報が含まれていると分類が困難になるため、評価する脳波の質を高めることも必要であると考えられる。

評価においては、提案したシステムで推薦したアプリケーションが被験者の判断と合っていたかどうかの定性的評価を行う必要があると考える。そして、実験では3種類のアプリケーションに対しての分類器を構成したが、使用した分類器で異なる種類のアプリを判定した時に正負と判定できるかどうかの評価も必要である。

6. 関連研究

四肢麻痺患者が念じるだけで電動義手を操作する研究[5]や人の四肢運動時の脳波でロボットを制御し動作させる研究[7]はbrain machine interface (BMI) 技術を用いている。これらの研究は、脳波から計測者の動作を推定するという点では本研究とも共通しているが、目的はあくまでハードウェアの制御である。本研究では、脳波から動作を推定できることに加え、その情報を再び計測者に情報推薦するという点で異なる。また、脳波計測時には拘束性の低いヘッドフォン型の簡易脳波計測機器を用いているという点でも異なる。

簡易脳波計測機器を用いた研究では、取得した情報から感情識別や思考状態の推定をするシステムなどの開発が行われている[13][14]。これらの研究は思考を抽出する点では本研究と類似しているが、思考を抽出し情報推薦と組み合わせる点で異なる。また、簡易型脳波計測機器の情報から二値判定を行う研究[15]も行われているが、SVMを用いて学習する点や、入出力を携帯端末で行う点で本研究と異なる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、同一コンテンツに対する脳波の2値分類による推薦システムと異種コンテンツに対する脳波の複数分類による推薦システムを提案し実装した。脳波に基づく同一コンテンツの推薦では、ユーザの望むアプリケーションを脳波から識別し、推薦するという実験を行った結果、68%の割合でユーザの正解

と判断したアプリケーションが推薦可能であることを確認した。今後は、分類器の精度向上手法及び情報推薦手法についての検討を行う予定である。

脳波に基づく異種コンテンツの推薦では、ユーザの脳波に基づく画像推薦の実験を行ったところ、58%の割合でユーザの求めている画像を推薦可能であることを確認した。今後は、分類器の判定精度や脳波測定精度の向上が目標である。また、画像推薦システムにおいて未実装である推薦された画像と類似性の高い画像の特定手法についての考慮も行う予定である。

謝 辞

本研究の一部は、NTT レゾナント株式会社との共同研究、及び SCOPE 若手 ICT 研究者育成型研究開発(102107001)、A-STEP 探索タイプ (AS242Z02958H)、JSPS 科研費 (24780248) の助成によるもので、ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] 西村奈令大, 石井明日香, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之, 自己の心拍数を触覚提示するデバイスの検討, IPSJ Interaction, 3EXB-16, 2012.
- [2] 草島暁史, 中島一樹, 斉藤建夫, 佐々木和男, 衣類を介した光電脈波計測のための脈波センサ開発, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム J95-D(4), 713-721, 2012.
- [3] 甲田卓哉, 新津善弘, 視線情報と脳波を用いた興味度推定法の検討, 電子情報通信学会総合大会, B-19-19, 2011.
- [4] 美野田友樹, 二見亮弘, 皮膚電気刺激による感覚神経誘発電位の増減とそのモデリングについて, 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス 110(460), 69-74, 2011.
- [5] TakufumiYanagisawa, MasayukiHirata, YouichiSaitoh, Tet-suGoto, HaruhikoKishima, RyoheiFukuma, HiroshiYokoi, YukiyasuKamitani, ToshikiYoshimine, “Real-time control of a prosthetic hand using human electrocorticograms ”
- [6] 平田雅之, 柳澤琢史, 松下光次郎, Shayne Morris, 神谷之康, 鈴木隆文, 吉田毅, 佐藤文博, 齋藤洋一, 貴島晴彦, 後藤哲, 影山悠, 川人光男, 吉峰俊樹, ブレイン・マシン・インターフェースによる機能支援: リアルタイムロボットアーム制御とワイヤレス完全体内埋込装置の開発, 脳神経外科ジャーナル 21(7), 541-549, 2012.
- [7] 飯田貴昭, 武藤光, 吉井晴香, 佐々木実, 伊藤聡, 脳波を用いたロボット制御, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 1A1-E26(1) - 1A1-E26(3), 2010.
- [8] 中西功, 馬場貞尚, 脳波による個人認証の研究: 瞬きに関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告. CS, 通信方式 109(436), 245-246, 2010.
- [9] C. Cortes and V. Vapnik. Support Vector Networks. Machine Learning, Vol. 20, pp. 273-297, 1995.
- [10] 川上俊, 洪志勲, 大槻知明, サポートベクターマシンを用いた信号部分空間の次元拡張に基づくアレーセンサによる位置推定法, 電子情報通信学会技術研究報告. RCS, 無線通信システム 110(433), 367-372, 2011.
- [11] 柴崎浩, 米倉義晴, 脳のイメージング - 脳のはたらきはどこまで画像化できるか -, 共立出版, 1994.
- [12] 入戸野宏, 心理学のための事象関連電位ガイドブック, 北大路書房, 2005.
- [13] 高橋和彦, 簡易脳波計測装置を用いた感情識別の一考察-第3報 SVM による識別-, 日本機械学会第 12 回インテリジェント・システム・シンポジウム公園論文集, 2-210, 2002.
- [14] 林剛史, 福井健太郎, 宮田章裕, 重野寛, 岡田謙一, 簡易脳波計測による時間幅を考慮したリアルタイムな思考状態の推定, FIT2005 (第 4 回情報科学技術フォーラム), L-090, 2005.
- [15] 丸山隆弘, 菊池眞裕之, 簡易型 NIRS を用いた Brain-Computer

Interface の開発, 社団法人映像情報メディア学会技術報告, Vol.35, No.51, 2011.