

## 2ch NIRS を用いた音楽聴取時の脳活動解析

掛川茉祐<sup>†1</sup> 小宮山諒<sup>†2</sup> 菊池眞之<sup>†1,2</sup>

本研究では、2ch NIRS を用いて音楽聴取時の脳活動計測を行った。脳活動データからのジャンル識別や既知性識別を行い、識別に有効な音楽聴取時の時間区間や解析手法などの検討をした。その結果、Oxy-Hb と Deoxy-Hb の時系列ごとにラベルを付与しランダムフォレストを用いた場合のジャンル識別率が高くなった。ジャンル識別では平均 77% 程度、既知性の平均識別率 90% の識別率が得られた。PCA において可視化した結果、それぞれの脳の状態が小規模なクラスターを形成する事が確認できた。

### Analysis of brain activity measured from 2ch NIRS during listening to music

MAYU KAKEGAWA<sup>†1</sup> RYOU KOMIYAMA<sup>†2</sup>  
MASAYUKI KIKUCHI<sup>†1,2</sup>

In this study, we analyzed brain activity measured from 2ch NIRS during listening to music. We tested discriminations of genres of musical pieces and knowingness of them, to which subjects listened, using random forest. As a result, discrimination rate about genre (category) of musical pieces achieved 77%, and discrimination rate of knowingness about them achieved 90%. We also visualized those brain activities by PCA and confirmed that data points of each brain state formed small clusters.

#### 1. はじめに

音楽は生理的および心理的に影響すると言われている。事実、私たちの身の回りにおいても場所や雰囲気により音楽を用いる事でその場面や印象を強く残すことが出来る。例として、オペラや音楽の一部分を聴くことにより場面を想起することがあげられる。ヒトに影響を与えるという事を活かし、音楽療法といった補完医療として用いられていることもある。このように音楽とはヒトの心に対して、大きな影響を与えているという事ができる。

近年、音楽と脳活動の研究に関しても同様に活発になってきている。一般的に、ヒトが音楽を聴くときに最も活発になる脳活動部位として前頭部(前頭前野)であると岩坂らの研究報告がある[1]。楽曲の聴取中に Fill-in と呼ばれる音楽の急な動きがあるとき、ヒトの脳活動は大きく変化していると示唆している[2]。音楽の聴き方に関しても、受動的に聴取を行うかそれとも分析的に音楽を聴くかにより変化があると示唆した研究もある[3]。ヒトの心に影響を与える効果がある事を確かめるために、音楽療法の一つである MACT の研究[4]が行われている。その結果、音楽は前頭葉および左側側頭部において活発な活動が見られたという報告がある。しかし、これらの研究では実験に用いる楽曲数が少ないため、その楽曲独自の反応であったと解釈できる。

そこで本研究では、複数のジャンル用いて音楽聴取時の脳活動を調べる。音楽聴取時の脳活動を調べることにより、

音楽が人にどのような影響を与える事が出来るかを調べることが出来る。先行研究ではデータの前処理として FFT を用いたのち、SVM による識別を行った。本稿では、酸化ヘモグロビン(Oxygen-Hemoglobin; 以下 Oxy-Hb)や脱酸化ヘモグロビン(Deoxygen-Hemoglobin; 以下 Deoxy-Hb) Deoxy-Hb を分析対象とする。分析手法として SVM の他にランダムフォレストランダムフォレスト(Random Forest; 以下, RF)や主成分分析(Principal Component Analysis; 以下, PCA)を用いて分析を行っていく。

#### 2. 実験手続き

##### 2.1 実験内容

被験者には暗室の中で音楽を聴いてもらう。音楽を聴いた後には、被験者には聴いた音楽に対して感性評価を行ってもらった。なお、実験中音楽を聴いているとき被験者には目を閉じてもらうようにした。試行内容としては図 1 のとおりである。1 試行に対し 1 ジャンルを聴いてもらうものとし、10 試行を 1 ブロックとする。1 ブロックは予備時間の 20 秒を含め、全体で 25 分 20 秒とした。被験者にはこのブロックを 40 ブロック行ってもらった。全てのブロックを終えると計 400 曲を聴くことになる。今回実験にて使用したジャンルは計 14 ジャンルである。ジャンルの種類や楽曲数に関しては表のとおりである。ブロックごとにジャンルの数や聴取の順番は全て違うものになるように指定した。実験の指示については全て PowerPoint (Microsoft 社)を用いて行った。音楽聴取前に被験者には何のジャンルが流れるかを事前に提示している。ただし、画面に提示するのはあ

<sup>†1</sup> 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科  
Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences,  
Tokyo University of Technology.

<sup>†2</sup> 東京工科大学コンピュータサイエンス学部  
School of Computer Science, Tokyo University of Technology.

くまでもジャンル分類のみであり、楽曲名は一切表示していない。

続いて、1 ブロック内に行う感性評価と既知判定について説明する。音楽聴取の後 90 秒間に行ってもらい感性評価は SD 法を用いた。本実験で使用する SD 法の形容詞対には岩宮らの研究を参考に、音楽評価に関係する計 12 組の選出を行った。表に選出した形容詞対 12 組を示す。感性評価を回答してもらったときに、被験者には聴取中の楽曲が聞いたことがあるか否かを Y(Yes)もしくは N(No)で回答を行ってもらった。なお、本稿では感性評価についての報告は割愛する。

被験者には実験前に事前質問として次の 3 点について回答してもらった。一日当たりの音楽聴取時間、よく聞く音楽ジャンル(最大回答数 3)、楽器経験の有無について質問を行った。

表 1 ジャンル一覧

ジャンル	楽曲数
アシッドジャズ	19
アンビエント	29
イージーリスニング	15
雅楽	18
クラシック	60
現代音楽	29
ジャズ	49
トランス	20
ニューエイジ	25
ヒーリングミュージック	26
ポストミニマリズム	22
ミニマル	24
ラテン	30
ロック	34
合計	400

## 2.2 実験機材

本実験では、被験者に対して非侵襲性で脳活動を計測することが可能である NIRS (Near-Infra-Red Spectroscopy; 以下、NIRS)を用いて計測を行った。また、NIRS においてもチャンネル数が多いものなどでは被験者への負担がかかる恐れがある。チャンネル数が少なく、装着が容易である NIRS を用いた。脳活動を計測する NIRS として EXCEL OF MECHATRONIX 社の YN-502 を使用した。前頭部センサ左右 1ch ずつの計 2ch で計測を行った。実際に使用した NIRS を図 2 に示す。

実験時、被験者の姿勢は椅子坐位とした。実験中に使用したオーディオアンプは SE-U55SX2 (ONKYO)を利用した。同様に実験中に、被験者にはヘッドフォン ATH-SJ33 (audio-technica)を使用して音楽を聴いてもらった。



図 2 2ch NIRS 本体

本実験では被験者に感性評価や楽曲についての既知を回答してもらい、感性評価等の回答用コンピュータを暗室内に用意し、回答を入力してもらった。

## 2.3 被験者

本実験に参加した被験者は、大学生(男子 10 人、女子 0 人、年齢 21.5 歳±1.5 歳)であった。今回、ジャンル識別には被験者 10 名分のデータを用いた。既知性識別ではアンケート回答に不十分な点が見受けられた 1 名を除く 9 名を分析に用いた。

## 3. 分析手法と結果

### 3.1 Oxy-Hb, Deoxy-Hb から見る脳活動

NIRS を用いて得られた Oxy-Hb と Deoxy-Hb の両方を用いて分析を行う。分析に用いる時間帯について、先行研究 [5][6]では聴取開始から 20 秒後から 40 秒間を識別に用いていた。神経活動が血液の状態に反映するのに時間を要することを考慮したためである。しかし、本研究では神経活動が反映し始める状態を見ることにより識別率を上げることが出来るのではないかと考え、聴取開始 10 秒間のデータを扱うこととした。

### 3.2 ジャンル識別について

はじめに、Oxy-Hb や Deoxy-Hb によるジャンル識別や既

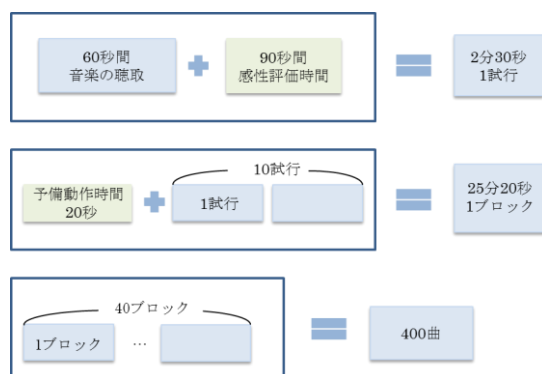


図 1 実験内容

知性の識別について行う。識別器として RF を用いて行った。1 試行に対し 1 ジャンルという形でラベルを付与したものでジャンル識別が出来るかを調べた(図 3-A)。先行研究 [5][6]でも使われていた SVM と新しく RF と呼ばれる学習器を用いて識別を行った。RF は複数の決定木を利用しながら分類を行うものである。分析に用いるデータ数は 400 曲中の 200 曲分を教師データとして使用し、残り半分の 200 曲分をテストデータとして用いた。ランダムサンプリングを行いながら識別を行った。この時のチャンスレベルは 7.1%である。識別結果を図 4 に示す。

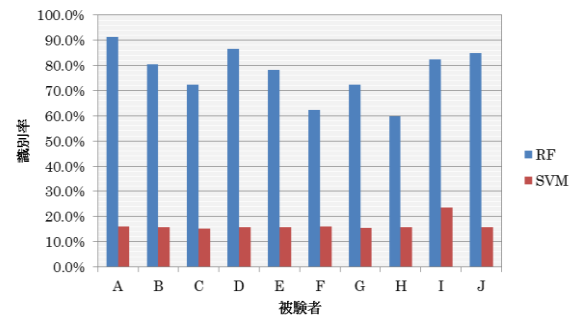


図 5 RF と SVM によるジャンル識別比較  
 (時系列ごとにラベルを付与した場合)

(A)

秒	Oxy-Hb	Deoxy-Hb	Oxy-Hb	Deoxy-Hb	ラベル
0.1					1曲目
⋮					⋮
10					1曲目
⋮					⋮
0.1					400曲目
⋮					⋮
10					400曲目

(B)

Oxy-Hb		Oxy-Hb	Deoxy-Hb	Oxy-Hb	Deoxy-Hb	ラベル
0.1秒	⋯	100秒	⋯	⋯	0.1秒	1曲目
⋮						⋮
0.1秒	⋯					400曲目

図 3 ラベル付与の例

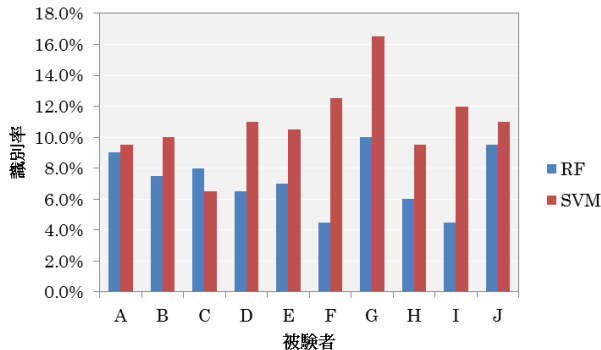


図 4 RF と SVM によるジャンル識別比較  
 (各曲にラベルを付与した場合)

1 曲ごとにラベルを付与した場合、チャンレベルをわずかに超える程度の識別率となった。そこで、時系列ごとにジャンルラベルの付与を行った(図 3-B)。本実験で使用した NIRS は 0.1 秒ごとに計測を行う。先ほどと同様に SVM と RF を用いて識別を行った。教師データや学習データも先ほどと同様に全データの半分を使うようにした。識別結果は図 5 の通りとなった。

SVM を用いた識別だと、識別率が RF に比べて低くなる結果となった。この時、SVM では全体的にクラシックとして大半が識別される結果となった。一方、RF の平均識別率は 77.1%であった(最大識別率 91.4%)。このときの RF の識別の際に利用するジニ係数を調べると、係数が高いものとして右側前頭部の Oxy-Hb や Deoxy-Hb の値が高くなっている事が読み取れた。また、被験者 F や被験者 H に関しては他の被験者より低い識別率である。アンケート質問事項においてこの 2 被験者に関しては学校教育以外の楽器経験が「ある」という回答をしていた。

ジャンル識別については識別がある程度出来ると言える。そこで PCA を用いて図示を行った。第 1 主成分と第 2 主成分を用いて図 6 に示す。

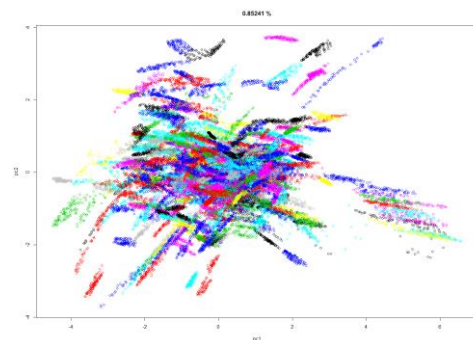


図 6 被験者 A のジャンルに対する PCA 分析

このとき各ジャンルは色ごとに分かれているが、全体的に重なりが多い為、第 3 主成分を用いて図示したものを図 7 に示す。

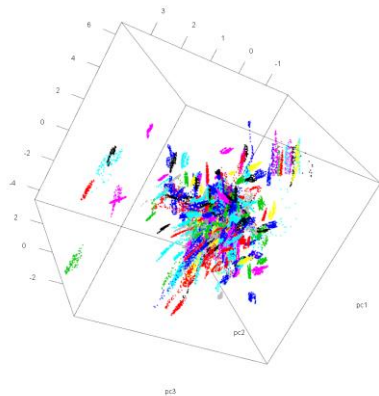


図 7 PCA 分析より第3主成分まで用いた場合(被験者 A)

計 14 ジャンルを同時に PCA で表現すると比較的どのジャンルもまとまって表示されている事が見て取れる。各点群が楽曲ごとにまとまりを形成している可能性もある。

### 3.3 既知性識別

ジャンルの識別の他にもアンケートにおいて、その楽曲が既知のものであるかを回答してもらっている。ジャンル識別の他に既知識別についても同様の分析を行ってみる。先ほどの分析において、計測時間ごとにラベルを付与した場合の RF における識別率が高かったため同様の手法を用いた。既知性についても、ジャンル識別以上に既知であるか否かのばらつきが多い為、ランダムサンプリングを行ったうえで識別を行った。識別結果を図 8 に示す。

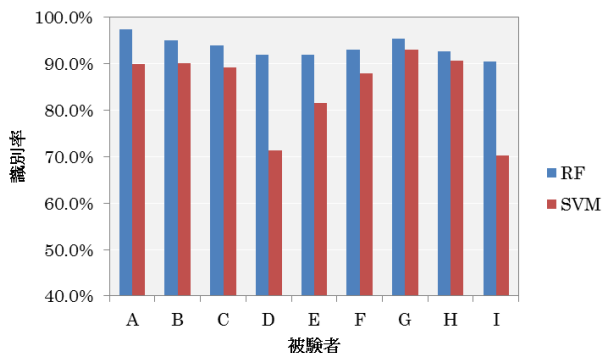


図 8 既知性識別比較  
 (採取時間ごとにラベルを付与した場合)

図 8 より、SVM も RF も高い識別率を導き出すことが出来た。このとき、どのように識別が行われているのか内訳を見た際、SVM に関しては、元データの偏りに応じる形で識別をされているものが多い結果となった。

ジャンル識別同様に既知性識別についても PCA 分析を行った。その結果を図 9 に示す。

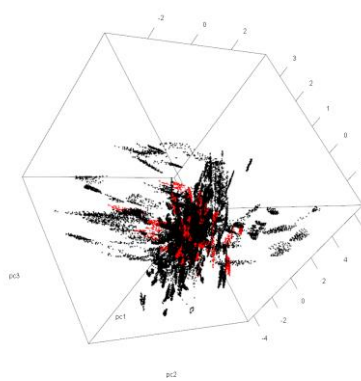


図 9 既知性ラベルに基づく PCA

全体的に固まって表示される被験者と全体的にばらつきがある被験者と個人差にとどまるものもいくつか見受けられる結果となった。

## 4. 考察

本研究の結果より、音楽ジャンルの違いは前頭部の右前頭部に強く表れるのではないかと示唆することが出来る。例えば、章 3 で行った RF を用いたジャンル識別である。Oxy-Hb や Deoxy-Hb との時系列データでも、高い識別を行った結果となった。既知性識別やジャンル識別において Oxy-Hb だけではなく、Deoxy-Hb を見ることで、識別の基準として用いる事が出来るのではないかと考えることが出来る。今回の識別に関しては、SVM や RF の識別器の特徴が反映された結果になったと考えられる。しかし、本実験において、ジャンル識別や既知性においていくつか問題点を挙げる事が出来る。例えば、被験者の既知曲が非常に少ない被験者が出てきている点である。同様にジャンルに関しても均一ではない。被験者自身に身近な曲を利用することで脳活動はより変化し、結果も大きく変わることが予想される。

近年の研究において未知情報判別であれば NIRS でも実際に判別を行うことが可能と示唆されている[7]。判別が容易に行えるようになることで、聴きたい音楽を想起することにより簡単に曲を再生することが出来るようになる。また、感情に合わせて音楽変更していくことも容易になるのではないかと考える。

## 参考文献

- 1) 岩坂 正和, 菅生 恵子, 下茂 円, 石井 琢朗, 上原 敬生, 錦城 明日香, 揚原 祥子, 杉田 克生, “近赤外分光法による脳血流計測を用いた能動・受動的な音楽聴取”, 情報処理学会研究報告, No.15, pp.1-6 (2007).
- 2) 岩坂 正和, 揚原 洋子, 原 正樹, 中山 洋, “音楽イメージにおける身体性表現にかかわる脳血流ダイナミクス”, 日本人工知能学会全国大会 (2009).
- 3) 齋藤 忠彦, “音楽鑑賞における楽曲の違いが脳血流動態に及

- ぼす影響-光トポグラフィーによる計測をもとに-”, 信州大学教育学部研究論集, Vol.2, pp.13-20 (2010).
- 4) 阿比留 睦美, 酒井 浩, 澤田 泰洋, 山根 寛, “音楽刺激と前頭葉機能の関連性について”, 作業療法, Vol.30, pp.593-601 (2011).
  - 5) Mayu Kakegawa, Ryo Komiyama, Yuko Masakura, Masayuki Kikuchi, “Analysis of music appreciation by Kansei evaluation and brain activity”, SCIS&ISIS, pp.183-186 (2012).
  - 6) 掛川 茉祐, 小宮山 諒, 政倉 祐子, 菊池 眞之, “音楽を聴いた時の脳活動と感性評価について”, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会技術報告, NC2012, Vol.174, pp.233-238 (2012).
  - 7) 参沢 匡将, 後藤 かをり, 下川 哲矢, 広林 茂樹, “NIRS を用いた未知情報判別に関する検討”, 電気学会論文誌 E(センサ・マイクロマシン部門誌), Vol.132, No.10, pp.348-354 (2012).