

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540047

研究課題名（和文）脳内想起メロディを入力とする適応型音楽検索技術の構築

研究課題名（英文）Construction of Adaptive Music Query by Melody Recall in the Brain

研究代表者

川越 恭二（Kawagoe, Kyoji）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：40298724

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、頭に浮かべたメロディを脳波入力し、そのメロディに関連し現在の状況に適した楽曲検索後、利用者にその楽曲を適応的再生する方式の実現を最終目標に研究を行った。具体的には、脳内想起メロディデータ記述方式、感性的に適した楽曲検索方式を開発し、これらのスポーツ応用の可能性を探ることを目標に研究を実施した。本研究の結果、データ集約化と特徴ベクトル導出による想起メロディを記述する方法を考案した。これにより2～3種類の音高からなる想起メロディの部分的復元が可能であることを示した。また、脳波からの心理状態抽出と歌詞からの楽曲印象抽出を行い、感性的楽曲検索システムの実現が可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：The final goal of this research is to realize an adaptive song-play method with music query by melody recall in the brain for sports applications. Especially, in the short term goal, which is that of this research activity, we will propose a way of description of melodies in the brain, a method of music query suitable to user's current mental condition, and investigation of applicability of the results for sports applications. From this research, we obtained the following results. First, we proposed a description method of recalled melody in the brain with aggregations and feature extraction of the EEG data, Second, we also developed a method for extracting a human's mental state from EEG as well as a method for extracting music feeling only from song lyrics. Then, we showed that a melody consisting of a few pitches can be reconstructed with melody-recall in the brain. We also showed that a kansei music retrieval system is possibly realized in the future.

研究分野：マルチメディア情報検索

キーワード：脳内想起 メロディ復元 楽曲検索 心理状態抽出 スポーツ応用

1. 研究開始当初の背景

(1) 数多くの音楽検索研究が 1980 年代から行われている。特に鼻歌からのメロディ検索、音楽ジャンル分類等は、代表的国際会議 ISMIR で活発に議論されているテーマである。また、脳波分析に関しても、EEG 装置の開発と共に発展し、脳科学、脳情報処理、神経科学、心理学等で脳機能解明が精力的に実施されている。BCI (Brain-Computer-Interface) の研究も活発化している。脳波を音楽検索入力手段とする研究は、国内外で緒についた段階である。「脳波から推定した睡眠状態に応じた睡眠時楽曲再生 (Zhao ら ACM MM2010)」が代表的研究にすぎない。本研究課題での成果により脳波が音楽検索入力手段として使えることが明らかになれば、音楽以外のマルチメディア検索の入力手段としても脳波が活用でき、学術的に大きなブレークスルーが期待できる。

(2) 研究代表者は ISMIR2009 で「文字列校正手法によるもしかして機能」のデモ発表や、「楽曲特徴量の傾向に基づく類似検索 (DB 学会論文誌 2008)」の研究成果を出した。IEEE ICIS2013 で、「脳波による音楽検索のためのシステム構成と実験」を発表した。また、研究分担者は、音楽が人の感性に与える影響とその応用を研究し、「楽曲印象推定」や「感性的選曲システム」等の感性的音楽検索技術の成果を創出した。楽曲聴取中脳波分析によりハーモニーとそのリラックス効果との関係を明らかにした。

(3) 音楽検索技術の難しさは利用者検索意図の抽出にある。鼻歌メロディやキーワードによる利用者要求では、利用者の持つ検索意図を正確に表現できない。そこで、研究分担者は脳波による音楽検索システムを部分試作した。それにより、利用者の脳波から利用者検索意図を取得することが、利用者検索意図と検索システム間の溝を埋める重要手段であると確信するに至った。

2. 研究の目的

(1) 本研究の最終目標は、「利用者の中で浮かべたメロディを脳波により入力し、そのメロディに関連し利用者の現在の状況に適合した楽曲を音楽データベースから検索し、利用者への適応的再生を可能とする音楽検索技術を実現」することである。

(2) 本目標は極めて挑戦的テーマである。このため、萌芽研究期間内では、より具体的な以下の 3 つの研究課題を設定する。まず、脳内想起メロディに関する脳波データの記述方法を確立する。さらに、利用者の現在の状況を示す脳波データから感性的に適した楽曲を検索する方式を開発する。そして、方法改良によりスポーツ応用への適用可能性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 前述の研究目的に関する研究を実施す

るために、脳波データ記述方法、感性的音楽検索、スポーツ応用に関する研究を実施した。以下では、このうち、主要研究項目である、記述方法と感性的検索に関わる研究について、その研究方法を記述する。

(2) 脳内想起メロディに関する脳波データ記述方法

①本研究目的を実施するには脳内想起データの記述方法を確立することが極めて重要である。具体的には、脳波データの特徴量である。これらは、想起方法や分析方法に応じて適切に選択し使用しなければならない。本研究では、脳内想起データの記述方法を基本方法として開発した。まず、脳内想起方法であるが、人間は一般に与えられた抽象的想起方法には個人ごとに想起する具体的想起方法が異なる。このため、具体的想起方法を指示することが重要である。例えば、特定の音高を想起するという抽象的タスクに対して、ピアノの鍵盤を想起する場合、音自体を想起する場合、楽譜を想起する場合等がある。心理状態に関しても集中状態を想起するには、暗算を行う場合、具体的なものを集中的に意識する場合、文字を順番に想起する場合等がある。また、分析方法の学習アルゴリズムに関しても、機械学習の SVM や K-NN、決定木などの分析方法により想起データによる分析精度が異なる。最後に、脳内想起データの特徴量の集約方法に関しても、脳波の周波数帯ごとの生データそのものを用いる場合、前後 P 個の平均を使用する場合、前後 P 個の分散 (変動) を使用する場合等がある。また、どの周波数帯を特徴量として使用するかという選択も重要である。以下に、脳波からの心理状態抽出に関する具体的記述方法について述べる。

②脳波からの心理状態を抽出するために、学習アルゴリズム (7 種類)、使用する周波数帯 (255 種類=2⁸-1)、集約化方法 (5 種類) の各組合せでの平均分類精度と標準偏差を求め、上位 K 個で頻出する方法を記述方法として採用する。なお、全組合せは 8925 通りである。

③次に、分類精度影響度 AIF を以下のように定義する。ここで、 v_j は $\delta, \theta, \dots, M, \gamma$ の 8 種類の周波数帯を示す。AIF_n は、n 番目の周波数帯に関する影響度である。V_j は特徴量として使用する周波数帯の組合せの一つを示す。S(V_j | v_n=1) は、v_n=1 (v_n を特徴量とする) となる V_j での分類精度である。

$$AIF_n = (1/2^7) \sum_{v_j} \log(S(V_j | v_n=1) / S(V_j | v_n=0))$$

この AIF_n を使用し、平均 AIF が高く標準偏差の小さな周波数帯を特徴ベクトルとして採用する。

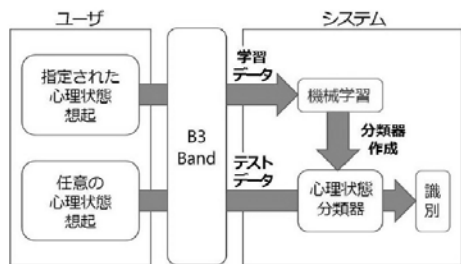
(3) 感性的音楽検索方法

①脳波による感性的音楽検索を実現するには、脳内想起による心理状態を抽出すること

と、その心理状態に適した音楽を選択することが必要である。前者については、前述の記述方法を用いて脳内想起による3種類の心理状態(集中、リラックス、その他)を抽出する。後者の心理状態に適した音楽選択には、事前に音楽の持つ印象を抽出することが必要である。メロディからの印象抽出に関しては多くの研究があるため、本研究では、歌詞に着目し歌詞からの印象抽出を行った。

②脳波から心理状態抽出

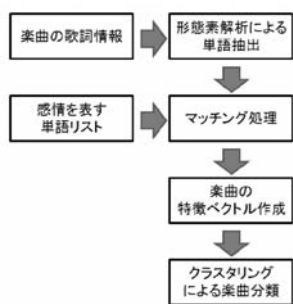
心理状態抽出を行う方法を以下の図に示す。



この図のように、まず学習フェーズでユーザが自身の心理状態を想起し脳内想起データを取得する。この取得したデータで学習し、ユーザの任意の心理状態を識別する。前述の記述方法により、行動想起方法、Avg10, KNNを用いて識別する方法を開発した。

③歌詞からの楽曲印象抽出

歌詞からその楽曲の印象を抽出する方法を開発した。その基本的な処理の流れを次の図に示す。この図の処理の流れは一般的なテキストマイニング処理であるが、開発した方法の特徴は、印象抽出精度を向上させるために、感情語辞書を使用する点、非感情単語間類似度と感情単語との共起性を使用する点である。



(4) 脳内想起によるメロディ復元

脳内想起メロディの復元のための方法を開発した。その方法の基本的流れは、事前準備としての特徴ベクトルの決定と、決定した特徴ベクトルを用いた機械学習方法の事前学習である。この事前準備ののち、与えられた脳内想起データから特徴ベクトルを構築し機械学習器で音高推定を行う。脳内想起メロディ復元特有の方法として、脳内想起メロディ復元に特化した特徴ベクトルを開発したこと、これらの特徴ベクトルを並列学習させるアンサンブル学習を導入したこと等である。

4. 研究成果

(1) 以下では本研究の成果の中で代表的なもののみを記述する。なお、実験方法の詳細は省略する。

(2) 脳内想起メロディに関する脳波データ記述方法

①脳波からの心理状態抽出における脳波データ記述方法の結果の一部を次の2つの表に示す。

②最初の表は、分析方法、集約化方法、特徴ベクトルを変化させたときの分類精度と標準偏差を示している。使用した想起方法はイメージ想起と行動想起の2種類を対象として実験した中で、行動想起の場合である。この表により、心理状態抽出での最適な記述方法を得ることができた。

順位	学習アルゴリズム	集約化方法	特徴ベクトル	平均分類精度	標準偏差
1	15NN	Avg10	$\theta + L\alpha + L\beta + H\beta$	53.57%	7.95
2	5NN	Avg10	$\theta + L\alpha + L\beta + H\beta$	53.57%	10.91
3	決定木	Avg10	$\theta + L\alpha + M\gamma$	53.57%	12.47
4	3NN	Avg10	$\theta + L\alpha + L\beta + H\beta$	53.10%	10.82
5	10NN	Avg10	$\theta + L\alpha + L\beta + H\beta$	52.86%	8.76
6	15NN	Avg10	$\theta + L\alpha + H\beta$	52.38%	8.68
7	5NN	Avg10	$\theta + L\alpha + H\beta$	52.38%	9.51
8	決定木	Avg10	$\delta + \theta + L\alpha + H\alpha + M\gamma$	52.26%	12.13
9	3NN	Avg10	$\theta + L\alpha + M\gamma$	51.43%	9.19
10	15NN	Avg10	$\theta + L\alpha + L\beta$	51.07%	6.91
11	10NN	Avg10	$\theta + L\alpha + H\beta$	51.07%	9.22
12	10NN	Avg10	$\delta + \theta + L\alpha + H\alpha + L\beta + L\gamma$	50.83%	7.98
13	10NN	Avg10	$\delta + \theta + L\alpha + H\alpha + L\beta$	50.83%	9.17
14	決定木	Avg10	$\delta + \theta + L\alpha + H\alpha + L\gamma + M\gamma$	50.83%	9.87
15	決定木	Avg10	$\delta + \theta + L\alpha + H\alpha + H\beta + M\gamma$	50.83%	12.83
16	決定木	Avg10	$\delta + \theta + L\alpha + L\beta + M\gamma$	50.83%	13.18
17	15NN	Avg10	$\theta + L\alpha + H\alpha$	50.71%	7.78
18	SVM	Avg10	$\theta + L\alpha + H\beta$	50.71%	8.11
19	決定木	Avg10	$\delta + \theta + L\alpha + M\gamma$	50.71%	11.51
20	決定木	Avg10	$\delta + L\alpha + L\beta + M\gamma$	50.71%	12.15

③二つ目の表は、周波数帯ごとの前述の精度影響度 AIF を示している。この表が示すように、影響度の高い $L\alpha, L\gamma, H\beta, M\gamma$ を中心に特徴量として選択することが望ましいことが得られた。

	精度影響度(標準偏差)
δ	0.11 (0.28)
θ	0.18 (0.30)
$L\alpha$	0.18 (0.45)
$H\alpha$	0.05 (0.24)
$L\beta$	-0.13 (0.19)
$H\beta$	0.37 (0.53)
$L\gamma$	0.11 (0.16)
$M\gamma$	0.21 (0.37)

(3) 感性的音楽検索

① 脳波から心理状態抽出

前述した脳波からの心理状態抽出方法の精度を求める実験を行った。実験結果の一つを以下の表に示す。

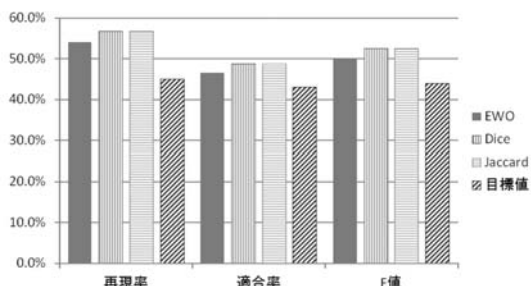
		推定した心理状態		
		集中	リラックス	それ以外
被験者の想起心理状態	集中	77.96%	13.44%	8.60%
	リラックス	34.14%	56.45%	9.41%
	それ以外	28.23%	55.65%	16.13%

この表では、被験者が想起した心理状態をどの程度正確に推定できたかを示す。表に示すように、集中の心理状態は 77.96%で、リラックスは 56.45%で正確に推定することができた。しかし、被験者による想起方法が異なる

その他の心理状態では、16.13%の精度しか得られなかった。リラックスと推定された割合が多いため、リラックス以外の心理状態の詳細化と方式への組み込みが必要であろう。

② 歌詞からの楽曲印象抽出

前述の歌詞からの楽曲の印象抽出方法の精度を求める実験を行った。実験結果の一つを以下の図に示す。



この図は、2軸からなるRussellの感情分類モデルを対象に、開発した3種類の印象抽出方法の精度と人手により抽出した実験での精度(目標値)を示している。再現率、適合率とそれらのF値を示している。この図からわかるように、いずれの方法でも人手による精度の目標値を上回る結果を得た。

(4) 脳内想起によるメロディ復元

2音高(ソとラ)での検出精度を次の表に示す。この表で、交差検証とは実験データで使った全データを結合しLeave-on-out法で検証した結果である。一方、独立検証とは、学習データとテストデータを異なる時間帯で取得し、学習データでの学習結果をテストデータに対して適用した結果である。実際の使用方法に近い評価方法である。この表より82%(独立検証)から91%(交差検証)の高い検出精度を得た。また、3音高(ド、ファ#, シ)に対して複数の学習データによる予備実験を行った。その結果、交差検証では0.98、独立検証では0.71という検出精度を得た。

2音高		SVM		K-NN@K=1	
		正規化無	正規化有	正規化無	正規化有
交差 検証	平均精度(全体)	0.78	0.74	0.73	0.7
	平均精度(楽器経験有)	0.91	0.88	0.85	0.86
	平均精度(楽器経験無)	0.65	0.59	0.6	0.65
独立 検証	平均精度(全体)	0.69	0.65	0.4	0.45
	平均精度(楽器経験有)	0.82	0.81	0.29	0.37
	平均精度(楽器経験無)	0.56	0.49	0.52	0.53

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計9件)

- ① Ikuko Sasaba, Sean J. Fitzpatrick, Alison Pope-Rhodus, Haruo Sakuma, Elite Gymnastics Coaches Perceptions of Coaching Athletes from Different Cultures, International Journal of Coaching Science, 査読有, Vol. 11(1), 2017, 15-30
- ② Sungri Chong, Ryosuke Yamanishi,

Yasuhiro Tsubo, Haruo Sakuma, Kyoji Kawagoe Feature Vectors in Mental-State Classification Using Forehead-mounted Electrical Potential Monitoring Device, Journal of Advances in Information Technology, 査読有, Vol. 7, 2016, 214-219, DOI:10.12720/jait.7.3.214-219

- ③ Ryosuke Yamanishi, Risako Kagita, Yoko Nishihara, Junich Fukumoto, Detecting Attractive Phrases from Musical Lyrics Focusing on Typical Expressions on Lyrics, International Journal of Affective Engineering, 査読有, Vol. 14(3), 2015, 167-174 DOI:10.5057/ijae. IJAE-D-15-00002
- ④ 山西良典, 鎌田里沙子, 西原陽子, 福本淳一, 共起語の特異性と繰り返しに着目した歌詞からの印象的フレーズ抽出, 日本感性工学会論文誌, 査読有, Vol. 14(1), 2015, 29-35 DOI:10.5057/jjske. 14. 29

[学会発表] (計29件)

- ① Kyoji Kawagoe, Mao Otsuka, Ryosuke Yamanishi, Yasuhiro Tsubo, Akira Hirabayashi, Haruo Sakuma, Two-Pitch Estimation from EEG Signals for Music-Query by Melody-Recall in the Brain, International Conference of Applied Computing, 2016-10-29、マンハイム(ドイツ)
- ② Yuko Hayashi, Sayaka Matsumoto, Haruo Sakuma, Effects of motor imagery perspectives on motor learning based on EEG, North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity, NASPSA 2016 conference, 2016-6-16、モントリオール(カナダ)
- ③ Sungri Chong, Ryosuke Yamanishi, Yasuhiro Tsubo, Haruo Sakuma and Kyoji Kawagoe, Feature Vectors in Mental-State Classification Using Forehead-mounted Electrical Potential Monitoring Device, International Conference on Information Technology, 2016-3-4,メルボルン(オーストラリア)
- ④ Mizuki Furuya, Kenta Oku, Kyoji Kawagoe, Music Feeling Classification based on lyrics using weighting of non-emotional words, International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia, 2015-12-13, ブルッセル(ベルギー)
- ⑤ Ikuko Sasaba, Haruo Sakuma, Support Technology in Sport Psychology Career Transition of Elite Athletes: Role of

- Mental Training, International Congress on Sport Sciences Research and Technology Supports, 2015-11-16, リスボン(ポルトガル)
- ⑥ 芳野裕規、近藤秀明、坪泰宏, ヒルベルト変換を用いた事象関連電位の位相解析, 電子情報通信学会複雑コミュニケーションサイエンス研究会、2015-11-9, 京都大学稲盛財団記念館(京都府・京都市)
- ⑦ Kyoji Kawagoe, Multimedia Information Retrieval: from viewpoints of temporal information and new application development, International Conference on Networking and Information Technology, 2015-11-6, ホテルサンルートプラザ新宿(東京都・新宿区)
- ⑧ 坪泰宏, スパイク時系列の統計性から探る大脳皮質の確率的情報処理, 統計数理研究所共同利用「動的生体情報論の現状と展望」研究会, 2015-9-11, 統計数理研究所(東京都・立川市)
- ⑨ Sungri Chong, Ryosuke Yamanishi, Yasuhiro Tsubo, Haruo Sakuma, and Kyoji Kawagoe, Music Recommender System Using a Forehead-mounted Electrical Potential Monitoring Device to Classify Mental States, International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2015, 2015-3-19 香港(中国)
- ⑩ Mizuki Furuya, Hung-Hsuan Huang, Kyoji Kawagoe, Evaluation of Music Classification Method based on Lyrics of English Songs, International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2015, 2015-3-18 香港(中国)
- ⑪ 鄭昇吏, 山西良典, 坪泰宏, 佐久間春夫, 川越恭二, 脳波利用の音楽推薦システムに向けた前額部導出電位を利用した心理状態分類の基礎検討, 情報処理学会第161回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会、箕面観光ホテル(大阪府箕面市), 2015-1-15
- ⑫ 坪泰宏, 神経細胞の作動原理の経済性, 行動経済学会第八回大会、2014-12-7, 慶應義塾大学(東京都・港区)
- ⑬ Mizuki Furuya, Hung-Hsuan HUANG, Kyoji Kawagoe, Music Classification Method based on Lyrics for Music Therapy Support, 18th International Database Engineering & Applications Symposium (IDEAS '14), 2014-7-9, ポルト(ポルトガル),
- ⑭ Ryosuke Yamanishi, Risako Kagita, Yoko Nishihara, Junichi Fukumoto, Attractive Phrase Detection from

Musical Lyrics Focusing on Linguistic Expressions, Kansei Engineering and Emotion Research International Conference, 2014-6-13, リンコピング(スウェーデン)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川越 恭二 (KAWAGOE, Kyoji)
立命館大学・情報理工学部・教授
研究者番号: 4 0 2 9 8 7 2 4

(2) 研究分担者

佐久間 春夫 (SAKUMA, Haruo)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号: 1 0 1 2 8 5 7 2

坪 泰宏 (TSUBO, Yasuhiro)
立命館大学・情報理工学部・准教授
研究者番号: 4 0 3 8 4 7 2 1

山西 良典 (YAMANISHI, Ryosuke)
立命館大学・情報理工学部・助教
研究者番号: 5 0 7 0 0 5 2 2