

平成 29 年度 卒業論文

マルチモーダル生体指標を用いた
映像視聴者の情動分類および推定に関する研究

2018 年 1 月 30 日

指導教員 亀山 渉 教授

早稲田大学大学院基幹理工学研究科

情報理工・情報通信専攻

5116F076-3

傅 櫻

目次

第1章 序論.....	3
1.1 研究背景.....	3
1.2 研究目的.....	3
1.3 本論文の構成.....	3
第2章 関連研究.....	4
2.1 瞳孔径.....	4
2.2 基礎律動.....	4
2.3 RRI.....	4
第3章 実験.....	5
3.1 実験概要.....	5
3.2 実験装置と実験手順.....	5
3.3 映像コンテンツについて.....	6
3.4 被験者.....	6
3.5 アンケートについて.....	6
第4章 解析.....	7
4.1 解析データ.....	7
4.2 対光反射補正について.....	8
4.3 解析手法.....	9
4.3.1 k-means を用いた分類.....	9
4.3.2 カーネル k-means を用いた分類.....	9
4.3.3 k-means とアンケート回答を用いた分類.....	9
4.3.4 k-NN を用いた推定.....	10
第5章.....	11
5.1 k-means を用いた分類.....	11
5.1.1 結果.....	11
5.1.2 考察.....	12
5.2 カーネル k-means を用いた分類.....	13
5.2.1 結果.....	13
5.2.2 考察.....	14
5.3 k-means とアンケート回答を用いた分類.....	15
5.3.1 結果.....	15
5.3.2 考察.....	21
5.4 k-NN による推定.....	25

5.4.1 結果.....	25
5.4.2 考察.....	34
第6章 結論.....	36
6.1 まとめ.....	36
6.2 今後の課題	36
謝辞.....	37
参考文献	38
表一覧.....	40
図一覧.....	41
付録A 各被験者のデータ分布	43
付録B 各被験者の主成分分析結果.....	50
付録C 各被験者の k-means とアンケート回答を用いた分類.....	63
研究実績	99

第 1 章 序論¹

1.1 研究背景

近年映像配信サービスが増え、個人が自由に映像コンテンツを配信・閲覧する機会、並びに映像コンテンツそのものも急激に増加している。まず映像コンテンツを視聴する側について考えてみると、視聴者は膨大な数の映像コンテンツの中から自分が視聴したい映像を探さなければならない。その手助けをしてくれるものとしてコンテンツ推薦システムが挙げられるが、それに用いられているジャンル等のメタデータは付与者によるところが大きく、必ずしもユーザーの主観に即したものではないという問題がある。次に映像コンテンツを制作する側について考えてみると、制作者はより多くの人に見てもらえるようなコンテンツを作るため、視聴者の感想・興味を調査する必要があるが、アンケートでは手間がかかる、リアルタイムの感想を得られない、などの欠点がある。その問題点を解決するべく視聴者の顔表情から映像視聴時の感情を推定する研究も行われている[1]が、感情が必ずしも表情に出るとは限らない。そこで、映像視聴時の視聴者の潜在的興味、情動を推定するために有用な指標として生体情報が近年注目されている。その一例として、先行研究[2]によれば、映像視聴時の感情状態は生理心理計測に影響を及ぼしていることを明らかにしている。このように、生体情報から映像視聴時の視聴者の感情を推定することが可能となれば、推薦システムおよびコンテンツ制作に役立つのではないかと考えられる。

1.2 研究目的

筆者らは、瞳孔径、基礎律動、および心拍間隔から求められる RRI 変化率と映像視聴者の情動には対応関係あること[3]、視聴する映像の種類によってそれらの生体指標は異なる特徴を示すことを明らかにした[4]。本研究では、それらの結果を踏まえ、生体情報を用いた情動の分類および推定手法を検討する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。第 1 章では、本研究の背景および目的、第 2 章では本研究で用いた生体指標に関する関連研究、第 3 章では、実験概要、使用機器、アンケート等の実験手法、第 4 章では、解析に用いたデータ、解析手法について述べる。第 5 章では、生体情報を用いた情動分類および推定の結果と考察、第 6 章では、本研究のまとめと今後の課題について述べている。

¹ 本章は自著文献[17]の内容を含む。

第2章 関連研究²

2.1 瞳孔径

瞳孔の面積は、輝度だけでなく情動によっても変化することが知られている[5]。このことに着目し、テレビ番組等の映像に対する興味度を客観的に評価する指標として瞳孔径を使用する試みが多くなされ、興味がある場合瞳孔径は散大することが分かっている[6]。

2.2 基礎律動

脳の電気活動を記録した波形のうち、主体をなす律動を基礎律動と呼び、その周波数成分によって α 波、 β 波などと区分される[7]。同じジャンルの曲でもその曲に対する感じ方によって出現する脳波パターンが異なるという先行研究[8]から分かるように、脳波は個人の嗜好性によって変化する。瞳孔径および基礎律動は、映像視聴時の視聴者の情動と対応関係があることが指摘されているが、快か不快かなどの大まかな判別に留まっている[9]。

2.3 RRI

心電図の波形のうち、急峻に立ち上がっている波を R 波、R 波が出現する間隔を RR 間隔 (RRI) と呼ぶ。RRI は常に変動しており[10]、自律神経活動に関連しているその変動は、ストレス指標として用いられる[11]ほか、視聴者の心拍活動を用いて要約映像を作成する手法を提案する研究[12]もある。瞳孔径、基礎律動、および RRI 変化率は、視聴映像によって異なる特徴を示すことが分かっているが[4]、情動を推定するには至っていない。

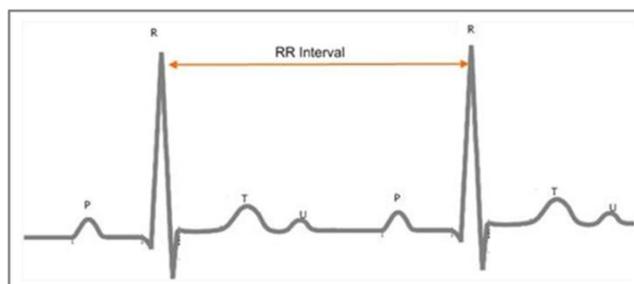


図 2.3 心電図波形における R 波 ([13]より引用)

² 本章は自著文献[17]の内容を含む。

第3章 実験³

3.1 実験概要

被験者に9種類の映像を視聴してもらい、その時の瞳孔径、基礎律動、RRIを計測した。映像視聴後は、映像の時系列に対応して生起したと思った情動を、10秒毎に問うアンケートに回答してもらった。

3.2 実験装置と実験手順

生体情報を測定するために、B-Bridge International社製簡易脳波測定器 B3 band (512Hz計測, 1チャンネル), Polar社製心拍センサー H7 および同社製スポーツウォッチ V800, Tobii Technology社製アイトラッカ Tobii X60 (60Hz計測)を用いた。脳波計装着の際、電極の配置は10-20法[14]に従い、Fp1とFp2の中間値を使用した。心拍センサーは胸の下部に巻いてもらった。

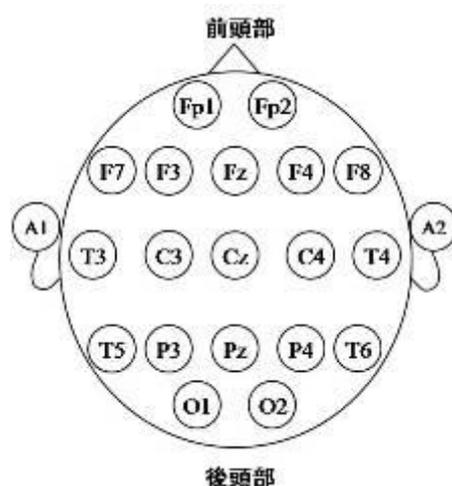


図 3.2 電極の配置 (10-20 法[14]より引用)

以上の装置を用い、以下のステップにより実験を行った。

1. 実験器具を装着する
2. アイトラッカの調整として、画面に対するキャリブレーションを行う。
3. 対光反射補正情報取得のため、周期的に輝度が切り替わる動画を視聴する (4.2 節参照)。
4. 対光反射反応を抑制するため、15秒間のグレー画面を視聴する。
5. 9種類の映像の中からランダムに選択した1つの映像を視聴する。
6. アンケートに回答する。
7. 全ての映像について4から6を繰り返す。

³ 本章は自著文献[17]の内容を含む。

3.3 映像コンテンツについて

驚く映像，癒される映像，楽しい映像，感動する映像，悲しい映像，怖い映像，退屈な映像を1種類ずつ，面白い映像を2種類，合計9つの映像を使用した．驚く映像，感動する映像，悲しい映像，怖い映像は動画共有サイトから，癒される映像，退屈な映像面白い映像2種はNHKの映像から，楽しい映像は市販DVDから選択した．また，各映像の長さが5分前後になるよう調整を行った．

3.4 被験者

実験は40名（男性26名，女性14名，平均年齢21.93歳，標準偏差1.19）に対して行い，そのうちデータの欠損がなかった被験者26名（男性18名，女性8名，平均年齢21.73歳，標準偏差1.19）について4.4.3節の解析を，さらにそのうちの3名（男性2名，女性1名，平均年齢20.67歳，標準偏差0.47）について4.4.1節，4.4.2節，4.4.4節の解析を行った．

3.5 アンケートについて

時系列に対応して生起したと思った情動を問うアンケートでは，10秒ごとに映像のキャプチャ画像を載せ，キャプチャ間の10秒間に対する情動を，表3.5にある14種類の項目から選択させた．ただし選択する項目数は0個から2個までのいずれかとした．

表 3.5 時系列アンケートの項目

項目
笑える・おもしろい
びっくり・驚き
へー・ほー・納得
ほほえましい・いとおしい
ほっとする
尊敬・すごいなー
勇気がでた
感動した・じんときた
力が入る・手に汗握る
軽べつ・嫉妬
怒り・殺意
悲しい
こわい
気持ちが悪い

第4章 解析⁴

4.1 解析データ

まず取得した生体データの前処理について述べる。基礎律動は α 波 (8-12Hz), β 波 (12-30Hz), γ 波 (31-50Hz) の各帯域の周波数成分の全体に対する割合を 1 秒毎に算出し, 「(β の割合) / (α の割合)」および「(γ の割合) / (α の割合)」を求めた。以下, 前者を β/α , 後者を γ/α と呼ぶ。瞳孔径は, 欠損を線形補間した後に 1 秒間の左右の値を平均化した。その後, 対光反射補正 (4.2 節参照) を施した。その際, 欠損が連続して 5 秒以上あった被験者は解析対象外とした。また, 刺激を受けた時点から, それが瞳孔径に変動として現れるまでには 1 秒前後の遅延がある[15]ため, 基礎律動と同時刻, 1 秒後, 2 秒後の 3 つの瞳孔径を解析対象とした。RRI は, 間隔が 1 秒毎になるよう, 計測したデータに線形補間を施した後, 毎秒の RRI を全計測 RRI の平均値で割った値を当該時刻の RRI 変化率とした。動画再生開始から t 秒後のときの各種データの対応関係を図 4.1.1 に示す。

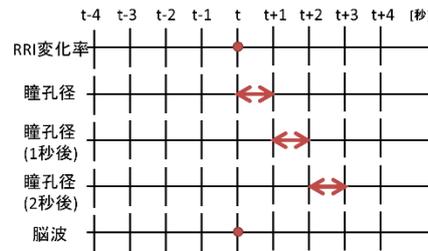


図 4.1.1 動画再生から t 秒後の各種データの対応関係 (自著文献[17]より引用)

次に, 用いた解析データについて説明する。図 4.1.2 は前処理を施した被験者 3 の全映像の生体データの分布である。他の被験者についても同様の分布をしていた。我々はこのことから, 映像視聴時の感情は大部分が平常時の状態に近く, 強い感情は局所的に生起すると仮定し, 分布の上下に存在する値が, 強く感情が生起した時刻のデータであると考えた。

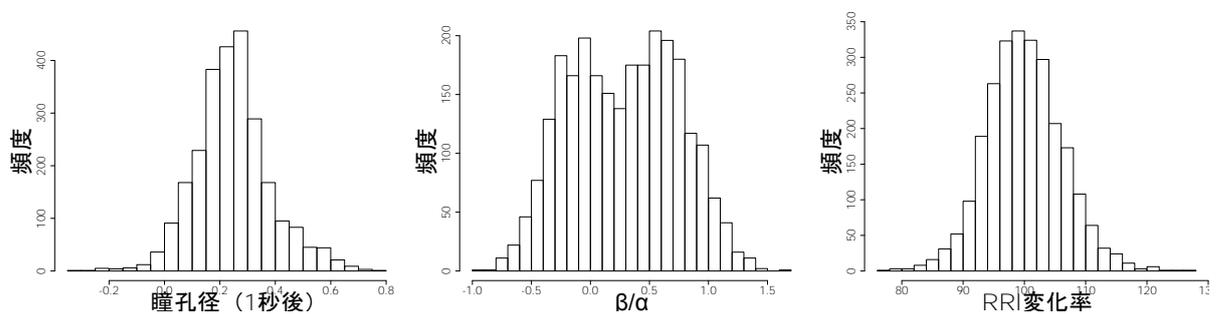


図 4.1.2 被験者 3 のデータ分布

⁴ 本章は自著文献[17]の内容を含む。

そこで、各指標の分布は正規分布であると仮定し、1秒後の瞳孔径、 β/α 、および RRI 変化率のそれぞれで、上下 1.6σ - 4.0σ の論理和のデータを求め、対応する時刻の瞳孔径 3 秒分、 β/α 、 γ/α 、RRI 変化率を抽出したデータセット、解析に用いるデータセットとした。以後これをデータセット A と呼ぶ。その際、 β/α と γ/α に対しては、より正規分布に近い分布となるよう box-cox 変換を施した値を用いた。論理和による時刻を求める際に 1 秒後の瞳孔径、 β/α 、RRI を基準として用いたのは、前処理を施した全映像の生体データに主成分分析を行った結果、この 3 種類が第 1・第 2・第 3 主成分までの各主成分においてそれぞれ最も固有ベクトルの値が大きい指標であったと同時に、ほぼ全ての被験者について、第 1・第 2・第 3 主成分で 95%前後の累積寄与率を占めていた。表 4.1.1 と表 4.1.2 に、被験者 3 の全映像の生体データに主成分分析を行った結果を示す。

表 4.1.1 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 3）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
累積寄与率	0.48	0.77	0.94	0.97	0.99	1.00

表 4.1.2 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 3）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.53	0.20	0.04	-0.71	0.03	0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.55	0.21	0.04	0.01	-0.08	-0.80
瞳孔径（2 秒後）	-0.53	0.20	0.03	0.70	0.04	0.42
β/α	0.25	0.66	0.03	0.00	0.70	-0.07
γ/α	0.26	0.66	0.02	0.01	-0.70	0.07
RRI 変化率	-0.04	0.06	-1.00	-0.01	0.01	0.00

4.2 対光反射補正について

瞳孔径変動は輝度による変動と情動による変動の 2 つの要因から起こり、前者は対光反射と呼ばれている。本稿の解析では、映像視聴時の情動による変動のみを利用するため、対光反射補正手法によって映像輝度が瞳孔系に及ぼす影響を取り除いた[16]。その手法は以下の通りである。被験者に、9 種類の実験映像を視聴する前に、輝度値が 0 と 255 を矩形波形に変化する画面を視聴してもらい、その間の瞳孔径を取得した。次に、ディープニューラルネットワークの入力値として先程の画面の輝度変化を与え、取得した瞳孔径変動を出力できるようモデルを最適化した。最後に、このモデルに対して、各実験映像の輝度変動を入力し、映像輝度による瞳孔径変動予測値を得た。対光反射補正された瞳孔径の値として、解析データには、実際に計測された瞳孔径から輝度による瞳孔径変動予測値を引いた値を用いた。

4.3 解析手法

4.3.1 k-means を用いた分類

まずデータセット A について指標毎に z 得点化し，主成分分析を行う．次に，得られた第 3 主成分までの主成分得点について k-means 法によるクラスタリング分析を行う．クラスタ数は，被験者毎に算出した Gap 統計量を参考に決定した．

4.3.2 カーネル k-means を用いた分類

まずデータセット A について指標毎に z 得点化し，主成分分析を行う．次に，得られた第 3 主成分までの主成分得点についてカーネル k-means 法によるクラスタリング分析を行う．クラスタ数は，被験者毎に算出した Gap 統計量を参考に決定し，カーネル関数にはガウシアンカーネルを用いた．

4.3.3 k-means とアンケート回答を用いた分類⁵

まずデータセット A を指標毎に z 得点化した後主成分分析を行い，第 3 主成分までの主成分得点に対して k-means 法によるクラスタリング分析を行う．クラスタ数は，被験者毎に算出した Gap 統計量を参考に決定した．次にそのクラスタリング結果を散布図としてプロットする．その際，各データに対応するアンケート回答がわかるよう，「無回答」を 1，「笑える・おもしろい」を 2 とし，以下図 4.3.3.1 にある順番に従って番号を振り，最後の「気持ち悪い」を 15 とし，図 4.3.3.2 のように各クラスタの中を 15 分割して，散布図にプロットした．プロットされている線の色は図 4.3.3.1 の通りアンケート項目と対応している．その後，同一クラスタに異なるアンケート回答が煩雑に入っている場合は，そのクラスタに属するデータのみを取り出し，再度主成分分析と主成分得点についてのクラスタリング分析を行い，同様にプロットした．以後，これを再クラスタリングと呼び，再クラスタリングによって得られたクラスタをサブクラスタと呼ぶ．最後に，1 回目のクラスタリング分析によって得られたクラスタか，再クラスタリングによって得られたサブクラスタかに関わらず，同様なアンケート項目に対応したクラスタが同じ番号となるよう，各クラスタに新たなクラスタ番号を割り当て，第 1 から第 3 主成分までの主成分得点を 3 次元空間中にプロットしたものに，各クラスタに応じて色をつけた．新たに割り当てたクラスタを新クラスタと呼ぶ．

⁵ 本節は自著文献[17]の内容を含む．

数字	色	アンケート選択肢
15	赤	気持ちが悪い
14	桃	こわい
13	紫	悲しい
12	青	怒り・殺意
11	青	軽べつ・嫉妬
10	青	力が入る・手に汗握る
9	青	感動した・じーんときた
8	青	勇気がでた
7	青	尊敬・すごいなー
6	青	ほっとする
5	青	ほほえましい・いとおしい
4	青	へー・ほー・納得
3	青	びっくり・驚き
2	青	笑える・おもしろい
1	黒	無回答

図 4.3.3.1 アンケート項目と色および番号との対応

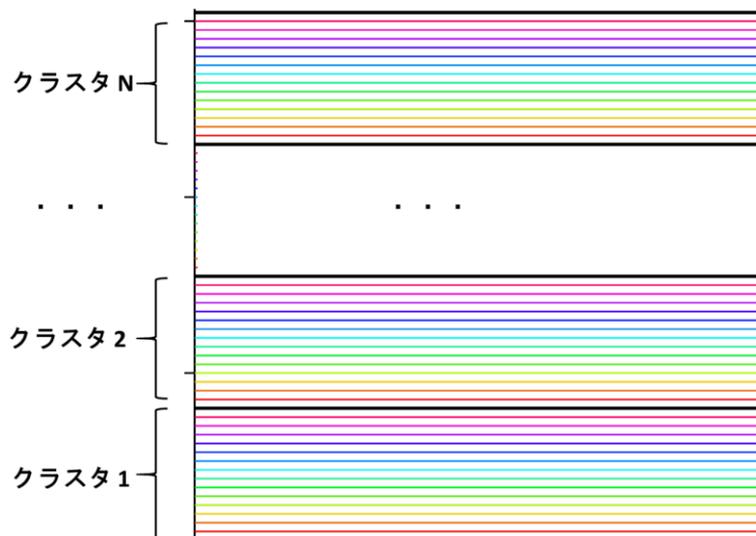


図 4.3.3.2 各クラスタ内で 15 分割された散布図

4.3.4 k-NN を用いた推定

まずデータセット A に、上下 1.0σ - 1.6σ の論理和のデータに対応する時刻の生体データ（これをデータセット B と呼ぶ）を合わせたデータセットに対して指標毎に z 得点化し、再び A に相当するデータセットと B に相当するデータセットに分ける。この手順により、データセット A およびデータセット B は同一基準のもと、z 得点による正規化が施されたことになる。続いて、4.3.3 節にて割り当てた新クラスタを正解ラベル、正規化されたデータセット A を学習データ、正規化されたデータセット B の各映像視聴時のデータをテストデータ、k を 13 とし、テストデータがいずれのクラスタ番号に分類されるかを k-NN により推定した。

第5章

5.1 k-means を用いた分類

5.1.1 結果

図 5.1.1.1 から図 5.1.1.3 に被験者 3, 11, 25 の結果を示す. 縦軸はクラス番号を, 横軸は各映像内の時系列を, グラフ中の縦線は映像の区切り目を表している. 映像は左から順に驚く映像, 癒される映像, 楽しい映像, 感動する映像, 悲しい映像, 怖い映像, 面白い映像その 1, 面白い映像その 2, 退屈な映像となっている.

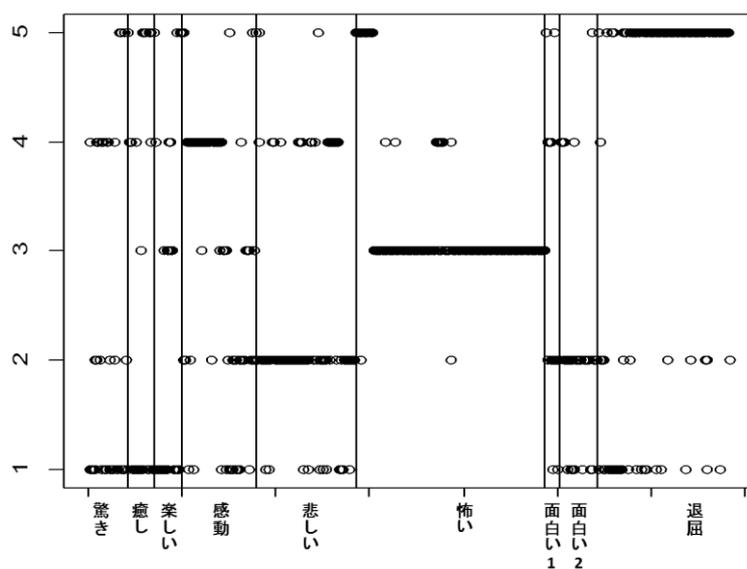


図 5.1.1.1 k-means を用いたクラスタリング分類結果 (被験者 3)

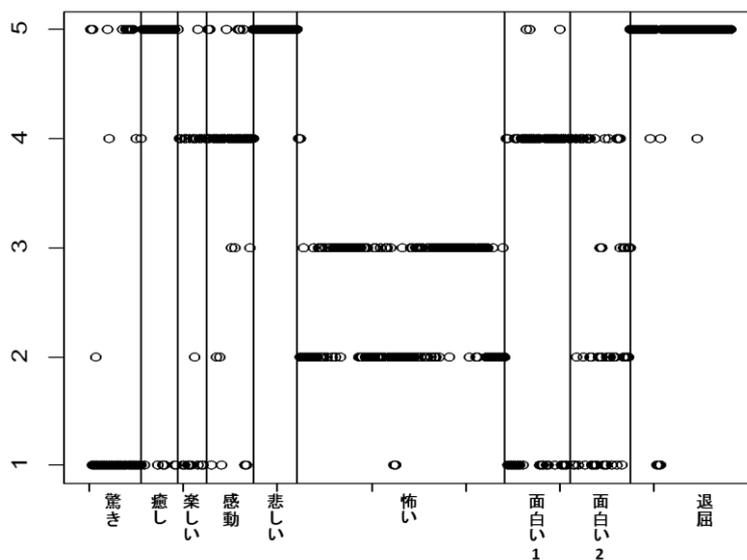


図 5.1.1.2 k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 11)

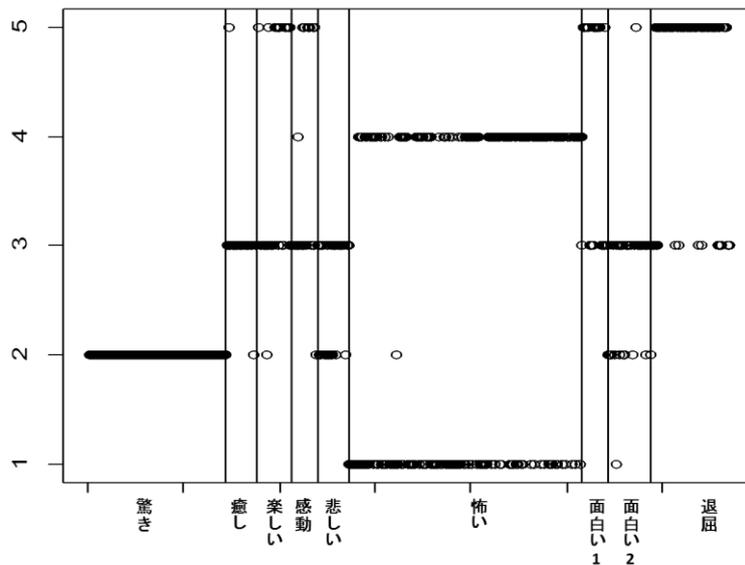


図 5.1.1.3 k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 25)

5.1.2 考察

まず被験者 3 について考える。クラスタ 2 を見ると、感動する映像視聴時のデータと面白い映像 2 種視聴時のデータが主に分類されていることが分かる。映像の種類を考えると、悲しい映像と面白い映像はそれぞれ異なる情動を生じさせる映像であると考えられるが、それらの映像視聴時のデータが同じクラスタに分類されている。これは妥当ではないと考えることもできるが、これらの映像に同程度の興味を示したことが生体信号に現れたと考えれば妥当であるとも捉えられる。このグラフのみから妥当性を判断することはできない。次にクラスタ 3 を見ると、怖い映像視聴時のデータのみが分類されている。このように怖い映像視聴時のデータのみで構成されるクラスタは 3 被験者ともに存在した。これは、怖い映像視聴時の情動が他の情動と著しく異なる特徴を持つことを示唆していると考えられる。

同様に被験者 11 について考える。クラスタ 4 を見ると、被験者 3 とは異なり、楽しい映像、感動する映像、面白い映像その 1 視聴時のデータが同一クラスタに分類されている。4 映像とも快状態に近い情動を生じさせるためと考えられるが、先ほどと同様、このグラフのみからは妥当性は判断できない。

被験者 25 についても、怖い映像は他の映像視聴時のデータと異なる特徴を示していると考えられるが、その他のクラスタ結果については妥当性が判断できない。

5.2 カーネル k-means を用いた分類

5.2.1 結果

図 5.2.1.1 から図 5.2.1.3 に被験者 3, 11, 25 の結果を示す。縦軸はクラス番号を、横軸は各映像内の時系列を、グラフ中の縦線は映像の区切り目を表している。映像は左から順に驚く映像, 癒される映像, 楽しい映像, 感動する映像, 悲しい映像, 怖い映像, 面白い映像その 1, 面白い映像その 2, 退屈な映像となっている。

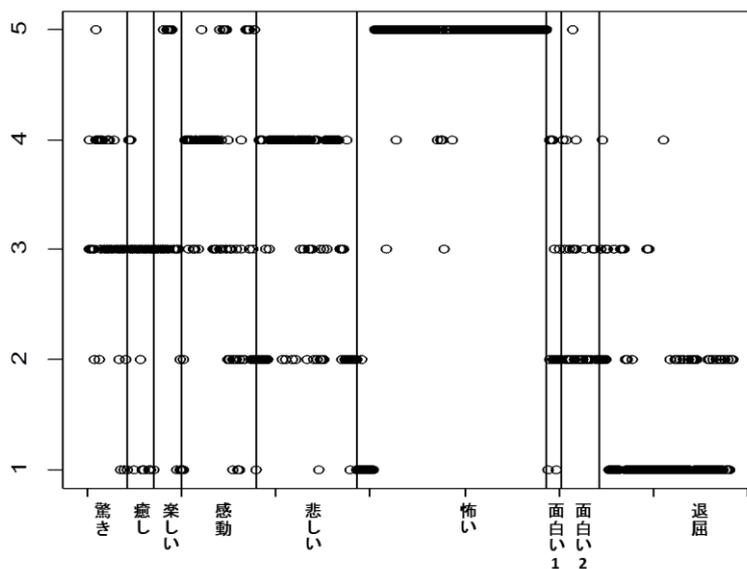


図 5.2.1.1 カーネル k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 3)

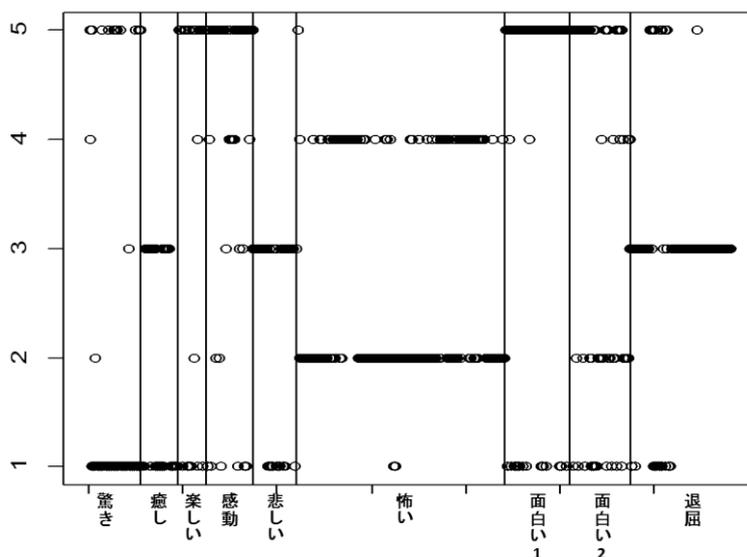


図 5.2.1.2 カーネル k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 11)

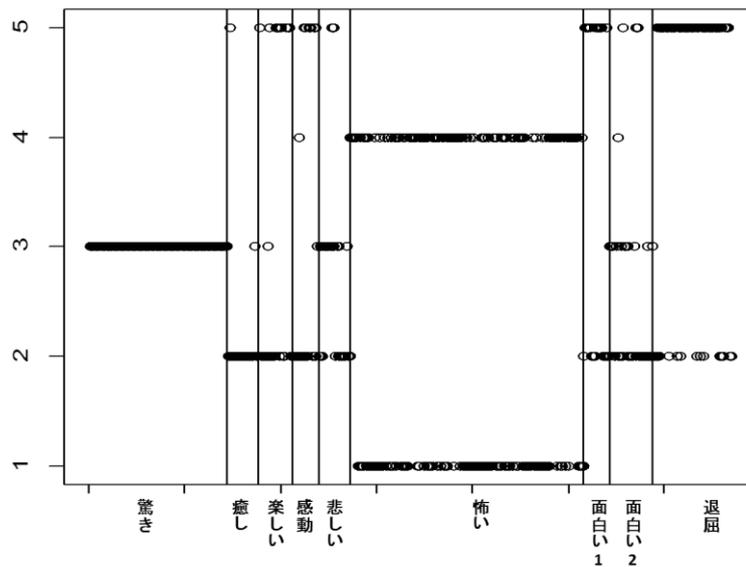


図 5.2.1.3 カーネル k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 25)

5.2.2 考察

k-means 法によるクラスタリング分析では、線形的な分類しかできない。データがどのような形で分布しているのか分からないため、非線形的な分類も行ってみる必要があり、カーネル k-means 法によるクラスタリング分析を試みた。

まず被験者 3 について考える。図 5.2.1.1 におけるクラスタ 1, クラスタ 3, クラスタ 5 はそれぞれ図 5.1.1.1 におけるクラスタ 5, クラスタ 1, クラスタ 3 に相当すると考えられる一方で、図 5.2.1.1 におけるクラスタ 2, クラスタ 4 は図 5.1.1.1 のいずれのクラスタとも異なる。例えば、図 5.2.1.1 におけるクラスタ 4 を見ると、感動する映像視聴時と悲しい映像視聴時のデータが同一クラスタに分類されていることが分かる。これは図 5.1.1.1 では見られなかった特徴である。

次に被験者 11 について考える。図 5.2.1.2 におけるクラスタ 1, クラスタ 2, クラスタ 3, クラスタ 4, クラスタ 5 はそれぞれ図 5.1.1.2 におけるクラスタ 1, クラスタ 2, クラスタ 5, クラスタ 3, クラスタ 4 に相当すると考えられる。しかし、それぞれデータの分布が異なる部分はある。例えば、図 5.2.1.2 におけるクラスタ 5 では、驚く映像視聴時のデータと退屈な映像視聴時のデータが一部分類されているが、図 5.1.1.2 のクラスタ 4 にはそれらがない。また、図 5.2.1.2 におけるクラスタ 1 には癒し映像視聴時のデータが多く分類されているが、図 5.1.1.2 におけるクラスタ 1 では癒し映像視聴時のデータはまばらになっている。

最後に被験者 25 について考える。図 5.2.1.3 におけるクラスタ 1, クラスタ 2, クラスタ 3, クラスタ 4, クラスタ 5 はそれぞれ図 5.1.1.3 におけるクラスタ 1, クラスタ 3, クラスタ 2, クラスタ 4, クラスタ 5 に相当すると考えられる。他の 2 被験者とは違い、被験者 25 に関しては k-means 法を用いた場合とカーネル k-means 法を用いた場合とで、分類のされ方に大きな違いは見られなかった。

このように、2通りの手法を用いてクラスタリング分析を行った結果、両者で異なる結果が得られる場合があることが分かった。しかしながら、グラウンドトゥールースがないため、どちらがより妥当な分類なのかを明らかにすることができない。そこで、アンケートの回答結果をグラウンドトゥールースとし、再度 k-means 法によるクラスタリング分析を行い、分類結果とアンケート回答との対応関係について調べた。

5.3 k-means とアンケート回答を用いた分類⁶

5.3.1 結果

図 5.3.1.1 から図 5.3.1.12 に被験者 3, 11, 25 の結果を示す。縦軸はクラスタ番号、およびアンケート項目を、横軸は映像内の時系列を表している。

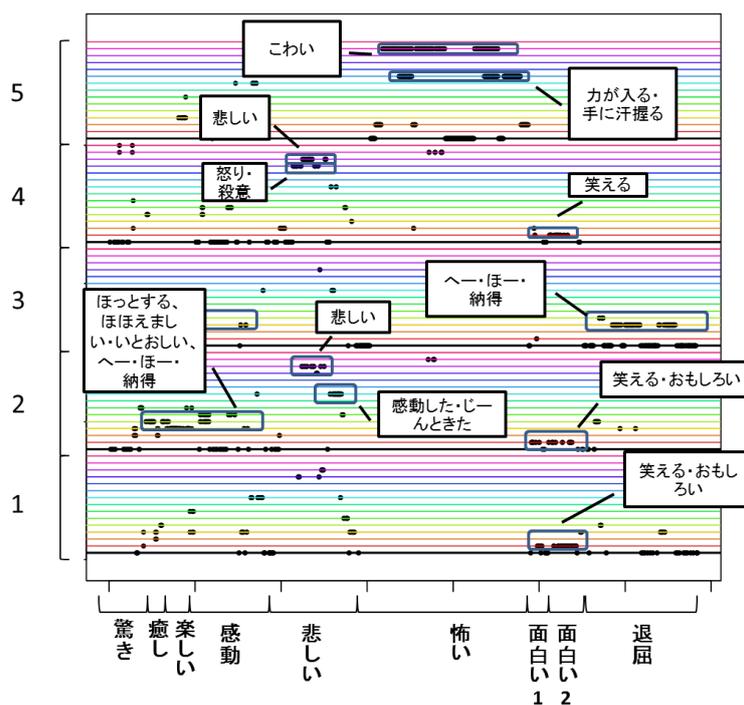


図 5.3.1.1 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 3)

(自著文献[17]より引用)

⁶ 本節は自著文献[17]の内容を含む。

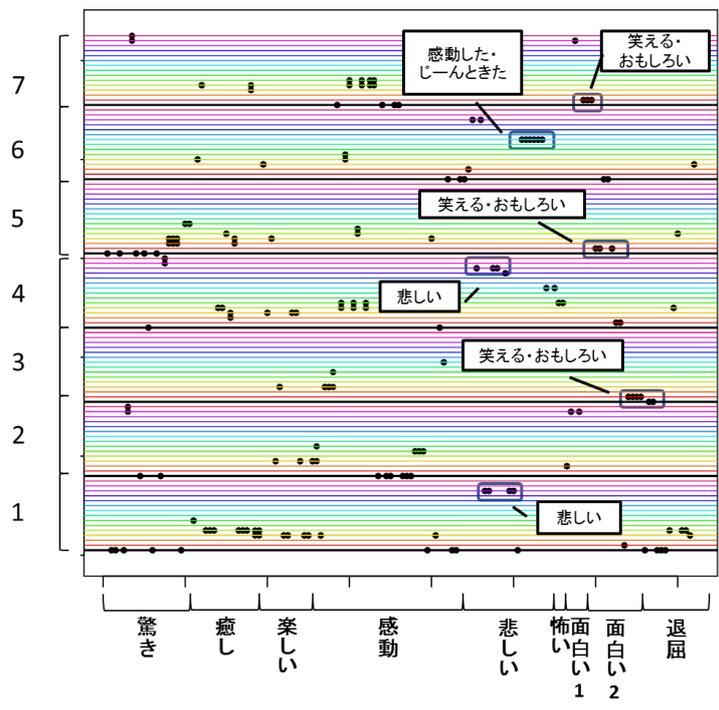


図 5.3.1.2 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 3, クラスタ 2) (自著文献[17]より引用)

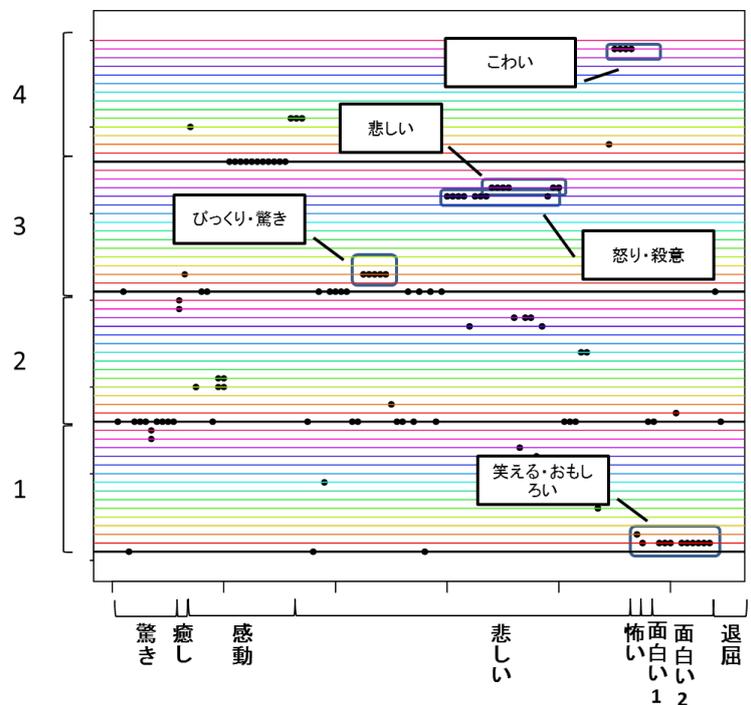


図 5.3.1.3 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 3, クラスタ 4) (自著文献[17]より引用)

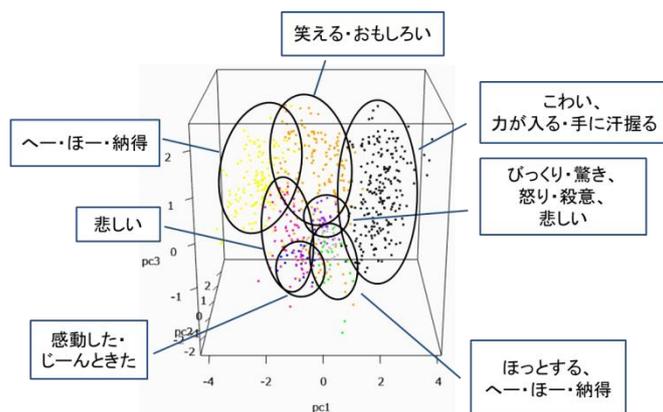


図 5.3.1.4 新クラスタによる色付けがなされた主成分得点の 3 次元プロット (被験者 3)

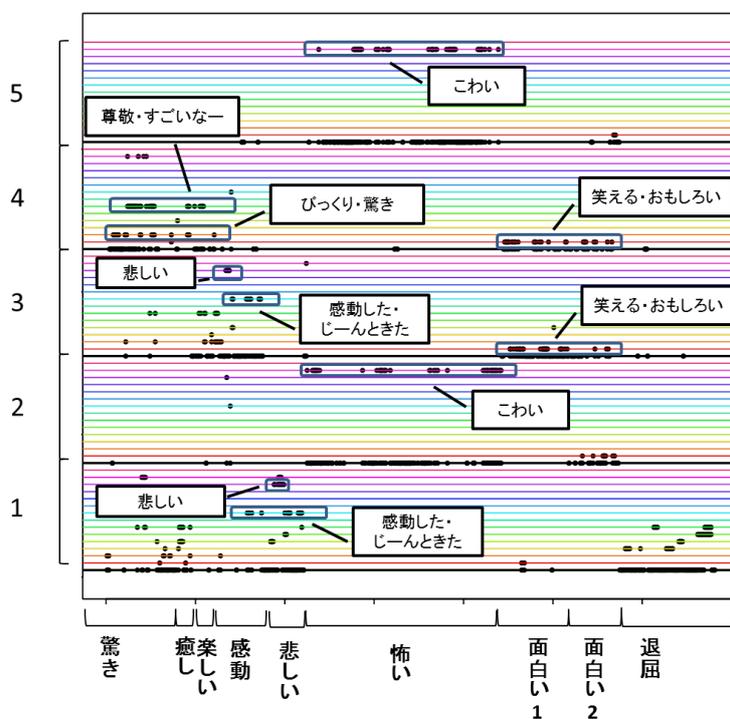


図 5.3.1.5 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 11)

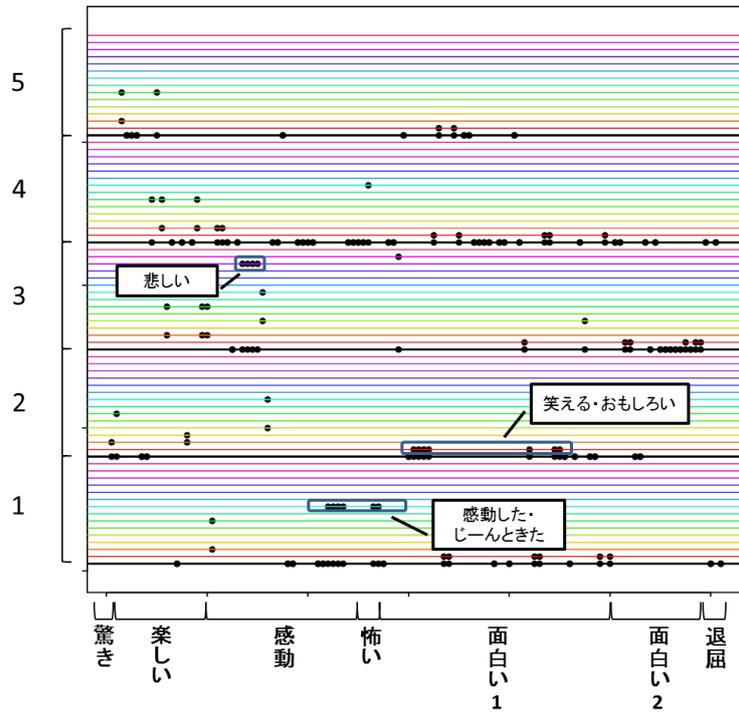


図 5.3.1.6 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 11, クラスタ 3)

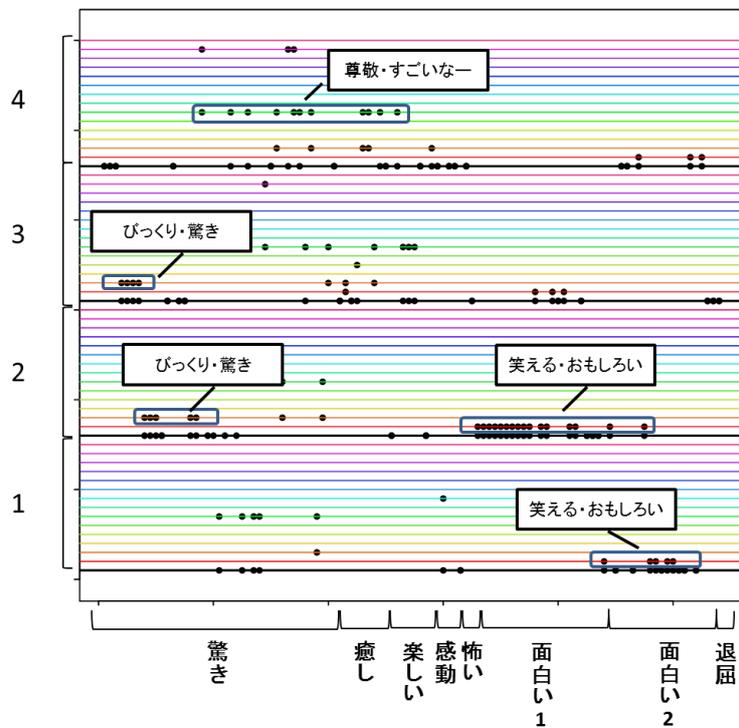


図 5.3.1.7 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 11, クラスタ 4)

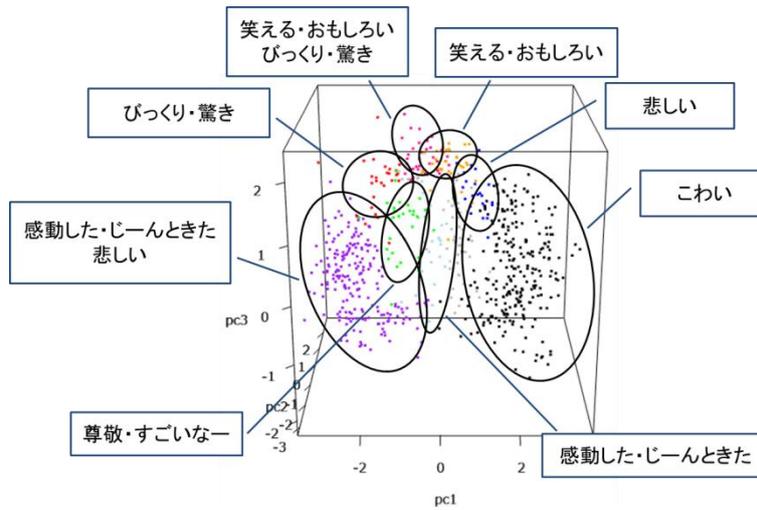


図 5.3.1.8 新クラスタによる色付けがなされた主成分得点の 3 次元プロット (被験者 11)

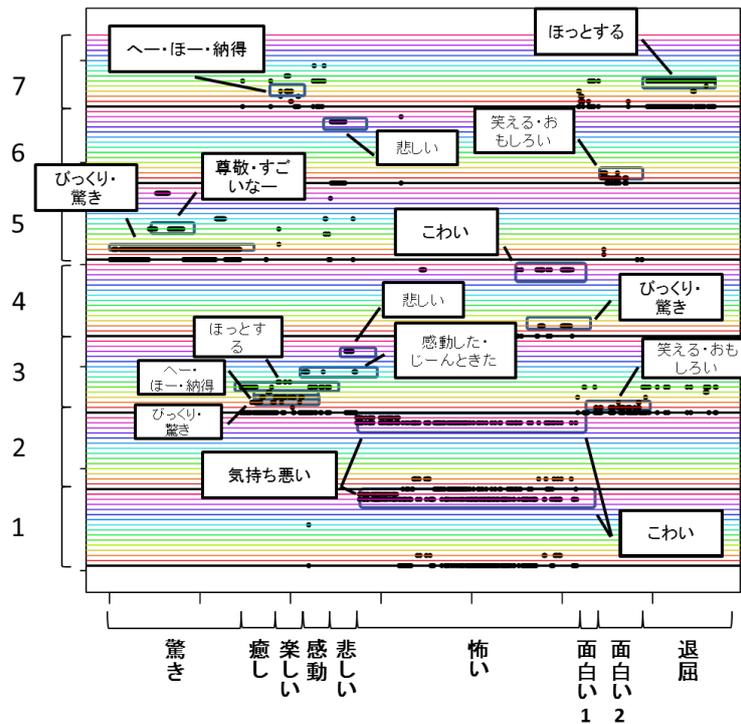


図 5.3.1.9 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 25)

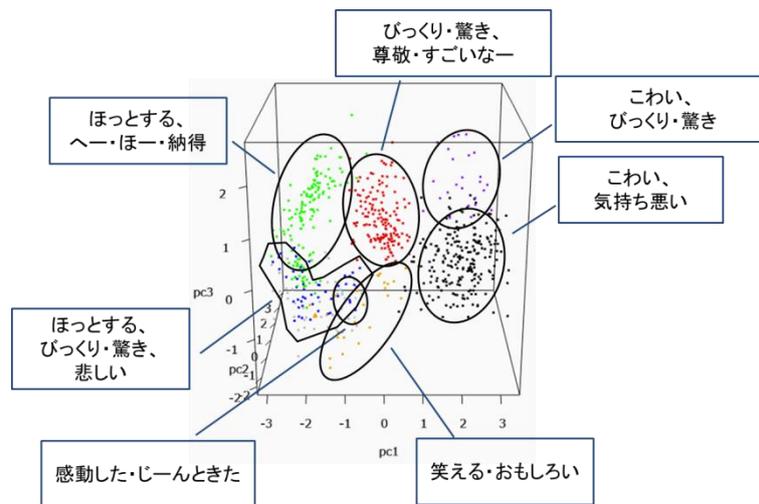


図 5.3.1.12 新クラスタによる色付けがなされた主成分得点の3次元プロット(被験者 25)
(自著文献[18]より引用)

5.3.2 考察

被験者 3 について考察する. 図 5.3.1.1 を見ると, クラスタ 1 は, アンケートにおいて「笑える・おもしろい」と答えた時刻のデータがほとんどであることが分かる. このことから我々は, クラスタ 1 は「笑える・おもしろい」を示すクラスタであると考えた. 同様にして, クラスタ 3 は「へー・ほー・納得」, クラスタ 5 は「こわい」と「力が入る・手に汗握る」を示すクラスタであると考えられる. しかし一方で, クラスタ 2 と 4 には, 「悲しい」「感動した・じーンときた」「笑える・おもしろい」「怒り・殺意」など, 複数のアンケート回答が混ざっており, 一概に何かを示すクラスタであるとは言えない. そこで, 両クラスタに分類されたデータに対して, それぞれ再度クラスタリング分析を行う. その結果が図 5.3.1.2 と図 5.3.1.3 である. 図 5.3.1.2 を見ると, サブクラスタ 1 と 4 は「悲しい」, サブクラスタ 2 は「へー・ほー・納得」「ほっとする」, サブクラスタ 3 と 5 と 7 は「笑える・おもしろい」, サブクラスタ 6 は「感動した・じーンときた」を示すクラスタであると考えることができる. 図 5.3.1.3 では, サブクラスタ 1 は「笑える・おもしろい」, サブクラスタ 3 は「悲しい」「怒り・殺意」「びっくり・驚き」, サブクラスタ 4 は「こわい」を示すクラスタであると考えられる. 再クラスタリングを行っても入り混じったアンケート項目を分離できなかったクラスタはあるが, このように 2 段階に分けてクラスタリングを行うことで, 概ね 1 クラスタに 1 種類のアンケート回答に対応するデータが分類されるという結果が得られた. また, アンケート回答をグラウンドトゥールズとしているため, 定性的ではあるが, クラスタリング結果の妥当性を判断することが可能になった.

次に、図 5.3.1.1 から図 5.3.1.3 より、以下の表 5.3.1.1 のとおりに新クラスタを割り当て、第 3 主成分までの主成分得点の 3 次元空間中へのプロットに対し、新クラスタに従って色をつけた。その結果が図 5.3.1.4 である。この図を見ると、紫とピンクのプロットが示す、「悲しい」を含む 2 つのクラスタが隣に位置していることがわかる。同じようなアンケート項目を示すクラスタが主成分空間中において近い位置にあることは、生体指標とアンケート回答が示す被験者の情動との間には対応関係があることを示唆していると考えられる。

表 5.3.1.1 新クラスタ番号の割り当て (被験者 3)

新クラスタ番号	対応するアンケート項目	クラスタ番号
1	笑える・おもしろい	クラスタ 1, クラスタ 2 のサブクラスタ 3 とサブクラスタ 7, クラスタ 4 のサブクラスタ 1
3	へー・ほー・納得	クラスタ 3
5	こわい, 力が入る・手に汗握る	クラスタ 5, クラスタ 4 のサブクラスタ 4
6	悲しい	クラスタ 2 のサブクラスタ 1 とサブクラスタ 4
7	ほっとする, へー・ほー・納得	クラスタ 2 のサブクラスタ 2
11	感動した・じーんときた	クラスタ 2 のサブクラスタ 6
14	特徴なし	
15	びっくり・驚き, 悲しい, 怒り・殺意	クラスタ 4 のサブクラスタ 3

同様に被験者 11 について考察する。図 5.3.1.5 を見ると、クラスタ 1 は、「こわい」「悲しい」「感動した・じーんときた」、クラスタ 2 は「こわい」、クラスタ 5 は「こわい」を示すクラスタであると考えられる。しかし、クラスタ 2 と 4 には、「悲しい」「感動した・じーんときた」「笑える・おもしろい」「びっくり・驚き」など、複数のアンケート回答が混ざっていたため、両クラスタに分類されたデータに対して、それぞれ再度クラスタリング分析を行う。その結果が図 5.3.1.6 と図 5.3.1.7 である。図 5.3.1.6 を見ると、サブクラスタ 1 は「感動した・じーんときた」、サブクラスタ 2 は「笑える・おもしろい」、サブクラスタ 3 は「悲しい」を示すクラスタであると考えられる。図 5.3.1.7 では、サブクラスタ 1 は「笑える・おもしろい」、サブクラスタ 2 は「笑える・おもしろい」「びっくり・驚き」、サブクラスタ 3 は「びっくり・驚き」、サブクラスタ 4 は「尊敬・すごいなー」を示すクラスタであると考えられる。この被験者についても、再クラスタリング後も複数のアンケート項目を分離できなかったクラスタはあるものの、概ね 1 クラスタに 1 種類のアンケート回答に対応するデータが分類された。

次に、図 5.3.1.5 から図 5.3.1.7 より、以下の表 5.3.1.2 のとおりに新クラスタを割り当て、第 3 主成分までの主成分得点の 3 次元空間中へのプロットに対し、新クラスタに従って色をつけた。その結果が図 5.3.1.8 である。この図を見ると、同じ「笑える・おもしろい」を含むオレンジとピンクのプロットが表す 2 つのクラスタが隣に位置していることがわかる。また「びっくり・驚き」を含むピンクと赤のプロットが示す 2 つのクラスタ、「感動した・じーんときた」を含む紫と水色のプロットが示す 2 つのクラスタもそれぞれ隣に位置している。従ってこの被験者についても、生体指標とアンケート回答が示す被験者の情動との間に対応関係があることが示唆されたと言える。

表 5.3.1.2 新クラスタ番号の割り当て (被験者 11)

新クラスタ番号	対応するアンケート項目	クラスタ番号
1	悲しい, 感動した・じーんときた	クラスタ 1
2	こわい	クラスタ 2, クラスタ 5
6	感動した・じーんときた	クラスタ 3 のサブクラスタ 1
7	笑える・おもしろい	クラスタ 3 のサブクラスタ 2, クラスタ 4 のサブクラスタ 1
8	悲しい	クラスタ 3 のサブクラスタ 3
9	特徴なし	クラスタ 3 のサブクラスタ 4
10	特徴なし	クラスタ 3 のサブクラスタ 5
12	びっくり・驚き, 笑える・おもしろい	クラスタ 4 のサブクラスタ 2
13	びっくり・驚き	クラスタ 4 のサブクラスタ 3
14	尊敬・すごいなー	クラスタ 4 のサブクラスタ 4

最後に被験者 25 について考察する。図 5.3.1.9 を見ると、クラスタ 1, 2 は、「こわい」「気持ち悪い」、クラスタ 4 は「こわい」「びっくり・驚き」、クラスタ 5 は「びっくり・驚き」「尊敬・すごいなー」、クラスタ 7 は「ほっとする」を示すクラスタであると考えられる。しかし、クラスタ 3 と 4 には、「悲しい」「感動した・じーんときた」「笑える・おもしろい」「ほっとする」など、複数のアンケート回答が混ざっていたため、両クラスタに分類されたデータに対して、それぞれ再度クラスタリング分析を行う。その結果が図 5.3.1.10 と図 5.3.1.11 である。図 5.3.1.10 を見ると、サブクラスタ 1 は「感動した・じーんときた」、サブクラスタ 2 は「ほっとする」「びっくり・驚き」「悲しい」、サブクラスタ 3 は「笑える・おもしろい」、サブクラスタ 6 「へー・ほー・納得」「ほっとする」を示すクラスタであると考えられる。図 5.3.1.11 では、サブクラスタ 1 は「悲しい」、サブクラスタ 2 は「笑える・おもしろい」を示すクラスタであると考えられる。この被験者についても、再クラスタリング後も複数のアンケート項目を分離できなかったクラスタはあるものの、概ね 1 クラスタに 1 種類のアンケート回答に対応するデータが分類された。

次に、図 5.3.1.9 から図 5.3.1.11 より、以下の表 5.3.1.3 のとおりに新クラスタを割り当て、第 3 主成分までの主成分得点の 3 次元空間中へのプロットに対し、新クラスタに従って色をつけた。その結果が図 5.3.1.12 である。この図を見ると、「こわい」を含む紫と黒のプロットが表す 2 つのクラスタが隣に位置していることがわかる。また「びっくり・驚き」を含む紫と赤のプロットが示す 2 つのクラスタ、「ほっとする」を含む緑と青のプロットが示す 2 つのクラスタもそれぞれ隣に位置している。前 2 被験者と同様、生体指標とアンケート回答が示す被験者の情動との間に対応関係があると考えられる。

表 5.3.1.3 新クラスタ番号の割り当て (被験者 25)

新クラスタ番号	対応するアンケート項目	クラスタ番号
1	気持ち悪い, こわい	クラスタ 1, クラスタ 2
4	びっくり・驚き, こわい	クラスタ 4
5	びっくり・驚き, 尊敬・すごいなー	クラスタ 5
7	へー・ほー・納得, ほっとする	クラスタ 7, クラスタ 3 のサブクラスタ 6
8	感動した・じーんときた	クラスタ 3 のサブクラスタ 1
9	びっくり・驚き, ほっとする, 悲しい	クラスタ 3 のサブクラスタ 2
10	笑える・おもしろい	クラスタ 3 のサブクラスタ 3
11	特徴なし	クラスタ 3 のサブクラスタ 4
12	特徴なし	クラスタ 3 のサブクラスタ 5

この解析を 26 名の被験者について行ったところ、クラスタリングおよび再クラスタリングを施しても 1 クラスタに 1 種類のアンケート回答に対応するようなクラスタがほとんど存在しなかった被験者は、アンケート回答数が極端に少なく、判断することができなかった被験者を含めて 5 名であった。「ほっとする」「へー・ほー・納得」など、被験者によって定義が曖昧になるアンケート項目があり、これらを完全に分類することが困難であったためである。しかしながら、残りの約 8 割の被験者については、映像視聴時の生体情報とアンケート回答に対応関係があると考えられるクラスタリング結果が得られた。この分類結果を用いることで、新たな生体情報について推定を行うことも可能になると考える。一方、1 クラスタに 1 種類のアンケート回答に対応するクラスタを得るために段階的なクラスタリング分析が必要となった理由の 1 つとして、1 つの情動、つまり 1 つのアンケート項目に対応するデータ点が線形分離できない形状に分布していたことが挙げられる。その結果、複雑に分布したデータを細分化する段階的なクラスタリングによって初めて分類が可能になったのではないかと考えられる。

5.4 k-NNによる推定

5.4.1 結果

被験者 4, 11, 25 について, 新クラスタを正解ラベル, 正規化されたデータセット A を学習データ, 正規化されたデータセット B の各映像視聴時のデータをテストデータ, k を 13 として, テストデータがいずれのクラスタ番号に分類されるかを k -NN により推定した.

結果を図 5.4.1.1 から図 5.4.1.27 に示す. 縦軸は各クラスタに対応するアンケート項目を, 横軸は映像内の時系列を表す. また, 青いプロットがなされている左側の散布図は各映像の学習データの分類結果, 赤いプロットがなされている右側の散布図は各映像のテストデータの推定結果である.

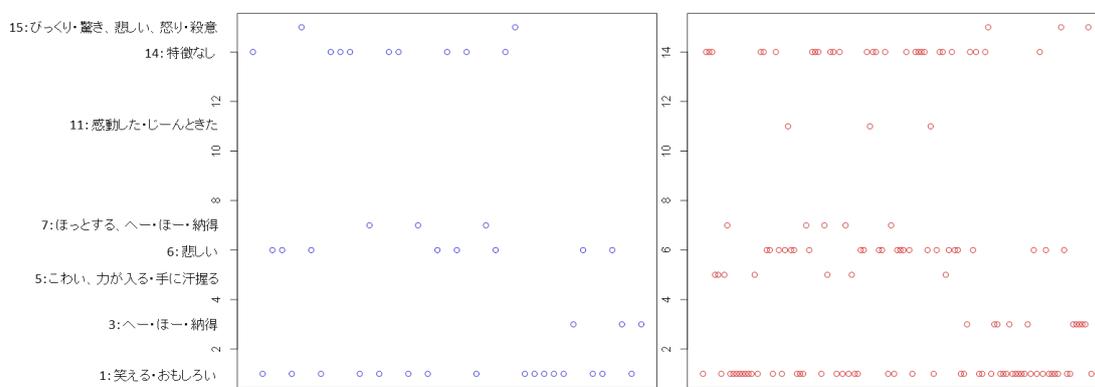


図 5.4.1.1 k-NN による推定結果 (被験者 3, 驚く映像視聴時のデータ)

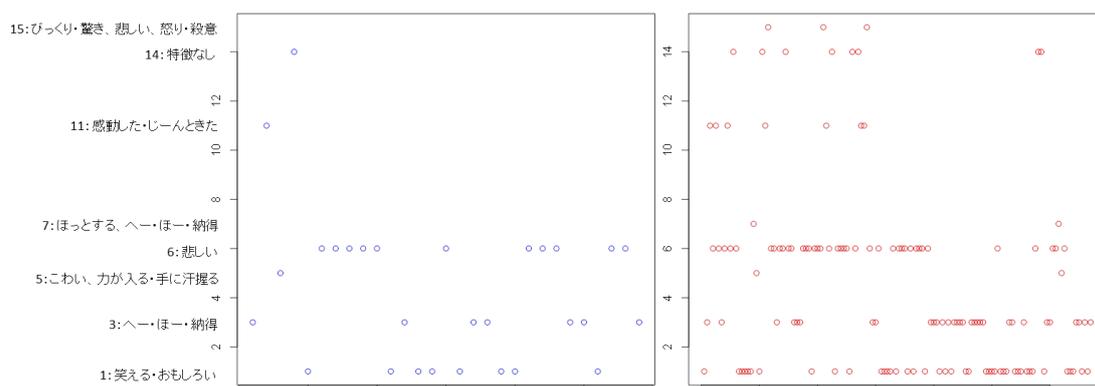


図 5.4.1.2 k-NN による推定結果 (被験者 3, 癒される映像視聴時のデータ)

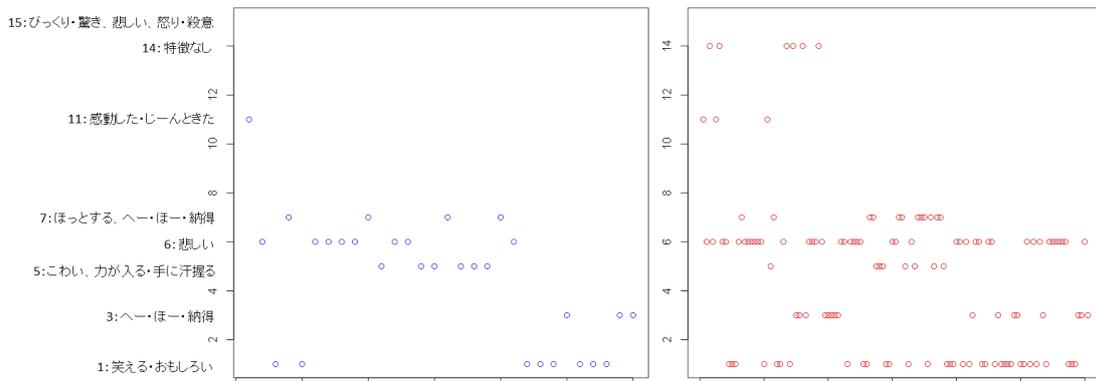


図 5.4.1.3 k-NN による推定結果 (被験者 3, 楽しい映像視聴時のデータ)

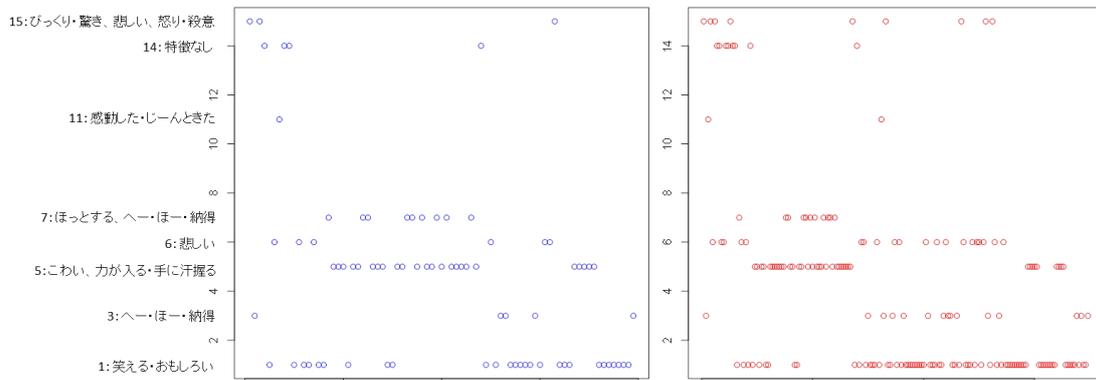


図 5.4.1.4 k-NN による推定結果 (被験者 3, 感動する映像視聴時のデータ)

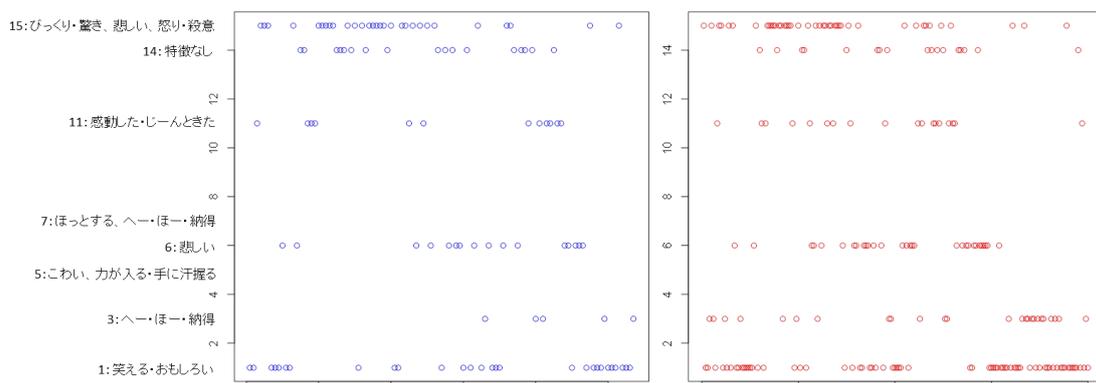


図 5.4.1.5 k-NN による推定結果 (被験者 3, 悲しい映像視聴時のデータ)

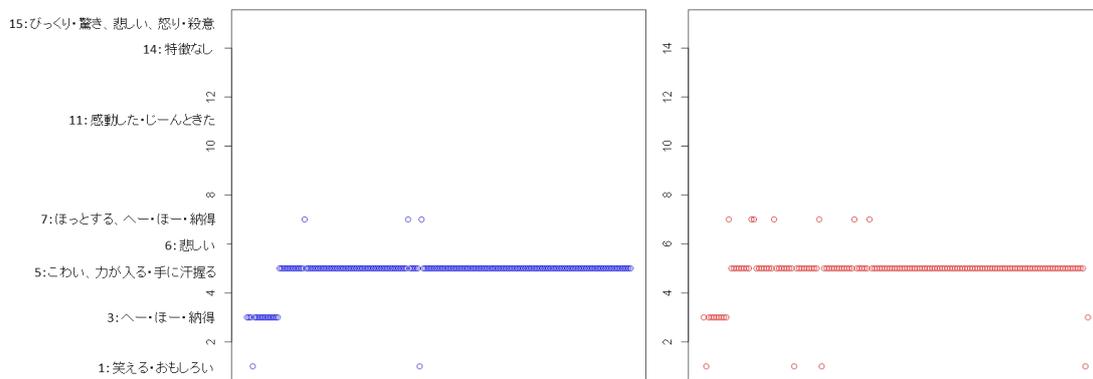


図 5.4.1.6 k-NN による推定結果 (被験者 3, 怖い映像視聴時のデータ)

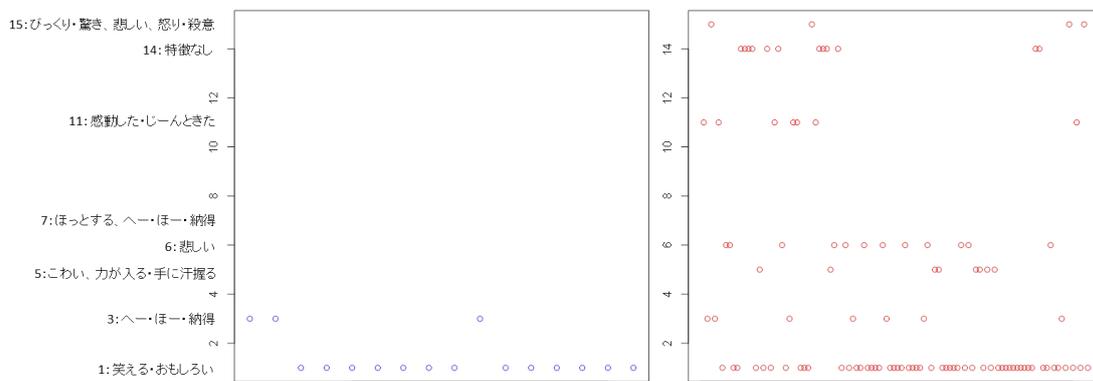


図 5.4.1.7 k-NN による推定結果 (被験者 3, 面白い映像その 1 視聴時のデータ)

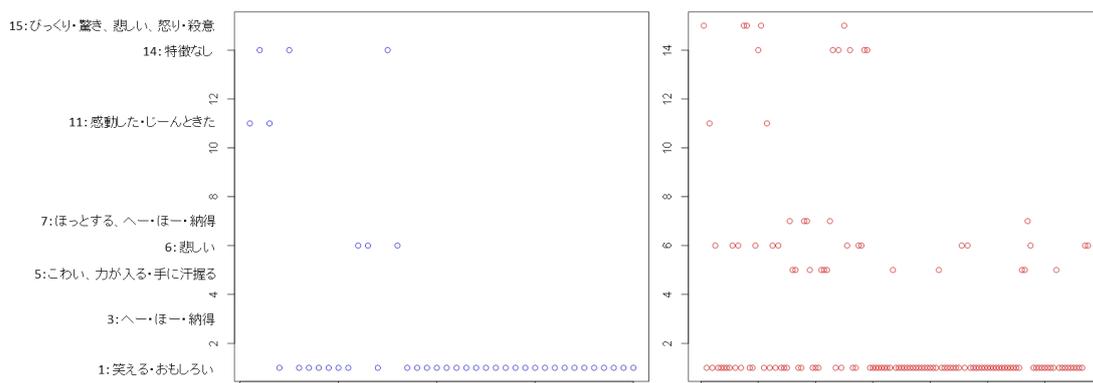


図 5.4.1.8 k-NN による推定結果 (被験者 3, 面白い映像その 2 視聴時のデータ)

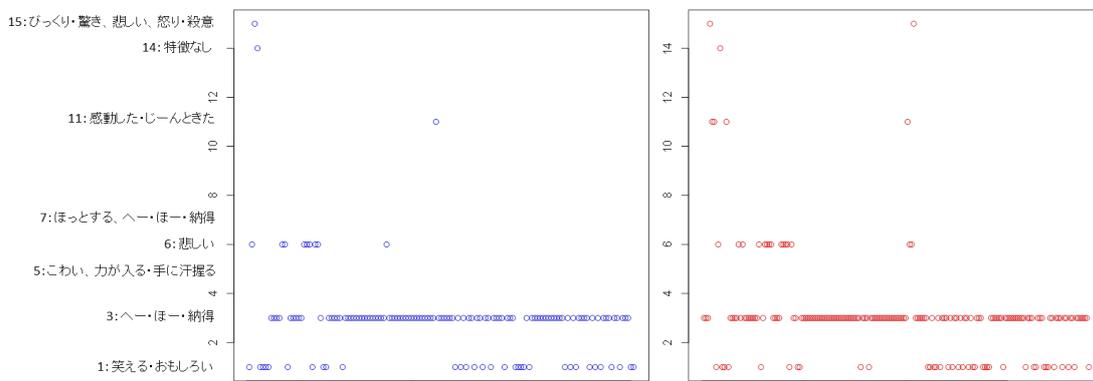


図 5.4.1.9 k-NN による推定結果 (被験者 3, 退屈な映像視聴時のデータ)

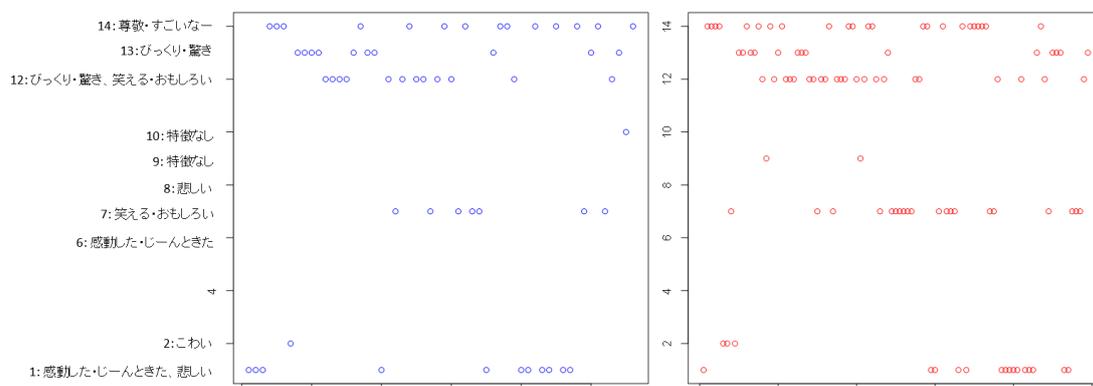


図 5.4.1.10 k-NN による推定結果 (被験者 11, 驚く映像視聴時のデータ)

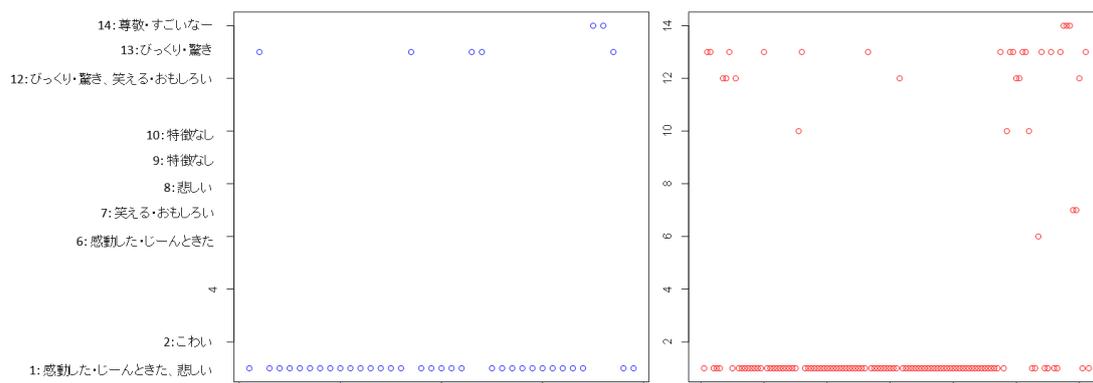


図 5.4.1.11 k-NN による推定結果 (被験者 11, 癒される映像視聴時のデータ)

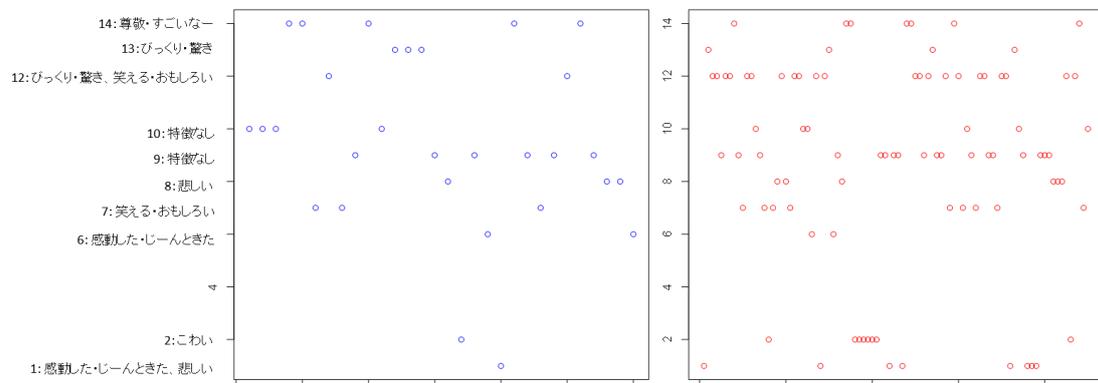


図 5.4.1.12 k-NN による推定結果 (被験者 11, 楽しい映像視聴時のデータ)

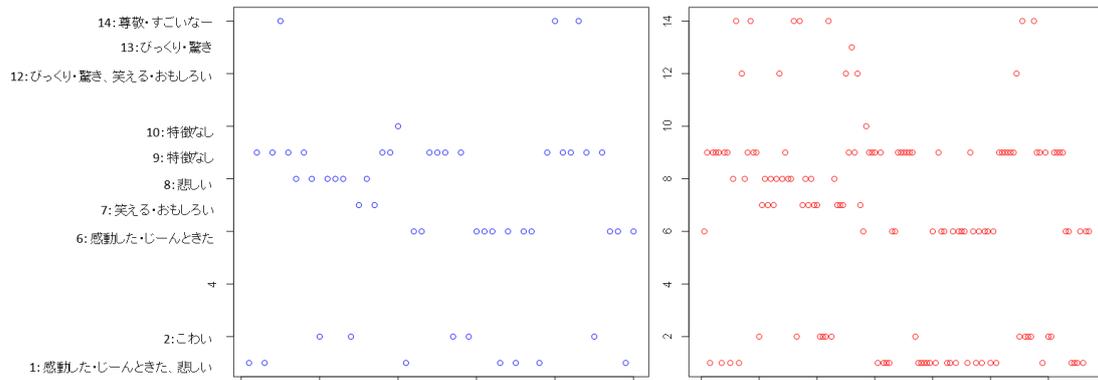


図 5.4.1.13 k-NN による推定結果 (被験者 11, 感動する映像視聴時のデータ)

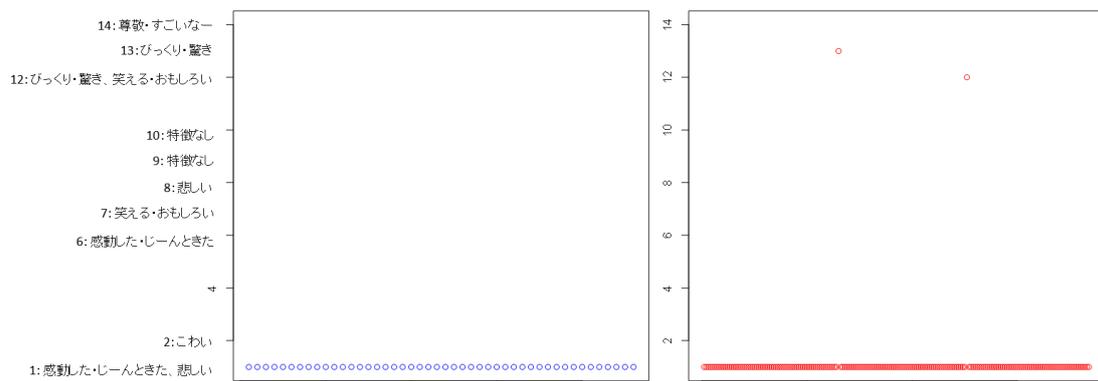


図 5.4.1.14 k-NN による推定結果 (被験者 11, 悲しい映像視聴時のデータ)

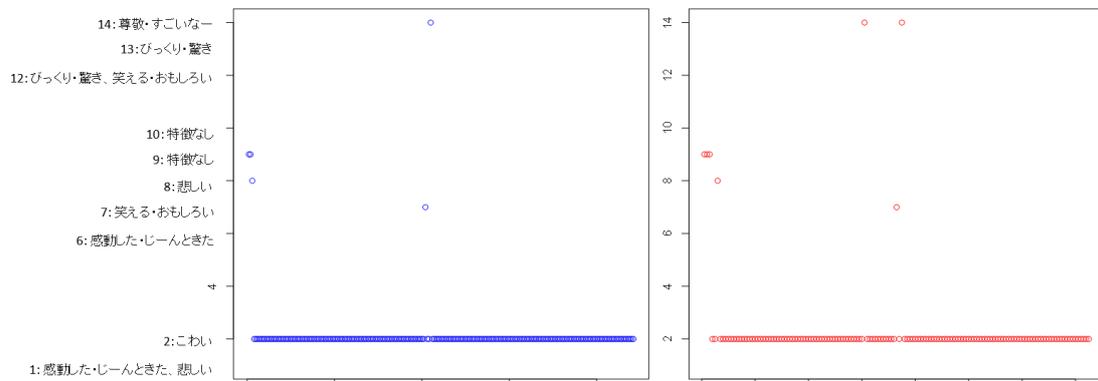


図 5.4.1.15 k-NN による推定結果 (被験者 11, 怖い映像視聴時のデータ)

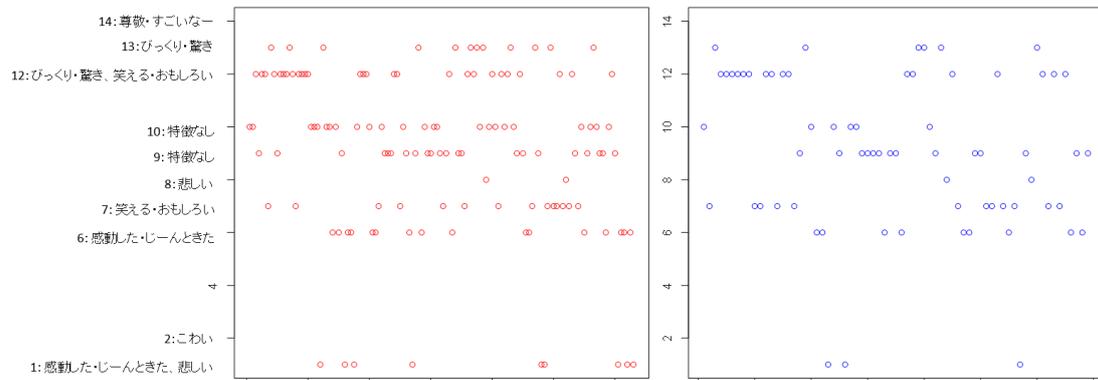


図 5.4.1.16 k-NN による推定結果 (被験者 11, 面白い映像その 1 視聴時のデータ)

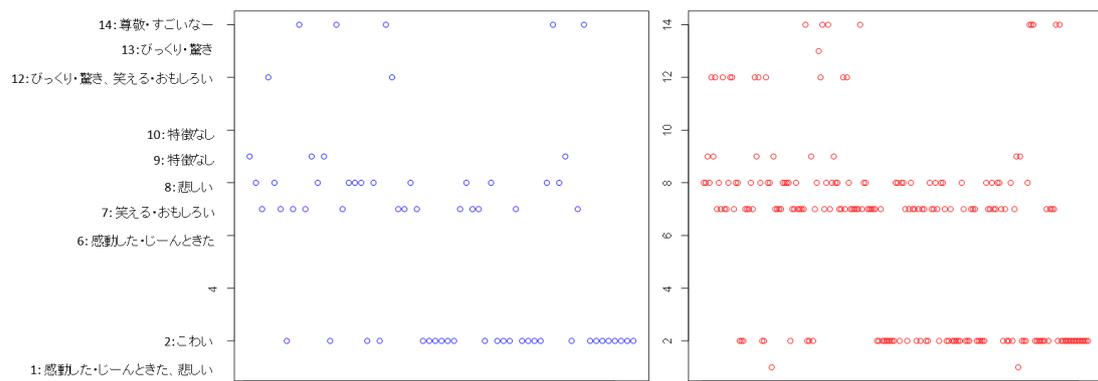


図 5.4.1.17 k-NN による推定結果 (被験者 11, 面白い映像その 2 視聴時のデータ)

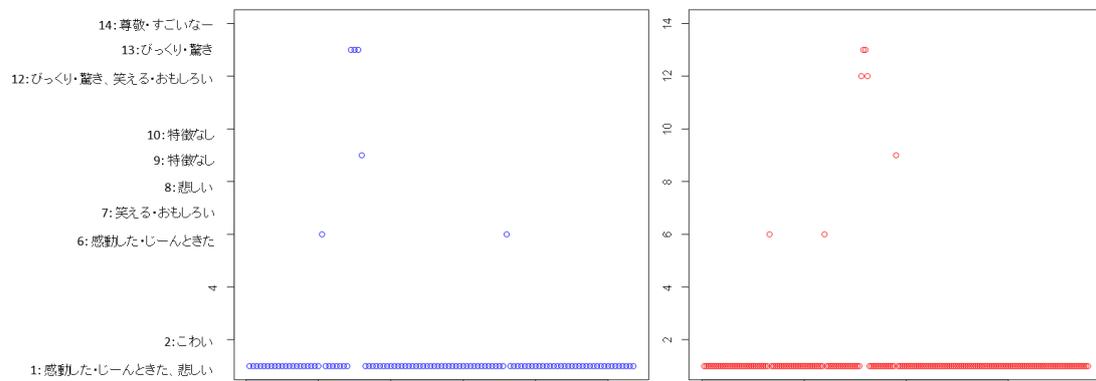


図 5.4.1.18 k-NN による推定結果 (被験者 11, 退屈な映像視聴時のデータ)

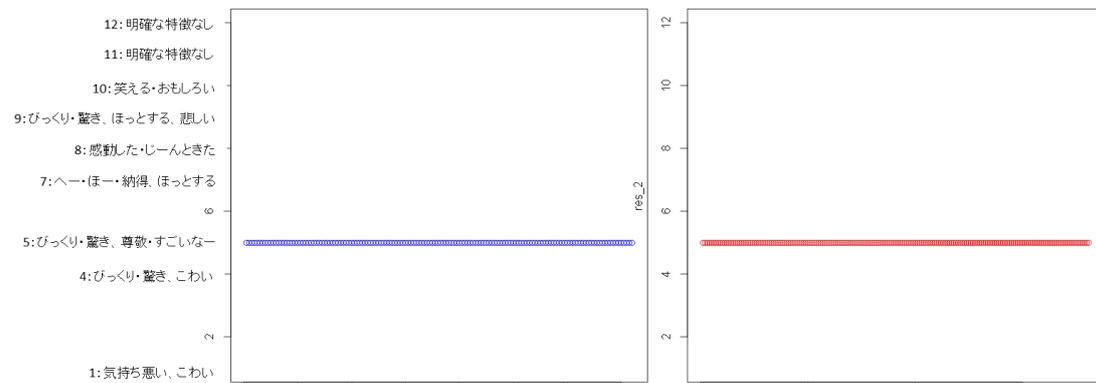


図 5.4.1.19 k-NN による推定結果 (被験者 25, 驚く映像視聴時のデータ)

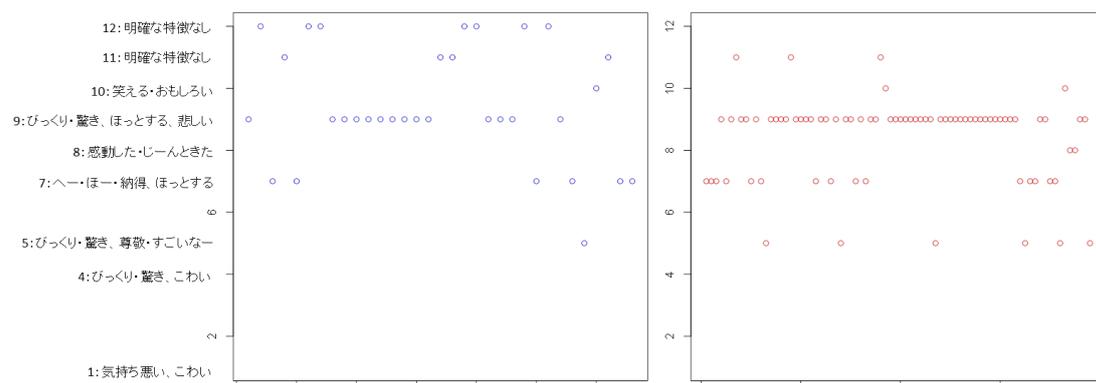


図 5.4.1.20 k-NN による推定結果 (被験者 25, 癒される映像視聴時のデータ)

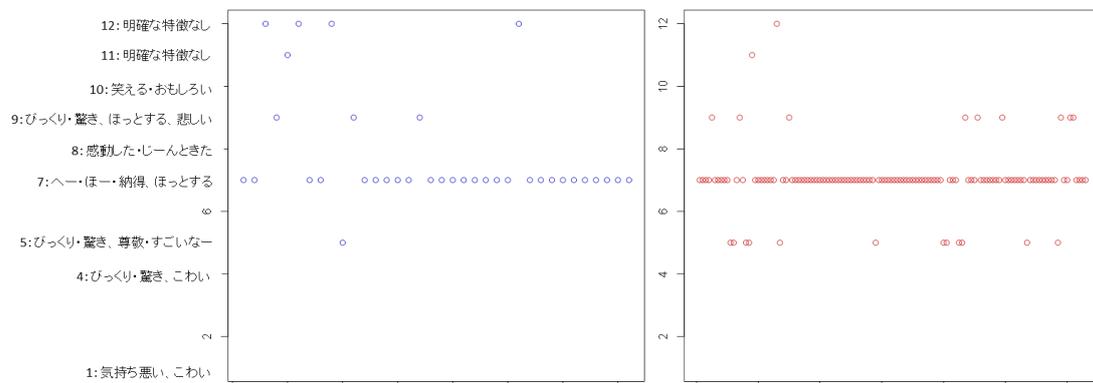


図 5.4.1.21 k-NN による推定結果 (被験者 25, 楽しい映像視聴時のデータ)

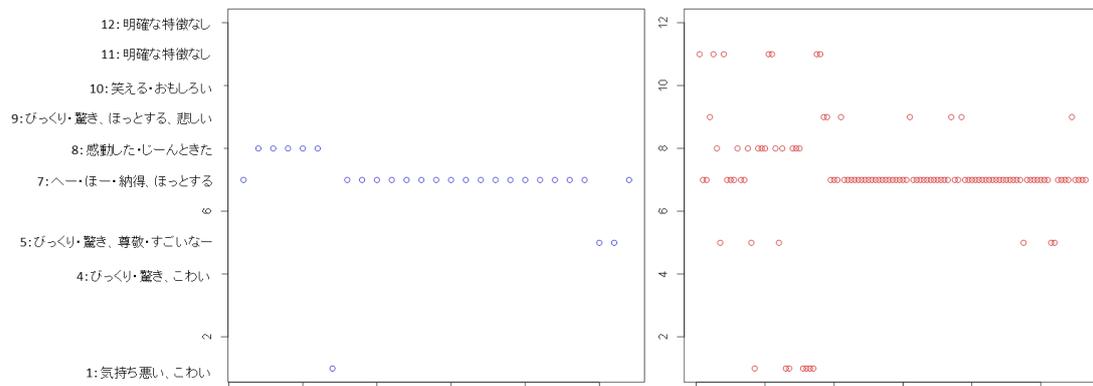


図 5.4.1.22 k-NN による推定結果 (被験者 25, 感動する映像視聴時のデータ)

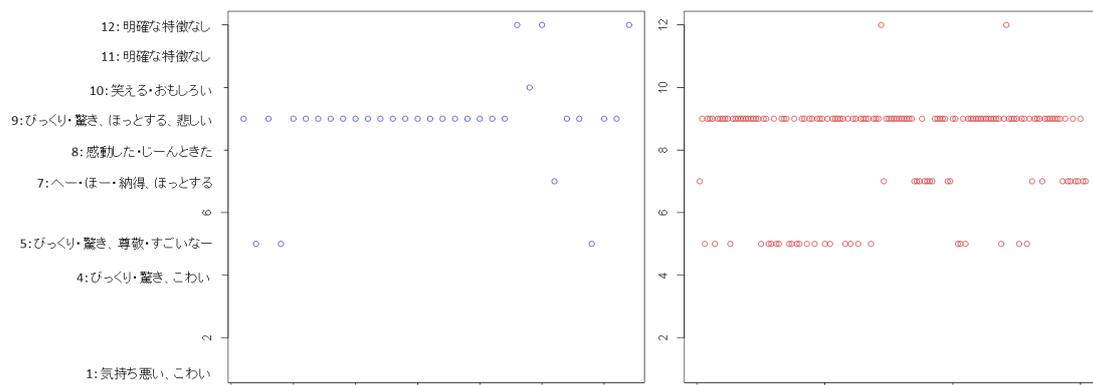


図 5.4.1.23 k-NN による推定結果 (被験者 25, 悲しい映像視聴時のデータ)

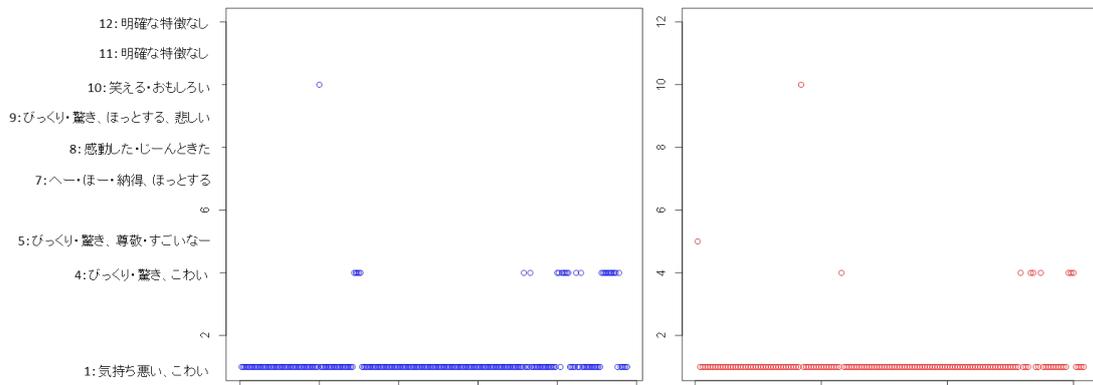


図 5.4.1.24 k-NN による推定結果 (被験者 25, 怖い映像視聴時のデータ)

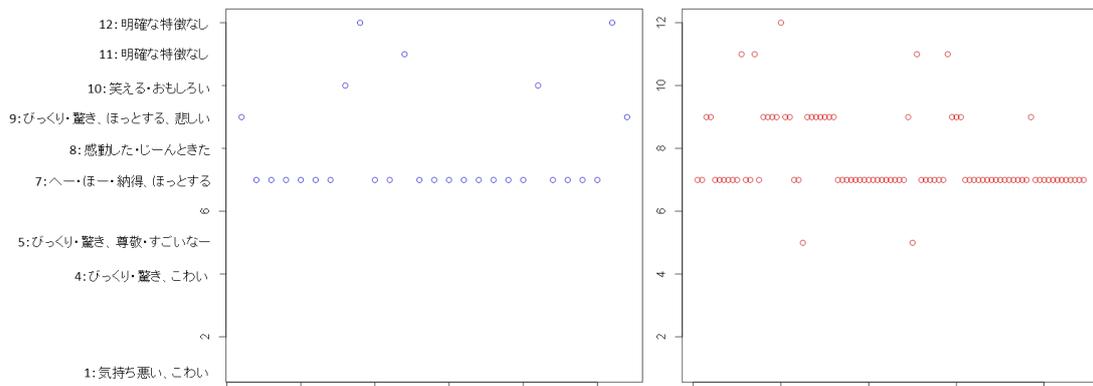


図 5.4.1.25 k-NN による推定結果 (被験者 25, 面白い映像その 1 視聴時のデータ)

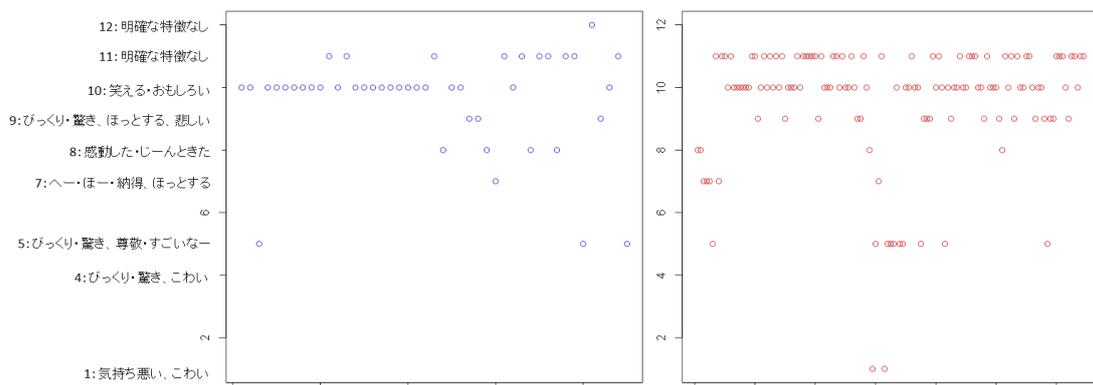


図 5.4.1.26 k-NN による推定結果 (被験者 25, 面白い映像その 2 視聴時のデータ)

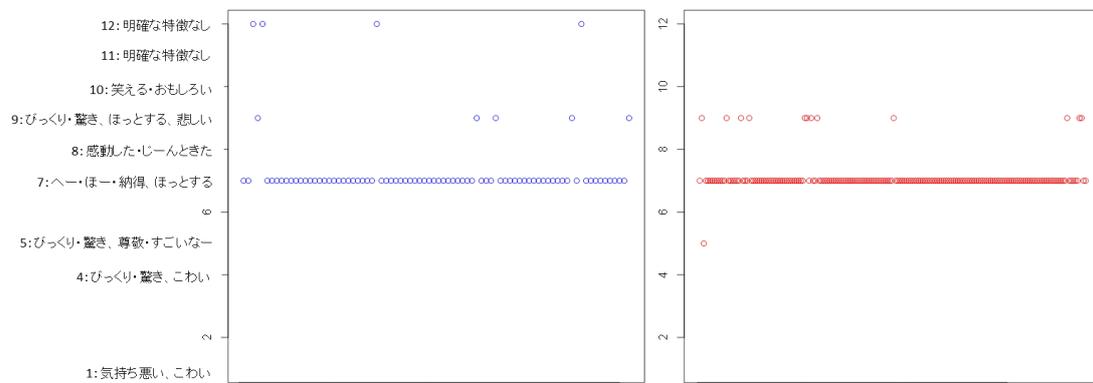


図 5.4.1.27 k-NN による推定結果 (被験者 25, 退屈な映像視聴時のデータ)

5.4.2 考察⁷

いずれの被験者についても、学習データが分類されたクラスタにのみテストデータも存在する、正解ラベルとほぼ同様の分類結果となり、精度の高い推定を行うことができたと言える。

続いて推定結果の妥当性について考える。まず被験者 3 について考察する。驚く映像視聴時のデータを推定した結果である図 5.4.1.1 を見ると、主に「笑える・おもしろい」を示すクラスタ 1, 「悲しい」を示すクラスタ 6, 特徴のなかったクラスタ 14 に推定されており、「へー・ほー・納得」を示すクラスタ 3, 「こわい」「力が入る・手に汗握る」を示すクラスタ 5, 「ほっとする」「へー・ほー・納得」を示すクラスタ 7 には少数のデータのみが推定されていることが分かる。一方、被験者 3 の驚く映像視聴後のアンケートでは、回答数の多い順に「こわい」「気持ちが悪い」「びっくり・驚き」「へー・ほー・納得」「尊敬・すごいなー」「笑える・おもしろい」となっていた。「悲しい」には多くのデータが推定されたが、そのようなアンケート回答はなく、また、回答数の多かった「こわい」「気持ちが悪い」「びっくり・驚き」を示すクラスタに推定されたデータは少なかった。従って、この推定結果は妥当とは言えない。一方、図 5.4.1.9 を見ると、退屈な映像視聴時のデータは主に「へー・ほー・納得」を示すクラスタ 2 に推定されている。退屈な映像視聴後のアンケートでも「へー・ほー・納得」という回答が最も多く、妥当な推定結果といえる。被験者 3 において前者のように、アンケート回答と推定結果に大きく相違があった、もしくは特定のクラスタにデータが多く推定されることがなかった映像データは、驚く映像、癒される映像、楽しい映像、感動する映像、悲しい映像視聴時のデータであった。それら以外の映像視聴データについては後者のようにアンケート回答と推定結果が概ね一致していた。

⁷ 本節は自著文献[18]の内容を含む。

同様に被験者 11 について考察する。図 5.4.1.11 を見ると、癒される映像視聴時のデータは主に「感動した・じーンときた」「悲しい」を示すクラスタ 1 に推定されているが、アンケートでは「びっくり・驚き」「ほほえましい・いとおしい」「尊敬・すごいなー」という回答が多く、推定結果は妥当とは言えない推定結果となった。一方、図 5.4.1.15 を見ると、怖い映像視聴時のデータはほとんどが「こわい」を示すクラスタ 2 に推定されており、アンケートでも「こわい」という回答のみであったため、妥当な推定結果であると言える。被験者 11 において、前者のようにアンケート回答と推定結果に大きく相違があった、もしくは特定のクラスタにデータが多く推定されることがなかった映像データは、癒される映像、面白い映像その 2、退屈な映像視聴時のデータであった。それら以外の映像視聴データについては後者のようにアンケート回答と推定結果が概ね一致していた。

最後に被験者 25 について考察する。この被験者についてはアンケート回答と推定結果に大きく相違があった、もしくは特定のクラスタにデータが多く推定されることがなかった映像データはなく、全ての映像視聴データについては妥当な推定結果が得られていた。妥当でない推定結果となった原因として、クラスタリング分析による分類が大きく影響していると考えられる。例えば被験者 11 の場合、分類結果から作られた正解ラベルに「ほっとする」「へー・ほー・納得」を示すクラスタが存在しない。これらのアンケート回答が著しく少なく、独占的に分類されたクラスタがなかったためである。このように、被験者のアンケート回答や、それに基づくクラスタリング分析によって、正解ラベルが決定するため、アンケートの回答数やクラスタリング分析の際の実験者の判断によって、推定結果の妥当性が異なってくる。

第6章 結論

6.1 まとめ⁸

本論文では、膨大な数の映像コンテンツの中から視聴したい映像を探す視聴者を手助けするコンテンツ推薦システムの精度向上を目指し、映像視聴時の視聴者の潜在的興味、情動の分類と推定を検討した。

映像視聴時の視聴者の生体信号を **k-means** 法とカーネル **k-means** 法によるクラスタリング分析から情動分類を試みたところ、両手法で異なる結果が得られる場合があることが分かったが、グラウンドトゥールースがないため、それぞれの分類結果の妥当性や両結果の優劣を判断することができなかった。そこで、アンケート回答をグラウンドトゥールースとした **k-means** 法による段階的なクラスタリング分析を行った。具体的には、各クラスタの中を 15 分割し、数値に置き換えたアンケート項目をそれぞれ該当する線上にプロットした。同一クラスタに異なるアンケート回答が煩雑に入る場合は、そのクラスタに属するデータを取り出し、再度クラスタリング分析を行い同様にプロットした。その結果、26 名中 21 名の被験者について、段階的なクラスタリング分析によって、概ね 1 クラスタに 1 種類のアンケート回答に対応するデータが分類された。この結果は、映像視聴時の視聴者の生体信号に基づくデータとアンケート回答との間には関連性があることを示唆していると考えられる。

次にこの分類結果を用いて、新たな生体データがいずれのクラスタに分類されるかを **k-NN** により推定したところ、アンケート回答と、推定されたクラスタが示すアンケート項目とが一致する、精度の高い推定結果を得ることができた。このことから、その関係を用いることで情動を推定できる可能性が示唆された。

6.2 今後の課題

今後の課題として主に 2 つ挙げられる。

1 つ目は、推定精度に大きく影響を与える情動分類が実験者の主観に左右されうる手法となっていることである。本研究では、各クラスタの意味付けや再クラスタリングの必要性を、実験者が定性的に決定しているが、より定量的な基準に基づく方法を検討する必要がある。例えば、情動分類から推定までの全てを機械学習で行うことなどを考えている。

2 つ目は、アンケートに用いたアンケート項目が、被験者によって定義が異なる曖昧な表現が存在したことである。従って、アンケート項目を見直し、再度実験を行う必要がある。

⁸ 本節は自著文献[18]の内容を含む。

謝辞

本研究を進めるにあたり，丁寧なご指導をして頂き，多くの知識を与えて下さった亀山渉教授，菅沼睦氏に心から深く感謝申し上げます．並びに，実験に使用する映像と多くの助言を下された NHK 放送技術研究所にお礼申し上げます．また，プロジェクト研究 B の一環として解析を手助けして下さった持倉さんにも深くお礼申し上げます．最後に，実験に際して被験者を快く引き受けて下さった方々，本研究に関する助言を与えて下さった亀山研究室の皆様に感謝致します．

参考文献

- [1] 宮原正典, 青木政樹, 滝口哲也, 有木康雄, “顔表情からの関心度推定に基づく映像コンテンツへのタギング”, 情報処理学会論文誌 49(10), 3694-3702, 2008-10-15.
- [2] 阪本清美, 坂下誠司, 山下久仁子, 岡田明, “TV 視聴時のユーザーの感情状態が生理心理計測に及ぼす影響”, パナソニック技報”, Vol59, No1, pp29-34, 2013年4月.
- [3] 傳櫻, 橋本稜平, 菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル, “マルチモーダル生体情報による映像視聴時の感情分類に関する検討”, 電子情報通信学会, 2016年総合大会, H-2-14, 2016年3月.
- [4] 傳櫻, 橋本稜平, 菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル, “生体情報による映像視聴者の感情分類分析に関する検討”, 電子情報通信学会, 2017年総合大会, H-2-5, 2017年3月.
- [5] 中山実, 安池一貴, 清水康敬, “提示画面の輝度変化と画像内容による瞳孔面積変化”, テレビジョン学会誌, Vol.44, No.3, pp.288-293, 1990年.
- [6] 村井真樹, 中山実, 清水康敬, “テレビ番組視聴時の瞳孔面積と画像内容への興味・印象との関連”, 映像情報メディア学会誌, Vol.52, pp.1748-1753, 1998年11月.
- [7] 飛松省三, “脳波判読のポイント”, 2006年4月5日.
<https://www.med.kyushu-u.ac.jp/neurophy/point.pdf> (最終確認: 2018年1月27日)
- [8] 小川宜洋, スティーヴン・カルガン, 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”, 信学技報, ニューロコンピューティング 107(92), 5-9, 2007年.
- [9] 犬東美咲, 菅沼睦, 亀山渉, “映像視聴時の瞳孔径と基礎律動を用いた視聴者の反応と映像カテゴリの対応関係分析”, 電子情報通信学会, 2015年総合大会, BS-8-5, 2015年3月. 総合大会, BS-8-5, 2015年3月.
- [10] 久保田博南, “バイタルサインモニタ入門—心電計からパルスオキシメータまで—”, 第1版, pp28-29, 秀潤社, 2005年.
- [11] 南谷晴之, 林左千夫, 永田隆信, “ストレス・疲労に伴う心拍変動: ニューラルネットワークによる自律神経活動の評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, ME とバイオサイバネティクス, 98(672), pp.115-122, 1999年3月.
- [12] 豊沢聡, 河合隆史, “視聴者の心拍活動を用いた映像短縮方法とその評価”, 映情学誌, Vol.63, No.1, pp.86-94, 2009年.
- [13] National Instruments, “Using LabVIEW for Heart Rate Variability Analysis”, <http://www.ni.com/example/30832/en/> (最終確認: 2018年1月27日)
- [14] 脳波測定マニュアル, “電極の配置 (国際 10-20 法)”, <http://eeg.cloudcomputing-navi.com/denkyoku.html> (最終確認: 2018年1月27日)
- [15] J.L.Andreassi, “Psychophysiology-human behaviour and physiological response”, 5th ed., Mahwah, New Jersey, 2007.

- [16] 加藤敦士, 菅沼睦, 亀山渉, “ディープラーニングによる瞳孔径の対光反射補正方式に関する検討,” 電子情報通信学会, 2017年総合大会, H-2-12, 2017年3月.
- [17] 傅櫻, 菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル, “生体信号による映像視聴者の感情分類とアンケート回答との対応関係に関する考察,” 電子情報通信学会, HCG シンポジウム, C-1-5, 2017年12月.
- [18] 傅櫻, 橋本稜平, 田上結衣, 菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル, “アンケート回答と生体信号の対応関係を用いたk-NNによる映像視聴者の情動推定に関する検討,” 電子情報通信学会, 2018年総合大会, H-2, 2018年3月.

表一覧

表 3.5 時系列アンケートの項目	5
表 4.1.1 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 3）	8
表 4.1.2 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 3）	8
表 5.3.1.1 新クラスタ番号の割り当て（被験者 3）	22
表 5.3.1.2 新クラスタ番号の割り当て（被験者 11）	23
表 5.3.1.3 新クラスタ番号の割り当て（被験者 25）	24

図一覧

図 2.3	心電図波形における R 波	4
図 3.2	電極の配置	5
図 4.1.1	動画再生から t 秒後の各種データの対応関係	7
図 4.1.2	被験者 3 のデータ分布	7
図 4.3.3.1	アンケート項目と色および番号との対応	10
図 4.3.3.2	各クラスタ内で 15 分割された散布図	10
図 5.1.1.1	k-means を用いたクラスタリング分類結果 (被験者 3)	11
図 5.1.1.2	k-means を用いたクラスタリング分類結果 (被験者 11)	11
図 5.1.1.3	k-means を用いたクラスタリング分類結果 (被験者 25)	12
図 5.2.1.1	カーネル k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 3)	13
図 5.2.1.2	カーネル k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 11)	13
図 5.2.1.3	カーネル k-means を用いたクラスタリング結果 (被験者 25)	14
図 5.3.1.1	k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 3)	15
図 5.3.1.2	k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 3, クラス タ 2)	16
図 5.3.1.3	k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 3, クラス タ 4)	16
図 5.3.1.4	新クラスタによる色付けがなされた主成分得点の 3 次元プロット (被験者 3)	17
図 5.3.1.5	k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 11)	17
図 5.3.1.6	k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 11, クラス タ 3)	18
図 5.3.1.7	k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 11, クラス タ 4)	18
図 5.3.1.8	新クラスタによる色付けがなされた主成分得点の 3 次元プロット (被験者 11)	19
図 5.3.1.9	k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 25)	19
図 5.3.1.10	k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 25, クラ スタ 3)	20
図 5.3.1.11	k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 25, クラ スタ 6)	20
図 5.3.1.12	新クラスタによる色付けがなされた主成分得点の 3 次元プロット (被験者 25)	21
図 5.4.1.1	k-NN による推定結果 (被験者 3, 驚く映像視聴時のデータ)	25

図 5.4.1.2	k-NN による推定結果 (被験者 3, 癒される映像視聴時のデータ)	25
図 5.4.1.3	k-NN による推定結果 (被験者 3, 楽しい映像視聴時のデータ)	26
図 5.4.1.4	k-NN による推定結果 (被験者 3, 感動する映像視聴時のデータ)	26
図 5.4.1.5	k-NN による推定結果 (被験者 3, 悲しい映像視聴時のデータ)	26
図 5.4.1.6	k-NN による推定結果 (被験者 3, 怖い映像視聴時のデータ)	27
図 5.4.1.7	k-NN による推定結果 (被験者 3, 面白い映像その 1 視聴時のデータ)	27
図 5.4.1.8	k-NN による推定結果 (被験者 3, 面白い映像その 2 視聴時のデータ)	27
図 5.4.1.9	k-NN による推定結果 (被験者 3, 退屈な映像視聴時のデータ)	28
図 5.4.1.10	k-NN による推定結果 (被験者 11, 驚く映像視聴時のデータ)	28
図 5.4.1.11	k-NN による推定結果 (被験者 11, 癒される映像視聴時のデータ)	28
図 5.4.1.12	k-NN による推定結果 (被験者 11, 楽しい映像視聴時のデータ)	29
図 5.4.1.13	k-NN による推定結果 (被験者 11, 感動する映像視聴時のデータ)	29
図 5.4.1.14	k-NN による推定結果 (被験者 11, 悲しい映像視聴時のデータ)	29
図 5.4.1.15	k-NN による推定結果 (被験者 11, 怖い映像視聴時のデータ)	30
図 5.4.1.16	k-NN による推定結果 (被験者 11, 面白い映像その 1 視聴時のデータ)	30
図 5.4.1.17	k-NN による推定結果 (被験者 11, 面白い映像その 2 視聴時のデータ)	30
図 5.4.1.18	k-NN による推定結果 (被験者 11, 退屈な映像視聴時のデータ)	31
図 5.4.1.19	k-NN による推定結果 (被験者 25, 驚く映像視聴時のデータ)	31
図 5.4.1.20	k-NN による推定結果 (被験者 25, 癒される映像視聴時のデータ)	31
31		
図 5.4.1.21	k-NN による推定結果 (被験者 25, 楽しい映像視聴時のデータ)	32
図 5.4.1.22	k-NN による推定結果 (被験者 25, 感動する映像視聴時のデータ)	32
32		
図 5.4.1.23	k-NN による推定結果 (被験者 25, 悲しい映像視聴時のデータ)	32
図 5.4.1.24	k-NN による推定結果 (被験者 25, 怖い映像視聴時のデータ)	33
図 5.4.1.25	k-NN による推定結果 (被験者 25, 面白い映像その 1 視聴時のデータ)	33
図 5.4.1.26	k-NN による推定結果 (被験者 25, 面白い映像その 2 視聴時のデータ)	33
図 5.4.1.27	k-NN による推定結果 (被験者 25, 退屈な映像視聴時のデータ))	34

付録 A 各被験者のデータ分布

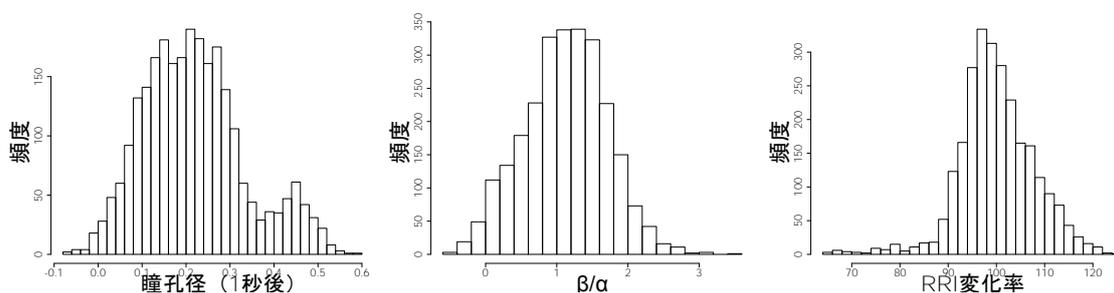


図 A-1 被験者 1 のデータ分布

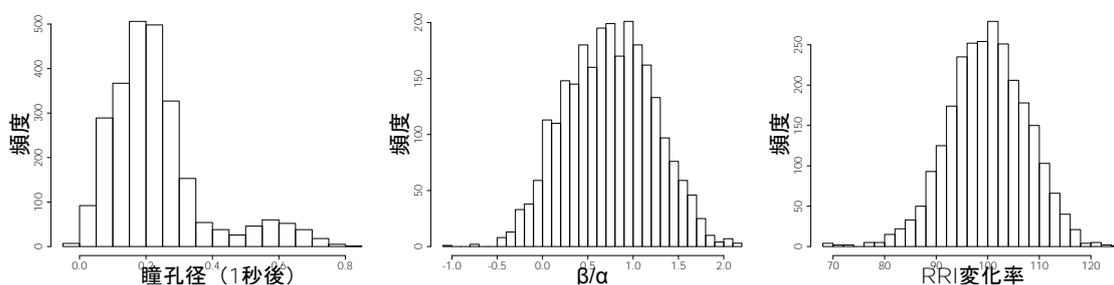


図 A-2 被験者 2 のデータ分布

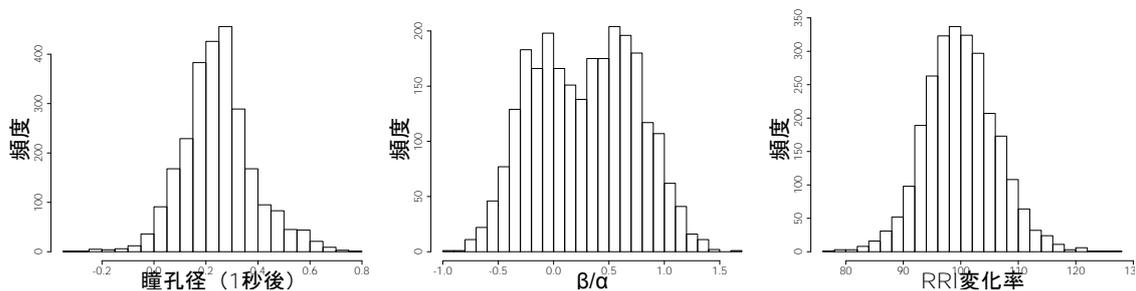


図 A-3 被験者 3 のデータ分布

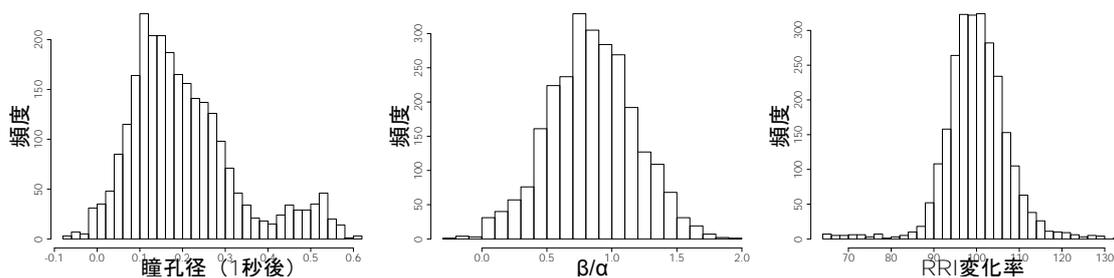


図 A-4 被験者 4 のデータ分布

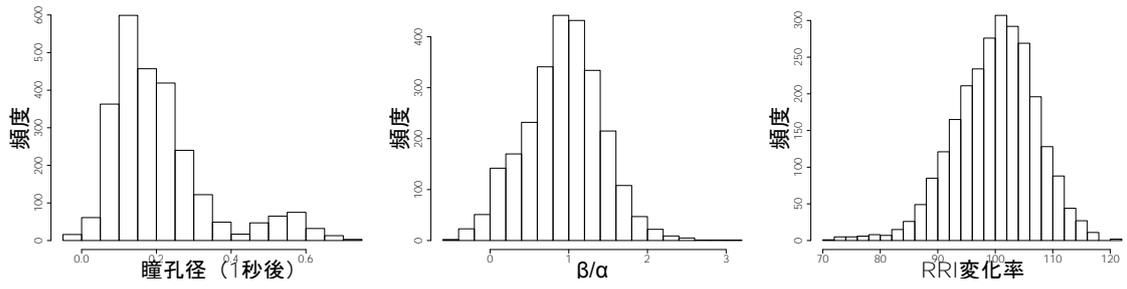


図 A-5 被験者 5 のデータ分布

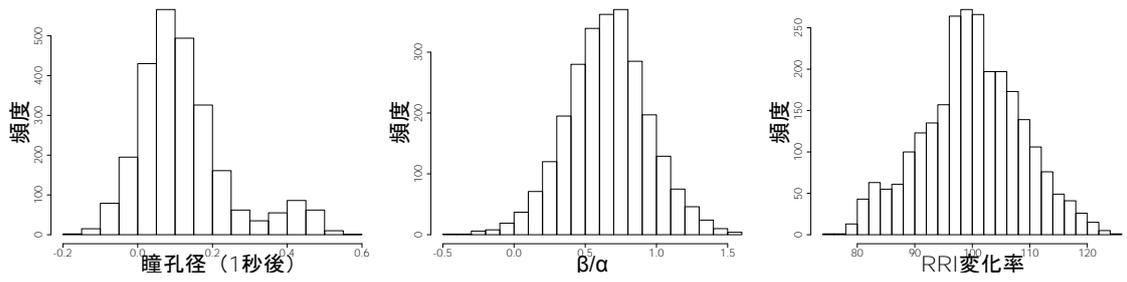


図 A-6 被験者 6 のデータ分布

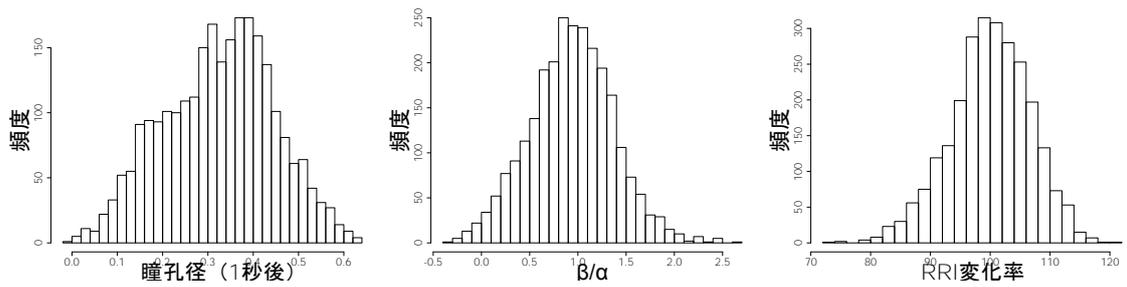


図 A-7 被験者 7 のデータ分布

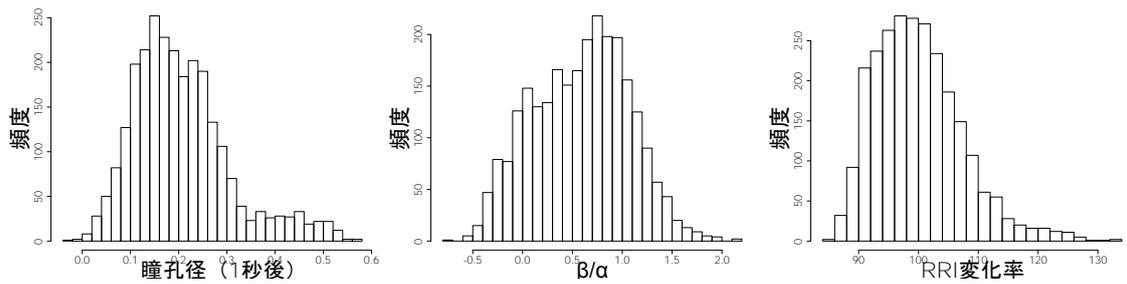


図 A-8 被験者 8 のデータ分布

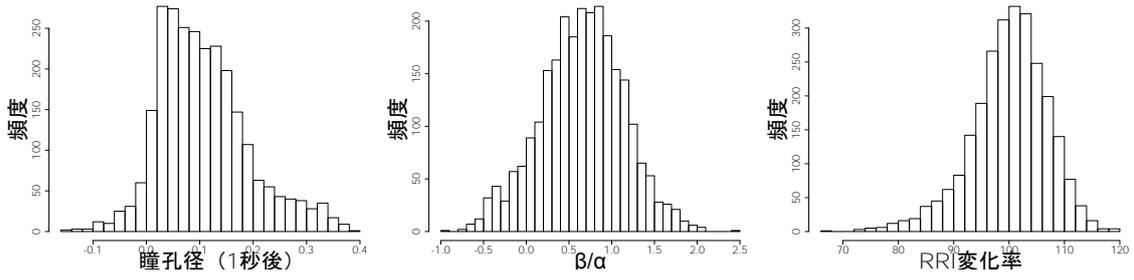


図 A-9 被験者 9 のデータ分布

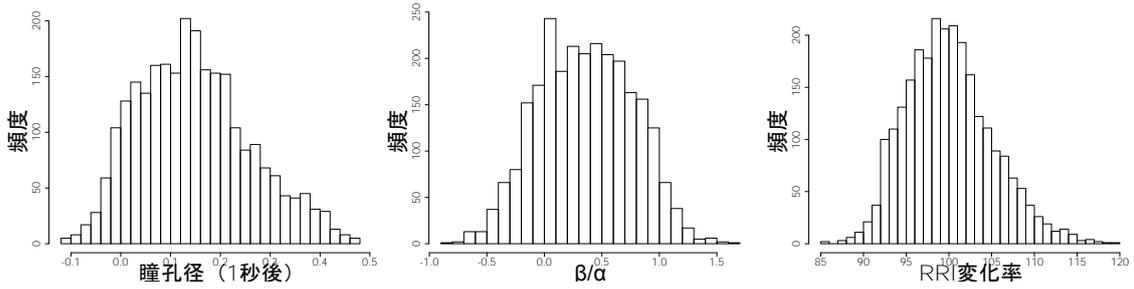


図 A-10 被験者 10 のデータ分布

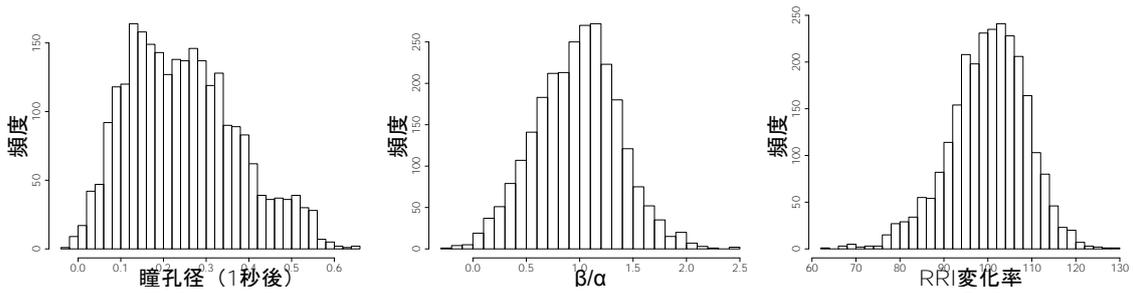


図 A-11 被験者 11 のデータ分布

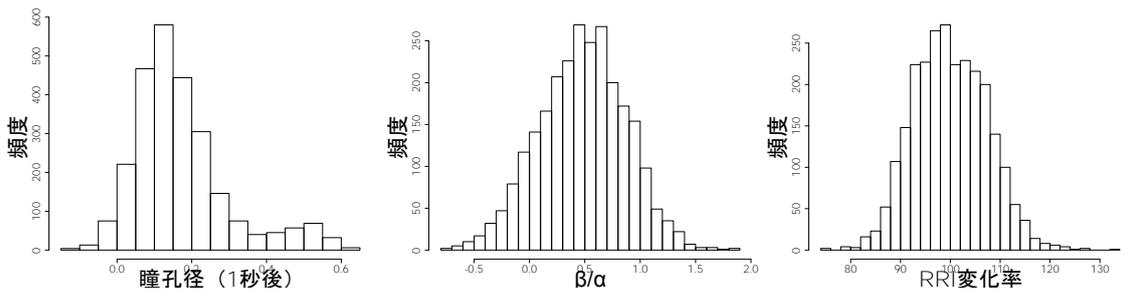


図 A-12 被験者 12 のデータ分布

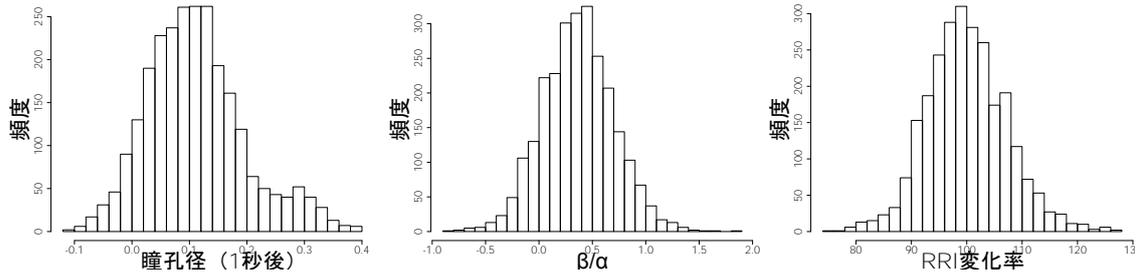


図 A-13 被験者 13 のデータ分布

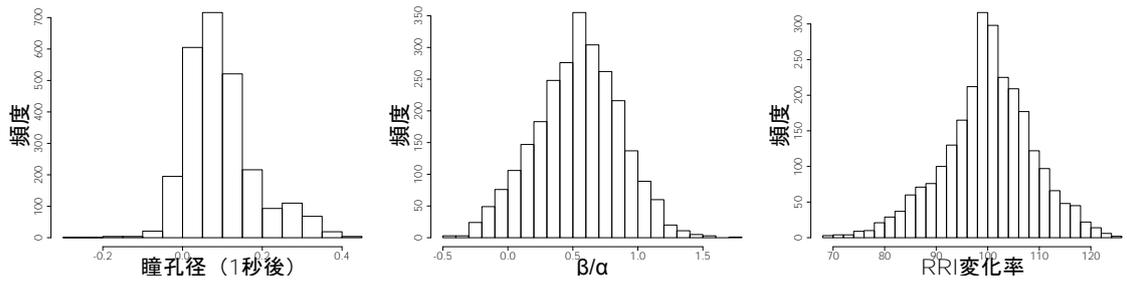


図 A-14 被験者 14 のデータ分布

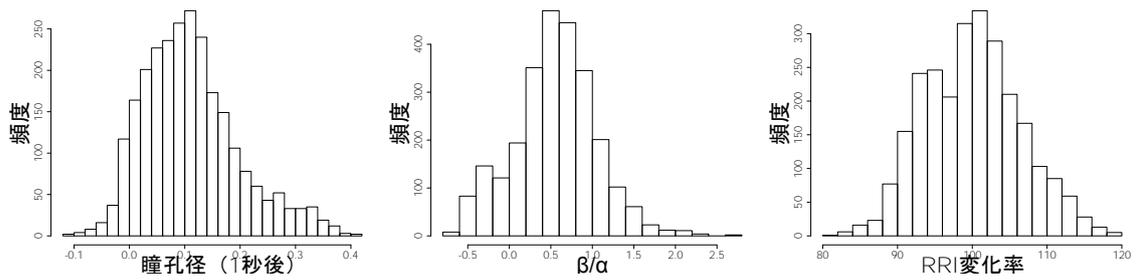


図 A-15 被験者 15 のデータ分布

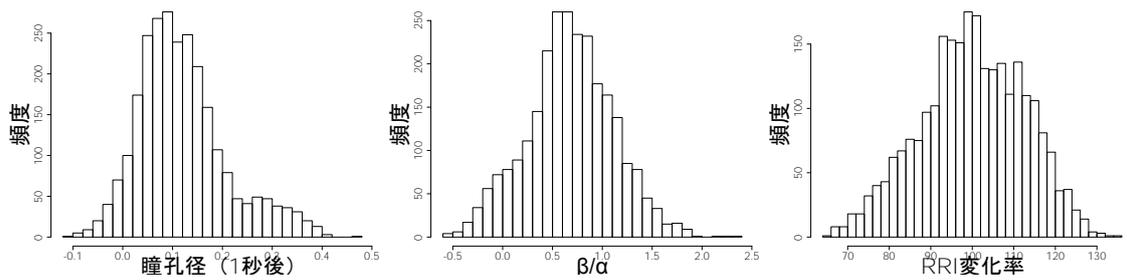


図 A-16 被験者 16 のデータ分布

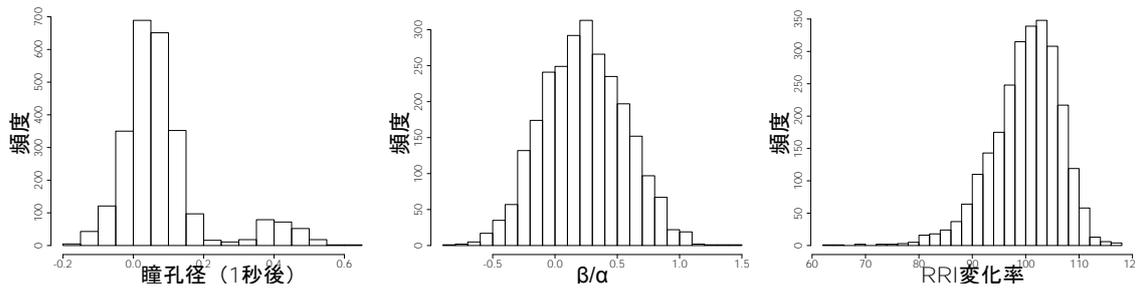


図 A-17 被験者 17 のデータ分布

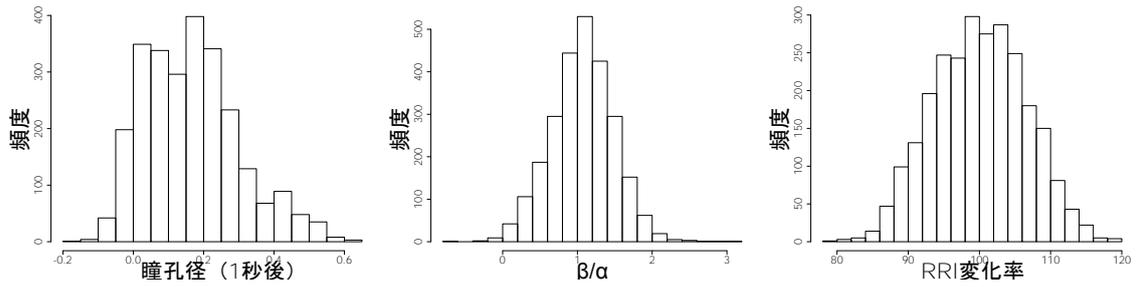


図 A-18 被験者 18 のデータ分布

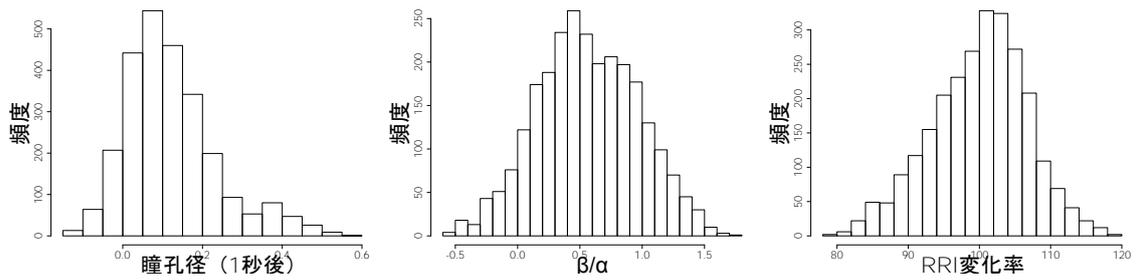


図 A-19 被験者 19 のデータ分布

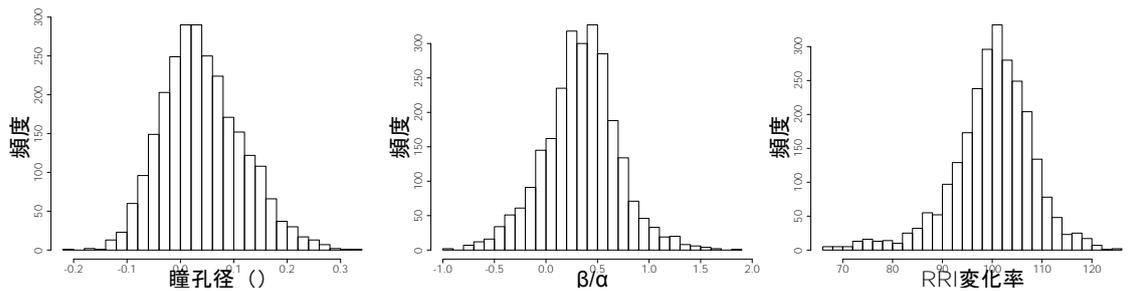


図 A-20 被験者 20 のデータ分布

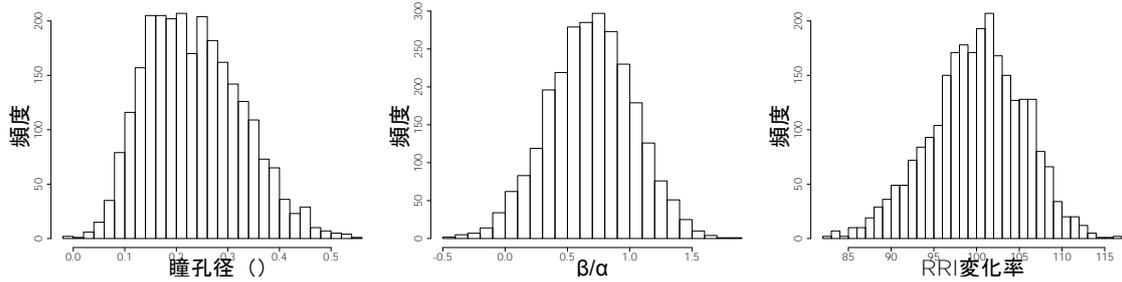


図 A-21 被験者 21 のデータ分布

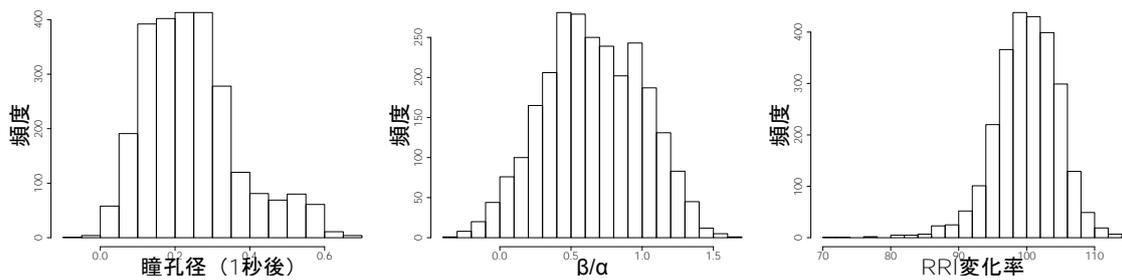


図 A-22 被験者 22 のデータ分布

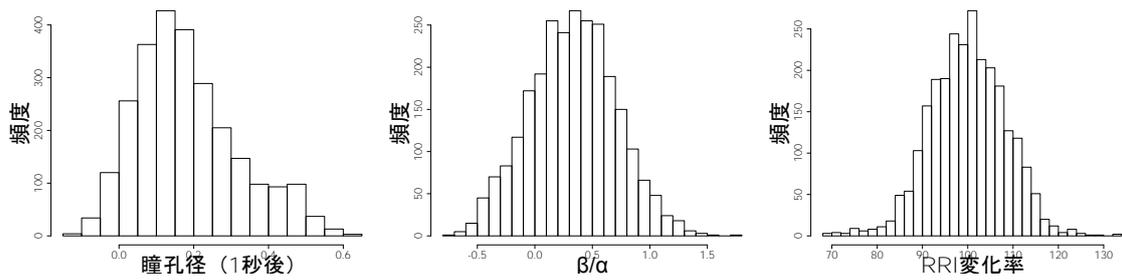


図 A-23 被験者 23 のデータ分布

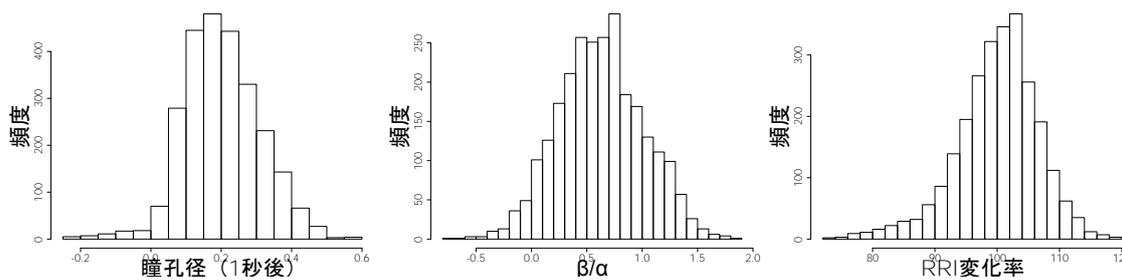


図 A-24 被験者 24 のデータ分布

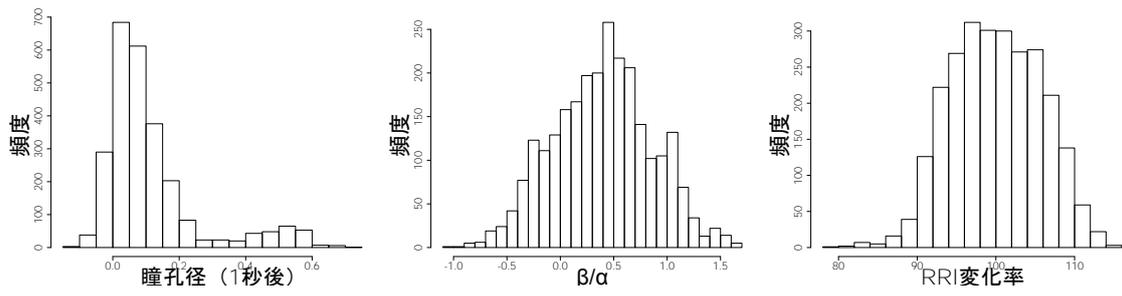


図 A-25 被験者 25 のデータ分布

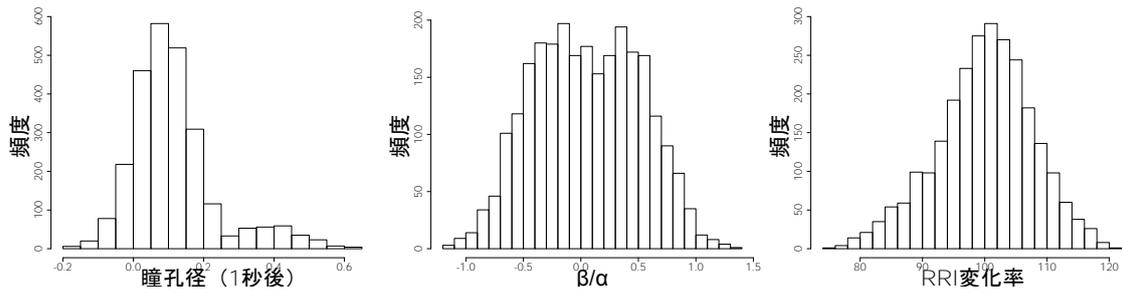


図 A-26 被験者 26 のデータ分布

付録 B 各被験者の主成分分析結果

表 B-1 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 1）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.69	1.36	0.97	0.41	0.30	0.27
寄与率	0.48	0.31	0.16	0.03	0.01	0.01
累積寄与率	0.48	0.79	0.94	0.97	0.99	1.00

表 B-2 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 1）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.54	-0.19	0.01	-0.71	0.09	-0.39
瞳孔径（1 秒後）	0.56	-0.19	0.02	0.01	-0.17	0.79
瞳孔径（2 秒後）	0.54	-0.18	0.02	0.70	0.07	-0.42
β/α	-0.23	-0.65	-0.14	0.00	-0.70	-0.14
γ/α	-0.22	-0.65	-0.17	0.02	0.69	0.14
RRI 変化率..	-0.09	-0.20	0.98	0.00	0.02	0.00

表 B-3 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 2）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.70	1.39	1.00	0.30	0.26	0.20
寄与率	0.48	0.32	0.17	0.01	0.01	0.01
累積寄与率	0.48	0.80	0.97	0.98	0.99	1.00

表 B-4 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 2）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.57	0.07	-0.02	0.71	-0.06	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	-0.58	0.07	-0.05	-0.01	0.06	0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.57	0.05	-0.05	-0.70	0.02	-0.43
β/α	0.08	0.70	0.01	0.03	0.71	-0.05
γ/α	0.07	0.70	0.00	-0.05	-0.70	0.04
RRI 変化率..	0.07	0.00	-1.00	0.02	0.00	-0.01

表 B-5 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 3）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.69	1.33	1.00	0.45	0.31	0.29
寄与率	0.48	0.29	0.17	0.03	0.02	0.01
累積寄与率	0.48	0.77	0.94	0.97	0.99	1.00

表 B-6 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 3）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.53	0.20	0.04	-0.71	0.03	0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.55	0.21	0.04	0.01	-0.08	-0.80
瞳孔径（2 秒後）	-0.53	0.20	0.03	0.70	0.04	0.42
β/α	0.25	0.66	0.03	0.00	0.70	-0.07
γ/α	0.26	0.66	0.02	0.01	-0.70	0.07
RRI 変化率..	-0.04	0.06	-1.00	-0.01	0.01	0.00

表 B-7 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 4）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.71	1.38	0.95	0.38	0.31	0.19
寄与率	0.49	0.32	0.15	0.02	0.02	0.01
累積寄与率	0.49	0.80	0.95	0.98	0.99	1.00

表 B-8 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 4）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.56	0.13	-0.03	0.02	0.71	0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.57	0.13	-0.03	-0.02	-0.01	-0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.56	0.12	-0.04	-0.04	-0.70	0.42
β/α	0.18	0.64	-0.25	-0.70	0.03	0.01
γ/α	0.14	0.66	-0.19	0.71	-0.03	0.00
RRI 変化率..	-0.02	-0.32	-0.95	0.05	0.00	0.00

表 B-9 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 5）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.71	1.35	0.99	0.40	0.30	0.20
寄与率	0.49	0.30	0.16	0.03	0.01	0.01
累積寄与率	0.49	0.79	0.95	0.98	0.99	1.00

表 B-10 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 5）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.56	-0.09	0.06	-0.01	-0.71	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.57	-0.09	0.06	0.00	0.01	0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.57	-0.09	0.05	0.01	0.70	-0.42
β/α	0.12	0.69	-0.06	0.71	-0.01	0.00
γ/α	0.12	0.69	-0.09	-0.71	0.00	0.00
RRI 変化率..	-0.08	0.12	0.99	-0.02	0.01	0.00

表 B-11 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 6）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.79	1.33	0.80	0.48	0.34	0.19
寄与率	0.54	0.29	0.11	0.04	0.02	0.01
累積寄与率	0.54	0.83	0.94	0.97	0.99	1.00

表 B-12 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 6）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.53	0.10	-0.19	0.00	-0.71	-0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.54	0.11	-0.21	0.00	0.00	0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.53	0.11	-0.20	-0.02	0.70	-0.42
β/α	-0.12	-0.69	-0.07	0.71	0.02	-0.01
γ/α	-0.09	-0.70	-0.11	-0.70	0.00	0.00
RRI 変化率..	-0.37	-0.07	0.93	-0.03	0.01	0.01

表 B-13 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 7）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.80	1.28	0.86	0.39	0.39	0.27
寄与率	0.54	0.27	0.12	0.03	0.03	0.01
累積寄与率	0.54	0.81	0.94	0.96	0.99	1.00

表 B-14 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 7）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.50	-0.23	0.16	-0.67	0.26	0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.51	-0.23	0.18	0.03	0.03	-0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.50	-0.23	0.17	0.64	-0.26	0.43
β/α	-0.23	-0.67	-0.19	-0.25	-0.63	-0.03
γ/α	-0.29	-0.63	-0.03	0.26	0.67	0.02
RRI 変化率..	0.33	0.03	-0.94	0.05	0.12	-0.01

表 B-15 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 8）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.76	1.35	0.92	0.35	0.28	0.19
寄与率	0.52	0.30	0.14	0.02	0.01	0.01
累積寄与率	0.52	0.82	0.96	0.98	0.99	1.00

表 B-16 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 8）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.53	-0.18	0.15	0.71	-0.05	0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.54	-0.17	0.16	-0.01	0.02	-0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.53	-0.15	0.15	-0.70	0.05	0.43
β/α	-0.20	-0.68	-0.03	-0.07	-0.70	-0.01
γ/α	-0.21	-0.67	-0.02	0.04	0.71	0.01
RRI 変化率..	0.27	-0.04	-0.96	0.01	0.01	-0.01

表 B-17 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 9）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.69	1.37	0.98	0.38	0.36	0.22
寄与率	0.47	0.31	0.16	0.02	0.02	0.01
累積寄与率	0.47	0.79	0.95	0.97	0.99	1.00

表 B-18 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 9）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.57	-0.03	0.07	-0.71	0.06	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.58	-0.01	0.08	0.01	0.00	0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.57	0.01	0.08	0.69	-0.07	-0.43
β/α	-0.01	-0.70	-0.06	-0.05	-0.71	0.01
γ/α	0.00	-0.70	-0.08	0.09	0.70	-0.01
RRI 変化率..	-0.14	-0.10	0.99	0.00	0.01	-0.01

表 B-19 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 10）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.73	1.37	0.90	0.37	0.35	0.26
寄与率	0.50	0.31	0.13	0.02	0.02	0.01
累積寄与率	0.50	0.81	0.95	0.97	0.99	1.00

表 B-20 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 10）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.54	-0.08	0.16	-0.71	0.04	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.55	-0.09	0.16	0.01	-0.05	0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.55	-0.08	0.15	0.70	-0.09	-0.43
β/α	-0.10	-0.69	-0.15	-0.06	-0.70	-0.02
γ/α	-0.05	-0.70	-0.05	0.07	0.70	0.01
RRI 変化率..	-0.29	-0.11	0.95	0.00	-0.05	-0.01

表 B-21 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 11）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.81	1.17	1.00	0.38	0.35	0.26
寄与率	0.55	0.23	0.17	0.02	0.02	0.01
累積寄与率	0.55	0.78	0.95	0.97	0.99	1.00

表 B-22 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 11）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.50	0.28	-0.04	0.01	-0.71	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	-0.51	0.29	-0.01	-0.02	0.01	0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.50	0.29	0.00	-0.04	0.70	-0.42
β/α	0.34	0.63	-0.02	0.70	0.02	0.00
γ/α	0.36	0.60	0.00	-0.71	-0.03	0.00
RRI 変化率..	0.02	-0.03	-1.00	-0.01	0.03	0.00

表 B-23 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 12）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.75	1.35	0.90	0.40	0.34	0.22
寄与率	0.51	0.30	0.14	0.03	0.02	0.01
累積寄与率	0.51	0.81	0.95	0.97	0.99	1.00

表 B-24 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 12）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.54	-0.09	0.17	0.08	-0.71	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.55	-0.09	0.18	0.01	0.02	0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.54	-0.08	0.16	-0.09	0.69	-0.43
β/α	-0.11	-0.70	0.00	-0.70	-0.08	0.01
γ/α	-0.10	-0.70	-0.01	0.70	0.09	-0.01
RRI 変化率..	-0.29	0.04	0.96	0.00	0.01	-0.01

表 B-25 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 13）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.64	1.33	1.00	0.53	0.41	0.32
寄与率	0.45	0.29	0.17	0.05	0.03	0.02
累積寄与率	0.45	0.74	0.91	0.95	0.98	1.00

表 B-26 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 13）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.54	0.16	-0.03	0.71	-0.01	0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.57	0.17	0.01	-0.01	-0.02	-0.80
瞳孔径（2 秒後）	-0.55	0.15	0.03	-0.70	0.04	0.43
β/α	0.19	0.68	-0.03	-0.03	-0.71	0.02
γ/α	0.20	0.68	-0.01	0.02	0.71	-0.02
RRI 変化率..	-0.01	-0.03	-1.00	-0.04	0.02	-0.01

表 B-27 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 14）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.71	1.33	0.92	0.46	0.43	0.28
寄与率	0.49	0.29	0.14	0.03	0.03	0.01
累積寄与率	0.49	0.78	0.92	0.96	0.99	1.00

表 B-28 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 14）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.54	0.11	-0.14	0.72	-0.01	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	-0.56	0.11	-0.18	-0.02	0.04	0.80
瞳孔径（2 秒後）	-0.54	0.08	-0.16	-0.70	-0.02	-0.44
β/α	0.16	0.68	-0.09	-0.02	0.71	-0.04
γ/α	0.13	0.70	-0.01	-0.01	-0.70	0.02
RRI 変化率..	-0.26	0.12	0.96	-0.02	0.06	0.01

表 B-29 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 15）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.65	1.38	0.96	0.47	0.36	0.30
寄与率	0.46	0.32	0.15	0.04	0.02	0.01
累積寄与率	0.46	0.77	0.93	0.96	0.99	1.00

表 B-30 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 15）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.56	0.02	-0.08	0.71	-0.01	0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.58	0.03	-0.10	-0.01	0.04	-0.80
瞳孔径（2 秒後）	-0.56	0.04	-0.09	-0.70	-0.05	0.43
β/α	-0.01	-0.70	-0.14	0.01	-0.70	-0.04
γ/α	-0.02	-0.70	-0.10	-0.03	0.71	0.04
RRI 変化率..	-0.16	-0.16	0.97	0.00	-0.03	-0.01

表 B-31 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 16）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.70	1.37	0.92	0.42	0.36	0.27
寄与率	0.48	0.31	0.14	0.03	0.02	0.01
累積寄与率	0.48	0.79	0.94	0.97	0.99	1.00

表 B-32 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 16）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.55	0.11	-0.13	0.71	-0.08	-0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.56	0.13	-0.13	-0.01	-0.01	0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.54	0.12	-0.13	-0.70	0.05	-0.43
β/α	-0.11	-0.69	-0.12	-0.07	-0.70	0.01
γ/α	-0.14	-0.68	-0.12	0.06	0.71	0.01
RRI 変化率..	-0.25	-0.12	0.96	0.00	-0.01	0.00

表 B-33 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 17）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.88	1.12	0.97	0.41	0.27	0.18
寄与率	0.59	0.21	0.16	0.03	0.01	0.01
累積寄与率	0.59	0.80	0.95	0.98	0.99	1.00

表 B-34 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 17）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.49	-0.28	0.10	-0.04	0.71	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	-0.50	-0.28	0.11	-0.04	-0.02	0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.49	-0.28	0.11	0.01	-0.70	-0.43
β/α	-0.34	0.65	-0.01	-0.68	-0.03	-0.01
γ/α	-0.38	0.57	-0.07	0.73	0.02	0.01
RRI 変化率..	0.13	0.14	0.98	0.05	0.01	0.00

表 B-35 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 18）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.74	1.29	0.98	0.40	0.37	0.22
寄与率	0.51	0.28	0.16	0.03	0.02	0.01
累積寄与率	0.51	0.78	0.94	0.97	0.99	1.00

表 B-36 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 18）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.53	0.21	-0.06	0.08	-0.71	0.41
瞳孔径（1 秒後）	-0.54	0.21	-0.09	-0.04	0.01	-0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.53	0.21	-0.07	-0.11	0.69	0.43
β/α	-0.25	-0.65	0.18	-0.69	-0.10	0.01
γ/α	-0.29	-0.62	0.11	0.71	0.10	-0.02
RRI 変化率..	-0.04	0.24	0.97	0.04	0.01	-0.01

表 B-37 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 19）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.69	1.38	0.95	0.41	0.31	0.26
寄与率	0.48	0.32	0.15	0.03	0.02	0.01
累積寄与率	0.48	0.79	0.95	0.97	0.99	1.00

表 B-38 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 19）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.55	-0.08	0.12	-0.71	0.00	-0.41
瞳孔径（1 秒後）	0.57	-0.07	0.13	0.01	0.02	0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.55	-0.08	0.12	0.70	0.00	-0.43
β/α	-0.12	-0.69	0.07	0.00	0.71	-0.01
γ/α	-0.10	-0.70	0.07	0.00	-0.71	0.01
RRI 変化率..	0.20	-0.13	-0.97	0.00	0.01	0.01

表 B-39 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 20）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.62	1.36	0.94	0.58	0.41	0.38
寄与率	0.44	0.31	0.15	0.06	0.03	0.02
累積寄与率	0.44	0.75	0.89	0.95	0.98	1.00

表 B-40 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 20）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.55	0.07	-0.15	0.71	0.00	-0.42
瞳孔径（1 秒後）	-0.58	0.09	-0.14	-0.01	0.03	0.80
瞳孔径（2 秒後）	-0.55	0.08	-0.10	-0.70	-0.03	-0.43
β/α	-0.06	-0.69	-0.15	-0.02	0.70	-0.02
γ/α	-0.08	-0.69	-0.09	0.00	-0.71	0.03
RRI 変化率..	0.24	0.14	-0.96	-0.03	-0.04	0.00

表 B-41 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 21）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.66	1.36	0.97	0.46	0.38	0.30
寄与率	0.46	0.31	0.16	0.04	0.02	0.01
累積寄与率	0.46	0.77	0.93	0.96	0.99	1.00

表 B-42 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 21）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.56	-0.06	0.08	-0.72	0.00	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.58	-0.07	0.10	0.01	0.02	0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.56	-0.07	0.11	0.70	0.02	-0.43
β/α	0.09	0.69	-0.15	0.00	0.70	0.00
γ/α	0.10	0.69	-0.06	0.02	-0.71	0.00
RRI 変化率..	0.15	-0.16	-0.97	0.02	-0.06	0.00

表 B-43 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 22）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.70	1.37	0.98	0.36	0.29	0.26
寄与率	0.48	0.31	0.16	0.02	0.01	0.01
累積寄与率	0.48	0.79	0.95	0.97	0.99	1.00

表 B-44 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 22）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.55	0.12	-0.08	-0.72	0.02	-0.39
瞳孔径（1 秒後）	-0.56	0.12	-0.08	0.03	0.04	0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.55	0.13	-0.08	0.69	-0.05	-0.44
β/α	-0.16	-0.69	0.06	0.04	0.70	-0.04
γ/α	-0.17	-0.68	0.04	-0.03	-0.71	0.03
RRI 変化率..	0.12	-0.10	-0.99	0.00	0.01	0.00

表 B-45 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 23）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.75	1.29	0.95	0.42	0.39	0.23
寄与率	0.51	0.28	0.15	0.03	0.02	0.01
累積寄与率	0.51	0.79	0.94	0.97	0.99	1.00

表 B-46 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 23）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.52	0.24	-0.02	0.16	0.70	0.40
瞳孔径（1 秒後）	-0.53	0.26	0.00	0.01	-0.02	-0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.52	0.25	0.02	-0.14	-0.68	0.43
β/α	-0.28	-0.61	0.24	0.68	-0.15	0.00
γ/α	-0.30	-0.60	0.20	-0.70	0.15	0.00
RRI 変化率..	-0.13	-0.28	-0.95	0.02	-0.03	0.00

表 B-47 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 24）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.68	1.37	0.97	0.42	0.34	0.28
寄与率	0.47	0.31	0.16	0.03	0.02	0.01
累積寄与率	0.47	0.78	0.94	0.97	0.99	1.00

表 B-48 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 24）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	0.56	-0.09	0.09	-0.71	0.01	0.40
瞳孔径（1 秒後）	0.57	-0.09	0.09	0.01	-0.06	-0.81
瞳孔径（2 秒後）	0.56	-0.08	0.10	0.70	0.01	0.43
β/α	-0.13	-0.69	0.06	0.00	-0.71	0.04
γ/α	-0.11	-0.69	0.11	0.00	0.70	-0.04
RRI 変化率..	0.14	-0.14	-0.98	0.01	0.03	0.00

表 B-49 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 25）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.79	1.34	0.90	0.30	0.27	0.20
寄与率	0.53	0.30	0.13	0.02	0.01	0.01
累積寄与率	0.53	0.83	0.97	0.98	0.99	1.00

表 B-50 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 25）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.51	0.25	-0.08	0.67	-0.24	-0.40
瞳孔径（1 秒後）	-0.52	0.26	-0.08	-0.02	-0.01	0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.51	0.26	-0.07	-0.66	0.24	-0.42
β/α	-0.27	-0.62	-0.24	-0.24	-0.66	-0.01
γ/α	-0.28	-0.61	-0.19	0.23	0.67	0.01
RRI 変化率..	-0.25	-0.21	0.94	-0.01	-0.04	0.01

表 B-51 主成分分析結果（累積寄与率，被験者 26）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
標準偏差	1.74	1.38	0.89	0.34	0.34	0.21
寄与率	0.51	0.32	0.13	0.02	0.02	0.01
累積寄与率	0.51	0.82	0.95	0.97	0.99	1.00

表 B-52 主成分分析結果（固有ベクトル，被験者 26）

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
瞳孔径	-0.55	0.01	-0.16	0.53	0.48	0.40
瞳孔径（1 秒後）	-0.56	0.02	-0.18	0.01	-0.03	-0.81
瞳孔径（2 秒後）	-0.55	0.02	-0.17	-0.52	-0.46	0.43
β/α	0.01	-0.70	-0.05	0.47	-0.53	0.02
γ/α	-0.01	-0.70	-0.06	-0.48	0.52	-0.02
RRI 変化率..	-0.30	-0.07	0.95	0.00	-0.01	0.00

付録 C 各被験者の k-means とアンケート回答を用いた分類

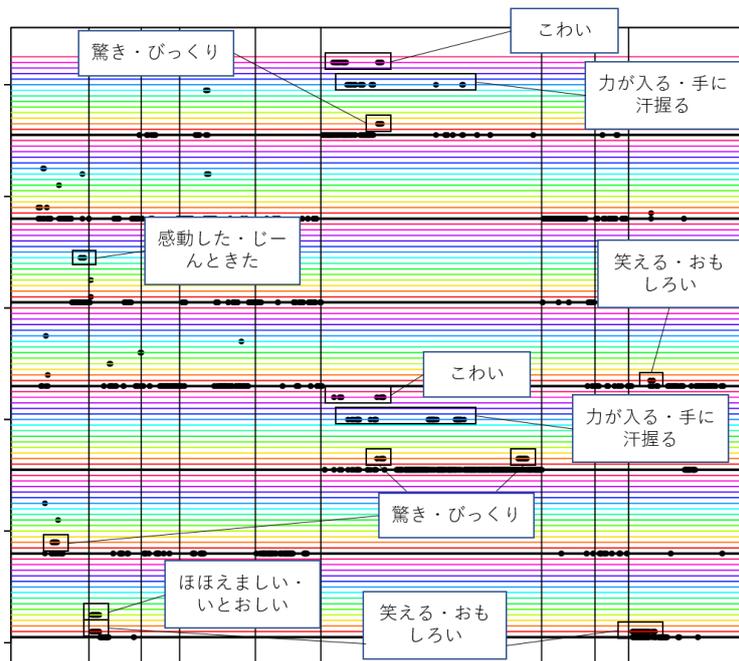


図 C-1 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 1)

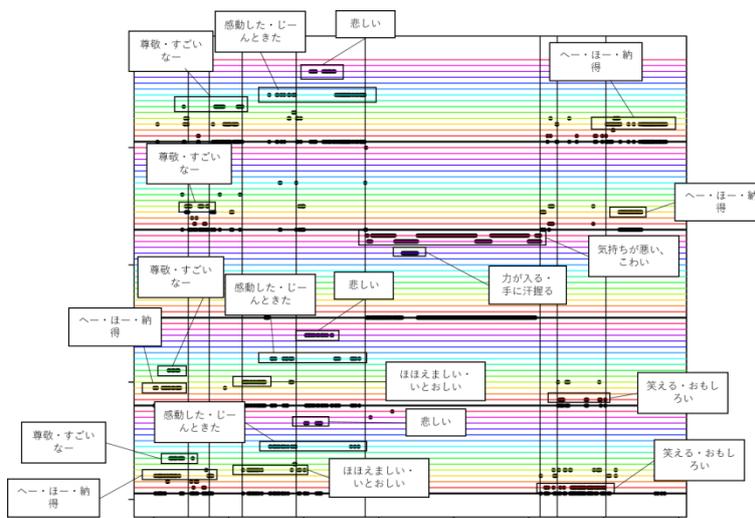


図 C-2 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 2)

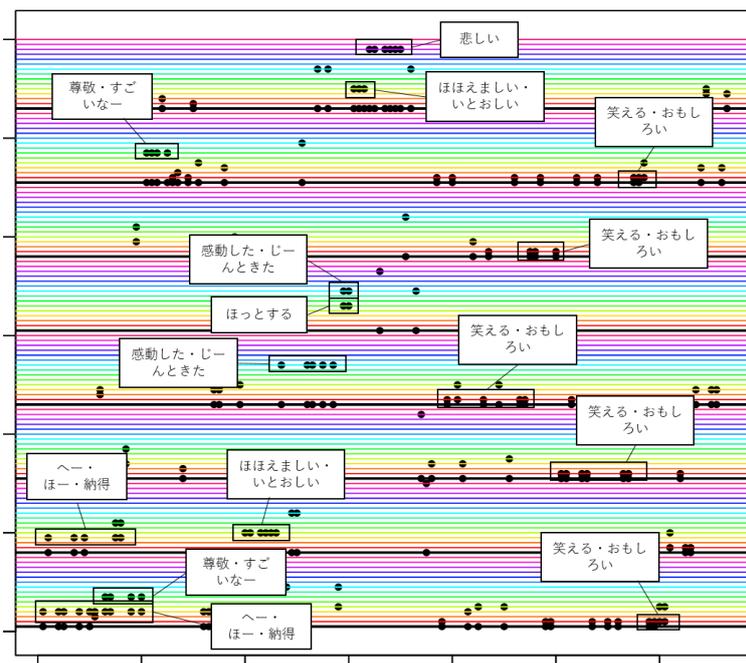


図 C-3 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 2, クラスタ 1)

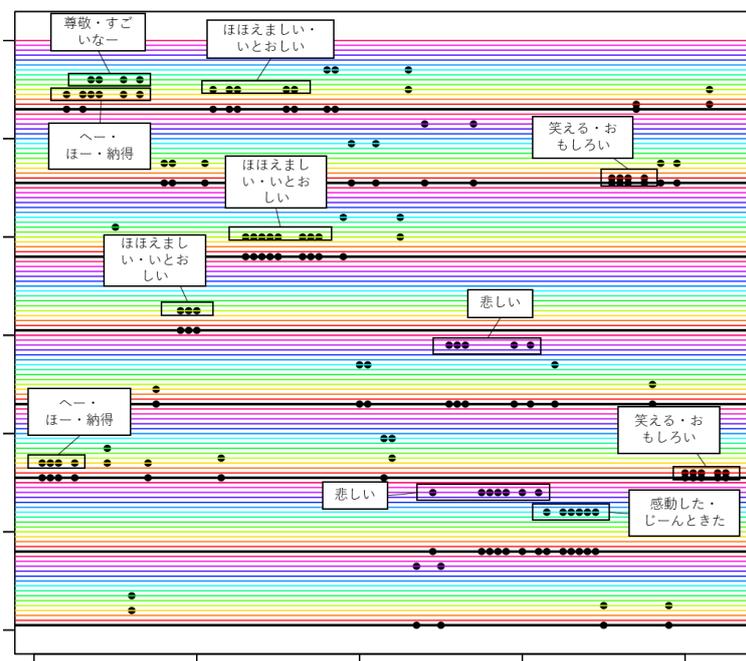


図 C-4 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 2, クラスタ 2)

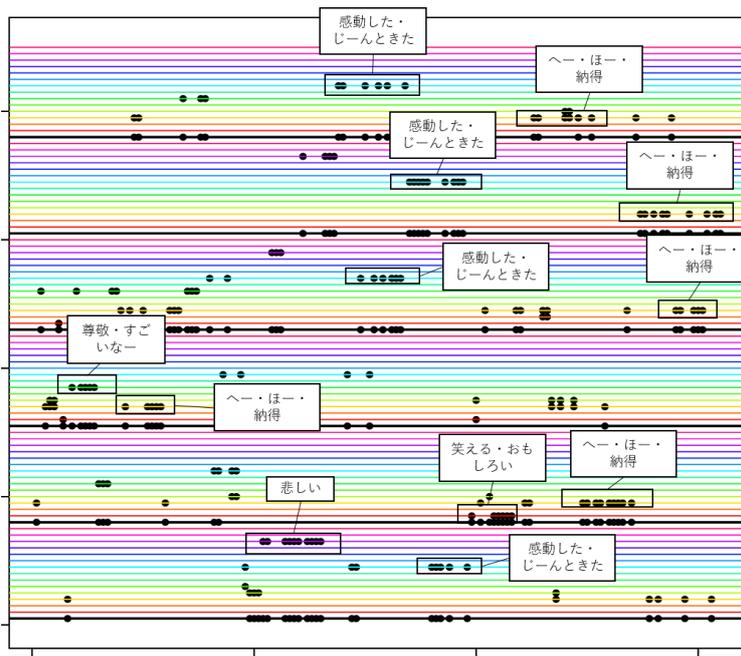


図 C-5 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 2, クラスタ 5)

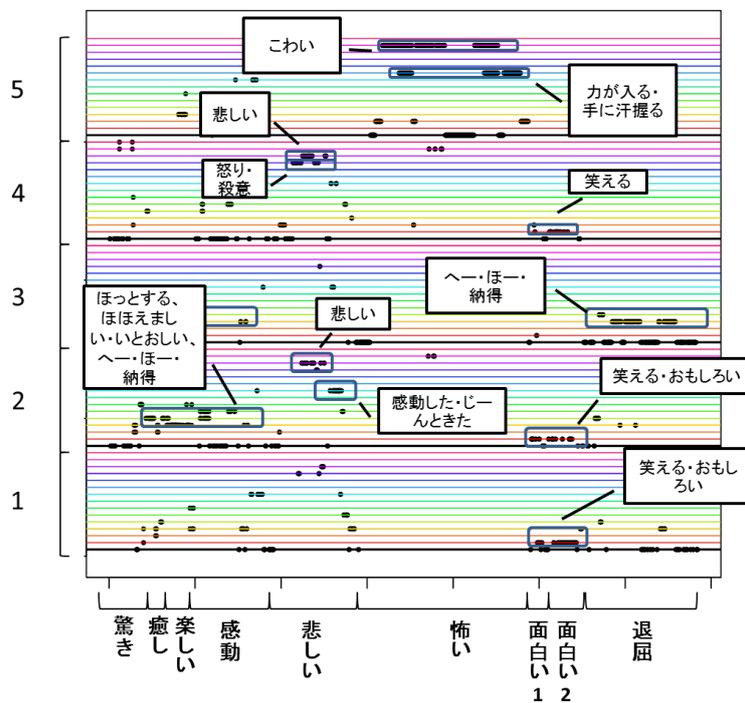


図 C-6 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 3)
(自著文献[17]より引用)

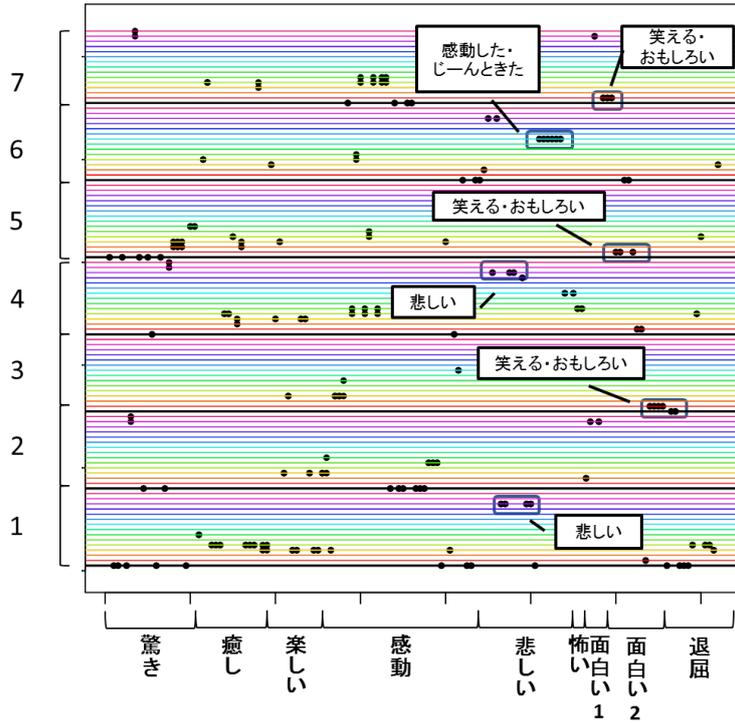


図 C-7 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 3, クラスタ 2) (自著文献[17]より引用)

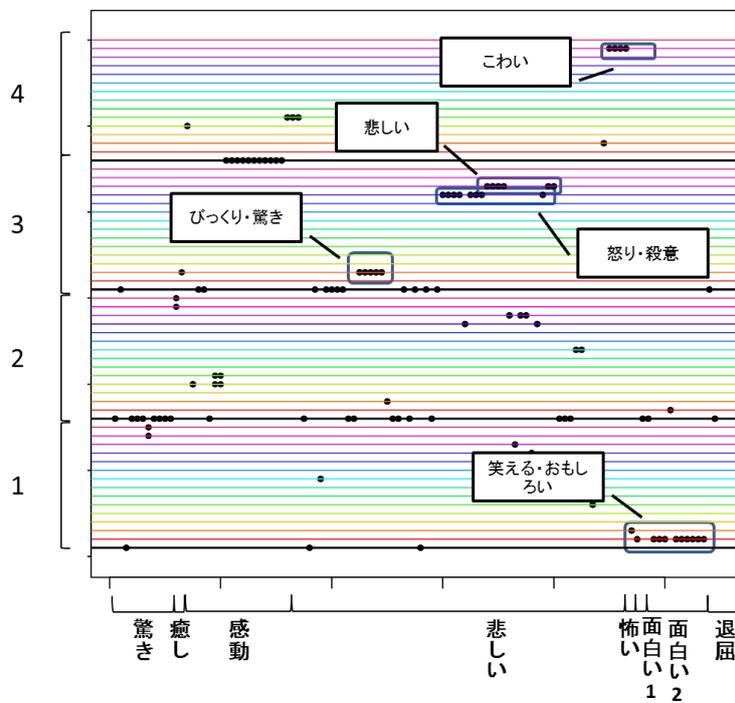


図 C-8 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 3, クラスタ 4) (自著文献[17]より引用)

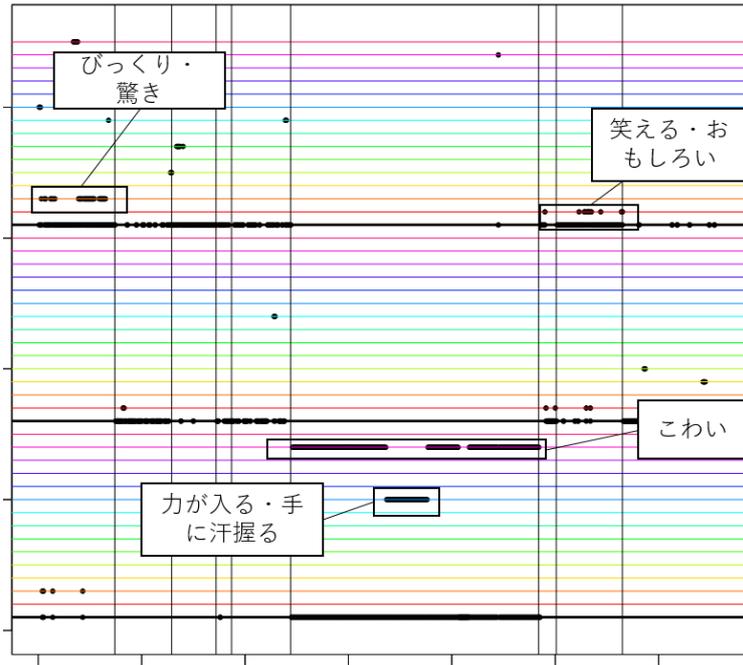


図 C-9 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 4)

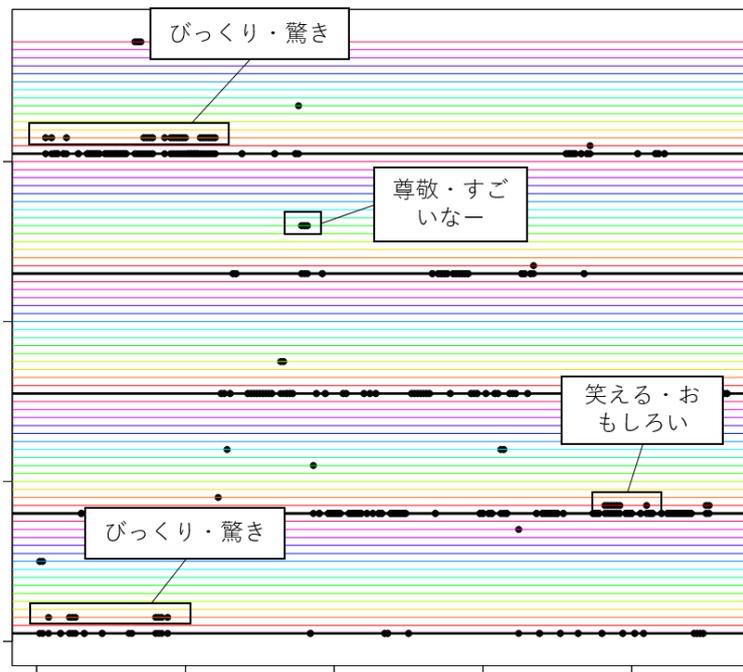


図 C-10 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 4, クラスタ 3)

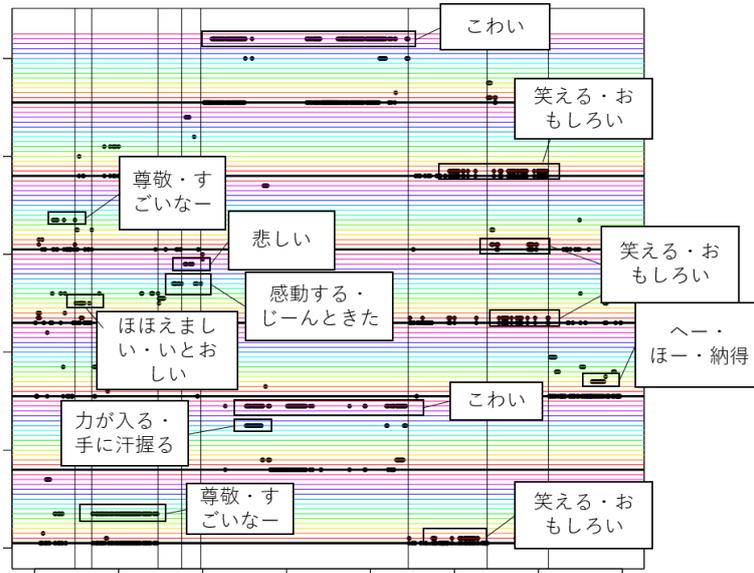


図 C-11 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 5)

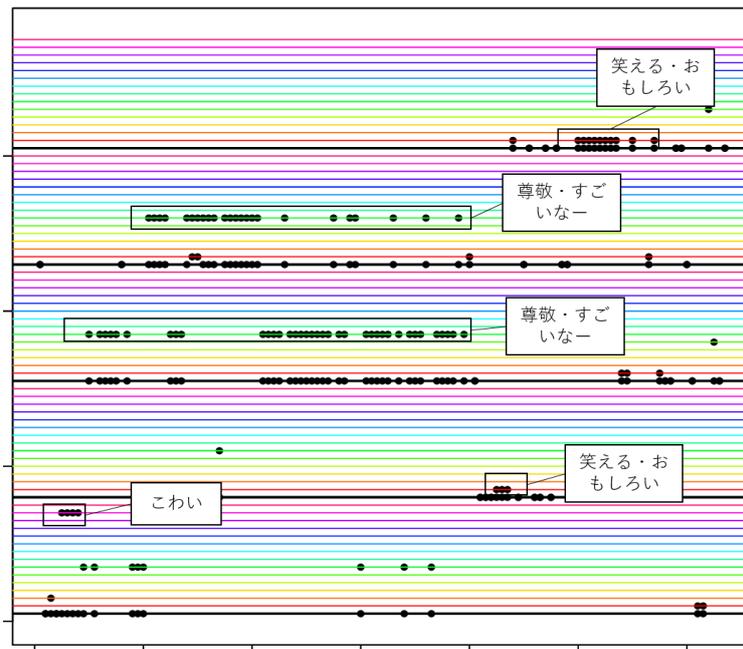


図 C-12 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 5, クラスタ 1)

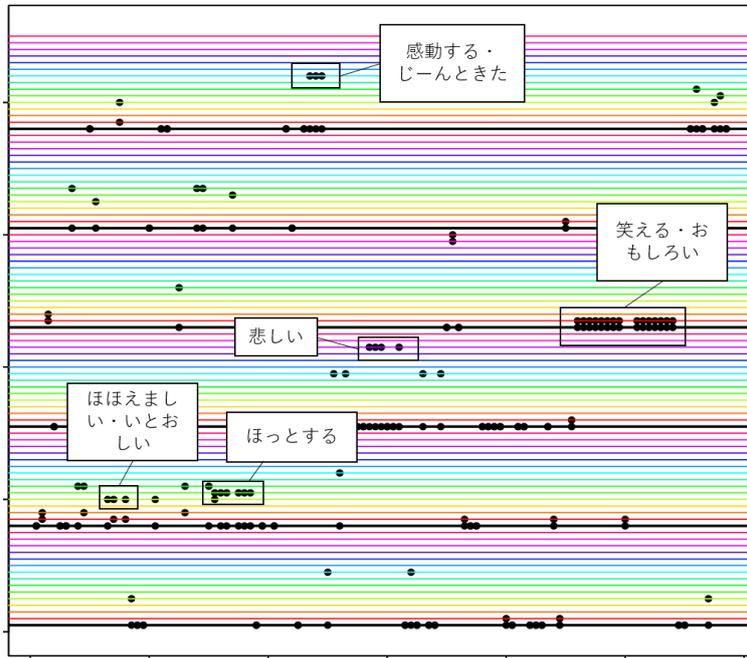


図 C-13 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 5, クラスタ 4)

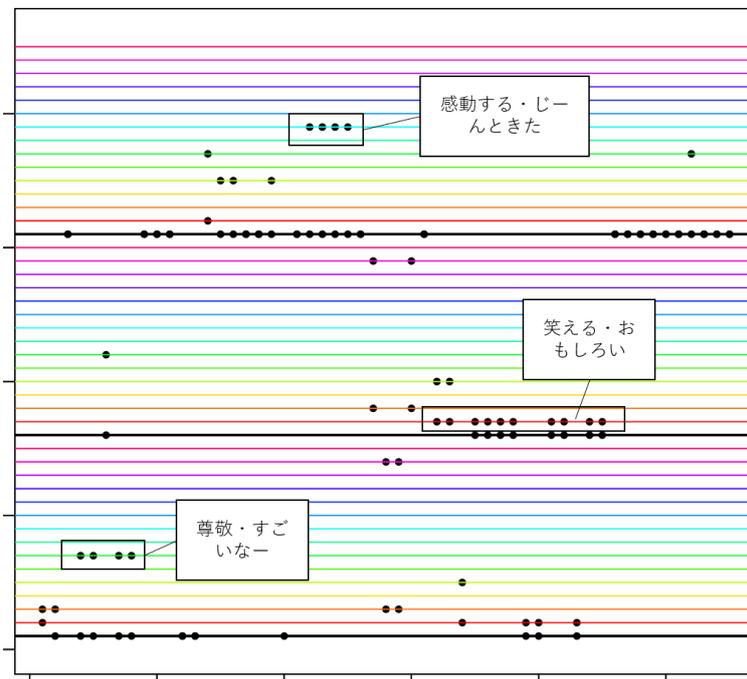


図 C-14 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 5, クラスタ 5)

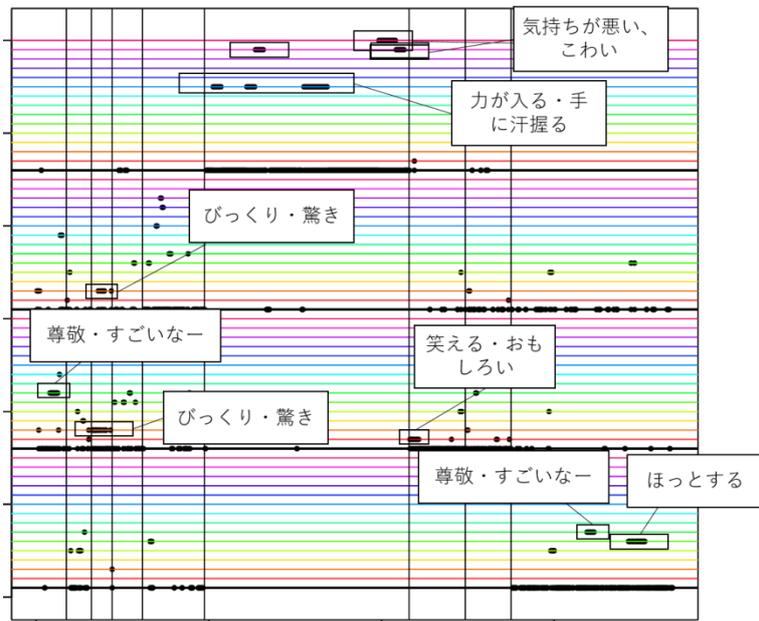


図 C-15 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 6)

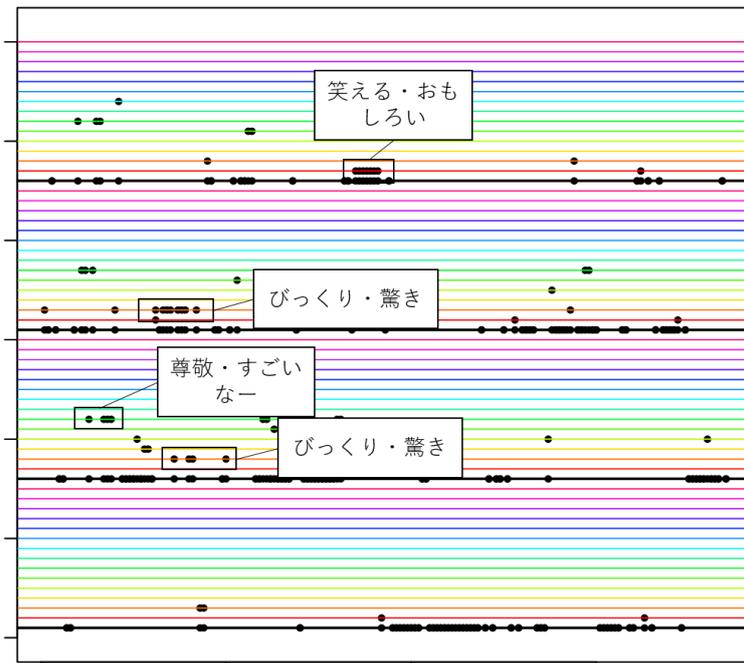


図 C-16 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 6, クラスタ 2)

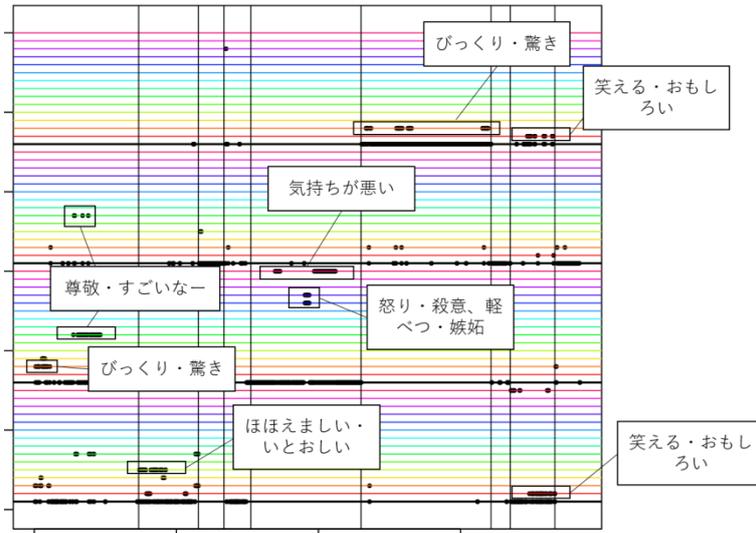


図 C-17 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 7)

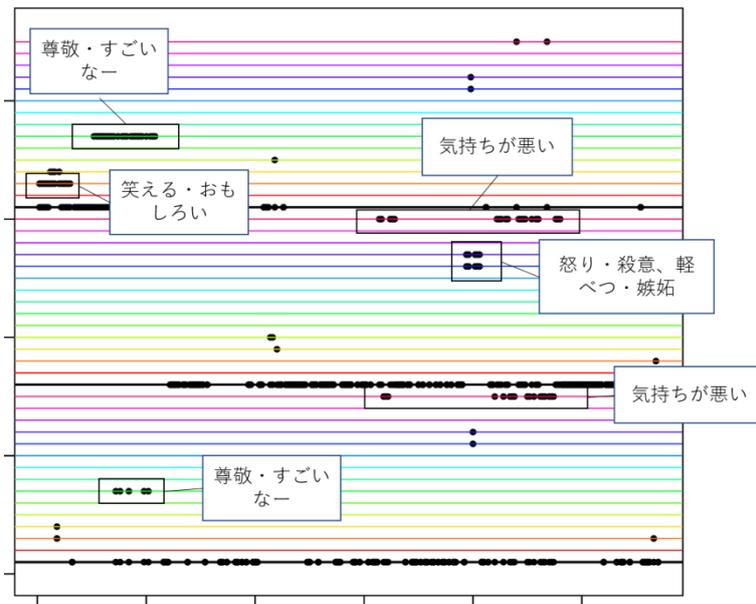


図 C-18 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 7, クラスタ 2)

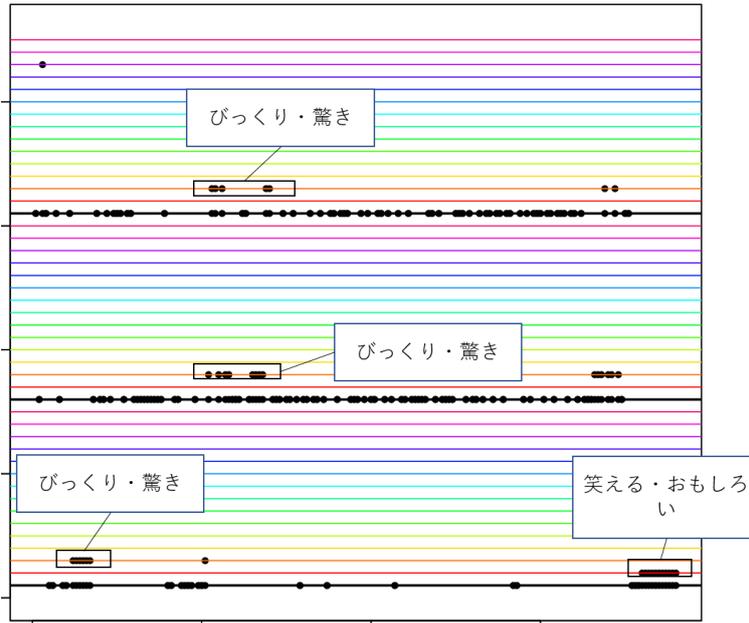


図 C-19 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 7, クラスタ 4)

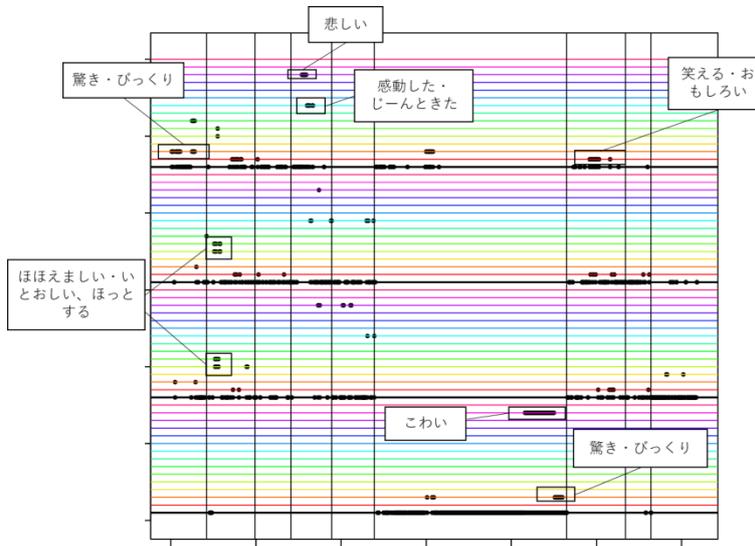


図 C-20 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 8)

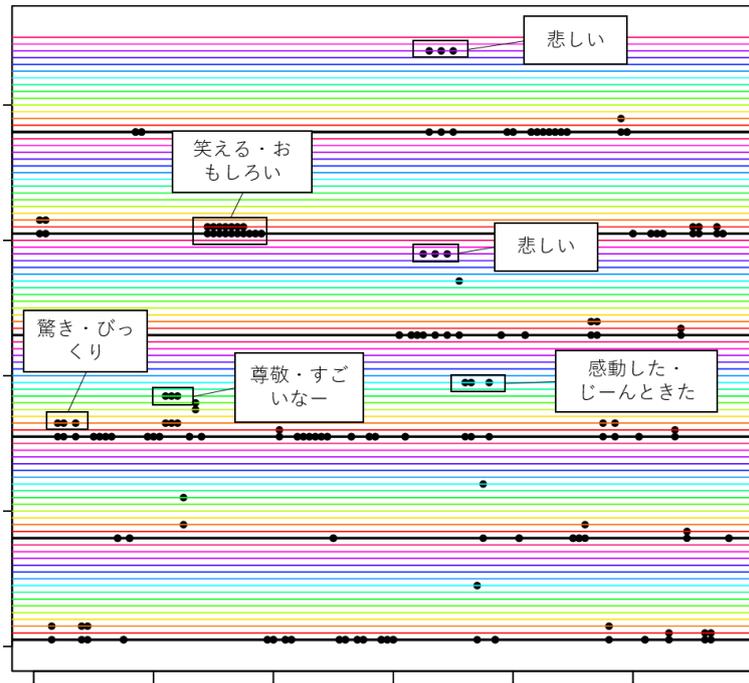


図 C-21 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 8, クラスタ 4)

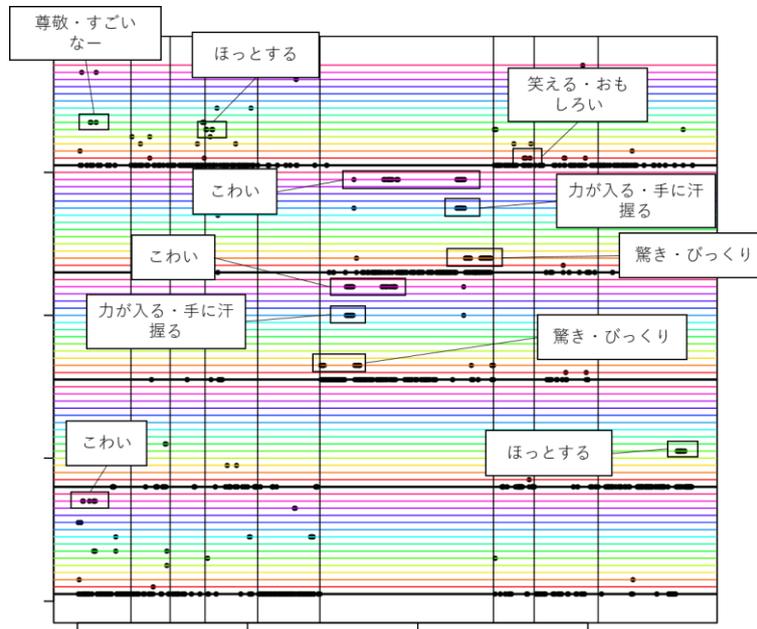


図 C-22 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 9)

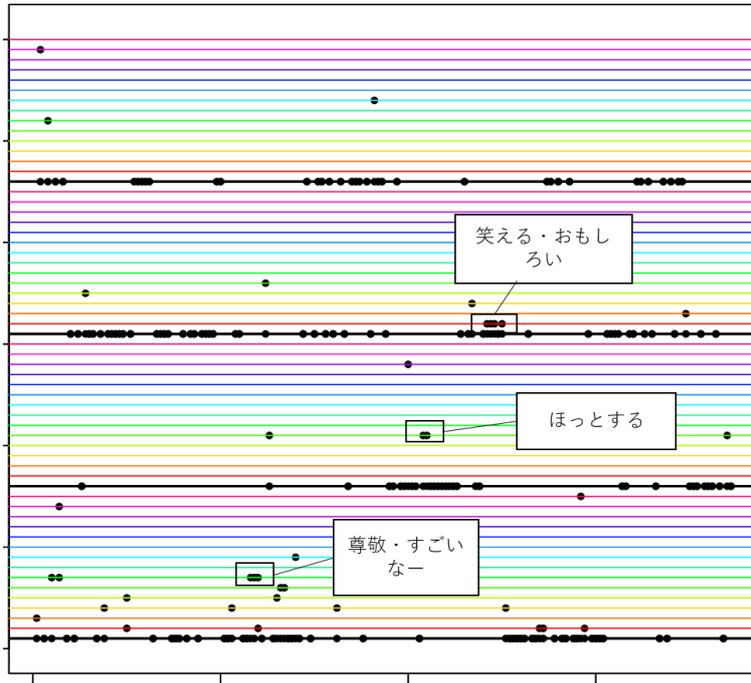


図 C-23 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 9, クラスタ 5)

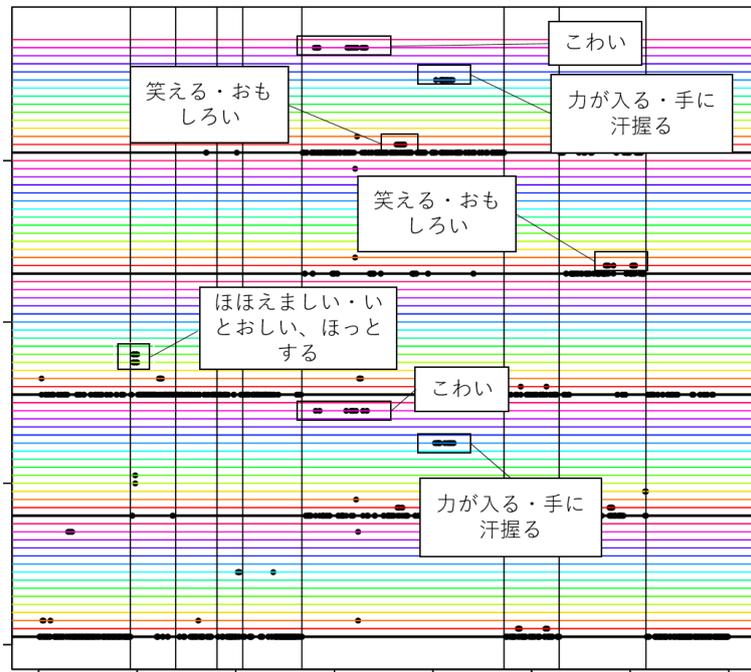


図 C-24 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 10)

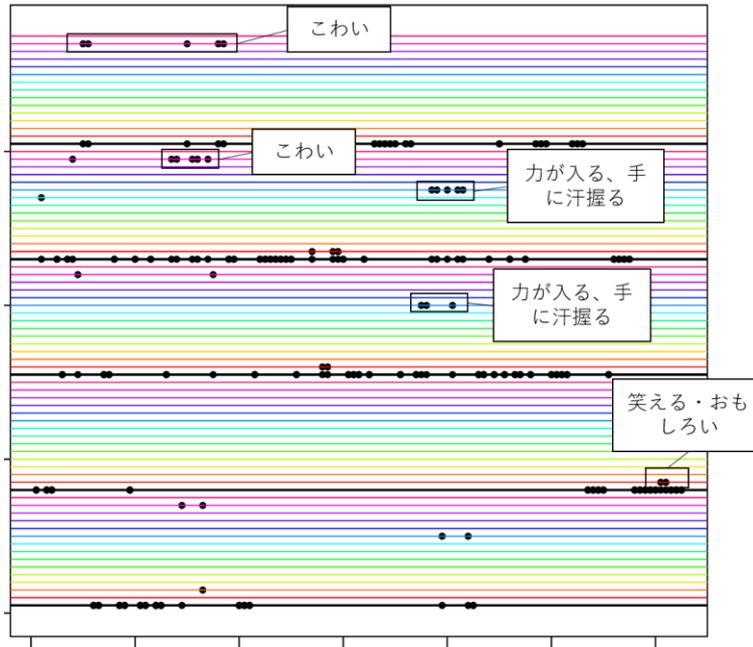


図 C-25 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 10, クラスタ 5)

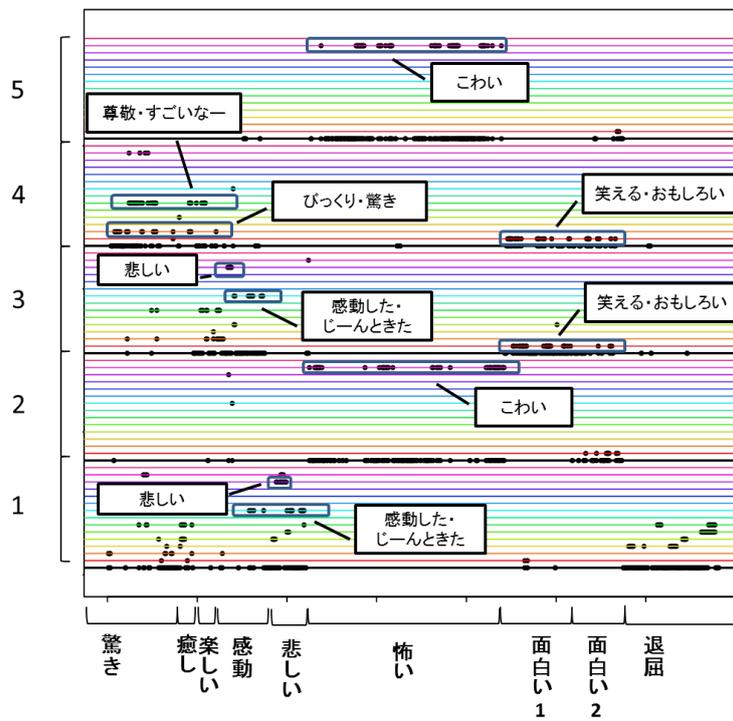


図 C-26 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 11)

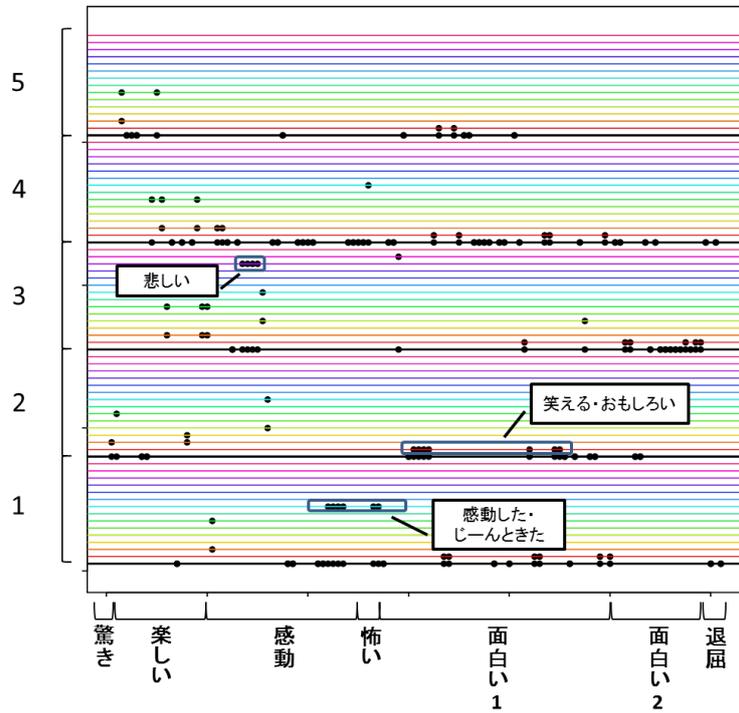


図 C-27 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 11, クラスタ 3)

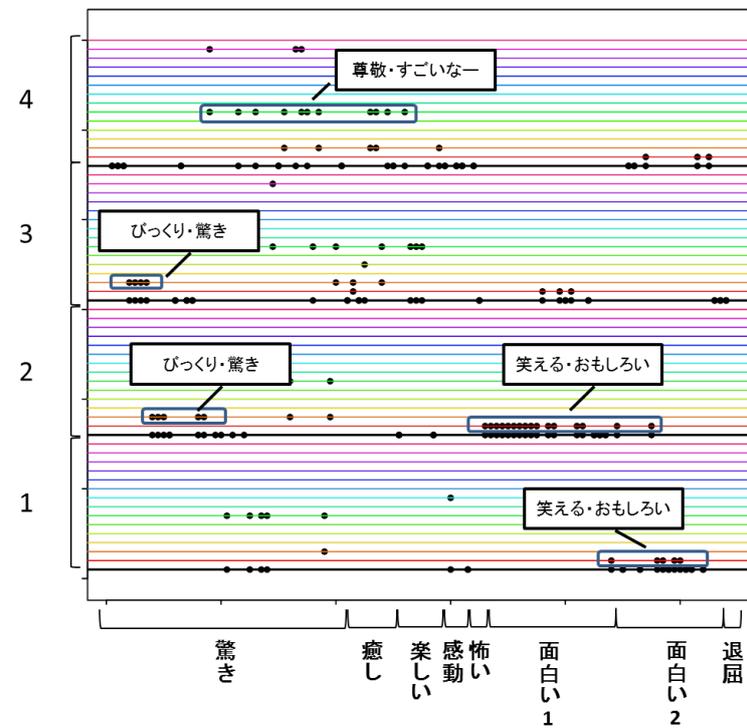


図 C-28 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果

(被験者 11, クラスタ 4)

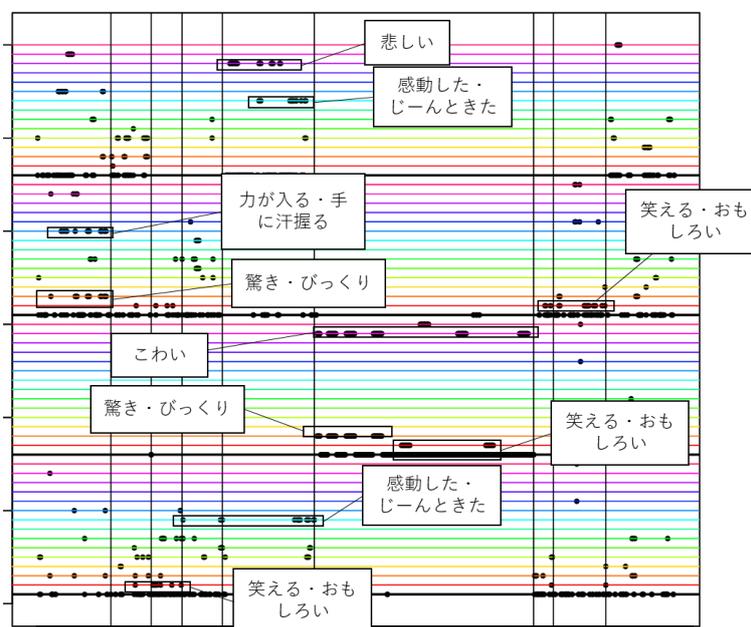


図 C-29 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 12)

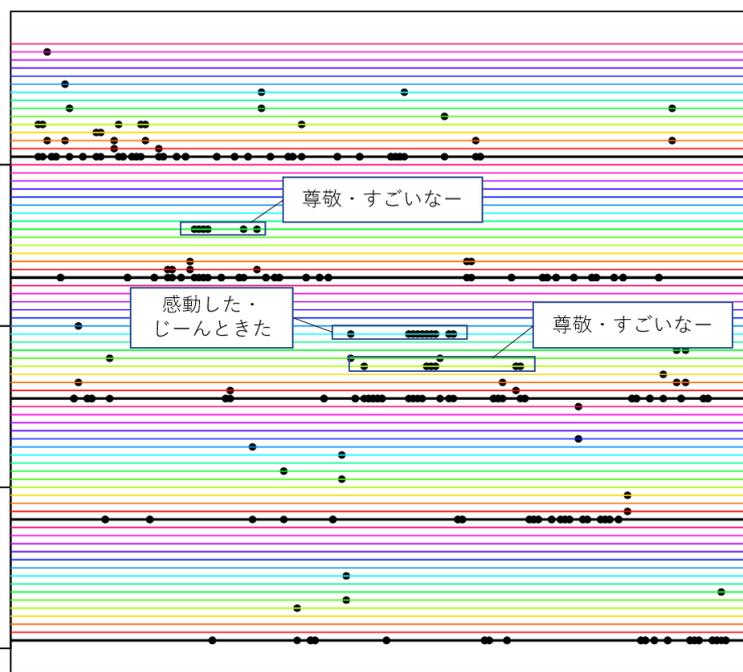


図 C-30 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 12, クラスタ 1)

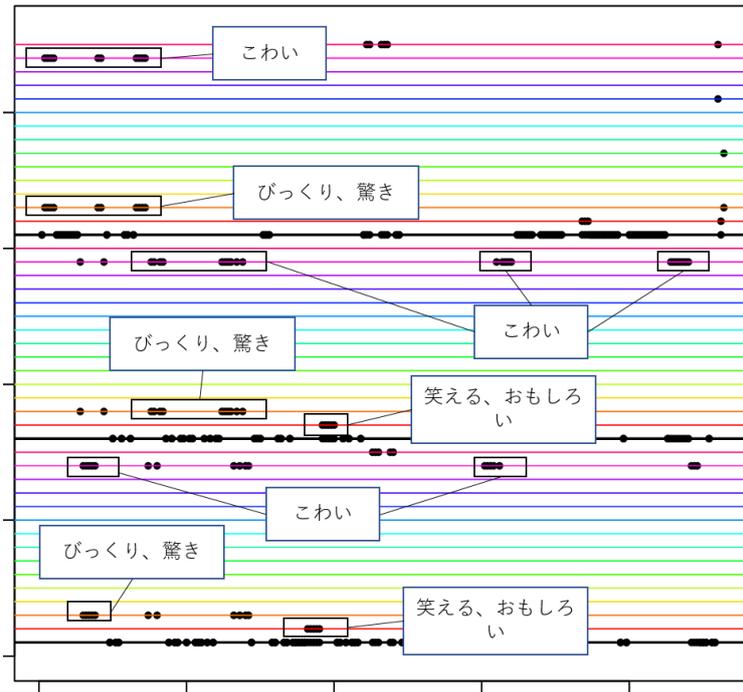


図 C-31 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 12, クラスタ 2)

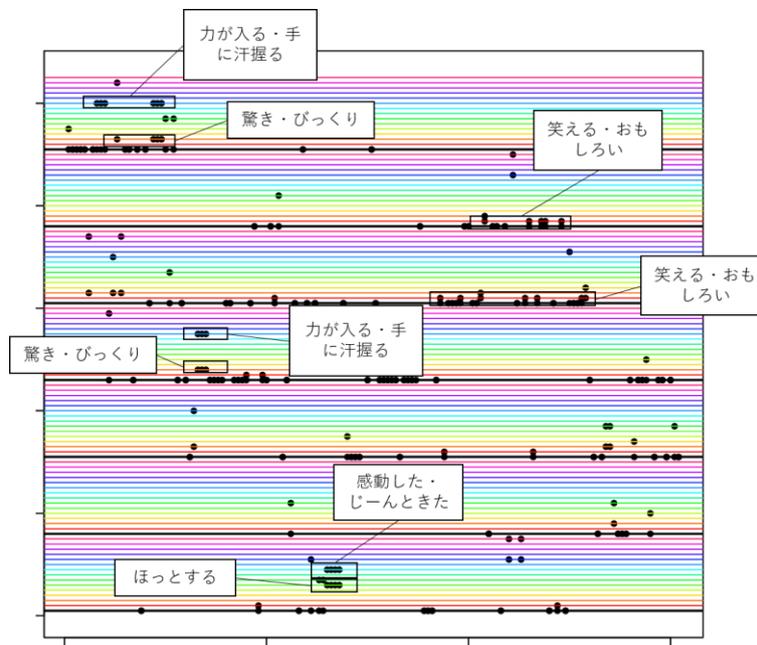


図 C-32 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 12, クラスタ 3)

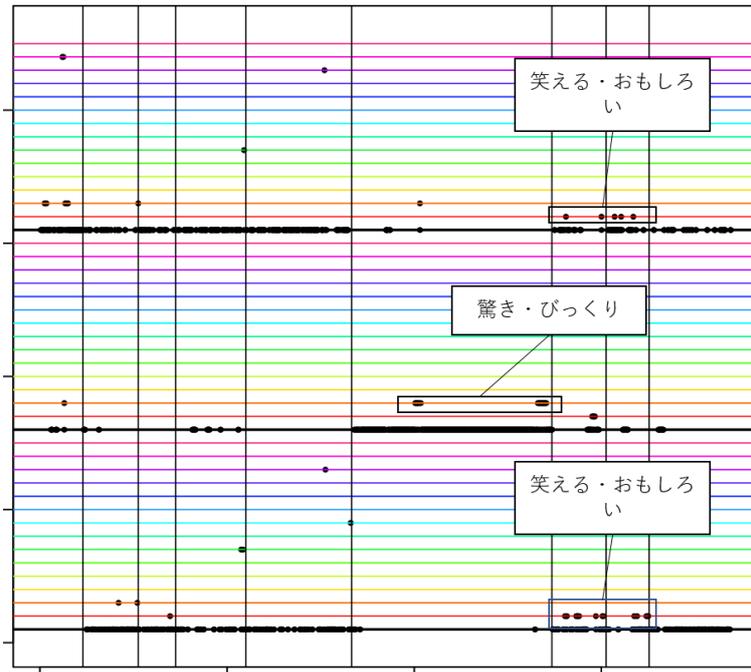


図 C-33 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 13)

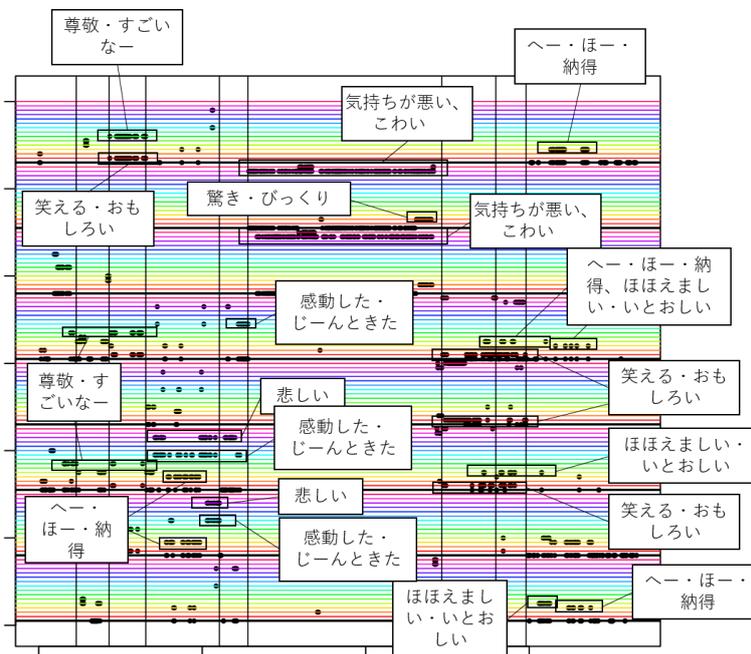


図 C-34 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 14)

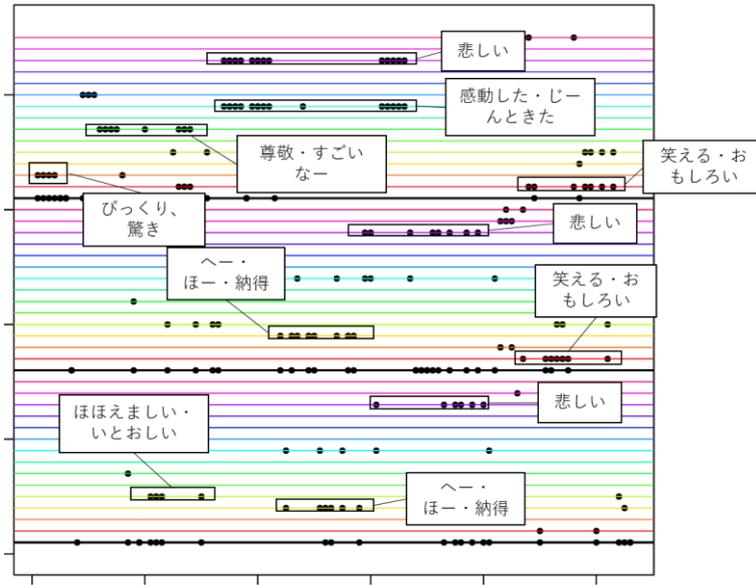


図 C-35 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 14, クラスタ 3)

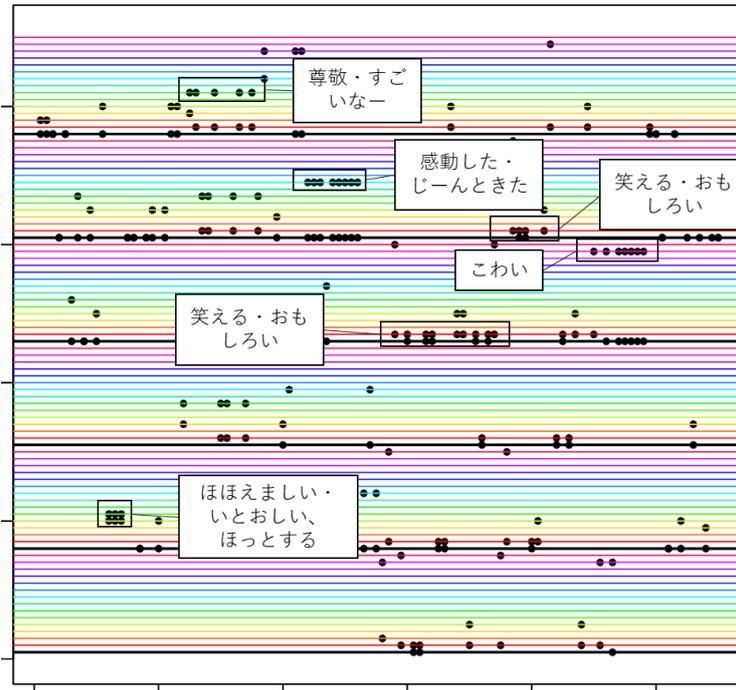


図 C-36 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 14, クラスタ 5)

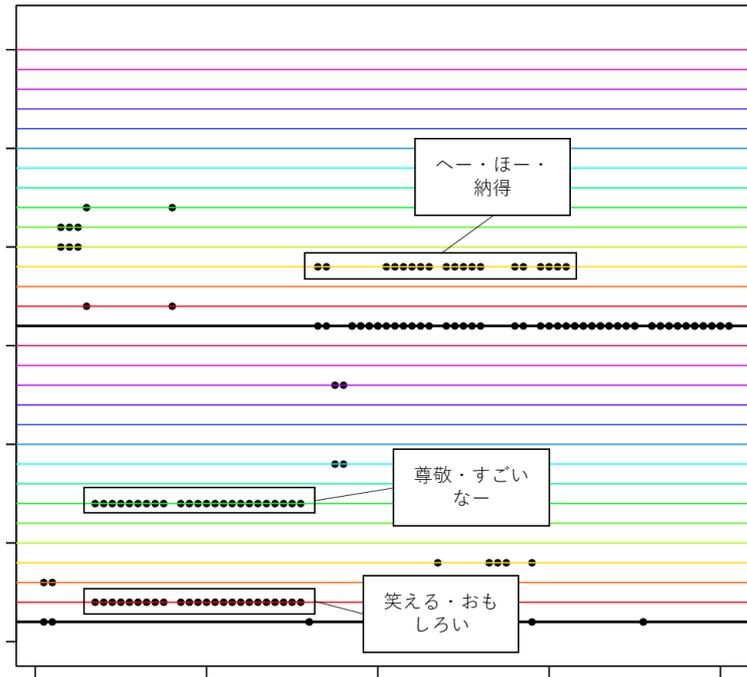


図 C-37 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 14, クラスタ 8)

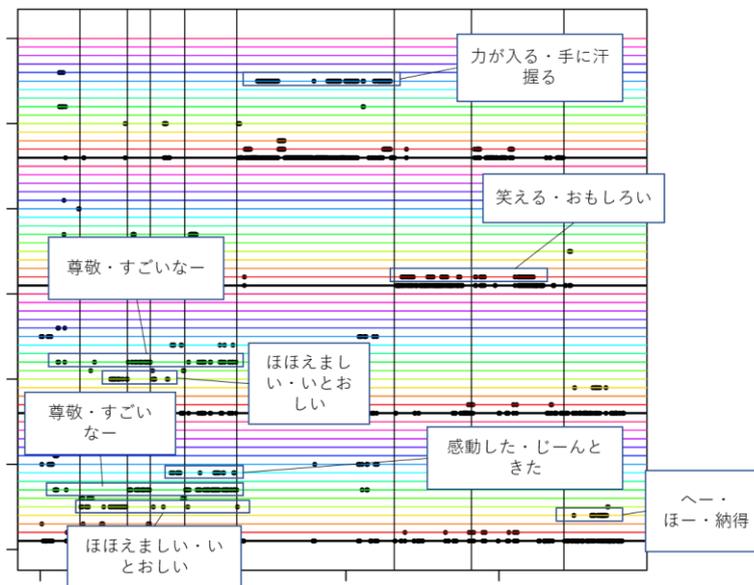


図 C-38 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 15)

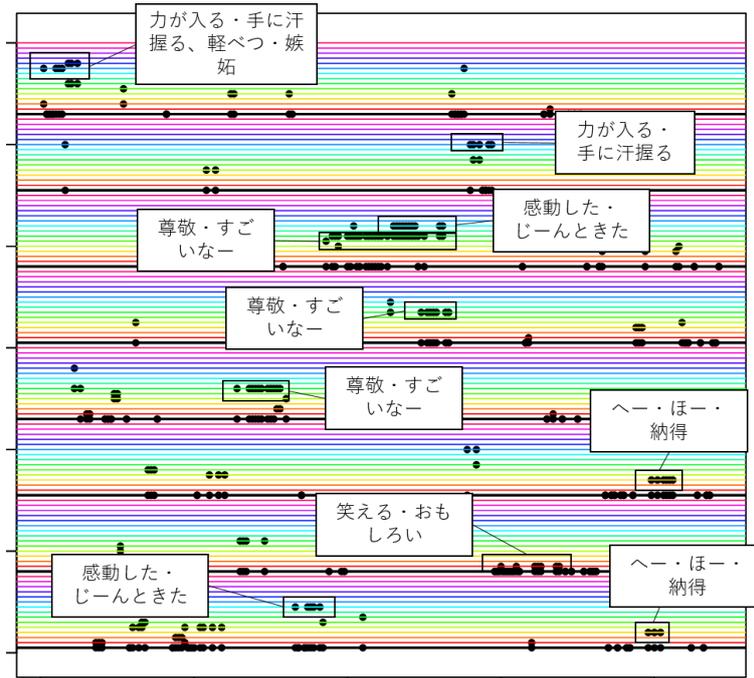


図 C-39 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 15, クラスタ 1)

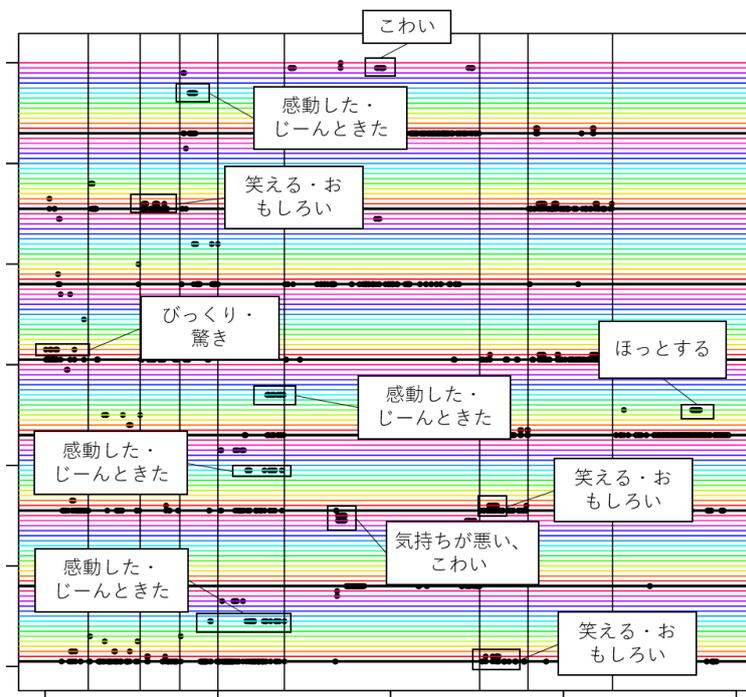


図 C-40 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 16)

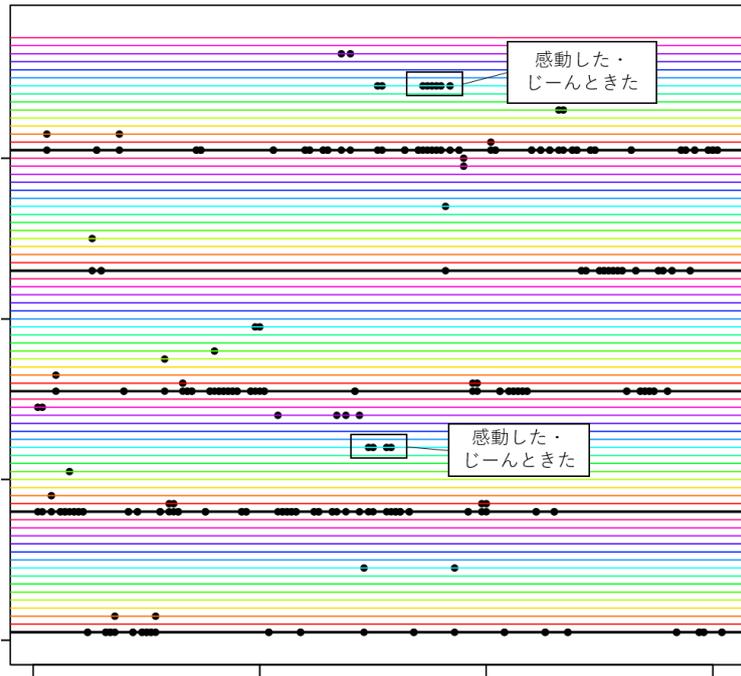


図 C-41 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 16, クラスタ 1)

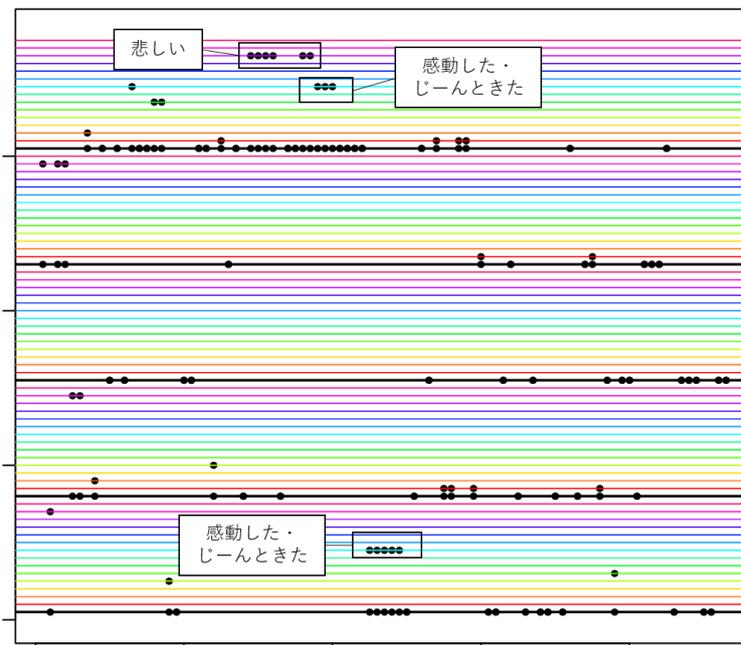


図 C-42 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 16, クラスタ 3)

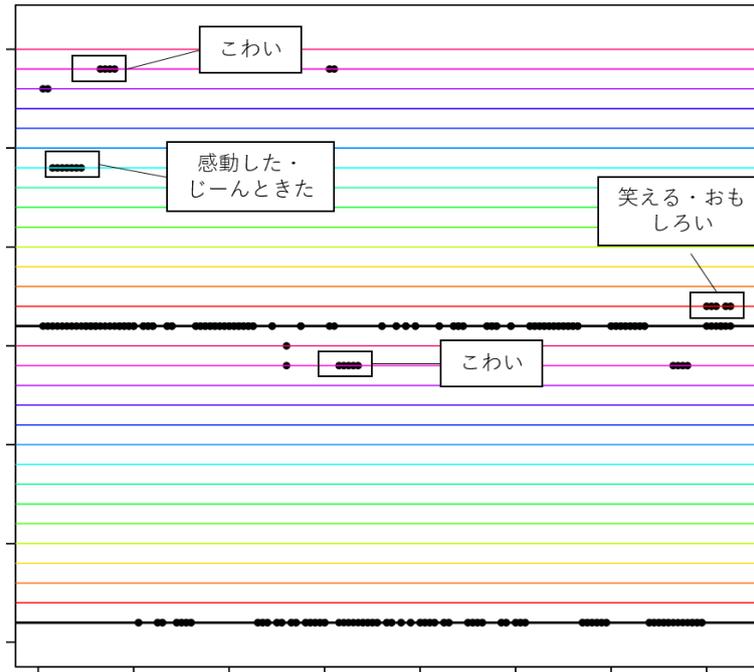


図 C-43 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 16, クラスタ 8)

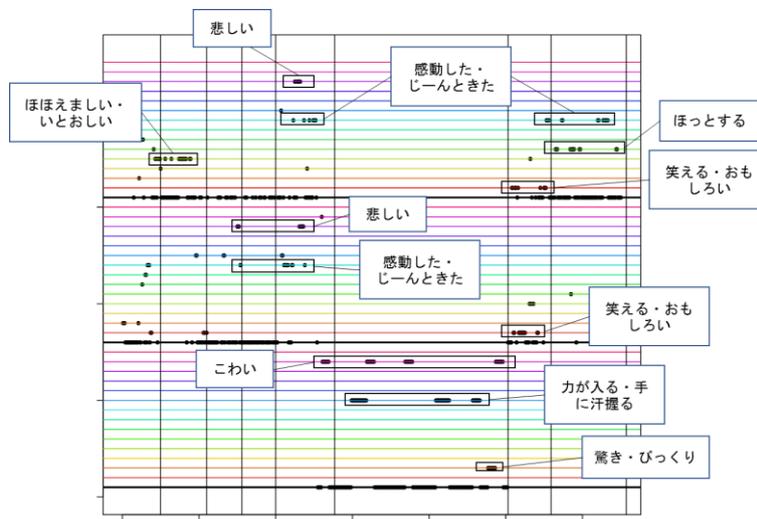


図 C-44 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 17)

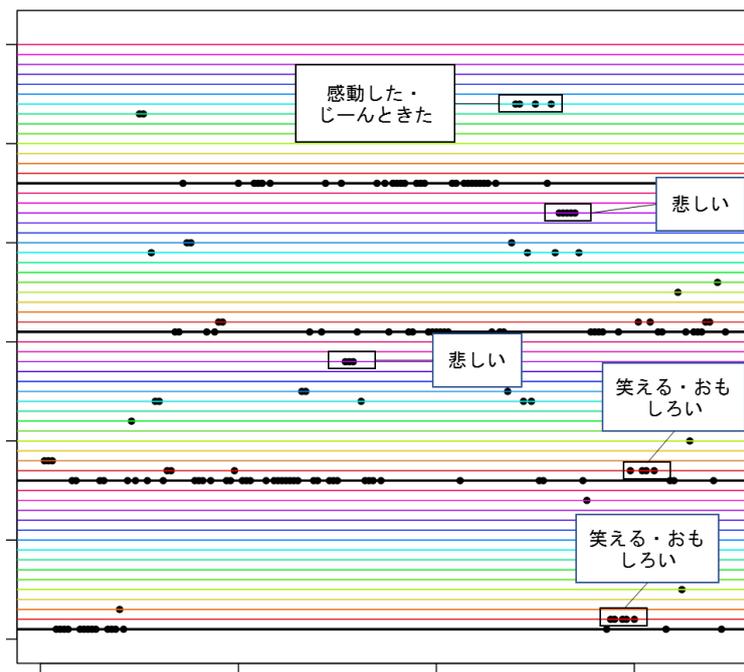


図 C-45 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 17, クラスタ 2)

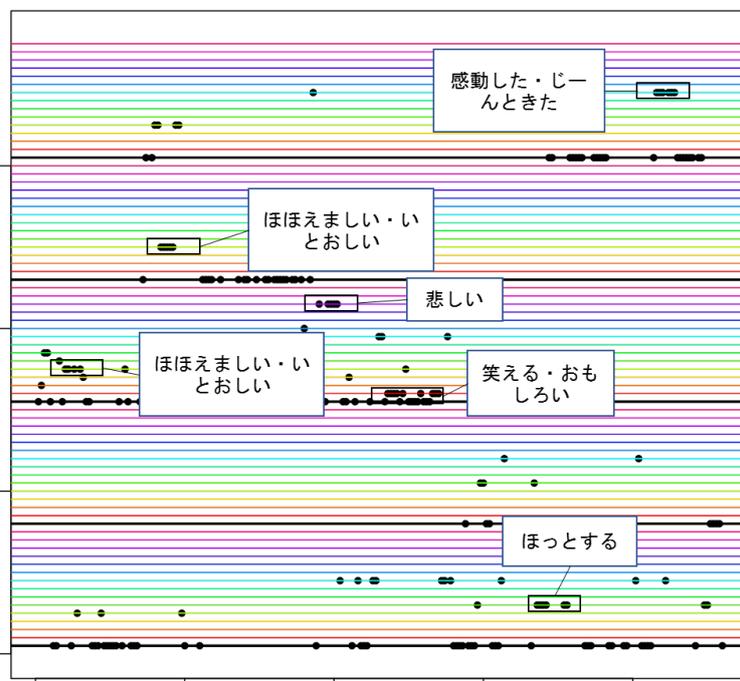


図 C-46 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 17, クラスタ 3)

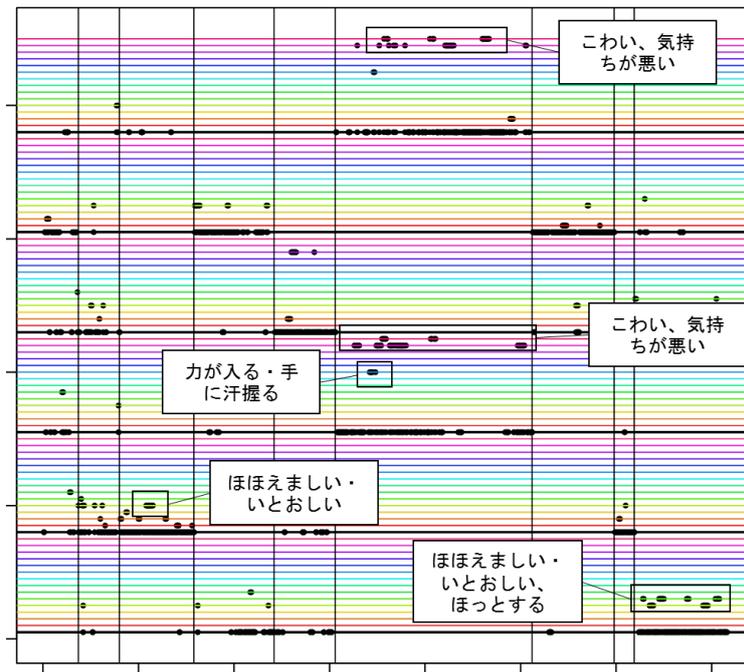


図 C-47 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 18)

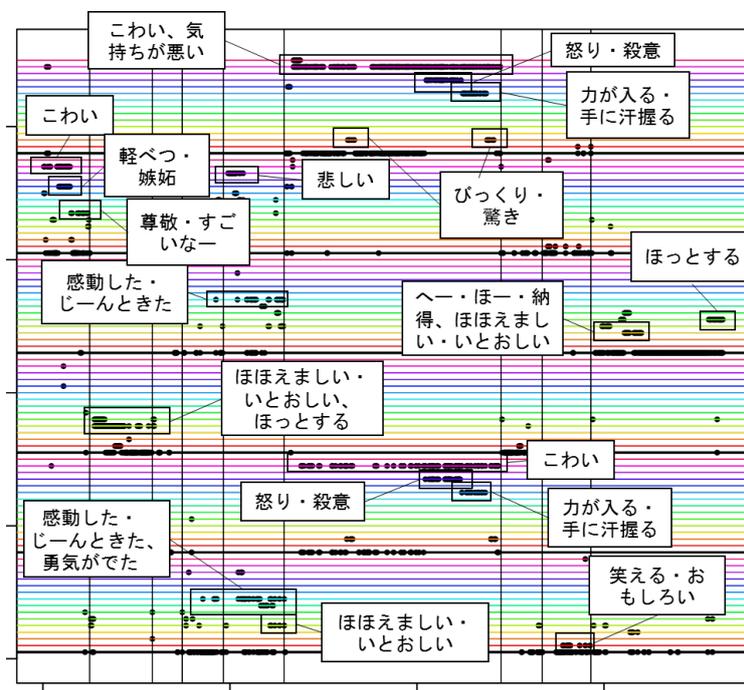


図 C-48 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 19)

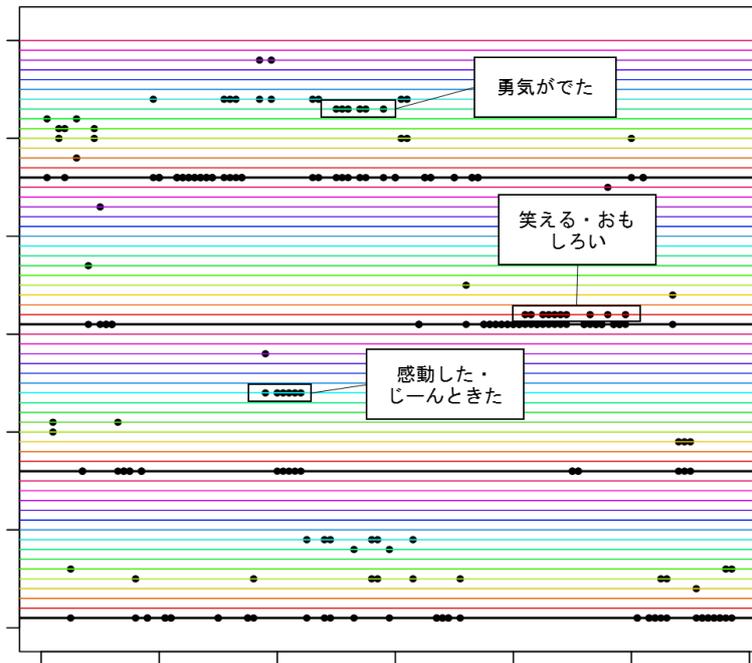


図 C-49 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 19, クラスタ 1)

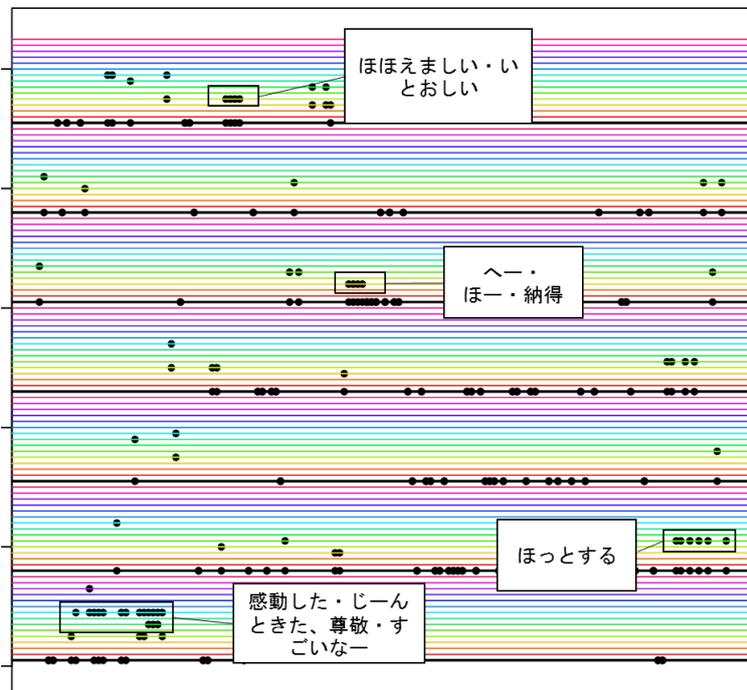


図 C-50 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 19, クラスタ 4)

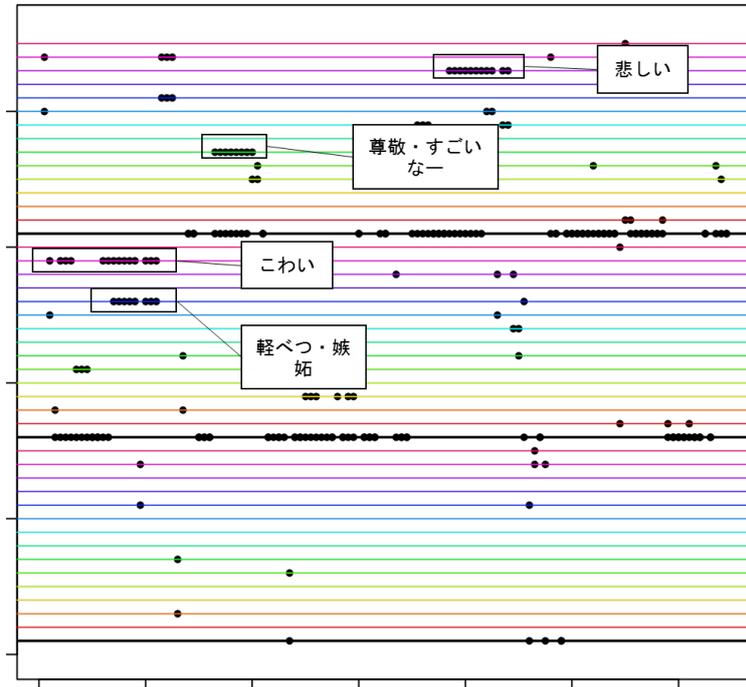


図 C-51 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 19, クラスタ 5)

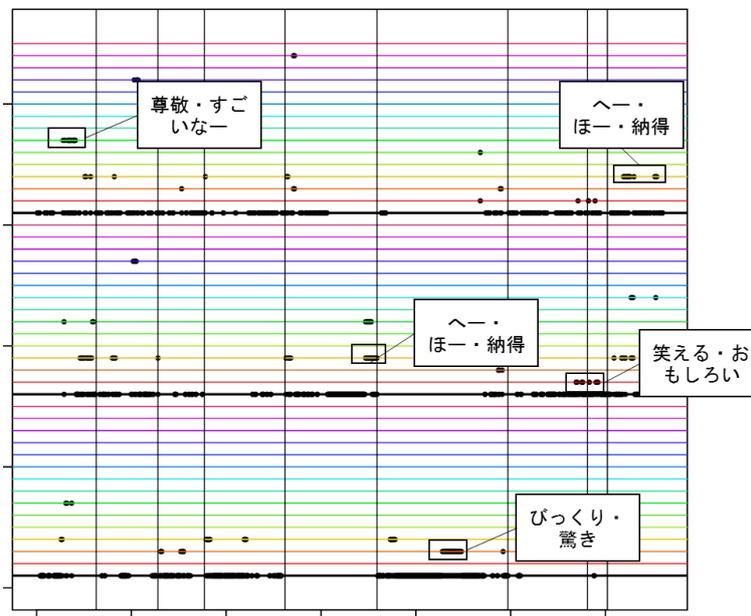


図 C-52 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 20)

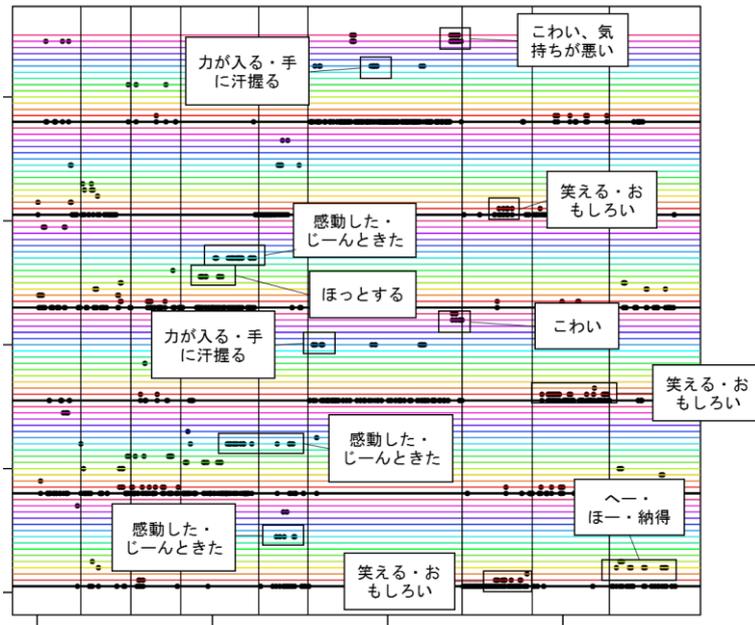


図 C-53 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 21)

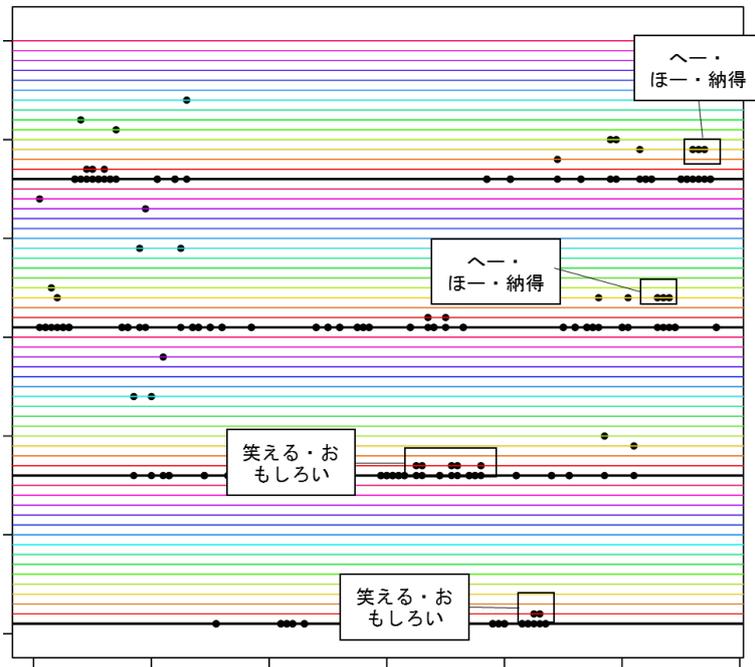


図 C-54 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 21, クラスタ 1)

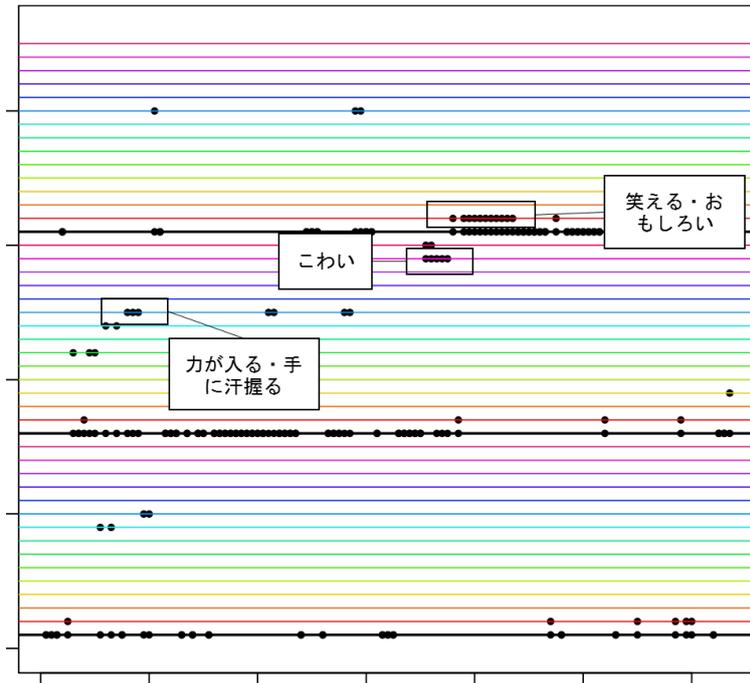


図 C-55 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 21, クラスタ 3)

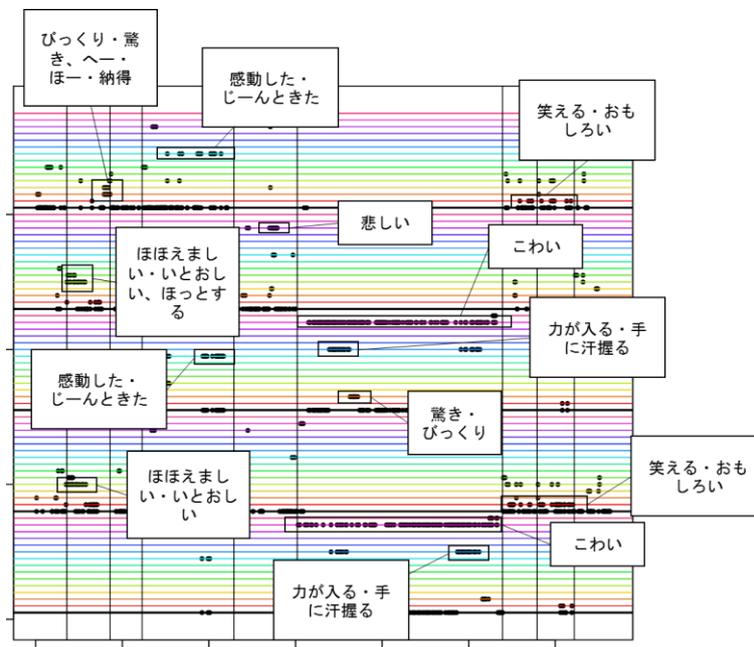


図 C-56 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 22)

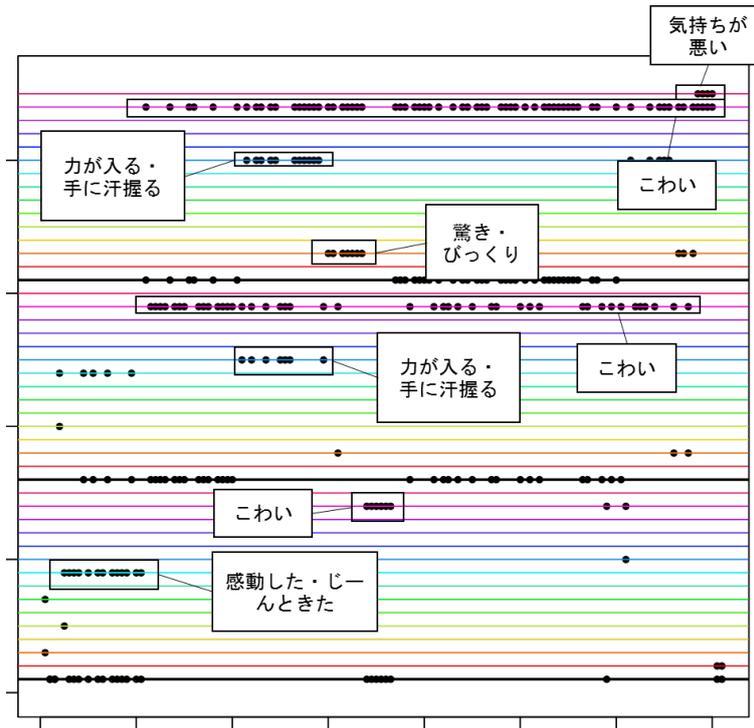


図 C-57 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 22, クラスタ 3)

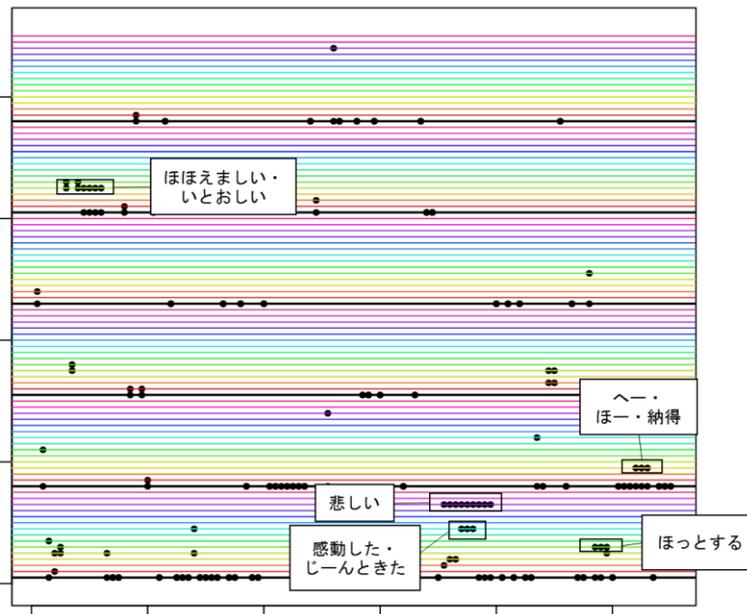


図 C-58 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 22, クラスタ 4)

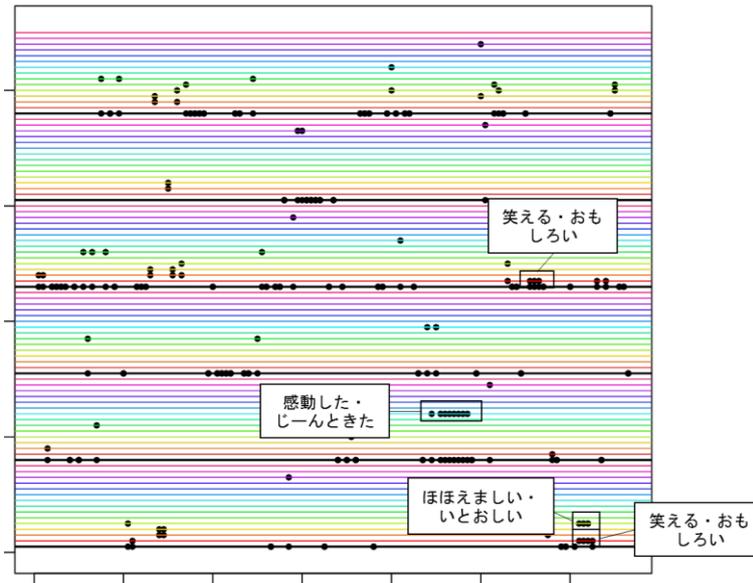


図 C-59 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 22, クラスタ 5)

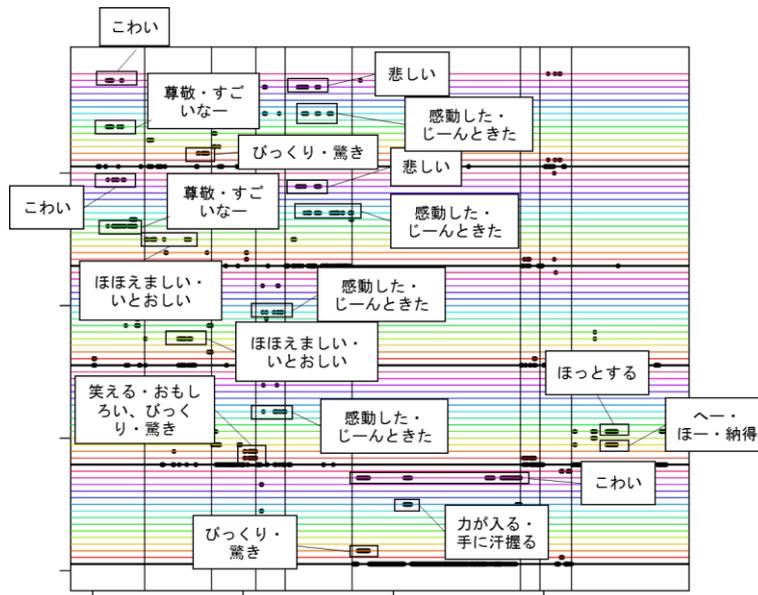


図 C-60 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 23)

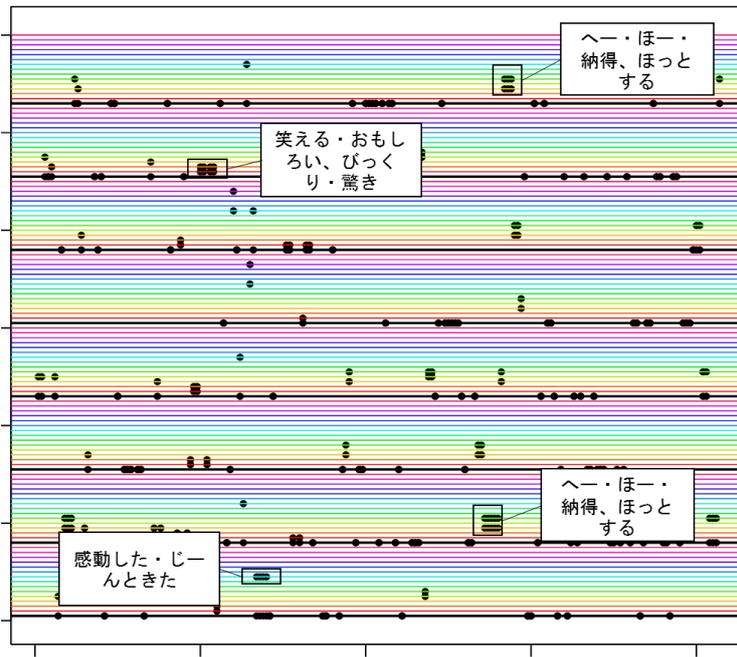


図 C-61 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 23, クラスタ 2)

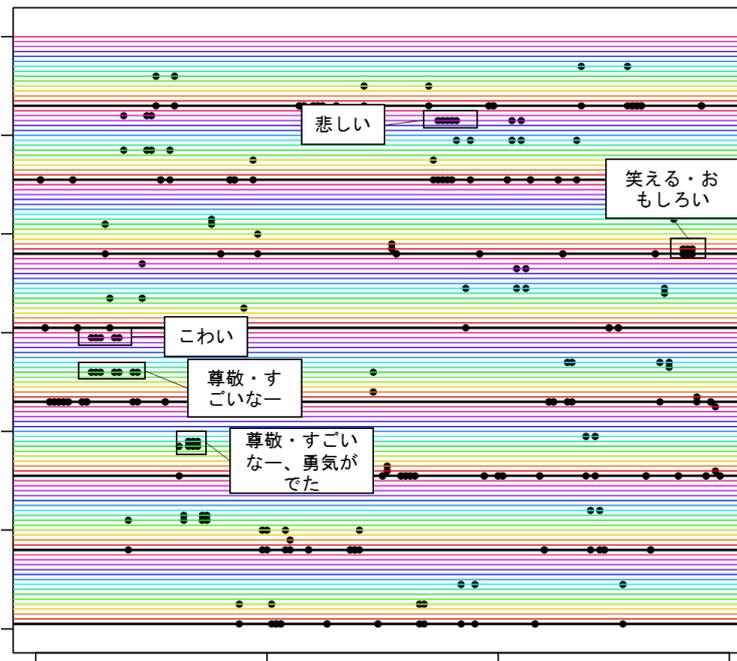


図 C-62 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 23, クラスタ 4)

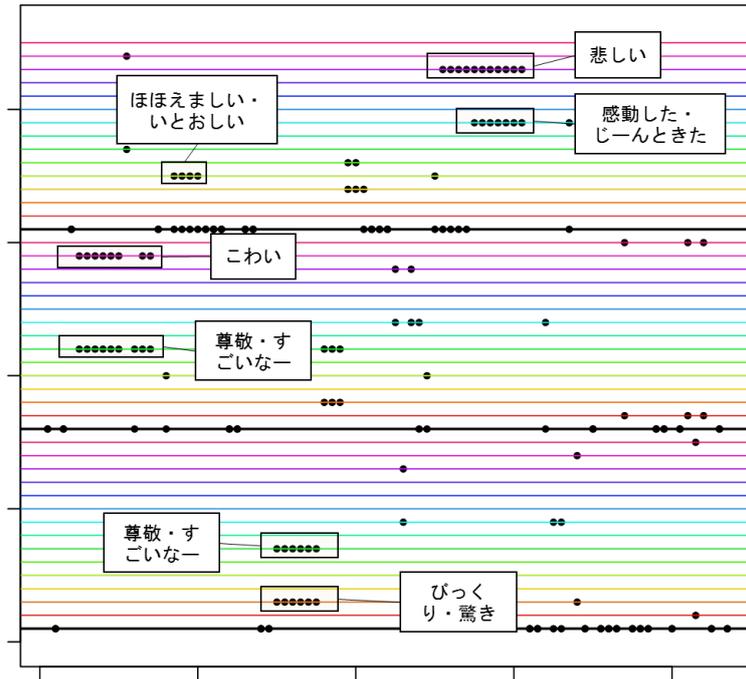


図 C-63 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 23, クラスタ 5)

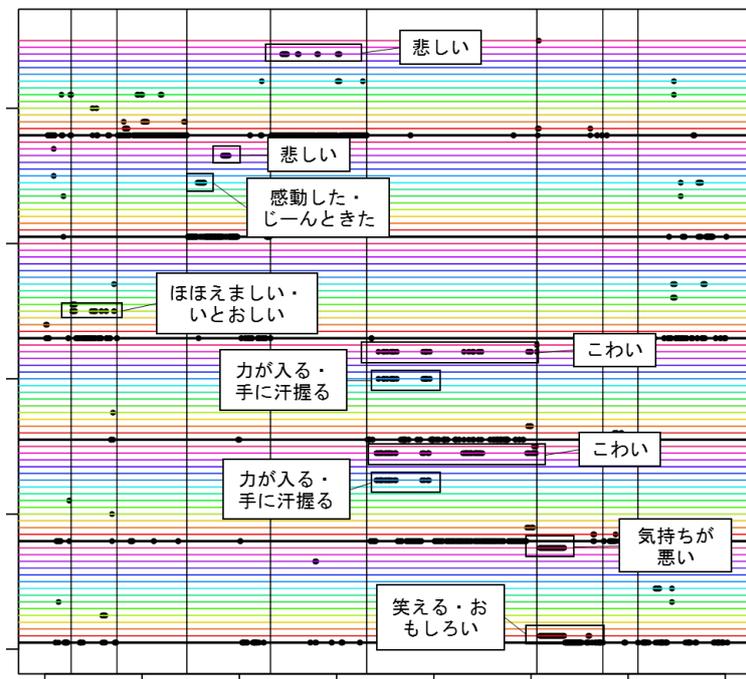


図 C-64 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 24)

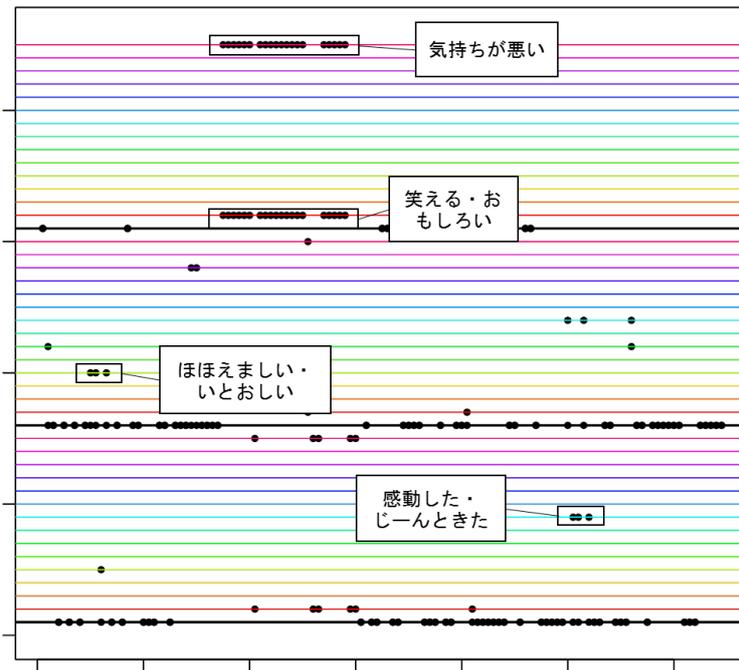


図 C-65 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 24, クラスタ 1)

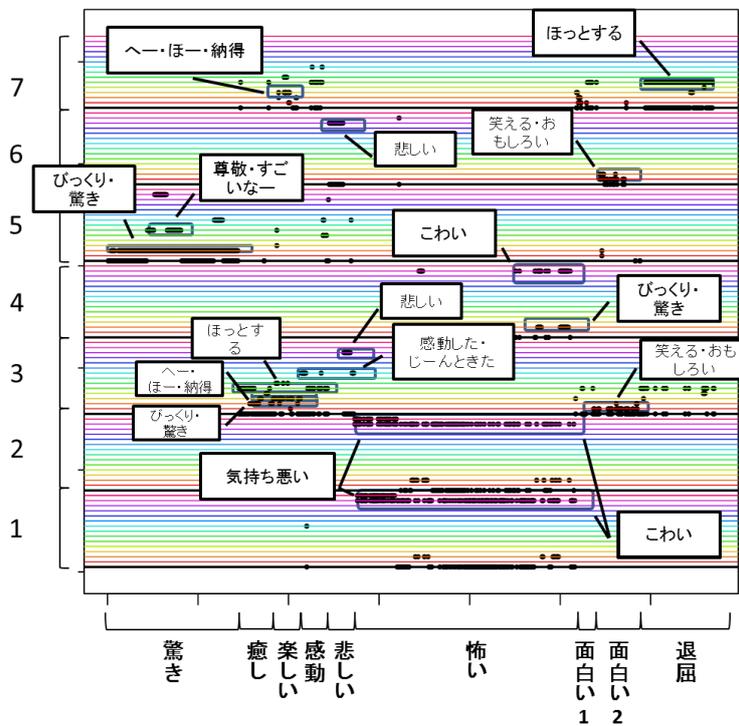


図 C-66 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 25)

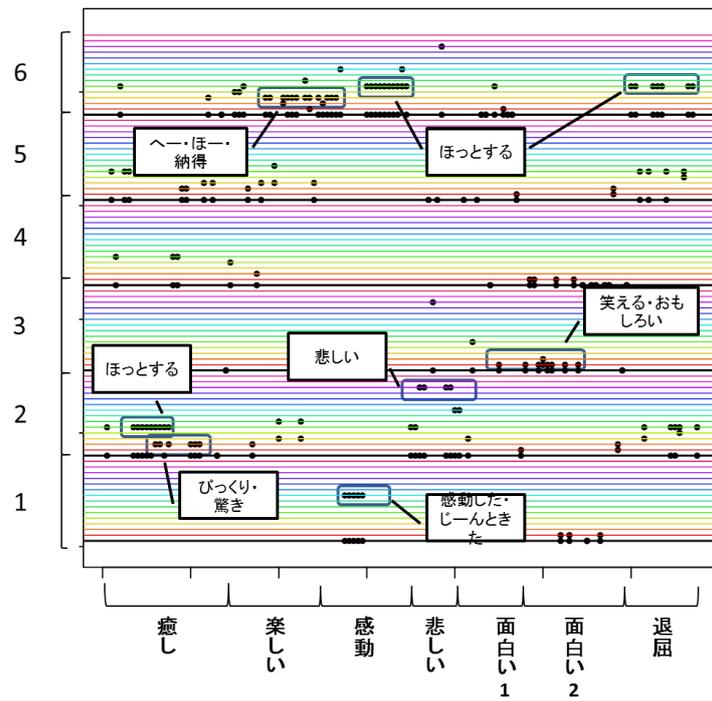


図 C-67 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 25, クラスタ 3) (自著文献[17]より引用)

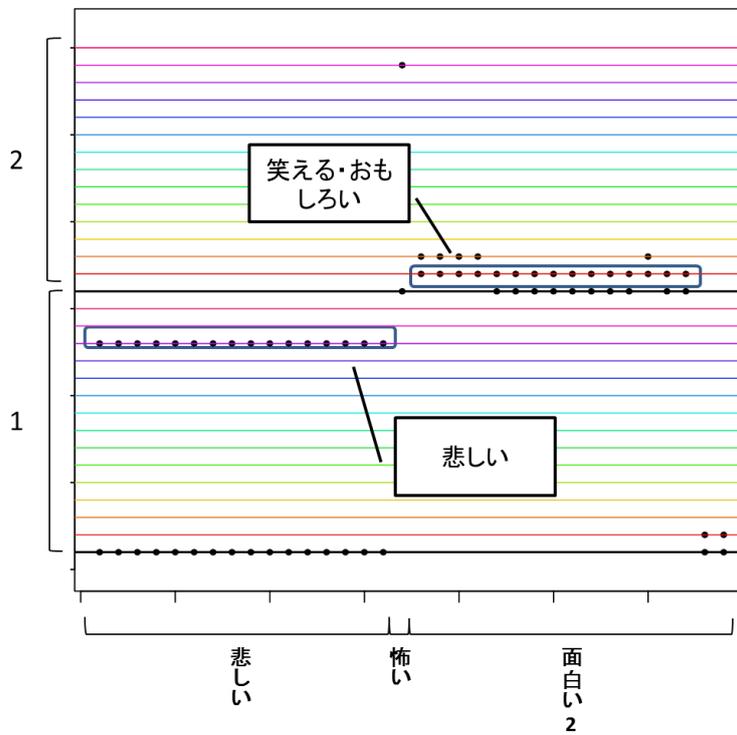


図 C-68 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 25, クラスタ 6) (自著文献[17]より引用)

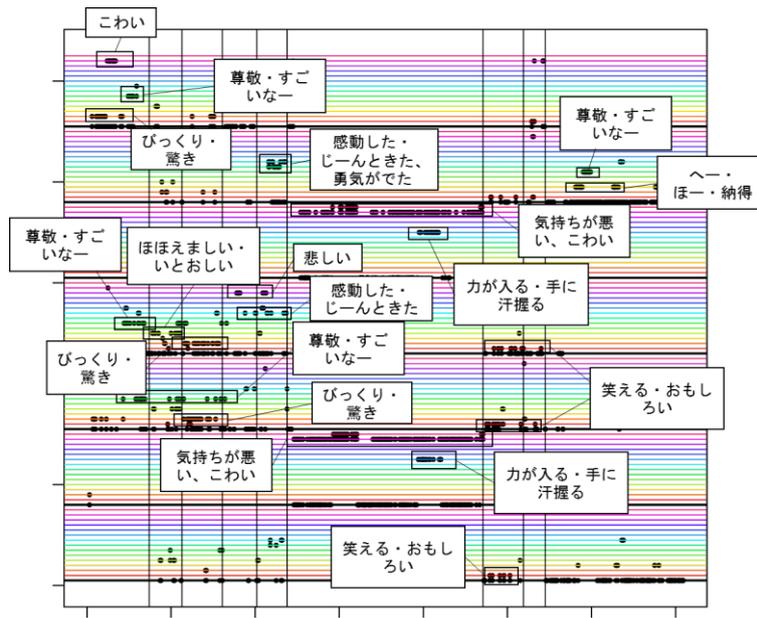


図 C-69 k-means とアンケート回答を用いたクラスタリング結果 (被験者 26)

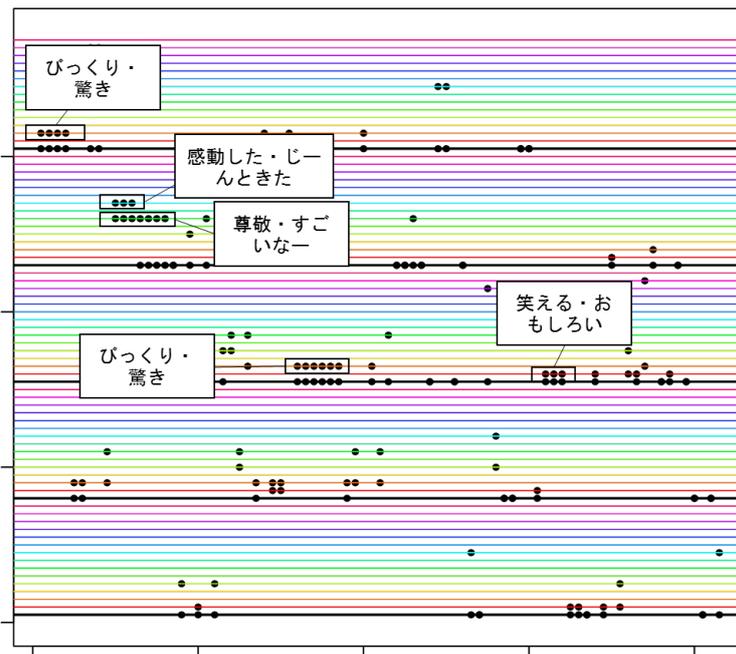


図 C-70 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果 (被験者 26, クラスタ 3)

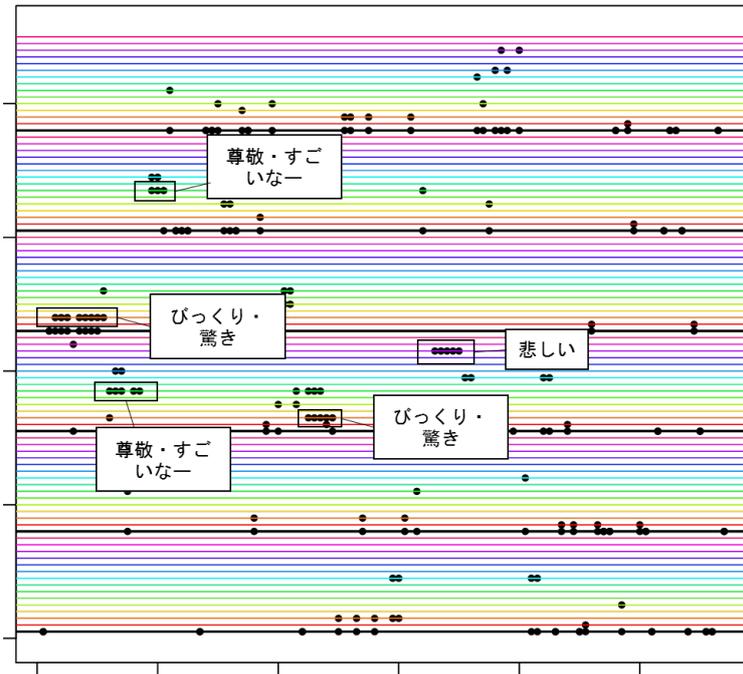


図 C-71 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 26, クラスタ 4)

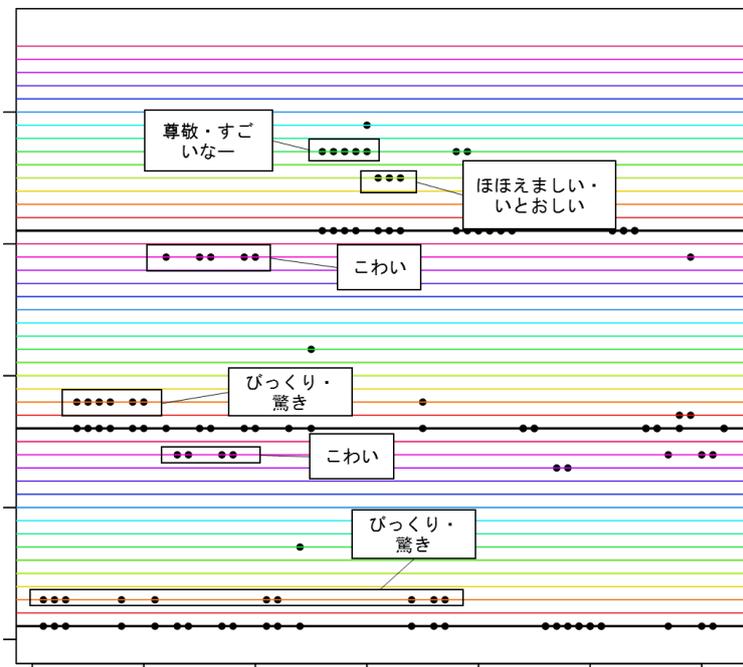


図 C-72 k-means とアンケート回答を用いた再クラスタリング結果
(被験者 26, クラスタ 7)

研究実績

題目	発表年月	発表	連名者
マルチモーダル生体情報による映像視聴時の感情分類に関する検討	2016年3月	2016年電子情報通信学会総合大会 H-2	橋本稜平, 菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル
生体情報による映像視聴者の感情分類分析に関する検討	2017年3月	2017年電子情報通信学会総合大会 H-2	橋本稜平, 菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル
生体信号による映像視聴者の情動分類とアンケート回答との対応関係に関する考察	2017年12月	HCG シンポジウム 2017	菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル
アンケート回答と生体信号の対応関係を用いた k-NN による映像視聴者の情動推定に関する検討	2018年3月 (予定)	2018年電子情報通信学会総合大会 H-2	橋本稜平, 菅沼睦, 亀山渉, サイモンクリピングデル