

コンピュータによる
人間行動の理解と人間行動の補助に関する研究

令和5年2月

山下 竜太

要 旨

本論文は、コンピュータによる「人間行動の理解」と「人間行動の補助」の二部構成とする。

第一部ではコンピュータによる人間行動の理解に関する研究として、「レコメンデーション機能への応用を目指したWeb広告が瞳孔サイズに及ぼす影響調査」について述べる。

インターネットは広く一般に普及し、日本における個人の利用率は8~9割となっている。インターネットの普及に伴い、多くのWebサイトが公開されており、その多くがWeb広告を掲載することによって収益を上げている。Web広告は、Webサイトを継続して運用していくために必要不可欠な媒体である。GoogleやYahoo!JAPANに代表される大手Webサイトでは、ビッグデータを活用し機械学習を活用したレコメンデーション機能を開発する等、よりユーザーに適した広告を提供することを目指してシステムを構築している。

このようにWeb広告を取り巻く環境は日々進化しているにも関わらず、インターネット広告についての意識調査では「インターネット上の広告が邪魔・迷惑だと思ったことがある」と8割以上が回答しており、ユーザーの印象は芳しくない。この状況は、Webサイト・広告主・ユーザーの三者にとって良い状況とは言えない。本来、広告はユーザーと商品を結びつけ、より良い消費行動を促すために重要な媒体である。ユーザーにとってより適した広告を提示することが、三者にとってより良い環境といえる。

本研究では、ユーザーにより適した広告表示を行うレコメンデーションシステムの構築を目指し、Webサイト閲覧中のユーザーの情動を知る手がかりとしてマルチモーダル情報に着目した。マルチモーダル情報とは、視覚・聴覚を含め複数のコミュニケーションモード通じて伝達される情報である。現状のレコメンデーション機能で利用されているユーザーIDやWebサイトの閲覧履歴の情報などのオンライン上でサーバが取得できる情報だけではなく、ブラウザ操作に直結しない周辺情報であるマルチモーダル情報を活用することで、よりユーザーに適したWeb広告の提示ができると考えた。これが実現すれば、Web広告を見たユーザーが邪魔・迷惑等と感じず、好意的なWeb広告の表示を行えるレコメンデーション機能の構築が可能と

なる。

上記目標のための基礎研究として、被験者に簡単な実験用サイトの操作タスクを与え、性質が異なる数種のWeb広告を提示しながらマルチモーダル情報を計測する実験システムを構築した。2度の実験を通して取得したマルチモーダル情報の解析を行い、被験者に共通してWeb広告の表示に反応する特徴的な動きを発見した。その発見した特徴的な動きを機械学習のひとつであるSOM (Self Organizing Map) を用いてWeb広告の種類をクラスタリングした結果を報告する。

第二部ではコンピュータによる人間行動の補助に関する研究として、「ハンディキャップを持つ人への援助行動を促すスマートフォンアプリケーション「デジタルヘルプサイン」の開発」について述べる。

誰もが暮らしやすい社会を目指す取り組みとしてヘルプマークやマタニティマークが自治体や厚生労働省により推進・配布されている。これらは、社会の中で配慮や援助を必要としている方々が、その必要性を周囲に示すためのピクトグラムである。援助する側に目を転じると、公共交通機関で座席を譲るなどの典型例においても、「列車内で座席を譲るかどうか迷うことがあるか?」というアンケートに対して78.7%が「ある」と回答しており援助する側の心理的な障壁の高さが伺える。この心理的な障壁を下げることで、援助する側は援助行動に移りやすくなると考える。一方、「列車内での時間の過ごし方に対するアンケート」では、67.3%と多数の回答者が「スマートフォンの操作」と回答している。

そこで、我々はスマートフォンを利用して援助行動をサポートするアプリケーション「デジタルヘルプサイン」を開発した。本アプリケーションは、ヘルプマークまたはマタニティマークの利用者が周囲に援助・配慮を求めていることを援助者のスマートフォンに通知する。

本アプリケーションはBluetooth Low Energyの技術を活用して実装した。Bluetoothの従来の使用方法では、端末間をペアリングして、通信を開始する必要がある。しかし、ペアリングを成立させてしまうと、端末内の個人情報を通信してしまう恐れがある。そのため、見ず知らずの利用者同士を結びつける本アプリの使用状況には適さない。そこでBluetoothのペアリングを成立させずに利用者同士の端末に通知を行う手法を考案し実装した。以上

のように個人情報を保護しつつ、その他にも利用者が理解・利用しやすいための機能を搭載した。

本アプリケーションに対する一般の方の受け入れ度合いや懸念等を収集評価するために街頭アンケート調査を行なった。さらに、アンケートの結果を基に本アプリケーションの改善を行った。また、実環境上でも動作するかを確認するためにシナリオ実験を行った。

第二部では、本アプリケーションのアイデアや設計について詳述する。また、アンケート調査の結果、シナリオ実験の結果を述べるとともに、本アプリケーションの評価と今後の課題についても報告する。

目次

第一部

コンピュータによる人間行動の理解

～ レコメンデーション機能への応用を目指した

Web 広告が瞳孔サイズに及ぼす影響調査 ～

1. はじめに	3
2. マルチモーダル情報を利用した関連研究	4
2.1. 瞳孔に関する研究	4
2.2. 表情に関する研究	5
2.3. その他のマルチモーダル情報に関する研究	5
2.4. WEB 広告とマルチモーダル情報に関連した研究	6
3. 本研究の目的	7
4. 第一回実験	8
4.1. 実験概要	8
4.2. 実験参加者	8
4.3. 実験用 WEB サイトの概要	9
4.4. 広告刺激の種類	11
4.5. 広告刺激の妨害強度	13
4.6. 広告刺激の提示方法	14
4.7. マルチモーダル情報の計測	15
4.8. 広告刺激提示に対する瞳孔サイズの変化の観察	19
4.9. 自己組織化マップ	23
4.10. 瞳孔特徴ベクトル	24
4.11. 自己組織化マップによる学習結果	25
4.12. 結論	29
4.13. 課題	29
5. 第二回実験	32
5.1. 実験概要	32
5.2. 実験参加者	32
5.3. 実験用 WEB サイトの概要	33
5.4. 広告刺激の種類	34

5.5.	広告刺激に使用する画像.....	37
5.6.	広告刺激の提示方法.....	38
5.7.	マルチモーダル情報の計測.....	41
5.8.	広告提示に対する瞳孔サイズの変化の観察.....	42
5.9.	瞳孔特徴ベクトル.....	49
5.10.	自己組織化マップによる学習結果.....	50
5.11.	結論.....	59
5.12.	課題.....	60
5.13.	WEB 広告への活用方法.....	61
6.	解釈.....	62
7.	結論.....	63
8.	今後の課題.....	63

第二部

コンピュータによる人間行動の補助

～ ハンディキャップを持つ人への援助行動を促す

スマートフォンアプリケーション「デジタルヘルプサイン」の開発 ～

1.	背景.....	69
1.1.	ヘルプマークとマタニティマーク.....	69
1.2.	援助者の心理と状況.....	70
2.	課題と目的.....	70
3.	関連研究.....	71
4.	デジタルヘルプサインについて.....	72
4.1.	対応 OS.....	72
4.2.	要援助者の使用方法.....	73
4.3.	援助者の使用方法.....	74
4.4.	アプリ開発における要件定義.....	75
5.	本アプリの通信に関する工夫.....	75
5.1.	個人情報保護.....	75
5.2.	ヘルプの判別.....	76
5.3.	端末間距離の推定.....	77
6.	街頭アンケート.....	78

6.1.	アンケート方法.....	78
6.2.	回答者の属性.....	79
6.3.	援助者のアンケート結果.....	80
6.4.	要援助者のアンケート結果.....	83
6.5.	アンケート結果まとめ.....	84
7.	アンケート結果を受けた本アプリの改善.....	85
7.1.	アプリの起動や操作の簡便性向上.....	85
7.2.	要援助者の発見の補助／要援助者への通知.....	86
7.3.	公共交通機関以外の利用ケースへの対応.....	87
7.4.	アプリの普及対策, インセンティブの付与.....	88
8.	シナリオ実験.....	88
8.1.	実験の概要.....	88
8.2.	実験シナリオ.....	89
8.3.	実験結果.....	90
9.	考察とまとめ.....	92
10.	今後の課題.....	92
	本稿のまとめ.....	95
	謝辞.....	99
	研究業績一覧.....	101
	参考文献.....	105
	付録.....	111

第一部

コンピュータによる人間行動の理解

～ レコメンデーション機能への応用を目指した

Web 広告が瞳孔サイズに及ぼす影響調査～

1. はじめに

インターネットが広く一般に普及し、日本における個人の利用率は 8~9 割となっている [1]。インターネットの普及に伴い、現在では多くの Web サイトが公開されており、その多くが Web 広告を掲載することによって収益を上げている。Web 広告は、Web サイトを継続して運用していくために必要不可欠な媒体である。Google や Yahoo! JAPAN に代表される大手 Web サイトでは、ビッグデータを活用し機械学習を活用したレコメンデーション機能を開発する [2] 等、よりユーザに適した Web 広告を提供することを目指してシステムを構築している。

このように Web 広告を取り巻く環境は日々進化しているにも関わらず、インターネット広告についての意識調査 [3] では「インターネット上の広告が邪魔・迷惑だと思ったことがある」と 8 割以上が回答しており、ユーザの印象は芳しくない。この状況は、Web サイト・広告主・ユーザの三者にとって良い状況とは言えない。本来、広告はユーザと商品を結びつけ、より良い消費行動を促すために重要な媒体である。ユーザにとってより適した Web 広告を提示することが、三者にとってより良い環境といえる。

本研究では、ユーザにより適した Web 広告提示を行うレコメンデーションシステムの構築を目指し、Web サイト閲覧中のユーザの情動を知る手がかりとしてマルチモーダル情報に着目した。マルチモーダル情報とは、視覚・聴覚を含め複数のコミュニケーションモードを通じて伝達される情報である。現状のレコメンデーション機能で利用されているユーザ ID や Web サイトの閲覧履歴の情報などのオンライン上でサーバが取得できる情報だけではなく、ブラウザ操作に直結しない周辺情報であるマルチモーダル情報を活用することで、よりユーザに適した Web 広告の提示ができると考えた。これが実現すれば、Web 広告を見たユーザが邪魔・迷惑等と感じず、好意的な Web 広告の表示を行えるレコメンデーション機能の構築が可能となる。

上記目標のための基礎研究として、実験参加者（以下、参加者）に簡単な実験用サイトの操作タスクを与え、性質が異なる数種の Web 広告を提示しながらマルチモーダル情報を計測する実験システムを構築した。本稿では Web 広告の種類が参加者のマルチモーダル情報に与える影響について実験的に検討した結果を報告する。

2. マルチモーダル情報を利用した関連研究

ユーザのマルチモーダル情報をもとにシステムがユーザの情動を理解することを目指す研究は近年多く取り組まれている。マルチモーダル情報には、瞳孔、表情、姿勢、音声などが存在する。PC 操作に関しては、マウスの動きについてもマルチモーダル情報といえる。本章では、マルチモーダル情報と感情推定に関連する研究を記す。

2.1. 瞳孔に関する研究

古川らの研究[4]は、過去研究より、認知プロセス（ターゲット検出、知覚、学習、記憶、意思決定など）と瞳孔径との関連を示唆していることに着目して、瞳孔系の変化を元に様々な応用を検討している。瞳孔反応や眼球運動から適切な多次元の特徴量を抽出し、機械学習技術を用いて曲への親しみや好みを推定するモデルを構築している。また、顔に対する好み（選好）も瞳孔径の変化から推定できることを示唆している。この論文では、被験者の好みに着目した結果が報告されているが、瞳孔の変化には、快不快、眠気、緊張、恐怖など、さまざまな認知プロセスを潜在的に反映していると考えられている。

繁田らの研究[5]も同様に、ユーザの瞳孔に着目して研究を行っている。同研究では、被験者の e-Learning システムでの英語の問題を回答するシーンにおける瞳孔の変化を計測し、「難しい」「簡単」の被験者の主観的な感情を分類するものである。瞳孔の変化の内、移動速度、視野角度 $X \cdot Y$ 、注視時間、瞬きの有無という 5 つの動きに着目して、それぞれに特徴量を算出し、Support Vector Machine (SVM) [6]による分類を行い、被験者の主観的な感情との一致率を研究している。

これらの研究は、瞳孔のサイズや視線の動きには、ユーザの感情を推定する為に有用な情報が存在することを示唆していると言える。また、ユーザ自身も自覚していないような感情が瞳孔の動きから推定できることも示唆している。しかし、これらの手法も研究段階であり、瞳孔の動きから感情を推定する手法は確立していないと言える。

2.2. 表情に関する研究

加藤らの研究[7]では、被験者の顔画像から表情を認識させ感情を推定する研究を行っている。Dlib[8]及び学習済みモデルを使用して表情、顔の特徴点を検出し、特徴点間の面積・重心・明暗・傾き・皺状態から「幸福、驚き、怒り、恐怖、悲しみ、嫌悪」の6つの感情状態を推定する手法の提案である。この研究は、ICT機器に不慣れなユーザ向けの対話システムの実現に向けて取り組まれている。

鈴井らの研究[9]では、人間と機械との円滑なコミュニケーションを実現するためのユーザの感情推定システムを考案している。顔の特徴点からテンプレートを作成し、各顔器官内にOR演算、顔器官間ではAND演算を実施して、感情を推定している。

以上のように、評定においてもユーザの感情を推定する情報が多く含まれていることが示唆される。

2.3. その他のマルチモーダル情報に関する研究

(1) 姿勢

小笠原らの研究[10]では、人の立位姿勢の推移から得られる姿勢情報を計測・取得を行っている。参加者の姿勢画像から、他者判断による「眠そう」「目覚めた」等の感情を定義し、判断された画像の座標画像を解析し、頭や肘などの x, y, z 座標の傾向を確認している。姿勢情報においても、感情を推定する重要な情報が含まれていることが示唆されている。

(2) 視線 + マウスカーソル

山中らの研究[11]では、視線とマウスカーソルを組み合わせている。視線が注視している領域を求め、マウスカーソルの動きを制御する研究である。視線やマウスカーソルから被験者の情動を推定する研究ではないが、ユーザのマルチモーダル情報を元にUIの使い勝手の向上を検討している。視線については2.1節で論じた通りであるが、マウスの動きについてもマルチモーダル情報として重要な要素であることがいえる。

(3) 表情 + 音声 + テキスト

覚井らの研究[12]では、感情を反映したマルチモーダル対話システムの構築のために表情とユーザの発話から感情推定する。更に発話内容をテキスト化し、テキスト分析を行い感情推定に活用する。表情からの感情推定には Amazon Rekognition[13]、音声の認識には Empath API[14]、テキスト分析には、Amazon Transcribe[15]、Amazon Comprehend[16]を活用しており、それらの出力結果を XGBoost[17]によって構築されたモデルに入力し、出力結果を KELDIC[18]と呼ばれるチャットシステムにより対話を行うシステムである。対話システムにおいては、2.1 節で述べた表情以外にも、ユーザの声や発話内容は、感情を推定する為に重要な要素であり、複数のマルチモーダル情報を組み合わせてユーザの感情を推定することが有用であることを示唆する研究といえる。

2. 4. Web 広告とマルチモーダル情報に関連した研究

2.1~2.3 節の研究の通り、ユーザから読み取れるマルチモーダル情報からは、ユーザの感情や状況を理解することが可能であることを示唆すると報告されていた。しかし、2.1 節~2.3 節で論じた関連研究は、本稿で取り上げる Web 広告をテーマにはしていない。本節では、Web 広告とマルチモーダル情報に関連した研究を記す。

Q. Zhao [19] らの研究は、スマートフォンに表示されるグリッドベースのインターフェースにおいて、ユーザが次に向ける視線の方向を推定し、レコメンデーション機能への活用を目指す研究である。この研究は、本研究と同様、マルチモーダル情報をレコメンデーション機能に活用するという研究例である。

視線の注視位置、ページ閲覧に費やした秒数、ページ上のアクションまでの最短距離の逆数などを特徴として、混合効果ロジスティック回帰モデルと隠れマルコフモデルによる学習を行い、ユーザが次に視線を向ける箇所を推定する研究である。

スマートフォンかつグリッドベースの UI という限定環境下ではあるが、視線の情報をもとに視線が次に向けるターゲットを推定し、レコメンデーションシステムの表示の有効性を高めうる可能性を報告している。

3. 本研究の目的

我々は、関連研究を調査し、「Web 広告からユーザが受ける刺激（以下、広告刺激と呼ぶ）によって、ユーザのマルチモーダル情報に特徴的な変化が現れる」と仮説を立て、マウスクリック、マウスカーソル軌跡、視線、瞳孔サイズ、表情画像から感情推定、身体画像から姿勢推定の6種のマルチモーダル情報を計測する実験を行う。これら6種は、デバイスの扱いに医学的な知識や技術が不要であり、容易に入手可能なデバイスにより非接触で取得できることを条件に選定した。本研究では、上記の仮説を検証しユーザが広告刺激を受けた際のマルチモーダル情報の特徴を見出すことを目的としている。

先行報告では、端末操作時に広告刺激が参加者の姿勢に及ぼす影響[20]や瞳孔サイズに及ぼす影響[21]について報告した。本稿では報告[21]の結果に基づき、瞳孔サイズに及ぼす影響を自己組織化マップ（Self-Organizing Map : SOM）[22]を用いて、瞳孔サイズの変化についてより詳細な分析を行なった結果を報告する。さらにその後、実験を実施する中で判明した課題の解消と、解析結果の再現性確認の為に、新たに実験を行った。（本稿では、前者を第一回実験、後者を第二回実験と呼ぶ。）第二回実験においても、瞳孔サイズに及ぼす影響について分析を行い、SOM を用いて解析を行った。2回の実験を通じて得た結果について、報告する。

第一部では、4章で第一回実験の実験や解析結果・課題について述べる。5章で、第二回実験について述べ、4章同様に実験の概要～結果・課題について述べる。それぞれの実験や解析の結果に関する解釈や考察・今後の課題について、6章～8章に記載し、第一部を結ぶ。

4. 第一回実験

4.1. 実験概要

操作タスク実施中の参加者に Web 広告を提示し、参加者のマルチモーダル情報を計測する実験を行った。参加者には操作タスクとして Web 上で解答する 2 択クイズを課し、操作タスク実施中に種類が異なる広告刺激をランダムに提示した。

これらの操作タスクと広告刺激を提示するため実験用サイトとマルチモーダル情報の計測システムを構築した。参加者については 4.2 節、実験用 Web サイトの概要を 4.3 節、参加者に提示する広告刺激の種類や提示方法については 4.4 節～4.6 節で述べる。また、マルチモーダル情報を計測するシステムや各デバイスの詳細については、4.7 節で詳細を述べる。

本稿の分析では、6 種のマルチモーダル情報のうち、瞳孔サイズとマウスクリックのみを用いるが、計測条件の記載の正確を期すため、4.7 節では分析に使用していないマルチモーダル情報も含む計測システムの全景について述べる。

解析結果を 4.8 節～4.11 節で述べ、4.12 節、4.13 節で第一回実験の結論と課題を述べ、4 章を締める。

4.2. 実験参加者

参加者は、23(±1)歳の 9 名（男性：8 名，女性：1 名）である。参加者は、情報工学系の学科を専攻する大学・大学院生のみである。

後述する計測システムで使用したデバイスには、眼鏡着用に関する制約は無かったため、眼鏡の着用は参加者の自由意志に一任した。一方で、厚めの上着やマスクの装着は計測に影響を与える。そのため、後述の実験ブースには参加者のみが入室する、実験毎に機器を消毒するなど感染対策を講じた上で、参加者には上着やマスクは未装着で実験を行うように依頼し、了承を得た上で実験を行った。また、参加者には自身のペースで Web サイトを操作するように伝え、自然な状態で計測が行えるよう配慮した。

4.3. 実験用 Web サイトの概要

実験用 Web サイトは、参加者の操作に対して①～④の動作により操作タスクである 2 択クイズを出題する。また、①～③の動作中に参加者に広告刺激を提示する。

- ① 問題文を表示する(図 1.1)。
- ② 参加者が正しいと判断した選択肢のクリックに応じて、クイズの正誤を表示する(図 1.2)。
- ③ 参加者の「次の問題へ」ボタンのクリックに応じて①に戻り、再び別の問題文を表示する。
- ④ 9分経過すると実験を終了する



図 1.1 クイズ出題時の画面表示

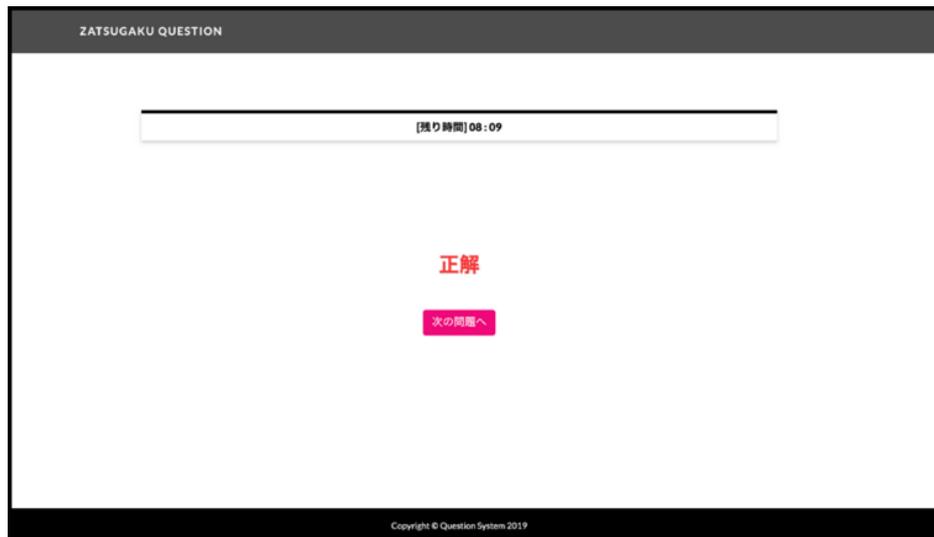


図 1.2 正解時の画面表示

実験用 Web サイトのクイズの問題数は全 88 問で，問題の表示順はランダムとした．実験用サイトには，AWS (Amazon Web Service) [23]の仮想サーバを用いて構築した．使用した仮想サーバの仕様を表 1.1 に示す．

実験用サイトのフロントエンドの実装に HTML・CSS・JavaScript を使用し，バックエンドの実装に python (Django) を用いた．また，PostgreSQL を用いて仮想サーバ内にクイズの出題文や正誤を保存した．なお，操作タスク中に瞬時に広告刺激の画像を提示するため，操作タスクに使用する Web ブラウザには，予め画像を読み込んでキャッシュを残して実験を行った．

表 1.1 実験用サイトに使用したサーバスペック

項目		詳細
AWS EC2 スペック (t2.micro)	OS	Amazon Linux release 2
	Memory	1 GiB
	Storage	8 GiB
	Availability zone	us-east-2c

4. 4. 広告刺激の種類

参加者に提示する広告刺激は以下の5種を用意した。

- ① 無刺激：下記の②から⑤の比較対象とするために広告刺激を提示しない。無刺激では参加者は図 1. 1, 1. 2 に示すような Web 広告の無い画面表示に従ってタスクを実行する。
- ② 下部広告：画面下部にとりりん[24]を提示する。下部広告に使用した画像は全9種である。下部広告の例を図 1. 3 に示す。
- ③ 上下広告：画面上下にバナー広告を提示する。上部に提示する画像は全9種、下部に提示する画像は全10種である。上下広告の例を図 1. 4 に示す。
- ④ 前面広告：クイズ画面の前面を覆い、参加者が「閉じる」ボタンを押すまで提示され続ける。前面広告に使用した画像は、上下広告の下部に提示する画像と同じ画像を使用した。前面広告の例を図 1. 5 に示す。
- ⑤ クリック無視広告：Web 広告の提示方法は前面広告(図 1. 5)と同様だが、参加者の操作を強く妨害する目的で、「閉じる」をクリックしても6割の確率でWeb 広告を閉じないように設定した。

これらの広告刺激には実際の Web 広告を模した画像を用意した。



図 1. 3 下部広告の例



図 1.4 上下広告の例



図 1.5 前面広告及びクリック無視広告の例

4.5. 広告刺激の妨害強度

本稿では、これらの広告刺激について、操作タスクを妨害する度合いとして妨害強度という概念を導入する。

①無刺激は広告刺激を提示しないため、妨害強度は最も弱い。②下部広告は画面下部にのみ提示される。一方で、③上下広告は下部広告よりも、視覚的な情報量が多く妨害強度が強い。④前面広告は、クイズ画面に覆いかぶさるように提示され、参加者のタスク操作を妨害する。そのため、妨害強度は前出の3つの広告刺激よりも強い。また、⑤クリック無視広告は前面広告よりも多く操作を妨害するため、前面広告よりさらに妨害強度が強い。

表 1.2 広告刺激と妨害強度

強度	広告刺激	妨害強度の根拠	例示
弱 ↓ 強	①無刺激	広告刺激なし 視覚影響：最小 / 解除：不要	図 1.1
	②下部広告	画面下部にのみ提示 視覚影響：小 / 解除：不要	図 1.3
	③上下広告	画面上下に提示 視覚影響：大 / 解除：不要	図 1.4
	④前面広告	操作タスクの進行を妨害 視覚影響：最大 / 解除 簡単	図 1.5
	⑤クリック無視広告	操作タスクの進行を妨害 視覚影響：最大 / 解除 困難	

4.6. 広告刺激の提示方法

5種の広告刺激の順番や頻度が取得データに影響しないように、図1.6に示すタイミングチャートに従って広告刺激の提示制御を行った。

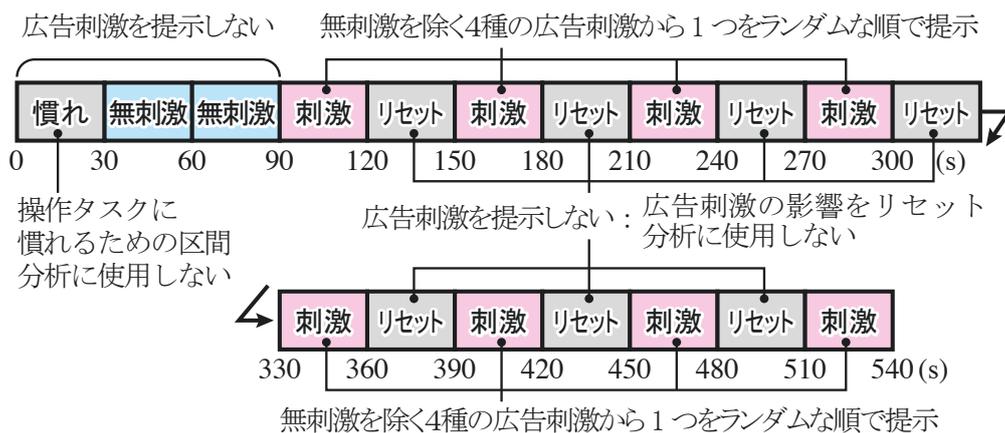


図 1.6 実験のタイミングチャート

参加者は実験開始から終了までの9分間、操作タスクとして2択クイズの解答を続ける。分析のために、実験時間を30秒ごとに18の区間に分け、「慣れ区間」「無刺激区間」「刺激区間」「リセット区間」を割り当てた。これらの区間は分析のために設定した。参加者には区間の説明を行わず、実験中にどの区間であるかが意識されることもない。

慣れ区間は、実験の冒頭に参加者が操作タスクに慣れるために設けた区間であり、この間広告刺激は提示しない。慣れ区間で得られる情報は分析に使用しない。

無刺激区間は、Web広告による刺激が無い状況の参加者のマルチモーダル情報を計測するための区間である。無刺激区間は、参加者が刺激区間の影響を受ける前の安定した状態で情報を取得する目的で、刺激区間が始まる前に設定した。他の刺激区間とデータ長を揃えるために、30秒間の区間を2回設定した。

刺激区間は、広告刺激を提示した状況の参加者のマルチモーダル情報を計測するための区間である。

リセット区間は、刺激区間で提示した広告刺激の影響をリセットする目的で設定した。こ

の区間は広告刺激を提示しない区間である。リセット区間で得られる情報は分析に使用しない。なお、無刺激区間は広告刺激の影響を受けていないため、区間の後にリセット区間は設定しなかった。

リセット区間を挟んで連続する4回の刺激区間では、無刺激を除く4種の広告刺激のうち1種をランダムな順で提示する。この過程を2回繰り返すため、1回の実験中に各広告刺激は合計で2回ずつ提示される。下部広告と上下広告は刺激区間中の30秒間は、問題の回答(図1.1)や回答結果の表示(図1.2)の為に画面遷移と同時に画像が変化し、ランダムで画像が選ばれる処理とした。前面広告とクリック無視広告については「閉じる」操作によりWeb広告が閉じられても、刺激区間中の30秒間であれば次のクイズ出題時に再びWeb広告が提示される制御とし、提示のたびにランダムで画像が選択される処理とした。

4.7. マルチモーダル情報の計測

参加者の6種のマルチモーダル情報を計測するシステムを構築し、実験ブースに配置した。使用した計測デバイスの配置を図1.7に、実験の様子を図1.8に示す。

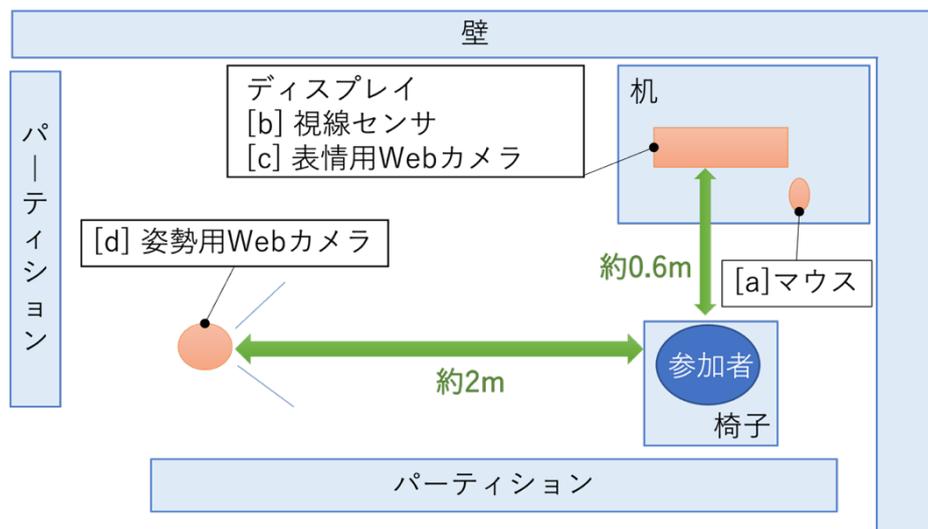


図 1.7 第一回実験のマルチモーダル情報計測システムの概要



図 1.8. 実験の様子

マウスクリックとマウスカーソルの軌跡は[a]マウスで、視線と瞳孔サイズは[b]視線センサで、感情推定値と姿勢推定値はそれぞれ[c]表情用 Web カメラ、[d]姿勢用 Web カメラから得られる画像により計測した。

[b] 視線センサには、Tobii Pro Nano[25] を使用する。Tobii Pro Nano はトビー社[26]により開発されたアイトラッカーである。暗瞳孔法および明瞳孔法を使用し、1台のカメラで両眼の画像をキャプチャし、目の位置を測定することが可能である。Tobii Pro Nanoの主なデバイス仕様を表 1.3 に示す。

表.1.3 Tobii Pro Nano の主な仕様

項目	仕様
両眼でのトラッキング	可能
瞬きからの復帰時間	瞬時
各々の眼からのデータ・アウトプット	タイムスタンプ 眼球位置 視点位置 瞳孔径
サンプリングレート	60Hz
アイトラッカーレイテンシー	1 フレーム(17 ms)
ロストからの復帰時間	250 ms

表情用 Web カメラ [b] で取得した参加者の顔画像は、実験中に Amazon Rekognition の「顔検出と分析画像」の機能を利用し、表情値を取得する。計測システムの表情値取得のフローを以下に示す。

- ① 実験参加者の顔画像(静止画)を撮影する。
- ② 通信速度を向上するためリサイズして Amazon Rekognition の Web API に送信する。
- ③ Amazon Rekognition が算出した表情値を受信する。
- ④ 受信した表情値を外部ファイルに出力する。
- ⑤ 直ちに①に戻る。
- ⑥ 実験終了時に送受信を停止する。

なお、Amazon Rekognition を利用することで取得できる表情値の種類は、HAPPY, SAD, ANGRY, CONFUSED, DISGUSTED, SURPRISED, CALM, UNKNOWN, FEAR の 9 種類である。

[d]姿勢用 Web カメラでは、Open Pose [27] を使用して、人物の骨格推定する。Open Pose は、単一の画像で人体、手、顔、足のキーポイントの 135 点が取得できるオープンソフトウェアである。骨格推定についても [d] から取得した姿勢画像から骨格情報を取得し、外部ファイルに出力し続ける。

計測に使用したデバイスとそれぞれの仕様の概要を表 1.4 に示す。

表 1.4 システムに使用したデバイスのスペック

項目		詳細
PC	CPU	Intel Core i9-9900X
	GPU	NVIDIA GeForce RTX 2060 SUPER
	OS	Windows10 Education
	Web ブラウザ	Google Chrome
[a]マウス		ELECOM M-BL27UBBK
[b]視線センサ		Tobii Pro Nano
[c]表情用 Web カメラ		Logicool C920n
[d]姿勢用 Web カメラ		Logicool C920n
PC モニタ		iiyama ProLite XUB2792HSU ・ モニタサイズ：対角 68.6cm (27 型) 16 : 9 ・ 解像度：1,920×1,080

なお、参加者の周囲の明るさ変化やモニタ表示の輝度変化が瞳孔サイズや撮影した画像に影響を与える懸念があり、以下の配慮を行った。

- ・ 実験環境：
 - ブラインドを使用して外光の影響を避け、パーティションで囲んだブースを設けて蛍光灯による一定照明下で実験を行った。
- ・ 操作タスク：
 - 画面輝度の変化が多いパズル等のタスクを避け、輝度変化が少ないクイズタスクを選択した。
- ・ 広告刺激：
 - 特に明るい画像や暗い画像を避け、広告刺激の提示による輝度変化を抑えた。

ただし、実際の Web ブラウザ使用環境下に近い状況でデータを測定するという実験の性質上、ディスプレイの輝度変化を完全になくすことは困難であった。また、実験中のディスプレイ輝度の計測は行なっておらず、輝度変化の影響の検討は不十分な点がある。この点について 8 章に課題として述べる。

4.8. 広告刺激提示に対する瞳孔サイズの変化の観察

(1) 瞳孔サイズ時系列への前処理

瞳孔サイズの時系列データは処理ソフトウェアの性質や参加者の瞬きなどで瞬間的に欠落しているデータも存在するため、完全な等時間間隔サンプリングにはなっていない。一般的に時系列データの解析には等間隔な時系列データが望ましい。そのため、取得データの前処理を行い、解析に適した時系列データの作成を行う必要があると考え、瞳孔サイズの時系列データに対して、下記に示す①～④の前処理を行い、等間隔のデータを均等時間間隔サンプリングのデータを作成した。それぞれの処理中の模式的な図を図 1.9～1.11 に示す。

① 3次スプライン補間によるリサンプリングで等間隔の 60Hz サンプリングのデータを作成

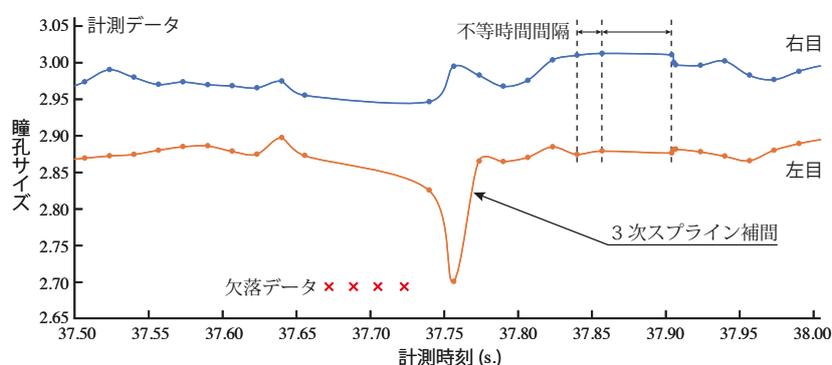


図 1.9 3次スプライン補間の模式図

② 等間隔にリサンプリング

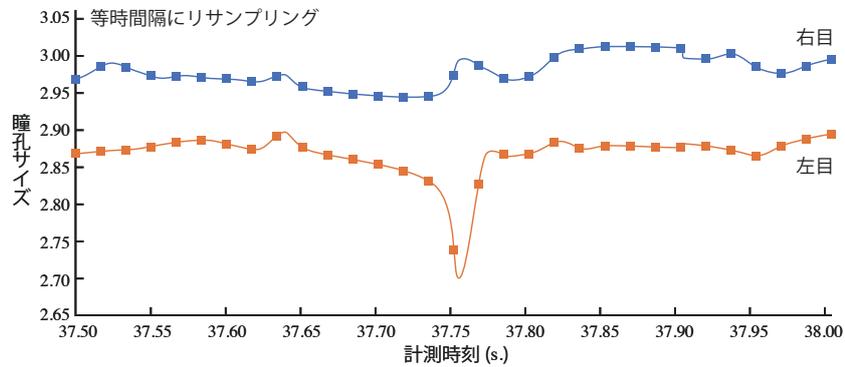


図 1.10 リサンプリングの模式図

③ ダウンサンプリングし、同時刻の左右の目の平均値を算出

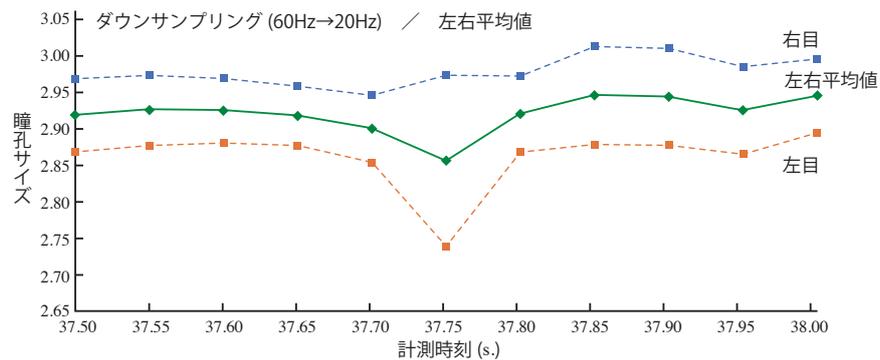


図 1.11 ダウンサンプリングの模式図

④ 値域を 0~1 の値となるよう正規化

①~④の前処理を実施することで、不均等なデータを均等間隔に整えることができた。

上記の処理により等時間間隔にリサンプリングし正規化する前処理を行った資料を「瞳孔変動」と呼び、 $P_S(t)$ と書く。ただし、 S は参加者を表す添字で $S=\{a, b, \dots, i\}$ 、 t は実験時刻である。

(1) 瞳孔変動の時間推移の観察結果

瞳孔変動に対して10秒間(前後5秒)の単純移動平均を行なった平滑化瞳孔変動 $MAP_s(t)$ の例を図1.12に示す. 図中で背景色がついている箇所は広告刺激を提示した区間を示している.

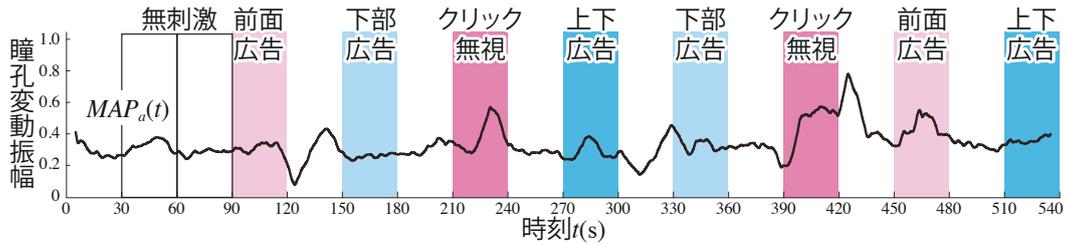


図 1.12 平滑化瞳孔変動と広告刺激

図1.13に全参加者を対象として, 瞳孔変動の平均値を算出した結果を示す. 図1.13より個人差は存在するが, 下記の傾向があった.

- ・ クリック無視広告が最大値の参加者が6/9名, 前面広告が最大値の参加者が2/9名と最大値をとる広告種別は, 妨害強度の強い広告であることが多い.
- ・ クリック無視広告と前面広告の両方が無刺激よりも大きい参加者が6/9名である. 一方で, 下部広告と上下広告の両方が無刺激よりも大きい参加者が4/9名である. 妨害刺激が強い広告ほど無刺激よりも値が大きくなる傾向がある.
- ・ 値の順位には, 個人差が存在する.

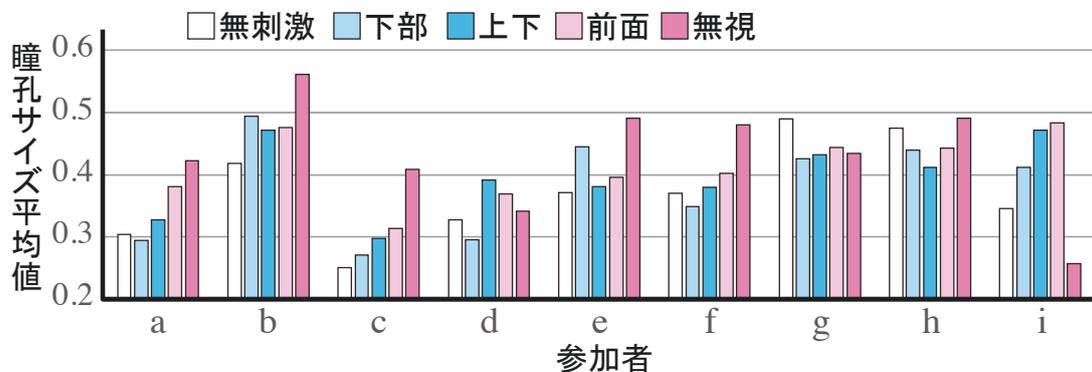


図 1.13 全参加者の瞳孔変動の平均値

(2) 瞳孔変動の局所的な変動の観察結果

広告刺激時に瞳孔変動 $P_S(t)$ が小刻みに動く傾向が見られたため、短時間区間の瞳孔変動の分散を観察した。具体的には、マウスクリックに挟まれた区間の瞳孔変動の分散を算出した。簡単のため、以後この値を単にクリック間分散 $VP_S(t)$ と呼ぶ。ボタンを押し間違えるなどのミスクリックの場合を除き、マウスクリックに挟まれた各区間では、参加者は「問題を読み解いている」、「正誤を確認している」、「前面広告刺激を見ている」の3通りのいずれかの状態となる。参加者が誤ってクリックしてしまうなどのクリックミスは分析に使用しないこととした。 $VP_S(t)$ の一例を図 1.14 に示す。

図 1.15 に全参加者を対象として、分析区間ごとに $VP_S(t)$ を平均した結果を示す。図 1.15 より $VP_S(t)$ に以下の傾向が見られた。

- ・ 個人差は存在するが、妨害強度が強い場合、無刺激区間と比較して $VP_S(t)$ の値が大きくなる傾向がある。つまり、瞳孔変動が小刻みに大きく動いている。
- ・ 前面広告及び、クリック無視広告において、 $VP_S(t)$ が大きくなり易い傾向がある。特にクリック無視広告において最も大きな値となる参加者が多かった。

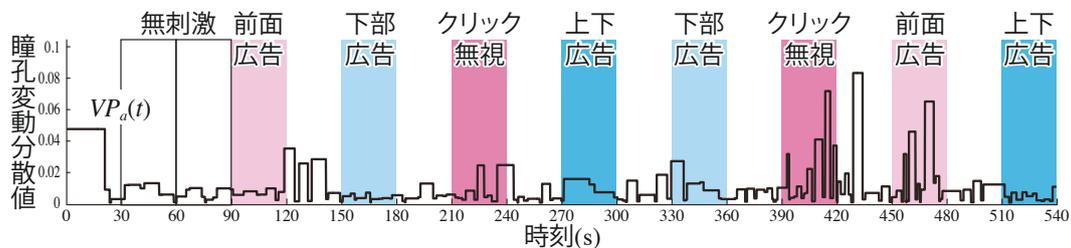


図 1.14 クリック間分散と広告刺激

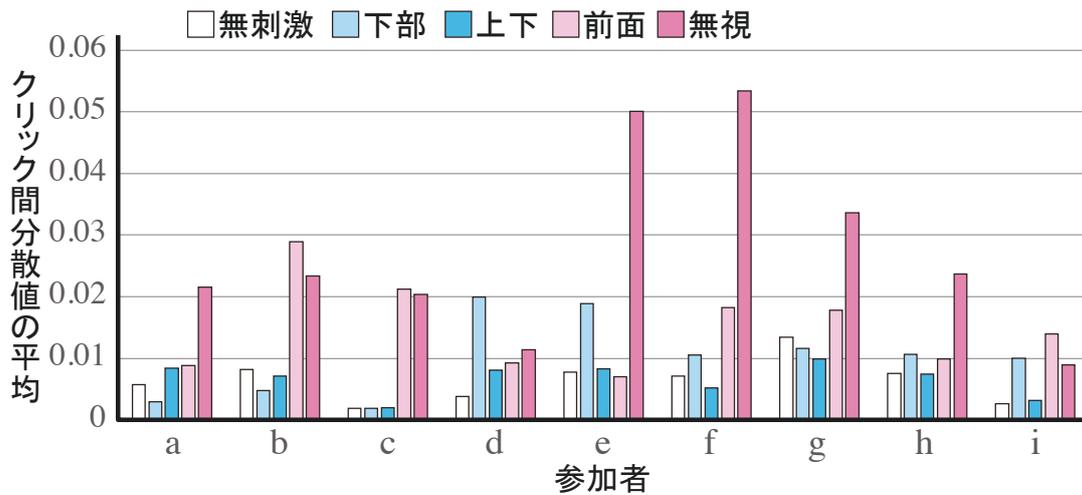


図 1.15 全参加者の瞳孔変動の分散値の平均値

全参加者の瞳孔変動 $P_S(t)$, 移動平均 $MAP_S(t)$, 分散値 $VP_S(t)$ の時系列データを付録に示す.

4.9. 自己組織化マップ

SOM は T. Kohonen により開発されたニューラルネットの一種である。「SOM は教師なし学習を行う位相保存写像の一種であり, 高次元の観測データセットに対してデータ分布の位相的構造を保存しつつ低次元空間へ写像する. 特に 2 次元空間へ写像する場合はデータ分布が地図のように可視化される[28].」SOM を利用することで, 瞳孔サイズの特徴による分類結果や特徴間の距離を視覚的に確認できるようになることを狙った.

4.8 節に示した観察結果から, 提示した Web 広告が瞳孔サイズに影響を与えている可能性が示唆される. これを定量的に調べるため, 先行報告[21]では各刺激区間において瞳孔変動から算出した特徴量から, その刺激区間において提示された広告刺激の種類を推定する実験を行なった. その結果, 単純なランダムフォレストや SVM を使用した場合でも 40%程度の識別率を得ることができた. その一方で, 識別率には参加者の個人差やばらつきがあった.

本稿では、提示した Web 広告の瞳孔サイズへの影響をより詳細に調査するため、新たに SOM を用いて分析を行った。次節以降ではその分析結果を報告する。

4.10. 瞳孔特徴ベクトル

1 人の参加者あたり 2 つの無刺激区間と 8 つの刺激区間について、瞳孔変動から以下で定義する 3 つの特徴量からなる「瞳孔特徴ベクトル」を求めた。9 人の参加者それぞれ 10 区間、合計 90 資料の瞳孔特徴ベクトルを SOM によって分類した。

(1) 平均変動比 I_1

着目する刺激区間の平滑化瞳孔変動 $MAP_S(t)$ の平均値を μ 、1 回目の無刺激区間の平滑化瞳孔変動 $MAP_S(t)$ の時間平均値を μ_0 として、平均変動比 I_1 を以下の式で定義する。

$$I_1 = \frac{\mu - \mu_0}{\mu_0}$$

(2) 平均時間増減量 I_2

平滑化瞳孔変動 $MAP_S(t)$ について、各刺激区間を 0.5 秒ごとに区切り、それぞれの最大値と最小値の差を求め、区間で平均したものを平均時間増減量 I_2 と呼ぶ。瞳孔変動の時間的な変化の大きさを評価するために導入した。

(3) 区間分散 I_3

クリック間分散 $VP_S(t)$ が示す傾向を区間毎に簡易に評価するために、瞳孔変動 $P_S(t)$ の 30 秒間の区間分散 I_3 を導入した。

4.11. 自己組織化マップによる学習結果

(1) 全参加者（9名）の学習結果

参加者の瞳孔特徴ベクトルを SOM の U-matrix 法により学習した結果を 図 1.16 に示す。

U-matrix 法は特徴量間の相対的なユークリッド距離を色で表現する手法である。図 1.16 上での距離が一定値となるような隣接した 2 ノードを考える。この手法による表示は、そのようなノード間のベクトル値の差が、緑から青い部分では小さく（特徴量ベクトル間のユークリッド距離が近い）、黄色から赤い部分では大きい（特徴量ベクトル間のユークリッド距離が遠い）事を意味する。

学習の際に設定したパラメータは、以下の通りである。

- 初期値：主成分分析による出力結果
- 出力層：10×10 ユニット
- 学習回数：400 回

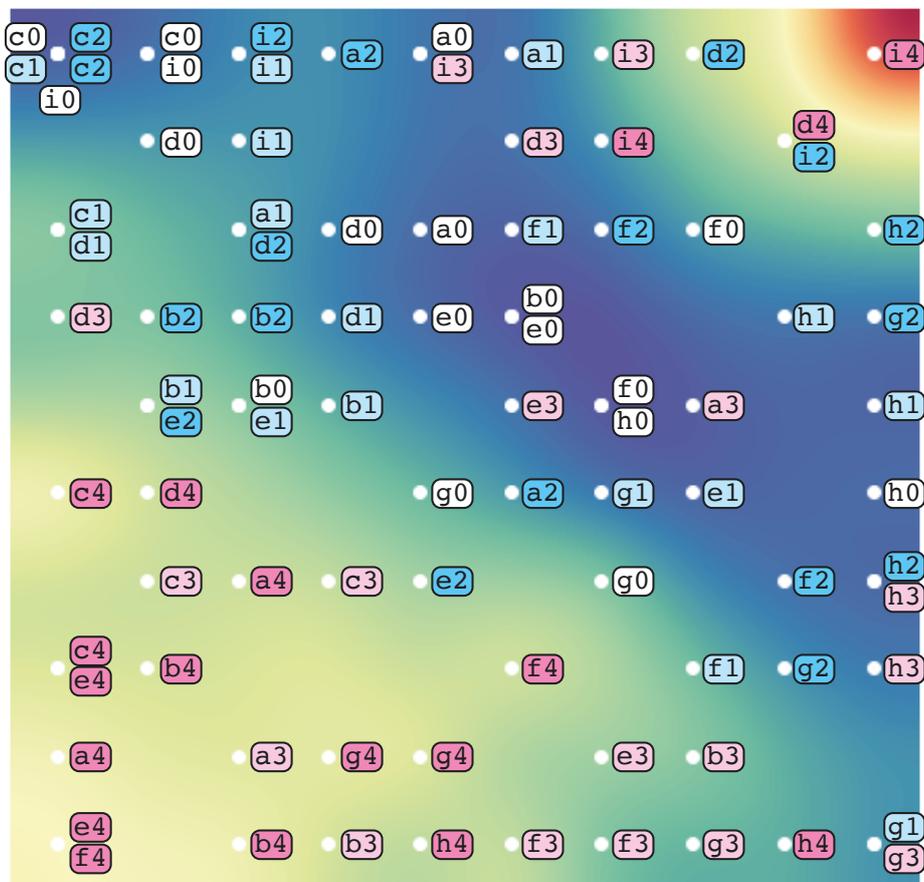


図 1.16 全参加者の SOM マップ

また、瞳孔特徴ベクトルを構成する特徴量間のスケールの影響を避け SOM の学習を円滑にするために、特徴量毎に 0.0 から 1.0 の値を取るようスケールして学習に用いた。

図 1.16 では、各瞳孔特徴ベクトルがマッピングされた位置を○（白丸）で示し瞳孔特徴ベクトルの種別を示すラベルを添えている。ラベルには、参加者を示すアルファベット（a～i）と広告刺激の種類を示す数字と色（0/白：無刺激区間、1/薄青：下部広告、2/青：上下広告、3/薄赤：前面広告、4/赤：クリック無視広告）で表現している。

図 1.16 では、マップ左下部に前面広告とクリック無視広告が、中央部に無刺激区間、下部広告、上下広告が多い傾向はあるが、全面が青・緑・黄色で覆われており相対的に距離は離れていない。唯一、i4 のみが他から遠く離れてマッピングされており、i4 が特異な値を取って他の分類を阻害していることを示している。該当区間の平滑化瞳孔変動 $MAP_i(t)$ と記録動画を調査したところ、図 1.17 に示すように該当区間で参加者の目に前髪がかかり瞳孔変動の値が 0 となる計測失敗が連続していた。

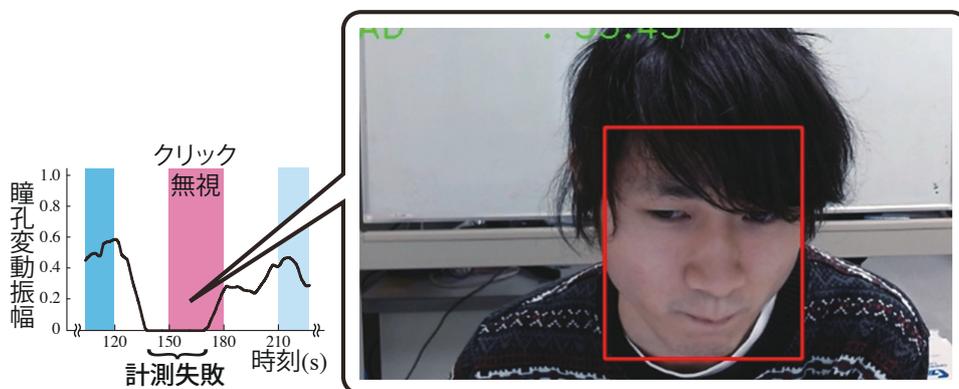


図 1.17 データ取得失敗時の $MAP_i(t)$ と記録写真

(写真は参加者の許諾の上掲載している)

(2.1) 全体的な分布傾向

図 1.18 では、マップの左上から右下に向かって妨害強度が強くなる順に瞳孔特徴ベクトルがマッピングされる傾向がある。マップの左下からやや右上がりの黄色い帯を境界として、無刺激区間、下部広告、上下広告（以後、弱刺激群と呼ぶ）と前面広告、クリック無視広告（以後、強刺激群と呼ぶ）が概ね分かれて分布している。境界付近では、弱刺激群と強刺激群が混在している。弱刺激群の瞳孔特徴ベクトルは主に青から緑の領域に存在しており、互いに近い性質を持つと言える。一方、強刺激群の瞳孔特徴ベクトルは主に黄から赤の領域に存在しており、互いの性質は大きく異なると考えられる。

以上より、瞳孔変動は弱刺激群と強刺激群を2分類できるだけの情報を持っているが、広告刺激の種類を細分類することは難しいことが示唆される。また、弱刺激群による瞳孔変動の変動は似通った傾向があるが、強刺激群は瞳孔変動に様々な反応を引き起こしている可能性がある。

(2.2) 分布傾向の例外事例

参加者ごとの分布に着目すると、参加者 a, b, c, e, f, g, h の瞳孔特徴ベクトルの分布は概ね(2.1)の分布傾向に従っている。図 1.18 内において点線枠で示す参加者 d, 黄枠で示す参加者 i の2名の瞳孔特徴ベクトルの分布は全体の傾向に従っていない。参加者 d は、d3 と d4 が画面左上部の青い領域に分布しているなど全体の傾向を大きく外れている。一方、参加者 i は上から下に向かって妨害強度が強くなっており、傾向としては他の参加者と同様だが、分布の上下幅が小さくほぼ全ての瞳孔特徴ベクトルが青い領域に分布している。広告刺激による瞳孔変動の変化が少ない参加者と言える。

両者について、瞳孔変動のデータの再点検を実施するとともに、Web クイズの回答数、正答数/率、クリック数を調査して広告刺激以外の刺激の影響の可能性も検討したが、他の参加者と比べて目立った特徴は見られなかった。このことから、参加者 d と i の分布は瞳孔変動の個人差によるものと考えられる。

4.12. 結論

Web 広告提示時のマルチモーダル情報のうち、瞳孔サイズの変動に特徴的な傾向を発見した。瞳孔変動から算出した瞳孔特徴ベクトルを SOM により分類した結果、9 名中 7 名の参加者に刺激条件に対する瞳孔変動に共通の傾向が見られた。9 名中 2 名にも一定の傾向は見られたが、他の参加者と異なる特徴を示した。これにより、個人差による例外はあるが、Web 広告提示時の瞳孔サイズの変化には多くの参加者に共通する傾向があることが示唆される。

4.13. 課題

本章では、計測したマルチモーダル情報のうち瞳孔サイズに焦点をあてて報告した。本稿の議論から漏れた課題および今後の展望課題について列挙する。

(1) 広告刺激の役割の明確化

第一回実験では ①無刺激、②下部広告、③上下広告、④前面広告、⑤クリック無視広告の 5 種類の広告刺激を採用した。①、④、⑤は、それぞれ「刺激なし」、「参加者操作を妨害する」「参加者の操作を強く妨害する」という役割を意識したものになっていたが、②下部広告 及び ③上下広告の 2 種の広告刺激の役割については、「参加者の操作を妨害しない広告刺激」として役割が類似しており、広告刺激の種類が明確化できていなかった。SOM の分類結果でも②と③の分離が明確に行えなかったことから、現時点では、②及び③が及ぼす瞳孔変動の動きの違いについて論ずることは難しいと考える。以降の実験では、②と③のような似通った性質の広告刺激の分類を試みる以前に、広告刺激の役割を整理して再度実験を検討する。

(2) 広告提示方法

4.6 節 広告刺激の提示方法 において記載されているタイムチャートに従って実験を実施した。一人あたり、30 秒間 * 10 区間 の広告刺激を与えた。しかし、広告刺激の提示回数

が一定ではなかった。具体的には、④⑤について、参加者の広告を閉じる操作を実施するため①～③よりも広告刺激の提示回数が少なかった。参加者に与える広告刺激の回数を統一化することで広告刺激の影響をより明確に特徴化できると考える。以降は、参加者に与える広告刺激について、時間ではなく回数による制御することを検討する。

(3) 広告刺激に使用する画像

実際の Web 広告を模した画像や、マスコットキャラクター等、情報量の多い画像を使用した。これは、実際の Web 広告に近い画像を使用することで、実際の Web ブラウジング環境に近い状況を作り出すためであった。しかし、これらの画像は統制の取れた画像とは言い難い。広告画像がマルチモーダル情報に影響をもたらした可能性が考えられるため、客観的に評価された画像のデータセット等を利用するなどの再実験を行うことが望ましい。

(4) 不均等データ

Open Pose は、骨格推定に GPU などの PC のリソースを使用するため、骨格推定のデータフレーム長が不均等となっており、また、処理の負荷が他のマルチモーダル情報の取得データに影響している課題があった。そのため、4.8 節 (1) に記載したような、信号の前処理を行い、取得データのクリーニングを行った。

以降の実験では均等な間隔でマルチモーダル情報のデータを取得できる実験システムの改善を検討する。マルチモーダル情報の取得システムについて、ハードウェアの選定も含めた改善を行いたい。

(5) 参加者

参加者の年齢・性別・PC 操作の熟練度などの属性に偏りがあった。また、参加者は、自身のペースで実験に参加するように伝えており、実験への取り組み姿勢が参加者に依存していた。参加者の属性の偏りを極力なくし、できるだけ自身の意志で Web ブラウジングを行う状況のように積極的な姿勢を取れる環境の構築が必要であると考えられる。

(6) 瞳孔変動と分析手法

瞳孔変動の特徴が小さい／他と異なる参加者について，その原因を探り特徴量の個人性を吸収できる手法の開発する．また，SOM 以外のデータ分析法についても検討し，より確実な結論を導きたい．

(7) 他マルチモーダル情報

瞳孔変動以外のマルチモーダル情報についても特徴的な動きを見出し，特徴量化して SOM の学習精度を向上させる．

上記の課題を通じて，マルチモーダル情報がどのような情動を反映しているのかを実験的に調査し，実際の広告システムに応用する道を探る．

5. 第二回実験

5.1. 実験概要

第二回の目的は、第一回目に於いて課題となった実験条件の統制を図るため、また、第一回目の解析結果の再現性の確認のためである。統制した条件下で第一回目実験と同様に瞳孔サイズに特徴的な動きが現れるかを調査・解析することで第一回実験の結論をより強く確認することができる。

第二回実験でも、第一回実験同様に参加者へ操作タスクに2択クイズを課し、操作タスク中の広告刺激を提示した際のマルチモーダル情報を取得する。第一回実験と異なる点は、参加者の人数・年齢・属性と広告刺激の種類や提示方法である。それらの違いの詳細やその他の差分について本章に記載する。

本章では、参加者の説明や解析結果を4章と同様の構成で記載する。さらに解析結果が実際のWeb広告へどのように活用できるかを考察する。

5.2. 実験参加者

第二回実験の参加者は、男性10名、女性10名の合計20名(21歳±3)である。参加者は、すべて大学の学生で、学部や専攻は無作為とした。そのため、PCの操作に対して熟練した参加者のみではなく、情報システムを専攻しておらずPCの操作に不慣れな参加者も参加した。第一回実験よりも参加者の人数を増やし、年齢の幅・性別・学部や専攻の偏りを極力排除して実験を行った。

第一回実験は、参加者には自身のペースで実験に挑むように伝えていた。一方で、第二回実験では、参加者はより積極的な姿勢で実験に取り組むような環境の設定を試みた。具体的な環境を以下に記載する。

参加者には実験前に実験内容を説明し、実験協力の謝礼として図書カード(1,000円

相当) を渡した。さらに 2 択クイズの成績に応じて追加謝礼があると伝えた。この時、参加者には、追加謝礼を渡すための条件は伝えない。これらの説明内容について、他言しないように参加者に同意を得て、同意書に署名を得た。実験後、参加者には実験の内容や追加謝礼を渡す条件などを一切伝えずに、条件を満たしたことのみに伝えて、追加謝礼 (1,000 円相当) を渡した。追加謝礼の条件を参加者に説明しない理由は、予め 2 択クイズの回答数や正解率の条件を参加者伝えた場合、条件を満たしたときに実験への取り組み姿勢や意欲がなくなる可能性を考慮したためである。

以上より、Web サイトを自らの意思で積極的に操作している状況に近い状況を作り出すことができると考えた。なお、謝礼の平等性を保つために、2 択クイズの成績に関係なく参加者全員に追加謝礼を渡した。

第一回実験と同様に、実験データに影響することが考えられた為、参加者に同意を得て、マスクは未着用で実験に参加いただいた。また、参加者ごとにマウスやキーボードの消毒を行うなど感染症対策を講じた。

5.3. 実験用 Web サイトの概要

実験には第一回実験と同様の 2 択クイズサイトを使用する。第二回実験では第一回実験の課題を解消するために、広告刺激の種類や表示方法を変更した。これは広告刺激の役割をより明確にするため、また、参加者に与える広告刺激の回数を一定にすることを狙ったものである。

5. 4. 広告刺激の種類

広告を見た際の参加者のマルチモーダル情報の変化を捉えるために、Web ブラウザ操作中に広告刺激を与える。まず、第一回実験と同様に、広告刺激との比較用として ①無刺激を設定した。第二回実験において、参加者に与える広告刺激の提示方法は、①無刺激、②バナー広告、③前面広告、④クリック無視広告の 4 種類である。4.13(1)で論じたとおり、第一回実験において、広告刺激の種類が明確化できていなかったという課題があったため、第二回実験においては、課題を解消するように広告刺激の種類を設定した。広告刺激の設定の目的と詳細について、以降の①～④に記載する。

また、第二回実験でも、第一回実験同様に、妨害強度の考えを導入する。第二回実験における妨害強度を表 1.5 に記載する。

① 無刺激広告(図 1.1)

目的：

②～④の広告刺激の種類との比較用に基準として設定する。

詳細：

無刺激広告の区間は、2 択クイズのみを表示し、広告画像を表示しない。広告刺激が無い場合妨害強度を最低とした。

② バナー広告(図 1.19)：

目的：

2 択クイズの進行を邪魔しない広告に対する参加者のマルチモーダル情報を取得する為に設定する。実際の Web サイトでも一般的に使用されている広告を想定したものである。

詳細：

問題文の下部にバナー広告を提示する。この広告刺激は参加者の操作は妨害しない。広告刺激のない状態よりは、視覚的な情報が増えるため、無刺激広告よりは妨害強度が強い。

③ 前面広告(図 1.20) :

目的 :

2 択クイズの進行を邪魔する広告に対する参加者のマルチモーダル情報を取得する為に設定する。実際の一部 Web サイトでも採用されることがあり、Web サイトのコンテンツ利用を一時的に阻害する Web 広告を想定している。

詳細 :

前面広告はクイズの問題文に覆いかぶさるように表示される。前面広告内の閉じるボタンをクリックするまで表示され続ける。閉じるボタンをクリックすることで、クイズ出題画面に遷移することができ、遷移したクイズ出題画面では参加者に広告刺激は与えない。

④ クリック無視広告(図 1.20) :

目的 :

2 択クイズの進行を邪魔する広告よりも、更に参加者の操作を妨害する広告刺激として設定する。Web 広告を閉じるボタンが極端に小さい、Web 広告の閉じ方が分かりづらい等の Web 広告を想定している。

詳細 :

クリック無視広告は、前面刺激と同じ表示方法だが、閉じるボタンのクリックを 1~6 回無視する制御を行う。1~6 の回数は出題時にランダムで決まる。クリック無視広告は、前面広告より参加者の操作の妨害が大きい。そのため、クリック無視広告を最も強い妨害強度とした。



図 1.19 バナー広告の一例



図 1.20 前面及びクリック無視広告の一例

表 1.5 第二回実験における妨害強度

強度	広告種	詳細		図
弱 ↓ 強	① 無刺激広告	広告提示なし		1. 1
	② バナー広告	提示場所	画面下部	1. 19
		操作の妨害	なし	
	③ 前面広告	提示場所	画面前面	1. 20
		妨害の解除	容易	
	④ クリック無視広告	提示場所	画面前面	
		妨害の解除	困難	

5.5. 広告刺激に使用する画像

第一回実験では、Web 広告を模した画像を使用していた。しかし、4.13(3)の課題で論じたように、Web 広告の画像がマルチモーダル情報に影響を与えていることが考えられた。そのため、第二回実験では客観的に評価された画像のデータセットを使用して実験を行う。広告刺激の画像に OASIS (Open Affective Standardized Image Set) [29]を利用した。OASIS は、人の覚醒度と感情価に与える影響が評価された 900 枚の画像から構成されている画像のデータセットである。OASIS から、覚醒度が平均より大きく ($Arosal_mean > 3.66$)、感情価の標準偏差が小さい ($Valence_SD \leq 1.1$) 画像を抽出し、公序良俗に反する画像 (例: 死体、ヌード等) を目視で取り除き、176 枚の画像を抽出した、その後、Positive・Negative の値が大きい順にそれぞれ 30 枚ずつを広告刺激の画像として採用した。Positive 画像の例を図 1.21 に、Negative の例を図 1.22 に示す。参加者に提示する画像は、広告刺激の提示時にそれぞれ 30 枚の中からランダムで選ばれる。

参加者には、5.4 節のバナー広告・前面広告・クリック無視広告 と 5.5 節の Negative/Positive のそれぞれの組合せの合計 6 種の広告刺激を与える。



図 1.21 Positive 画像の例



図 1.22 Negative 画像の例

5.6. 広告刺激の提示方法

第一回実験では、広告刺激の提示において提示時間による制御（広告提示から 30 秒間広告提示を継続する）を行った。しかし、提示時間による制御では、参加者に与える広告刺激の回数が参加者のクイズの回答速度に依存した。そのため、参加者によって広告提示の回数が定まらないという課題があった。そこで、参加者に与える広告刺激の回数を一定とする為に、時間ではなく広告刺激の提示回数による制御を加えた。本節では、第二回実験における広告刺激の提示方法を記載する。

第二回実験では、②バナー広告・③前面広告・④クリック無視広告 の3種の広告提示方法に Positive と Negative の画像の組み合わせ6種と①無刺激広告の合計7種の広告刺激の提示順や頻度が測定データに影響しないように制御を行った。広告刺激を提示するタイムチャートを図1.23に示す。

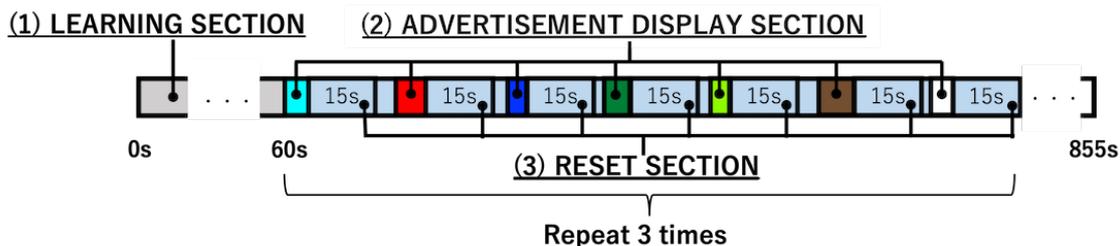


図 1.23 広告刺激を提示するタイミングチャート

実験で実施した広告刺激の提示についてのタイムチャートを3つのセクションに分けて説明する。

(1) LEARNING SECTION :

LEARNING SECTION は、図1.23中においてグレーで示した区間であり、区間長は実験開始から60秒間とした。この区間は参加者が実験用システムについて慣れるために設けた。この区間では、参加者に広告刺激を与えず通常通り2択クイズを表示する。この区間のマルチモーダル情報は取得するが、取得したデータは解析には使用しない。

(2) ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION :

図1.23中の7色で示す区間で、広告刺激を提示している区間である。この区間では、①無刺激広告、②バナー広告 (Positive/Negative)、③前面広告 (Positive/Negative)、④クリック無視広告 (Positive/Negative) の7種の広告刺激を設定した。この区間における参加者のマルチモーダル情報を解析に使用する。①無刺激広告をこの区間に含めた理由は、6種の広告刺激と同等の条件で取得データを取得するためである。

各広告刺激の区間長は定まっておらず，無刺激広告とバナー広告の場合は，クイズの出題～参加者が回答するまでの時間，前面広告とクリック無視広告はクイズの出題～参加者が広告刺激を閉じるまでの時間を区間長とした。

なお，この区間で参加者に与える 7 種の広告刺激はランダムで決定し，7 種すべてを表示するまで表示が重複しない様に制御を行った。

(3) RESET SECTION :

図 1.23 中の薄い青色で表す区間で，一律で 15 秒間を設定した。15 秒経過することで，(2) ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION の影響をリセットできると考えた。15 秒のリセット区間経過後，初めてのクイズの出題時に(2)に遷移する。この区間では，参加者に広告刺激を与えずに通常通りクイズを出題する。この区間ではマルチモーダル情報は取得するが，この区間の取得データは解析には使用しない。

(2)(3)の繰り返しを 7 種の広告刺激がすべて表示し終わるまで実施し，その一連を 3 回繰り返す。従って，合計 21 回の(2)を設定する。(2)の時間と(3)の 15 秒経過後の次の(2)へ遷移するまでの時間は不定である。これは，参加者の PC の操作速度に依存するためである。そのため全参加者へ 21 回の広告刺激の与え漏れがないように，全実験時間を 14 分 15 秒と十分なマージンをとった時間を設定した。

21 回の広告刺激を参加者に与えたあとのマージンとして設定した時間は，取得したマルチモーダル情報のデータは解析には使用しない。

以上の 3 つの区間に分けて解析に必要な瞳孔サイズのデータを収集する。

5.7. マルチモーダル情報の計測

参加者のマルチモーダル情報の計測システムを構築し、実験ブースに配置した。計測システムを図 1.24 に示す。第一回実験と同様に、マウスクリックとマウスカーソルの軌跡は[a]マウスで、視線と瞳孔サイズは[b]Tobii Pro Nano で取得した。

第二回実験では、感情価をそれぞれ[c]Web Camera から取得するが、第一回実験と異なり、実験中は表情画像の保存のみを行い、画像は実験中に処理しない。取得した表情画像は、実験後に Amazon Rekognition や Microsoft Azure [30] 等の Web サービスや、OKAO[®] Vision(OMRON) [31]などの感情認識のサービスや製品により処理を行い、感情価を取得する。これは、4.13(4)で論じた通り実験で取得したデータが不均等であった課題の対策である。

また、第一回実験では、Open Pose により骨格推定を行っていたが、第二回実験では [d] Azure Kinect DK [32] から得られる画像と深度センサにより計測した。Azure Kinect DK を選択した理由は、Open Pose ほど骨格推定に使用する PC のリソースを消費せず、深度カメラ等の専用のセンサを搭載しているため、均等な骨格推定データを取得し易いと考えたためである。

なお、本章では瞳孔サイズの情報のみの解析結果を論ずる。その他マルチモーダル情報の解析については、共同実験者、もしくは、今後の解析の為に取得する。

なお、第二回実験でも、第一回実験同様に実験環境と参加者への配慮を行って実験を実施した。

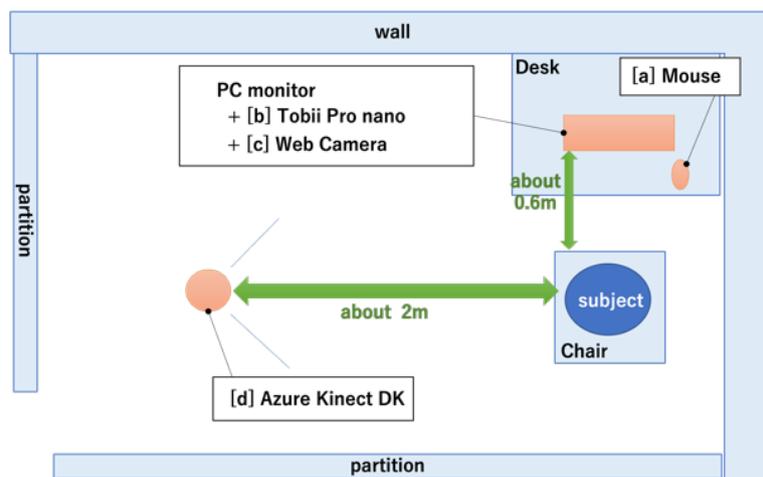


図 1.24 第二回実験のマルチモーダル情報計測システムの概要

5.8. 広告提示に対する瞳孔サイズの変化の観察

(1) 瞳孔サイズへの前処理

実験により取得した瞳孔サイズのデータを確認したところ、異常値・欠損値については、第一回実験よりも少なくなっており、比較的均等なデータを取得できていた。しかし、第二回実験に於いても、測定機器の精度や瞬きなどが影響と考えられる欠損値や異常値が一部に見つかったため、補間処理を行い、それぞれのデータを取り除いた。

本研究では、前処理には以下の処理を実施した。

1. 処理対象の時間のデータを中心として±3 フレームの範囲内に NaN(※)があるものを欠損値と判断する。

(※ プログラム上では、データの取得失敗時は NaN と出力される。)

2. 処理対象の時間のデータを中心として、±1 フレームの範囲内のデータに対して、処理対象の時間データとの差分を実施し、差分が±0.15 以上あるものを異常値と判断する。

1 もしくは 2 を満たす場合、処理対象の時間データを補間対象のデータとして、補間処理を行う。

補間処理は、時間軸の前の値を補間対象のデータとして補間することとした。

1 は瞬きなどの欠損値、2 は機器の測定ミスや精度による異常値であると考えた。

上記の処理を図解したものを図 1.25 に示す。

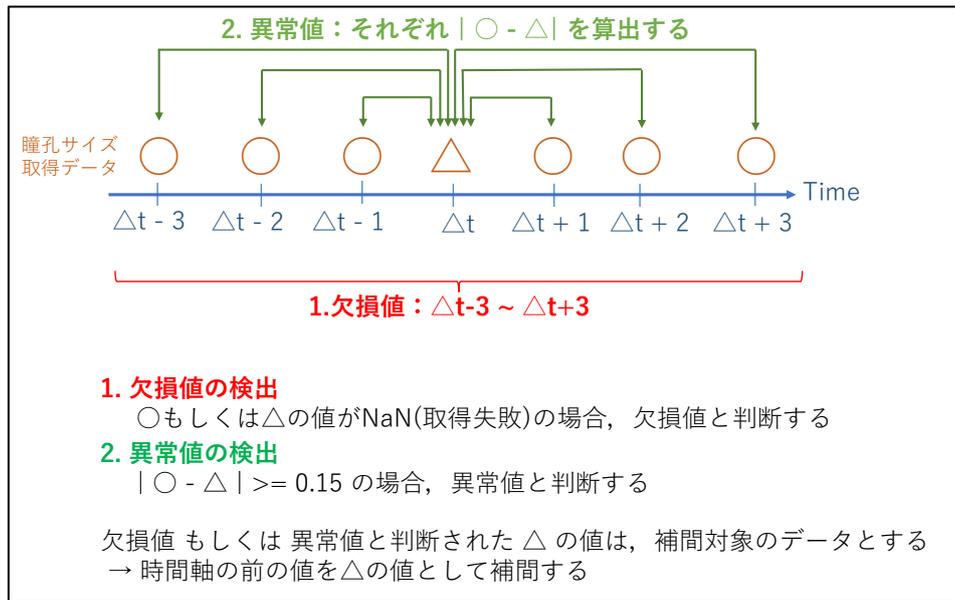


図 1. 25 補間処理の図解

その後, 同時間における右目と左目の瞳孔の平均値を算出した.

参加者の瞳孔サイズを確認したところ, 参加者によって瞳孔サイズのレンジに差あることが見られた. これは, 瞳孔サイズに個人差が存在していたことを示している. この問題を解消するために, 参加者のデータをそれぞれ平均値 0, 分散 1 で標準化を行った. この前処理を行った瞳孔サイズのデータを第一回実験の解析と同様に瞳孔変動と呼ぶ. 以降の解析はこの瞳孔変動を元に実施する.

なお実験時に前髪が目にかかっている参加者が 1 名存在しており, 瞳孔サイズの殆どが正常に取れていなかった (= 参加者 s). そのため, 以降の解析は参加者 19 名を対象に行う. 参加者 s の瞳孔データを図 1. 26 に示す.

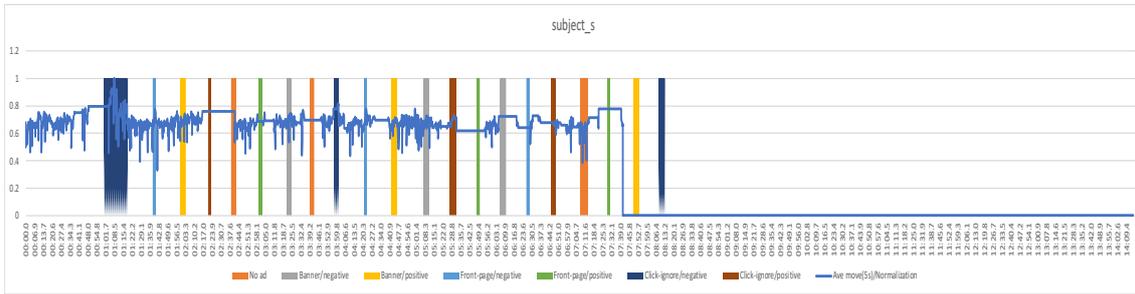


図 1.26 参加者 s の瞳孔データ

(2) 瞳孔変動の解析結果

瞳孔変動の一例を図 1.27 に示す．図中の背景色のついている箇所は図 1.23 で示した ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION を表している．

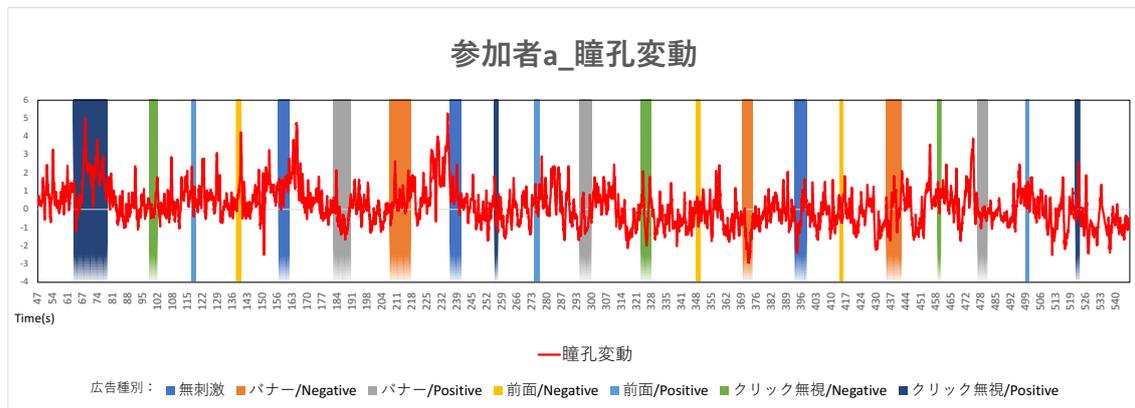


図 1.27 参加者 a の瞳孔データ

図 1.27 では代表して参加者 a のみを示したが，参加者 19 名に共通して ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION の前後で値が変化する傾向があった．特に，クリック無視広告のときに値が大きくなる傾向が見られた．

(3) 瞳孔変動の周波数成分における解析結果

(2)の解析結果より、瞳孔変動には周期的な動きが見られた。そのため、周波数成分に分解して解析を試みる。周波数成分への分解は、デジタルフィルタを用いた。デジタルフィルタには、 $0 - 0.01[\text{Hz}] / 0.01 - 0.1[\text{Hz}] / 0.1 - 10[\text{Hz}]$ の周波数領域へ分解する3つのバンドパスフィルタを採用し、フィルタ長は501とした。

(3.1) $0 - 0.01[\text{Hz}]$ 領域の瞳孔変動について

図 1.28 に参加者 a の $0 - 0.1[\text{Hz}]$ のバンドパスフィルタを適用させた瞳孔変動を示す。

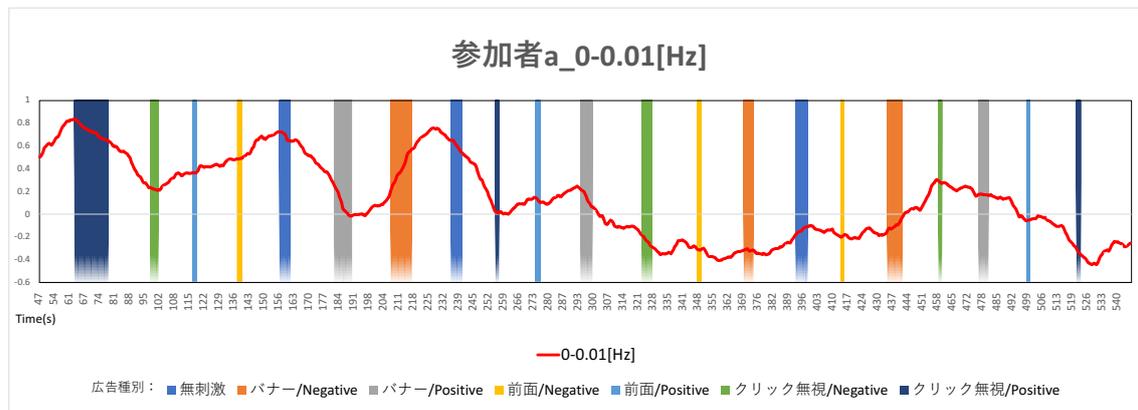


図 1.28 参加者 a の $0 - 0.01[\text{Hz}]$ 領域の瞳孔変動

低周波数成分の特性より、大きな変化を捉えることができた。低周波数成分に分解した場合も参加者 19 名の瞳孔変動には ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION に値が変化しやすい傾向があることがわかった。また、同じ種類の広告刺激でも値が大きくなるとは限らないということがわかった。

(3.2) 0.01 - 0.1 [Hz]領域の瞳孔変動について

図 1.29 に参加者 a の 0.01 - 0.1 [Hz] の瞳孔変動をグラフで示す。

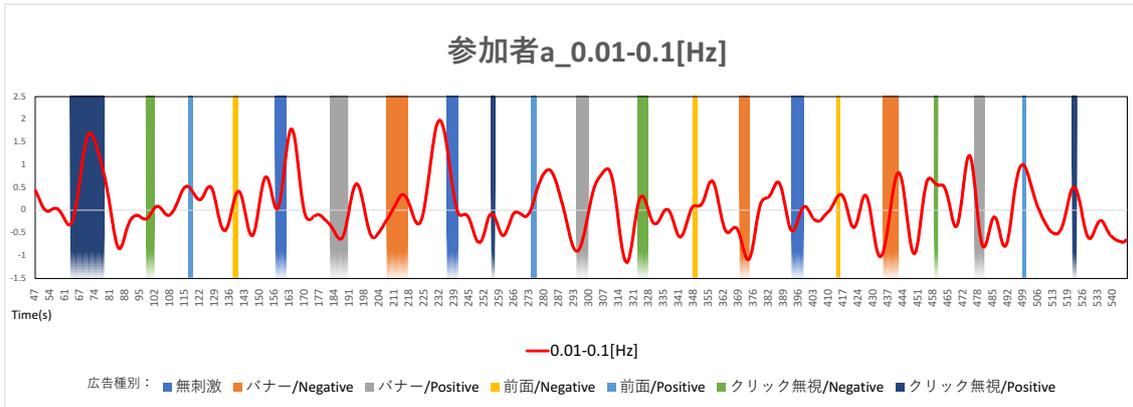


図 1.29 参加者 a の 0.01 - 1.0 [Hz]領域の瞳孔変動

0.1 - 1.0 [Hz]の中帯域では、0.0 - 0.1 [Hz]の低帯域よりも、細かな動きを捉えることができた。広告刺激を参加者に与えた区間で高い値をとる傾向が見られた。また、広告刺激開始から数秒後に反応する傾向が見られることもわかった。しかし、広告刺激のない場合も瞳孔変動の変化があり、これはクイズの問題から刺激を受けていると考えられる。

以上のように、中帯域では低帯域の動きとは異なった特徴を示した。

(3.3) 0.1 - 10.0 [Hz]領域の瞳孔変動について

図 1.30 に参加者 a の 0.1 - 10.0[Hz]の高帯域の変動を示す。

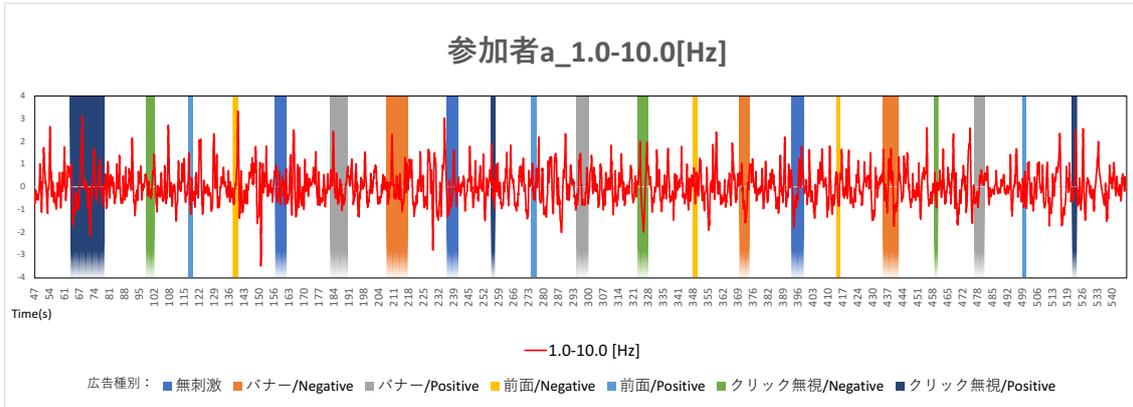


図 1.30 参加者 a の 0.1 - 10.0 [Hz]領域の瞳孔変動

図 1.30 より、1.0 - 10.0[Hz]の高帯域では、ほぼ0を中心に値が変化している。また振幅が非常に小さい。広告刺激の周辺で若干値は大きくなっているように見えるが、細かな動きであるため特徴が捉えづらい。そのため、高帯域では、パワーに着目して解析を行う。パワーを算出するために二乗平均(前後2秒 241点)を算出した結果を図 1.31 に示す。

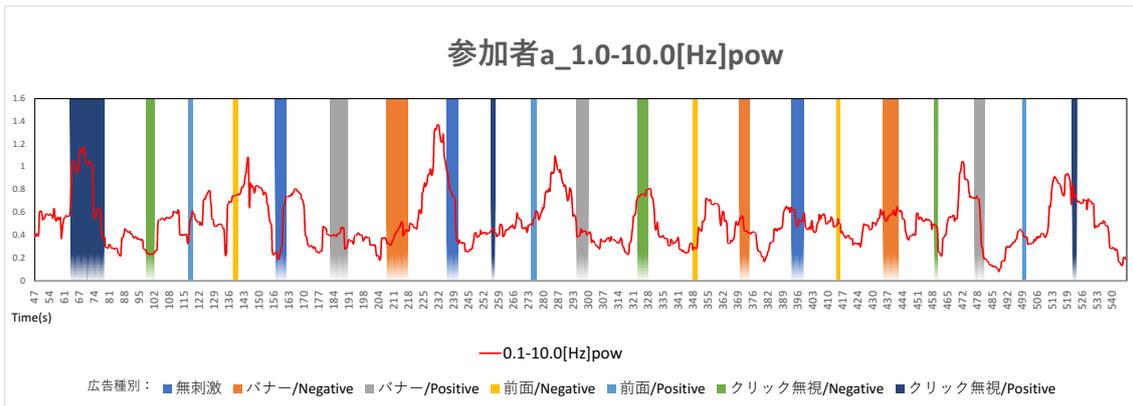


図 1.31 参加者 a の 0.1 - 10.0 [Hz]領域の瞳孔変動の二乗平均

図 1.31 はランダムに近い信号といえるが、高帯域でも ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION の周囲で値が大きくなる傾向がある。これまでの(3.1)、(3.2)の信号とは異なる特徴を示した。

(4) 短期移動平均と長期移動平均の差分値による解析結果

短期移動平均と長期移動平均の差分に着目した。移動平均の差分は、株価予想に一般的に使用される指標で、株価トレンドの上昇下降の切り替わりを予測するために使用される。本研究でも、トレンドの変化を捉えることができると考えた。なお、短期移動平均は、瞳孔変動の5秒(前後2.5秒)、長期移動平均は瞳孔変動の16秒(前後8秒)とした。算出した値を図1.32に示す。

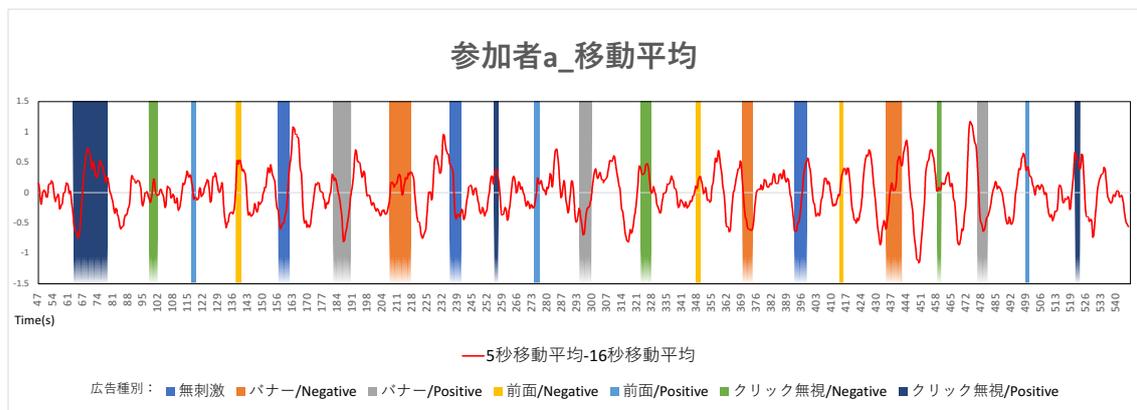


図 1.32 参加者 a の瞳孔変動の短期移動平均 と 長期移動平均の差分

図 1.32 では、瞳孔データや周波数成分に着目した解析とは異なる傾向のグラフを示した。これまで示したグラフの中では、図 1.31 に示す高い周波数領域の瞳孔変動の二乗平均のグラフが最も近い。しかし、細部は若干異なっており、特に ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION の周囲で鋭い変化を示した。

本節では代表して参加者 a の計測結果を示した。全参加者の瞳孔変動、瞳孔変動を低・中・高周波数帯域、5 秒-16 秒の移動平均の差分については付録にて示す。

5.9. 瞳孔特徴ベクトル

5.8 節で示した解析結果から，広告刺激を与えている際に瞳孔変動に特徴的な変化を示している可能性が示唆された．提示した広告刺激の瞳孔サイズへの影響を定量的，且つ，詳細に調査するため，第一回実験同様に SOM を用いて分析を行った．

SOM に入力する瞳孔特徴ベクトルを $I_1 \sim I_5$ に定義する．なお，広告刺激の条件を統一するため特徴ベクトルを算出する時間は，ADVERTISEMENT DISPLAY SECTION が開始してから 8 秒間に統一した．

参加者 1 名あたり合計 21 回の広告刺激を与える (5.5 節参照) ため，この広告刺激ごとに特徴ベクトルを算出し，参加者 19 名に対して，399 資料の瞳孔特徴ベクトルを算出し，SOM によって分類を行った．

(1) 瞳孔変動の区間平均値 : I_1

瞳孔サイズのエデータ自身に特徴が含まれていると考えた．そのため，5.8 節で示した瞳孔変動から特徴を捉える．参加者に広告刺激を与えている区間の瞳孔変動の区間平均を求めて I_1 とした．

(2) 周波数成分の区間平均値 : I_2 , I_3

5.8 節の 0 - 0.01 [Hz] と 0.01 - 0.1 [Hz] の領域の瞳孔変動について，(1) 同様に参加者に広告刺激を与えている区間の平均値を算出し，前者を I_2 ，後者を I_3 として採用した．これは，それぞれの信号の振幅値を特徴量として表したものである．

(3) 周波数成分の区間 2 乗平均値 : I_4

5.8 節の 0.1 - 10.0 [Hz] の領域の瞳孔変動について，2 乗平均値を求め，(1) と同様の区間で I_3 として特徴量として採用した．これは，それぞれの信号のパワーを特徴量として表したものである．

(4) 短期 - 長期移動平均の差分の区間平均値： I_5

5.8 節の短期-長期移動平均の差分についても，(1)と同様に平均値を算出し， I_5 として採用した。

5.10. 自己組織化マップによる学習結果

参加者 19 名の瞳孔特徴ベクトルを SOM の U-matrix 法により学習した結果を 図 1.33 に示す。

学習の際に設定したパラメータは，以下の通りである。

- 初期値:主成分分析による出力結果
- 学習回数:3000 回

また，瞳孔特徴ベクトルを構成する特徴量間のスケールの影響を避け，また，個人差による影響を最小限に抑えるために，参加者ごと且つ特徴量ごとに平均値 0，分散 1 で標準化を行い，SOM の学習を円滑に実施できるように処理を行った。

(1) 全体の分類

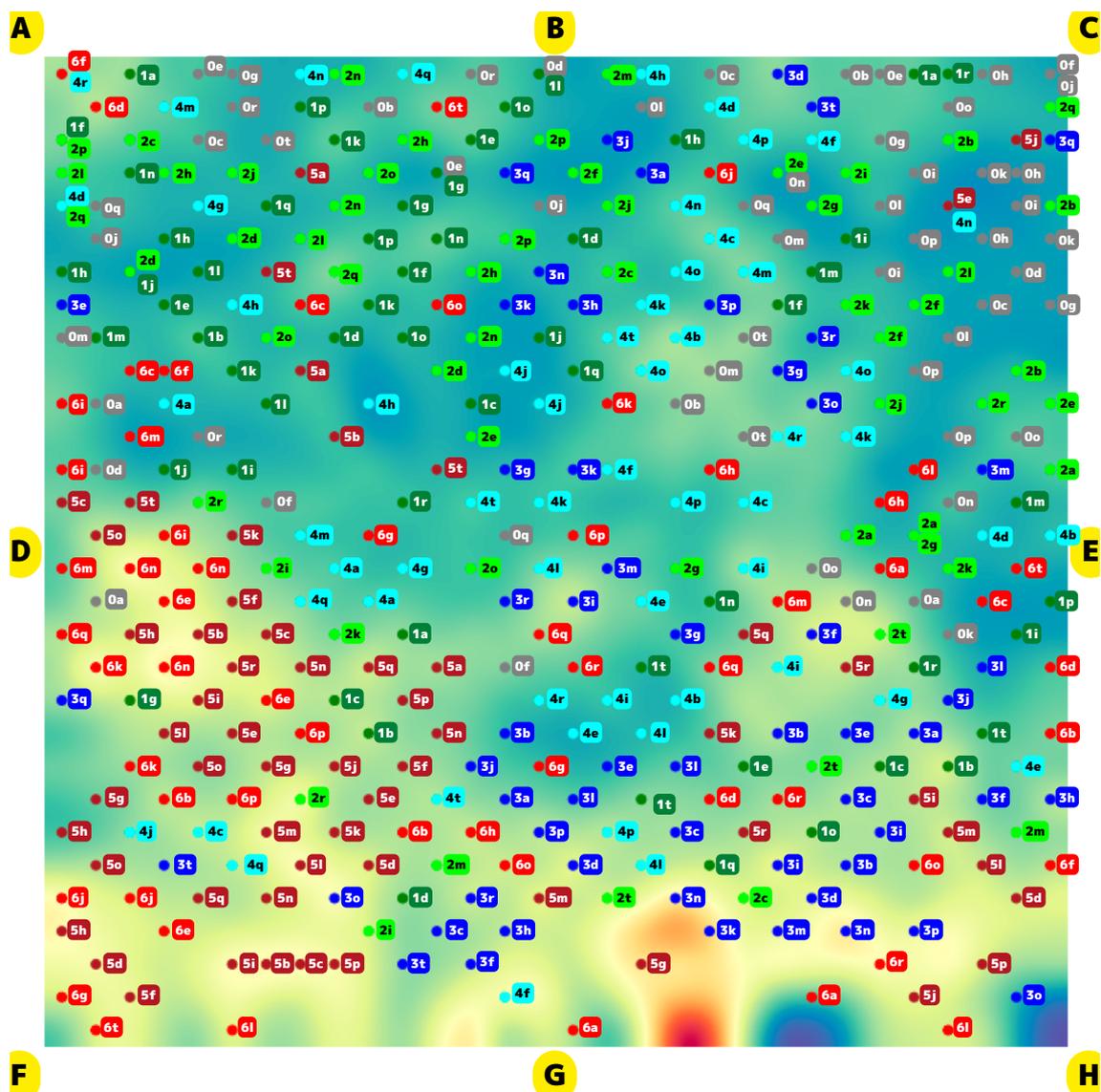


図 1.33 参加者 19 名の全広告刺激の分類結果

図 1.33 では、各瞳孔特徴ベクトルがマッピングされた位置を○で示し、瞳孔特徴ベクトルの種別を示すラベルを添えている。ラベルには、参加者を示すアルファベット(a~t、但し s 除く)と広告刺激の種類を示す数字(0:無刺激広告, 1:バナー広告/Negative:, 2:バナー広告/Positive, 3:前面広告/Negative, 4:前面広告/Positive, 5:クリック無視広告 /Negative,

6 : クリック無視広告/Positive) を併記している. また, 図の隅に示した A~H の記号は以降の説明で使用する為に記載した記号であり, SOM の学習結果によるものではない. 図 1.34, 1.35 においても, 同様に隅に A~H の記号を記載する.

図 1.33 では, C から F にかけて妨害強度の強さに従ってマッピングされている傾向が見られる. F 周辺に妨害強度の最も強いクリック無視広告 (5, 6/brown, red) がマッピングされる傾向があり, クリック無視広告に対して瞳孔変動が特徴的に反応することを示している. クリック無視広告は, 背景色が赤~黄となっていることから, クリック無視広告以外の広告刺激からは離れた特徴を示している. また, クリック無視広告同士も離れた特徴を示している. これは, 第一回実験と同様の傾向と言える. 図の中央付近から G の周辺に前面広告 (3, 4/cyan, blue), A~C 周辺にバナー広告 (1, 2/green, lime) と無刺激広告 (0/gray) がそれぞれ集まっており, 大まかに広告の提示方法の分類が可能であることがいえる.

広告画像 (奇数 : Negative, 偶数 : Positive) の分類のみに着目すると, 明確な分類はできていないが, 同じ広告提示方法の中では, 一定の精度で Negative/Positive の分類ができていることがわかる. 特に前面広告の場合は一部混在するものの, G 周辺に Negative, 中央部に Positive が集まって表現されており, 比較的明確に分類できている.

以上より, 広告画像が瞳孔変動に一定の影響を与えていることが考えられる. しかし, 広告提示方法ほどの影響はなかったといえる.

以上より, 本章で定義した瞳孔特徴ベクトルは, 広告刺激の表示方法による瞳孔サイズの変化の違いをよく表したものであったといえる. また, 広告の提示方法ほどではないが, 広告画像による影響も表現しているといえる.

正しく分類できなかった特徴については, クイズの出題内容から受ける刺激や, 広告刺激を受けても参加者の状況によっては正しい広告刺激として瞳孔変動が反応しなかったと考えられる.

(2) Negative/Positive に限定した場合の解析結果

更に詳細に解析を行うため、分類する資料を限定して SOM による学習を行った。Negative のみ、Positive のみに資料を限定して学習した結果を図 1.34, 1.35 に示す。

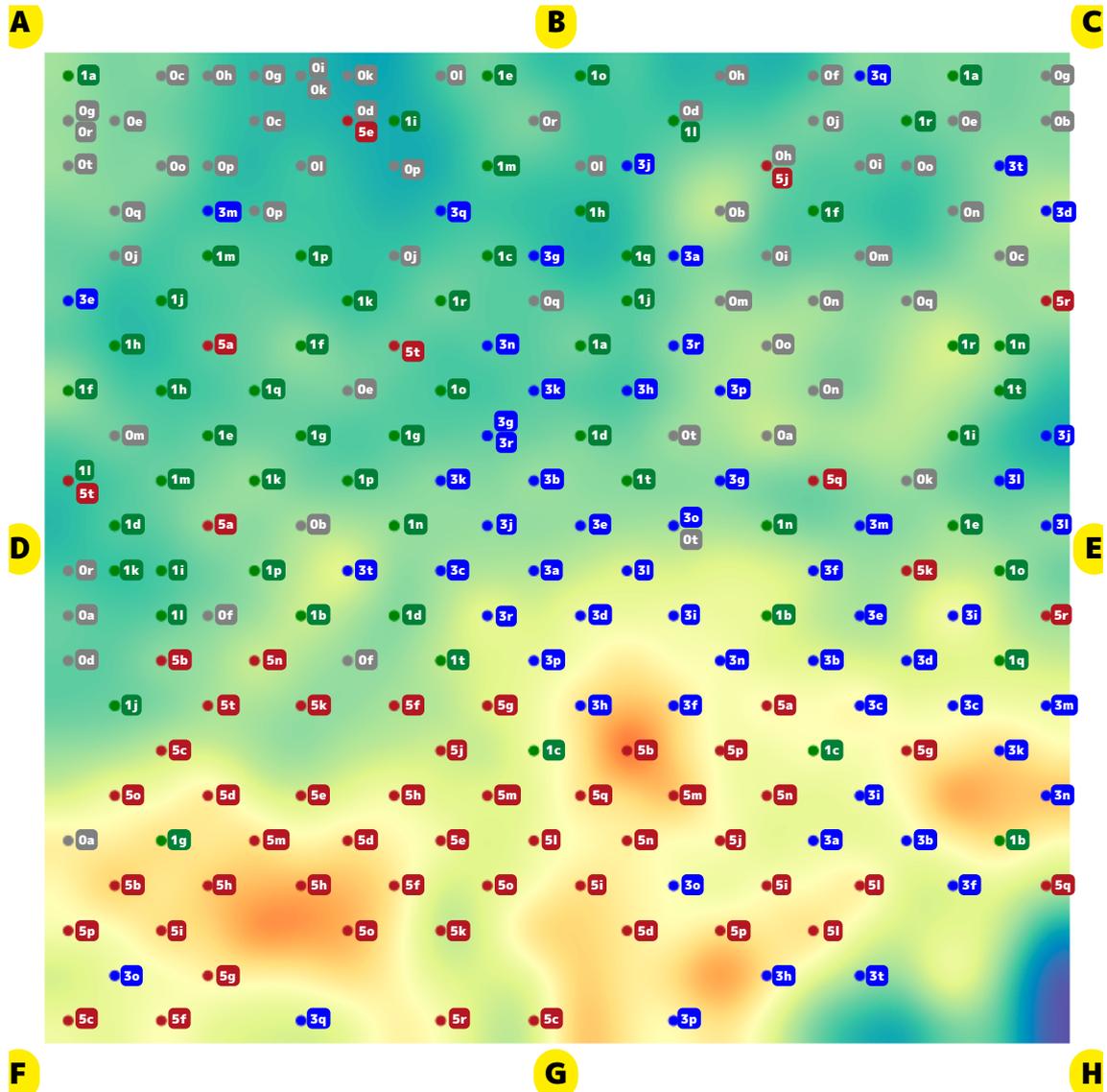


図 1.34 資料を Negative に限定した分類結果

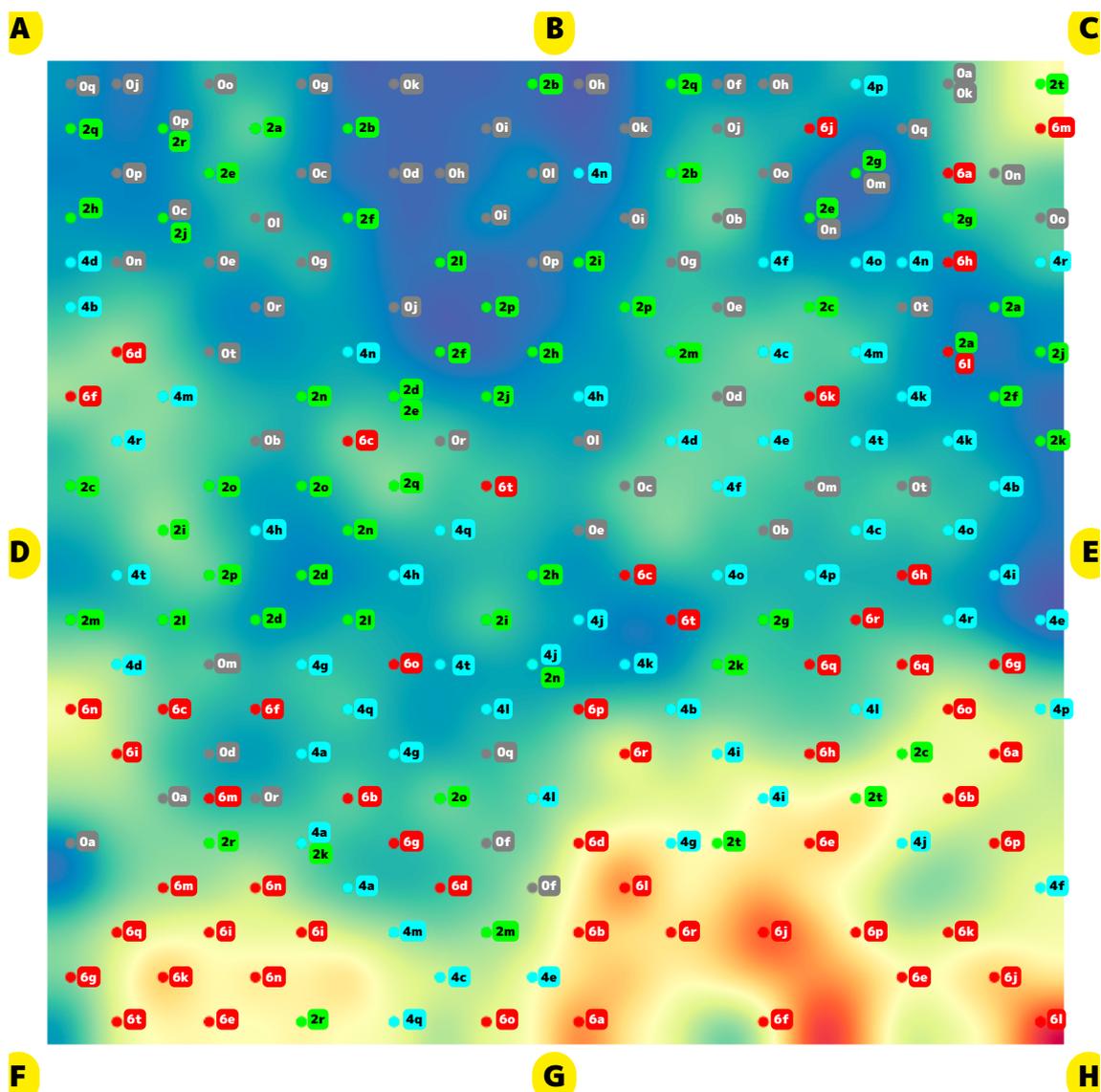


図 1.35 資料を Positive に限定した分類結果

Negative と Positive それぞれ資料を限定して分類を行った場合でも、一定の精度で広告提示方法の分類が可能であった。

Negative 画像に絞って分類を行った図 1.34 では、F~G 周辺にクリック無視広告、E~画面中央にかけて前面無視広告、D 周辺にバナー広告、A~C にかけて無刺激広告が存在する割合が高く、高い精度で広告種別の分類ができているといえる。一方で、Positive 画像に絞って分類を行った図 1.35 では、F~H にクリック無視広告、A~C に無刺激広告

が多く存在する割合が高いが、画面中央部には4種類の広告刺激が存在しており、精度高く分類ができているとはいえない。このように図 1.34 と図 1.35 を比較した場合、Positive 画像群よりも、Negative 画像群に資料を限定した場合の方が広告刺激の提示方法を分類できている。このことから、本章で定義した瞳孔特徴ベクトルは、Negative な画像の方が瞳孔変動に特徴的な反応を示しやすい傾向があった。

(3) 広告刺激種類に限定した場合の解析結果

バナー広告、前面広告、クリック無視広告のそれぞれに資料を限定した解析結果を図 1.36～1.39 に示す。

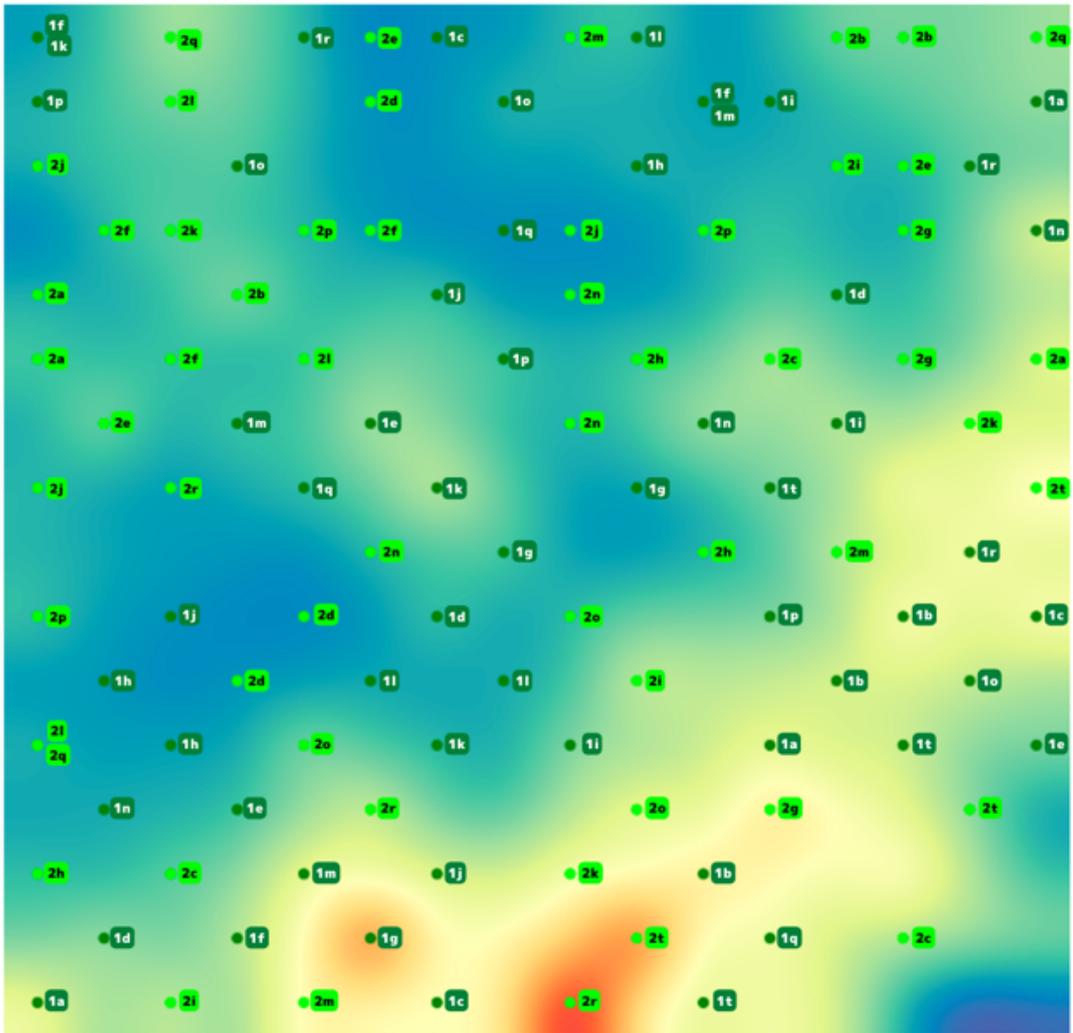


図 1.36 資料をバナー広告に限定した分類結果

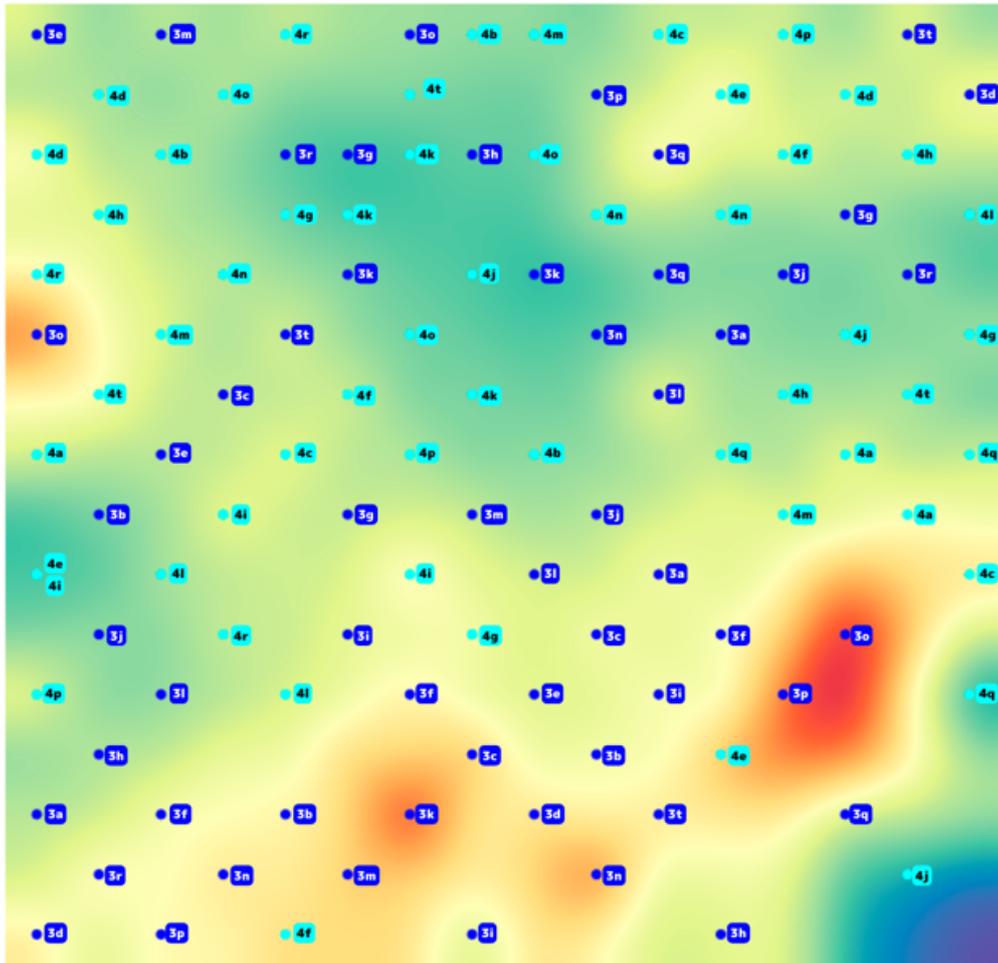


図 1.37 資料を前面広告に限定した分類結果

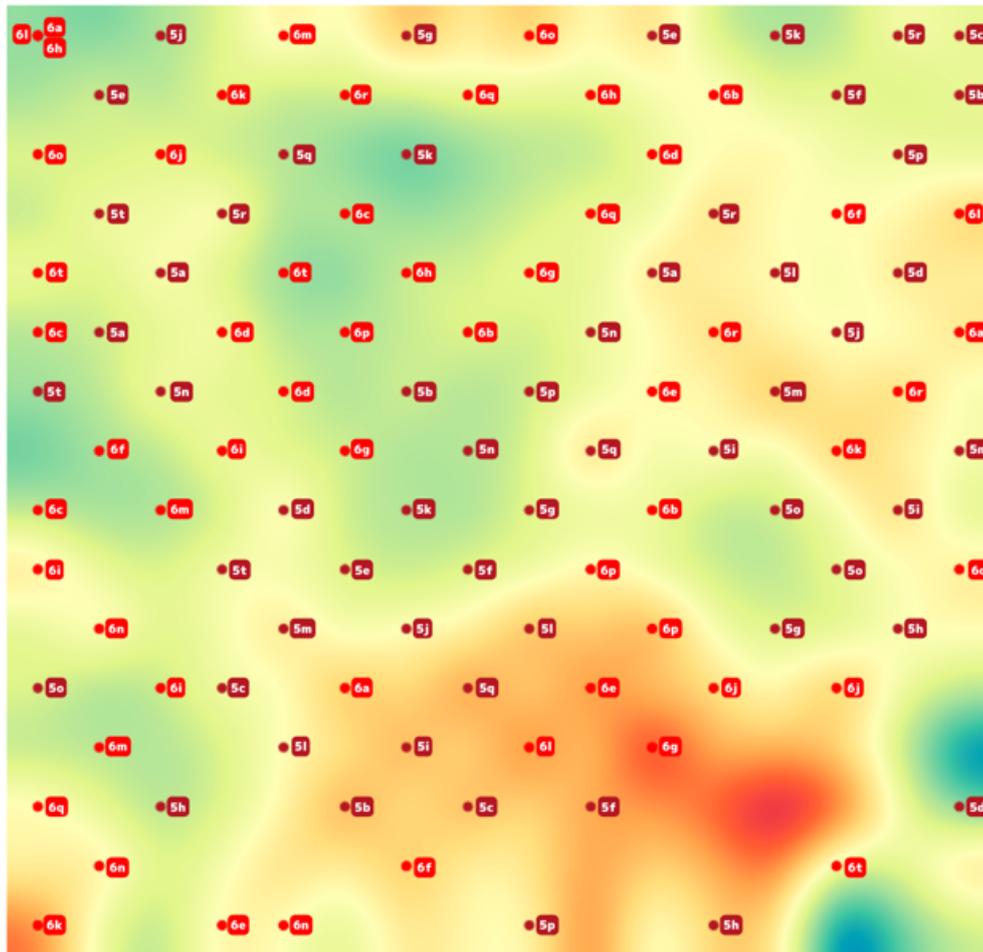


図 1.38 資料をクリック無視広告に限定した分類結果

図 1.36～1.38 の中では、前面広告が最も明確に Negative/Positive の広告画像を分類できており、特に下部に Negative な画像が集中している。これは、前面広告において表示する画像の違いが瞳孔データの反応に現れやすいことを示唆している。また、バナー広告とクリック無視広告は、一定の精度で Positive と Negative 分類できているが、分類結果の境界が明確でないため、これらの広告は前面広告と比較して瞳孔変動に反応が出づらいつ傾向があるといえる。

5.11. 結論

第二回実験では、第一回実験において課題となった「実験条件の統制」について配慮し、実験を行った。また、第一回実験と同様に SOM を使用した解析を行い、瞳孔データから広告種別を一定の精度で分類が可能であり、広告刺激間の相対的な位置関係が広告の妨害強度に従っているという「第一回実験の解析結果の再現性」を確認することができた。より統制の取れた実験条件により、瞳孔変動の変化に特徴を示すことができたため、第二回実験の目的を果たし、成果を得ることができたと考える。

第二回実験においても、広告刺激を与えた際の瞳孔変動の変化に特徴的な動きを発見した。また、その特徴から定義した特徴ベクトルを $I_1 \sim I_5$ に定義し、SOM により学習を行うことで、一定の精度で広告刺激の分類が可能であることを示した。

SOM による分類結果より、ウェブ広告の提示が瞳孔変動に与える変化に以下の傾向が存在した。

- ① 広告の提示方法の違いは瞳孔変動の変化に影響を及ぼす傾向がある。
- ② 広告刺激の内、クリック無視広告は、他の広告刺激から離れた特徴を示す傾向がある
- ③ Negative/Positive の広告画像の違いは前面広告において瞳孔変動に影響しやすく、バナー広告やクリック無視広告では影響しづらい傾向がある。
- ④ 一定の精度で提示方法/画像の分類が可能であったが、参加者の状況等の他要因によってはうまく分類できない場合がある。

5.12. 課題

ここまでの議論から漏れた課題，および今後の展望について列挙する．

(1) 分類に失敗した資料

正しく分類できなかった広告刺激についての詳細な解析を行い，瞳孔変動の変化に影響しなかった広告表示方法の原因を求める．

(2) さらに精度向上を目指した特徴ベクトルと機械学習

$I_1 \sim I_5$ により，SOMによる分類を行った．現時点では， $I_1 \sim I_5$ が広告刺激の提示方法及び，広告画像を最も正確に分類可能であったが，さらに正確に分類できるように新たな特徴ベクトルを検討する．また，特徴ベクトルを算出するまでの前処理についても再度検討する余地がある．

本稿では，特にSOMに着目して実験を行ったが，機械学習には他の手法も多く存在する．SOM以外の機械学習により分類を検討し，より適した分類手法の提案を行う．

(3) 参加者の属性

第一回実験よりも多くの参加者にご協力いただき，性別・年齢・大学専攻の属性の偏りを極力少なくしたが，年齢層などにまだ偏りがある．そのため，より広い属性の参加者のマルチモーダル情報を取得する実験を検討する．

上記の課題を通じて，マルチモーダル情報がどのような情動を反映しているのかを実験的に調査し，実際の広告システムに応用する道を探っていく．

5.13. Web 広告への活用方法

本稿の結論から、実際の Web 広告への効果的な活用方法を提案する。実際の Web 広告を効果的に運用するにあたり、提示方法や画像に以下の点を留意して提示することが望ましいと考える。

(1) Web 広告に使用する画像の印象

第一回・第二回実験を通して、クリック無視広告は、他の広告刺激から遠く離れた特徴を示した。このことから、クリック無視広告のように Web 広告を閉じる為に多くの操作を要求し、ユーザの操作を強く邪魔をするような広告はユーザにとって大きな影響をあたえらるゝと考えられる。しかし、クリック無視広告で使用している Negative/Positive 画像の分類が正確に行えなかったことから、表示している広告画像の印象よりも、広告の提示に意識が向いていると考えられる。そのため、Web サイトを利用するユーザに広告内容を印象づけたい場合には、広告に対して多くの操作を必要とするような表示方法は適していないことが考えられる。

(2) Negative/Positive 画像の違い

第二回実験より Positive 画像群よりも Negative 画像群のほうが広告刺激の提示方法を正確に分類しやすかった。そのため、参加者にとっては Positive な画像よりも Negative な画像を使用したほうが、Web 広告の画像に表示されている内容の区別がされやすかったといえる。Web 広告の画像の区別がされやすいということは、広告の内容に印象が付いていたともいえる。そのため、ユーザに広告内容を印象付けたい場合は、Negative な画像を使用するほうが良いと考える。一方で、Negative な画像はユーザに悪い印象を与える可能性があるため、慎重に画像を選択すべきである。

(3) バナー広告の効果

バナー広告は、多くの割合で無刺激広告と同化してしまっていた。そのため、無刺激広告との印象の違いが現れづらい可能性がある。ユーザへ与える印象が少なくなることを考慮して Web 広告を提示する必要がある。

6. 解釈

インターネット広告についての意識調査[3]によれば、前面広告及びクリック無視広告の様に、画面中央の表示や操作の妨害をするような Web 広告に対して最も邪魔・迷惑と感じるという結果が出ている。この結果から、本稿で発見した瞳孔変動の特徴によりユーザの邪魔・迷惑という情動を識別できる可能性がある。

具体的には、図 1.18 の SOM マップ上で左上方向や図 1.33 の C 周辺にマッピングされる区間の提示は邪魔・迷惑と感じず、図 1.18 の右下方向や図 1.33 の F 周辺にマッピングされる区間では邪魔・迷惑と感じていた可能性がある。

情動の定量評価に活用されるラッセルの円環モデル[33]では、邪魔・迷惑という情動は、不快感やストレスといった第二象限に相当するといえる。本稿の手法は、Web 広告提示時の参加者の情動について、ラッセルの円環モデルの第二象限での強度を定量的に表現できる可能性がある。

医学的な観点では、ストレス・覚醒・注意・眠気により瞳孔径が変化することが報告されている[34]。同文献によれば、「驚いた時や興奮した時など交感神経が優位な状態で散瞳し、眠い時や疲れた時など副交感神経が優位な状態で縮瞳する。また、認知的負荷が増えると、瞳孔径が肥大化する」。本稿における広告刺激がストレスや驚きなどの感情を促したとも考えられる。この結果はユーザの感じる邪魔・迷惑が瞳孔サイズの肥大化につながった可能性があり、医学的な観点も含め、Web 広告による刺激でも機械的に検知できる程度には瞳孔サイズの変化が現れたことが考えられる。

7. 結論

本研究は「広告刺激によって、ユーザのマルチモーダル情報に特徴的な変化が現れる」と仮説を立てて2回の実験と解析を行った。第一回・第二回実験を通じて、参加者の瞳孔サイズの変化に特徴を発見した。その瞳孔サイズの変化を瞳孔特徴ベクトル化し、SOMを使用することで一定の精度でWeb広告の種類を部類することができた。2回の実験によりWeb広告の種類により瞳孔サイズの変化に再現性があることも確認できた。また、実験結果をもとに、Web広告の適切な提示方法を提案することもできた。

8. 今後の課題

本稿で議論できなかった以下の課題について述べる。

(1) 特徴ベクトルの再考

第一回・第二回の実験を通じて、Web広告の提示方法や画像が瞳孔変動の変化に影響を与えることがSOMにより共通して確かめられた。しかし、2回の実験でSOMに学習させる特徴ベクトルの算出方法が異なった。2回の実験で実験条件が厳密には異なっていたことなどが原因と考えられるが、実験条件などが異なった場合でも、堅牢さのある特徴ベクトルを再検討する。また、SOM以外の機械学習の手法も選定して、より明確に広告刺激を分類する手法を検討し、Web広告によるユーザの情動を推測するシステムの構築を目指す。

(2) 汎用的な実験の検討

本稿で示した2回の実験では、参加者にはいずれも2択クイズの操作を課した。これは、参加者にとって複雑でないWebコンテンツの代表として採用した。

今後は本稿で示した結果について、2択クイズ以外のWebコンテンツにも利用できることを検証する。多くのWebコンテンツに活用可能な瞳孔サイズの変化の特徴を追求することで、本稿の結論が一般的に利用可能になることを目指す。特に情報ポータルサイトやプロ

グのような一般的によく利用されるコンテンツにおいても利用できる手法を提案することで、社会一般への貢献のできるシステムの構築を目指す。

(3) 他マルチモーダル情報の解析と複数マルチモーダル情報の組み合わせ

本稿では、特にマルチモーダル情報の内、主に瞳孔サイズに着目し、マウスクリックの情報を組み合わせて解析を行った。2章でも述べた通り、瞳孔サイズ以外のマルチモーダル情報にもユーザの情動を推測する情報が存在している可能性が高い。その為、瞳孔サイズ以外のマルチモーダル情報の解析を推進する。

また、2.3節でも論じたが、単一のマルチモーダル情報だけではなく、複数のマルチモーダル情報を組み合わせて、システムに応用している事例が多く存在する。本研究でもより的確に Web 広告の効果を測定・予測することができるシステムの構築を目指し、複数のマルチモーダル情報の組み合わせによる解析も検討する。

(4) 実験条件

実験環境や実験の内容などの条件には 4.7 節で記載したように最大限配慮して実験を行った。しかし、外光の変化などの広告刺激以外による参加者への影響が全くなかったとは言いがたい。そのため、今後はより厳密に実験条件を設定し、暗室などを使用した上で照度を一定に保つ、2択クイズ以外の実験システムを考案する等、より Web 広告による刺激のみを明確に抽出できるような実験を再検討する。

本稿における 2 回の実験を通して、(1)～(4)に示した課題が存在した。今後はこれらの課題を解消し、より正確にユーザの情動の推定が行えるようにデータの収集、解析を繰り返していく。

第二部

コンピュータによる人間行動の補助

～ハンディキャップを持つ人への援助行動を促す

スマートフォンアプリケーション「デジタルヘルプサイン」

の開発～

1. 背景

1.1. ヘルプマークとマタニティマーク

ヘルプマーク（図 2.1a） [35]とは、東京都により作成されたピクトグラムである。義足や人工関節を使用している患者、内部障害や難病の患者、または妊娠初期の女性など、援助や配慮を必要としていることが外見では分からない人々が、周りに配慮を必要なことを知らせることで援助を得やすくなるよう作成された（以下、援助等を受けたい人々を要援助者、援助等の行動を起こす人々を援助者と呼ぶ）。ヘルプマークは2012年（平成24年）10月よりサービス開始し、当初は東京都独自の取り組みとして始められたが、現在では、全国の自治体にも広がっている。

マタニティマーク（図 2.1b） [36]とは、妊産婦を対象として、ヘルプマークと同様に、援助者の援助行動を得やすくする目的で作成された。全国的には2006年（平成18年）に厚生労働省によってデザインが制定されたものが普及している。



a. ヘルプマーク



b. マタニティマーク

図 2.1 援助や配慮を伝えるピクトグラム例

1.2. 援助者の心理と状況

乗りものニュースの記事[37]によると、「列車内で席を譲ろうかどうか迷うことはありますか?」という設問では「ある」と78.7%が回答している。「ある」と回答した理由(複数回答)は、回答数上位から「断られたらどうしようと思うから」32.7%、「声をかけるのが得意ではないため」32.5%、「以前、譲ろうとして断られたことがあるため」32.1%であった。席を譲る意思があっても、公共交通機関で座席を譲ることに躊躇する場面が多いことがわかる。

また、参考文献[38]では、ヘルプマークの主な利用シーンは公共交通機関であることが報告されている。公共交通機関である電車内の過ごし方について、株式会社アスマークの調査[39]では、「あなたは、電車に乗っている時、何をしていますか。(複数選択可)」という設問に対して、「スマートフォンの操作」という回答が67.3%を占めていた。また、睡眠や読書の回答が多く、個人の作業に集中する状況下であると報告されている。

2. 課題と目的

ヘルプマークが主に活用される公共交通機関において、援助者はスマートフォンの操作など個人の作業に集中している事が多い。そのため、第一の課題は要援助者が近くに存在していても、援助者が要援助者の存在に気づきづらいということである。第二の課題として、援助者が要援助者に気づいても声をかけづらいということである。

一方、個人のスマートフォンの保有率は年々上昇しており、2019年時点で83.4%となっている[40]。

スマートフォンは普及率が高く、ヘルプマークの活用シーンにおいて援助者が利用している可能性も高い。さらに導入に対する敷居の低さなどからもスマートフォンアプリを開発することで上記の課題を解消できると考えた。

本研究の目的はスマートフォンを用い要援助者と援助者をセキュアに結びつけ、ヘルプマークの課題を解決する手法を提案することである。本稿では、この目的に沿って開発したスマートフォンアプリケーションの機能及びその実現に要する技術的な面について説明す

る。また、開発したアプリケーションについて街頭アンケートを行った結果とその結果を受けた機能追加について述べ、簡単なシナリオ実験の結果を報告する。

3. 関連研究

本研究のように Bluetooth を介護・福祉分野に応用する関連研究には、永井らの研究 [41] や武田ら [42] の研究などが存在する。永井らの「BLE 発信機とスマートフォンを用いた高齢者見守り機構の開発」では、お守りに見立てた専用の Bluetooth 機器を高齢者が所持する前提でシステムを構築していた。専用端末とスマートフォンを予めペアリングしておき、固定の端末間の接近及び離反を検知するシステムを考案している。

武田らの「Bluetooth を用いた視覚障がい者向け音声案内システムの構築」では、イーエルアイ社の開発する Bluetooth 情報発信機器 (BLUETUS) [43] を使用している。視覚障がい者に向けて、スマートフォンと BLUETUS 間の距離により、視覚障がい者に向けて音声での観光案内をするシステムを考案した。しかし、BLUETUS が専用の有償のハードウェアであること、また、システムの開発にライブラリが必要であり、そのライブラリが有償であり、一般環境下への導入の敷居が非常に高い。更に BLUETUS の動作にはコンセントが必要であり移動しての使用ができない。

先行研究 [41] [42] より、介護・福祉分野に多くの応用例が存在すること、Bluetooth の送受信により端末同士の接近を検知できることがわかった。しかし、上記 2 例とは異なり、本アプリではより普及しやすく、一般的に受け入れられるように、専用の機器を使用せず送受信ともに利用者の所持しているスマートフォン端末に本アプリをインストールして利用する前提で開発を行うこととした。

4. デジタルヘルプサインについて

本研究で開発したスマートフォンアプリケーション：デジタルヘルプサイン（以下，本アプリと呼ぶ）について，要援助者，援助者毎の使用方法を通じてその動作を説明する．

4.1. 対応 OS

表 2.1 に本アプリの対応 OS と端末例を記載する．

本アプリの動作の最低条件として，Bluetooth Low Energy（以下，BLE と呼ぶ）に対応していることが必須となる．OS のバージョン依存による細かい処理の違いはあるが，基本的な動作や使用方法は，以降に記載する手順である．

表 2.1 対応 OS と端末例

OS	Android	iOS
対応バージョン	5(Lollipop)～	iOS6～
動作確認端末例	Pixel 4a 他	iPhone 4S 他

4.2. 要援助者の使用方法

要援助者が本アプリを使う場合の使用方法を(a)～(e)と図2.2に示す。

- (a) 予め要援助者が自身の状況に合わせヘルプモードもしくはマタニティーモードのいずれかを設定しておく。
- (b) 援助が必要となったとき本アプリを起動し、START ボタンを押下し周囲にヘルプを要求する。
- (c) 通常通り、物理的なヘルプマークやマタニティーマークは援助者の見える位置に装着しておく。
- (d) ヘルプを受信した援助者の申し出を待ち援助を受ける。
- (e) 援助の必要がなくなったら、STOP ボタンを押下して周囲へのヘルプ送信を停止する。



図 2.2 要援助者の使い方（本アプリ「使い方」より）

4.3. 援助者の使用方法

援助者が本アプリを使う場合の使用方法を(a)～(e)と図 2.3 に示す。

- (a) 予め援助者がヘルパーモードを設定しておく。なお本アプリの default 値はヘルパーモードである。
- (b) 援助者が援助可能な状況になった際、START ボタンを押下し、ヘルパーモードを開始する。
- (c) 近隣 (1～3m 範囲内程度) にヘルプを送信している要援助者を検知した場合、ダイアログとバイブレーションで通知が届く。ダイアログを閉じると、ヘルパーモードが停止する。
- (d) ヘルプマークまたはマタニティマークをつけている要援助者を探す。
- (e) 座席を譲るなどの援助行為を行う。



図 2.3 援助者の使い方 (本アプリ「使い方」より)

4.4. アプリ開発における要件定義

本アプリは、前節までの使用方法の他に、安全かつ便利に利用できるように以下の要件を定義して開発を行った。

- (1) 本アプリはアプリの特性上、不特定な利用者同士の通信を行う。そのためセキュリティを担保する目的で、端末間で個人情報の授受を行わない通信方法を考案した。詳細は 2.4.1 節に記載する。
- (2) 本アプリがスマートフォンを占有しないよう、バックグラウンドでも動作する設計とした。ただし、OS の制約のため iOS 版では要援助者がヘルプを要求する場合のみフォアグラウンドでの操作が必要である。
- (3) 初めて本アプリを使う場合でもアプリの使用方法がわかるように、図 2.2, 2.3 に示すような使用方法をガイドする機能を用意した。

5. 本アプリの通信に関する工夫

本アプリではヘルプの送受信に BLE を用いた。BLE は、COCOA[44]や Airdrop[45]でも用いられる無線 PAN (Personal Area Network) 技術であり、Bluetooth のバージョン 4.0 から追加になった低消費電力の通信モードである。以下の節では、本研究において BLE を用いてヘルプの送受信を実現する際の問題点と解決方法について述べる。

5.1. 個人情報保護

通常 BLE を使用する場合、端末間でペアリングを行った後にデータのやり取りを行う。その際のフローを図 2.4a に示す。本アプリでは、アプリの特性上、不特定な利用者同士の通信を行う。そのため、セキュリティを担保する目的で、あえてペアリングを成立させずにヘルプの送受信を行う手法を考案した。

本アプリにおけるヘルプの送受信のフローを図 2.4b に示す。援助者がヘルパーモードで

本アプリの START ボタンを押下すると端末はスキャンを開始する。要援助者がヘルプモードまたはマタニティモードで START ボタンを押下すると端末はアドバタイズを開始する。援助者の端末はアドバタイズしている端末を検知すると、近くに要援助者がいることを援助者に通知する。その際、ペアリングのための接続要求はあえて行わない。従って、両者の端末間ではペアリングが成立しない。

本手法では端末間でペアリングを成立させないため、悪意を持った他アプリケーションから不正にペアリングされ意図しないデータ通信が行なわれる恐れがない。

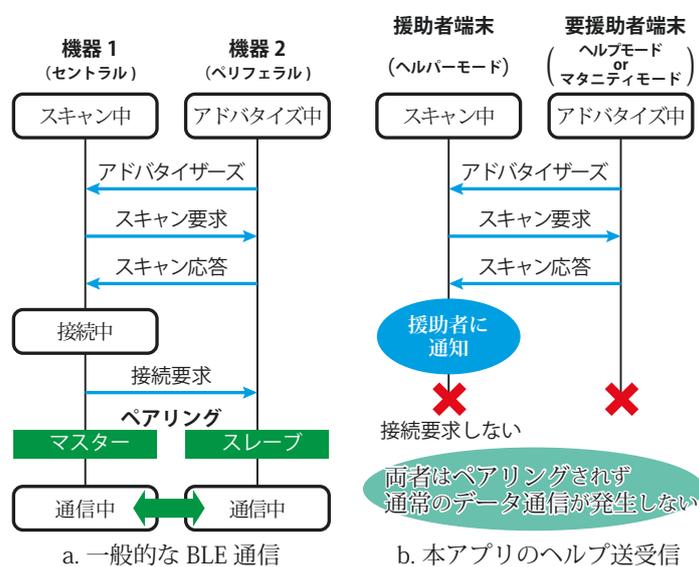


図 2.4 BLE 通信フロー

5.2. ヘルプの判別

人混みの一般環境下では BLE の電波が多数存在することが想定される。ヘルプ受信動作では多数の BLE 通信の中から本アプリからのヘルプ送信だけを判別する必要がある。しかし、前節で述べたように本アプリは通信時にペアリングを成立させないため、端末間のデータ通信による識別子のやり取り等による互いの確認を行うことができない。そのため、BLE の UUID (Universally Unique Identifier) により通信の判別を行う手法をとった。UUID とは、本来はソフトウェア上でオブジェクトを一意に識別するための文字列型の識別子であり、

一般的な利用方法では Bluetooth SIG による定義済 UUID を用いるか、UUID 生成サービス等によって独自の UUID を生成して用いる。

本アプリは、要援助者端末でヘルプモードまたはマタニティモードに割り当てた文字列を UUID に付与してアドバタイズ通信を行う。援助者端末ではアドバタイザーズを受信した際に UUID を確認し、要援助者端末からのヘルプ送信かだけでなく、ヘルプモードとマタニティマークモードのどちらのヘルプ送信であるかを判別できる。

5.3. 端末間距離の推定

本アプリは、主として公共交通機関内において、要援助者が持つ物理的なヘルプマークやマタニティマークを視認でき、要援助者に安全に接近して援助を行える範囲(1mから3m程度)にいる援助者にヘルプの通知を行うことを想定している。近距離からのヘルプのみを通知するために、本アプリでは援助者端末側の受信電波強度から端末間距離を推測する機能を実装した。

端末間距離推定機能の実装のために、端末間距離と受信電波強度の関係を測定する実験を行った。実験では一般的な使用環境を想定し、電波環境の統制等を行わず鳥取大学敷地内で測定を行った。測定には一般的な端末として Google 社製 Android 端末 Pixel 4a を使用した。室内見通し(廊下)・室内壁越し(教室内外)・屋外の3種の条件を設定し、端末間距離1m毎に1mから20mまで、受信電波強度を3回ずつ測定した。

測定結果を図 2.5 に示す。図中で各点は測定値を表し、折線は測定値の平均線を表している。室内壁越しの条件では 13m 以上で電波が受信できなくなったためグラフが途切れている。上記に述べた想定範囲(1mから3m程度)を考慮し、本アプリでは受信電波強度が -75dBm 以上となった場合に要援助者が近くに存在すると判定することとした。

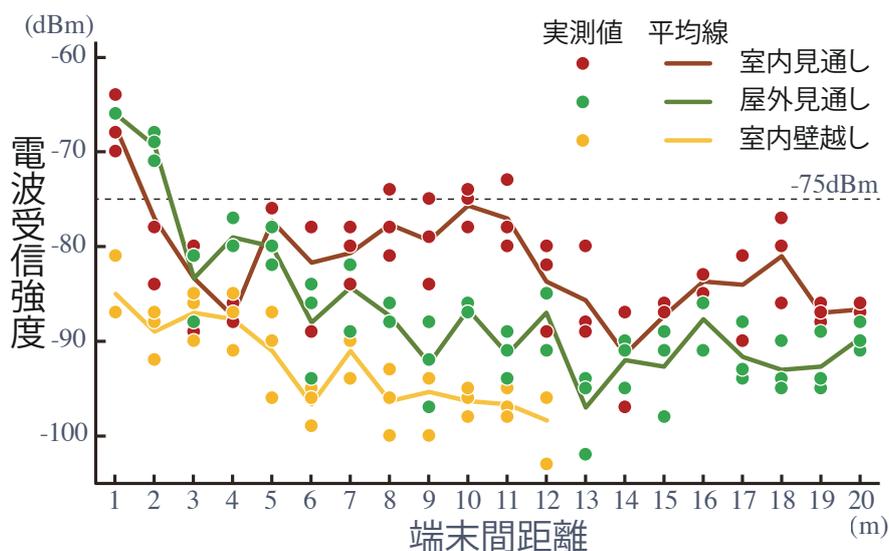


図 2.5 受信電波強度の測定実験結果

6. 街頭アンケート

6.1. アンケート方法

本アプリに対する一般の方の受け入れ度合いや懸念等を収集評価するために表 2.2 に示す街頭アンケート調査を実施した。本アプリの利用状況において公共交通機関内が大きな割合を占めると考え、実施場所に JR 鳥取駅前広場を選択し、人通りが多い週末に実施した。具体的なアンケート手順は以下の通りである。

- 1) 声かけ、アンケート概要の説明
- 2) アンケート取得への同意確認
- 3) タブレットによる本アプリの説明動画の提示
- 4) 記入式アンケートへの回答

回答者には 3 分程度の説明動画[47]を提示し、本アプリの内容と動作を周知した上でアンケートを実施した。希望者には実機による簡単な動作説明も加えた。

アンケートの設問形式は選択回答式を基本とし、必要に応じて自由記述回答欄を付した。回答方法は原則として回答者によるアンケート用紙への記入方式としたが、記入が難しい回答者については聞き取り方式で対応した。

なお、本アンケートは鳥取県庁と鳥取県警に実施方法の説明を行い、県警に道路使用許可を受けた上で実施した。

表 2.2 街頭アンケートの実施概要

実施場所	JR 鳥取駅前広場
実施日時	2022 年 1 月 28 日(金)～1 月 30 日(日) 10 時～17 時
実施方法	回答用紙記入方式による街頭アンケート
要 員	各日監督1名／アンケート作業員 3 名

6.2. 回答者の属性

街頭アンケートの回答者の総数は 216 名であった。回答者の属性を知るため、年代、性別の他、①ヘルプマークやマタニティマークを知っているか、②援助・配慮行動をしたことがあるかを設問した。

回答者の年代別・性別の内訳を表 2.3 に示す。援助者の回答は十分に得られたが、要援助者（ヘルプマークまたはマタニティマークの利用者）の回答は少数にとどまった。世代別では、10 代の若い世代がやや多く 30 代が少ないが、全世代で満遍なく回答を得られた。

表 2.3 アンケート回答者の内訳

	援助者				要援助者				計
	男	女	無	計	男	女	無	計	
10 代	36	20	1	65	0	0	0	0	65
20 代	20	21	0	41	0	0	0	0	41
30 代	9	7	2	18	0	0	0	0	18
40 代	14	9	6	29	0	0	0	0	29
50 代	10	10	3	23	1	1	0	2	25
60 代以上	14	13	8	35	1	2	0	3	38
計	103	88	20	211	2	3	0	5	216

6.3. 援助者のアンケート結果

(1) 各ピクトグラムへの理解と援助行動の経験

図 2.6①に示すとおり、75.8%と多くの回答者がヘルプマークやマタニティマークを知っていた。また、図 2.6②に示すとおり、33.2%の回答者が実際に援助行動を行った経験を持っていた。さらに、援助行動の経験者の1/3近くが援助行動に躊躇したことがあると答えている。

以上より、本アンケート調査では、援助行動に関心がある回答者が多い傾向があると言える。

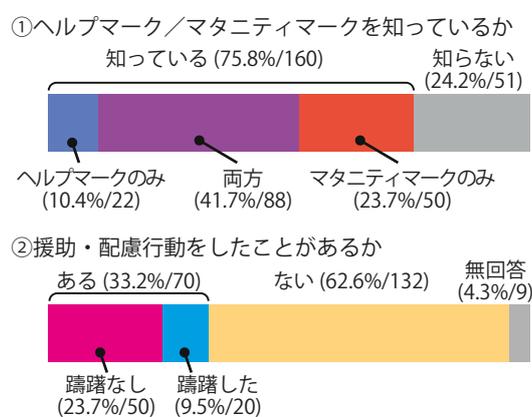


図 2.6 アンケート結果 設問①②

(2) 本アプリの受け入れ度合いと期待度

本研究の取り組みに対する受け入れ度合いや期待度を知るため、以下を設問した。

③ 本アプリが一般的に普及した場合、利用したいと思いますか

④ 本アプリは援助・配慮行動のきっかけになるとと思いますか

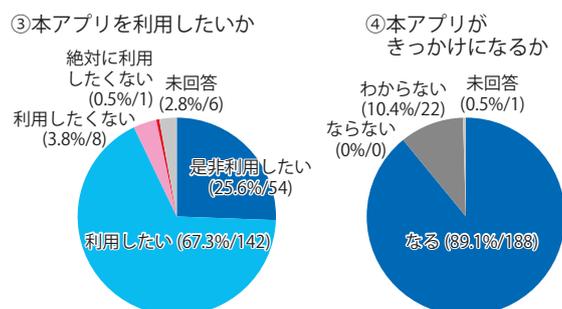


図 2.7 アンケート結果 設問③④

表 2.4 自由記述回答欄の回答 設問③

設問		回答概要	件数
③	肯定的	困っている人を助けたい	41
		要援助者に気づきやすくなる	19
		援助行動を起こしやすくなる	15
		便利／使うのが気軽そう	6
		声をかけてもらいやすくなる	5
		思いやりが広がる	4
		その他	28
	否定的	起動や操作が面倒	4
		セキュリティ／悪用の懸念	2
		その他	3

図 2.7 に示すように、92.9%の回答者が本アプリを是非利用したい／利用したいと回答した。また、89.1%の回答者が本アプリが援助・配慮行動のきっかけになると期待している。

表 2.4 に示すように、③の設問に肯定的に答えた回答者は、自由記述回答欄に本アプリの趣旨に賛同する回答をしている。一方、否定的に答えた回答者は、操作やセキュリティ上の懸念点を回答している。

また、その他の回答として「(自分から声を発するより、アプリで) 発信するほうが気楽」と本アプリの方針に賛同する意見や「発信する側から声を出す(意思を伝える)のは大切」等アプリに頼ることなく要援助者側から発信することも大切だという声もあった。「昔、妊娠していたときに席を譲ってもらった」「自身も体調の悪いときに使えると良い」等、自らの経験や将来に引きつけた回答も見られた。

(3) 本アプリに関する懸念と要望について

本アプリの懸念点や要望について問うため、以下を設問した。

- ⑤ 本アプリが一般に普及した場合利用に際して懸念点がありますか
- ⑥ 本アプリに追加した方が良くと思う機能はありますか

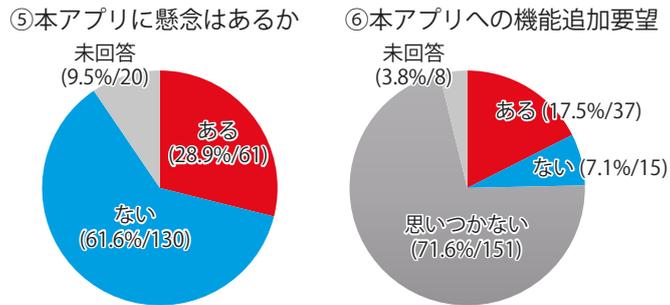


図 2.8 アンケート結果 設問⑤⑥

表 2.5 自由記述欄の回答 設問⑤⑥

設問	回答概要	件数
⑤ 懸念点	嘘などの悪用／セキュリティ	10
	起動や操作が面倒	7
	通知後の要援助者の発見が困難	6
	アプリの認知度／普及	5
	高齢者等にスマホが使えるか	4
	自発的な援助行動を阻害しないか	4
	ヘルプマーク自体の認知度がない	3
	その他	17
⑥ 機能追加	自動起動等の操作の簡易化	10
	要援助者の情報提供／通知	4
	通知距離の延長／距離の通知	2
	公共交通機関との提携	2
	その他	17

図 2.8 に示すように、⑤の設問では 28.9%の回答者が懸念点があると回答した。表 2.5 に示すように、自由記述回答欄による回答では、アプリの悪用やセキュリティ上の懸念が最も多く、操作上の懸念やアプリによる通知後に要援助者をうまく見つけられるかを懸念する回答が続いた。また、本アプリのような取り組みが自発的な援助行動を阻害する可能性を懸念する回答もあった。

⑥の設問では 17.5%の回答者が機能追加の要望があると回答した。自由記述回答欄による回答では、懸念点に応じるように、アプリの操作の簡易化、要援助者を見つけやすいような情報提供の機能の要望が多かった。

(4) その他

自由記述によりその他の意見を求めるため、以下を設問した。

⑦ 本アプリについてその他ご意見等がございましたらご記入ください。

⑦の設問では 33 件の有効記入があり、主に以下のような回答を得た。

- (交通機関乗車中だけでなく) 街中でも使いたい / ベビーカー利用時に使いたい
- 普及して欲しい / ヘルプする側にポイントがつくなどの特典があればもっと普及する
- アプリがなくても行動している / アプリがなくても行動できる社会がよい

6.4. 要援助者のアンケート結果

「本アプリを利用したいですか」という設問については、是非利用したい 3 件、利用したい 2 件の回答を得た。「本アプリ利用に際しての懸念点がありますか」という設問については、「自分で使えない人をどうするか」「通信量がかかるのではないか」の 2 件の回答を得た。また、「その他」の設問では、「普及率を増すのが大変そう」との回答があった。

街頭アンケートという形式上、要援助者の回答は 5 名分とごく少数にとどまった。このため、援助者と異なる要援助者特有の意見や要望を導き出すには至らなかった。そのため、福祉施設などに協力を得て、ヘルプマーク利用者のアンケートを実施する予定としていたが、COVID-19 の感染拡大 (2022/05 時点) により、ヘルプマーク利用者のアンケート実施につい

ては断念せざるを得なかった。

6.5. アンケート結果まとめ

アンケートの結果から、援助者の 92.9%、要援助者の 100%が本アプリの利用について肯定的に回答している。また、援助者の 89.1%が援助・配慮行動のきっかけとして本アプリに期待している。その一方、懸念点やその他の意見として、以下の課題点がアンケート結果から読み取れた。

- 1) 悪用やセキュリティに対する懸念への対処
- 2) アプリの起動や操作の簡便性向上
- 3) 要援助者の発見の補助、要援助者への通知
- 4) 公共交通機関以外の利用ケースへの対応
- 5) アプリの普及対策、インセンティブの付与

1)について、要援助者を詐称するなどの悪用に関しては、本来のヘルプマークやマタニティマークに潜在する懸念である。本アプリの目的がヘルプマークやマタニティマークの補助であるため、その実効性を失わずに悪用を有効に防ぐことは難しい。一方、個人情報の保護などのセキュリティ面については、2.4.1 節で述べたような一定の対策を行なっている。街頭アンケートの短時間では、このような対策が回答者に伝わっておらず懸念を生んだものと考えられる。本アプリの普及に当たって、安全性のアピールを行う必要がある。また、2)から 5)の課題解決のために行なった本アプリへの機能追加・改善等について次章で詳述する。

7. アンケート結果を受けた本アプリの改善

アンケートの結果を受けて、本アプリにおいて以下の3点の改善を行った。なお、本章での改善は Android アプリに限定した改善である。本アプリの動作について、Pixel 4a (Android バージョン 11) 等数機種で動作確認を行った。Android のバージョンに依存する機能を使用しているため、本章の一部の改善機能について古いバージョンの OS では動作しない場合がある。また、iOS 版については、別途開発予定としている。

7.1. アプリの起動や操作の簡便性向上

「アプリの立ち上げが面倒」、「ヘルプマークや高齢者の方がアプリを使えるか」という懸念に対して、他アプリが立ち上がっているときやロック画面上でも本アプリを簡単に起動できるクイック起動機能を搭載した。

クイック起動は、Android に標準搭載されているアクセシビリティ機能を活用して実装した。クイック起動を有効化することで、物理的なボリュームキーの操作により本アプリが起動する。クイック起動の設定画面を図 2.9 に示す。



図 2.9 クイック起動の説明画面

7.2. 要援助者の発見の補助／要援助者への通知

「要援助者をうまく見つけられるか」、「ヘルプマーク利用者からの発信も大切」などの課題を改善するため、要援助者側にも援助者の存在を通知する機能を追加した。これにより要援助者が援助者を探す行動を促すことを意図している。

本機能の追加において、2.4.1 節同様に個人情報保護した上で前出の仕様を満たすように配慮して設計した。追加機能のヘルプ送受信フローと通知ダイアログを図 2.10 に示す。

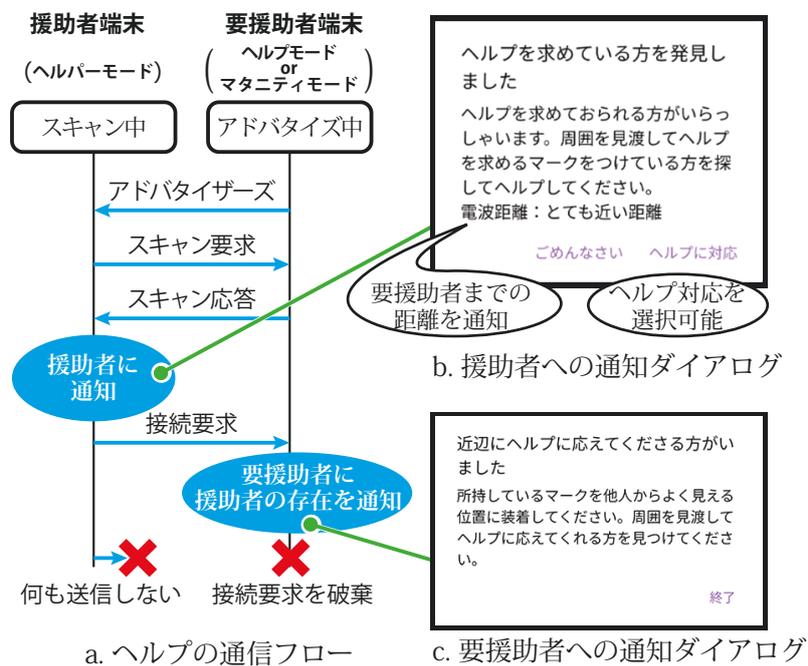


図 2.10 改善した通信フローとダイアログ通知

新たな通信フローでは、援助者端末で要援助者がいることを通知した後、アドバイザーズ側に接続要求を送信する。要援助者端末は接続要求を受けて援助者が周囲に存在することを要援助者に通知する。その際、要援助者端末が接続要求に応じてしまうと接続が確立してしまいセキュリティ上の懸念が生じる。そのため、要援助者端末は接続要求を破棄して通信を終了する。また、仮に接続要求が確立した場合のことを考慮して、援助者端末でも接続要求後何も送信せず、すぐに通信を終了することとした。

また、援助者がヘルプ要求に応えられない状況に配慮して、ヘルプに対応するか応えないか（アプリ上の選択肢は、「ごめんなさい」とした）を選択できるようにした。援助者が「ごめんなさい」を選択した場合、援助者端末は接続要求を送信しない。

以上の改善を行い、援助者側と要援助者側の双方から行動を起こせる仕様とした。

7.3. 公共交通機関以外の利用ケースへの対応

本アプリは公共交通機関に乗車時の利用を主な目的とし、2.4.3 節の端末間距離の設定を行っていた。しかし、アンケートでは街中などより広い一般的環境での利用の要望が見られた。これに対応するため、弱い受信電波強度でもヘルプの受信ができるように仕様を変更した。

一方で、「要援助者を見つけられるか」という懸念に対し援助者に要援助者までの距離を知らせる機能を追加した。図 2.10b に示す様に、要援助者までの距離を「電波距離」としてダイアログ中に表示する。使用環境によって受信電波強度がばらつくため、あくまで目安として、電波距離を表 2.6 に示す 4 段階に設定した。

表 2.6 電波距離の設定

受信電波強度	電波距離の表示
-75dBm 以上	とても近い距離
-79dBm 以上	近い距離
-85dBm 以上	少し遠い距離
-85dBm 未満	遠い距離

7.4. アプリの普及対策，インセンティブの付与

アンケート結果からも「普及してほしい」「(本アプリの) 認知が課題」などの回答を得たことから，本アプリを社会に普及させることが必要であることが分かる．今後は，本アプリを普及するために専用のホームページを作成するなどして普及に向けての活動を推進する予定である．また，公的な団体や組織に働きかけて本アプリの普及と信用を得る施策を検討する．

また，普及のために，本アプリを通じて援助行動を起こした援助者にインセンティブを付与する案などの意見があった．この施策は援助者にとって，本アプリのインストールや起動のきっかけになることが考えられる．しかし，複数端末を用意しヘルプの送受信を自作自演するなどして，不正にインセンティブを得る利用者が存在することも考えられる．現在の仕様ではそれらの対策ができていない．また，ネットワークへの接続やウェブアカウントの作成などが必要となることが考えられることから，インセンティブ付与は慎重に検討する必要がある．

8. シナリオ実験

8.1. 実験の概要

本アプリが実環境上でも動作するかを確認するために，鳥取大学鳥取キャンパス構内で簡単なシナリオ実験を行った．

実験条件を表 2.7 に示す．バスターミナルやデパートなどを想定した屋内と，公園などを想定した屋外の 2 種類の環境で実験を行なった．また，被験者には本アプリの仕様の説明を十分に行い，後述するシナリオ通りにアプリが動作するかを確認した．実環境を再現するために，参加者以外の人間の立ち入り制限や，Wi-Fi やその他の Bluetooth 機器の統制は行わず，一般的な電波環境下での実験を行った．

表 2.7 シナリオ実験の条件

環境	屋内	カフェテリア 食堂前共同作業スペース
	屋外	共通教育等 アゴラ
参加者	20代 男性3名, 女性1名	
使用機器	Pixel 4a	

8.2. 実験シナリオ

実験シナリオは以下の2ケースを設定した.

シナリオ(1)

多人数が行き交う中で, 本アプリによって援助者が要援助者に気付けるかを確認するため, 表 2.8 のシナリオを計画した.

表 2.8 シナリオ(1)

参加者		行動シナリオ
援助者役	1名	<ul style="list-style-type: none"> ・着座 ・本アプリをヘルパーモードで起動 ・スマホ作業をする
通行人役	3名	<ul style="list-style-type: none"> ・交代で30秒間, 援助者役の周囲に滞在 ・ランダムに1名が要援助者役となる 本アプリをヘルプモードで起動
実験評価基準		援助者役がランダムに現れる要援助者役に気付くことができるか

シナリオ(2)

複数の援助者が存在する場合、要援助者に気付けるかを確かめるため、表 2.9 のシナリオを計画した。

表 2.9 シナリオ(2)

参加者		行動シナリオ
援助者役	3名	<ul style="list-style-type: none">・2m 程度の間隔で着座・本アプリをヘルパーモードで起動・スマホ作業をする
要援助者役	1名	<ul style="list-style-type: none">・本アプリをヘルプモードで起動・援助者役に接近する
実験評価基準		何人の援助者役が要援助者に気付くことができるか

8.3. 実験結果

本実験では、屋外、屋内の2環境とシナリオ(1)、(2)の組み合わせの4通りで実験を実施した。図 2.11a は屋内/シナリオ(1)の様子、図 2.11b は屋外/シナリオ(2)の様子を示す。

本実験では、屋内外の環境が違う場合でも本アプリの挙動に違いはなく、援助者役はヘルプモードでヘルプを送信している援助者役に気付くことができた。環境の違い特有の課題は見つからなかった。

シナリオ(1)・(2)の違いにおいても、本アプリの挙動に問題は見られなかった。そのため、要援助者がいつ現れるかわからない状況、援助者が複数いるような状況の両方で本アプリは不具合なく動作することが確かめられた。



a. 屋内／シナリオ (1)



b. 屋外／シナリオ (2)

図 2.11 シナリオ実験の様子

一方で、実環境下において、本アプリの課題も見つかった。シナリオ(2)において、援助者役3名の端末がほぼ同じタイミングで反応した。そのため、援助者3名がほぼ同時に援助行動を行った。要援助者に気付くことができたため、本アプリの目的は果たせたが、実環境下では複数の援助者が同時に行動することで混乱が生じる可能性がある。そこで、今後は2.6.3節に記載した受信電波強度の強さによって、援助者への通知を遅延させるなどの工夫を検討する。例えば、とても近い時：即時、近い時：1秒後、やや遠い時：2秒後、遠い時：3秒後などとして要援助者により近い援助者が優先して援助行動に移れるように改善を行う。そして、複数の援助者が同時に要援助者に声をかけてしまうという課題の解消を行う。

9. 考察とまとめ

本稿では、要援助者への援助行動を実施しやすくすることを目的としてデジタルヘルプサインを開発した。BLEを応用して、個人情報を保護した上で、援助者と要援助者を結びつける機能を実現した。

本アプリの有用性を検証するために、一般の方216名にアンケートに協力頂いた。アンケートの結果より、本アプリを是非利用したい・利用したいと93%の回答を得た。また、本アプリが援助行動のきっかけになると89%の回答を得た。また、本アプリの改善のアイデアを多く取得できた。そのため、本アプリは一般の方に受け入れられやすく、本アプリの普及や機能改善に期待を持たれていることがわかった。また、アンケート結果を元に本アプリの改善を行なうことができた。

シナリオ実験を通して、本アプリが実環境下でも正しく動作することを確かめた。

10. 今後の課題

本稿では議論できなかった以下の課題について改善を行う。

- 本アプリを一般にリリースし、あらゆる取り組みを通じて普及を図り実社会での効果を検証する。
- 要援助者へのアンケート等を募る取り組みを行う。
- アンケートやシナリオ実験の結果を反映した新機能の開発を行う。
- スマートフォンの使用が難しい要援助者に向けて、物理的なデジタルヘルプサインを開発する。

これらの改善を行い、より社会に貢献できるアプリの開発を行う。

本稿のまとめ

本稿では、人間行動の理解として Web 広告を提示したときのユーザの情動の推定を目的に実験・解析を行った。Web 広告を提示した際のユーザのマルチモーダル情報を取得し、主に瞳孔サイズに着目して解析を行った。2 回の実験を通じて、Web 広告の提示がユーザの瞳孔サイズに変化を与え、提示する Web 広告の種類により変化が異なるという解析結果となった。実環境の Web サイトで利用するにはまだ多くの課題はあるが、ユーザの瞳孔サイズの変化を元にユーザの情動を推定することが可能であることを示唆する結果となった。今後は、本稿において、成果を得た瞳孔サイズの変化の解析をさらに進めて、同時に瞳孔サイズ以外のマルチモーダル情報の解析も行う。複数のマルチモーダル情報の解析を行い、Web サイトの利用時にユーザの情動を解析することができるような実際のシステム化を目指す。

人間行動の補助として、ヘルプマークもしくはマタニティマークの利用者への援助行動を促すスマートフォンアプリの「デジタルヘルプサイン」を開発した。Bluetooth Low Energy を応用的に使用し、セキュリティに配慮したアプリケーションを提案した。デジタルヘルプサインについて、一般の方にどの程度受け入れていただけるのかを調査するために、アンケート調査を行った。延べ 216 名の方から回答を得て、デジタルヘルプサインが一般の方に受け入れられ易いアプリケーションであることを確認した。アンケート結果より、アプリケーションの改善点も複数得て、アプリケーションの改善を行った。一般環境下で動作するかをシナリオ実験で確かめることができ、アプリケーションの有用性を確認できた。今後は、デジタルヘルプサインの一般的な普及を目指しながら、より使いやすく、利用者にとって利益のあるアプリケーションを開発する。

一見して第一部・第二部で全く関係の無い研究内容と感じられるかもしれない。筆者は社会やシステム利用時におけるユーザの不便を解消するというテーマで同種の研究と位置づけている。第一部では、Web ブラウジング中のユーザの不満や UI の使い辛さを検出し、よりユーザにとってわかりやすい・使いやすい Web ブラウジング環境を整え、デジタル機器に不慣れなユーザでもデジタル社会に取り残さないために本稿における研究は有意義なものであると考える。また、第二部では、社会的にハンディキャップをもった方々に対して、情

報システムの力を持って生きやすい社会を作りたいと考えた研究である。

今後も本稿による結果をもとに，第一部・第二部とも研究を発展させ，より社会に貢献できるシステムを構築する。

謝辞

終始熱心なご指導を頂いた鳥取大学 工学部 数理情報科学研究室の清水 忠昭 准教授，吉村 和之 教授，社会情報システム研究室の川村 尚生教授に感謝の意を表します。

第一部の研究において，実験実施及び分析にあたり，共同研究者の吉仲菜津喜氏，片岡倫太郎氏，澤田尚輝氏，森口瞬介氏，野本修平氏には大変お世話になりました。ありがとうございました。また，実験に協力いただいた実験参加者のみなさまに心より感謝いたします。

第二部の研究において，開発したアプリケーションは，電子情報通信学会中国支部学生会により運営される「フレッシュ IT あわ〜ど 2021」において，最優秀賞並びに総務省中国総合通信局局長賞を受賞させていただいた作品を改善したアプリケーションです。イベントの運営にご尽力頂きました方々に感謝いたします。

街頭アンケート収集にご協力いただいた，吉仲菜津喜氏，相見紗奈氏，一瀬結生氏，稲田菜々美氏，シナリオ実験に協力いただいた参加者の皆様及びアンケートに回答いただいた鳥取市民の皆様にも感謝いたします。

研究業績一覧

[主論文]

第一部

- [1] Ryuta Yamashita, Tadaaki Shimizu, Natsuki Yoshinaka, Rintaro Kataoka, and Naoki Sawada, "Examining the Effectiveness of Web Advertising on Pupil Size", Human Choice and Digital by Default: Autonomy vs Digital Determination, IFIP AICT 656, p. 86-99
- [2] Ryuta Yamashita, Tadaaki Shimizu, Natsuki Yoshinaka, "Classification method and its effective use for web advertisements", Advances in Artificial Intelligence and Applied Cognitive Computing Proceedings from ACC' 22, 掲載決定
- [3] 山下 竜太, 清水 忠昭, 吉仲 菜津喜, "レコメンデーションシステム応用に向けた Web 広告の提示が瞳孔サイズに及ぼす影響調査", 情報処理学会 論文誌, Vol. 64, No. 1, p. 247-255

[表彰]

第一部

- [1] 奨励賞 @電子情報通信学会 中国支部 (2022年)
- [2] 優秀論文発表賞 @情報処理学会 中国支部 (2022年)

第二部

- [1] 最優秀賞 @フレッシュ IT あわ〜ど 2021(電子情報通信学会 中国支部) (2021年)
- [2] 最優秀賞・中国総合通信局長賞 @総務省 中国通信局 (2021年)
- [3] HISS 優秀研究賞 @IEEE 広島支部 (2021年)
- [4] 奨励賞 @電子情報通信学会 中国支部 (2023年)
- [5] 優秀論文発表賞 B @電気学会 中国支部 (2023年)
- [6] 優秀論文賞 @情報処理学会 中国支部 (2023年)

その他

- [1] 入賞 @フレッシュ IT あわ〜ど 2021(電子情報通信学会 中国支部) (2020年)

[学術講演]

- [1] 山下 竜太, 清水 忠昭, 吉仲 菜津喜, “Web システム操作中の瞳孔変動に対する広告刺激の影響”, IEICE Conferences Archives 2021, 第 3 分冊, p. 37~42 (2021)
- [2] 山下 竜太, 清水 忠昭, 吉仲 菜津喜, “瞳孔サイズを活用した Web 広告種別推定手法”, 2021 年度(第 72 回)電気・情報 関連学会 中国支部連合大会, R21-25-05 (2021)
- [3] 山下 竜太, 清水 忠昭, 吉仲 菜津喜, “瞳孔変動の特徴を利用した Web 広告種別の分類手法の提案”, The 23rd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp. 282-286 (2021)
- [4] 山下 竜太, 清水 忠昭, 吉仲 菜津喜, “援助行動を促す「デジタルヘルプサイン」における安全な通信手法と効果の検証”, 2022 年度(第 73 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, R22-25-22 (2022)
- [5] 山下 竜太, 清水 忠昭, 吉仲 菜津喜, “援助行動を促すデジタルヘルプサインの開発と改善”, The 23rd IEEE Hiroshima Section Student Symposium, pp. 156-160 (2022)

参考文献

- [1] “総務省 令和2年版 インターネットの利用状況”,
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd252120.html>
, (参照: 2022-02-18).
- [2] “レコメンデーション領域における横断データ活用の取り組み事例紹介 #機械学
習”, <https://techblog.yahoo.co.jp/entry/20200331826447/>, (参照 2021-02-18).
- [3] “インターネット広告についての意識調査”,
<https://www.research-plus.net/html/investigation/report/index127.html>, (参照
2021-02-18).
- [4] 古川茂人, 米家 惇, Hsin-I Liao, and 柏野牧夫. “眼から読み取る心の動き
—Heart-Touching AI のキー技術, NTT 技術ジャーナル”, No. 28, Vol. 2, pp. 22-
25 (2016)
- [5] 繁田亜友子, 濱本和彦, and 野須潔. “眼球運動分析による英語リスニング電子教材
学習者を対象とした学習者の主観難易度推定法.” IEICE Conferences Archives. The
Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2011.
- [6] Vapnik, Vladimir. The nature of statistical learning theory. Springer
science & business media, 1999.
- [7] 加藤孝浩, and 石田和生. “顔画像を用いた気持ちに寄り添う対話のための感情状態推定
手法.” 第 81 回全国大会講演論文集 2019.1 (2019): 63-64.
- [8] “dlib C++ Library”, <http://dlib.net/>, (参照 2022-11-26).
- [9] 鈴木智史, et al. “顔器官における感情別特徴を利用した表情自動認識手法.” 映像
情報メディア学会大会講演予稿集 2003.0 (2003): 103-103.
- [10] 小笠原啓太, and 柴田滝也. “センサーを用いた姿勢の感情判断推定システムに関す
る研究.” 日本建築学会第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム (2014).
- [11] 山中祥太, 栗原一貴, and 宮下芳明. “注視していないことを利用したマウスカーソ
ル高速化手法.” 第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワーク
ショップ (WISS2012) 論文集. 日本ソフトウェア科学会, 2012.

- [12] 覚井悠生, et al. “人の感情を反映したマルチモーダル対話システムモデルの提案.” 人工知能学会全国大会論文集 第 35 回 (2021). 一般社団法人 人工知能学会, 2021.
- [13] “Amazon Rekognition”, <https://aws.amazon.com/jp/rekognition/>, (参照 2022-11-27)
- [14] “Empath API”, <https://webempath.net/lp-jpn/>, (参照 2022-11-27)
- [15] “Amazon Transcribe”, <https://aws.amazon.com/jp/transcribe/>, (参照 2022-11-27)
- [16] “Amazon Comprehend”, <https://aws.amazon.com/jp/comprehend/>, (参照 2022-11-27)
- [17] Chen, Tianqi, et al. “Xgboost: extreme gradient boosting.” R package version 0.4-2 1.4 (2015): 1-4.
- [18] 稲葉通将, and 高橋健一. “ソーシャルメディアにおける対話エージェントとユーザのコミュニケーション分析.” 人工知能学会研究会資料 言語・音声理解と対話処理研究会 72 回. 一般社団法人 人工知能学会, 2014.
- [19] Zhao, Qian, et al. “Gaze prediction for recommender systems.” Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems. 2016.
- [20] 吉仲菜津喜, 清水忠昭, and 山下竜太 “Web 広告表示が端末操作姿勢に及ぼす影響の分析”, 2021 年度 (第 72 回) 電気・情報関連学会 中国支部連合大会 R21-25-04
- [21] 山下竜太, 清水忠昭, and 吉仲菜津喜 “瞳孔サイズを活用した Web 広告種別推定手法”, 2021 年度 (第 72 回) 電気・情報関連学会 中国支部連合大会 R21-25-05
- [22] Kohonen, Teuvo. Self-organizing maps. Vol. 30. Springer Science & Business Media, 2012.
- [23] “AWS (Amazon Web Service)”, https://aws.amazon.com/jp/?nc2=h_1g, (参照 2022-02-18).
- [24] “とりりん”, <https://www.tottori-u.ac.jp/3761.htm>, (参照 2022-02-18)
- [25] “Tobii Pro Nano”, <https://www.tobiipro.com/ja/product-listing/tobii-pro-nano/>, (参照 2022-02-18)
- [26] “Tobii”, <https://www.tobii.com/ja>, (参照 2022-11-27)

- [27] “OpenPose” , <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose> ,
(参照 2022-11-27)
- [28] 古川徹生. “自己組織化マップ入門” 入手先 (<http://www.brain.kyutech.ac.jp/~furukawa/data/SOMtext.pdf>) (参照 2019-5-15) (2017).
- [29] “OASIS (Open Affective Standardized Image Set)” , <http://www.benedekkurdi.com/#!portfolio/project-4.html>, (参照 2022-11-27)
- [30] “顔認識 - Microsoft Azure” , <https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/cognitive-services/>, (参照 2022-11-27)
- [31] “OKA0® Vision | 技術紹介 | オムロン人画像センシングサイト” , <https://plus-sensing.omron.co.jp/technology/index.html>, (参照 2022-11-27)
- [32] “Azure Kinect DK - AI モデルの開発” , <https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/kinect-dk/>, (参照 2022-11-27)
- [33] Russell, James A. “A circumplex model of affect.” *Journal of personality and social psychology* 39.6 (1980): 1161.
- [34] 原直人. “ストレス評価としての瞳孔機能.” *視覚の科学* 33.2 (2012): 47-51.
- [35] 東京都福祉保健局 : 「ヘルプマーク」 ,
https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/shougai/shougai_shisaku/helpmark.html, (2022.08.30)
- [36] 厚生労働省 : 「マタニティマークについて」 ,
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kodomo/kodomo_kosodate/boshi-hoken/maternity_mark.html, (2022.08.30)
- [37] 乗りものニュース : 「列車で席を譲る? 「迷うことがある」 8割 話を聞くと 「迷う理由」 色々あった」 , <https://trafficnews.jp/post/92411/2> , (2022.08.30)
- [38] 障がい者総合研究所 : 「ヘルプマークの認知度・利用状況に関する調査」 ,
<http://www.gp-sri.jp/report/detail029.html>, (2022.08.30)
- [39] 株式会社アスマーク : 「電車内での過ごし方に関するアンケート調査」 ,
<https://www.asmarq.co.jp/data/2806densha-sugoshikata/> , (2022.08.30)

- [40] 総務省：「令和2年 情報通信白書」
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd252110.html>
, (2022. 08. 30)
- [41] 永井明彦, クグレ マウリシオ, and 岩田彰. “BLE 発信機とスマートフォンを用いた
高齢者見守り機構の開発.” 研究報告高齢社会デザイン (ASD) 2016. 1 (2016): 1-5.
- [42] 武田将大, 柴田義孝, and 橋本浩二. “Bluetooth を用いた視覚障がい者向け音声案
内システムの構築.” 第 76 回全国大会講演論文集 2014. 1 (2014): 491-492.
- [43] 厚生労働省：「新型コロナウイルス接触確認アプリ (COCOA) COVID-19 Contact-
Confirming Application」,
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/cocoa_00138.html, (2022. 08. 3
0)
- [44] Apple Inc. : 「iPhone、iPad、iPod touch で AirDrop を使う方法」,
<https://support.apple.com/ja-jp/HT204144>, (2022. 08. 30)
- [45] デジタルヘルプサイン (旧デジタルヘルプマーク) の説明 (簡易版),
<https://youtu.be/v7Jf2tWdWnE>, (2022. 08. 30)

付録

第一部

1 第一回実験

1.1 瞳孔変動

1.2 移動平均

1.3 分散

2 第二回実験

2.1 瞳孔変動

2.2 0 - 0.01[Hz]

2.3 0.01 - 0.1[Hz]

2.4 0.1 - 10[Hz]

2.5 移動平均の差分

第二部

1. 援助者向けアンケート

1.1 アンケート用紙

1.2 アンケート結果一覧

2 利用者向けアンケート

2.1 アンケート用紙

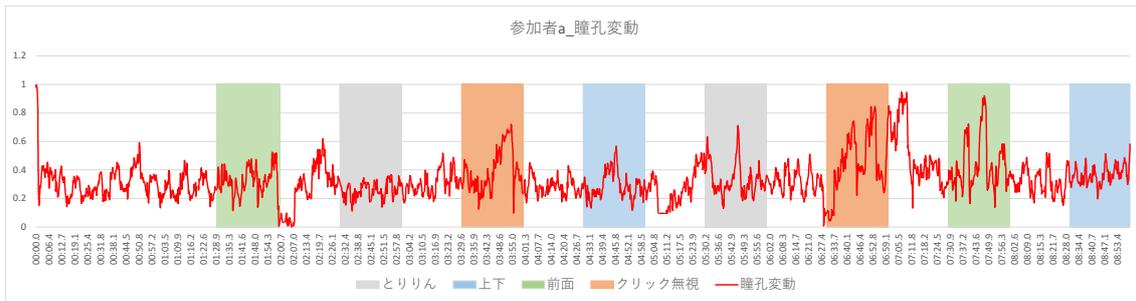
2.2 アンケート結果一覧

第一部

1 第一回実験

1.1 瞳孔変動

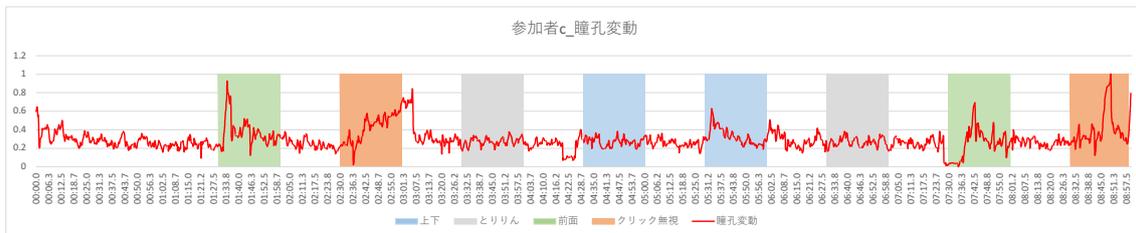
参加者 a



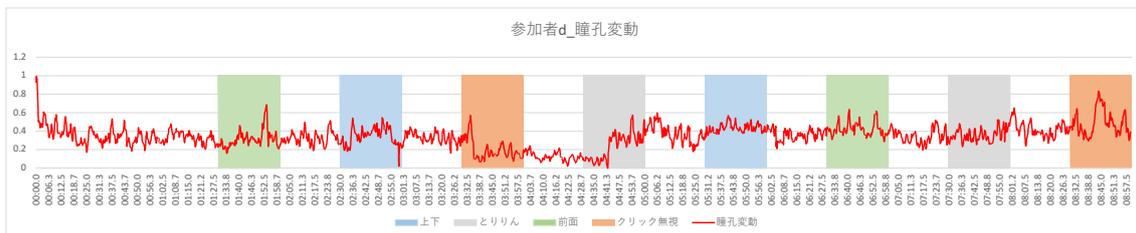
参加者 b



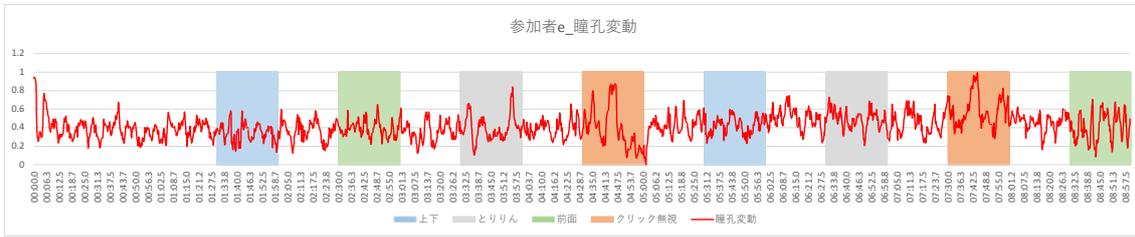
参加者 c



参加者 d



参加者 e



参加者 f



参加者 g



参加者 h

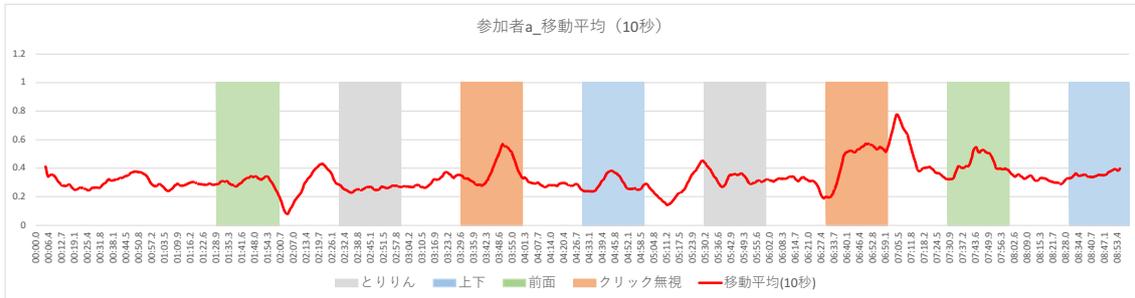


参加者 i



1.2 移動平均

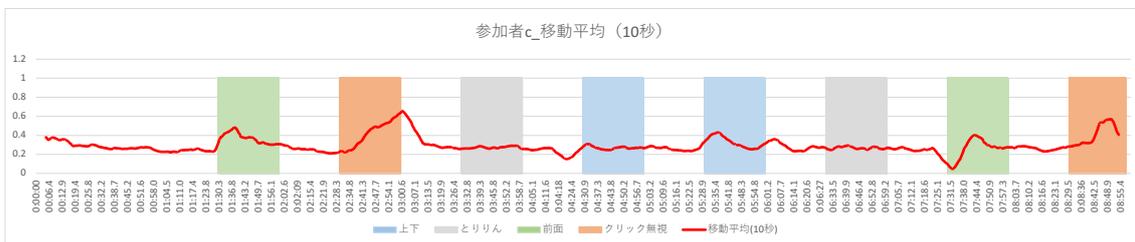
参加者 a



参加者 b



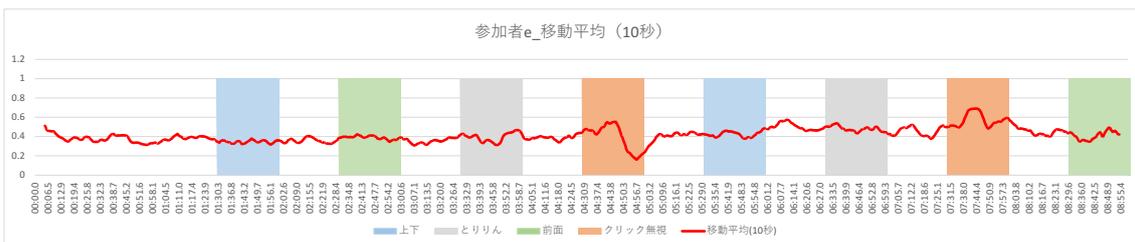
参加者 c



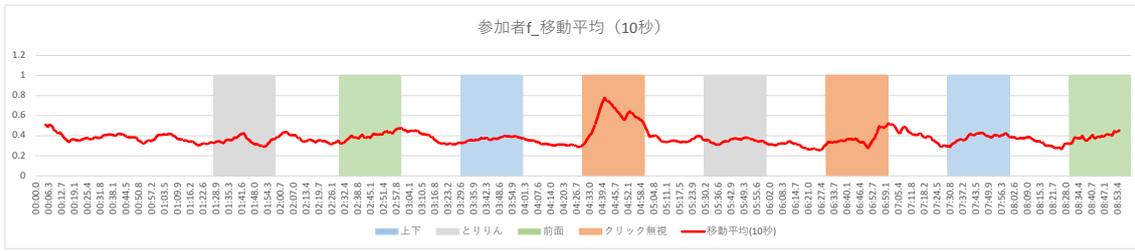
参加者 d



参加者 e



参加者 f



参加者 g



参加者 h

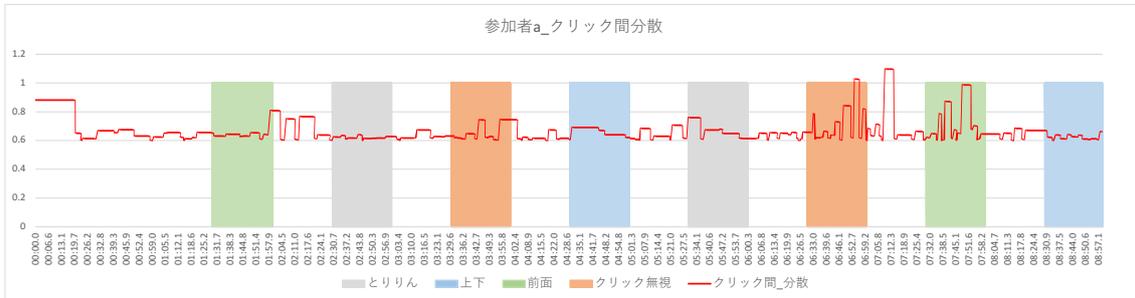


参加者 i

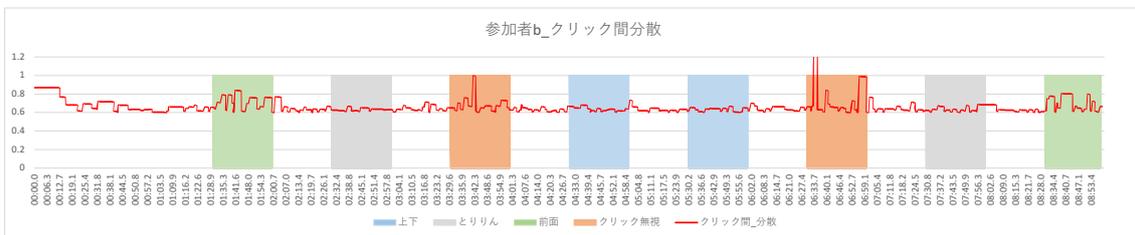


1.3 分散

参加者 a



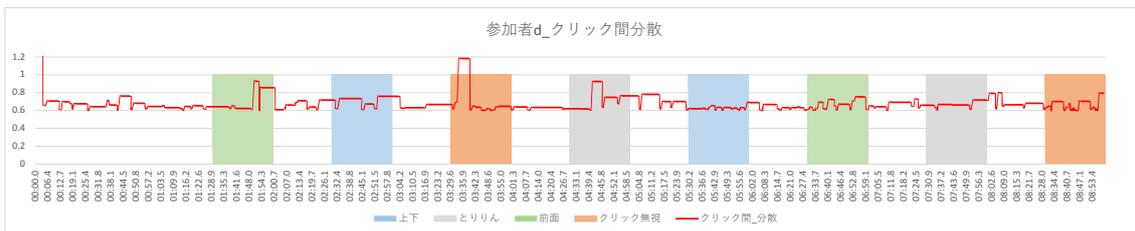
参加者 b



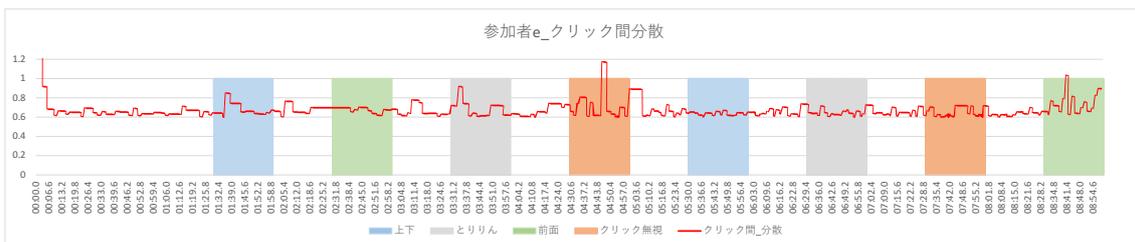
参加者 c



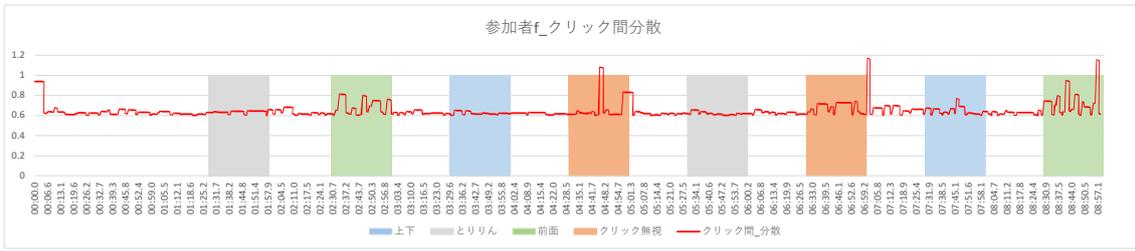
参加者 d



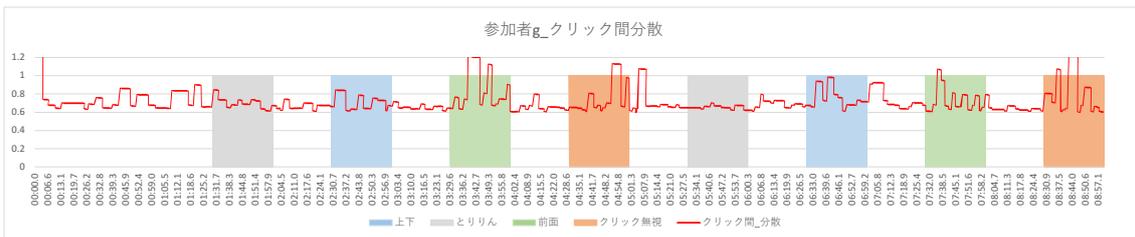
参加者 e



参加者 f



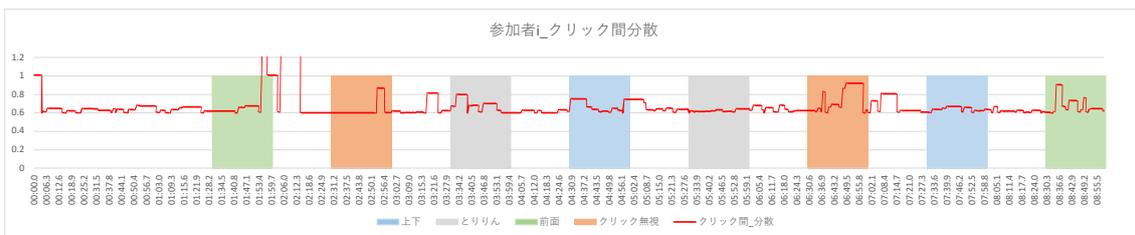
参加者 g



参加者 h



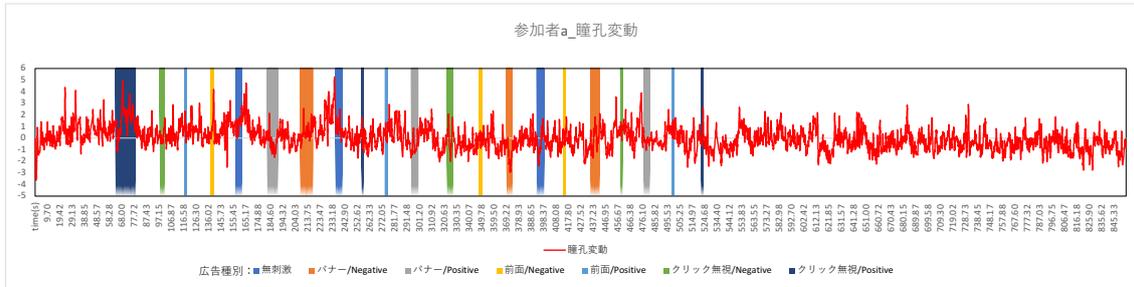
参加者 i



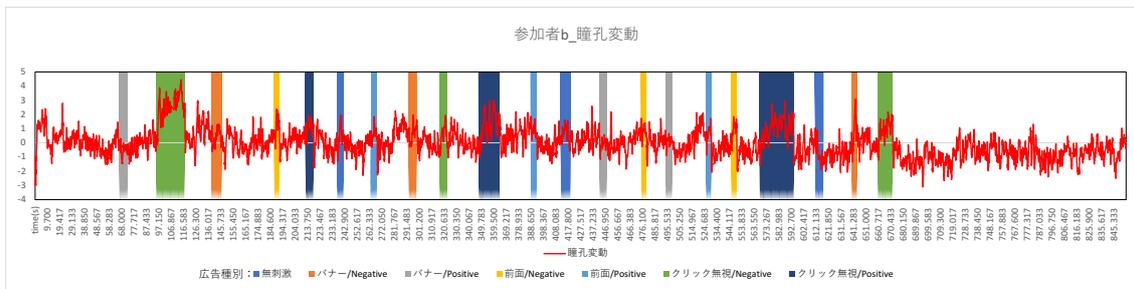
2 第二回実験

2.2 瞳孔変動

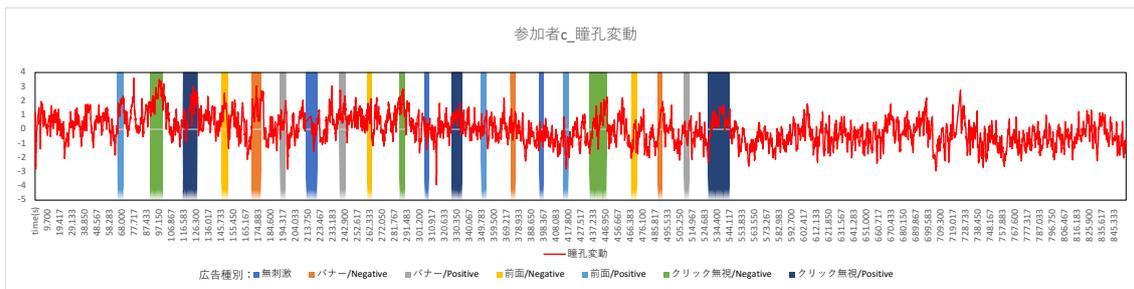
参加者 a



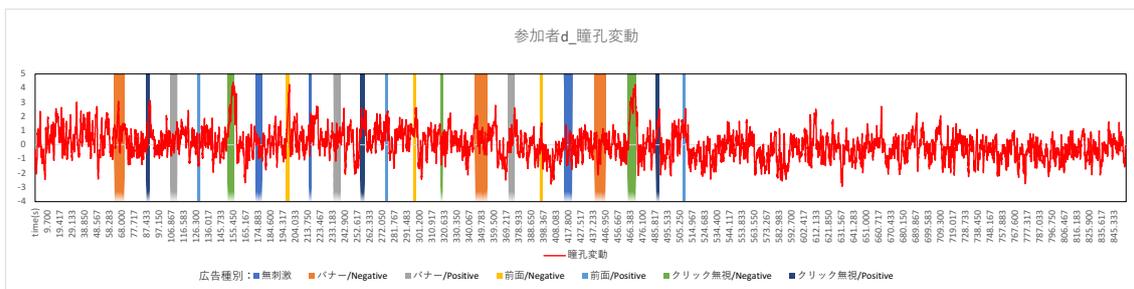
参加者 b



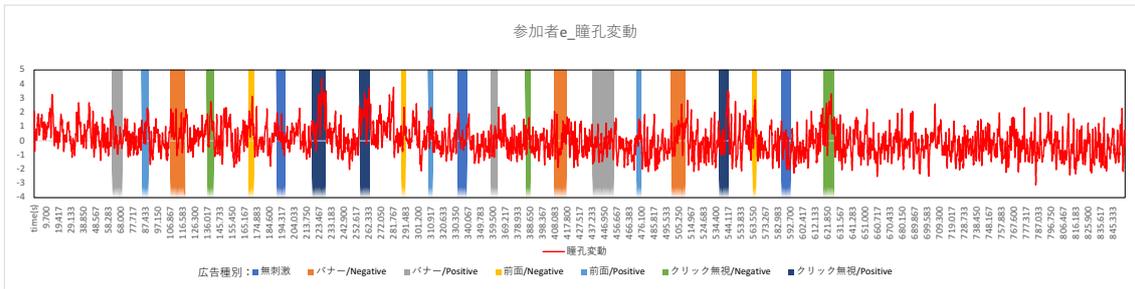
参加者 c



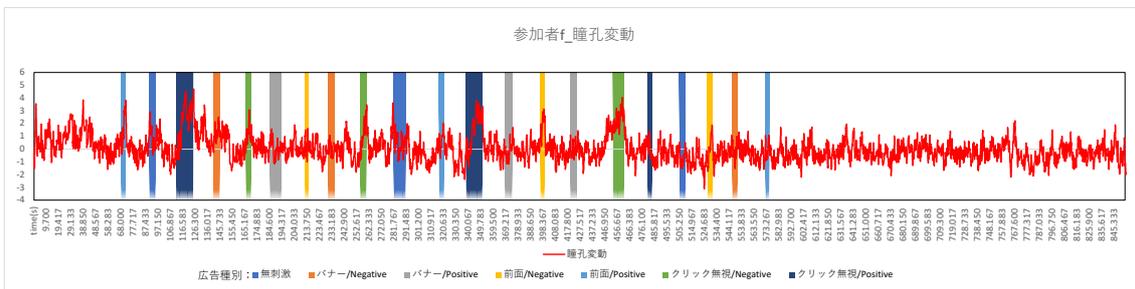
参加者 d



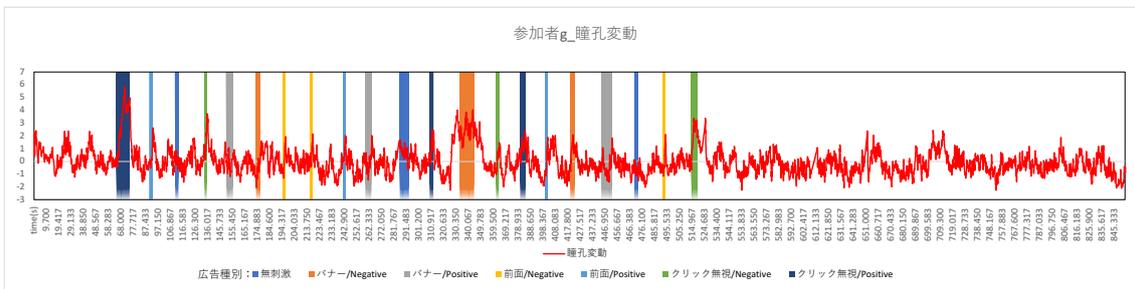
参加者 e



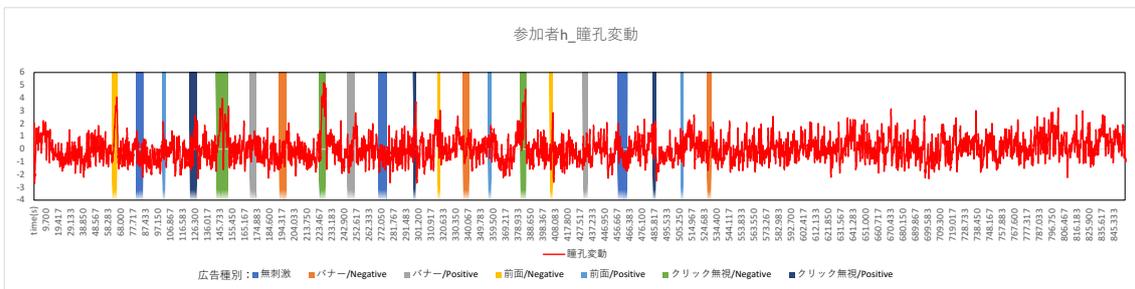
参加者 f



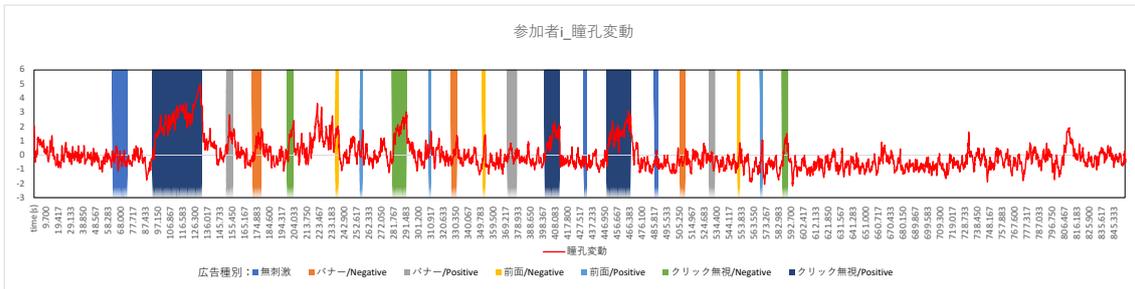
被験者 g



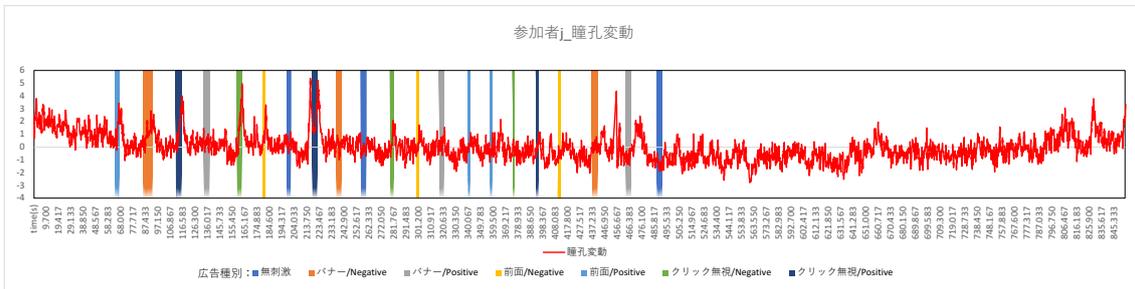
参加者 h



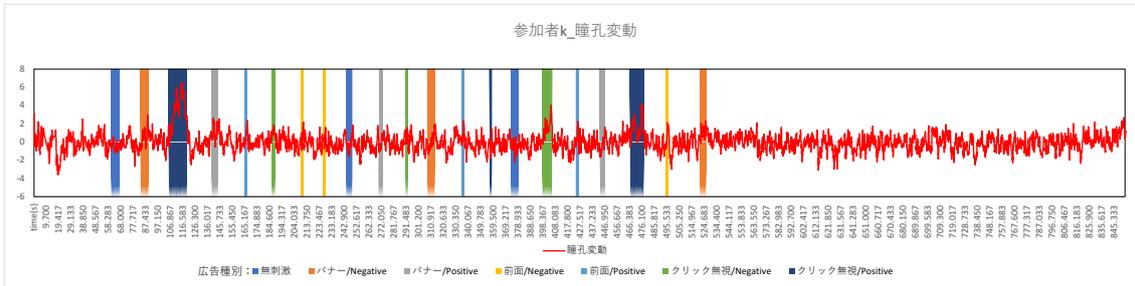
参加者 i



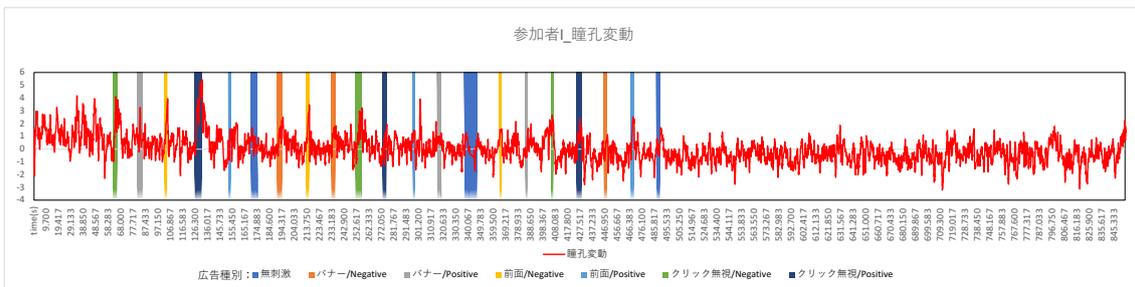
参加者 j



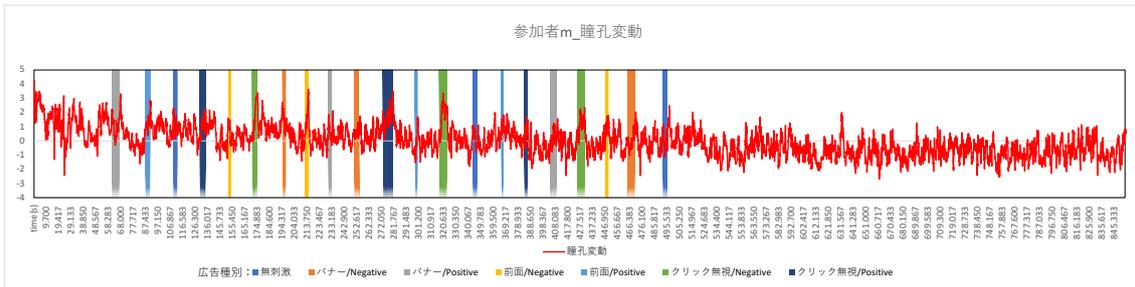
参加者 k



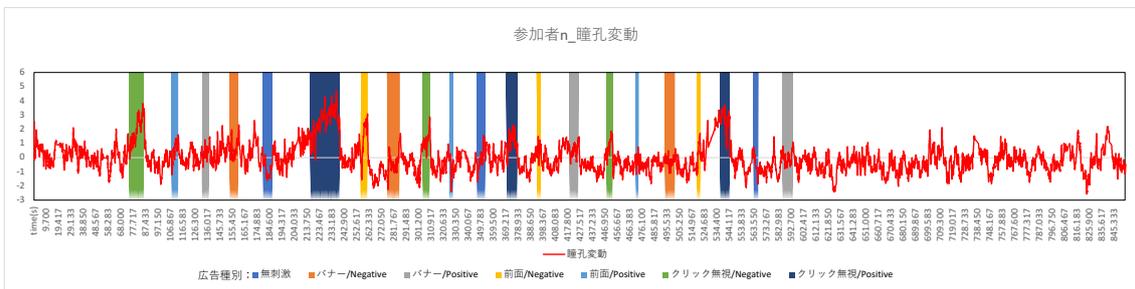
被験者 1



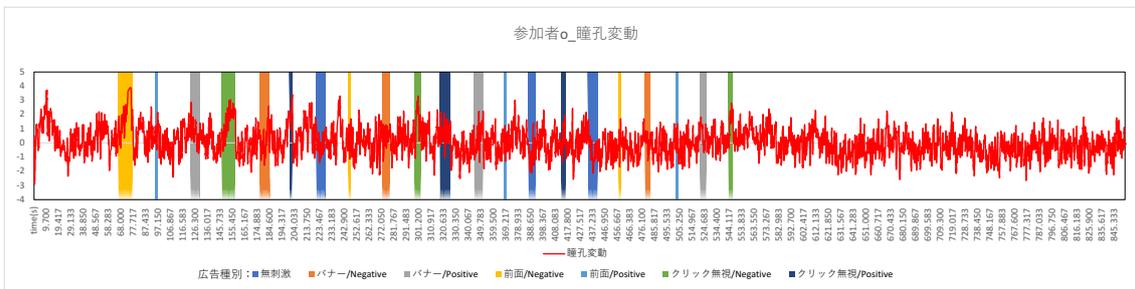
参加者 m



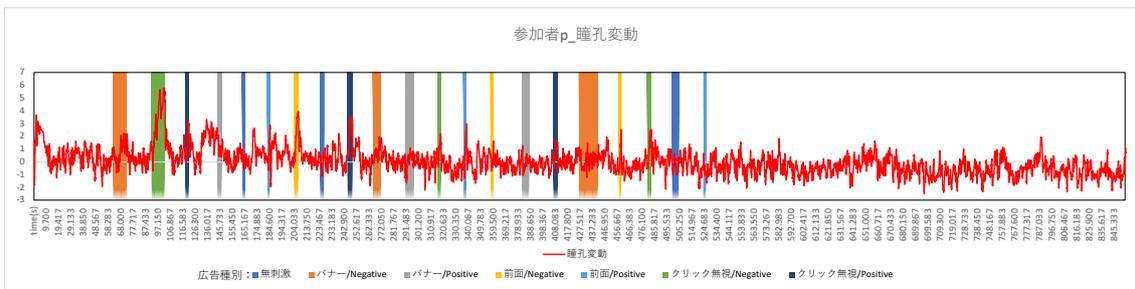
参加者 n



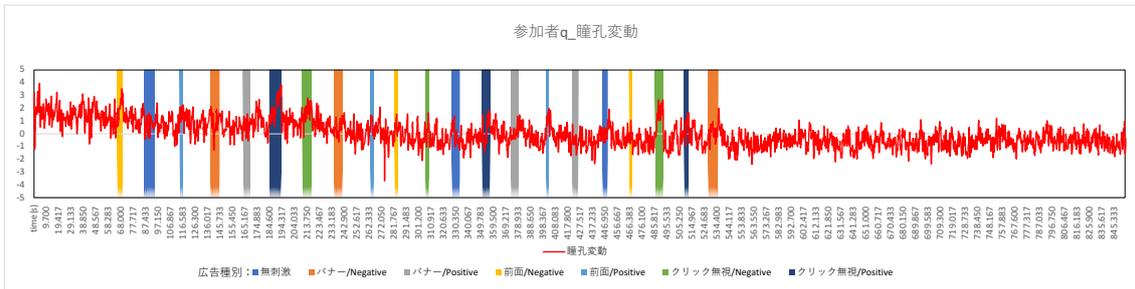
参加者 o



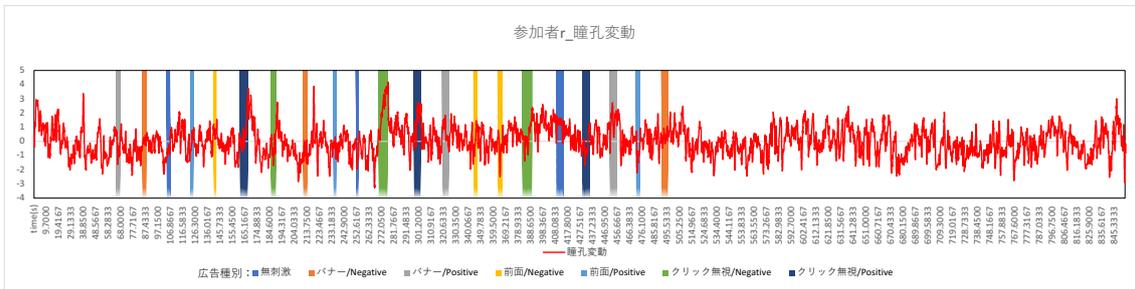
参加者 p



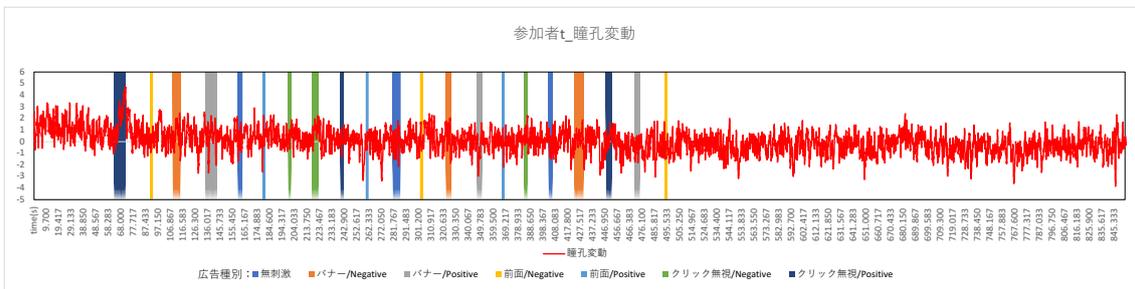
参加者 q



参加者 r

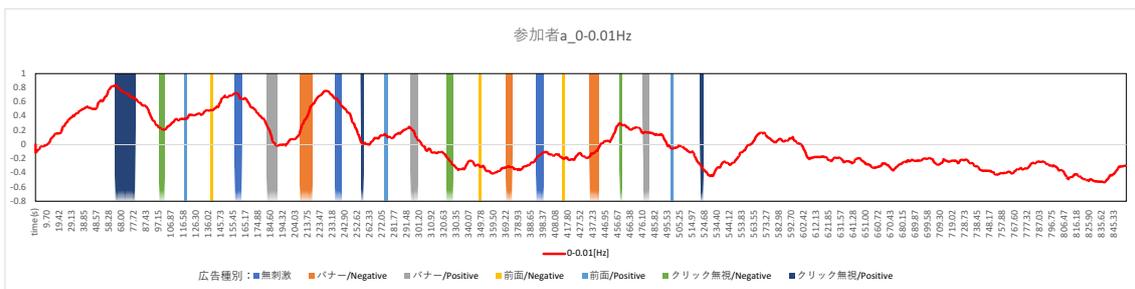


参加者 t

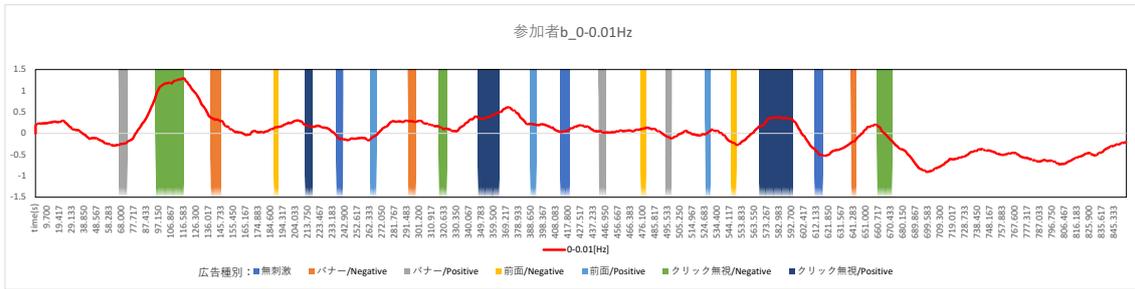


2.2 0 - 0.01 [Hz]

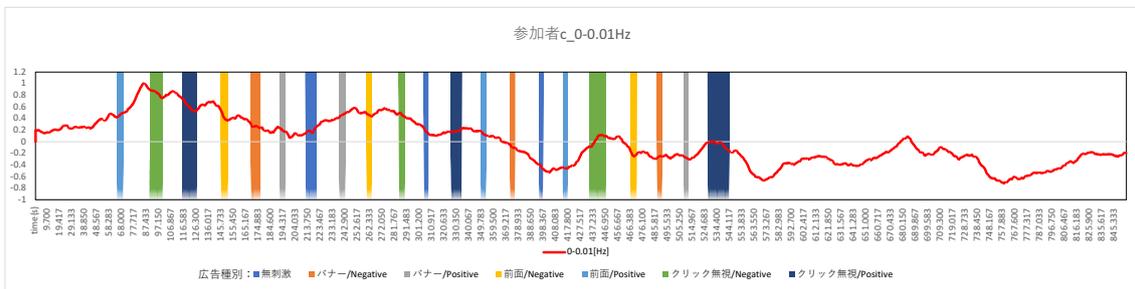
参加者 a



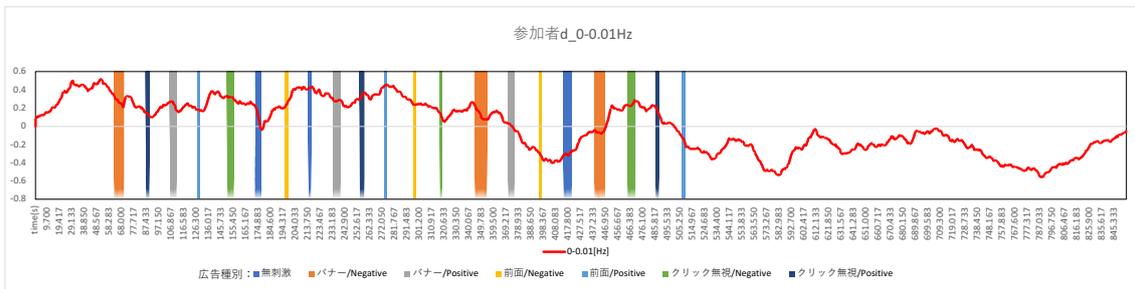
参加者 b



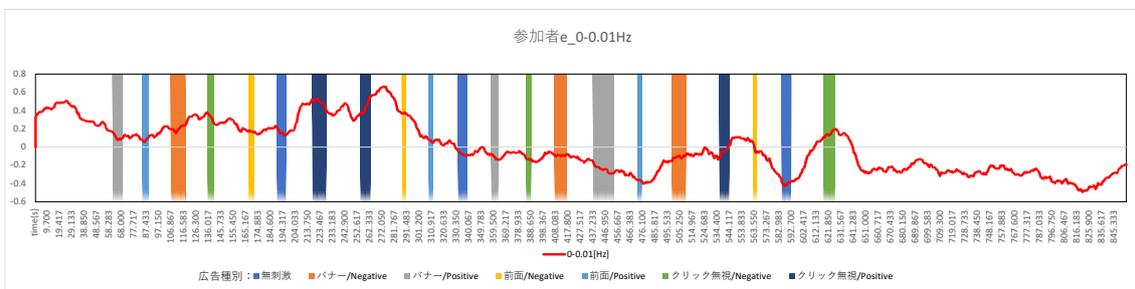
参加者 c



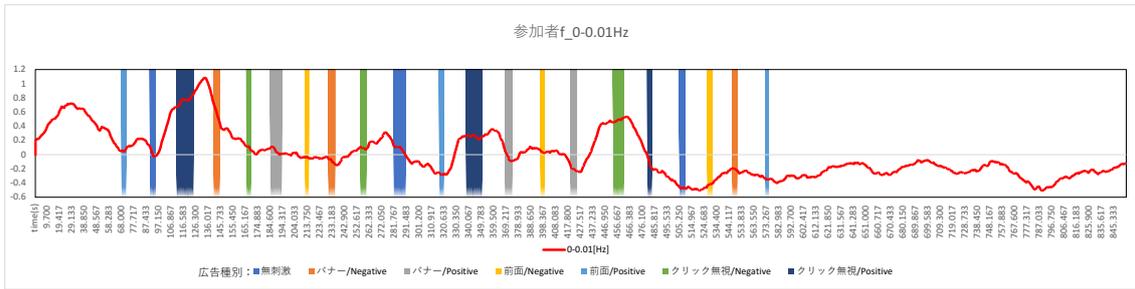
参加者 d



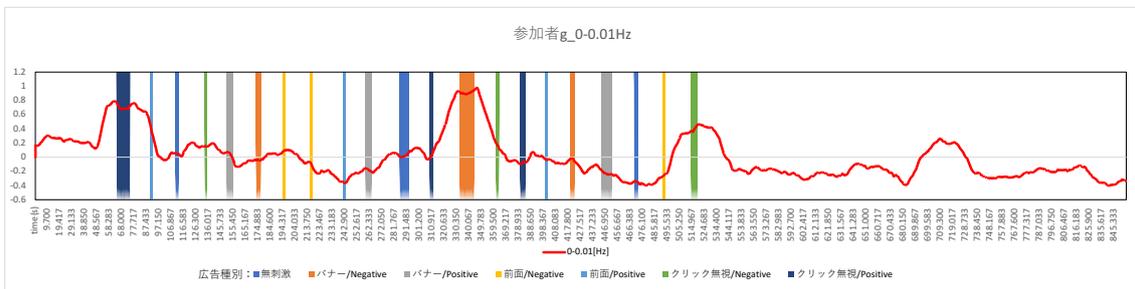
参加者 e



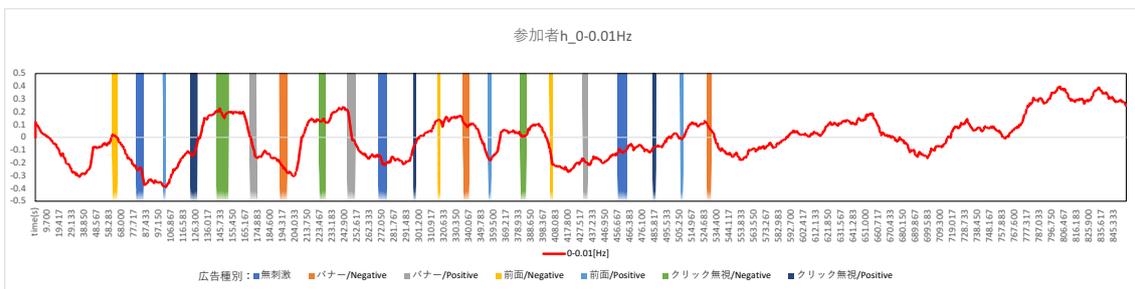
参加者 f



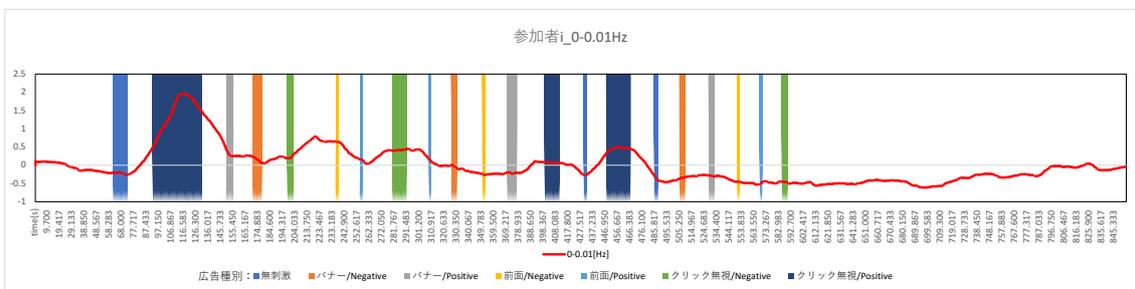
参加者 g



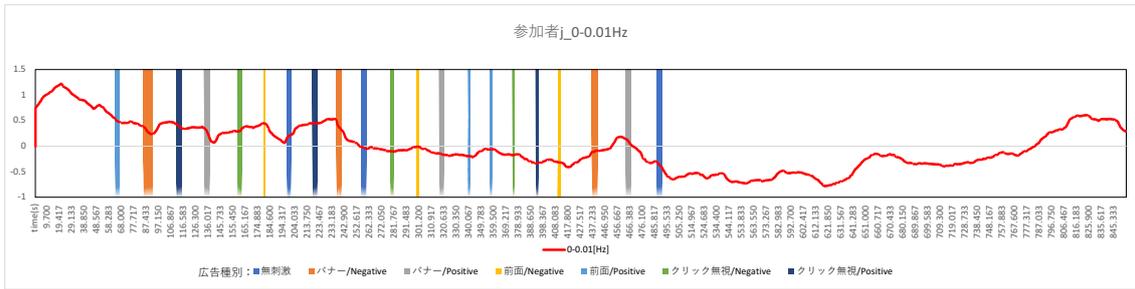
参加者 h



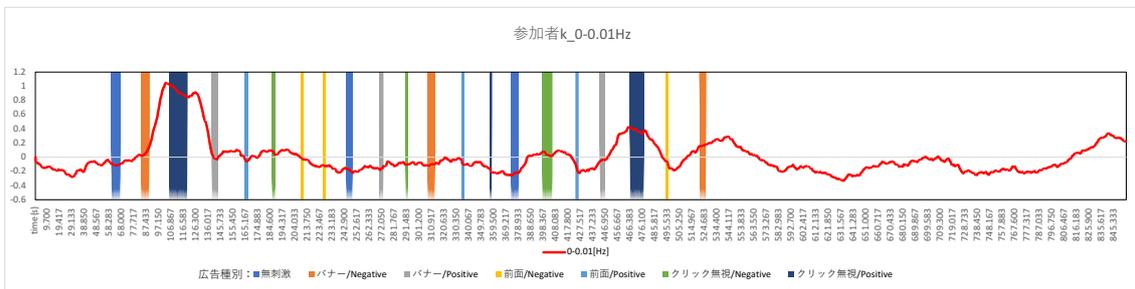
参加者 i



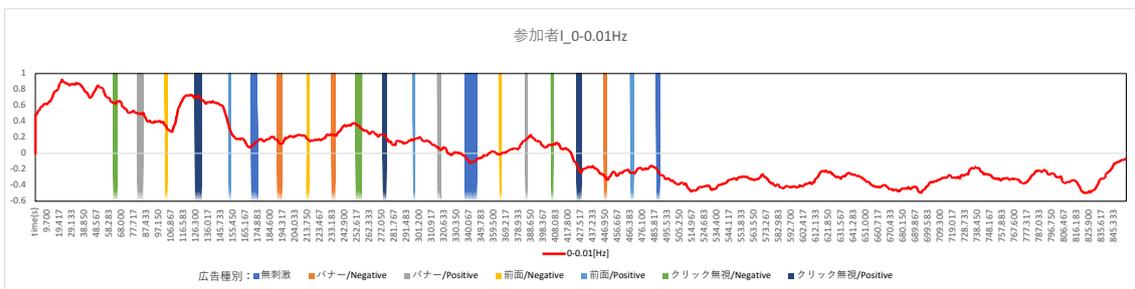
参加者 j



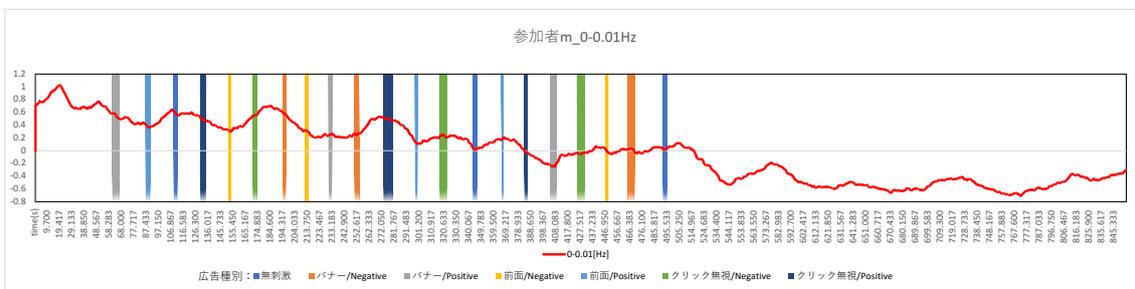
参加者 k



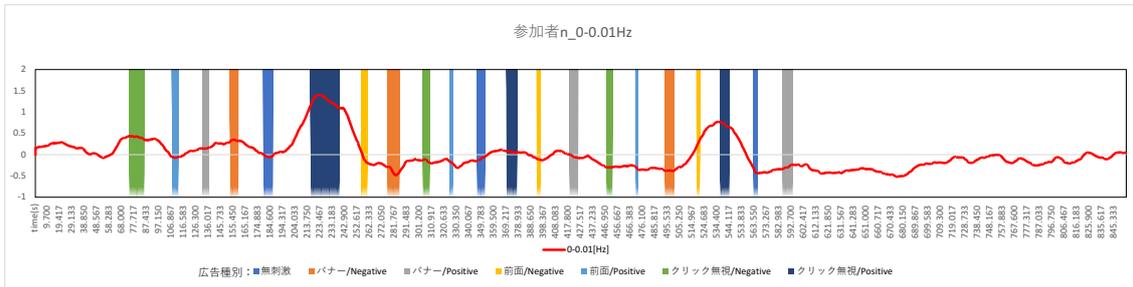
参加者 l



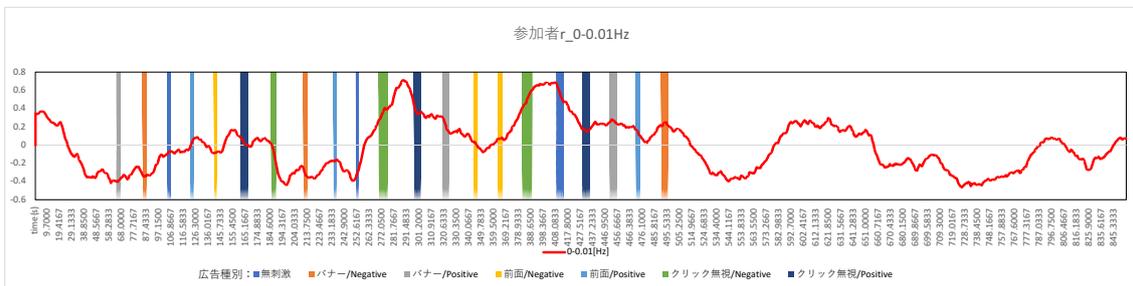
参加者 m



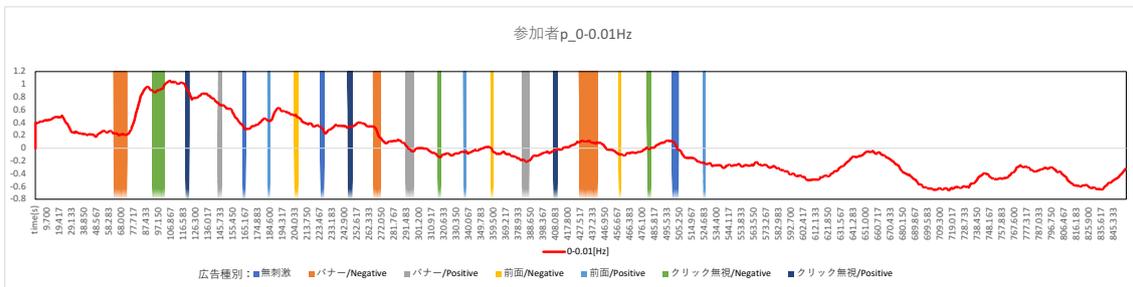
参加者 n



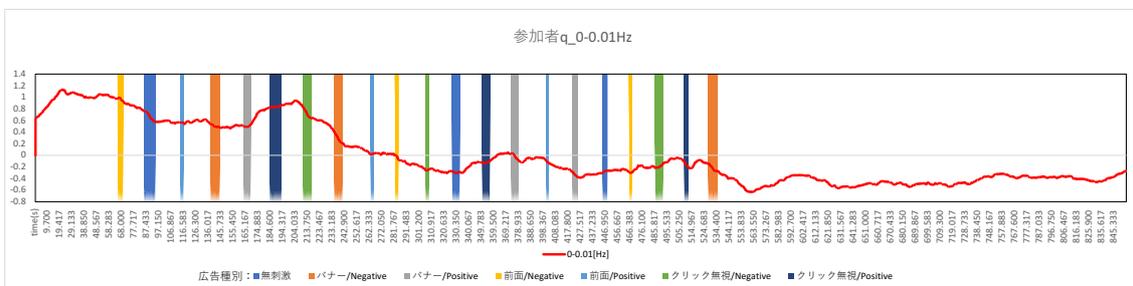
参加者 o



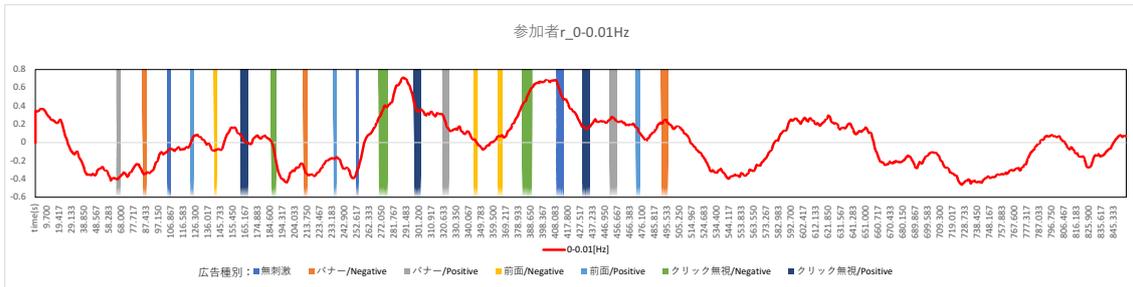
参加者 p



参加者 q



参加者 r

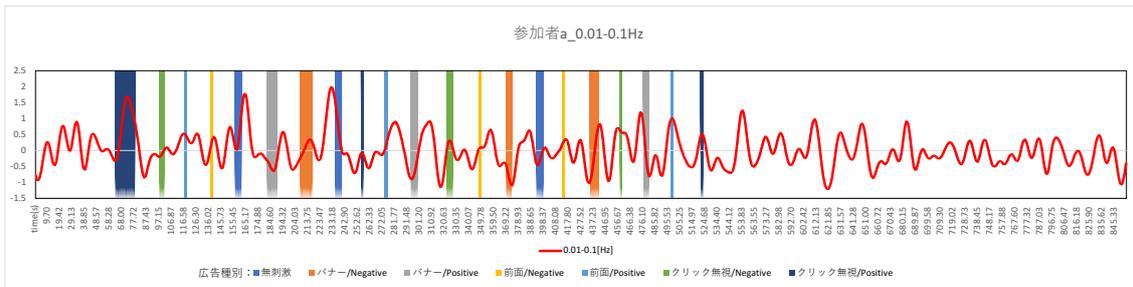


参加者 t

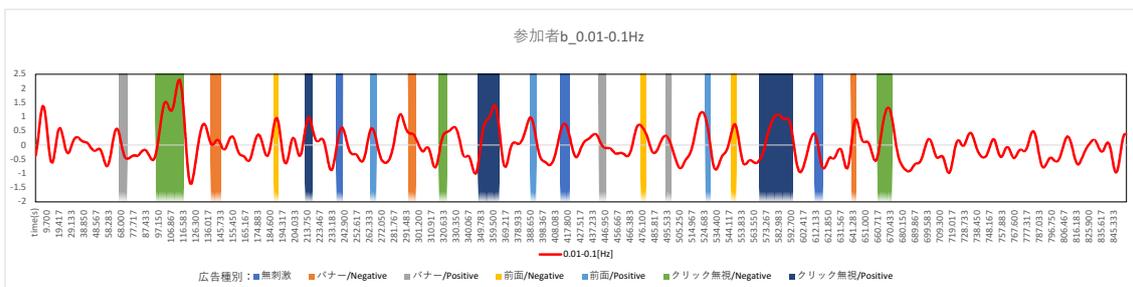


2.3 0.01 - 0.1 [Hz]

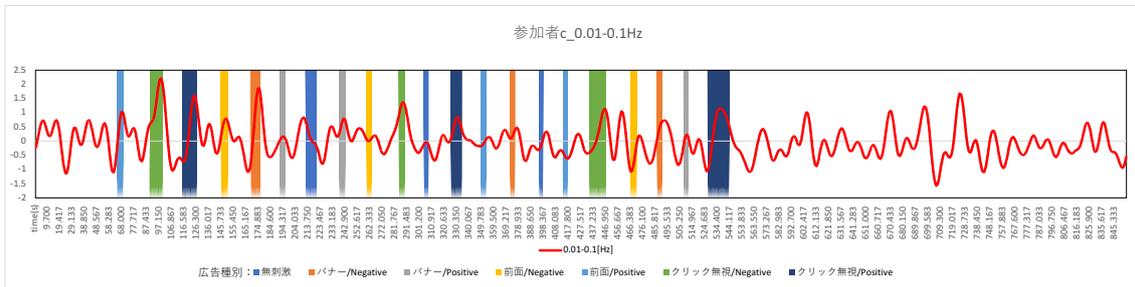
参加者 a



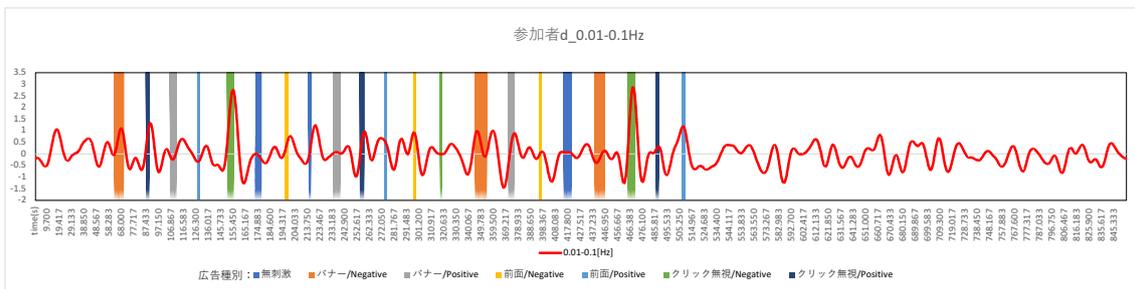
参加者 b



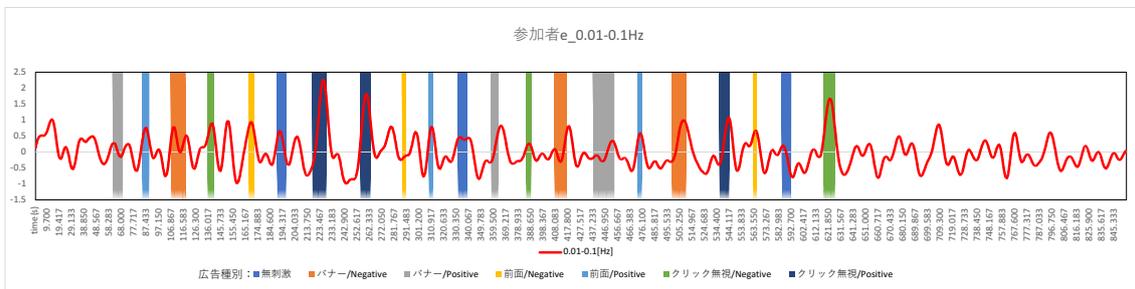
参加者 c



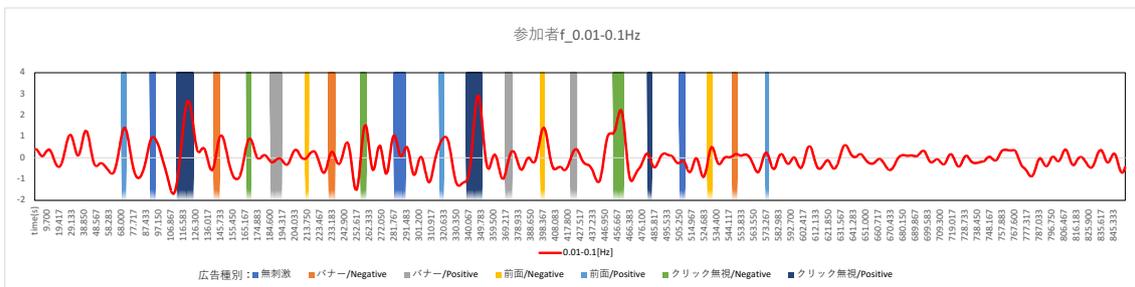
参加者 d



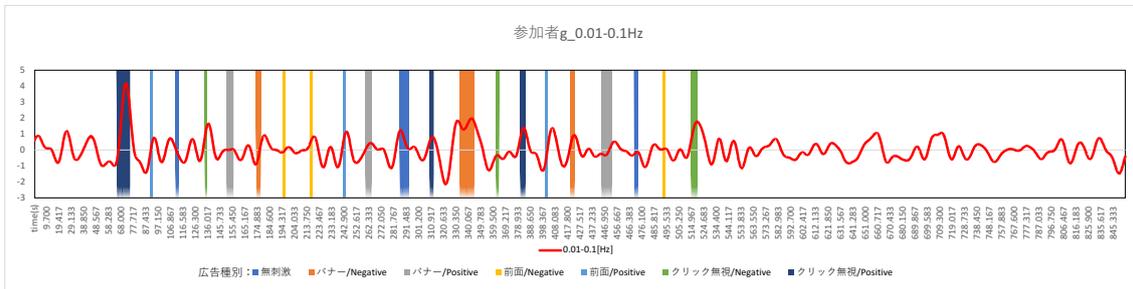
参加者 e



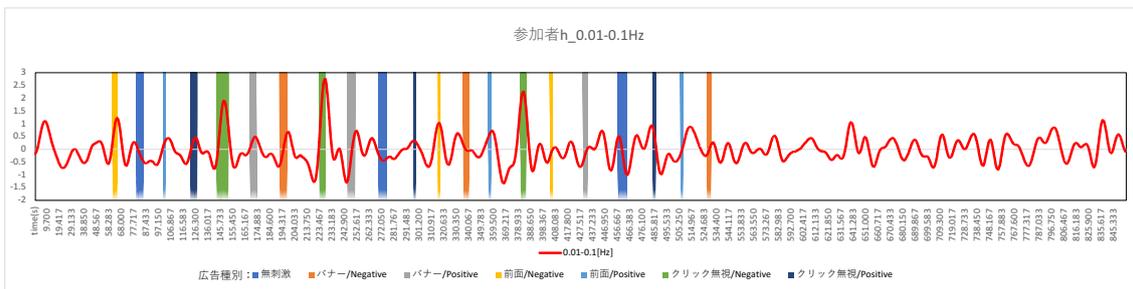
参加者 f



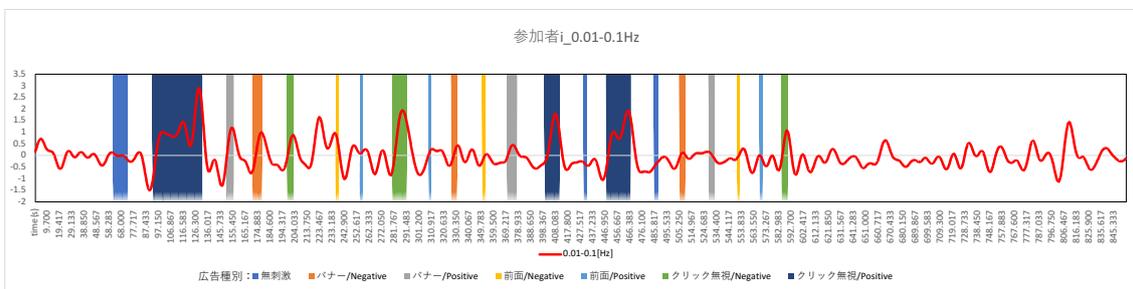
参加者 g



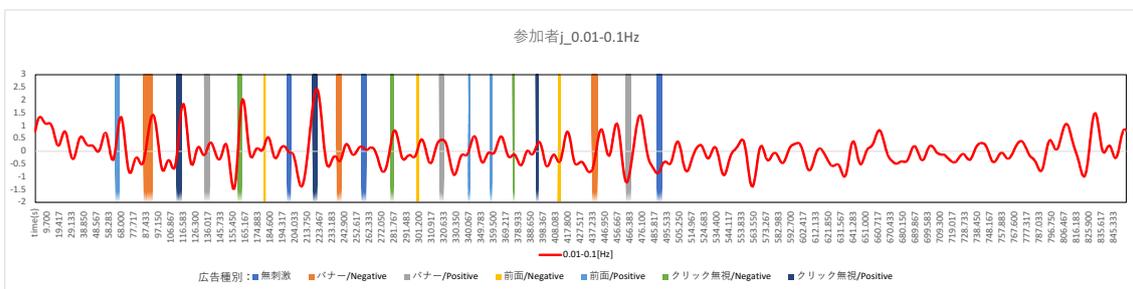
参加者 h



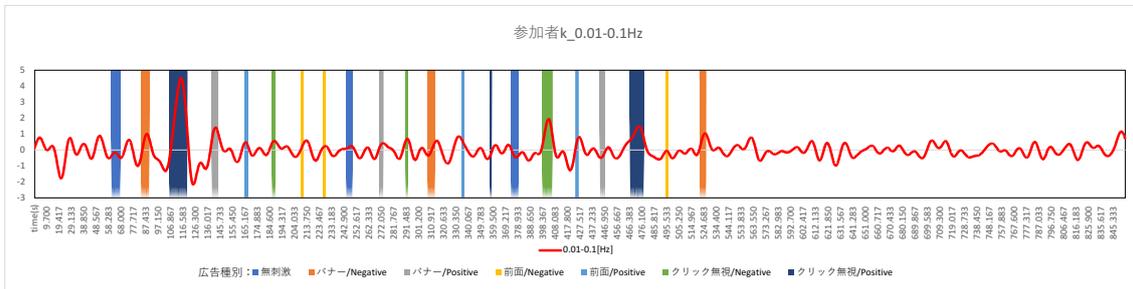
参加者 i



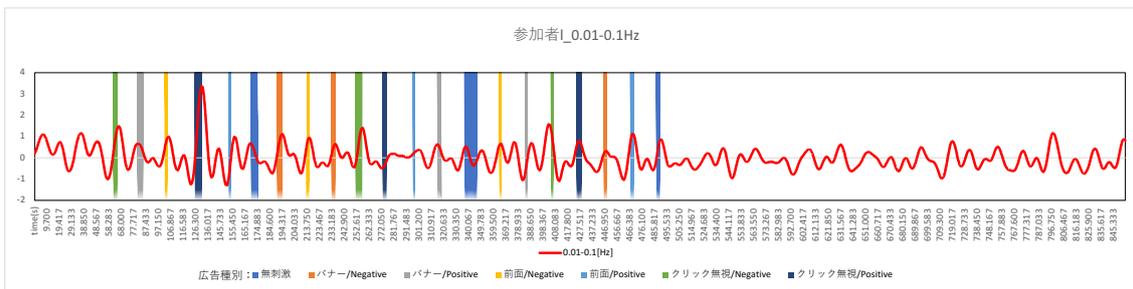
参加者 j



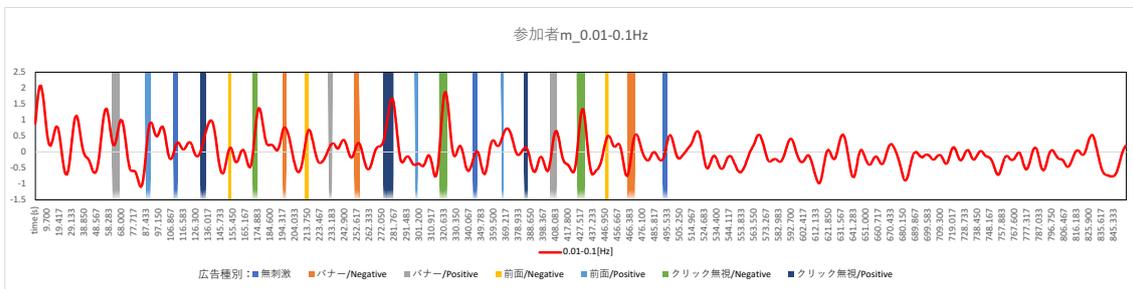
参加者 k



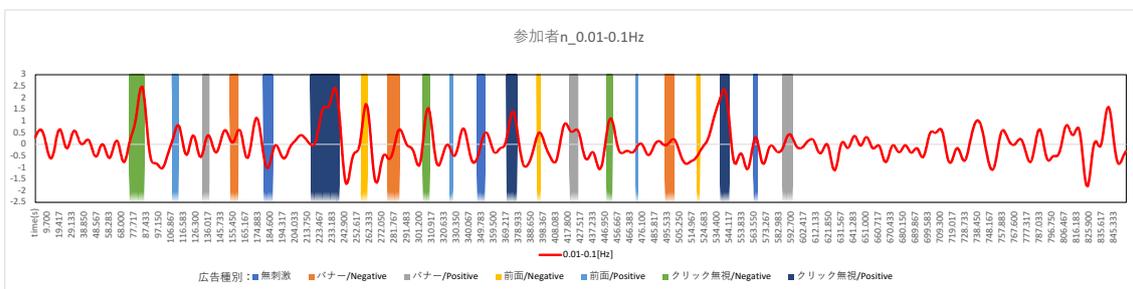
参加者 l



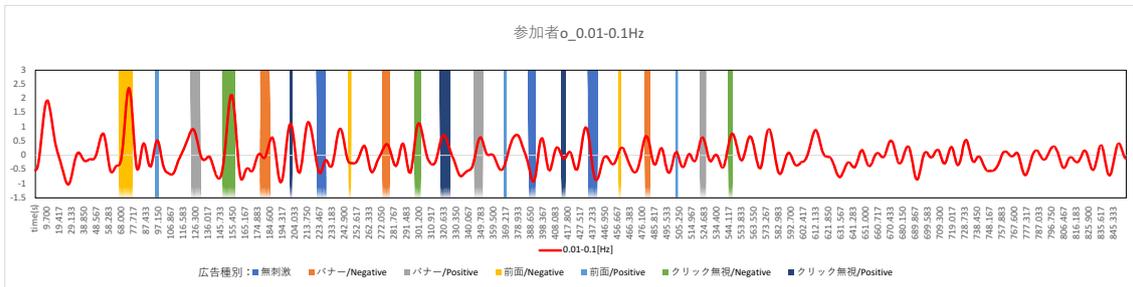
参加者 m



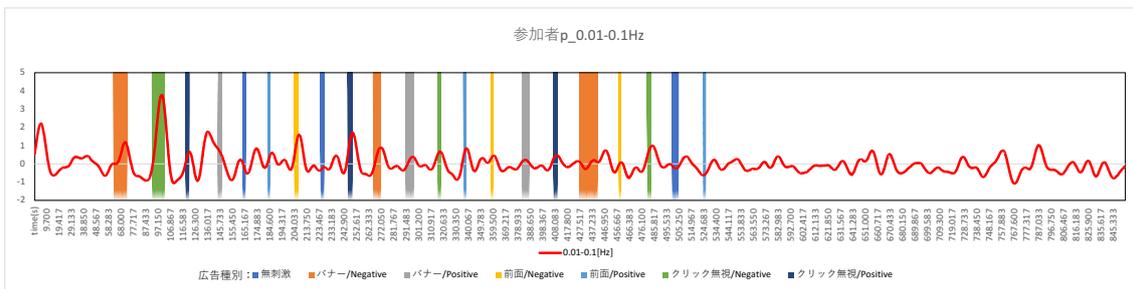
参加者 n



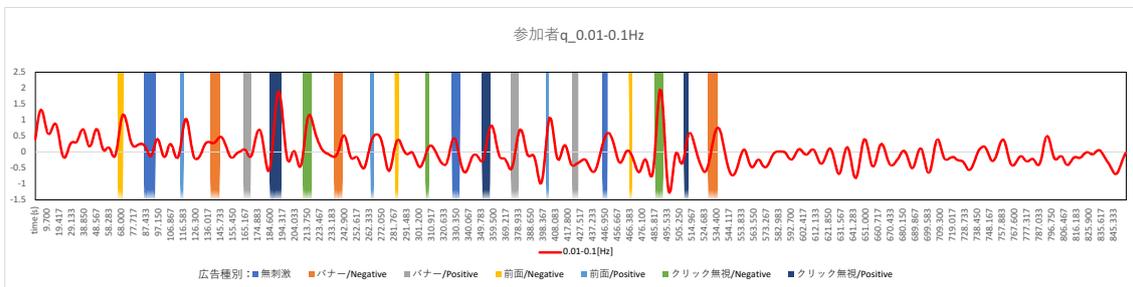
参加者 o



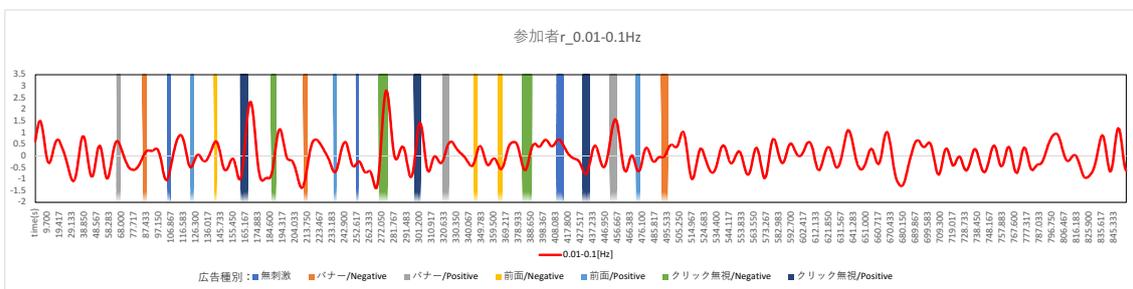
参加者 p



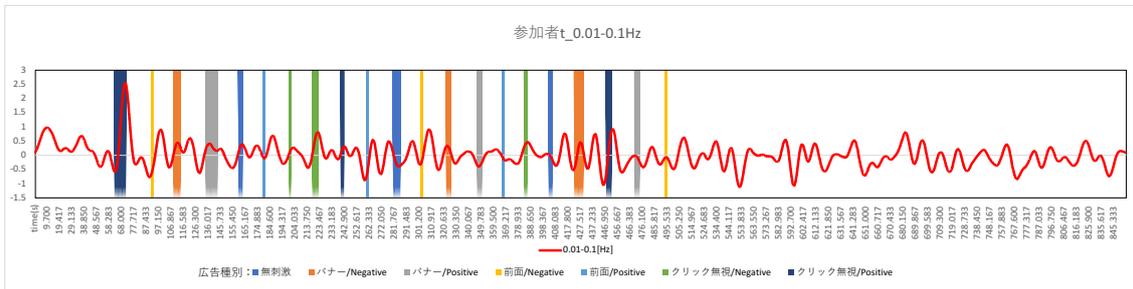
参加者 q



参加者 r

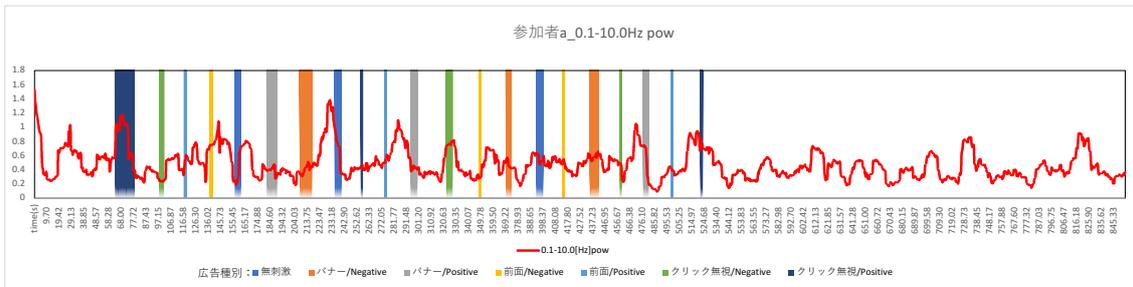


参加者 t

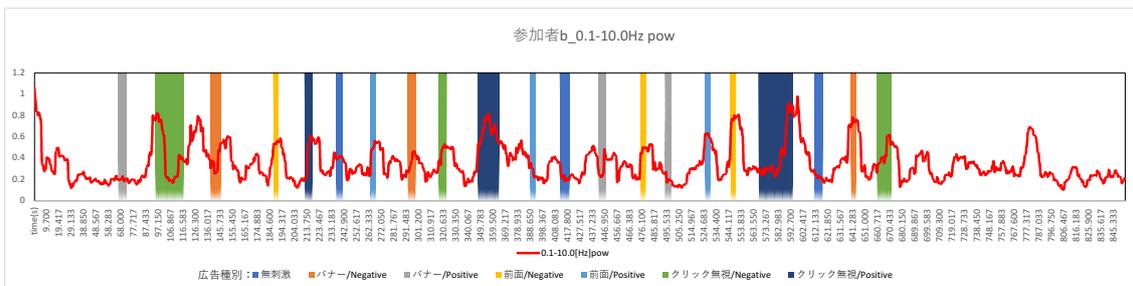


2.4 0.1 - 10.0 [Hz]

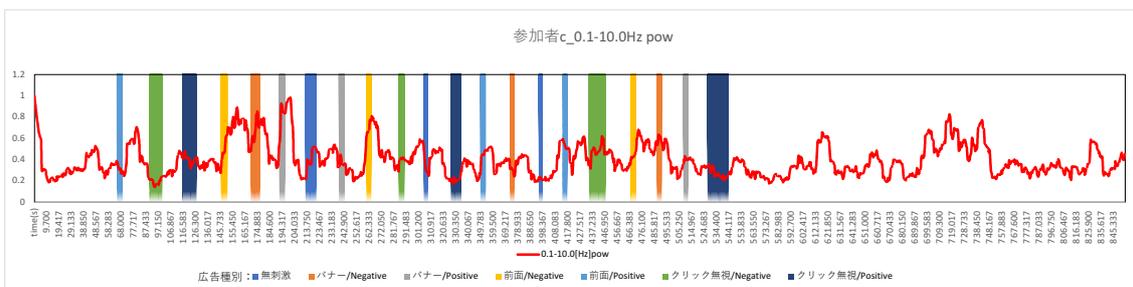
参加者 a



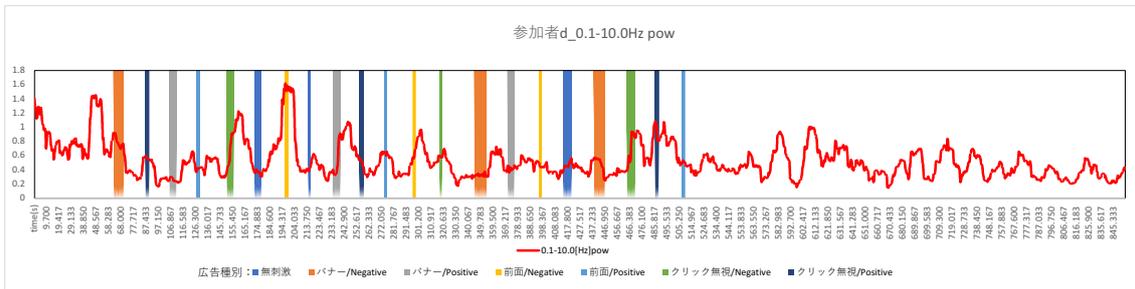
参加者 b



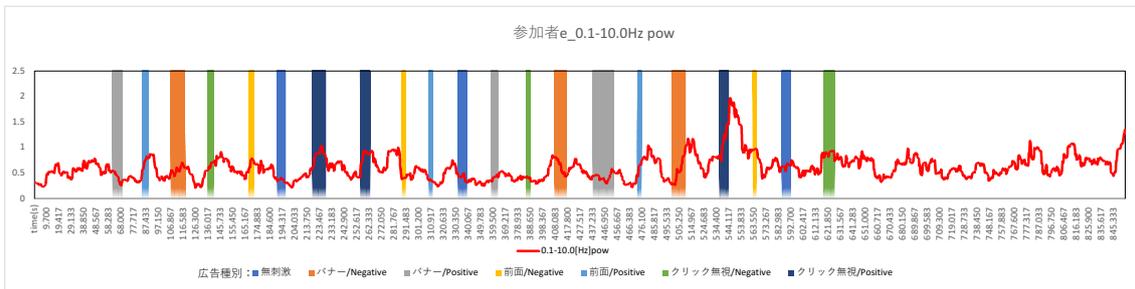
参加者 c



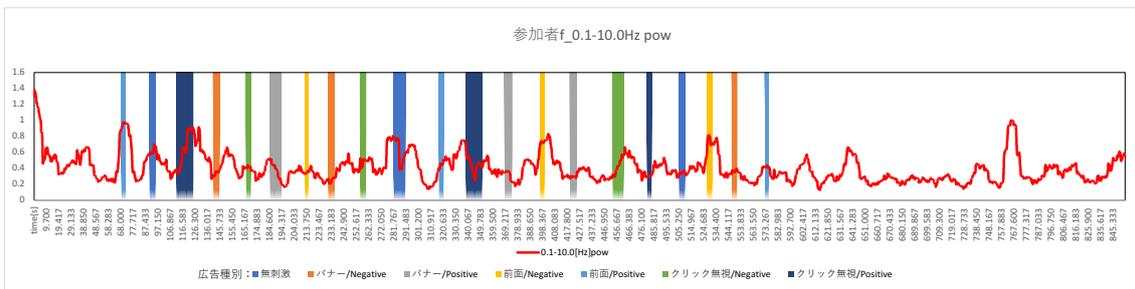
参加者 d



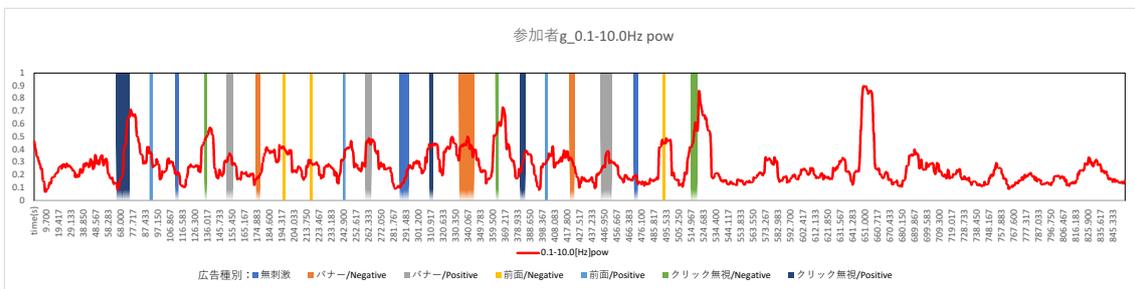
参加者 e



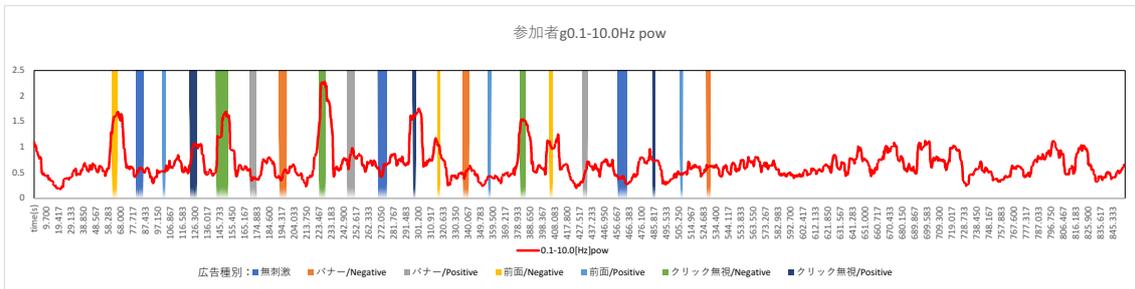
参加者 f



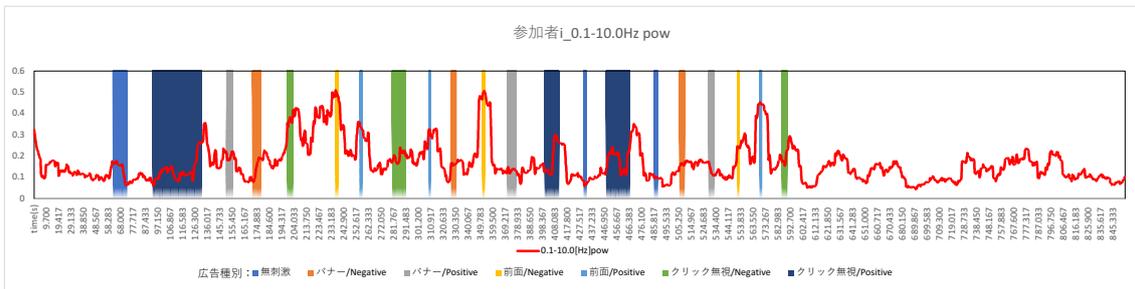
参加者 g



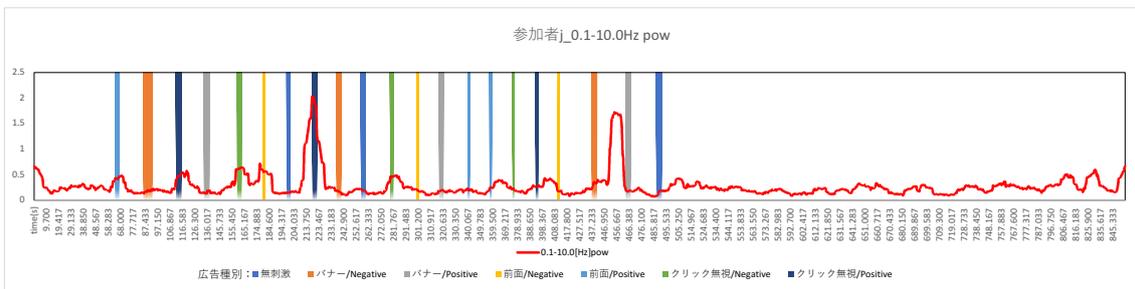
参加者 h



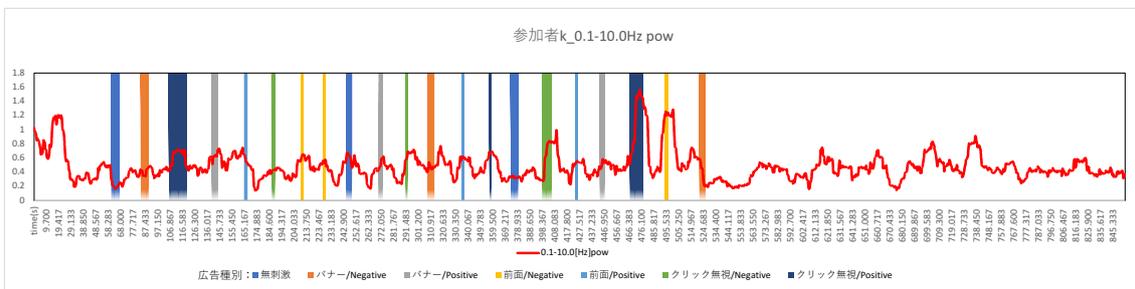
参加者 i



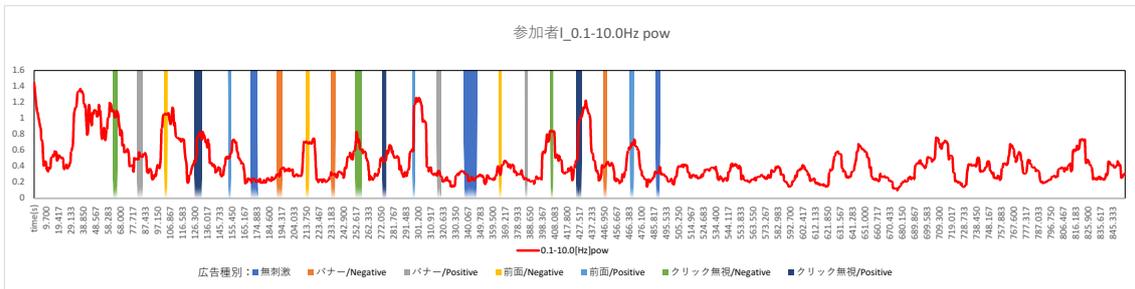
参加者 j



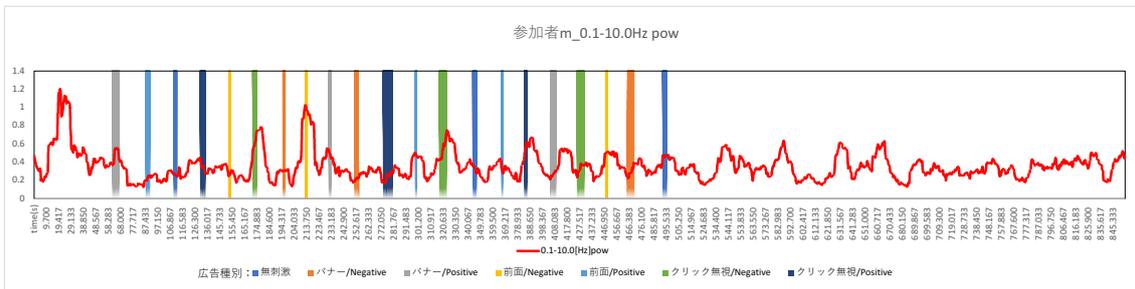
参加者 k



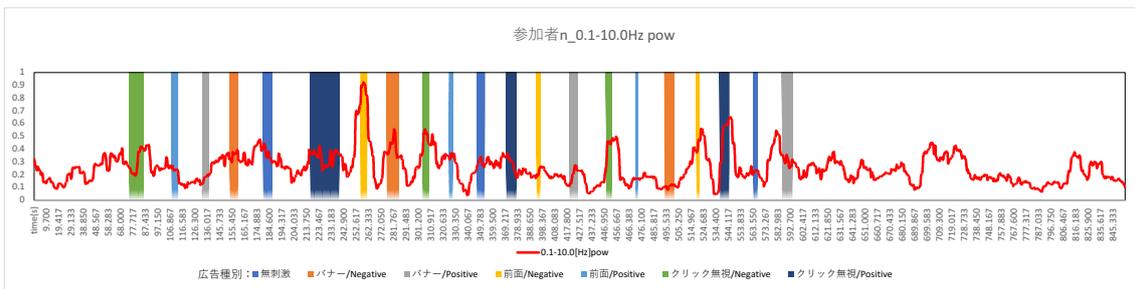
参加者 1



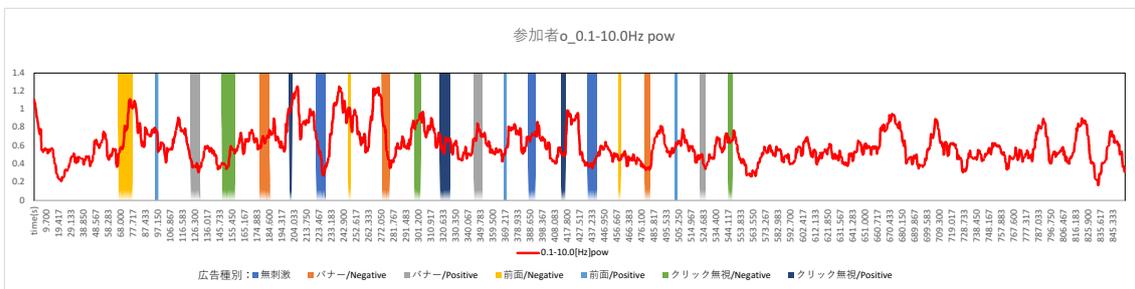
参加者 m



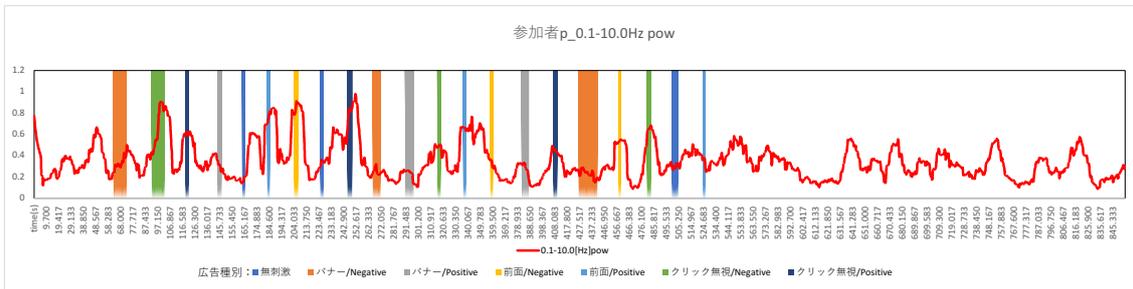
参加者 n



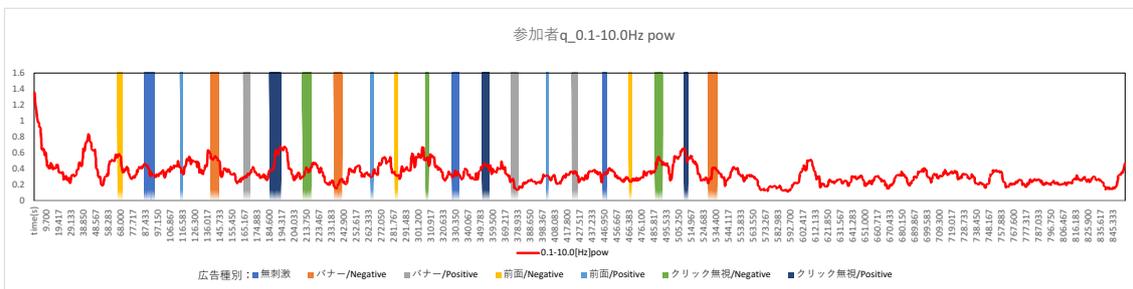
参加者 o



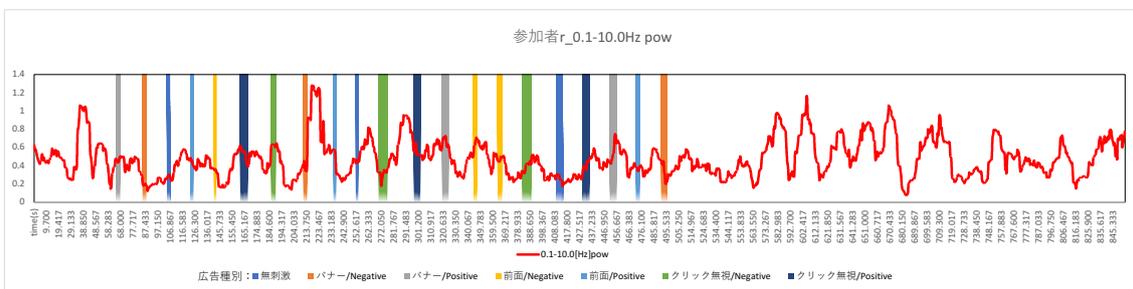
参加者 p



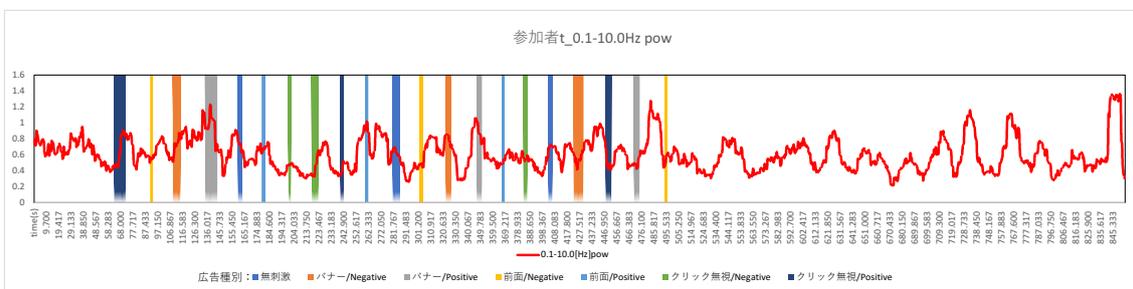
参加者 q

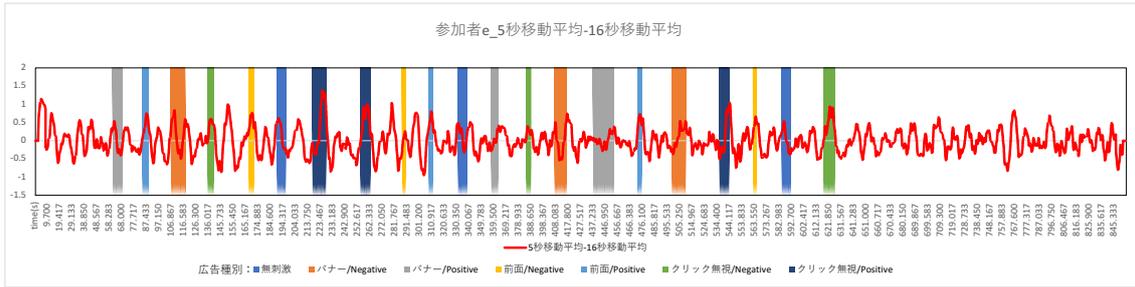


参加者 r

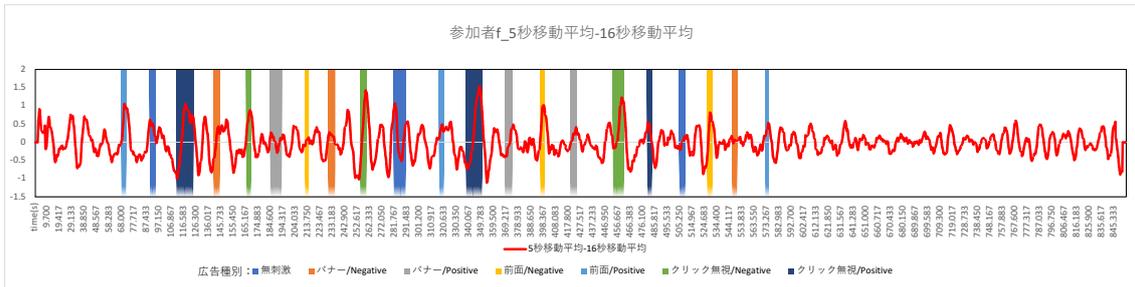


参加者 t

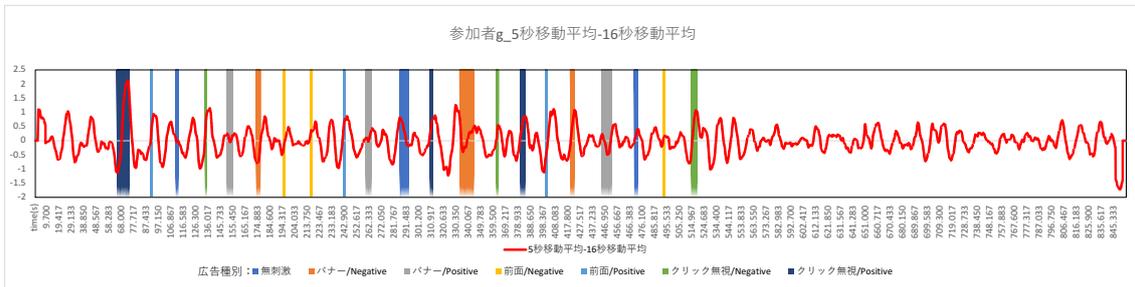




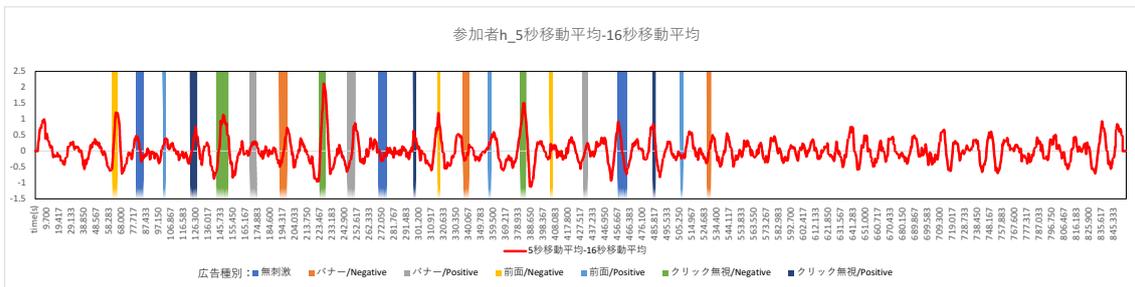
参加者 f



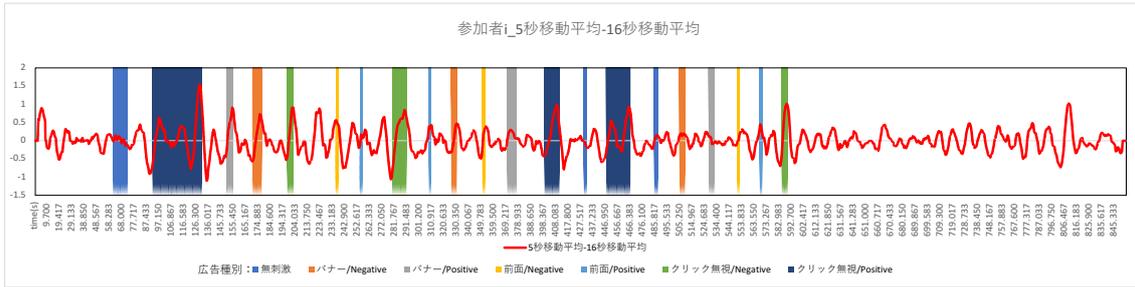
参加者 g



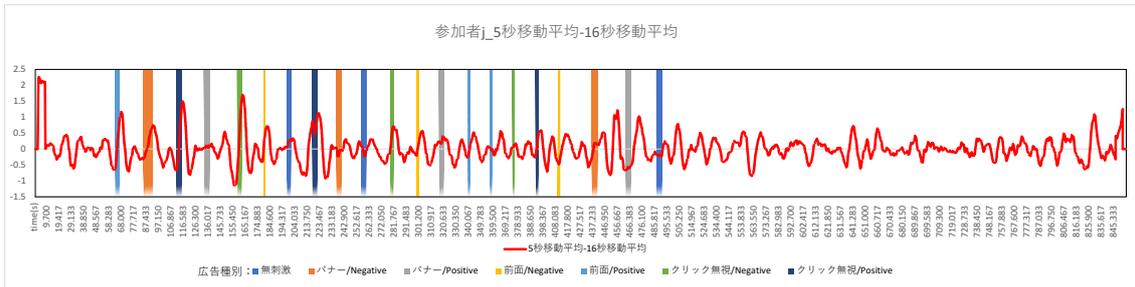
参加者 h



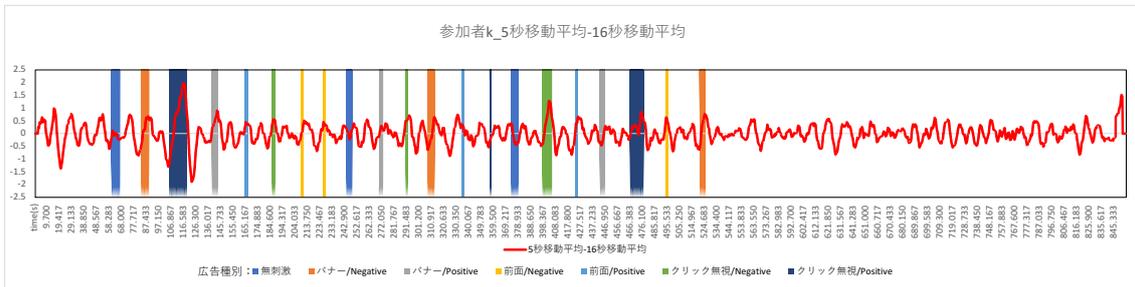
参加者 i



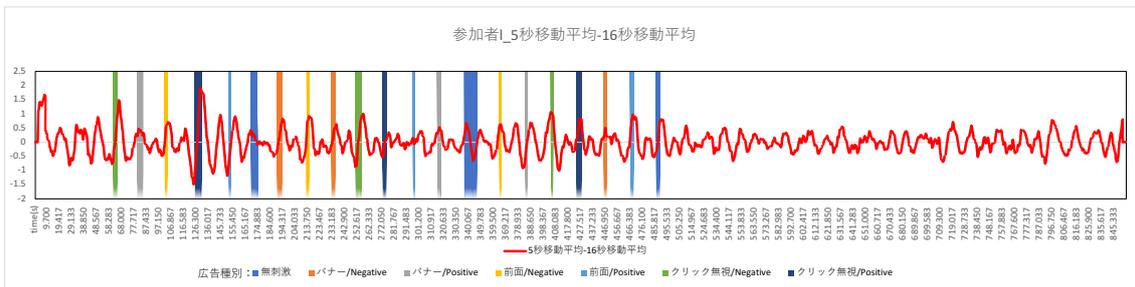
参加者 j



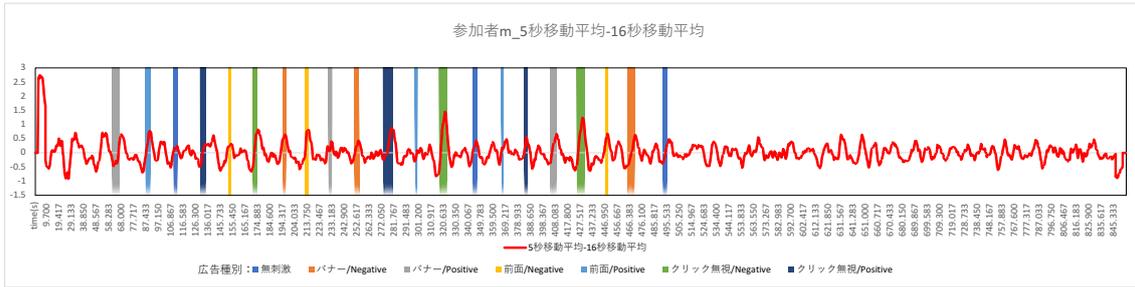
参加者 k



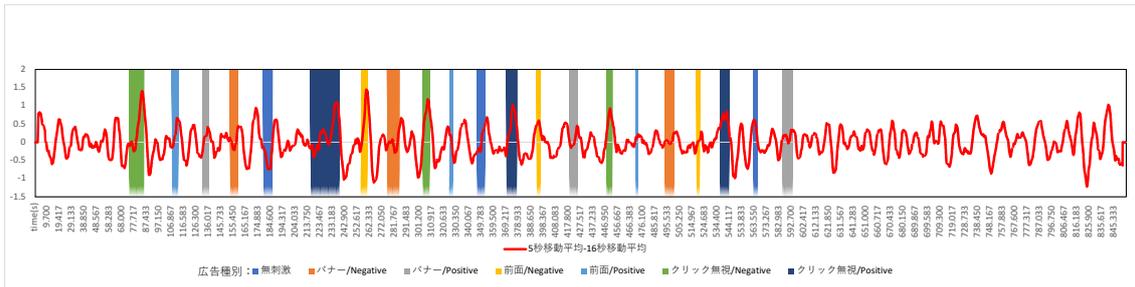
参加者 l



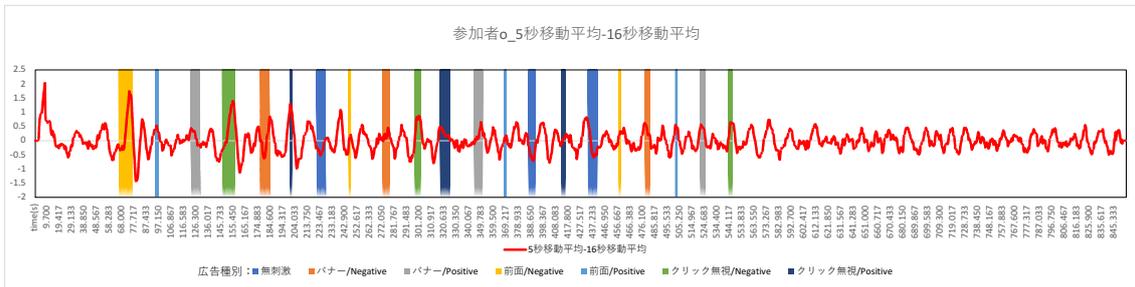
参加者 m



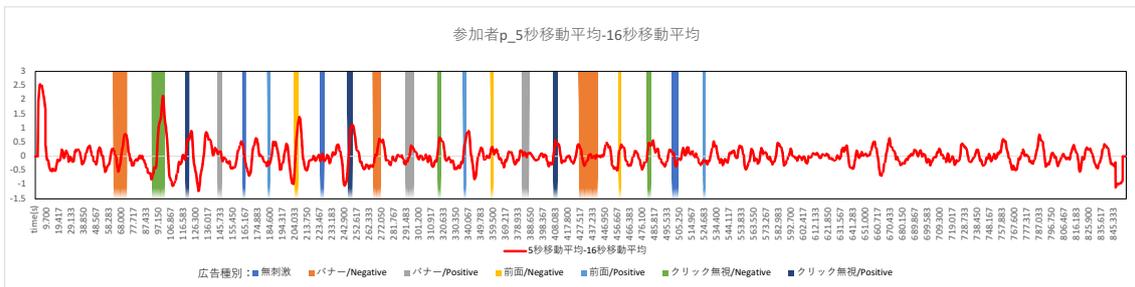
参加者 n



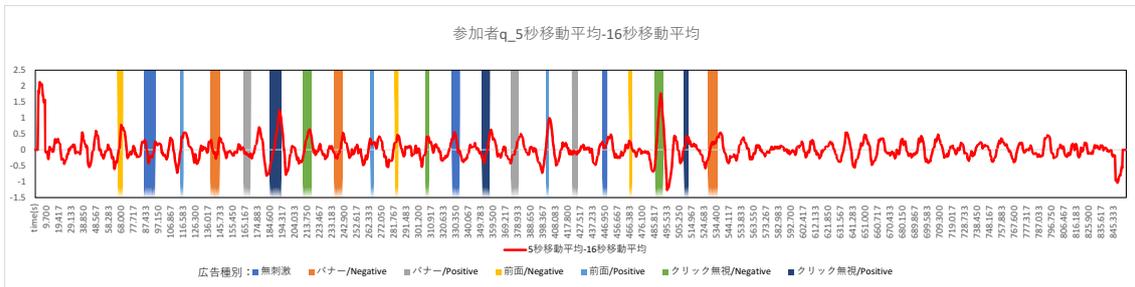
参加者 o



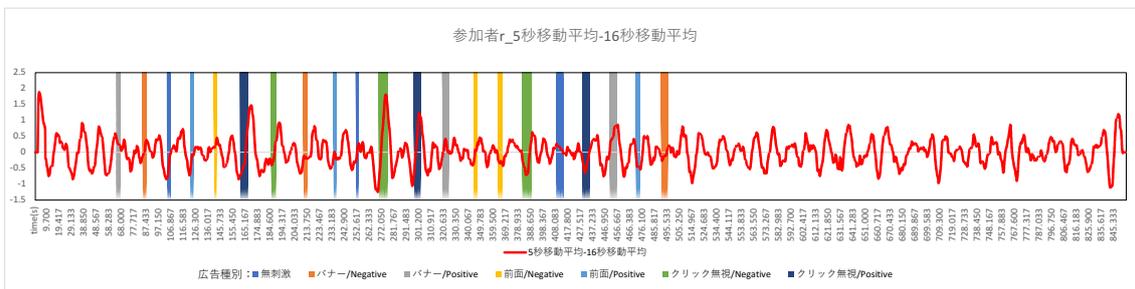
参加者 p



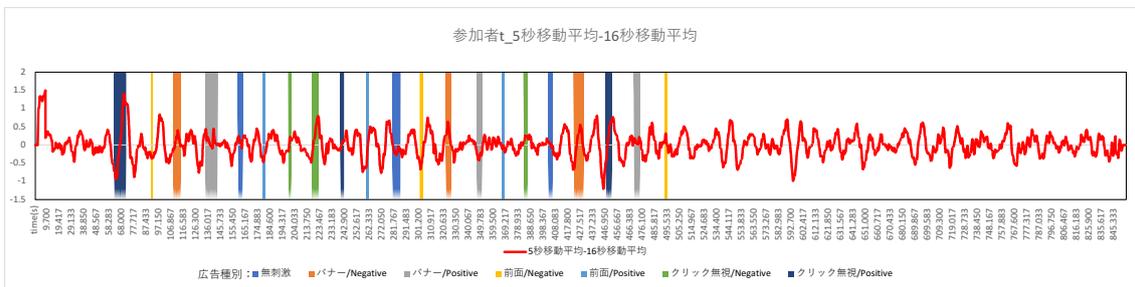
参加者 q



参加者 r



参加者 t



第二部

1. 援助者向けアンケート

1.1 アンケート用紙

「デジタルヘルプサイン」についてのアンケート

口頭で説明させていただきました「デジタルヘルプサイン」についてのアンケートをお聞かせ下さい。
本アンケートでいただいた結果については、個人情報保護することを前提として、論文等での発表、また、アプリケーションの機能向上にご利用させていただきます。

1. 性別、年代をお聞かせください。

【性別： 男 ・ 女 】

【年代： 10代 ・ 20代 ・ 30代 ・ 40代 ・ 50代 ・ 60代以上】

2. ヘルプマーク と マタニティマーク の存在を知っていましたか。(複数回答可)

ヘルプマークを知っていた ・ マタニティマークを知っていた ・ 両方知らなかった

3. ヘルプマーク や マタニティマーク等の利用者に座席を譲る等の援助・配慮行動をしたことがありますか。

ある(躊躇なく行動に移せましたか。： はい ・ いいえ) ・ ない

4. デジタルヘルプサインが一般的に普及した場合、利用したいと思いますか。

また、理由をお聞かせ下さい。

ぜひ利用したい ・ 利用したい ・ 利用したくない ・ 絶対に利用しない

理由： _____

5. デジタルヘルプサインが一般的に普及した場合、利用に際して懸念点がありますか。

ある(どのような懸念点がありますか： _____) ・ ない

6. デジタルヘルプサインは、援助・配慮行動のきっかけ、後押しになると思えますか。

思う ・ 思わない ・ わからない

7. デジタルヘルプサインに追加したほうが良いと思う機能はありますか。

ある(どのような機能ですか： _____) ・ ない/思いつかない

8. その他、デジタルヘルプサインについてのご意見やお気づきの点がございましたらご記入ください。

.....
.....
.....
.....

ご協力ありがとうございました。

1.2 アンケート集計結果

日	通番	1		2		3		4		5		6		7		8		備考/注
		性別	年代	知っている	知らない	ある	ない	知っている	知らない	ある	ない	知っている	知らない	ある	ない	知っている	知らない	
1月28日	1	m	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	2	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	3	f	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	4	f	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	5	m	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	6	m	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	7	m	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	8	m	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	9	m	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	10	m	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	11	0	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	12	m	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	13	m	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	14	f	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	15	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	16	f	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	17	0	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	18	f	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	19	m	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	20	m	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	21	f	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	22	f	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	23	f	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	24	f	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	25	m	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	26	f	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	27	m	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	28	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	29	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	30	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	31	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	32	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	33	m	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	34	f	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	35	m	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	36	m	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	37	m	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	38	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	39	f	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	40	m	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月28日	41	f	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

2.1 アンケート用紙

「デジタルヘルプサイン」についてのアンケート

ヘルプマークやマタニティマークをご利用の方に、口頭で説明させていただきました「デジタルヘルプサイン」についてのアンケートをお聞かせ下さい。

本アンケートでいただいた結果については、個人情報保護することを前提として、論文等での発表、また、アプリケーションの機能向上にご利用させていただきます。

1. 性別、年代をお聞かせください。

【性別： 男 ・ 女 】

【年代： 10代 ・ 20代 ・ 30代 ・ 40代 ・ 50代 ・ 60代以上】

2. 日常的にヘルプマーク もしくは マタニティマークをご利用されておられますか。

ヘルプマークを使っている ・ マタニティマークを使っている ・
日常的には使っていない(どういった時に使用されていますか：_____)

3. ヘルプマークを利用して、どのような時に便利さを感じましたか。

公共交通機関利用時 ・ 緊急災害時 ・ その他(_____)

4. ヘルプマークを利用するにあたり、利用しづらいと感じたことはありますか。

はい(どういったときに感じておられますか：_____) ・ いいえ

5. デジタルヘルプサインが一般的に普及した場合、利用したいと思いますか。

また、理由をお聞かせ下さい。

ぜひ利用したい ・ 利用したい ・ 利用したくない ・ 絶対に利用しない

理由：_____

6. デジタルヘルプサインが一般的に普及した場合、利用に際して懸念点がありますか。

ある(どのような懸念点がありますか：_____) ・ ない

7. デジタルヘルプサインに追加したほうが良いと思う機能はありますか。

ある(どのような機能ですか：_____) ・ ない/思いつかない

8. その他、デジタルヘルプサインについてのご意見やお気づきの点がございましたらご記入ください。

.....
.....

ご協力ありがとうございました。

2.2 アンケート集計結果

日	1	2	3	4	5	6	7	8	備考
1月28日	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月29日	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月30日	1	1	1	1	1	1	1	1	
1月31日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月1日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月2日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月3日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月4日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月5日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月6日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月7日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月8日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月9日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月10日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月11日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月12日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月13日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月14日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月15日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月16日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月17日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月18日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月19日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月20日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月21日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月22日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月23日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月24日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月25日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月26日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月27日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月28日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月29日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月30日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月31日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月32日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月33日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月34日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月35日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月36日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月37日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月38日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月39日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月40日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月41日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月42日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月43日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月44日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月45日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月46日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月47日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月48日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月49日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月50日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月51日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月52日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月53日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月54日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月55日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月56日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月57日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月58日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月59日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月60日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月61日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月62日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月63日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月64日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月65日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月66日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月67日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月68日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月69日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月70日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月71日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月72日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月73日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月74日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月75日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月76日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月77日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月78日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月79日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月80日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月81日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月82日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月83日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月84日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月85日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月86日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月87日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月88日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月89日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月90日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月91日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月92日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月93日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月94日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月95日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月96日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月97日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月98日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月99日	1	1	1	1	1	1	1	1	
2月100日	1	1	1	1	1	1	1	1	