

Title	表情分析によるストレス解消効果を高める画像提示順序の決定法
Author(s)	井戸田, 彰義
Citation	
Issue Date	2017-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/14096
Rights	
Description	Supervisor:宮田 一乗, 知識科学研究科, 修士

修士論文

表情分析によるストレス解消効果を高める画像提示順序の決定法

1550006

井戸田 彰義

主指導教員 宮田 一乗
審査委員主査 宮田 一乗
審査委員 由井 蘭 隆也
西本 一志
敷田 麻実

北陸先端科学技術大学院大学

知識科学研究科

平成 29 年 2 月

目次

1 序論	1
1.1 背景	1
1.1.1 画像処理	1
1.1.2 人間の潜在情報の読み取り	2
1.1.3 ストレス社会	3
1.2 目的	4
1.3 論文の構成	5
2 関連研究	6
2.1 人間の感情取得に関する研究	6
2.2 ストレス軽減に関する研究	9
2.3 画像による感情刺激に関する研究	10
2.4 本研究の位置づけ	11
3 実験システムの設計	12
3.1 ストレス軽減システムの設計	12
3.2 画像提示システム	13
3.3 表情認識システム	13
3.4 心拍計測システム	14
4 予備実験	17
4.1 ストレス負荷ソースの決定	17
4.2 表情認識システムの精度検証	20
4.3 ストレス負荷時とリラックス時の表情変化	27
5 システムの検証	31
5.1 実験方法	31
5.1.1 リラックス時及び画像提示時の表情変化の取得	31
5.1.2 画像の並び替えによるストレス低減効果の検証	33
5.2 実験結果	35
5.2.1 リラックス時及び刺激画像提示時の表情分析結果	35
5.2.2 画像の並び替えによるストレス低減効果の検証結果	40
5.3 考察	45
6 まとめ	46
謝辞	47
参考文献	48

1 序論

本章では，研究の背景として「コンピュータの持つ眼」として急速に発展してきた画像処理技術と，それを利用して人間の潜在情報を読み取る手法について説明する．つづいて，これらの技術を用いることで改善が期待できる，現代社会が抱える問題の一つであるストレスの増加について述べる．その後，本研究の目的を説明し，最後に論文の構成について記述する．

1.1 背景

近年，コンピュータは一部の分野において人間並みか，それ以上の仕事が行えるようになった．特に細かい状態変化や大量のデータを扱う分野では，すでに人間の能力を大きく超えている．本節では，コンピュータの持つ能力の一つである視覚（コンピュータビジョン）に焦点を当て，基本的な画像処理技術と，人間の能力を超えるような最先端の画像処理技術について説明する．そして，これらの技術の応用先として考えられる，現代社会が抱えるストレスの増加について述べる．

1.1.1 画像処理

コンピュータ画像処理とは，画像の形を変換したり，画像から何らかの情報を取得する処理全般のことをさす．コンピュータ画像処理を利用することで，コンピュータに視覚能力を持たせることができる．コンピュータが普及し始めたばかりの頃は，元画像の解像度や明暗，色彩，階調の補正等しか行えなかったが，現在は静止画像のみならず，リアルタイムでの動画画像処理などの複雑な処理も可能となってきた．この技術が発達することで，現代ではコンピュータが人間と同等レベルの視覚能力を持ちはじめ，今までは人間でしかできなかった仕事を代替することも増えてきている．

例えば，ソニーのハンディカム¹では，図 1.1 に示すような「スマイルシャッター」という機能が搭載されており，被写体である人物の表情を認識し，笑顔であれば自動的にシャッターを切ることができる．また，三菱プレジジョン株式会社では，図 1.2 のようにカメラで車のナンバープレートを認識する「車番認識システム」を開発している²．このシステムは，

¹ ソニー「ハンディカム」，<https://www.sony.jp/handycam/feature/kaokime/>

² 三菱プレジジョン株式会社「車番認識システム」，<https://www.mpcnet.co.jp/product/parking/system/lisencenumber.html>

入場時にナンバーを自動で読み取り，事前精算機と連携し精算済み車両かどうかを自動で判断して，スムーズな入退場を可能としている．このように，一部ではあるが，コンピュータは人間並みの視覚能力を習得している．



図 1.1 スマイルシャッター(脚注 1 より)



図 1.2 車番カメラ(脚注 2 より)

1.1.2 人間の潜在情報の読み取り

コンピュータは，人間よりも正確な視覚（センサー）や高速なデータの処理能力を有しているため，一部の分野では人間の視覚・認識能力を超えはじめている．例として，Paul Ekman Group が開発した微表情検出システムがある[1]．第 2 章にて詳しく触れるが，図 1.3 に示す微表情は人間の本当の感情を表すといわれている．しかし，この変化は極めて微小な時間での表情変化であるために，肉眼で認識するには特殊な訓練が必要である．これに対し，このシステムを用いることで，人間の視覚では認識が難しい微表情を検出することが可能である．また，近年では，人工知能に図 1.4 のような犯罪者の顔画像の特徴を学習させることで，その人が犯罪者顔かどうかを分析させることが可能だという研究成果も発表されている[2]．完全に正答しているわけではないため，まだ実用には至っていないが，これからの精度が向上していけば，犯罪を未然に防ぐようなシステムが実現するかもしれない．



図 1.3 微表情の例（参考文献[1]より）



(a) Three samples in criminal ID photo set S_c .



(b) Three samples in non-criminal ID photo set S_n .

図 1.4 犯罪者顔の学習 (参考文献[2]より)

これらは表情を用いて人間の感情を認識する研究だが、他の情報を用いて人間の潜在情報を読み取る研究も行われている。例として脳波を利用した人間の感情認識の研究がある[3]。この研究は脳波を解析して怒り・悲しみ・喜び・リラックスなどの4種類の感情を分析可能である。現在はまだ分析できる感情は少ないが、今後発展していくに従い、より多くの感情を分析可能になると予測される。また、脳波以外に心拍を利用した研究も行われており、リラックス状態の分析などが行われている[4]。

このように、人間が知覚・認識困難である情報をコンピュータが自動認識する研究は数多くなされている。これから発展していくに従って精度は向上し、これからも多くの分野への適用が可能になると考えられる。本研究では、コンピュータビジョンによる人間の状態読み取り技術にフォーカスを当て、現代社会の大きな問題の一つであるストレスの増加に対する解決法として適用することを提案する。

1.1.3 ストレス社会

近年、図 1.5 に示すように、日本のみならず世界中で、生活習慣病患者の増加が大きな社会問題となっている[5]。世界保健機関(WHO)の発表では、生活習慣病による死亡者数は2012年で3600万人に上り、2030年には5500万人に増加するとみられている[6]。

このような生活習慣病の原因は様々であるが、その一つにストレスが挙げられている[7]。ストレスは、生体に外傷や緊張などの刺激が加わったときに生体が示す反応のことであり、人がストレスを感じると交感神経が刺激され、血管が収縮し心拍数の増加や血圧の上昇などが起こる。このようなストレスは、軽いものであればそれを乗り越えた時の達成感を与えてくれるなど、良い方向に働くこともある。しかし、ストレスが慢性的に続いてしまうと、自律神経の作用から高血圧や糖尿病の原因となったり、やけ食いや不眠症を引き起こして

しまう可能性がある。このように、毎日の健康的な生活のためには日ごろからストレスをため込まないことが大切である。しかし、現代はストレス社会と呼ばれていることから分かるように、ストレスがたまりやすい環境となっているため、ストレスをためないということは難しい。そのため、たまったストレスを解消する、定期的なストレス解消が必要となる。

ストレス解消として、一般的に運動や食、自然に触れるなどの方法がとられる。しかし、いつでも運動ができる状況にいるわけではなく、ストレスを解消する時間も作れないほど忙しいという状況も存在し得る。そのため、現代ではより手軽で時間を取らないストレス解消法が求められている。

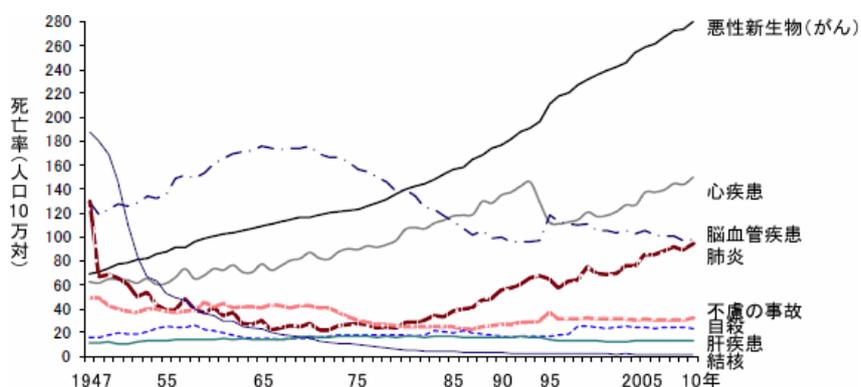


図 1.5 平成 22 年人口動態統計月報年計(概数) の概況 (参考文献[3]より)

1.2 目的

生活習慣病の予防のため、その原因であるストレスの蓄積を解消する必要がある[8]。しかし、たまったストレスを解消する手法は、時間のかかるものも多く、自由な時間をあまりとれない社会人などでは、ストレスはたまっていく一方となってしまう。また、目には見えないストレスの蓄積を認識することは、たとえ自分の身体のこととはいえ難しい。この問題を解決するためには、ストレスの蓄積を逐次分析し、ストレスがたまると判断されたらわずかな時間でそれを解消できるような仕組みが必要であると考えられる。

本研究では、この課題に対して、画像処理を利用した解決法を提案する。仕組みとしては、事前に複数の刺激画像を提示した際の表情、および、リラックス効果のある自然映像を提示した際の時系列的な表情変化を記録する。この変化に合うように刺激画像を表示する順序や時間を決定することで、リラックス時と同様の時系列的な表情変化を誘発する。このシステムを実現すれば、機械によりストレスを計測し、スライドショーやフォトフレームなどに表示される画像を数分間眺めるだけでリラックス状態を作ることができ、ストレスを手軽に解消できると考える。また、職場や家庭などの特殊な装置がない環境でも使用できるように、一般的なパソコンで動作可能な環境を提供する。

1.3 論文の構成

本論文は全 6 章で構成する。第 2 章では、人間の感情取得及びストレス軽減に関する関連研究について説明し、その後本研究の位置付けについて述べる。第 3 章ではシステムの設計を示す。つづいて、第 4 章ではシステムの精度検証などの予備実験を行い、第 5 章では画像の並び替えによって使用者のストレスが軽減されるかどうかを確認する。最後に第 6 章で本研究を総括し、今後の課題について述べる。

2 関連研究

本研究では、日々蓄積してしまうストレスを軽減することを目標としている。まず、事前処理として、複数の刺激画像を提示した際の表情、リラックス効果のある自然映像を提示した際の時系列的な表情変化を取得する。そして、この変化に合うように刺激画像を表示する順序・時間を決定することで、リラックス時と同様の表情変化を誘発し、リラックス状態を作り出す。本章では、今まで行われてきた画像処理による潜在情報の読み取りを行う研究を紹介し、次にストレスの軽減に関する研究について説明する。そして画像による感情刺激について述べ、最後に、本研究の位置づけを記述する。

2.1 人間の感情取得に関する研究

人間の本当の心理状態は、通常表出される表情の合間に、わずかな時間だけ表出する「微表情」にこそ表れるとされている[9]。しかしながら、このような微表情は表出時間が0.2秒程度と一瞬であり、その微表情も通常表情と比較して非常に小さい変化であるため、特別な訓練をしなければ認識できないと言われている。Paul Ekman Groupは、微表情をコンピュータで認識する微表情検出システムを開発している[1]。このシステムは、人間の微妙な表情変化を Eulerian Video Magnification システムによって拡大し、その情報をサポートベクタマシンに学習させることで、被験者の本当の感情を認識する。同システムは、ウソ発見器や心理療法などの分野への応用が可能である。

動画内の微細変化を拡大し、コンピュータや人間に認識させやすくする手法の一つである Eulerian Video Magnification システム[10]を以下に述べる。図2.2に示すように、入力された動画を異なる周波数帯に分割し、それぞれの帯域に同じ時間的フィルタを適用する。そして拡大要因 α をパラメータとして動きを拡大し、変化を増幅した動画を出力する。

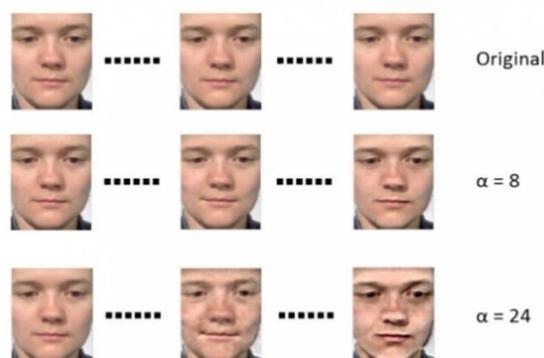


図 2.1 微表情の拡大 (参考文献[1]より)

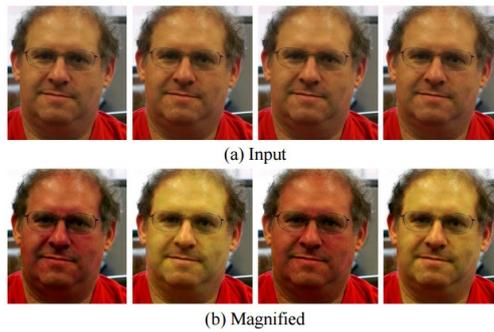


図 2.4 顔の色変化による心拍検出 (参考文献[8]より)

微表情に関する研究以外でも，表情認識による人間の感情を推定する研究は行われている．例の1つとして **Emotient** 社が開発したアプリが挙げられる[11]．このアプリは **GoogleGlass** 用に開発されたアプリで，人間の感情を認識することができる．特定の感情に対する表情の動作パターンを機械学習することで，嘘の表情を見分けるほどの精度を持っている．図 2.5 は，冷たい氷に手を浸したときの表情だが，右の二つは実際には氷に手を浸していない嘘の表情である．人間の認識ではほとんど見分けはつかないが，このアプリを用いることで 85%の精度で嘘を見分けることができる．

本研究の対象であるストレスの増加・低減なども，人間には判断が難しい．そのため，ここで挙げたような，人間にも認識が難しい詳細なデータをコンピュータにより取得し，活用することでシステムを実現させる．



図 2.5 嘘の表情・本当の表情 (参考文献[11]より)

2.2 ストレス軽減に関する研究

ストレスの増加は、うつ病や睡眠障害など様々な病気を引き起こすため、ストレスを軽減するために様々な取り組みがされている。例えば東海旅客鉄道株式会社静岡健康管理センターでは、実際の仕事現場での問診票を元に各社員のストレスを計測し、その改善のために全社員への聞き取り調査を行い、専門家との意見交換によって改善案を考案するという取り組みを行っている[12]。あるグループにおいて聞き取り調査を行った結果「業務量が多い」、「取引先との人間関係をこなすのが難しい」「職場内でのコミュニケーションが不足している」などの意見を得た。この研究では「朝の点呼を月1回定例で行い、全員で情報交換できるようにする」、「職場内で相談できる雰囲気を作る」などの改善策を考案した。実際にこの改善案を試行して、一年後にストレスの再評価を行った結果、総合健康リスクが142から112に改善するなどの効果が見られた。

また、生活習慣病予防のため、ストレス解消のみならず運動不足解消の効果もあるウォーキングに関する研究も行われている[13]。ストレス解消に効果があるといわれている「自然に触れる」ということを利用して、植物園の中をウォーキングすることで、ストレスの解消及び運動不足の改善を目指したものである。この研究では、ストレス計測手法としてストレス負荷時に増加すると言われる、唾液中のアミラーゼの量を計測している[14]。自然の中でと住宅街でのウォーキングの結果を比較したところ、図2.6のように自然の中でのウォーキング後にはアミラーゼ量が減少しており、ストレス解消効果があるということがわかった。

これらのように、ストレスを軽減させるための研究はされているが、時間が多くかかってしまうなど、短時間での解消ができない。またストレス計測も、アンケートや唾液の分析など、手軽に行えないといった問題を抱えている。

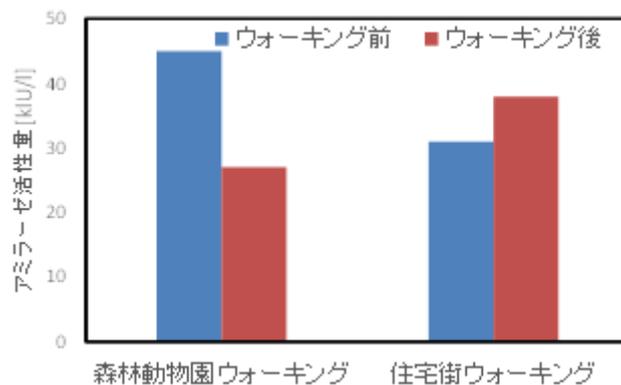


図 2.6 ウォーキング前後のストレス変化(参考文献[11]より)

2.3 画像による感情刺激に関する研究

画像には様々な情報が含まれており、画像を被験者に見せるだけで多様な感情を喚起させることが可能である。このような画像を用いた感情喚起の研究では、一般的に図 2.7 のような IAPS(International Affective Picture System)が用いられている[15]。IAPS には現在 1000 例以上の人間の感情を、喚起する画像が用意されている。たとえば、喜び・悲しみ・恐怖・怒り・脅威などを喚起させる画像、着衣あるいは脱衣した人間、家、芸術作品、性的接触、葬儀、公害、都市風景、海の風景、景色、スポーツシーン、病人、動物の赤ちゃん、凶暴な動物、昆虫、家族などといった写真が用意されている。各写真で喚起された快・不快と覚醒の程度を大規模な集団によって評定し、評定の平均と標準偏差、研究者による分類に従いカテゴリ分けを行っている。このデータベース内の画像を用いることで、研究者は被験者に対して何らかの感情を誘導することが可能である。

本研究においても、被験者の感情喚起のために画像を利用する。利用する画像は、IAPS データベースの感情カテゴリの中から数枚ずつ選択し、実験用のデータセットとする。



図 2.7 IAPS 画像の一例

2.4 本研究の位置づけ

既存研究では、ストレス軽減のため、聞き取り調査の実施や、自然に直接触れに行くなどの対処を行うことで、人々の心と体のケアを行ってきた。しかし、これらは長期間の調査や、専門家の知識を必要とするなど、あまり有用ではないと考えた。

そこで本研究では、手軽かつ短時間でストレスを解消するシステムを提案する。このシステムは図 2.8 に示す装置から構成されており、事前にストレス負荷時及びリラックス時の表情変化を取得しておく。そして工作中や作業中に表情変化を取得し、ストレス負荷時と同様の表情変化を検出した場合、リラックス時と同様の表情変化を誘発する画像を提示し、ストレスを解消することが可能である。システムの仕組みとしては、まず、複数の刺激画像を提示した際の表情、および、リラックス効果のある自然映像を提示した際の時系列的な表情変化を記録する。そして、この変化に合うように刺激画像を表示する順序・時間を決定することで、リラックス時と同様の時系列的な表情変化を誘発する。このシステムは特殊な機材を必要とせず、一般的な PC と Web カメラのみで動作する（画面が小さく、覗き込む際に顔をゆがめる可能性があるスマートフォンは使用しない）。そのため、時間のない現代人でも、仕事の最中や作業の途中でもサブディスプレイやフォトフレームなどで画像を眺めることができ、数分間という短い時間でストレスを軽減させることが可能である。提案システムを用いることにより、日々のストレスの蓄積が軽減され、ひいてはストレスによって引き起こされる生活習慣病の患者が減少する効果が期待できる。また、提示する画像の並び替えのみで人間の感情をコントロールできるのであれば、わざと興奮状態を起こさせる画像の並び替えや、見ている人に購買意欲を起こさせるコマーシャルの作成などへの応用も可能であると考える。



図 2.8 システムの外観

3 実験システムの設計

本章では、提案するストレス軽減システムの検証を行うための実験システム設計について説明する。3.1 節ではシステム全体の設計を示し、3.2 節では被験者に画像を提示するシステムについて、3.3 節では表情認識システムについて述べる。最後に 3.4 節では心拍計測システムについて説明する。

3.1 ストレス軽減システムの設計

実験の全体像を図 3.1 に、実験を行うためのシステムの外観を図 3.2 に示す。被験者の正面には 10.8 インチのモニタを設置し、モニタ上に刺激画像を提示する。モニタと被験者との距離は 50cm 程度とし、モニタ上部に備え付けられた解像度 640×480 画素の Web カメラ (Chusei DS-3DW300BK) によって、被験者の顔全体を写した映像を取得する。このカメラのフレームレートは、30 フレーム/秒であり、被験者の表情変化を十分に取得可能である。さらに、実験では被験者にかかるストレスを計測するために脈拍を使用する。最終的なシステムでは、カメラのみで脈拍を計測することを目指す。実験システムでは脈拍計測に、SWITCH SCIENCE の Pulse Sensor を利用した³。この脈拍計測装置を Arduino を介して PC と接続し、被験者の指から脈拍を計測する。取得した脈拍の変動を計算することで、被験者のストレス量を測ることとした。

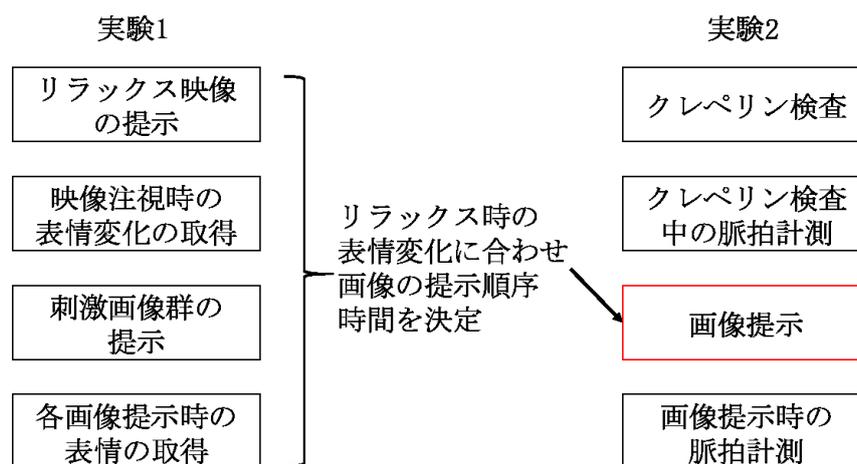


図 3.1 実験の全体像

³スイッチサイエンス「心拍センサ」, <https://www.switch-science.com/catalog/1135/>

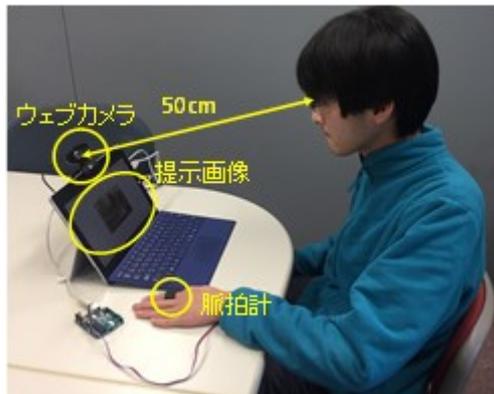


図 3.2 実験システムの外観

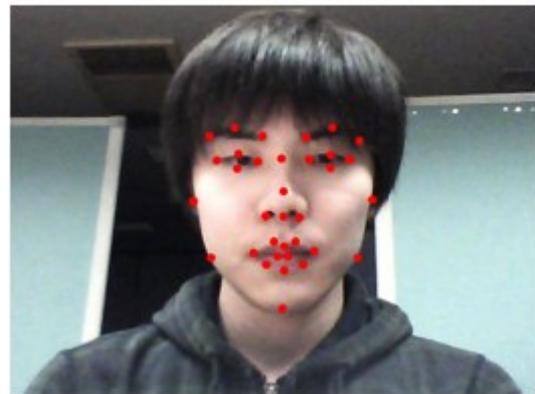


図 3.3 Affdex により取得される顔特徴点

3.2 画像提示システム

視覚刺激による時系列的な表情変化を取得するにあたり、指定した時間を経過すると自動で次の画像に切り替わる画像提示システムを作成した。このシステムは、各画像の表示秒数を事前に指定することで動作し、被験者による操作などは不要で、提示する画像を必要な時間表示し続けることが可能である。

3.3 表情認識システム

本研究では、被験者の表情変化を取得するため、顔画像から感情を計測・分析する Affectiva 社の Affdex という SDK[16]を利用した。

提案システムでは、まず動画内から人の顔領域を検出し、図 3.3 に示す計 34 点の顔特徴点を検出する。これらの特徴点の動きにより、現在の表情を取得する。そして、事前学習した表情と感情の関連性から、被験者の感情を分析する。

Affdex は、75 ヶ国以上から集められた約 400 万種類の表情を学習データとして収集し、約 40 億もの感情に関するデータをディープラーニングで学習することで表情による感情の分類を可能としている。その結果、より細かく微妙な機微を含む感情表現すらも正確にキャッチできる「感情を理解する AI」として、幅広く利用されている。

Affdex では、表 3.1 に示す 8 つのカテゴリの情報を取得することができる。genderMap, glassesMap, ageMap, ethnicityMap に関しては各カテゴリ内のいずれかのデータが提示され、headAngles はそれぞれの値がデータとして表示される。そして emojis 及び emotions ではデータの値ではなく各感情の強さを表すパーセンテージ (0~100) で表示する。

expression においても, smile などの感情を表すデータにおいてはパーセンテージで表示するが, mouthOpen などの感情そのものとは関係のないデータに関しては, 実際の数値 (mouthOpen では口が開いている画素数) を表示する.

本研究において, 性別や年齢, 国籍, めがねの有無などの情報は表出する感情に直接関係はないと考え, 取得は行わなかった. また, 被験者の顔の動作などによって値が大きく変わってしまう mouthOpen などの情報も使用しないため, emojis 及び emotions カテゴリの感情データを利用して実験を行った.

表 3.1 Affdex により取得可能なデータ一覧

カテゴリ	カテゴリに含まれるデータ群				
genderMap	male	female	unknown		
glassesMap	yes	no			
ageMap	unknown	under 18	18-24	25-34	35-44
	45-54	55-64	65plus		
ethnicityMap	unknown	caucasian	blackafrican	southasian	eastasian
	hispanic				
headAngles	pitch	yaw	roll		
emojis	relaxed	smiley	laughing	kissing	disappointed
	rage	smirk	wink	stuckOutTongueWinkingEye	
emotions	stuckOutTongue		flushed	scream	
	joy	fear	disgust	sadness	anger
expressions	surprise	contempt	valence	engagement	
	smile	innerBrowRaise	browRaise	browFurrow	noseWinkle
	upperLipRaise	lipCornerDepressor		chinRaise	lipPucker
	lipPress	lipSuck	mouthOpen	smirk	eyeClosure
	attention	eyeWiden	cheekRaise	lidTighten	dimpler
	lipStretch	jawDrop			

3.4 心拍計測システム

通常, ストレスがかかっているときには自律神経に乱れが生じており, 本来ならば運動をしているときなどに有効に働く交感神経が, 必要のないときに活発に活動してしまい, 体を休める副交感神経が働かない [17]. そのため, 交感神経・副交感神経の活動量を計測することで, 被験者にストレスがかかっているかどうか調査可能である.

一般的に行われる手法としては, 唾液を用いたストレス計測があげられる. 人間の出す唾液には交感神経が活発に活動しているときに分泌されるアミラーゼという成分が含まれている. 唾液中のアミラーゼの量を計測することで, その人がストレスを感じているかどうかを調査する [14]. しかし, 唾液分析には, 特殊な装置が必要であり, 一般家庭などで手軽に計測することはできない. これに対し本研究では, カメラやスマートフォンでも取得が可能な心拍の変動からストレスを計測する手法を利用する.

心拍の変動からストレスを計測する手法はいくつかある。本研究では、計算式によりストレス量を計測する手法と、ストレス負荷を視覚的に表す二つの手法を利用した。前者では、心拍変動の揺らぎの大きさを表す CVRR を計測する。CVRR は式(1)であらわされ、ストレスが高まると値が小さくなると報告されている[18]。ここで R-R 間隔とは、図 3.4 に示すような心拍のピーク間隔を指し、正常な状態のときは規則正しく一定になる。

$$\text{CVRR} = (\text{R-R 間隔の標準偏差} / \text{R-R 間隔の平均値}) \times 100 (\%) \quad \dots(1)$$

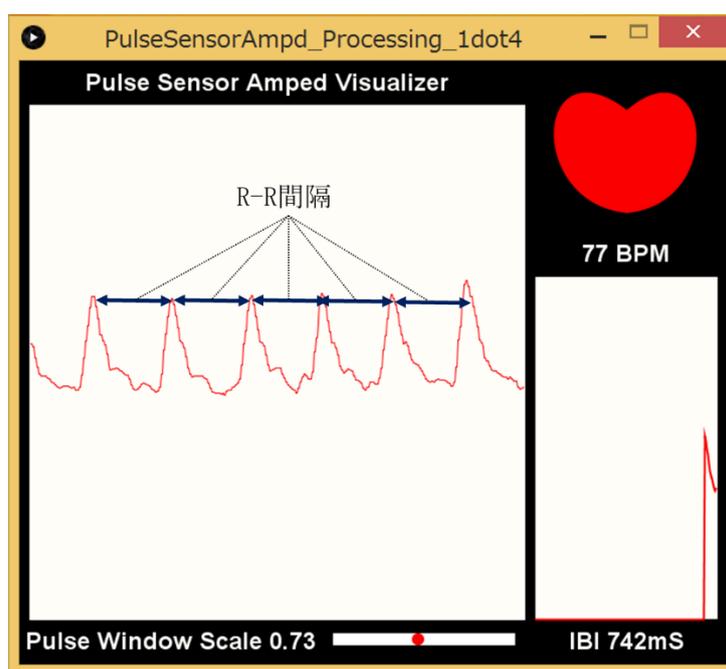


図 3.4 脈拍の変動と R-R 間隔

また、ストレスの負荷を視覚的に表す手法として、ポアンカレプロットという手法が提案されている[19]。ポアンカレプロットとは、横軸に取得した R-R 間隔の時系列データを取り、縦軸にひとつ時刻をずらした R-R 間隔の時系列データをグラフにプロットする手法である。ストレスがかかっていない場合は図 3.5(a)のようにプロットが分散するが、ストレスがかかっている場合には図 3.5(b)のようにプロットがかたまる。このプロットの分散を比較することで、ストレス負荷を視覚的に確認することができる。

本研究では、指につける脈拍計を用いて心拍数を取得する。心拍と脈拍はそれぞれ違う意味を持つものであるが、原則として同値となるため、装着が容易な脈拍計を利用する。指を利用する脈拍計は、図 3.6 に示すように指に赤外線 LED を照射し、その反射をフォトトランジスタによって取得する仕組みである。これにより心拍の R-R 間隔を取得し、ストレス計測を行う。

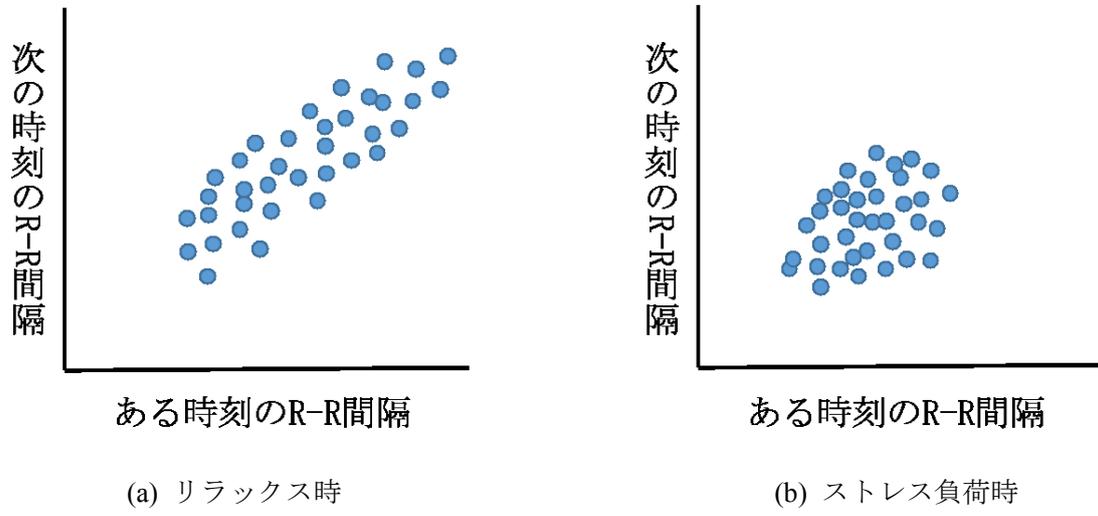


図 3.5 ストレスの有無によるポアンカレプロットの変化

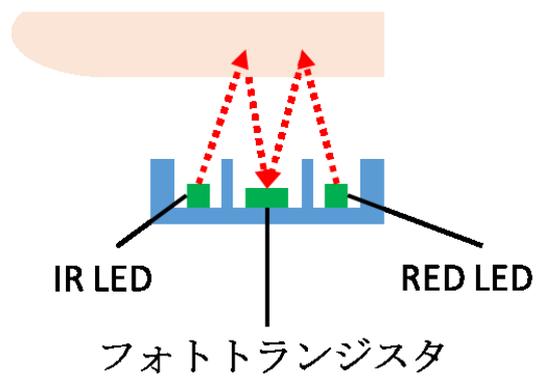


図 3.6 指を使用した脈拍計

4 予備実験

この章では、評価実験の設計に必要な情報を得るための予備実験について言及する。4.1節では被験者にストレスを与えるための作業を決定するための実験を行い、4.2節では表情認識システムの精度検証を行う。そして最後に4.3節では被験者が行っている作業に応じて表情がどう変化するのかを検証する。

4.1 ストレス負荷ソースの決定

本研究は「ストレスがかかった被験者に画像を提示することでストレスを低減させる」ことを目的としているため、評価実験では意図的に被験者にストレスを与える必要がある。実験でストレスを与える手法としては、一般的に「内田クレペリン検査」などが使われている。内田クレペリン検査とは、ドイツの精神医学者エミール・クレペリンが行った作業心理の研究を元に日本の心理学者内田勇三郎が開発した、人間の能力を見るテストである[20]。ストレス負荷の作業としては、図4.1のように隣り合う数字(8と7)を加算し、赤枠に下一桁の数字(8+7=15で5)を答えるというものである。1分でワンセットであり、通常15セット程度行われる。このテストの正答率や1分間の中での回答数、疲れによる正答率の低下などをチェックすることで、被験者の与えられた作業をこなす能力などを調べることができ、運転免許センターや就職活動試験などでも有効に使われている。基本的には被験者の能力チェックとして開発されたものだが、単純な計算を繰り返し行わせる作業は、意図的にストレスを与える手段として使用できるため、多くの研究では手軽なストレス負荷法としても使われている[21][22]。



図 4.1 クレペリン検査

本研究においても、ストレス付与としてクレペリン検査を利用するが、実際にクレペリン検査で被験者にストレスが負荷されるのかどうかを確かめるため、検査を行っている最中の CVRR の計算及びポアンカレプロットの作成を行った。

実験環境は図 4.2 のように、周りの雑音が入らない室内に机と椅子を設置し、照明として蛍光灯を使用した。実験の手順としては、20 代の男性 3 名に対して図 4.3 のような自然の川が流れる映像を 10 分間提示し、リラックスしているときの脈拍を計測する。つづいて、クレペリン検査を 15 分間行っているときの脈拍を計測し、それぞれの CVRR とポアンカレプロットを作成し、両者の比較を行う。

CVRR を計測した結果を表 4.1 に示す。3.4 節で述べたリラックス/ストレス負荷時に現れるとされる反応と同様に、ストレスが負荷されるクレペリン検査を行っているときは、CVRR は低下し、自然映像が提示されてリラックスしている際には CVRR が上昇していることがわかる。次に、取得した脈拍を利用してポアンカレプロットを作成したものを図 4.4 ~ 図 4.6 に示す。これらのポアンカレプロットからも、目測ではあるが映像を見せたリラックス時はプロットが分散し、クレペリン検査を行ったストレス負荷時はプロットが原点方向に集まっていることがわかる。すなわち、リラックス時よりも心拍数が増えて、ストレスがかかっているということを表している。

このような 2 つの検査法を用いた結果、どちらの検証においても、クレペリン検査を行っている際にはストレスが負荷されていることが明らかになったため、本実験のストレスソースとしてクレペリン検査を利用しても問題ないと考える。



図 4.2 実験環境



図 4.3 提示した自然映像

表 4.1 リラックス時とクレペリン時の CVRR

被験者 No.	CVRR	
	映像提示時	クレペリン検査時
被験者1	6.167	3.364
被験者2	11.850	7.833
被験者3	12.535	6.379

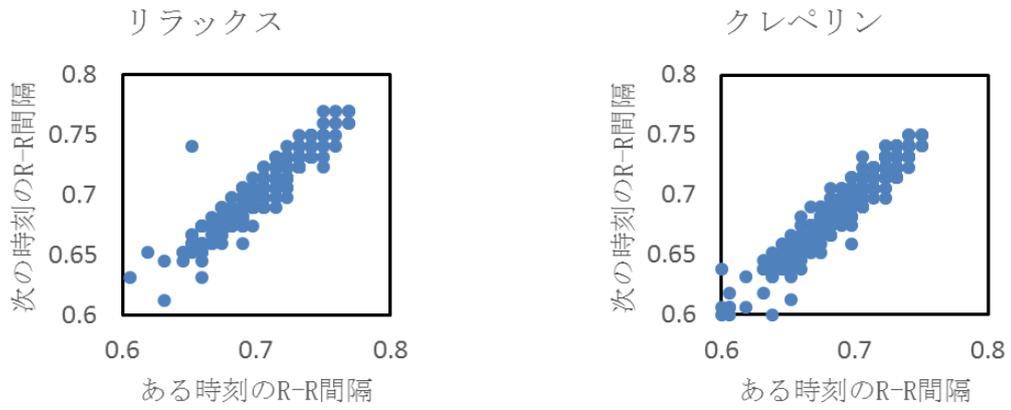


図 4.4 被験者 1 のポアンカレプロット

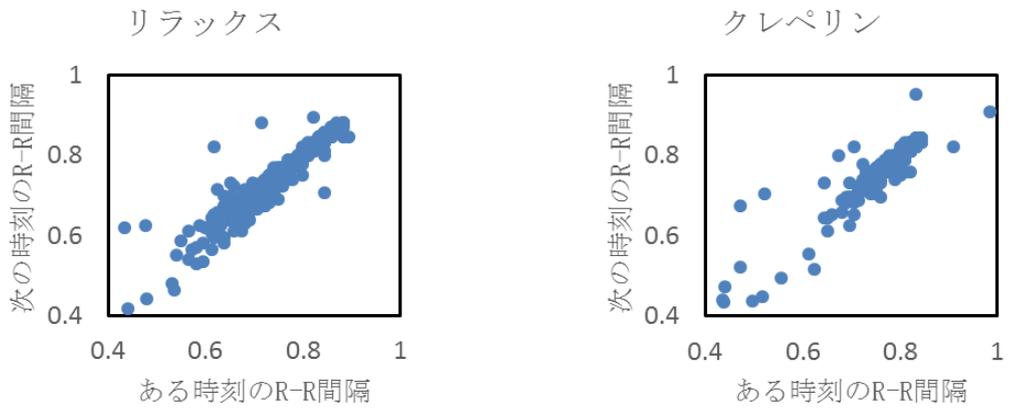


図 4.5 被験者 2 のポアンカレプロット

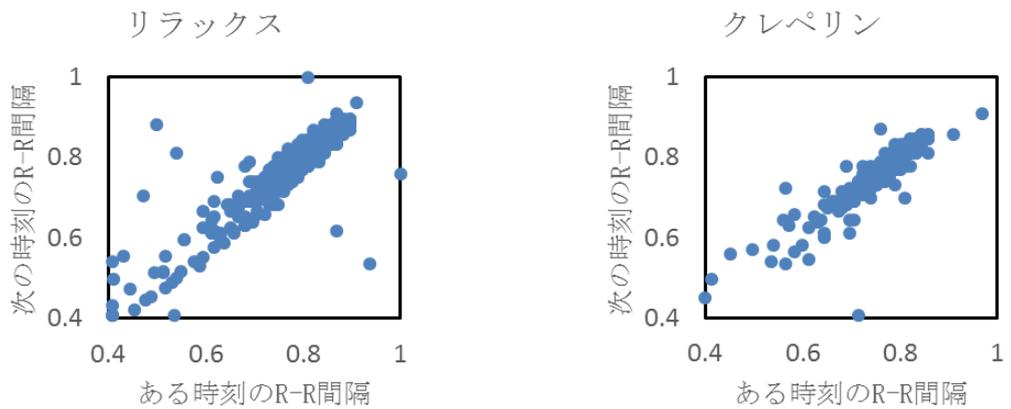


図 4.6 被験者 3 のポアンカレプロット

4.2 表情認識システムの精度検証

本研究では被験者の表情認識に Affectiva 社の Affdex を利用する。Affdex は大量のデータを利用して作成されており、様々な業種・業界でも活用されている等、データの信頼性は高い。しかし、Affdex で取得するデータが、どの程度の精度を持っており、そのデータは本研究において利用できるのかどうかを調査する必要がある。そこで本節では、システムによる表情分類が人間による分類とどの程度一致するかを検証する。

まず、一人の被験者（20 代男性）において、絵文字のような表情を表す emoji カテゴリ中の 10 種類の表情に対する表出量を 5%、20%、40%、60%、80%、100%になるように意図的に作ってもらい（図 4.7～図 4.16）。そしてその表情群を表情セットごとに 20 代男性 1 名、20 代女性 2 名、計 3 名の評価者にランダムに見せ、その表情群が表 4.2 に示すいずれの感情か判断してもらい、システムによる判別と同等の結果が得られるかどうかを検証する。また、システムがあらわす表情の強さ（%）が感情の認識にどの程度影響を及ぼすのか調査するため、表情群とシステムにより判断された感情を提示し、各画像に関して、カテゴリ分けされた表情に見えるかどうかを判別してもらった。なお、一部の表情において取得ができなかったため、flushed の 80%、100%の画像などは提示できなかった。

システムによる感情の分類と、人間による感情の分類を比較した結果を表 4.3 に示す。この結果から、システムは 70%の精度で人間と同等の判断をしていることがわかる。また、各画像に関して、カテゴリ分けされた表情に見えるかどうかを判別してもらった結果を表 4.4～表 4.6 に示す。この結果を見ると、「表情強度が小さいほうは表情を認識できない」とは限らず、表情強度の大小にかかわらず正答にばらつきが出ることがわかった。しかしながら、全体を見ると 3 名の評価者の正答率は 8 割を超えているため、このシステムによって判断される表情は、多少人間による感情判断には劣るが近い結果を出すことができると考え、本研究でも同システムを使用した。

表 4.2 emoji カテゴリ

emojiカテゴリ	日本語表記	絵文字
relaxed	リラックス	
smiley	笑顔	
kissing	キス顔	
disappointed	がっかり顔	
rage	怒り顔	
smirk	作り笑い	
wink	ウインク	
stuckOutTongue	舌を突き出す	
flushed	興奮	
scream	悲鳴	

表 4.3 システムと人間による感情判断比較

システムにより判断された感情	被験者1により判断された感情	被験者2により判断された感情	被験者3により判断された感情
relaxed	relaxed	dissappointed	relaxed
smiley	smiley	smiley	smiley
kissing	kissing	kissing	kissing
disappointed	disappointed	flushed	disappointed
rage	flushed	rage	flushed
smirk	smirk	smirk	smirk
wink	wink	wink	wink
stuckOutTongue	stuckOutTongue	stuckOutTongue	stuckOutTongue
flushed	scream	relaxed	scream
scream	rage	scream	rage

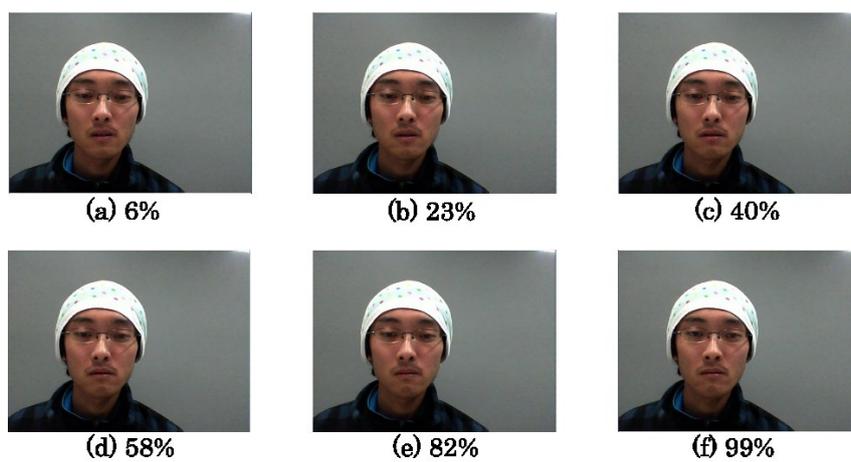


図 4.7 表情セット (disappointed)

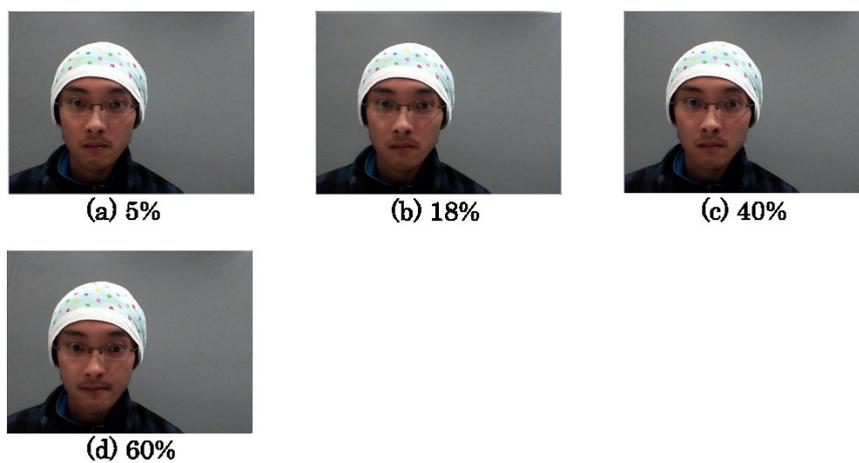


図 4.8 表情セット (flushed)

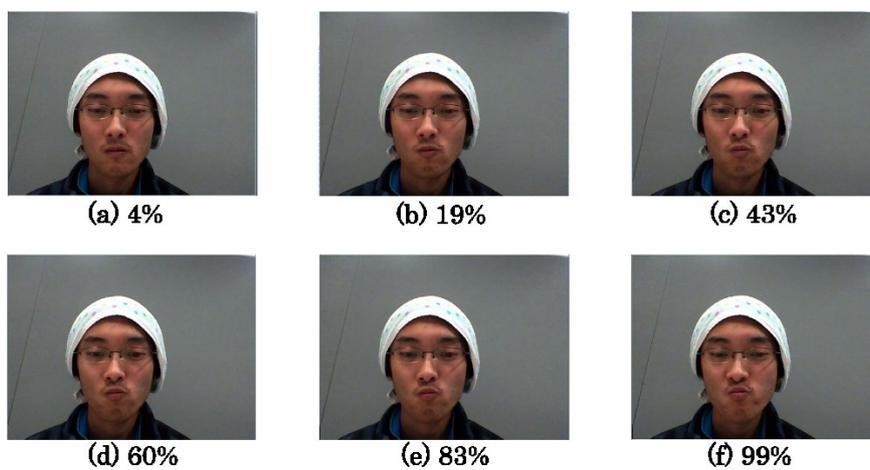


図 4.9 表情セット (kissing)

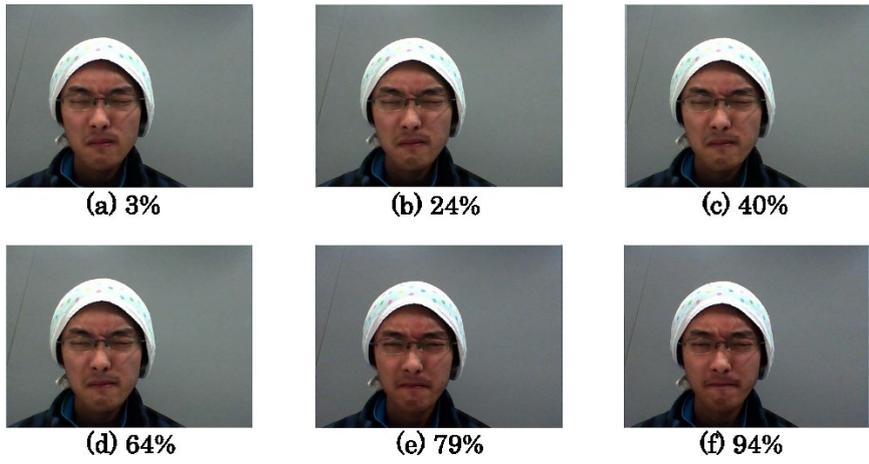


図 4.10 表情セット (rage)

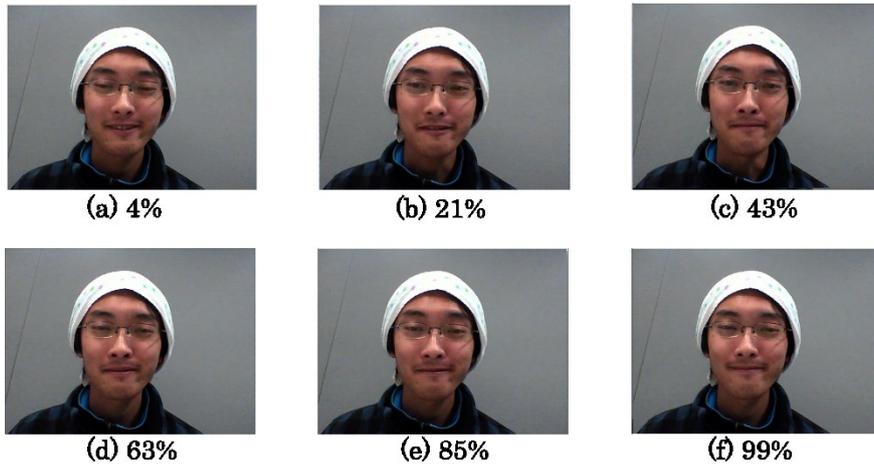


図 4.11 表情セット (relaxed)

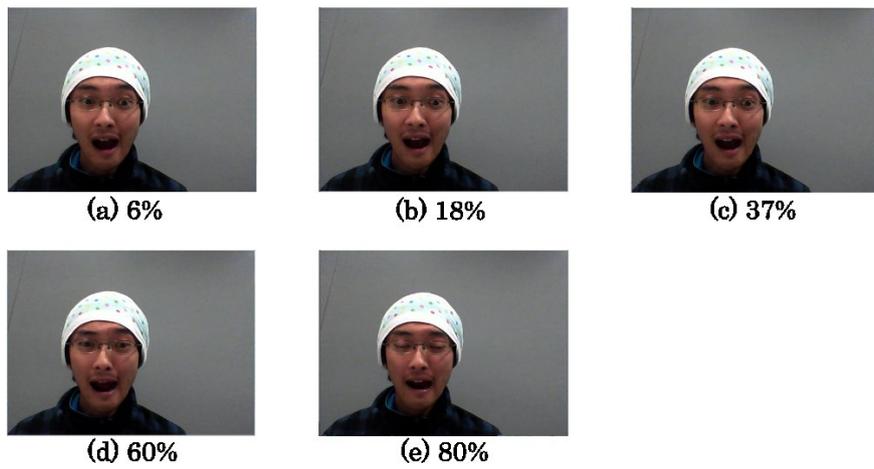


図 4.12 表情セット (scream)

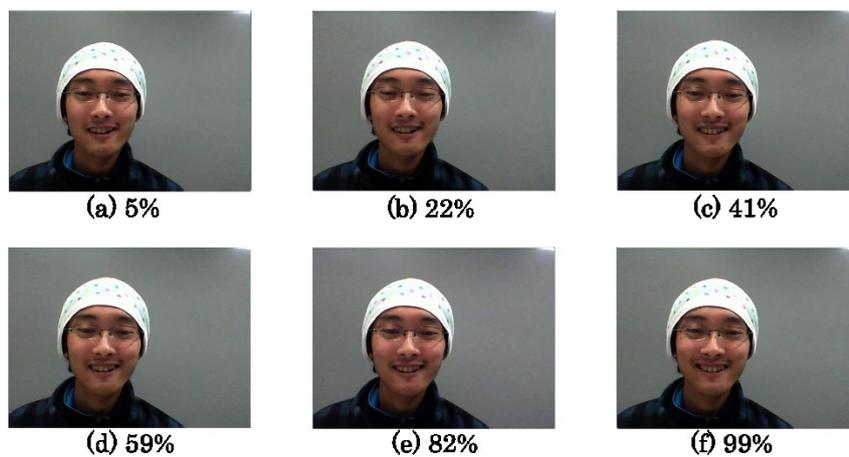


図 4.13 表情セット (smiley)

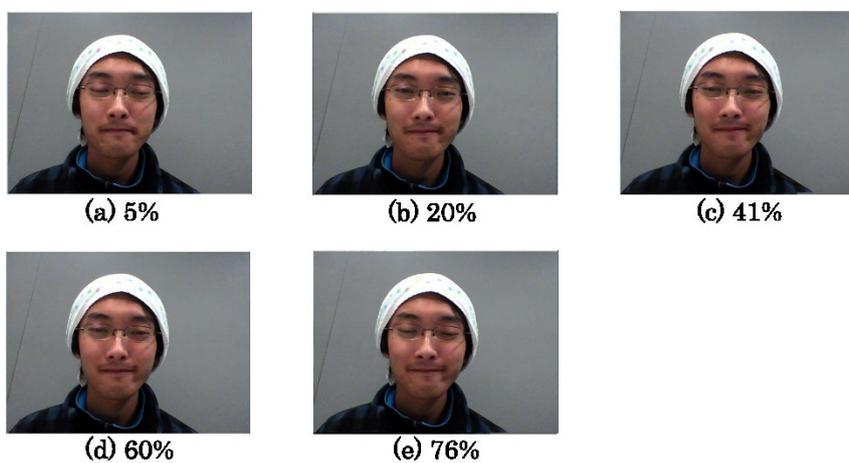


図 4.14 表情セット (smirk)

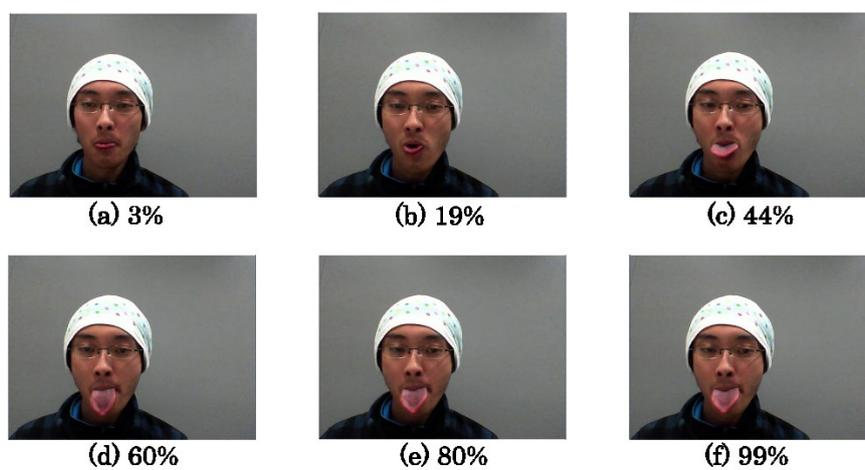


図 4.15 表情セット (StuckOutTongue)

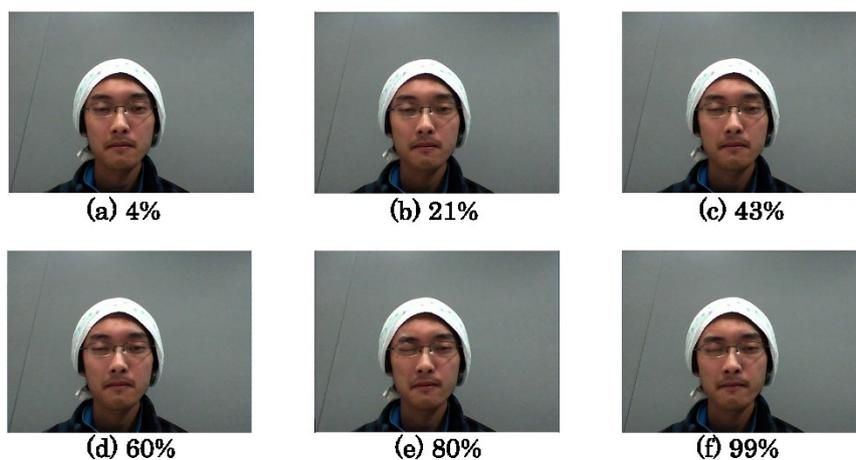


図 4.16 表情セット (wink)

表 4.4 表情認識結果 (被験者 1)

被験者1	5%	20%	40%	60%	80%	100%
dissappointed	○	○	○	○	○	○
flushed	○	○	○	○	-	-
kissing	×	○	○	○	○	○
rage	○	○	○	○	○	○
relaxed	○	○	○	○	○	○
scream	×	○	○	○	○	-
smiley	○	○	○	○	○	○
smirk	○	○	○	○	○	-
stuckOutTongue	○	○	○	○	○	○
wink	×	○	○	○	○	○

表 4.5 表情認識結果 (被験者 2)

被験者2	5%	20%	40%	60%	80%	100%
dissappointed	○	○	○	○	○	○
flushed	×	×	×	×	-	-
kissing	×	○	○	○	○	○
rage	○	○	○	○	○	○
relaxed	×	×	×	○	○	×
scream	○	○	○	○	○	-
smiley	○	○	○	○	○	○
smirk	×	○	×	×	×	-
stuckOutTongue	○	○	○	○	○	○
wink	×	×	○	○	○	○

表 4.6 表情認識結果（被験者 3）

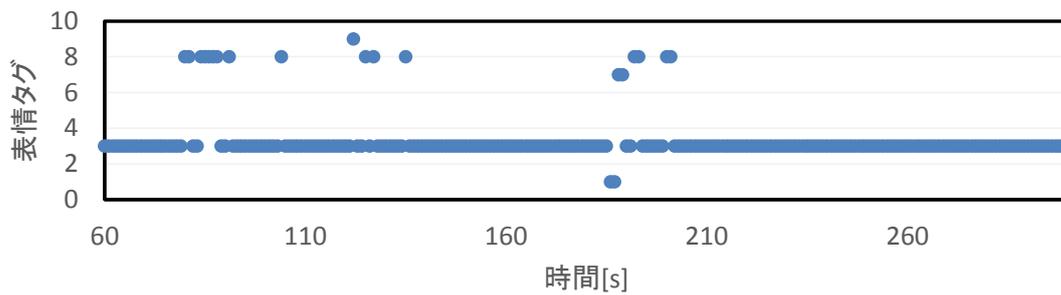
被験者3	5%	20%	40%	60%	80%	100%
dissapointed	○	○	○	○	×	○
flushed	○	○	○	×	-	-
kissing	×	○	○	○	○	○
rage	×	×	○	○	○	○
relaxed	×	×	×	○	○	○
scream	○	○	○	×	○	-
smiley	○	○	○	○	○	○
smirk	×	○	○	○	○	-
stuckOutTongue	○	○	○	○	○	○
wink	×	×	○	○	○	○

4.3 ストレス負荷時とリラックス時の表情変化

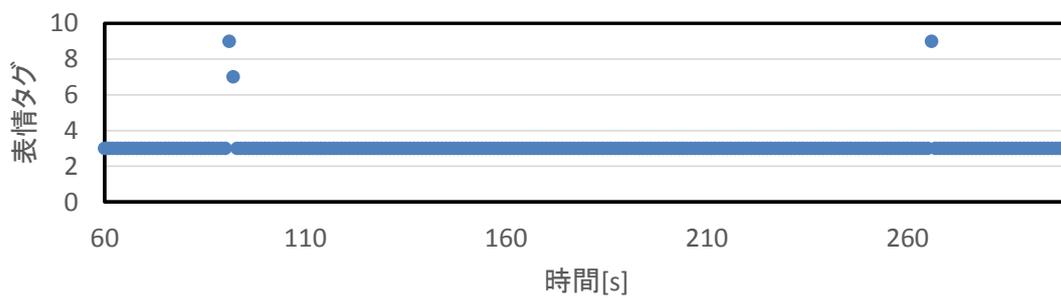
本研究では、自然映像を提示することで被験者がリラックスしている状態の表情変化を取得し、その情報を元に提示する画像の並び替えを行うことで同等の感情（リラックス状態）を喚起させる。その事前調査として、映像を見ている最中にどれだけ表情が変わるのか、また、リラックスしている状態と他の感情誘発作業（ストレスを誘発するクレペリン検査）を行っている状態での表情変化に差異があるのかを検証した。

実験は20代男性3名に対して行った。作業時間はクレペリン検査を5分、リラックス映像の提示を5分行い、Affdexを利用して1秒間隔で表情変化を取得した。本実験では、Affdexで取得する emotions カテゴリの9種類のデータを利用する。取得した表情の時系列変化をわかりやすく表すため、各表情を1から9までタグ付けを行う（joy=1, fear=2, disgust=3, sadness=4, anger=5, surprise=6, contempt=7, valence=8, engagement=9）。そして、これらの表情でシステムにより判断された表出量が最大のものをその時点での表情とした。また、実験開始直後には実験とは関係ない要因による表情変化が混在している可能性があるため、実験開始1分後からのデータを利用した。タグ付けに従い、10分間の表情変化を表したグラフを図4.17～図4.19に示す。

このグラフから明らかなように、クレペリン検査を行っている際とリラックス映像を見ている際には、表情の種類や表情の移り変わる回数などで差異が出ていることがわかる。いずれの被験者も、クレペリン時には表情が一定で、リラックス時は表情が定期的に移り変わっている。また、どの結果においてもタグ3の **disgust** が頻出している。これは、モニタを見る際に目を細めている状態が **disgust** として検出されてしまっている、と推測される。モニタを見つめるという表情は、実験の条件上必ず出てしまうもので、本来取得したい被験者の素直な表情とは別のものであると考え、本研究では、図4.20～図4.22のように **disgust** のデータは対象外とし、次点で強く表出されているデータを使用する。**disgust** を除くと、表出する表情の種類は多くなり、表情が移り変わる回数も増加している。また、**disgust** を含んでいたデータではわかりづらかったが、同じ作業を実施していても、被験者ごとに表情変化データは大きく変わっていることがわかる。すなわち、リラックス状態やストレス負荷状態にあるときの表情には個人差があり、リラックス時の表情変化を取得するため、被験者ごとに事前に調査を行う必要があることが明らかになった。

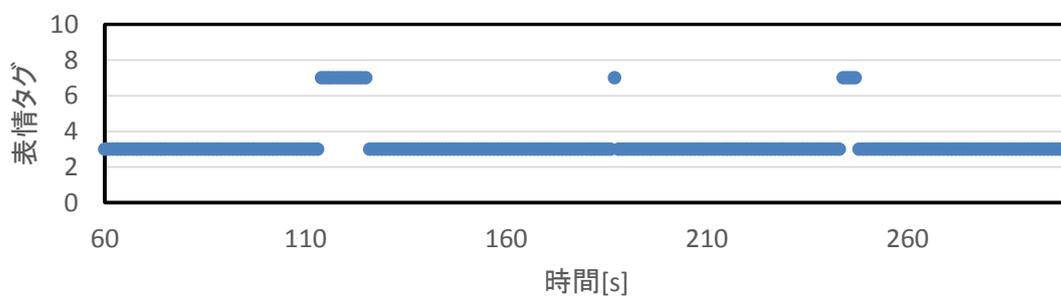


(a) 自然映像提示時の表情変化

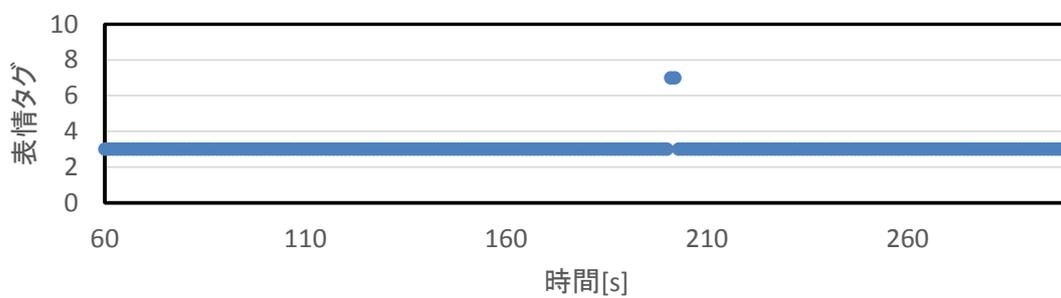


(b)クレペリン検査時の表情変化

図 4.17 被験者 1 の表情変化

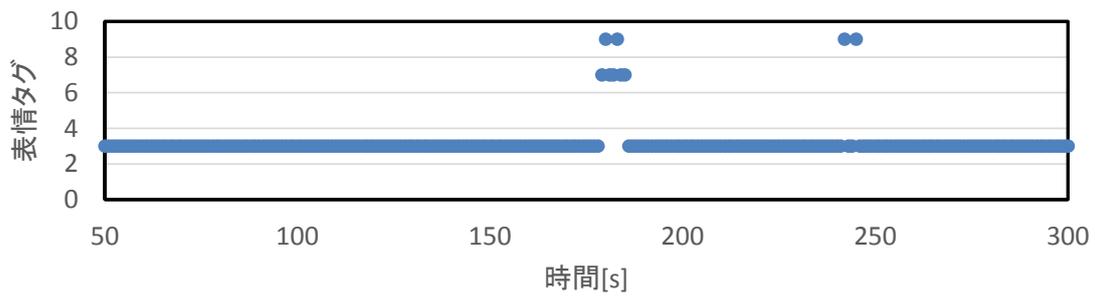


(a)自然映像提示時の表情変化

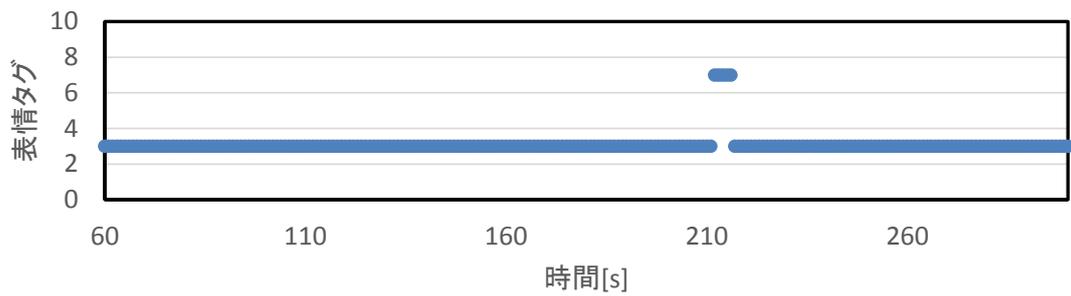


(b)クレペリン検査時の表情変化

図 4.18 被験者 2 の表情変化

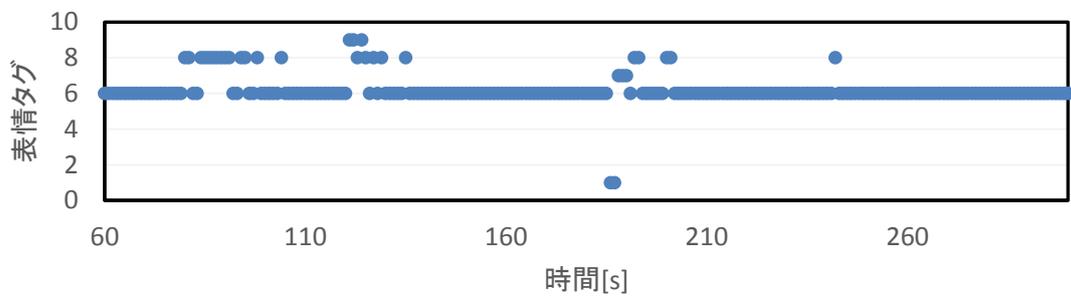


(a)自然映像提示時の表情変化

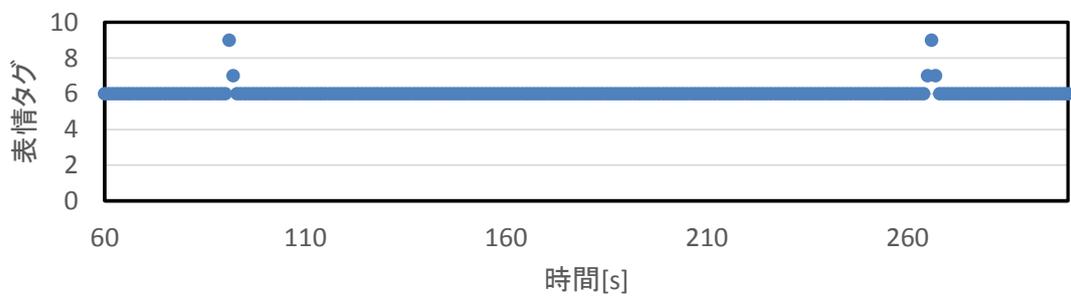


(b)クレペリン検査時の表情変化

図 4.19 被験者 3 の表情変化

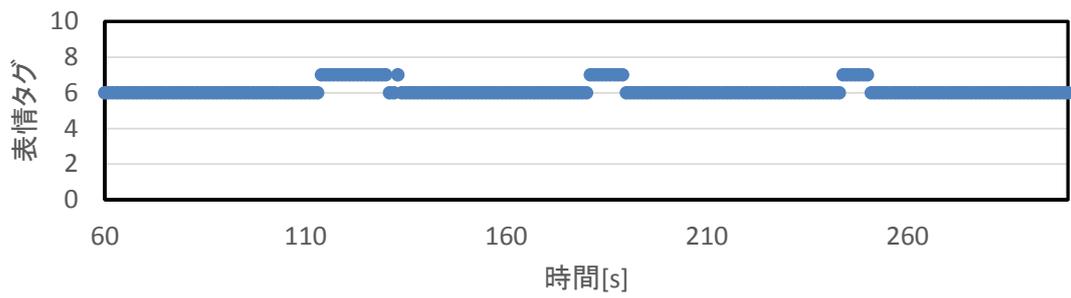


(a)自然映像提示時の表情変化

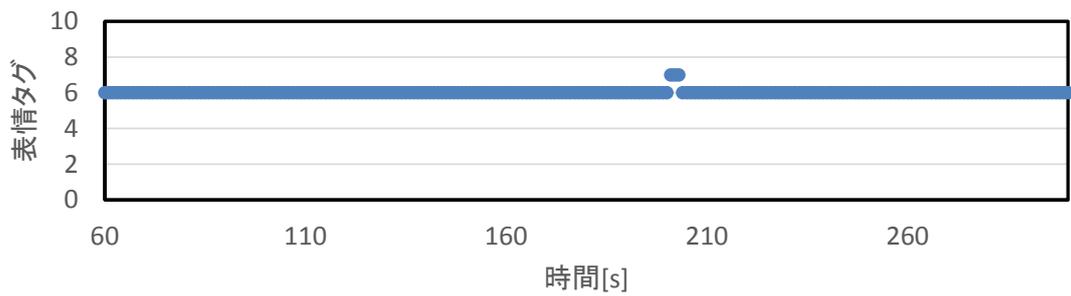


(b)クレペリン検査時の表情変化

図 4.20 被験者 1 の disgust を除いた表情変化

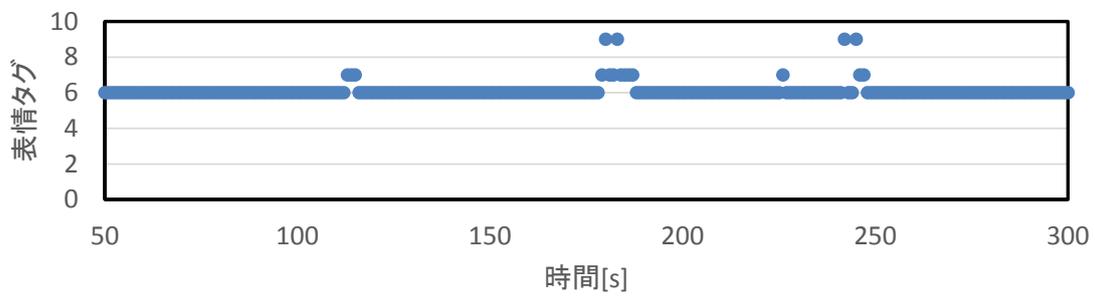


(a)自然映像提示時の表情変化

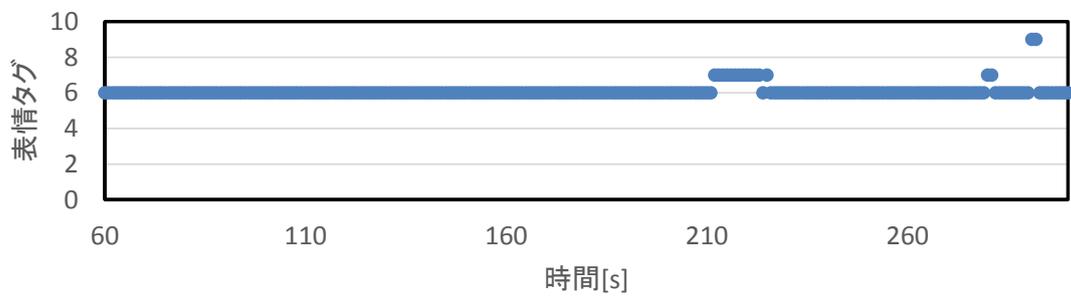


(b)クレペリン検査時の表情変化

図 4.21 被験者 2 の disgust を除いた表情変化



(a)自然映像提示時の表情変化



(b)クレペリン検査時の表情変化

図 4.22 被験者 3 の disgust を除いた表情変化

5 システムの検証

本章では、予備実験の結果を受けて行ったシステムの検証結果について言及する。5.1 節では本研究で提案するストレス軽減システムの効果を検証するための実験方法について、5.2 節ではその結果について述べる。そして最後に 5.3 節では結果に対する考察と、結果検証のための追実験について説明する。

5.1 実験方法

本研究では、適切な刺激画像を適切な順序で提示することで、手軽にストレスを解消するシステムの提案を目標としている。3 章において説明したシステムで、実際にストレスの解消が可能なのかどうかを確かめるため、被験者 10 名に対して実験を行った。システム検証は、「リラックスしているときの表情変化及び刺激画像を見た際の表情変化の取得」と「画像の並び替えによるストレス解消効果の検証」の二つに分けて説明を行う。

5.1.1 リラックス時及び画像提示時の表情変化の取得

4 章の予備実験において、リラックス映像を提示したときの表情変化は、被験者ごとに個人差が大きく出ることが明らかになった。そのため、ストレスを低減させる画像の並び替えを行うためには、個人毎のリラックス時の表情変化を事前に取得する必要がある。そこで本実験は、予備実験でも使用した自然映像を 12 分間（前後 1 分は脈拍計の装着動作などによりノイズが含まれると考えて除外した）眺めてもらい、その際の表情変化を取得する。その後、表情変化を誘発する刺激画像を提示し、その際の表情を取得した。

本研究では、刺激画像として IAPS データセットの一部を使用する。被験者にさまざまな感情を提起させるため、amusement, anger, awe, contentment, disgust, excitement, fear, sad のカテゴリから各 6 枚（50 枚のセットにするため amusement, anger からもう 1 枚）ずつ選択し、図 5.1 に示す計 50 枚の画像セットとして使用した。また、各画像はランダムに並び替え、提示する時間はすべて 5 秒とした。

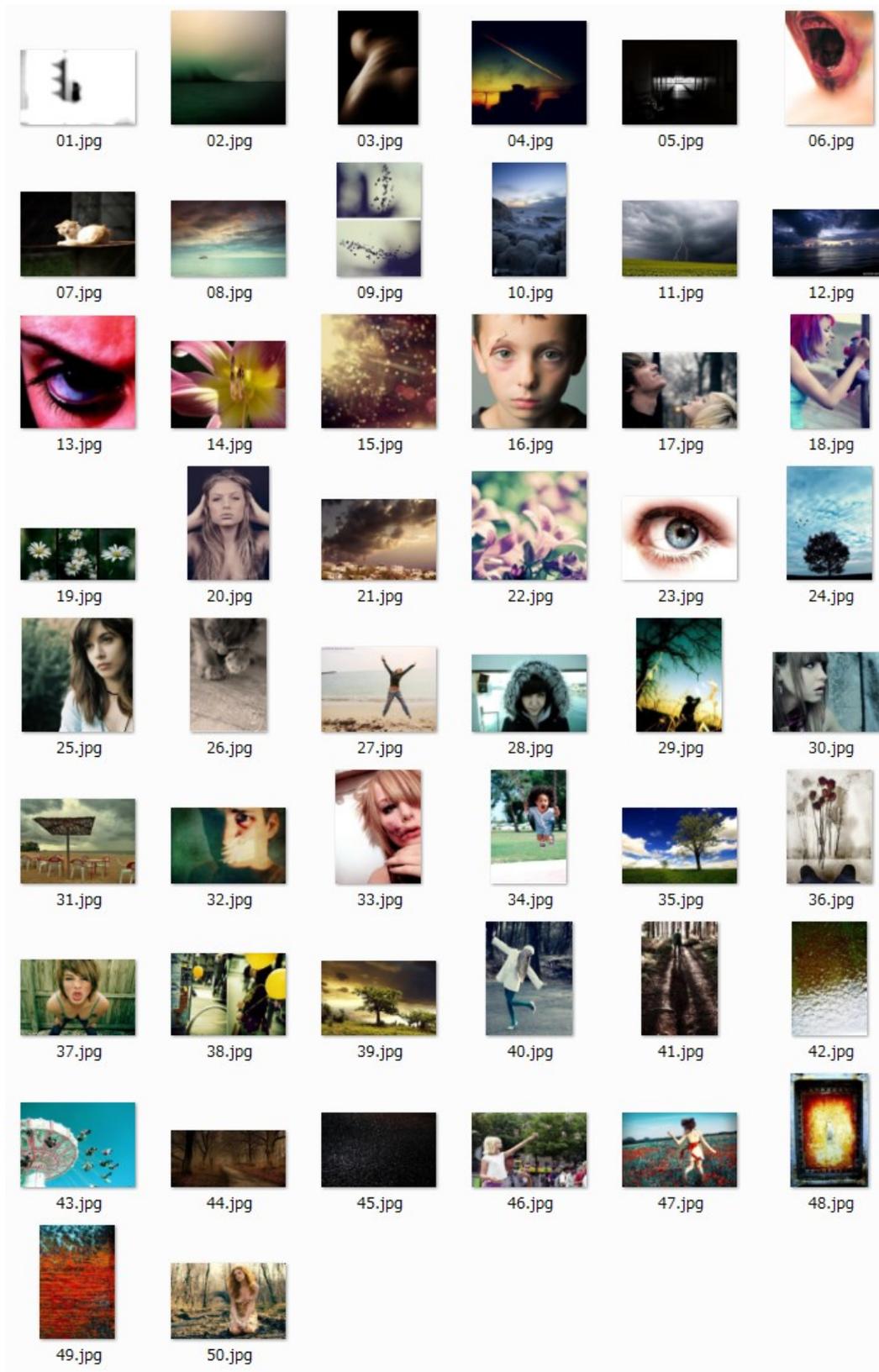


図 5.1 使用した画像データセット (参考文献[13]より)

5.1.2 画像の並び替えによるストレス低減効果の検証

5.1.1の実験において、リラックス映像を見ている際の10分間の表情変化と、刺激画像を見たときの表情を取得する。そして、取得したリラックス映像を見ている際の表情変化に合うように、刺激画像を表示する順序・時間を決定し、リラックス状態を誘発する画像提示を行う。

実際に画像提示順を決定した画像セットの例を図5.2に示す。時系列データとして並べられた表情変化に合わせ、その表情を提起させる刺激画像を並べる。ここで、同じ表情が連続している間には同じ画像を提示し続けることとした。ただし、最低10枚の画像を提示するため、60秒以上同じ画像が続く場合は、被験者を退屈にさせないように、同じ表情を提起させる別の画像へ切り代える仕組みとなっている。また、リラックスしている際の表情変化の中に、刺激画像の提示では強く表出されなかった表情が含まれている場合は、Affdexによりその表情の表出量を調査し、最も表出量が大きくなっている刺激画像を使用した。

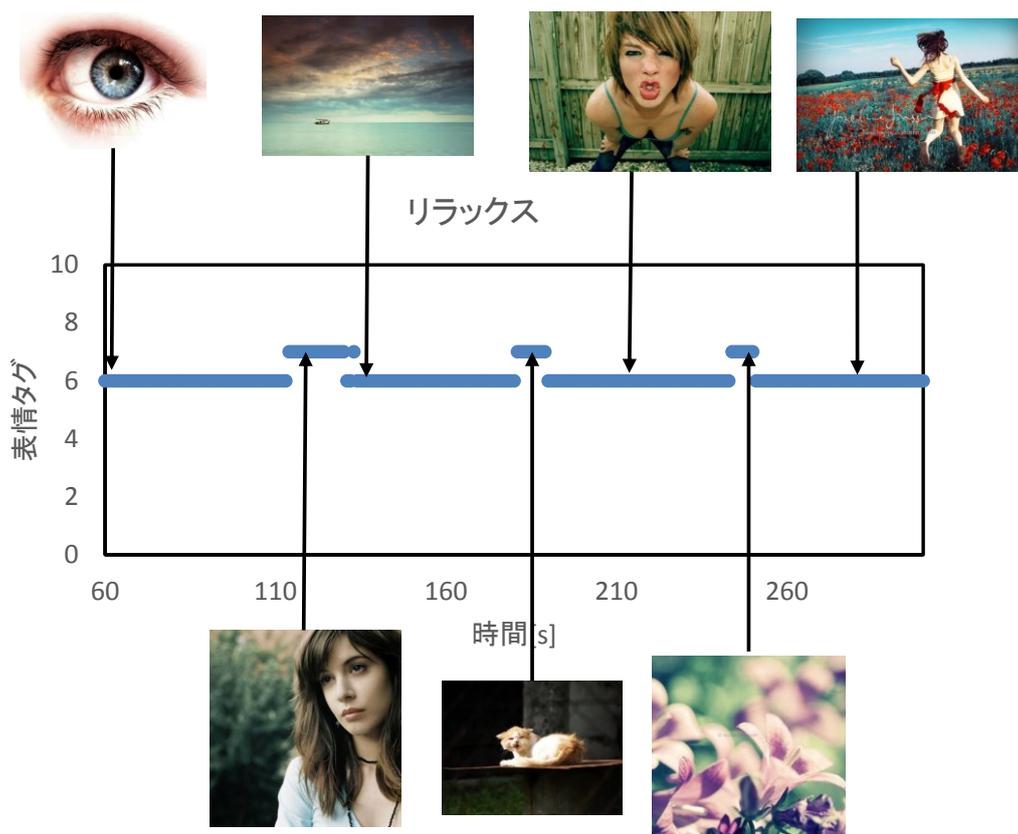


図 5.2 画像並び替えの例

作成した個人ごとの画像並び替えデータを用いて、ストレス解消効果の検証を行う。まず、被験者に意図的にストレスを負荷するためクレペリン検査を 15 分間行わせ、その際の脈拍を取得する。クレペリン検査終了後、10 分間分の並び替え画像セットを提示し、その際の脈拍を取得する。その後、クレペリン検査から画像観察時の脈拍変化をポアンカレプロット及び CVRR により検証する。

ここで、画像の並び替えには関係なく、画像の提示そのものにリラックス効果がある場合にも同様の結果が出てしまう可能性がある。このような可能性を排除するため、作成した並び替え画像セットで使用した画像の表示順をランダムにし、表示時間も等間隔に変更した、10 分間のランダム画像セットを作成する。クレペリン検査後にランダム画像セットを提示し、その際のポアンカレプロットの描画と CVRR を計算する。そして、CVRR の増加率を並び替え画像セット提示時とランダム画像提示時とで比較することで、意図的な並び替えを行うことで高いリラックス効果が期待できることを確認する。並び替え画像セットとランダム画像の実験順序によって結果が変わる可能性を考慮し、被験者 1~5 まではリラックス画像提示を先に実施し、被験者 6~10 まではランダム画像を先に提示することで、実施順序による結果に対する影響を排除した。

5.2 実験結果

本節では5.1で示した実験を20代の男女10名（うち男性8名，女性2名）に対し行った結果を提示する。

5.2.1 リラックス時及び刺激画像提示時の表情分析結果

自然映像を10分間提示し，被験者がリラックス状態にあるときの表情変化を図5.3～図5.12に，刺激画像を提示した際の各人の表情を表5.1に示す。また，予備実験同様，3のdisgustは除外した。これらの結果を元に，次節にて並び替え画像セットを作成する。

10人のリラックス時の表情変化は，予備実験の結果通り，映像を見ている際に表情が大きく変わる場合もあれば，ほとんど表情が変わらない場合もある等，個人によって大きく変わるということがわかった。また，刺激画像提示時の表情を見ても，中には全ての画像で同じ表情しか出ていない被験者もいることがわかる。

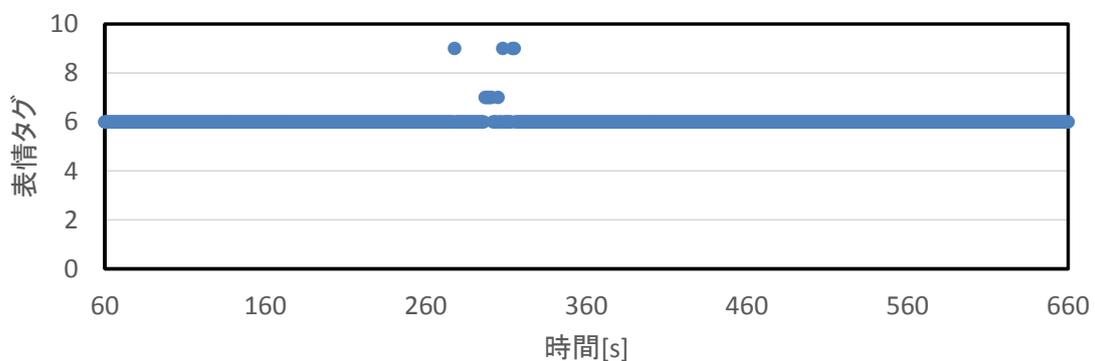


図 5.3 被験者 1 の映像提示時の表情変化

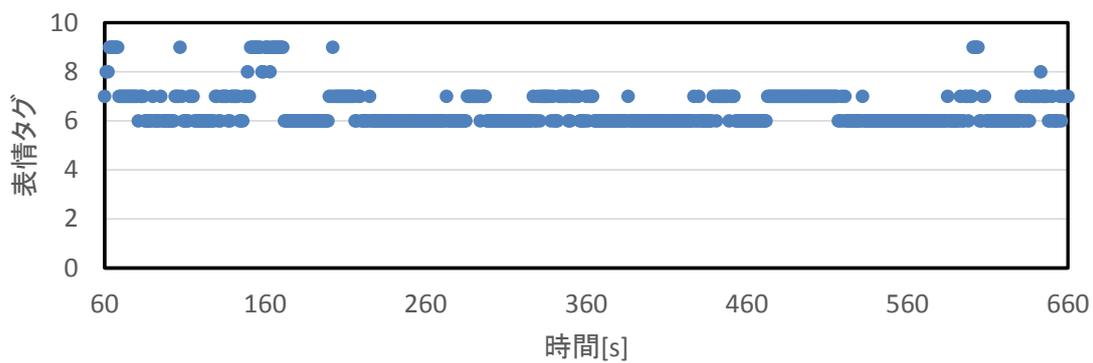


図 5.4 被験者 2 の映像提示時の表情変化

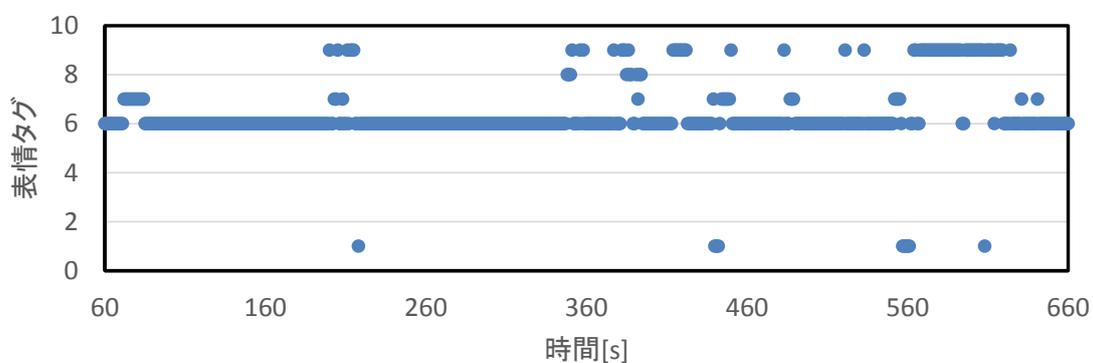


図 5.5 被験者 3 の映像提示時の表情変化

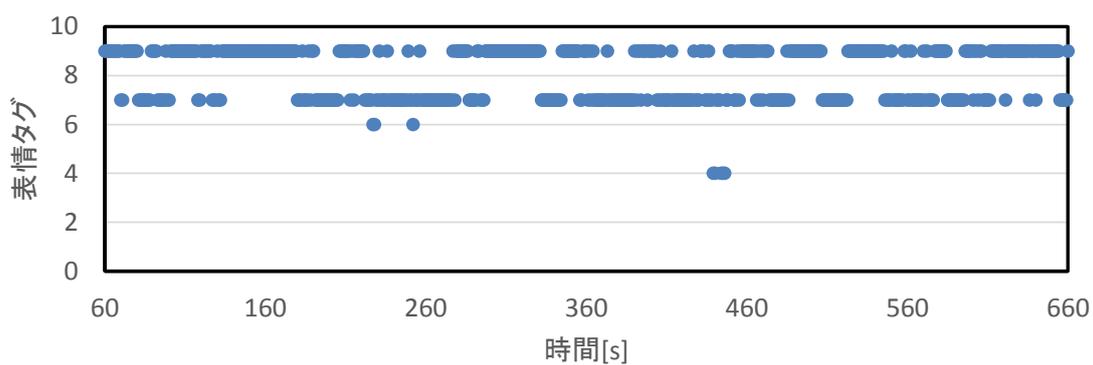


図 5.6 被験者 4 の映像提示時の表情変化

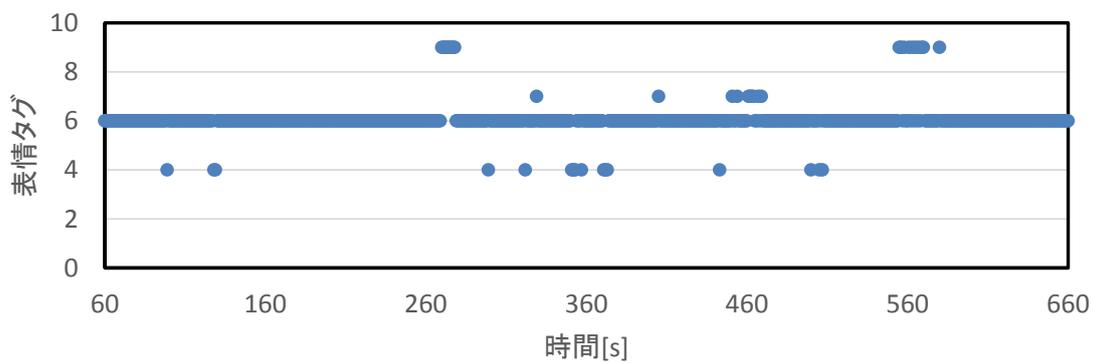


図 5.10 被験者 8 の映像提示時の表情変化

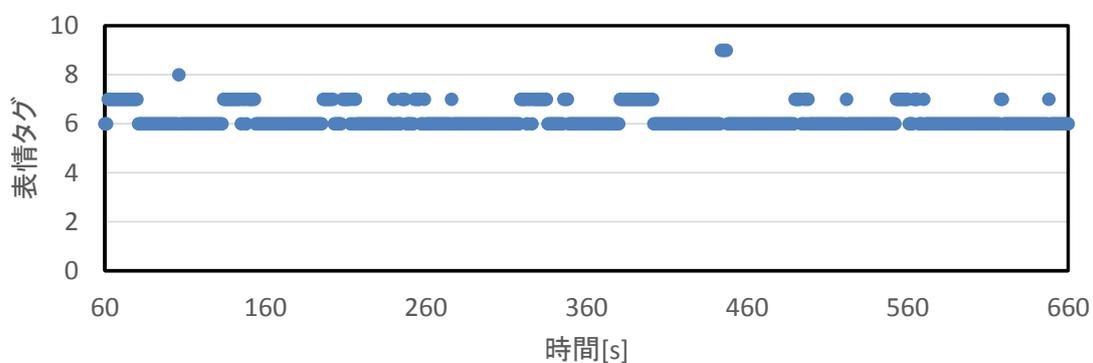


図 5.11 被験者 9 の映像提示時の表情変化

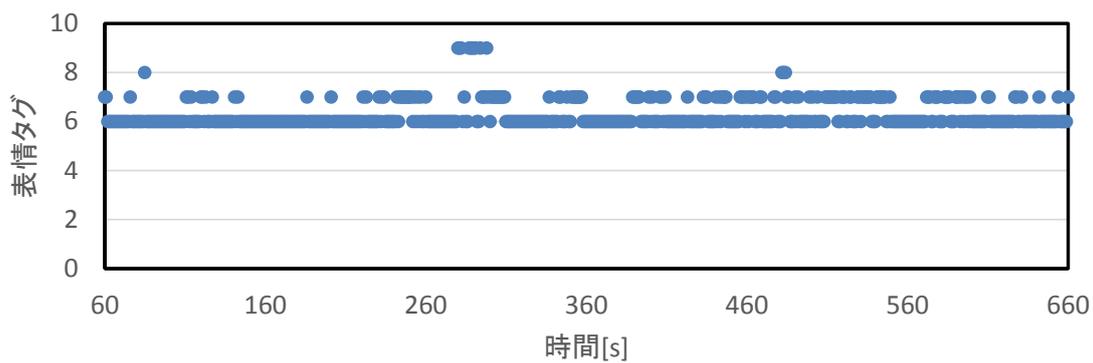


図 5.12 被験者 10 の映像提示時の表情変化

表 5.1 刺激画像提示時の表情

画像No.	表徴									
	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
1	engagement	engagement	contempt	anger	contempt	engagement	surprise	contempt	engagement	engagement
2	surprise	valence	engagement	anger	contempt	anger	surprise	anger	engagement	joy
3	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	engagement
4	surprise	contempt	engagement	anger	surprise	anger	surprise	anger	contempt	engagement
5	surprise	contempt	engagement	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
6	surprise	contempt	engagement	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	valence
7	surprise	contempt	engagement	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	valence
8	surprise	contempt	engagement	anger	engagement	anger	surprise	anger	contempt	surprise
9	surprise	contempt	engagement	anger	engagement	anger	surprise	anger	contempt	surprise
10	surprise	surprise	surprise	anger	engagement	anger	surprise	anger	contempt	surprise
11	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
12	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
13	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	engagement	surprise	anger	surprise	engagement
14	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
15	surprise	contempt	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
16	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
17	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
18	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
19	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
20	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
21	surprise	valence	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
22	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
23	surprise	contempt	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
24	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	contempt	surprise	surprise
25	surprise	contempt	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
26	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	contempt	surprise	surprise
27	surprise	contempt	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
28	surprise	contempt	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
29	surprise	contempt	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
30	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
31	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
32	surprise	surprise	engagement	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
33	surprise	contempt	surprise	anger	contempt	engagement	surprise	anger	surprise	surprise
34	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	engagement	surprise	anger	surprise	surprise
35	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	engagement	surprise	anger	contempt	surprise
36	contempt	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
37	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
38	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
39	surprise	surprise	valence	anger	contempt	anger	surprise	anger	surprise	surprise
40	surprise	surprise	valence	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
41	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
42	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
43	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
44	surprise	surprise	valence	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
45	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	engagement	surprise	anger	contempt	surprise
46	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	engagement	surprise	anger	surprise	surprise
47	surprise	surprise	engagement	anger	contempt	engagement	surprise	anger	surprise	surprise
48	surprise	surprise	engagement	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
49	contempt	contempt	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise
50	surprise	surprise	surprise	anger	contempt	anger	surprise	anger	contempt	surprise

5.2.2 画像の並び替えによるストレス低減効果の検証結果

5.2.1 において取得したリラックス時の表情変化と刺激画像を見たときの表情を利用して、並び替え画像セットを作成した。並び替え画像セットで利用した画像の順番をランダムに入れ替えたランダム画像セットも同様に作成する。

クレペリン検査後に、並び替え画像セットを提示した際のポアンカレプロットの変化を図 5.13～図 5.22 に示す。また、クレペリン検査時、画像提示時の CVRR 及びクレペリン検査後にランダム画像セットを提示した際の CVRR を表 5.2 に示す。

ポアンカレプロットを見ると、一部の被験者においてはわかりづらいが、多くの被験者がクレペリン検査時よりも画像提示時のほうがプロットが分散していることがわかる。これを CVRR の値として比較してみると、10 人中 8 人がクレペリン検査時よりも画像を提示しているときのほうが値は大きくなっていることが確認できる。すなわち、画像提示時にはストレスが解消していることがわかる。さらに、並び替え画像セットを提示したときとランダム画像セットを提示したときの CVRR の増加率を計算した結果、被験者によっては僅かな差ではあるが 10 人中 8 人が並び替え画像セットを提示したときのほうが増加率は高くなることが確認できた。この結果を統計的に評価するため、t 検定を行った。帰無仮説は「並び替え画像時及びランダム画像時の CVRR の平均には差がない」とした。この結果、 $P(T \leq t) = 0.172$ となり、帰無仮説を棄却することはできなかった。これは、被験者によっては増加率が非常に低くなっていることなどが原因と考えられる。

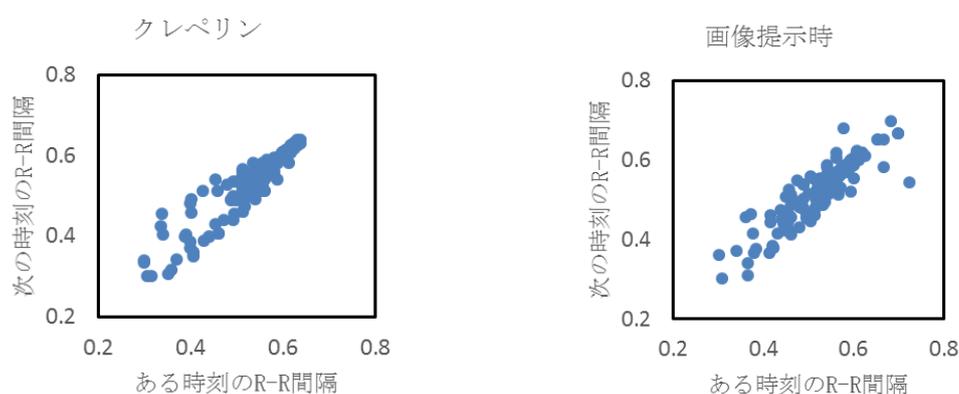


図 5.13 被験者 1 のポアンカレプロット

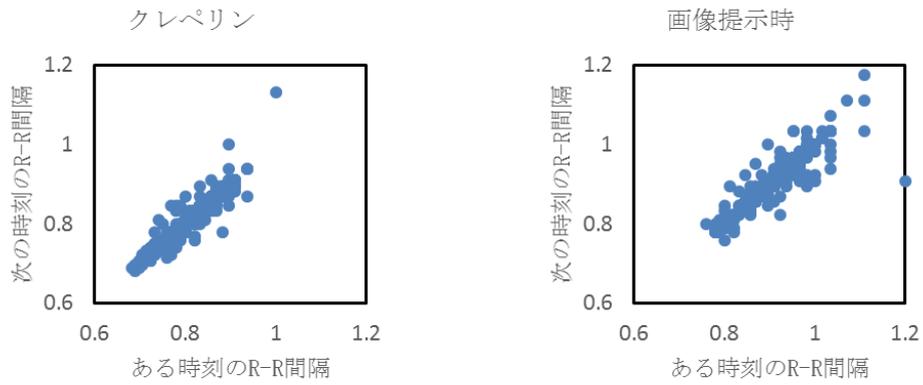


図 5.14 被験者 2 のポアンカレプロット

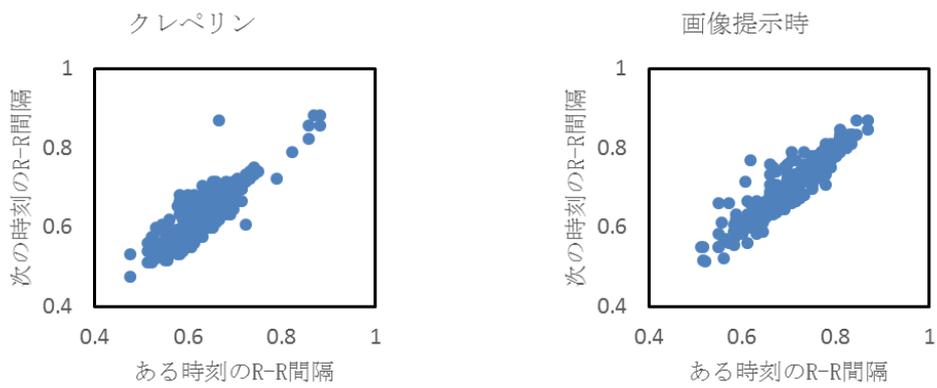


図 5.15 被験者 3 のポアンカレプロット

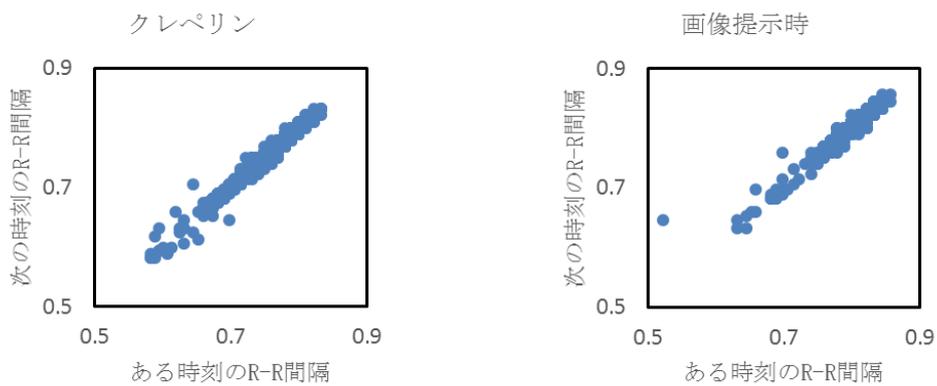


図 5.16 被験者 4 のポアンカレプロット

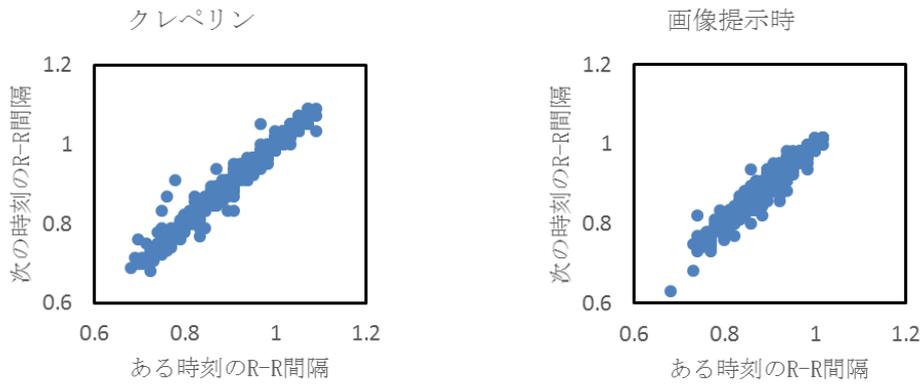


図 5.17 被験者 5 のポアンカレプロット

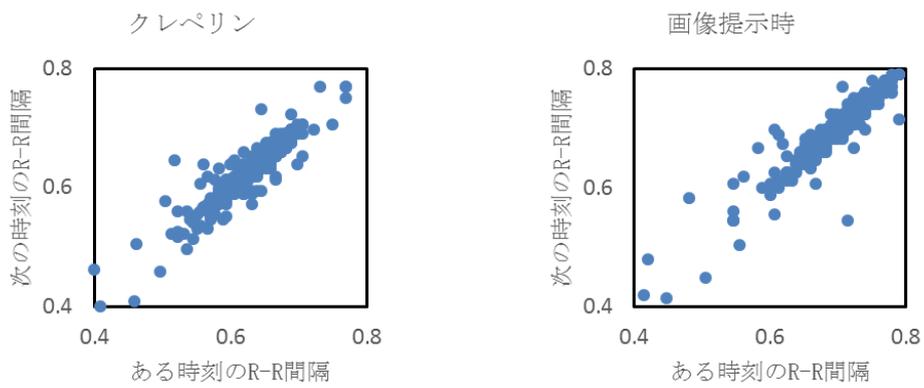


図 5.18 被験者 6 のポアンカレプロット

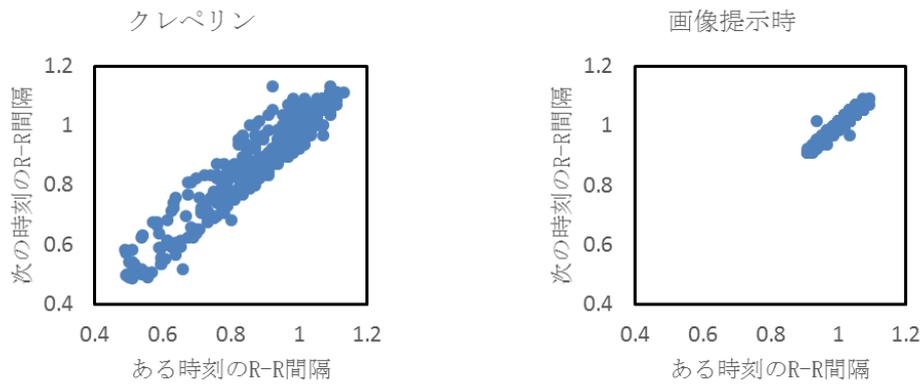


図 5.19 被験者 7 のポアンカレプロット

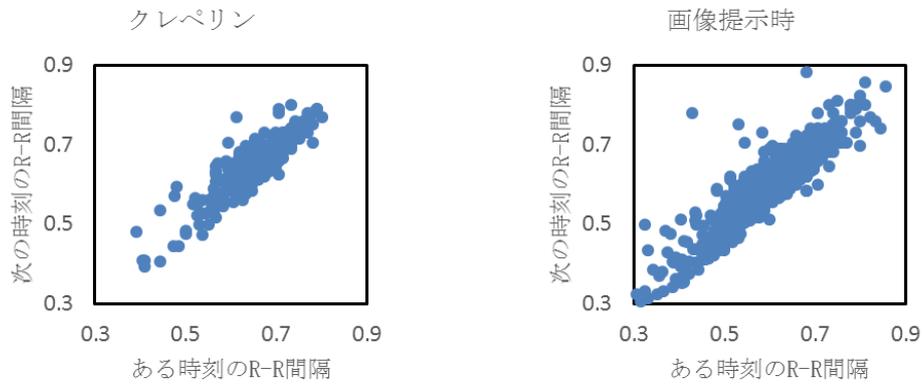


図 5.20 被験者 8 のポアンカレプロット

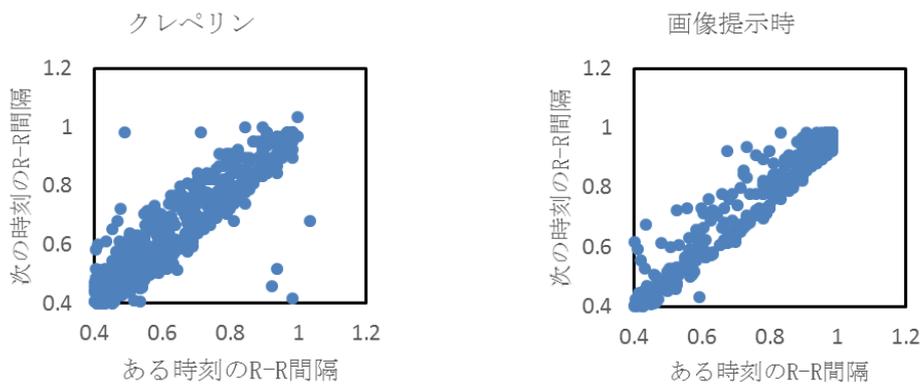


図 5.21 被験者 9 のポアンカレプロット

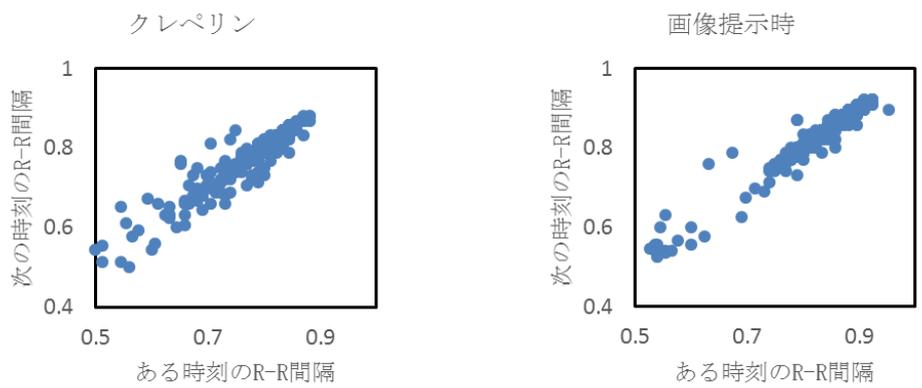


図 5.22 被験者 10 のポアンカレプロット

表 5.2 クレペリン・画像提示時の CVRR (左:1回目, 右:2回目)

被験者1	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	6.811	7.183	1.055
ランダム画像提示実験	6.343	12.377	1.951

被験者1	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	5.746	6.025	1.048
ランダム画像提示実験	4.568	6.643	1.454

被験者2	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	5.597	6.717	1.200
ランダム画像提示実験	9.829	5.824	0.593

被験者2	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	10.964	8.800	0.803
ランダム画像提示実験	5.528	12.136	2.196

被験者3	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	7.075	8.257	1.167
ランダム画像提示実験	6.429	6.987	1.087

被験者3	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	17.896	33.426	1.868
ランダム画像提示実験	12.994	9.225	0.710

被験者4	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	5.876	6.020	1.024
ランダム画像提示実験	4.588	4.076	0.888

被験者4	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	6.605	8.668	1.312
ランダム画像提示実験	12.306	10.045	0.816

被験者5	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	7.911	7.735	0.978
ランダム画像提示実験	5.192	4.970	0.957

被験者5	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	6.336	9.619	1.518
ランダム画像提示実験	25.785	28.552	1.107

被験者6	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	5.343	12.563	2.351
ランダム画像提示実験	5.797	6.646	1.146

被験者6	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	5.300	7.848	1.481
ランダム画像提示実験	5.080	6.040	1.189

被験者7	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	13.409	3.182	0.237
ランダム画像提示実験	3.741	3.128	0.836

被験者7	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	4.232	7.422	1.754
ランダム画像提示実験	16.006	12.705	0.794

被験者8	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	7.101	17.274	2.433
ランダム画像提示実験	8.836	9.878	1.118

被験者8	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	12.622	14.646	1.160
ランダム画像提示実験	25.403	28.905	1.138

被験者9	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	25.339	25.375	1.001
ランダム画像提示実験	18.814	13.289	0.706

被験者9	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	17.538	12.881	0.734
ランダム画像提示実験	17.739	17.321	0.976

被験者10	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	5.719	6.980	1.220
ランダム画像提示実験	4.018	4.780	1.190

被験者10	CVRR		増加率
	クレペリン	画像提示	
並び替え画像提示実験	6.808	12.271	1.802
ランダム画像提示実験	27.23094	23.67261	0.869

5.3 考察

被験者にストレスを負荷し、その後に並び替え画像セットを提示した際の CVRR の増加率とランダム画像セットを提示した際の CVRR の増加率を比較した。その結果、8 割の被験者において、並び替え画像セットを提示したほうがストレス解消効果は高くなることを確認した。

リラックス効果が得られなかった被験者 1, 被験者 7 の 2 名に対して、その原因を考察する。被験者 1 に関しては、5.2.1 の図 5.3 から明らかなように、そもそもリラックス映像を見ている際の表情変化が乏しいことが挙げられる。この理由を調査するため、被験者にインタビューを行った結果、「映像の解像度が低く、映像を見て逆にストレスがたまってしまった」という意見を得た。これが原因となり、リラックスしているときの表情ではなく、イライラしている際の表情変化を取得してしまった可能性がある。したがって、この被験者の並び替え画像セットの提示では、逆にストレスがかかっている可能性がある。また被験者 7 においては、5.2.1 の表 5.1 から明らかなように、刺激画像を見た際の表情が全て一定であることが原因の一つであると考えられる。リラックスしている際の表情変化の中に、刺激画像の提示では強く表出されなかった表情が含まれている場合は、Affdex によりその表情の表出量を調査し、最も表出量が大きくなっている刺激画像を使用しているが、あまり強く表出しているわけではない。そのため、リラックス映像を見ている際の表情変化を完全に再現できているとは言い難い。これが原因となり、リラックス状態を誘発することができなかつたと推察される。この問題を解決するためには、使用する刺激画像を増やすことで、感情を誘発する要素を増やす必要があると考えられる。

次に、結果の再現性を確かめるため、再度 5.2.2 の実験を同一の被験者に実施した結果を表 5.2 に示す。全体の結果を見ると、7 割の被験者において、並び替え画像セットの CVRR 増加率が、ランダム画像セットの CVRR 増加率を超えた。1 度目の実験でも 2 度目の実験でも求めている結果が出なかった被験者 1 に関しては、やはり「映像提示時にリラックスできていなかった」ということが原因であると考えられる。いっぽうで、2 度の実験ともに成功した被験者は 6 名いるため、本システムは全ての被験者において有効なわけではないが、ある程度有効に使用できると考えられる。

6 まとめ

本研究では、近年問題視されている生活習慣病患者の増加の解消を目的とし、その原因となるストレスを効率的に解消する画像提示システムを提案した。システムでは、事前に複数の刺激画像を提示した際の表情、および、リラックス効果のある自然映像を提示した際の時系列的な表情変化を記録しておく。そしてこの変化に合うように刺激画像を表示する順序・時間を決定することで、リラックス時と同様の時系列的な表情変化を誘発する。リラックスしている際の表情変化をもう一度誘発させることで、意図的にリラックス状態を作り出すことを目的とした。

被験者 10 名に対してシステムの評価実験を行うため、ストレスを意図的に負荷させるクレペリン検査を実行し、その後に意図的に並び替えた画像を提示した。その際の心拍を取得し、心拍変動係数 CVRR を計算したところ、8 名の被験者において画像提示時の方がリラックス状態にあることが明らかとなった。また、クレペリン検査後に、画像をランダムに並び替え、表示時間も一定にした画像を見せた際の CVRR を計算し、意図的な並び替えを行った際と比較した。その結果、8 名の被験者において意図的な並び替えを行ったほうがリラックス効果は高くなるということが明らかとなった。この結果から、同じ画像を利用しても、画像の並び順序や画像の表示時間を変更することで人間の感情を意図的に誘発することが可能であるといえる。ストレスを手軽に解消させるシステムは、生活習慣病の予防のみならず、うつや不眠症などの心の病気に対しても効果的であるため、このシステムを用いることで快適な日常生活を行えるといえる。

今後の課題として、今回の実験では刺激画像に対してほとんど表情を変えない被験者もいたため、提示する画像を改めて選択する必要がある。また、現在のシステムでは認識できないような表情を捉えるため、Eurelian Video Magnification などを利用し、表情変化を増大させることで表情認識精度を向上させることが考えられる。また、現在のシステムではリラックス状態の誘発しか行わなかったが、意図的に興奮状態を誘発するなど、ほかの感情を誘発するシステムを作成していきたい。これが実現すれば、購買意欲を向上させる CM の作成や、スポーツ前の意図的な興奮状態の提起などが可能になり、様々な分野において活用が可能であると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、適切な助言を賜り、また数多くのご指導をしてくださった主指導教員である宮田一乗教授に深く感謝します。また、研究に限らず就職活動などの面でも多くの助言をいただき、時にユニークな玩具などで研究に疲れた心を癒してくださった浦正広助教に深く感謝します。

研究や学業の面だけでなく、来たばかりで右も左もわからなかった金沢での生活について親身になってアドバイスをいただいた副指導教員の由井菌隆也准教授に深く感謝します。そして、初めて触れた分野で全く進め方がわからず、途方にくれていた際に適切な助言をいただいた副テーマ指導教員である神田陽治教授に心より感謝いたします。

宮田研究室の各位には、日頃より沢山の助言をいただきました。眠れぬ夜に趣味の話などを熱く語り合ってくくださった北直樹氏、**Matthieu Tessier** 氏に深く感謝いたします。また、研究がうまくいかない際にお互いに慰めあってくくださった王睿氏、**Zeng Zhen** 氏に感謝します。そして、研究に疲れた際に持ち前のユニークさで私を楽しませてくださった林千晴氏、城戸悠里氏に深く感謝いたします。さらに、ゼミなどを通じて有益な助言や精神面の支援をしてくださった、蟹江秀俊氏、**Wang Hongyu** 氏、北村勇喜氏、畠山巧幹氏、西澤博大氏、齋藤祐樹氏に感謝の意を表します。また、疲れを癒すためのゲームやプラモデルなどを山奥まで運んでくださった **Amazon.co.jp** とヤマト運輸、辛い研究の中心の支えとなり続けてくださった任天堂株式会社に深く感謝いたします。

最後に、本研究の実験に快く協力してくださった被験者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Xiaobai Li ほか
Reading Hidden Emotions: Spontaneous Micro-expression Spotting and Recognition,
Computer Vision and Pattern Recognition
- [2] Xiaolin Wu, Xi Zhang,
Automated Inference on Criminality using Face Image, Computer Vision and Pattern Recognition
- [3] 佐藤 高弘, 中川 匡弘,
フラクタル次元解析を用いた感情の定量化手法 : 感性フラクタル次元解析法,
電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理 102(534), 13-18, 2002-12-13
- [4] 黒子 典彦, 藤井 英二郎,
脳波・心拍反応及び主観評価からみた緑地の騒音ストレス回復効果に関する実験的研究,
ランドスケープ研究 : 日本造園学会誌 : journal of the Japanese Institute of Landscape
Architecture 65(5), 697-700, 2002-03-30
- [5] 厚生労働省「平成 22 年人口動態統計月報年計（概数）の概況」
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai10/index.html> 2017/1/20
- [6] 生活習慣病の調査・統計
<http://www.seikatsusyukanbyo.com/statistics/2012/003548.php>, 2017/1/20
- [7] 日本成人病予防協会「ストレスについて」
http://www.japa.org/?page_id=6950 2017/1/20
- [8] 生活習慣病オンライン「ストレス解消について」,
<http://www.sageru.jp/improvement/etc/stress.html>, 2017/1/31
- [9] 「空気を読む」…を科学する研究所「微表情 Micro expression」
<http://www.microexpressions.jp> 2017/1/24
- [10] HY Wu, M Rubinstein, E Shih, J Guttag, F Durand,
Eulerian Video Magnification for Revealing Subtle Changes in the World, dspace.mit.edu
- [11] Bartlett, Littlewort, Frank, Lee,
Automatic decoding of facial movements reveals deceptive pain expressions., Curr Biol.
2014 Mar 31; 24(7): 738–743.
- [12] 長谷陽子, 堀広子, 中安いくよ, ほか
「職場のストレス軽減のための取り組み : 職業性ストレス簡易調査票を活用した支援につ
いて」, 産業衛生学雑誌 50(4), 111-119, 2008-07-20
- [13] 三井 知代, 「森林植物園ウォーキングによるストレス軽減効果の検討」, 心身医学
51(4), 345-348, 2011-04-01
- [14] 山口 昌樹, 「ストレスと生活」, 日本薬理学雑誌 129(2), 80-84, 2007

- [15] International Affective Picture System
<http://csea.phhp.ufl.edu/Media.html#topmedia> 2017/1/20
- [16] Affectiva 「 Emotion Recognition Software and Analysis」
<http://www.affectiva.com> 2017/1/20
- [17] 仙台泉整体ラボ「自律神経失調症について」
<http://seitailabo.info/index.php?自律神経失調症> 2017/1/20
- [18] 茂吉雅典・横山清子・吉岡貴芳ほか,
「高速道路の長時間運転における心電図 R-R 間隔時系列の経時変化」, 自動車技術会論文
集 Vol.27,No.3,pp.107-112,1996
- [19] NTT マイクロシステムインテグレーション研究所
「業界の垣根を超えて結実した ウェアラブルセンサ」, NTT技術ジャーナル 2014年5月
- [20] 内田クレペリン検査,
<https://www.nsgk.co.jp/sv/kensa/kraepelin/> 2017/1/20
- [21] 清水 美沙, 樋口 達也, 川上 保子, 下村 弘治, 芝 紀代子,
「ストレス負荷による唾液中タンパク成分の変動」, 生物試料分析 = Journal of analytical
bio-science 38(3), 173-180, 2015
- [22] 鷲野 嘉映 , 西田 弘之,
「計算負荷の非浸襲的ストレス評価への影響」, 岐阜聖徳学園大学短期大学部紀要 43, 51-
57, 2011-03-31