

卒業論文 2019 年度（令和 1 年度）

自身の笑顔の作り方と表情ベースによる 嗜好判断分析

指導教員

中澤 仁

村井 純

楠本 博之

中村 修

Rodney D. Van Meter

植原 啓介

三次 仁

手塚 悟

高汐 一紀

武田 圭史

大越 匡

慶應義塾大学 環境情報学部 環境情報学科

鶴岡 雅能

DSFSA(Delta Smile Facial Survey Analyzer)

massaman@ht.sfc.keio.ac.jp

卒業論文 2019 年度（令和 1 年度）

自身の笑顔の作り方と表情ベースによる
嗜好判断分析

論文要旨

あぶすとらくと
これは最後にまとまってから書くつもり

キーワード

表情分析, 表情検出, 笑顔, 表情, 人間関係, 嗜好分析, データ処理, 画像処理, 動画処理

慶應義塾大学 環境情報学部 環境情報学科

鶴岡 雅能

Abstract Of Graduation Thesis Academic Year 2020

Graduation Thesis made by massaman

Summary

abstract

English is very very very difficult for me. I can only use "massamanglish". That is "99% body language, and 1 % passion".

Keywords

facial expression analysis, facial expression detection, smile, facial expression, humnan relationships, preference analysis, data processing, image processing, video processing

Bachelor of Arts in Environment and Information Studies

Keio University

Masayoshi Tsuruoka

目 次

第 1 章 序論	1
1.1 背景	1
1.1.1 人との繋がり形成の多様化	1
1.1.2 人と人との繋がりで構成されている社会	1
1.1.3 コミュニケーションにおける笑顔の重要性	1
1.2 問題意識	2
1.2.1 情報社会における情報過多	3
1.2.2 相性が悪い人同士における生産性の低下	3
1.3 目的	5
1.4 仮説	5
1.5 本文書の構成	5
第 2 章 関連研究	6
2.1 人と表情に関する研究	6
2.1.1 人の表情について	6
2.1.2 人間関係と表情について	7
2.2 情報技術と笑顔に関する研究	8
2.3 本研究において取り扱う笑顔	9
2.4 まとめ	11
第 3 章 Delta Smile Facial Survey Analyzer システム	12
3.1 DSFSA システムの概要	12
3.2 DSFSA の特徴	12
3.3 DSFSA の使用方法	13
3.3.1 動画から笑顔動画データ作成および数値化	13
3.3.2 ユーザー表情の笑顔動画データ作成および数値化	14
3.4 まとめ	14
第 4 章 設計	15
4.1 本システムの設計概要	15
4.2 データ収集機能	16
4.2.1 顔検出モジュール	16
4.2.2 笑顔検出モジュール	16

4.2.3	画像処理モジュール	17
4.2.4	動画作成モジュール	17
4.2.5	データ作成モジュール	17
4.2.6	笑顔データ選択モジュール	17
4.2.7	表示データ作成モジュール	19
4.2.8	順位づけモジュール	19
4.2.9	データ保存モジュール	19
4.2.10	選択データ表示モジュール	20
4.3	データ分析機能	20
4.3.1	FAU 値計算モジュール	20
4.3.2	データプロットモジュール	20
4.4	まとめ	20
	第 5 章 実装	21
5.1	ユーザーインターフェースの実装	21
5.1.1	ユーザーインターフェースシーン 1	21
5.1.2	ユーザーインターフェースシーン 2	21
5.1.3	ユーザーインターフェースシーン 3	22
5.1.4	ユーザーインターフェースシーン 4	22
5.1.5	ユーザーインターフェースシーン 5	22
5.1.6	ユーザーインターフェースシーン 6	22
5.1.7	ユーザーインターフェースシーン 7	22
5.1.8	ユーザーインターフェースシーン 8	22
5.2	データ収集機能の実装	22
5.2.1	顔検出モジュールの実装	27
5.2.2	笑顔検出モジュールの実装	27
5.2.3	画像処理モジュールの実装	27
5.2.4	動画作成モジュールの実装	28
5.2.5	データ作成モジュールの実装	28
5.2.6	笑顔動画データ選択モジュールの実装	29
5.2.7	表示データ作成モジュールの実装	30
5.2.8	順位づけモジュールの実装	30
5.2.9	データ保存モジュールの実装	30
5.2.10	選択データ表示モジュールの実装	32

5.3 データ分析機能の実装	32
5.3.1 FAU 値計算モジュールの実装	32
5.3.2 データプロットモジュールの実装	32
5.4 まとめ	32
第 6 章 予備実験	33
6.1 OpenCV を使った笑顔検出の妥当性	33
6.2 表情を作るのかかる時間	33
6.3 実験の結果・まとめ	33
第 7 章 評価実験	34
7.1 評価実験の概要	34
7.2 評価実験の目的	34
7.3 ORF(Open Research Forum) におけるデータ収集	34
7.4 ユーザーの嗜好分析	34
7.5 地震の表情の作り方と好感をもつ笑顔との相関性	34
7.6 結果	34
7.7 まとめ	34
第 8 章 結論	35
8.1 今後の展望	35
8.1.1 良好的な人間関係の構築へのデータ活用	35
8.1.2 1月下旬から行う実証実験について	35
8.2 本論文まとめ	35
謝辞	36
参考文献	37
付 錄 A 付録の例	39
A.1 見出し 1	39
A.1.1 セクションわけ 1-1	39
A.2 見出し 2	39
A.2.1 セクションわけ 2-1	39

図 目 次

1.1 インターネットで知り合った相手に直接会ったことのある若者の割合	2
1.2 メラビアンの法則	3
1.3 インターネットで知り合った相手に直接会った際, ギャップを感じたことがある若者の割合	4
1.4 インターネットで知り合った相手に直接会った際, がっかりしたことがある若者の割合	4
2.1 人間の普遍 7 表情	6
2.2 日本人の表情判断グラフ	7
2.3 SONY スマイルシャッター	8
2.4 Facial Action Unit 例	9
2.5 Facial Action Unit の種類	10
3.1 システムフロー	13
4.1 システム構成図	15
4.2 Harrlike 検出器	16
4.3 MultiPIE のデータセットから, λ の値を顔に反映させたもの	18
4.4 点描画笑顔動画データ	19
5.1 ユーザーインターフェースシーン 1	23
5.2 ユーザーインターフェースシーン 2	23
5.3 ユーザーインターフェースシーン 3	24
5.4 ユーザーインターフェースシーン 4	24
5.5 ユーザーインターフェースシーン 5	25
5.6 ユーザーインターフェースシーン 6	25
5.7 ユーザーインターフェースシーン 7	26
5.8 ユーザーインターフェースシーン 8	26
5.9 dlib を用いて特徴点検出	30
5.10 変換後の動画例	31

表 目 次

第1章 序論

本章では、はじめに本研究における背景を述べる。次いで、問題意識を踏まえた上で目的、著者の仮説を述べる。最後に本論文の構成を示す。

1.1 背景

本節では、本研究の背景として現代社会における人との関係性を構築する手段が多様化している現状を述べる。次いで人と人との繋がりで構成されている社会について述べ、最後に人の繋がりを形成する上で、コミュニケーション内の表情の重要性を述べる。

1.1.1 人との繋がり形成の多様化

直接対面でしかなかった出会いの形が、若い世代を中心に多様化して、オンライン上での出会いが増えている。インターネット上で知り合った経験がある10,20代の若者世代は多い[1]。目的はオンライン上で友達になったから会う、友達になりたくて会う、恋人探しなど様々である。マッチングアプリなど、自身のパートナーをインターネット上のデータを基に探すサービス展開も行われており、登録者は1000万人を超えるものもある。結婚相手を探す新しい場を提供する、婚活パーティーも増えてきており[2]、従来の出会いの方法に比べ出会いの敷居が低くなり、多種多様な人々との出会いの機会が提供されるようになっている。

1.1.2 人と人との繋がりで構成されている社会

ヒトは誕生から現代にかけて社会を形成し、その中で集団を作って生活を送ってきた。社会性をもつ生き物として、交友関係を広げ、協力を日々生きている。職場、学校、近所、そして家族など人との繋がりは必要不可欠な要素である。日本人の平均寿命はWHOの調査で84.2歳[3]と言われ、1日1人と出会ったとしても30733人と出会うことになり、人と関わることなしに生活することは不可能である。

1.1.3 コミュニケーションにおける笑顔の重要性

人との関係構築をする際にはコミュニケーションが必要不可欠である。コミュニケーションにおいて非言語コミュニケーションがもっとも重要であるとAlbert Mehrabianは述べて



図 1.1: インターネットで知り合った相手に直接会ったことのある若者の割合

おり, 会話中の相手の受け取る情報量は非言語コミュニケーションが 93% を占め, 視覚情報は 55% を占めると言わわれている [4]. その中でも人の表情は, その人の内面を表しており, 相手のことを判断するときに重要な判断材料となる. 表情には人の考え方・内面が顕著に現れると言われており, Associated Newspapers Ltd Part of the Daily Mail の調査によると目尻と口の動きは相手への信頼性を判断する材料となっている [5]. また Bruno Leang によれば, 似ている人には信頼を置きやすいと述べている [6].

表情の中でも笑顔はコミュニケーションに大きく影響を及ぼす. 笑顔は自分の中の喜びや楽しさなどプラスの感情を表現するときに表れる表情であり, その表情を相手へ向けることは相手への好意の現れであると言える. 齊藤は好意の現れとして笑顔を向けられると自分自身も相手に好意を抱くようになると述べており, これは「笑顔の返報性」と言わわれている [7]. また, コミュニケーションにおける笑顔の重要性は近年, 科学的に証明されてきている. Dimberg によると人類の進化的な側面から, 笑顔は伝染すると主張する. 笑顔の人をみながら厳しい表情をするのは難しく, それは顔の筋肉のコントロールが抑制されるからであると言われている [8]. Grande は笑顔でいることで周囲に好感を与え, 親切に見えるだけでなく仕事の能力があるように映ると研究結果を述べている [9]. これらの先行研究より, コミュニケーションにおける笑顔は自分にとってプラスの効果をもたらすことがわかる.

1.2 問題意識

前章において, 人との繋がりの重要性および繋がりを形成するコミュニケーションにおける表情の重要性を述べ, 現代社会における出会いの多様性について述べた. 本節では, 本研究における問題意識について述べる.

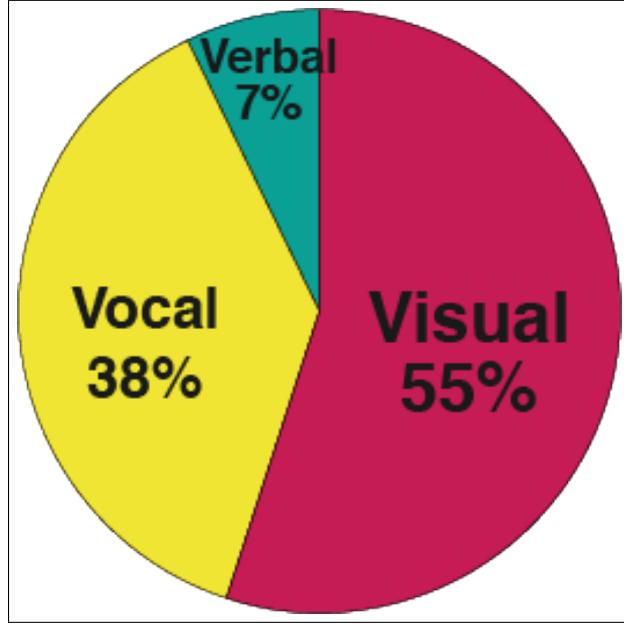


図 1.2: メラビアンの法則

1.2.1 情報社会における情報過多

人との繋がり形成の場が多様化し、出会いの入り口が広くなった分、情報量の整理が上手くいっていない。情報過多になっているが故に、選択肢が多く全ての人にアプローチをして交友関係を構築することは不可能である。ネット上の出会い調査によると若者が相手に対してギャップを感じた 10,20 代の若者の割合は、男女共に約 70% であり、そのギャップにがっかりした割合は男女共に 60% を超えている [1]。つまり、自分の理想とする人、自分と考えがある人と出会える確率は現状まだ低く、また理想や考えがある人を見逃している可能性が非常に高い。しかし、現状はテキストベースで判断をして自分でアプローチをかけたり、アプリケーション側で処理を行いユーザーへ情報提供をすることしかできていない。

1.2.2 相性が悪い人同士における生産性の低下

コミュニケーションにおいて、相手と考えが合わない場合精神的な負担が大きくなる。Mechanic はソーシャルスキルの程度と種々の具体的問題解決能力との 2 側面から適応行動を規定した上で、適応行動の不足は個体のストレスレベルを上昇させ疾患発症の危険度を高めることを述べた.[10] Fisher Beckfield&McFall は、ソーシャルスキル得点の低い男子大学生が、高い抑うつ反応を示していたと報告している.[11] コミュニティーにおいて考え方の近い人々をグルーピングをした際にはアイスブレーキングの時間や、相手の印象を探る時間フェーズを短くすることができ、産出するもののクオリティーの向上や、時間短縮を見込める。上記より、考え方の近い人や目的や嗜好が似ている人同士を引き合わせることで活動の効率化、ストレスの軽減に繋がると考えられる。

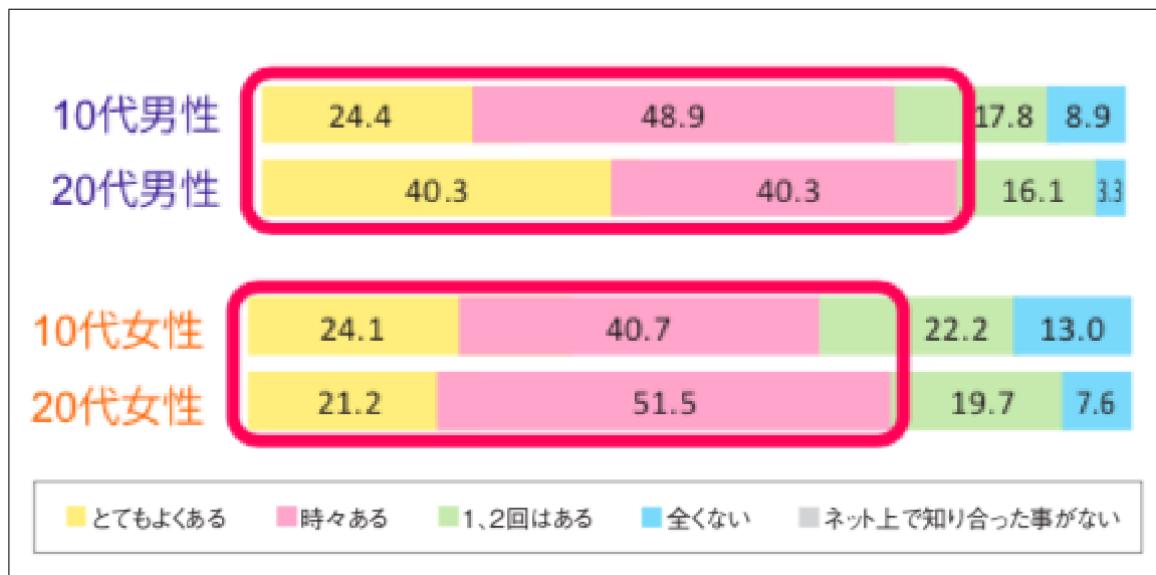


図 1.3: インターネットで知り合った相手に直接会った際, ギャップを感じたことがある若者の割合



図 1.4: インターネットで知り合った相手に直接会った際, がっかりしたことがある若者の割合

1.3 目的

本研究の目的は、笑顔からお互いを分析し、人と人との繋がり作成を助長するシステムの作成である。自身の笑い方と、魅力を感じる笑い方にはどのような関係性があり、笑顔においてどのパート・動きに由来するのかを分析する。本研究において、ユーザーの笑顔の作り方を数値データとして取得し、データベース内の笑顔の作り方データを表示する。表示されたデータに対して、ユーザーが順位付けを行うことで、笑顔の作り方による嗜好性を分析する。人と人との繋がり形成の際に、より最適な相手をユーザーに表示することができるようなアルゴリズムを作成し、ユーザーにとってよりよい出会いの機会提供を助長することを目指す。

1.4 仮説

人相学の分野において顔のひとつひとつの形には、その人の性格が表れると言われている。それゆえに、顔が似ている人は性格が似ていることになる。また心理学の分野において、Anthony Littleは人間同士においては特にカップルに身体的特徴、表情が似てくる傾向があると述べている。^[12] 本研究において、私は「表情が似ている人には好意を抱きやすい」との仮説を立てる。

1.5 本文書の構成

本論文は、本章を含め全8章で構成する。本章、第1章では、本研究における背景と問題意識、目的および著者の仮説を述べた。第2章では、関連研究についてまとめる。第3章では、本研究にて作成するシステム Delta Smile Facial Survey Analyzer の概要について説明をする。第4章では、本システムにおける設計について整理する。第5章では、本システムの実装について述べる。第6章では、予備実験について述べる。第7章では、データ収集および評価実験について述べる。第8章では、結論および今後の展望について述べる。

第2章 関連研究

本章では、はじめに人の表情についての関連研究についてまとめる。ついで、情報学の分野における表情、特に笑顔に関する先行研究の例を取り上げる。最後に、本研究において取り扱う笑顔について定義する。

2.1 人と表情に関する研究

本節では、人の表情についての関連研究および表情と人間関係の関連性の2つについてまとめる。

2.1.1 人の表情について

Ekmanは感情を表す普遍的な基本表情があるという理論を提唱した。その表情は7つに分類され、怒り、嫌悪、恐怖、驚き、悲しみ、幸福に中立な表情を加えたものである[13]。佐藤ら

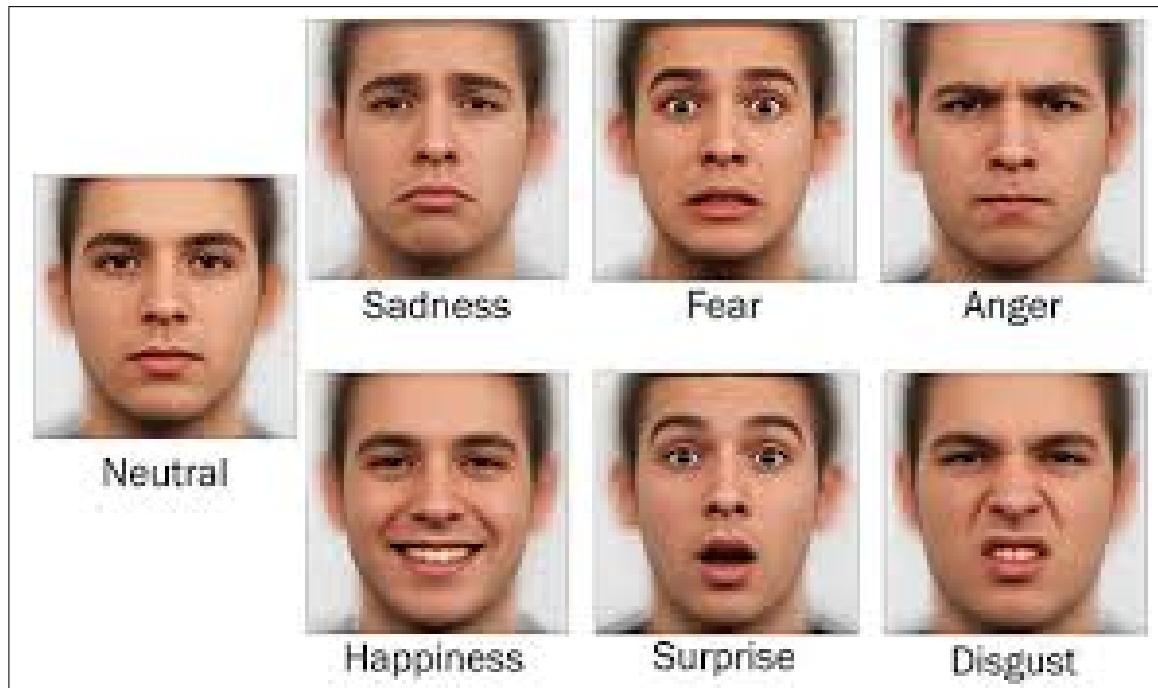


図 2.1: 人間の普遍7表情

が日本人に対して, Ekman の基本表情が適用されるのかを実験した際には, 部分的にしか日本人には適応されないことがわかったが, 驚きと幸福に関する基本表情は日本人にも適合することが証明されている.[14]

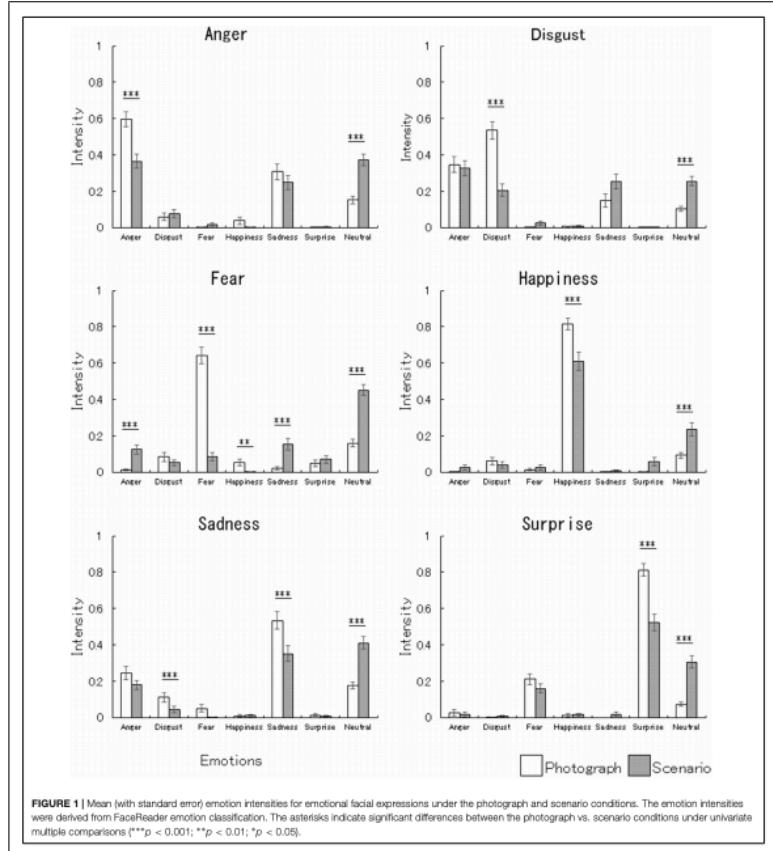


図 2.2: 日本人の表情判断グラフ

2.1.2 人間関係と表情について

顔には年齢, 性別, 人種などの生物学的属性に加え, 口の動きからの発話情報, その人物の人となり, 感情, 意図, 関心などを読み取ることが可能である [15]. 人はコミュニケーションをとる際に, 会話の内容などの言語コミュニケーションに加え, 表情などの非言語コミュニケーションが行われる. 非言語コミュニケーションとは, 言葉を使わないコミュニケーションのことを指し, Mehrabian によればコミュニケーションにおいて, 非言語コミュニケーションは印象情報の 93% を占める [4]. ゆえに, コミュニケーションにおいて会話内容よりも, 人の見た目や表情に意識が向く. 表情, 特に笑顔はコミュニケーションをとる際に重要な役割を担っている.

2.2 情報技術と笑顔に関する研究

近年, 情報処理技術を用いて人の表情分析の研究が進められている. SONY が開発し, デジタルカメラ Cyber shot に組み込まれているスマイルシャッターは笑顔検出技術が, システム搭載されている例である. 現在, 実用化が進んでいるが, より笑顔を検出する精度や速さが求められている.



図 2.3: SONY スマイルシャッター

Eduard らは口角をベースとした笑顔検出器を作成し, 既存の検知方法よりも速く笑顔の検出を可能にする手法の提案をしている [16]. 人の笑顔を顔のパーツ, 特に目や口元, 頬の動きを判断材料として, 画像処理技術および機械学習を用いて自動的に笑顔を検出するような研究が数多く行われている. 他にも表情に現れる感情と, 実際に抱いている感情との違いを検出するような研究も行われている. 実際に人同士でも相手の内面状態を知ることは非常に難しい. 不快感を抱いていたとしても 相手に悟られないように笑顔を作るなど表情と感情が一致しないケースも数多くある. I Gede Aris Gunadi らは, 画像から機械学習を用いた作り笑顔を検出する研究 [17], Neelesh らは動画を用いて作り笑顔の検出 [18] を行うなど人の表情と内面状態との乖離を解消するような研究も進んでいる. 上記のように, 先行研究においては笑顔のシーン単体に対して, 処理を行い表情分析を行うものが多い. 人の表情は断片的なものではなく連続的なものである. 動画の分析を行う先行研究は映像から内面を推定する研究が主流であり, 中立の表情から笑顔になる過程について分析する研究はほとんど行われていない. より人間の表出表現を正確に, 繊細に分析する際には連続的に表情の流れの中で分析する必要がある.

2.3 本研究において取り扱う笑顔

本研究では、笑顔を内面の感情ではなく表情のみを取り扱う。Niedenthalは初対面において本当の笑顔と作り笑顔の違いを見分けることは難しいことを述べることに加え、人間は比較によって本当の笑顔か作り笑顔か判断をする。もし自分が相手が笑っていると判断した場合には作り笑顔でも本当に笑顔か関係なく笑顔に対する印象の効力が発揮されると述べている[19]。さらに表情の筋肉は無意識のうちに動きの癖が反映されており、笑顔を自分の意思で作ろうとした時も普段の笑い方と同じような筋肉が動くため、全ての表情には自分の内面属性・性格は反映されていると考えためである。

笑顔の作り方を分析し、表出表現による自分の表情と相手の表情への嗜好判断を行う。笑顔の分析オープンソースであるOpenFaceの中に含まれる、Facial Action Unitを用いて行う。OpenFaceとはTadasらCambridge University, MultiCamp Labが作成した表情分析を行うためのツールである。Facial Action Unit(以下FAUとする)は,Paul Ekman, Wallace Friesenらによって1978年に開発された分析ツールかつ表情理論に基づいたFacial Action Coding Systemを使って、客観的に顔の動きをデータとして取得することのできる基本動作を定義したものである。FAUにおいて、笑顔のunit番号は6(眼窩部眼輪筋),7(眼瞼部眼輪筋),12(大頬骨筋),25(翼突筋+頸二腹筋)である。この4つのUnitを使用して笑顔の分析を本研究では行う。

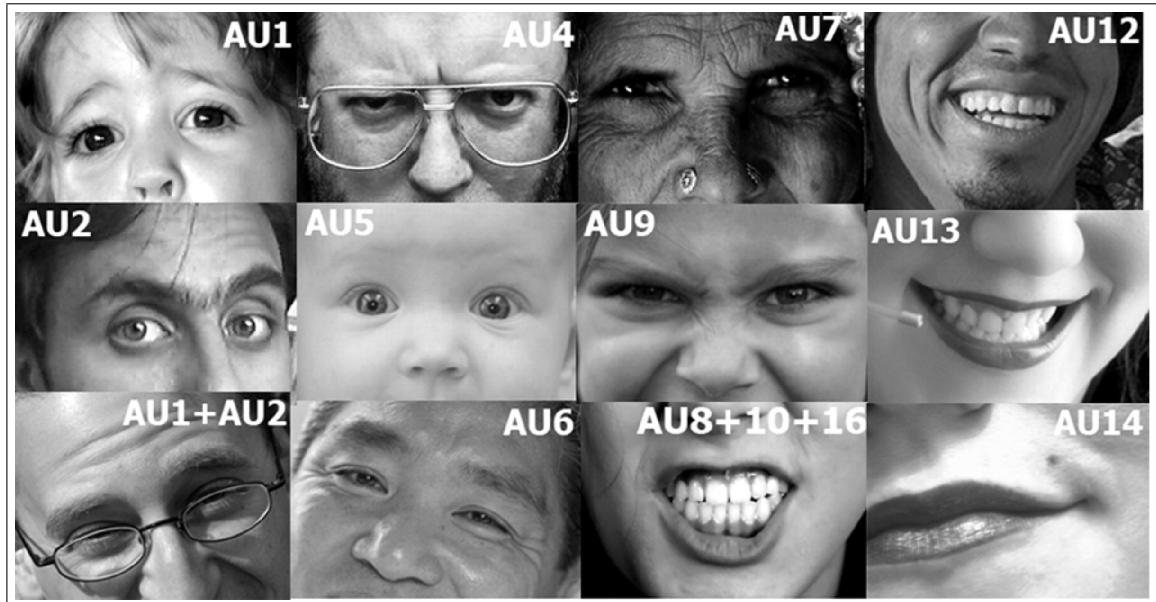


図 2.4: Facial Action Unit 例

Upper Face Action Units					
AU1	AU2	AU4	AU5	AU6	AU7
Inner Brow Raiser	Outer Brow Raiser	Brow Lowerer	Upper Lid Raiser	Cheek Raiser	Lid Tightener
*AU41	*AU42	*AU43	AU44	AU45	AU46
Lip Droop	Slit	Eyes Closed	Squint	Blink	Wink
Lower Face Action Units					
AU9	AU10	AU11	AU12	AU13	AU14
Nose Wrinkler	Upper Lip Raiser	Nasolabial Deepener	Lip Corner Puller	Cheek Puffer	Dimpler
AU15	AU16	AU17	AU18	AU20	AU22
Lip Corner Depressor	Lower Lip Depressor	Chin Raiser	Lip Puckerer	Lip Stretcher	Lip Funneler
AU23	AU24	*AU25	*AU26	*AU27	AU28
Lip Tightener	Lip Pressor	Lips Parts	Jaw Drop	Mouth Stretch	Lip Suck

図 2.5: Facial Action Unit の種類

2.4 まとめ

本章では、現在行われている人の表情、特に笑顔についての先行研究について整理した。ついで、本研究で扱う Facial Action Unit を用いて判断する笑顔について定義した。次章では本研究において使用する、Delta Smile Facial Survey Analyzer のシステムの概要および特徴について述べる。

第3章 Delta Smile Facial Survey Analyzer システム

本章では、本研究の目的である笑顔からお互いを分析し、人と人との繋がり作成を助長するシステムを作成するための、データ収集およびデータ分析をするためのツール Delta Smile Facial Survey Analyzer(以下 DSFSA)について述べる。初めにシステムの大まかな流れを述べた後、本システムの特徴および使用方法について述べる。

3.1 DSFSA システムの概要

本システムは表情分析をするためのデータを収集・分析するためのツールである。ユーザーの顔を検出し、トラッキングをしつつ、ユーザーが中立の表情から笑顔になったタイミングを検出する。各フレームごとに画像処理をして表情の分析を行い、動画としてデータベースへ保存する。Open Face の Facial Action Unit を使用して特微量を算出した後、データベースの中にある決まったフォーマットの笑顔の作り方動画を 5 種類選択し、ユーザーに表示する。その際には、顔の特徴点のみを描画した動画を表示することで表情の動き以外のバイアスを軽減する。システムによって選択された動画を 2 つずつ表示し、ユーザーに比較をして、選んでもらうことで動画データに順位づけを行う。ユーザーの表情データ、選ばれたデータベース内の動画を分析した表情データ、および順位づけデータを使用して、ユーザーの表情と、ユーザーの表情からみる人を選ぶ嗜好との関連性を分析する。

3.2 DSFSA の特徴

本システムの特徴は、中立と笑顔の表情を部分的に切り取った断片的な画像データではなく、動画の形を採用することで表情の遷移を時系列データで、笑顔の作り方を記録し、分析することが可能な点である。SONY が開発したスマイルシャッターのように笑顔になったタイミングをキャプチャーするシステムなど、笑顔のタイミングのみにフォーカスをあてた研究やサービス、笑顔のタイミングのみを切り取って表情分析をする研究は盛んに行われているが、動画など時系列データを使用した表情分析系の研究はまだ少ない。Bruce & Young らは表情表出の時間的特性が感情の認知に影響を及ぼす結果を得ており [20]、感情の認識においては動画像解析による動的な特徴を抽出することが望ましいと述べている [21]。本システムにおいては、中立表情から笑顔になるまでの表情の遷移を記録し、顔のパートの動き、筋肉の

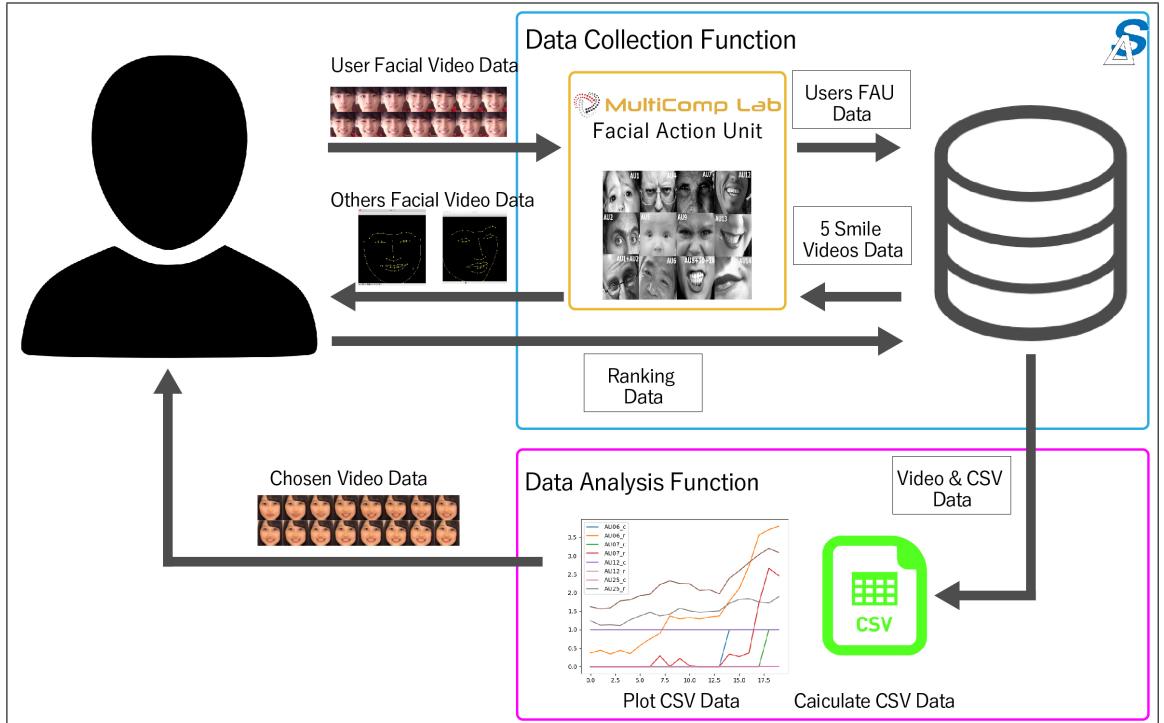


図 3.1: システムフロー

動きを数値化することが可能である。数値化可能な値は、顔のパーツの位置、動きがあるかないかの 2 極値、そして動きの強度である。

3.3 DSFSA の使用方法

2 つのモードを使いわけて、笑顔の作り方を記録した動画データを作成することおよび顔 パーツの動きを数値化することが可能である。また、中立の表情から笑顔になるタイミングを記録した動画データのことを以下では笑顔動画データとする。

3.3.1 動画から笑顔動画データ作成および数値化

人が映った既存の動画データから、笑顔動画データを作成することが可能である。ユーザーに表示するための笑顔動画データを作成、収集するために使用するモードである。特にユーザーに対してシステムを使用する前に、データベースにデータが空の状態では順位づけをすることができないため、主に初期状態から運用可能状態にする用途がこのモードにある。

3.3.2 ユーザー表情の笑顔動画データ作成および数値化

実際にユーザーの表情の動きをトラッキングして、笑顔動画データを作成することが可能である。表情と嗜好の関係性をするためのデータを収集およびユーザーの笑顔動画データをデータベースに保存するためのモードである。主なモードであり、ユーザーの情報を入力して、分析および出力、保存まで全ての一連の流れを実行・処理することが可能である。

3.4 まとめ

本章では、笑顔動画データ作成および収集、数値化を行う本システムの概要について述べた。ついで、本システムの特徴および使用方法について説明をした。次章では、Delta Smile Facial Survey Analyzer システムの設計について述べる。

第4章 設計

本章では、まず本研究で作成した Delta Smile Facial Survey Analyzer システムの設計概要について説明する。その後、データ収集機能における各モジュールと、データ分析機能における各モジュールの詳細について説明する。

4.1 本システムの設計概要

本研究で作成した Delta Smile Facial Survey Analyzer(以下 DSFSA)は、素材動画から笑顔動画データおよび画像処理結果を保存した CSV データの作成、ユーザーの笑顔動画データの作成、および画像処理結果を保存した CSV データを使用して、データベースにある CSV データと演算を行い、選ばれた動画データに対してユーザーに順位づけをしてもらう laptop 上で動くデータ収集・分析用システムである。本システムのシステム構成図を 4.1 に示す。

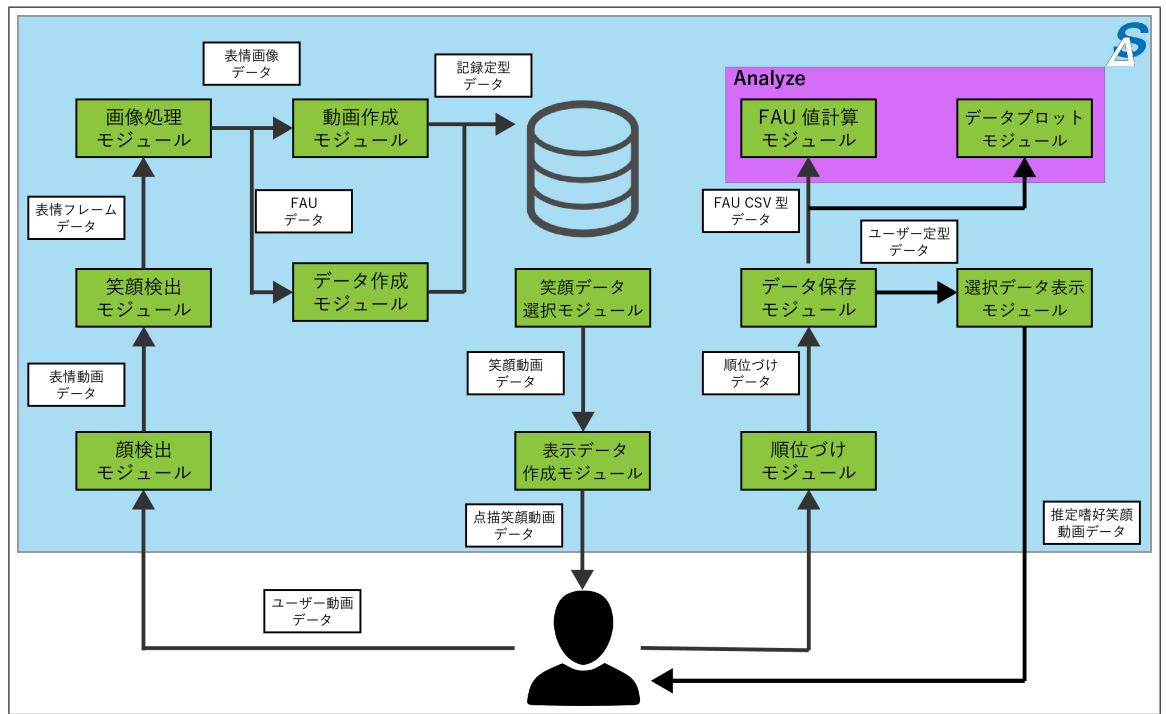


図 4.1: システム構成図

4.2 データ収集機能

この節では、ユーザーエンドおよびデータ収集に必要な各モジュールの役割について説明する。マシンスペックは Mac Book Air, Core i5, メモリ 8GB, ストレージ 256GB, OS Mojave, version 10.14.5 を使用し、web カメラは Logicool C920r, ディスプレイは eizo sx2761w を使用する。

4.2.1 顔検出モジュール

パソコンのカメラ、もしくは web カメラを起動して得た映像に対して顔の検出を行う。ユーザーの顔のみを検出、トラッキングを行い、特定領域のみに次の処理をかけることでシステムを軽量化する。検出には OpenCV のデフォルトのカスケードを使用し、Haar-like 検出器を使って領域ごとに顔のパーツを検出し、顔の領域を判別する。

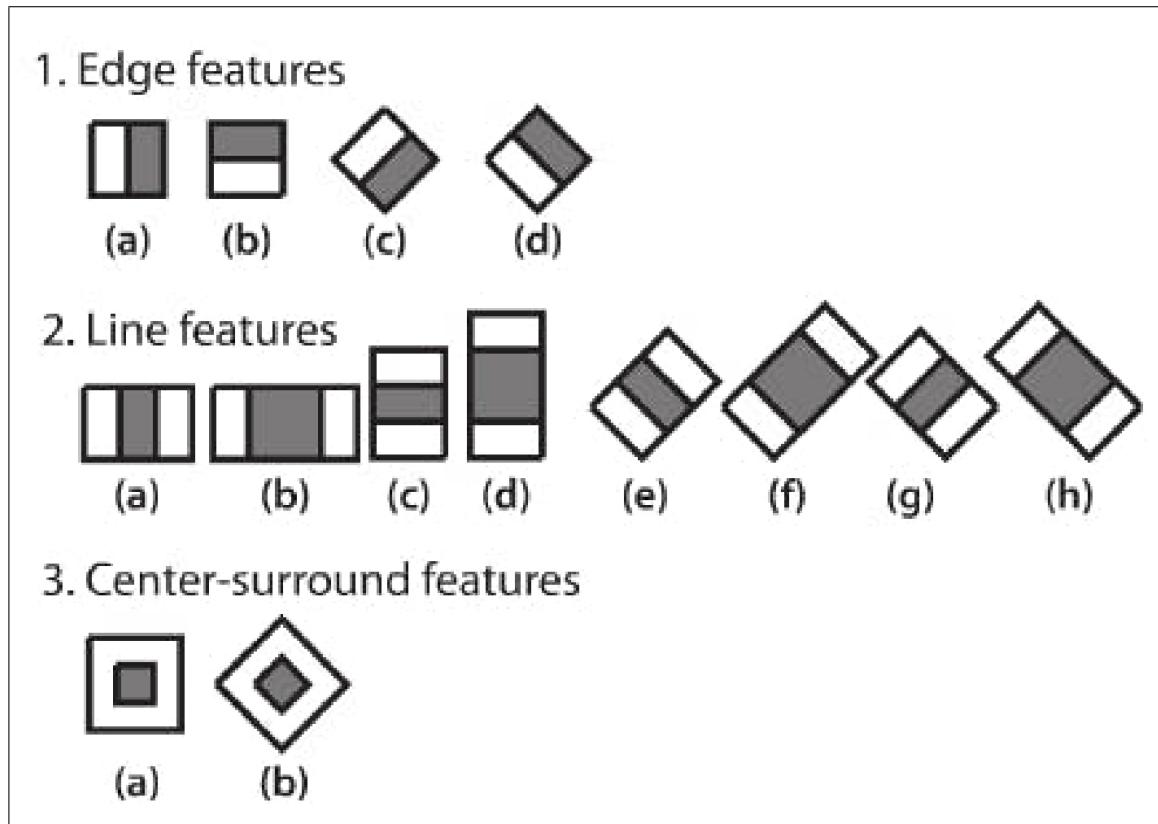


図 4.2: Harrlike 検出器

4.2.2 笑顔検出モジュール

顔検出モジュールで検出した顔の領域に対して、ユーザーの笑顔のタイミングを検出する処理を行う。笑顔処理を動画全体にかけると誤検出や、処理速度が落ちるため顔の領域のみ

に判別器をかける。リアルタイム検出のために、笑顔検出モジュールにはOpenCVのカスケードを使用する。Haar-like検出器を使って口の領域に対して処理を行い、口角の動きを検出し笑顔の判定を行う。この検出方法の有効性については、6章の予備実験において評価する。

4.2.3 画像処理モジュール

中立の表情から、笑顔になるタイミングを連続時系列データでトータル20フレーム、そのうち笑顔は5フレーム保存し、各フレームに対してOpenFaceのFacial Action Unitの処理を行う。処理された結果は各フレームごとに、705個のパラメータについての値をCSVファイルにて返される。結果、20個のCSVファイルが作成されるので、それらのファイルを統合し1つのファイルを作成し、ユーザーの表情データとする。

4.2.4 動画作成モジュール

保存したフレームをつなぎ合わせて1秒の動画を作成する。20fpsで検出し、笑顔を連続5フレーム検出した動画を本システムの笑顔動画のフォーマットとする。このフォーマットが表情遷移を記録する上で有効であるかどうかは6章の予備実験にて評価する。

4.2.5 データ作成モジュール

動画作成と同時に、画像処理モジュールで算出したFacial Action UnitをCSVフォーマットで保存する。笑顔動画およびCSVデータをユーザーごとにファイリングを行い、データベースへ笑顔動画とCSVデータを紐づけて保存する。

4.2.6 笑顔データ選択モジュール

OpenFaceの開発者であるTadas [22]によると、OpenFaceから取得可能なp_scaleパラメータは、顔のパーツのバランスを示している。このパラメータは特徴点のx, y, zの3点座標を使用し、判定モデルのベースとなっている平均顔との差分 λ であり、この顔の形状と表情のアイデンティティーを示す値とされている。以下の式、Xはモデル内における顔パーツの位置データの集まりを示している。

$$X = \begin{bmatrix} X_1, & X_2, & \dots & X_n, & Y_1, & Y_2, & \dots & Y_n, & Z_1, & Z_2, & \dots & Z_n \end{bmatrix}^T \quad (4.1)$$

p_scaleの値を算出し、自分の笑顔動画データをふくむ5つのデータを選ぶ。選択の基準は、ユーザーのp_scaleとの差分を計算し、差分の最小値(ユーザー自身)、第一四分位数、中央値、第三四分位数、最大値を選択する。

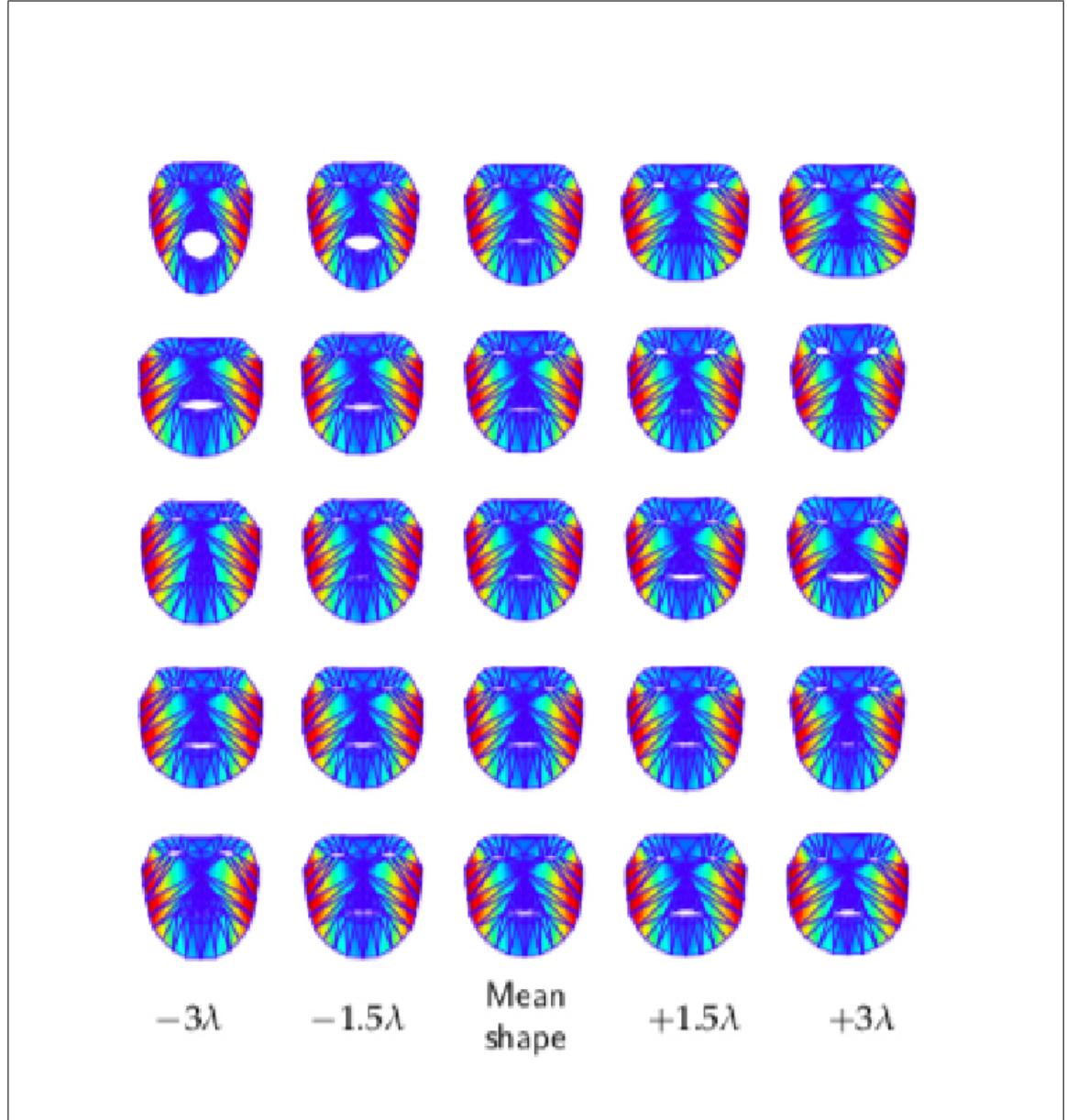


図 4.3: MultiPIE のデータセットから, λ の値を顔に反映させたもの

4.2.7 表示データ作成モジュール

表情の動き以外のバイアスを削減するために、表情の動きは点描画のみで以下のようにな動画データを作成する。顔の特徴点のみを抽出し、表情の動きのみをユーザーに提示する。

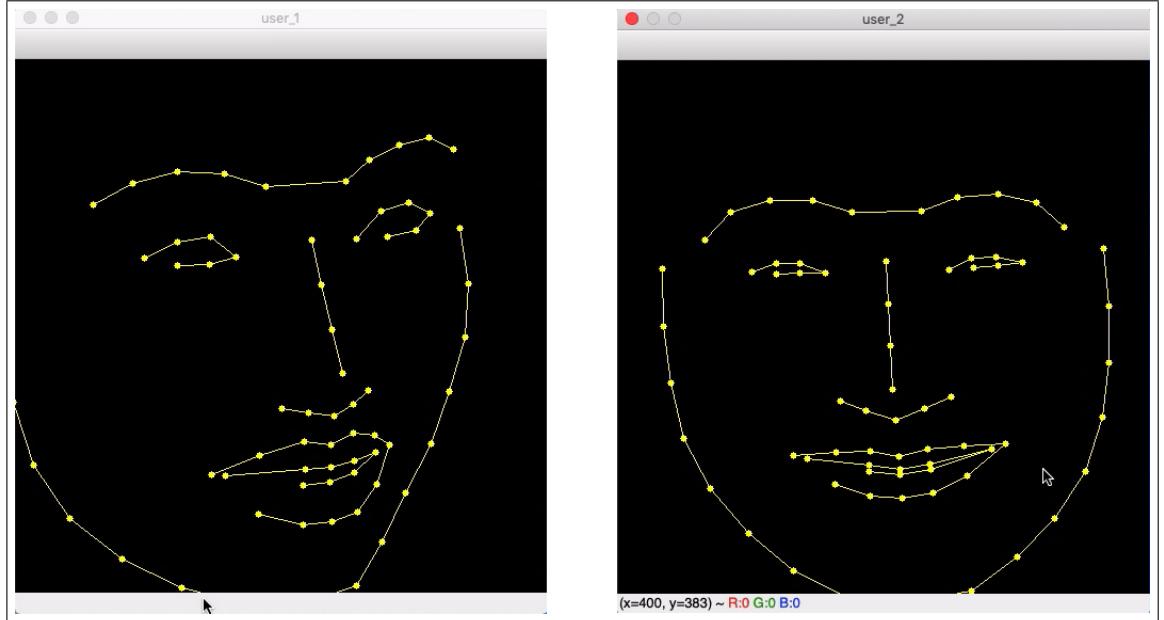


図 4.4: 点描画笑顔動画データ

4.2.8 順位づけモジュール

ディスプレイに 5 種類の動画の中の 2 種類を表示し、左右どちらの表情の動きが好みか選んでもらう。左右比較を 4 回繰り返し、各点描画笑顔動画データに対して順位づけを行う。選択した順位データと画像の保存先の path を関連づけて保存することで、のちのデータ整理をする際にユーザーごとのデータとしてファイルリングを容易にすることができる。

4.2.9 データ保存モジュール

ユーザーの笑顔動画データ、FAU 算出 CSV データ、5 つの笑顔動画データへの順位づけデータ、ユーザーの順位づけが一番高かった笑顔動画データおよびその FAU 算出 CSV データ、そして、ユーザーが順位づけしたその他の笑顔動画とその FAU 算出 CSV データを 1 つのディレクトリに格納し保存する。

4.2.10 選択データ表示モジュール

ユーザーの笑顔動画データと、順位づけが一番高かった笑顔動画データを横にならべ動画データとし、ユーザーに表示する。本研究においては、自身の笑顔と、表情ベースにおける相手への嗜好分析を行う段階であるため、実際にユーザーへフィードバックするデータは一番順位づけの高かった笑顔動画データのみとし、その他の本システムで収集したユーザーのプライバシーが含まれる年齢などは公開しない。将来的に、本研究の結果を分析し、サービスや実証実験の場にて使用する時にはプライバシーポリシーに乗っ取りつつ、情報開示を行った分析も行っていくこととする。

4.3 データ分析機能

本節では、収集したデータを分析するためのモジュールについて説明をする。データを収集したのち、主に CSV ファイルを使用して値を算出するための機能である。

4.3.1 FAU 値計算モジュール

作成中

生データの csv から必要なデータを取り出して、分析用の csv ないし、pandas の処理を行う。相関関係のありそうなデータ同士をプロットして確認している最中。使うデータは FAU の 6, 7, 12, 25 の強度 (AU number_r), と真偽値 (0 or 1) をメインとして使用。全部で 4 種類の FAU を使用、8 つの値を使用する。上記にプラスして、順位づけデータと p_scale(顔のアイデンティティー) を示すデータを使用して分析を行なっている。

4.3.2 データプロットモジュール

(メモ段階、データ分析の目処がたち次第きちんと文章化する) FAU の値整理が終わった後に、相関性やマッピングをする際に使うプロットモジュールの作成集まつた笑顔動画データを λ 値でどれだけ散らばりがある、相関係数や分散値がどうなっているのかを値で算出した後、可視化するためのモジュール作成

4.4 まとめ

本章では Delta Smile Facial Survey Analyzer の設計、各モジュールの役割について説明した。次章では実際に作成したシステムの動きや、工夫について説明をする。

第5章 実装

本章では、Delta Smile Facial Survey Analyzer の実装部分について説明する。まずユーザーインターフェースの実装について説明し、システム全体の画面遷移の流れを最初に示す。次にデータ収集機能の各モジュールの実装について説明し、最後にデータ分析機能の各モジュールの実装について説明する。

5.1 ユーザーインターフェースの実装

本システムではおよそ3分程度で一連のデータ収集機能のシステム処理を行う。開発言語はpythonを使用し、バージョンは3.6.1を使用した。実行コマンドは以下のように行う。mode_numは0を引数に指定するとユーザーからのデータを収集し、1を指定すると既存の動画に対して処理を行いデータ形成を行うことができる。

- 実行コマンド

```
$ python dsfsa.py mode_num
```

ユーザーに見せるシーンとして全部で8種類のシーンが存在する。各シーンは全てオープンソースのOpenCVを使用して、ディスプレイeizo sx2761wに表示をしている。それぞれの表示内容、役割について以下に述べる。

5.1.1 ユーザーインターフェースシーン1

図5.1のシーン1はシステムを起動した最初のシーンである。実験の際に、個人情報である表情のデータを使うため、ユーザーの同意が必要である。パソコンのReturnキーを一回入力することで実験、データ提供への同意を得るように実装を行った。

5.1.2 ユーザーインターフェースシーン2

図5.2のシーン2はユーザーの基本情報を収集するためのシーンである。基本情報として、性別と年齢を何十歳の形で入力をする。入力したデータは.txtファイルとしてユーザーごとのフォルダーに保存するようにした。

5.1.3 ユーザーインターフェースシーン 3

図 5.2 のシーン 2 にて、基本情報を入力した後に、図 5.3 のシーン 3 へ自動で遷移する。このシーンでは実際にユーザーの映像が web カメラ,Logicool C920r の映像が映し出される。遷移と同時にカメラに映る一番大きな顔をユーザーの顔として認識をしトラッキングを行っている。

5.1.4 ユーザーインターフェースシーン 4

図 5.4 のシーン 4 では、図 5.3 のシーン 3 にて、笑顔が検出された場合にはユーザーの笑顔が検出されていることを知らせる小さいウィンドウが表示され、検出した口元に緑色の長方形が描画されるようになっている。

5.1.5 ユーザーインターフェースシーン 5

図 5.4 のシーン 4 にて、笑顔が一定フレーム以上検出された後、図 5.5 のシーン 5 へ移動する。シーン 5 が表示されている間にフレーム分析処理、動画作成処理、データ選択処理が行われており、およそ 20 秒ほど処理を待機する時間が発生する。

5.1.6 ユーザーインターフェースシーン 6

図 5.6 のシーン 6 はユーザーから入力を受け付けるシーンである。点描画によって映し出されている笑顔動画データに対して順位づけを行う。計 5 つ、4 回のキーボード入を行い、各笑顔動画データに対して順位づけデータを与える。

5.1.7 ユーザーインターフェースシーン 7

図 5.7 のシーン 7 は結果表示画面であり、ユーザーの笑顔動画データを左側、右側にユーザーが 1 番高く順位づけした笑顔動画データを並列で表示する。

5.1.8 ユーザーインターフェースシーン 8

図 5.8 のシーン 8 はシステム終了前のシーンである。笑顔動画データベースおよび収集した笑顔動画データの中に含まれる全ての笑顔フレームを表示する。

5.2 データ収集機能の実装

本節では、各モジュールの実装の詳細について述べる。

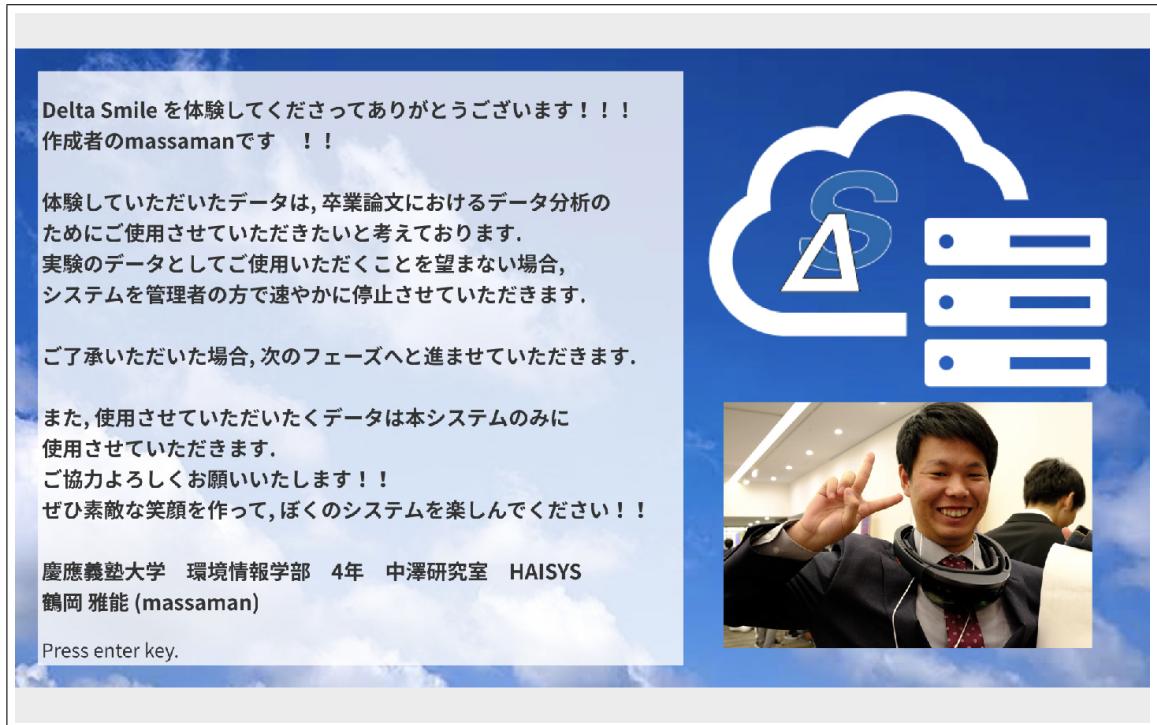


図 5.1: ユーザーインターフェースシーン 1

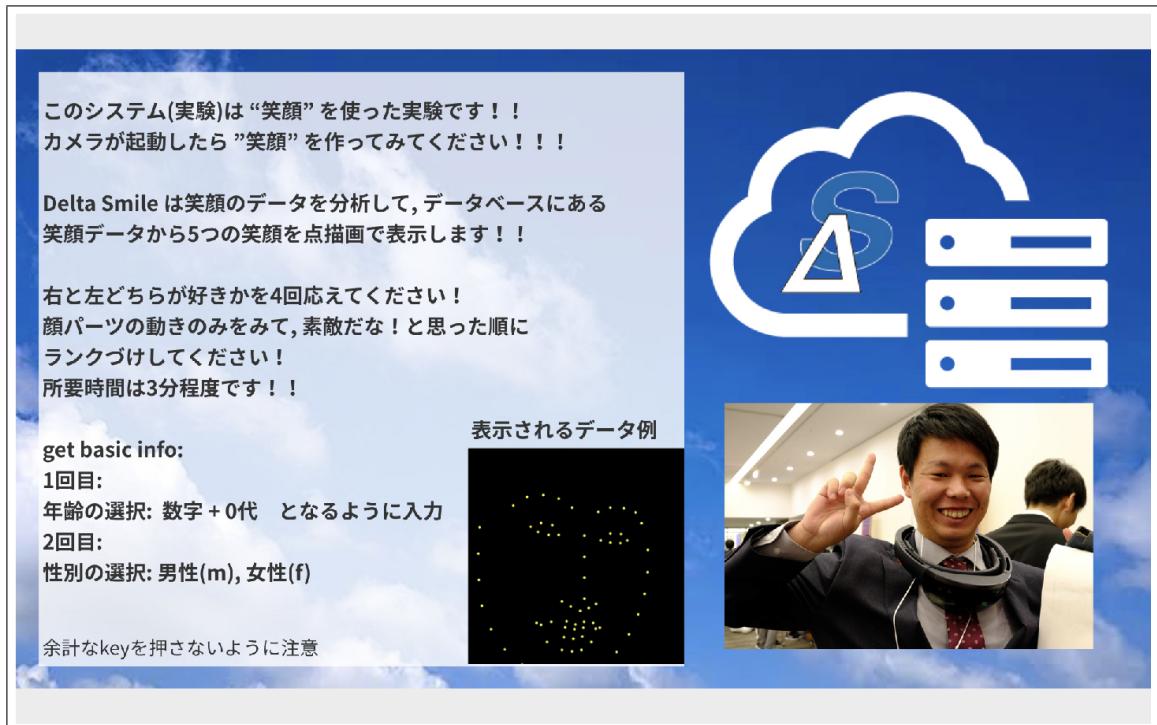


図 5.2: ユーザーインターフェースシーン 2



図 5.3: ユーザーインターフェースシーン 3

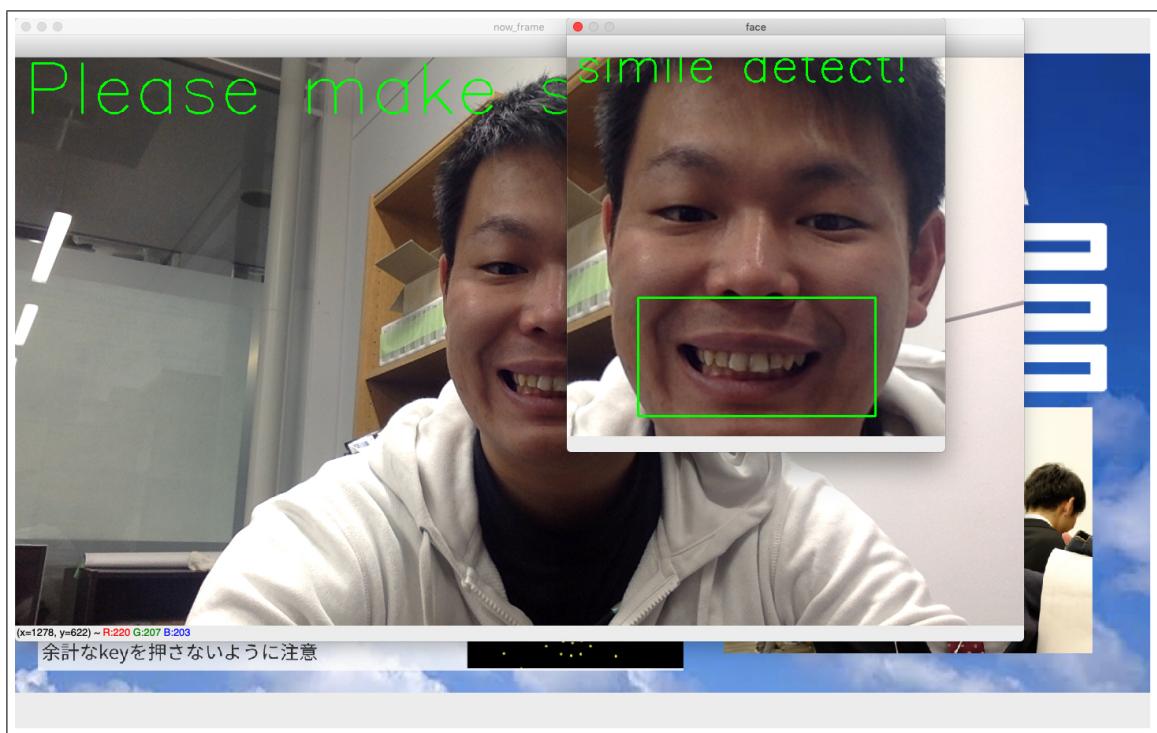


図 5.4: ユーザーインターフェースシーン 4

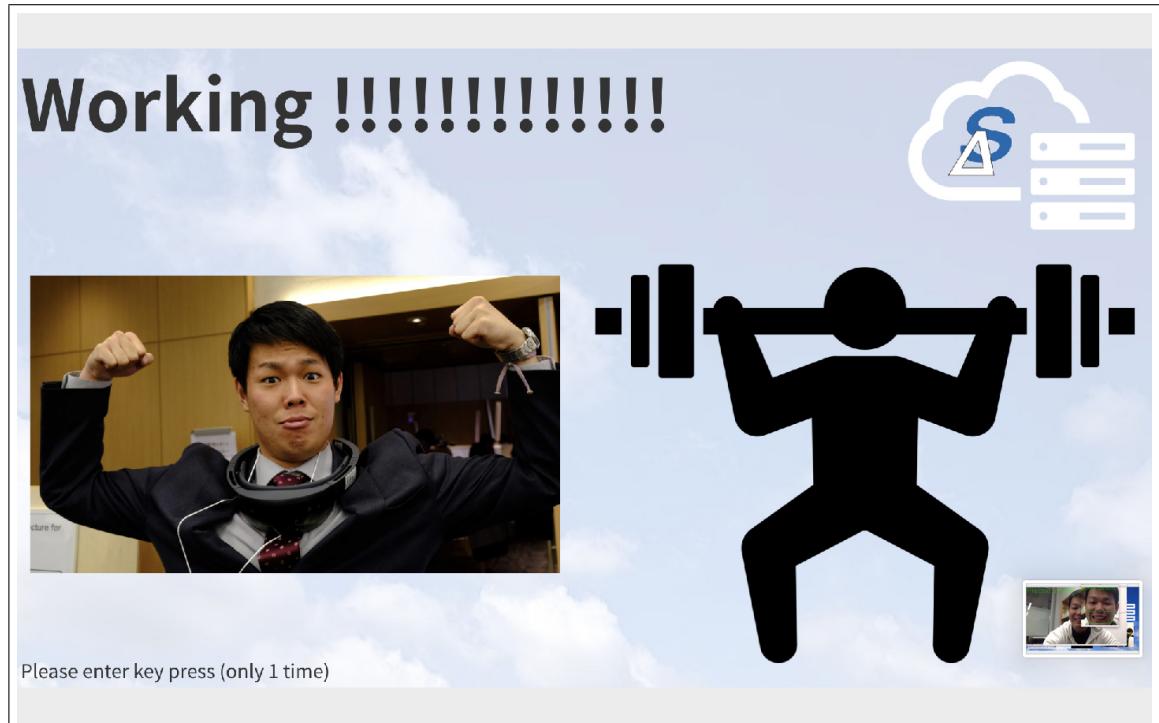


図 5.5: ユーザーインターフェースシーン 5



図 5.6: ユーザーインターフェースシーン 6

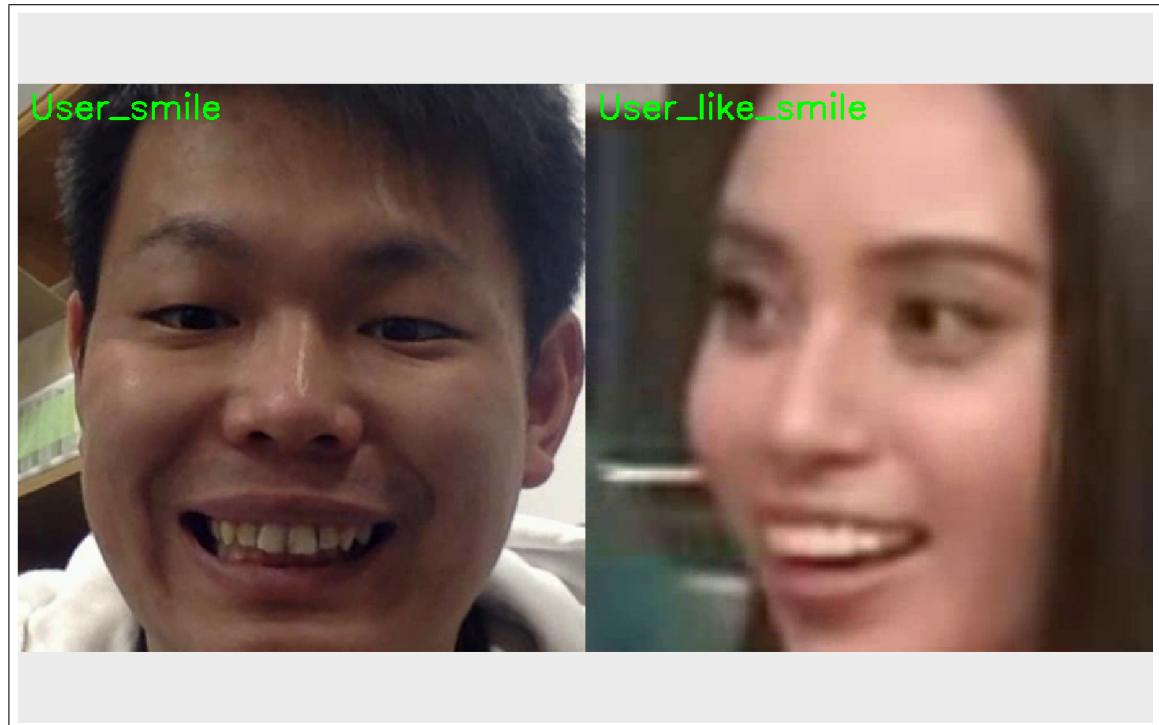


図 5.7: ユーザーインターフェースシーン 7



図 5.8: ユーザーインターフェースシーン 8

5.2.1 顔検出モジュールの実装

顔検出はオープンソースである OpenCV の中に含まれるカスケードである, haarcascade_frontalface_default.xml を OpenCV で読み込み使用する。読み込んだ全ての動画フレームに対して顔検出の処理を行う。

- 顔検出検出パラメーター

```
face_list = face_detect_cascade.detectMultiScale(  
    gray, scaleFactor = 1.21,  
    minNeighbors = 15,  
    minSize=(300,300)  
)
```

検出した全ての動画フレームに対して表示処理を行う場合、システムのラグが発生するため、表示は偶数フレームのみとした。返り値の画像に含まれる顔の左上の x 座標および y 座標、横幅と高さの値を次の関数へと引き継ぐ。

5.2.2 笑顔検出モジュールの実装

顔検出モジュールで得た返り値の値を参照し、顔のある領域のみに対して笑顔の検出処理を全てのフレームに対して行う。笑顔の判別は OpenCV の中に含まれる haarcascade_smile.xml を読み込み使用する。このカスケードは顔の口の領域に対して処理を行い笑顔の検出を行う。web カメラから取得した画像全ておよび、全ての領域に対して笑顔検出の処理を行うことも可能であるが、実装のテスト段階で誤検出が多かったため、顔を検出しそのうちでも誤検出が一番少ないパラメータ調整を行った。

- 笑顔検出パラメーター

```
smile_detector = smile_cascade.detectMultiScale(  
    face_gray, scaleFactor= 1.7,  
    minNeighbors=20,  
    minSize=(120, 120)  
)
```

顔を検出したフレームが 20 フレーム以上、および笑顔を検出したフレームが 5 フレーム以上になった場合に検出を終了する。

5.2.3 画像処理モジュールの実装

顔検出および笑顔検出モジュールで取得したフレームに対して、画像処理を行う。検出したフレームをコンパイルした OpenFace の FaceLandmarkImg 関数を使用して、全てのフレームから顔のパーツの動きを表した Facial Action Unit の値を csv ファイルに算出する。各

フレームごとに生成されるため、ユーザーごとに1つのファイルにマージする処理をここで行う。

- OpenFace算出パラメータ例:

```
frame, timestamp, confidence, success,
gaze_0_x, gaze_0_y, gaze_0_z, gaze_1_x, gaze_1_y,
gaze_1_z,
pose_Tx, pose_Ty, pose_Tz, pose_Rx, pose_Ry, pose_Rz,
x_0, x_1, ... x_67, y_0, y_1, ..., y_67,
X_0, X_1, ..., X_67, Y_0, Y_1, ..., Y_67, Z_0, Z_1, ...
Z_67,
p_scale, p_rx, p_ry, p_rz, p_tx, p_ty, p_0, p_1, ...,
p_33,
AU01_r, AU02_r, AU04_r, AU05_r, AU06_r, AU09_r, AU10_r
, AU12_r, AU14_r, AU15_r, AU17_r, AU20_r, AU25_r, AU26_r
, AU04_c, AU12_c, AU15_c, AU23_c, AU28_c, AU45_c
```

5.2.4 動画作成モジュールの実装

フレームごとに処理をした後、全てのフレームを時系列順に結合して笑顔動画データの作成を行う。フレームには保存時にファイル名で時系列順に番号を振っており、配列にデータを格納しソートすることで時系列順に処理を行うことが可能である。本システムにおいて, fps(Frame per Seconds) は 20 であったため 1 秒間の動画が生成される。

5.2.5 データ作成モジュールの実装

一番初めに入力したユーザーの基本データ、画像処理モジュールで生成した CSV ファイルおよび動画作成モジュールで作成したユーザーの笑顔動画データをユーザーごとにファイルリングしてデータフォーマットとする。作成したデータは各ユーザーごと、各データの種類ごとの 2 通りの方法でデータを保存する。

- ユーザーごとのデータツリー構造:

```
user_dirname
├── FAU_data.csv(FAU から取得したデータ)
├── FAU_data_plot.png(FAU の値を簡易プロットしたグラフ画像)
├── user_info.txt(ユーザーの基本情報)
├── rankingdata.csv(ユーザー順位づけデータ)
├── output.mp4(ユーザーと選んだ笑顔動画データを並べて表示)
└── user_smile_video.mp4(ユーザー単体の笑顔動画データ)
```

5.2.6 笑顔動画データ選択モジュールの実装

画像処理モジュールで生成したデータの中にあるパラメータ p_scale を使用する。各フレームの p_scale を $pscale_i$ とし、フレームの総数を n とすると、笑顔データ選択の際に使用するユーザーごとの指標 $user_pscale$ を以下のように定義する。

$$pscale_sum = \sum_{i=1}^n pscale_i \quad (5.1)$$

$$user_pscale = \frac{pscale_sum}{n} \quad (5.2)$$

p_scale は第4章で示した、図4.3の様に、差分 λ で出力されるため、各笑顔動画データの λ 同士を以下のように比較演算を行う。ユーザーの指標 $user_pscale$ 、データベースの中にある笑顔動画データそれぞれの p_scale の値を、 $each_pscale$ とし、差分 $difference$ を以下のように定義する。

$$difference = (user_pscale - each_pscale)^2 \quad (5.3)$$

式5.3を各データごとにもとめ、配列格納し昇順にソートする。配列に格納されたデータを x_i と表し、5つのデータを算出し、それぞれのデータの index を取得する。以下にデータを選出する際の計算式を記述する。

$$data_1 = x_1 \quad (5.4)$$

$$data_2 = \begin{cases} \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n+1}{2}}}{2} & (\text{データ数が } 2n \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \\ x_{\frac{n}{2}} & (\text{データ数が } 2n - 1 \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \end{cases} \quad (5.5)$$

$$data_3 = \begin{cases} \frac{x_n + x_{n+1}}{2} & (\text{データ数が } 2n \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \\ x_n & (\text{データ数が } 2n - 1 \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \end{cases} \quad (5.6)$$

$$data_4 = \begin{cases} \frac{x_{\frac{3n}{2}} + x_{\frac{3n+1}{2}}}{2} & (\text{データ数が } 2n \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \\ x_{\frac{3n}{2}} & (\text{データ数が } 2n - 1 \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \end{cases} \quad (5.7)$$

$$data_5 = \begin{cases} x_{2n} & (\text{データ数が } 2n \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \\ x_{2n-1} & (\text{データ数が } 2n - 1 \text{ の場合, } n \text{ は自然数}) \end{cases} \quad (5.8)$$

式5.4は差分の最小値、つまりユーザーの値をもつ笑顔動画データを示す。式5.5は、第1四分位数、式5.6は中央値、式5.7は第3四分位数、式5.8は差分の最大値をもつ笑顔動画データをそれぞれ示す。上記の値によって取得した index を用いて、笑顔動画データを5種類選出する。

5.2.7 表示データ作成モジュールの実装

取得した5種類の笑顔動画データを点描画にするための処理を行う。pythonのライブラリdlibを使用して顔器官検出を行う。モデルはshape_predictor_68_face_landmarks.datを使用し、顔の特徴点のみを表示する。

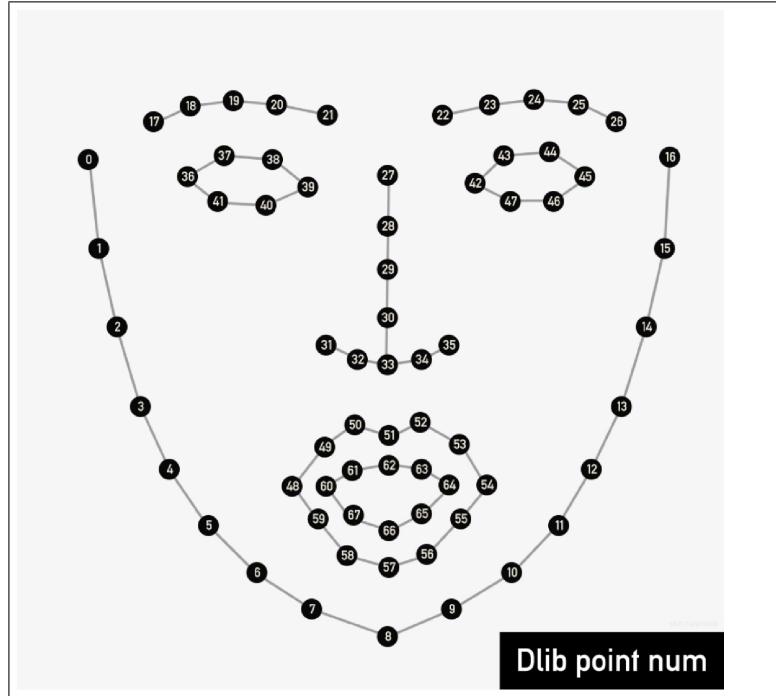


図 5.9: dlib を用いて特徴点検出

5.2.8 順位づけモジュールの実装

表示データモジュールで作成した動画データを2つずつユーザーに表示し、どちらのほうが好みかを答えてもらい順位づけを行う。右側を選んだ場合はR、左を選んだ場合はLをキーボードから入力し、選ばれなかった方の動画のpathを記録し、次の動画を表示する。4回比較を行い、ユーザーが最後に選んだものから逆順に1番から5番までの順位づけを行い、それぞれの動画のpathと結びつけた状態で順位づけデータとして記録する。

5.2.9 データ保存モジュールの実装

順位づけデータを取得したのち、データベースから記録された動画pathを使用してユーザーフォルダーにユーザー自身のデータを除く4データを保存する。また笑顔動画を解析した結果が記録されているCSVファイルも同時に保存し、分析に使うデータの整理を行う。

- データ整理後のユーザーごとのツリー構造:

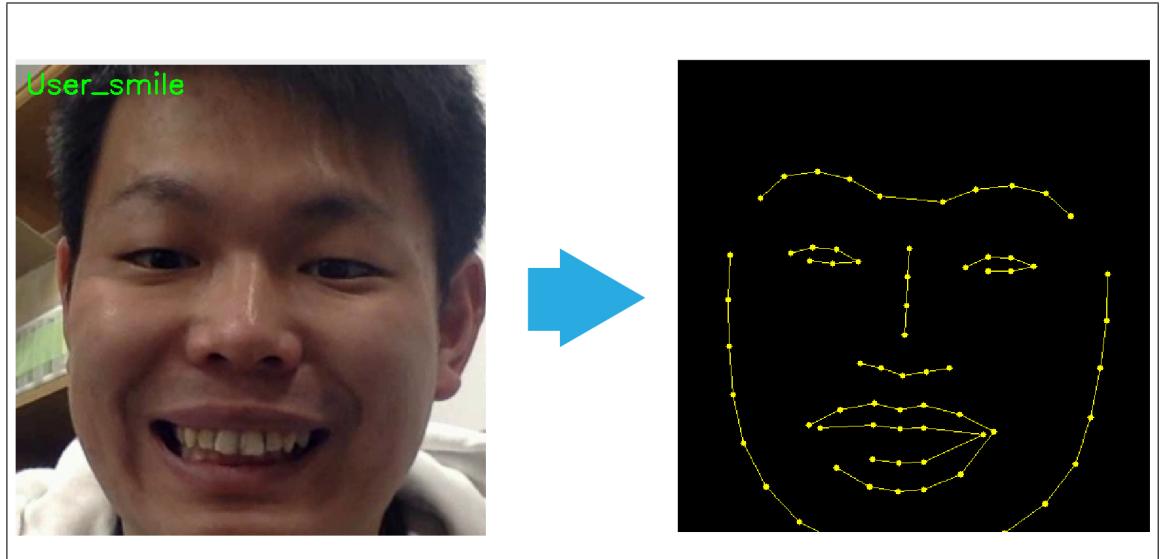
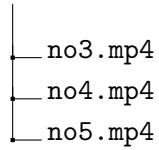


図 5.10: 変換後の動画例

```

user_dirname
├── FAU_data.csv(FAU から取得したデータ)
├── FAU_data_plot.png(FAU の値を簡易プロットしたグラフ画像)
└── user_info.txt(ユーザーの基本情報)
    └── rankingdata.csv(ユーザー順位づけデータ)
        └── output.mp4(ユーザーと選んだ笑顔動画データを並べて表示)
            └── user_smile_video.mp4(ユーザー単体の笑顔動画データ)
                └── userFAUcsv
                    ├── AU06_c.csv
                    ├── AU06_r.csv
                    ├── AU07_c.csv
                    ├── AU07_r.csv
                    ├── AU12_c.csv
                    ├── AU12_r.csv
                    ├── AU25_c.csv
                    ├── AU25_r.csv
                    └── merge.csv
            └── csvdir
                ├── no1.csv
                ├── no2.csv
                ├── no3.csv
                ├── no4.csv
                └── no5.csv
        └── videodir
            ├── no1.mp4
            └── no2.mp4

```



5.2.10 選択データ表示モジュールの実装

最後にユーザーの順位づけデータを基に、順位づけが一番高かった笑顔動画データをユーザーの笑顔動画データと並べて表示する。output.mp4 の動画形式で保存しユーザーが点描画で選んだ笑顔動画データの基になっているオリジナルの動画データを表示することで、ユーザーへのフィードバックを行う。また、現時点では個人が特定できるような名前や年齢などパーソナルな情報は公開せずに、笑顔動画データのみを相手に表示する形を取っている。

5.3 データ分析機能の実装

作成中...

5.3.1 FAU 値計算モジュールの実装

5.3.2 データプロットモジュールの実装

5.4 まとめ

本章では、本システムにおけるユーザーインターフェースの実装および、データ収集機能の各モジュールの実装、データ分析機能の各モジュールの実装についてまとめた。次章では本研究における予備実験について述べる。

第6章 予備実験

この章では本研究で行った予備実験について述べる。

6.1 OpenCV を使った笑顔検出の妥当性

6.2 表情を作るのかかる時間

6.3 実験の結果・まとめ

第7章 評価実験

この章では本研究で行った評価実験について述べる。

7.1 評価実験の概要

7.2 評価実験の目的

7.3 ORF(Open Research Forum)におけるデータ収集

7.4 ユーザーの嗜好分析

7.5 地震の表情の作り方と好感をもつ笑顔との相関性

7.6 結果

7.7 まとめ

第8章 結論

この章では本研究における結論について述べる。

8.1 今後の展望

8.1.1 良好な人間関係の構築へのデータ活用

8.1.2 1月下旬から行う実証実験について

8.2 本論文まとめ

謝辞

謝辞!!!

感謝の言葉を述べる方々はたくさんいらっしゃる…

アブストラクトを書いて、本当の締めで書く。

RG の先生方, 仁さん, 大越さん, 陳さん, 枝植さん, 友隆さんを中心とする中澤研究室のファカルティの方々

kg の垣根を超えた大学院の先輩方

wataru さん, isokichi さん, drgnman さん, iphoo さんの博士の先輩方,

eigen さん, quantan, mokky さん, oza さんの修士の先輩方.

そしてなにより親の shinsan.

兄妹の yuni を始めとする, kg-HAISYS の同期・後輩たち, 中澤研究室の同期後輩たち
野中先生のお名前もいれたい, 野中研の研究室メンバーも.

そして両親に挨拶をして論文を終わる予定

参考文献

- [1] 株式会社マンダム. 出会いとデジタルコミュニケーションにおける調査. 2018.
- [2] chane claire. シャンクレール調査. 2019.10.
- [3] World Health organization. World health statistics overview2019.
- [4] Nagesh Belludi. Albert mehrabian's 7-38-55 rule of personal communication. *Internet. Disponivel em: <http://www.rightattitudes.com/2008/10/04/7-38-55-rulepersonal-communication/> (consultado em 12 de setembro de 2016)*, 2008.
- [5] The Mail on Sunday and Metro Media Group. Associated newspapers ltd part of the daily mail.
- [6] Bruno Laeng, Oddrun Vermeer, and Unni Sulutvedt. Is beauty in the face of the beholder? *PloS one*, 8(7):e68395, 2013.
- [7] 齊藤勇. 恋愛心理学. ナツメ社, 2005.
- [8] Ulf Dimberg and Sven Söderkvist. The voluntary facial action technique: A method to test the facial feedback hypothesis. *Journal of nonverbal behavior*, 35(1):17–33, 2011.
- [9] Alicia A Grandey, Glenda M Fisk, Anna S Mattila, Karen J Jansen, and Lori A Sideman. Is “service with a smile” enough? authenticity of positive displays during service encounters. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 96(1):38–55, 2005.
- [10] David Mechanic. The concept of illness behavior. *Journal of chronic diseases*, 15(2):189–194, 1962.
- [11] Denise Fisher-Beckfield and Richard M McFall. Development of competence inventory for college men and evaluation of relationships between competence and depression. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 50(5):697, 1982.
- [12] Anthony C Little, D Michael Burt, and David I Perrett. Assortative mating for perceived facial personality traits. *Personality and Individual Differences*, 40(5):973–984, 2006.

- [13] Paul Ekman and Dacher Keltner. Universal facial expressions of emotion. *Segerstrale U, P. Molnar P, eds. Nonverbal communication: Where nature meets culture*, pages 27–46, 1997.
- [14] Wataru Sato, Sylwia Hyniewska, Kazusa Minemoto, and Sakiko Yoshikawa. Facial expressions of basic emotions in japanese laypeople. *Frontiers in psychology*, 10:259, 2019.
- [15] 高木幸子. コミュニケーションにおける表情および身体動作の役割. 早稲田大学大学院文学研究科紀要. 第1分冊』早稲田大学大学院文学研究科編, 2005.
- [16] Eduard Royce, Iwan Setyawan, and Ivanna K Timotius. Smile recognition system based on lip corners identification. pages 222–225, 2014.
- [17] I Gede Aris Gunadi, Agus Harjoko, Retantyo Wardoyo, and Neila Ramdhani. Fake smile detection using linear support vector machine. pages 103–107, 2015.
- [18] Neelesh Bhakt, Pankaj Joshi, and Piyush Dhyani. A novel framework for real and fake smile detection from videos. pages 1327–1330, 2018.
- [19] Paula M Niedenthal, Martial Mermilliod, Marcus Maringer, and Ursula Hess. The simulation of smiles (sims) model: Embodied simulation and the meaning of facial expression. *Behavioral and brain sciences*, 33(6):417, 2010.
- [20] Kazunori Okada, Johannes Steffens, Thomas Maurer, Hai Hong, Egor Elagin, Hartmut Neven, and Christoph von der Malsburg. The bochum/usc face recognition system and how it fared in the feret phase iii test. pages 186–205, 1998.
- [21] 高橋裕樹. 顔情報処理技術. 映像情報メディア学会誌, 61(4):447–452, 2007.
- [22] Tadas Baltrušaitis. Automatic facial expression analysis. 2014.

付録A 付録の例

付録？何描こうかそれこそ野中研究室のこと書くのもあり？

A.1 見出し1

見出しの中だよ

A.1.1 セクションわけ 1-1

セクションわけされた中だよ

A.2 見出し2

見出しの中だよ

A.2.1 セクションわけ 2-1

セクションわけされた中だよ