

# オンライン会議における感情推定と 参加者へのフィードバック方法

神場知成<sup>†1</sup>

**概要**：オフィスワーカーがオンライン会議に向き合う時間が増えているが、対面の会議と異なるさまざまな特徴があり心理的な負担を感じる人も多いと言われる。オンライン会議の場で参加者がどのように感じているかを会議の映像や音声から推定し、それをリアルタイムで参加者にフィードバックすることによって、会議参加者に対して好影響を与えることを目指す。フィードバック方法としては、参加者本人に自分のデータを提示する方法、全員や他の参加者にデータを提示する方法などさまざまなパターンがあり、それにより影響や効果は大きく異なると考えられる。ここではまず、今後の実験の土台とするために構築した、参加者の表情の分析結果から感情を推定し提示するシステムの概要と、初期利用結果およびフィードバック方法に関する考察を示す。

## 1. はじめに

「働き方改革」ということが言われて久しいが、コロナ禍においてオフィスワーカーが働く場が大きく変化した。対面のオフィスに行く時間が減り、対面での打ち合わせや会議の代わりに、PC画面でのオンライン会議が増えた。オンライン会議には、時間や場所の制約を超えられるという大きなメリットがある反面、対面であれば感じられる感情のニュアンスがわかりにくかったり、人数が増えてきたときに話すタイミングがつかみにくかったりするなどの特徴もあり、これを負担に感じる人も多い。本稿では、オンライン会議という新たな「働く場」で参加者が他の参加者の様子をより容易に把握し、場合によっては自分自身が他の人に与える印象を自然に改善するきっかけとなる情報を提供する方法を検討する。具体的には、会議映像にもとづいて参加者の感情を推定し、リアルタイムで参加者にフィードバックするシステムである。本稿では、特に参加者の表情データを用いるシステムの構成と基礎的な実験について述べる。

## 2. 従来の研究と本論文の着眼点

### 2.1 従来の研究

まず、働く人々がより快適あるいは創造的など、ポジティブになれるようにするという観点で、対面の人々を対象とした研究がある。たとえば Weber は、赤外線通信装置など人々の接近を検知可能なバッジを用いた測定をもとに、オフィスでの社員の活発なコミュニケーションがクリエイティブな生産性を向上させることを示しており[1]、矢野は、加速度センサで測定した人間の動きから「幸福度」を測定する手法などとともに、積極的なコミュニケーションが幸福度に与える影響の大きさを指摘している[2]。

これらはオフィスなどのリアルな場で人々が移動したり会ったりすることによるコミュニケーションに焦点を当てたものだが、オンラインの活動が中心になるとまた別の視

点が必要になる。たとえば PC の前で自分の作業をし、他の人とコミュニケーションをとったり会議をしたりするときにはオンライン会議システムにつながるので、ほぼ一日中、PCの前に座っているという人も増えてきている。そこで行われていることを分析する立場から見れば、コミュニケーションはオフィス内で歩き回るような場合と異なり画面越しで行われるので、コミュニケーションの量や質を知るためにはオンライン会議内での活動を知る必要がある。その際、前述のような人の出会いや動きを解析するデバイスやセンサを使わなくても、オンライン会議システム上で流れる映像や音声を解析することが可能である。さらに、その結果を後から解析するだけでなく、リアルタイムでそのときに利用者が見ている画面上に適切にフィードバックすることが可能性である。

本研究では第一段階として、映像データからオンライン会議参加者の表情を分析して、参加者にフィードバックする試みを行う。特に、解析結果を参加者にフィードバックすることで参加者の感情的な負担をやわらげたりポジティブにしたりすることを目的とする。

表情の解析により人間の感情を推定する試みとしては、これまでさまざまなものがある。Ekman 等は、人間の表情にはその社会の文化等とかかわりなく普遍的な「喜び、悲しみ、驚き、怒り、嫌悪、恐れ」があるとし、顔のさまざまな部分の動きをそれと結び付けた[3]。これは FACS (Facial Action Coding System)の発展に貢献している。ただし、表情が文化等に関わらず普遍的であるという点には反論もあり[4]、人類に普遍的なものと文化に固有のものとの程度の差はあれ影響していると考えるのが妥当だろう。文化に固有のものがあるという点から、日本人の表情については、たとえば中村は写真から表情を読みとる実験により、アメリカ人の方が日本人よりも、嫌悪の表情以外は敏感に読みとり、日本人はアメリカ人も一般的に感情を否定的に判断しがちだったなどの現象を示している[5]。また、最近では深層学習を用いた表情解析に関する研究も多く、Gasper 等

<sup>†1</sup> 東洋大学 情報連携学部 (INIAD)

はニューラルネットワークを用いて音声や表情から喜怒哀楽を分類する手法の有効性を述べている[6].

表情の認識を活用したシステムという点では、たとえば NEC と Realeyes 社は、表情だけではなく NEC の生体認証・映像分析技術と Realeys 社の感情分析技術とを組み合わせ、遠隔会議のコミュニケーション分析を行うと述べており[7]、今後このようなシステムは増えてくると推測できる。

自動的に判断した感情などのデータを参加者等にフィードバックを行うシステムという観点からも、いくつかの研究が行われている。Samrose 等は、ミーティング参加者の発言量、声のトーンの状態、音声認識にもとづく自動議事録などを画面上で参加者が一覧をみながら会議をするようなシステムを開発し、それが会議において有効に機能したことを示している[8]。また、Murali 等はオンライン会議システム上で発表者がプレゼンテーションを行っているときに参加者の反応を見やすくするためのシステムとして、参加者の表情を自動認識し、15 秒ごとにもっとも特徴的な表情をした人の映像をスポットライトして画面上に表示するという試みを行い、発表者から「より観客を意識し、その表情からの非言語的フィードバックにもとづきプレゼンテーション上で対応しやすかった」等の反応があったことを述べている[9]。フィードバックが利用者にもたらす効果と言う観点で Pereira 等は、面接等のスキルトレーニングを目的として、カメラ映像から表情などの特徴を自動認識して利用者にフィードバックすることで、利用者のコミュニケーションスキルの向上に一定の効果があったことを報告している[10]。

なお、ここでは表情に注目しているが、オンライン会議内の音声に着目し、声の大きさやトーンなどから感情推定を行う研究もある。その利用方法としても、筆者はオンライン会議内で参加者の発話のボリューム、周波数などを視覚的に表示するとともに、たとえば沈黙が続いたときに雰囲気をやわらげるために環境音、BGM 等を自動再生するシステムを構築している[11]。さらに、オンライン会議において行われる会話内容を、音声認識や自然言語処理技術を用いて解析することで参加者の心情を推定することも可能と考えられるが、そのような言語的なアプローチは自然言語理解の課題など別の課題を持つ。

## 2.2 本研究の着眼点

本研究では、オンライン会議では参加者の音声や映像からある程度の感情が推定可能であることを前提としつつ、「それを会議参加者にリアルタイムでフィードバックすることで、参加者の心理的な安心感や会議のスムーズな進行につなげる方法」を検討する。

オンライン会議の参加人数をパターンに分けて示す。

### (1) 2人だけの場合

一対一でオンライン会議を行っている場合である。この

ような場合、双方がビデオをオンにしてお互いの表情を見つ話している場合もあれば、一方または双方がビデオをオフにしている場合もあるだろう。

たとえば双方がビデオをオンにしている場合、感情推定結果の一つのフィードバック方法として、「推定結果を、本人にフィードバックする」というものが考えられる。ある人がシステムから「あなたの表情は不満を示していると感じられる」というフィードバックを受けたらどうするだろうか。この場合、本人は不満さが顔に現れても良い（あるいは意図的に示したい）と思っている場合と、そもそもまったく不満とは感じていない、あるいは、感じてはいるが顔に表してはいけなく感じている場合があるだろう。現れても良いと思っている場合であればシステムからのフィードバックがあっても意図的に表情を変えることはせず、そうでない場合は、意図的にでも「明るい表情」を作ろうとするかも知れない。このように、フィードバックは参加者の行動に直接影響する可能性がある。

別の状況として、双方がビデオをオフにして音声だけで会話をしている場合であれば、参加者は、相手の印象は音声だけを通じて感じとっている。この際、仮に双方が同意のうえで、「システムによる感情推定結果」が相手に表示されるようにしたとすると、双方は相手の表情を直接見ることはできないものの、音声だけから感じとるものとは異なる印象を受け、それが会話に影響する可能性がある。たとえば「声を聴いているだけではわからないが、相手はリラックスしているのだな」というようなことを感じたりする。「ビデオはオフにするが、感情推定結果を相手に見せても良い」という設定は不自然に聞こえるかも知れないが、すでに一般に利用されている「表情に連動するアバターを用いてオンライン会議に参加する」というようなシステムと類似しており、推定した感情にもとづいてアイコンを自動生成するなどの工夫を含めると、現実的な設定となる。

### (2) 10名程度以内の場合

一般の対面会議でよくみられる 5, 6 名程度の会議である。中に司会者やリーダーがいる場合もあるが、基本的に全員がある程度の発言を期待され、相互の会話も発生しやすい。このような場合、全員がビデオをオンにしているのであれば各参加者は自分以外の全員の表情を目にしている場合が多いが、全体を見ているというよりも、その時々で発言している特定の人を見ているようなことが多いだろう。画面上に「参加者全員の感情の推定値の平均」を表示する方法、「各個人の推定値」をそれぞれ表示する方法などによって、効果が変わると思われる。参加者全員の感情の推定値の平均が表示されている場合であれば、自分が受けている会議全体の印象を確認するだけかも知れないし、各個人の推定値が表示されている場合であれば、複数人のうちでたまたま特定の人が他の人と違う表情をしていることに、システム画面を見ることによって気づくかも知れない。

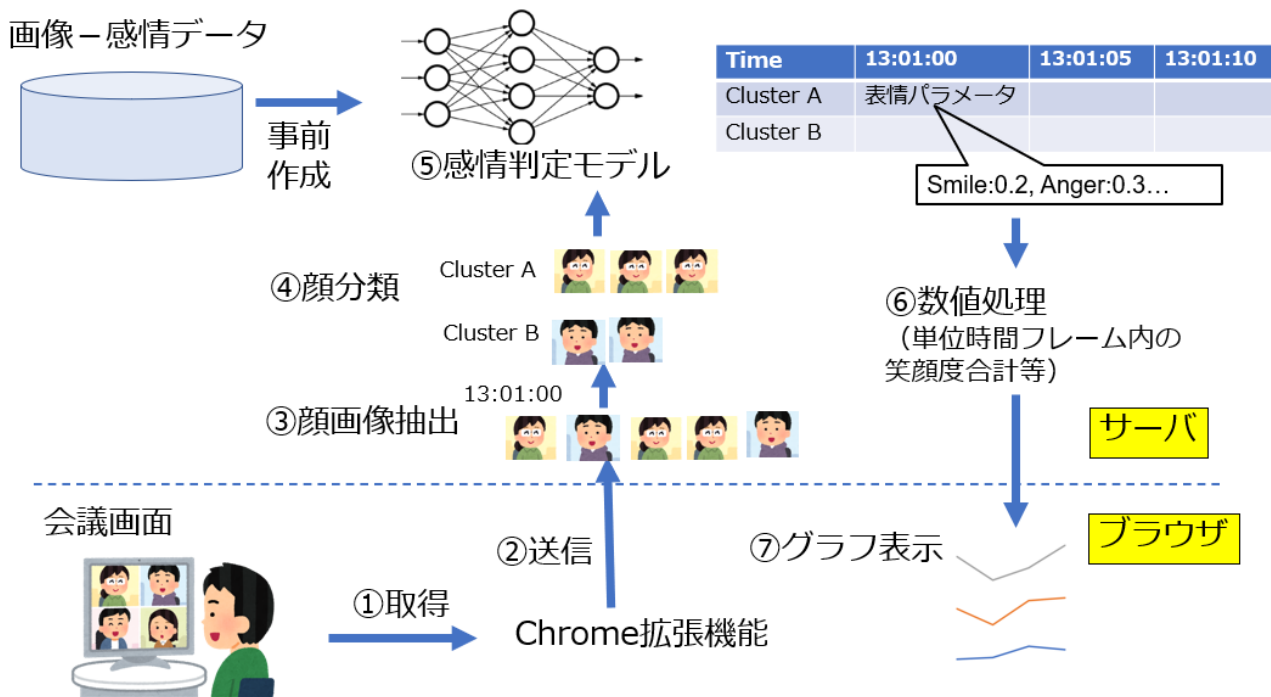


図 1. 実装システムの構成

### (3) 大人数の場合

会議というよりはオンラインの講義など、一般にウェビナーと呼ばれる形式のものに近くなる。ビデオ上には一方的な話し手（講演者、発表者など）が存在し、他の人はチャットなど別の形態で質問を行う場合などがある。この場合、たとえば講演者だけが映像で顔を出し、聴講者は小さい顔を映さない場合も良くある。このような場合、聴講者の表情を数値化したものだけでも講演者が見ることができれば、よくある「大人数を対象に一方的に講演をしていると、聴講者の雰囲気はまったくわからないので不安である」などの問題が、かなり軽減されるであろう。

## 3. 実装システム

### 3.1 システム構成

このような検討をするプラットフォームとして、参加者の感情を映像から推定し、その結果を表示可能なシステムを構築した。図 1 にシステム構成を示す。基本的な動作の流れは下記の通りである。

- ① ユーザは PC 上で一般のオンライン会議システム (Zoom, Google Meet 等, 基本的にはどのような会議システムでも可能) クライアントに加え, 本システムのサーバを立ち上げる (本システムのサーバは, 会議クライアントと同一 PC 上である必要はなく, クラウ

- ド上に立ち上げたものでも良い)。また, Chrome ブラウザ上に, オンライン会議画面キャプチャとサーバへの送信を目的として別途開発した Chrome 拡張機能 [12] を設定しておく。Chrome 拡張機能を起動すると, キャプチャ対象ウィンドウの選択を求められるので, オンライン会議システムのウィンドウを選択する。
- ② 以後, Chrome 拡張が一定時間 (現在は 5 秒に設定) ごとにオンライン会議ウィンドウのキャプチャ画像をサーバに送信する。
- ③ サーバが各画像から顔画像をすべて抽出する。
- ④ サーバが顔画像を自動クラスタリングし, 参加者一人一人のクラスタに分割する。
- ⑤ あらかじめ作成した, 顔画像から感情パラメータ判定を行うモデルにより, サーバが各顔画像を笑顔度, 怒り度など 6 個の感情パラメータに変換し, 各画像のメタデータファイルに記録する。
- ⑥ サーバが単位時間フレーム内の笑顔度合計などの処理をして, クライアント (ブラウザ内 JavaScript) に送信する。
- ⑦ クライアント上でグラフ描画が行われる。なお, 上記の笑顔度合計などの処理はサーバ側ではなくクライアント側で実施することも可能である。

上記においてサーバ側は Python 上のフレームワーク FastAPI, ③の顔画像の抽出は OpenCV の Haar Cascade ライ

ブラリ[13]を用い、④の自動クラスタリングは X-means 法を用いている。⑤の顔画像から感情抽出をするモデルは、インド映画における俳優 100 人の画像 34512 枚と、それぞれの画像に対して人手によって 6 つの感情表現 (Anger, Happiness, Sadness, Surprise, Fear, Disgust) が結びつけられた大規模データセット[14]をもとに、CNN (Convolutional Neural Network)を用いて事前に学習をすることで必要なファイル (hdf5 形式) を作成した。⑦においてクライアント上では、自動分類されたそれぞれの人の画像に対し、6 つの感情表現が 0 から 1 までの間の数値が 5 秒きざみでグラフ表示される。

### 3.2 試用とその効果

本システムをいくつかのオンライン会議で使用し、動作の確認および効果の初期評価を行った。

- 2人で Chatwork の会議システムを用いて討議
- 3人で Google Meet を用いて討議
- 8人で Zoom を用いて討議

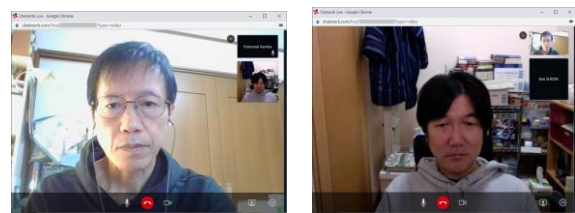
いずれの場合も、機能的には動作するが現時点で下記のような課題がある。

まず顔画像の抽出では、たまに参加者の顔ではないものが検出される場合がある。背景に人物が写ったポスターがある場合などの他、まれに単なる一般の物体が検出される。

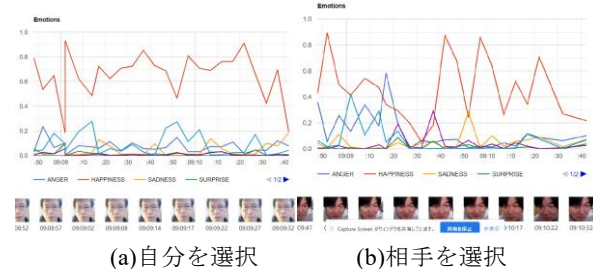
また、取得した顔画像を X-means 法で任意個数のクラスターに自動分類する部分では、同一人物が顔の向きを変えた際などに別クラスターに分類され、クラスター数が非常に多くなってしまう場合がある (8 人の Zoom 討議映像では 20~30 のクラスターに分類されてしまう場合があった)。ただし会議参加人数がわかっている場合は、分類の際に利用者が明示的に参加人数を入力してクラスター数を決めることにより K-means 法を用いることが可能である、あるいは会議システムで各参加者の顔表示位置を固定して画像を取得し、自動分類を行わないというアドホックな対策も有効だろう。

さらに顔からの感情推定には、ぶれが多い。まず前述のように、ここでは深層学習を用いた感情推定の学習データとしてインド映画における俳優の写真と、そこに人手で紐づけられた感情とを用いたが、これが本稿のような「日本人 (以外が含まれる場合もあるが) のオンライン会議」という場面には適さないため、深層学習を用いるとしても実際の会議画像をデータセットとして学習することが妥当だろう。また、現時点では 5 秒きざみのスクリーンショットを独立した静止画として学習済みのニューラルネットに渡して感情推定を行っているが、会議という連続した場面であり、学習するネットワークとして時系列を考慮したものの利用が考えられる。

Chatwork を用いて、2 人で会議を行った際の、会議画面および本システムの表示画面例を図 2, 3 に示す。Charwork



(a)自分を拡大 (b)相手を拡大  
図 2. Chatwork 会議画面



(a)自分を選択 (b)相手を選択  
図 3. 本システムの表情判定画面

では図 2 に示すように、参加者のうちの誰を大きく表示するかをユーザが選択可能だが、いずれの場合も他の参加者の映像は画面上に小さく表示されており、このサイズであっても参加者の顔画像が適切に抽出され、途中で切り替えても認識に問題は発生しなかった。図 3 は、本システムのサーバにアクセスしたときのブラウザ画面上で参加者のうちの一人を選択したときに表示される、笑顔度、怒り度などの 6 つの指標の数値変動と、該当する顔画像である。

現時点では、システムでは参加メンバーのうちの誰の感情推定結果の閲覧が可能かを参加者ごとに制限していないが、実験を行う上では、参加者が自分自身の推定結果を見る「他の人の推定結果を見る」の 2 通りに分けて試用を行った。前述のように感情推定の精度については評価ができておらず、あくまでシステムの基本機能確認という位置づけになるが、利用後の感想から、大雑把には次のような傾向が見られた。

- 現時点では数値の変動に不連続な部分が多く、判断がしづらい。
- 通常のミーティングや雑談において自分の感情判定結果が見えるときには笑顔度 (Happiness) の数値をよくしようとしがちである。
- 他の人の感情判定結果を見ているときは、Anger の数値が気になることが多い。

## 4. 考察および今後の課題

### 4.1 感情推定の方法

今後、次の 2 つの視点で考えていきたい。

- オンライン会議における参加者の心理的な快適さを測定するために有用な指標の検討
- 上記の項目の取得方法

本研究では参加者の心理的な快適さの向上を目標としており、本稿で述べた表情の分類である「喜び、悲しみ、驚き、怒り、嫌悪、恐れ」は重要な数値となるが、それ以外にもたとえば「リラックス度」など別の視点もあると考えている。

脳波における  $\delta$  波(1-3Hz),  $\theta$  波(4-7Hz),  $\alpha$  波(8-13Hz),  $\beta$  波(14Hz-)は安静・覚醒などの状態によって変化するが、たとえば簡易脳波計 (Neurosky 社の Mobile Mindwave 2) とソフトウェア Neuroview は、上記のような脳波のデータに加え、そこから推定した集中度 (Attention) とリラックス度 (Meditation) という 2 つの数値を時系列的に出力する[15].

このような数値は有用と考えられるが、たとえば会議中に常に脳波計を装着することは現実的ではないので、会議内の映像や音声から、この集中度、リラックス度などの数値をある程度予測できることが望ましい。今回、実験的に上記の Mobile Mindwave2 をつけた状態で会議を行い、そのときの映像と、Neuroview が出力する集中度 (Attention) およびリラックス度 (Meditation) との関係を学習する試みも行ってみた。図 4 にそのときの映像と集中度・リラックス度の変化の一部、図 5 にそれをニューラルネットで学習させた学習曲線を示す。これは一人 (著者本人) の顔画像約 200 枚と、そのときの集中度、リラックス度数値を学習データとして CNN で 20 エポックだけ学習させただけのものであり、ほとんど機械学習としては意味を持たないが、今後、データの収集とともに、映像から集中度やリラックス度が推定可能かどうかの実験を行いたい。

#### 4.2 推定結果の提示方法

現システムではとりあえず、各参加者の 5 秒ごとの画像に対して算出された Happiness 等の数値をそのまま表示し

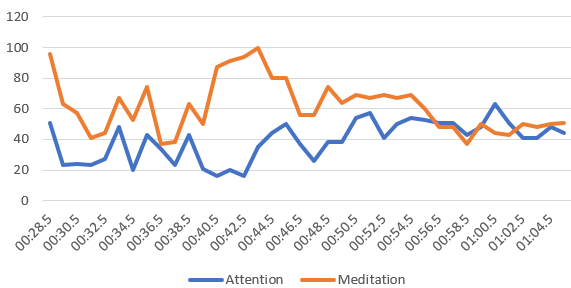
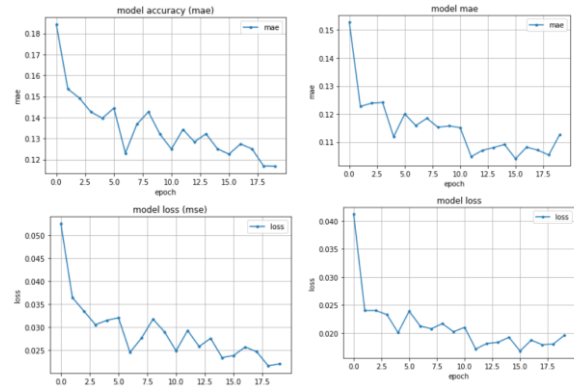


図 4. 画像と、集中度(Attention)、リラックス度(Meditation)の一部(グラフと写真リストの時間軸は一致していない。脳波計 Mobile Mindwave2 を装着)



(a) 集中度の学習曲線 (b) リラックス度の学習曲線  
図 5. 顔画像からの集中度・リラックス度学習

たが、今後は、この見せ方についてさまざまな方法を検討する。

まず、「視覚化したものを誰に表示するか」という点は従来の研究ではあまり検討されていないが、重要な論点と考えている。単純なケースとして、一対一でオンラインミーティングをしているケースで考える。

##### 1) 双方が映像をオンにしている場合

この場合、画面上に ①相手の表情認識結果 ②自分の表情認識結果 のいずれかを表示することによってコミュニケーションに変化が出る可能性がある。①において、もともと相手の顔の映像を見ているときに、その表情の認識結果を表示することは、たとえば自分が人の顔の表情を読みとるのが不得意だと考えているタイプの人にとっては補助になるかも知れないし、そうでない人にとっては、自分の感覚と一致すれば良いがそうでなければ混乱を招くだろう。②においては、自分の顔を人にどう見られる可能性があるかを表示してくれるので、場合によっては意識的に表情を明るくするようきっかけになるかも知れない。

##### 2) 双方が映像をオフにしている場合

この場合、①相手の表情認識結果 ②自分の表情認識結果 を表示する場合を考えると、①はユーザから見ると「相手の顔の映像は見えていないが表情認識結果だけは見えている」ということになる。これは一見不自然な状況に見えるが、実際にはこれに近い状況はオンライン空間上で多く発生している。それは、「アバターを用いた参加」である。感情推定の結果を笑顔、悲しみなどのアイコン化して表示をすれば、アバターによる参加とは異なるタイプのコミュニケーションが生まれる可能性がある。②は相手に表示されるものの確認である場合なので 1) の場合と同様、自分が意識的に表情を変えるきっかけになる可能性がある。

##### 3) 一方だけがビデオをオンにしている場合

これは非対称なコミュニケーションであり、このようなルールで実施する面談は少ないと思われるが、なんらかの理由で発生する場合は多い。たとえば通常は双方がビデオ

をオンにしているものの、一方が背景を映せない環境にいるなどの事情でオフにする場合などである。このような場合に、相手の表情だけはわかるような機能は有効に働く場合があるだろう。

ここでは一対一のコミュニケーションについて述べたが、これでわかる通り、さらにさまざまな人数を考えると、そのときに誰に何をみせるかという設計のバリエーションは多い。

次に、視覚化の方法についてはさまざまな要素が考えられる。単純に数値を時間経過とともに折れ線グラフにする方法、Happiness や Anger などの数値をレーダーチャートにする方法、絵文字やアイコンにする方法などである。また、表示の適切なタイムフレームも検討が必要であろう。たとえばその瞬間のものだけを表示するか、あるいは過去1分、3分、10分など異なるタイムフレームで表示をすることで、閲覧者の受ける印象は変わってくると想定される。

別の論点として、「算出された数値をそのまま表示するのが適切か」という問題もある。たとえば吉田等は、鏡のように配置したディスプレイにおいて、正面に立った人の表情をカメラで撮影したものから意図的に変化させ、それにより本人に喚起される感情の調査をしている。それによればたとえば、実際よりも笑った表情に変化させれば本人はよりポジティブな感情を持つなどの傾向が示唆されている[16]。同様に、たとえば会議内での自分、あるいは相手の表情を、システムが計算した数値よりもポジティブに表示した場合に利用者がどのように感じるか、などの側面は検討の余地があると考えている。

## 5. おわりに

オンライン会議における参加者の感情推定を行い、参加者に対して視覚的な表示によってフィードバックをするシステムの実装と試用結果について示した。今後、サウンドの分析を利用した推定結果などとあわせて表示をしたり、さまざまな表示パターンについて実験をしていく予定である。今後、オンライン会議は「働く場」として多くの人が長時間を過ごす場になっていく可能性が高く、そこに参加する人の心理的な負担を軽減することは重要な課題である。また、そこで得られる知見は対面の会議に活用できる可能性も高いであろう。

**謝辞** 本研究は、東洋大学井上円了記念研究助成により助成を受けたものです。同助成に感謝いたします。また、プログラム開発および実験に協力していただいた塩田健氏に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Ben Weber, “People Analytics (邦訳：職場の人間科学)”, 2013.
- [2] 矢野：データの見えざる手 ウェアラブルセンサーが明かす人間・組織・社会の法則, 2014.
- [3] P. Ekman and W.V.Friesen: Universals and cultural differences in the judgements of facial expressions of emotions, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 53, No.4, pp.712-717, 1987.
- [4] Fridlund, A.J.: The new ethology of human facial expressions, In J.A.Russel & J.Fernandez-Dois(Eds.), *The psychology of facial expression*, pp.103-130, Cambridge University Press, 1997.
- [5] 中村真：表情と感情のコミュニケーション -表情規則と感情表出のモデル, *Japanese Psychological Review*, Vol. 43, No.2, pp.307-317, 2000.
- [6] Luis-Alberto Perez-Gaspar, Santiago-Omar Caballero-Morales, Felipe Trujillo-Romero: Multimodal emotion recognition with evolutionary computation for human-robot interaction, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, 2016
- [7] NEC と Realeyes, 感情を分析しビデオコミュニケーションを支援するサービスを共同開発 (2020年10月23日プレス発表), [https://jpn.nec.com/press/202010/20201023\\_03.html](https://jpn.nec.com/press/202010/20201023_03.html)
- [8] S.Samrose, et al.: MeetingCoach: An Intelligent Dashboard for Supporting Effective & Inclusive Meetings, *Proceedings of the 2021 CHI*, Article No. 252, pp.1-13, 2021
- [9] P. Murali et al: AffectiveSpotlight: Facilitating the Communication of Affective Responses from Audience Members during Online Presentations, *Proceedings of the 2021 CHI*, Article No. 247, pp.1-13, 2021
- [10] M. Pereira, K. Hone: Communication Skills Training Intervention Based on Automated Recognition of Nonverbal Signals, *Proceedings of 2021 CHI*, No.742, 2021
- [11] 神場：オンラインビデオ会議の状況に応じた背景音の自動生成と共有, *情報処理学会インタラクシオン 2021*, 2P06.
- [12] Qiita : Chrome 拡張の作り方 (2020年12月25日更新) <https://qiita.com/RyBB/items/32b2a7b879f21b3edefc>
- [13] Haar cascade classifier: [https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial\\_cascade\\_classifier.html](https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial_cascade_classifier.html)
- [14] S. Setty, et al. "Indian Movie Face Database: A Benchmark for Face Recognition Under Wide Variations", *NCVPRIPG 2013*. <https://cvit.iit.ac.in/projects/IMFDB/>
- [15] NeuroSky NeuroView, <https://www.neurosky.jp/about-neuroview/>
- [16] 吉田他：リアルタイムな表情変形フィードバックによる感情体験の操舵, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.17, No.1, pp.15-25, 2015