

植物のメタファを用いた テレワーカーの感情の表現方法の調査

加藤麻奈¹ 伊藤弘大¹ 藤田和之² 桑山佳汰³ 松尾快³ 伊藤雄一¹

概要: 近年増加しているテレワーク環境下では「テレワーカーの生産性が高まった」「家族と過ごす時間が増えた」という結果が報告されている。その一方で、監督者側には「テレワーカーのメンタルケアができない」「テレワーカーが仕事をしているかどうか分からない」という不安の声もあるなど、監督者がテレワーカーを監視する方法の欠如が問題となっている。これを解決するために、テレワーカーに仕事で常にカメラをオンにさせるなどといった方法が考えられるが、プライバシーの問題や、監督者の管理の継続性の問題などが依然残る。一方で、植物は、人の活力を示すメタファとして、販促物を始め様々な分野でこれまで利用されてきた。そこで本研究では、テレワーカーの状態を直接的ではなく、植物型のデバイスを制御して間接的に監督者に伝える手法の実現を目指す。植物型デバイスで利用できる植物のメタファとして、植物を模したデバイスの色、動き、形状の3つのモダリティに着目した。本報では、これらのモダリティと人間の感情を紐づけるための印象評価実験を行い、その結果、12種類の感情と植物型ディスプレイのモダリティとの関係性を明らかにした。

キーワード: 情報表現, アンビエントディスプレイ, テレワーカー, 作業支援システム

A Study for Plant's Metaphors to Present Teleworkers' Emotions

MANA KATO^{†1} KODAI ITO^{†1} FUJITA KAZUYUKI^{†2} KEITA KUWAYAMA^{†3}
KAI MATSUO^{†3} YUICHI ITOH^{†1}

Abstract: Under the telework environment that has been increasing, some surveys report that “teleworkers’ productivity has increased” and “teleworkers have more time to spend with their families.” On the other hand, some supervisors have concerns that they cannot monitor the status of teleworkers and cannot provide mental care for teleworkers. An easy way to solve this issue, supervisor asks teleworkers to turn on a camera during their work. However, there are issues of privacy and continuity of control by supervisors. On the other hand, plants have been used as a metaphor to express human vitality in various fields such as commercial purpose. In this paper, we propose a method using plant's metaphors to communicate teleworker's status to supervisors. As plant's metaphors, we focus on three characteristics of plant: color, shape, and motion. And we conducted an impression evaluation to associate these characteristics with emotions. As a result, we clarified the relationship between 12 types of emotions and plants' characteristics.

Keywords: information representation, ambient display, teleworker, worker support system

1. はじめに

新型コロナウイルスの影響により「働き方改革」が急速に進められ、テレワークを導入する企業が増加している[1]。テレワークにより、従業員の生産性が高まった、家族と過ごす時間が増えたという結果が報告されている。その一方で、監督者側には、オフィスで働いていた時にはさげなく確認できていたメンタルケアが、テレワークにより難しい、部下が仕事をしているかどうか分からないという不安もある[2][3]。実際に、監督者側が従業員を監視するために、仕事で常にウェブカメラをオンにさせ、従業員の様子を確かめたり[4]、キーボードで入力されている内容をログとして取得したりする[5]など様々な方法が採り入れられているが、従業員のプライバシーを守りながらその状態を知るのには難しい。

一方で、従業員のストレス緩和や仕事の意欲向上に有効であることからオフィス緑化が注目されており、オフィスに植物が意図的に配置されるようになった[6][7]。さらに、新型コロナウイルスの影響により、自宅のインテリアとして観葉植物を置く家庭が増加しており、植物は日常に溶け込んでいると言える[8]。

そこで、本研究では、アンビエントディスプレイとして植物に着目し、植物のメタファを用いて遠隔の作業者の状態を表現することで、さげなく間接的に従業員の状態を知る手法の実現を試みる。植物のメタファを利用することで、プライバシーの問題が改善でき、同時に多数のテレワーカーの状態を把握できる。

本研究で提案する植物型のアンビエントディスプレイでは、植物として自然なモダリティ表現である、色(葉の色)・動き(葉や茎の動き方)・形状(葉と茎の曲がり方)の3つ

¹ 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科
Department of Integrated Information Technology, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University
² 東北大学電気通信研究所

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University
³ 大阪大学大学院 情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

の要素を植物型ディスプレイによって表示し、人の状態を表現する。植物型のディスプレイでどのような感情を再現できるのかを調査するために、2つの実験を行う。まず、感情と植物の特徴のマッチングを調査する。次に得られた植物表現モデルを実験参加者に提示し、マッチングする感情を得られるかについて調査する。

得られた実験結果から、顕著に表現することが可能な感情とそれを表現するのに妥当な植物表現モデルの組み合わせを提案する。

2. 関連研究

2.1 作業者の見守り

新型コロナウイルスの拡大に伴い、多くの企業がテレワークを取り入れている。民間企業の実施状況は、1回目の緊急事態宣言では17.6%から56.4%へと上昇し、緊急事態宣言解除後に低下するものの、2回目の緊急事態宣言では38.4%に再上昇している[1]。テレワークの増加によって、従業員は生産性の向上や家族と過ごす時間の増加などのメリットを感じている。一方で、上司や同僚とのコミュニケーション不足やストレスなどのデメリットも感じている[2]。監督者はそれに加え、従業員の心身の状態を知るのが難しいため、従業員に対するメンタルケアや、従業員の勤務状況の把握が難しいという不安もある[3]。この状況を解決するために、監視システムを用いる企業も増えた。例えば、キャノン ITソリューションズ株式会社のテレワークサポーター[4]は、カメラをオンにさせて、視覚的に勤務状況を知ることができる。また、株式会社日立ソリューションズ・クリエイトの「Illegal View」は、キーボードログを取得して操作監視を行い、従業員が不適切な操作をしないように監視できる[5]。

これらにより従業員の状況の把握は可能になったが、プライバシーの問題や、監督者の管理の継続性の問題などが依然残る。また、メンタルケアまでを行うのは難しい。

2.2 アンビエントディスプレイ

アンビエントディスプレイとは、環境に溶け込んだ控えめな視覚的デザインを用いたディスプレイで、ユーザの注意を阻害することなく、直感的に情報を提示できる。Tsujiyamaらは、日常に溶け込んだ実物体として結露に着目したKetsuro-Graffitiを提案している[12]。ペルチェ素子を使用して、室温と湿度を元にディスプレイ表面の温度を露点付近に制御し、結露を発生させ、濃淡を用いて情報を提示する。日常に溶け込む鏡に結露で天気予報を提示すれば、朝起き、洗顔をしながら自然に情報を得られる。本節で述べたように、アンビエントディスプレイは実物体そのものが持つ特性を利用したものが多い。

一方植物は、人の活力を示すメタファとして、様々な分野でこれまで利用されてきた。したがって、植物型のアンビエントディスプレイは生活に溶け込みながら、自然に人の感

情のメタファとして利用可能であると期待される。

植物を用いたアンビエントディスプレイとして、DavidらのInfotropismでは、植物が光の当たる方に屈曲する特性を利用して、ゴミ箱とリサイクル箱の回収率を可視化した[13]。ゴミ箱にゴミを入れるとゴミ箱の方に傾き、リサイクル箱に入れるとリサイクル箱の方に傾くため一目でどちらが多いかが分かる。Kuribayashiらは、植物の有機的な変化によって、人間の感覚や感情に訴えるコミュニケーションを実現するPlantDisplayを提案している[14]。情報量によって光合成をコントロールして成長させ、その成長量から情報を得られる。

これらの植物を用いたアンビエントディスプレイは、生きた植物の成長度合いを用いて情報を提示している。しかし、これらは生きた植物を使用しているため、管理が難しいことや表現方法が限られてしまうという難点もある。

本研究では、従業員一人ひとりの感情を植物型のディスプレイで表現することを目標としている。そのため、生きた植物ではなく植物を模した人工物をディスプレイとして用いることで、手軽な管理を可能にし、生きた植物よりも多彩なモダリティによる表現により、多彩な人の感情の表現を可能にする。

2.3 複数のモダリティを用いた感情表現

複数のモダリティを用いて感情を表示する研究は多くされている。Songらは独自のロボットMaruを作成し、色、音、振動の3つのモダリティを組み合わせることで感情を表現した[15]。この研究で、複数のモダリティを使用する方が単一のモダリティを使用する際よりも感情を認識しやすいことが明らかになっている。Löfllerらは、異なるモダリティの情報内容を定量化し、それらがどのように組み合わせれば効果が発揮するのか、色、動き、音に着目して調査した。その結果、感情によって伝えるのに有効なモダリティが異なることを報告している[16]。本研究では、植物の特性とともに、色(葉の色)・動き(葉や茎の動き方)・形状(葉と茎の曲がり方)の3つのモダリティを採用した。

3. 提案手法

本研究では、植物のメタファを用いた、テレワーカー状態提示植物型ディスプレイを提案する。複数の植物型ディスプレイに遠隔の従業員をそれぞれ割り当て、その人の感情を植物のメタファを用いて表現することで、監督者がさりげなく複数の従業員の感情を把握することを可能にする。例えば、テレワーク中の従業員が疲れている時、監督者の手元の、従業員に対応した植物型ディスプレイが疲れを表現した状態になる。これにより、監督者はさりげなく従業員の状態を知りメンタルケアをすることができる。

植物はオフィス緑化や観葉植物を置く家庭の増加から、日常に溶け込んでいると考えられる。また、植物は、人の活

力を示すメタファとして、様々な分野でこれまで利用されてきたため[14]、人の感情の表現が可能であると考えられる。また、カメラやキーボードログでの直接的な監視と比べ、間接的にさりげなく従業員の状況を知ることができるため、プライバシーの問題も軽減できると考えられる。

このような感情の表現においては、単一のモダリティで表現するよりも複数のモダリティを用いた方が、表現しやすいことが分かっているため[15]、本研究では、遠隔の相手の状態を表現する方法として、植物として自然なモダリティ表現である、色（葉の色）・動き（葉や茎の動き方）・形状（葉と茎の曲がり方）の3つの要素を用いる。

まず、この3つのモダリティを用いることで、植物モデルで人の感情を表現することができるのか、また、どのように表現するのかを調査するために2つの実験を行う。

実験参加者に提示する感情は、図1に示すラッセルの円環モデル[9][10]に基づいて、「興奮した」「幸福感」「喜び」「覚醒した」「悩み」「フラストレーション」「疲れ」「哀しみ」「落ち込み」「眠気」「安心」「穏やか」の12種類を選定した。また、色に関しては、色での感情の表現を網羅的に調べるためにプルチックの感情の輪[11]をもとにして、13色を用意した。

1つ目の実験では、上記で述べた感情を表現する植物表現モデルを作成するために、12種類の感情を提示し、その感情をうまく表現する植物モデルの色（葉の色）・動き（葉や茎の動き方）・形状（葉と茎の曲がり方）を実験参加者に自由に選んでもらった。

2つ目の実験では、1つ目の実験で収集した植物表現モデルの妥当性を調べるために、実験参加者に収集した植物表現モデルを提示し、その印象を尋ねることで、感情が表現できているかどうかを評価させる実験を行った。この2つの実験で、植物モデルで人の感情を表現することが可能であるか、可能であればどのような植物表現モデルが良いのかなどを調査する。

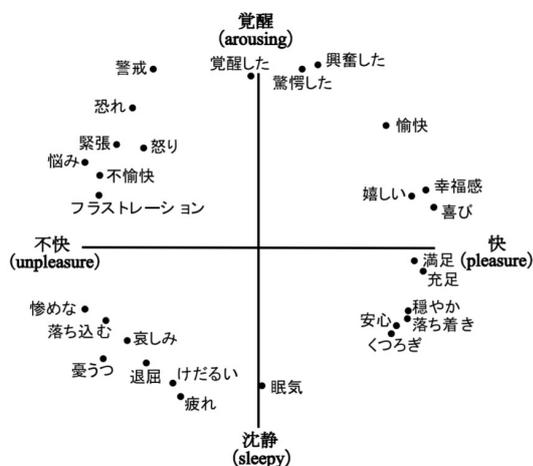


図1 ラッセルの円環モデル

4. 実験1：感情を表現する植物表現モデルの収集

4.1 目的

人の感情を表現する際に、植物型ディスプレイのモダリティをそれぞれどう変化させれば良いかを調査するために、前節で選定した12種類の感情に対して、対応する植物表現モデルを収集することを目的に実験を行った。

実験参加者に各感情を提示し、図2に示す手元の植物モデルでその状態を表現させ、それを植物表現モデルとして収集した後、各感情において代表的なものの数個に絞る。人の感情を表現する方法として、不自然なモダリティ表現を避けるために、色（葉の色）・動き（葉や茎の動き方）・形状（葉と茎の曲がり方）の3つのモダリティを用いており、実験参加者にはこれらのモダリティを植物モデルを用いて自由に調整してもらい、各感情に対する植物表現モデルを作成してもらった。

4.2 使用する植物モデル

本研究では、植物を擬人化したおもちゃである、セガトイズの「ペコッパ」[17]をベースとして、図2に示すような植物モデルを作成し、使用する。

まず、色に関しては、赤は激怒、青は悲嘆など色彩と感情が関連していることが示されている[18]。そこで、色での感情の表現を網羅的に調べるためにプルチックの感情の輪[11]をもととし、中心部に位置する赤、オレンジ、黄色、黄緑、緑、水色、青、紫の8色を利用した。さらに、植物が枯れたり病気になった際に実際になり得る色である黄土色、茶色、灰色、黒、白の5色を加え計13色を用意した。葉の色を自由に変更できるように、折り紙を切り抜きラミネート加工した図3のような13色の葉を準備し、何度も貼って剥がせるようにシール状にした。

動きに関しては、手動で実験参加者に葉と茎を揺らさせ、動きを表現してもらったものをビデオで記録する。

形状に関しては、葉と茎の角度のみ変化させるよう実験参加者に求め、カメラで撮影し記録する。全ての葉と茎に針金を内蔵することで、自由に曲げることができるようにしている。



図2 実験に使用する植物モデル



図3 付け替え用の葉

4.3 実験方法

実験参加者は大学生及び大学院生の20代の男女計20名(男性10名, 女性10名)であり, 実験開始前に実験の流れ, 葉の付け替え方, 茎の曲げ方について説明し, 同意書へ署名してもらった. その後, 実際に葉を付け替えたり, 茎を曲げたりすることで操作に慣れてもらった. 次に, 実験参加者に次に示す感情を提示し, それを自由に表現してもらった. 提示する感情は, 「興奮した, 幸福感, 喜び」, 「覚醒した, 悩み, フラストレーション」, 「疲れ, 哀しみ, 落ち込み」, 「眠気, 安心, 穏やか」の4象限から3つずつ選んだもので, 各象限の感情には類似性があるため, 3つずつ提示し, 好きな順番で表現してもらった. 4つの象限はバイアスがかからないようにランダムで提示するようにした.

4.4 実験結果

実験参加者20名に前述の12種類の感情を作成してもらい, 全240種類の参加者による植物表現モデルを収集した. これらを葉の色, 動き, 左葉の角度, 右葉の角度, 茎の曲が

っている位置, 茎の曲がっている向き, 茎の角度の7つの項目でそれぞれ最も頻出するものを組み合わせ, 最終的に25種類の各感情を表現する植物表現モデルとした. それぞれの項目の組み合わせを次に示す.

- 動きは, 「なし」「小さい揺れ」「緩やかな小さな揺れ」「激しい小さな揺れ」「大きい揺れ」「緩やかな大きな揺れ」「激しい大きな揺れ」でレベル分けをした.
- 葉の角度は, 「 $-90^{\circ}>$ 」「 $-90^{\circ}\sim 46^{\circ}$ 」「 $-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$ 」「 0° 」「 $1^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 」「 $46^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 」「 $90^{\circ}<$ 」で分けた.
- 茎の曲がっている位置は, 「上部」「中央」「下部」で分けた.
- 茎の折れている向きは, 「前」「後ろ」「右」「左」で分けた.
- 茎の角度は, 「 0° 」「 $1^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 」「 $46^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 」「 $90^{\circ}<$ 」で分けた.

また, Songらが作成したデザインガイドラインから, 色は重要な要素であるに分かっているため[15], 頻出率上位2つの色と頻出率が1番高い動き, 左葉の角度, 右葉の角度, 茎の曲がっている位置, 茎の曲がっている向き, 茎の角度を組み合わせた. 作成した25種類の植物表現モデルと7つの項目の組み合わせを表1に示す. 基本的に1つの感情につき2つの植物表現モデルを作成した. 7つの項目のうち, 頻出率が同率のものがある場合はその両方の植物表現モデルを作成した. 例えば, 「興奮」を表すモデルNo.7~10は激しい小さな揺れと激しい大きな揺れの頻出率が同率であったため, 赤とオレンジの2色において, 激しい小さな揺れと激しい大きな揺れを用いた組み合わせを作成している. そのため, 「興奮」の植物表現モデルは4つとなっている.

表1 頻出した各項目のパターンを合わせた代表的な植物表現モデルの一覧

モデルNo	想定した感情	色	動き	左葉	右葉	茎位置	茎向き	茎角度
1	疲れ, 落ち込み, 悩み	灰色	なし	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
2	疲れ	茶色	なし	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
3	疲れ, 落ち込み	青	なし	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
4	疲れ, 悩み	紫	なし	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
5	哀しみ	青	なし	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	-	-	0°
6	哀しみ	水色	なし	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	-	-	0°
7	興奮した	赤	激しい小さな揺れ	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
8	興奮した	赤	激しい大きな揺れ	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
9	興奮した	オレンジ	激しい小さな揺れ	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
10	興奮した	オレンジ	激しい大きな揺れ	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
11	幸福感	黄色	なし	0°	0°	-	-	0°
12	幸福感	黄緑	なし	0°	0°	-	-	0°
13	喜び	黄色	激しい小さな揺れ	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	-	-	0°
14	喜び	オレンジ	激しい小さな揺れ	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	-	-	0°
15	フラストレーション	赤	激しい大きな揺れ	$-90^{\circ}\sim -46^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	-	-	0°
16	フラストレーション	オレンジ	激しい大きな揺れ	$-90^{\circ}\sim -46^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	-	-	0°
17	覚醒した	黄色	なし	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	-	-	0°
18	覚醒した	赤	なし	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$	$1^{\circ}\sim 45^{\circ}$	-	-	0°
19	眠気	水色	なし	0°	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
20	眠気	水色	なし	0°	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	左	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
21	眠気	紫	なし	0°	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	前	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
22	眠気	紫	なし	0°	$-45^{\circ}\sim -1^{\circ}$	中央	左	$46^{\circ}\sim 90^{\circ}$
23	安心	オレンジ	なし	0°	0°	-	-	0°
24	安心, 穏やか	緑	なし	0°	0°	-	-	0°
25	穏やか	黄緑	なし	0°	0°	-	-	0°

5. 実験 2 : 評価実験

5.1 目的

本実験では、実験 1 で作成した 25 種類の植物表現モデルが、目的となる感情の表現において妥当であるか調査するため、25 種類の植物表現モデルの動画を実験参加者に提示し、受ける印象を評価してもらう。

5.2 実験方法

実験参加者は実験 1 とは異なる大学生及び大学院生の 20 代の男女計 20 名(男性 10 名, 女性 10 名)であり、実験前に本研究と本実験についての説明を行い、同意書に署名してもらった。実験参加者には、全員が同じ条件のもとで評価できるように、全員が同じ映像提示モニタを使用し、実際の植物モデルと動画の植物モデルが同じサイズになるように、植物表現モデルを視聴する際のウィンドウサイズを統一した。25 種類の植物表現モデルの動画の提示順序はランダムとした。

動画に対する印象評価は、3 節で選定した 12 種類の感情に対して 1 (まったくそう思わない) から 5 (非常にそう思う) の 5 段階のリッカート尺度で回答してもらった。動画は 1 つの植物表現モデルにつき 20 秒前後のもので、動きが無い植物表現モデルは、全周から撮影したものを、動きのある植物表現モデルは動かした状態で茎の角度が分かるように 4 方向から撮影したものを見せた。今回は実験参加者に対して、色覚異常のテストを行わない代わりに、図 4 のように動画に葉の色を提示するようにした。再生中に異常が発生するなどした場合は、必要に応じて再度動画を流した。

5.3 実験結果

25 種類の各植物表現モデルに対する 12 種類の感情の印象評価に対し、Shapiro-Wilk 検定を行ったところ、データの分布が正規分布ではなかったため、ノンパラメトリック検定である Friedman の検定を行った。そして、Bonferroni 法で多重比較を行った。また、データが正規分布ではないため、平均値ではなく中央値で比較を行った。得られた結果を表 2 に示す。

まず、表 2 に示すように各植物表現モデルの 12 種類の項目の中央値を算出した。全ての植物表現モデルの中で、



図 4 実験参加者に提示する動画の画面

10 個の植物表現モデルで中央値が 5 の感情が存在した。例えば、「安心」と「穏やか」を目的として作成されたモデル 24 に対する評価で、最も高いのは「穏やか」の中央値で 5 であった。また、この植物表現モデルでは、「安心」に対しても中央値が 4.5 となっており、「穏やか」と同様に「安心」も表現できていたことが分かった。また、「安心」「穏やか」の 2 つは、他の感情 11 個のうち 8 個の感情と比べ有意に高く ($p < 0.05$)、特に「穏やか」は他の感情 11 個のうち 7 個の感情に対して、1%水準で有意に高かった。一方で、「喜び」「幸福感」の 2 つと比較すると有意な差はなかった。これらの結果から、モデル 24 は「穏やか」の印象が最も強いが、「安心」や「喜び」「幸福感」の印象も与えていることが分かった。これら 4 つの感情を実験参加者が想起した感情とした。このモデル 24 のように、ある感情の表現を目的として作成された植物表現モデルによる実験において、その目的の感情で中央値が 5 であったものは、25 種類の各植物表現モデルの中で、「興奮」を表現したモデル 8, 10, 「安心」と「穏やか」を表現したモデル 24, 「穏やか」を表現したモデル 25 の 4 個であった。

しかし、モデル 24 がそうであったように、必ずしも単一の感情のみを表現しているとは限らなかった。例えばモデル 25 では、実験 1 で実験参加者が表現したとされる「穏やか」だけでなく「安心」に対しても中央値が 5 であった。また、「穏やか」と「安心」の 2 つは、他の感情 11 個のうち 8 個の感情と比べ有意に高く ($p < 0.05$)、目的としていた「穏やか」だけでなく、「安心」も顕著に表現できていることが分かった。一方で、「喜び」「幸福感」の 2 つと比較すると有意な差はなかった。これらの結果から、モデル 25 は、「穏やか」「安心」の印象が最も強いが、「喜び」「幸福感」の印象も与えていることが分かった。

モデル 24, 25 で表現できた複数の感情を実際にラッセルの円環モデルと照らし合わせると、図 5 に示したように、これらの感情は近い位置にあることが分かる。図 5 より、ラッセルの円環モデルにおいて、二次元上を 8 分割し a-h 領域とした時、モデル 24, 25 はそれぞれ a 領域と h 領域に位置する感情を表現できる可能性が高いことが分かった。そこで、他の植物表現モデルについても、中央値が 4 以上の感情において、他 11 種類の感情のうち 4 種類以上の感情と有意差が見られた表現を実験参加者が想起した感情とした。

その結果を見ると、想定していた感情とは異なる感情のみにおいて中央値が 5 となるものもあった。モデル 20 は「眠気」の植物表現モデルであったが、「哀しみ」の中央値が 5 と最も高く、他にも「落ち込み」と「悩み」において中央値が 4.5 を超えていた。また、「哀しみ」「落ち込み」「悩み」の 3 つにおいては、他の感情 11 個のうち 5 個の感情と比べ有意に高く ($p < 0.05$)、「哀しみ」「落ち込

表2 評価実験の結果

モデルNo	想定した感情	疲れ	哀しみ	落ち込み	興奮した	幸福感	喜び	フラストレーション	覚醒した	悩み	眠気	安心	穏やか	実験参加者が想起した感情	領域
1	疲れ, 落ち込み, 悩み	4	4	4	1	1	1	3	1	4	4	2	2	哀しみ, 悩み, 疲れ, 眠気, 落ち込み	d,e,f,g
2	疲れ	4	3	4	1	1.5	1.5	2	1	3	4	3	4	穏やか, 眠気	g,h
3	疲れ, 落ち込み	4	4	4	1	1.5	2	2	2	4	4	2	3.5	哀しみ, 悩み, 疲れ, 眠気, 落ち込み	d,e,f,g
4	疲れ, 悩み	4	4	4	1	1	1	3	2	4	4	2	3	哀しみ, 悩み, 疲れ, 眠気	d,e,f,g
5	哀しみ	4	4.5	4	1	1	1	2	1.5	4	4	2	3	哀しみ, 悩み, 疲れ, 眠気, 落ち込み	d,e,f,g
6	哀しみ	4	4	4	1	1.5	1.5	2	1	4	4	2	3	哀しみ, 疲れ, 眠気, 落ち込み	e,f,g
7	興奮した	2.5	2	2	4	3	4	3.5	4	2	1	2	2	覚醒した, 興奮した	b,c
8	興奮した	2	1	1	5	3	3.5	4	4	2.5	1	1	1	フラストレーション, 覚醒した, 興奮した	b,c,d
9	興奮した	2	2	2	3.5	3	3.5	3	3	2.5	2	3	3		
10	興奮した	2	1	1.5	5	3	4	3.5	4	2	1	1.5	1		
11	幸福感	2	2	2	2	4	3.5	1.5	2	2	2	4	5	穏やか	h
12	幸福感	1.5	1.5	2	2	4	4	1	2	1	2	5	5	安心, 穏やか, 喜び, 幸福感	a,h
13	喜び	2	2	2	4	4	4	3	4	2	1.5	2.5	2	興奮した	b
14	喜び	2	1	1	4	4	4	2	4	1.5	1	2	2	覚醒した, 喜び, 興奮した, 幸福感	a,b,c
15	フラストレーション	2	2	2	5	3	4	4	4	2.5	1	2	1	興奮した	b,d
16	フラストレーション	2	2	2	4	4	4	4	4	2	1	2	2	フラストレーション	b,c,d
17	覚醒した	1	1	1	4	4	4	2	4.5	2	1	2	2.5	覚醒した, 喜び, 興奮した, 幸福感	a,b,c
18	覚醒した	1	1	1	5	4	4	4	4	2	1	2	2	覚醒した, 喜び, 興奮した, 幸福感	a,b,c
19	眠気	4	4	4	1	2	2	2	2	4	4	3	3	哀しみ	e
20	眠気	4	5	4.5	1	1	1	2.5	1.5	4.5	4	2	3	哀しみ, 悩み, 疲れ, 眠気, 落ち込み	d,e,f,g
21	眠気	4	4	4	1	1	1	3	1.5	4.5	4	2	3	哀しみ, 悩み, 疲れ, 眠気	d,e,f,g
22	眠気	4	4	5	1.5	1	1	4	1.5	4.5	4	2	2	哀しみ, 悩み, 疲れ, 落ち込み	d,e,f
23	安心	2	2	1.5	4	4	4	2	3	2	1.5	4	4	安心, 穏やかな, 喜び, 幸福感	a,h
24	安心, 穏やか	2	1	1	1.5	4	4	1	2	1	2	4.5	5	安心, 穏やか, 喜び, 幸福感	a,h
25	穏やか	2	1.5	2	2	4	4	1.5	2	2	2.5	5	5	安心, 穏やか, 喜び, 幸福感	a,h

み「悩み」を顕著に表現できていることが分かった。一方で、目的としていた「眠気」と「疲れ」の2つと比較すると有意な差はなかった。これらの結果から、モデル20は、「哀しみ」「悩み」「落ち込み」の印象が最も強いが「眠気」「疲れ」の印象も与えていることが分かり、図5中d, e, f, g領域を表現するのに適していることが分かった。このように、植物表現モデルがもともと表現しようと意図していない感情において、中央値が5となる植物表現モデルは、モデル20以外にも5個あった。「幸福感」を想定していたモデル11は「穏やか」で、「幸福感」を想定していたモデル12は「安心」と「穏やか」で、「フラストレーション」を表現していたモデル15は「興奮」で、「覚醒」を表現していたモデル18は「興奮」で、「眠気」を表現したモデル22は「落ち込み」でそれぞれ中央値が5となった。

以上に述べたように、1つの感情を顕著に表現する植物表現モデルは無かったが、近い複数の感情を表現する植物表現モデルが複数見つかった。また、中でも、中央値が5であり、さらに他の領域の感情と比べて優位に高かった植物表現モデルは6個見つかった。表2からもわかるよう

に、モデル8はb, c, d領域、モデル12はa, h領域、モデル18はa, b, c領域、モデル20はd, e, f, g領域、モデル24はa, h領域、モデル25はa, h領域を他の植物表現モデルに比べて顕著に表現できていた。

本実験から、これらの植物表現モデルを活用することでラッセルの円環モデル上のa-h領域全てを表現できる可能性が高いことが分かった。

6. 考察

本研究では、テレワーカーの状態提示を植物型ディスプレイによって実現することを目的とし、植物型ディスプレイの色(葉の色)・動き(葉や茎の動き方)・形状(葉と茎の曲がり方)の3つのモダリティを用いて各感情を表現する実験を行い、各感情を表現する植物表現モデルを25種類作成した。評価実験の結果から、その妥当性について考察する。

まず、1つの感情を顕著に示す植物表現モデルが見つからなかった。その理由として、選択した感情が似ていたことが挙げられる。本稿では12種類の感情を選定したが、ラッセルの円環モデルにおける4つの象限それぞれから3つずつ感情を選択した。そのため、同じ象限に位置する感情や隣の象限の近い場所に位置する感情との間に有意な差が見られなかったと考えられる。しかし、複数の感情を表現しているとされる全ての植物表現モデルにおいて、それらの感情はラッセルの円環モデルで近い場所に位置するものであったため、1つの感情を表現する植物表現モデルを作成するのは難しいが、ラッセルの円環モデル上で近い場所に位置する複数の感情ならば、表現することができると考えられる。

一方、本実験では12種類の感情を表現したが、統計処理の結果と中央値を見ると、中央値が5を示し、さらに顕著に表現できているとされる感情は全て、ラッセルの円環モデルの第1象限、第3象限、第4象限に属しており、この3つの象限の感情は顕著に表現できることが分かった。また、第2象限の感情を顕著に表現できている植物表現モデルが無かったが、この理由として、実験1を行った際に、「覚醒」

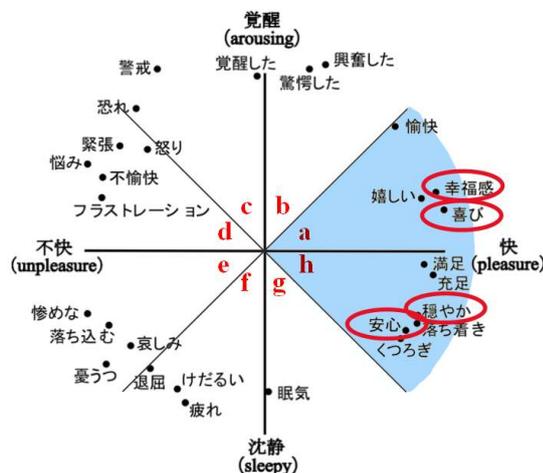


図5 モデル24, 25が表現する領域

と「フラストレーション」の意味を確認する実験参加者が多かったことから、「覚醒」と「フラストレーション」という言葉のイメージがしにくかったことや、人によってこれらの感情に対して持つ印象が異なっていたためにこのような結果になったと考えられる。このことから、今後、顕著に表現できる感情を調査する際は、実験時に全実験参加者に単語の説明を行うことや全員が同じ印象を持つことができるように、シナリオを作成し、感情を理解してもらう必要があると考えられる。

また、作成した植物表現モデルの色に注目すると、「覚醒」と「興奮」を表現しているとされた植物表現モデルの葉は赤、オレンジ、黄色だった。これはプルチックの感情の輪でオレンジが警戒を示しており、ラッセルの円環モデル上で見ると、「警戒」と「覚醒」と「興奮」は近い場所に位置することから、色と感情の関係を示すプルチックの感情の輪と一致する結果が得られた。また、「哀しみ」と「落ち込み」を表現しているとされた植物表現モデルの葉は青と水色だった。これもプルチックの感情の輪で「哀しみ」を青で示しており、さらに、ラッセルの円環モデルで「哀しみ」と「落ち込み」は近い場所に位置することから、プルチックの感情の輪と一致している。

動きに注目すると、激しい大きな揺れを用いているモデル4つのうち3つで「興奮」の中央値が5になり、もう1つの植物表現モデルでも中央値が4であった。このことから、激しい大きな揺れを用いることで、「興奮」を表現できる可能性が高いことが分かった。

葉の形状に注目すると、左右の葉が一切曲がっていない初期状態の場合は、「安心」「穏やか」「喜び」「幸福感」(a, h 領域)を表現している可能性が高い。これは、人間が「安心」「穏やか」の感情を示すときに通常時の状態から見た目に変化が見られないことから、植物においても変化のない初期状態で表現していることが考えられる。左右の葉が上方向に曲がっている場合は、「覚醒した」「喜び」「興奮した」「幸福感」(a, b, c, h 領域)を表現している可能性が高いことがわかった。これは、実験1から植物を自分の体に置き換えて考えている実験参加者が多いことが分かっており、実際に人間が喜ぶときなどに手を挙げることから、このような結果になったと考えられる。

また、左右の葉が下向きに曲がっている場合と片方の葉が曲がっておらず、もう片方のみが下向きの場合は「フラストレーション」「哀しみ」「悩み」「疲れ」「眠気」「落ち込み」(d, e, f, g 領域)を表現している可能性が高いことが分かった。これも人間が「哀しみ」「悩み」の状態のときに俯いた状態になることからこのような結果になったと考えられる。片方が上向き、片方が下向きの場合は、「フラストレーション」「覚醒した」「喜び」「興奮した」(a, b, c, d 領域)を表現している可能性が高いことがわかった。

茎の形状に注目すると、茎の曲がっている方向は表現す

る感情とあまり関係がないことが分かった。また、茎の角度に関しては、曲がっているものは全て46~90°であり、人の感情を表現するには茎が46~90°曲がる必要があることが分かった。また、曲がる位置に関しては、中央が適していることが分かった。「興奮」を顕著に表現しているとされるモデル8とモデル18を比較すると、モデル8は、色が赤、動きが激しい大きな揺れ、葉はどちらも上向き、茎は曲がっていた。一方で、モデル18は、色が赤、動きはなし、葉はどちらも上向き、茎は曲がっていなかった。このことから、色と葉の曲がり方は、動きや茎の曲がり方よりも重要な要素であることが分かった。

以上のように、各植物表現モデルが表現する複数の感情がラッセルの円環モデルで近い場所に位置する感情であることや、葉の色の変化によって、プルチックの感情の輪と同様の感情を表現することが出来ていることから、評価実験の結果で述べた我々の提案する植物型ディスプレイにおける感情表現のための植物表現モデルは妥当であると考えられる。また、激しい大きな揺れを用いることで、「興奮」を表現できる可能性が高いことや、動きと茎よりも葉の色と形状の方が感情を表現する上で重要である可能性が高いことが分かった。

7. おわりに

本研究では、植物型のアンビエントディスプレイに着目し、色(葉の色)・動き(葉や茎の動き方)・形状(葉と茎の曲がり方)の3つのモダリティを用いて人の感情を表現することを目指した。実験参加者に3つのモダリティを用いて自由に表現してもらい作成した植物表現モデルを評価することで、特に「興奮した」「穏やか」「安心」「哀しみ」「落ち込み」のそれぞれを表現する植物表現モデルを作成した。これらの植物表現モデルは、葉の色、動き、左葉の角度、右葉の角度、茎の曲げる位置、茎の曲げる方向、茎の角度の7つの項目を表1に示した通りに再現すれば、その植物表現モデルが表現できるとされる感情を表現できるため、本研究で示した7項目のパラメータは植物型のディスプレイで感情を表現する際のガイドラインとなることが期待できる。

今後は、本研究で示した感情の表現に最適な植物表現モデルを用いた植物型ディスプレイの実装や、植物型ディスプレイを入力インタフェースとして扱って、逆に非観察者にもフィードバックを与えられるような、双方間でのコミュニケーションの実現を目指す。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP20H04228 の助成を受けたものである。

参考文献

[1] 総務省. "令和3年 情報通信白書 第3節 コロナ禍におけ

- る企業活動の変化”. 2021.
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/pdf/n2300000.pdf>, (参照 2021-11-16).
- [2] 後藤学, 濱野和佳: 新型コロナウイルス感染症流行下でのテレワークの実態に関する調査動向, *INSS JOURNAL*, Vol. 27 R-4, 2020.
- [3] 原泰史, 今川智美, 大塚英美, 岡嶋裕子, 神吉直人, 工藤秀雄, 高永才, 佐々木将人, 塩谷剛, 武部理花, 寺畑正英, 中園宏幸, 服部泰宏, 藤本昌代, 三崎秀央, 宮尾学, 谷田貝孝, 中川功一, HR 総研: 新型コロナウイルス感染症への組織対応に関する緊急調査: 第一報, *IIR Working paper WP#20-10*, 2020.
- [4] キヤノン IT ソリューションズ株式会社. ”テレワークサポーター”. <https://www.canon-its.co.jp/products/telework/>, (参照 2021-11-17).
- [5] 株式会社日立ソリューションズ・クリエイト. “Illegal View”. https://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/soft1/jp1/partner/details/dev_jp1_illegal_view.html, (参照 2021-11-16).
- [6] 矢動 丸琴子, 大塚 芳嵩, 中村 勝, 岩崎 寛: オフィス緑化が勤務者に与える心理的効果に関する研究, *日本緑化工学会誌*, Vol.42, No.1, pp.56-61, 2016.
- [7] 矢動丸 琴子, 岩崎 寛: オンラインアンケートを用いたオフィス緑化に対する勤務者の意識調査, *日本緑化工学会誌*, Vol.44, No.1, pp.99-104, 2018.
- [8] 第一園芸株式会社. “観葉植物に関するアンケート調査結果”. 2021. <https://www.daiichi-engei.jp/wp-content/uploads/2021/09/ed9330e2522756b11d0b4ab758ebd011-1.pdf>, (参照 2021-11-17).
- [9] Russel, J.A : A Circumplex Model of Affect, *Journal of Personality and Social Psychology* 1980, Vol. 39, No. 6, pp.1161-1178 (1980).
- [10] 江川 翔一, 瀬島 吉裕, 佐藤 洋一郎: 情動評価のためのラッセルの円環モデルに基づく感情重心推定手法の提案, *日本感性工学会論文誌*, Vol.18, No.3, pp.187-193, 2019.
- [11] 黒崎 優太, 高木 友博: Word2Vecを用いた顔文字の感情分類, 言語処理学会第21回年次大会発表論文集, pp.441-444, 2015.
- [12] Y. Tsujimoto, Y. Itoh and T. Onoye : Ketsuro-graffiti: An interactive display with water condensation, *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, pp.49-55, 2016.
- [13] D. Holstius, J. Kembel, A. Hurst, P.H.Wan and J. Forlizzi : Infotropism: living and robotic plants as interactive displays, *Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, pp.215-221, 2014.
- [14] S. Kuribayashi and A. Wakita : Plantdisplay: turning houseplants into ambient display, *Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology*, pp.40:1-40:1 (2006).
- [15] S. Song and S. Yamada : Expressing Emotions through Color, Sound, and Vibration with an Appearance-Constrained Social Robot, *HRI '17: Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp.2-11, 2017.
- [16] D. Löffler, N. Schmidt, R. Tscharn : Multimodal Expression of Artificial Emotion in Social Robots Using Color, Motion and Sound, *HRI '18: Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp.334-343, 2018.
- [17] 株式会社セガトイズ. “ペコッぽ”. https://www.segatoys.co.jp/company/press_release/pdf/20080606.pdf, (参照 2021-11-22).
- [18] K. Terada, A. Yamauchi and A. Ito : Artificial emotion expression for a robot by dynamic color change, *2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp.314-321, 2012.