

センシング技術を用いた人と植物とのインタラクション促進システム

赫 寧^{1,a)} 寺田 努^{1,†1,b)} 塚本 昌彦^{1,c)}

概要：近年、植物は視覚疲労緩和やストレス解消などが報告されており、室内に植物を配置することが多くなっている。しかし、時間が経つにつれて、植物への関心が薄れてしまい世話をしなくなる人がいる。そのため、植物を配置したことによる癒し効果や目の疲れの緩和効果を得ることができない。また、世話をしなかったことが原因で植物を枯らすという問題も発生している。そこで、植物に擬似感情を表現させた場合の有効性を評価した上で、植物の水分などの状態を計測し、それをあたかも植物が感情をもっているかのように表現し、育成者にフィードバックするシステムを提案し、その効果を評価する。

HE NING^{1,a)} TERADA TSUTOMU^{1,†1,b)} TSUKAMOTO MASAHICO^{1,c)}

1. はじめに

近年、町や学校の周辺での緑化への関心が高まっており、庭やベランダなどの場所だけではなく、室内に植物を配置することが多くなっている [1]。室内に配置された植物には、揮発性有機化合物を除去し空気を浄化する作用 [2]、人間の心を癒し、室内に潤いが生まれ、より快適に過ごせる環境になるといった効果がある [3]。Lee ら [4] は屋内植物との積極的な相互作用が精神的な仕事と比べて生理学的および心理的ストレスを減少させることを示唆している。このように室内の実物の観葉植物は、視覚疲労緩和やストレス解消など、見るだけでも人間に様々な良い影響を与えることが報告されており、室内にも置かれることが多い一方、観葉植物のこれらの効果を人間が享受するためには現状いくつかの課題がある。なかでも大きな課題として長期的な世話が十分に行き届かずに枯らしてしまう人が多数いるということが挙げられる。下村らのアンケート調査 [1] では、室内に植物を置いている人は 67 % おり、そのうち 82 % の人が室内植物を枯らしてしまったことがあると答えている。また、この調査では室内に植物を置くことへの不安と

して「枯らしてしまうこと・手入れの方法が分からない」など、植物の栽培管理に関する理由を多く挙げている。観葉植物を枯らしてしまう原因として、植物は動物のような発声や即座な動作などの行動が出来ず、情報伝達的能力に乏しいため、育成者とその植物に今必要な世話に気づかないことや、育成のモチベーションが続かないことなどが考えられる。観葉植物を世話するには、育成者は観葉植物の葉などの状態を観察して、解釈する必要がある。松井ら [5] では、植物を育てる際に育成に失敗することを解決するため、植物にインタラクションを付与し、植物の育成を拡張してより楽しめるようなシステムを提案した。川上ら [6] では、室内植物に関する研究では、植物とロボットを組み合わせる、ユーザの行動にすぐにフィードバックを返すという植物をペットのように育成する手法を提案している。また、栗林ら [7] では、植物の電位反応などの性質を利用して、インタラクティブシステムの構築支援ツールを開発して、植物とのコミュニケーション支援する手法を提案している。これらの研究は、観察頻度をあげることや解決を容易にすることで植物の育成支援を行うというものである。植物が自身の現状を育成者の目に入りやすい形でフィードバックできれば、上記の問題は解決すると考えられる。しかし、正しく解釈ができる状況でも、モチベーションがもてない場合、見たからといって世話をしないと考えられる。モチベーションが続かなければ、世話を続けることは困難である。このモチベーションの維持の困難さが 2 つ目の問題点である。モチベーション維持の困難さについては、植

¹ 神戸大学

神戸大学, 神戸市, 灘区, 六甲台

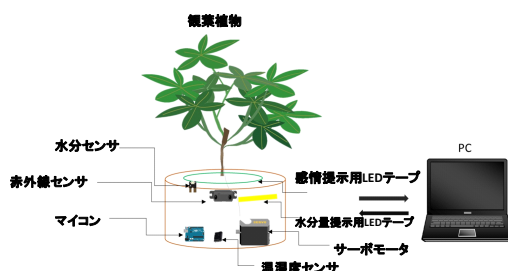
^{†1} 現在, 科学技術振興機構さきかけ
Presently with

a) kaku@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-au.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

物は動物などに比べて、行った世話に対して反応が乏しいことが理由として挙げられる。植物も水が不足した場合、注意深く観察すれば反応はあるが、動物のような即時的なリアクションはほとんどない。人や人以外の動物は、声や動作で互いにコミュニケーションをとる。ペットの犬を例とすると、人間が餌を与えたとき、犬は尻尾を振り、鳴き声をあげて餌に近づき、食べるといった状況が想定できるが、我々はこのような動作や声を、人が行った餌やりという行動に対して、「犬が喜んでいる」と感じる。田島ら [8] では、人間は感情を持っているような反応を返してくれるロボットとのコミュニケーションを繰り返すことで、だんだん愛着を湧くペット型ロボットの開発を行った。このように西田ら [9] では、植物も何らかの代替を用いて動物のように自己の状態をより強調して表現するというアプローチによって、植物の表現としてエージェント(妖精)を登場させる。自己の状態を強調して伝える役割を妖精が担うことにより植物への親近感が高まり、より世話をしたくなるという効果を実現した。そこで、人が植物の状態を正しく解釈できるようなフィードバックがあり、人間がおこなった世話などの動作に対して、動物の例のような「喜んでいる」といった人間の感情のように表現したフィードバックがあれば、不安要素として挙げられていた栽培管理に関する問題が緩和し、育成の楽しみが大きくなり、育成モチベーションの増加にもつながるのではないかと考えた。本研究では、人と植物の間に豊かなインタラクションをもたらすことを目的とし、インタラクション増加のために植物に擬似感情を表現させた場合の有効性を評価した上で、植物の水分などの状態を計測し、それをあたかも植物が感情をもっているかのように表現し、育成者にフィードバックするシステムを提案し、その効果を評価する。



2. 提案システム

本章では、LEDテープとサーボモータを利用することで、植物が光や動作で擬似的に感情を表現するシステムを提案する。まず予備実験として、植物自体を光らせたり、動作をさせた場合にユーザはそれを擬似的な感情として受け取るのかを評価した。その結果より、提案システムの表現パターンを決定し、実装する。提案システムの構成を図

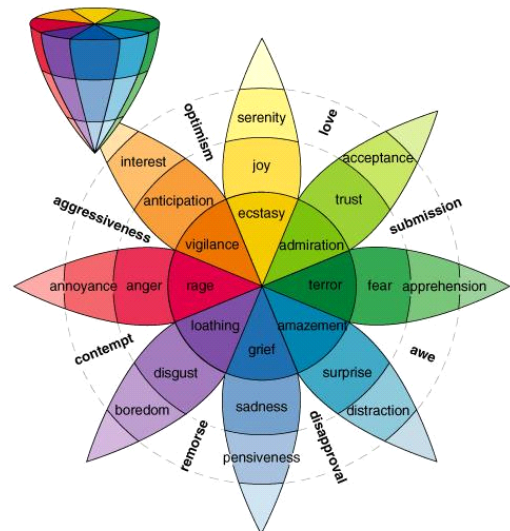


図2 Plutchik感情モデル [10]

1に示す。提案システムは植物の状態をユーザに分かりやすく光や動きを利用して提示する。このとき、植物の光や動作を擬似的に植物の感情のように表現することで、ユーザが植物に対してより愛着をもち、見る、近づく、話しかけるなどのインタラクションの頻度を多くなるのではないかと考えた。土が乾いた時、植物は土が乾いていることに悲しむので、青色の光は悲しみを表現する提示でユーザの注意を引く。そして、水が与えられた場合はそれ以上やり過ぎ場合は赤色は怒りの感情を提示するなど、植物の育成を支援し、さらにはユーザに心理的な癒し効果を与えることを目標としている。

2.1 光による擬似感情評価実験

まず、LEDを用いて植物自体の色を変化させる方法について述べる。点灯光のパターンによりどの感情を感じたか、もしくは全く感じなかったかの評価には、図2に示したブルチックの感情の輪という感情モデル [10] を用いて、8つの基本感情を選択肢として、光のパターンによって選択肢の基本感情を感じたかをユーザがアンケート形式で回答した。Plutchikの感情の輪とは、1980年にアメリカの心理学者 Plutchik が提唱した、色彩立体的感情モデルである。人間の感情の分類は、色の分類と似ており、図2のモデルでは、中央に向かうほど強くはっきりとした感情になることを表している。また、輪の外側に向かうほど感情は弱くなり、隣り合う感情との違いがわかりにくくなる様子を表している。

2.2 点灯色変化実験

出村ら [11] では、色は感情表出ができる、例えば赤は怒りや激情、黄は快活など、色と心理的印象の間に特別の関



図 3 実験で用いた点灯色のパターン

係があると証明されている。山内ら [12] では、表情表出機構しないロボットを用いて動的な色彩変化によって感情を表現できる可能性を示した。確かに、色彩の変化と感情の間に関係があることがよく知られているが、植物にも可能であるかを確かめる必要がある。そこで、図 3 のように LED を用いて植物を照らすことで植物自身の色を変化させ、各色について、ユーザは植物が感情をもっているように感じるのかを検証する。評価実験で用いた図 3 のシステムは植木鉢の内部上端 3cm のところに LED テープ (LED の個数は 17 個) を貼り付け、点灯色を変化させることができる。被験者は複数パターンの光の色を見て、植物が表現している感情についてのアンケートに回答した。本実験では、同じ点灯パターンで赤色、青色、黄色、桃色、緑色の 5 種類をそれぞれ 5 秒間ずつ点灯させる。アンケートで回答させた感情の種類は Plutchik の感情モデルにおける 8 つの基本感情を利用し、喜び、悲しみ、怒り、信頼、怖がり、嫌悪、安心、驚きの 8 種類の感情について、その感情を感じたかどうかを被験者は 5 段階で評価した。被験者は 20 代の男女 13 人 (男 8 人、女 5 人) である。

5 段階の評価は、1 点から 5 点 (1. まったく感じていない, 2. やや感じていない, 3. どちらともいえない, 4. やや感じた, 5. かなり感じた) に設定しており、5 に近づくほどその感情を強く感じたことを意味する。実験の手順は、被験者は点灯色パターンを見た後、アンケート用紙に回答する。実験は一人ずつ別の時間帯に行った。

2.2.1 実験結果

まず、アンケート用紙に記入されたデータの平均値を算出した。本実験から得られた結果は以下のように示す。色を変化させた時の擬似感情評価の平均値と偏差値のグラフを図 4 に示す。赤色については、怒りの平均値が高く、分散分析の結果有意な差がみられた ($p < .05$)。青色は悲しみの評価が高く、分散分析の結果、有意であった ($p < .05$)。黄色は喜びの評価が高く、分散分析の結果は有意であった ($p < .05$)。また、緑色は期待の平均値が高く、分散分析の結果は有意であった ($p < .05$)。これらの結果から、提案

システムでは赤色は怒り、青色は悲しみ、黄色は喜び、緑色は期待という感情の表現を用いることとする。

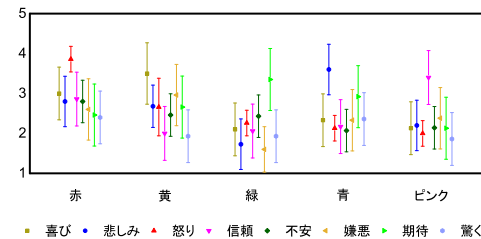


図 4 色変化

2.3 点灯速度変化実験

次に、点灯色変化実験の結果を利用し、Plutchik が提唱した 8 つの基本感情と感情の強度、強い感情、基本感情、弱い感情を利用し、植物に擬似感情をさせ、植物から感情提示することをできるかを検証する。今回は LED の色および点灯速度を変化させることで実験を行った。

前節の実験結果から、植物の色を変えることで色ごとに植物が感情をもっている印象を与えることが分かった。Plutchik が提唱した感情モデルは基本感情である 8 つ以外の感情も表しており、各色の濃淡が情動のレベルと関連している。例えば、激怒なら色が薄くなっていくにつれ、激怒 > 怒り > 苛立ちというように弱くなっていく。それぞれの情動には正反対の情動があり、それが対極に置かれている。

本実験では、前節の実験結果を利用し、各色の点灯速度は 10ms (高速点滅), 25ms (中速点滅), 50ms (低速点滅) とした。アンケートでは、色変化実験から得られた結果より有意となった 5 つの基本感情の感情強度を 3 段階で表した 15 種類の感情を LED の点滅速度を変化させることで表現し、被験者がそれぞれの色ごとに感情の強度の違いを感じるかを検証する。実験の手順は前節の実験と同様で、まず、被験者に表 1 に示した色の濃度と感情の関連を提示する。そして、被験者は各点灯パターンを見て、アンケートに回答する。アンケートでは、各パターンごとにその感情を感じたかどうかを 5 段階で評価した。

被験者は 20 代の男女 13 人 (男 8 人、女 5 人) である。では、各項目について 1 点から 5 点まで点を設定し、(1. まったく感じていない, 2. やや感じていない, 3. どちらともいえない, 4. やや感じた, 5. かなり感じた) を設定しており、5 に近づくほどその感情を強く感じたことを意味する。

2.3.1 実験結果

アンケート用紙に記入された各パターンの感情について評価値の平均値と偏差値を算出し、その結果を図 5, 図 6, 図 7 に示す。評価結果から怒りと喜びと悲しみの平均値の

表 1 色の濃度と感情表出

強い感情 (濃い)	基本感情 (中間)	弱い感情 (薄い)
大喜び	喜び	落ち着き
恐怖	怖がり	不安
激怒	怒り	苛立ち
憧れ	信頼	容認
悲痛	悲しみ	物思い
警戒	期待	関心
驚愕	驚き	動揺
憎悪	嫌がり	退屈

評価が高かった。

評価結果から怒りと喜びと悲しみの平均値の評価が高かった。黄色また、高速点灯の評価では大喜び、喜び、落ち着きの中で大喜びの評価が高かった。さらに、高速、中速および低速で比べた時、大喜びの評価が高く、有意な差もみられた ($p < .05$)。さらに、黄色は高速、中速及び低速で比べても大喜びの評価が高かった。感情について分散分析を行った結果有意な差もあった ($p < .05$)。そして、赤色高速のときは激怒、怒り、苛立ち中で激怒の平均値が高く、また、赤色は高速、中速、低速の中にも激怒の評価が高分散分析の結果、有意差が見られた ($p < .05$)。悲しみの感情において、青色でまた、高速、中速および低速の中で低速の時は悲しみの評価が高く、有意な差が分かった ($p < .05$)。ほかの感情評価は多重比較の結果、有意な差が見られなかった。また、中速の時は黄色の喜び、赤色の怒り、または青色の悲痛の評価が高かった。感情について分散分析を行った結果有意な差もあった ($p < .05$)。これらの結果から、提案システムでは、赤色高速点滅の時は激怒の感情を表示する、中速のときは赤色の怒り、黄色の喜びと青色の悲痛の感情を表示する。そして、青色低速の時は悲痛の感情を伝達できるということが分かった。

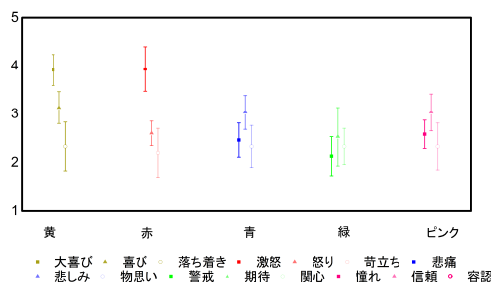


図 5 高速点灯パターン変化時の感情評価の平均値と偏差値

2.4 動作による擬似感情評価実験

後藤らは速度が速い場合は感情が強く感じられることを示した。そこで、植物自身が動いて、身体動作を行った場合、ユーザは植物が感情をもっているように感じるのかを検証する。中田らはロボットを用いて、ロボットの身体動作と感情の関係を示した。力強い動くのは喜び感情を表現

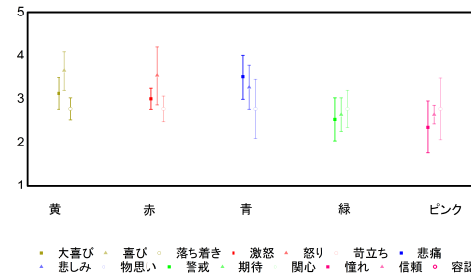


図 6 中速点灯パターン変化時の感情評価の平均値と偏差値

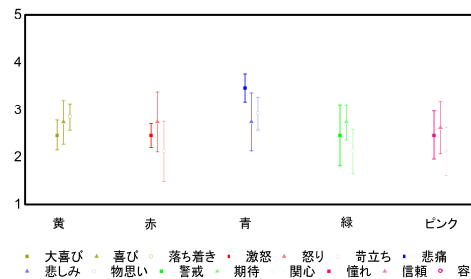


図 7 低速点灯パターン変化時の感情評価の平均値と偏差値



図 8 動作による擬似感情表現実験に用いたシステム

し、力弱い動きのは悲しみ感情を表現することを証明した。

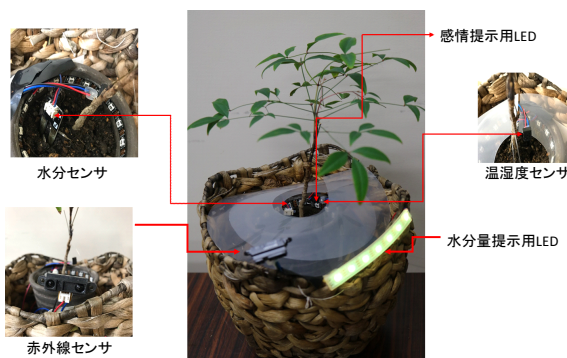
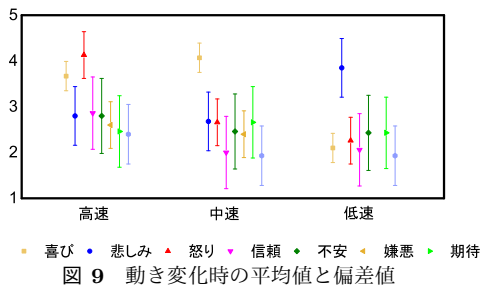
提案システムは図 8 に示す。サーボモータの回転で葉っぱと茎を前後左右に揺らす動作を行う。サーボモータの角速度の制御にはマイコンを用いた。植物自身の動作変化を通して植物が感情表現しているような反応をフィードバックする。

実験の手順について説明する。次に被験者は動きの複数パターンを見て、植物が表現している感情についてのアンケートに回答した。本実験では、0.1rad/s (高速動作)、0.5rad/s (中速動作)、1 rad/s (低速動作) の 3 種類の角速度で植物を揺らす動作を用意した。アンケートでは、色の実験と同様に、喜び、悲しみ、怒り、信頼、怖がり、嫌み、安心、驚く 8 つの基本感情を利用し、その感情を感じたかどうかを 5 段階で評価した。被験者は 20 代の男女 13 人 (男 8 人、女 5 人) である。

2.4.1 実験結果

動作変化による擬似感情評価に対する評価値の平均値と偏差値を図 9 に示した。動作を横軸、評価値は縦軸に表示する。評価結果は怒りと喜びと悲しみの平均値の評価が高かった。高速のときは怒りの平均値が高く中速のときは喜びの平均値が高かった。そして、低速のときは悲しみの評価値が高かった。これらの 3 種類の感情について、分散分

析の結果、有意な差がみられた ($p < .05$)。実験結果から、高速、中速、低速の動作はそれぞれ怒り、喜び、悲しみの感情を被験者に感じさせることができ、これらの感情を伝達できると証明した。



2.5 システム構成

予備実験で評価した結果、ユーザに感情をもっていると感じさせた光や動きのパターンを用いて、提案システムを実装した。提案システムは、赤外線センサ、水分センサ、温度センサ、音声認識アプリ Bitvoicer、フルカラー LED テープ、サーボモータ、Arduino Uno、ノートパソコンで構成される。

システム構成を図 10 に示す。植物鉢の正面に赤外線センサを取り付け、育成者の接近距離のデータを検出することができる。また、植物鉢の土壌に配置した土壌用水分センサは、土壌の水分量のデータを検出する。温度センサは周囲の温度を計測するために植物茎の近くに配置されている。赤外線センサ、光センサ、水分センサ、温度センサから取得したデータはノートパソコンを通して解析し、LED テープとサーボモータを用いて、ユーザに植物の情報を感情のように表現し、提示する。

今回は観葉植物として一般的なナンテを利用した。そして植物鉢の内部は二層型にする。植物鉢のサイズは (30cm × 20cm) である。シート状のフルカラー LED を長短 2 枚を利用した。長いテープには 1 枚あたり 17 個の LED が敷き詰められていて、植物鉢の内部上端より 3cm 離れたところに貼り付けた。短い LED テープは 7 個の LED が敷き

詰められていて、植物鉢の外部上端より 0.5cm のところに貼り付けた。山口ら [13] では、観葉植物は一般的に 15℃ 以上の気温で元気に育ち、10℃ を下回ると元気がなくなる。観葉植物はもともと熱帯地方に自生しているものが多い、気温が高いほどよく育つが、日本の冬の寒さに耐えられないものが多い。そこで温度管理は基本的には 10℃ を目安とし、室温がそれ以下に下がるときは、温かい部屋に移動することが必要である。提案システムでは、植物のいる周囲の環境の温度を検出するために、温湿度センサ AM2321 を使用した。温度の測定範囲は -40 ~ +80℃、精度は ± 0.3℃ である。湿度の測定範囲は 0 ~ 99.9% RH、そして、精度は ± 3% である。

ユーザが植物に近づいた状態を検出するため、植物鉢の表面の 3cm のところに赤外線センサを取り付けた。使用した赤外線センサは赤外線 LED と PSD (Position Sensitive Detector) で、非接触で距離を検出することができる (シャープ測距モジュール、型号: GP2Y0A21YK) を用いた。サイズは 29.5 × 13 × 13.5mm で、使用した赤外線センサの測距範囲は 10 ~ 80cm であり、アナログ電圧を出力する。

また、植物に動作をさせるため、サーボモータは植物鉢の内部に植物の前後に設置した。使用したサーボモータは Parallax Inc、型番号 900-00005 である。サーボモータは一定の角度範囲内で任意の角度で位置決めできる。サーボモータは電源、グラウンド、制御ピンの 3 つのピンだけで制御ができ、角度を指定して、シャフトを自由に動かすことができる。この角度指定には HIGH, LOW を繰り返すパルス幅変動を利用している。透明の線で植物の茎とサーボモータを繋げることにより、回転の角度と速度を制御して葉っぱと茎を揺らしている。

土壌の水分量を検出には、植物鉢の土壌に水分センサを配置した、使用した土壌水分センサは DFRobot 社、型号 M-07047 である。これは Arduino 向けにデザインされた土壌の湿度環境を測定するためのセンサであり、金メッキされた二本のセンサ部を土に挿して使用する。使用した土壌水分センサのサイズは 60 × 20 × 5mm である。

植物と会話をするため、音声認識アプリ BitVoicer を利用した。音声認識 BitVoicer Server には、26 の国と地域から 17 の言語をサポートし、複数のデバイスに同時に対応できる音声認識エンジンとシンセシスエンジン用の新しいマネージャがある。各デバイスは独自の音声認識エンジンまたは合成エンジンを備えている。クライアントデバイスは、シリアルアダプタなどの仮想シリアルポートを含む TCP / IP インターフェイスまたはシリアルポート経由で BitVoicer Server と通信できる。育成者は植物に話をかけ、パソコンのマイクを通し音声認識アプリに音源の情報を伝送する。

データの伝送はノートパソコンを使用し、LED テープと

これらのセンサを制御した。

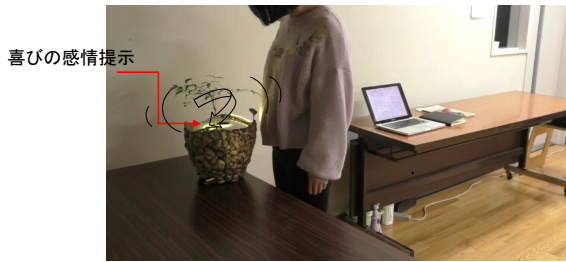


図 11 植物に近づいた状態

2.6 アプリケーション

今回は植物に赤外線センサ、サーボモータ、温湿度センサ、LED テープを植物に取り付けることで、赤外線センサで植物に近づく動作を認識し、植木鉢の中の黄色の LED を点灯し、植物自身中速動作し、植物の感情表出動作は表 2 にしめす。図 11 のように、植物に近づいて、植物は黄色の LED を点灯し、中速で動作し、喜びの感情をを提示する。植物が成長するために必要不可欠な要素である水および温度を把握し、植物にとって最適な環境データを計測し、このデータと現在植物に必要な環境のデータを比べた上で、植物の今の状況を LED の色と植物自体の動作で提示する。また、人間の行動に対して、植物自体が揺れたり、植物に貼り付けた LED を光らせる、また水分センサより土壌の水分度を認識し、水分量によって LED の色を変化させるごとに、ユーザに水分量を提示する。(図 12) そして、温度が高いところもしくは低いところに長時間に放置すると植物に配置したサーボモータにより植物に動作をさせる。このとき、ユーザが植物に”どうしたの”と声をかけたら、室内の温度は 25 度以上の場合、植木鉢の中の赤色の LED を点灯し、暑いため怒りの感情を提示する。もし、室内の温度を 10 度以下の場合、植木鉢の中の青色の LED を点灯し、寒いため悲しみの感情を提示する。また植物に”おはよう”および”こんにちは”と声をかけたら、植木鉢の内部の黄色の LED を点灯して、喜びの気持ちを提示する。そして植物に”お疲れ”と声をかけたら、植木鉢内部の青色の LED を点灯して、ユーザと離れてしまうため、悲しみの感情を提示する。今回は音声認識アプリ Bitvoicer を使用し、植物に話した言葉を認識し、植物の感情を意味する情報を提示する。これらのアプリケーションを用いて、植物には光や動作などのフィードバックさせることで植物と人間の行動インタラクションを実現させる。また、ユーザが長時間植物を見ない時、緑色の LED を点滅し、そして、サーボモータにより植物を動かせることでユーザに期待の感情を提示する(図 13)。これらの動作を通して、植物が感情を持っていることを育成者を感じさせることで、植物の育成の失敗を減少できる。また人間は植物の感情を感じ、植物が人間に共感しているように反応をすることで、

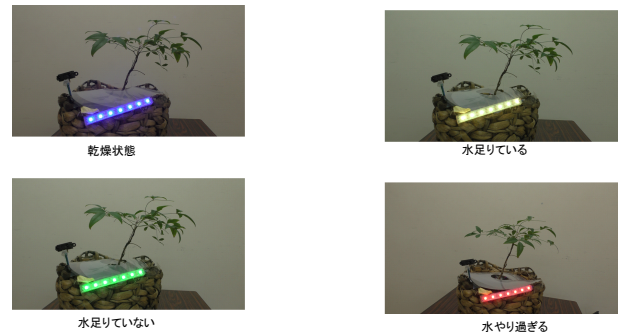


図 12 水分量提示

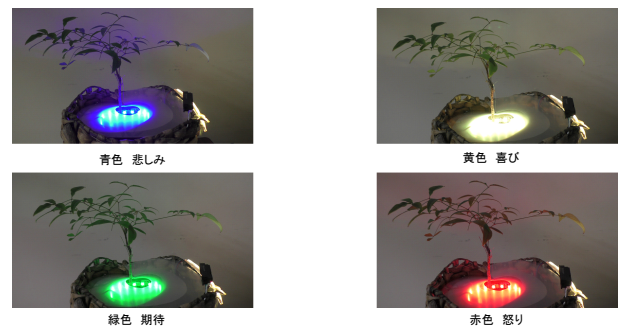


図 13 感情提示

人間の心を癒し、ストレスを減少することが出来るのではないかと考える。

表 2 植物の感情表出

植物の状態	揺れる速度	LED の色
暑い	高速	赤色
寒い	低速	青色
喜び	中速	黄色
期待		緑色
悲しみ	低速	青色

3. 評価実験

本章では、提案システムの有効性を検証するために行った評価実験について述べる。実装したシステムは被験者の隣の机に配置し、被験者との距離は約 45cm、室内で実験を行った。植物の周囲に赤外線センサ、水分センサ、温度センサとサーボモータを配置することで、人の動作や土壌の水分状態や植物置いた場所の温度の高さなどを認識し、人間の行動および植物の状態に対して、植物自体が揺れて、動くフィードバックを提案する。このフィードバックを用いることで、人間の行動に対する植物の反応を動作と光で受け取ることができ、人と植物とのインタラクションを促進できるのではないかを検証する。

3.1 実験内容

本実験では、提案システムを取り付けた植物と提案シス

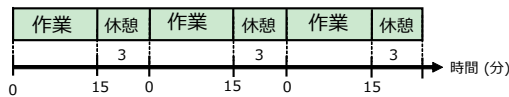


図 14 実験フロー



図 15 デバイスなし

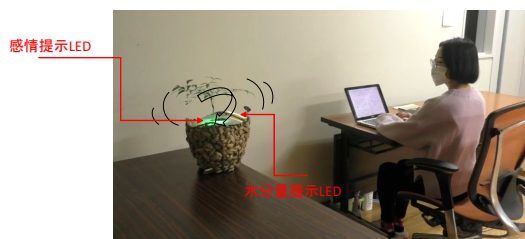


図 16 デバイスあり

テムを取り付けていない植物それぞれと同じ空間にいてもらい作業を行うことで、提案システムを取り付けていない植物と比べて提案システムを取り付けた植物へのインタラクションが増えるかを調査する。まず、実験は一人ずつ行い、同じ部屋で実施した。提案システムを取り付けていない時の実験の様子を図 15 に、提案システムを取り付けた時の実験の様子を図 16 に示す。次に実験手順を図 14 に示す。池谷ら [14] では、15 分毎に短い休憩を挟むことで集中力を維持して作業ができるとしていたので本実験の手順でもこれを参考にする。被験者は 15 分間自由作業をする。次に、3 分間休憩する。休憩中は自由に行動して良いと被験者に伝えている。この手順を 3 回繰り返した。この手順に則り、それぞれの植物に対して約 60 分の実験を 2 回行なった。それぞれの実験終了時に被験者はアンケートに回答する。そして、提案システムを取り付けた植物での実験では、休憩をとる時に提案システムが緑色を点灯したりサーボモータを低速で動いたりすることで、ユーザに寂しいと期待の気持ちを提示する。もし、植物に近づいたら、LED を黄色く点灯させて、ユーザに喜びの気持ちを提示する。本実験の評価軸は植物自身を光らせ、動かすことによってはユーザの注意を引かせたかどうかを知るために、また、実験中ユーザが植物を見た回数、植物に近づいた回数、植物を触った回数、植物に話をかけた回数の 4 種類のインタラクションの回数を抽出する。さらに、提案シ

ステムの有無で癒し効果に影響があったかを調べるために癒し、気持ち、リラックス、親しやすい、落ち着き、快適の 6 種類の項目について、どう感じたかどうかを被験者は 5 段階で評価した。5 段階の評価は、1 点から 5 点 (1. まったく感じていない, 2. やや感じていない, 3. どちらともいえない, 4. やや感じた, 5. かなり感じた) に設定しており、5 に近づくほどその項目を強く感じたことを意味する。被験者は 20 代の男女 9 人 (男 6 人, 女 3 人) である。

3.2 実験結果

作業中におけるインタラクションの回数の結果。提案デバイスを取り付けていない実験における作業の時、全ての被験者が植物とインタラクションを取っていない。提案デバイスを取り付けた実験における 1 回目の作業の時はサーボモータの騒音によって、被験者 A, C, E, H は植物を 1 回見た。2 回目の作業の時は被験者 B は植物を見た。3 回は被験者植物を見てない。

次に休憩中のインタラクションの回数の結果。まず見る回数について述べる。デバイスを取り付けていない実験では、2 人の被験者が植物を見たが、これは植物の方向を見ただけの可能性があり、植物を凝視したかは定かでない。そのためインタラクションしたとは言えない。デバイスを取り付けた実験では、全ての休憩時に 8 人以上が植物を見た。これは提案システムによってインタラクションを促進できたと言える。次に、植物に近づいたについては、休憩を重ねるごとに人数は減っていった。これは、植物に近づいても同じ反応が返ってくるだけで、被験者は植物の反応に飽きたからだと考えられる。この問題を改善するために、今後は、水分量と温度を利用し、植物に近づいたとき、自身の状態によって、LED の色および自身の動き方を変化させる。また、触った回数については 1 回目の休憩の時は植物を触った人数は多かった。2 回目以後はだんだん減っていった。本来、植物を触ることは植物にダメージを与える。そのため、休憩を重ねるごとに触る回数が減ることは植物にとって良いことである。しかし、1 回目のときは植物に触った人が多かった。今後は植物を触るというインタラクションが発生しないようにを改善する。最後に話しかけた回数については、植物に話をかけた人数は少なかった。本実験では、植物に話しかけたら植物が反応することを伝えないようにして行なった。そのため、いきなり話しかける人はあまりいなかったと考えられる。実際の環境では、話しかけると反応があることを知った上で過ごすと考えられるので今後、事前に情報を伝えた実験が必要であると考えられる。

また、1 回目の休憩で話しかけた人は 2 回目以後は植物に話をかけなかった。これは、声をかけた言葉が提案システムに登録した言葉でなかったため、植物が反応しなかったからである。ただし、被験者 C は偶然設定した言葉であ

る”こんにちわ”と話しかけ、その言葉に反応してLEDが黄色に点灯し、植物自身を中速で動かした。そのため、被験者Cは休憩毎に何度も植物に話をかけた。これらの問題を改善するため、今後は認識できる言葉を多く設定する。

最後にいやし効果についてのアンケート結果を表3に示す。被験者全員の評価値の平均値に着目して、提案システムの有無で比較をすると差異が見られたので、感情評価値に対して分散分析を行ったところ、癒されたかどうかについてはデバイスを取り付けた植物はデバイスを取り付けていない植物より平均値が高く、有意な差がみられた。気持ちよい、快適、感情を持つおよびリラックスについてもデバイスが取り付けられた植物の平均値が高く、有意な差が見られた。これより、提案システムを取り付けていない植物と比べて提案システムを取り付けた植物は癒し効果が高いことを証明した。

そして実験終了後、植物に近づいた理由と植物が感情を表現していると感じたかどうかを自由記述の形式でアンケート調査を行った。結果として被験者A, C, E, F, Iは植物感情を持っていると答えた。また、コメントとして、”挨拶してくれるみた”、”私と遊んでみたい”、”動物みたい、可愛くて”、”喜んでるみたい”と回答した。そして、被験者B, D, G, Hは植物の感情を感じてないと回答した。これは植物の揺れると点灯の意味を理解できなかったためだと考えられる。これは動物を飼うことと同様で、動物を飼い始めた時、動物の鳴き声や動きの意味を理解できない。しかし、一緒に過ごしていくことでお互いに慣れてきて、だんだん動物の鳴き声の意味がわかるようになる。植物を飼う時も同様の事が考えられる時間を経つについて一緒に過ごしたら、植物の身体動作と点灯の意味は理解できると考え時も同様のことが考えられる。

表3 アンケート結果

実験者	癒された		気持ちよい		リラックスした		癒しやす		疲らつき		快適	
	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり
A	1	4	1	4	1	5	1	3	1	5	1	3
B	3	4	3	5	3	4	3	4	3	4	3	3
C	3	4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
D	2	5	2	4	3	5	3	3	3	4	3	4
E	3	4	3	3	3	3	3	2	3	2	3	4
F	1	4	1	4	1	5	1	4	1	3	1	4
G	3	4	3	5	2	3	2	3	1	3	3	4
H	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	3
I	3	4	2	4	1	3	2	4	2	4	1	3
平均値	2.33	4.11	2	3.77	1.55	3.22	1.66	3.77	2	3.44	2	3.11

4. まとめと今後の課題

本稿では、植物に水分センサ、温湿度センサ及び赤外線センサを設置し、植物の状態を計測し、その状態の提示手法として、サーボモータとLEDを用いて、人間の動作に対して植物が感情を持っているかのような反応を返すことで、植物と人間のインタラクションを促進するシステムを提案した。提案システムを用いて光と植物の動きの変化によって植物の感情を表現し、植物と人間のインタラクションが増加するかを検証した。評価実験では、被験者9人に

提案システムを実装した植物とシステムを実装していない植物がそれぞれ配置された部屋で作業を行ってもらった。実験の結果、被験者全員が提案システムを実装していない植物と比べて実装した植物を見る回数が増えた。また、自発的に触ったり声をかけるようになった。アンケート結果によって、多数の被験者は光と動きを見て植物に近づいた。今後の課題として、音声認識において植物が反応を返す言葉を増やし、音声認識精度を高め、植物と人間の会話を実現し、そして、他のセンサを実装し光による色の変化や植物自体の動作だけではなく、音声出力によるフィードバックについても検討し、人間と植物とのインタラクションを増加できるかを検証する。

参考文献

- [1] 下村 孝, 黒宮ゆかり, 上町 あずさ: 家庭における室内緑化植物の利用実態と利用者の意識(人間・植物関係学会雑誌), Vol. 6, No. 2, pp. 31-39 (Mar. 2007).
- [2] 仁科弘重: 観葉植物による室内のホルムアルデヒド除去効果の解析, 日本農業気象学会日本生物環境調節学会合同大会講演要旨, pp. 328-329 (2000).
- [3] 浅海英記, 仁科弘重, 難波亮子, 増井典良, 橋本 康: 観葉植物が室内の温熱環境および温熱快適性に及ぼす影響: 冬期における実験による解析, 日本建築学会, Vol. 59, No. 464, pp. 39-46 (1994).
- [4] M. S. Lee, J. Lee2, B. J. Park, and Y. Miyazaki: Interaction with indoor plants may reduce psychological and physiological stress by suppressing autonomic nervous system activity in young adults: a randomized crossover study, *Lee et al. Journal of Physiological Anthropology*, Vol. 28, pp. 21-34 (Apr. 2015).
- [5] 松井直幸, 木下雄一郎, 郷健太郎: Botanicalife: 植物にインタラクションを付与したエンターテインメントシステム, 情報処理学会全国大会講演論文集, pp. 243-245 (Mar. 2011).
- [6] 川上あゆみ, 塚田浩二, 神原啓介, 椎尾一郎: ペットのようなコミュニケーションをはかる植木鉢型ロボット, 一般社団法人情報処理学会, Vol. 2011, No. 1, pp. 4.891-4.892 (Mar. 2013).
- [7] 栗林 賢, 坂本雄祐, 田中浩也: 植物を用いたインタラクティブシステムの構築支援環境, 日本ソフトウェア科学会, Vol. 26, pp. 59-70 (Jan. 2009).
- [8] 田島年浩, 齊藤幸弘, 大角雅治, 工藤敏巳, 柴田崇徳: 感情をもったインタラクティブ・ペットロボット, 第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集, Vol. 54, No. 7, pp. 1020-1024 (May. 2000).
- [9] 西田健志, 大和田茂: 萌え木: 拡張現実による植物育成支援, 第14回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, pp. 23-26 (Dec. 2006).
- [10] R.Plutchik: Emotion and Life Perspectives from Psychology, Biology and Evolution (2002).
- [11] 出村洋二: 色彩の芸術と科学, 日本ソフトウェア科学会, 昭和堂 (2006).
- [12] 山内厚志, 寺田和憲, 伊藤 昭: 動的な発色によるロボットの感情表出, ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集, Vol. 13, No. 1, pp. 41-52 (Fed. 2011).
- [13] 山口清二: 園芸作物の栽培と管理: 観葉植物の育て方, 佐賀大学農学部農場報告, Vol. 14, pp. 27-31 (Jan. 2001).
- [14] 池谷裕二: 勉強時間による学習の定着・集中力に関する実証実験 (Mar. 2017).