

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350066

研究課題名(和文)心と体の負担を考慮した植物生体電位による居住者の室内振る舞い推定システム

研究課題名(英文)A system for estimating indoor resident's behavior using bioelectric potential of living plant considering human's stress

研究代表者

南保 英孝 (Hidetaka, Nambo)

金沢大学・電子情報学系・准教授

研究者番号：30322118

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、植物生体電位が人間の位置や動きによって影響を受けることを利用し、生体電位の変化から人間の位置や動きを推測する手法を構築した。まず、観測した生体電位から、機械学習やディープラーニングによって距離を推定するモデルを構築した。さらに、複数の植物を室内に配置し、構築したモデルを適用することで、居住者が室内のどの場所にいるかを推定する手法を構築した。

本研究では、植物を用いることで、植物そのものが持つ癒し効果も期待できる。さらに、近年需要が高まっている居住者のモニタリングを、監視カメラのような被観測者に心理的な負担を与える装置を用いることなく実現するための基礎を実現したものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused the property of living plants that their bioelectric potential are affected by the position or actions of the human around the plant. Using this property, we construct the method to estimate the position and action of the resident using bioelectric potential of plants. At first, we constructed models to estimate a distance from a plant to the resident applying Machine Learning Methods or DeepLearning. Furthermore, using multi plants and constructed models, we developed the method to estimate and track where is the resident in the room.

The main purpose of this study is to consider human's mind. In other words, this study is expected to heal human's mind because living plants has originally the healing effect. Moreover, this study realized the basic method to monitor without using the devices which violate person's privacy such as cameras or microphones, and without mental burden to monitored residents.

研究分野：人工知能

キーワード：室内モニタリング 植物生体電位 振る舞い推定 癒やし

1. 研究開始当初の背景

近年の高齢化社会の進行や一人暮らしの増加により、このような世帯では、万が一の事故などに備え、居住者の安全や安否確認のために室内を常時モニタリングできるシステムが必要とされている。モニタリング実現のために、居住者にセンサや通信機器を携帯してもらい、情報を収集するという手法がいくつか提案されている。しかし、機器を携帯する必要があるということは、居住者に身体的な負担を強いるものであり、好ましいとは言えない。また、室内にカメラやマイクなど様々なセンサを設置して情報収集を行うシステムも広く実用化されているが、システムが高価かつ設置が容易ではないことや、さらに居住者のプライバシー侵害の恐れがあるなど、心理的な負担も与えてしまうという問題がある。

そこで本研究では、植物生体電位を室内の情報収集の手段として用いる。植物生体電位は、室内の気温などの環境要因や人体活動から影響をうけるということが定性的に示されている。しかし、いずれも本研究の目的である植物生体電位と振る舞いの間の定量的な評価や、この特性を利用した居住者の振る舞い推定は実現されていない。

2. 研究の目的

本研究では、居住者に対して心理的・身体的な負担を与えることなく、居住者の室内における位置や振る舞いを推定するシステムの構築を目的としている。具体的には、従来のカメラやマイクのようなプライバシーに関わる情報を取得するセンサを用いて室内の情報を得るのではなく、室内の観葉植物などから採取される植物生体電位の変化から室内の状況を推測し、居住者の位置や振る舞いを推定するものである。これまでに、植物生体電位は人間の活動に反応することが知られており、本研究ではこの特性を利用する。室内における居住者の位置や振る舞いを知ることは、居住者の室内環境制御や老人介護に有益かつ重要な情報である。また、この情報を得るために、従来のウェアラブルセンサや画像処理を用いたシステムよりも居住者に負担をかけず、環境にやさしいシステムを開発することは、高齢化社会や省エネの問題解決にも貢献するものである。

3. 研究の方法

本研究では、モニタリングシステムを構築するために、植物生体電位を用いた居住者の位置推定のための手法を確立することを試みた。

植物生体電位は、図1に示すように、居住者と植物館の距離によって、受ける影響の大きさが異なる。距離が近いほど、影響は大きくなる。この特性を利用し、居住者と植物間の距離を変化させながら植物生体電位を観測

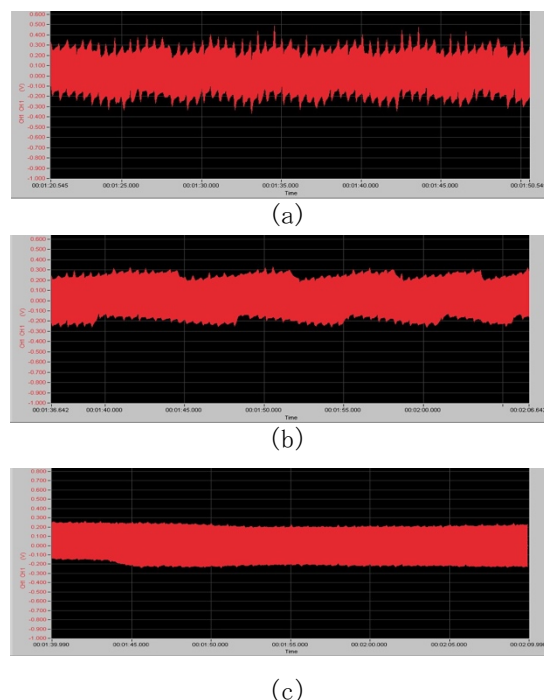


図1：居住者と植物間の距離と整体電位の変化 ((a)0.5m, (b)1.0m, (c)1.5m)

し、その変化のパターン、傾向を学習することで、電位の変化から距離を推定するモデルの構築をおこなった。モデル構築に際しては、機械学習を用いた。アルゴリズムとしては、決定木(J48 アルゴリズム)、マルチパーセプトロン、そして畳み込みニューラルネットワークを用いた。モデル構築の詳細を以下に示す。

(1) データの収集

植物生体の測定は図2に示す環境で行なった。図中のP1, P2が植物の位置である。また、推定モデル構築のための学習データを観測したのは、居住者が図中M1~M5の近辺を歩いている時である。

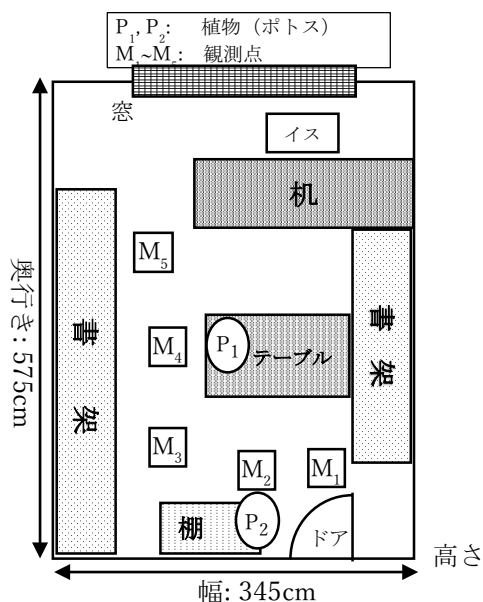


図2：生体電位の測定環境

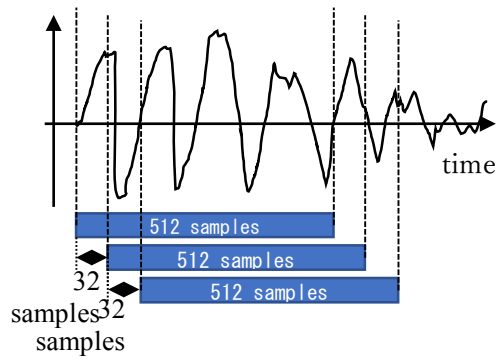


図 3：生体電位からデータの取得

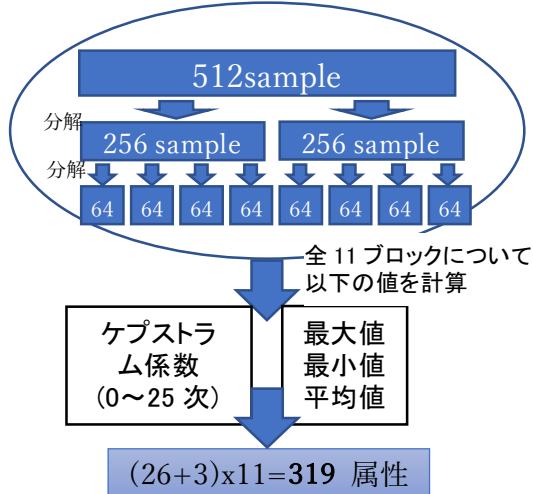


図 4：特徴量の抽出

(2) 特徴量の抽出

モデル構築に決定木、マルチパーセプトロンを用いる場合には、生体電位からその特徴を表す特徴量を抽出しなくてはならない。本研究では、計測した生体電位を 32 サンプルずつシフトしながら 512 サンプルずつ切り出して処理している (図 3)。特徴量としては、512 サンプルをより小さなブロックに分解し、それぞれのブロックにおいて、ケプストラム係数と最大、最小、平均値を計算し、1つのデータ (512 サンプル) から 319 個の値を得ている。

(3) 距離推定モデルの構築

(2) で得られた特徴量と、決定木またはマルチパーセプトロンを用いて、距離推定モデルを構築した。また、畳み込みニューラルネットワークを用いる際には、特徴量の抽出は行わず、生体電位から取得した 512 サンプルを学習データとしてそのまま利用している。

(4) 距離の推定

観測した植物生体電位からデータを切り出し、特徴量抽出の処理を経た後 (畳み込みニューラルネットワークを用いる場合にはそのまま)、(3) で構築した距離推定モデルを適用することで、距離の推定結果が得られる。

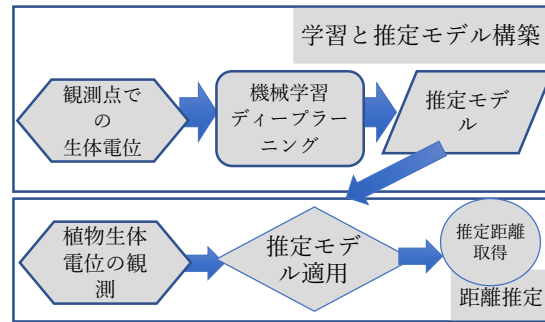


図 5：距離推定モデル構築と推定手順

(1)～(4)までの流れを図 5 に示す。

次に、複数の植物と構築した距離推定モデルを用いて、室内での居住者の位置推定を行うアルゴリズムを構築した。本研究では 2 つの植物を同時に用いて、それらの位置推定結果を統合するためのルールを作成した。

さらに、位置推定精度の向上を図るため、推定モデルに加えて、背景知識の導入を試みた。ここで背景知識とは、室内の家具類の配置に関する知識のことである。

4. 研究成果

各種機械学習アルゴリズムを用いて構築した位置推定モデルの精度を確認した。精度の確認では、学習データを測定した際に同時に測定したテストデータを用いて行った。

決定木、または、畳み込みニューラルネットワークを用いて構築したモデルでは、居住者がいずれの観測点に存在するかを推定し、距離を算出する。決定木、ディープラーニングとも構築したモデルの精度は 85%以上となった。(学会発表 (4), (1))

さらに、決定木によるモデルとマルチパーセプトロンを用いて構築したモデルを併用することで精度の向上を図り、平均して 90%以上の精度を得た。(学会発表 (2), (3))

次に、位置推定システムの推定精度について述べる。位置推定実験では、図 2 の測定環境下で、被験者が図 6 中の赤線と青線で示す動きをした際の推定結果を示す。

被験者は、赤線の動きの場合には観測点 M2 と M4 の間を 10 秒かけて往復する動きを 3 回繰り返した。青線の動きの場合には、最初は椅子の位置で待機し、観測開始 10 秒後に椅子から 10 秒掛けて M5, M4, M3, M2, M1 を通って退室した。これらの動きの際に P1, P2 の植物で測定された生体電位を基に、被験者の位置を推定する。まず、赤線の動きの推定結果を図 7 に示す。また、推定位置を測定環境上にプロットした図を図 8 に示す。図 7 より、往復運動が行われていたことがはっきりと分かる。また、図 8 から、動いていた範囲が読み取れる。つまり、植物生体電位を用いた位置推定の可能性が示されたといえる。青線の動きの推定結果を図 9 に、プロット図を図 10 に示す。こちらの動きでは、植物の近くを通過し

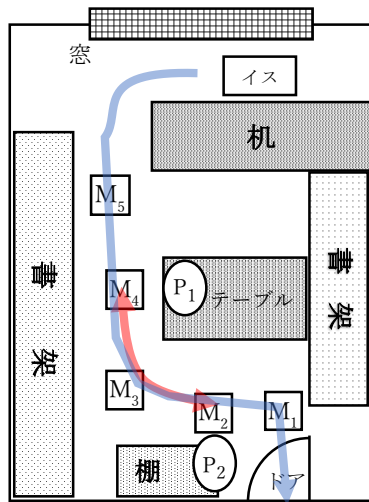


図6：位置推定実験での被験者の動き

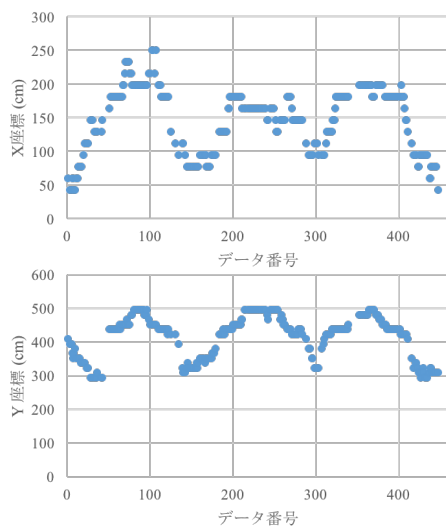


図7：位置推定結果（図6の赤線の動き）

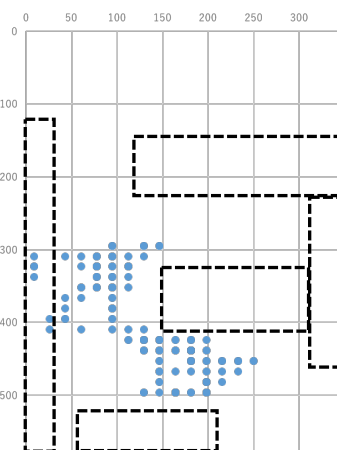


図8：推定結果(図7)のプロット図

た場合は動きを捉えているものの、それ以外の待機時、退室後を含めた被験者が植物から遠方に位置する場合には全く認識出来ないことがわかった。(雑誌論文(1), 学会発表(2))

また、背景知識を利用することで、わずかではあるが推定精度が改善した。室内に配置

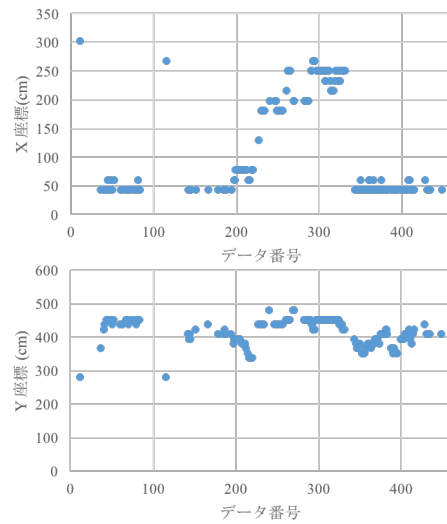


図9：位置推定結果(図6の青線の動き)

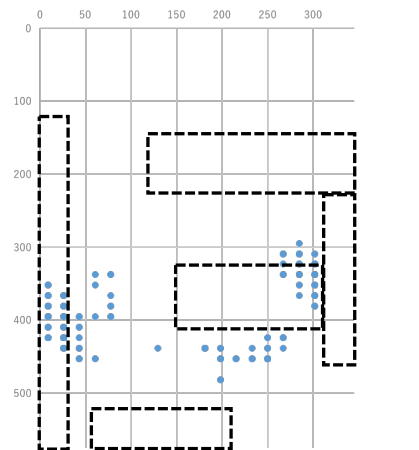


図10：推定結果(図9)のプロット図

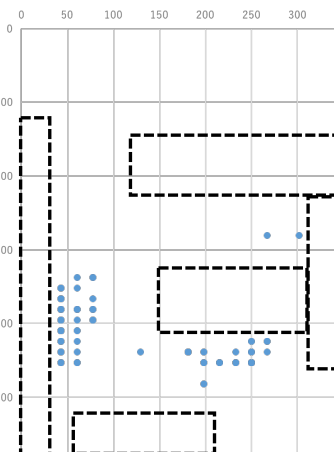


図11：背景知識を導入した推定結果のプロット図（図6の青線の動き）

されている者によって実際には侵入出来ない場所をルールとして除外することで精度を向上させる単純なものである。図11に示すように、本来は書架やテーブルがある場所の推定結果が誤推定として除外されている。(学会発表(2), (3))

以上の成果より、植物生体電位を室内モニ

タリングシステムに利用することが可能であるということと、その基礎的な手法を示した。また、実際に居住者の動きを追従するシステムを構築した。植物を用いた居住者の動きを推定するシステムには世界的にも前例がなく、今後実現に向けて進めていくことで、人に心理的な負担を与えないという大きな特徴を持ったモニタリングシステムが実現出来ると考える。

一方、成果として得られた距離推定、または、位置推定結果より、植物生体電位を用いたモニタリングの問題点がいくつか判明した。

まず、植物が人の動きから影響を受ける範囲が比較的小さいということである。つまり、距離が離れている場合には正確に推定することが困難となる。よって、室内モニタリングのためには、比較的多くの植物を配置する必要があると考えられる。人の動線が事前に分かっている場合であれば、その近辺に配置すれば良いが、配置の間隔や密度にも影響する問題である。

また、植物の個体差も大きな問題である。基本的に大きな方がより反応が鋭敏になる傾向が見られた。よって、植物の生育により反応感度に変化し、学習したモデルが適用できなくなる可能性がある。

今後は、精度の向上とあわせ、上記の問題を解決するための研究を遂行していく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- (1) H. Nambo, H. Kimura, “Estimation of Resident’s Location in Indoor Environment using Bioelectric Potential of Living Plants”, Sensors and Materials, Vol. 28, No. 4, pp. 369-378, 2016(査読あり).
- (2) 野村健太, 南保英孝, 木村春彦, “植物生体電位を用いた人の振る舞い認知システムの開発”, 電気学会論文誌 E, Vol. 134, No. 7, pp. 206-211, 2014 (査読あり).

[学会発表] (計5件)

- (1) K. Harutake, H. Nambo, H. Kimura, “A Study on the Estimation Method of the Resident’s Location using the Plant Bioelectric Potential”, Proceedings of the 17th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, 2016/12/7-10, Taipei (Taiwan).
- (2) 南保英孝, 治武康平, 木村春彦, “植物生体電位を用いた室内居住者の位置推定に関する研究”, 第33回「センサ・マイクロマシンと応用システム」,

2016/10/24-26, 平戸文化センター (長崎県平戸市).

- (3) H. Nambo, H. Kimura, “Development of the Estimation Method of Resident’s Location Using Bioelectric Potential of Living Plants and Knowledge of Indoor Space”, Proceedings of the 10th International Conference on Management Science and Engineering Management, pp. 431-444, 2016/8/30-9/4, Baku (Azerbaijan).
- (4) H. Nambo, Z. Qiang, H. Kimura, M. Nitta, “A Study on the Estimation Method of the Resident’s Location using the Plant Bioelectric Potential”, Proceedings of 16th APIEMS, pp. 582-585, 2015/10/8-11, HoChiMinh (Vietnam).
- (5) X. Jin, H. Nambo, H. Kimura, “Recognition of the Distance between Plant and Human by Plant Bioelectric Potential”, Proceedings of 15th APIEMS, pp. 602-606, 2014/10/12-15, Jeju (Korea).

[その他]

ホームページ等

<http://blitz.ec.t.kanazawa-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南保英孝 (NAMBO, Hidetaka)

金沢大学・理工学域電子情報学系・准教授

研究者番号: 30322118