

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00783

研究課題名（和文）植物センサエージェントを用いた室内モニタリングシステム

研究課題名（英文）Indoor Monitoring System using Living Plants as Sensor Agents

研究代表者

南保 英孝（Hidetaka, Nambo）

金沢大学・電子情報通信学系・准教授

研究者番号：30322118

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、植物を用いた室内モニタリング手法の実現を目的としている。これまでの結果から、植物が人の動きを検知できる範囲が狭いという問題があった。そこで、本研究では、複数の植物を用いることを前提とし、室内に設置した各植物で推定を行い、結果を集約することでモニタリングを行うアルゴリズムの検討を行った。

検討の結果、推定モデルにはCNNが有効であり、また、人の動きを推定する際には、個々の植物で推定するよりも、測定したデータを集約し推定する方が良いことが分かった。しかし、集約することには、植物の増加や計算コストの問題があるため、個別で推定する利点もあるため、今後は精度向上などの改善が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢者社会の進行により、室内モニタリングの需要は高まっているが、センサによって監視されることへの心理的抵抗は高い。本研究では、植物をセンサとして用いることで、心理的な抵抗を減らした室内モニタリングの実現を目指している。現時点では、植物センサの性能は不十分であるため、精度の高い学習手法や複数のセンサを有効に組み合わせて利用する方法の検討を行った。研究成果は、植物を用いた実用的な室内モニタリングの実現の指針となり、さらなる高齢化社会に対して有効であると言える。

研究成果の概要（英文）：In this study, we are focusing on the realize an indoor monitoring using plants. Previous results have shown that the area which plants can detect human movement is narrow. Therefore, in this study, we investigated an algorithm for monitoring by using multiple plants. Estimating each plant installed in the room, and aggregating the results. As a result of the study, it was found that CNN is effective as an estimation model and that it is better to estimate human movement by aggregating the measured data than by estimating individual plants. However, since aggregation has the disadvantage that it has problems on the increase of the number of plants or the computational cost. On the other hand, estimating individually has the advantage for such problems. However, it has the requirement to improve accuracy are needed in the future.

研究分野：人工知能

キーワード：室内モニタリング IoT 植物センサ 高齢化社会

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

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。

本研究グループでは、植物をセンサとして利用することで、室内のモニタリングの実現を試みている。植物生体電位は、植物周囲の環境や人体の動きの影響をうけるということがわかっている。しかし、生体電位が反応する範囲の狭さや、人の細かい動作の検知など、詳細な室内モニタリングを実現するために必要なセンサとしての機能が実現されているとは言えない。

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無く、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、カメラやマイク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。

これまでの植物生体電位を用いた室内モニタリングの研究において、一つの植物が反応する範囲の狭さが問題となっていた。そのため、複数の植物を室内に設置する必要があるが、各植物で検知した結果をどのように集約するかが問題となる。そこで、本研究では、各植物で計測した生体電位を集約して動きの検知を行うのではなく、各植物において検知を行い、その結果を集約する、いわば植物をエージェントとして動作させることで、モニタリングを行う手法を構築することを目的とする。個々の植物を独立に動作させることで、室内に設置する植物の追加が容易となり、精度の向上に結びつくと期待される。

3. 研究の方法

本研究では、植物生体電位から人の動きを検知することを目的としている。ここでは、大きく分けて2点の検討事項について説明する。1点目は、植物生体電位から人の動きを検知するために学習(深層学習)アルゴリズムを用いるが、どのようなアルゴリズムが適切かを検討した。2点目は、各植物において観測された植物生体電位データをそれぞれの植物で処理する方法と、データを集約してから処理する方法の比較である。以下、2点の検討事項に関する実験方法について述べる。

(1) 学習アルゴリズムの検討

データの収集

図1に示す環境下で、植物生体電位の収集を行った。具体的には、図中の中央(Plant)に植物を設置し、居住者が植物から30cm(near)、1m(middle)、2m(far)の3箇所にいるときの植物生体電位をそれぞれ300秒間計測した。サンプリングレート500Hzで計測し、収集した生体電位は、32、128、512のそれぞれの固定長で分割し1つのインスタンスとした。ただし分割の際にはシフト幅32ポイントとした。そのため、固定長が128、512の時にはオーバーラップ部分が存在する。

推定モデルの構築と推定アルゴリズムの比較

また、測定したデータから居住者の位置(near, middle, far)を推定するモデルを構築する。その際、モデル構築に用いる学習アルゴリズムの検討を行った。ここでは、深層学習でよく用いられる、1次元の畳み込みニューラルネットワーク(CNN)と、時系列データに対して適用されることの多いLSTMの比較を行った。図2に実験で用いたCNNを示す。データの長さによってフィルタのサイズなどは変えて行った。また、実験で用いたLSTMネットワークを図3に示す。なお、LSTMに関しては、LSTMブロック層が1層の場合と2層の場合を用いた。

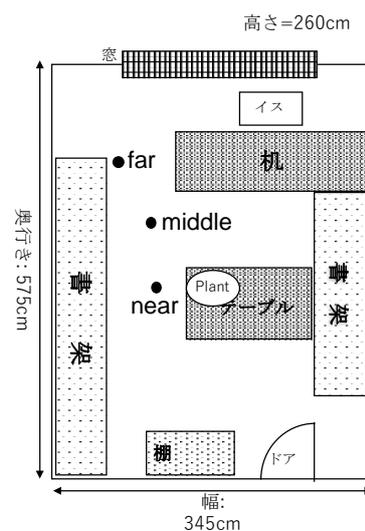


図1: 生体電位の測定環境

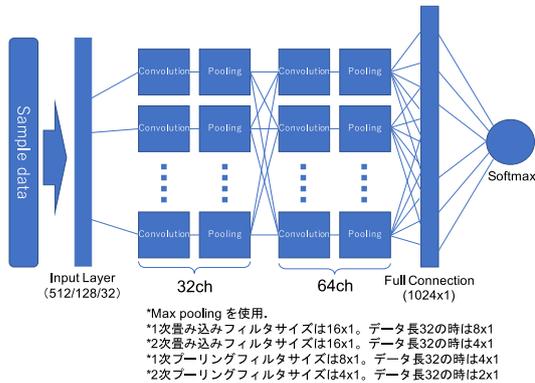


図 2：実験で用いた CNN の構成

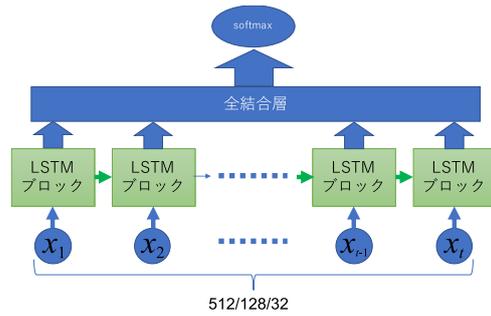


図 3：実験で用いた LSTM の構成 (図は 1 層のもの)

(2) データ処理手法に関する検討

データ収集

各植物で測定した植物生体電位を、サーバなどに転送して推定を行う手法と、植物毎に推定処理を行い、その結果をサーバに転送してから推定を行う手法の比較を行った。図 4 の環境において、植物を 2 箇所(P1, P2)に設置し、居住者が室内の M1~M5 の各位置にいるときの生体電位データを測定した。サンプリングレート 500Hz で、それぞれの位置で学習用データとして 300 秒間、テスト用データとして 30 秒間の測定を行った。また、室内に居住者がいない状態も同様に測定した。データは(1)と同じく、サンプル数 512 の固定長、シフト幅 32 ポイントで分割し、インスタンスを得た。

データ処理手法の検討

推定には、CNN を用いた。データを集約してから推定を行う手法として、図 5 のネットワークを用いた。2 つの植物を用いるため、集約したデータは 2 つの時系列データを重ねた 2 次元のデータとして扱う。

また、植物毎に推定処理を行ってから集約する手法として、図 6 のネットワークを用いた。各植物の測定結果は、図中で実線で囲まれたそれぞれのネットワークで行われ、結果が集約された後、図中緑枠のサーバに当たる部分で、単純なネットワークを通して最終的な推定結果が得られる。

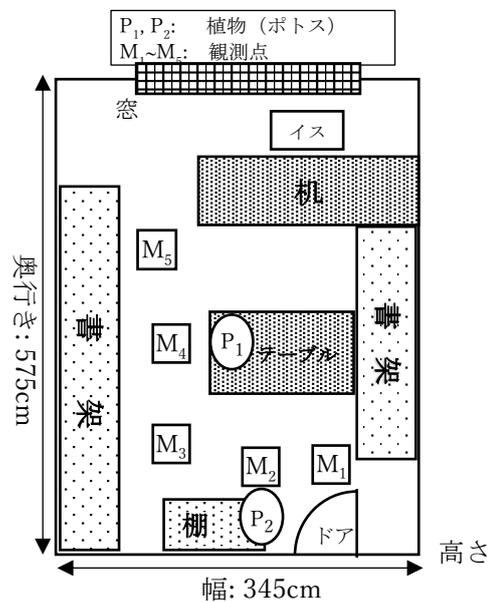


図 3：実験で用いた LSTM の構成

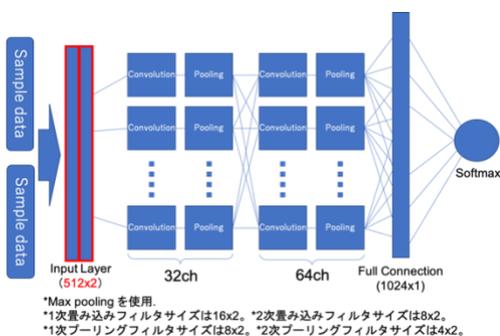


図 5：データ集約型の CNN の構成

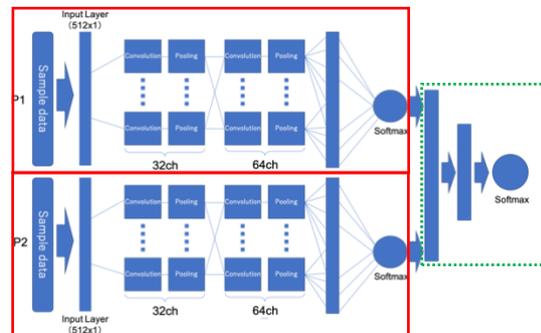


図 6：植物毎推定型の CNN の構成

4. 研究成果

(1) 学習アルゴリズムの検討結果

実験方法で述べた学習アルゴリズムの検討実験の結果を表 1 に示す。

表 1 テストデータに対する推定精度 (F 値)

Data Length	32	128	512
CNN	0.767	0.549	0.996
LSTM(1layer)	0.405	0.550	0.714
LSTM(2layer)	0.452	0.570	0.839

結果より、植物生体電位を用いた室内モニタリングには、畳み込みニューラルネットワークの方が適していると考えられる。人の動きによる植物生体電位の変化は、いわばノイズのような形で生体電位上に現れる。距離が近いと振幅の大きいノイズが、距離が離れるに従って、その振幅が小さくなっていく。生体電位の変化を時系列データとして捉えたとき、時系列の変化よりも振幅の変化の特徴の方が強く、時系列データを扱うことに向いているとされる LSTM の利点が発揮されなかったのではないかと考える。それに対して、画像を扱うことが多い CNN は、信号の強さの分布を捉えることができるため、今回の対象に適合したものと考えられる。

この結果より、本研究では、CNN を用いて推定アルゴリズムを構築することとした。

表 2 データ集約手法と推定精度 (%)

	学習データ	テストデータ
データ集約型	0.99	0.89
植物毎推定型	0.92	0.75

(2) データ処理手法の検討結果

実験方法で述べた、学習データの処理手法に関する検討実験の結果を表 2 に示す。

結果より、データを集約してから推定を行うアルゴリズムの方が高い精度で推定を行うことが可能であることが分かった。

データ集約型では、集めたデータを 2 次元データとして扱い、植物間のデータの間関係を考慮しながら推定モデルを構築することが可能である。そのため、それぞれの植物で測定したデータを別々に扱うよりも精度が高くなる。しかし、2 次元データになることで、学習や処理に必要な時間がかかる。また、植物が追加されたときにはモデルを一から構築し直しになってしまうというデメリットが考えられる。

一方、植物毎推定型では、各植物で分散して学習が可能であり、また、各植物の推定結果を集約する部分は単純な構造となっているため、植物が追加されたときには、その植物のネットワークと集約部分の学習が必要であるが、他の部分はそのまま利用できるというメリットがある。しかし、推定精度が十分であるとは言えず、改良が必要であると考えられる。

以上の成果より、植物単体で推定を行い、推定結果を集約して室内モニタリングを行うためには、生体電位のみから得られる情報だけでは不十分であると考えられる。植物自体の位置情報であったり、時間や居住者の生活パターンなど、セマンティックな情報を考慮することで、精度の改善を測ることができるのではないかと考えられる。また、詳細なモニタリングではなく、現段階の精度でも十分な応用事例を考えることも重要であると思われる。今後は、精度向上と応用事例について検討を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tahyudin Imam, Nambo Hidetaka	4. 巻 30
2. 論文標題 Bioelectric Potentials of Plant for Determining Human Positions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 1509 ~ 1509
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.18494/SAM.2018.1887	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Tahyudin Imam, Berlilana, Nambo Hidetaka
2. 発表標題 SARIMA Model of Bioelectric Potential Dataset
3. 学会等名 Third International Conference, BDCA 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hidetaka Nambo, Takeo Nakano
2. 発表標題 Temperature and Humidity Estimation from Bioelectric Potential of Living Plants by Deep Learning
3. 学会等名 Proc. of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南保英孝, 中野毅郎
2. 発表標題 植物生体電位を用いたセンシングシステムにおける深層学習手法の比較
3. 学会等名 第35回センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南保英孝、中野毅郎、金山裕太
2. 発表標題 植物生体電位と畳み込みニューラルネットワークによる人感センサシステム
3. 学会等名 第34回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hidetaka Nambo, Takeo Nakano
2. 発表標題 Development of a Human Sensor using Living Plant and Bioelectric Potential
3. 学会等名 Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Imam Tahyudin, Hidetaka Nambo
2. 発表標題 An optimized Time Series Model of Bioelectric Potential Dataset
3. 学会等名 Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中野毅郎、南保英孝
2. 発表標題 植物生体電位に関する研究
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Imam Tahyudin, Hidetaka Nambo
2. 発表標題 Comparison Study of Deep Learning and Time Series for Bioelectric Potential Analysis
3. 学会等名 Proceedings of The 3rd International Conference on Information Technology, Information System and Electrical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hidetaka Nambo, Imam Tahyudin, Takeo Nakano, Tetsuya Yamada
2. 発表標題 Comparison of Deep Learning Algorithms for Indoor Monitoring using Bioelectric Potential of Living Plants
3. 学会等名 Proceedings of The 3rd International Conference on Information Technology, Information System and Electrical Engineering (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考