

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12795

研究課題名（和文）植物センサを用いた深層学習による屋内異常検知システムの開発

研究課題名（英文）Development of an Indoor Anomaly Detection System using Plant Sensors with Deep Learning

研究代表者

南保 英孝（Nambo, Hidetaka）

金沢大学・融合科学系・教授

研究者番号：30322118

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、室内に設置した植物をセンサとして利用する異常検知システムの開発を行った。異常検知には、植物の生体電位を入力とする、生成系深層学習の一種であるDiscoGANをベースとしたモデルを構築した。構築したモデルは、人の動きが少ない、または人がいない状態を正常、人が動いている状態を異常と定義し、異常検知精度86%を達成した。本成果は2022年度 センサシンポジウムにおける発表と、IEEE Sensors Journal（Volume: 23, Issue: 23, 01 December 2023, DOI: 10.1109/JSEN.2023.3323147）に採録された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

独居老人世帯や一人暮らし世帯が増加していることもあり、屋内で何らかの事故が生じた際にいち早く検知し、適切に対応することは重要である。一方、屋内にセンサ類を設置することに対して心理的負担を感じる人も少なくない。本研究では、センサとして植物を用いることで、心理的負担を軽減した屋内モニタリングシステムの構築を最終目的としており、植物をセンサとして活用するための具体的な方法について検討し、実験によりその有効性を示したものである。植物には癒やしなどの副次的効果も期待できるため、安全・安心だけでなくQOLの向上にも有効であり、植物の活用の幅を広げることに大きな社会的意義があると言える。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed an anomaly detection system that uses plants installed indoors as sensors. For detection, a model based on DiscoGAN, which is a type of generative deep learning model, was constructed using the plant's bioelectric potential as input. The model we build achieved an anomaly detection accuracy of 86%, under defining a state with little or no human movement as normal and a state with human movement as anomaly. This results were presented at the 2022 Sensors Symposium and accepted for journal paper in the IEEE Sensors Journal (Volume: 23, Issue: 23, 01 December 2023, DOI: 10.1109/JSEN.2023.3323147).

研究分野：人工知能

キーワード：植物生体電位 異常検知 深層学習

1. 研究開始当初の背景

以前より少子高齢化社会は進行しつつあり、独居老人世帯や一人暮らし世帯が増加している。そのため、屋内での事故が発生した際の通知の遅れや孤独死などが社会的に大きな問題となっている。また、このような問題に対して、IT を用いた高齢者の在宅モニタリングサービスなどが広まっている。しかし、モニタリングのためには、カメラやマイク、赤外線などのセンサが必要であり、プライバシーの問題や、居住者の心理的な負担が大きくなることも考えられる。また、活動量計やスマートウォッチなども普及しつつあり、これらの機器は歩数や動いた量などを簡単に計測することができるが、身につけなくてはならない点や、機器の充電の手間など、不便な点も多く、このような機器に慣れていない高齢者などにとっては負担となってしまう可能性が少なくない。よって、室内モニタリングを実現するにあたり、心理的負担が少なく、容易に利用可能なセンサの需要は高いと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、センサとして植物を用いることで、1. で述べた一般的なセンサを用いることによるデメリットを軽減した屋内異常検知システムの構築を目的とする。植物をセンサとして用いる際には、申請者がこれまで研究を行っている植物生体電位の特性を利用する。植物生体電位は、植物の周辺の様々な環境変化からの影響を受けて変化するが、人間の動きも変化の要因のひとつであることが分かっている。本研究では、いつも通りの室内の状態を「正常」として、正常状態のデータを学習・蓄積する。そして、「正常」とは異なる「異常」時のデータが観測されたときに検知することができるシステムを開発する。システムを実現するために、深層学習の異常検知アルゴリズムを適用する。特に、正常データのみから学習し異常を検知できる生成系のモデルをベースとして利用する。これにより、異常データを収集することなく異常検知システムを構築する。

3. 研究の方法

本研究では、植物生体電位に生成系の異常検知モデルを適用する。

現在、広く用いられている深層学習を用いた異常検知には、生成系のモデルを用いたものがある。正常データを用いてモデルを構築することで、正常データに近いデータを生成できるモデルが構築される。このモデルを用いて、識別対象データに似たデータを生成させる。もし、識別対象が正常データであれば、生成されたデータも正常データに近いデータであるため、識別対象と生成データの差分は小さくなる。しかし、識別対象が異常データである場合、生成されたデータは正常データに近いものであるため、識別対象データと生成データの差分が大きくなる。この差分の大きさを利用し、異常検知を行う。この考え方の利点は、異常データを集めて学習することが難しい場合、また、正常データとして受け付けられるものにはある程度の変動が含まれているような場合などに有効である。今回の対象となる植物生体電位も、正常時に常に同じ電位変化をするわけではなく、また、考えられる異常も様々であり、この手法を検討することは妥当である。本研究では、生成系深層学習モデルの一種である DiscoGAN をベースとしたモデルを検討した。

DiscoGAN は 2 つのドメイン間の相互関係を学習するモデルである。植物生体電位は 1 次元の時間変化を伴う電圧信号であるため、このままでは適用できない。本研究では、電圧信号を一定の時間幅で区切り、信号をプロットした画像と、周波数領域に変換しプロットした画像の 2 種類の画像を生成し、相互関係を学習する。特に、周波数領域画像は、位相スペクトル、振幅スペクトル、周波数スペクトルの合成画像を生成する。(図 1)

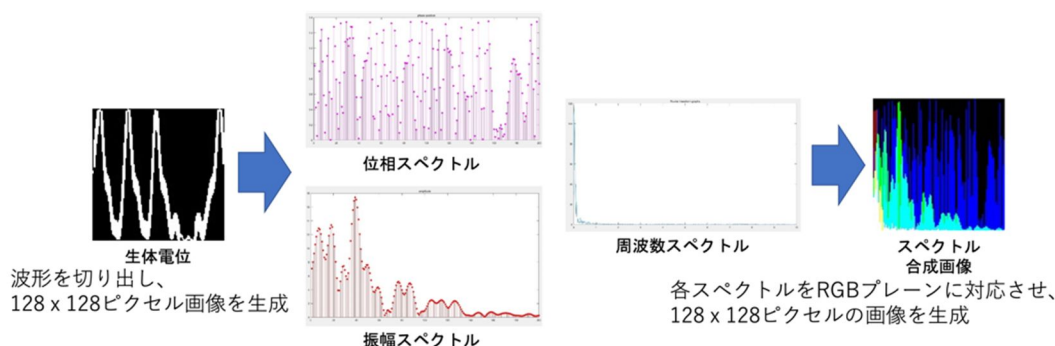
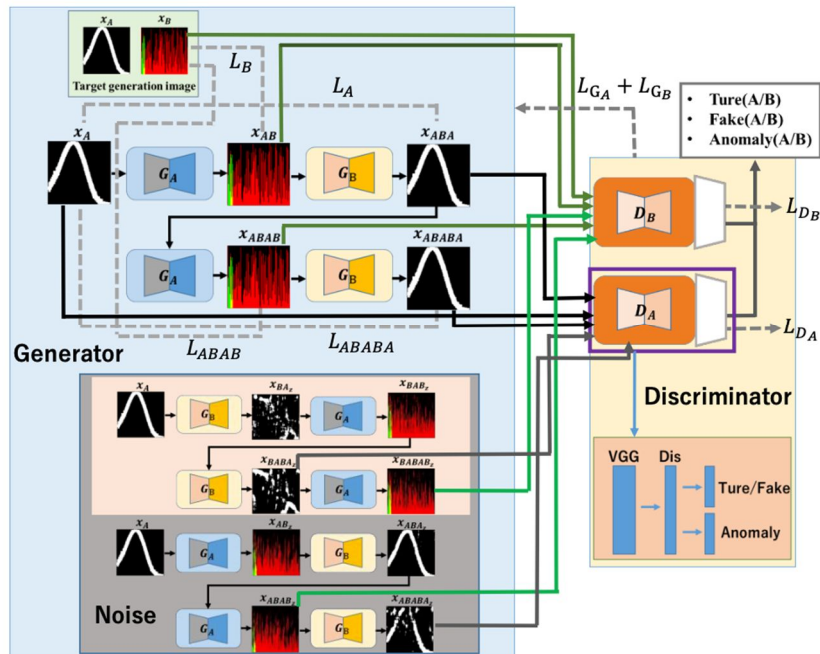


図 1：プロット画像とスペクトル合成画像の生成

正常データを用いてモデルの学習を行うことにより、正常データのプロット画像とスペクトル合成画像の間の関係を学習できる。つまり、学習済みモデルは、正常データが入力されれば、どのようなスペクトル合成画像が生成されるか、プロット画像から予測して生成することが可能となる。また、スペクトル合成画像から元のプロット画像を生成することも可能となる。しか

し、正常データとは異なる異常データから生成されたプロット画像が入力されても、学習済みモデルはそのデータから生成される合成画像を生成することはできない。さらに、生成された合成画像からプロット画像を生成しても、元の異常データのプロット画像にはならない。つまり、入力するプロット画像を元に、予測を繰り返してプロット画像を生成したとき、元が正常であれば同じ画像が、元が異常であれば異なる画像が生成される。このことから異常を検知する。

本研究では、基礎的な DiscoGAN の構成を発展させ、より精度向上を見込めるネットワーク構造を検討した。提案するネットワークの構成を図 2 に示す。図中、 x_A 、 x_B はプロット画像と



対応するスペクトル合成画像を表し、 G_A 、 G_B がドメイン変換を行う生成器、 D_{VGG_A} 、 D_{VGG_B} が、正常/異常/その他を識別する識別器となっている。その他は異常では無いが正常とは異なるデータである。このネットワーク構造では、DiscoGAN の持つ 2 つのドメイン間の相互関係を、前後関係を入れ替えた相互関係や正常でも異常でもないノイズデータへの対応も含めてより精細に学習することを試みた。

図 2：提案する識別モデルのネットワーク構成

4. 研究成果

室内に設置した植物から収集した植物生体電位を用いて、精度確認の実験を行った。室内に人が居ない時を「正常」、人がいる時を「異常」と見なし、データを測定した。約 10 時間の植物生体電位計測を行い、居住者の行動ログを元に、正常と異常に分類した。訓練には、測定データから生成した約 7000 個のプロット画像とそれらから生成されたスペクトル合成画像を用いた。パラメータを

提案したネットワークを用いて学習した判別モデルを用い、約 78.4%の精度で異常検知を実現した。また、正常データを正しく識別できた確率は、約 77.8%となった。これらの精度は、1 つのデータに対するものであり、実際には異常状態、または正常状態は継続することから、複数のデータをまとめて識別することで、より精度は向上すると考えられる。

表 1：識別精度

	訓練データ (正常)	テストデータ	
		異常	正常
識別精度 (%)	84.107	78.409	77.796

以上の成果より、生成系深層学習を用いた異常検知モデルを用い、識別精度の観点から植物生体電位を用いた室内モニタリングシステムの構築の可能性を示すことができた。今回の測定では市販のデータロガーを用いているが、小型マイコンとセンサを使った測定はこれまでも行っており、非常にコンパクトな植物センサを実現できることは分かっている。ただし、長期の計測を行うためには、電源の問題を解決する必要がある。識別精度については、今回の成果では高い精度は達成できなかったが、識別方法を工夫することで向上の余地はあると考える。一方で、植物では検知できない異常も当然あり得るため、植物のみで全てをカバーすることが困難である。他のセンサを併用することも考えられるが、本研究の根本であるセンサに対する負担が問題となるため、植物以外の新たなセンサも重要となる。引き続き、室内モニタリングに有効なモノについて検討を進めていく。

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 0件）

1. 著者名 Zhao Hanqing, Nambo Hidetaka	4. 巻 23
2. 論文標題 Plant Biopotential Sensing Based on Generative Adversarial Networks for Environmental Anomaly Detection	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 29793 ~ 29803
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/JSEN.2023.3323147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 南保英孝, 趙 漢卿
2. 発表標題 植物生体電位による室内異常検知センサの開発
3. 学会等名 令和4年度 電気学会センサ・マイクロマシン部門 総合研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 HANQING ZHAO, Hidetaka Nambo
2. 発表標題 Environmental anomaly detection using plant biopotential sensing based on unsupervised deep learning
3. 学会等名 第 39 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 2022年

1. 発表者名 南保英孝, 趙漢卿, 大藪多可志
2. 発表標題 植物生体電位による室内異常検知センサの開発
3. 学会等名 令和4年度電気学会E部門総合研究会
4. 発表年 2022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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------