

報道機関 各位

国立大学法人 電気通信大学

感染症のリスク低減に向けて CO₂ 濃度上昇のシナリオを可視化 — 多次元時系列データの解析に成功 —

【ポイント】

- * アクティブラーニング空間に張り巡らせたセンサーネットワークを用いて、感染症のリスクが高くなるシナリオを抽出
- * 本学附属図書館の施設に設置した環境センサー、スマートプラグなどの多次元時系列データを使い、エアロゾル感染のリスクに対応する CO₂ 濃度上昇について検討
- * 位相的データ分析の手法でシナリオを可視化し、提案手法の有効性を確認

【概要】

電気通信大学 i-パワーエネルギー・システム研究センターの横川慎二教授らの研究チームは、感染症のエアロゾル感染^[1]の回避に向けて、CO₂センサー^[2]から得られる多次元時系列データ^[3]を解析する手法を開発しました。これによって感染リスクが高くなるシナリオを抽出することができます。

今後も続く感染症との戦いにおいて、エアロゾル感染を避けるために CO₂ センサーから得られるデータを活用することが求められています。しかしながら、多次元の時系列データを分析してその全容を把握することは容易ではありません。

今回、センサーネットワークを張り巡らせた電気通信大学附属図書館のアクティブラーニング空間^[4] (Agora) において取得した、環境センサーやスマートプラグなどの多次元時系列データ (2018-2019) を使い、エアロゾル感染のリスクに対応する CO₂ の濃度上昇について検討しました。この多次元時系列データについて、位相的データ解析 (Topological Data Analysis; TDA) ^[5]の手法を用いて感染症のリスクが上昇するシナリオを可視化し、提案手法の有効性を確認しました。

成果は国際学術誌「IEEE Sensors Journal」に掲載されました。

【背景】

IoT (モノのインターネット) 技術の進展によって、環境に関する多次元の時系列データを収集して利活用する機会が増えています。しかし、多次元データの構造を可視化して把握することは一般的に困難です。従来の方法では、分析結果の図や表の数が一覽困難なほど増えてしまったり、元データと対応させることが困難になったりする欠点がありました。多次元データの構造を可視化して把握することができれば、さまざまなアクチュエータの制御に活用できるほか、深層学習の効率的な学習などへの応用が期待されます。

今回、感染症のエアロゾル感染の対応策として、大学附属図書館の施設 Agora 内に設置した大量のセンサーから取得した多次元時系列データに対して位相的データ解析 (TDA) を適用し、対象エリアと近隣エリアのデータの関連性を可視化して CO₂ 濃度の上昇に寄与する要因を抽出しました。

【手法】

Agora 内で観測された温度や湿度、照度、人感、CO₂ 濃度の各センサーからの観測値に加えて、スマートプラグを用いて測定したコンセント単位の消費電力に関する多次元時系列データに対して TDA を適用して可視化し、その有効性を検証しました。可視化の手法として、多次元でノイズの多いデータ分析に適用されることの多い Mapper (マッパー) 法^[6]を用いて分析しました。

具体的には、Agora を 12 のエリアに分け、各エリアにセンサーを設置しました。温度、湿度、照度、人感センサーはそれぞれ 45 台、CO₂ センサーは 10 台、スマートプラグは 187 台設置してデータを取得しました。観測期間は 2018 年 4 月 1 日から 2020 年 3 月 31 日までの 2 年間で、消費電力のみ 2019 年 2 月 1 日から測定しています。なお、図書館の運営上の都合により、数日間欠損となった期間も含まれます。

IoTセンサーネットワークによる環境モニタ

- 附属図書館 Ambient Intelligence of Agora(Agora)
- 190台の環境センサー, 187台のスマートプラグ, ネットワークカメラ & マイク, 入館サーモカメラ, AIセンサーによる環境モニタ
- センシングとAIによる学修支援空間



Agoraの全体図



利用風景

位相的データ解析 -Mapper法-

- **TDA** (Topological Data Analysis; **位相的データ解析**)による多次元データの可視化手法の一つ
- クラスタ間につながりに着目した分析

$$M(U, f) := N(f^*(U))$$

$f: X \rightarrow Z$ を満たす連続写像 (X と Z は位相空間)
 $U = \{U_\alpha\}_{\alpha \in A}$: Z の有限開集合, A は被覆数
 $f^*(U) = \{f^{-1}(U_\alpha)\}_{\alpha \in A}$: X の被覆部分
 N : 脈体

- ビッグデータ(多次元, 時系列, 地図空間など)のデータ構造分析に用いられる.

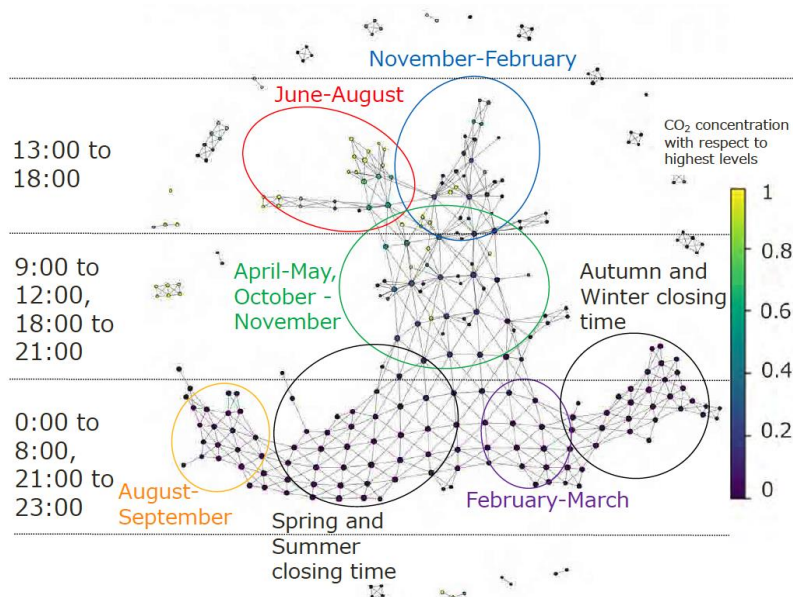


【成果】

多次元時系列データを分析する際に、Mapper 法による描写によって視覚的にデータの特徴を把握し、元データに対応させて分析する方法を提案しました。多次元時系列データを2次元の図に縮約してデータ同士の構造を可視化し、注目したい特性の強弱の色調に重ね描きをすることによって視覚的に把握できることを確認しました。特に、Mapper 法を用いて多次元のデータを同時に取り扱うことにより、特定エリアのCO₂濃度の上昇に対して、他の隣接エリアの人感センサーの反応値や消費電力などの特性が影響することが分かりました。

Agora TDA (Environment + Smart TAP)

滞在者の活動（スマートプラグの電力消費）を考慮した「1年間のデータの形」



【今後の期待】

特定の条件の下で人感センサーの値が通常よりも高くなった2、3時間後に、該当エリアのCO₂濃度が高くなることから、例えば、それよりも前に換気をするよう制御することで空気の流れを変えろといった感染対策が可能になります。また、事前に局地的なCO₂濃度を予測して利用者にCO₂濃度を知らせることができれば、より適切な行動変容を起こせるため、CO₂濃度の局所的な増加を避けることができます。こうした知見は、今後主流になると見込まれる職場形態の一つであるコワーキングスペースなどの適切な運用の指針にすることができます。

今後は、Mapper 法によるデータの解釈を自動化し、CO₂濃度の上昇をリアルタイムに予測して異常な増加を抑制し、かつエネルギー消費を極力抑えた局所空調制御の方法などの検討が課題になります。

(論文情報)

雑誌名：「IEEE Sensors Journal」

論文タイトル：Analysis of the trends between indoor carbon dioxide concentration and plug-level electricity usage through topological data analysis

著者：Shun Endo, Shinji Yokogawa

DOI 番号：10.1109/JSEN.2021.3130570

(外部資金情報)

本研究は科学研究費助成事業 20K20314 の助成を受けたものです。

(用語説明)

[1]エアロゾル感染：空気中を漂うエアロゾルと呼ばれる微小粒子を介して病気に感染すること

[2]CO₂センサー：空気中の二酸化炭素濃度を測定するデバイス。直接モニタリングすることが難しいウイルスに代わって、同じく人の呼気に含まれる二酸化炭素(CO₂)の濃度を測定してリスクの指標とする。非分散型赤外線吸収(NDIR)や光音響方式(Photoacoustic)などの方式がある

[3]多次元時系列データ：気温や降水量などの気象観測や、交通量、土地利用の変遷など時間の経過に伴い変化するデータを時系列データという。IoTの発達により、多種のセンサーによって時系列を容易に取得することができるようになって多次元化が進んだもの

[4]アクティブラーニング空間：学修者自らが能動的に学びに向かうアクティブラーニングの実施をサポートするための様々な設備、工夫がこらされたスペース

[5]位相的データ解析：トポロジーの概念を用いて、データの“形状”に着目した分析を行う手法の総称。データに含まれるノイズに強いという利点がある

[6]Mapper法：多次元なデータセットなどデータの構造把握が困難な場合に、情報量の低下を抑制した低次元化とクラスタリングを行うことで、データの形状を把握しやすくする手法

【連絡先】

<研究内容に関すること>

電気通信大学 i-パワーエネルギー・システム研究センター

教授 横川慎二

Tel : 042-443-5974 E-Mail : yokogawa@uec.ac.jp

<報道に関すること>

電気通信大学 総務企画課 広報係

Tel : 042-443-5019 Fax : 042-443-5887

E-Mail : kouhou-k@office.uec.ac.jp