

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02857

研究課題名(和文)「放射線×ビックデータ」を用いた時空間解析による環境教育用教材開発

研究課題名(英文) Development of teaching materials for environmental education by spatiotemporal analysis using "radiation and big data"

研究代表者

安田 伸宏 (Yasuda, Nakahiro)

福井大学・附属国際原子力工学研究所・教授

研究者番号：30392244

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：1950年代から「環境放射線データベース」に蓄積している情報を「ビックデータ」として捉え、有効活用方法を検討することを目的とした。空間線量率における日変化の成因に対し、フーリエ解析による周期特定とその強度分布と気象条件(雨、風など)のクロス解析を行った。降雨よりも風との相関が強く、瀬戸内近傍や長野、岐阜など内陸において日変化が多くみられることを突き止めた。空間線量率の中国による大気中の核実験との相関を調べた。緊急事態を把握するため、空間線量率の増減を全国網羅的に調査、時系列データの移動平均法導入により、外国からの放射性降下物飛来に関して警報を発するシステムにつなげられる可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、放射性物質の環境動態は特定の数点での測定結果をもとに、日変化や年変化の要因が議論されてきた。60年間蓄積されたこれらのデータを気象データなどと網羅的に解析することで、これまでの知見の確認ができること、また、さらなる新しい知見が得られることを示した。さらに、解析に工夫を加えることにより、隣国で起こるかもしれない緊急事態への備えとして、住民の居住地近傍の放射線モニタリングが有用であるかもしれないことを示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose is to examine effective utilization methods of the environmental radiation database that has been accumulated environmental data since the 1950s by considering as "Big Data". For the cause of diurnal change in air dose rate, we performed periodic identification by Fourier analysis and cross analysis of its intensity distribution and meteorological conditions. It was found that the correlation with wind is stronger than that of rainfall, and that there are many diurnal changes in the vicinity of inland areas. We also investigated the correlation between the air dose rate and the nuclear test in the atmosphere by China. In order to grasp the emergency situation, the increase and decrease of the air dose rate was comprehensively investigated nationwide, and the introduction of the moving average of time series data showed the possibility of connecting to a system that issues an alarm regarding the arrival of radioactive fallout from foreign countries.

研究分野：放射線物理学、原子力防災

キーワード：東電福島第一原子力発電所事故 放射線モニタリング データベース ビックデータ フーリエ解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

東電福島第一原子力発電所事故の教訓の1つとして「放射線に対する知識啓発の必要性」が挙げられる。歴史を振り返ると、1977年から2008年の約30年間、小学校や中学校で放射線教育が行われてこなかった。加えて、広島と長崎に原子力爆弾が投下された影響で、他の国に比べ日本人にとって放射線は恐ろしいものだとして認識されている。これらが相まって、2011年の東電福島第一原子力発電所事故後、想定以上に混乱してしまった現実がある。他方、日本の自然放射線の計測は「環境放射能水準調査」などとして1950年代から行われている(福井県)。他にも、原子力施設立地県では現在まで継続して計測が行われており、2011年以降には、福井県に2700個の放射線モニタリングポストが増設された。放射線モニタリングポストは現在5000ヵ所以上あり、今も自動的に空間線量率が計測され、リアルタイムデータとして「環境放射線データベース」に蓄積されて、ホームページなどで一般公開されている。しかしながら、それらのデータは教育材料として効果的に活用されていない。

近年「ビッグデータ」の活用が進み、これまでになかったデータの取得・活用が可能となってきた。一例として、各々に最適なレコメンド(推奨する商品の提示)を提供する顧客関係管理や、全国のVICS情報などをもとにしたインターナビによる渋滞予測などが実現している。これらの仕組みを環境放射線データベースに応用することを着想したのが本研究の骨子である。

本研究は、福井県原子力環境監視センターと協力し、環境放射能と空間線量率に関するこれらのリアルタイムデータを放射線時空間ビッグデータと捉え、既知の事象の検証、教育(中学校～大学を想定)や拡散予測などに有効活用する手法を検討するものである。

## 2. 研究の目的

放射線時空間ビッグデータを構築し、実際の問題を解決するにあたり「(1)どのようなデータソースをもとにビッグデータをつくるか」「(2)どのような処理や機能によってビッグデータを利用するか」「(3)ビッグデータの利用からどんな効果を得ることができるか」を明確化し、放射線時空間ビッグデータの有用性を検討する。概要でも述べたとおり、既存の「放射線データ」を時空間ビッグデータとして取扱い、同じく既存の「地理情報」や「気象情報」など組み合わせて問題を明らかにする放射線時空間ビッグデータの概念が学術的独自性と創造性を示す部分である。

## 3. 研究の方法

本研究では、放射線時空間ビッグデータ基盤を構築すること自体にどのような効果があるかについても検討するため、あらかじめ考えうるゴール(解決すべき問題と仮説)を設定し、これを実現しうる比較的小規模なデータセットを用意(環境放射線データベースおよびウェブ公開情報の活用)、データベース化(処理可能な状態)の後に気象データや地理データなどの活用可能なデータ基盤とのリンク(クロス統計処理)を行って仮説を検証する。

- ・課題 空間線量率及びラドン濃度の日変化
- ・課題 過去の大気中核実験や原子力事故時、放射性物質フォールアウトとの関連性

## 4. 研究成果

課題 空間線量率及びラドン濃度の日変化

過去の知見から、空間線量率には昼に減少し夜に上昇する日変化が存在していることがよく知られている。この日周期の原因は、気象現象の一つである放射冷却によって地表付近で起こる

逆転層（以後接地逆転層）であると言われている。この接地逆転層は、風の弱い晴れた夜から早朝の内陸部に顕著にみられる。しかし、空間線量率の日変化の要因が接地逆転層であるという定説は、1つの定点観測から得られた結果を基にした推論であり、全国的に確認されたものではない。定点観測での推論を裏付けるため、日本全国の空間線量率の時系列データに日変化がどれほど存在するかについてフーリエ解析を用いて調べることとした。フーリエ変換後の縦軸は強度で、これが周波数の頻度と比例関係にある。つまり、強度が大きいほどその周波数が頻繁に起こっているということである。日変化を24時間周期とし、対象時系列データについてフーリエ解析を用いて24時間周期の強度を求め、日変化が起こりやすい地域の気象を調べた。対象解析データは、放射線モニタリング情報ホームページのモニタリングポストの福島県を除く全国710カ所の2014年2月～2016年8月までの2年半のデータ、約7GBである。気象データは気象庁アメダスのデータベースから、モニタリングポストから最も近い気象観測所238カ所（気象官署・4要素観測所・三要素観測所）の2015年1月1日から2015年12月31日の降水量と風量の1時間値データを使用した。

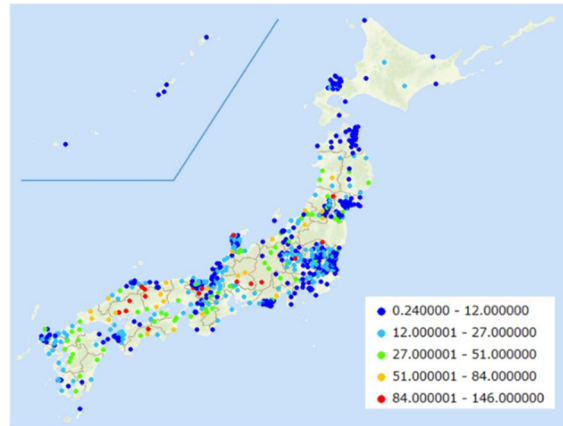


図1 空間線量率日変化の強度分布。

図1は全国710カ所のモニタリングポストについて、24時間周期の強度をプロットした結果である。強度が高い所は赤色、強度が低くなるにつれて青色になるように示している。図1の結果から日変化が起こりやすい場所は瀬戸内海近辺や岐阜県や長野県などの内陸部であることが分かる。これは、接地逆転層が頻出されると言われる内陸性気候の場所に合致している。日変化の強度と年間降水量、年間風量との相関をとることにより、日変化が起こりやすい場所は、年間降水量には依存せず、むしろ年間風量が少ない場所であることも確認できた。

#### 課題 空間線量率と大気中核実験

国外で核爆発や原子力発電所の事故が起こった場合には、包括的核実験禁止条約の枠組みによる地球規模の放射線モニタリングネットワークの準備が進められている。日本には群馬県と沖縄県の2カ所で放射性核種の監視観測所の整備が進められている。その目的は、核爆発で生じ、大気中に放出される極々微量の放射性物質の微粒子やガスを探知することである。他方、日本には、既に約5,000カ所に放射線モニタリングポストを整備している。これらは、主に居住区に存在する。これまで、放射線モニタリングポストでリアルタイムに測定される空間線量率は、上述のように気象条件の変動による影響を受け、核爆発などの事象を捉えることができないとされてきた。もし、既設の放射線モニタリングポストが異常検知にも活用可能であれば、住民の防護行動に直接役立てることができる。居住区での放射線モニタリングの重要性は、東電福島第一原発事故で、避難などの退避行動、住民の被ばく量推定、除染の効果判定などにおいて周知の事実である。

この研究では、欧米の核実験がひと段落し、主に中国のみが大気中核実験を行っていた時期（1969 - 1980年）について、日本各地の空間線量率のデータを「環境放射線データベース」からサンプリングして、核実験前後での空間線量率の増減を日本国内を網羅的に調べた。その結果を図2に示した。この期間に14回の大気中核実験が行われており（横軸）、その時の空間線量率を20カ所で測定していた（縦軸）。核実験日（緑線）から1週間のウィンドウを設定して、この

期間の空間線量率の増減を示している。異常値検知のために移動平均法とピーク検出法を用いて、通常変動から3以上増加が見られた場合（青い点線がしきい値）にそのピークを赤色で示している。また、その際に降雨が観測されている場合には、青い車線を施した。

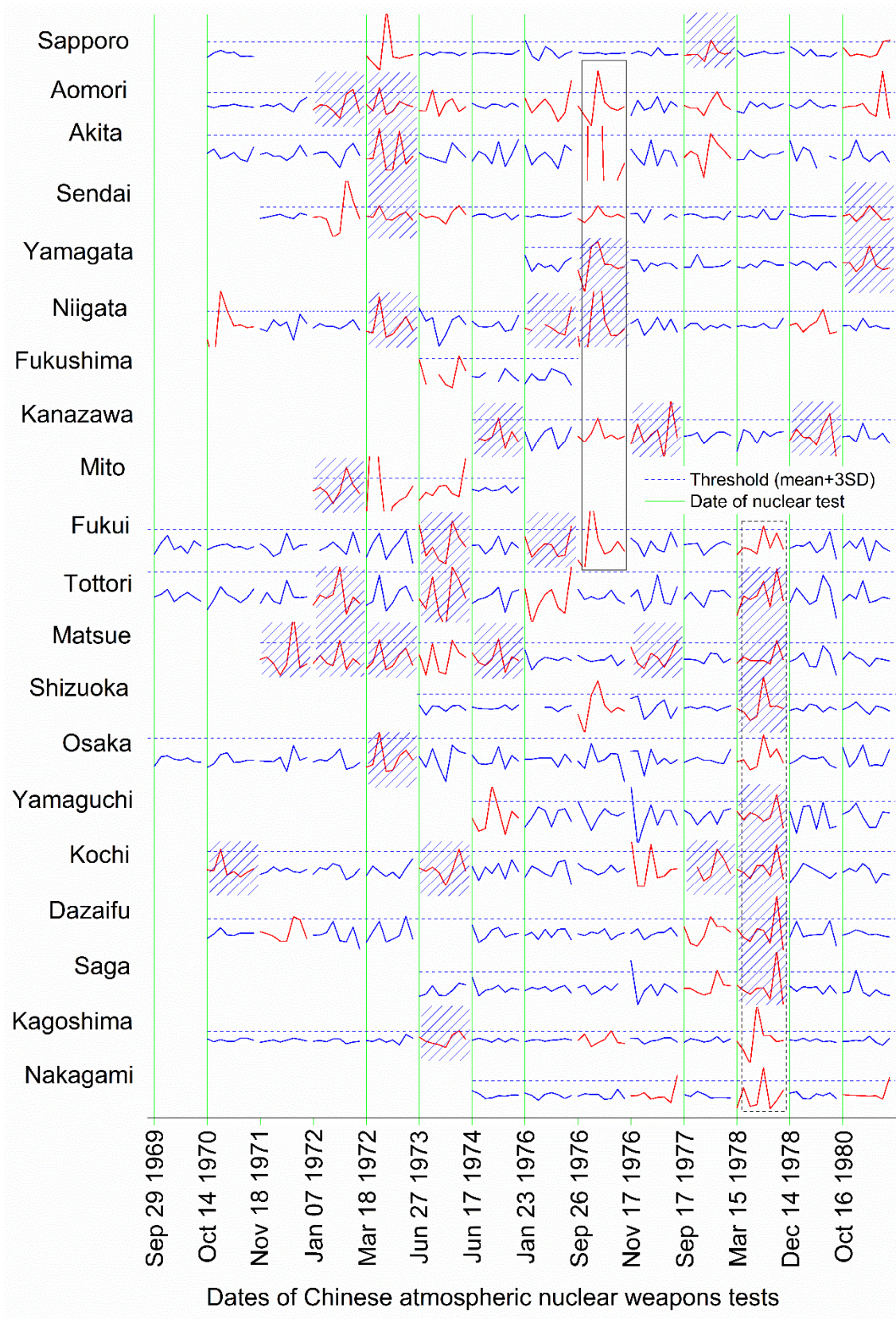


図2 中国大気中核実験と日本で観測された空間線量率の関係。

例えば、札幌では14回の核実験中、3回の異常値を検知したことになり、このうち1回は降雨があった。このとき、赤いピークが全て大気中核実験由来だと断定しているわけではない。同様に日本全国を眺めていくと、例えば1976年9月、1978年3月に、それぞれ東日本、西日本での系統的な空間線量率の増加がみられる。それぞれ核実験日から約2日後、約5日後にほぼ同時期に増加が観測されていることになる。3月の場合には、黄砂が飛来していたのかもしれない。しかしながら、いずれにせよ、このように複数の変動を系統的に解析することで、これまでデータに隠れていた異常検知が可能である可能性を示すことができた。この方法は、既に存在している測定装置からのデータを集約、リアルタイムに解析することで実現可能である。この方法を居住区での異常検知のトリガーとして、より密な測定（放射性降下物核種測定、浮遊塵核種測定など）を行うことで将来の原子力事故などへの備えとなるだろう。

約70年の蓄積のある「環境放射線データベース」を元にして、「放射線の時空間ビッグデータ」として捉え、有効活用法を検討した。気象変動と空間線量率の変動をリンクさせて、日本各地の気候区分の説明に用いることができる事例を示した。また、空間線量率データをリアルタイムに日本全国の網羅解析をすることで、近隣での核爆発、原子力事故を居住地域でモニタリングできる可能性を示した。このように、「放射線×ビッグデータ」のコンセプトを教育や防災の分野で発展させるきっかけとしたい。

## 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 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 B. Turbat, K. Yoshida, A.A. El-Hameed, Y. Ruban, O. Pareniuk, Q.M. Rashed Nizam, K. Nagashima, E. Benton, and N. Yasuda	4. 巻 -
2. 論文標題 Verification of historical radiation monitoring data at residential areas for nuclear emergency occurred in a neighboring country	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 2件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Batgerel Turbat, Nakahiro Yasuda
2. 発表標題 Environmental gamma radiation monitoring in Japan
3. 学会等名 First International Conference on Applied Sciences and Engineering (FICASE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakahiro Yasuda, Hina Fukuo
2. 発表標題 Lessons learned from the radiological responses to TEPCO-Fukushima Diichi Nuclear Disaster
3. 学会等名 5th International Conference on Environmental Radioactivity (ENVIRA 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Batgerel Turbat, Tomoki Nomura, Nakahiro Yasuda
2. 発表標題 Long-term and multivariate correlation analysis of air dose rate with meteorological parameters in Japan
3. 学会等名 5th International Conference on Environmental Radioactivity (ENVIRA 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田佳乃子、安田仲宏
2. 発表標題 時空間ビッグデータを用いた放射性降下物変動の研究
3. 学会等名 日本放射線事故・災害医学学会 第六回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田佳乃子、安田仲宏
2. 発表標題 時空間ビッグデータを用いた環境放射線変動要因と気象データの比較
3. 学会等名 応用物理学会北陸支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Yoshida, N. Yasuda
2. 発表標題 Study on environmental radiation fluctuation factors using spatiotemporal Big Data analysis
3. 学会等名 The 23rd Workshop on Radiation Monitoring for The International Space Station (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Yasuda
2. 発表標題 Seven years from nuclear accidents at Fukushima - low dose radiation effects and biomedical engineering
3. 学会等名 World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (IUPESM 2018) (招待講演)
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
研究 分担 者	松尾 陽一郎  (Matsuo Youichirou)  (90568883)	福井大学・学術研究院工学系部門・准教授    (13401)	

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
---------	---------