

令和元年6月21日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01327

研究課題名(和文) 突風予測システムを核としたレジリエント・コミュニティ構築に向けた文理融合研究

研究課題名(英文) Research for resilient community construction centering on gust prediction system

研究代表者

古本 淳一 (Furumoto, Jun-ichi)

京都大学・生存圏研究所・助教

研究者番号：10402934

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：高精細気象予報モデル技術に基づく突風予測システムを核として、突風災害にレジリエントに対応するコミュニティを形成するトランスディシプリナリー研究を行うことを目的としてきた。課題を解決するため異分野の研究者、行政、地域住民、企業等の様々なステークホルダーとのコミュニケーション・意見交換を進めてきた。災害常襲地域の現地調査やワークショップ開催を通じ異なるコミュニティ間のネットワーク構築することで、一地域の事例研究にとどまることなく、「極端気象の最新予報技術に立脚したレジリエント・コミュニティ」の一般化モデルの確立という新研究領域の開拓、自然科学研究の社会実装へ向けた道筋を立てることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

突風予測システムの構築については、これまで約700回にもおよぶ高解像度数値予報シミュレーションによる統計的検証に基づき、適中率を80%にまで向上できている。実際に予測システムを用いた社会実験には気象業務法の関係で民間気象会社との協力が必須であり、研究代表者と民間気象会社、また行政・民間企業との連携を構築することができた。研究活動を国民へ貢献してゆくため、情報を能動的に発信するため市民向けセミナーなどにも積極的に参加し、科学に対する国民の信頼向上に寄与することができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to conduct a transdisciplinary study that forms a community corresponding to resilience against gust disasters, with gust forecast systems based on high-definition weather forecast model technology. In order to solve the problems, we have promoted communication and opinion exchange with various stakeholders such as researchers in different fields such as atmospheric science, public transport engineering, environmental economics, administration, local residents, companies and so on. By constructing a network between different communities through field surveys and workshops in disaster-prone areas, a generalization model of "resilient communities based on the latest forecast technology for extreme weather" without being limited to a case study of one area.

研究分野：大気境界層科学

キーワード：文理融合研究 リモートセンシング 研究成果の社会実装 大気シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

「比良おろし」は滋賀県の琵琶湖西側の比良山地から琵琶湖岸に吹き降りる突風で、最大瞬間風速が 50m/s 以上にも達し、山麓を走る鉄道は頻繁に遅延と運休を繰り返し社会に大きな影響を与えている。地元小中学校の生徒は半数以上が電車通学をしているため、登下校困難や臨時休校も頻繁に発生し地元の安全・安心の大きな脅威にもなっている。湖西エリアは京阪神の通勤圏にも関わらず、湖東エリアと比べ沿線人口が伸び悩み、産業・観光も停滞しており、持続可能な地域発展がスムーズに出来ずにいる。

鉄道会社では「比良おろし」予報を参考にしてダイヤ調整や迂回などの対策を進めている。しかし、従来の突風予報は、天気図パターンから予測するものであり、適中率は 30%を下回っておりランダム予報にも劣る。また、行政と協定を結び防風柵の設置を進めるも完全に運行障害を無くすに至っておらず、設置費用の負担の重さもあり自主的努力ももはや限界に近い。研究代表者らは「比良おろし」の予測精度向上に向けて、メートルオーダー分解能の地形、地表状態を用い、高分解能数値シミュレーションを行うことで数 100m の水平スケールを持つ比良おろしを再現し現象の適中率を約 80%まで向上させた突風予測システムを構築した。

一方、研究成果の社会実装の段階に進むには理系研究者の枠組みを超え地元住民、行政、民間事業者等多くのステークホルダーの存在が明らかになり、科学研究と社会実装の間に大きな隔たりがあることに気づいた。そこで研究代表者らのグループはこの問題意識のもと、文理融合と市民との対話を重視し、平成 26 年 3 月 27 日に滋賀県で第 1 回比良おろしワークショップを開催した。これがきっかけとなり、滋賀県交通政策課との協力関係が構築され、滋賀県知事の支持のもと県庁内に「湖西線利便性向上プロジェクト」が結成された。特に、250 名を超える参加者を得た第 2 回比良おろしワークショップ(平成 27 年 3 月に滋賀県と共催)では、比良おろしに強いまちづくりを目指した文理融合研究を進めてゆくことが確認され、「湖西線利便性向上プロジェクト」の発展として「湖西線利便性向上プロジェクト推進協議会」が県庁に発足するに至った。

これまでの取組みで最終的に達成すべき社会像は、比良おろしという局地的災害に共存し発展していく社会の実現である。滋賀県、市区町村、地域の学校、地元企業、地域住民、鉄道事業者が様々な思いや利害関係がある中、それぞれのステークホルダーの相互理解を進めて行くには、文理融合研究者チームが一丸となって地域社会に入り込むことが重要であることがこれまでの研究で明らかになった。こうした先行研究を鑑み、本研究では準備段階から市民、企業を含めたネットワークを構築し、それぞれが主体性を持って取り組む仕組み作りを心がけている。本アプローチにより、社会環境の変化に耐え得る強靱かつしなやかな社会実装を目指した野心的試みであり、高精度突風予測システムをコアにトランスディシプリナリー研究を推進することとなった。

## 2. 研究の目的

高精細気象予報モデル技術に基づく突風予報システムを核として、突風災害にレジリエントに対応するコミュニティを形成するトランスディシプリナリー研究を行う。課題を解決するため大気科学、公共交通工学、環境経済学など異分野の研究者、行政、地域住民、企業等の様々なステークホルダーからなる多様な融合チームを形成する。災害常襲地域の現地調査やワークショップ開催を通じ異なるコミュニティ間のネットワーク構築することで、一地域の事例研究にとどまることなく、「極端気象の最新予報技術に立脚したレジリエント・コミュニティ」の一般化モデルの確立という新研究領域の開拓も視野に置いて自然科学研究の社会実装まで確実に実現させる。そのため本研究では次の課題を設定した。

### 課題 1：災害常襲地域におけるステークホルダーの発掘

災害常襲地域におけるステークホルダーの発掘には、各地域にカスタマイズしたヒアリングなど、きめの細かい課題発見が求められる。比良おろし域では頻繁な電車の運休などで極めて不便な住民生活を余儀なくされている。近年は、風光明媚な土地柄により別荘開発が進むが、夏期以外には突風が吹くため別荘地がほとんど無人となり、地元住民と別荘地住民の間でも交流が乏しいという問題もある。地域研究を通じ、地域文化のヒアリングに通じたコーディネーターを期間雇用し、災害常襲地域に入り込みヒアリングを進め住民の生の声を吸い上げる。

また、民間事業者へのヒアリング、現地調査を行い、地域交通の安定運行に最も必要とされているのは何か?という課題を探索する。鉄道事業者であればすでに自助努力により風速計設備などを自己保有しているが、課題解決に追加の必要性に応じ、鉄道事業者、地元住民、研究者が連携して追加機器を用いた試験実験を協力して推進する。

県や沿線市町は域内の湖西線の発展を願いつつも、頻繁に運休遅延する電車の利用が伸び悩んでおり、超高齢化社会に備えた駅のバリアフリー化などでは、鉄道事業者と利害が対立することも多い。こうした利害を乗り越え地域の発展に結びつける解決策を発掘したステークホルダーと探索する。

### 課題 2：ステークホルダー間の合意形成とそれに基づく社会実装の実現

コーディネーターを中心として課題1で発掘したステークホルダー間で、これまでに行ってきたヒアリング、現地調査を基に地域に常襲する災害について合意形成を行い、トップダウンの取り組みだけでなく、地域の要請を引き上げるボトムアップの取り組みにより地域住民自身が主体的に課題を提案し、それをもとに理系研究者による技術的解決、文系研究者による社会実装を行ってゆく枠組みを作り実践していく。

### 3. 研究の方法

#### コーディネーターを中心とした災害常襲地域へのヒアリング

地域文化のヒアリングに精通したコーディネーターが中心となって、突風災害常襲地域である湖西地域に入り込み、地域の住民への突風災害とその予測に対するヒアリングを行い、住民の生の声を吸い上げる。

湖西地域には、「比良おろし」の現象自体に興味を持ち独自に気象観測を続けてきた住民がいる他、比良おろしの影響を最も受けているステークホルダーの1つである地元の小中学校の校長先生との協力関係はすでに構築できており、地域住民へのヒアリングを行う際はこのつながりをとっかかりとして調査を進めていく。

「比良おろし」により頻繁に列車運行の乱れが生じるが、その地域は、京阪神域を超えて姫路、奈良までそのダイヤの乱れが発生する。列車運休時に住民からクレームを受けるのは専ら鉄道事業者であるが、鉄道事業者こそが比良おろしによる被害を最も受けていると言える。

コーディネーターを中心として鉄道事業者へのヒアリング、現地調査を行い、列車の安定運行に最も必要とされているのは何か？という課題を探索する。これには、気象学の技術的素養が必要であることから理系研究者とも協働しながら進めていく。

県や沿線市町は域内の湖西線の発展を願いつつも、頻繁に運休遅延する電車の利用が伸び悩んでおり、超高齢化社会に備えた駅のバリアフリー化などでは、鉄道事業者と利害が対立することも多い。こうした利害を乗り越え地域の発展に結びつける解決策を探索する。

#### 住民への最適情報伝達の適応実装手法に関するワークショップ開催

一般に自然科学の専門家は、地元住民ならではの経験に裏打ちされた知を軽視しがちであり、「説得する専門家」と「説得される非専門家」という関係を固定化しがちである。このような非対称な関係は、市民から主体性を奪い円滑な社会実装を阻害するため、むしろ地域住民をステークホルダーとして捉え地域との対話を重視した「市民のための科学」のあり方、科学と行政の関わり方を整理し環境適応型情報伝達のあり方について議論する。

#### 突風情報に基づく最適な鉄道運行支援手法に関するワークショップ開催

比良おろしによる突風が列車運行状況に与えている影響を過去の運行データを元に徹底的に調査する。通勤型、特急、貨物など種々の鉄道車両が運行され、迂回ルートとなる東海道、北陸本線においても、多くの列車が走っているため最適な回避行動のあり方について事業者とともに検討する。

### 4. 研究成果

高精細気象予報モデル技術に基づく突風予報システムを核として、突風災害にレジリエントに対応するコミュニティを形成するトランスディシプリナリー研究を行うことを目的としてきた。高分解能数値予報モデルを活用する前提として、先行研究による世界各国のおろし風の特徴と本研究対象である比良おろしの予測解明の必要性から、比良おろし域に構築した観測データベースを用いて比良おろし強風域が複数存在し、推移していく様子を明確化した。比良おろし発生時における気圧配置を4種類に分類し、それぞれの典型的な気圧配置に伴う風速時系列の特徴を調べ、典型的な気圧配置にもかかわらず比良おろしが発生しない事例があるも示し、数値予報モデルの必要性を示した。

検証された高分解能数値予報モデルを用いた比良おろし発生時のメカニズムについて、寒冷前線通過型の比良おろし発生のシミュレーションを行うことで、地元地域の稠密観測網で確認した微細水平構造と同様の結果を予報モデルでも再現することができた。比良おろし予報システムの開発では、スーパーコンピュータに気象庁とNCEPが配信する客観解析データを導入し、高分解能数値予報モデルに初期値・境界値として投入する。6時間毎に初期値・境界値を更新していき、算出されたシミュレーション結果をもとに比良おろしの判定を行った。定義した判定手法から比良おろし発生と判定する典型的な風速分布状況と比良おろしが発生しないと判定する典型的な風速分布状況を示した。本モデルの精度検証を行うために、観測結果と統計比較評価を行った。

抽出した事例からスレッドスコアによる時間予報まで含む適中率は40.0%となった。適中率は月によって変化し、台風南岸通過型事例に伴う強風予報が最も適中率が良く、シベリア高気圧の張り出しにより複雑な気圧配置になる2月は予報精度が下がることを示した。比良おろし予報システムによる突風発生の有無だけの判定は75%と実用的な数値となっていることを明ら

かにした。

課題を解決するため異分野の研究者、行政、地域住民、企業等の様々なステークホルダーとのコミュニケーション・意見交換を下記の通り進めてきた。

・平成 28 年度：予測・検証サイクルを繰り返し、24 時間の比良おろし専用予測モデルを構築

・平成 29 年度：研究の社会貢献を見据えて平成 28 年度の予測モデルの検証を実施しつつ、10 月に発生した湖西線の突風災害を中心とした再現実験、地元住民によるフィールド調査結果の分析を行い、これまでの成果を合わせて、セミナーを 3 月下旬に開催。

地元で長年比良おろし観測を行われている方と現地調査を実施。平成 29 年度は台風 21 号により比良おろし地域に大きな被害をもたらした。地元との対話で見えてきた内容は、台風 21 号がは現地に最も接近した時間帯から停電が続いた。比良おろし地域では広い地域で大木が多く倒れ、屋根や家屋に被害が出た。大雨により琵琶湖の水位も急上昇し、JR 湖西線では強風により比良駅からすぐ北で線路脇の電柱が 9 本倒れ、何本かは線路をまたぎ、しばらく運休となった。高速道路インター横の道の駅では屋根が大きくめくれ、中学校では体育館の西の屋根が一部めくれた。小学校の体育館ではガラスが割れ、民家の屋根の瓦が飛んだり緩んだりする被害も多く見られた。このように地元にも密着していないと明らかにならない情報が時間をかけずに入手でき、地域コミュニティとの対話の重要性を見出せた。

災害常襲地域の現地調査やワークショップ開催を通じ異なるコミュニティ間のネットワーク構築することで、一地域の事例研究にとどまることなく、「極端気象の最新予報技術に立脚したレジリエント・コミュニティ」の一般化モデルの確立という新研究領域の開拓、自然科学研究の社会実装へ向けた道筋を立てることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

1,

発表者名：Higashi, K., and J. Furumoto

発表標題：Development of the low-cost and high-performance coherent Doppler Lidar system

学会等名：19th Coherent Laser Radar Conference (国際学会)

発表年：2018 年

2,

発表者名：Iwamoto, N., J. Furumoto, and K. Higashi

発表標題：A study on the Convective Initiation by Combining Coherent Doppler Lidar and Large Eddy Simulation Model in the Urban Area

学会等名：19th Coherent Laser Radar Conference (国際学会)

発表年：2018 年

3,

発表者名：岩本尚大、古本淳一、東邦昭、稲垣厚至、神田学、常松展充

発表標題：コヒーレント・ドップラー・ライダーと高解像度都市モデルを用いた Convective Initiation の検討

学会等名：日本気象学会

発表年：2018 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。