

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：25408

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00815

研究課題名(和文)最先端解析手法を用いた多様な地表面上でのシビア現象発生機構の解明と予測

研究課題名(英文) Study on the generation mechanisms and nowcast of convective severe weather phenomena over diverse terrain by advanced methods

研究代表者

山田 芳則 (YAMADA, Yoshinori)

叡啓大学・ソーシャルシステムデザイン学部・教授

研究者番号：80553164

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,950,000円

研究成果の概要(和文)：本研究での主たる成果は、複雑地形上における先端的3次元風解析や高解像度数値モデル実験、偏波レーダー、非線形時系列解析等を総合的に用いることによって、これまでに知見の乏しかった対流雲の実態解明や積乱雲の組織化による線状降水帯の形成機構と維持機構の解明、シビア現象発生機構の解明、1分間降水量の短時間予測のための斬新的手法の開発などである。特に、最先端のフェーズドアレイレーダー2台を組み合わせたデュアルドップラー解析によって、30秒という高時間解像度で対流雲の内部構造の時間発展を捉えることに成功したことは、本課題で特筆される成果である。多くの成果が査読つき論文や学会発表等で報告されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は、現在までに十分に解明されていなかった対流雲の構造の時間発展や積乱雲の組織化による線状降水帯の形成・維持の他、地形との相互作用による局地的大雨のようなシビア現象発生機構を解明など、積乱雲や対流雲に関する新たな知見を獲得し、雲科学の進展に貢献したことである。

社会的意義は、先端的3次元風解析システムがフェーズドアレイレーダーを含む日本全国で稼働しているほぼ全てのレーダーに適用可能となったことで、このシステムが積乱雲や降水システムの解明及び実況監視のための重要なツールとして気象学や防災の分野で広く活用できるようになったこと、短時間降水量予測の手法が防災情報の高度化に貢献できることである。

研究成果の概要(英文)：This study has elucidated many new features of convective clouds. Major findings are the clarification of the actual condition of convective clouds, the formation and maintenance mechanism of a line-shaped precipitation system by organization of cumulonimbus clouds, the occurrence mechanism of severe phenomena, and a development of novel approach of short-range forecast of 1-minute precipitation amount by an ensemble of an advanced three-dimensional wind synthesis over a complex terrain, high-resolution numerical model experiments, polarization radar analysis, and a non-linear time series analysis. In particular, it is notable that a success of the elucidation of the time evolution of three-dimensional structures of convective clouds at a very high temporal resolution of 30 seconds by employing dual-Doppler wind synthesis that uses two cutting-edge phased array weather radars. Many of these accomplishments are published in peer reviewed papers and in conference presentations.

研究分野：レーダー気象学、メソ気象学、雲の降水物理学

キーワード：フェーズドアレイレーダー 先端的3次元風解析 シビア現象 高解像度数値モデル 非線形時系列解析 短時間予測 多様な地表面上 マルチドップラーレーダー解析

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

短時間強雨(または局地的大雨)や突風などのシビア現象は積乱雲に付随して発生することが多い(Kato and Maki 2009; Shusse et al. 2015). 集中豪雨をもたらすような線状降水帯も積乱雲が組織化されたものである(たとえば平成30年7月豪雨に関する気象庁報道発表資料). 積乱雲の構造やシビア現象の発生機構の解明は学術的にも重要な課題であり、防災の観点からはシビア現象をもたらす積乱雲の早期の探知やシビア現象発生予測がきわめて重要である. しかし、十分な時間的余裕を持った積乱雲の予測は現在の数値予報モデルでは非常に困難である. これは、モデルのスピンアップが適切に行えないことや積乱雲のモデルが不十分であることによる. このため、短時間強雨の予測手法(中北ら 2014)や短時間強雨による出水の早期探知システム(Nakakita et al. 2017)が構築されている. フェーズドアレイレーダーを活用した30秒更新の10分後までの超高速降水予報も開始されている(Otsuka et al. 2016). しかし、これらの研究ではシビア現象を伴う積乱雲の特徴や発生機構は依然未解明のままであり、しかも突風に関する予測は含まれていない. 中北らのいうゲリラ豪雨の「タマゴ」の形成機構や、この「タマゴ」がゲリラ豪雨となって地表に達する過程は依然として明らかになっていない. 都市はシビア現象に比較的脆弱であり、また都市部の中小河川への降雨流出は短時間強雨の影響を受けやすいため、シビア現象の短時間予測の高度化は都市防災の観点からもきわめて重要である.

日本ではシビア現象をもたらす積乱雲の構造や特徴は十分に解明されているとは言えない. 国外では、主にアメリカにおいて1980年代から局地的大雨や雹、竜巻などを伴うスーパーセル型の積乱雲に関する観測的・数値的な数多くの研究が行われてきたとはいえ(Miller et al. 1988; Smith et al. 2001)、この型の積乱雲は日本においては出現頻度がきわめて小さく、これらの結果をそのまま日本の積乱雲に当てはめることは難しい. 先行研究ではシビア現象を伴う積乱雲内には非常に強い上昇流が解析されている(Weisman and Klemp 1982; Yuter et al. 1995)ものの、従来型(Ray et al. 1980)及びそこから派生したマルチドップラーレーダー解析法によって算出された気流(特に鉛直流)に含まれる誤差は大きく、「強い上昇流」とは具体的にどの程度の大きさなのかが明瞭ではない. 現在では先端的なMUSCAT法(Bousquet and Chong 1998; Yamada 2013)のような非常に高精度で3次元気流構造を解析可能な方法が存在する. 研究代表者はすでに複雑な地形上でも風解析が可能なシステム(Chong and Cosma 2000)を構築済みである(山田 2017: 現時点で、この方法が複雑地表面上の降水システム内の風を精度よく解析できる世界唯一のものである). 日本を含めてこれまでのほとんどの研究は平坦な地表面上での積乱雲を対象としており、山地のような複雑な地表面上での積乱雲についての研究例はきわめて限定的であるのは、山地上での気流構造の高精度解析が非常に困難であったことも一因である. 短時間予測の分野では、新しい予測手法である非線形時系列解析(Hirata et al. 2015; Hirata 2017)が近年盛んに利用されるようになり、再生可能エネルギー分野での気象予測データに基づく電力出力予測等にも利用されるようになってきている. この最新の予測方法を積乱雲にも応用して、降水や風に関する高精度な短時間予測システムを構築できる可能性がある.

最新鋭のフェーズドアレイレーダーやKuバンドレーダー(今井 2008)のデータを活用することで、解析の時間解像度を30秒~1分と格段に向上させることが可能となり、対流スケールでの雲内の気流構造や反射強度などの時間発展がより詳細に明らかになる. 多様な地表面上での積乱雲の実態を解明するためには、高速走査が可能なドップラーレーダーと先端的な高精度の3次元風解析システム、及び高解像度モデルを容易に実行できる環境が必要であった. 現在、これらの条件がようやく満たされ、また湿潤LES(LES: ラージエディシミュレーション)のような高解像度数値モデル実験が可能な大型計算機が整備されて積乱雲とその内部構造のシミュレーションが可能になっている.

2. 研究の目的

研究目的は、多様な地形上に出現して短時間強雨や突風などをもたらす積乱雲の時間発展を最新鋭のフェーズドアレイレーダーデータを含むレーダーデータ解析と高解像度数値モデル実験とによって対流スケールで明らかにすることで、これらのシビア現象の発生機構の解明と短時間予測の高度化を行うことである. 発生機構は、シビア現象を発生させる雲に共通する特徴やシビア現象が発生しない雲との違いに着目して解明する. このために、最新鋭レーダー網のデータから降水強度や先端的解析システムによって3次元気流場を非常に高い時間解像度で解析する他、雲内の力学・熱力学構造や降水以外の水・氷粒子の空間分布までも明らかにする. 一方、数値モデルによる再現実験では、雲の特徴についての観測との対比及び上述の2つの型の雲の違いについて解析する. シビア現象の短時間予測の高度化は、観測からの積乱雲の顕著な特徴及びその時間変化を取り入れて、斬新的な非線形時系列解析によって行い、さらに高度化された短時間雨量予測が中小河川の流出予測にもたらす効果も検証する.

3. 研究の方法

研究は、下記のように観測データ解析と高解像度数値モデル実験とを有機的に組み合わせて行う。

レーダーデータを用いて、多様な地表面上に出現する積乱雲を対象にして、主にデュアル・フェーズドアレイレーダー解析によって高い時間解像度（30 秒）で雲内の反射強度や 3 次元気流構造の時間発展などを解析して、シビア現象を発生させる積乱雲とそうでないタイプの雲の構造の比較を行うことで、シビア現象を発生させる雲の特徴を解明する。特に、鉛直流や反射強度のコアの強さや空間スケールの違い、これらの時間変化率に着目する。デュアル・フェーズドアレイレーダー解析が可能な領域外に出現した現象については、従来型レーダーデータを用いてマルチドップラーレーダー解析を実施する。

シビア現象を発生させる積乱雲とそうでないタイプの雲について、高解像度数値モデルや湿潤 LES による再現実験を行い、レーダー観測から明らかになったシビア現象をもたらす積乱雲の特徴やその時間変化の再現性を検証するとともに、レーダー解析結果と総合して、シビア現象の発生機構を明らかにする。

高解像度数値モデル実験では、新規に開発済みの高度化・精緻化した異なる 2 つのバルク微物理モデル (Yamada 2016; Yamada 2018) も用いて、微物理モデルの違いが短時間降水量や積乱雲の構造の再現性に及ぼす効果を検証する。

降水粒子の地上観測 (ディストロメーターを使用) を標高の異なる 2 地点 (平地、山地) で実施し、1 時間未満の時間スケールでの短時間降水量や降水粒子の粒径分布に関する特性の違いを明らかにするとともに、これらのデータを高解像度数値モデルによる結果と比較することで微物理モデルによる短時間降水量とその頻度分布及び雨滴の粒径分布の再現性を検証する。

湿潤 LES による高解像度実験を異なる空間解像度で行い、シビア現象を発生させる積乱雲とそうでないタイプの雲の再現性についてのモデル解像度依存性を解析する。

観測されたシビア積乱雲の内部構造の特徴やその時間変化を非線形時系列解析に用いて、シビア現象の短時間予測の高度化と精度向上を図る。短時間の降水量予測では、20 分～30 分間積算の降水量を予測対象とする。

非線形時系列解析からの予測降水量が中小河川の流出予測に及ぼす効果を検証するために、河川水位の連続観測を実施して、予測雨量を用いた場合の河川応答と比較を行う。予測雨量を流出予測モデルに同化する手法の開発も行う。

4. 研究成果

大きな成果の一つは、デュアル・フェーズドアレイレーダー解析から対流雲の 3 次元構造の時間発展に関する新たな知見が得られたことである。特に 30 秒という非常に高い時間解像度で、雲内の反射強度の構造や上昇流・下降流の時間変化を明らかにすることに成功した。このようなデータは従来の X-バンドや C-バンドレーダーでは捉えられない貴重な結果であり、対流雲の実態解明やシビア現象発生機構の解明に向けて非常に重要である。2 台のフェーズドアレイレーダーの設置地点に基づくと、水平解像度 0.5 km、鉛直解像度 0.3 km で多様な地表面上での 3 次元風解析が可能である。デュアル・フェーズドアレイレーダー解析を用いて対流活動が活発な降水システムの解析を 9 分間にわたって行ったところ、大きさが 15 m s^{-1} にも達するような強い上昇流や下降流が存在し、これらの時間変化が非常に速いことが明らかになった (図 1)。これらの鉛直流の時間変化から、対流雲の観測では時間解像度はおよそ 1～2 分以下が必要であろう。対流活動が比較的弱い場合にもデュアル・フェーズドアレイレーダー解析を行い、その結果を同じ水平解像度の数値モデル実験結果の鉛直流 (大きさは数 m s^{-1}) の大きさやその出現頻度分布を各高度で相互比較した結果、ほぼ同様であることが示された。この事例に関する限り、鉛直流の見積もりはおおむね妥当と判断できる。大気中の現象に大きな影響を及ぼすと考えられる鉛直流の実態についても未解明なことが多く、鉛直流の実態解明にもレーダー解析とモデルとの相互比較は重要であり、デュアル・フェーズドアレイレーダー解析はこのような相互比較にも非常に有益であろう。これら 2 つの事例に関する限り、鉛直流の大きさは対流活動の活発さと関連していることが示唆される。また、デュアル・フェーズドアレイレーダー解析から算出された 3 次元気流構造は、反射強度の時間変化とも非常によく整合していた。比較的強い反射強度をもつ小さな丸い領域 (降水コアと考えられる) が上昇流の強い雲の上部や中層にも出現して、降水となって地表に落下する様子が見事に解析できている。降水コア内の反射強度が大きくなるにつれてこのコアは下方に落下するようになり、この落下に伴って上昇流の大きさも小さくなって、下降流が形成される様子も解析できている。雲の上部に形成される降水コアは下層から雲の上部まで伸びる上昇流コアに対応して形成され、中層での降水コアの形成は雲と周囲の気流との相互作用によるものであった。つまり、降水コアは雲の中層でも形成されることが明らかになった。このような雲内での降水コアを感知することが降水 (特に強い降水) の短時間予測には重要であると考えられる。なお、デュアル・フェーズドアレイレーダー解析が可能な領域内には、シビア現象を発生するような対流雲や降水システムは出現しなかったため、これらを解析することができなかった。フェーズドアレイレーダーを用いた解析における大きな問題点の一つには、低い仰角のデータにノイズや品質の悪いデータが従来型レーダーに比べて比較的多く存在していることである。このようなデータ (特にドップラー速度データ) の存在によって解析された 3 次元の風速場は大きな誤差を生じてしまうため、このようなデータは適切に修正あるいは

除去しなければならない。このための品質管理には非常に多くの時間を要するので、フェーズドアレイレーダーの高い時間解像度を生かすためにも、データの品質管理を行うための高性能で効率的な手法やアルゴリズムの開発が急務であるという課題も明らかになった。

本課題によって、代表者が継続して開発に取り組んできたマルチドップラーレーダー解析による高精度な3次元風解析システム（世界的にもトップレベルの水準）をフェーズドアレイレーダーへも適用可能となったことで、本システムは日本国内で稼働しているほとんどのレーダーに適用できるようになった。解析結果の可視化についても、現在では汎用的言語である Python による可視化プログラムを整備した。この3次元風解析システムは、気象学や防災の分野で広く活用できる技術であり、各種レーダーへの適用を拡張したシステムが整備できたことは本課題での重要な目的の一つが達成されたと考えている。

マルチドップラーレーダー解析から、対流雲と地形との相互作用によって局地的大雨のようなシビア現象が発生することも解析した。2018年9月4日に関西地方に強風をもたらした台風18号によって神戸市内に局地的大雨とそれに伴う洪水が発生した。この局地的大雨を関西地方に展開されている5台の従来型ドップラーレーダーのデータを用いて解析した結果、台風に伴う下層の強風と六甲山地との相互作用によって、上昇流がおよそ 20 m s^{-1} にも達するような対流雲によってもたらされたことがわかった（図2）。さらに、この台風による大阪平野の地表付近での強風は、台風に伴う上空の強風が和泉山地を越えて風下での下降流となって、上空の大きな運動量が大阪平野に輸送されることによってもたらされていたと推察できた。以上の結果は、国土面積の約70%を山地が占める日本においては、対流雲と地形との相互作用は学術及び防災の2つにとって重要であるので、継続して取り組むべき重要な課題の一つであることを示している。なお、本課題では、山地のような複雑地形上においてレーダーによる地表面付近での降水強度を、従来型の手法に比べてよりよく評価できるような方法も新たに開発した。

この他に、マルチ・ドップラーレーダー解析を用いてバックビルディング型の線状降水帯の降雨セルを対象に時々刻々の風速場を算出し、対流を強める縦渦構造と降水強度の関係を示した。対流圏下層での湿潤空気塊の流入・収束によってもたらされた上昇流が中層で縦渦構造へと発達する様子を捉え、同構造の発生位置・時間が降水強度の強まる位置・時間と一致することを示した。

シビア現象の一つである雷についても、早期探知のための技術の向上や発生予測が望まれる。本課題では、主として偏波レーダー観測データの解析によって、雷に関わる積乱雲の内部構造の特徴を明らかにした（Hayashi et al. 2021）。

数値実験の分野では、線状降水帯の事例について積乱雲が発生するバックビルディング型豪雨のラージ・エディ・シミュレーション（LESシミュレーション）を行った。この実験では実際の環境場を一樣な初期値・境界値とし、理想化した計算設定で気象庁非静力学モデルを実行させ、線状に組織化するメカニズムを解明した（Ito et al. 2021）。組織化に関する実験の他に、令和2年7月豪雨を対象に数値モデルNHMとasuca（現在、気象庁で現業的に用いられている数値モデルの一つ）によるサブkmまで水平解像度を向上させた大雨の再現性を調査した。その結果、総降水量でみるとモデル間・解像度間の再現性の違いは小さいことがわかった。ただし、降水強度出現頻度では、水平解像度2kmのNHMとasucaは強雨が過剰傾向であった。解析領域全体の平均降水量の時系列は概ね観測を再現していたものの、最大1時間雨量の時系列では豪雨時のピーク降水量はモデルが観測を上回っており、時間スケールの短い豪雨の再現性にはまだ課題があることが明らかとなった。したがって、数値モデルによる降水量の再現性向上も依然として必要である。また、この豪雨に関して熊本県及びその周辺を対象として、雲水から雨への変換を表現する数種類の異なるパラメタリゼーションを用いて高解像度数値実験を実施した結果、これらのパラメタリゼーションが降水量やその分布に及ぼす影響は小さくないことがわかった。降水予測や降水システムの再現性に大きな影響をもつ雲の微物理過程モデルについては、平地と山地のそれぞれ1地点で実施した降水粒子観測によるデータを参考にしつつ、改良・高度化に向けて検討中である。

大雨については、2006年から2020年までの九州地方における梅雨期における前線の降雨量への寄与を調べ、前線が九州地方に8日以上停滞していた4事例全てにおいて豪雨災害が発生していたことを明らかにした（宮本真希，山田 朋人 2021）。このことは、前線の構造や水蒸気の輸送などが豪雨発生に大きく影響していることを示唆する。また、気象庁の解析雨量を用いて、線状降水帯の特徴（継続時間、形状、降水量）の解析を行った。

1~2時間先までの気象要素の短時間予測は、防災の観点から重要とはいえ、依然として現時点でも難しい課題である。短時間予測の精度を向上させる取り組みとして、本課題では非線形時系列解析を用いて東京で観測された1分間の降水量予測の新規手法を開発した。その結果、従来型の手法に比較して2時間先までの降水量予測の精度が向上することがわかった。この成果をまとめた論文は、Nonlinear Processes in Geophysics Discussions に投稿して現在改稿中である（Hirata and Yamada 2022）。降水量だけでなく気象要素の短時間予測の精度向上には、数学あるいはデータサイエンスに基礎を置く新しい手法が必要であろう。

本課題では多くの成果があげられている。2022年6月23日現在、査読付き論文（印刷済み：国際雑誌4編、国内雑誌1編、改稿中（国際雑誌）：1編）、学会発表（国際：11件、国内：29件）、招待講演（国際：1件、国内：1件）、受賞（国内：2件）である。

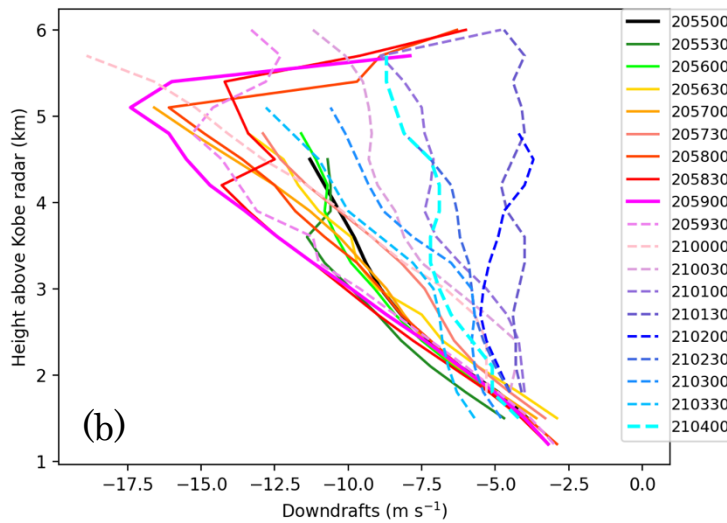
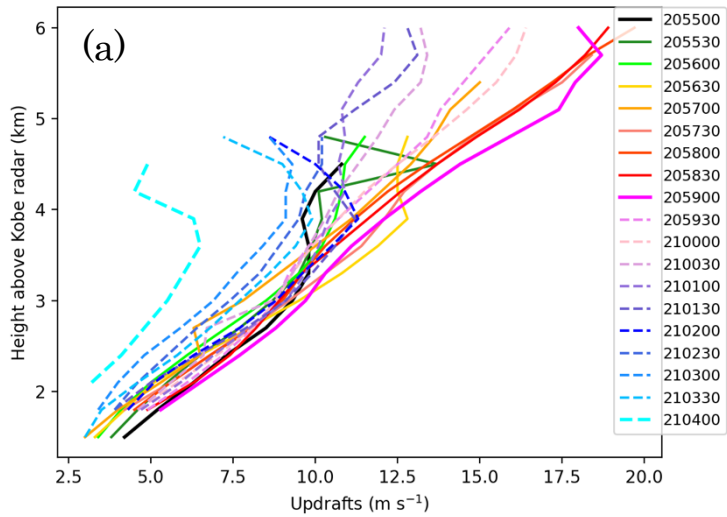


図1 デュアル・フェーズドアラレイレーダー解析によって解析された、降水システム内に存在する対流雲内の上昇流コア (a) と下降流コア (b) 内の鉛直流の高度分布の時間変化 (2019年8月28日に出現した比較的活発な対流雲). (a), (b) 図ともに、実線は上昇流が最大になるまで (2059:00 JST まで)、破線は上昇流が最大値をとってから衰弱する過程のデータを示す. 各高度での鉛直流の値は、各コア内で鉛直流の最大値から上位 5 番目までの値の平均値である. 解析開始時刻 (2055:00 JST: 黒い実線) から 2059:00 JST までの間に上昇流と下降流の大きさが急激に大きくなっていることがわかる.

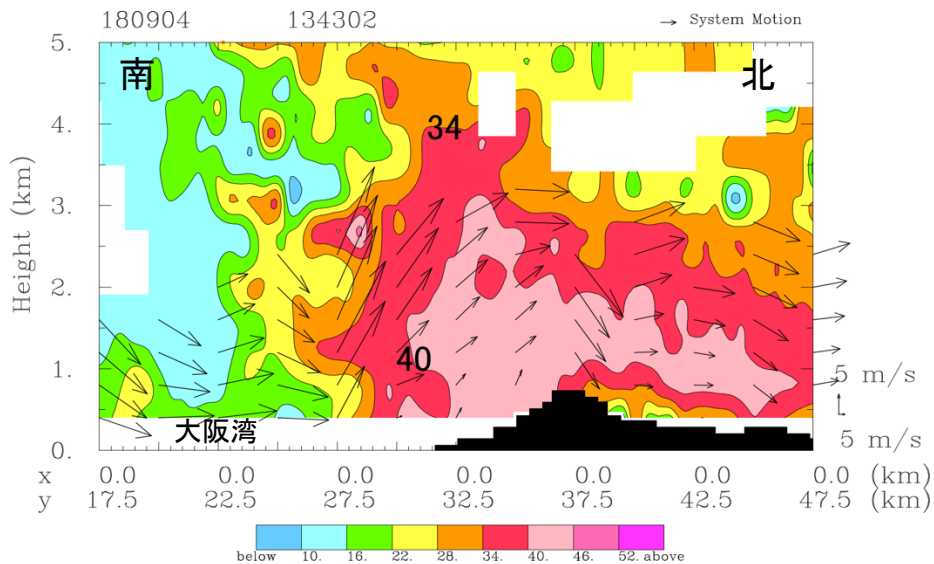


図2 神戸市内に局地的大雨と洪水をもたらした対流雲の構造を、神戸市上空を通る南北方向の鉛直断面内で示す図. マルチドップラレーダー解析の空間解像度は、水平方向が 0.5 km, 鉛直方向が 0.4 km. 矢印は、対流雲に相対的な水平風と鉛直流のベクトル表示で、各格子点における流線に平行になるように描画 (水平方向に 5 格子ごと). 陰影は反射強度で、10 dBZ から 6 dBZ ごと. 黒い領域は地形 (六甲山地) を示す. x と y は、それぞれ関西空港レーダーからの東西方向、南北方向の距離 (km). 地形との相互作用で、雲内には強い上昇流が生じていることが明瞭である ($27.5 \leq y \leq 32.5$ km 付近).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hayashi Syugo, Umehara Akihito, Nagumo Nobuhiro, Ushio Tomoo	4. 巻 248
2. 論文標題 The relationship between lightning flash rate and ice-related volume derived from dual-polarization radar	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Research	6. 最初と最後の頁 105166 ~ 105166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosres.2020.105166	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 -
1. 著者名 Ito Junshi, Tsuguchi Hiroshige, Hayashi Syugo, Niino Hiroshi	4. 巻 78
2. 論文標題 Idealized High-Resolution Simulations of a Back-Building Convective System that Causes Torrential Rain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 117 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAS-D-19-0150.1	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 -
1. 著者名 Banerjee Abhirup, Goswami Bedartha, Hirata Yoshito, Eroglu Deniz, Merz Bruno, Kurths Jürgen, Marwan Norbert	4. 巻 28
2. 論文標題 Recurrence analysis of extreme event-like data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nonlinear Processes in Geophysics	6. 最初と最後の頁 213 ~ 229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/npg-28-213-2021	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
1. 著者名 MIYAMOTO Maki, YAMADA Tomohito J.	4. 巻 77
2. 論文標題 AN INTERANNUAL VARIATION OF ATMOSPHERIC FRONTS AND SURROUNDING ATMOSPHERIC CONDITIONS FROM MAY TO JULY DURING RAINY SEASON IN SOUTH-WESTERN JAPAN	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_463 ~ I_468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_463	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 -

1. 著者名 Hirata Yoshito, Shiro Masanori	4. 巻 32
2. 論文標題 Improving time series prediction accuracy for the maxima of a flow by reconstructions using local cross sections	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science	6. 最初と最後の頁 063103 ~ 063103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0092433	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42件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Ito, J., H. Tsuguti, S. Hayashi, and H. Niino
2. 発表標題 Idealized High Resolution Simulations of a Back-Building Convective System with an Extreme Precipitation
3. 学会等名 AMS 18th Conference on Mesoscale Processes (The Desoto Savannah, United States, 7/29/2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoh, S., T. Sano, H. Hanado, Y. Maejima, S. Otsuka, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Convective Echoes Embedded in Widespread Stratiform Echoes Observed by Kobe PAWR in July 2018
3. 学会等名 16th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society (AOGS2019, AS12-A007), Singapore (7/29/2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoh, S., H. Hanado, Y. Maejima, S. Otsuka, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Development of Convective Cells Embedded in Widespread Rainfall Observed by Kobe PAWR in July 2018
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (12A-03), Nara, Japan (09/19/2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamada, Y.
2. 発表標題 Damaging wind fields associated with typhoon Jebi in the Kansai region in Japan on the 4th September 2018 from multiple wind synthesis over complex terrain
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (11B-05), Nara, Japan (09/19/2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤純至、林修吾
2. 発表標題 肱川あらしのアンサンブル予報
3. 学会等名 2019年度第2回高解像度豪雨予測とアンサンブル同化摂動手法に関する研究会 (大洲市民会館、大洲、2019/12/05)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤晋介、佐野哲也、花土弘、前島康光、大塚成徳、三好建正
2. 発表標題 2018年7月に神戸PAWRで観測された層状性エコーに埋め込まれた対流性エコー
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会、A153
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田芳則、牛尾知雄、佐藤晋介
2. 発表標題 複雑地形上での Dual-PAWR による降水システム内の 3 次元風解析
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会 D356 (口頭)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田芳則
2. 発表標題 多様な地表面上に適用可能な先端的マルチドップラーレーダー解析システムの構築
3. 学会等名 土木学会 令和2年度全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ito, J, H. Tsuguti, S. Hayashi, and H. Niino
2. 発表標題 Idealized numerical experiments for a back-building convective system
3. 学会等名 International Workshop Convection-Permitting Modeling for climate Research Current and Future Challenges (Online, 9/2/2020) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤純至、津口裕茂、林修吾、新野宏
2. 発表標題 線状降水帯の高解像度理想実験
3. 学会等名 日本気象学会東北支部研究会(仙台管区气象台、仙台、2020/12/07)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤純至
2. 発表標題 高解像度気象モデルが再現する海上風
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会(オンライン、2020/11/27)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤晋介、磯田総子、岩井宏徳、花土弘、中川勝広、大塚成徳、三好建正、前坂剛、清水慎吾
2. 発表標題 さいたまMP-PAWRで観測された2019年台風15号の強風域の3次元構造
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会、(2020年05月19日)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 修吾, 梅原章仁, 南雲信宏
2. 発表標題 二重偏波レーダによる粒子判別を用いた雷雲内の粒子分布と雷活動の関係
3. 学会等名 2020-05-19 雲・降水研究会(第三回)/日本/Web開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田芳則、牛尾知雄、佐藤晋介
2. 発表標題 複雑地形上でのDual-PAWR による降水システム内の3次元風解析
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会、(2020年05月19日)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hashimoto, D., and T. J. Yamada
2. 発表標題 The Spatial Relationship between Precipitable Water Vapor Derived from Consideration of Delay effects in GPS and Streaky Clouds in Downstream of the Ishikari River Basin in Hokkaido
3. 学会等名 The Fifth Convection-Permitting Modeling Workshop 2021 (CPM2021), online, (14 September 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyamoto, M., and T. J. Yamada
2. 発表標題 An Identification of Atmospheric Fronts by Image Analysis of Surface Weather Maps
3. 学会等名 The Fifth Convection-Permitting Modeling Workshop 2021 (CPM2021), online (14 September 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohya, Y., and T. J. Yamada
2. 発表標題 Frequency of Line-Shaped Rainbands around Northern Japan by Machine Learning Classification Using Large Ensemble Data
3. 学会等名 The Fifth Convection-Permitting Modeling Workshop 2021 (CPM2021), (14 September 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤純至
2. 発表標題 線状降水帯の理想化実験
3. 学会等名 先端的ながれ研究会 (オンライン、2021/05/22) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤純至
2. 発表標題 サブkm解像度の数値気象モデルにおける鉛直流の解像度依存性とその特徴
3. 学会等名 日本気象学会春季大会 (オンライン、2021/05/18)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大屋祐太, 星野剛, 山田朋人
2. 発表標題 将来気候における北海道周辺域の台風接近数の海面水温依存性
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会 2021年度研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大屋祐太, 山田朋人
2. 発表標題 北海道周辺域で線状降水帯が発生しやすい準季節平均場の将来変化
3. 学会等名 第1回日本気象学会北海道支部オンライン研究発表会(2021年07月15日)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大屋祐太, 山田朋人
2. 発表標題 大量アンサンブルデータを用いた準季節環境場の分類による北海道周辺域の降雨量の海面水温依存性
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大屋祐太, 山田朋人
2. 発表標題 過去の災害事例を基準とした北海道における線状降水帯の客観的抽出
3. 学会等名 令和3年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大屋祐太, 山田朋人
2. 発表標題 観測及び d4PDF を用いた線状降水帯の特定
3. 学会等名 日本気象学会北海道支部オンライン研究発表会 (細水 67巻)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤晋介、磯田総子、花土弘、中川勝広、柳瀬茉那美、星絵里香、小池佳奈、大塚成徳、三好建正
2. 発表標題 さいたまMP-PAWRのデータ品質管理 ~ 様々な非降水エコーの特徴 ~
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会, 0B-09+(P3J,A1H)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤晋介、磯田総子、花土弘、中川勝広、内野進、山下恒平、村永和哉
2. 発表標題 フェーズドアレイ気象レーダーのデータ品質管理とデータ公開
3. 学会等名 JpGU2021, M-G134-06, 2021年06月03日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤晋介、磯田総子、岩井宏徳、花土弘、中川勝広、大塚成徳、三好建正、前坂剛、清水慎吾
2. 発表標題 Near-surface Strong Winds in Typhoon Faxai Observed by Saitama MP-PAWR in 2019
3. 学会等名 AOGS2021, AS20-A005, (2021年08月02日) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本弾, 山田朋人
2. 発表標題 衛星測位情報の遅延効果より推定した可降水量と冬季筋状雲の空間特性の関係
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会 2021年度研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本弾, 山田朋人
2. 発表標題 石狩湾に流入する冬季筋状雲の収束・発散域下におけるGPS可降水量の空間分布
3. 学会等名 日本気象学会北海道支部研究発表会（細氷 68）オンライン,（2021年12月21日-22日）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本弾, 山田朋人
2. 発表標題 石狩湾近郊における筋状雲の出現特性とGPS可降水量の関係
3. 学会等名 令和3年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林修吾, 渡邊俊一, 橋本明弘, 藤田匡
2. 発表標題 NHMとasucaによるモデル間相互比較実験
3. 学会等名 日本気象学会2021年秋季大会, PosterWF-26
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平田祥人, 山田芳則
2. 発表標題 東京の気象の1分値データにおける曜日効果
3. 学会等名 日本気象学会2021秋季大会, オンラインポスター発表 (2021年12月3日)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本真希, 山田朋人
2. 発表標題 梅雨期の九州地方における前線の停滞と降雨特性
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会 2021年度研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本真希, 山田朋人
2. 発表標題 道央地域における秋季の前線とそれに起因する降雨特性
3. 学会等名 第1回日本気象学会北海道支部オンライン研究発表会 (細水 67) オンライン (2021年07月15日)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本真希, 山田朋人
2. 発表標題 北海道における前線特性の変化
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本真希, 山田朋人
2. 発表標題 北海道の暖候期における前線の特徴
3. 学会等名 令和3年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本真希, 山田朋人
2. 発表標題 過去43年間の日本周辺における前線の気候特性
3. 学会等名 日本気象学会北海道支部研究発表会（細氷 68）, 17, オンライン, 2021年12月21日-22日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田芳則、牛尾知雄、佐藤晋介
2. 発表標題 高時間解像度dual-PAWR 解析による対流雲の時間発展の解析
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田芳則
2. 発表標題 Dual-PAWR解析と数値モデル結果に基づく鉛直流の相互比較
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会：ポスター
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamada, Y.
2. 発表標題 Vertical winds recovered from high time-resolution multiple-Doppler wind synthesis
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (Poster) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miyamoto, M. and T. J. Yamada
2. 発表標題 Identification of the atmospheric fronts depicted on weather maps
3. 学会等名 14th International Conference on Hydroinformatic HIC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ohya, Y. and T. J. Yamada
2. 発表標題 Characteristics of line-shaped rainbands regarding duration, shape, and rainfall intensity in northern Japan using the radar/raingauge-analyzed precipitation product
3. 学会等名 14th International Conference on Hydroinformatic HIC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究成果と研究概要は下記のホームページで公開している。また、本研究課題の詳細な最終報告書を作成して印刷製本するとともに、この最終報告書の印刷用原稿ファイル（PDFファイル）もこのホームページ上からダウンロード可能となっている。

最先端解析手法を用いた多様な地表面上でのシビア現象発生機構の解明と予測
<https://www.mri-jma.go.jp/Dep/phy/jsps19h00815/index.html>

本課題における受賞は下記の2件である。

1. 北海道支部発表賞・日本気象学会/大屋祐太・山田朋人，北海道周辺域で線状降水帯が発生しやすい準季節平均場の将来変化，2021年7月
2. 北海道支部奨励賞・土木学会/大屋祐太・山田朋人，過去の災害事例を基準とした北海道における線状降水帯の客観的抽出，2022年2月

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	伊藤 純至 (ITO Junshi) (00726193)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	山田 朋人 (YAMADA Tomohito) (10554959)	北海道大学・工学研究院・准教授 (10101)	
研究分担者	林 修吾 (HAYASHI Syugo) (20354441)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官 (82109)	
研究分担者	佐藤 晋介 (SATO Shinsuke) (30358981)	国立研究開発法人情報通信研究機構・電磁波研究所電磁波伝搬研究センター・総括研究員 (82636)	
研究分担者	平田 祥人 (HIRATA Yoshito) (40512017)	筑波大学・システム情報系・准教授 (12102)	
研究分担者	牛尾 知雄 (USHIO Tomoo) (50332961)	大阪大学・工学研究科・教授 (14401)	

	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
研究協力者	藤吉 康志 (FUJIYOSHI Yasushi)		北海道大学名誉教授

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	上田 博 (UYEDA Hiroshi)		名古屋大学名誉教授
研究協力者	小西 啓之 (KONISHI Hiroyuki)		大阪教育大学 教育学部 教授

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