

令和 2 年 5 月 14 日現在

機関番号：82109

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K17804

研究課題名（和文）次世代データ同化とアンサンブルシミュレーションによる積乱雲の発生・発達機構の解明

研究課題名（英文）Clarification of genesis and development mechanism of cumulonimbus with the next-generation data assimilation and ensemble simulations

研究代表者

横田 祥 (Yokota, Sho)

気象庁気象研究所・気象観測研究部・併任（第四研究室）

研究者番号：10723794

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：積乱雲に伴う降水について、二重偏波レーダー等の高密度観測のデータ同化による再現を行い、再現された降水のアンサンブル予報に基づく解析により、降水の発生に適した大気場の特徴が抽出できることを示した。また、降水が予測されていない箇所にレーダーデータを適切に同化する手法や、非線形予報モデルの繰り返し計算を用いて非線形に時間変化する物理量をより適切に同化する手法を考案し、これらによって降水の予測が改善する可能性を示した。赤外線カメラによる降水域周辺の下層大気場の観測の利用可能性も調査した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で行ったアンサンブル予報に基づく降水の解析手法は、発生頻度が小さく複数の要因が考えられる複雑な気象現象を統計的に解析できる新しい手法として有用であり、学術的意義が大きい。また、本研究のアンサンブル予報に基づく解析で得られた降水の発生に適した大気場の特徴、本研究で提案した降水予測改善のための新しいデータ同化手法や赤外線カメラによる観測の利用などは、豪雨予測に向けた数値モデルやデータ同化手法の高度化に大きく寄与する。

研究成果の概要（英文）：Rainfalls generated from cumulonimbus were reproduced with the ensemble simulations by the data assimilation of dense observations (e.g., polarimetric radars), and it was shown that analyses based on the ensemble simulations can clarify the characteristics of atmospheric states that were suitable for the genesis of the rainfalls. Methods to improve rainfall forecasts were also suggested: radar data assimilation at points where rainfall forecasts are failed and assimilation of nonlinear physical values using iterative calculation of the nonlinear forecast model. Availability of atmospheric states in the lower layer observed by the infra-red camera was also examined.

研究分野：気象学

キーワード：積乱雲 データ同化 アンサンブル予報 二重偏波レーダー 赤外線カメラ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

積乱雲に伴う降水を数値気象モデルで予測するには、降水直前の大気場(風、気温、水蒸気量)を精密に求め、それを初期値としてシミュレーションを行う必要がある。しかし、既存の観測網では、降水そのものを高密度・高頻度に観測することはできても、降水域周辺の大気場の観測は十分ではない。したがって、降水を予測するには、積乱雲の発生に適した大気場を詳細に理解し、降水観測から周囲の大気場を推定できるようにすることが重要である。

数値気象モデルを用いて積乱雲の発生に適した大気場の特徴を客観的に理解するためには、複数のシミュレーション結果を統計的に解析することが有効であるが、これには積乱雲を精度よく再現した多メンバーの実験が必要であるため、これまでは計算機資源の制約や積乱雲の再現の難しさから行われていなかった。また、これまでに提案されている解析手法は、ある単一の物理量と周囲の大気場の線形関係を得るものであるため、積乱雲に伴う降水のように複数の要因が考えられる複雑な気象現象の解析には十分ではなかった。

### 2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、下記の3点を本研究の目的とする。

(1) 高解像度かつ多メンバーのアンサンブル予報で積乱雲を精度良く再現するために、降水などの非線形に変化する物理量のデータ同化手法を改良し、大気場をより精密に推定できるようにする。

(2) 積乱雲を再現した高解像度かつ多メンバーのアンサンブル予報を用いて積乱雲の発生を統計的に解析できる手法を考案し、積乱雲の発生が大気場の何に起因するのかをより客観的に解析する。

(3) 既存の観測網で得られない降水域周辺の下層の大気場を観測するために、地上から赤外線カメラで観測された積乱雲の雲底温度の情報が利用できるかどうかを調査する。

### 3. 研究の方法

下記の(1)-(6)の研究を行った。このうち、(2)(5)は主に上記目的(1)、(1)(3)(4)は主に上記目的(2)、(6)は主に上記目的(3)のために行ったものである。

(1) データ同化とアンサンブル予報のサイクルにより解析誤差範囲内のアンサンブル予報を行うことのできる、気象庁非静力学モデルに基づく局所アンサンブル変換カルマンフィルタ(NHM-LETKF)というシステムを用いて、二重偏波レーダーなどの高密度観測データを同化し、2012年5月6日に茨城県つくば市に被害をもたらした竜巻を、水平解像度50m、33メンバーのアンサンブル予報で再現する。そして、アンサンブル予報を用いて単一の物理量と周囲の大気場との線形関係を得ることのできる、アンサンブル感度解析(ESA)という手法により、竜巻の発生に適した大気場の特徴を抽出する。

(2) (1)のデータ同化手法は、降水が予測されていない地点で降水のアンサンブル摂動の予測値が0になるために同化の効果が得られないという課題があった。これを解決するために、この予測値を周囲の大気場との相関関係に基づいて与える手法をNHM-LETKFに導入する。これにより、大気場がどのように変化し、その後の予報がどのように改善するかを調査する。

(3) (2)のデータ同化手法を用いてNHM-LETKFで二重偏波レーダーなどの高密度観測データを同化することにより、2016年8月4日につくば市で発生した局地的降水を、水平解像度1km、301メンバーのアンサンブル予報で再現する。そして、このアンサンブル予報で得られる雲物理量と大気場の相互共分散行列の特異値分解解析(ESVD解析)を行って、得られた複数のモードの分布から降水の発生要因を解析し、(1)の解析手法(ESA)に対する優位性を調査する。

(4) マルチスケールの複数要因が指摘されている平成30年7月豪雨を、NHM-LETKFによる水平解像度2km、301メンバーのアンサンブル予報で再現する。そして、(3)の解析手法(ESVD解析)により、豪雨の複数要因が抽出できるかどうかを調査する。

(5) (1)-(4)で用いていたLETKFは、物理量間の線形関係を仮定したデータ同化手法であるため、非線形性の大きい降水などの物理量が適切に同化できないという課題がある。そこで、非線形モデルの繰り返し計算により非線形性の大きい物理量をより適切に同化し得る手法(4DEnVar-IF)を考案し、この手法の既存の手法に対する優位性を調査する。

(6) (1)-(4)では、降水域周辺の下層の大気場の高密度観測データを同化していないため、降水域周辺の大気場の再現性が低い可能性がある。そこで、2016年の7月~9月に茨城県つくば市の気象研究所の屋上から赤外線カメラで上空を撮影し、その観測を放射伝達方程式で大気場と対応付けることにより、大気場の再現性の向上にこの観測が利用できるかどうかを調査する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 2012年5月6日の竜巻のアンサンブル予報に基づく解析

水平解像度 15km と 1.875km の NHM-LETKF で、二重偏波レーダーで推定した雨水量などの高密度観測データを直接同化し、得られた解析値をダウンスケールすることにより、2012年5月6日に茨城県つくば市に被害をもたらした竜巻を、水平解像度 50m、33メンバーのアンサンブル予報で再現した。そして、再現された竜巻の強さに対する ESA により、竜巻の強さが高度 1km のメソサイクロン（竜巻よりスケールの大きいメソスケール渦）の強さや、下層 100m で平均した水蒸気量と相関が大きいことを示した。また、竜巻の強さは竜巻渦の循環の起源と明瞭な関係が無いということも示した。これらは、竜巻の発生にとって、竜巻渦の起源よりも、竜巻より大きなスケールの渦や水蒸気量が重要であるということを示唆するものであり、このことを現実の竜巻のアンサンブル予報による統計的な解析で示した世界初の成果として、国際誌に出版された。

##### (2) 降水が予測されていない地点へのレーダーデータの同化手法の改良

(1)では、再現された竜巻の発生時刻は現実より早かった。これは、雨水量を同化する際、降水が予測されていない観測点では降水のアンサンブル摂動の予測値が 0 になるため、同化の効果が得られないということが一因と考えられる。そこで、LETKF による解析前に、解析領域全体で高度毎にレーダー反射強度と大気場（東西風、南北風、鉛直風、気温、水蒸気混合比）の相関を計算し、この相関と観測点における大気場の摂動の予測値からレーダー反射強度の摂動の予測値を作成して同化する手法を考案した。この手法を NHM-LETKF に導入し、作成した摂動の予測値を与えてレーダー反射強度（二重偏波レーダーで得られる非偏波間位相差で降雨減衰を補正したもの）を同化することにより、降水の予測が改善することを、2つの事例（2012年5月6日と2013年9月2日にそれぞれ茨城県つくば市と埼玉県越谷市に被害をもたらした竜巻の事例）で示した。この成果は国際誌に出版された。

##### (3) 2016年8月4日の局地的降水のアンサンブル予報に基づく特異値分解解析

(1)で行った ESA は、積乱雲に伴う降水のような複雑な気象現象の解析には十分ではない。そこで、アンサンブル予報から得られる雲物理量と大気場の相互共分散行列を特異値分解し、その各モードの空間分布から降水と共変動する大気場のモードを抽出する手法 (ESVD 解析) を考案した。ESVD 解析は、単一の物理量を選択せずに降水の複数要因を抽出できるという点で、ESA より優れている。この ESVD 解析の優位性を示すために、2016年8月4日につくば市で発生した局地的降水を、NHM-LETKF により、水平解像度 1km、301メンバーのアンサンブル予報で再現した。この際、水蒸気ライダーによる水蒸気混合比、GNSS による可降水量、二重偏波レーダーによる反射強度などの高密度観測データを同化した。レーダー反射強度の同化には(2)の同化手法を用いた。そして、このアンサンブル予報に基づく ESVD 解析により、この局地的降水の発生には降水発生直前の下層の水蒸気量と風の収束が重要であることを示した（図1）。

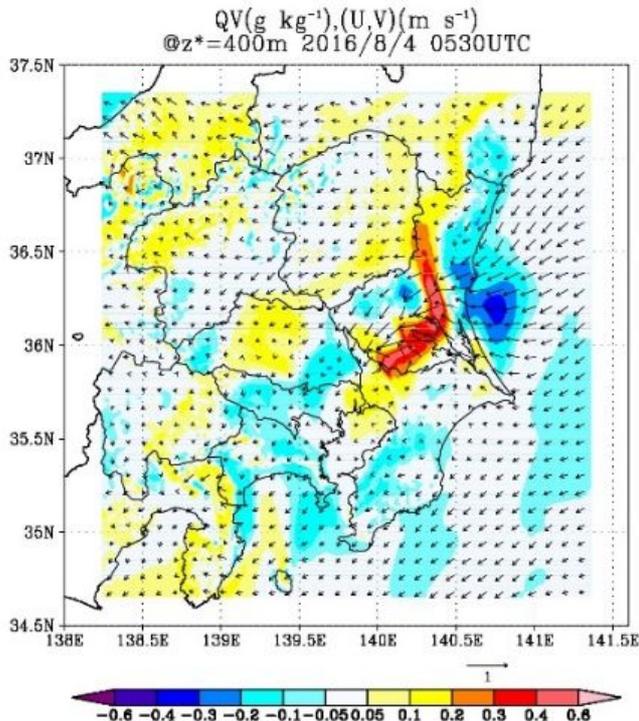


図1  
ESVD 解析の第1モードから得られる、2016年8月4日0550UTCのつくば市周辺の水蒸気量に対する0530UTCの地上400mの風（矢印）と水蒸気量（カラー）の相関の空間分布。0530UTCにおいて暖色域で水蒸気が多く矢印の方向に風が強いほど、0550UTCにつくば市の局地的降水が強まると示す。

(4) 平成 30 年 7 月豪雨のアンサンブル予報に基づく特異値分解解析

(3)で考案した ESVD 解析は、複数モードの解析により、豪雨の総観スケールの要因とメソスケールの要因を同時に抽出できる可能性がある、このことを示すために、マルチスケールの複数要因が指摘されている平成 30 年 7 月豪雨を、NHM-LETKF により、水平解像度 2km、301 メンバーのアンサンブル予報で再現した。そして、このアンサンブル予報に基づく ESVD 解析を行い、豪雨の総観スケールの要因が低次モードから、メソスケールの要因が高次モードから抽出できることを示した(図 2)。

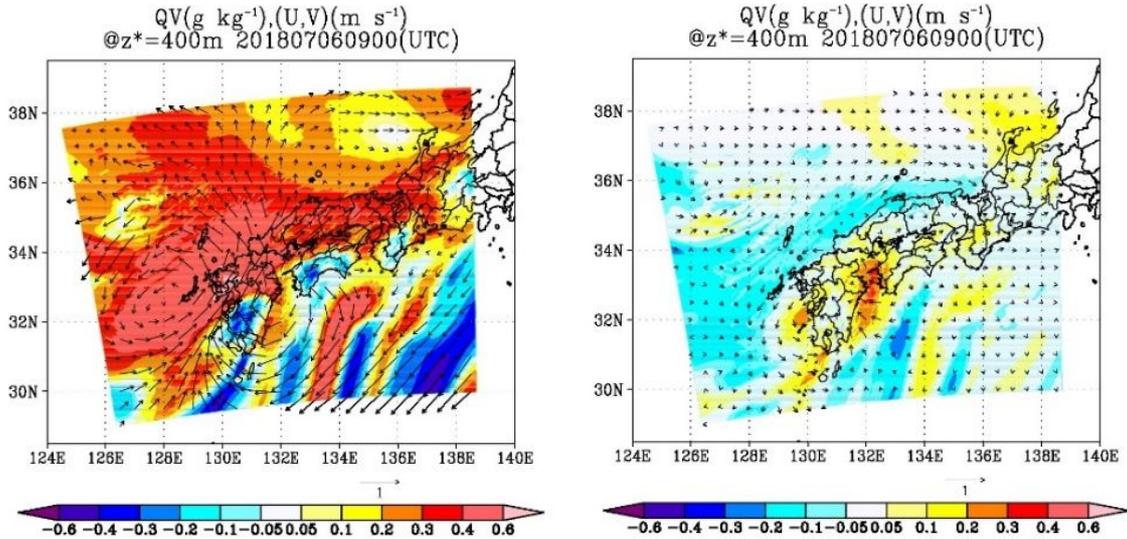


図 2 図 1 と同様の相関の空間分布を、2018 年 7 月 6 日 1200UTC の広島県周辺の雲物理量に対する 0900UTC の風と水蒸気量について示したもの。左図は第 1 モードであり、総観スケールの日本海側の水蒸気量と中国地方の南西風の重要性を示す。一方、右図は第 6 モードであり、広島県南からのメソスケールの高湿気塊の流入の重要性を示す。

(5) 4 次元アンサンブル変分法を用いた非線形物理量の同化手法の改良

(1)-(4)で用いた LETKF は 4 次元アンサンブルアルマンフィルタ(4DEnKF)の一種であるが、4DEnKF は物理量間の線形関係を仮定したデータ同化手法であり、非線形性の大きい降水などの物理量が適切に同化できない。そこで、4DEnKF と同等の解析値を最尤推定によって求める 4 次元アンサンブル変分法(4DEnVar)をベースに、非線形モデルを繰り返し計算して評価関数をより厳密に求める手法(4DEnVar-IF)を考案した。そして、Lorenz の 3 変数モデルを用い、4DEnVar-IF の方が既存の手法より適切な解析値が得られる可能性を示した(図 3)。一方で、4DEnVar-IF に局所化(アンサンブルメンバー数の不足によるサンプリング誤差を抑えるために、同化の影響を観測領域近傍に制限する手法)を適用すると、最尤値が正しく求められないという課題も示した。

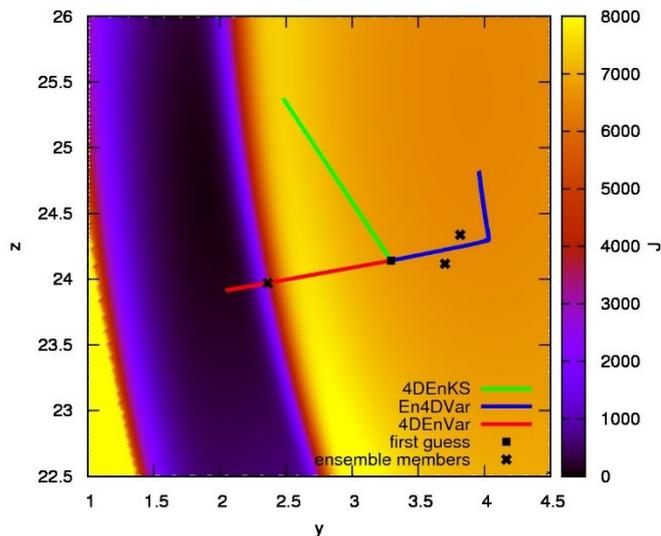


図 3 Lorenz の 3 変数モデルを用いたデータ同化における、評価関数の最小値探索の方向の例。緑線が 4DEnKS(同化ウインドウの始めを解析時刻とする 4DEnKF)、青線が En4DVar-IF(評価関数の勾配計算に接線形モデルを用いた手法)、赤線が 4DEnVar-IF を用いた場合を表しており、それぞれ始端(印)が第一推定値、終端が解析値である。また、×印は評価関数の計算に用いたアンサンブル予報値、カラーは評価関数である。この例のように、評価関数の勾配が強非線形で、かつアンサンブル摂動の大きさが適切である場合、4DEnVar-IF が他の手法より適切に評価関数の最小値を探索し得る。

(6) 赤外線カメラによる観測の利用可能性調査

(1)-(4)で利用していない降水域周辺の下層の大気場の高密度観測データとして、赤外線カメラによる観測が利用できるかどうかを調査するために、2016年7-9月の0000UTCが快晴または曇天である日について、赤外線カメラで0000UTCに茨城県つくば市の気象研究所の屋上から真北方向を撮影し、観測された温度から放射束密度の観測値(Fobs)を計算した。そして、気象研究所隣の高層気象台の0000UTCのゾンデ観測の気温、気圧、水蒸気混合比の鉛直分布から、散乱や視線方向以外からの影響を無視して水平一様を仮定した放射伝達方程式により、放射束密度の推定値(Fest)を計算し、Fobsと比較した。この結果、簡易的な推定を行っているにもかかわらず、FobsとFestにある程度的一致がみられた(図4)。このことから、Festの計算をより厳密に行えば、Fobsのデータ同化により、降水域周辺の下層の気温、気圧、水蒸気混合比を修正できる可能性があると考えられる。

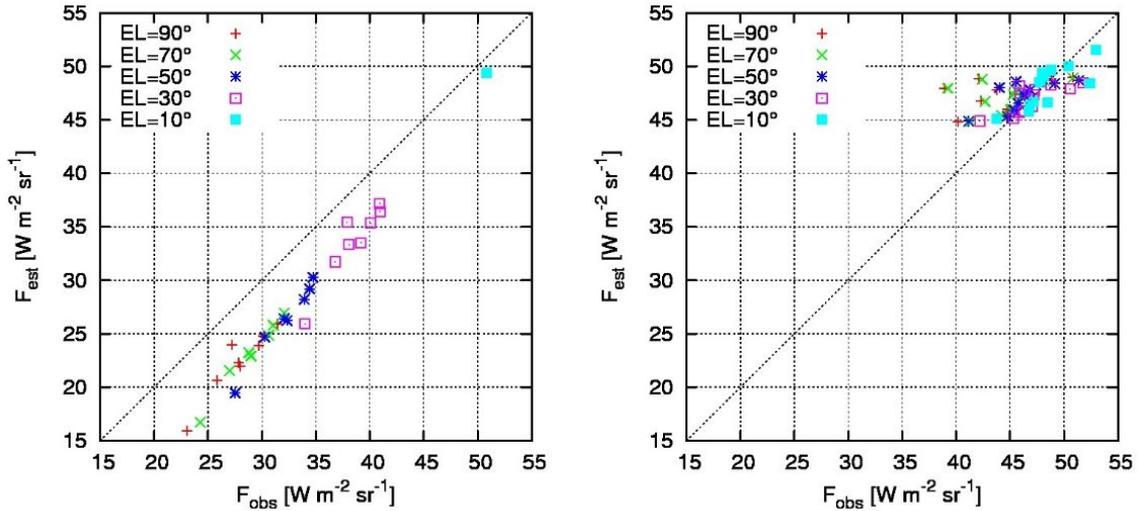


図4 2016年7-9月の0000UTCにおいて計算したFobsとFestの散布図。マークの違いは仰角の違いを表す。左図は快晴日について示したものであり、雲からの射出を0としてFestを計算した。右図は曇天日について示したものであり、雲底が925hPaにあると仮定してFestを計算した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 2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 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and E. Sato	4. 巻 123
2. 論文標題 Improving Short-Term Rainfall Forecasts by Assimilating Weather Radar Reflectivity Using Additive Ensemble Perturbations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 9047-9062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD028723	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 横田祥, 新野宏, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋	4. 巻 38-1
2. 論文標題 データ同化とアンサンブル予報による竜巻発生過程の解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ながれ	6. 最初と最後の頁 8-13
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 無
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 横田祥, 新野宏, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 竜巻のアンサンブル予報	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 気象研究ノート「竜巻を識る」	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 無
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 横田祥, 新野宏, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 佐藤英一	4. 巻 62
2. 論文標題 高解像度アンサンブル予報を用いた竜巻の発生要因の解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月刊海洋号外「新野宏教授退職記念号」	6. 最初と最後の頁 118-123
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 無
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 Yokota, S., H. Niino, H. Seko, M. Kunii., and H. Yamauchi	4. 巻 146
2. 論文標題 Important Factors for Tornadogenesis as Revealed by High-resolution Ensemble Forecasts of the Tsukuba Supercell Tornado of 6 May 2012 in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 1109-1132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/MWR-D-17-0254.1	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 横田 祥	4. 巻 64.7
2. 論文標題 4DEnVar (4次元アンサンブル変分法)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 天気	6. 最初と最後の頁 523-526
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 無
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37件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 横田祥, 小泉耕, 国井勝, 伊藤耕介
2. 発表標題 非線形予報モデルを繰り返し計算する4DEnVarは非線形現象のデータ同化に有効か?
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘
2. 発表標題 アンサンブルに基づく相互共分散行列の特異値分解による平成30年7月豪雨の解析
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yokota, S., K. Koizumi, M. Kunii, and K. Ito
2. 発表標題 Nonlinear data assimilation with 4DEnVar using iterative weather forecast model
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘
2. 発表標題 平成30年7月豪雨のアンサンブル特異値分解解析
3. 学会等名 第6回メソ気象セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田祥
2. 発表標題 データ同化とアンサンブル予報を用いたスーパーセル竜巻の発生要因と予測に関する研究
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yokota, S., K. Koizumi, M. Kunii, and K. Ito
2. 発表標題 4DEnVar with iterative nonlinear forecast model
3. 学会等名 The American Meteorological Society 100th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and E. Sato
2. 発表標題 State-dependent additive covariance inflation for radar reflectivity assimilation
3. 学会等名 8th EnKF Data Assimilation Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 南雲信宏, 山内洋, 工藤玲, 酒井哲, 小司禎教, 川畑拓矢, 幾田泰醇, 新野宏
2. 発表標題 局地的降水の発生に適した大気場のアンサンブル実験に基づく解析
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横田祥
2. 発表標題 Ensemble-based analysis for heavy rains and tornadoes in Japan
3. 学会等名 第5回メソ気象セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, N. Nagumo, H. Yamauchi, R. Kudo, T. Sakai, Y. Shoji, T. Kawabata, Y. Ikuta, and H. Niino
2. 発表標題 Ensemble-based Singular Value Decomposition Analysis for a Local Rainfall Event Predicted by Water Vapor Assimilation
3. 学会等名 29th Conference on Severe Local Storms (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Niino, H. Seko, M. Kunii, and H. Yamauchi
2. 発表標題 Important Factors for Tornadogenesis as Revealed by High-Resolution Ensemble Forecasts of the Tsukuba F3 Tornado on 6 May 2012
3. 学会等名 29th Conference on Severe Local Storms (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横田祥, 小泉耕, 國井勝, 伊藤耕介
2. 発表標題 現業メソ同化システムを用いた4DVar, En4DVar, 4DEnVarの比較
3. 学会等名 日本気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yokota, S., K. Koizumi, M. Kunii, and K. Ito
2. 発表標題 4DEnVar with Iterative Calculation of Nonlinear Nonhydrostatic Model Compared to En4DVar
3. 学会等名 5th International Workshop on Nonhydrostatic Models (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, N. Nagumo, H. Yamauchi, R. Kudo, T. Sakai, Y. Shoji, T. Kawabata, Y. Ikuta, and H. Niino
2. 発表標題 Ensemble-based Singular Value Decomposition Analysis to Clarify Relationship between the Atmospheric State and the Hydrometeors
3. 学会等名 5th International Workshop on Nonhydrostatic Models (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, N. Nagumo, H. Yamauchi, R. Kudo, T. Sakai, Y. Shoji, T. Kawabata, Y. Ikuta, and H. Niino
2. 発表標題 Ensemble-based Singular Value Decomposition Analysis to Clarify Relationship between the Atmospheric State and the Hydrometeors
3. 学会等名 7th International Symposium on Data Assimilation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yokota, S., K. Koizumi, M. Kunii, and K. Ito
2. 発表標題 4DEnVar with Iterative Calculation of Nonlinear Nonhydrostatic Model Compared to En4DVar
3. 学会等名 7th International Symposium on Data Assimilation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 新野宏, 國井勝, 山内洋, 佐藤英一
2. 発表標題 観測ヒッグデータの同化による竜巻予測の高度化
3. 学会等名 ポスト「京」重点課題4第3回成果報告会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and H. Niino
2. 発表標題 Tornado genesis as revealed by high-resolution ensemble forecasts for the Tsukuba city supercell tornado on 6 May 2012
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and E. Sato
2 . 発表標題 Additional ensemble perturbations to correct the atmospheric field through assimilation of radar reflectivity
3 . 学会等名 38th Conference on Radar Meteorology ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and E. Sato
2 . 発表標題 Assimilation of radar reflectivity with EnKF: Additional ensemble perturbations to modify the atmospheric field
3 . 学会等名 International Symposium on Earth-Science Challenges 2017 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and E. Sato
2 . 発表標題 State-dependent additive covariance inflation for radar reflectivity assimilation
3 . 学会等名 The 6th International Symposium on Data Assimilation ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and E. Sato
2 . 発表標題 State-dependent additive covariance inflation for radar reflectivity assimilation
3 . 学会等名 The 8th EnKF Data Assimilation Workshop ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 佐藤英一
2. 発表標題 降水が予測されていない位置へのレーダー反射強度の同化方法の提案
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 佐藤英一
2. 発表標題 降水が予測されていない位置にレーダー反射強度を同化する際の問題点とその解決法の提案
3. 学会等名 第4回メソ気象セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横田祥, 國井勝, 青梨和正, 折口征二
2. 発表標題 予報モデルを繰り返し計算する4DEnVar
3. 学会等名 日本気象学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 南雲信宏, 山内洋, 工藤玲, 川畑拓矢, 幾田泰醇, 新野宏
2. 発表標題 雲解像アンサンブル実験による積乱雲の発生・発達機構の解明に向けて
3. 学会等名 日本気象学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 南雲信宏, 山内洋, 工藤玲, 酒井哲, 小司禎教, 川畑拓矢, 幾田泰醇, 新野宏
2. 発表標題 局地的降水の発生に適した大気場のアンサンブル実験に基づく解析
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國井勝, 横田祥
2. 発表標題 メソアンサンブル予報を利用した顕著現象の解析
3. 学会等名 第9回気象庁数値モデル研究会・第44回メソ気象研究会・第2回観測システム予測可能性研究連絡会(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 新野宏
2. 発表標題 強い竜巻が発生するための条件 - 高解像度アンサンブル実験による解析 -
3. 学会等名 第3回メソ気象セミナー
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi and H. Niino
2. 発表標題 Data assimilation and ensemble forecasts for the 6 May 2012 Tsukuba city supercell tornado
3. 学会等名 AORI-ISAC Workshop on Tornadoes and Supercells in Japan and Italy(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 新野宏
2. 発表標題 超高解像度アンサンブル実験による竜巻と下層メソサイクロンの関係
3. 学会等名 日本気象学会2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi and H. Niino
2. 発表標題 High-resolution ensemble experiments for the Tsukuba city supercell tornado in Japan on 6 May 2012
3. 学会等名 28th Conference on Severe Local Storms (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yokota, S., M. Kunii, K. Aonashi, and S. Origuchi
2. 発表標題 4D-EnVAR with iterative calculation of non-linear mode
3. 学会等名 Fourth International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 新野宏
2. 発表標題 竜巻の発生条件 - データ同化と超高解像度アンサンブル予報による解析 -
3. 学会等名 ポスト「京」重点課題4「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」第1回「革新的な数値天気予報と被害レベル推定に基づく高度な気象防災」成果発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yokota, S., M. Kunii, K. Aonashi, and S. Origuchi
2. 発表標題 4D-EnVAR with iterative calculation of non-linear model
3. 学会等名 RIKEN International Symposium on Data Assimilation / The 7th Japanese Data Assimilation Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi and H. Niino
2. 発表標題 Consideration of data assimilation for forecasting tornadoes using high-resolution ensemble forecasts
3. 学会等名 RIKEN International Symposium on Data Assimilation / The 7th Japanese Data Assimilation Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横田祥, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 新野宏
2. 発表標題 竜巻を発生させた積乱雲群の再現 - アンサンブル予測を用いた竜巻の発生要因の解明 -
3. 学会等名 ポスト「京」重点課題4「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」第1回成果報告会
4. 発表年 2017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
研究協力者	瀬古 弘  (Seko Hiromu)		

## 6. 研究組織（つづき）

	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	川畑 拓矢  (Kawabata Takuya)		
研究協力者	國井 勝  (Kunii Masaru)		
研究協力者	南雲 信宏  (Nagumo Nobuhiro)		
研究協力者	工藤 玲  (Kudo Rei)		
研究協力者	幾田 泰醇  (Ikuta Yasutaka)		
研究協力者	山内 洋  (Yamauchi Hiroshi)		
研究協力者	新野 宏  (Niino Hiroshi)		