

研究プロフィールシート（終了時評価）

研究課題名：メソアンサンブルを利用した決定論的予測技術の改善

研究期間：令和4年度～令和5年度

研究費総額：20万円

研究代表者：小野耕介（台風・災害気象研究部）

研究担当者：

札幌管区気象台：倉橋永・荻原弘堯・朝比奈聡司・齋藤直幸・宇田川怜・市川真吾・
長谷川泰己・山口小雪・北川澄人・青木健太・廣瀬聡・米川博志

新千歳航空測候所：野村達郎・松澤仁志

函館地方気象台：鳥山暁人

仙台管区気象台：森川浩司・池田翔・山口純平・小笠原敦

1. 研究の背景・意義

（社会的背景・意義）

わが国は四方を海に囲まれるため海上からの湿潤な空気の影響を受けやすく、夏季は台風・線状降水帯等による豪雨災害が、冬季は季節風による雪害が毎年のように発生する。また近年、地球温暖化の影響とともにこれら自然災害の発生数は増加傾向にある。したがって、このような災害をもたらす気象現象を長いリードタイムを持って精度良く予測することは人命・財産の観点から非常に重要であり、社会的ニーズは高い。しかし、大気はカオス力学系でありその予測精度は初期値に敏感である。特に災害をもたらす激しい気象現象の決定論的な予測は、短時間のうちにその予測可能性が失われる。このため、決定論的予測の信頼度・不確実性を予測するアンサンブル予報技術の研究・開発が自然災害をもたらす気象現象の予測には重要となる。さらには、アンサンブル予報から得られるプロダクトを現業予報作業において適切に利活用することが、防災・減災にとって重要である。

（学術的背景・意義）

近年のアンサンブル予報技術の研究は、数値予報モデルの精緻化及び大型計算機の性能向上により、短時間豪雨を対象とした対流を許容する高解像度な数値予報モデルをベースとしたものが主流となっている。このような高解像度のアンサンブル予報技術は豪雨に対する確率予報を可能にし、確率論をベースとした豪雨予測の研究が海外を中心に活発に行われている。

一方、アンサンブル予報プロダクトからは決定論予測とは異なる予測シナリオを提供することが可能であり、ヨーロッパ中期予報センターでは気圧場に対してクラスター解析を行うことで、目先数日に起こり得る複数の気象予測シナリオを提供している。このような複数シナリオ技術は激しい気象現象を対象とした短期予報においても重要であると考えられるが、降水現象などを対象とした複数シナリオ技術の研究例は少ない。

(気象業務での意義)

気象庁では現業メソモデル (MSM) の不確実性を予測するために、メソアンサンブル予報システム (MEPS) の運用を 2019 年度から開始し、MSM の予測に対する信頼度情報等を提供している。全国予報技術検討会資料より、地方官署では注警報作業の支援等を目的として MEPS の確率論的な利用方法が広まりつつある。一方、決定論的な利用については、MSM を含むクラスターを利用した降水シナリオを検討している調査研究があるものの、その数は少ない。また現業予報作業における時間的な制約を鑑みると、MEPS からの予測を入念に検討することは現実的ではないため、情報の縮約が必要となる。しかし、アンサンブル予報は複数の予測結果を有するため情報量が多く、有効な情報を適切に取り出すことは現業担当者にとって簡単なことではなく、MEPS を利用したプロダクト開発は庁内では進んでいない。

このような背景の下、MEPS 予測からクラスター解析を利用して複数の気象予測シナリオを作成することは、MSM の予測が実況と大きく異なる場合に MSM 以外の予測シナリオを予報官が想起できるという点で有益であり、決定論的予測をベースとする現業予報作業とも親和性が高いと考えられる。また、MSM より精度の高い予測シナリオを事前を選択できるならば、現業の予測精度改善に直接貢献することができる。したがって、MEPS から複数の気象予測シナリオを作成・検討することは現業予測精度の改善に大きなポテンシャルを持つと考える。

2. 研究の目的

現在、経常研究課題「台風・顕著現象の機構解明と監視予測技術の開発に関する研究」の副課題 2「顕著現象の実態解明と数値予報を用いた予測技術の研究」では、西日本を対象に MEPS に基づく複数の降水予測シナリオの研究・開発を行っている。この研究では、大雨事例において MSM の降水予測精度が悪い際に MEPS がより実況に近い降水シナリオを提供できることを確認している。

そこで、この研究成果を地方官署が注目する豪雨等の顕著事例に対して適用することで、現業の決定論的予測精度の向上の可能性を探る。特に MEPS 複数シナリオの利用可能性を現業担当者の視点から評価・議論することは、MEPS の現業利用を促進するために重要であるとともに、現業担当者へのアンサンブル予報に対する理解の深化にもつながる。さらには、本研究を通して得られる知見を基に MEPS 複数シナリオ作成技術の高度化についても検討する。

3. 研究の目標

豪雨等の顕著事例に対して、MEPS からの複数シナリオが MSM の予測より良い予測が提供可能かという観点に着目して事例を解析する。また類似事例を複数解析し、MEPS が得意・不得意な事例及びその理由についてまとめることで、MEPS の利用価値に対する知見を蓄積する。併せて、MEPS が提供する複数シナリオを実況で利用可能な情報と照らし合わせて、予報作業時に MSM より良いシナリオが事前を選択可能なのか、といった視点からも事例を検討し、知見を蓄積する。

また、以上の解析及び議論から得られる知見を基に、MEPS 複数シナリオ作成技術の高度化を目指す。

4. 研究成果

(1) 成果の概要

成果の概要を述べる前に MEPS からの複数気象シナリオの作成方法の概略を示す。(i)気象官署が着目する領域（予報期間で固定とする）において、降水・降雪に強く影響する気象要素（相当温位・海面更正気圧等）を一つ選択する。(ii)着目する領域における指定した気象要素について、MEPS21 メンバーのアンサンブル平均からの偏差に対して、主成分分析を行い第 1 及び 2 主成分を求める。(iii)これら第 1 及び第 2 主成分が張る相空間に MEPS21 メンバーを射影した上でクラスター解析を行い 4 つのクラスターに分類する。(iv)各クラスターの平均を計算し 4 つの複数気象シナリオを作成する (Ono 2023)。

以下に、本手法によって得られた知見を示す。

i. 複数気象シナリオ技術に対する知見

A) 着目する気象要素等に関する知見

MEPS から作成する複数気象シナリオは、主成分分析及びクラスター解析によって作成される。この主成分分析の対象となる気象要素及び計算領域の最適な設定は気象現象によって異なる。初年度はこれらの点に着目し、梅雨末期の大雨、温帯低気圧及び季節風による大雪事例を対象に、クラスター解析領域及び気象要素が複数気象シナリオに与える感度を調査した。その結果、温帯低気圧・梅雨末期の大雨事例では相当温位が、冬季季節風による大雪では下層鉛直流が複数シナリオを作成するのに適していることがわかった。また、主成分分析の計算領域については広すぎると望ましい結果が得られないことが明らかとなった(荻原ほか 2022・野村ほか 2022・森川ほか 2022)。

北川ほか (2023) では不安定降水を対象とした事例解析を実施した。本調査では下層暖湿気移流場に上層トラフが接近し大雨となった事例を扱っており、主成分分析の際に下層暖湿気あるいは上層トラフの一方のみを利用して複数気象シナリオを作成した場合、各シナリオの相違点が不明瞭であることがわかった。そこで下層暖湿気及び上層トラフそれぞれに主成分分析を行い、両者の第一主成分を軸とする相空間でクラスター解析を実施し、複数気象シナリオを作成した。これにより強雨シナリオが明確に抽出できるとともに、MSM の降水予測精度を大きく改善できることがわかった。

池田 (2022・2023) では秋田県における梅雨末期の豪雨を取り上げ、下層相当温位に着目して複数気象シナリオを作成したが、現業 MEPS の下層相当温位のスプレッドが過小であり実況を捕捉できていなかった¹。このため、初期摂動を改良した予報 (Ono 2023, QJRMS) を利用することにより、相当温位による複数気象シナリオが改善され、実況の豪雨を捕捉できることを確認した。以上の結果は、現業 MEPS の初期値摂動開発にとって重要な知見である。

また、倉橋・小野 (2022, 2023) では MEPS による複数気象シナリオを高潮予報へ応用する試みについても検討した。本調査では MEPS を気象外力として高潮アンサンブルを実行する一方、MEPS 海面較正気圧をベースとしたクラスタリングを実施し、このクラスタリング結果を利用して高潮潮位偏差についてクラスター平均を計算し

¹ MEPS は下層水蒸気場の不確実性が見積もりが北日本ほど適切でないことがわかっている (Ono et al. 2021, QJRMS)。

た。この結果、低気圧の進路予測シナリオによって高潮潮位偏差の予測も適切に分割され、MSMによる潮位偏差予測精度を改善できることがわかった。

B) MEPS 複数シナリオが有効な事例

野村ほか(2022)では、2022年2月6日に発生した局地的大雪により札幌市内の交通網が麻痺した社会的影響の大きかった事例に対して、MEPS 複数気象シナリオを利用することで大雪の早期警戒情報が当時の発表より6時間程度早く発表できる可能性を明らかにした。本事例は冬型の気圧配置をもたらす総観規模低気圧の予測誤差に強く依存する事例であり、この知見を基に野村ほか(2023)・市川ほか(2023)・朝比奈ほか(2023)では同様な総観場であった石狩湾周辺の大雪事例を解析し、やはりMSMによる大雪予測をMEPSによる複数気象シナリオによって大きく改善できることを示した。

また倉橋・小野(2022・2023)による発達した総観規模低気圧による潮位偏差予測、山口ほか(2023)による令和元年度東日本台風による宮城県沿岸部における局地前線に伴う大雨予測についても、MEPSによる複数シナリオがMSMの予測を大きく改善することがわかった。

以上の事例に共通することは、いずれも総観規模擾乱の影響を強く受ける局地的現象であるとともに、この総観規模擾乱が海上に存在していることである。一般的に海上は陸上と比較して初期値作成に利用可能な観測データが少なく、初期値に含まれる誤差は相対的に大きいと考えられる。このため、海上にある総観規模擾乱の予測精度が低く、MEPSによる初期値の不確実性を考慮した複数気象シナリオが有効であることが示唆される(小野2023)。

ii. 最適シナリオの事前選択への知見

本共同研究では、対象とする現象発生の半日から1日程度前のMEPS初期値を利用して複数気象シナリオを作成した。したがって、予測のリードタイムは半日から1日程度を想定して解析を行った。最適シナリオの選択には、この初期時刻から6~12時間程度先までに得られる解析値及び観測値を利用してMSM及びMEPS複数気象シナリオとの比較を行い、最も解析値・観測値に近いシナリオをその後の最適シナリオとして利用可能かどうか検討を行った²。

野村ほか(2022・2023)では大雪事例について、高度場あるいは下層気温に着目して初期時刻から6時間程度後に配信されるメソ解析を利用することで最適シナリオの選択が可能であることを示した。また野村ほか(2023)ではこのメソ解析を参照値としてMSM及び複数シナリオの誤差を計算し、最適シナリオを定量的に評価した。

池田ほか(2022・2023)・市川ほか(2023)・朝比奈ほか(2023)・北川ほか(2023)では毎時大気解析・衛星画像・地上高層観測等を利用して、実況と複数気象シナリオの比較を行い最適シナリオの選択可能性を示した。

山口ほか(2023)では、ベイズ推定及び粒子フィルタといった統計的推定論に基づき複数気象シナリオの実現確率を定量的に評価した。これらの手法では、時刻の経過とともに入手可能な台風ベストトラックあるいはメソ解析を利用することで、リアル

² なお、本共同研究で扱ったほとんどの事例において、MSMの予測精度は初期値が更新されても大きく改善されなかった。

タイムに各シナリオの実現確率を算出することができる。本手法により、令和元年度東日本台風事例による宮城県の局地的大雨について、最適シナリオの実現確率が最も高くなることを確認した。また、同手法を市川ほか（2023）の大雪事例に適用し、やはり最適シナリオが最も高い実現確率となることを確認している。

iii. 最適シナリオ作成技術の高度化

前述の通り、複数気象シナリオは MEPS21 メンバーから主成分分析及びクラスター解析を通じて作成されるが、ある予報時刻（例えば予報開始から 3 時間後）のクラスターに含まれるメンバーがより後の予報時刻（例えば予報開始から 24 時間後）においても同一であるとは限らない。したがって、個々の予報時間において最適に分割された複数気象シナリオを作成するためには、クラスター内のメンバーシップの時間変動を考慮する必要がある。そこで研究代表者はすでに開発済みの複数シナリオ作成技術について、予報時間とともに変化するクラスター内のメンバーシップに柔軟に対応できるよう高度化を行い、最適シナリオの決定論的予測精度の改善を確認した。以上の成果をアメリカ気象学会誌 *Weather and Forecasting* 誌に投稿し、受理された（Ono 2023）。

iv. 共同研究参加者の技術力向上

本共同研究参加者は事例解析を通じて複数気象シナリオ作成に関連する主成分分析及びクラスター解析等の技術に習熟するとともに、解析を通じて NAPS 上で NuSDaS データを入力・描画するツールの開発を行い、気象庁ルーチンデータの取り扱いに習熟した。また、札幌管区気象台では有志により「*Atmospheric Modeling (Kalnay, 2003)*」及び「意思決定分析と予測の活用（馬場真哉, 2021）」の輪読会を実施し、独自にアンサンブル予報・確率論への理解を深めた。

事例解析のまとめに当たっては、調査研究会誌の作成に入念な改稿を行うとともに、調査研究会の発表に向けて必要に応じてオンラインによる発表練習を行った。また令和 5 年度は気象学会秋季大会が仙台で開催されたため、共同研究参加者が口頭発表を実施しするとともに該当セッションの座長を務める等、貴重な経験を得ることができた。さらには学術論文執筆を希望する参加者について、調査研究会誌をベースにその完成度を上げるため、現在も入念な改稿作業を行っている。

以上を通じて、本共同研究は参加者の技術力向上に大きな貢献をしたと考えられる。

（2）当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）
なし。

（3）成果の他の研究への波及状況

本共同研究の成果を庁内に広く周知するため、研究代表者は MEPS をテーマにした令和 4 年度航空予報技術検討会に出席し、本地方共同研究について簡単な紹介を行うとともに、同検討会における発表内容への助言を行った。この他にも 2023 年 2 月には福岡管区気象台の特別談話会において本共同研究を紹介するとともに複数気象シナリオ技術を線状降水帯事例へ適用した結果を紹介した。また、令和 5 年度の北海道地方気象防災支援技術検討会においては、小樽の大雪事例のサブシナリオ選択につ

いて紹介した（市川 2023）。

庁内専門家向けに、共同研究参加者間の成果を共有する第2回の共同研究内全体打合せにおいて、気象研究所（瀬古元部長・川畑室長）、数値予報課（成田 AP 班長）、数値予報開発センターメソ同化 EPS チーム（4名）、予報課（5名程度）に参加いただき、本共同研究への助言をいただく一方で、得られた知見を共有した。特に成田 AP 班長は統合型ガイダンスの開発とそのシナリオ的利用についての業務に携わっており（令和4年度）、本共同研究の成果共有は今後の現業予報におけるサブシナリオの在り方に貢献すると考えられる。また、本共同研究において取り上げた事例から MEPS が持つ課題（主にアンサンブルスプレッドの過小とその原因）について、数値予報開発センターメソ同化 EPS チームに共有したことは MEPS の開発に対して重要な知見を与えるものと考えられる。

また、複数シナリオ作成手法を Ono(2023)としてアメリカ気象学会誌に発表したことにより、米国海洋大気庁において中期予報のクラスタリングに取り組んでいる Austin Coleman 博士より、本手法の導入を検討したいとの連絡をいただき、現在メールベースで議論を行っている。

（4）事前・中間評価の結果の研究への反映状況

事前・中間評価では、参加官署が北日本に偏っており線状降水帯を含む大雨事例が対象とならないのではないかと懸念を受けた。この点について、仙台管区气象台では梅雨末期の大雨事例を2件取り上げるとともに、Ono(2023)では九州地方に焦点に当て、降水事例を扱うとともに2年分の統計検証を行った。また、2023年2月には福岡管区气象台における講演において、線状降水帯事例に対して複数シナリオ技術を適用した結果を紹介した。

この他に事前評価では、調査結果は共同研究参加者だけでなく庁内に広く共有するようとのコメントを受けた。この点については前節（3）に述べた通り、航空予報技術検討会において本共同研究を紹介するとともに、共同研究内全体打合せでは気象研・数値予報課の関係者に参加いただくことで、情報共有を図った。この他にも、札幌管区気象研究会及び福岡管区气象台の特別談話会で話題提供を行い、共同研究参加者以外の職員への情報共有を行った。

（5）今後の課題

複数シナリオ作成技術については（1）i.A)で述べたように、総観規模擾乱に支配される局地的現象において、MEPS による複数気象シナリオが有効であることがわかった。今後も事例解析を重ねるとともに、MEPS が有効な事例とそうではない事例を客観的に差別化できるよう模索したい。またメソスケールの現象が支配的な局地的現象について、北川（2023）で述べたように複数の気象要素を MEPS 複数気象シナリオ作成に用いる必要があり、今後も事例解析を通じて知見を蓄積していく予定である。

最適シナリオの事前選択については（1）ii.B)で述べたように、総観規模擾乱に支配される局地的現象において最適シナリオの選択可能性が示された。この背景には、予報初期の誤差がその後も同様の傾向を持つこと（誤差の線形成長）を仮定している。

誤差の線形成長については、先行研究から総観規模擾乱では1日程度持続することが知られているが、メソスケールの現象については研究が少なく、今後は様々な事例について調査を行う必要がある。この知見は最適シナリオがどのくらい継続するかといった重要な情報を提供する。

また山口ほか(2023)により複数気象シナリオそれぞれの実現確率を定量化し、その有効性が示された。本手法は現業において短時間でサブシナリオの妥当性を評価できるツールとして非常に有望であるため、今後様々な事例に適用することでその有用性を示していく。

5. 自己点検

(1) 到達目標に対する達成度

研究開始前に設定した到達目標(3節)に対して、顕著事例に対してMEPSからの複数シナリオがMSMの予測より良い予測が多数の事例で提供可能であること(4節iA)、特に総観規模擾乱が支配的な局地的現象において有効である傾向がわかった(4節iB)。また、予報作業時にMSMより実況に近いシナリオが事前に選択可能な事例が複数あること、統計的推定論に基づく各シナリオの事前実現確率が有効であることがわかった(4節ii)。さらに、複数シナリオ作成手法の高度化を図り、学術論文として出版された(4節iii)。

また、研究開始前に設定した目的(2節)に対して、本共同研究の成果を庁内外において多数発表することによりアンサンブル予報の知識普及に努めるとともに、発表・原稿作成を通して参加者の技術力向上にも貢献した。

以上から、到達目標を十分に達成したと考える。

(2) 到達目標の設定の妥当性

本共同研究で取り上げたアンサンブル予報から少数の気象シナリオを抽出し最適なシナリオを選択する手法は世界的に見ても研究例は少ない。また、アンサンブル予報への理解そのものが現業予報担当者に十分浸透していないといった実状において、MEPSの複数シナリオの利用自体がチャレンジングな課題設定だったと考える。そのため、当初設定したMEPS複数シナリオに対する決定論的予測の改善についての知見蓄積という設定は妥当であったと考える。そのような背景の下、次項(3)で述べる点に注意を払いながら、意欲的な共同研究参加者の取り組みによって想定の到達目標を十分に達成することができたと考える。

(3) 研究の効率性(実施体制、研究手法等)について

本共同研究では、多くの参加者が馴染みのないMEPSによる複数気象シナリオデータを扱うこと、また複数気象シナリオによってMEPSの情報を縮約したとは言え4つの決定論的シナリオを含み情報量が多いことに注意を払う必要があった。これらを踏まえて、以下の点に注意して解析を進めた。

- ・ 初年度においては、共同研究参加者が複数気象シナリオデータに習熟していないことを考慮し、複数気象シナリオに対する主成分分析における気象要素・計算領

域への感度に対する知見を蓄積することに専念した。これにより基礎的な知見（4節 i A）を初年度に得ることができた。この基礎的な知見を土台とすることで、2年目は解析する事例数を増やすことができたとともに、最適シナリオの事前選択の検討まで実施することができた。着実な取り組みが堅実かつ想定以上の成果に繋がったと考えられる。

- 複数気象シナリオのデータ提供の際、主成分分析の様々な設定・異なる初期値等の多数のデータセットの提供依頼があった。一方で、1つのデータセットには4つの気象シナリオがあるため、多数のデータセットを一度に全て解析するのは困難ことが想定された。また、1つのデータセットを詳しく解析しその問題点を明らかにしたうえで、次のデータセットを作成・解析し相違点を明らかにすることで研究が着実に進むことも想定された。このため、MEPS 複数シナリオデータの提供は1セットずつ行った³。このような取り組みも堅実な研究の進捗に繋がったと考えられる。

また、共同研究を円滑に進めるためには参加者同士のコミュニケーションが重要である。近年庁内でも Teams の利用が進んでおり、オンラインでの情報交換が容易になっている一方、共同研究を遂行する目的に特化してうまく使いこなす必要がある。この点について、Teams に対して多くのノウハウを持つ札幌管区気象台の倉橋技術専門官がそれぞれ特定の役割を持つチャンネルを作成し⁴、円滑な情報交換を促していただいた。これにより札幌・仙台の管区を超えた情報交換が進むとともに、様々なツールの共有が管区を超えて行われた。

一方、Teams によるオンライン打合せが可能であるとは言え、対面での共同研究と大きく異なることはお互いの顔が見えない点である。このため、特に初年度は打合せへの遠慮があり、解析が停滞するような場面が見られた。これらの点を改善するために「事例相談会」と称し、進捗及び困っている点等を各共同研究参加者と確認するオンライン打合せを実施した。その後も事あるごとにオンライン打合せの実施を促した。オンライン打合せの数を増やすほど打合せへの障壁は小さくなり、2年目には頻繁にオンライン打合せを実施し、事例解析が停滞することなく着実に研究を進めることができたと考える。

（4）成果の施策への活用・学術的意義

村中（2014，量的予報研修テキスト）において、これからの予報官の予報作業において、予報のメインシナリオに加えて特に顕著現象ではサブシナリオを準備し、実況監視とともにメイン・サブシナリオのどちらを採用するか判断の重要性が述べられている。一方、数値予報を利用したサブシナリオの構築技術については未だに構築されておらず、本共同研究で扱った事例のように警報発表が実況対応にならざるを得ない事例が依然としてあるのが実状である。本共同研究の最終的な目的は、このサブシ

³ データの扱いに慣れた参加者には一度に複数のデータセットを提供する等、柔軟な対応も行った。

⁴ 各事例解析のチャンネルに加え、「データハンドリングと可視化」「クラスター解析」「勉強会」等、特定かつ必要性の高いものがチャンネルとして登録されている。

ナリオに MEPS を利用し現在の顕著現象の予測精度を大幅に改善することであり、その可能性を本共同研究で示すことができたと考える。引き続き、本共同研究の内容を継続することで、サブシナリオ構築に向けた知見の蓄積、必要な技術開発を行っていく予定である。

学術的な観点においては、4 節(1) iii で述べた通り複数シナリオ作成技術の高度化に関する論文がアメリカ気象学会誌に掲載されるとともに、このことをきっかけに米国海洋大気庁の開発者にも本技術に興味を持っていただいている。また山口ほか (2023) による粒子フィルタを利用した短期予報における最適シナリオの実現確率評価は新奇性が高く、海外誌への発表を目指し現在論文を執筆中である。

(5) 総合評価

以上から、本共同研究は到達目標を上回る十分な成果を挙げたものとする。

6. 参考資料

6.1 研究成果リスト

(1) 査読論文：

1. Ono, K. 2023: Clustering technique suitable for Eulerian framework to generate multiple scenarios from ensemble forecasts. *Wea. Forecasting*, 38, 833-847.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等)：

令和4年度

1. 荻原弘堯, 朝比奈聡司, 野村達郎, 米川博志, 鳥山暁人, 松澤仁志, 小野耕介, 2022: メソアンサンブルのクラスタリングによる大雪事例におけるサブシナリオ構築, 令和4年度道央地区気象研究会誌
2. 野村達郎, 松澤仁志, 小野耕介, 2022: 2022年2月6日札幌市大雪事例におけるメソアンサンブルを利用した早期注意情報発表の可能性, 令和4年度道央地区気象研究会誌
3. 倉橋永, 小野耕介, 2022: 高潮事例におけるメソアンサンブル利用の検討, 令和4年度道央地区気象研究会誌
4. 森川浩司, 池田翔, 小笠原敦, 小野耕介, 2022: メソアンサンブルのクラスタリングによる決定論的サブシナリオ構築の検討 - クラスタ解析対象領域の変更によるシナリオ分割の改善事例 -, 令和4年度宮城地区調査研究会誌
5. 池田翔, 小笠原敦, 森川浩司, 小野耕介, 2022: メソアンサンブル予報を用いた決定論的予測手法の改善 - アンサンブルスプレッドの改良による複数シナリオの改善 -, 令和4年度宮城地区調査研究会誌

令和5年度

6. 池田翔, 山口純平, 小笠原敦, 小野耕介: メソアンサンブル予報を用いた決定論的予測手法の改善 (その2) - Selective Ensemble による最適シ

ナリオの事前選択 一，令和5年度宮城地区調査研究会誌

7. 山口純平，池田翔，小笠原敦，小野耕介：令和元年東日本台風事例におけるメソアンサンブルを利用した統計的推定による最適シナリオ選択，令和5年度宮城地区調査研究会誌
8. 野村達郎，松澤 仁志，小野耕介：2022年1月13日新千歳空港大雪事例におけるメソアンサンブルによるサブシナリオ構築，令和5年度道央地区気象研究会誌
9. 市川真吾，長谷川泰己，山口小雪，小野耕介：2023年1月の小樽市における記録的大雪に対する下層寒気移流に着目したサブシナリオ構築，令和5年度道央地区気象研究会誌
10. 朝比奈聡司，齋藤直幸，宇田川怜，小野耕介：2023年2月20日積丹大雪事例におけるメソアンサンブルによるサブシナリオ構築，令和5年度道央地区気象研究会誌
11. 北川澄人，青木健太，廣瀬聡，小野耕介：大雨事例におけるメソアンサンブルのクラスタリングによるサブシナリオ構築，令和5年度道央地区気象研究会誌
12. 倉橋永，小野耕介：高潮事例におけるメソアンサンブル利用の検討，令和5年度道央地区気象研究会誌

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：

1. Kosuke Ono, 2023: Clustering technique considering temporal coherence of ensemble members, Using ECMWF's Forecast 2023, ECMWF.

・国内の会議・学会等：

令和4年度

1. 小野耕介，2022：時間軸を考慮したクラスタリングによる複数気象シナリオの作成，日本気象学会2022年度秋季大会
2. 荻原弘堯，朝比奈聡司，野村達郎，米川博志，鳥山暁人，松澤仁志，小野耕介，2022：メソアンサンブルのクラスタリングによる大雪事例におけるサブシナリオ構築，令和4年度道央地区気象研究会
3. 野村達郎，松澤仁志，小野耕介，2022：2022年2月6日札幌市大雪事例におけるメソアンサンブルを利用した早期注意情報発表の可能性，令和4年度道央地区気象研究会
4. 倉橋永，小野耕介，2022：高潮事例におけるメソアンサンブル利用の検討，令和4年度道央地区気象研究会
5. 森川浩司，池田翔，小笠原敦，小野耕介，2022：メソアンサンブルのクラスタリングによる決定論的サブシナリオ構築の検討 - クラスタ解析対象領域の変更によるシナリオ分割の改善事例 -，令和4年度宮城地区調査研究

会

6. 池田翔, 小笠原敦, 森川浩司, 小野耕介, 2022: メソアンサンブル予報を用いた決定論的予測手法の改善 -アンサンブルスプレッドの改良による複数シナリオの改善-, 令和4年度宮城地区調査研究会
7. 野村達郎, 松澤仁志, 小野耕介, 2022: 2022年2月6日札幌市大雪事例におけるメソアンサンブルを利用した早期注意情報発表の可能性, 令和4年度札幌管区気象研究会・日本気象学会北海道支部研究発表会
8. 森川浩司, 池田翔, 小笠原敦, 小野耕介, 2022: メソアンサンブルのクラスタリングによる決定論的サブシナリオ構築の検討 -クラスター解析対象領域の変更によるシナリオ分割の改善事例-, 令和4年度東北地方調査研究会・日本気象学会東北支部気象研究会
9. 池田翔, 小笠原敦, 森川浩司, 小野耕介, 2022: メソアンサンブル予報を用いた決定論的予測手法の改善 -アンサンブルスプレッドの改良による複数シナリオの改善-, 令和4年度東北地方調査研究会・日本気象学会東北支部気象研究会
10. 小野耕介, 2022: アンサンブル予報の有効活用に向けて, 令和4年度札幌管区気象研究会
11. 小野耕介, 2023: 時間軸を考慮したクラスタリングによる複数気象シナリオの作成と最適クラスターの選択, 福岡管区気象台特別談話会

令和5年度

12. 池田翔, 山口純平, 小笠原敦, 小野耕介, 2023: メソアンサンブルを用いた決定論的予測技術の改善 -梅雨末期における秋田県の大雨事例-, 日本気象学会2023年度秋季大会
13. 山口純平, 池田翔, 小笠原敦, 小野耕介, 2023: メソアンサンブルを利用した決定論的予測技術の改善 -令和元年東日本台風事例-, 日本気象学会2023年度秋季大会
14. 池田翔, 山口純平, 小笠原敦, 小野耕介: メソアンサンブル予報を用いた決定論的予測手法の改善(その2) - Selective Ensembleによる最適シナリオの事前選択 -, 令和5年度宮城地区調査研究会
15. 山口純平, 池田翔, 小笠原敦, 小野耕介: 令和元年東日本台風事例におけるメソアンサンブルを利用した統計的推定による最適シナリオ選択, 令和5年度宮城地区調査研究会
16. 野村達郎, 松澤仁志, 小野耕介: 2022年1月13日新千歳空港大雪事例におけるメソアンサンブルによるサブシナリオ構築, 令和5年度道央地区気象研究会
17. 市川真吾, 長谷川泰己, 山口小雪, 小野耕介: 2023年1月の小樽市における記録的大雪に対する下層寒気移流に着目したサブシナリオ構築, 令和5年度道央地区気象研究会
18. 朝比奈聡司, 齋藤直幸, 宇田川怜, 小野耕介: 2023年2月20日積丹大雪事例におけるメソアンサンブルによるサブシナリオ構築, 令和5年度道央地

区気象研究会

19. 北川澄人, 青木健太, 廣瀬聡, 小野耕介: 大雨事例におけるメソアンサンブルのクラスタリングによるサブシナリオ構築, 令和 5 年度道央地区気象研究会
20. 倉橋永, 小野耕介: 高潮事例におけるメソアンサンブル利用の検討, 令和 5 年度道央地区気象研究会
21. 市川真吾: 検討事項 1「振り返り」に基づく予報技術・解説技術の改善, (1) 予報技術の検討, テーマ②「地域特有の現象・ニーズに対応する予報技術」, 札幌管区気象台報告(大雪), 令和 5 年度北海道地方気象防災支援技術検討会
22. 野村達郎, 松澤 仁志, 小野耕介: 2022 年 1 月 13 日新千歳空港大雪事例におけるメソアンサンブルによるサブシナリオ構築, 令和 5 年度札幌管区気象研究会
23. 市川真吾, 長谷川泰己, 山口小雪, 小野耕介: 2023 年 1 月の小樽市における記録的大雪に対する下層寒気移流に着目したサブシナリオ構築, 令和 5 年度札幌管区気象研究会
24. 北川澄人, 青木健太, 廣瀬聡, 小野耕介: 大雨事例におけるメソアンサンブルのクラスタリングによるサブシナリオ構築, 令和 5 年度札幌管区気象研究会
25. 倉橋永, 小野耕介: メソアンサンブルを用いた高潮の予測不確実性情報の利用, 令和 5 年度札幌管区気象研究会・日本気象学会北海道支部研究発表会
26. 山口純平, 池田翔, 小笠原敦, 小野耕介: 令和元年東日本台風事例におけるメソアンサンブルを利用した統計的推定による最適シナリオ選択, 令和 5 年度東北地方調査研究会
27. 小野耕介: 北海道西岸帯状雲による大雪の予測可能性 ー地方共同研究から得た知見ー, 令和 5 年度札幌管区気象研究会

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等:

1. Kosuke Ono, 2023: Towards the deterministic use of the regional ensemble forecasts at the Japan meteorological agency, Using ECMWF's Forecast 2023, ECMWF.

・国内の会議・学会等:

なし

(4) 投稿予定論文

1. Yamaguchi J. and K. Ono, 2024: Optimum Scenario Selection Using Ensemble Clustering and Bayesian Estimation, with its Application to TC Hagibis. (in preparation)

2. 倉橋永, 小野耕介, 2024: 時間的一貫性を考慮したクラスタリングによる高潮の予測シナリオ構築 (準備中)

6.2 報道・記事

なし

6.3 その他 (4. (3) 「成果の他の研究への波及状況」 関連)

なし