

ClimCORE 日本域気象再解析について

High resolution regional reanalysis plan over Japan area under ClimCORE project

隈健一, 大野木和敏, 宮坂貴文, 牧原康隆, 中村尚(東大先端研)

Kenichi Kuma, Kazutoshi Onogi, Takafumi Miyasaka, and Hisashi Nakamura

To utilize the reanalysis for the social benefit, we need to increase the horizontal resolution for the better representation of local meteorological fields. While JMA will provide the JRA-3Q global reanalysis with the horizontal resolution of 40km in 2022, we plan to produce the regional reanalysis with 5km resolution under ClimCORE (**C**limate change actions with **CO**-creation powered by **R**egional weather information and **E**-technology). For the regional reanalysis, we will also re-produce the 1km mesh precipitation data over Japan analyzed by radar and rain gauge data.

1. はじめに

ECMWF の 30km メッシュの再解析 ERA5 が完成し、気象庁の 40km メッシュの JRA-3Q が 2022 年に完成する予定である。気象データの各分野での利活用という目的からは、特に地形がきめ細かくメソスケール現象が重要な日本においては、さらに細かな解像度の再解析へのニーズは高い。海外においても、欧州、インド、オーストラリアなどで領域再解析が実施され、デジタル情報時代の重要なデータとして利活用を含めた研究が展開されている。

これらの背景を踏まえて、JST の「共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT)」の提案が最大 10 年間の本格型として採択され、東京大学先端研を研究拠点とする ClimCORE(地域気象データと先端学術による戦略的社会共創拠点)プロジェクトを開始した。このプロジェクトは高機能 4 次元気象データの作成とその利活用研究を 2 本柱とするものであり、前者の枠組みで、日本域の気象再解析を実施する。本稿では、この日本域気象再解析の計画について説明するとともに、その意義を含めて社会応用に向けた方向性も示す。

2. 世界の動向

ここでは、海外での領域再解析の状況を簡単にレビューしておく。もっとも活動が盛んな欧州では、EU の地球観測衛星利活用の大きなプロジェ

クトである Copernicus 計画の一つの柱でもある、C3S (Copernicus Climate Change Service) が ECMWF を軸に展開されている。ECMWF では、全球再解析 ERA5 をこのプロジェクトのもとで遂行しており、この ERA 5 を用いた領域再解析として、Copernicus 計画のもとで、欧州領域 (UERRA、5.5km 分解能) と北極域 (CARRA、2.5km 分解能) がフランス気象局と北欧諸国の協力で進行中である。UERRA と CERRA について詳しくはそれぞれ下記を参照されたい。

<https://climate.copernicus.eu/regionalreanalysis-europe>

<https://climate.copernicus.eu/copernicus-regional-reanalysis-europe-cerra>

さらに、ドイツでは、気象局と大学との連携研究 (Hans-Ertel 研究所) の枠組みで、ボン大学が中心となって、現業システムとして使われていた COSMO システムでの領域再解析をドイツ付近は 2km 分解能にして実施している。

<https://reanalysis.meteo.uni-bonn.de/?COSMO-REA6>

インドでは、インド中期予報センター、インド気象局、英国気象局の連携により、衛星データの活用に軸足を置いたインドモンスーン領域再解析 (IMDAA) を 12km 分解能で実施している。

オーストラリアでは、英国気象局のシステムをもとに、気象局、CSIRO、大学連携で開発された

ACCESS システムを用いて、12km 分解能での広域オセアニア再解析と地域を絞り込んだ 1.5km ダウンスケールを実施している。

<http://www.bom.gov.au/research/projects/reanalysis/>

これら世界の領域再解析では、気象学としての利用に加えて、社会応用としての位置付けが各プロジェクトで強く意識されている。特に EU では、Destination Earth Initiative と呼ばれるデジタルツインの概念で実利用を推進するプロジェクトがあり、WCRP でも Lighthouse activity として、Digital earths が進行中である。このようなデジタルツイン構想の中では、現実大気に近いデジタルデータとして単なるシミュレーションデータよりも観測データを反映したデータ同化の結果が大きな役割を果たす。特に実利用に近いところでは、高分解能のメッシュデータへのニーズが高く、ここに領域再解析の果たす役割があるものとする。

3. 日本域気象再解析の概要

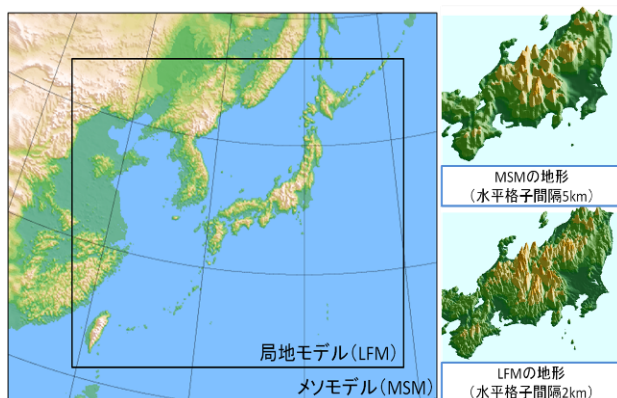


図1 気象庁メソモデル・局地モデルの領域（左図）と、メソモデルの地形（右上図）と局地モデルの地形（右下図）気象庁 HP より
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-6.html>

日本における領域再解析としてはすでに、Fukui et al.(2018)の地上観測と高層観測の従来型の観測データを用いた取り組みが始まっている。従来型の観測データに限定することで、長期間の再解析が可能なこと、そして観測の違いによる人為的な変動を最小限にした長期間の気候変動の検知に適した再解析になる。一方、ClimCORE では、再解析データの産業界等での活用を重視して、可能な限り現行の気象庁の数値予報の結果に近い再解析データを作成することを目指す。このため、気象庁の現業で使われている 5 km メッシュの MSM の

データ同化システムと、衛星データなど気象庁で利用している観測データを可能な限り使う、という方針で再解析を実施する。このため、気象庁が現業数値予報の目的で開発されてきたプログラムや観測データを活用させていただくため、9月28日に東京大学と気象庁の間で共同研究契約を締結した。

気象庁現業でのメソモデルと局地モデルの具体的な計算領域を図1に示す。5km メッシュの MSM では 4 次元変分法を用いた高度な解析手法を使って解析を行なっている。一方、2km メッシュの LFM では、MSM5km のデータ同化サイクルでの結果を解析の第一推定値や側面境界条件として用い、解析手法としては、より簡便な 3 次元変分法を用いている。

再解析の分解能として 2 km、1 km と高分解能にニーズが高いことは承知しているが、5 km の高度な手法による再解析が基盤となって、1 km、2 km といった超高分解能のデータが作成できるようになる。超高分解能化にはさらに計算資源も必要になるということもあり、まずは、5 km の MSM に基づく再解析を実施することが最優先である。

再解析に使う観測データについては、基本は気象庁の現業で使われたものとなるが、過去の現業で利用したデータをそのまま使うことが難しい場合、あるいはより品質の担保の取れたデータがあるものについては、再解析に適合するデータを使うことが重要である。そのようなデータとして、静止気象衛星で観測された雲や水蒸気の動きから風の情報に変換した大気追跡風、衛星測位システム (GNSS) からの可降水量データ、それとレーダーと地上雨量計に基づく解析雨量があり、それぞれ、必要に応じて再処理も含めて準備を進めている。その中で、解析雨量についての再処理計画を以下に示す。

解析雨量とは、リモートセンシングによる面的な雨量情報を提供するレーダーデータと地点での現地観測である地上雨量計のデータを最適に組み合わせ、面的かつ量的な雨量解析データとしたものである。気象庁の防災気象情報の基盤的なデータでもあり、分解能や解析手法、利用データなど過去にしばしば大きな変更がなされているので、再処理の必要性が高くなっている。図2に示す通り、水平分解能は現在、1km であるが、過去においては、5km、2.5km という期間もあり、それらの期間においても 1km メッシュで解析する計画であ

る。

品質としては、気象再解析への入力データとして使われることから、空間的な品質の均質性として、陸上、海上通じて均質なデータとすることと、長期にわたりできる限り時間的な均質性を持たせることを目標としたい。さらに将来的には、過去の解析雨量には使われていなかった地上雨量計のデータの利用、さらには積雪解析にも踏み込みたいと考えている。

過去の解析雨量の再処理概要

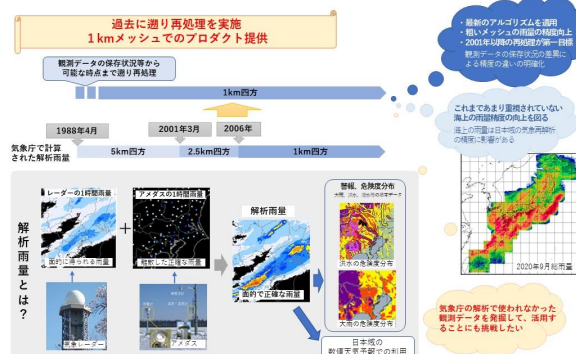


図2 解析雨量とその再処理の概要
東京大学プレス発表資料より

<https://www.rcast.u-tokyo.ac.jp/content/000016188.pdf>

日本域再解析の基本方針としては、今まで述べてきたものを含めて以下のとおりとなる。

- (1) 可能な限り最新の気象庁のメソ同化システムを用いる
- (2) 観測データについても、気象庁で利用しているものを可能な限り利用する
- (3) 水平境界条件については、JRA-3Qを用いる
- (4) 観測データの扱いが比較的容易な最近の期間（まず2018年6月以降）から段階的に解析実施
- (5) 解析雨量については、1kmメッシュでの再処理を実施
- (6) 計算機としては、東大情報基盤センターのWisteria/BDEC-01(富岳商用機)を用いる

3. 再解析データの利活用研究の推進

再解析データの作成には計算資源、人的資源と大きな資源をかけて取り組むことになるが、利活用されて初めて価値を生じるものである。全球再解析データについては、過去の気候変動のメカニズム研究などの学術的な利用が大きな比重を占めるが、領域再解析については、社会応用、実利用の潜在的な利用者が多く存在するものと考えてい

る。ただ、領域再解析の4次元出力データそのものを活用できる利用者は限られており、多くの利用者は二次加工三次加工といった利用に適合する高次のプロダクトを利用することになる。

これらの高次プロダクトの作成に向けて、エンドユーザのニーズを確認しつつ、エンドユーザと一緒に取り組むことも選択肢であるが、さまざまなユーザが共通して使う基盤的なプロダクトとし

研究項目	研究手法	利用分野
気象リスクの今後の見通しを示し、それを各分野の判断に活用する研究	気候予測シミュレーション研究と連携し、現在までの気候変動を踏まえて、この先10～20年の様々な気象リスクの展開を予測	企業立地、防災施設整備、都市計画、損害保険等
過去の気象リスク事例を分析し、それを今後の対策に反映する研究	再解析、再予報を活用して、過去事例で最適な対策を見出し、それを将来の対策方針に盛り込む	交通、物流、農業、損害保険等
日々の気象要素に大きく左右される業界での利活用研究	再解析、再予報を活用して、過去の気象ポテンシャル・リスク（及びその変動）を把握し、深層学習等を通じて最適な運用で将来に備える	農業、再生可能エネルギー、流通業界、航空・船舶等
気象予測技術へのフィードバック研究	過去事例の分析、深層学習、民間保有データの活用等から予測情報の精度向上	気象業務、国民
基盤データの拡張	更なるダウンスケールや海洋同化、陸面同化を通じてデータの拡張	各分野の利活用研究へ

表1 日本域気象再解析から社会応用に必要な研究

て、たとえば、海洋の領域データ同化や陸面水文のデータ作成等がある。こうした基盤的なデータ作成については、学術コミュニティでの分野間連携のコミュニケーションを深めているところである。

4. 台風研究コミュニティとの連携

日本域の気象再解析の社会応用において、台風絡みの現象の再現はきわめて重要である。日本に上陸・接近する台風は1年間では限られており、閣内さまざまな地域での台風影響を評価するためにはできる限り長期間で均質な気象解析データが求められるものと考えている。この過去の高分解能再解析データを基盤として、超高分解能の予報実験などさまざまな数値計算も期待される。これらの研究の成果として、社会応用の観点では、台風の構造と日本の地形との相互作用を通じて実際にどこでどの程度風が吹いて雨が降るかを多数の事例で調査して、それをさまざまな企業等のリスク管理に活用することができると考えている。

日本域再解析では、現業と同様に台風ボーガス（擬似観測、衛星画像等から予報官が解析した台風の中心気圧や風に関する情報から作成）を用いることにしているが、これが上記の台風の構造と地形との相互作用などにどのような影響があるの

かなど、研究コミュニティからフィードバックを期待している。また、台風予報における海面水温の重要性を鑑み、将来的には、海洋の同化グループとの連携研究などの可能性も考えたい。

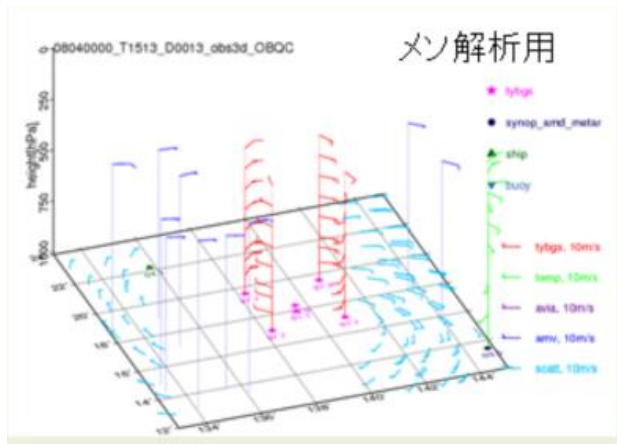


図3 メソ解析に用いられる台風擬似観測データの概念図 気象庁令和2年度数値予報解析資料集より

5. まとめ

領域再解析の世界での動向を踏まえつつ、ClimCORE 日本域気象再解析の目指す方向性とその計画の概要を示した。台風研究にも大いに貢献し、その成果を社会応用にも活用できることを期待しているので、よろしくお願いいたします。

謝 辞

本プロジェクトは、「地域気象データと先端学術による戦略的社会共創拠点 (ClimCORE)」(プロジェクトリーダー: 東京大学先端科学技術研究センター 中村尚教授) の下で進められており、JST 共創の場形成支援プログラム JPMJPF2013 の支援を受けている。

参 考 文 献

ClimCORE ホームページ

<https://www.climcore.org/>

令和2年度数値予報解説資料集 気象庁

Fukui S., T. Iwasaki, K. Saito, H. Seko, and M. Kuii, 2018: A Feasibility Study on the High-Resolution Regional Reanalysis over Japan Assimilating Only Conventional Observations as an Alternative to the Dynamical

Downscaling. J. Meteor. Soc. Japan, 96, 565-585

S. Indira Rani et al. 2001: IMDAA: High Resolution Satellite-era Reanalysis for the Indian Monsoon Region. J. Climate, 34, 5109-5133