

第8回データ同化ワークショップの報告

川畑拓矢*1・上野玄太*2・中野慎也*3・藤井陽介*4
 三好建正*5・小守信正*6・増田周平*7・茂木耕作*8
 中村和幸*9・杉本憲彦*10・前島康光*11・Le Duc*12
 小槻峻司*13・須藤明人*14・杉浦望実*15・釜堀弘隆*16

1. はじめに

「第8回データ同化ワークショップ」を2018年1月19日に明治大学中野キャンパスにて、データ同化研究連絡会、統計数理研究所、明治大学の共催にて開催した(第1図)。以下、プログラムと講演の概要を紹介する。

2. 講演プログラム

(招待講演)

- 中村和幸(明治大学)：「開会の挨拶と明治大学MIMSの紹介」

- 杉本憲彦(慶應義塾大学)：「金星GCMへのデータ同化の広がり」と今後の展望」
- 前島康光, Guo-Yuan Lien, 三好建正(理化学研究所・計算科学研究機構, 現計算科学研究センター：以下理研AICS)：「平成27年関東東北豪雨事例における稠密地上観測データ同化のインパクト」
- Le Duc(海洋研究開発機構) and Kazuo Saito(気象研究所)：「Verification and data assimilation: two sides of a coin」
- 小槻峻司, 黒澤賢太, 三好建正(理研AICS)：「全球大気データ同化システムNICAM-LETKFを使ったEFSO観測インパクト推定」
- 須藤明人(静岡大学), 矢部貴大(パデュー大学), 榎山武浩, 関本義秀(東京大学), 樋口知之, 中野慎也, 斎藤正也(統計数理研究所)：「データ同化による携帯電話データを用いた大規模災害時の不規則な移動行動の予測」
- 杉浦望実(海洋研究開発機構)：「マルチスケールのデータ同化に用いる粗視化感度について」
- 釜堀弘隆(気象研究所)：「Reanalysis activities in JMA and MRI」

(ポスター発表)

- 野口峻佑(気象研究所)：「従来型観測限定同化版再解析における南半球成層圏突然昇温現象の再現性」
- 山崎 哲(海洋研究開発機構), 三好建正(理研AICS), 榎本 剛(京都大学), 小守信正(海洋

*1 (連絡責任著者) Takuya KAWABATA, 気象研究所.

tkawabat@mri-jma.go.jp

*2 Genta UENO, 統計数理研究所.

*3 Shin'ya NAKANO, 統計数理研究所.

*4 Yosuke FUJII, 気象研究所.

*5 Takemasa MIYOSHI, 理化学研究所.

*6 Nobumasa KOMORI, 海洋研究開発機構.

*7 Shuhei MASUDA, 海洋研究開発機構.

*8 Qoosaku MOTOKI, 海洋研究開発機構.

*9 Kazuyuki NAKAMURA, 明治大学.

*10 Norihiko SUGIMOTO, 慶應義塾大学.

*11 Yasumitsu MAEJIMA, 理化学研究所.

*12 Le DUC, 海洋研究開発機構.

*13 Shunji KOTSUKI, 理化学研究所.

*14 Akihito SUDO, 静岡大学.

*15 Nozomi SUGIURA, 海洋研究開発機構.

*16 Hirotaka KAMAHORI, 気象研究所.

測一モデル) / 観測誤差”で定義しているが、ベイズ検証においては、データ同化におけるベイズ推定式の正規化項を“観測エビデンス”と呼び、尤度として用いる。どのようにこの尤度を計算するかは、データ同化における事前分布にどのような形式を選択するかに依存し、正規分布にはとらわれない。正規化項を無視するために通常、事後分布による比が用いられる。なお事後分布は事前分布が存在しないときは尤度そのものである。この比率はベイズ係数と呼ばれ、ベイズ理論に基づくモデル比較における指標となる。数値予報における検証で用いられる尤度は、ベイズ検証においてはベイズ係数と置き換えることができる。この新しい検証スコアが適切である条件とともに、対数スコアとその線形変換スコアが同じ意味を持つことを示した。正規分布する観測誤差を持つ観測データに対して、対数スコアは、重み付き平均を内包するスコアとなっている。またベイズ検証の最も興味深い応用として、ランクヒストグラムの新しい解釈とランクヒストグラムの平準さの定量化が挙げられる。

小槻(理研 AICS)は、EFSO と呼ばれる観測の予報へのインパクト推定手法について講演を行った。EFSOは、アンサンブル予報を使って、個別の観測データを抜いたデータ同化実験を行わずに、それぞれの観測が予報に与えるインパクトを推定する統計手法である。理化学研究所の全球大気データ同化システム NICAM (Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model) - LETKF に、解析値を真値とみなした場合の EFSO (対解析 EFSO) と、観測を真値とみなした場合の EFSO (対観測 EFSO) を実装し、それぞれの EFSO による観測インパクトを推定した。対観測 EFSO では、観測のインパクトが主に自身の観測変数の予報改善として得られる一方、他の観測変数の予報改善としての寄与は限定的であることを紹介した。また、簡易モデル Lorenz-96 を用いた理論研究では、EFSO を用いて悪い観測から良い観測に同化順序を並び替えることで、逐次同化アンサンブルカルマンフィルタの解析精度が改善されることを紹介した。

須藤(静岡大)は、GNSS (Global Navigation Satellite System) でリアルタイムに得られる携帯電話ユーザーの位置データと、アンケート調査に基づく人々の日常的な移動のデータという2種のデータを用いて、大災害当日の人の移動の予測を粒子フィルタで行う研究について紹介した。大地震のような大災害の直後は、自衛隊員をはじめとする救援のための人的リ

ソースの不足が懸念される。そのような状況下において、被災者の位置を高い精度で推定・予測できれば、限られた人的リソースの適切な配備に貢献できる。しかし、個人情報保護への配慮から、リアルタイムな位置データは区画ごとに集計されたデータしか得られず、アンケート調査に基づく個々人の移動のデータは平常時の行動を表現しているため災害時の予測には不十分である。そこで本研究では、データ同化を用いてこの2種のデータの両方から災害時の人の移動を予測することを試みた。推定対象の状態量が高次元であるという技術的な課題を解決するため、本研究では提案分布に工夫を加えた粒子フィルタを用いた。東日本大震災当日の実際の携帯電話データを用いて検証実験を行ったところ、提案手法は素朴な粒子フィルタを上回る精度で人の位置の予測を行えることが確認できた。

杉浦(海洋研究開発機構)はマルチスケールのデータ同化に用いる粗視化感度について講演した。データ同化に現れる最適化問題は、モデルの非線形性とマルチスケール性に起因して、勾配を使った方法では解きにくい場合がある。しかし、制御変数の場を粗視化して扱うことにより、コスト曲面を平滑化することが原理的に可能である。発表においては、くりこみ群の手法を用いて、速いスケールを消去したコスト関数を導出するとともに、その勾配を評価する方法が示された。また、ローレンツモデルを例にとり、その効果をみた結果も示した。詳細は Sugiura (2016) を参照されたい。

釜堀(気象研)は Japanese 55-year Reanalysis (JRA-55) を初めとした全球大気再解析の紹介を行った。現在利用可能な全球大気再解析は、気象庁を初めとした世界4機関で実施されており、気象学研究を初めとした様々な分野で利用されている。再解析では全期間をまったく同一のデータ同化システムで計算しているため、最新の再解析プロダクトは対流圏で昇温、成層圏で低温化といった地球温暖化に伴う変動を良く再現しており、さらには火山噴火に伴う対流圏の一時的な低温化・成層圏の昇温や、エルニーニョに伴う昇温も再現できている。一方で、地球のエネルギー収支には数 W/m^2 のインバランスが依然として残っているなど、要素によっては課題を残していることなどを報告した。

4. おわりに

本ワークショップへは約50名の方に参加頂いた。今

回も口頭発表は招待講演のみとし、1件45分と研究背景から質疑応答まで十分な時間をとり、有意義な研究会となった。また4件のポスターも発表された。本ワークショップでは、理論的研究から、金星大気への応用、あるいは人の流れを予測するといった研究まで幅広い話題について発表があった。このように様々な話題に触れることで、参加者の方々もそれぞれの研究に刺激を受けることが期待される。活発な議論が行われたことを講演者および参加者には深く感謝したい。

データ同化技術は地球物理の分野にとどまらず、幅広い分野で活用されており、データ同化の有用性あるいは問題点が互いに異なっていたり、共通であったりと様々である。そのような情報を交換していく場としてこれまで開催しており(川畑ほか 2011, 2012, 2013, 2014)、今後とも継続して開催していく予定である。プログラム、講演ファイル等の詳細は、ホームページ (<http://daweb.ism.ac.jp/DAWS/index.html>, 2018年2月6日閲覧)をご参照願いたい。さらに、ワークショップ開催のお知らせなど、データ同化に関する情報交換の一助としてメーリングリストを設けているので、参加を希望する方には、データ同化研究連絡会(本稿筆者1~8; dawsjimu@mri-jma.

go.jp)までご連絡を頂ければ幸いである。

なお今回のワークショップは、統計数理研究所共同研究集会(29-共研-5001)「データ同化ワークショップ」ならびに明治大学MIMSの共同研究集会として支援いただき、開催された。誌面を借りてお礼申し上げたい。

参 考 文 献

- 川畑拓矢, 藤井陽介, 上野玄太, 中野慎也, 茂木耕作, 増田周平, 2011: 第1回データ同化ワークショップの報告. 天気, 58, 793-794.
- 川畑拓矢, 増田周平, 茂木耕作, 小守信正, 藤井陽介, 上野玄太, 中野慎也, 2012: 第2回データ同化ワークショップの報告. 天気, 59, 583-584.
- 川畑拓矢, 上野玄太, 中野慎也, 小守信正, 増田周平, 茂木耕作, 若松 剛, 藤井陽介, 2013: 第3回データ同化ワークショップの報告. 天気, 60, 633-635.
- 川畑拓矢, 上野玄太, 中野慎也, 小守信正, 増田周平, 茂木耕作, 三好建正, 藤井陽介, 多田英夫, 吉田 隆, 2014: 第7回気象庁数値モデル研究会・第4回データ同化ワークショップの報告. 天気, 61, 668-670.
- Sugiura, N., 2016: Coarse-grained sensitivity for multi-scale data assimilation. Phys. Rev. E, 93, doi: 10.1103/PhysRevE.93.052212.