



逆問題としての水文気象学： 河川流量観測を使って天気予報の精度を改善する

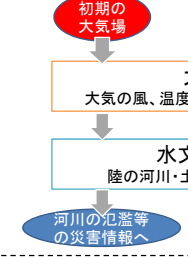
澤田洋平、仲江川敏之（気象研究所）、三好建正（理化学研究所）



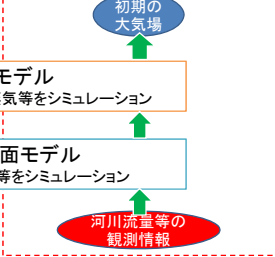
はじめに

- 水文気象学とは陸域の水循環を扱う水文学と大気現象を扱う気象学の融合分野。
- 大気モデルを用いて降水量を解き、それらを入力にして水文・陸面モデルを駆動し、陸での洪水・浸水の程度を求める。このようなシームレスな災害予測の実現は水文気象学における重要なテーマ。
- 本研究は上記のプロセスを反転し、**陸の河川流量の情報を使って、逆に大気の状態を推定する「逆問題としての水文気象学」という新しい考え方を提案する。**
- 現状の気象庁の天気予報においても、非常に多種多様な観測データが予測の改善のために用いられているが、本研究では**新しく陸域における水文観測が天気予報の改善に寄与しうるか、**について議論する。

通常の水文気象学



逆問題としての水文気象学



手法

- 気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) に簡易な集中型3段タンクモデルを結合し、**大気場のみならず河川流量も計算できるようにした。**
- 数値計算モデルの結果と観測データを統合してよりよい推定値を得るデータ同化の一種である局所変換アンサンブルカルマンフィルタ (LETKF) をこのモデルに用いた。強結合データ同化という技術を用いて河川流量シミュレーションと河川流量観測の比較により、**風速や水蒸気場の推定値を補正するシステムを開発した。**
- 観測データをシミュレーションによって作る観測システムシミュレーション実験という理想化された実験を行い、河川流量観測を同化することのメリットについて議論した。

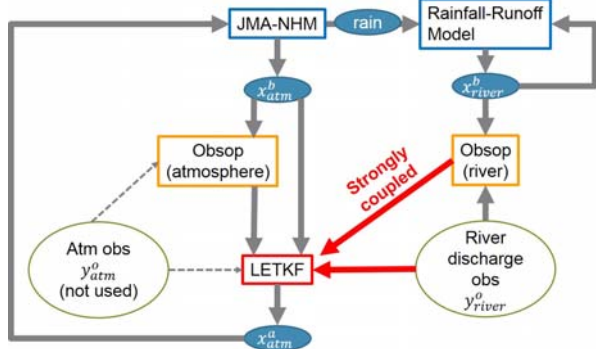


図1: 開発したシステム概要

Rainfall-Runoff Model: 河川モデル, Obsop: 観測演算子 (モデルで計算した量を観測された量に変換する式), obs: 観測 (observation の値), x^b : シミュレーションによる推定値, x^u : データ同化によって補正された推定値

対象事例・実験設定

2015年9月の関東東北豪雨

- 水平解像度1km、78メンバーで9/9 00UTC開始のアンサンブル予報から、**線状降水帯の位置のわずかなずれが鬼怒川における洪水予測の精度に大きく影響することが分かる。**
- 本研究の観測システムシミュレーション実験では、78メンバーのうちの1つを「真値」とみなし、ここから河川流量の疑似観測を生成 (図2の黒点) し6時間毎に同化する実験を行った。

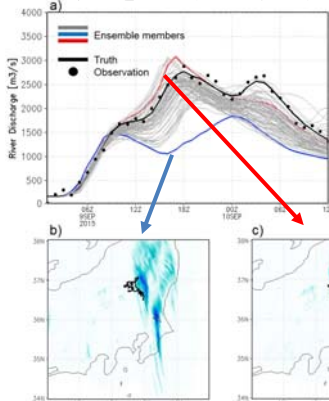


図2: 関東東北豪雨のアンサンブル予報の結果

a) 鬼怒川上流部における河川流量予測。各線がそれぞれアンサンブルによる河川流量予測を示す。黒線が「真値」、黒点が疑似観測
b) 青線のメンバーにおける15-16UTCの1時間降水量
c) 赤線のメンバーにおける15-16UTCの1時間降水量

結果と考察

- データ同化がやっていることは、観測できる量 (河川流量) と観測できていない量 (風速場など) の間の (線形な) 関係をアンサンブルで見積り、これをうまく使って観測できる量から観測できていない量を推定することである。**河川流量と線状降水帯をもたらす風速場の間の相関が正しくシミュレートできていることが分かった。**

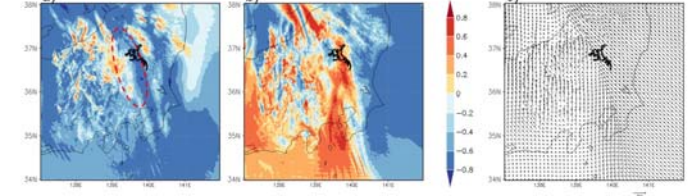


図3: アンサンブルでシミュレートされた河川流量と高度925mの東西風 (a) 及び南北風 (b) との相関係数、(c) 風速場、時刻は15UTC

- この関係をうまく使って、**河川流量観測の同化によって、6時間ごとの風速場、水蒸気量、降水量の6時間予報の精度が向上できることが確認できた。**

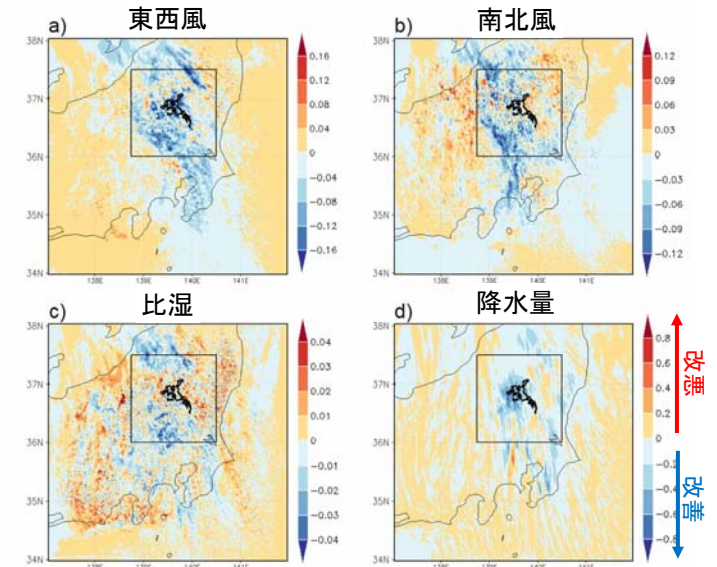


図4: 9/9 07UTCから翌日の06UTCまでの6時間おきの6時間予報の精度。「真値」との二乗平均誤差 (RMSE) を河川流量同化あり、なしで比較した。青色は河川流量の同化によって改善したことを示す。

謝辞

- 本研究はJST AIPチャレンジ、及びCRESTから支援を受けた

参考文献

Sawada, Y., Nakaegawa, T., & Miyoshi, T. (2018). Hydrometeorology as an inversion problem: Can river discharge observations improve the atmosphere by ensemble data assimilation? *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 848-860.
<https://doi.org/10.1002/2017JD027531>

まとめ

- データ同化によって河川流量の多寡から大気の状態を逆推定するシステムを開発した。
- 気象モデルと河川モデルを繋ぎ、河川流量観測を結合モデルに同化することで風速などの大気場のシミュレーション精度が向上した。