

全天日射量のデータ同化に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生会員 ○石井智 愛媛大学大学院 正会員 藤森祥文
愛媛大学大学院 正会員 森脇亮

1. はじめに

近年、気象予測精度向上のため、データ同化が注目されている。データ同化とは、観測値を用いて数値シミュレーションに使用する初期値、境界値を補正する手法である。気象予測において、気温や湿度、風向、風速などがデータ同化に用いられる。著者らは雲の情報を同化することが降水予測にとって重要であると考え、日射量に着目した。日射量と雲には強い関連性があることから、同化に用いることは有効であると考ええる。しかし、全天日射量をデータ同化に用いた事例は未だない。そこで、本研究では、全天日射量のデータ同化手法を考案し、同化による雲の再現性への影響を評価することを目的とする。

2. 研究方法

2.1 全天日射量の同化手法

本研究で使用する気象モデル WRF は NCAR などが開発された気象モデルで、全天日射量を同化に用いることができない。WRF で同化に使用できるのは、水蒸気(GPS 可降水量(GPS Precipitable Water : GPSPW))である。よって、日射量を同化するためには、日射量を水蒸気、あるいは雲水量に変換する必要がある。また、GPSPW は単位気柱あたりの水蒸気の総量であり、雲水は含まれていない。そこで、本研究では、日射量から雲水量積算値(Liquid Water Path : LWP)を推定し、それを GPSPW に加えて全水蒸気量とすることで同化させる。

2.2 雲水量積算値(LWP)の算出

日射は大気に入射すると、空気分子や水蒸気、雲などによって散乱、吸収され、減衰する。その影響を算出するためには全天日射量を直達成分と散乱成分に分離するモデルが必要である。本研究では、Erbs *et al.* (1982)¹⁾の直散分離モデルを利用し、地上での直達日射量を算出した。次に、空気分子や水蒸気による影響を算出する。各々の影響は Dudhia (1989)²⁾が用いた設定に倣い算出した。次に、雲の散乱、吸収から LWP を算出する。LWP の算出には、Stephens (1978)³⁾が用いた日射の波長帯によって異なる雲の光学的厚さと LWP の判定式を用いた。これらの手順により全天日射量から LWP を算出することができ、WRF で同化するデータとして使用できる。

2.3 解析方法

データ同化は、計算負荷の小さい 3 次元変分法による同化を行った。3 次元変分法とは、大気状態の時間変化は考慮せず、時間方向の発展をなくしたものである。

解析領域を図 1 に示す。Domain を 3 つ設定した。また、丸、三角はそれぞれ、同化に用いた全天日射量観測地点と電子基準点である。Domain3 は松山平野を含む範囲で、計算された全天日射量の検証は松山地方気象台の観測値で行う。解析期間は大気の状態が不安定で雲が発達しやすく、降水がある数時間前に晴れていることを条件とした。

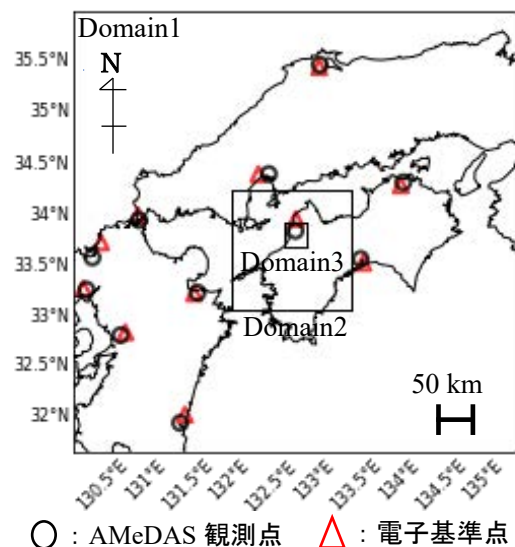


図 1 Domain 設定と観測点

表 1 シミュレーション Case

Case NAME	内容
WRF	データ同化なし
GPSPW	GPSPWを同化
GPSPW+LWP1	GPSPWとLWPを足し合わせ同化
GPSPW+LWP2	LWPを2倍にし同化
GPSPW+LWP5	LWPを5倍にし同化
GPSPW+LWP10	LWPを10倍にし同化
GPSPW+LWP50	LWPを50倍にし同化
GPSPW+LWP100	LWPを100倍にし同化

そこで、2 時間以内に雨が止んだ日(2017 年 7 月 20 日)を解析期間とした。データ同化に用いた観測データは、気象庁の AMeDAS 観測の全天日射量より推定した LWP(mm)、地上設置型 GPS の大気遅延量より推定される GPSPW(mm)である。また、GPSPW を算出する際、気温、気圧は電子基準点の近傍にある AMeDAS 観測点の気温、気圧を用いた。シミュレーション Case は、表 1 に示す 8Case である。LWP のあとの数値は LWP をその数値倍した値を同化に用いたことを表す。

3. 結果・考察

雲の再現性を確認するために、全天日射量を比較する。WRF, GPSPW, そして LWP を足し合わせた Case 中で最も雲による日射量の減少を表現できていた GPSPW+LWP50 の全天日射量の解析値と観測値を図 2 に示す。松山 (AMeDAS) では 10 時, 14 時に雲による日射量の減少が観測された。10 時の日射量の減少に関しては、WRF, GPSPW, GPSPW+LWP50 いずれの Case でも、雲による日射量の減少を予測した。WRF, GPSPW の予測値と実測値との差がそれぞれ約 450 W m^{-2} , 約 120 W m^{-2} であったのに対し、GPSPW+LWP50 の予測値と実測値との差は約 54 W m^{-2} となり、GPSPW+LWP50 が最も精度よく予測した。また、14 時の日射量の減少に関しては、WRF, GPSPW の Case では日射量の減少は予測されなかったが、GPSPW+LWP50 は日射量の減少を予測した。このとき実測値との差は約 53 W m^{-2} であり、 100 W m^{-2} 未満である。しかしながら、いずれのシミュレーションでも、15 時以降の日射量の減少は予測できていない。次に、雲(全天日射量)の再現性を定量的に評価するため、各 Case における全天日射量の 2 乗平均平方根誤差(RMSE)を図 3 示す。GPSPW+LWP50 の RMSE が最小となった。

4. おわりに

本研究では、全天日射量を水蒸気に換算する手法を提案し、それを用いたデータ同化による気象シミュレーションを行った。GPS 可降水量のみの同化よりも、GPS 可降水量に、全天日射量から推定される LWP に重みをかけたものを加えて同化させることで、全天日射量の再現性が向上した。しかし、その重みの与え方によって結果は大きく影響を受けた。本研究では日射量の実測値との比較は松山地方気象台のみで行ったため、今後は解析範囲を広げ、比較地点数を増やす、あるいは、衛星観測などの面的な観測値と比較する等により、全天日射量のデータ同化の有効性について更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) Erbs, D.G., Klein, S.A., Duffie, J.A. : Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation, *Solar Energy*, Vol.28, No.4, pp.293-302, 1982.
- 2) Dudhia, J. : Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model, *J. Atmos. Sci.*, Vol.46, No.20, pp.3077-3107, 1989.
- 3) Stephens, G.L. : Radiation profiles in extended water clouds. II : Parameterization schemes, *J. Atmos. Sci.*, Vol.35, pp.2123-2132, 1978.

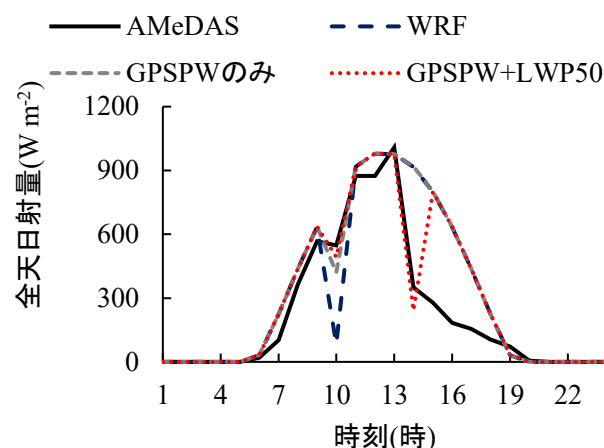


図 2 全天日射量の比較

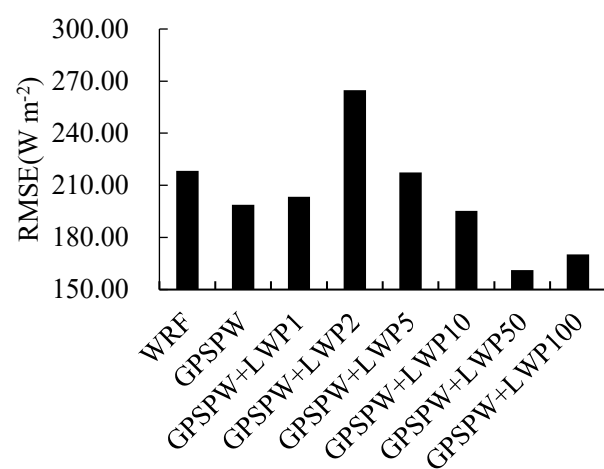


図 3 各シミュレーション Case の RMSE