

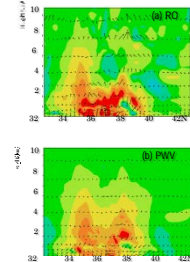
GNSSデータによる水蒸気量場推定

瀬古 弘 (気象研究所予報研究部, JAMSTEC)

1. 水蒸気の3次元分布の必要性

(a)現象の解析・理解の立場から

- 下層の湿った気塊の収束→対流の発生。
- 中層の水蒸気量→対流の発達に影響。
- ⇒水蒸気の3次元分布が必要。
- 遅延量は視線上の積算値。→視線内の分布の情報はない。
- 3次元分布に変換するためには、他のデータやそのための手法が必要。



掩蔽データと可降水量を同化した時のインクリメント

(b)データ同化の立場から

- 同化には、格子点での値を用いたが・・・
- 実際には、複数の格子点に及ぶ値もある。「京」のように何万ノードもあったり、モデルが高分解能になると、1ノードの受け持つ空間が狭くなる。
- 高速化にはノード間の通信は避けたい。
- 誤差が小さい3次元の分布にしてから、同化したらどうか？

2. 実験方法

GPS可降水量データやGPS掩蔽データを気象庁現業データに加えて同化すると、予報が良くなる。GPS可降水量データ等を用い、同化した実験のメンバーの中で、最も実況に近い降水分布や雲分布を再現したものを**真値**とし、気象庁現業データのみを同化したもので、再現が良くないものを**第一推定値**とした。

評価法: 真値から以下の模擬観測データを作成し、同化して真値に近づき具合をみる。

① 掩蔽データ: 低軌道衛星で観測される遅延量

- 真値と第一推定値に差がある点をタンジェント点とし、視線はその点から南北にのびる経路を仮定。
- 経路は、タンジェント点を地上から50mずつ高くして与えた。
- 観測データは、遅延量ではなく、水蒸気量の総和が得られたとした。
- 視線が長い場合、広領域で示す。

② ダウンルッキングデータ: 山頂等に設置した受信機で観測する低仰角の遅延量

- 稠密観測を想定して、全モデル格子点上に受信機があると仮定。
- GPS掩蔽データと同じく、水蒸気量の総和を観測値とする。
- 受信機を各格子点に置き、仰角を-0.5度から-2.0度毎で、0.5度ずつ下げて作成した。
- 視線が長い場合、狭量域の他に、広領域でも示す。

③ 可降水量データ: 受信機上の水蒸気量の総和

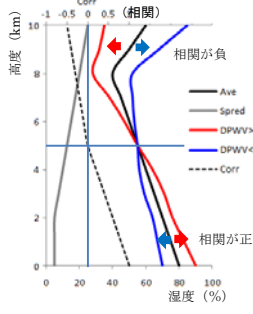
- 天頂方向の水蒸気量の積算値(可降水量)を観測値とした。
- 提案する方法の有効性を示すために行う。そのため、稠密観測を想定し、すべてのモデル格子点上に受信機があると仮定した。

推定の方針: 「第一推定値が、実況の水蒸気分布をおおよそ再現しているという条件」で、

- アンサンブルメンバーで求めた視線の水蒸気量と格子点の水蒸気量との相関が大きく、かつ、
- アンサンブルのスプレッドが大きいと、
- 推定値が相関に従ってアンサンブル平均より大きく離れて観測値に近づくことができる」という仮定を用いて推定する。

具体的には...

- (i) アンサンブル平均から観測と同じ経路の水蒸気量の積算値(第一推定値)を求める。
- (ii) アンサンブル各メンバーの値から、観測と同じ経路の水蒸気積算値と、経路上の格子点値との相関を求める。
- (iii) 経路上の湿度を、密度のアンサンブル平均と湿度のスプレッド、(ii)で求めた相関の積に比例して変化させ、修正した湿度を用いて積算した水蒸気量が、観測された積算値と合うようにする。

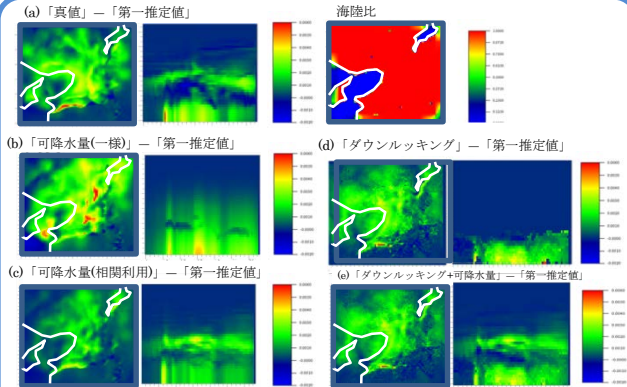


経路上の水蒸気量を推定する手法の模式図。分かりやすさのため、天頂方向の水蒸気量の積算値である可降水量の例を示す。鉛直軸は高度である。

この手法の得られる中間データは、以下の論文で利用している。

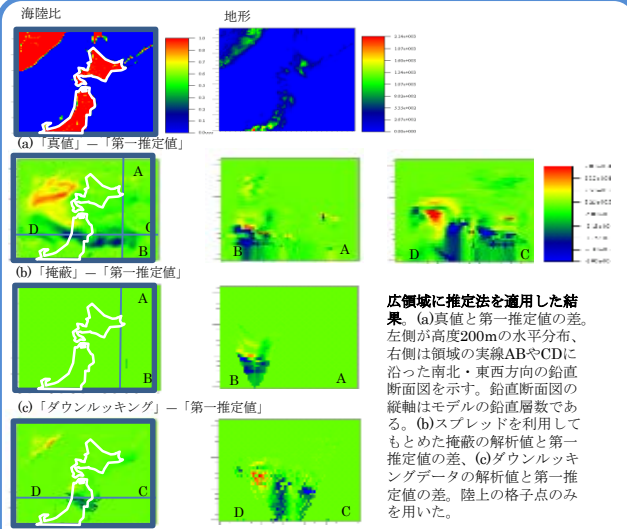
- Seko, H., T. Miyoshi, Y. Shoji and K. Saito, Data Assimilation Experiments of Precipitable Water Vapor using the LETKF system -An intense rainfall event over Japan 28 July 2008-, 2011, Tellus. 63A, 402-412.
- Seko, H., T. Tsuyuki, K. Saito, and T. Miyoshi, Development of a Two-way Nested LETKF System for Cloud Resolving Model, Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and Hydrologic Applications II, Eds. S.K. Park and L. Xu, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 489-507.

→Seko, H. et al, (2011) では、この方法でPWVを同化して、神戸の都賀川の水難事故の事例を引き越した降水域の表現が良くなっている。



提案する推定法を狭領域に適用した結果。(a)真値と第一推定値との水蒸気量の差。左側に最下層の水平分布、右側に領域中央を通過する南北方向の鉛直断面図を示す。鉛直断面図の縦軸はモデルの鉛直層数である。(b)スプレッドを利用しないで求めた可降水量の解析値と第一推定値との差、(c)スプレッドを利用して求めた可降水量の(b)と同様の図、(d)ダウンルッキングデータの解析値の(b)と同様の図。(e)可降水量とダウンルッキングデータデータの両方を用いた解析値の(b)と同様の図。

- 「真値-第一推定値」:** 大阪湾を囲む領域の水蒸気が大きく、下層と2.2-3.5kmに湿った層がある。
- スプレッドを考慮しない場合:** 下層の水蒸気量がより大きく変化し、高度と共に小さくなっている。明瞭な2層構造は再現されていない。
- スプレッドを考慮した場合:** 真値に似たものになり、2層構造も再現している。
- ダウンルッキングデータ:** 電波が高度2.2-3.5kmを通過しないため、その高度は変わっていないが、下層は定量的によく再現。一山地等の標高の高い点からのびた経路により再現されたと考えられる。下層の水蒸気量は、可降水量を与えたものに比べて大きく、より真値に近い。→これは、ダウンルッキングの経路が下層のみを通過するため。



- 「真値-第一推定値」:** 南に東西にのびる水蒸気の少ない領域があり、鉛直断面は複雑な分布。
- GPS掩蔽データ:** 真値と同じように、水蒸気の少ない領域の上側に、多い領域がある。タンジェント点で与えた場合には、その位置しか変えられないが、今回の方法では広い範囲で変えることができる。
- ダウンルッキング:** 陸上の格子点のみからの経路を与えた。得られた分布は、真値と同様な特徴を再現していて、範囲も福島県の東方海上まで広がっている。この分布は、この観測データが周りの広い範囲の情報を与えることを示している。

3. まとめと今後

- 水蒸気の3次元分布を求めるなら、変分法を用いて、推定する。→より現実的な流れの場を持つ背景誤差を用いた3次元変分法にできる。
- 同化モデルに入力する中間ファイルを想定して、モデルや観測の誤差を利用しないで、配分した。今後、実際の同化システムに入れて、インパクトを見る。