

令和 5 年 6 月 17 日現在

機関番号：82109

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2022

課題番号：19K23467

研究課題名（和文）観測ビッグデータを活用した変分法データ同化の高度化

研究課題名（英文）Enhancement of Variational Data Assimilation Using Observation Big Data

研究代表者

藤田 匡 (Fujita, Tadashi)

気象庁気象研究所・気象予報研究部・室長

研究者番号：50847283

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：高頻度高密度の観測データを数値予報において有効に活用するためのデータ同化手法の高度化に取り組んだ。ドップラー速度の観測誤差時間空間相関を統計的に診断し、変分法データ同化に導入するためのモデル化を行った。単純な変分法データ同化に観測誤差相関を導入することにより、高密度観測の詳細な情報が偏りなく解析値に反映されることを確認した。さらに、「流れに依存する背景誤差」を取り入れた四次元変分法に観測誤差相関を導入したドップラー速度の同化実験により、高頻度高密度の観測データから詳細な情報を気象状況に応じて抽出するためには、「流れに依存する背景誤差」が重要となることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、日本の高度なレーダー観測技術により蓄積された高品質なドップラー速度データを用いて、観測誤差の時間空間相関の分析を行った。ドップラー速度について、観測誤差の空間相関に加えて、時間相関についても考慮した取り組みはこれまで見られない。さらに、データ同化手法として「流れに依存する背景誤差」を導入した四次元変分法を用い、観測誤差と背景誤差を共に高度化したシステムを用いた。このような先進的な手法による高頻度高密度データ同化技術の新しい知見は、時間空間スケールが小さい集中豪雨をはじめとする顕著現象を中心に、数値予報の予測精度向上に資するものである。

研究成果の概要（英文）：We investigated the enhancement of data assimilation scheme for the effective use of high-frequency, high-density observation data in numerical weather prediction. The time and space correlations of Doppler velocity observation error were statistically diagnosed and modeled to be used in variational data assimilation. An experiment using a simple variational data assimilation scheme showed that the detailed information of high-density observations was properly incorporated into analyses by taking into account the observation error correlation. Then, we conducted an experiment assimilating Doppler velocity observations considering observation error correlations using a four-dimensional variational data assimilation scheme with the flow-dependent background error. The experiment showed that the flow-dependent background error was important for extracting detailed information from high-frequency, high-density observation data according to the atmospheric situations.

研究分野：データ同化

キーワード：観測誤差相関 流れに依存する背景誤差 データ同化 高頻度高密度観測 ドップラー速度

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

リモートセンシングをはじめとする観測技術の著しい向上により、高頻度、高密度の観測データから大気の詳細な状態をリアルタイムにとらえることが可能となってきた。集中豪雨など時間空間スケールの小さい顕著現象の予測精度向上の重要性は増しつつあり、このためには時間空間的に密な実況の情報の利用が不可欠である。

一方、これらの観測データによる情報を数値予報において十分に活用するためのデータ同化技術には課題が残されている。時間空間的に密な観測では、観測誤差の時間空間相関が強くなる。従来のデータ同化では、実装が単純で計算コストも低い観測誤差相関を無視できると仮定した理論に基づいてきた。この仮定のため、観測データは大きく間引かれ、利用観測数は入電数のごく一部となり、観測データの持つ情報を十分活用できていない。観測誤差相関の特徴の把握や、観測誤差相関を適切に扱った同化技術の開発は急務の課題である。

また、背景誤差について、従来の四次元変分法（4D-Var）では、過去の予報値の統計から求められた気候学的なものが用いられてきた。一方、時間空間スケールの小さい顕著現象に関わる高頻度高密度観測の同化においては、その時点での気象状況に即して、観測データの持つ詳細な情報を効果的に抽出することが重要となる。そのため、気象状況を反映した「流れに依存する背景誤差」をアンサンブル予報から評価し、これを高頻度高密度観測データの同化に利用することは、高精度な予報初期値を作成するために重要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、観測誤差相関、及び、流れに依存する背景誤差を導入したデータ同化システムを構築し、高頻度高密度観測データの持つ詳細な大気の情報を有効に活用する手法を検討することである。日本の高度なレーダー観測技術により高品質な観測の蓄積があるドップラー速度を対象とする。ドップラー速度の観測誤差の空間相関に加えて、先行研究では取り上げられていない時間相関についても対象とする。さらに、データ同化手法として、アンサンブル予報による「流れに依存する背景誤差」を導入した 4D-Var を用い、観測誤差、背景誤差をともに高度化した高頻度高密度観測同化の効果を調査する。

3. 研究の方法

まず、ドップラー速度の観測誤差相関の時間空間構造を調査し、モデル化する。Desroziers et al. (2005) の手法により動径方向、方位角方向、仰角方向、時間方向の誤差相関特性を統計的に推定し、変分法データ同化に組み込むためのモデル化を試みる。次に、簡易な変分法データ同化にモデル化した観測誤差相関を取り入れ、観測誤差相関を考慮することによって得られる効果等を分析する。さらに、観測誤差の時間空間相関を取り入れた 4D-Var 同化システムを構築し、Buehner (2005) の手法によりアンサンブル予報による背景誤差の流れへの依存性を導入する。このシステムを用いて高頻度高密度観測の情報を効果的に抽出することを試みる。

本研究では調査事例（2018 年 7 月）当時運用されていた、前世代の気象庁現業メソ数値予報システム（Honda et al. 2005; 2020 年 3 月まで運用）に基づく数値予報実験システムを用いる。

4. 研究成果

・観測誤差相関の診断、モデル化

Desroziers et al. (2005) の手法により、札幌レーダーによるドップラー速度の観測誤差相関を診断した。2018 年 7 月 1 日 0000 UTC ～ 8 日 0000 UTC の期間、3 時間同化ウィンドウの 4D-Var によるデータ同化サイクルを行い、統計サンプルを生成した。この期間、札幌レーダー付近では停滞する前線や低気圧の通過により降水がみられ、ドップラー速度のデータが継続的に取得された（図 1）。

診断によって得られた観測誤差相関を図 2 に示す。（なお、図 2a, b のように、この診断手法では、統計値は相関を考える二点について対称とはならない。）仰角 1.1° における動径方向の観測誤差相関（図 2a）の半値幅はおおよそ 10–25 km 程度である。Waller et al. (2016) は、同様の診断手法により仰角 1° における動径距離 94 km 程度での相関幅はおおよそ 10 km との結果を得ている。Waller et al. (2016) と実験設定が大きく異なっているが、本研究による結果はこれに近い。一方、測器誤

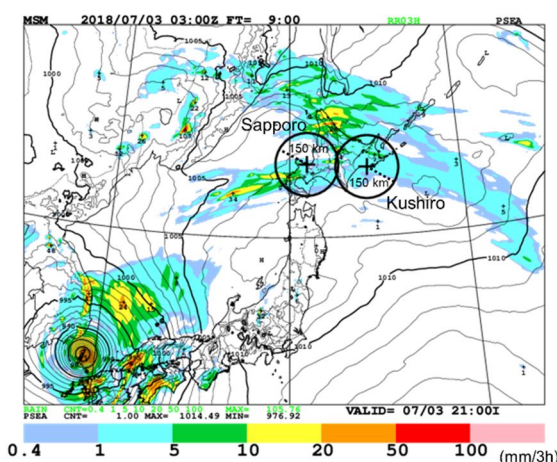


図 1: 2018 年 7 月 3 日 1200 UTC を対象時刻とする、3 時間積算降水量 (mm/3h; 色) と海面更正気圧 (hPa; 等値線の間隔 1 hPa) の 9 時間予報値。札幌レーダー、釧路レーダーの位置を+印、同化するドップラー速度の範囲（半径 150 km）を円で示す。

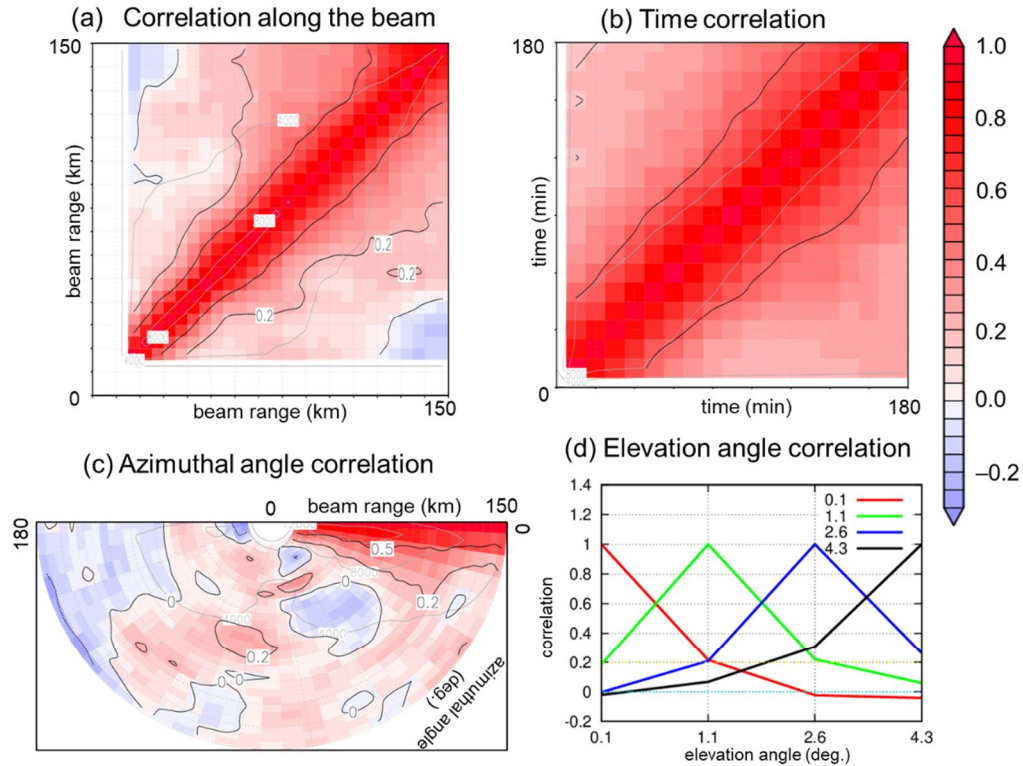


図 2: 札幌レーダーのドップラー速度の観測誤差相関。統計期間は 2018 年 7 月 1 日 0000 UTC～7 月 8 日 0000 UTC。(a) 仰角 1.1° の動径方向の相関。セルの大きさは 5km。動径距離が小さいデータは品質管理で除外している。(b) 仰角 1.1° の時間相関。セルの大きさは 10 分。(c) 仰角 1.1° における方位角方向の相関。セルの大きさは動径方向 5km×方位角方向 5.625°。(d) 仰角方向の相関。仰角 0.1° (赤)、1.1° (緑)、2.6° (青)、4.3° (黒) と他の仰角の間の相関を示す。(a)–(c)で黒い等値線は相関 0.2, 0.5 を示す。灰色の等値線は相関の統計サンプル対の数を示す (等値線の間隔 4000 個)。

差に着目した Xu et al. (2007a,b) は、1 km 以下の結果を得ており、本研究よりもかなり小さい。本研究では、観測データ (方位角 5.625 度・動径 5km のセル平均) に比べ、同化システム (インナーモデル格子間隔 15km、気候学的背景誤差使用) で解像できる現象のスケールが大きく、この違いによる代表性誤差で、Xu et al. (2007a,b) との大きな差が生じたと考えられる。

時間相関の幅は 30-60 分程度であり、予報時間とともに増加する傾向がみられる (図 2b)。このことは観測誤差相関に予報モデルに関連する誤差が含まれることを示唆している。これは、データ同化システムで用いられる予報モデルの解像度が限られていることやパラメタリゼーションを使用していることなどから観測データと表現の差異が生じ (Janjić et al. 2018)、これが伝播することで、代表性誤差が時間相関を持ち得るためと考えられる。

方位角方向の観測誤差相関の半値幅は約 15 km である (図 2c)。

一方、仰角間の観測誤差相関 (図 2d) は小さく、0.3 以下である。観測演算子で用いるビーム幅 (0.3°) と比較して、仰角 (0.1°、1.1°、2.6°、4.3°) の間隔が大きいことが、仰角間相関が小さくなることの要因として考えられる。

以上の調査に基づき、変分法で用いるための観測誤差相関を次のようにモデル化した。動径方向、方位角方向、時間方向の観測誤差相関を考慮し、仰角間相関は無視した。相関はガウス型を仮定し、幅 (相関が $e^{-0.5}$ となる幅) は診断に基づき動径方向 15 km、方位角方向 15 km、時間方向 45 分とした。

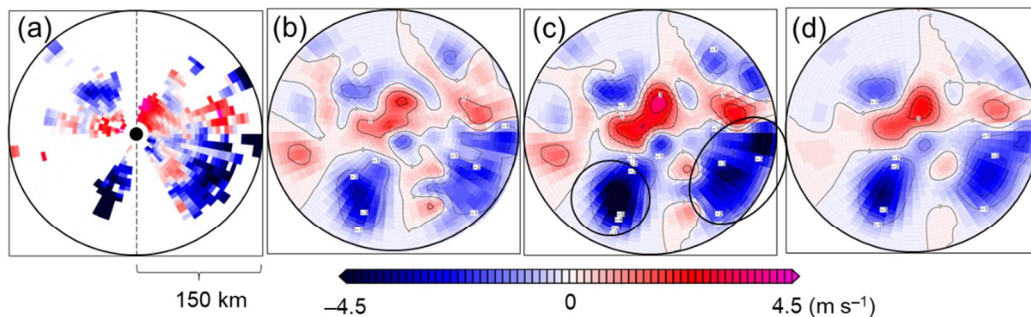


図 3: 簡易な変分法によるデータ同化実験の結果。ドップラー速度の D 値は、2018 年 7 月 3 日 0450 UTC の札幌レーダー仰角 1.1° によるもの。(a) D 値。(b) 観測誤差相関を考慮した同化のインクリメント。(c) 観測誤差相関を無視した実験によるインクリメント。(d) 観測誤差相関を無視し、観測誤差標準偏差を 3 倍とした実験によるインクリメント。セルのサイズは動径方向 5km×方位角方向 5.625°。

・簡易な変分法による観測誤差相関の効果の調査

ドップラー速度の観測誤差相関を簡易な変分法に組み込んで、その同化における効果を調べた。方位角 5.625 度・動径 5km の解像度で密に分布する観測データについて、観測誤差相関を考慮して同化したところ、D 値（観測値－第一推定値）の詳細な分布構造（図 3a）まで偏りなくインクリメント（解析値－第一推定値）に反映された（図 3b）。一方、観測誤差相関を無視すると（図 3c）、D 値の詳細な分布構造はインクリメントに反映されるものの、同符号の D 値が広がって分布する領域で観測に過度に寄る結果が得られた（黒楕円）。

観測誤差相関を無視したデータ同化システムでは、観測誤差膨張を適用することがある。ここでは観測誤差標準偏差を 3 倍にした実験を行った（図 3d）。インクリメントのピークの値は観測誤差相関を考慮した場合（図 3b）に近づいたが、インクリメントは平滑化され、詳細な構造は失われた。また、観測誤差相関を無視できるように観測データを間引く手法も用いられる。動径方向、方位角方向に観測を 3 分の 1 に間引いた実験も行ったところ、インクリメントは平滑化され、観測誤差膨張と類似の結果が得られた（図略）。

このように、観測誤差相関を考慮することで、高密度観測データを適切に同化できた。

・観測誤差の時間空間相関を考慮したハイブリッド 4D-Var

予報精度向上のためには、さらに数値予報モデルの時間発展に即した同化が重要となる。前世代の気象庁現業メソ解析に基づく 4D-Var と、流れに依存する背景誤差を用いたハイブリッド 4D-Var に、ドップラー速度観測誤差の時間空間相関を適用し、2018 年 7 月 3 日 0300–0600 UTC の札幌レーダーのドップラー速度を同化した。ハイブリッド 4D-Var（図 4a）、4D-Var（図 4b）ともに、インクリメントのパターンの時間発展には連続性があり、数値予報モデルのバランスに即したインクリメントが得られていること示唆される。しかし、ハイブリッド 4D-Var の方が 4D-Var よりも、流れに依存する背景誤差の効果により同化ウィンドウの初め（-180 分）からより詳細な構造を持ち、その傾向は同化ウィンドウの終わり（0 分）まで持続する。インクリメントのパワースペクトルにおいても、ハイブリッド 4D-Var は 4D-Var よりも同化ウィンドウを通じてインクリメントの高波数成分が大きい結果が得られた（図略）。これらの結果は、ハイブリッド 4D-Var では、数値予報モデルのバランスに即して観測データのより詳細な情報を抽出する能力が高いことを示唆している。

ハイブリッド 4D-Var で札幌レーダーのドップラー速度を 10 分間隔で同化したところ（図 5a）、風速を黄色楕円域の北側で弱め南側で強めるインクリメントが得られ、下層風のシア（図 5c）が強化された。これに伴い降水が強まり（図 5e 黒点線楕円）、位置ずれはあるものの、第一推定値からの予測（図 5g 黒点線楕円）と比較して実況（図 5d 黒点線楕円）との対応に改善がみられた。ドップラー速度の時間間隔を 60 分としたところ、下層風のシアを強化するインクリメントは弱まり（図 5b 黄色楕円）、降水の改善は見られなかった（図 5f 黒点線楕円）。また、4D-Var では、10 分間隔、60 分間隔の同化いずれでも降水予測の改善はみられなかった（図略）。より一般的な結果を得るためには対象とする事例やレーダーサイトを拡張した調査がさらに必要であるが、ハイブリッド 4D-Var では、「流れに依存する背景誤差」の効果で高頻度観測による詳細な情報を有効に活用できることを支持する結果が得られた。

また、図 6 に、札幌(a)、及び釧路(b)レーダーのドップラー速度に対する RMSE の時系列を示す。ハイブリッド 4D-Var（青）、4D-Var（赤）とも、主なインパクトは札幌では 6 時間予報程度、より下流の釧路では 8 時間予報程度まで持続している。観測時間間隔 10 分のハイブリッド

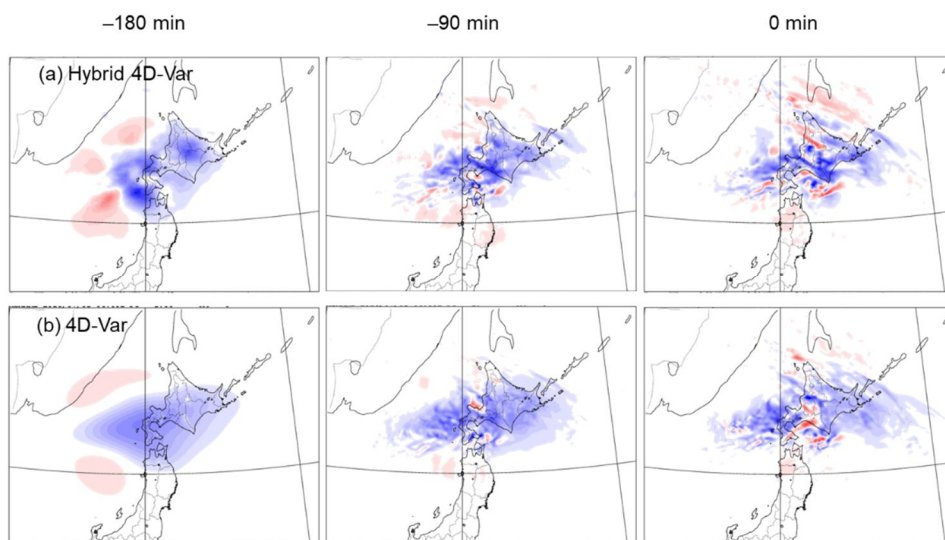


図 4: 2018 年 7 月 3 日 0600 UTC の解析の東西風インクリメント。600 hPa のインクリメントの同化ウィンドウ最初 (-180 分) から最後 (0 分) までの 90 分毎の伝播を示す。札幌レーダーによるドップラー速度を 10 分間隔で同化した。(a) ハイブリッド 4D-Var。(b) 4D-Var

4D-Var (濃い青) が最も RMSE が小さい。また、大部分の予報時間で観測時間間隔 60 分の場合 (薄い青) からの改善を示している。一方、4D-Var では観測時間間隔 60 分 (薄い赤) に対する観測時間間隔 10 分 (濃い赤) の効果は明瞭でない。背景誤差に流れへの依存性を考慮したハイブリッド 4D-Var により、高頻度観測によるインパクトをより有効に引き出し得ることが期待される。

参考文献

Desroziers, G. et al., 2005: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **131**, 3385–3396.
 Buehner, M., 2005: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **131**, 1013–1043.
 Honda, Y. et al. 2005: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **131**, 3465–3475.
 Waller, J. A. et al., 2016: *Won. Wea. Rev.*, **144**, 3533–3551.
 Xu, Q. et al., 2007a: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **133**, 407–415.
 Xu, Q. et al. 2007b: *18th Conf. on Numerical Weather Prediction*, 1B.3.
 Janjić, T. et al., 2018: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **144**, 1257–1278.

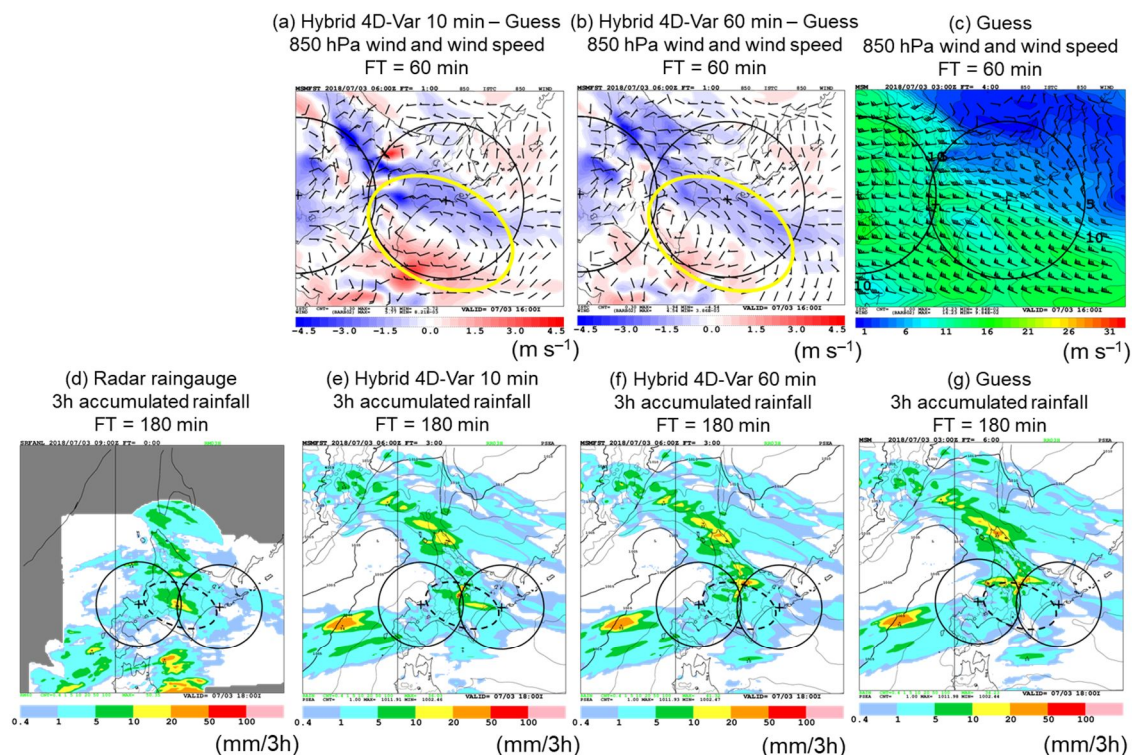


図 5: (a) 850 hPa 風、風速に対する、観測時間間隔 10 分のハイブリッド 4D-Var の 60 分予測と第一推定値からの予測の差。2018 年 7 月 3 日 0700 UTC。(b) (a)と同じ。ただし、観測時間間隔 60 分。(c) 第一推定値からの風、風速の 60 分予測。(d) 解析雨量。2018 年 7 月 3 日 0900 UTC の 3 時間積算降水量。(e) 観測時間間隔 10 分ハイブリッド 4D-Var による 3 時間積算降水量 180 分予測。(f) (e)と同様。ただし、観測時間間隔 60 分。(g) (e)と同様。ただし、第一推定値。短い矢羽根、長い矢羽根、ペナントはそれぞれ 1,2,10 m/s。札幌レーダーと釧路レーダーの位置と同化したドップラー速度の範囲をそれぞれ+印、円で示す。

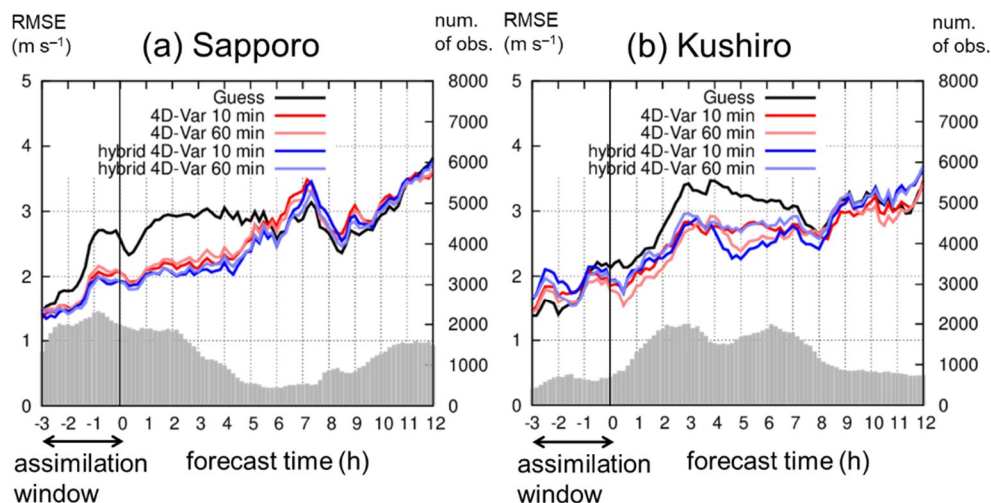


図 6: ドップラー速度観測に対する RMSE の時系列 (同化ウィンドウから 12 時間予報まで)。(a)札幌レーダー、(b)釧路レーダー。赤:4D-Var、青: ハイブリッド 4D-Var。濃: 観測 10 分間隔同化。淡: 60 分間隔同化。黒: 第一推定値。灰色: 観測数 (右縦軸)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tadashi Fujita, Hiromu Seko, Takuya Kawabata	4. 巻 150
2. 論文標題 Effects of Flow Dependency Introduced by Background Error in Frequent and Dense Assimilation of Radial Winds Using Observation Error Correlated in Time and Space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 481~503
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1175/MWR-D-21-0121.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 —

1. 著者名 T. Fujita, H. Seko, T. Kawabata, Y. Ikuta, K. Sawada, D. Hotta, M. Kunii	4. 巻 50
2. 論文標題 Variational Data Assimilation with Spatial and Temporal Observation Error Correlations of Doppler Radar Radial Winds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 WGNE Research activities in Earth system modelling	6. 最初と最後の頁 0105-0106
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 —

1. 著者名 藤田匡	4. 巻 66
2. 論文標題 観測誤差相関を考慮した変分法によるドップラー速度データ同化の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 数値予報課報告・別冊，気象庁予報部	6. 最初と最後の頁 145-155
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 —

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 1件／うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Tadashi Fujita, Hiromu Seko, Takuya Kawabata, Ken Sawada, Daisuke Hotta, Yasutaka Ikuta
2. 発表標題 Enhancement in Assimilation of Doppler Radar Radial Winds
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tadashi Fujita, Hiromu Seko, Takuya Kawabata, Ken Sawada, Daisuke Hotta, Yasutaka Ikuta
2. 発表標題 Enhancement of Variational Assimilation of High-Frequency and High-Resolution Radial Wind
3. 学会等名 WCRP-WWRP Symposium on Data Assimilation and Reanalysis (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田 匡
2. 発表標題 スケールを考慮したドップラー速度の変分法データ同化の検討
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田 匡, 瀬古弘, 川畑拓矢
2. 発表標題 ドップラー速度の変分法データ同化の高度化の検討
3. 学会等名 第12回データ同化ワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田 匡, 瀬古弘, 川畑拓矢, 岡本幸三
2. 発表標題 変分法によるドップラー速度等のスケール依存同化の検討
3. 学会等名 「富岳」成果創出加速プログラム防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測2021年度成果発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田匡
2. 発表標題 メソモデルへの観測誤差相関の導入とそのインパクトー変分法によるレーダーデータ同化高度化の検討ー
3. 学会等名 統計数理研究所・気象研究所データ同化勉強会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田匡
2. 発表標題 変分法によるドップラー速度同化の高度化に向けた検討
3. 学会等名 第一回先端的データ同化と巨大アンサンブル手法に関する研究会（サブテーマB）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田匡，瀬古弘，川畑拓矢，岡本幸三，澤田謙，堀田大介，幾田泰醇
2. 発表標題 変分法によるドップラー速度のデータ同化：ウェーブレット空間での制御変数の検討
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tadashi Fujita, Hiromu Seko, Takuya Kawabata, Ken Sawada, Daisuke Hotta, Yasutaka Ikuta
2. 発表標題 Assimilation of Radial Winds with Observation Error Correlated in Time and Space
3. 学会等名 International Symposium on Data Assimilation - Online (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujita, T., H. Seko, T. Kawabata, D. Hotta, K. Sawada, Y. Ikuta, M. Kunii, T. Tsukamoto, and G. Akimoto
2. 発表標題 Time and Space Observation Error Correlation of Doppler Radar Radial Winds
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田匡，瀬古弘，川畑拓矢，澤田謙，堀田大介，幾田泰醇，國井勝，塚本暢，秋元銀河
2. 発表標題 変分法によるレーダーデータ同化高度化の検討
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田匡，瀬古弘，川畑拓矢，澤田謙，堀田大介，幾田泰醇，國井勝，塚本暢，秋元銀河
2. 発表標題 観測誤差相関を考慮した変分法によるドップラー速度データ同化の検討
3. 学会等名 第21回非静力学モデルに関するワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田匡，瀬古弘，川畑拓矢，澤田謙，堀田大介，幾田泰醇，國井勝，塚本暢，秋元銀河
2. 発表標題 観測誤差時空間相関を考慮した変分法によるドップラー速度データ同化の検討
3. 学会等名 ポスト京重点課題4成果報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田匡
2. 発表標題 レーダーデータ同化に関する調査
3. 学会等名 ポスト京重点課題4サブ課題A 2019年度第一回研究連絡会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田匡
2. 発表標題 レーダーデータ同化調査の進捗報告
3. 学会等名 ポスト京重点課題4サブ課題A 2019年度第三回研究連絡会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田匡
2. 発表標題 レーダーを活用した変分法データ同化の検討
3. 学会等名 2019年度第1回高解像度豪雨予測とアンサンブル同化摂動手法に関する研究会(第7回アンサンブルデータ同化摂動に関する研究会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田匡
2. 発表標題 ドップラー速度同化の高度化の検討
3. 学会等名 2019年度第2回高解像度豪雨予測とアンサンブル同化摂動手法に関する研究会(第8回アンサンブルデータ同化摂動に関する研究会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田匡，瀬古弘，川畑拓矢，澤田謙，堀田大介，幾田泰醇，國井勝，塚本暢，秋元銀河
2. 発表標題 ドップラー速度の観測誤差相関を考慮した変分法データ同化の検討
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

—

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	瀬古 弘 (Seko Hiromu)		
研究協力者	川畑 拓矢 (Kawabata Takuya)		
研究協力者	澤田 謙 (Sawada Ken)		
研究協力者	堀田 大介 (Hotta Daisuke)		
研究協力者	幾田 泰醇 (Ikuta Yasutaka)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	デュック レ (Duc Le)		
研究協力者	國井 勝 (Kunii Masaru)		
研究協力者	塚本 暢 (Tsukamoto Toru)		
研究協力者	秋元 銀河 (Akimoto Ginga)		
研究協力者	大井川 正憲 (Oigawa Masanori)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------