

第4章 メソ解析の改善

4.1 メソ解析へのマイクロ波散乱計海上風の利用¹

4.1.1 はじめに

衛星に搭載されたマイクロ波散乱計は、マイクロ波を海面に向けて照射し、海面の風浪に散乱されて戻ってくる散乱波の強さ（散乱断面積）を観測する能動型のセンサである。このセンサから得られる海上風は、数値予報の初期値解析、波浪の監視、天気図解析などに幅広く利用されている。

メソ解析では、静止衛星の連続画像から推定した衛星風や NOAA 衛星によって観測した気温の鉛直分布のほか、2003年10月から衛星搭載マイクロ波放射計から推定された可降水量と降水強度が利用されている（佐藤 2003）。本節では、QuikSCAT 衛星に搭載されたマイクロ波散乱計 SeaWinds から得られる海上風データのメソ解析への利用について述べる。データ利用実験において有効性が確認されたことから、SeaWinds 海上風データは2004年7月27日からメソ解析での利用が開始された。

以下、第4.1.2項でマイクロ波散乱計の観測原理、第4.1.3項で数値予報での利用状況について触れ、第4.1.4項で実験概要、第4.1.5項で実験結果について述べ、第4.1.6項でまとめを述べる。なお、本節中の略語については本節末の略語一覧を参照していただきたい。

4.1.2 マイクロ波散乱計の観測原理

マイクロ波散乱計は衛星からマイクロ波を海面に向けて斜めに照射し、海面にできる風浪に散乱されて戻ってくる散乱波の強さを観測する測器であり、海上風を直接観測するわけではない。海上風が弱いときは、水面に風浪があまり立たず照射したマイクロ波の多くが海面で散乱計の反対側に反射して、散乱計にはほとんど戻ってこない。逆に風が強く水面に風浪が多く立っているときは、散乱計に戻ってくる散乱波は相対的に強くなるため、散乱断面積は大きくなる。また、散乱断面積は海上風の風向によっても変化する。マイクロ波を照射する方向に対して海上風が追い風あるいは向かい風の時に散乱断面積は大きくなり、横風の時には小さくなる。したがって、一つの散乱断面積からは風向と風速を一意に求めることが出来ない。このため、マイクロ波散乱計は入射角の異なる複数のマイクロ波を海面に照射することにより、風向と風速を求める。マイクロ波散乱計のより詳細な観測原理については太原（1999）が記述しているので、併せて参照していただきたい。

4.1.3 マイクロ波散乱計データの数値予報での利用

マイクロ波散乱計を搭載した衛星は、現在まで ESA、NASDA（現 JAXA）、NASA によって打ち上げられてきた。このうち、ESA が 1995 年 4 月に打ち上げた ERS-2/AMI のデータが 1998 年 7 月から 2001 年 1 月まで全球解析で利用されていた。ERS-2 にやや遅れて NASDA が 1996 年 8 月に打ち上げた ADEOS/NSCAT、2002 年 12 月に打ち上げた ADEOS-II/SeaWinds については、いずれも衛星の故障により数値予報には利用出来なかった。

今回、メソ解析に利用することになった海上風データは、NASA が 1999 年 6 月に打ち上げた QuikSCAT/SeaWinds データであり、全球解析では 2003 年 5 月 6 日から既に利用されている（大橋 2004）。

QuikSCAT 衛星は太陽同期の極軌道を周回しており、現地時刻で午前 6 時頃と午後 6 時頃（日本付近では 21UTC と 09UTC 頃）に通過する（図 4.1.1）。メソ解析は 00,06,12,18UTC の 1 日 4 回実行され、それぞれの解析前 6 時間から解析時刻までのデータが使われるため、SeaWinds 海上風データは主に 00UTC と 12UTC の解析で利用されることになる。メソ解析に使う SeaWinds データは全球解析用と同じレベル 2B²海上風データで、水平分解能は 25km である。その仕様精度は、風速の平方根平均二乗誤差（RMSE）が 2m/s、風向の RMSE が 20 度とさ

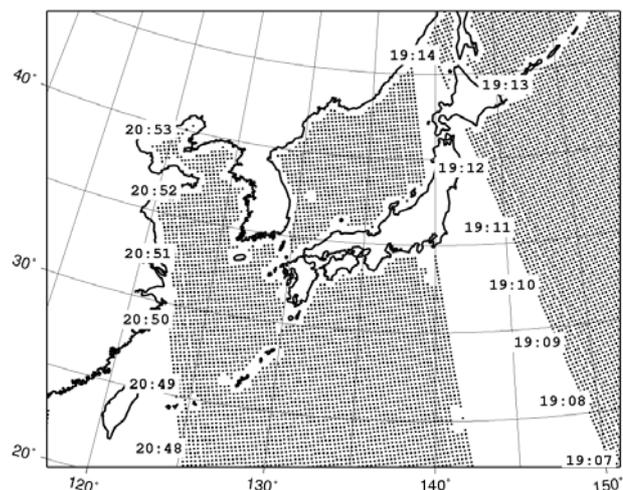


図 4.1.1 2004 年 8 月 20 日の QuikSCAT/SeaWinds によるメソ解析領域での観測分布の例。1 日 2 度の衛星通過のうち午前軌道における観測分布を示している。海上の黒点は観測点を示しており、その端の数字は観測時刻（UTC）を示している。

² 衛星データには処理の段階（レベル）に応じて 0~4 の番号が付けられている。直接の観測量である散乱断面積（レベル 1）から導出された海上風データはレベル 2B と呼ばれる。

¹ 大橋 康昭、今泉 孝男（現：地磁気観測所）

れている。大橋 (2004)、Ebuchi et al. (2002) でのブイや船舶との比較によれば、低風速時に風向の RMSE はやや大きくなるものの、ほぼ仕様通りの精度を持つことが確認されている。

4.1.4 解析予報サイクル実験

SeaWinds 海上風データをメソ解析で利用した場合の効果を調べるために解析予報サイクル実験を実施した。統計的検証として、解析予報サイクル実験を 2003 年 6 月 3 日から 19 日 (夏実験) と 2004 年 2 月 1 日から 15 日 (冬実験) のそれぞれ約 2 週間実施した。また、事例検証として、実験期間中の改善事例の他に 2003 年 7 月 19 日の九州北部での豪雨事例を取り上げる。

ここで、実験に用いた海上風データの観測誤差について触れる。メソ 4 次元変分法では、観測誤差は予報誤差との比率がそれ以前の解析手法である 3 次元最適内挿法で使用されていた値と大きく変わらないように調節されている (石川・小泉 2002)。本実験では風速の南北・東西成分の観測誤差として 3m/s を設定した。これは静止衛星の連続画像から推定される下層衛星風の観測誤差と同じ設定である。

海上風データを解析で使用するためには、解析の前に品質管理処理で品質の悪いデータを除去する必要がある。メソ解析での海上風データの品質管理処理は全球解析での方法と同様としている (付録を参照)。この処理を通過した良質とみなされるデータは

間引いて解析に利用される。SeaWinds 海上風データの水平分解能は 25km と密であるが、解析にはデータ間隔を 50km 以上に間引いて使用した³。

4.1.5 実験結果

以下では、SeaWinds を利用しない実験をコントロール (Control)、SeaWinds を利用した実験をテスト (Test) と呼ぶ。

(1) 統計的検証

夏冬二期間の解析予報サイクル実験における降水予報の検証を行った。10km 格子に平均化した解析雨量の 3 時間積算値を真値として計算した降水スコアを図 4.1.2 (夏実験)、図 4.1.3 (冬実験) に示す。夏実験では、1mm/3h、10mm/3h、30mm/3h のいずれの閾値においても、多くの予報時間でスレットスコアが改善している。バイアススコアからは、10mm/3h、30mm/3h の場合、テストは予報前半に雨を降らせすぎる傾向を抑えていることがわかる。1mm/3h でも予報初期の降り過ぎ傾向は抑えているものの、9 から 12 時間予報にかけて、コントロールよりもやや降水を多く予報する結果となった。冬実験についても、多くの予報時間でコントロールよりもテストのスレットスコアが大きくなっている。バイアススコアからはテストはコントロールよりも降水をやや多く予報するという結果となった。

降水予報の検証の他に、SeaWinds 海上風が予報に与える影響を評価するために、気圧・高度・風・

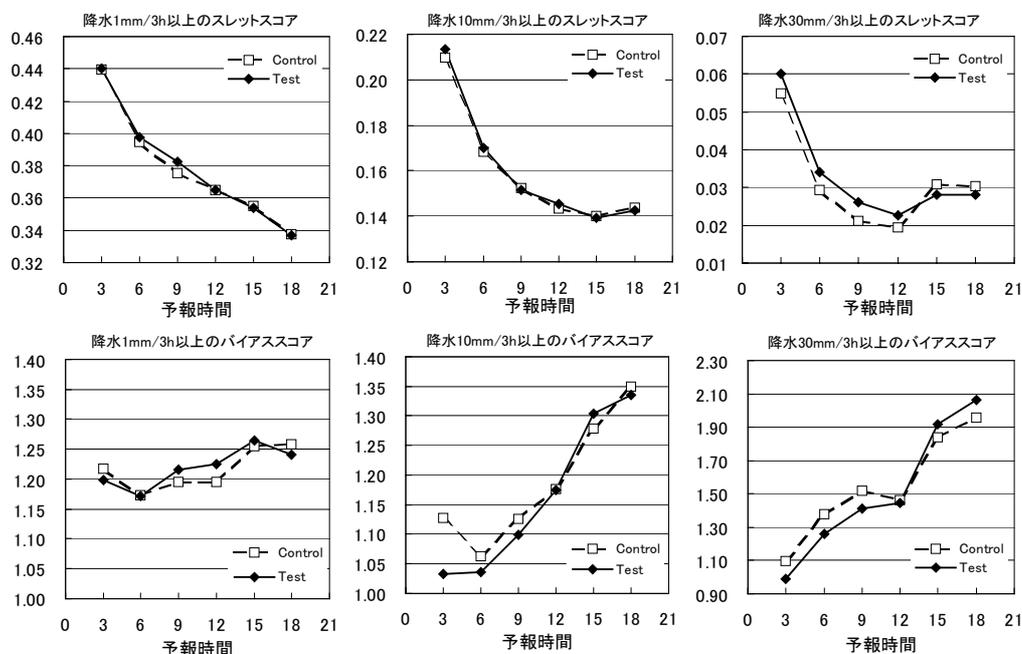


図 4.1.2 夏実験におけるスレットスコア (上段) とバイアススコア (下段)。左から 3 時間降水量の閾値 1mm, 10mm, 30mm 以上。

³メソ解析では観測誤差相関はないと仮定しているので、誤差相関が無視できる程度にデータを間引くことが必要となる。

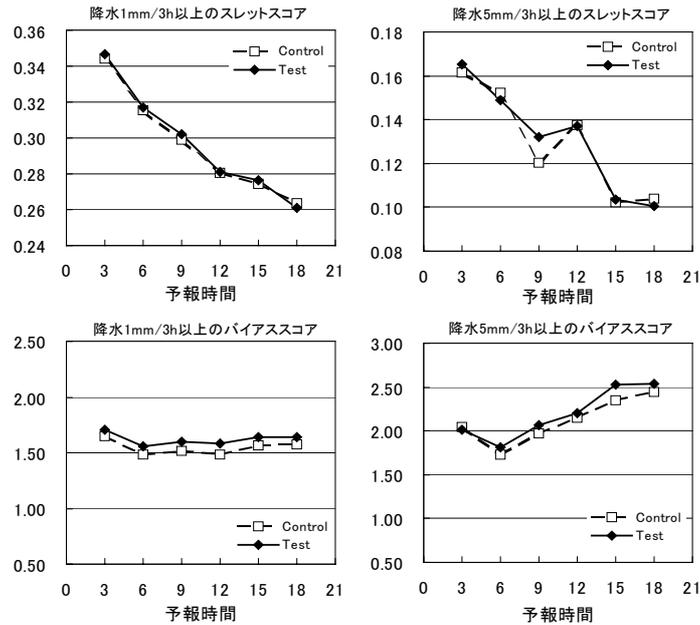


図 4.1.3 冬実験におけるスレットスコア (上段)、バイアスコア (下段)。左: 3 時間降水量の閾値 1mm 以上、右: 同 5mm 以上。

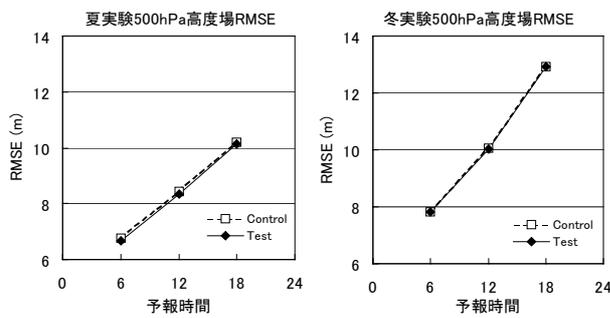


図 4.1.4 500hPa 高度場の対初期値 RMSE。左: 夏実験、右: 冬実験。

気温場のスコアを計算した。500hPa 高度場における対初期値 RMSE を図 4.1.4 に示す。どの予報時間においても、夏はやや改善、冬は中立であった。その他の要素では夏冬ともに RMSE は概ね中立であった。また、平均誤差 (Mean Error) は、850hPa の気温や風の場合で若干の改善がみられた。さらに、日本付近のラジオゾンデ観測を真値とした比較検証においては、風速の南北・東西成分、気温、高度のいずれもほぼ中立の結果となった (図略)。

(2) 事例検証

解析予報サイクル実験期間中の降水予報について

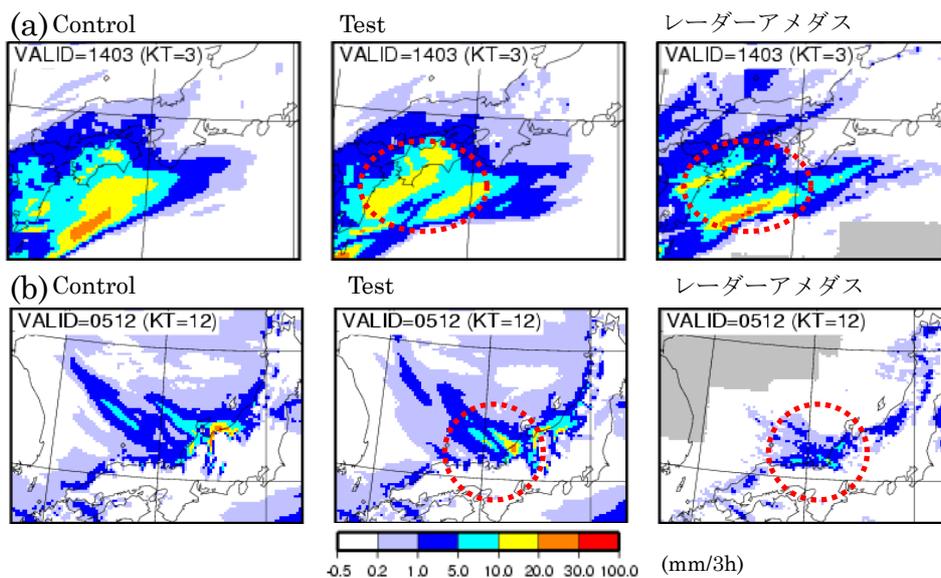


図 4.1.5 解析予報サイクル実験における予報事例。(a) 2003 年 6 月 14 日 00UTC を初期値とした 3 時間予報の前 3 時間降水量(mm)分布。(b) 2004 年 2 月 5 日 00UTC を初期値とした 12 時間予報の前 3 時間降水量(mm)分布。左からコントロール、テスト、レーダー・アメダス解析雨量を示している。

改善事例を挙げる。図 4.1.5(a)に 2003 年 6 月 14 日 00UTC を初期時刻とした 3 時間予報を示す。この事例は太平洋沿岸から東シナ海にかけて前線が停滞していた例である。コントロールでは四国の南海上に強い降水帯が見られる。一方、テストでは九州東部から四国南部にかけてと、四国の南海上に比較的降水強度の大きい 2 本の降水帯が予想されている。実況でもこの 2 本の降水帯が観測されており、テストの方が良く予報できている。停滞前線上の強い降水の位置は予想が難しい場合があるが、この例は SeaWinds 海上風によって初期場が修正され、強い降水の位置を的確に予報することができた事例といえる。

冬型の事例として、図 4.1.5(b)に 2004 年 2 月 5 日 00UTC を初期時刻とした 12 時間予報を示す。コントロールでは日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) に対応する強い降水帯が能登半島から富山湾にかけて見られるのに対して、テストでは能登半島の西側の領域の降水を強めており、実況に近い予想をしてい

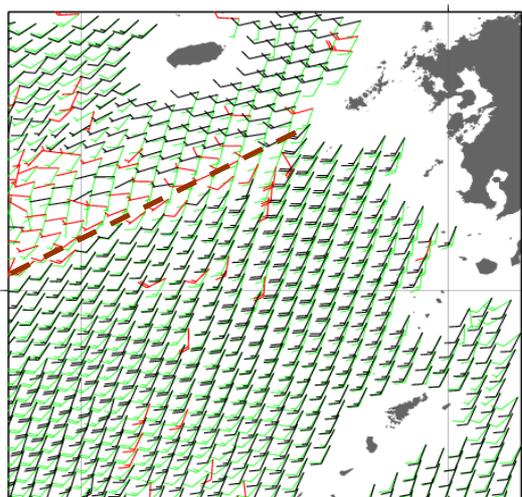


図 4.1.6 SeaWinds で観測された風と第一推定値との比較。2003 年 7 月 18 日 10UTC 頃。黒は観測データ、緑は第一推定値、赤は品質管理処理により除去されたデータを示している。短矢羽は 5 ノット、長矢羽は 10 ノットを示している。茶色破線はシアアラインを示している。

ることがわかる。このように、冬の事例についても降水表現が良くなった事例が見られた。

次に、2003 年 7 月 19 日九州北部での豪雨の事例を挙げる。図 4.1.6 に 2003 年 7 月 18 日 10UTC 頃の SeaWinds 海上風データと第一推定値との比較を示す。これを見ると、九州西海上では第一推定値は海上風向が概ね南南西となっており明瞭なシアアラインは見られない。一方、SeaWinds の観測データでは五島列島付近から南西に伸びる明瞭なシアアライン (ラインの南側では南南西、北側では西南西風) が見られる。衛星雲画像ではこのシアアライン付近に対応する雲列が見られた (図略)。このように、第一推定値で表現されないシアアラインが SeaWinds によつて的確に観測され、そのことによつて第一推定値を適切に修正することが可能となる。

図 4.1.7 は 2003 年 7 月 18 日 12UTC を初期時刻とする 9 時間予報の前 1 時間降水量と地上風の予報を示している。テストでは、シアアラインに対応して五島列島付近の降水帯がより強く表現されており、レーダーアメダス解析雨量に近いことがわかる。

4.1.6 まとめ

QuikSCAT 衛星に搭載されたマイクロ波散乱計 SeaWinds から得られる海上風データをメソ解析で利用した場合の効果調べる目的で解析予報サイクル実験を行った。実験においては夏冬共に降水のスレットスコアの改善が見られ、事例検証で降水の表現の改善が見られた。以上の結果から、メソ解析における SeaWinds 海上風の利用が 2004 年 7 月 27 日から開始された。

今後も新規衛星データを利用することによる初期値精度の向上は重要な課題である。1999 年に打ち上げられた QuikSCAT 衛星の設計寿命は当初 3 年とされていたが、現在まで概ね安定した運用が続いて順調にデータが配信されている。しかし、衛星の老朽化によつて観測が途絶えることが危惧されている。

次に利用可能なマイクロ波散乱計としては 2005 年に ESA が打ち上げる METOP 衛星に ASCAT が

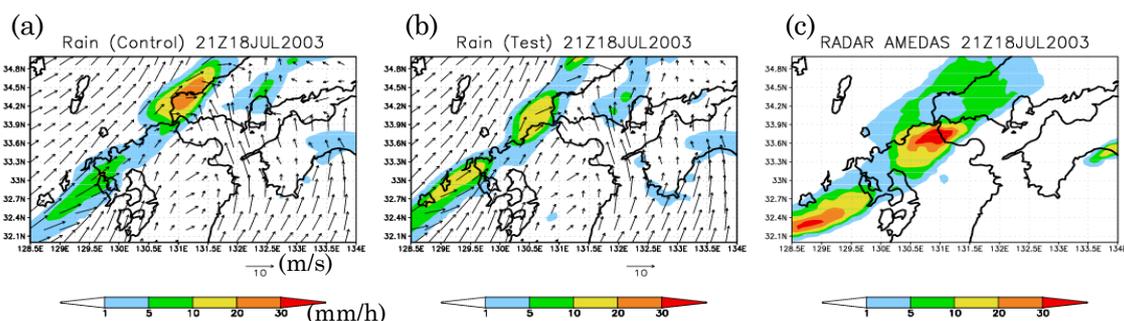


図 4.1.7 2003 年 7 月 18 日 12UTC を初期値とした(a)コントロール、(b)テストの 9 時間予報の前 1 時間降水量(mm)と地上風。(c)は対応する時刻の 1 時間積算レーダーアメダス解析雨量。

搭載される予定である。船舶やブイによる観測の少ない海域における貴重な海上風データが途切れることのないよう、ASCAT のデータ配信開始に備え、利用開発を進める予定である。

今後、散乱計データをさらに有効に利用するためには、利用するデータのレベルの検討や品質管理手法の改良が必要である。初期値解析や予報に与える効果や計算効率などを考慮しながら直接の観測量である散乱断面積の利用や観測演算子の改良など、散乱計データを有効に利用するための手法の開発を進める予定である。

[付録] SeaWinds 海上風データの品質管理処理

SeaWinds 海上風データの品質管理処理の流れを図 4.1.8 に示す。配信されるレベル 2 B データには、散乱計で観測した散乱断面積から導出された複数（各観測点につき 2~4 個）の海上風ベクトル候補が含まれている。これらの海上風候補は、風速はほぼ等しく風向が約 90 度ずつ異なることが多い。まず、配信元である NOAA/NESDIS が付加した品質情報に基づいて、品質の悪いデータを除去する。強い降水域では、雨粒によって生じるノイズのためデータの精度が落ちる。このため、強い降水域のデータには雨フラグが付加されており、このフラグが付いたデータを除外する。また、陸上や海氷上のデータも除外する。続いて、複数の海上風候補から最ももらしい一つを選択する「あいまいさの除去」を行う。この処理では、MSM の第一推定値に最も近い風ベクトルを選択する「ナッジング」と、平滑化フィルタの一つで周辺の風ベクトルと類似する風を選択する「メジアンフィルタ」を利用する。その後で第一推定値との比較による風速チェックと風向チェックを行う。風向チェックの処理ではグループ QC と呼ばれる手法を用いている。これは、海上風データを個々に検証するのではなく、隣接するデータ同士をまとめてグループ化し、面的に第一推定値と比較検証を行う手法である。これにより第一推定

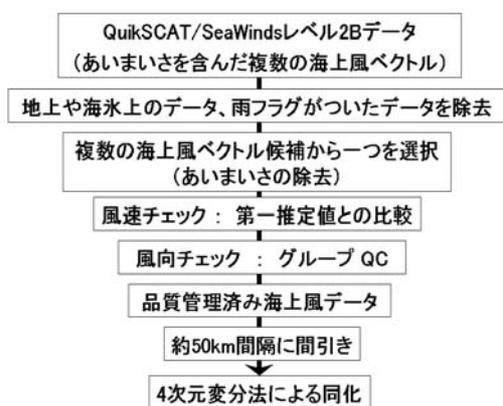


図 4.1.8 QuikSCAT/SeaWinds データ処理の流れ図。

値と海上風データ観測値から推定される低気圧の位置が多少ずれるような場合に、低気圧中心付近の第一推定値との差が大きなデータでも意味のある海上風データとして同化に利用できるようになる。

参考文献

- 石川宜広, 小泉耕, 2002: メソ 4 次元変分法. 数値予報課報告・別冊第 48 号, 気象庁予報部, 37-59.
 大橋康昭, 2004: マイクロ波散乱計海上風の同化. 数値予報課報告・別冊第 50 号. 気象庁予報部, 105-109.
 佐藤芳昭, 2003: メソ解析へのマイクロ波放射計データ同化. 平成 15 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 7-12.
 太原芳彦, 1999: マイクロ波散乱計. 数値予報課報告・別冊第 45 号, 気象庁予報部, 27-43.
 Ebuchi, N., H. C. Graber and M. J. Caruso, 2002: Evaluation of wind vectors by QuikSCAT/SeaWinds using ocean buoy data. J. Atmos. Oceanic Technol., 19, 2049-2062.

略語一覧

- ADEOS: Advanced Earth Observing Satellite (環境観測プラットフォーム技術衛星「みどり」)
 ADEOS-II: Advanced Earth Observing Satellite II (ADEOS の後継機「みどり 2 号」)
 AMI: Active Microwave Instrument (能動型マイクロ波機器)
 ASCAT: Advanced Scatterometer (改良型散乱計)
 ERS: European Remote-Sensing Satellite (欧州リモートセンシング衛星)
 ESA: European Space Agency (欧州宇宙機関)
 JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency (宇宙航空研究開発機構)
 METOP: Meteorological Operational Polar Satellite (極軌道気象観測衛星 (欧州))
 NASA: National Aeronautics and Space Administration (米国航空宇宙局)
 NASDA: National Space Development Agency of Japan (宇宙開発事業団、現 JAXA)
 NESDIS: National Environmental Satellite Data, and Information Service (NOAA の環境衛星・資料情報局)
 NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (米国海洋大気庁)
 NSCAT: NASA Scatterometer (NASA 散乱計)
 QuikSCAT: Quick Scatterometer (マイクロ波散乱計 SeaWinds を搭載した衛星)
 SeaWinds: マイクロ波散乱計 (QuikSCAT および ADEOS-II に搭載)

4.2 メソ解析へのドップラーレーダー動径風の利用¹

4.2.1 はじめに

ドップラーレーダーは、降水粒子からの反射信号のドップラーシフトを利用して降水粒子の移動速度、すなわち降水粒子を動かす空気（風速）を観測することができる。ただし、ドップラーシフトを利用するという観測の性質上、レーダービームに沿った方向の風速成分しか測定することができない。また、レーダーエコーが存在しない場所のデータは得られない。ドップラーレーダーによって得られるビーム方向の風速を本節では「動径風」と呼ぶ。

気象庁では、現在、6箇所（新千歳、成田、東京〔羽田〕、大阪〔伊丹〕、関西、那覇）の空港にドップラーレーダーを設置しており（石原 1997; 石川・井高 1997）、レーダーから120kmの範囲内で得られる動径風データは、現地での監視業務に使用されているほか、ビーム方向5km間隔・方位角5.625度間隔の平均値²の形でNAPSに送られている。また、簡略化VVP法³によって風ベクトルに変換されたデータもNAPSに送られ、毎時風解析に利用されている。

ドップラーレーダーでは降水域内のメソスケールの風の分布を観測することができるため、これを数値予報モデルに適切に同化することができれば、モデルによるメソ擾乱の表現が改善し、ひいては降水予報の改善につながる事が期待される。

本節ではメソ解析で動径風を利用する際の同化手法の概要と、予備的な実験の結果について述べる。

4.2.2 同化手法の選択

ドップラーレーダーの風データをメソ解析で利用しようとする場合、2つの方法が考えられる。一つは簡略化VVP法で求められた風ベクトルを利用する方法、もう一つは動径風を変分法によって直接同化する方法である。毎時風解析の場合は同化手法が最適内挿法であるため、前者の方法しか使えないが、メソ解析は4次元変分法を採用していることから、動径風を直接利用することも可能になっている。

変分法では

$$J = (x - x_b)^T \mathbf{B}^{-1} (x - x_b) + (y - Hx)^T \mathbf{R}^{-1} (y - Hx)$$

という評価関数を最小にすることで解析値 x を求める。ここで、 x_b は第一推定値、 y は観測値、 H は解析変数を観測値と同じ物理量に変換する演算子である。

¹ 小泉 耕

² 平均をとるビーム方向5km、方位角5.625度単位の領域を本節では「ボリューム」と称する。

³ 1台のドップラーレーダーの動径風速分布から風ベクトル分布を推定する方法の一つ。ある空間の中で風向風速が一定であることを仮定する。

また、 B, R はそれぞれ第一推定値の誤差共分散行列と観測データの誤差共分散行列を表す。つまり、動径風のように解析変数に変換することのできない物理量であっても、解析変数から観測物理量への変換ができさえすれば、変分法による同化は可能である。

数値予報課では、平成14年度に、簡略化VVP法で求められた風ベクトルをメソ解析で使用するための調査を行ったが、このときの調査ではメソ予報を改善した事例と改悪した事例が両方あられ、統計的な評価では改善は認められなかった。簡略化VVP法は「ある大きさの空気塊の中の風が一様である」という仮定に基づいているが、この仮定が満たされている度合いがまちまちで、データの品質にはばらつきがあったことが、改善の得られない一因と推測される。特に、台風中心付近など循環の強いところでは上の仮定が全く成り立たず、実況とはかけ離れた風が算出される、という事例も報告されたため、メソ解析での簡略化VVP風データの利用は見送られ、平成15年度からは動径風の直接同化のための開発を進めてきた。

なお、気象研究所において、すでに同様の調査が進められており（Seko et al. 2004）、本節の調査においてもその成果は大いに参考にさせていただいた。

4.2.3 データの利用方法の詳細

NAPSに送られている動径風のデータには、ボリューム平均の動径風速の他に、平均をとるボリューム内のサンプル数、動径風速の標準偏差、風速の最大値と最小値との差、といった要素が含まれている。データの品質管理に際しては、これらの情報を利用することとした。

具体的には、Seko et al. (2004)などを参考に、下記の条件に該当するデータを同化に使わないようにした。

- (1) ボリューム内のサンプル数が10未満のとき
- (2) ボリューム内の風速の標準偏差が10m/s以上のとき
- (3) ボリューム内の風速の最大値と最小値との差が10m/s以上のとき
- (4) レーダーから10km以内のデータ
- (5) 仰角5.9度以上のデータ
- (6) 観測値と第一推定値の差が10m/s以上のとき
- (7) 周囲のデータの平均値との差が10m/s以上のとき
- (8) 風速が5m/s以下のデータ

(1)(2)(3)は、与えられた動径風速がボリューム内の平均値として妥当かどうかを判断するための条件である。(4)はレーダービームの後方散乱によるノイズを避けるため、(5)は降水粒子の落下の影響を避ける

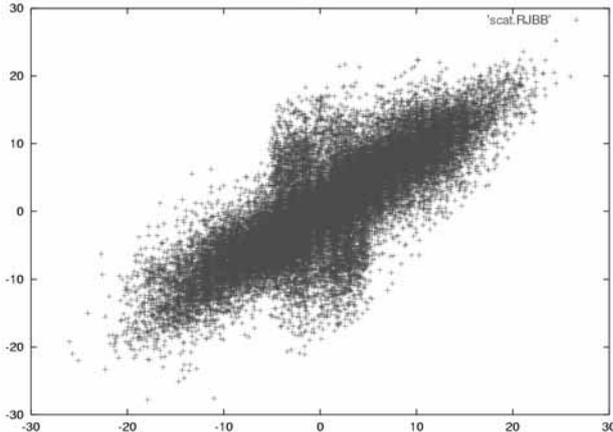


図4.2.1 2003年9月10-12日の間に観測された関西空港レーダーの動径風速(横軸)と観測点に内挿した第一推定値(静力学MSM予報値)による動径風速(縦軸)。

ために設定した。(6)はいわゆるグロスエラーチェックである(グロスエラーチェックの考え方については大野木(1997)を参照)。(7)は孤立した異常値を排除するためのもので、具体的には動径方向10km以内、方位角11.25度以内のデータの平均値との比較を行っている。

(8)についてはやや特殊な事情があるため、以下に詳述する。図4.2.1に見られるように、一部のレーダーで、動径風速が約5m/s以下のデータについて、第一推定値との相関がほとんど0になるという現象が現れた。観測データとモデルの第一推定値が、同一の真値の周りに正規分布しているとすれば、真値の変動に応じた観測値と第一推定値の変動は互いに相関を持つのが自然である。また、無相関になる範囲が観測値によって決まっていることから、観測値に何らかの問題があるものと推定した⁴。当面は、これらのデータを使用することによる解析品質の悪化を避けるため、風速5m/s以下のデータを不使用とした。

NAPSに送られているデータの時間間隔は10分であるが、同化には毎正時のデータのみを用いている。また、メソ解析の4次元変分法で計算されるインクリメント(第一推定値に対する修正量)の格子間隔が20kmであることを考慮し、データ間隔が20km以上になるように間引きを行っている。

レーダーデータはビームの広がりがあるために、一つの観測値はビームがカバーする範囲の平均量となっている。ビームの水平方向の広がりモデルの格子間隔に比べて無視できると考え、一点の観測として扱うが、鉛直方向についてはビームが複数のモデル鉛直層にかかる場合があり、その場合には一つの観測データの情報を複数の層に分配する必要がある。

⁴ 地形エコーを除去するために用いられているアルゴリズムに起因する問題という説が有力で、現在、詳細についての調査が行われている。

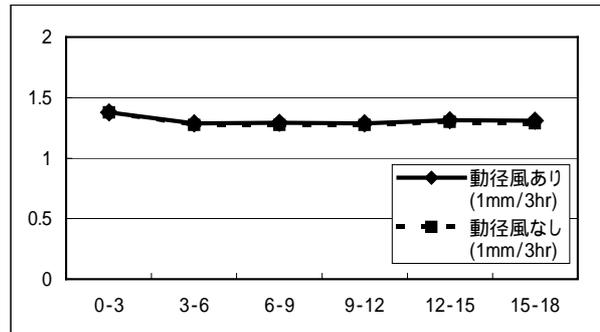
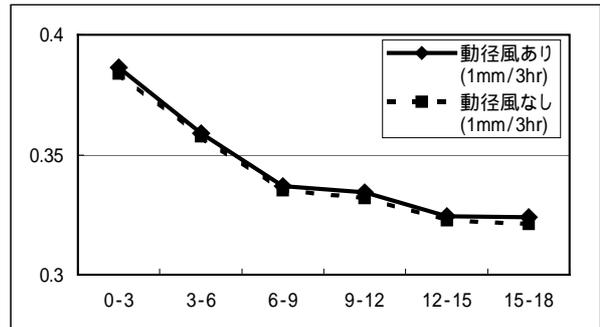


図4.2.2 1mm/3時間をしきい値とする3時間積算降水量予報のスレットスコア(上)とバイアスコア(下)。横軸は予報時間をあらわす。モデルの格子点(格子間隔10km)ごとに解析雨量を平均したものを真値とした。実線はドップラー動径風を同化した初期値からの予報。点線は動径風を同化していない初期値からの予報。

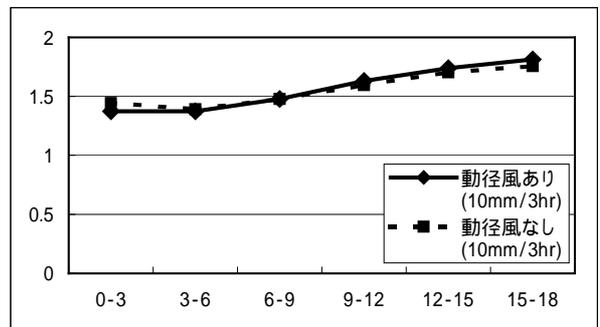
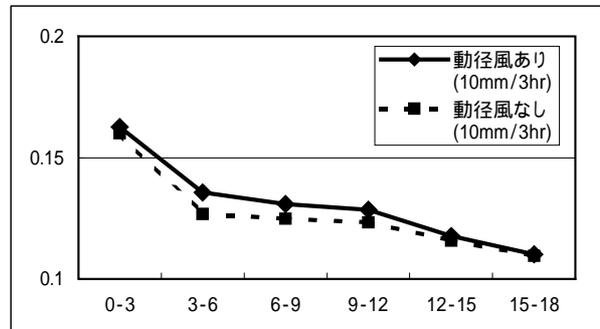


図4.2.3 図4.2.2と同じ。ただし10mm/3時間をしきい値とする場合。

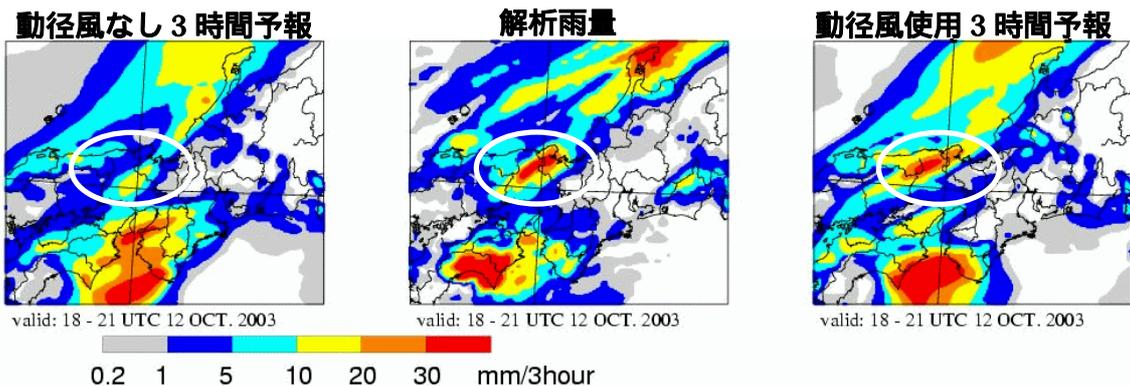


図4.2.4 2003年10月12日18UTCを初期値とする0-3時間の3時間積算降水量予報。左は動径風を同化していない初期値からの予報、中央は解析雨量、右は動径風を同化した初期値からの予報。

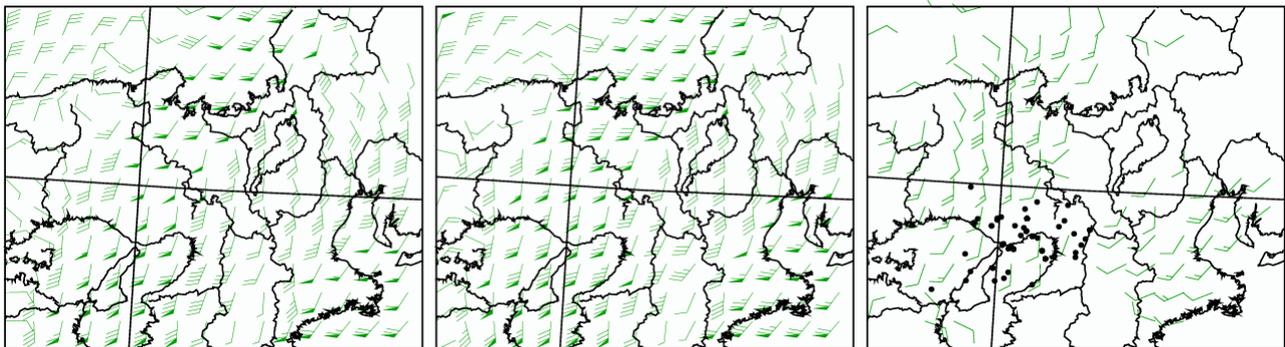


図4.2.5 2003年10月12日18UTCのMSM初期値における925hPaの風。左から動径風を同化していない初期値、動径風を同化した初期値、動径風を同化した初期値から同化していない初期値を差し引いたもの。ただし、右端の図では風ベクトルの差の大きさが2m/s未満の矢羽根は描画していない。右端の図の黒丸は、関西空港および大阪空港のドップラーレーダーによる900hPaより下の動径風データの位置。

る。本検討では、Seko et al.(2004)を参考に、ビーム強度がビーム中心からの距離のガウス分布に従うと仮定し、ビーム中心の上下各3層でのビーム強度を重みとした重み付き平均を行う操作を観測演算子の鉛直内挿部分に組み込んだ。

4.2.4 同化実験の結果

那覇空港のデータがNAPSで安定して利用できるようになった2003年10月以降の期間について、動径風を同化して静力学MSMによる予報を行い、動径風を同化していない場合の予報と比較した。ただし、計算機資源の制約があるため、全期間にわたって解析・予報サイクルを実行することはせず、レーダーエコーが比較的多く観測されている時期を切り出して解析・予報サイクル実験を行った。具体的な日付は以下の通りである。

10月 1-3,11-15,22-24日

11月 2-5,9-12,19-20,24-30日

12月 1-6日

1日4回(00,06,12,18UTC)の初期値から18時間予報を行い、3時間積算降水量のスレットスコアを1mm/3時間と10mm/3時間のしきい値について計算した(図4.2.2, 4.2.3)。弱い雨については動径風による改善の度合いはわずかだが、10mm/3時間以上の

雨については6~12時間予報についてスコアが明らかに高くなっており、改善の効果が見られる。ただし、この期間には強雨の事例があまり含まれておらず、事例数も統計的評価には不十分と思われるので、更に実験を継続する必要がある。

予報が改善した例を図4.2.4に掲げる。動径風を同化した初期値からの予報では、兵庫県北部から若狭湾にかけてのレインバンドが比較的实际に近く表現されている。初期値における下層風の違いを見ると(図4.2.5)、兵庫県東部を縦断して若狭湾に流れ込む南よりの風が、動径風を同化した初期値では強められていることがわかる。ただし、両者の差の大きな領域は、必ずしもこの時刻の観測が存在する場所ではないことから、解析・予報サイクルを通じた情報の伝搬によって場の修正が行われたことがわかる。

4.2.5 今後の課題

前項でも述べたとおり、更に事例を蓄積して動径風利用のメソ予報への効果を確認する必要がある。また、第4.1節で述べられているとおり、メソ解析では衛星散乱計データが新たに使用されるようになったため、衛星散乱計が使われている環境での動径風のインパクトを調査することも重要である。このため、最新のメソ解析での実験を実行中で、今年度中

の現業利用開始を目指している。なお、これらの実験では予報モデルとして静力学MSMを用いているが、初期値の改善による予報の改善の傾向は、静力学MSMと非静力学MSMとで大きく異なることはないと考えている。

本稿では降水予報の改善についてのみ述べたが、動径風データから得られるのは風の情報なので、風の予報の改善も期待できるはずである。しかし、ラジオゾンデ観測との比較(図略)では、特に風の予報の誤差は減少していなかった。事例数が十分でないことが第一の原因と思われるが、加えて、

- ・動径風による改善は、ラジオゾンデでは捉えられない細かいスケールの風分布に対してのみ働き、総観規模の流れにはあまり影響がない
- ・動径風による改善の効果は長時間持続せず、6時間間隔のラジオゾンデ観測では充分とらえることができない

といった可能性もある。ウィンドプロファイラ

(WINDAS)との比較を行うなど、細かいスケールでの風予報の検証方法を構築する必要がある。

参考文献

- 石川生明, 井高孝志, 1997: 運用を開始した空港気象ドップラーレーダー(構成・機能編), レーダー観測技術資料第46号, 27-42.
- 石原正仁, 1997: 運用を開始した空港気象ドップラーレーダー(解説編), レーダー観測技術資料第46号, 1-26.
- 大野木和敏, 1997: 外的整合性チェック, 数値予報課報告・別冊第43号, 31-33.
- Seko, H., T. Kawabata, T. Tsuyuki, H. Nakamura, K. Koizumi and T. Iwabuchi, 2004: Impacts of GPS-derived Water Vapor and Radial Wind Measured by Doppler Radar on Numerical Prediction of Precipitation, *J. Met. Soc. Japan*, **82**, 473-489.

付録 本書で用いている主なスコアの定義

予報と実況の分割表

		実況		計
		あり	なし	
予報	あり	適中 (FO)	空振り (FX)	F
	なし	見逃し (XO)	適中 (XX)	
計		O		N

Threat Score (スレトスコア)

$$= FO / (FO + XO + FX)$$

Bias Score(バイアスコア)

$$= (FO + FX) / (FO + XO)$$

ETS(Equitable threat score)

$$= (FO - \text{random}) / (FO + XO + FX - \text{random})$$

random = $F \times O / N$ (無技術予報による適中数)

予報数 = F

観測数 = O

捕捉率 = $FO / (FO + XO) \times 100(\%)$

一致率 = $FO / (FO + FX) \times 100(\%)$