

第2章 従来型観測データ

2.1 国内ゾンデ高解像度観測データの利用の検討¹

2.1.1 はじめに

現在、各数値予報システムではゾンデによる高層気象観測データとしてTEMP報²（以下、TEMP）を利用している。このTEMPには指定気圧面や特異点の観測情報が格納されているが、これは観測終了までの全ての観測から見れば特定の層の情報のみである。またゾンデは上空の風に流されて移動するために図2.1.1で示されるような移動軌跡を描くが、これらの位置情報は格納されていない。そのため、データ同化ではTEMPを飛揚地点直上の観測データとして使用しているのが現状である。しかし近年における数値予報モデルの高解像度化を考えると、このように実際にゾンデが風に流される効果を考慮していないことは望ましくない。

一方で高層気象観測の状況は大きく変化しており、気象庁では従来のレーウィンゾンデに替わるGPSゾンデの導入が2010年に完了した³。これによって、鉛直方向により解像度の高い観測データ（以下、高解像度観測データ）を取得できるようになった。この高解像度観測データには、1~2秒毎の連続した数千レベルにも達する多くのデータが含まれており⁴、移動するゾンデの緯度・経度情報も併せて格納されている。この多くの観測情報を格納している高解像度観測データを数値予報システムで有効利用することができれば、より現実大気の状態を反映した初期値を作成することが可能となり、結果として数値予報精度の向上に繋がる可能性がある。

本節では、メソ数値予報システムにおける高解像度観測データの利用について検討した結果を報告する。まず従来のTEMPと高解像度観測データとを比較することによりその特徴を確認し（第2.1.2項）、次に高解像度観測データの使用方法について検討する（第2.1.3項）。さらに予測精度へのインパクトを確認するためのメソサイクル実験の結果を示し（第2.1.4項）、最後に今後の課題についてまとめる（第2.1.5項）。

¹ 酒匂 啓司（観測部観測課観測システム運用室）

² 高層実況気象通報式。A、B、C、D部の4部に分離されており、100 hPa面から下層の指定気圧面（A部）および特異点（B部）、100 hPa面より上層の指定気圧面（C部）および特異点（D部）を報ずる。

³ 従来のレーウィンゾンデは、気圧、気温、相対湿度の観測データを直接発信するが、風向や風速を求めるためには地上設置の方向探知機システムによってゾンデを追跡してその位置を推定する必要がある。これに対し、GPSゾンデはその正確な位置データも発信することができるため、風向や風速も地上のソフトウェアシステムによるデータ解析で求めることができる。

⁴ 高解像度観測データに格納されている観測データの時間間隔はサイト毎の仕様に応じて異なるため、全サイトが同一間隔というわけではない。

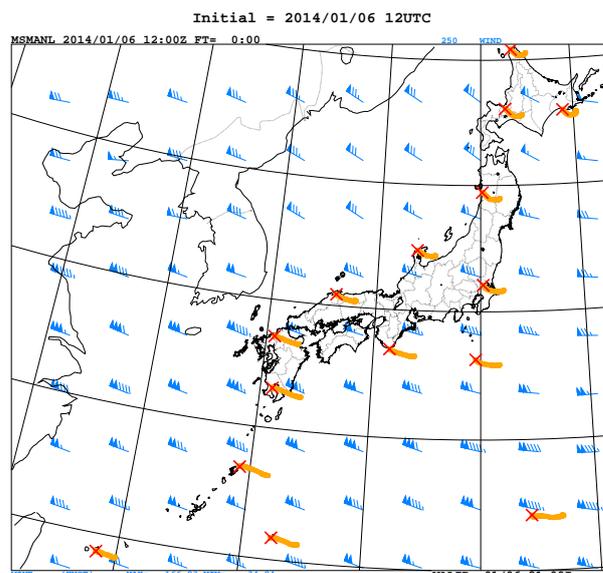


図 2.1.1 2014年1月6日12UTC観測の国内ゾンデの移動軌跡。赤×印が飛揚地点、橙線が移動軌跡、水色の矢羽根が250 hPa風の解析値を示す。上空の強い西寄りの風に流されてゾンデが移動していることがわかる。

2.1.2 TEMPとの比較

高解像度観測データを従来のTEMPと比較するため、図2.1.2に従来のTEMPを使って描画したエマグラムと高解像度観測データによるエマグラムを示す。前述したとおり、高解像度観測データには数秒間隔の連続した高密度の観測値が格納されているため、この事例でも例えば700 hPaから300 hPaにかけての相対湿度等の観測結果からわかるように、従来の指定気圧面や特異点だけでは見えなかった詳細な大気の鉛直構造を確認することができる。

次に、高解像度観測データの品質について確認するため、図2.1.3に約1か月間のメソサイクル実験から作成した国内ゾンデ（15地点）⁵のTEMPおよび高解像度観測データの層別のD値（観測値と第一推定値の差）統計を示す。この統計では、指定気圧面近傍データを対象とし、高解像度観測データは今までのTEMPと同様にゾンデの位置移動を考慮しなかった場合と位置移動を考慮した場合について求めた。この統計結果からは、TEMPよりも位置移動を考慮した高解像度観測データでD値の標準偏差が概ね縮小していることがわかる。さらに、このD値の縮小傾向は上層ほど大きく、夏季よりも冬季で明瞭となっていた（図略）。これは冬季の方が上空の強風によってゾンデが流れやすいことに関係していると考えられる。実際、冬季のゾンデは観測終了までに飛揚地点から約150 kmも東へと流されることもあり、飛揚位置と実際の観測位置のズレが大きくなる。この位置移動を考慮したことがD

⁵ 南鳥島についてはメソ領域外のため含まれていない。

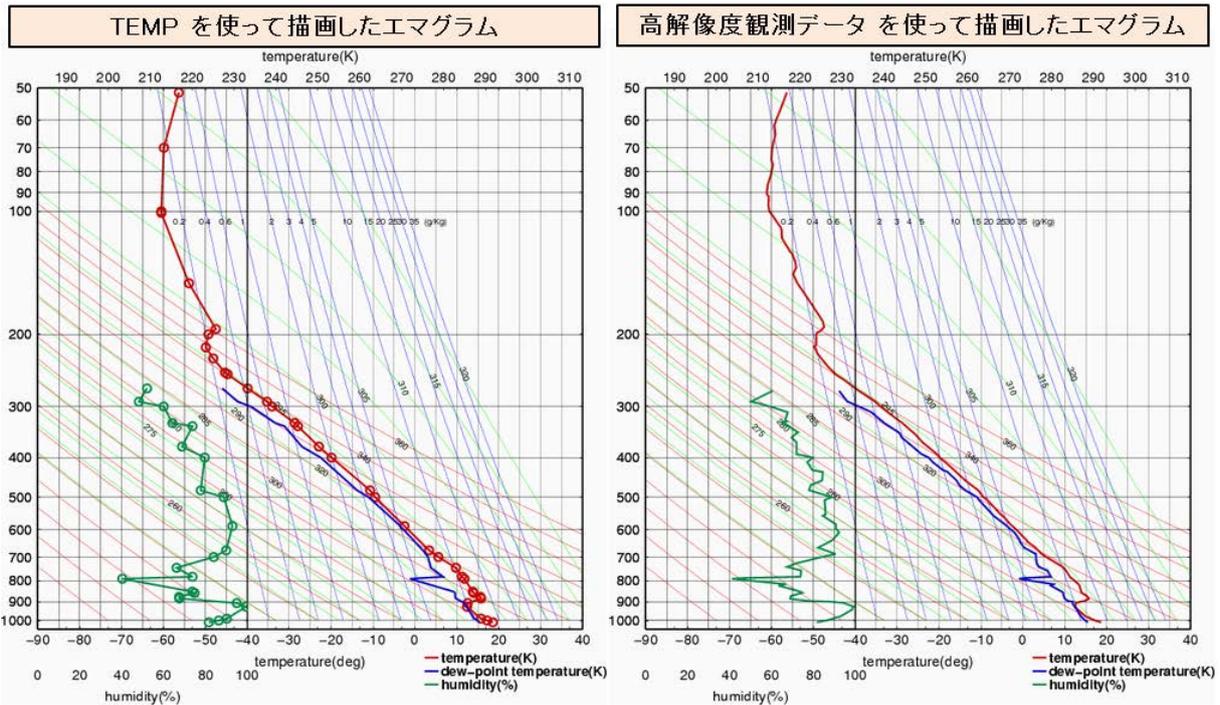


図 2.1.2 2013 年 8 月 1 日 00UTC の稚内におけるゾンデ観測のエマグラム。赤：気温、青：露点温度、緑：相対湿度。左：TEMP、右：高解像度観測データ。但し TEMP は丸印で表した指定気圧面と特異点のみ通報される。

値縮小に貢献していることは間違いなく、データ同化の際に観測を正確な位置で取り扱うことの重要性を示唆している。

2.1.3 データ使用方法の検討

では、高解像度観測データを数値予報システムでどのように使用するかを検討する。従来のデータ同化システムでは、ゾンデ観測を使用する場合 TEMP を取り扱ってきた (佐藤 2012)。これはゾンデ観測全体から見れば、指定気圧面と特異点の値しか使用していないということを意味する。一方で高解像度観測データは特定の層の値というものがないためデータ使用上の自由度は非常に大きい。しかし、鉛直方向に高密度なデータをそのままデータ同化システムで使用することは困難である。例えばメソ解析で用いている 4 次元変分法によるデータ同化システムでは観測データの間で誤差相関が無いことを仮定している。よって高解像度観測データについても鉛直誤差相関を持たないように、データを適切に間引いておく必要がある。また、数値予報モデルの格子点値は一定の厚さを持った鉛直層の代表値である。観測に含まれているがモデルでは表現できないほどの細かい鉛直構造は排除してある程度の空間代表性を確保するよう、例えば観測データに対して移動平均による平滑化を実行した方がよい可能性がある。このように高解像度観測データの強みを生かしつつ、同化システムの特長も考慮して使用することを考えなければならない。

まずは、高解像度観測データをどの程度の間隔で出力し使用することが適当かを検討するため、格納されて

いる各データについて観測時刻の時間差⁶と D 値の相関係数を要素および高度別に計算した。その結果を図 2.1.4 に示す。D 値の相関は第一推定値に起因する背景誤差相関も含む点には注意が必要だが、高度による差はそれほど小さくなく、気温や東西風については 100 秒程度で相関が小さくなっていることがわかる。また露点温度では 50 秒程度で相関がかなり小さくなっていることから、特に下層でデータの出力間隔を短めにするのが有効であると考えられる。

次に観測データの平滑化に関しては、ゾンデの飛揚経過時間を用いた移動平均を実行することにした。これは高解像度観測データは数秒間隔の高密度連続データであるため、移動平均の基準として飛揚経過時間を利用して特に問題はないと考えた故である。移動平均の時間幅を変化させて求めた観測値について D 値の標準偏差を計算すると、要素や高度により違いはあるが、300 秒前後で最小になるものがあった (図略)。しかしこの時間幅だと対流圏では約 1~2 km もゾンデは上昇してしまい、鉛直大気構造を過剰に平滑化していると考えられる。このように移動平均の時間幅が長すぎると、例えばモデルでも表現しうる逆転層等の情報も平滑化されてしまう可能性もあるため注意しなければならない。特に下層ではモデルの鉛直層が大変細かいので (室井 2012)、移動平均の時間幅は一律ではなく、高度に応じて調整するのが適当と考えられる。

ここで注意すべきは、高解像度観測データは数秒間隔の瞬間的な観測値ということである⁷。時にノイズ

⁶ ゾンデの飛揚経過時間を使って求められる。

⁷ TEMP は必ずしも瞬間的な観測値ではなく内挿あるいは

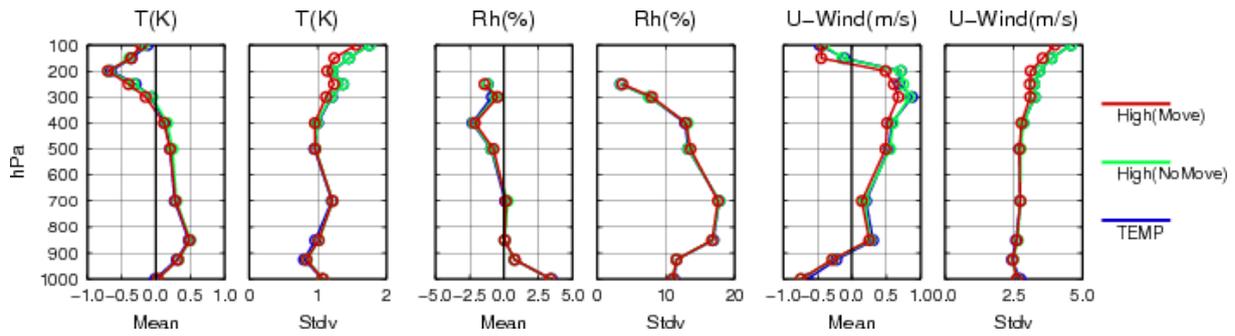


図 2.1.3 国内ゾンデ観測の層別の D 値の平均 (Mean) と標準偏差 (Stdv)。統計期間は 2014 年冬 (2014/1/6 ~ 2/10)。左から順に気温、相対湿度、東西風。青: TEMP、緑: 高解像度観測データ (位置移動の考慮無し)、赤: 高解像度観測データ (位置移動の考慮有り)。

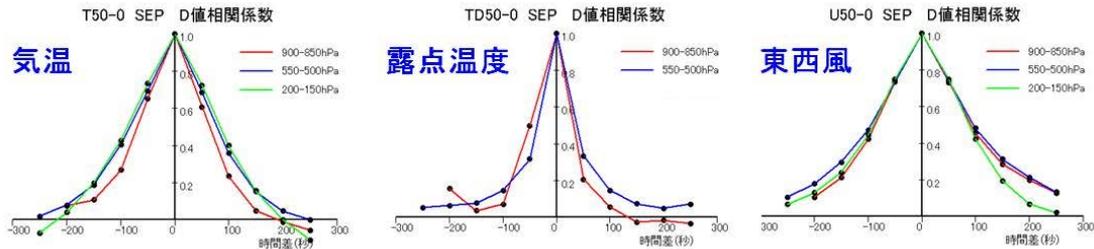


図 2.1.4 高解像度観測データから高度別に計算した D 値の相関係数。50 秒毎の観測の D 値について、別の時刻 (±50 秒、±100 秒、...) との相関係数を表す。

等の異常値が混入する可能性もあり、そのようなデータは除去しておかなければならない。このため、数秒間隔の連続観測に対して、例えば各要素について秒単位での変化量や移動距離に閾値を設けるなど簡易的な品質管理を実行する必要がある。

2.1.4 メソ数値予報システムへのインパクト

前項での検討を踏まえて、国内ゾンデの高解像度観測データを同化するメソ解析予報サイクル実験を実行した。実験対象期間は 2014 年冬 (解析: 2014 年 1 月 6 日 ~ 2 月 10 日、予報: 2014 年 1 月 9 日 ~ 2 月 10 日) と、2013 年夏 (解析: 2013 年 7 月 31 日 ~ 9 月 5 日、予報: 2013 年 8 月 3 日 ~ 9 月 5 日) とした。コントロール (CNTL) は従来の TEMP を使用したもので、テスト (TEST) ではその代わりに高解像度観測データを以下に示す出力設定で使用した。なお、前項で述べたような異常値を取り除くための品質管理⁸も導入した。

- 850 hPa より下層
 - データ出力間隔: 50 秒毎
 - 移動平均時間幅: 0 秒 (移動平均なし)
- 850 hPa ~ 300 hPa
 - データ出力間隔: 100 秒毎
 - 移動平均時間幅: 50 秒 (前後 25 秒)

平均化等を施されていることもあるため、指定気圧面であっても高解像度観測データの値と一致しないことがある。

⁸ 例えば 2 秒間で気温が 2.0 K 以上あるいは緯度や経度が 0.1 度以上変化していないか等。この簡易品質管理を経て高解像度観測データから出力されたデータは、解析前処理としての品質管理も実行される。

- 300 hPa より上層
 - データ出力間隔: 200 秒毎
 - 移動平均時間幅: 100 秒 (前後 50 秒)

まず冬実験で初回の解析となる 2014 年 1 月 6 日 00UTC のメソ解析 (Ma00) について、図 2.1.5 に館野ゾンデのエマグラムを示す。図中の丸印は解析で使用されたデータを表している。TEST では指定気圧面や特異点にとらわれずに CNTL よりも多くのデータが解析で使用されており、CNTL には無い 100 hPa から上空の観測についても使用されていることがわかる。これは次のような理由による。従来の TEMP では 100 hPa から上空のデータ (TEMP 報の C, D 部) は、Ma00 あるいは Ma12 の観測データ入電打ち切り時刻 (50 分) に間に合わず、次の Ma03 あるいは Ma15 で使用されることが多い。例えば入電打ち切り時刻までにゾンデ観測が終了せず TEMP 報の C, D 部が未作成というような場合がこれに当たる。しかし、高解像度観測データはこのような観測終了を待つ必要はなく、その時点までに内部処理されたデータはほぼ取得できることから、結果的に TEMP よりも早く上空データを取得できることが多くなるためである。

また、TEST ではゾンデの位置移動を考慮してデータ同化しているが、これを仮に位置移動せずに CNTL 同様に固定位置で同化した場合を TEST0 として実験を行った。図 2.1.6 は、2014 年 1 月 6 日 Ma00 での 250 hPa および 850 hPa の気温の解析値について、(a)TEST0 と CNTL の差、(b)TEST と TEST0 の差、(c)TEST と CNTL の差を示したものである。(a) は使用データ

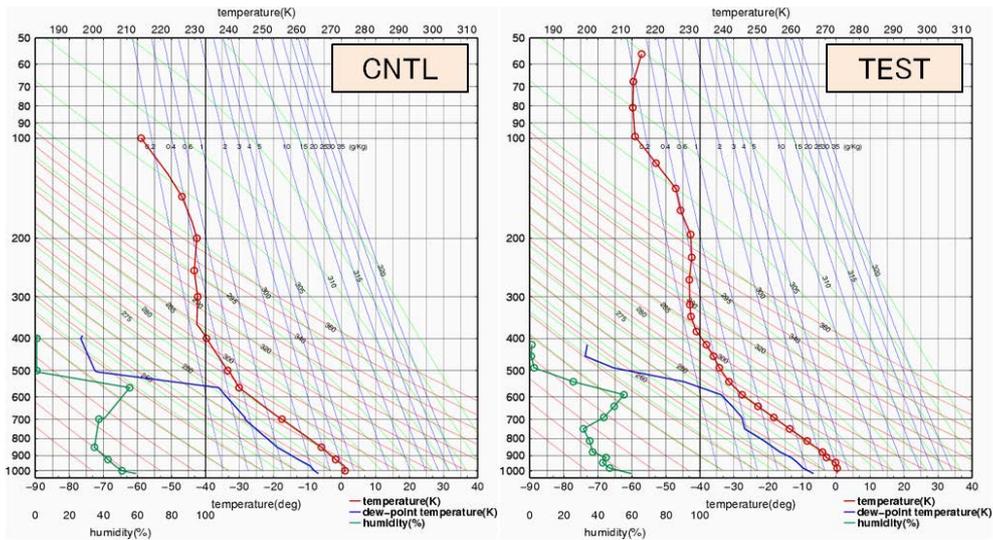


図 2.1.5 2014 年 1 月 6 日 00UTC の館野ゾンデのエマグラム。左：CNTL、右：TEST。見方は図 2.1.2 と同様。丸印は Ma00 で使用されたデータを示す。

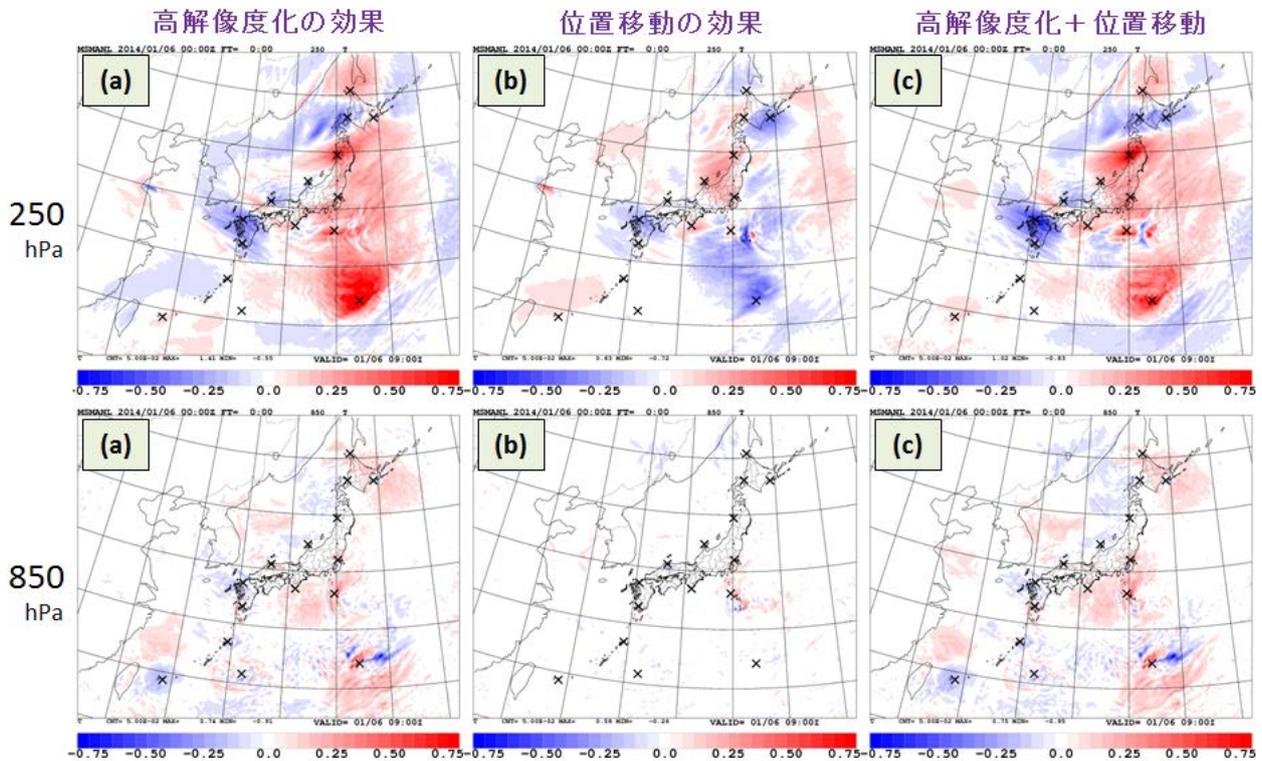


図 2.1.6 2014 年 1 月 6 日 00UTC 初期値解析 (Ma00) における気温の解析値差分。上段が 250 hPa、下段が 850 hPa で、(a)TEST0-CNTL, (b)TEST-TEST0, (c)TEST-CNTL を表す。黒×印はゾンデの観測地点。

を TEMP から単純に高解像度観測データに変更したこと、(b) は位置移動を考慮したことによる効果を表していることになり、当然ながら (c) は (a) と (b) を組合せたインパクトを示していることになる。この例では主にゾンデ観測地点の周辺で解析値に差が出ており⁹、位置移動を考慮することによるインパクトは下層よりも上層で大きいことがわかる。

⁹ ゾンデ観測地点から遠く離れた場所でも差が出ているのは他の観測データの間引きや選択が変化したこと起因している。

次に図 2.1.7 に冬実験の CNTL と TEST における高解像度観測データについてのマージ層別 D 値統計を示す。このマージ層とは指定気圧面を中心とする鉛直層である。対象サンプルとなるデータは移動平均していないが位置移動を考慮したもので、TEST において解析で使用していないデータも含む。この図から各要素で TEST の方が D 値の平方根平均二乗(以下、RMS)が縮小していることがわかる。これは想定どおりに CNTL よりも TEST の第一推定値が移動するゾンデ観測値に

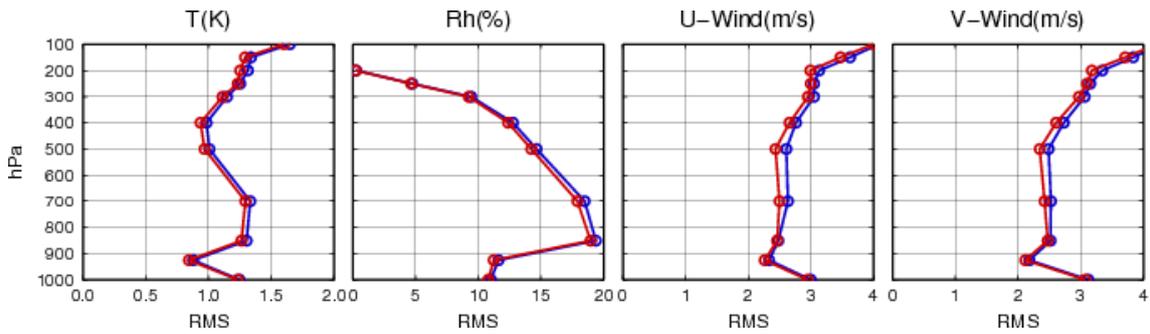


図 2.1.7 高解像度観測データ（移動平均無し、位置移動を考慮）の層別の D 値の RMS。左から順に気温、相対湿度、東西風、南北風。赤線：TEST、青線：CNTL。

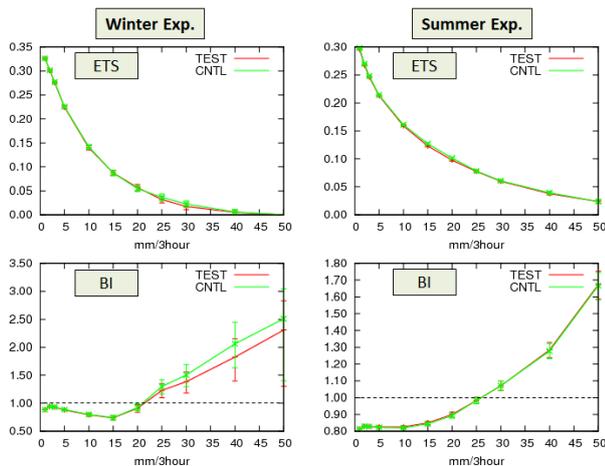


図 2.1.8 閾値別の降水予測のスコア検証。20km 検証格子内の解析雨量の 3 時間積算降水量平均を使用。左列が冬実験、右列が夏実験。それぞれ上段が ETS、下段が BI。赤：TEST、緑：CNTL。エラーバーは 95%信頼区間を示す。

近くなったことを示す結果であり、初期値精度の向上を示唆している。

最後に降水予測の統計検証について示す。まず 39 時間までの全ての予報時間を対象とする閾値別の降水の統計検証結果を図 2.1.8 に示す。冬実験では比較的強い雨の閾値でエクイタブルスレットスコア（以下、ETS）が CNTL よりも僅かに下回ったが、バイアススコア（以下、BI）は過大であったものが 1 に近づいた。一方、夏実験では弱い雨で BI が 1 に近づいたものの、ETS がほぼ全閾値で CNTL をやや下回る結果となった。但しいずれも信頼区間の範囲内であり有意とは判定できない程度の差であった。地上検証では一部にやや改善が見られる要素もあったが、全体としては概ね中立であった（図略）。

2.1.5 まとめと今後の課題

GPS ソンデの導入によって新たに取得できるようになった高解像度観測データは、従来の TEMP には無かった位置情報も含まれる鉛直高密度の高層観測データである。これをメソ解析で使用する方法を検討しサイクル実験を実行した。その結果、第一推定値がゾンデ観測値に近づくなど、初期値精度が向上していると

見られる結果も得られたが、メソ予報における降水予測の改善に繋がる結果は得られなかった。

今後の検討としては、例えば降水に対してインパクトがあると考えられる対流圏下層について、データ出力間隔を調整するなどしてデータを多く使用することや、移動平均化処理については重要なシグナルを平滑化によって埋もれさせてしまわないよう、その是非も含めて慎重に調査する必要がある。また、対流圏上層では位置移動を考慮することにより D 値の RMS が縮小していることから、ゾンデの観測誤差についても現設定より小さくできる可能性がある。以上のように見直すべき点は様々ある状況だが早期の現業化を目指して現在開発を進めている。

参考文献

- 室井ちあし, 2012: 数値予報モデル. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 23-41.
- 佐藤芳昭, 2012: 観測データと品質管理. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 8-17.

2.2 地上観測データの同化¹

2.2.1 はじめに

現在、気象庁では様々な観測データを利用して数値予報モデルの初期値解析を行っているが、それらを大きく分けると、直接観測、地上リモートセンシング、衛星観測の三種類となる(佐藤 2012)。このうち直接観測としては、気象観測所や AMeDAS などによる陸上観測、船舶やブイなどの海上観測、ラジオゾンデによる高層観測、商用航空機などによる航空機観測が挙げられる。本節では上記のうち陸上観測のことを地上観測と呼び、当庁での利用方法などについて取り上げる。

初期値解析に用いられる地上観測データは、従来は主に気圧のみであった。その理由は気圧以外の地上観測データは一般に局所性が強く代表性が低いため、分解能の低い解析システムでは有効な情報を抽出することができなかつたためである。近年では数値予報システムの高分解能化に伴い、気圧以外の地上要素を同化する開発が各国の数値予報センターにおいて進んでいる。気象庁においても AMeDAS の風と気温、及び SYNOP 報の相対湿度から求めた比湿の局地解析での利用が開始されたところである(永戸ほか 2013)。

また、新規観測データの導入も図られている。最近では、CTBTO (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization) による地上移動観測所の SYNOP 報 (SYNOP MOBIL 報) や空港における観測である定時飛行場実況気象通報式 (METAR) を同化利用する数値予報センターも登場している。

このように利用される地上観測データの種類は多様になってきている。本節では現在現業化に向けて開発を進めている、全球解析における METAR の地上気圧データの利用について説明する。

2.2.2 METAR 地上気圧データの同化利用

本項では導入に向けた開発を行っている METAR について、観測データの特徴及び品質を中心に開発状況を説明する。

(1) METAR について

METAR は飛行場周辺の気象状態を通報するための書式である。飛行場実況気象通報式には METAR、特別飛行場実況気象通報式 (SPECI)、自動飛行場実況気象通報式 (METAR AUTO)、航空気象観測所実況気象通報式 (SCAN) などがある。METAR は定時通報であるのに対し、SPECI は航空機の運航に関して気象状態の重要な変化があった場合に行われる特別観測の通報、METAR AUTO は自動通報である。また、SCAN は日本国内のみで使用されている通報式で、国際交換の対象とならない。通報される気象要素としては、風向・風速、滑走路視距離、視程、現在天気、雲量、雲底高度、気温、海面更正気圧などがある。また METAR では、上記要素の他に国内記事も付加することが認められている。ここで通報される要素は国によって異なる

¹ 高坂 裕貴

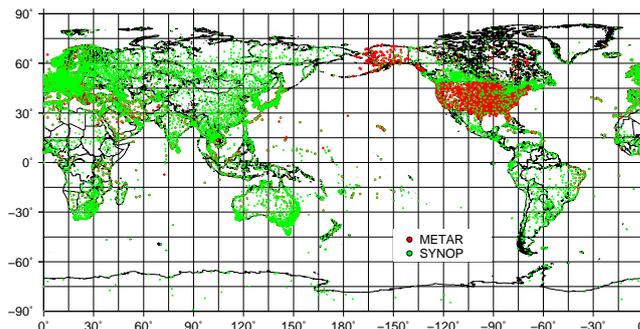


図 2.2.1 METAR 及び METAR AUTO 通報地点の分布。比較のため、SYNOP の分布(緑)を METAR 及び METAR AUTO の分布(赤)に重ねて表示した。2014 年 7 月。

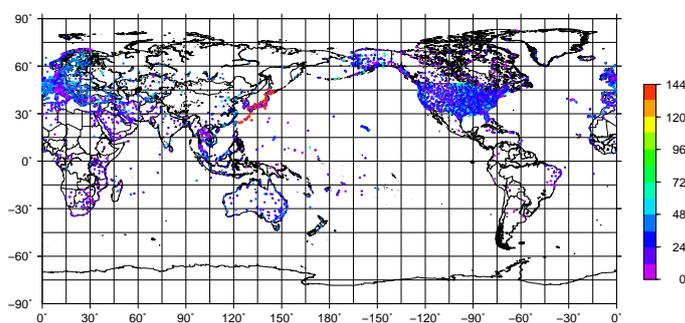


図 2.2.2 各地点の 1 日当たりの METAR 及び METAR AUTO 通報数。2014 年 7 月。

が、例えば、通報精度の高い海面更正気圧や気温、雷電が始まった時刻、前 1 時間降水量などが通報される。

図 2.2.1 は METAR を通報する地点の分布である。世界各国に約 4000 地点存在し、このうち約半数は SYNOP を通報する地点と同一もしくは隣接した地点である。また METAR の観測は、SYNOP と比べてアメリカやカナダで高密度に分布しており、アフリカ大陸や太平洋の島嶼などの SYNOP 通報の空白域にも存在している。METAR を同化利用することにより、このような観測データの希薄な領域における解析精度が向上すると共に、入電障害等による SYNOP 欠落時の解析精度の低下が軽減することが期待できる。

図 2.2.2 は、2014 年 7 月における 1 日当たりの METAR 及び METAR AUTO の入電数である。通常、30 分または 1 時間に 1 回の頻度で通報されるため、1 日当たりの入電数は 24 ~ 48 回の地点が多いが、日本や米国などではそれを超える地点が存在していることが分かる。これは METAR AUTO によるもので、数十分に 1 回と METAR よりも高頻度に通報される。通報される要素について METAR と METAR AUTO を比較すると、気圧や気温、風についてはいずれも観測装置が観測した値をそのまま通報するため本質的に違いはない。一方、雲や視程、現在天気については METAR AUTO では通報されない、もしくは METAR と METAR AUTO で観測方法が異なる(具体的には前者は観測者による観測、後者は測器による自動観測)場合がある。

METAR で通報される気圧データは QNH と呼ばれ

る高度計規制値である。QNHは飛行場で観測された気圧を海面更正した値であるが、SYNOG等で通報される海面更正気圧とは定義が異なる。具体的には海面更正時に仮定する大気プロファイルが異なり、SYNOGは現実の大気プロファイルを仮定するのに対し、METARで通報されるQNHは国際標準大気 (ISA: International Standard Atmosphere) が仮定される。これはMETARのQNHが航空用途において気圧高度を算出するのに用いられているためである。算出されたQNHは小数第一位を切り捨てて1 hPa単位で通報される。またアメリカやカナダ、日本などでは国内記事として、QNHを水銀柱インチに換算した値を小数第二位までに丸めた値も通報される。この場合、通報精度は0.01 inHg=0.3386 hPaとなる。また、アメリカやカナダなどでは、QNHの他に現実の大気プロファイルに基づいて海面更正された気圧 (SLP) が通報されることがある。通報精度は0.1 hPaである。

(2) METAR 気圧データの品質管理

(1) で述べたように、METARのQNHの通報形式にはhPa単位の通報とinHg単位の通報の二種類が存在する。このうち前者は、小数第一位を切り捨てて通報されるため、そのまま利用すると観測値にバイアスが生じることになる。そのため、はじめに切り捨てに伴って生じる0.5 hPaのバイアスを補正する処理を行う。hPa単位の通報とinHg単位の通報の両方が存在する場合には、通報精度の高いinHg単位の通報を利用する。なおSLP通報については、通報精度は高いものの、D値(観測値と第一推定値の差)の統計による調査の結果、QNHの通報より品質が低いことが確認されたため、現時点では利用を見送ることにしている。

品質管理は他の観測におけるものと同様に、内的整合性チェック、外的整合性チェックの順に処理する。内的整合性チェックとしてはブラックリストチェック、気候学的チェックを、外的整合性チェックとしてはグロスエラーチェック、空間整合性チェックを行う。これらの品質管理の詳細については大野木(1997)を参照いただきたい。またこの他、SLPも通報する地点に対して、海面更正チェックの導入を検討した。具体的には、QNHの通報値からISAを仮定して飛行場現地気圧(QFE)を算出した後、現実の大気プロファイルを仮定してSLPの値を算出し、それをSLPの通報値と比較することにより修正もしくは排除する処理である。しかし、有効に修正される事例がほとんどなく、逆に品質が悪化する事例が多かったことから導入しない予定である。海面更正チェックが有効でなかった原因としては、SLP通報自体の品質が低いことや変換の際の誤差が大きいことが考えられる。

次に観測値の標高補正の方法について説明する。一般に地上データの同化利用にあたっては、観測が行われた場所における標高からモデル面高度の値へと標高補正する必要がある。例えばSYNOGでは、現地気圧(または海面更正気圧)から現実の大気プロファイルを仮定してモデル面地上気圧(MdPs)へと標高補正を

行っている。METARの気圧データについても同様の処理を行うが、QNHはISAを仮定して海面更正した気圧である点に注意する必要がある。すなわち、ISAを仮定して平均海面と飛行場現地標高(HA)の標高差を補正してQFEを算出した後、現実の大気を仮定して飛行場現地標高とモデル面標高の標高差を補正してMdPsを算出するという二段階の変換が必要となる。

前者の変換に関しては、以下のICAO(2011)に基づいた式を使って行う。

$$H = \frac{T_0 \left(1 - \left(\frac{QFE}{P_0} \right)^{\frac{R}{g}} \right)}{\Gamma} \quad (2.2.1)$$

$$QNH = P_0 \left(1 - \frac{\Gamma(H - HA)}{T_0} \right)^{\frac{g}{R\Gamma}} \quad (2.2.2)$$

ここで T_0 は基準気温(=288.15 K)、 P_0 は基準気圧(=1013.25 hPa)、 Γ は気温減率(=0.0065 K/m)、 g は重力加速度(=9.80665 m/s²)、 R は気体定数(=287.05 J/kg/K)、 H はISAに換算した飛行場現地標高であり、QNH、QFEの単位はhPa、 H 、 HA の単位はmである。(2.2.1)式及び(2.2.2)式を逆変換した以下の式により、QFEを算出する。

$$H = \frac{T_0 \left(1 - \left(\frac{QNH}{P_0} \right)^{\frac{R}{g}} \right)}{\Gamma} + HA \quad (2.2.3)$$

$$QFE = P_0 \left(1 - \frac{\Gamma H}{T_0} \right)^{\frac{g}{R\Gamma}} \quad (2.2.4)$$

後者の変換は他の観測の地上気圧データに対する扱いと同様である。すなわち、地上気温及び露点温度(または相対湿度)の観測値を用いて、一定の気温減率(現在は0.005 K/m)を仮定してモデル面の標高に補正する。

(3) METAR 気圧データの品質

METAR気圧データの品質を見るため、(2)に記した処理を適用し、SYNOG気圧データと比較した。図2.2.3は2014年7月及び2014年1月におけるMETAR及びSYNOGのMdPsのD値ヒストグラムである。ここでは対等の条件で比較するため、METARとSYNOGが互いに隣接(緯度及び経度の差が0.1度以内)している地点のみを選択して統計をとった結果を示している。METARはSYNOGと同様にD値が正規分布していることが分かる。またD値の平均、標準偏差についても、METARとSYNOGでほぼ同じ値であると言える。このことはMETARはSYNOGと同等の精度であるとするIngleby(2014)と整合した結果と言える。

図2.2.4はMETARの地点別D値月統計RMSである。多くの地点でD値のRMSが0.8 hPa前後の値をとっており、品質は良好であることが分かる。一方で

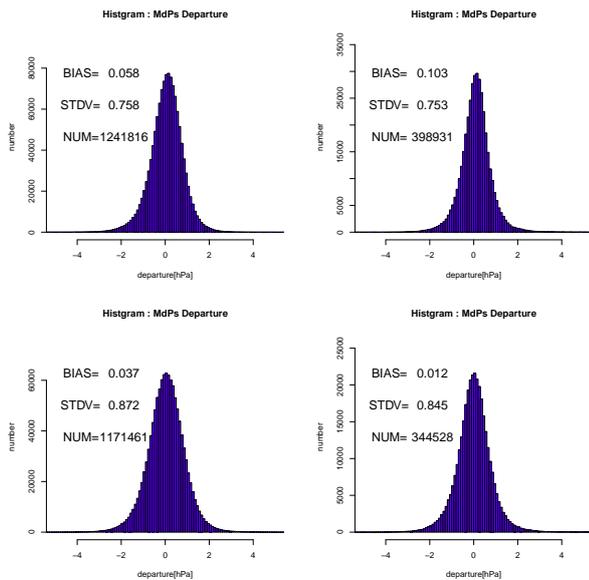


図 2.2.3 モデル面地上気圧の D 値ヒストグラム。METAR と SYNOP が互いに隣接している地点に限定して統計をとった。左列が METAR、右列が SYNOP。上段は 2014 年 7 月、下段は 2014 年 1 月。

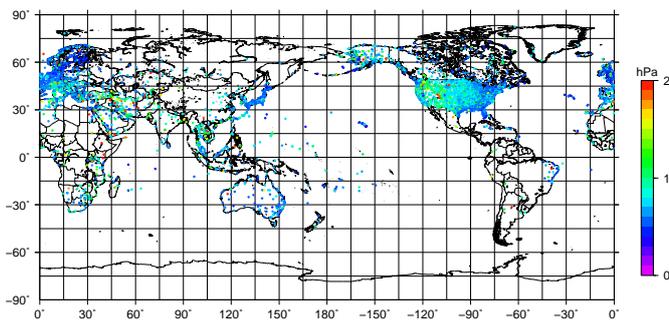


図 2.2.4 METAR のモデル面地上気圧の地点別 D 値月統計 RMS。2014 年 7 月。

D 値の RMS が大きい地点が少数ながら存在する。この原因は様々であり、他の従来型観測における場合と同様に地点別の調査が必要になる。例えばカザフスタンの地点 UACK (KOKSHETAU, 53.19°N, 69.35°E) は D 値の平均が -12.4 hPa、標準偏差が 2.7 hPa といずれも大きい。この地点の近隣には SYNOP の地点 28879 (KOKSHETAY, 53.17°N, 69.23°E) があり、品質は良好であったことから比較を行った。その結果、両地点で現地標高が大きく異なっており、METAR 地点は 2547 m であるのに対し、SYNOP 地点は 229 m であった。周辺の地形は比較的平坦であることから、近接する地点でこれほどの標高差があるというのは考えにくい。そこで、METAR 観測地点の現地標高を SYNOP 観測地点のものに変更してモデル面地上気圧を計算したところ、D 値の平均、標準偏差共に小さくなることが分かった。この例のように現地標高に誤りがあると考え

られる地点に対しては、定期的に最新の地点情報に更新したりブラックリストに登録する必要がある。この他、D 値 RMS が大きな地点の中には、第一推定値の誤差が大きい場合もある。このような地点について観測値と第一推定値との対応を調査することによりモデルの改善につなげる、という検証用途の利用も可能である。特に、これまで観測データの乏しかった地域に METAR が追加されることは、検証の面でも価値が高いと言える。

(4) まとめと今後の予定

METAR は空港における気象状況を数十分から 1 時間ごとに通報するものであり、アフリカ大陸や太平洋の島嶼といった SYNOP の希薄な地域にも存在する。METAR で通報される気圧は QNH と呼ばれる高度計規制値であり、飛行場現地気圧を国際標準大気を仮定して平均海面高度に更正した気圧である。品質を調査した結果、SYNOP と同等の精度であることが分かった。

現在、全球解析において METAR の気圧データを同化する開発を行っている。定時の観測値が通報される METAR と METAR AUTO を主に利用する方向で開発を進めており、これまでのところ、新規に観測データが追加された地域を中心に予報初期の地上気圧や高度場にインパクトがあることが分かっている。今後も早期の同化利用開始を目指して開発を継続する方針である。

また、今回同化利用を検討している気圧の他に METAR には気温、風などの通報がある。これらの局所性の大きい観測は主に分解能の高い局地解析やメソ解析等で同化利用できる可能性があり、順次開発を行っていく予定である。

参考文献

- 永戸久喜, 原旅人, 倉橋永, 2013: 日本域拡張・高頻度化された局地モデルの特性. 平成 25 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 18-41.
- ICAO, 2011: *Manual on Automatic Meteorological Observing Systems at Aerodromes, second edition, ICAO Doc9837 AN/454*. International Civil Aviation Organization.
- Ingleby, B., 2014: Global assimilation of air temperature, humidity, wind and pressure from surface stations. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, doi: 10.1002/qj.2372.
- 大野木和敏, 1997: データ品質管理と解析前処理. 数値予報課報告・別冊第 43 号, 気象庁予報部, 17-61.
- 佐藤芳昭, 2012: 観測データと品質管理. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 8-17.

2.3 台風ボーガスの改良¹

2.3.1 はじめに

気象庁の全球解析及びメソ解析では、台風周辺の観測データの不足を補うために、予報課の台風予報作業担当者の主観解析による台風中心位置、中心気圧、15 m/s 強風半径（以下、R15）等の台風情報を元に典型的な台風構造を作成し、解析値に反映させている（大野木 1997）。この時に作成された台風構造を台風ボーガスと呼ぶ。現在は台風ボーガスとして疑似観測型を採用しており、海面更正気圧と指定気圧面上の風のデータを作成し、他の観測データと共に同化している。詳細は小泉（2003）や新堀（2005）を参照いただきたい。

台風ボーガスに関しては、現在も台風予測精度の向上を目的とした改良を行っている。本節では台風ボーガスの改良に向けた検討の状況について説明する。具体的には、現状において台風ボーガスが解析の精度向上にどのように寄与しているのかを整理するために、台風ボーガスに関して様々な実験を行う。また、その結果を考察することにより今後の改良の方向性を議論する。

2.3.2 台風ボーガスの効果

現状における台風ボーガスの効果を見るため、比較対象として台風ボーガスを同化しない実験を実施した。実験期間は2013年7月10日から10月11日まで（予報は各日の12UTC初期値のみ実施）であり、この期間には台風第9号から台風第30号までの22個の台風が発生している。本項では、台風ボーガスを同化している2014年3月時点の全球数値予報システムをCNTL、台風ボーガスを排除した実験をTESTとし、台風予測の特性について事例を交えて見ていく。

(1) 台風進路予測について

はじめに統計検証の結果を示す。図 2.3.1 は実験期間中に発生した全台風を対象とした台風進路予測誤差である。検証には事後解析による台風経路確定値（気象庁ベストトラックデータ）を実況値として用いた。TEST は CNTL に比べて全予報時間で進路予測誤差が大きい。特に FT=0 から FT=18 までで有意に悪化しており、初期位置の誤差は約 25 km 増加している。

図 2.3.2 は TEST の方が CNTL よりも進路予測が悪化した事例である。TEST は CNTL に比べて初期位置の誤差が大きく、予報が進んでも両者の位置の差は縮まっていない。海面更正気圧の解析値を比較すると、台風構造は CNTL と TEST でほとんど差はないが、台風の位置が TEST の方が CNTL よりも全体的に東側に表現されていた。この事例では初期位置に大きな誤差があったことが、予報後半に至るまでの台風進路予測誤差の増大につながったと考えられる。初期位置の誤差に着目すると、TEST の方が CNTL よりも有意に悪化した台風はこの台風の他にも 4 つ見られた。いずれの台風も本事例と同様に全予報時間について進路予

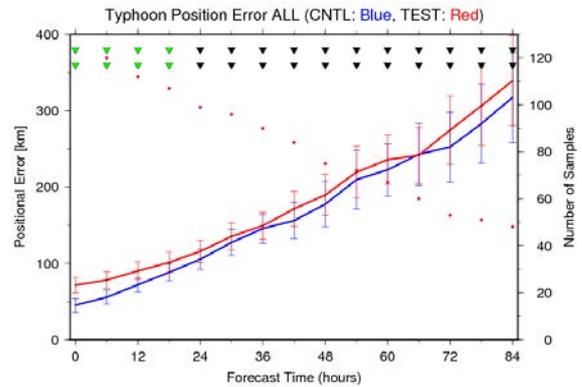


図 2.3.1 実験期間中に発生した全台風を対象とした台風進路予測誤差。横軸は予報時間 [h]、左縦軸は台風進路予測誤差 [km]、右縦軸はサンプル数。青線が CNTL、赤線が TEST、点はサンプル数である。エラーバーは誤差の発生が正規分布に従うと仮定した場合の 95% 信頼区間で、グラフ上方の三角形のうち緑色のものは統計的に有意であることを意味している（上の三角形がデータ系列の相関を考慮した場合、下の三角形が相関を考慮しない場合）。

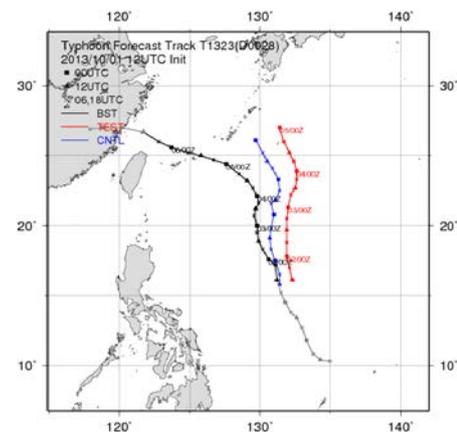


図 2.3.2 2013 年 10 月 1 日 12UTC 初期値の台風第 23 号の台風進路予測結果。黒線がベストトラック、青線が CNTL、赤線が TEST を示している。

測誤差が悪化しており、図 2.3.1 に示した統計的なスコアの悪化の主要因となっている。なお初期位置の誤差について、その他の台風はすべて統計的に中立であり、有意に改善した台風事例はなかった。

以上のことから、台風ボーガスには、台風の初期位置を実況に近づけることにより、予報後半に至るまでの進路予測誤差を減少させる効果があると言える。なお、この効果は、主観解析による台風中心位置の決定精度が低い事例や、実況と第一推定値の台風の初期位置の差が小さい事例において小さい傾向が見られた。台風ボーガスによる改善が得られるかどうかは主観解析及び第一推定値の精度に依存するところが大きいと言える。

¹ 高坂 裕貴

(2) 台風強度予測について

台風平均強度予測誤差については、TEST は CNTL に比べて全予報時間で悪化が見られた。また、CNTL、TEST 共に実況よりも中心気圧を高く予想する傾向があるが、TEST の方が CNTL よりもその傾向がさらに強まっていた。

図 2.3.3 は台風強度予測が悪化した台風第 15 号における解析値の台風中心気圧の時系列である。TEST は CNTL に比べて期間を通じて中心気圧を高く表現していること、及び TEST は実況に見られるような中心気圧の変化がほとんど表現されていないことが分かる。海面更正気圧の解析値を比較したところ、主に台風中心近傍のみで差が生じており、TEST の方が CNTL よりも気圧が高いという状況であった。また予測結果について見たところ、解析値に見られた中心気圧の差は予報が進んでも縮まることはなく、全予報時間について TEST の方が CNTL よりも中心気圧が高い傾向が見られた。このような結果の違いが生じた原因を探るため、台風周辺におけるインクリメント(解析値と第一推定値の差)を調査した。その結果、CNTL ではこの台風に対して台風ボーガスが投入され始めた時刻において中心気圧を深めるインクリメントが入り、それ以降の解析においても中心気圧や位置を修正するインクリメントが入っていたのに対し、TEST では台風中心近傍におけるインクリメントが CNTL よりも小さく、中心気圧の高い状態が続いていた。この差が図 2.3.3 に示した中心気圧の差につながったと考えられる。このように台風中心近傍に台風ボーガスを同化することにより、実況に即した台風強度を解析値に反映させることができると言える。

その他の台風事例においても、ここに挙げた例と同様に強度を弱く表現するものが複数見られた。ただし、全ての台風についてこのような傾向が見られたわけではなく、CNTL と同等の強度を表現していた台風もいくつか見られた。一例として、台風第 27 号が挙げられる。この台風はマリアナ諸島付近で発生し、発達しながら北西進した後、沖縄付近で転向し本州の南を通過した。台風の発達期に着目すると、マリアナ諸島付近では SYNOP やラジオゾンデ等を始めた観測データが多く、それらが同化されることにより台風の位置や中心気圧を修正していた。解析予報サイクルを通じてこのような修正が続いた結果、第一推定値に実況に即した台風構造が表現され、TEST は CNTL と同等の台風予測となったと考えられる。この例のように、台風が陸域や島嶼など観測データが比較的多い領域を進む事例で、CNTL と TEST の台風予測に差が小さい傾向が見られた。

以上のように、事例によって台風予測の傾向は大きく異なる。台風予測の改善を目指す場合は、検証の際に出来るだけ多くのサンプルを確保して、台風別に見ていくことが必要だろう。

2.3.3 台風構造の違いが台風予測に与える影響

第 2.3.2 項までで台風ボーガスには、主に予報初期に

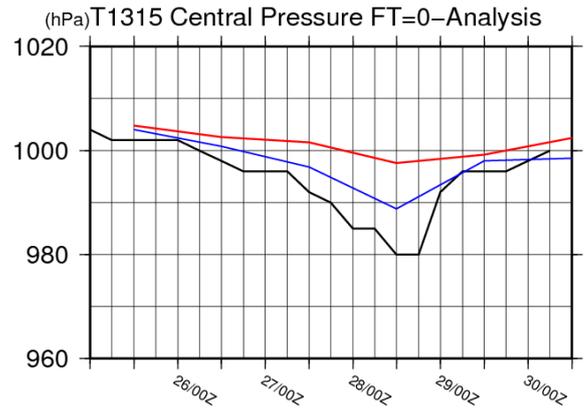


図 2.3.3 台風第 15 号の事例における解析値の台風中心気圧の時系列。黒線がベストトラック、青線が CNTL、赤線が TEST。期間は 2013 年 8 月 25 日から 8 月 30 日。

における台風の中心位置と強度を実況に即したものにす
る効果があることが分かった。この効果は岡垣 (2010)
の指摘と整合しており、現在においても同様の状況で
あると言える。また、これらは主観解析により得られ
た情報のうち、台風中心についての情報が解析値に反
映された結果と解釈できる。本項では台風中心以外の
解析情報が台風予測に与える影響を見ることにする。

第 2.3.1 項で述べたように、台風ボーガス作成には台
風中心における緯度、経度、気圧の他に、R15 を用い
ている。R15 は台風ボーガスにおける海面更正気圧の
水平分布を決定するのに使用している。これを踏まえて、
R15 の解析精度が予測結果に与える影響を見るため、
R15 を実際に解析された値よりも小さく (0.5 倍)
した実験を行いそのインパクトを調査した。これは台
風のサイズを実況よりも小さく設定したことに相当す
る。実験期間は 2013 年 9 月 11 日から 11 月 11 日まで
とし、この期間には台風第 18 号から台風第 30 号まで
の 13 個の台風が発生している。ここでは、2014 年 3
月時点の全球数値予報システムを CNTL、R15 を 0.5
倍にした実験を TEST とする。

図 2.3.4 は 2013 年 10 月 3 日 12UTC における台風
第 23 号の台風進路予測結果である。CNTL、TEST 共
に実況よりも南よりを進んでいるが、TEST は CNTL
よりもその傾向が強い。

次に統計検証の結果を見る。図 2.3.5 は台風進路予
測誤差である。TEST は CNTL に比べて全予報時間で
悪化しており、特に予報後半にかけて差が拡大してい
ることが分かる。この悪化の傾向を分析するため、梅
津・森安 (2013) と同様に、ベストトラックにおける 6
時間前の位置からの進行方向に応じて、期間を転向前、
転向中、転向後の 3 つに区分けして検証を行った。ま
た進路予測誤差については、ベストトラックの進行方
向に沿った成分 (Along Track Error, 以下 AT) と直交
する成分 (Cross Track Error, 以下 CT) に分解した。

図 2.3.6 は進路予測誤差を AT、CT 成分に分けて表示
したものである。AT 成分について見ると、転向前、転

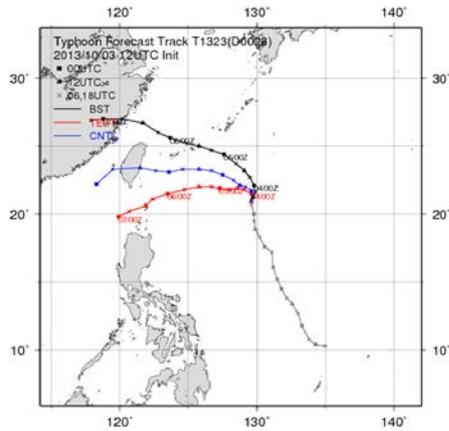


図 2.3.4 図 2.3.2 と同じ。ただし、2013 年 10 月 3 日 12UTC 初期値の台風第 23 号の事例。

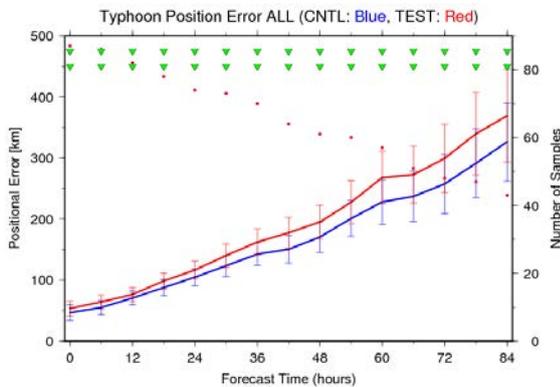


図 2.3.5 図 2.3.1 と同じ。ただし、CNTL は 2014 年 3 月時点の全球数値予報システム、TEST は R15 を実際に解析された値の 0.5 倍にしたもの。

向中、転向後の全ての期間において、TEST は CNTL に比べて AT が負、すなわち実況よりも台風の速度が遅い傾向が強まっていることが分かる。次に CT 成分について見ると、転向前で負、すなわち進行方向に対して左側にずれ、転向後では正、すなわち進行方向に対して右側にずれる傾向が見られる。これらはいずれも実況よりも台風の北上のセンスが弱いことを意味している。本項の実験結果は、サイズの大きい台風ほどベータ効果による移動速度が大きくなり、北上傾向が強まることを指摘した上野 (1991) と整合した結果と言える。

以上のように、台風構造の違いは台風予測に少なからぬ影響を与えるものであることが分かる。その点において、R15 の解析情報は実況に即した台風構造を決定するのに重要な役割を果たしていると言える。

2.3.4 台風予測の改善に向けて

本節では台風ボーガスに関する諸実験を通じて、現状における台風ボーガスの効果を整理した。その結果、台風ボーガス作成に使用する台風情報の精度はいずれも台風ボーガスデータの精度、さらには台風予測の精

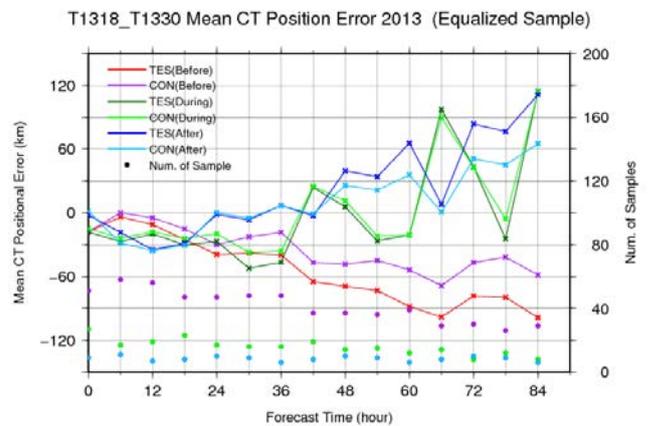
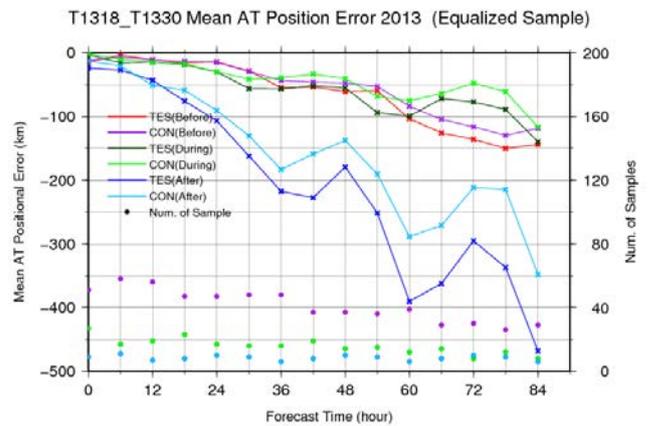


図 2.3.6 台風の解析位置に対する相対的な進路予測誤差。上が AT 成分の進路予測誤差、下が CT 成分の進路予測誤差。それぞれの図で横軸は予報時間 [h]、左縦軸は進路予測誤差 [km]、右縦軸はサンプル数。紫、黄緑、水色はそれぞれ CNTL の転向前、転向中、転向後、赤、緑、青はそれぞれ TEST の転向前、転向中、転向後を表している。

度に大きな影響を与えていること、及び現状においても台風ボーガスは台風予測の精度向上に役立っていることが分かった。また同時に、台風予測を改善させるためには台風中心付近だけでなく、台風の構造についても実況に即したものにすることが分かった。このことは台風周辺全域の解析精度を向上させることに他ならない。

以上のような考察を踏まえて、台風ボーガスデータの品質改善と適切な利用という観点から、現在以下のような調査を検討している。

- 予報初期における台風の位置と強度の誤差の改善主に台風中心近傍における台風ボーガスデータの利用法の改善を目的とする。具体的には、適切な観測誤差やデータ間引き間隔の設定が挙げられる。また、台風ボーガスではモデルの分解能に応じて中心気圧を設定する処理を行っているが、現在の設定が妥当であるかについて調査する。
- 台風構造の改善台風ボーガスデータの品質改善を目的とする。具体的には、台風ボーガスデータが地上観測や高層

観測などと整合しているか調査する。特に熱帯低気圧の場合には、台風ポーガスにおける海面更正気圧の水平分布を決定するパラメータに固定値を用いているが、これが妥当であるか調査する。また台風が温帯低気圧化の過程にある時など、典型的な台風構造との差が大きいと考えられる場合において、台風ポーガスで与える台風構造が実況を反映したものとなっているか調査する。

また第 2.3.2 項の結果から、台風周辺で同化される観測が依然として不足していることが明らかになった。台風予測の改善のためには、台風ポーガスの改良だけでなく、雲域の輝度温度データなどの新規観測の導入や既存の観測データの利用法改善を図る必要がある。またこのためには、予報モデルの改善も同時に行っていく必要がある。

参考文献

- 小泉耕, 2003: メソ・領域解析の台風ポーガス. 平成 15 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 13-16.
- 岡垣晶, 2010: 全球解析における台風ポーガスの改良. 平成 22 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 48-52.
- 大野木和敏, 1997: 台風ポーガス. 数値予報課報告・別冊第 43 号, 気象庁予報部, 52-61.
- 新堀敏基, 2005: 全球 4 次元変分法の台風ポーガス. 数値予報課報告・別冊第 51 号, 気象庁予報部, 106-110.
- 上野充, 1991: 台風予報の問題点. 数値予報課報告・別冊第 37 号, 気象庁予報部, 104-122.
- 梅津浩典, 森安聡嗣, 2013: WGNE 熱帯低気圧検証. 数値予報課報告・別冊第 59 号, 気象庁予報部, 98-111.

2.4 ノンリアルタイム品質管理の成果¹

2.4.1 はじめに

データ同化において、使用される観測データの品質を維持することは高い解析精度を維持するために重要である。低品質データの混入は、たとえその数がわずかであったとしても、初期値解析の精度を著しく低下させることがある。このため気象庁を始め各国の数値予報センターの品質管理担当者は各観測データについて品質管理を行い、低品質データの排除に協力して努めている。

品質管理には大きく分けて、リアルタイム品質管理とノンリアルタイム品質管理がある(佐藤 2012)。このうち、リアルタイム品質管理は初期値解析の前に自動的に行われる処理を指す。これに対しノンリアルタイム品質管理は、主にリアルタイムの品質管理で排除することが困難な低品質データの排除を目的として、品質管理の担当者が観測データの統計的振る舞いを数週間から数か月の時間幅で監視し、品質が悪化(改善)したものをブラックリストに登録(解除)する処理を指す。ブラックリストに登録された観測はリアルタイムの品質管理において無条件で排除される。本節ではノンリアルタイム品質管理の例として、地上気象観測品質監視及び国内ウィンドプロファイラ更新に伴う品質調査を説明する。

2.4.2 地上気象観測品質監視

地上気象観測品質監視は、WMO (World Meteorological Organization) のデータ処理・予報システム (GDPS: Global Data-Processing and Forecasting System) マニュアル²に基づいて実施されている。この品質監視は観測データの品質向上に資することを目的としており、ラジオゾンデ、海上観測、地上観測についてそれぞれ国際的なリードセンターが決められている。気象庁は第II地区(アジア)の地上観測データ (SYNOP) のリードセンターに指定されている。活動は、半年ごとに低品質な観測を通報している地点をリストアップしたレポート(以下、6か月レポート)を作成することであり、また、作成した6か月レポートはWMOや第II地区の気象機関等に送付し、低品質な観測を通報している地点に対しては品質改善を勧告する。また6か月レポートはウェブサイト³にも掲載している。

品質監視には観測値と第一推定値、及びD値(観測値と第一推定値の差)の時系列が用いられる。まず観測値と第一推定値を比較して、両者が同様の振る舞いをしているか確認する。D値については一般に0付近の値をとることが期待されるので、D値の標準偏差が大きい場合やD値にバイアスが見られる場合は、観測値の品質に問題があることが疑われる。そのため、D

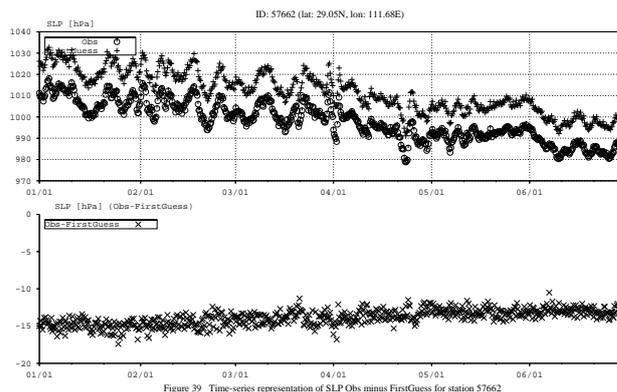


図 2.4.1 地点番号 57662 における 2012 年 1 月 1 日から 6 月 30 日までの現地気圧の時系列。上段のグラフで、印が観測値、+印が第一推定値。下段のグラフで×印が D 値。

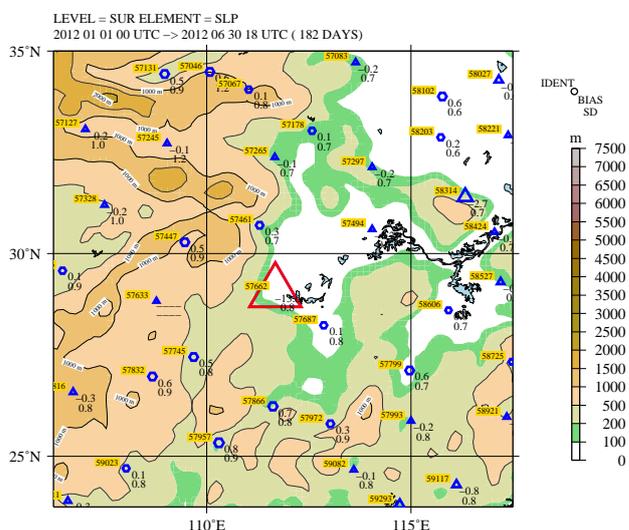


図 2.4.2 地点番号 57662 及びその周辺の地点における 2012 年 1 月 1 日から 6 月 30 日までの現地気圧の D 値統計。等値線及び塗りつぶしは全球モデルの地形を表す。それぞれの地点について、左上が地点番号、右下が D 値のバイアス、標準偏差を表している。また、六角形は正バイアス、三角形は負バイアスを表しており、バイアスの絶対値が大きいほど図形を大きく表示している。低品質と判断した地点番号 57662 を赤で、それ以外の地点を青で示した。

値統計値が一定の閾値以上の地点について原因を詳細に調査していくことになる。

ここで実際の例を見てみる。図 2.4.1 は中国の洞庭湖の西に位置する地点 57662 (CHANGDE, 29.03°N, 111.41°E) における 2012 年 1 月から 6 月までの現地気圧の時系列である。期間を通じて第一推定値に対して観測値が低く、約 13 hPa の負バイアスとなっていることが分かる。このことから観測値の品質に問題がある可能性があるが、この資料だけでそのように断定することはできない。なぜならば、第一推定値の品質が悪い可能性もあるからである。

次に問題の観測地点の周辺の地点における D 値統計

¹ 高坂 裕貴

² <http://www.wmo.int/pages/prog/www/DPFS/Manual/GDPS-Manual.html>

³ <http://qc.kishou.go.jp/>

値を見ていく。第一推定値にバイアスがある場合、その影響は広範囲の領域に及び性質があるため、周辺の地点においても同様のバイアスが見られるはずである。図 2.4.2 に地点番号 57662 周辺の地点におけるこの期間中の D 値のバイアスと標準偏差を示す。周辺の観測地点では D 値のバイアス・標準偏差共に小さいことから、この場合は観測の方に問題がある可能性が高い。

また全球データ監視レポート(以下、月レポート)も有用な情報源の一つである。当庁を含む各国の数値予報センターが観測データの品質について毎月報告し、相互に交換している月レポートには、D 値統計を元に低品質の疑いのある観測が掲載されている。上記地点について確認したところ、複数のセンターの月レポートで負バイアスがあると報告されていることが分かった。各センターで使用する第一推定値は異なるにもかかわらず同様の負バイアスが見られたということは、第一推定値ではなく観測値に問題があるとする有効な判断根拠となる。

さらに調査したところ、この負バイアスは 2011 年 12 月 31 日 18UTC から見られており、それ以前はバイアスはほぼ 0 に近いことが判明した(図略)。この前後の日時において、数値予報システムの変更は行われておらず第一推定値の特性に変化はないことから、何らかの変更が観測側で行われた可能性が高い。バイアスの原因としては、気圧計が適切に較正されていない、もしくは観測所が移転したがその情報がまだ周知されていないことなどが考えられるが、両者の D 値統計値への影響は類似しており判別は難しい。いずれにしても観測側の問題と考えられるため、この地点を 6 か月レポートに掲載した。本件では、6 か月レポートの発行後に中国気象局から返信があり、観測所の移転が行われたこと、及びその情報がまだ WMO の地点番号表には反映されていないことが分かった。同時に、緯度・経度はほとんど変わらず、標高が 35 m から 151.4 m になったという詳細な地点情報の連絡があったため、これを適用したところ負バイアスはなくなり、品質は従来と同程度であることが分かった。このように 6 か月レポートを通じて、観測の品質を改善する活動が国際的に続けられている。

2.4.3 国内ウィンドプロファイラ更新に伴う品質調査

本項では、2013 年度に更新作業が実施された国内ウィンドプロファイラ(以下、WPR)の品質調査について説明する。気象庁観測部により国内 31 観測局の WPR の更新作業が 2013 年 10 月から順次開始され、2014 年 3 月末までに全観測局の更新が完了した。数値予報での同化利用にあたっては、更新に伴って WPR データの品質が大きく変わる可能性を考慮し、更新作業を開始した観測局から順次ブラックリストに登録し、更新完了後、品質が良好であることを確認したのから順にブラックリストから解除して同化利用を開始することとした。

以下に品質調査結果の例を示す。図 2.4.3 の左は宮古

における更新後(2014 年 5 月 10 日から 23 日まで)の期間の東西風の D 値ヒストグラムである。比較のため更新前の前年の同期間のヒストグラムも併せて表示している。観測値と第一推定値の誤差が正規分布し、観測演算子が一次関数であることを仮定すれば、D 値も正規分布することが知られている(露木 2002)。これを見ると、D 値が概ね正規分布をしており、バイアス及び標準偏差についても前年の同期間とほぼ同等の値であることから問題はないと言える。図 2.4.3 の右は観測値と第一推定値の散布図である。概ね $y = x$ の直線に沿ってデータが分布しており、著しく外れた点は見られない。

次に高度別に詳しく見ていく。図 2.4.4 は図 2.4.3 のヒストグラムと散布図を 900 hPa 付近及び 500 hPa 付近のデータに限定してプロットしたものである。500 hPa 付近について見ると、前年との差は小さく問題はない。一方、900 hPa 付近について見ると、観測数が非常に少なくなっており、品質の確認も困難である。

この原因は観測部による調査で、アンテナサイドローブによる周辺からのクラッターが強かったため、それに伴って生じる弱風を除去する処理を行っていたことによるものであることが判明した。またこの結果を受けて、観測数増加のための対処として、クラッタフェンスを延長することによりクラッターの影響を軽減する改良作業が 5 月 30 日に行われた。

図 2.4.5 は改良作業後の期間における 900 hPa 付近のヒストグラム、散布図である。観測数が増加し、品質も昨年と同時期と同程度であることが確認できる。また、500 hPa 付近についても、品質・観測数共に変化はなく良好であることが分かった(図略)。品質に問題がないことが確認できたため、この観測局の同化利用を開始した。なお他の観測局についても同様の調査を続けた結果、2014 年 9 月までに全ての観測局の同化利用を開始している。

2.4.4 まとめと今後の課題

本節ではノンリアルタイム品質管理の実際について、実例を挙げて紹介した。観測データの品質は地点により様々であり、かつ絶えず変化しているため、監視・調査が気象庁をはじめ各国の数値予報センターで日常的に行われている。これには近年の観測数の増加に伴い、多大な労力と時間がかかっているという課題がある。今後、品質が悪化した地点を自動で検出して報知するシステムを構築したり、ノンリアルタイム品質管理で得られた知見に基づいてリアルタイム品質管理手法を改良するなど、より効率的な品質管理手順を確立していく必要がある。

参考文献

- 佐藤芳昭, 2012: 観測データと品質管理. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 8-17.
- 露木義, 2002: 変分法によるデータ同化の基礎. 数値予報課報告・別冊第 48 号, 気象庁予報部, 1-16.

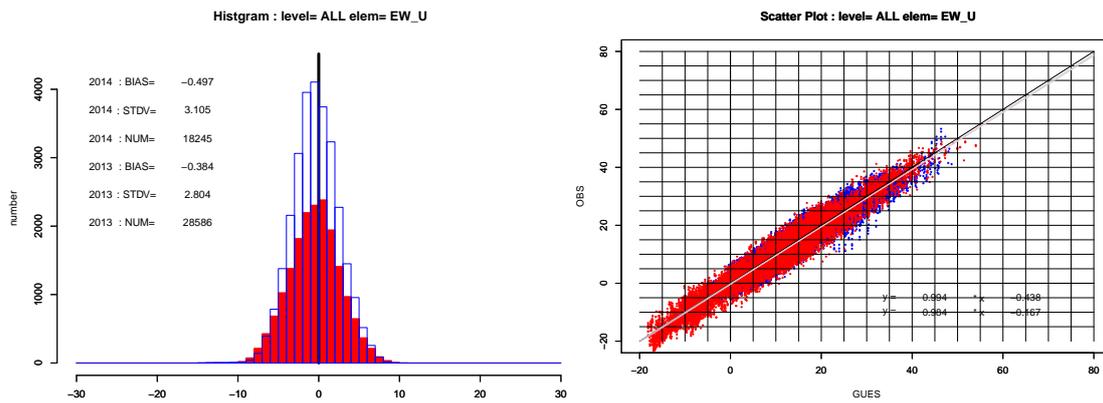


図 2.4.3 宮古における東西風の D 値ヒストグラム (左) と、観測値と第一推定値の散布図 (右)。全高度のデータの統計。赤が 2014 年 5 月 10 日から 23 日の統計、青が 2013 年 5 月 10 日から 23 日の統計。

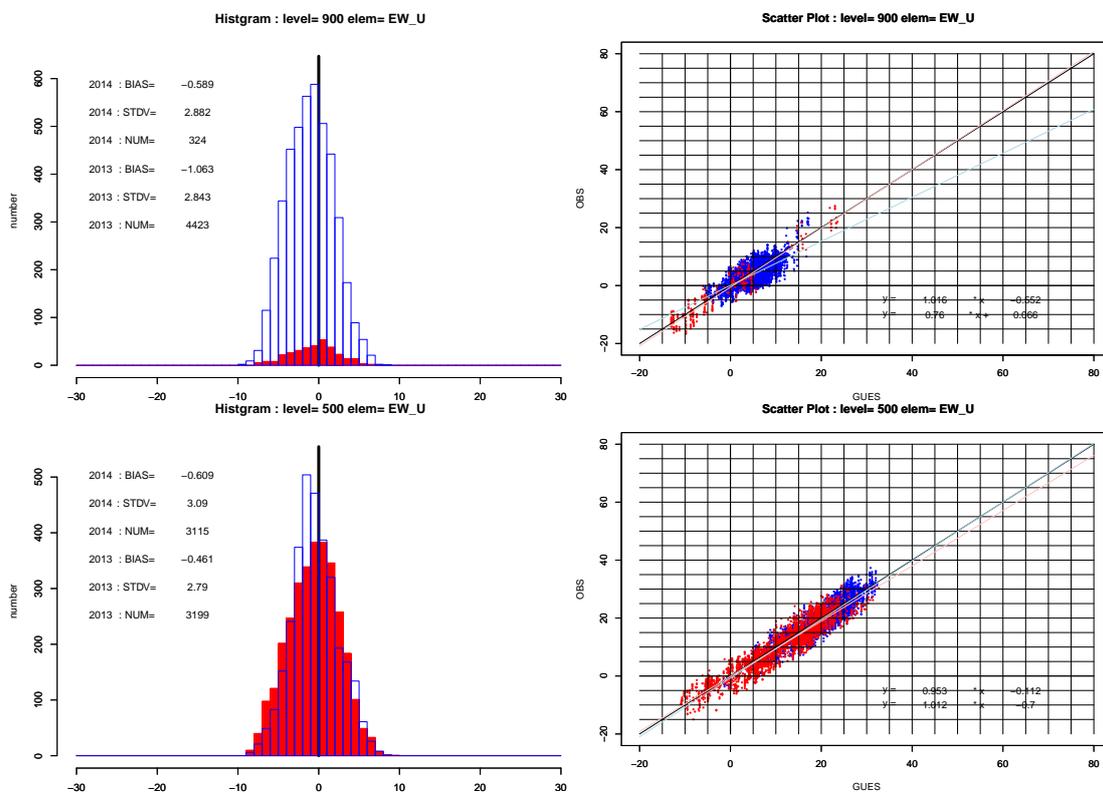


図 2.4.4 図 2.4.3 と同じ。ただし、上段は 900 hPa 付近のデータの統計、下段は 500 hPa 付近のデータの統計。

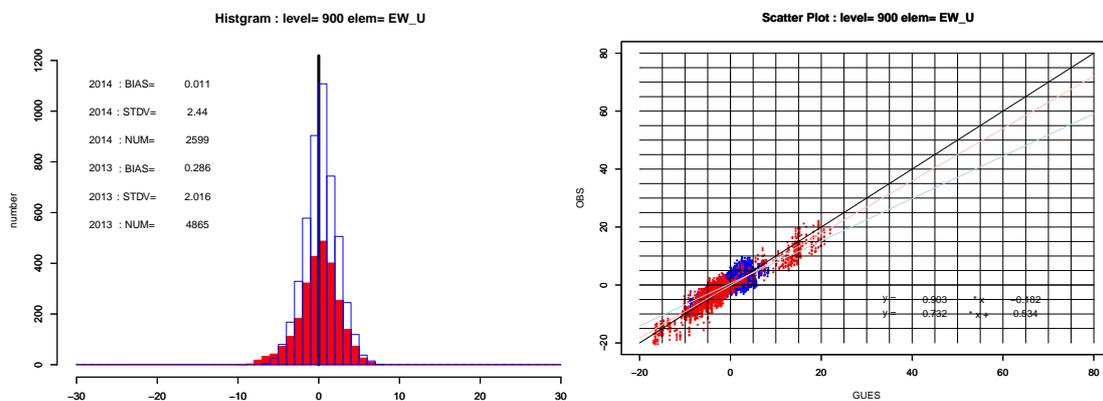


図 2.4.5 図 2.4.4 の上段と同じ。ただし、赤は 2014 年 6 月 1 日から 14 日の統計、青は 2013 年 6 月 1 日から 14 日の統計。