

3.6 メソ解析および局地解析における Metop-C 搭載マイクロ波サウンダ AMSU-A および MHS の利用

3.6.1 はじめに

Metop-C は、欧州気象衛星開発機構 (EUMETSAT) が運用する、現業極軌道気象衛星 Metop シリーズの 3 機目の衛星で、2018 年 11 月 7 日に打ち上げられた。Metop には多数の観測センサーが搭載されており、既存の 2 機と同様に Metop-C についても当庁の数値予報での利用が順次開始されている。

Metop に搭載のマイクロ波サウンダ AMSU-A および MHS は、大気的气温や水蒸気の鉛直分布に関する情報を観測するセンサーで、これらの観測データを初期値解析に利用することで、初期値や予測値における気温や水蒸気の鉛直分布の精度向上が期待される。Metop-C の AMSU-A および MHS については、全球解析において 2020 年 9 月 15 日に利用を開始した (気象庁 2021c)。その後、メソ解析での利用についても開発を進め (気象庁 2021b)、2021 年 5 月 25 日に利用を開始した。さらに、局地解析においても開発を進め、2021 年 11 月 24 日に利用を開始した。

ここでは、Metop-C 搭載のマイクロ波サウンダ AMSU-A および MHS の、メソ解析および局地解析での利用について述べる。

3.6.2 変更の概要

メソ解析および局地解析では、既に他の衛星 (Metop-A や Metop-B, NOAA-19 など) に搭載の AMSU-A および MHS を利用中であった。Metop-C に搭載の AMSU-A および MHS の品質は、既存利用中のセンサーと顕著な差異はないことから、品質管理手法や観測誤差など、既存利用中のセンサーと同様の手法・設定で利用することとした。スキャンバイアス補正や、雲や降水を判定するための品質管理に用いるパラメータは、全球解析で用いている Metop-C の設定と共通である。なお MHS については、全球解析では 2019 年 12 月に全天同化に移行した (気象庁 2021a) もの、メソ解析や局地解析では全天同化には移行しておらず、晴天域のデータを同化する。

3.6.3 性能評価試験

Metop-C の追加による効果を確認するため、メソ解析および局地解析において、それぞれ性能評価試験を実施した。

(1) メソ解析での利用

開発時点において最新の、2020 年 4 月時点の現業メソ数値予報システムと同等の対照実験 (CNTL) と、これに Metop-C 搭載 AMSU-A および MHS の追加利用の変更を加えた実験 (TEST) の比較を行った。実験期間は 2020 年 6 月 26 日から 7 月 31 日 (夏実験)、2020

年 1 月 15 日から 2020 年 2 月 25 日 (冬実験) である。

Metop-C 追加後の利用データの分布を示す (図 3.6.1)。Metop-C は、Metop-A や Metop-B と同様に、日中に衛星が通過する時間帯が午前中に当たる太陽同期軌道 (午前軌道と呼ばれる) で運用されている。複数の Metop 衛星は観測時刻が近くなり過ぎないように、時間間隔を空けて通過するように運用されており、観測領域にはある程度の重複は見られるものの、観測データの分布範囲が拡大し、利用データ数は増加した。実験期間を通じたデータ数の増加は、AMSU-A では 20% 程度、MHS では 40% 程度であった。

解析に用いられた各種観測データについて、第一推定値との差異 (O-B) の標準偏差や利用データ数の CNTL に対する TEST の変化を確認した (図 3.6.2)。対流圏中上層の水蒸気に感度のある CSR や他衛星の AMSU-A や MHS について、O-B の標準偏差の減少や利用データ数の増加など、観測値と第一推定値との整合性が向上した特徴が概ねみられ、第一推定値の精度が改善していることを確認した。

予測精度については、主要な要素の統計検証結果を確認したところ、顕著ではないものの改善と改悪が混在して見られ、総合的には中立と考える。

予測精度については中立ではあるものの、ごく短期の予測値である第一推定値の精度が向上していることから、AMSU-A や MHS の追加によるねらった改善は得られていると考える。また、安定的な数値予報精度維持のため利用する観測データ数の確保は重要である。これらを踏まえ、本変更を現業システムに適用した。

(2) 局地解析での利用

開発時点において最新の、2021 年 6 月時点の現業局地数値予報システムと同等の対照実験 (CNTL) と、これに Metop-C 搭載 AMSU-A および MHS 追加利用の変更を加えた実験 (TEST) の比較を行った。側面境界として使用されるメソモデルの予測値には、前述のメソ解析における Metop-C/AMSU-A、MHS の追加利用の結果が反映されている。実験期間は 2020 年 7 月 1 日から 7 月 15 日 (夏実験)、2020 年 1 月 10 日から 2020 年 1 月 21 日 (冬実験) とし、解析時刻間隔は 3 時間とした。

メソ解析同様、Metop-C の追加により利用データ数の増加 (実験期間を通じて、AMSU-A では 20% 程度、MHS では 40% 程度) や分布範囲の拡大を確認した (図 3.6.3)。

解析に用いられた各種観測データについて、O-B の標準偏差や利用データ数の CNTL に対する TEST の変化を確認した (図 3.6.4)。ここで、局地解析ではデータ同化サイクルを実施していないことに留意する。局地解析では、解析対象時刻の 3 時間前を対象としたメソモデルの予測値を初期値とし、1 時間ごとに 3 次元変分法による解析 (以降、スロットと称す) および 1

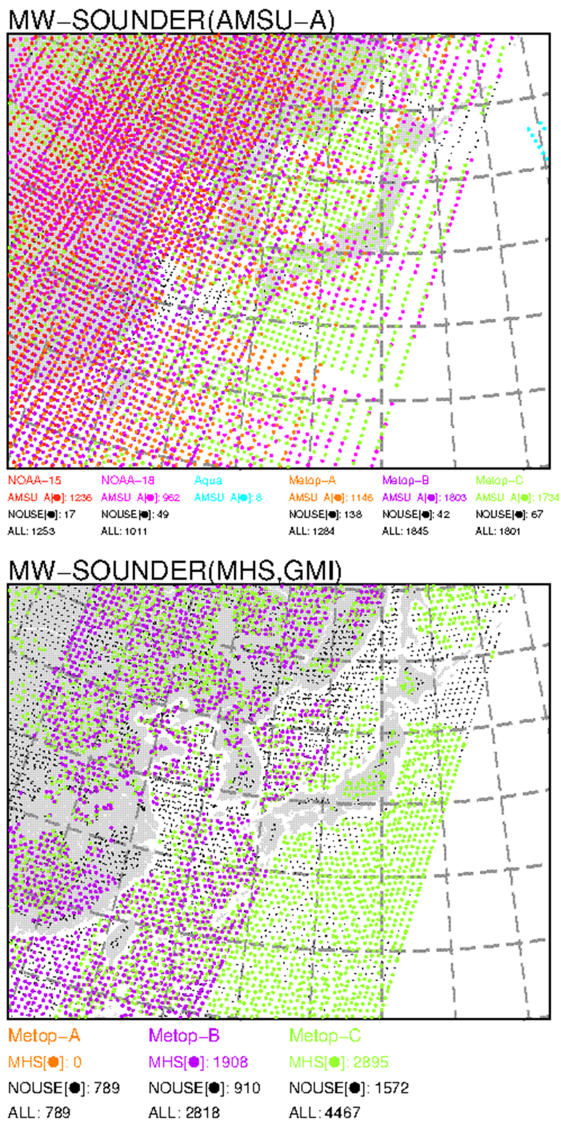


図 3.6.1 メソ解析で利用された AMSU-A および MHS のデータ分布の例。2020 年 6 月 27 日 03UTC を対象。上：AMSU-A、下：MHS。黄緑色の点が Metop-C の利用データ。黒色の点は晴天判別等の品質管理で不使用となっている観測データ。

時間予報を 3 時間分繰り返し、解析値を得ている (永戸ほか 2012, 2013)。ここで得られた解析値や局地モデルによる予測値は、次時刻の局地解析の第一推定値には用いられない。このため、CNTL と TEST に差が現れるのは、Metop-C を同化したスロットとその後続スロットで利用されたデータに限定される。衛星軌道の関係から Metop-C と同じスロットや後続のスロットでデータが利用される Metop-B では、第一推定値と観測値の整合性の向上を示す標準偏差の減少が見られた。また、上記スロットでデータが同化されるその他の衛星についても同様であった。一方で、衛星軌道の関係から上記スロットで利用されるデータがほとんど存在しない NOAA-19 では、当然ながら第一推定値と観測値の整合性にほぼ変化は見られていない。これらから、

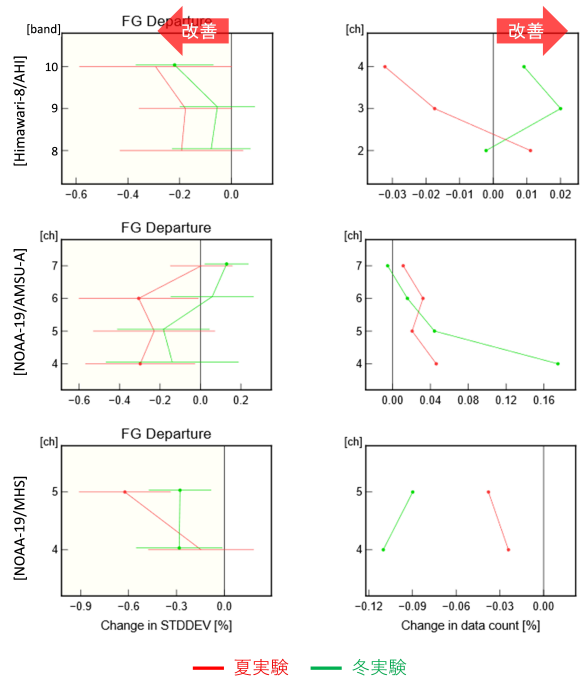


図 3.6.2 メソ解析における、観測値と第一推定値との差 (O-B) の標準偏差 (左列) と利用データ数 (右列) の、TEST の CNTL に対する変化率 [%]。縦軸はチャンネル番号。標準偏差の図のエラーバーは 95%信頼区間、丸い点は変化の正負が統計的に有意であることを示す。赤色は夏実験、緑色は冬実験の結果を示す。上段：ひまわり 8 号 CSR データ、中段：NOAA-19/AMSU-A、下段：NOAA-19/MHS。

Metop-C の追加により各スロットの第一推定値や解析値の精度が向上したと考察される。予測精度については、主要な要素の統計検証結果を確認したところ、顕著ではないものの改善と改悪が混在して見られ、総合的には中立と考える。

メソ解析と同様、予測精度については中立ではあるものの、第一推定値の精度が向上していること、安定的な数値予報精度維持のため利用する観測データ数の確保は重要であることから、本変更を現業システムに適用した。

3.6.4 まとめ

メソ解析および局地解析において、Metop-C に搭載されたマイクロ波サウンダ AMSU-A および MHS を、他の衛星に搭載されている同センサーと同様の手法で追加利用し、効果について確認した。その結果、観測データ数の増加や分布範囲の拡大を確認できた。予測精度については顕著な改善は見られず概ね中立であったものの、ごく短期の予測値である第一推定値については精度の向上が確認でき、AMSU-A や MHS の追加によるねらった改善は得られていると考える。また、安定した数値予報精度の維持のためには利用する観測データ数の確保は重要である。これらを踏まえ、Metop-C に搭載されたマイクロ波サウンダ AMSU-A および MHS について、メソ解析においては 2021 年 5 月 25 日、局

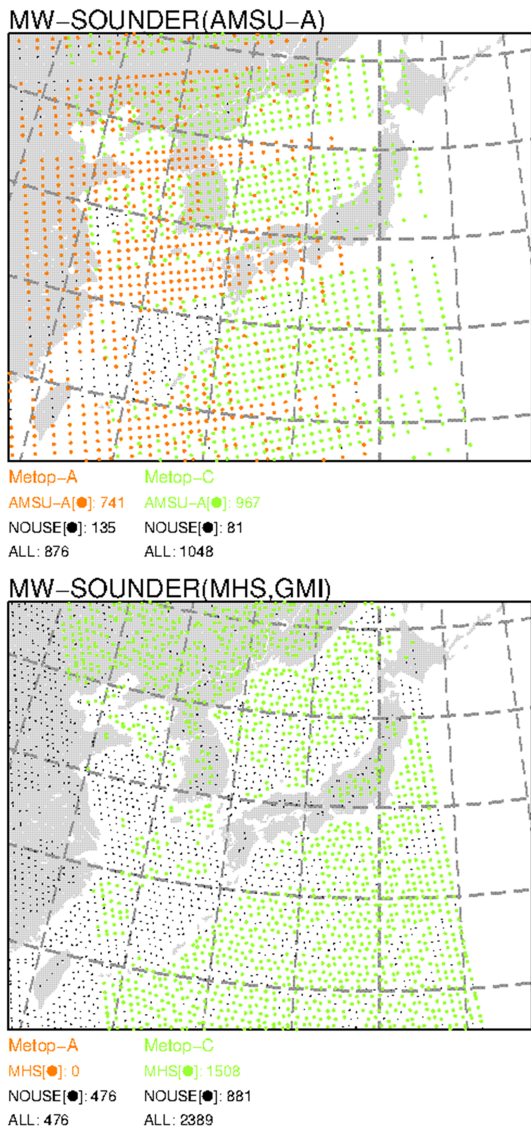


図 3.6.3 局地解析で利用された AMSU-A および MHS のデータ分布の例。2020 年 7 月 2 日 15UTC を対象とした解析の対象時刻 3 時間前のスロット。上：AMSU-A、下：MHS。黄緑色の点が Metop-C の利用データ。黒色の点は晴天判別等の品質管理で不使用となっている観測データ。

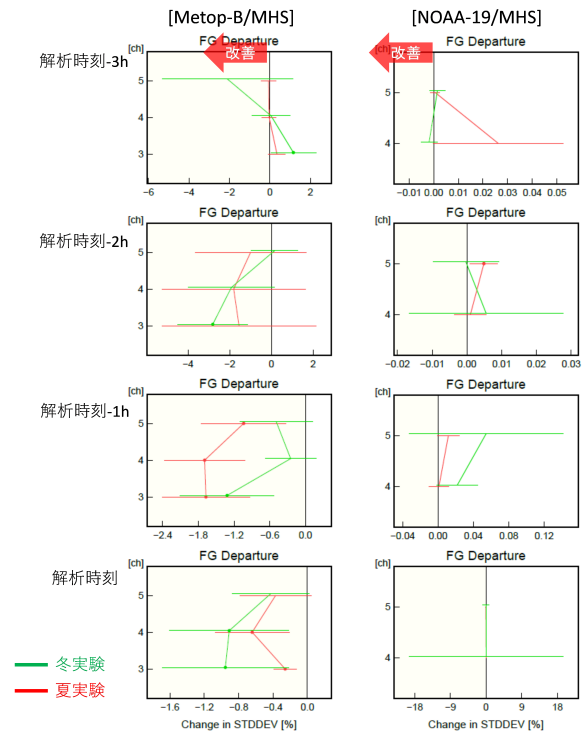


図 3.6.4 局地解析における、観測値と第一推定値との差 (O-B) の標準偏差の、TEST の CNTL に対する変化率 [%]。縦軸はチャンネル番号。標準偏差の図のエラーバーは 95%信頼区間、丸い点は変化の正負が統計的に有意であることを示す。赤色は夏実験、緑色は冬実験の結果を示す。Metop-B/MHS (左列) および NOAA-19/MHS (右列) の結果を示す。上段からそれぞれ、解析対象時刻 3 時間前のスロット、2 時間前のスロット、1 時間前のスロット、解析対象時刻のスロットのみのデータを用いた検証結果。

気象庁, 2021b: メソ解析における Metop-C データの利用. 数値予報開発センター年報 (令和 2 年), 気象庁 数値予報開発センター, 105-106.

気象庁, 2021c: 全球解析における Metop-C マイクロ波サウンダ AMSU-A および MHS の利用開始. 数値予報開発センター年報 (令和 2 年), 気象庁数値予報開発センター, 63-65.

地解析においては 2021 年 11 月 24 日に、それぞれ現業利用を開始した。

参考文献

- 永戸久喜, 原旅人, 倉橋永, 2013: 局地モデル運用の目的と仕様. 平成 25 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 20-22.
- 永戸久喜, 藤田匡, 原旅人, 2012: 局地モデルの本運用. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 78-86.
- 気象庁, 2021a: マイクロ波輝度温度全天同化とアウトグループの全球解析への導入. 数値予報開発センター年報 (令和 2 年), 気象庁 数値予報開発センター, 23-28.