

本資料配布先：筑波研究学園都市記者会
参考配布：気象庁記者クラブ、文部科学
記者会、科学記者会

平成 29 年 1 月 17 日
気象研究所
琉球大学理学部
海洋研究開発機構

ひまわり 8 号で観測した高頻度大気追跡風と海面水温の 台風や大雨事例へのインパクト実験

平成 27 年 7 月に正式運用を始めたひまわり 8 号では、最短 2.5 分毎の連続画像の雲の移動から高密度・高頻度・高精度な風向・風速が、晴天域からは海面水温が得られます。平成 27 年 9 月に発生した関東・東北豪雨の大雨の事例について、この風向・風速データを数値予報モデルによる再現実験（数値シミュレーション）の初期値の作成（データ同化）に用いると、大雨の位置や強度が精度よく再現できることが分かりました。

平成 28 年の台風第 10 号の事例においては、前述の高密度・高頻度・高精度な風向・風速に加えて、1 次元混合層モデルにより大気と海洋を結合させ、ひまわり 8 号の海面水温観測データを同化することで、水平風分布の利用によって、台風の経路や降水分布も実況に近くなるとともに、海面水温の同化によって台風の発達の予測が改善されました。

これらの結果は、いずれもひまわり 8 号の高密度・高頻度・高精度な観測データが、数値シミュレーションを通じて台風や大雨に関する防災情報を改善する可能性を示す成果であり、将来的な顕著現象の予測精度の向上につながるものと期待されます。今後、より多くの事例にひまわり 8 号の観測データを適用し、より有効な手法の開発をしていきます。

1. 背景

集中豪雨や台風は毎年のように災害を引き起こすため、それらの発生や強度、位置や移動を正確に予報することが望まれています。また、住民の方の十分な避難時間を確保するために、豪雨等の発生よりできるだけ早い時点で正確に予報すること（長いリードタイムの予報）も望まれています。このような予報を実現するためには、台風のエネルギー源や集中豪雨の降水のもとである水蒸気量やその収束、つまり、下層の気流のより上流側を含む広範囲の水蒸気量や風分布を、できるだけ正しく数値予報モデルの初期値に与えることが必要です。

平成 27 年 7 月に正式運用を開始した「ひまわり 8 号」は、衛星から見える地球全体（フルディスク）を 10 分毎、日本周辺（日本域）を 2.5 分毎という、これまでにない高頻度で観測しています。また、画像の水平分解能も 0.5~2km と格段に向上しました。最短 2.5 分毎の連続画像の雲の移動からは、高密度・高頻度・高精度な風向・風速が、晴天域からは、これまでよりも高分解能・高精度な海面水温データが得られます。海面水温と風速は大気下層の水蒸気量に大きく影響を与えること、水平風は水蒸気の収束量の情報を与えることから、これらの観測データを使って実際に近い数値予報モデルの初期値を作成すること（データ同化）ができれば、集中豪雨や台風

の発生、及び強度などの予報精度の向上が期待できます。この際に、ひまわりのフルディスクの情報を用いると、海上から集中豪雨や台風に供給される「より上流側の水蒸気量や風分布」を与えることができ、より早い時点での正確な予測に寄与できると期待できます。

これまでの気象庁のメソスケールモデルでは、台風の通過時に海面付近が強風により混合されるために現れる低水温域が表現されていません。この低温域は下層の水蒸気量の減少や大気的不安定度の減少につながり、台風の発達に直接影響を及ぼします。強風などの大気の予測情報と海面水温などの海洋の予測情報を結びつけ、さらに集中豪雨や台風に影響を及ぼす大気追跡風や海面水温をできるだけ広い範囲で同化することができれば、数値予報モデルの水平風、海面水温、ひいては水蒸気量の初期値が実際に近くなり、より正確な予報に寄与すると考えられます。

本リリースでは、世界で7位の計算スピードを持つ「京」(TOP500、2016年11月)を用いて、「ひまわり8号の高頻度・高密度な観測データ」と、1次元混合層モデルを用いて大気と海洋を結合させたシステムに基づいた「データ同化を行いながら多数の予報を同時に実行する局所アンサンブル変換カルマンフィルター (LETKF)」を適用した結果について報告します。上記のように本研究では、大気モデルに加えて、1次元混合層モデルを用いて海面水温などを求める海洋の予報を広領域・高分解能で多数実行し、大気と海洋の両方でデータ同化を行う必要がありました。このような開発や研究は、これまでにない高頻度・高密度の観測データ(観測ビッグデータ)とデータ同化技術の蓄積、「京」のような高性能な計算機があつてはじめてできる挑戦です。

2. ひまわり8号の高頻度大気追跡風の効果

平成27年9月関東・東北豪雨は、平成27年9月9日から11日にかけて関東地方や東北地方で発生した記録的大雨で、栃木県や茨城県、宮城県などに浸水や土砂災害、河川の氾濫等の甚大な被害をもたらしました。図1aは9月9日21時から10日00時までの3時間における解析雨量で、この期間に栃木県内で100ミリを超える大雨が観測されています。

ここでは、気象衛星センターで開発が進められているひまわり8号で観測した短時間間隔(この事例では5分間隔)の連続画像から雲や水蒸気の動きを捉えることで算出する「高頻度大気追跡風」と呼ばれる高頻度・高密度の風向・風速データ(図2)を用い、大雨発生前である数値予報実験の初期時刻の大気場をより正確に再現することにより、平成27年9月関東・東北豪雨の予測精度を向上させることを試みました。

図1b~cは、図1aと同じ時刻における数値モデルによる3時間降水量の予測値です。従来の観測のデータ(フルディスクのデータから求めた大気追跡風)を用いた結果(図1b)では、関東地方で強い降水が予測されているものの、降水域は西にずれてしまっています。一方でひまわり8

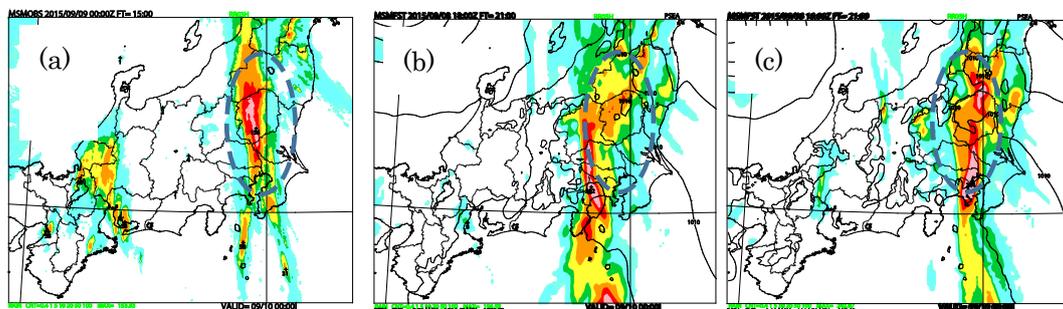


図1 (a) 平成27年9月10日00時の3時間積算観測雨量(mm)。点線の丸は豪雨が発生した地域を示す。(b) - (c) 9日3時を初期時刻とする21時間予報における同じ時刻の3時間積算予測雨量(mm)。(b)従来の観測データのみを用いた実験、(c)は高頻度大気追跡風を用いた実験。

号の高頻度観測から得られた大気追跡風を従来と同様に1時間毎に用いた実験結果(図1c)では、降水域の位置が実際の降水に近い位置に予想されるようになりました。このときの大気下層の気流の収束量や暖かく湿った空気の流れについて、その時刻の観測データを用いて推定された現実に近い大気の場合と比較すると、従来の観測データのみを用いた実験では関東地方に明瞭な収束は見られず、関東地方の南海上の風の分布も異なっていました。ひまわり8号の高頻度大気追跡風を用いると、数値シミュレーションの風の場合が修正され、現実に近い大気場の再現により、豪雨の予測が改善していました。

3. ひまわり8号の高頻度大気追跡風と海面水温の台風予測に対する効果

(a) 1次元混合層モデルを用いた大気海洋結合と海面水温のデータ同化の効果

平成28年8月19日から30日までの長時間にわたって日本近海にあった台風第10号について、海洋モデルとの結合や、ひまわり8号で観測された海面水温の同化の効果を確認しました(図3)。

まず、大気下層の強風が海水を攪拌する効果を考慮した1次元混合層モデルを数値モデルに組み込みました(CMSM、Ito et al. 2015)。現在、数値予報で用いられている気象庁の「全球日別海面水温解析値」(MGDSST、図3左上)では、短時間の水温変化は、ノイズとの区別が困難なため、ノイズと共に取り除かれています。MGDSSTには、台風の経路に沿った低温域が表現されませんが、大気モデルに海洋混合層モデルを組み込んだ実験では低温域が再現されました(CPL_NOHIM、図3右上に黒矢印で示す)。よく見ると静岡県や岩

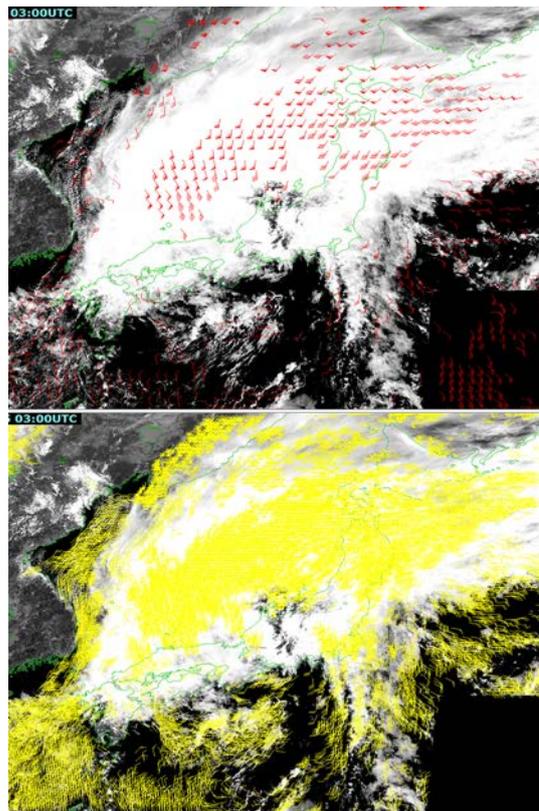


図2 (上) ひまわり8号の10分毎のフルディスクのデータを用いて求めた9月9日12時の大気追跡風と、(下) 同じ時刻の2.5分毎の日本域の高頻度観測から得られた大気追跡風。

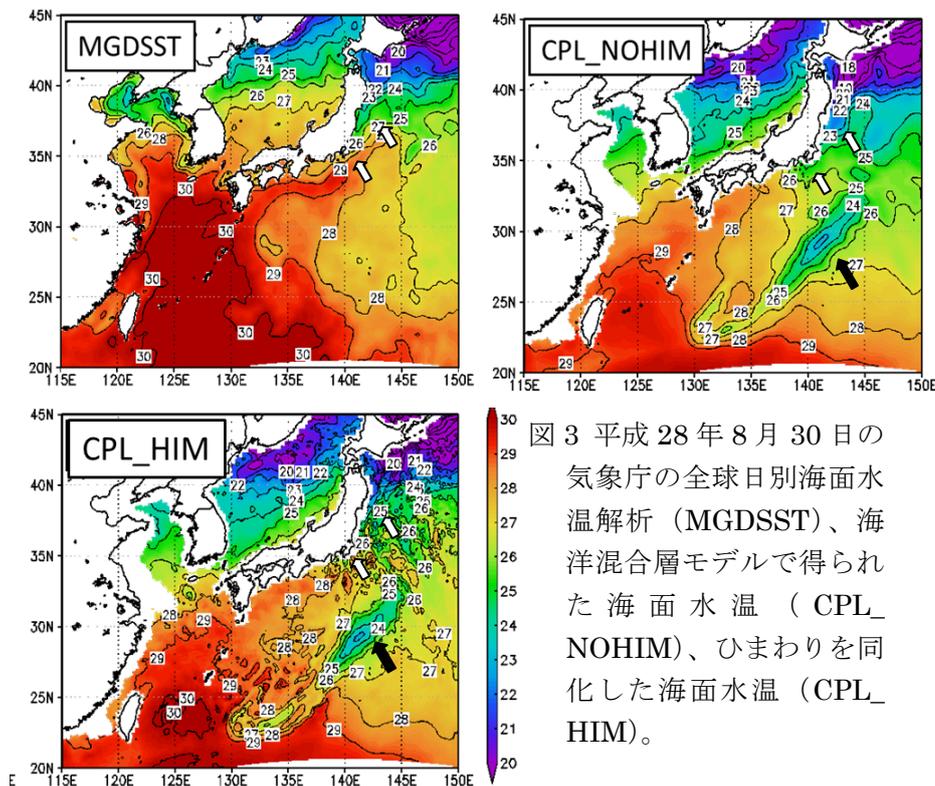


図3 平成28年8月30日の気象庁の全球日別海面水温解析(MGDSST)、海洋混合層モデルで得られた海面水温(CPL_NOHIM)、ひまわりを同化した海面水温(CPL_HIM)。

手県の沿岸にも、MGDSST に比べて低温な領域が現れています（白矢印で示す）。今回、海洋と結合させるために用いたモデルは、水平方向の海水の移動等が表現できない 1 次元混合層モデルであり、現実の海洋の振る舞いを十分に表現できない可能性があることから、ひまわり 8 号で観測した海面水温データを同化し、観測値を使って海面水温を修正することを考えました。ひまわり 8 号の海面水温データは、海面水温推定アルゴリズムや雲マスクアルゴリズムの改善、バンド数の増加、空間分解能の向上により、精度も向上しています。ひまわり 8 号の海面水温を 1 時間毎に同化すると、大気と海洋を結合させたことで得られた台風の経路の低温化を保持しつつ（CPL_HIM、図 3 左下に黒矢印で示す）、静岡県や岩手県の沿岸に見られていた低水温域が弱まり、MGDSST に近づくようになりました（白矢印で示す）。

(b) 1 次元混合層モデルを用いた海洋結合と海面水温と、高頻度大気追跡風の同化の効果

前章と同じく平成 28 年 8 月の台風第 10 号を用いて、1 次元混合層モデルを用いた海洋との結合やひまわり 8 号で観測された海面水温の同化に加えて、さらに高頻度大気追跡風を同化データに追加した実験を行いました。この実験で用いた計算領域や同化期間等は、(a) で述べたひまわり 8 号の海面水温の実験と同じものを用いています。「気象庁 MGDSST 利用 (CTL)」、「海面水温のデータ同化+1 次元混合層モデルを用いた大気海洋結合システムの利用 (CPL)」、「高頻度大気追跡風と海面水温のデータ同化+1 次元混合層モデルを用いた大気海洋結合システムの利用 (CPL-AMV)」について、台風第 10 号の経路や中心気圧をベストトラックと、降水分布はレーダの降水分布と比較しました。

台風の経路（第 4 図上段）のベストトラック（黒線で示す。気象庁で解析した最も正確な値）と、それぞれで予測した台風の経路と比較すると、CPL-AMV、CPL、CTL の順にベストトラックに近く、また 30 日 15 時の各予報のアンサンブル平均の位置（第 4 図中段に青丸で示す）でも、CPL-AMV が最もベストトラックの位置（黒い四角で示す）の近くに再現されていました。台風の中心気圧については、CTL では海面水温の攪拌による低下がないために過度に発達して低くなっていますが、1 次元混合モデルで海洋モデルと結合させて海面水温を同化する (CPL) と、CTL で見られた過度な発達が抑えられています。さらに大気追跡風も同化データに加える (CPL-AMV) と、最もベストトラックに近くなっていました（第 4 図下段）。これらの再現された台風の位置や中心気圧の違いは、降水分布の差になって現れており、CPL-AMV では三陸地方の強い降水域が再現されるなど、最も観測に近くなっています。

これらの結果は、ひまわり 8 号の高頻度な大気追跡風や海面水温データが、数値シミュレーションを通じて台風の予測を改善させる可能性を示す成果であり、将来的な顕著現象の予測精度の向上につながるものと期待されます。気象庁でも、ひまわり 8 号を利用した「北西太平洋高解像度日別海面水温解析 (HIMSST)」を作成し、平成 28 年 11 月から「海洋の健康診断表」<http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index.html> で公開しています。HIMSST は MGDSST に比べて、水温変化に対する時間応答や空間解像度が改善していることが確認されていて、この本リリースで指摘したような効果が期待できます。今回の改善は、大きな水温差がある海域で雲が少なく、その場所の海面水温がひまわり 8 号で観測できたことが有効に働きました。常にこのような好条件になるとは限らないため、今後は事例を増やし、HIMSST を利用した手法を含め、より多くの事例で有効な同化手法を開発していきます。

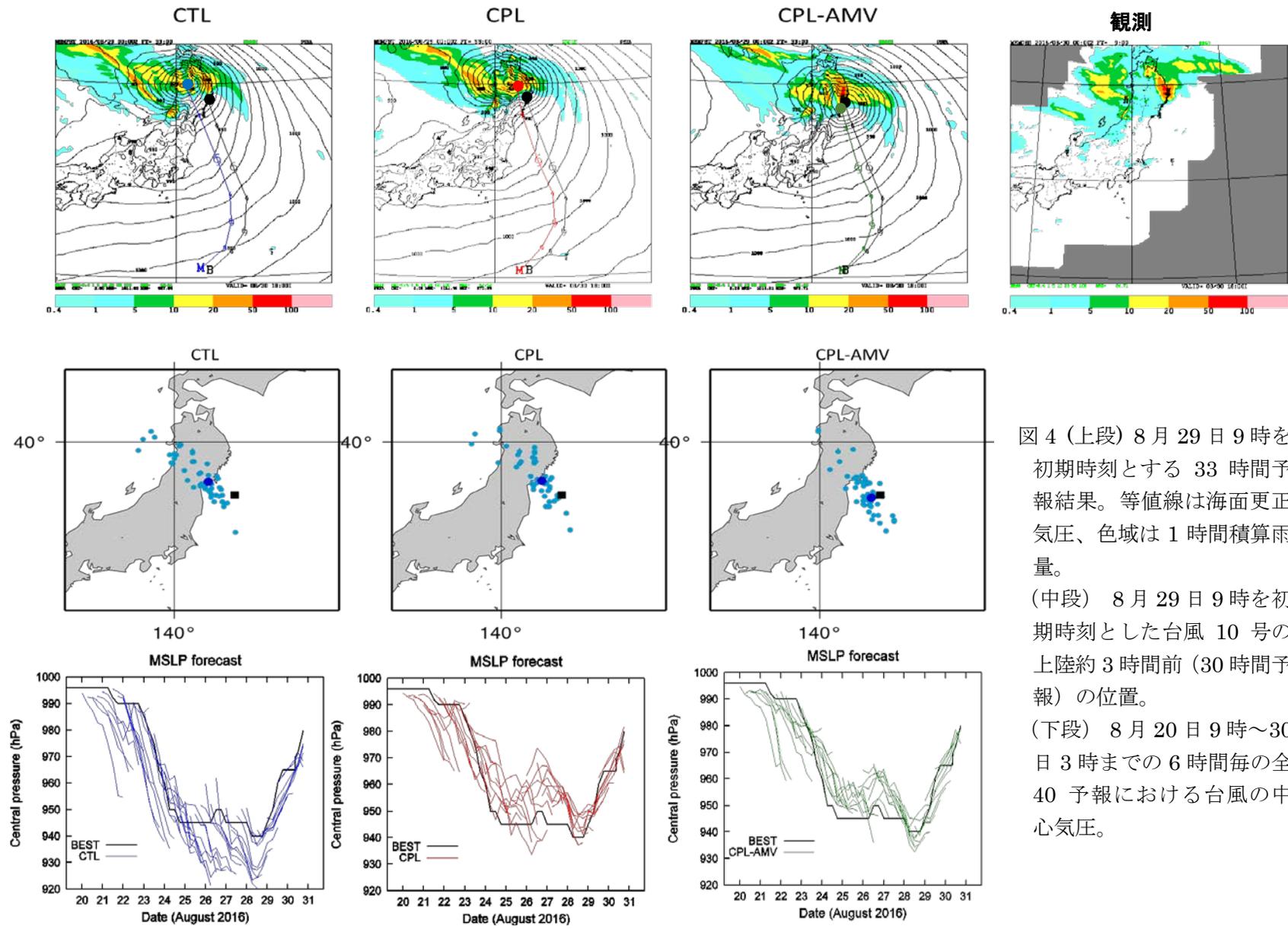


図4 (上段) 8月29日9時を初期時刻とする33時間予報結果。等値線は海面更正気圧、色域は1時間積算雨量。
 (中段) 8月29日9時を初期時刻とした台風10号の上陸約3時間前(30時間予報)の位置。
 (下段) 8月20日9時~30日3時までの6時間毎の全40予報における台風の中心気圧。

謝辞：本リリースの研究は、文部科学省フラッグシップ 2020 プロジェクト「ポスト『京』で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題」（ポスト「京」の開発）における重点課題④「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」（代表機関：海洋研究開発機構、研究代表者：高橋桂子 地球情報基盤センター長、<http://www.jamstec.go.jp/pi4/>）の支援を受けています。重点課題④のサブ課題 A「革新的な数値天気予報と被害レベル推定に基づく高度な気象防災」では、活用できるあらゆる観測データを活用し、さらに積乱雲等を桁違いの高解像度でシミュレーションすることで、集中豪雨や台風などの予測精度を向上し、リードタイムをできるだけ長くする予測の実現を目指しています。気象研究所は上記のプロジェクトに参加し、高解像度データ同化技術の開発やアンサンブル手法を用いて、顕著気象等の短時間予測精度を向上させる研究をしています。

【本件に関する問い合わせ先】

- ・ 気象研究所企画室
TEL : 029-853-8535（広報担当）
- ・ 琉球大学理学部 伊藤 耕介
TEL : 098-895-8573
- ・ 国立研究開発法人海洋研究開発機構
地球情報基盤センター 企画調整室 園田 朗
TEL : 045-778-5442