新規のフラックスモデルを使用した台風シミュレーションの実施と台風制御の提案

課題責任者
高垣　直尚　　兵庫県立大学 工学研究科

著者
高垣直尚*[1]，松田景吾*[2]，後藤浩二*[3]，大前友秀*[1]，西野 光*[4]
*[1] 兵庫県立大学　工学研究科, *[2] 海洋研究開発機構　付加価値情報創生部門地球情報科学技術センター, *[3] 日本電気株式会社　官公ソリューション事業部門，*[4] 兵庫県立大学　工学部

キーワード：台風，フラックスモデル，シミュレーション, MSSG, Haiyan, Irma

1. 緒言

近年，台風によって社会へ甚大な被害をもたらしている．そのため，台風による被害を軽減するために，台風予測・制御技術の開発は重要であるものの，台風強度の数値予測の向上が重要な課題となっている[1]．台風の発達と減衰は海表面の摩擦と熱輸送に関与している．そこで，本研究では，台風の発達や減衰に関与する海表面の抗力と熱輸送を変化させることで台風がどのように変化するのか調査した．具体的には，室内実験における台風シミュレーション水槽を用いた運動量フラックスおよび熱フラックスの実験式[2][3]を数値モデル Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment (MSSG)に適用し，台風強度の精度の検証を行った．

2. 計算手法

本研究の気象モデルには海洋研究開発機構が開発するMSSG[4]を用いた．MSSG は，大気コンポーネントと海洋コンポーネントが結合されたマルチスケール大気海洋結合モデルであり，全球から特定の領域，さらに都市までのスケールに対応している．本研究には大気コンポーネントのみを使用した．座標系には全球には Yin-Yang 格子が用いられている．支配方程式は非静力学方程式系に基づいている．次節に記述する以外の主要な計算設定は[1]と同様とした．

3. 計算条件

対象とした熱帯低気圧は台風 Haiyan とハリケーン Irma である．Haiyan は 2013 年 11 月 4 日にトラック諸島近海で発生し，フィリピンに甚大な被害をもたらした. Irma は 2017 年 8 月 30 日に北大西洋で発生し，アメリカ本土を襲ったハリケーンである．積分時間は 66 時間とした．計算格子の解像度は Global scale においては 7 km とし，Meso scale においては 2.78km として格子を作成した．本計算では，海面を通しての運動量フラックス τ および熱フラックス Q

$$\tau = \rho C_D U_{10}^2 \quad (1)$$

$$Q = \rho C_K U_{10}(k_i - k_{10}) \quad (2)$$

は，Komori et al. (2018)により提案された抗力係数 C_D およびエンタルピ輸送係数 C_K に関する実験式

$$C_D = \begin{cases} 1.0 \times 10^{-3} & (U_{10} < 5.2\,m/s) \\ 4.4 \times 10^{-4} U_{10}^{0.5} & (5.2 \le U_{10} < 33.6\,m/s) \\ 2.55 \times 10^{-3} & (U_{10} \ge 33.6\,m/s) \end{cases} \quad (3)$$

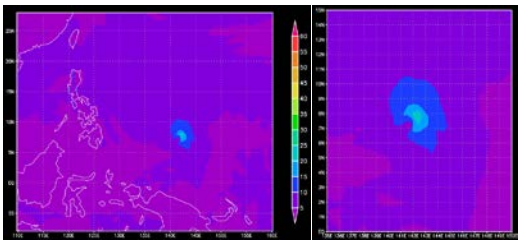
$$C_K = \begin{cases} 1.39 \times 10^{-3} & (U_{10} < 33.6\,m/s) \\ 6.51 \times 10^{-5} U_{10} - 7.99 \times 10^{-4} & (U_{10} \ge 33.6\,m/s) \end{cases} \quad (4)$$

を用いて計算された．ここで，熱フラックス Q は潜熱と顕熱を考慮したエンタルピ輸送量である．なお，本研究では，このフラックスモデルを用いたケースを Komori2018 と呼ぶ．さらに，Haiyan に関する計算においては，Komori2018 モデルの C_D および C_K の数値を 50 %増加させたケースの計算も行った．このケースを Komori2018+50%と呼ぶ．初期時刻は 2013 年 11 月 5 日 18:00 UTC とした．

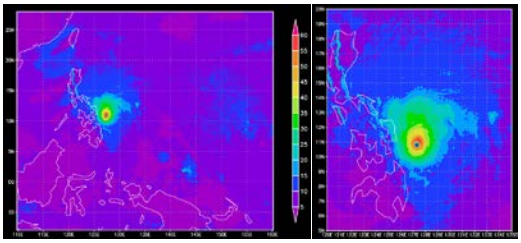
Irma の計算を行うために，初めに MSSG の計算環境の構築を実施した．具体的には，（1）ネスト領域の変更，（2）Yin-Yang 格子位置の変更，（3）Irma 発生時期に対応した土壌水分量データの取得，を行った．初期日時を Irma が最も発達した時刻（2017 年 9 月 3 日 00:00 UTC）付近とした複数のケースに対して計算を実施した．

4. 計算結果

図 1 に，Komori2018 モデルを使用した場合の台風 Haiyan 周囲の風速分布を 2 つの時刻に関して示す．図より，Takagaki et al. (2012)および Komori et al. (2018)の定義による風速 33.6 m/s 以上の高風速となる領域が大きくなり，台風の強度が増していることがわかる．図 2 に Komori2018 モデルを使用した場合の Haiyan 周囲の降雨分布を時刻 2013 年 11 月 8 日 12:00 に関して示す．図より，台風による降水域が渦状に形成されていることがわかる．図 3 に，Haiyan の最低気圧と最大風速の時間変化を示す．ここでは，Komori2018 モデルおよび Komori2018+50%の場合の結果を比較して示す．また，図中には観測値を再解析し最も確からしいデータとして定義されたベストトラックデータも掲載している．図より，気圧および風速ともに観測データと同様に 7 日から 8 日にかけて台風は最も強くなり，その後は減衰する傾向を示している．また, Komori2018+50%の方が Komori2018 と



2013/11/05 18:00



2013/11/07 18:00

図 1 風速分布の時間遷移．左図：全体図，右図：台風近傍に関する拡大図．

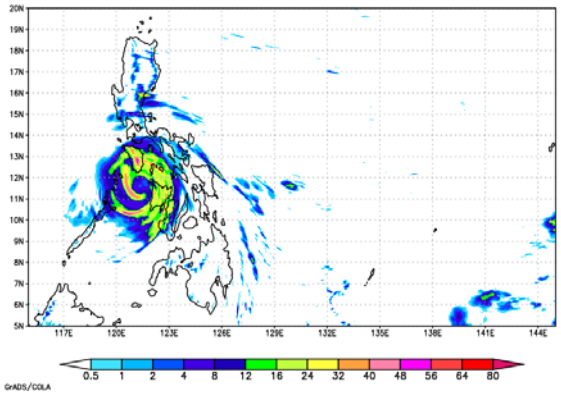
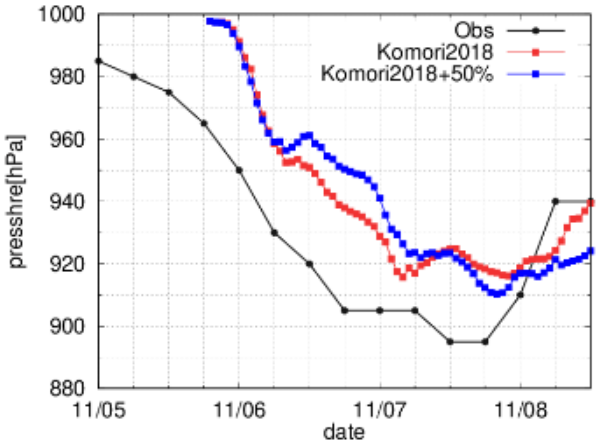


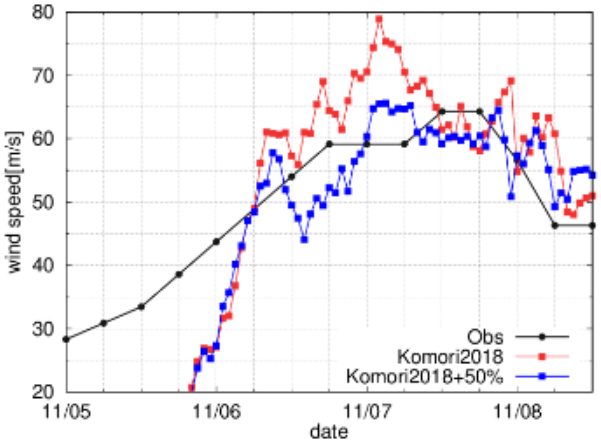
図 2 初期時刻から 66 時間後の降水量．

比べて最低気圧が高く最大風速が弱いことが分かる．これは，台風が弱まっていることから抗力係数の影響の方が大きいことを示唆している．

ハリケーン Irma に関して，まず，ネスト領域の変更は Irma に対応したネスト領域の中心座標を設定し，Haiyan と同じ格子の解像度としてネスト領域を設定した．その際，大西洋のネスト領域をカバーするために Yin-Yang 格子の配置も，両極を軸として-90 度回転させた．初期日時を変更して実行した結果，Irma の発達期に該当する 2017 年 9 月 4 日 00:00 UTC を初期時刻とした場合にベストトラックデータ[5]と良好に一致することを確認した．今後，2017 年 9 月 4 日 00:00 UTC を初期日時として C_D，C_K を変化させたときの感度実験や海表面の状態を変化させた場合のシミュレーションを行う．



(a) 最低気圧



(b) 最大風速

図 3 最低気圧と最大風速の時間遷移．

展望

2024 年度は，熱輸送係数 C_K の風速依存性が台風強度に及ぼす影響について数値シミュレーションによる検討を進め，2024 年度末までに海表面状態を変化あせることによる台風の弱体化を想定した数値シミュレーションを実施し，台風強度を弱める方法について検討を進める予定である．

謝辞

本研究は，JST【ムーンショット型研究開発事業】【JPMJMS2285】の支援を受けたものです．

参考文献

[1] Nakano, M., Wada, A., Sawada, M., Yoshimura, H., Onishi, R., Kawahara, S., Sasaki, W., Nasuno, T., Yamaguchi, M., Iriguchi, T., Sugi, M., and Takeuchi, Y., “Global 7km mesh

nonhydrostatic Model Intercomparison Project for improving TYphoon forcast (TYMIP-G7): experimental design and preliminary results", Geosci. Model Dev., 10, 1363-1381, 2017.

[2] Komori, S., Iwano, K., Takagaki, N., Onishi, R., Kurose, R., Takahashi, K., and Suzuki, N., "Laboratory Measurements of Heat Transfer and Drag Coefficients at Extremely High Wind Speeds", Journal of Physical Oceanography, vol.48, pp.959-974, 2018.

[3] Takagaki, N., Komori, S., Suzuki, N., Iwano, K., Kuramoto, T., Shimada, S., Kurose, R., and Takahashi, K., "Strong correlation between the drag coefficient and the shape of the wind sea spectrum over a broad range of wind speeds", Geophysical research letters, Vol.39, L23604, 2012.

[4] Takahashi, K., Onishi, R., Baba, Y., Kida, S., Matsuda, K., Goto, K., and Fuchigami, H., "Challenge toward the prediction of typhoon of behaviour and down pour", Journal of Physics., Conf. Ser. 454 012072, 2013.

[5] John P. Cangialosi, Andrew S. Latto, and Robbie Berg, "HURRICANE IRMA (AL112017)", National Hurricane Center Tropical Cyclone Report, 2021.