

# 台風に伴う北向き非地衡風の PRE へのインパクト --上層加湿に伴う降水強化と 2 次循環による鉛直流--

\* 斉藤和雄(東京大学大気海洋研究所/気象研究所/気象業務支援センター)  
松信匠 (筑波大学/ミュンヘン大学)

## 1. はじめに

台風が日本の南海上にある時、本土で大雨が降ることがあり、台風によって水蒸気が日本の上空に運ばれ前線を刺激する、という説明がされる。この現象は、海外でも知られており、PRE と呼ばれている。

Saito (2019) [1]は、2009 年第 18 号台風の接近時に西日本で観測された等高度線を横切る顕著な北向きの非地衡風について、高層観測データと JMA-NHM[2] による再現実験により調べ、その成因として水平風加速度成分による力学的成因で説明できることを示した。Saito and Matsunobu (2019) [3]では、台風に伴う非地衡風による北向き水蒸気フラックスについて解析し、日本の南岸域で平均した各高度の水蒸気量と、北向き風速および水蒸気フラックスの鉛直プロファイルについて示すとともに、非地衡風による水蒸気輸送を削った場合に日本付近の降水がどの程度減るかを感度実験で調べた。ここでは後者の結果について報告するとともに、今後行う予定の雲解像モデル実験と非地衡風に伴う 2 次循環がもたらす鉛直流について紹介する。

## 2. 台風に伴う非地衡風と北向き水蒸気フラックス

2009 年第 18 号台風の時の再現実験 (2009 年 10 月 6 日 18UTC のメソ解析を初期値とする水平解像度 10km の JMA-NHM による 6 時間予報の結果[1])を図 1 に示す。西日本で観測された等高線を横切って台風から北に向かう風が再現されている。

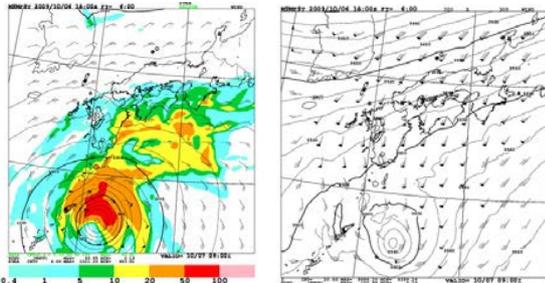


図 1 左) 10 月 7 日 00UTC の前 3 時間降水量と地表風。右) 300hPa 高度場と水平風ベクトル[1]。

図 2 に日本の南岸域(130-137 E, 30-33 N)で平均した各高度の水蒸気量と、北向き風速および水蒸気フラックスの鉛直プロファイル[2]を示す。北向き風速は 3km

より上で正となり、300hPa (約 9km) 高度で最大値となりこの高度においては非地衡風成分が 70% 近くを占めている。

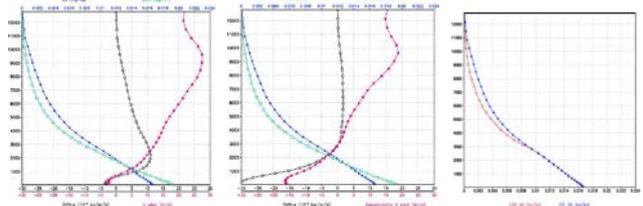


図 2 左) 10 月 7 日 00UTC の日本の南岸域(130-137 E, 30-33N) で平均した各高度の混合比(緑)と水蒸気量(青)、北向き風速(赤)および水蒸気フラックス(黒)の鉛直プロファイル。中) 同じく非地衡風成分。右) 感度実験における水蒸気プロファイル(赤) [3]。

## 3. 上層加湿の PRE へのインパクト

図 2 で示した日本の南岸域での南風成分における非地衡風の寄与分として、北向き非地衡風が正となる高度の水蒸気を図 2 右のように減らして、モデルを 00 UTC(FT=6)からリスタートし、降水がどう変わるかを調べた。図 3 は、標準実験における FT=6-12 の 6 時間の降水量(左上)と感度実験での降水の減少、および西日本(130-137 E, 31-34N)域で平均した 1 時間降水強度の時間変化である。下層の水蒸気を変えていないにもかかわらず、西日本の降水が減少しており、FT=8-9 では領域平均で約 30%に達している。モデルは積雲対流パラメタリゼーションを含んでいるが、降水量の減少はその殆どが雲物理過程によるもので、リスタート時に減らした水蒸気量を上回った。

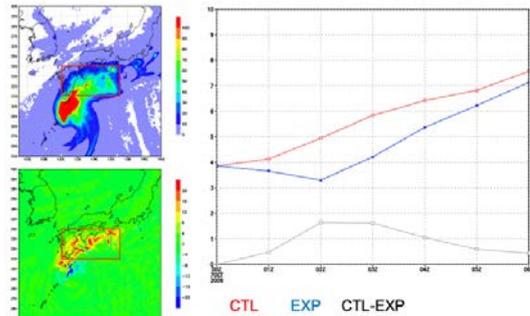


図 3 左上) 標準実験における FT=6-12 の 6 時間の降水量。左下) 感度実験における降水の減少。右) 西日本(130-137 E, 31-34N)域で平均した 1 時間降水強度の時間変化[3]。

#### 4. 非地衡風成分による鉛直流

図4左に2009年10月6日18UTCのメソ解析を初期時刻とするJMA-NHMによる9時間予報の積算降水量を示す。この時間の非地衡風の2次循環に伴う鉛直流を、非地衡風成分の水平発散をSaito(1994)[4]に基づき鉛直積分することにより求めた。図4右は高度約5kmの非地衡風成分とそれによる鉛直流の水平分布で、本州南岸で非地衡風成分による鉛直流が広く正の分布を示した。

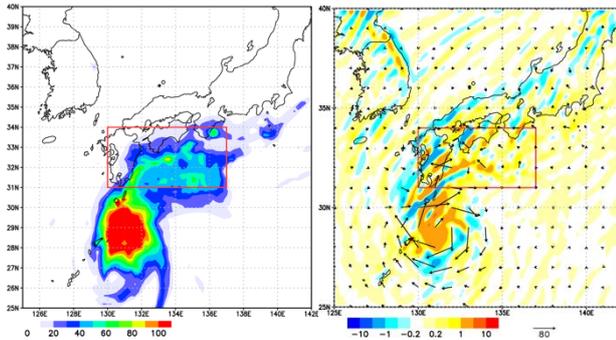


図4 左) 2009年10月6日18UTCを初期時刻とした9時間予報における積算降水量。右)  $z^*=5.05\text{km}$ の非地衡風成分(ベクトル)とそれによる鉛直流(カラーシェード、水平方向にスムージングをかけている)。

[3]で遠隔降水地域と定義した図4赤枠(130-137E, 31-34N)で平均した鉛直流は、再現実験3時間予報から12時間予報まで一貫して正であり(図5左)、鉛直方向には地上から対流圏界面付近まで非地衡風成分による鉛直流への大きな寄与が見られた(図5右)。

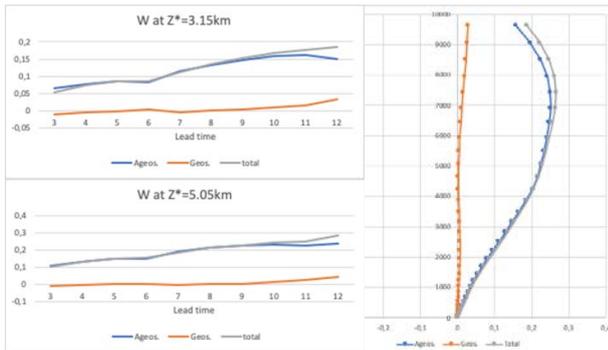


図5 図4赤枠領域で平均した標準実験による鉛直流。青が非地衡風成分、橙が地衡風成分、灰が合計。左上) FT=3-6の時系列、 $z^*=3.15\text{km}$ 。左下) 同じく $z^*=5.55\text{km}$ 。右) FT=9での鉛直プロフィール。

図5で示した非地衡風に伴う鉛直流は、降水によるフィードバックを含んでいるので、力学的成因による非地衡風の寄与を見積もるため、ドライモデルの結果についても解析した。非地衡風成分による鉛直流は、ドライモデル実験では大幅に弱くなるが、(図6)、高度8kmより下層では正となっており、力学的成因による

非地衡風の2次循環が降水を強化するのに寄与していることが示唆される。

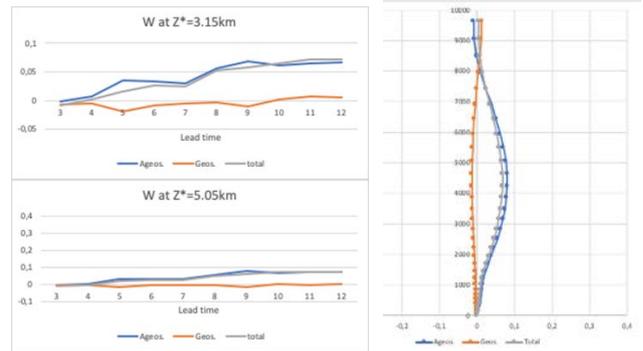


図6 図5と同じ。ドライモデル実験の場合。

今後、上層加湿による降水量増大の機構を雲解像モデルで調べるとともに、力学的成因による非地衡風による2次循環に伴う鉛直流が降水をどの程度強化しているかについて、感度実験で調べる予定である。

#### 参考文献

- [1] Saito, K., 2019: On the northward ageostrophic winds associated with a tropical cyclone. *SOLA*, **15**, 222-227.
- [2] Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita and Y. Honda, 2007: Nonhydrostatic atmospheric models and operational development at JMA. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85B**, 271-304.
- [3] Saito, K., and T. Matsunobu, 2020: Northward ageostrophic winds associated with a tropical cyclone. Part 2: Moisture transport and its impact on PRE. *SOLA*, **16**, 198-205.
- [4] Saito, K., 1994, A numerical study of the local downslope wind "Yamaji-kaze" in Japan, part 3: numerical simulation of the 27 September 1991 windstorm with a non-hydrostatic multi-nested model, *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 301-329.