

平成 30 年 8 月 29 日現在

機関番号：18001

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K13884

研究課題名(和文) 波しぶきの水平移流が促す台風急発達

研究課題名(英文) Horizontal transport of sea spray droplets intensifying tropical cyclones

研究代表者

伊藤 耕介 (ITO, Kosuke)

琉球大学・理学部・助教

研究者番号：10634123

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：通常は、風が吹いた地点で水蒸気が供給されるという仮定のもと、数値天気予報が行われている。しかし、現実の多湿な台風状況下では、水滴の蒸発には数十秒～数分間かかるため、波しぶきが発生したあと、台風の中心に向かう吹き込みで数キロほど運ばれながら、徐々に大気を湿らせていくと考えられる。台風の強さは水蒸気供給が起こる位置に鋭敏であることから、本研究では、これまで無視されてきた波しぶきの移動が、台風強度にどれだけ影響するのかを理想化された数値実験により評価した。本研究の結果、非常に猛烈な台風の場合、波しぶきの移動により、発達率が大きくなり準定常状態の台風の中心気圧も10 hPa程度低下することが分かった。

研究成果の概要(英文)：Conventional models assume that surface evaporation depends on local physical variables. However, sea spray droplets can remain suspended in the air for several minutes before evaporating under humid conditions in a tropical cyclone (TC). Therefore, spray-mediated evaporation could occur about a few kilometers away from the spray genesis location according to a boundary layer inflow toward the TC center. Because the TC intensity depends on the location in which the evaporation occurs, we conducted a numerical simulation with an idealized atmospheric model that can consider both droplet flight duration and evaporation timescale. As expected, the minimum sea level pressure of a violent TC decreased became strong on the order of 10 hPa in a quasi-steady state and intensification rate became large when the transport of sea spray droplets was incorporated.

研究分野：気象学

キーワード：台風 波しぶき 数値モデル

1. 研究開始当初の背景

- (1) 台風の強度は自然災害学上・地球科学上の重要なテーマだが、予測が難しいとされている。近年、台風の発達率や強度は、水蒸気の凝結が起きる水平位置に非常に鋭敏であることが分かってきたため、台風状況下の海面での水蒸気供給過程を精緻にモデル化することで強度はより正確に表現されることが考えられる。
- (2) 現在、数値モデルでは、強い風が吹くとその地点で水蒸気量が局所的に増えると仮定するバルク法が一般的に用いられている。しかし、現実の台風状況下においては、台風中心に向かう風速 20m/s にも達する吹き込みがあり、砕波によって生じた波しぶきが浮遊している。多湿な状況下での蒸発には、一定の時間がかかるため、現実の波しぶきに伴う水蒸気供給は、強風が吹いたところよりも吹き込みに流されて数キロほど中心に近いところで、湿っていくはずである。従来のバルク法ではこの効果を見逃しているため、台風強度が適切に再現されていない可能性がある。

2. 研究の目的

- (1) 従来、数値モデルにおいて無視されてきた「波しぶきの輸送」を考慮することにより、台風強度がどのように変化するのかを定量的に評価する。
- (2) ただし、現実の台風状況下における波しぶきの輸送を定量的に観測することは現時点で困難であるため、様々な条件を想定した数値実験を行う。

3. 研究の方法

- (1) 軸対称性を仮定した数値モデルを用い、台風を模した渦に関する数値実験を行う。この中で、従来型の水蒸気供給過程を採用した場合と波しぶきの生成を踏まえた水蒸気供給過程を採用した場合で台風強度がどのように違うのかを比較する。

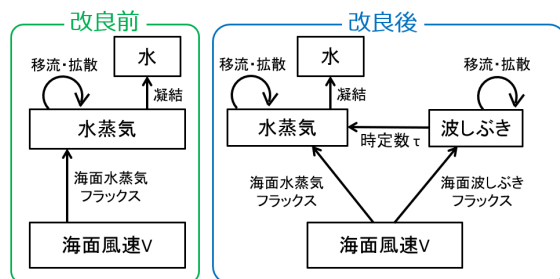


図 1. 波しぶきのモデル化の概要

- (2) そのために、波しぶきという新たなカテゴリーをモデルの変数に追加する。波しぶきは海面付近で風が吹いた際に生成され、一定時間を掛けて水蒸気に転化すると仮定する(図 1)。このモデル化を大気モデルに実装することで、急発達が促されるかどうかを数値計算によって明らかにする。
- (3) 蒸発にかかる時間は Andreas の微物理モデルに基づいて計算するものとし、波しぶきのサイズは代表粒径を 60 μm 、塩分は 34 psu であるとする。計算には、湿度・気温・海面水温・気圧が必要となるが、これらの量は大気モデルの出力を与える。
- (4) 簡単のため、海面水温は 28 で固定する。また、条件を変えた様々な実験を行う。信頼できる結果を得るために、90 メンバーのアンサンブル計算を用い、その平均値を結果として示す。

4. 研究成果

- (1) Rotunno と Emanuel により開発された軸対称台風モデルに Andreas の波しぶきの微物理モデルを組み込んだところ、台風状況下での多湿な状況下(相対湿度 90% 以上)において、波しぶきの蒸発にかかる時間は数分程度のオーダーであることが明らかとなった。
- (2) 水蒸気供給のうち半分が波しぶきによるものであるとして、その輸送される速度が風速と同じであると仮定した実験(SS050)では、波しぶきがないと仮定した実験(NoSS)に比べて、台風が強くなり、準定常状態においては、10 hPa 程度の強化が見られた。発達期においてもその影響は見られたが数 hPa にとどまり、準定常状態に比べるとその影響は小さかった(図 2)。準定常状態の台風強度について、両側検定を施したところ、NoSS と SS050 の台風強度の差は 99.9%で統計的に有意であった。
- (3) 波しぶきを介した水蒸気供給の割合を 25%や 100%に変化させて数値実験を行ったところ、波しぶきの割合が多い場合の方が、台風強度が強められることが分かった。また、波しぶきの輸送速度が風速の半分であると仮定した場合には、台風強化への影響は小さくなった。また、一般的な台風の強さに関しては、波しぶきの輸送の影響は大きくなかったが、猛烈な台風に対しては台風を強める働きがあることが分かった。

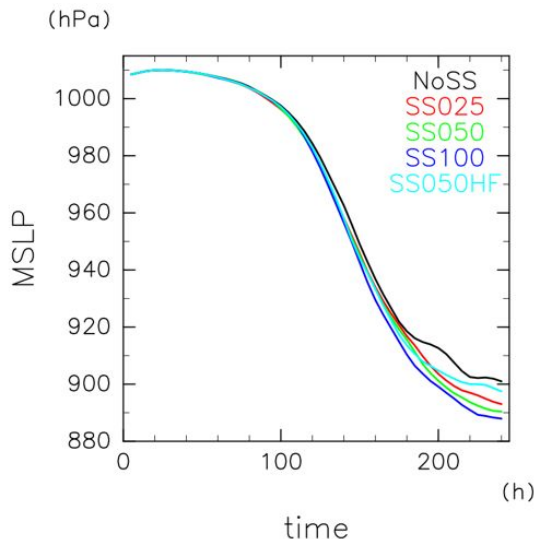


図2 台風の中心気圧の時系列。NoSS は波しぶきを考慮していない実験、SSxx は水蒸気供給に占める割合が xx%とした実験を表す。SS050HF は波しぶきの輸送速度が風速の半分であると仮定した実験。

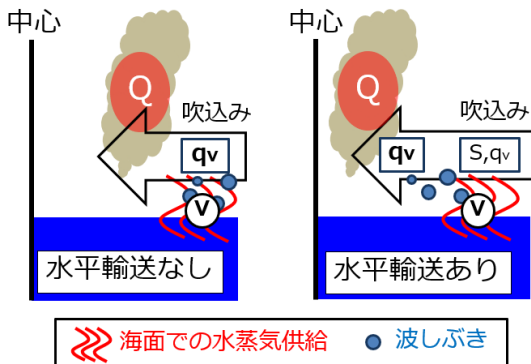


図3. V の地点で吹いた風によって生成された波しぶき輸送が台風構造に及ぼした影響を表す模式図。Q は凝結によって、強い上昇流を生み出す活発な対流活動域を表す。S は波しぶき、qv は水蒸気を表す。

(4) 波しぶきを導入したことによる構造の変化について解析を進めたところ、波しぶきを導入した場合には、台風の中心付近で水蒸気が多くなるような分布に変化し、それに伴って、活発な対流活動も中心に近づいていた(図3)。また、波しぶきの割合を多くした実験ほど、最大風速半径が小さくなっており、角運動量保存の法則に基づいた最大風速の強化とも整合的であった。これは、中心により近いところで水蒸気が生成され、強い上昇流が生じるようになったことで、空気塊がより中心に近いところに向かって流れ込むこととなり、最大風速半径が小さくなったものとして説明できる。

(5) この仕組みを 3 次元非静力学モデル

JMA-NHM にも実装し、現実的なシミュレーションにおいても波しぶきの輸送を考慮できるようにした。

(6) 以上の研究結果を、アメリカ気象学会のハリケーンカンファレンスや日本気象学会の 2017 年度春季大会などの主要な国内・国際学会で発表した。また、主要な成果をまとめた論文は国際誌に投稿し、改訂中の状態である(2018 年 6 月現在)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

伊藤耕介, 山口宗彦, 沢田雅洋, 2018: 高解像度大気モデル及び大気海洋結合モデルを用いた北西太平洋全域台風予測実験, 気象研究所研究報告, 67, 15-34.

[学会発表](計 10 件)

Ito, K., S. Kanda and N. Takagaki: Sea Spray Transport Intensifying Tropical Cyclones, 33rd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Florida, April 2018.

Ito, K., S. Kanda and N. Takagaki: Transport of sea spray intensifying tropical cyclones, ICMCS-XII, Taipei, October 2017.

Ito, K.: Tropical cyclone forecasts with a JMA-NHM-based coupled model, International Science Forum on the South China Sea, Taipei, September 2017.

Ito, K., M. Sawada and M. Yamaguchi: Tropical cyclone intensity forecasts in the Western North Pacific with a high-resolution coupled model, AOGS annual meeting, Singapore, August 2017.

Ito, K., S. Kanda and N. Takagaki: Horizontal transport of sea spray droplets intensifying tropical cyclones, AOGS annual meeting, Singapore, August 2017.

伊藤耕介: 台風物理学の基礎とその応用としての予測, GFD セミナー, 支笏湖休暇村, 2017 年 8 月.

伊藤耕介: 台風の予測をするということ,
科学基礎論学会, 琉球大学, 2017年6月.

伊藤耕介, 神田昇汰, 高垣直尚: 猛烈な
台風の強度に関する「波しぶき水平輸
送」仮説, 日本気象学会春季大会, 東京,
2017年5月.

Ito, K., S. Kanda and N. Takagaki:
Transport of suspended sea spray
droplets intensifying tropical cyclones,
JpGU-AGU joint meeting, Makuhari,
May 2017.

伊藤耕介: 波しぶきの移流が促す台風の
強化, 低気圧と暴風雨に係るワークショ
ップ2017, 福岡, 2017年2月.

〔図書〕(計1件)

伊藤耕介, 2017: 天気予報とデータサイ
エンス, 岩波データサイエンス Vol. 6,
岩波書店, 107-120.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 耕介 (ITO, Kosuke)
琉球大学・理学部・助教
研究者番号: 10634123

(2) 研究協力者

高垣 直尚 (TAKAGAKI, Naohisa)
兵庫県立大学・工学部・助教