

第II部門

大気気候・スラブ海洋・波浪結合モデルにおける海水温低下バルク式を用いた台風強度特性

京都大学工学部	学生員	○浦野 大介
京都大学防災研究所	正会員	志村 智也
京都大学防災研究所	正会員	森 信人
気象庁気象研究所	非会員	水田 亮

1. 研究目的 我が国における気候変動に関する自然災害の影響評価研究には、気象研全球大気気候モデル (Atmospheric Global Climate Model : AGCM) による気候計算結果が多く用いられている。AGCM の予測結果は、温暖化が引き起こす様々な影響や適応策へ用いられているため、予測精度の向上は重要である。しかしながら、現行の AGCM では、海面水温は下部境界条件として与えられるため、海洋の影響が考慮されていない。特に問題なのは、台風の目の周辺海域で吹く強風による海洋の混合、特に海面水温の低下とこれによる熱供給の減少、結果とした台風の強度の低下が考慮されていない点である。

本研究では、スラブ海洋モデルおよび波浪モデルを用い、風速に依存した海水温低下と波浪の影響を考慮した大気海洋波浪結合モデルを開発し、現行の AGCM と比較を行うことで台風強度特性について数値解析を行った。

2. 海水温冷却係数 X_{cool} の推定 海洋にはスラブ海洋モデルを用いた。この中で大気海洋相互作用を簡易に再現するため、風速に依存した海水温低下式(Zarzycki, 2016)を用い、特に式内に含まれる海水温冷却係数 X_{cool} の最適化を行った。最適化に用いたデータは、大気再解析モデル JRA-55 の風速、熱フラックスと海洋再解析モデル FORA-WNP30 の海面水温である。解析対象は北西太平洋において発生した台風周辺環境場であり、FORA-WNP30 に合わせて、対象期間を1982年から2012年とした。

最大発達時の台風中心周りの冷却係数と風速の関係を解析し、冷却係数を海上風の関数と仮定して非線形最小二乗近似し、回帰式を求めた。このとき、風速に閾値を設け、ある風速以下では海面水温が低下せずに冷却係数が0に漸近し、高風速時に上昇、やがて飽和する過程を行い、3種類の回帰式を求めた。図1に示すように、風速依存度の異なる3つの式(図中の赤、青、紫)が提案した冷却係数についての関係式であり、Zarzycki (2種類の黒線) より高風速時の海水温低下量が大きくなった。これ以降の解析においては、3種類の回帰式を SLAB-1,

SLAB-1b, SLAB-3 と表記する。

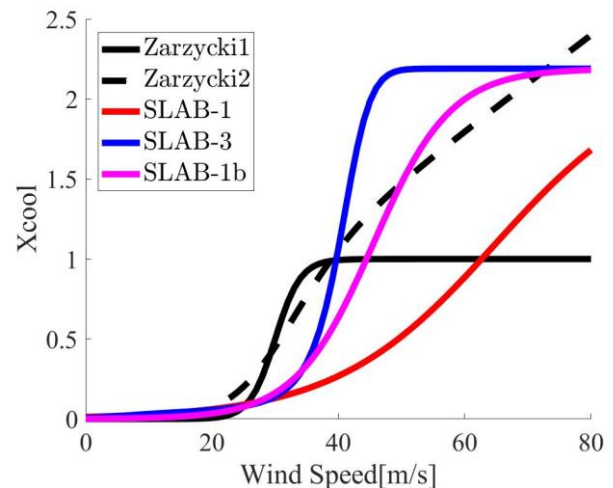


図1 風速と冷却係数の関係 (黒線 : Zarzycki, 2016)

3. モデル間台風特性の比較 オリジナルの AGCM (No SLAB) に加え、スラブ海洋モデルに3種類の海水温冷却係数を用いた大気海洋結合モデル (SLAB-1, SLAB-1b, SLAB-3), さらに第3世代波浪推算モデル WaveWatch III (WW3) を用いた大気波浪結合モデルおよび大気海洋波浪結合モデル (No SLAB + WW3, SLAB-3 + WW3) の合計6モデルを用い、特定の台風に着目した数値実験を行った。比較対象としたのは、1994年9月18日に発生し、30日に消滅した台風26号 (Orchid) である。

台風の発達経路について、衛星データ (国立情報学研究所のデジタル台風DB) と比較すると、観測に比べてやや西に進路が逸れるが、モデル間においては大きな違いは表れず、発達時の最低中心気圧に差が生じる。また、図2に示す台風中心の上向き熱フラックス、風速の空間分布のモデル間の比較から、どちらも進行方向が北向きにもかかわらず、ピークの位置に違いが出る。一般的に、台風周辺の風速のピークは、台風自体の風と、台風を移動させる気候場の風の合成により、進行方向に対して右側に生じる。しかし、No SLAB ではその傾向が明確には表れず、不自然な構造を示す。今回の海水温低下式では、風速の強さに応じて重みをつけているため、熱フラックスの変化を通して、風速分布まで大きな影響を与えている。

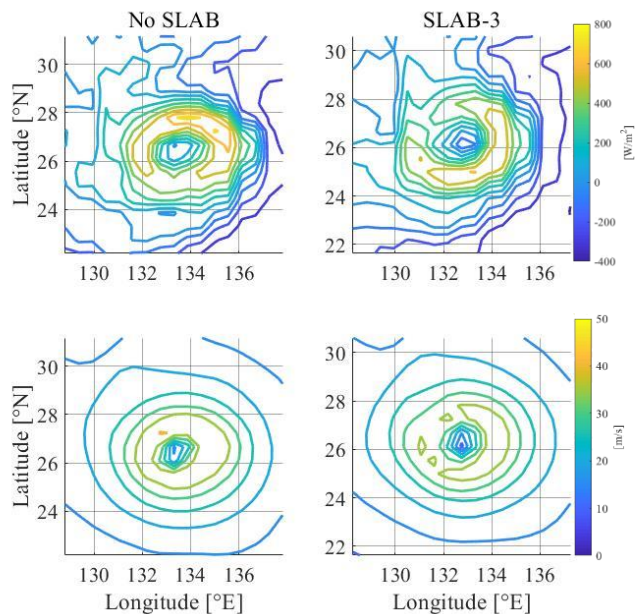


図2 台風周辺構造の違い（上：熱フラックス，下：風速，左：SLAB 無，右：SLAB 有）

次に、各モデルが台風と与える影響について、台風の強度の時間変化から比較を行った。図3 上は、台風中心周りに半径 400km 範囲内の上向き熱フラックス平均を No SLAB との差で表しており、単位は $[W/m^2]$ である。下は、同範囲における風速を面積積分したものであり、台風が保有する海上の風速強度を表す。これより、スラブ海洋結合モデルでは、台風の発達に伴い、熱フラックスが減少し、風速強度が低下することがわかる。一方、波浪モデルの影響は粗度（海面摩擦）を低下させ、風速が大きくなるため、波浪結合モデルでは風速強度が大きくなる。また、本来ならば SLAB-3 が最も海水温低下が大きいとしてパラメタリゼーションを行っているため、それに伴い台風強度が小さく出ること想定しているにもかかわらず、実際は SLAB-1b の強度が最も小さく出ており、この結果の詳細な解析については今後の課題である。

4. 気候計算を用いた感度解析 大気気候・スラブ海洋結合モデルを用いて気候計算を行い、オリジナルの AGCM と比較をすることで、長期的な台風の感度解析を行った。北半球で台風が発生する期間、6～10 月の期間を対象に SLAB-3 を用いて気候計算を行った。全球範囲で計算を行ったが、海水温冷却係数の最適化および台風抽出のチューニングを北西太平洋に合わせているため、北西太平洋に限定して考察を行う。図4に示すのは、北西太平洋における、台風の最低中心気圧に関する累積確率密度分布（CDF）である。No SLAB の結果は、強い中心気圧を持つ台風の出現頻度が高く、強度の大きな台風の割合が、観測に比べ高いことがわかる。それに対し SLAB-3 では、観測に近い形状を示し、台風の強度別発

生割合の精度が向上した。また、最大風速と最低中心気圧の関係は、スラブ海洋モデルを結合しても変わらず、単純に強度とこれに関係する風速が小さくなり、台風気候値として整合性が取れた結果となっている。台風以外の気候平均値の変化についても解析した結果、日本の北部において気温、水温の $1^{\circ}C$ 以上上昇など、台風周辺以外にも大きな影響を及ぼすと言える。

5. 結論 海水温低下式および波浪モデルを用いた大気気候・スラブ海洋・波浪結合モデルを開発し、モデル間で比較を行うことで台風の強度特性について解析を行った。海水温低下式を与えることで、台風の強度は低下傾向にあり、実際に観測された台風の特性に近づいた。最大風速と最低中心気圧の関係に対して与える影響は小さくなく、台風の強度に対してのみ影響を与えるモデルが開発された。

6. 参考文献 1) Colin M. Zarzycki (2016) : Tropical Cyclone Intensity Errors Associated with Lack of Two-Way Ocean Coupling in High-Resolution Global Simulations

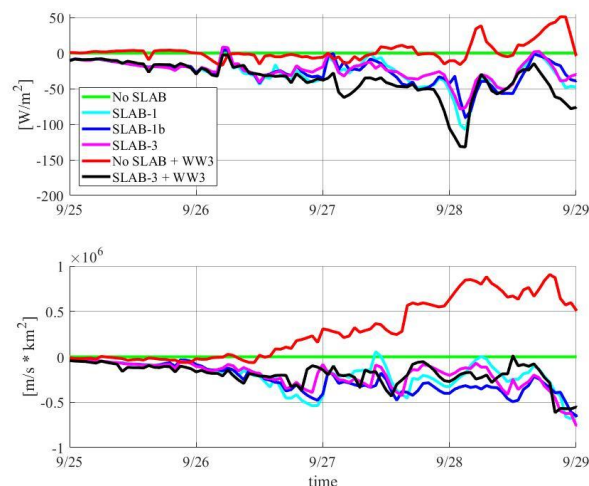


図3 台風強度の時間変化（上：熱フラックス，下：風速強度）

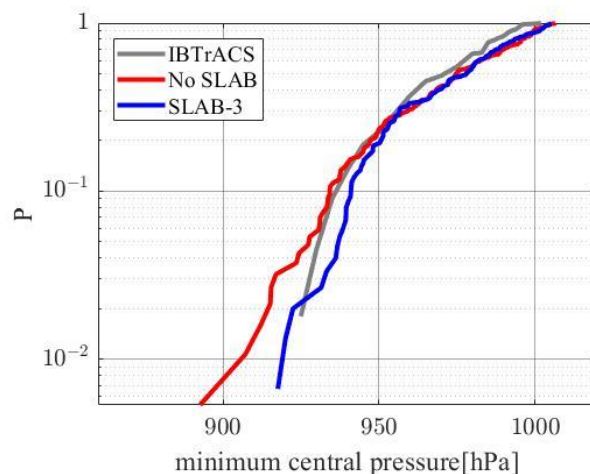


図4 最低中心気圧の累積確率密度分布