

# 論文内容の要旨

論文題目 地球温暖化対策の統合評価に向けた気候予測法の構築

氏名 筒井 純一

地球温暖化の情報には、CO<sub>2</sub>等の排出量に関わる経済やエネルギー技術の発展経路から、地球・地域規模の気候変化と影響に至るまで、様々な不確実性が含まれる。本研究では、不確実な情報の下での行動計画に向けた意思決定を支援するために、日本に影響する台風に着目して、地球温暖化の問題を統合的に評価するための枠組を構築した。統合評価の基盤となるのは簡易気候モデルと熱帯低気圧の理論モデルである。この組み合わせにより、気候予測に関わる様々な不確実性を合理的に扱うことが可能となる。本研究の成果は、独自の視点から最新の科学的知見を集約・反映するために新しいモデルを開発したこと、およびその出力結果から台風に伴う暴風雨の変化を評価するスキームを考案したことに集約される。

開発した簡易気候モデルは、炭素循環モデルと気候変化モデル、および温度変化などの空間分布情報を導出するパターンスケールリングで構成され、それぞれの要素に2007年のIPCC第4次評価報告書の段階までの科学的知見が反映されている。核となる炭素循環モデルで計算されるCO<sub>2</sub>排出量と濃度の関係は、21世紀の変化傾向のみならず、過去の実績値との比較や1000年規模の変化についても最新の知見と整合する。また、他の類似モデルにない実用上の利点として、濃度から排出量を求めるインバージョン計算に対応し、さらに、炭素循環の平衡状態を解析的に評価する機能を有している。これらの機能は、目標とする気候安定化を達成する

排出経路の検討に役立てられる。

地球温暖化に関する科学的知見は、複雑な気候モデルの高度化とともに発展し、詳細な気候予測は、標準的な排出シナリオに対する多数の気候モデル実験の結果として得られる。この結果を将来の様々な発展経路に対して一般化し、統合的観点から情報を付加するのが簡易気候モデルの役割である。本研究で考案した台風の変化を評価するスキームは、その付加情報の一つとして、現象に即した理論的考察を基に、多数の気候予測結果を解釈・応用する手法と位置づけられる。

台風等の熱帯低気圧の経年変化は自然の変動が卓越する。地球温暖化による変化については、複雑な気候モデルによる数値実験で活発に研究されているが、統合的理解に向けた情報源としては必ずしも十分ではない。本研究では、広範囲にわたる既往研究を勘案し、熱帯低気圧の強度を左右する大規模な熱環境の変化に注目した。この点については、熱帯低気圧の最大潜在強度の理論が活用でき、強度の変化が海面水温と上空の気温の変化から評価される。さらに、降水極値を評価する理論式と組み合わせ、熱帯低気圧に関わる影響評価に必要な情報を導出することも可能となる。

日本に接近・上陸する台風は、中心気圧で表される最大潜在強度が、 $1^{\circ}\text{C}$ の海面水温上昇によって平均的に6.7 hPa 低下すると評価された。変化の大きさは上部対流圏の温度偏差に依存し、この数値は多数の気候モデル実験で得られる平均的な温度偏差に対応する。モデル間のばらつきを考慮すると、気圧低下は0.6 hPa から12.0 hPa の範囲となる。中心気圧深度（周辺環境と中心の気圧差）で表される強度の平均変化率は、0.5、1.0、および $2.0^{\circ}\text{C}$ の海面水温上昇に対して、それぞれ3.6%、8.4%、および19%である。この結果は観測や数値実験に基づく既往研究と整合的である。また、比較的高緯度の日本の本土に近いところでは、台風の発達に適する海域や季節が、地球温暖化によって拡大する傾向も示唆された。

この評価手法とパターンスケールリングを組み合わせ、過去の顕著な台風に対して、温暖化した環境の最大風速や降水極値の変化率が、全球平均の温度上昇の関数として定式化される。本研究では、日本に上陸して顕著な大雨をもたらしたFlo（1990年の第19号）を顕著事例として取り上げた。現状から全球平均で $1^{\circ}\text{C}$ 昇温した場合（2040年頃に相当）Floと同程度の台風は、強度が6.5% [-1.6%, 12.2%] 増加し、降水極値が9.3% [4.7%, 12.4%] 増加すると見込まれる（[ ]内は不確実性の幅）。降水極値の変化については、水蒸気量の増加による熱力学的寄与が $1^{\circ}\text{C}$ の昇温で5.6%と見込まれ、台風強度に関係する不確実性の幅が相対的に小さい。

過去の顕著な台風は、構造物の設計外力や防災対策の指針などに反映されてきた。本手法は、任意の昇温量に対する変化を直ちに算出できるため、構造物の設計外力などに応用する際も、耐用年数に依らず、将来の様々な発展経路の可能性に対して一般的に利用できる。得られた結果は、地球温暖化の適応策に直結し、定量化された不確実性の情報はリスク管理にとって有用である。さらに、排出シナリオと台風強度の不確実性の比較から、地球温暖化の緩和策も考慮した上で、実施すべき施策の優先度を評価するための基礎情報も得られる。

本研究では、地球温暖化による熱帯低気圧の変化として、合理的な根拠のある強度のみを扱った。強度以外の要素については、自然の気候変動の理解、ならびに気候予測技術の向上に合わせて、今後検討すべき課題である。簡易気候モデルも含め、本研究で構築した気候予測法は、気候科学と地球温暖化対策との橋渡しの役割を担っている。気候科学の高度化とともに、その役割は今後益々重要になり、さらなる発展が期待される。