

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	いとう こうすけ 伊 藤 耕 介
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 23 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
(学位論文題目) 台風強度の再現性向上に関する アジョイント手法を用いた基礎的研究	
論 文 調 査 委 員	(主査) 淡路 敏之 教授 (副査) 余田 成男 教授 (副査) 里村 雄彦 教授

理 学 研 究 科

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	伊藤 耕介
論文題目	台風強度の再現性向上に関するアジョイント手法を用いた基礎的研究		
(論文内容の要旨)			
台風モデルの研究は気象力学における重要なテーマであり、防災上や近年の地球温暖化等による台風への影響評価を行う上でも、研究の進展が待たれている課題である。本研究では、その中でも重要な台風強度の再現性に焦点をあて、最新の4次元変分法データ同化手法を用いて、台風モデルの性能の向上と大気海洋間交換過程の精緻化を一体的に目指す新しいアプローチを行っている。 台風の強度は一般に、強風状況下での海面からの熱・水供給と海面摩擦に大きく依存していると考えられているが、強風を伴う台風の中心付近の観測は難しく、とりわけ海面付近の直接観測は極めて困難な現状にある。申請者は、従来、主としてモデル計算の初期値の改善に用いられてきたアジョイント法と呼ばれる4次元変分法データ同化手法の特性を生かして、観測可能な上空の物理情報を用いて、海面における大気海洋間熱・水・運動量バルク交換係数を最適化できるよう、アジョイント同化手法の機能の拡充を試み、バルク・パラメタリゼーションの不確定性の減少と効果について調べた。その結果、航空機観測によって入手可能な台風域の上空のデータを用いれば、海面交換係数は適切に修正され、台風強度の再現性は向上することを初めて示した。この成果は、人工衛星観測等により観測量が飛躍的に増加している上空環境場のデータから、複雑でかつ観測の難しい海面過程の不確定性を減少させる一つの有力な方法を示したものと言える。 申請者はさらに進んで、うねりや暖水渦の存在に起因する海面フラックス変動が、台風の最大風速に与える物理過程を明らかにするために、アジョイント方程式を用いた新たな解析を行った。まず、アジョイント方程式を用いて時間軸後方積分を行う新たな感度解析法を定式化し、最大風速の変化に寄与する物理場を過去へ遡ることによって、海面から壁雲近傍への水蒸気供給が多くなると、凝結熱偏差に起因する温位変化によって浮力が変化し、最終的に質量バランスを満たすよう、水平風速場が変化するという物理過程の存在を突き止めた。このようなアジョイント感度解析は、パラメータスイープ法による従前の感度解析が離散的であるのに対して、連続系で行えるという利点があるだけでなく、アジョイント方程式のタームバランス解析を行うことによって、ある半径より内側では海面熱フラックスが多いと最大風速は増加するが、その外側では少ないほうが最大風速は強まるという、クリティカルな点の存在を指摘する等、本研究で開発されたアジョイント感度解析は新たな物理機構の発見や構造の理解に役立つ優れた解析手法であることを実証した。			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

台風は代表的なメソスケールの気象現象であり、またロスビー波等の励起を介して広範囲の気象状態に影響を与えるため、古来より気象力学の重要な研究テーマである。また、近年の地球温暖化等に伴い、台風の強大化が懸念されるなど、温暖化の影響評価や防災上の観点からも、台風モデルの精緻化や予測性能の向上は、社会的関心の高い研究課題である。本研究は、その中でも重要な台風強度の再現性に焦点をあて、最新の4次元変分法データ同化手法を用いた新たなアプローチを開発して、モデル性能の向上と大気海洋間交換過程の精緻化を試みた。

一般に、台風の強度は、強風状況下での海面からの熱・水供給と海面摩擦に大きく依存していると考えられているが、強風を伴う台風の中心付近の観測は難しく、とりわけ海面付近の直接観測は現状では極めて困難である。申請者は従来、主としてモデル計算の初期値の改善に用いられてきたアジョイント法と呼ばれる4次元変分法データ同化手法の特性に注目し、軸対称台風モデルを用いて、観測可能な上空の物理情報から、海面における大気海洋間熱・水・運動量バルク交換係数の値を最適化できるよう、機能を拡充して、変分問題を定式化し、双子実験によりバルク交換法の不確定性の減少とそれによるモデルの再現性の向上について調べた。その結果、航空機観測により入手可能な上空のデータを用いれば、海面交換係数は適切に修正され、台風強度の再現性を向上できることを示すことに成功した。この成果は、人工衛星観測等により観測量が飛躍的に増加している上空環境場のデータから、複雑でかつ観測の難しい海面過程の不確定性を減少させ、それによって予測精度を向上させることが可能であることを示すもので、今後の3次元モデルによる現実系での台風のオペレーション予測に貴重な示唆を与えるものと評価できる。

申請者はさらに、うねりや暖水渦の存在に起因する海面フラックス変動が、台風の最大風速に影響を与える過程を明らかにするために、アジョイント方程式を用いて時間軸後方積分を行う新たな感度解析を試みた。具体的には最大風速の変化に寄与する物理場を過去へ遡ることによって、海面から壁雲近傍への水蒸気供給が多くなると、凝結熱偏差に起因する温位変化によって浮力が変わり、最終的に質量バランスを満たすよう、水平風速場が変化するという、水蒸気混合比の変化が接線風速に影響を及ぼす物理過程の存在を明らかにした。このようなアジョイント方程式を用いた感度解析は、従前のパラメータスイープ法による感度解析が離散的であるのに対して、連続系で行えるという利点があるだけでなく、アジョイント方程式のタームバランス解析から、ある半径より内側では海面熱フラックスが多いと最大風速は増加するが、その外側では少ないほうが最大風速は強まるという、クリティカルな点の存在を指摘するなど、申請者が開発したアジョイント感度は新たな物理過程の発見や物理構造の理解に役立つ優れた解析手法であると認められる。

以上のように、本研究は、アジョイントデータ同化手法を軸対称台風モデルに適用することにより、海面における熱・水・運動量交換過程の精緻化とそれによる台風強度の再現性の改善が可能で、今後の3次元モデルによる現実系での台風予測の向上に新たな道筋を与える貴重な基礎的研究であると言える。また、新規性の高い感度解析を行い、海面フラックスの変動が台風強度の変化にいたる物理過程に新たな知見を与える意義のある研究である。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降