

氏 名	こ 小 守 信 正
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2453 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 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	TOPEX/Poseidon 海面高度計データを用いた日本南岸黒潮変動の短期 予測に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 淡 路 敏 之	教 授 木 田 秀 次	助教授 秋 友 和 典
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

日本周辺海域において顕著な変動を示す黒潮は、亜熱帯循環域と亜寒帯循環域間の熱や物質の交換に大きな役割を果たしていることから、その流速場の過去と現在の状態を記述する客観解析データの作成及び未来の状態を推定しえる予測手法の開発が求められている。特に、日本東方海域で沈み込む水塊特性に日本近辺での一ヶ月から数ヶ月程度の黒潮変動が重要な影響を与えている可能性を指摘した近年の研究結果をふまえると、黒潮変動の短期予測を可能にすることは、黒潮による熱・物質分配を理解する上で大きな意義がある。本研究は、海況の同定・記述及びその予測に有効なアプローチとして急速に関心を集めつつあるデータ同化手法を用いて、観測データと数値モデルの双方の利点を融合したデータ同化システムを構築し、日本南岸における黒潮流路変動の現況解析と短期予測に関する具体的な可能性を調べた。

まず、非線形性の強い西岸境界流の初期値化には従来の最適内挿法は不十分であるため、非線形のモデル力学を弱い制約条件として含む同化手法を用いて、現場観測データと TOPEX/Poseidon 海面高度計データから得られた1993年から1997年までの絶対海面力学高度データを15日毎に高分解能の1.5層プリミティブ方程式モデルに同化することにより、5年間の時系列解析データを作成することに成功した。得られた解析場は、例えば、観測された流路変動の大きさが遠州灘沖の黒潮流軸緯度で0.5°、八丈島の潮位で30.7cmであったのに対し、解析値と観測値のrms差はそれぞれ0.3°と11.4cmであるなど、この期間に観測された黒潮流路変動を良く再現しており、通常のシミュレーションによる非同化のハインドキャスト結果の精度を遙かに凌ぐものであることを示した。

次に、得られた解析データを初期条件として黒潮流路変動に関する116例の90日予測実験を行い、同化システムの短期予測精度とその統計的性質の評価を試みた。予測場の平均成分と解析場の平均成分の間には九州南東域でバイアスが存在するものの、日本南岸域での力学予測の精度は持続予報実験のそれよりもはるかに高く、とりわけ黒潮流路が遠州灘沖で大振幅の蛇行に発達する過程に関しては、蛇行の振幅及び東進速度とも観測結果と極めてよく一致し、高精度の短期予測に成功した。さらに、解析場の変動の大きさととの比較から、日本南岸での黒潮変動の予測精度は流路変動の状態に依存していることを見い出し、その原因を流路変動に関する渦度バランスを解析することによって調べ、渦度場の時間変化が非線形の移流により支配されている場合には、90日間の力学予測でさえ可能であるが、モデルでは分解できない過程が渦度場の時間発展に決定的であり、かつその効果が一回のデータ同化による初期値化では再現できない程度に持続する場合には、予測可能な期間は一ヶ月程度と悪化するため、結果として初期値化後60日程度まで統計的に予測可能であることを明らかにした。加えて、数値モデルの改良によって予測期間が改善される可能性を示すとともに、マップ化された海面高度計データではなく、軌道沿いのデータを同化しても同様の結果が得られることを、その理由も併せて示している。

以上の研究結果は、データ同化が最も難しい強非線形の西岸境界流域における現実的に有効な現況解析・短期予測システムを構築し、かつその解析精度と力学予測の限界を初めて示した点で貴重な研究成果である。

論文審査の結果の要旨

日本周辺海域において顕著な変動を示す黒潮は、亜熱帯循環域と亜寒帯循環域間の熱や物質の交換に大きな役割を果たしており、また西岸境界流の非線形力学特性の解明に格好の研究対象であることから、その流速場の過去と現在の状態を記述する客観解析データの作成と未来の状態を推定しえる予測手法の開発が求められている。特に、黒潮変動に関する近年の興味深い研究結果、すなわち、日本南岸における黒潮流路の遷移に数ヶ月程度の短期的な流速・流量変動が深く関与しており、また日本東方海域で沈み込む水塊の特性に日本近辺での一ヶ月から数ヶ月程度の黒潮変動が影響を与えている可能性が指摘されている点をふまえると、黒潮変動の短期予測を可能にすることは、黒潮による熱・物質分配を理解する上で大きな意義がある。黒潮の流速場の推定は、これまで観測に基づく帰納的な手法と数値モデルによる演繹的な手法によってなされてきたが、船舶観測で得られるデータは断片的であり、また人工衛星による観測では西岸境界流の構造を分解できるまで衛星の軌道間隔と繰り返し周期の両方を同時に短縮させることは困難である。一方、数値モデルは時空間分解能を高め、しかも全格子点において物理量を求めることができるという利点があるものの、現実の海洋の物理過程の再現性や不正確な初期条件・境界条件に起因する問題があり、特に非線形性の強い黒潮域での瞬間場の再現性は高いとは言えない状況にある。

申請者は、この問題を解決するために、海況の同定・記述及びその予測に有効なアプローチとして急速に関心を集めつつあるデータ同化手法を用いて、観測データと数値モデルの双方の利点を融合したデータ同化システムを構築し、日本南岸における黒潮流路変動の現況解析と短期予測に関する具体的な可能性を調べた。

まず、非線形性の強い西岸境界流の初期値化には従来の最適内挿法は不十分であるため、非線形のモデル力学を弱い制約条件として含む同化手法を用いて、現場観測データと TOPEX/Poseidon 海面高度計データから得られた1993年から1997年までの絶対海面力学高度データを15日毎に高分解能の1.5層プリミティブ方程式モデルに同化することにより、5年間の時系列解析データを作成した。得られた解析場は、この期間に観測された黒潮流路変動を良く再現しており、例えば、観測された流路変動の大きさが遠州灘沖の黒潮流軸緯度で 0.5° 、八丈島の潮位で 30.7cm であったのに対し、解析値と観測値の rms 差はそれぞれ 0.3° と 11.4cm であった。この結果は通常のシミュレーションによる非同化のハインドキャスト結果の精度を遙かに凌ぐものである。

申請者は次に、得られた解析データを初期条件として黒潮流路変動に関する116例の90日予測実験を行い、予測場の平均成分と解析場の平均成分の間には九州南東域にバイアスがみられたものの、日本南岸域における力学予測の精度は持続予報実験のそれよりもはるかに高く、とりわけ黒潮流路が遠州灘沖で大振幅の蛇行に発達する過程に関しては、蛇行の振幅及び東進速度とも観測結果と非常によく一致するなど、これまでにない高精度の短期予測に成功した。さらに、解析場の変動との詳細な比較検討を行って同化システムの統計的な性質を調べた結果、日本南岸での黒潮変動の予測精度は流路変動の状態に依存することを見出し、その物理特性を流路変動に関する渦度バランスを解析して明らかにしている。すなわち、黒潮蛇行の発達期のように渦度場の時間変化が非線形の移流により支配されている場合には、予測された黒潮流路変動は観測された変動の特徴とよく一致し、90日間の力学予測でさえ可能であるが、黒潮の蛇行部が伊豆海嶺上を通過するケースのように、海底地形の効果などを用いた数値モデルでは分解できない過程が渦度場の時間発展に決定的であり、かつその効果が一回の同化による初期値化では再現できない程度に持続する場合には、予測可能な期間は一ヶ月程度と悪化するため、結果として統計的には初期値化後60日程度まで予測可能であることを示した。なお、申請者は、海底地形効果をベータ効果に組み入れることによって、予測期間が改善される可能性を示唆するとともに、マップ化された海面高度計データではなく、軌道沿いのデータを同化しても同様の結果が得られることを、その理由も併せて示している。

これらの結果は、データ同化が最も難しい強非線形の西岸境界流域における現実的に有効な現況解析・短期予測システムを構築し、かつその解析精度と力学予測の限界を初めて示した点で、国内外の関係者から高い評価を得た。同時に、現業予測の関係者から、表層黒潮変動の実用短期予測を可能にするシステムとして大きな期待が寄せられている。

以上のように、本研究は、申請者の海洋物理学及び同化手法に関する豊かな見識を背景に、海洋学では萌芽的な分野であるデータ同化研究において、優れた成果を納めた研究として高く評価できる。

よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお，論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果，合格と認めた。