

「地球変動のメカニズム」

平成9年度採択研究代表者

今脇 資郎

(九州大学応用力学研究所 教授)

### 「黒潮変動予測実験」

#### 1. 研究実施概要

近年、人工衛星による海洋観測、現場での黒潮の流量測定、海洋データの同化、海洋数値モデルなどにおいて目覚ましい進展があった。そこで、これらの分野で活躍している第一線の研究者を組織して、これまで夢であった海洋の変動の予測、特に日本南岸での黒潮の流軸位置や流量の変動の予測に挑戦することを計画した。具体的には、黒潮域および北太平洋の亜熱帯循環域を中心にして海洋の変動に関する観測データを収集し、変動の実体を正確に把握する。同時に、各種の観測データを海洋データ同化モデルによって力学的に整合性のあるデータに編集し、格子点データセットを作成する。これらの編集されたデータを初期値と境界条件として将来の変動を予測できる高分解能の予報モデルを開発する。さらに、これらのデータ同化モデルと予測モデルを統合し、最終的な実用予測モデルを開発する。短期変動については黒潮の流軸位置の予測(1か月先)を目標とする。経年変動については、黒潮の流量を予測(2年先)することを目指す。

これまでの研究で以下の進展があった。衛星海面高度計データと漂流ブイデータを組み合わせて海面での絶対的な地衡流を推定する方法を北太平洋西部海域に適用し、日本南岸の黒潮や本州東方の黒潮続流の変動をつぶさに記述することに成功した。トカラ海峡付近で始まった黒潮の蛇行が日本南岸を東進しながら発達していく様子や、黒潮続流が大きな蛇行を繰り返しながら激しく変動する様が生き生きと表現されている。このような流れのパターンが、1993年から現在まで10日毎に得られている。また、非線形現象の再現性に優れている弱拘束変分法によって、衛星海面高度計データを1.5層数値モデルに同化し、日本南岸での黒潮流路の変動をモデルで表現した。この再解析データを初期条件として、黒潮流路の変動に関する予測実験を行った結果、統計的には2か月程度先まで予測が可能であることが分かった。また、日本南岸の黒潮の流量の季節・経年変動には、伊豆・小笠原海嶺の影響が大きいことが分かった。今後、これらの海底地形が、亜熱帯循環の変動に及ぼす影響を明らかにする。また、最新の海洋数値モデルが、現在の観測体制で得られるデータを基にして、海洋の変動をどこまで予測できるかを明らかにするとともに、黒潮の変動機構に関する基本的な理解を深めることを目指す。

#### 2. 研究実施内容

研究チームは、本州南岸黒潮モニタリング、黒潮上流域モニタリング、海洋広域モニタリング、海

洋データ同化A、海洋データ同化B、予測モデル実験、および実用予測モデルの七つのグループで構成されており、互いに緊密な連携を取りながら研究を進めている。

本州南岸黒潮モニタリング・グループは、日本南岸での黒潮の流量の時間変化や黒潮の流路の変動を明らかにする研究を行っている。衛星海面高度計による四国沖での黒潮の流量のモニターや、海底に設置したIES(倒立音響測深器)による傾圧的な流量の時間変化のモニターを継続している。今年度は、新たに開発した、衛星海面高度計データと漂流ブイデータを組み合わせて海面での絶対的な地衡流を推定する方法を北太平洋西部海域に適用し、日本南岸の黒潮や本州東方の黒潮続流の変動をつぶさに記述することに成功した。一例を図1に示す。遠州灘沖での比較的大きな蛇行や黒潮続流の激しい蛇行が生き生きと表現されている。このような流れのパターンが、1992年10月から現在まで10日間隔で連続的に得られている。

黒潮上流域モニタリング・グループは、黒潮の上流域である東シナ海、トカラ海峡、および琉球列島南東海域における流速分布とその変動を明らかにする研究を行っている。今年度は敬天丸による観測航海を2回実施し、これらの海域で黒潮横断観測や係留流速計の回収・設置を行った。係留流速計や測線観測のデータを、衛星海面高度計データと組み合わせて解析した結果、奄美大島南東方海域の1000m以浅には、北東向きの境界流が常に存在しているが、流速や流量の時間変化が大きいことが分かった。

海洋広域モニタリング・グループは、西部北太平洋を定期運行している鉱石運搬船の船底に装着したADCP(音響ドブラー流速分布計)によって、長期間にわたって広域の表層250m以浅の海流データを収集している。これまでに34回の航海を行い52セットのデータを得た。今年度も1航海に研究者が乗船し、ADCP観測と並行してXBT(投棄式水温水深計)やXCTD(投棄式伝導度水温水深計)の観測を行った。ADCPによる表層流速に準拠した、深さ750mまでの地衡流の推定を試みた。

海洋データ同化Aグループは、非線形現象の再現性に優れている弱拘束変分法によるデータ同化によって流れを初期化し、1.5層数値モデルによって日本南岸での黒潮流路の変動の予測可能性を検討している。衛星海面高度計データを同化して求めた解析場の時系列(再解析データ)は、実際に観測された黒潮流路の変動を定量的によく再現していることが分かった。この再解析データを初期条件として、黒潮流路の変動に関する3か月間の予測実験を116例について行い、結果を評価した。日本南岸での黒潮流路の変動は、統計的には2か月程度先まで予測が可能であることが分かった。

海洋データ同化Bグループは、日本南岸の黒潮流量の変動を2~3年先まで予測するために、海洋大循環モデルによる数値実験を行っている。まず、黒潮域の解像度を高くした北太平洋モデルを、観測された風によって駆動するハインドキャスト実験を行った。つぎに予測実験として、上記の駆動期間中のある時期に駆動条件を固定して3年間の計算を行い、元の結果と比較した。その結果、1970年以降の東シナ海での黒潮の流量に関しては、北太平洋上での過去の風応力分布が分かっているならば、2年先の経年変動成分をほぼ予測できることが分かった。

予測モデル実験グループは、高精度の海洋循環モデルによって、黒潮変動の力学的なメカニ

ズムを解析し、その予測可能性に関する基礎的な理解を得ようとしている。今年度は、これまでの数値モデルの結果を見直し、黒潮流路の変動に重要と考えられる本州南岸沖での中規模渦の再現性を再評価した。その結果、これまでのモデルでは中規模渦が十分に励起されず、現実的な黒潮変動を再現できないことが分かった。そこで、中規模渦の活動度がより高くなるように、水平解像度を緯度・経度 0.1 度の格子間隔にまで細かくしたモデルを構築した。

実用予測モデル・グループは、実用的な黒潮変動の予測を行うためのモデル開発を進めている。黒潮を含む北太平洋全域の海洋大循環モデルを、洋上の日平均風応力によって駆動しながら、4次元最適内挿法によって衛星海面高度計データを同化した。この、過去の黒潮変動の再現実験によって、いわゆる再解析データを得た。このデータを、本研究チームの各グループに配布し、観測結果などとの比較を開始した。今後、上記の再解析データのある時期の値を初期値とし、外力を気候値に置き変えてモデルを駆動する予測実験を、時期をずらしながら多くのケースについて行い、日本南岸での黒潮流路の1か月予測の可能性を明らかにする。

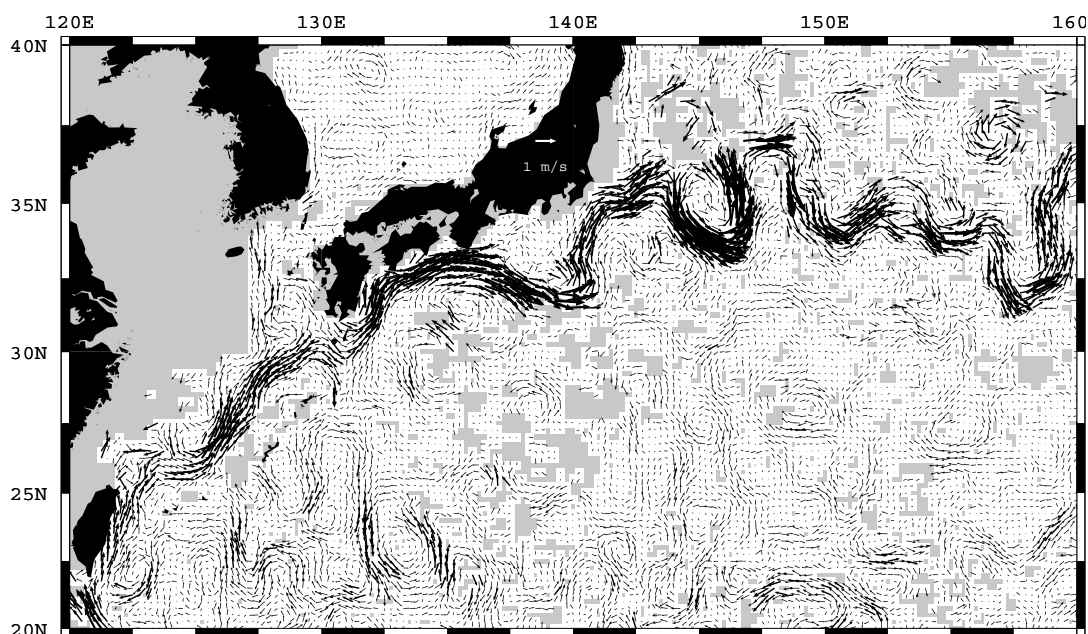


図1. 日本近海の1993年5月9日の海面流速分布。この日を中心とする10日間の平均的な分布を、衛星海面高度計と漂流ブイのデータを組み合わせて求めた。流速ベクトルのスケールを本州の部分に白抜きで示す。影は漂流ブイデータが不足していて流れが推定できない格子点を示す。

### 3. 研究実施体制

本州南岸黒潮モニタリング・グループ

- ①今脇資郎(九州大学・応用力学研究所, 教授)
- ②日本南岸の黒潮変動の監視

#### 黒潮上流域モニタリング・グループ

- ①市川 洋(鹿児島大学・水産学部, 教授)
- ②東シナ海付近の黒潮変動の監視

#### 海洋広域モニタリング・グループ

- ①江田憲彰(広島大学・工学部, 助教授)
- ②西部亜熱帯循環の海洋変動の監視

#### 海洋データ同化Aグループ

- ①秋友和典(京都大学・大学院理学研究科, 助教授)
- ②海洋データのモデルへの同化

#### 海洋データ同化Bグループ

- ①池田元美(北海道大学・大学院地球環境科学研究科, 教授)
- ②海洋データのモデルへの同化

#### 予測モデル実験グループ

- ①升本順夫(東京大学・大学院理学系研究科, 助教授)
- ②高精度数値モデルによる黒潮変動実験

#### 実用予測モデル・グループ

- ①蒲地政文(気象研究所, 主任研究官)
- ②黒潮変動の実用的な予測モデルの開発

#### 4. 研究成果の発表

##### (1) 論文発表

- Kamachi, M., T. Kuragano, N. Yoshioka, J. Zhu and F. Uboldi: Assimilation of satellite altimetry into a western North Pacific operational model, *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol. 18, 767-786, Sept. 2001.
- Kaneko, A., Z. Yuan, N. Gohda, M. Arai, H. Nakajima, H. Zheng and T. Sugimoto: Repeat meridional survey of the western North Pacific subtropical gyre by a VOS ADCP during 1997 to 1998, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 28, 3429-3434, Sept. 2001.
- 馬谷紳一郎, 鹿島基彦, 今脇資郎, 市川洋, 深澤理郎: 直接測定による四国沖の黒潮流速の変動特性, 九州大学応用力学研究所所報, 第 121 号, 87-94, 2001 年 9 月.
- Imawaki, S., W. Zenk, S. Wijffels, D. Roemmich and M. Kawabe: Oceanic boundary currents. in "Observing the Oceans in the 21st Century", Eds. Chester Koblinsky and Neville Smith, GODAE Project Office and Bureau of Meteorology, Melbourne, pp. 285-306, Nov. 2001.
- Akitomo, K., and M. Kurogi: Path transition of the Kuroshio due to mesoscale eddies: A two-layer, wind-driven experiment. *J. Oceanogr.*, Vol. 57, 735-741, Dec. 2001.
- 茶園正明, 市川洋: 黒潮, かがしま文庫, 第 71 巻, 春苑堂出版, 全 228 頁, 2001 年 12 月.
- Kamachi, M., Y. Fuji and X. Zhou : Ocean Data assimilation in the tropical Pacific A short

survey, J. Oceanogr., Vol. 58, 45-55, Feb. 2002.

○ Ichikawa, H. and R. C. Beardsley: Current system in the Yellow and East China seas, J. Oceanogr., Vol. 58, 77-92, Feb. 2002.

○ Isobe, A. and S. Imawaki: Annual variation of the Kuroshio transport in a two-layer numerical model with a ridge, J. Phys. Oceanogr., Vol. 32, 994-1009, Mar. 2002.

(2) 特許出願

該当なし