

様式-2 平成 23 年度資源変動要因分析調査課題報告書（中課題）

課題番号 10000
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 基盤となる我が国周辺海域の海洋環境変動予測
担当機関 中央水産研究所海洋・生態系研究センター生態系モデルグループ、資源環境グループ、モニタリンググループ、放射能調査グループ、主幹研究員、北海道区水産研究所生産環境部生産変動グループ、東北区水産研究所資源海洋部海洋動態グループ、日本海区水産研究所 資源環境部 海洋動態グループ、海区水産研究所資源生産部藻類グループ、資源海洋部資源生態・環境グループ、亜熱帯研究センター亜熱帯資源管理グループ、北海道大学低温科学研究所、東北大学大学院理学研究科、九州大学応用力学研究所
担当者名 黒田 寛

1. 調査・研究の目的

海洋環境変動は資源量変動と密接に関係していることが指摘されている。遊泳力の弱い卵稚仔や浮遊幼生が海流によって輸送される過程、経路、経験水温等がこれらの生残に直接的な影響を及ぼし、また、海洋表層混合層の発達等にもなう有光層内への栄養塩供給が餌料環境変動を介して資源量変動に間接的な影響を及ぼすと考えられている。資源量変動の鍵となる海洋環境変動およびその時空間規模は様々であり、魚種あるいは系群の生活史・生息域に強く依存している。そのため、各魚種系群に特化した海洋環境、餌料環境、資源量変動間の解析が有効であり、各魚種系群の生息海域内におけるローカルな海洋環境・餌料環境変動を解析することで、資源量変動に直接的に関わる物理諸過程と変動機構が解明できる。また、全球～太平洋規模の大気変動、大気海洋相互作用を統計的に解析し、ローカル変動とリモート変動をリンクさせることで、数ヶ月～数年後の中長期的な海洋環境・餌料環境変動ひいては資源量変動の予測が可能になる。

2. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1)10010：数値シミュレーションや衛星観測データを用いて海洋環境・餌料環境データを作成し、太平洋魚種課題に提供する。マイワシ・マサバ、サンマの海洋環境データとして、1993年～直近までの長期再解析値を作成する。本年度はROMSを基盤とする北西太平洋域海況予測システム（FRA-ROMS）を改良し、2003-2006年の再解析値（ver.1）を作成した。その結果、黒潮流軸や親潮南限緯度などに改善が確認された。スケトウダラの海洋環境データとして、海氷、潮汐、河川を組み込んだ入れ子モデルを構築する。本年度は北海道大学低温科学研究所との共同で、オホーツク海海洋海氷結合モデルと北海道沿岸モデルのプロトタイプを構築し、定性的であるが北海道周辺域での典型的な季節変動を再現した。マアジの海洋環境データについては、JADE2の出力を提供する計画である。しかし、JADE2の実運用が平成25年度以降になるため、それまでに利用できる海洋環境データとして、既存の東シナ海モデルを用いた追算実験（1993～2010年）を行い、その出力をマアジ課題に提供した。餌料環境データとして、客観解析手法に基づいて衛星クロロフィルデータを作成する。本年度は作成済みのアルゴリズムを改良して、一部データをマイワシ・マサバ課題に提供した。さらに、長期再解析値をはじめとするモデル出力データおよび衛星データが大容量であるため、これらが魚種課題で比較的容易に利用できるように、簡易的なデー

タ解析機能を搭載したシステムを構築する。本年度は高可用性クラスタを導入したウェブサーバの構築により、解析支援システムの基盤を整備した。

- (2) 10020：海況予測システムに基づく海洋環境データを作成し、日本海・東シナ海の魚種課題に高精度な3次元海況データを円滑に提供する。そのため、日本海・東シナ海を含んだ新海況予測システム(JADE2)を構築する。本年度はJADE2の基本構造を確定し、北西太平洋をカバーする広域モデル(解像度約20km)と東シナ海・日本海を高解像度で予測する縁辺海モデル(解像度約7km)からなる入れ子構造を持つシステムのプロトタイプを構築した。さらに、本プロトタイプにおける東シナ海と日本海での海峡通過流量を気象庁海況予測システム(MOVE-WNP)の出力と比較した結果、両者の通過流量はほぼ同程度となり、流動場の妥当性が検証できた。本システムの実運用は平成25年度に計画されており、それまでは昨年度に引き続きJADEの運用を継続する。本年度は軌道変更後のENVISAT海面高度データを加える等のシステムの改良を行った。
- (3) 10030：東北大学大学院との連携のもとで、全球～北太平洋を対象にした大気海洋の観測データや長期再解析データを利用し、我が国周辺海域における水産資源・加入量変動に関わる海洋環境変動の中長期的な予測手法を開発する。本年度はマイワシ・マサバの初期生活史(伊豆諸島付近での産卵とその後の黒潮続流域への輸送)を念頭に、衛星海面高度資料を用いて、黒潮流路と黒潮続流流路との関係解析を行った。その結果、黒潮が非大蛇行接岸流路と大蛇行流路をとるとき、黒潮続流は安定した蛇行を示し、一方、非大蛇行沖合流路をとるとき、黒潮続流は不規則な大振幅の蛇行を示すことが分かった。また、伊豆海嶺東側での黒潮の流速と流向を調べたところ、前者での流向は安定しているが、後者での流向は大きくばらついていることが分かった。黒潮続流流路が既存の「流路方程式」に従うとすれば、流向が大きくばらついていることが、黒潮続流流路が大振幅の蛇行をとる不安定な流路をとる要因であると推測される。以上の成果に加え、宮城丸による船舶観測を継続し、黒潮や黒潮続流域を横断する計3回の海洋観測を実施した。

3. 調査・研究推進上の課題

- (1) FRA-ROMS再解析値による東シナ海の黒潮流路は現実よりも約60km北偏しており改善が必要である。また、オホーツク海海氷結合モデルと北海道沿岸モデルの定量的な再現性を向上する必要がある。目標達成には研究等支援職員の雇用が不可欠である。
- (2) H25年度にJADE2の実運用を開始するため、H24年度に実運用に必要なサーバを購入し、データ公開システム等の開発を進める必要がある。研究等支援職員の雇用も不可欠である。

4. 特筆すべき成果

- (1) FRA-ROMSによる長期再解析値を作成する前段階として、海洋モデル単体でのハインドキヤスト実験を実施し海洋モデルの性能を評価した。その結果、黒潮親潮システムに特徴的な変動(中規模渦の活性・分布頻度、黒潮流路変動や親潮南限緯度の季節変動)は適切に再現され、黒潮親潮システムに特化した海洋モデルが構築されていることが確認できた。
- (2) JADE2の構築を円滑に進めるために、JADEには適用されていない最適化手法を新たに導入した。一つは、グリーン関数を用いた手法であり、通常は経験的に設定される海洋モデルのパラメータ(水平粘性など)や側面境界での潮汐強制などを最適化し、モデル構築にかかる主観的な調節を大幅に削減できた。
- (3) 黒潮続流流路は黒潮続流下流から大気変動により励起されたロスビー波が西方伝播することで調節され、安定と蛇行モードを繰り返すと考えられている。しかし、10030番の成果は、必ずしも下流側による制御ではなく、上流側、すなわち、伊豆海嶺付近の黒潮流路変動が黒潮続流流路変動を制御する要因であることを提案した。

様式-1 平成 23 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 10010
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 基盤となる我が国周辺海域の海洋環境変動予測
小課題名 北西太平洋域海況予測システムの開発と資源変動予測の解析支援システムの構築
担当機関 中央水産研究所海洋・生態系研究センター生態系モデルグループ、資源環境グループ、モニタリンググループ、放射能調査グループ、主幹研究員、北海道区水産研究所生産環境部生産変動グループ、東北区水産研究所資源海洋部海洋動態グループ、西海区水産研究所資源生産部藻類グループ、資源海洋部資源生態・環境グループ、亜熱帯研究センター亜熱帯資源管理グループ、北海道大学低温科学研究所
担当者名 黒田 寛・奥西 武・高橋大介・瀬藤 聡・廣江 豊・岡崎 誠・安倍大介・稲掛伝三・東屋知範・伊藤進一・笥 茂穂・種子田雄・横田高士・亀田卓彦・三寺史夫

1. 調査・研究の目的

浮魚類やスケトウダラ等は、遊泳力の弱い初期生活期（卵期～仔魚期）の生残が加入量を決定する重要な要因であり、輸送経路や経験水温などの海洋環境要因が生残に対して重要な役割を果たすと考えられている。本課題では、過去の海況を高解像度に再現したモデル出力および客観解析によって欠測域を補間した衛星クロロフィルデータを作成・整備し、これらを魚種課題へ提供することで初期生活期における輸送・生残過程の解明に役立てる。また、これらの数値データが魚種課題で効果的に利用されるように、解析支援システムを構築することで、資源変動予測の高精度化に貢献する。本年度は、本課題に関わる各種基盤整備を中心に実施する。

2. 調査・研究方法

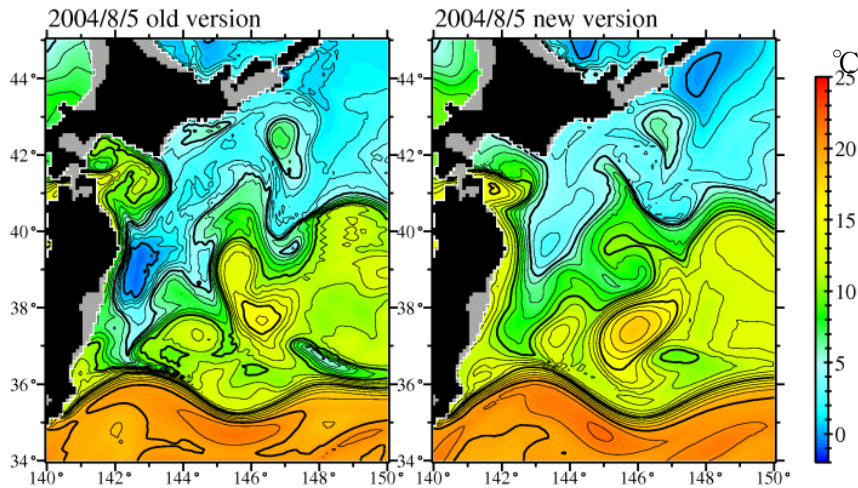
- (1)平成 22 年度に開発済の北西太平洋域海況予測システムを改良し、1993 年～現在までの日々の海況を高精度に再現できる長期再解析値を作成し、太平洋浮魚類の魚種課題に提供する。本年度は、長期再解析値作成のためのシステム改変とプロダクトの精度検証体制を整える。
- (2)スケトウダラ太平洋系群について、初期生活期の鍵エリアである噴火湾～道東海域の再現性を向上するために、北海道大学低温科学研究所との共同で、オホーツク海域の海洋モデル（1/10° 格子）の高度化と北海道周辺高解像度沿岸モデル（1～2km 格子）を開発し、これらの出力をスケトウダラ課題に提供する。本年度は、オホーツク海モデルの基盤整備（海水モデルの試運転など）と北海道沿岸モデルの助走実験を開始する。
- (3)平成 22 年度までに開発した東シナ海領域モデル（1/12°）の出力をマアジ課題に提供する。本年度は、計算期間を延長して、1993～2010 年までのモデル出力をマアジ課題に提供する。
- (4)客観解析により欠測域を補間した衛星クロロフィルデータを作成し、魚種課題に提供する。本年度は、データのアップデートおよび客観解析手法の改良を実施する。
- (5)長期再解析値をはじめとするモデル出力および衛星クロロフィルデータが大容量であるため、これらが魚種課題で容易に利用できるように、簡易的なデータ解析機能を搭載したシステム（解析支援システム）を構築する。本年度は、基盤となるサーバ環境整備を実施する。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 北西太平洋域海況予測システムの同化モデルを修正（平均場等の統計値を変更や水温拘束条件の導入など）し、2003～2006年の再解析値を作成した。北水研、東北水研、中央水研、西海水研で担当海域を検証する体制を整え、新しい再解析値の再現性を評価した結果、黒潮流路や親潮南限緯度などの再現性に改善が確認できた。
- (2) 北大低温研と共同で、オホーツク海海洋海氷結合モデルと北海道周辺高解像度沿岸モデルの開発に着手した。前者はオホーツク海での海水分布の季節変動、後者は北海道沿岸域での海況の季節変動を定性的に再現できる段階にある。
- (3) 平成 22 年度で運用が終了した旧海況予測システム FRA-JCOPE と既存の東シナ海領域モデルを用いて、2010/12/31 までの延長計算を行い、これら FRA-JCOPE 再解析値と東シナ海モデル追算値をマアジ課題に提供した。
- (4) 1996 年～直近までの衛星海色データを web 経由で取得し、平成 22 年度までに開発した客観解析アルゴリズムを一部修正（時空間相関スケールなど統計値の再計算など）した。作成した衛星クロロフィルデータの一部は、マイワシ・マサバ（5001）課題に提供した。
- (5) システム障害等によるサービスの停止を回避可能とする高可用性クラスタ（2 台のサーバを同期し、サービス及びデータ等の冗長化を実現する技術）を導入したウェブサーバの構築により、解析支援システムの基盤を整備した。

4. 具体的なデータ

北西太平洋域海況予測システムの同化モデル（評価関数）に水温拘束条件を導入することで、モデル予報変数と観測値の誤差がガウス分布に従うという仮定を修正した。これにより、本年度以前の再解析値で頻繁にみられた「混合域亜表層における 0℃以下の非現実な冷水の出現」を抑制することができた。加えて、親潮第一分枝の南下バイアスなども改善できた（下図）。



2004年8月5日の200m水温分布（左図：昨年度 version，右図：今年度 version）

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 再解析値による東シナ海の黒潮流路は現実よりも約 60km 北偏しており改善が必要である。
- (2) オホーツク海海洋海氷結合モデルと北海道周辺高解像度沿岸モデルの定量的な再現性を向上する必要がある、研究等支援職員の雇用が不可欠である。

6. 調査・研究発表

Kuroda, H., T. Setou, S. Kakehi, 他 3 名, A hindcast experiment for the Kuroshio-Oyashio region based on ROMS. CMOS Congress 2010, Canada, Jun., 2011. など 13 件

様式-1 平成 23 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 10020
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 基盤となる我が国周辺海域の海洋環境変動予測
小課題名 日本海・東シナ海における海況予測システムの開発
担当機関 日本海区水産研究所 資源環境部 海洋動態グループ
担当者名 渡邊達郎・広瀬直毅（九州大学応用力学研究所）

1. 調査・研究の目的

日本海及び東シナ海を対象海域として、データ同化手法と海洋大循環モデルで構成される渦解像海況予測システムを構築する。定期的に海況の再現及び予測を実施し、各魚種系群の課題の必要に応じて空白域のない海況の 3 次元情報（水温・塩分・海流）を提供する。

H23 年度は、現行の日本海海況予測システム（JADE）の実運用を継続しながらシステムの高度化を図ると共に、日本海・東シナ海を含んだ海況予測システム（仮称 JADE2）の構築に着手する。

2. 調査・研究方法

(1) 日本海・東シナ海を含んだ新海況予測システム（JADE2）の構築

九州大学が新たに開発した日本海・東シナ海を含んだ海面水温・海面高度データ同化モデルを筑波の農林水産計算センターに移植し、潮汐も含んだ海況の再現及び 2 ヶ月程度の短期予測を定期的に行い、ホームページ上で公開するシステム（JADE2）を構築する。水産試験研究機関にはデジタルグリッドデータもシステムから提供する（H23-25）。

(2) データ同化手法等の海況予測アルゴリズムの高度化と海況予測システムの精度検証

- ・データ同化手法の改良、システム内の諸パラメータの最適化等を行い、海況の再現及び予測精度の向上を図る（H23-27）。
- ・調査船調査、係留系調査等を実施し、JADE2 で得られた海洋構造と比較することにより、JADE2 の海況再現精度の検証を行うと共に、アルゴリズムの改良を行う。（H23-27）。

(3) 高精度な 3 次元海況データの提供

当面 JADE を用いた実運用を継続する（H23-25）。H25 年度に JADE2 へのシステム更新を行い、様々な資源変動要因解析の要求に応じて、日本海・東シナ海における高精度な 3 次元海況データの提供をホームページ上で円滑に実施する（H25-27）。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

(1) 日本海・東シナ海を含んだ新海況予測システム（JADE2）の構築

JADE2 における海況予測モデルの基本構造を確定した（図 1、表 1）。JADE2 は広域で高解像度であるため、北西太平洋をカバーする広域モデル（解像度約 20km）と東シナ海・日本海を高解像度で予測する縁辺海モデル（解像度約 7km）からなる入れ子構造を持つシステムとなる。

(2) データ同化手法等の海況予測アルゴリズムの高度化と海況予測システムの精度検証

JADE2 のプロトタイプを用いて、海況予測アルゴリズムの評価を行った。東シナ海と日本海における海峡通過流量を算出したところ（図 2）、気象庁海況予測システム（MOVE-WNP）とほぼ同様であった。このことから、JADE2 のプロトタイプが算出する流動場の妥当性が検証できた。

(3) 高精度な 3 次元海況データの提供

現行の JADE の実運用を継続しながら、軌道変更後の ENVISAT 海面高度データを加える等のシステムの改良を行った。

4. 具体的なデータ

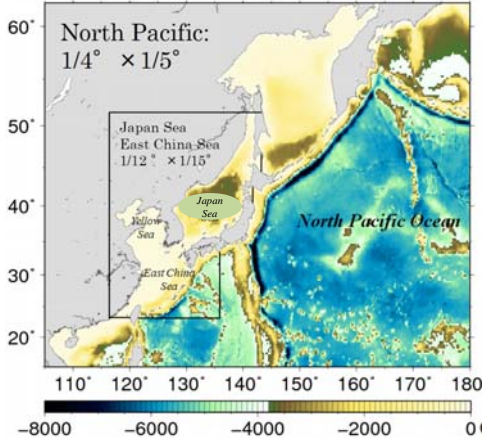


図 1. JADE2 がカバーする海域
広域モデル(全域)、縁辺海モデル(枠内)

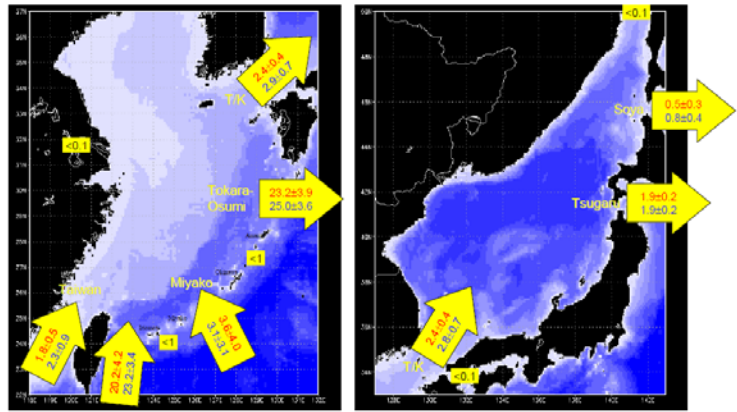


図 2. 東シナ海及び日本海における海峡通過流量 (SV)
赤: JADE2 (広域モデル) 青: 気象庁 MOVE-WPN

	広域モデル	縁辺海モデル
グリッドサイズ	22km	7.4km
外境界	月平均気候値モデル	JADE2広域モデル
潮汐	含まず	含む

表 1. 広域モデルと縁辺海モデルの解像度及び境界条件

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) H25 年度に JADE2 の実運用を開始するため、H24 年度に実運用に必要なサーバを購入し、データ公開システム等の開発を進める必要がある。
- (2) JADE2 の開発及び JADE の円滑な運用のため、支援職員 (18 ヶ月) を雇用する必要がある。

6. 調査・研究発表

- (1) 高山勝巳・渡邊達郎 (2011): 日本海南部の有光層における硝酸塩濃度の経年変化について. 2011 年度日本海洋学会秋季大会, P140. 2011 年 9 月.
 - (2) A. Okuno, T. Watanabe, N. Honda and K. Takayama (2011): Forecast of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* appearance in the Japan Sea. PICES Annual Meeting, P130. Oct. 2011.
 - (3) A. Okuno, S. Kitajima, N. Honda, T. Watanabe (2011): Numerical simulation of *Nemopilema nomurai* migration in the Japan Sea with temperature-based controls. 8th Jellyfish International Workshop, P30-31. Dec. 2011.
 - (4) N. Hirose, J.-H. Moon, K. Fukudome, S. Nakada, N. Ookei and T. Watanabe (2012): Data assimilation Research of the East Asian Marine System. GODAE Ocean View-COSS -TT Workshop, Jan. 2012.
- など、全 12 成果。

様式-1 平成 23 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 10030
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 基盤となる我が国周辺海域の海洋環境変動予測
小課題名 我が国周辺海域の中長期的な変動予測手法の開発
担当機関 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻地球環境物理学講座
担当者名 花輪公雄（代表）・須賀利雄・木津昭一・杉本周作

1. 調査・研究の目的

黒潮および黒潮続流域を中心とする我が国周辺海域における海洋物理環境の中長期的な変動の実態を解明し、その予測手法を開発することを目的とする。

2. 調査・研究方法

- (1) 大気変動を表す物理量（例えば、海面気圧、風応力場、テレコネクション活動度指数など）と海洋変動を表す物理量（例えば、海面水温、表層水温、海面高度など）資料を可能な限り収集・整備する。
- (2) 収集した資料に統計解析・時系列解析を行い、特に黒潮域や黒潮続流域に焦点を当てて、代表的な変動パターンと時間変動特性を抽出する。
- (3) 水産総合研究センター、海洋研究開発機構、気象研究所などが行っている数値モデルによるシミュレーション結果を用いて、力学的診断解析を行う。
- (4) 宮城丸により、ハワイー日本間で概ね年に3回、海洋表層水温場を観測し、海洋構造の中長期変動をモニターする。
- (5) 平成 23 年度は、(1) 日本南方黒潮流路と東方黒潮続流の流路の関係解明、および、(2) 宮城丸によるハワイー日本間の海洋観測を続行する。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 黒潮流路と黒潮続流流路との関係解明

従来、黒潮続流は、小振幅の蛇行はともなうものの比較的安定した流路と、不安定で大振幅の蛇行をとともなう不安定な流路を交互にとることが知られていた。しかしながら、日本南岸の黒潮流路との関係はいまだ不明であった。そこで、この関係を海面高度資料から推定した流路を用いて調べた。その結果、双方の流路は、互いに密接に関連していることが見出された。すなわち、黒潮が非大蛇行接岸流路と大蛇行流路をとるとき、黒潮続流は安定した蛇行を示し、一方、非大蛇行沖合流路をとるとき、黒潮続流は不規則な大振幅の蛇行を示す。また、伊豆海嶺東側での黒潮の流速と流向を調べたところ、前者での流向は安定しているが、後者での流向は大きくばらついていることが分かった。黒潮続流流路が既存の「流路方程式」に従うとすれば、流向が大きくばらついていることが、黒潮続流流路が大振幅の蛇行をとともなう不安定な流路をとる要因であると推測される。

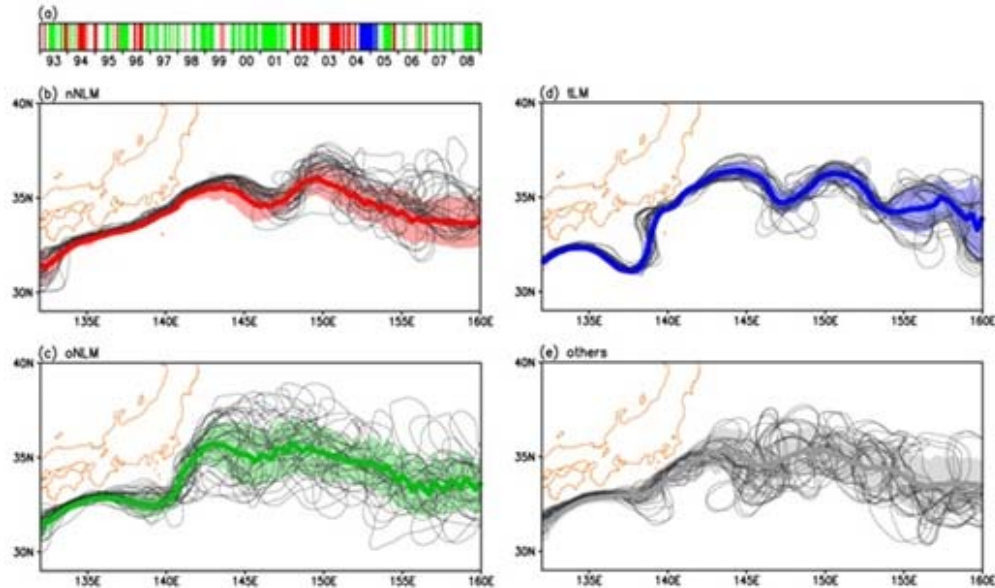
本研究成果は、Sugimoto and Hanawa として Journal of Oceanography 誌に印刷中である。

- (2) 宮城丸による海洋観測を続行する。

今年度これまで2回の観測を行った。今年度中にさらに1回行う予定である。

4. 具体的なデータ

下図は、黒潮流路と黒潮続流流路との関係。(a) 各流路をとった時期について。色と流路の関係は、(b) から (e) を参照のこと。(b) 非大蛇行沿岸流路時 (赤)、(c) 非大蛇行沖合流路時 (緑)、(d) 大蛇行流路時 (青)、(e) その他 (灰)。各図とも、細線は、それぞれのカテゴリに属する 35 本の流路、(色つきの) 太線はそれぞれのカテゴリに属する全ての流路から求めた平均流路。平均流路に付けた色つきの範囲は、1 標準偏差の幅を示す。(Sugimoto and Hanawa から引用)



5. 調査・研究推進上の課題

特になし。

6. 調査・研究発表

- (1) Sugimoto, S. and K. Hanawa (2012): Relationship between the path of the Kuroshio in the south of Japan and the path of the Kuroshio Extension in the east. *J. Oceanogr.*, in press.