

「海流予測の展開」 ～黒潮の予測に挑む～

(2005年8月20日 海洋研究開発機構 横浜研究所 第36回地球情報館公開セミナーより)

独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターでは、日本近海の海流をリアルタイムで予測・解析しています。大気変動のリアルタイムな予測は天気予報ですが、私たちが行っているのは、いわば海流の天気予報です。天気予報と同様に人工衛星や船などから得た観測データを海洋の物理法則を記述した海洋大循環モデルというプログラムに入れて計算し、仮想的な海流を作り出してその振る舞いを予測します。今日は私たちが予測している海洋大循環モデルと、その研究対象である黒潮のしくみについてお話しします。



宮澤 泰正 研究員
地球環境フロンティア研究センター
気候変動予測研究プログラム
気候変動モデルグループ

1967年長野県生まれ。京都大学大学院修了後、2004年4月に独立行政法人海洋研究開発機構へ入所し、現在は地球環境フロンティア研究センター研究員。専門は環境流体の数値シミュレーション、特に海洋に関する数値シミュレーション。現在は黒潮変動の力学、数値海況予報が主なテーマ。

海洋大循環モデルと黒潮予測

世界の海流の概念図を(図1)に示したように、黒潮は北太平洋の南半分を時計回りに大きく回る亜熱帯循環の西側の一部です。

2004年、日本南岸の黒潮が10年ぶりの大蛇行を起こして話題となりました(図2)。その年の春には直進していた流れが夏には大きく南に蛇行し、しばらく安定した状態が続きました。黒潮はかなり以前からこうした蛇行を繰り返していたものと思われますが、

初めての科学的な観測記録は今から150年前、ペリーが黒船と共に来航したときです(図3)。100年前からは大蛇行・非大蛇行の遷移が明確に確認でき、それによると大蛇行が生じやすい時期と生じにくい時期が約20年の周期で移り変わっているようです。黒潮大蛇行は、同様な変動周期を持つ北太平洋全体の気候変動と関係しているのかもしれませんが。2004年の大蛇行は現在、消滅していますが、数十年スケールで見ると大蛇行が生じやすい時期

に突入しているのかもしれませんが。これは今後の研究で分かると思います。近年では1975年にも十数年ぶりの大蛇行があり5年ほど続きましたが、これを機に日本の黒潮大蛇行の研究は著しく発展しました。

では、海洋大循環モデルによる2004年の黒潮の予測を、実際の観測データと比較してみましょう。2004年6月末のモデルによる海面水温分布では、矢印の部分に蛇行の種が表現できています(図4)。その12日後の分布予測では、観測データの図に比べモデルの方が蛇行の成長が少し早いようです。さらに22日後、モデルの黒潮はかなり大きな蛇行を予測していましたが、観測データではまだ成長の段階です。そして53日後、モデルの蛇行が大きく成長しています。観測データでもかなり蛇行が成長しており、大蛇行になっていることがわかります。私たちは現在も週に1度、予測を更新し、観測データをもとに修正しながら黒潮の予測を続けています。しかし、こうした予測にも限界はあります。黒潮でいえば、2カ月くらい先まではほぼ予測できると考えています。

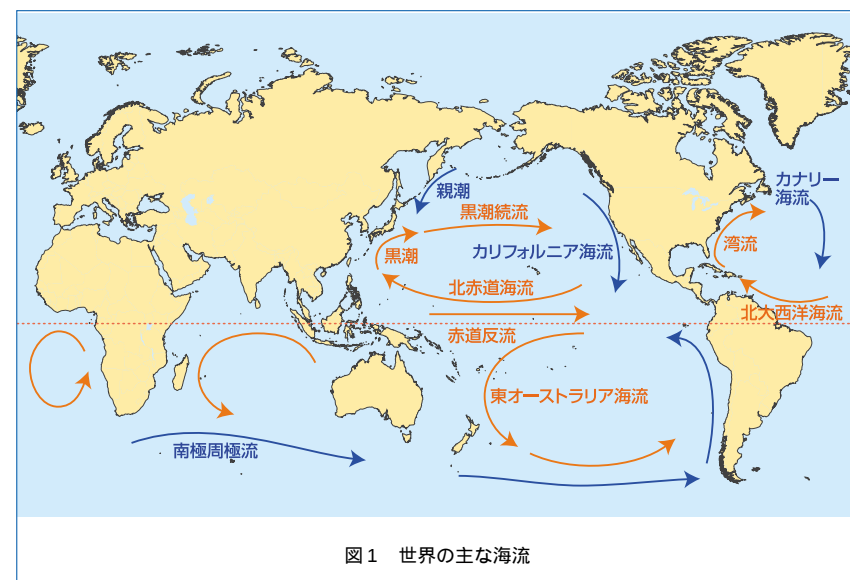


図1 世界の主な海流

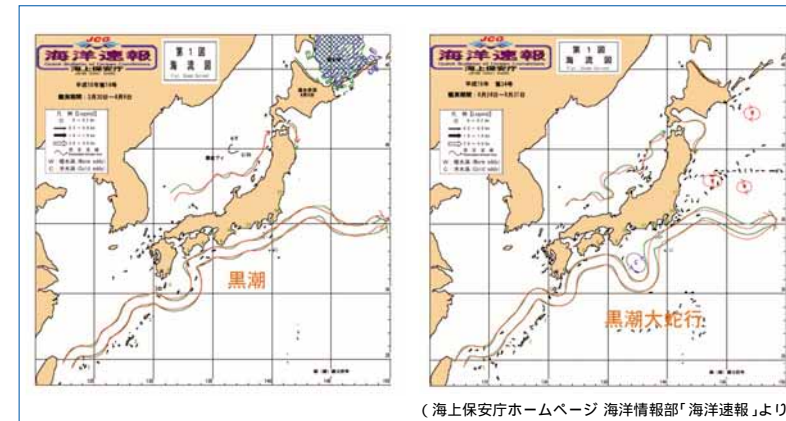
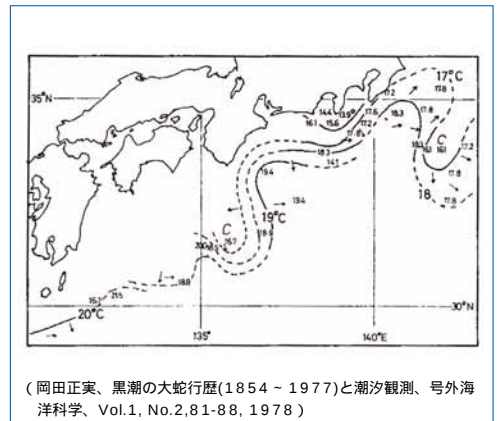


図2 2004年に発生した黒潮の大蛇行
左は2004年3月下旬頃の状態。約5カ月後には右のように紀伊半島沖に大きな蛇行が確認できる



(岡田正実、黒潮の大蛇行歴(1854～1977)と潮汐観測、号外海洋科学、Vol.1, No.2, 81-88, 1978)

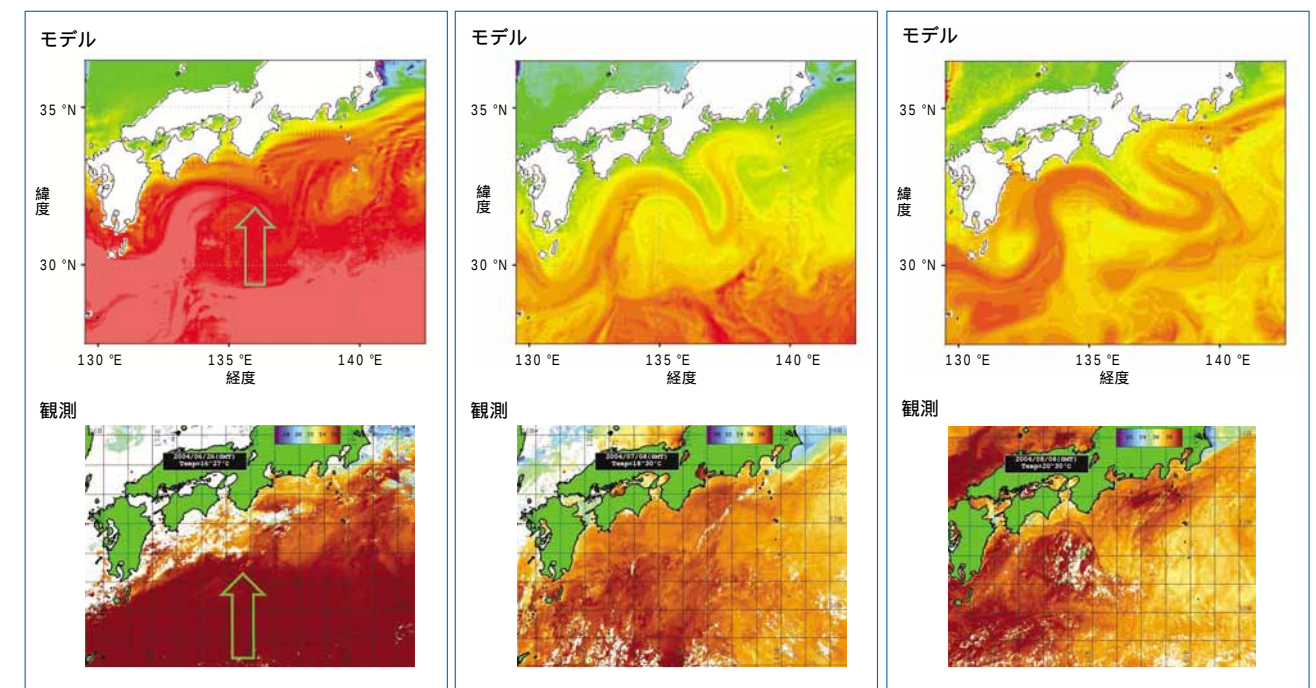
図3 黒船の観測した大蛇行
今から150年前、黒船艦隊が観測した大蛇行。西側が異常に離岸しているのがよく分かる

海流のしくみ ～コリオリの力～

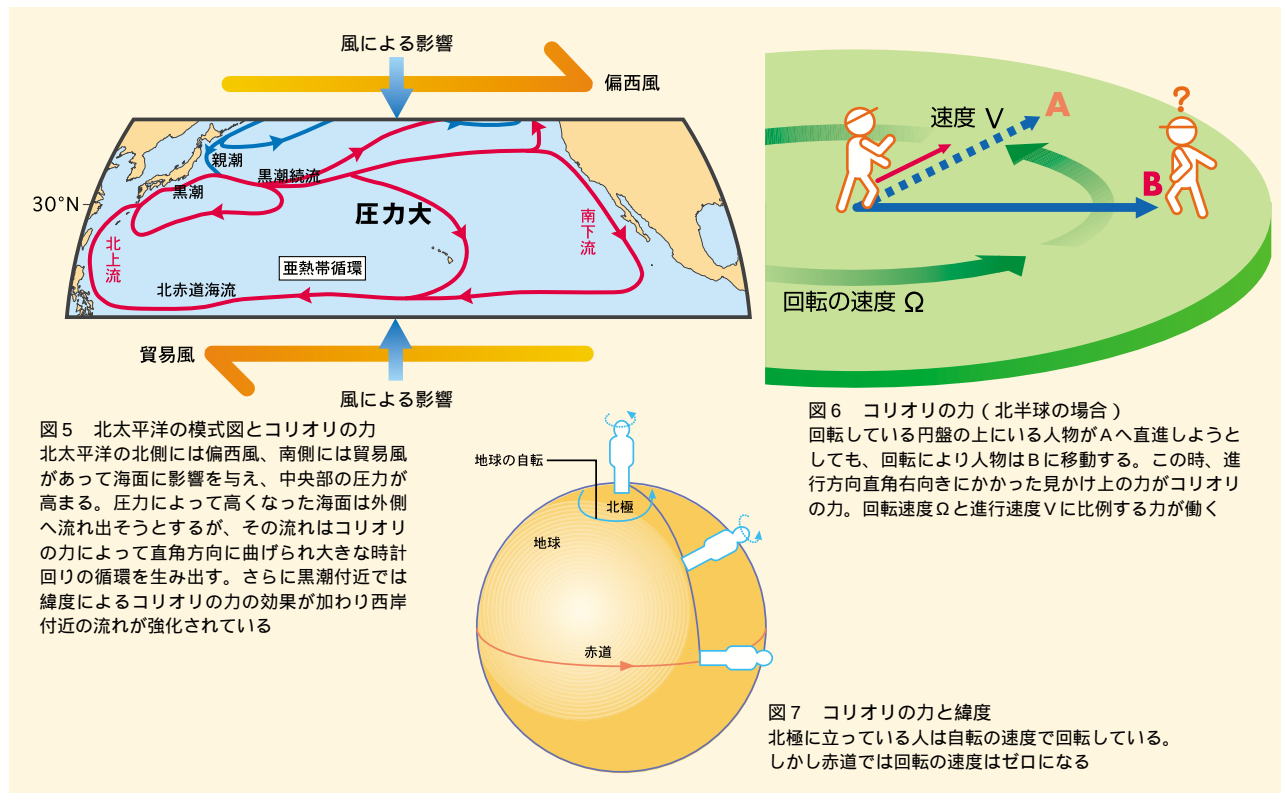
それでは、黒潮のような海流はなぜ起きるのでしょうか？ 北太平洋を例にとると、偏西風と貿易風という強い風の効果により、海面は北太平洋の中央で盛り上がります。盛り上がった水は外側へ流れてしまうように思えますが、地球の自転の力「コリオリの力」が働いて、盛り上がった水の圧力と釣り合うような流れが生ずることによって平衡に近い状態となり、大きな時計回りの渦が生まれます。これが亜熱帯循環で、黒潮もその西側の一部です(図5)。海流のような地球規模の流体はこのような渦の運動で考えます。コリオリの力(偏向力)は、座標系が回転しているときに現れる「見かけ上の力」で、物質の運動方向に対して直角に働き、その大きさは速度に比例します。

り合うような流れが生ずることによって平衡に近い状態となり、大きな時計回りの渦が生まれます。これが亜熱帯循環で、黒潮もその西側の一部です(図5)。海流のような地球規模の流体はこのような渦の運動で考えます。コリオリの力(偏向力)は、座標系が回転しているときに現れる「見かけ上の力」で、物質の運動方向に対して直角に働き、その大きさは速度に比例します。

地球は北極から見ると反時計回りに自転しています。仮にある人が反時計回りに回転する円盤の上に立ち、直進したとします。すると、その人自身は回転を感じなくても、外から見れば円盤の回転によって進路は右にずれます。このとき、この人にかかった直角右向きの力、これがコリオリの力です(図6)。地球が1回転する時間(24時間=86,400秒)を、現象の生じる時間で



(下段：三重県科学技術振興センター水産研究部ホームページ 人工衛星海況情報より)
図4 2004年の大蛇行 モデル予測と観測データによる海面水温の比較
左から予測を開始した2004年6月27日、その12日後、53日後の様子。上段がモデル予測、下段は観測データ共に矢印の部分に蛇行の種が表現されている

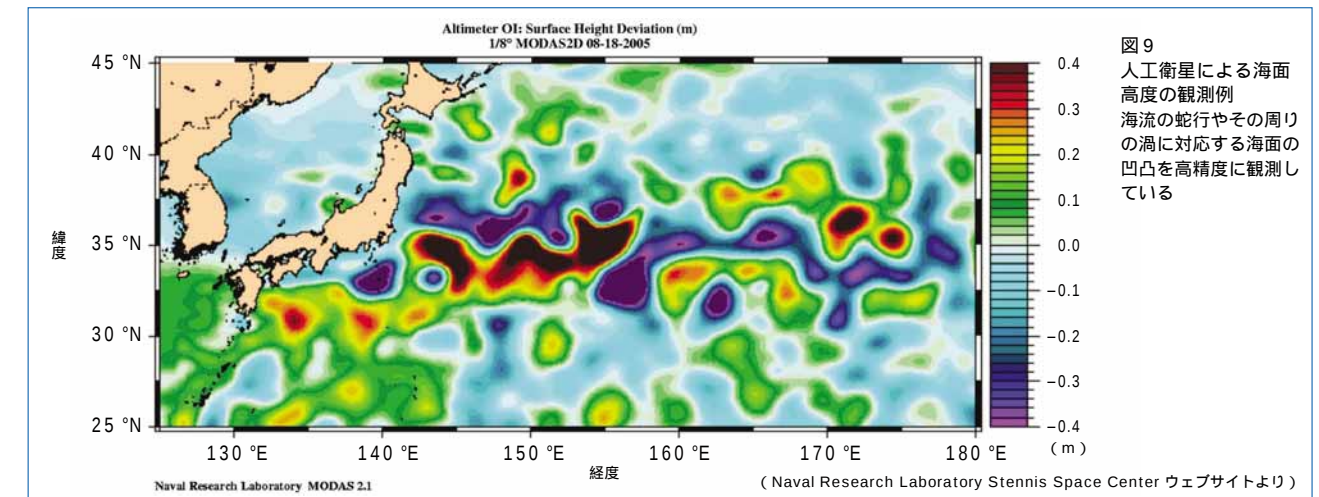
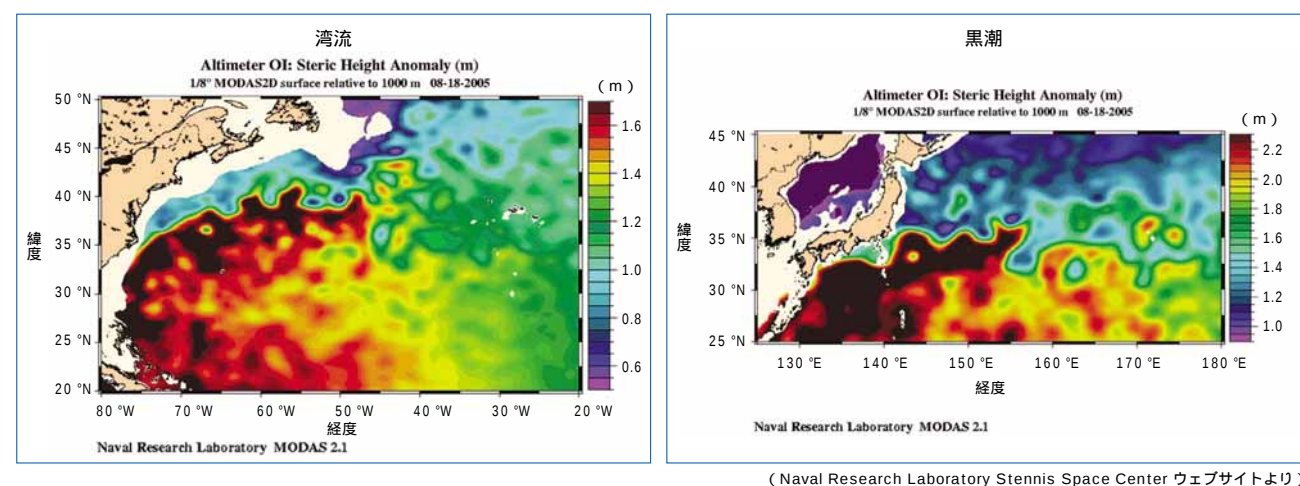


割った値が1より小さくなると、この力による回転の効果が効いてくると考えることができます。黒潮は50～100kmの大きな幅を持つ流速約2m/sに達する速い海流ですが、地球から見ると非常にゆっくりとした動きです。このように、非常にゆっくりと長い時間をかける現象にはコリオリの力が大きく影響を与えるのです。

黒潮のできるわけ

さらに、地球は回転する球面です。ある人が北極に垂直に立てば自転の速度でコマのように回ります。ところがそのまま南下して赤道に行くと、その人は地球の円周に沿って移動はしますが、地面に対するコマのような回転運動はゼロになります(図7)。地球が球面であるために、緯度によって回転の効果が異なるのです。ここで再び、先

ほどの北太平洋の図で考えてみます。北太平洋には大きな時計回りの流れがあり、その西側で流れは赤道から北極に向けて北上します。ここで先ほどの緯度の効果が働きます。北太平洋の東側では南下する流れが伴う反時計回りの回転と風による時計回りの回転が釣り合いますが、西側では海流が赤道から北極に向けて北上する際に時計回りの回転を伴います。これが、風による



時計回りの流れをさらに強め、非常に強い流れの黒潮を生じさせるのです。このように、大きな循環の西岸で生じる強い流れを西岸境界流といい、大西洋にも湾流(メキシコ湾流)という有名な西岸境界流があります。これを黒潮と比較してみます(図8)。似てはいますが、大蛇行に関しては様子が違います。湾流では蛇行は生じやすいのですが非常に変動が激しく、蛇行の寿命は20～30日ほどです。一方、黒潮の大蛇行は発生すると数カ月から1年以上は安定した状態を保ちます。これは2つの流れに物理的な条件の違いがあるからです。湾流は陸地の影響を受けない自由な流れで、近海に顕著な海嶺も存在しません。湾流に対応するのはむしろ黒潮の離岸後の流れ(黒潮続流)であるといえます。ところが黒潮は陸地にへばりつくように流れ、しかも伊豆海嶺という浅い地形があります。恐らく黒潮の安定した蛇行には伊豆海嶺が影響を与えていると思われます。

海流予測と観測データ

海流予測の研究は、ごく最近始まったばかりで、天気予報に50年近く遅れをとっています。それにはいくつかの理由があります。まず、コンピュータの能力の問題です。数千km規模の

現象である偏西風などに比べ、海流は数百km規模の現象です。予測モデルは地球を格子状に分割してそれぞれに物理計算を当てはめて予測を行います。小さい現象の計算にはそれだけ細かい格子をたくさん作らなければならず、これまではコンピュータの能力が足りませんでした。それから、大気と比べ海洋の観測は難しく、観測データがまったく不足していました。さらに、天気予報などの身近な予測に比べ、海流予測などに対する一般の関心もそれほど高くありませんでした。

しかし現在は、人工衛星から日々海の観測データが送られ、膨大な計算もスーパーコンピュータで処理できるようになりました。そして、地球温暖化問題が注目されたことで、気候変動にとって極めて重要な海洋循環といった現象にも社会の関心が向き始めています。10年ほど前からはNASAの人工衛星が常に海面高度を観測し、毎日データを地上に送ってくるようになっていました。現在では海面の高さを数cm単位で観測することができ、これによって海洋大循環モデルによる数値海況予測も可能となりました。海面は海面下の水温や塩分の様子にしたがって、隆起したり沈降したりしています。つまり、海面の高さを測ることで海面下の水温や塩分の様子を知ることができ

るのです(図9)。もちろん、観測ブイや船舶などを使った海面水温や塩分濃度などのデータも重要です。このような観測データは、黒潮やその周りの渦などの現在の位置を知り、海洋大循環モデルによる予測の出発点となる初期状態を与えることに非常に役に立ちます。予測の結果は初期状態に大きく影響されるので、観測データが入るたびに初期状態を少しずつ更新して誤差をその都度減らしながら予測を続けていきます。

海流予測の展開

私たちの海流予測は、ウェブサイトですぐに最新の情報を提供し、数値データそのものも大学などの研究機関に利用していただいています。そして、このような海流の予測は社会生活にとって有益な情報提供となる可能性があります。海流と海洋生物の関係に着目すれば漁業での応用も期待できますし、海流を航路選定に利用して燃料を節約できれば海運業に役立つかもしれません。数百m、数十mという小さな規模での予測が可能になれば、湾内の潮位などを予測してレジャー情報に使えるかもしれません。今後は海流予測の精度をさらに高めていくとともに、その成果を人々の暮らしに役立てる可能性を探っていきたいと考えています。