

---

## 特集「新海洋データ同化システム (MOVE/MRI.COM) の業務への活用について」

---

### MOVE/MRI.COM-WNP を用いた日本南方における黒潮流路変動の解析\*

大崎 晋太郎\*\*・有吉 正幸\*\*\*・志賀 達\*\*・岩尾 尊徳\*\*

#### 要 旨

北西太平洋海洋データ同化システム (MOVE/MRI.COM-WNP) の再現性の検証及び、今後の利用についての考察を行った。

MOVE/MRI.COM-WNP による黒潮流路の再現性は、漁礁ブイと潮位の実測データを用いて検証し、黒潮流路の離岸・接岸の時間変化が現実的によく再現されていることがわかった。

また、MOVE/MRI.COM-WNP の 50m 深の流れを用いて黒潮流軸を定義し、トカラ海峡から伊豆諸島までの海域で、各流軸位置の変動を規格化して時系列で示した。その結果、小蛇行が黒潮下流へ伝播する様子を明らかにとらえることができた。特に衛星による海面高度データの同化が始まった 1993 年以降は、より明らかに流軸の変動をとらえることができた。さらに、黒潮の潮岬への離接岸の指標に用いられる串本-浦神の潮位差と流軸位置、潮岬付近の東西流速との関連性を調査し、潮位差は離岸距離だけでなく、東西流速の変化にも影響を受けていることがわかった。

これらの調査により、「海洋の健康診断表」において、MOVE/MRI.COM-WNP を用いることで、黒潮の離接岸や、黒潮までの距離などの定量的な情報の作成が可能であることが示唆された。

#### 1. はじめに

北太平洋の低緯度から中緯度を大きく時計回りに循環している亜熱帯循環のうち、その西岸境界を流れる部分が黒潮と呼ばれる。黒潮はフィリピンの東方から台湾の東側、南西諸島の西側を流れ、九州の屋久島と奄美大島間のトカラ海峡を

通過して太平洋へ入り、日本列島の南岸に沿って流れる。房総半島沖から本州を離れ東方へ流れる部分は黒潮続流と呼ばれる。黒潮の強流帯の幅は約 100km に及び、流れの最も強い部分は黒潮流軸と呼ばれる。時期や海域にもよるが、黒潮の流軸付近では流速が 2.5m/s まで達することもあり、

---

\* Variations of the Kuroshio Path South of Japan in MOVE/MRI.COM-WNP

\*\* Shintaro Oozaki, Tatsushi Shiga, Takanori Iwao

Oceanographical Division, Kobe Marine Observatory (神戸海洋気象台海洋課)

\*\*\* Masayuki Ariyoshi

Technical Division, Kochi Local Meteorological Observatory (高知地方気象台技術課)

世界有数の流れの強い海流として知られている。また、黒潮は九州の南東沖から房総半島沖にかけての流路が大きく変動することも特徴となっている。日本南岸の黒潮流路は、潮岬で黒潮が離岸し、遠州灘沖 (136° E ~ 140° E) で 32° N 以南まで大きく蛇行して流れる「大蛇行流路」と、四国・本州南岸に沿って流れる「非大蛇行流路」の 2 つに大別できる。さらに非大蛇行流路は伊豆諸島で八丈島より北側を流れる「非大蛇行接岸流路」と八丈島より南側を流れる「非大蛇行離岸流路」に分けられる。また、大蛇行流路が 1 年以上持続した場合を「黒潮大蛇行」という (吉田ほか, 2006)。

このような流路の変動は水温分布や日本南岸の潮位の変動を伴い、漁業や海運業をはじめ、さまざまな分野に影響を与える。特に潮位変動は海況と潮汐や気象の複合的な要因により発生し、沿岸地域に浸水や冠水などの災害をもたらすこともある。2001 年 9 月上旬から 10 月中旬に、九州沿岸から東海沖及び瀬戸内海において、浸水や冠水の被害が発生した。定量的な見積りはできていないものの、この原因として、黒潮の接岸、東海沖で沿岸反流の強化、気圧の低い状態の継続、日本南岸に沿った東よりの風の継続が考えられている (木村, 2003)。

気象庁と気象研究所で開発された北西太平洋海洋データ同化システム (MOVE/MRI.COM-WNP, 以下 MOVE) の運用が平成 20 年 3 月より開始されている。それまで運用されていた海況予測システム (COMPASS-K) に比べ解像度などが格段に向上した。MOVE は COMPASS-K では不明りようであった、九州の東から四国沖の黒潮の蛇行や冷水渦、伊豆諸島付近での流れなど、黒潮の詳細な構造を表現している。本調査では、MOVE のそれらの詳細な構造の検証や今後の利用法について検討した。

## 2. データと解析手法

### 2.1 使用したデータ

本調査では、MOVE データに加え、気象庁作成の旬別黒潮流軸、漁礁ブイの観測データ及び、潮位観測データを使用した。

#### 2.1.1 MOVE

MOVE のデータは 1985 年から 2007 年の期間で、5 日ごとに 5 日平均の流れ、水温、塩分及び海面高度のデータが利用可能である。5 日間の平均値を中日の日付のデータとして扱っている。例えば、1 月 3 日のデータは 1 日から 5 日までの平均値である。また、水温、塩分、海面高度は 5 日ごとの 23 年間の平均値が整備されている。本調査で使用した海面高度偏差はこの平均値からの偏差である。

1992 年以前は、MOVE に衛星の高度計データが同化されていない。観測数の少ない海洋では、表層水温、塩分といった海洋の内部構造の観測データは非常に少ないので、衛星による広範囲の観測は、MOVE の同化データの大きなウェイトを占める。そのため、1992 年以前と 1993 年以降では MOVE のデータの質が変わっている可能性があり、留意する必要がある。

MOVE のシステムについての詳細は本特別号の「1. MOVE/MRI.COM の概要と現業システムの構築 (石崎ほか)」を参照。

#### 2.1.2 気象庁作成の旬別黒潮流軸

気象庁では、海洋大気大循環モデルを利用し、人工衛星、船舶、ブイ、中層フロートなどの観測データを総合的に解析することにより黒潮の位置を決定し、データセットを作成しており 1991 年以降のデータが利用できる (以下, kroy)。kroy は毎月、上旬 (1 日から 10 日)、中旬 (11 日から 20 日)、下旬 (21 日から月末) の平均値として作成されているため、MOVE の 5 日平均データとの比較の際には、両データの平均期間の違いに留意する必要がある。kroy は既知の流軸として、MOVE で求めた流軸の比較に用いる。

#### 2.1.3 潮位

三宅島 (気象庁所管)、八丈島 (海上保安庁所管) の潮位偏差及び、串本 (気象庁所管)、浦神 (気象庁所管) の潮位、推算潮位を使用した。それぞれの検潮所の位置は第 1 図の●印で示す (三宅島: MJ, 八丈島: QQ, 串本: KS, 浦神: UR)。三宅島は、2000 年の噴火の影響で 2000 年 9 月 4

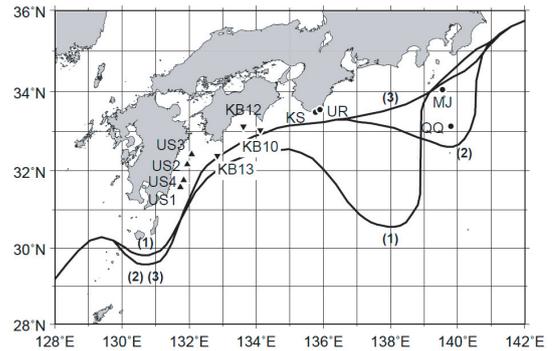
日から2003年3月28日まで観測を中断していたため、観測の復旧した2003年4月以降について使用した。八丈島の潮位偏差は三宅島の期間に合わせ2003年4月以降を使用した。潮位偏差は毎時データを日平均した後、MOVEに合わせて5日平均して使用した。なお、毎時潮位偏差に1時間でも欠測があれば日平均値を欠測とし、MOVEに合わせた5日間のうち、日平均値に3日以上欠測があれば、5日平均値を欠測とした。

串本、浦神の潮位は1985年以降について使用した。潮位偏差は2002年以前のデジタルデータが整備されていないため、潮位と推算潮位の差を取って潮位偏差とし、三宅島、八丈島の潮位偏差と同様に日平均した後、5日平均して使用した。潮位は検潮所ごとに固有の潮位観測基準面(DL)上の高さ、推算潮位は潮位表基準面(CDL)上の高さで表記されている。そのため、潮位と推算潮位の差を取ると、潮位偏差にDLとCDLの標高の差が残る。また、DLの標高は観測機器の交換や地盤変動などの影響があるため、数年に一度、CDLは毎年見直されるが、地震や火山活動によるような大きな地盤変動がなければ大きく変わることはない。今回の調査では潮位偏差の変動分に注目するため、DLとCDLの差や、1年に数mmから数cmの変化は解析結果に大きな影響はないと考えた。串本と浦神の潮位差は、それぞれの潮位の5日平均値を東京湾平均海面(TP)上の値に換算し、串本の潮位から浦神の潮位を引いて求めた。

すべての潮位に、気圧補正は行っていない。推算潮位には水温の変化による海水の膨張や気圧の季節変化による海面変動は含まれているため、上記の手法で求めた潮位偏差には、海面の平均的な季節変動は含まれていない。本調査で用いる潮位偏差には海況による海面変動以外に、気圧変動などの海況以外の様々な要因による海面変動が含まれることに留意する必要がある。串本と浦神は20km程度しか離れていないため、串本-浦神の潮位差では、総観規模の気圧変動の影響は小さい。

#### 2.1.4 漁礁ブイ

宮崎県水産試験場と高知県水産試験場から提供



第1図 典型的な黒潮流路と漁礁ブイ設置海域及び検潮所所在地

▲印 US1 ~ 5 はうみさちブイ、▼印 KB10, KB12, KB13, は黒潮牧場ブイの設置場所を示す。●印は串本(KS)、浦神(UR)、三宅島(MJ)、八丈島(QQ)の検潮所所在地を示す。図中黒線は、Kawabe (1995) による3パターンの典型的な黒潮流路の型を示す。(1), (2), (3) はそれぞれ「大蛇行流路」、「非大蛇行離岸流路」、「非大蛇行接岸流路」を示す。

していただいた、「表層浮漁礁うみさち」(宮崎県所管:以下、うみさちブイ)、「土佐黒潮牧場ブイ」(高知県所管:以下、黒潮牧場ブイ)の観測データを用いた。

うみさちブイは九州の東に設置されており、典型的な黒潮流路よりは陸寄りである(第1図、▲印 US1 ~ US4)。うみさちブイでは流れと表層水温(約2m深)を観測している。流れは超音波ドップラー流速計により10m深、30m深、50m深又は、10m深、50m深、100m深の3層を観測している(岡田, 2003)。本調査では50m深の流れを使用した。

黒潮牧場ブイは四国沖に十数基設置されており、そのうち室戸岬沖(第1図、▼印 KB10)、土佐湾(同、▼印 KB12)及び足摺岬沖(同、▼印 KB13)に設置されているブイには、風向・風速計、水温計及び流速計が装備されている。流れはブイ下部(海面下約2m)に取り付けられている電磁式流速計により観測されている(私信)。黒潮牧場ブイ10号と13号は、黒潮が沿岸寄りを流れる際には、黒潮の流軸付近の流れを観測していると思われる。

うみさちブイ、黒潮牧場ブイの観測深度、データ取得の間隔及び観測期間は第1表にまとめた。

各ブイとも毎時データが利用できるが、MOVE に合わせて5日平均して使用した。5日間のうち1時間でもデータがあれば採用した。なお、ブイによる観測データの品質管理は行っていない。

## 2.2 流軸決定の手法

本調査では、MOVEの50m深の流れのデータを用いて2とおりの手法で流軸位置を求めた。両手法とも黒潮の下流に向かう流れの流速が最大となる位置を流軸とすることを基本としている。

1つ目の手法は、Ambe *et al.* (2004) を参考に、黒潮の上流から下流に向かって流速の最大位置をたどる以下の方法であり、この手法によって求めた黒潮流軸を流軸Aとする。

- (1) トカラ海峡付近の130°Eの28°Nから32°Nの範囲で流速が最大となる格子点を求める。
- (2) (1) で求めた格子点から下流方向に10km先で、流向に直交する向きに幅約140kmのライン(サブライン)を設定し、サブライン上で10km間隔で内挿して求めた下流へ向かう流速が最大となる位置を流軸とする。
- (3) (2) で求めた流軸位置から同様に次の流軸を求める。このときに、前の点の流軸の流向との差が30°以内である条件を付けた。
- (4) 流軸が144°Eに達すると終了する。

この手法では、流軸位置を連続的に決定できる反面、冷水渦や暖水渦に伴う強い流れに引き寄せられ、黒潮から部分的に外れる場合や、渦にトラップされ無限にたどり続ける場合がある。

2つ目の手法は、トカラ海峡から伊豆諸島まで

19本のラインを定め、そのラインごとに約10km間隔の地点の流向・流速を求め、黒潮の下流に向かう流れの流速が最大となる位置を流軸とした。この手法で求めた流軸を流軸Bとする。各ラインは黒潮がラインに並行に流れる場合を極力避けるため、Kawabe (1995) が示した典型的な3つの黒潮流路のパターンのうち、非大蛇行接岸流路及び非大蛇行離岸流路におおむね直交するように定めている(ラインの位置を示す図は第4章で示す)。また、将来的に黒潮流路の位置を外部に発表する可能性も考慮し、潮岬など一般的に知られた地名をラインの陸側の端とし、かつ各ラインができるだけ等間隔となるように定めた。2つ目の手法においても、黒潮本流ではない強流を流軸とする可能性はあるが、ラインごとに独立に求めているため、下流の流軸決定に影響しない利点がある。

## 3. MOVE/MRI.COM-WNPの検証

MOVEには、流れの観測データは同化されず、MOVEにおける流れは大気強制力を受けた運動方程式を解くことで計算されている。また、MOVEは衛星の高度計の観測データを同化しているが、潮位データの同化はしていない。そのため、MOVEの流れや海面高度の検証は直接的な同化対象ではない要素を用いた検証となっており、MOVEの信頼性の検証にもつながると考えられる。

ここでは、流軸を連続的に求めた流軸Aとkroyを用いて、MOVEが再現する黒潮流軸と既知の黒潮流軸との整合性を確認する。その上で、漁礁ブイの流れとMOVEの流れの比較結果と、伊豆諸島での潮位データとMOVEの海面高度データの比較結果を示す。海洋では定点での長期連続観測のデータは少なく、うみさちブイ、黒潮牧場ブイのデータは非常に貴重である。また、潮位データも長期間の蓄積がある。紀伊半島の串本と浦神の潮位差や伊豆諸島の潮位は黒潮などの海況の影響を強く受けていることが知られており、潮位データを用いた黒潮流路の解析も行われている(Kawabe, 1985など)。

第1表 漁礁ブイの観測深度及び観測期間  
ブイ設置後の欠測期間は省略している。

	名称	観測深度(流れ)	データ間隔	観測開始
US1	うみさち1号	10m, 30m, 50m	1時間	1999/3/21
US2	うみさち2号	10m, 30m, 50m	1時間	1999/3/22
US3	うみさち3号	10m, 30m, 50m	1時間	1999/3/23
US4	うみさち4号	10m, 50m, 100m	1時間	2004/2/24
KB10	黒潮牧場ブイ10号	約2m	1時間	1992/4/20
KB12	黒潮牧場ブイ12号	約2m	1時間	1992/4/2
KB13	黒潮牧場ブイ13号	約2m	1時間	1992/5/21

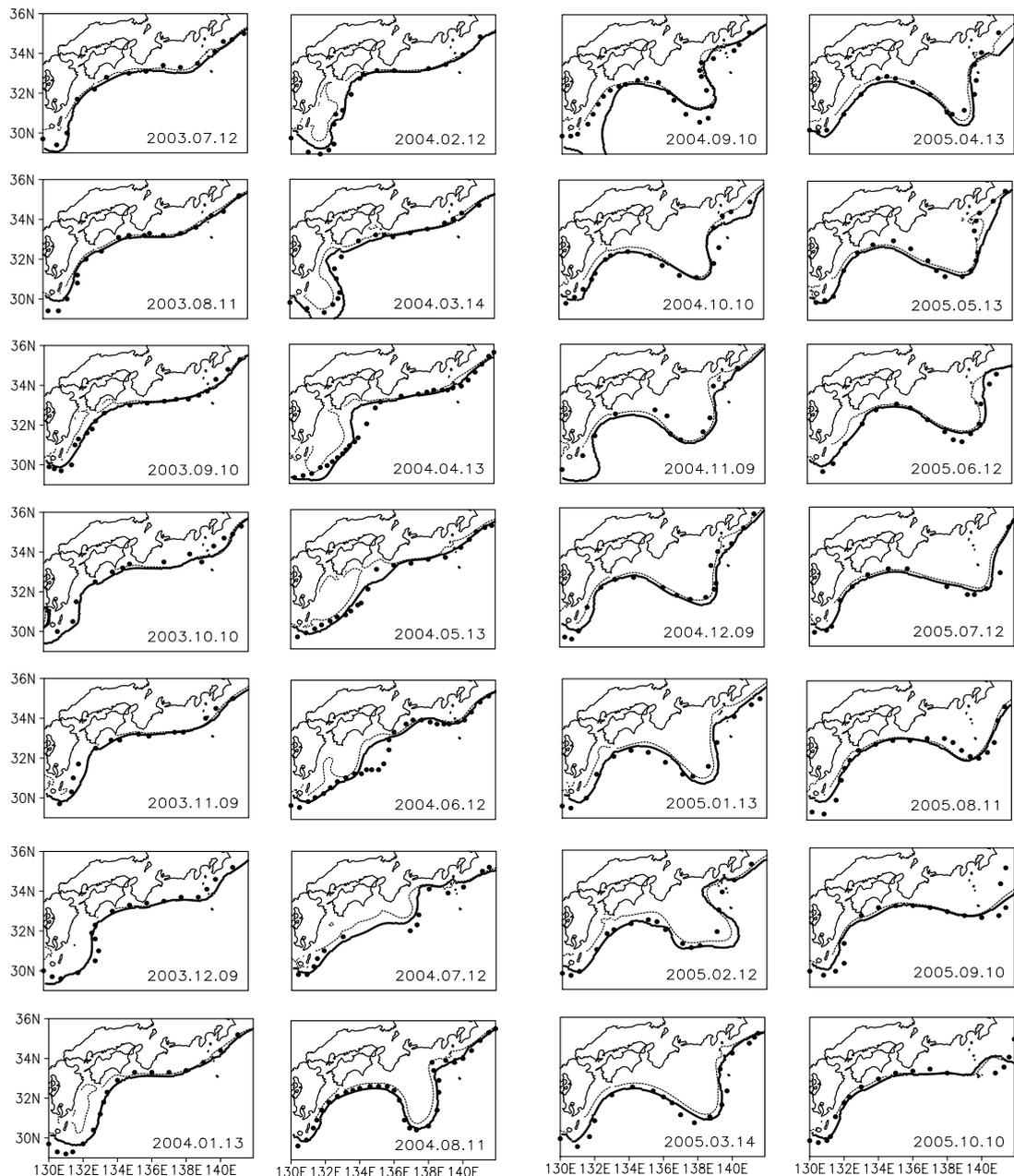
### 3.1 既知の黒潮流路との比較

ここでは、流軸 A と既知の黒潮流軸との整合性を確認するため、kroy との比較を行った。

また、これまで面的に広範囲で詳細な海流のデータがなかったため、日本南方海域では、便宜的に 200m 深における水温が黒潮流路の指標として用いられていた。水深 200m 以深では、水温の季節変化がほとんどないため、年間を通して

一定の指標として利用できる。流軸 A と MOVE の 200m 深の水温の指標で表される流軸がどの程度一致するかについても調査した。今回は川合 (1972) で用いられた 200m 深 15℃ の指標水温を用いた。

第 2 図に 2003 年 7 月 12 日から 2005 年 10 月 10 日までの期間で、30 日おきに流軸 A、MOVE の 200m 深 15℃ の等温線及び、kroy の時間変化



第 2 図 黒潮流軸の 30 日間隔の時間変化 (2003 年 7 月 12 日～2005 年 10 月 10 日)

太線は MOVE/MRI.COM-WNP の 50m 深の流れから求めた流軸 (流軸 A)。点線は MOVE/MRI.COM-WNP の 200m 深 15℃ の等温線。黒丸は kroy を示す。

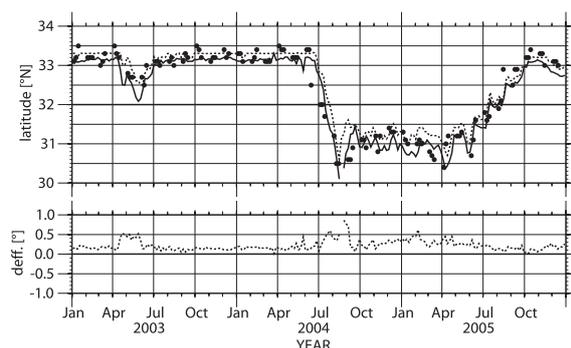
を示す。この期間は黒潮大蛇行の発生から消滅までの過程が含まれている。

2004年9月10日の事例では、九州の南東から東の海域で、流軸Aとkroyは大きくずれている。これは、奄美大島の東にある冷水渦の影響で、流軸Aを誤って決定している例である。この事例を除くと、第2図に示した中で、明らかに誤って流軸を決定している事例はない。2004年6月12日の事例では流軸Aは、四国・紀伊半島沖で北側に凸となっているが、kroyは南側に凸となっている。そのほかは流軸Aとkroyはおおむね一致していた。

200m深15℃の等温線は、全体的に流軸Aよりも北側に位置している。2004年2月12日から2005年6月12日までは、その前後の期間に比べて、両者のズレが大きい。

東海沖における黒潮の最南緯度は、黒潮大蛇行の期間を決定する上で重要な要素であるため、136°Eから140°Eまでの範囲について詳細に調べる(吉田ら(2006)も同様の範囲で議論している)。この範囲で2003年から2006年の期間で、東海沖の黒潮の最南緯度の比較を行った(第3図)。2004年8月21日は、流軸Aの最南緯度が途切れているが、これは流軸Aが四国・紀伊半島沖の暖水渦にトラップされ、東海沖の最南緯度を決定できなかったためである。また、kroyによる最南緯度は、上旬・中旬・下旬をそれぞれ5日・15日・25日の位置にプロットしている。東海沖で蛇行が発達し、黒潮の最南緯度が大蛇行の基準となる32°Nより南となるタイミングは、流軸Aが2004年7月上旬、kroyが7月中旬であった。また、200m深水温15℃の指標では、7月下旬となった。流軸Aに比べkroyによる流軸のほうが1旬遅い。一方、蛇行部が伊豆諸島の東へ移動し、最南緯度が32°Nより北になるタイミングは3者とも2005年8月中旬で、ほとんど同じであった。

200m深15℃の等温線は、全体的に流軸Aよりも北に位置する。最南緯度が33°Nより北にあり、東海沖で黒潮が非大蛇行接岸流路であるときは、最南緯度の差は0.2°程度であるが、黒潮が東海沖で蛇行し始めると、その差は大きくなり、約0.5°であった。



第3図 東海沖(136°E~140°E)における黒潮最南緯度の時間変化(2003~2005年)

実線はMOVE/MRI.COM-WNPの50m深の流れから定義した流軸(流軸A)、点線はMOVE/MRI.COM-WNPの200m深水温15℃線、黒丸は気象庁で各種データをもとに総合的に決定した旬ごとの流軸からそれぞれ求めた東海沖における黒潮最南緯度(上)、流軸Aの最南緯度に対する、200m深15℃(点線)から求めた最南緯度の差(下)。

以上の比較により、流軸Aは2004年7月から2005年8月の黒潮大蛇行の発達・消滅の過程をおおむね再現できていることが分かった。また、流軸Aとkroy及び200m深水温15℃の指標では、黒潮大蛇行の期間に、10日程度の差が生じることが分かった。

### 3.2 潮位データによる検証

三宅島及び八丈島の潮位偏差を用いて伊豆諸島付近の、串本及び浦神の潮位偏差を用いて潮岬付近のMOVEの海面高度の検証を行う。

黒潮流路の両側における海面高度は、下流に向かって右側が左側より高くなり、その差は約1mに及ぶ。そのため、三宅島や八丈島の潮位偏差は、黒潮が島の北側を流れると高く、南側を流れると低くなることが知られている(Kawabe, 1985など)。このような特徴を利用して、伊豆諸島付近の流軸位置の検証を行った。

三宅島と八丈島の検潮所を中心に、それぞれ緯度経度4度の領域でMOVEの海面高度偏差と潮位偏差の相関を求めた。正の相関の高い格子点はそれぞれの島を中心にほぼ同心円状に分布しており、相関係数が最大となるMOVEの格子点はど

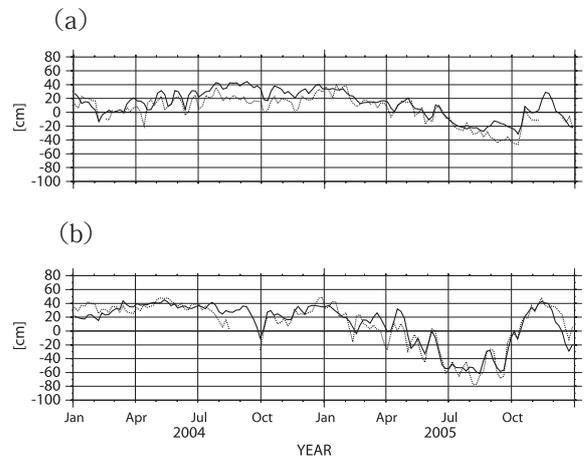
ちらも島の直近となったので、これらを代表点とした。その相関係数は三宅島で0.87、八丈島で0.92となった。黒潮大蛇行が発生していた2004年から2005年について、上記で求めた代表点におけるMOVEの海面高度偏差と潮位偏差の時系列を比較した結果を第4図に示す。

2004年7月に黒潮大蛇行が発生して以降、2005年4月ごろまで、黒潮は伊豆諸島の西側を北上し、三宅島と八丈島の間を東へ流れていた。東海沖の蛇行の東進に伴い、2005年6月には黒潮は八丈島の南を流れ、伊豆諸島の東側を北上する流路となった(第2図参照)。その後、蛇行は次第に終息し、10月には黒潮は八丈島の北側を流れるようになった。三宅島と八丈島の潮位偏差は、黒潮の北上流路の接近に伴い、2005年2月ごろから次第に低くなり、6月には急激に低下している。その後、八丈島は9月ごろから、三宅島は10月ごろから潮位偏差が高くなり始めている。三宅島、八丈島ともMOVEの海面高度偏差の時間変化は、両島の潮位偏差の時間変化と、変化のタイミングや変化量ともよく一致していた。MOVEは伊豆諸島付近の海面高度の変動をよく再現しているといえる。

黒潮が潮岬に接近・接岸した際には、潮岬の北東約20kmに位置する浦神の潮位に対して、潮岬のごく近くに位置する串本の潮位が相対的に高くなることが知られている(Moriyasu, 1961など)。この特性を利用し、黒潮の潮岬への離接岸の指標に串本-浦神の潮位差が用いられている。そこで、MOVEの海面高度偏差が串本、浦神の潮位偏差を再現しているか検証した。検証は、三宅島、八丈島について行ったものと同様の手法で行った。串本の潮位偏差は潮岬より西側の沿岸と紀伊水道でMOVEの海面高度偏差と相関が高く(第5図a)、その最大は0.667(33.5°N, 135.4°E)であった。浦神の潮位偏差は潮岬より東側の東海地方沿岸でMOVEの海面高度偏差と相関が高く(第5図b)、その最大は0.772(33.6°N, 135.9°E)であった。潮位偏差と、その相関が最大となる地点の海面高度偏差の時間変化を串本、浦神について第6図に示す。両検潮所とも、潮位偏差と海面高度偏差の時間変化がタイミング、変化量ともほ

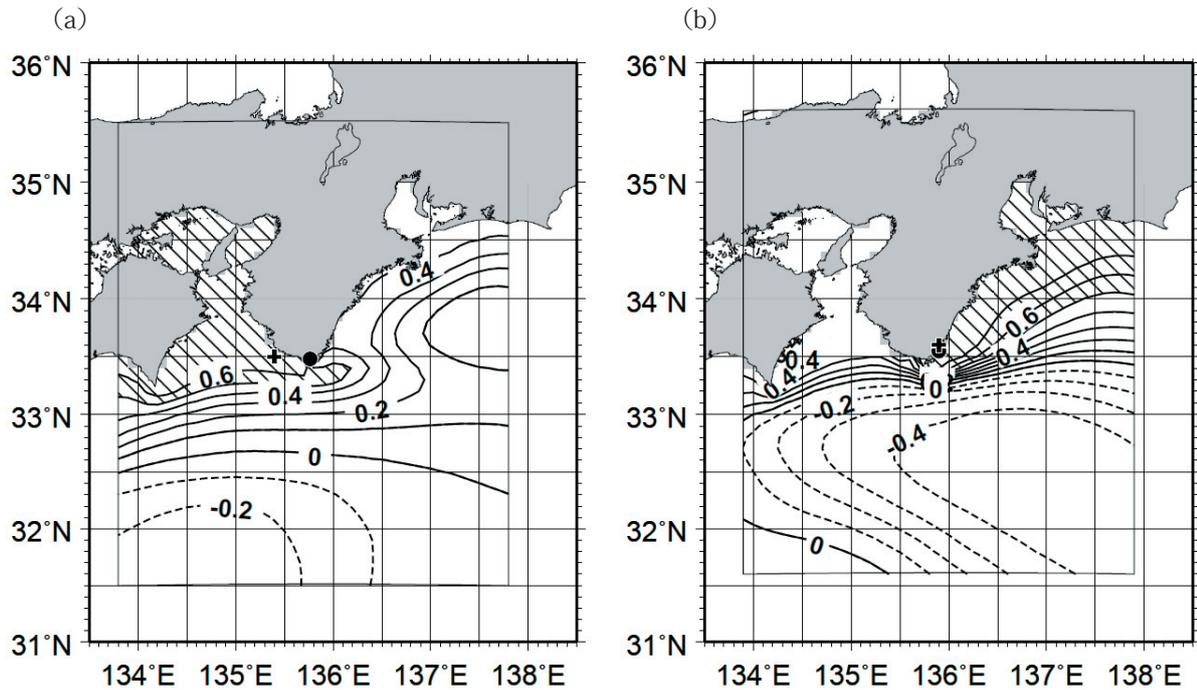
ぼ一致している。潮位偏差は海面高度偏差に比べ、10日程度のスケールでシャープな偏差の増大が見られ、この期間では最大で海面高度偏差より約20cm高くなるがあった。潮岬付近の海面高度偏差について旬スケール以上の変動であればMOVEはよく再現しているといえる。

日本南岸の海面高度の変動は、黒潮の影響を強く受けており、三宅島、八丈島と潮岬付近の海面高度の変動がMOVEでよく再現していることから、これらの海域での黒潮の流路の変化もMOVEは再現できていると考えられる。

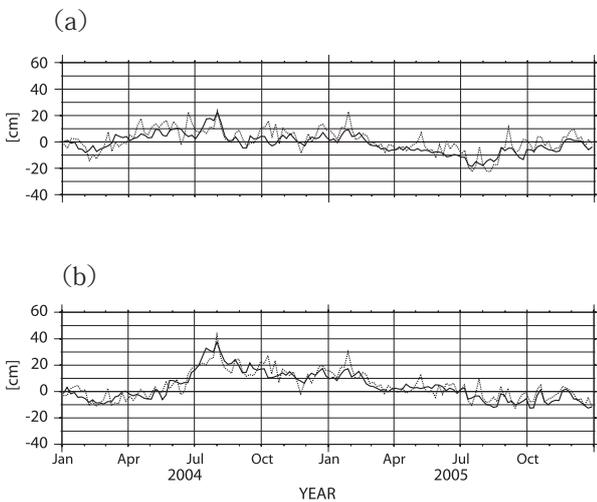


第4図 三宅島及び八丈島の潮位偏差とMOVE海面高度偏差の変動(2004~2005年)

実線はMOVE/MRI.COM-WNPの海面高度偏差、点線は三宅島(a)及び八丈島(b)の潮位偏差を示す。MOVE/MRI.COM-WNPの海面高度偏差は各検潮所を中心に緯度経度4°の範囲で、潮位偏差と最も相関が高い格子点のデータを用いた。



第5図 串本及び浦神の潮位偏差と MOVE/MRI.COM-WNP 海面高度偏差の相関係数分布図 (1993 ~ 2007 年)  
 相関係数は、串本 (a) 及び浦神 (b) の検潮所を中心に緯度経度4度の範囲で求めた。●印は検潮所所在地、+印は最も相関の高かった格子点の位置を示す。斜線部は相関係数が0.5以上の海域を示す。



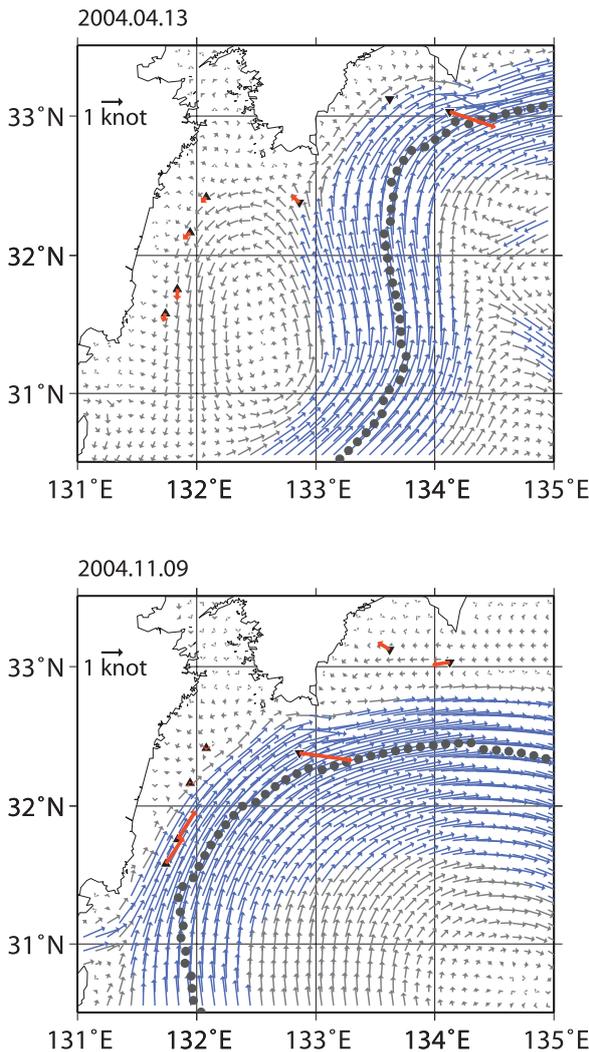
第6図 MOVE/MRI.COM-WNP の海面高度偏差と串本 (a) と浦神 (b) の潮位偏差の時間変化 (2004 ~ 2005 年)

実線は MOVE/MRI.COM-WNP の海面高度偏差、点線は潮位偏差を示す。潮位偏差は、1993 年から 2007 年までの平均値を 0 に合わせている。

### 3.3 漁礁ブイのデータによる検証

ここでは、九州の東から四国の南の沿岸海域における MOVE の流れを、漁業ブイのデータを用いて検証する。九州の東に冷水渦がある事例 (2004 年 4 月 13 日) と黒潮が九州の東に接近している事例 (2004 年 11 月 9 日) について、MOVE とブイの流れの平面図を第 7 図に示す。MOVE 及びうみさちブイは 50m 深の流れを、黒潮牧場ブイは約 2m 深の流れを示す。

2004 年 4 月 13 日の事例では、うみさち 1 号から 4 号と黒潮牧場 13 号 (足摺岬沖) の示す流れと MOVE の流れは流向・流速ともよく一致しており、MOVE は九州の東にある冷水渦を正確に表現していると考えられる。また、黒潮牧場ブイ 10 号 (室戸岬沖) の流れは、東南東を示しているのに対し、MOVE はブイ付近で東北東の流れとなっている。2004 年 11 月 9 日の事例では、う



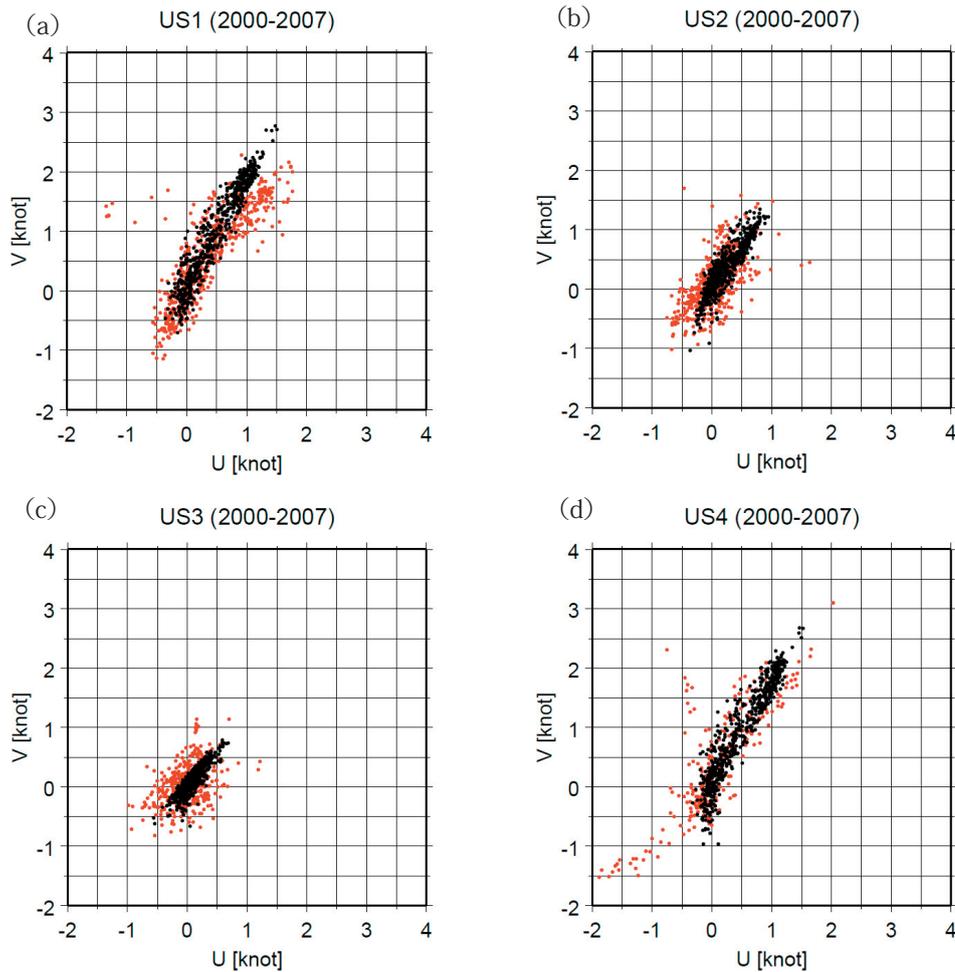
第7図 MOVE/MRI.COM-WNPの50m深の流れと漁礁ブイの流れの比較

矢印は、MOVE/MRI.COM-WNP（流速が1knot未満は黒色、1knot以上は青色）及び漁礁ブイ（赤色）の流向・流速を示す。スケールは図中参照。▲印はうみさちブイの位置、▼印は黒潮牧場ブイの位置をそれぞれ示し、赤矢印の付いていないものは欠測である。黒丸はMOVE/MRI.COM-WNPの50m深の流れから定義した流軸（流軸A）を示す。

みさち1号と4号は北東の流れ約1.2knotを観測しており、この付近のMOVEの流れは流向・流速ともブイとよく一致している。黒潮牧場ブイ13号は東南東の流れを示しているのに対して、この付近のMOVEの流れは東北東を示している。黒潮牧場ブイ10号は西向きに約1knotの流れを観測している。MOVEの流速は0.5knot程度だが、ブイと同じく西向きの流れを再現している。

各ブイとMOVEの流れの特徴をとらえるため、2000年から2007年の期間で、各ブイに直近の格子点のMOVEの流れとブイの流れの東西成分-南北成分の散布図を作成した(第8図及び第9図)。うみさちブイについては、ブイの50m深の流れとMOVEの50m深の流れ、黒潮牧場ブイについては、ブイの約2m深の流れとMOVEの1.5m深の流れを用いた。うみさち1号(第8図a)はブイ、MOVEとも流れの成分はおおむね北北東-南南西の軸に沿って分布している。MOVEよりブイのほうが流れのばらつきが大きい。ブイの流速が1knot以上になると、流れの東向き成分が大きくなり北東-南西の軸に沿って分布するようになる。また、ブイは南南西方向に約1knotの流れの分布があり、第7図aで示したような冷水渦の影響と考えられる。MOVEでも南南西方向の流れは現れているが、0.5knot程度までしか表現していない。うみさち1号の北北東約20kmに設置されているうみさち4号(第8図d)は、うみさち1号と同様に北北東-南南東の軸に沿って流れが分布している。その傾向はMOVEでも再現されている。流速が1knot以上になる場合、ブイの流れはMOVEに比べ東向きの成分が大きくなる傾向は見られるが、ブイの観測数が少なくうみさち1号の場合ほど顕著ではない。うみさち1号、4号について、ブイの観測による流速が1knot以上のときに東向きの成分が大きくなる原因は今回の調査では明らかにできなかった。うみさち2号(第8図b)は北北東-南南西の軸に沿った流れが卓越しており、MOVEの流れも同様の傾向を示している。うみさち3号(第8図c)は、MOVEの流れが北東-南西の軸に沿っているのに対し、ブイには明確な流れの傾向は見られない。

黒潮牧場ブイ10号(室戸岬沖,第9図a)では、



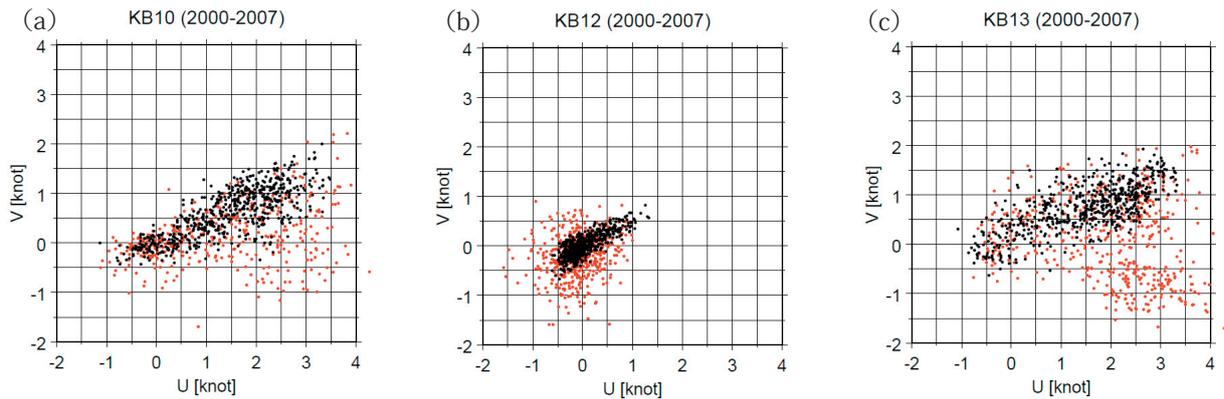
第 8 図 うみさちブイと MOVE/MRI.COM-WNP による流れの成分の散布図 (2000 ~ 2007 年)

ブイ、MOVE/MRI.COM-WNP とともに 50m 深における流れを、うみさち 1 号 (a)、2 号 (b)、3 号 (c)、4 号 (d) について示す。MOVE/MRI.COM-WNP はブイに近接する格子点の値。横軸は流れの東西成分、縦軸は流れの南北成分 (単位 : knot)。黒丸は MOVE/MRI.COM-WNP の解析値、赤丸はブイの観測値を示す。

MOVE の流れは東北東 - 西南西の軸に沿っているのに対し、ブイの流れはばらつきが大きい。特に、ブイの流れの東向き成分が約 1.5knot 以上になると特にばらつきが大きくなり、MOVE ではあまり見られない南向きの成分を持つことも多くなる。黒潮牧場ブイ 13 号 (足摺岬沖、第 9 図 c) でも同様の特徴が見られる。東西流速が 1.5knot 以上ある場合は黒潮が足摺岬や室戸岬に接岸又は接近し、ブイは黒潮の流軸付近の流れを観測していると思われる。第 8 図で示した MOVE とブイの流れを示した平面図では、黒潮牧場ブイよりも足摺岬や室戸岬に近い格子点では、MOVE も東南東向きの流れを表現している。ブイに直近の格

子点で MOVE の流れが南向き成分を持つことが少ないのは、地形による影響が MOVE が再現する以上に実際は沖合まで及んでいる可能性が考えられる。黒潮牧場ブイ 12 号 (土佐湾、第 9 図 b) では、MOVE の流れは東北東 - 西南西の軸に沿って分布しているのに対し、ブイの流れには特定の軸に沿うような傾向は見られない。黒潮牧場ブイ 12 号は、足摺岬と室戸岬を結ぶラインより湾の内側にあり、MOVE では再現できていない土佐湾岸に沿った複雑な流れを観測していると考えられる。

2003 年 1 月から 2004 年 12 月の期間の、うみさち 1 号 (第 10 図) と黒潮牧場ブイ 10 号 (第 11 図)

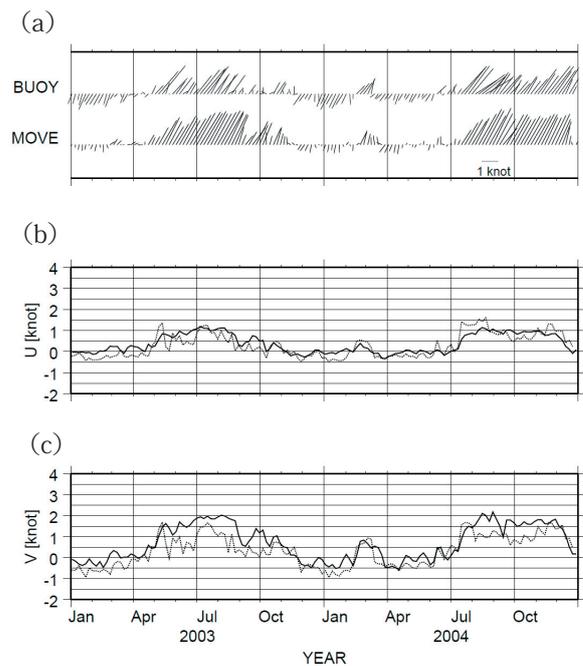


第9図 黒潮牧場ブイと MOVE/MRI.COM-WNP による流れの成分の散布図 (2000 ~ 2007 年)

ブイは約2m 深, MOVE/MRI.COM-WNP は1.5m 深の流れを, 黒潮牧場ブイ10号 (a), 12号 (b), 13号 (c) について示す. 凡例は第3図と同様.

の流れの変化の時系列を示す. 2003年11月上旬から2004年2月中旬と2004年3月中旬から5月中旬にかけて, 九州の東を小蛇行が通過している(第2図参照). うみさちブイの流れはこの2つの小蛇行の通過に伴う反時計回りの流向の変化を観測している. MOVEの流向も, ブイの流れの変化と同じタイミングで反時計回りに変化している. 流れの東西成分, 南北成分を時系列で表すと, 2003年5月から10月や2004年7月から11月の期間, MOVEは比較的一定の値であるのに対し, ブイには10日程度のスケールで流速が一時的に小さくなる現象が見られる.

黒潮牧場ブイ10号については, 流向の変化はブイとMOVEであまり一致しない. 東西流速の時間変化は, ブイとMOVEで変化のタイミングや流速がよく一致しているが, 南北流速はほとんど一致していない. 2003年5月中旬から2004年4月中旬までブイ, MOVEとも東西流速が強い状態が続いている. この期間, 黒潮が足摺岬に接近していた(2004年7月以降については第2図参照). 2004年5月以降は小蛇行が足摺岬付近まで到達した後, 黒潮大蛇行へと発展し, 足摺岬付近では黒潮が離岸している. 東西流速の変化はこのような黒潮の離接岸を反映した結果と考えられる. 黒潮牧場ブイ13号についても, ブイとMOVEの東西流速の変化のタイミングや流速がよく一致しており, 足摺岬付近での黒潮の離接岸を反映しているものと考えられる(図は省略).



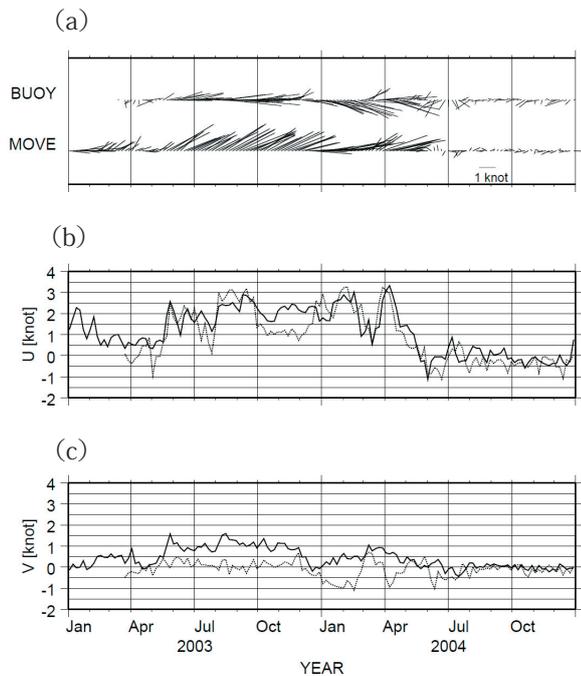
第10図 うみさち1号と MOVE/MRI.COM-WNP の 流向・流速の推移 (2003 ~ 2004 年)

ブイ, MOVE/MRI.COM-WNPとも50m 深における流れ. MOVEはブイに近接する格子点の値. 流向・流速をベクトル表示で, スケールは図中に示す (a). 流れの東西成分 (b), 流れの南北成分 (c) について, 実線が MOVE/MRI.COM-WNP による解析値, 点線がブイによる観測値を示す.

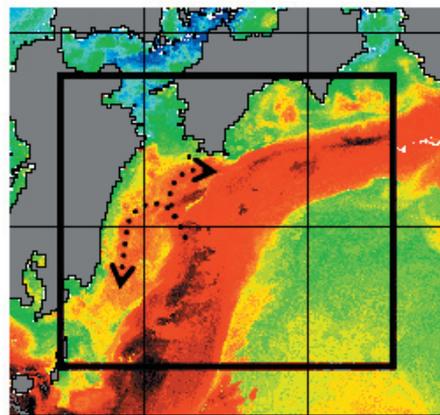
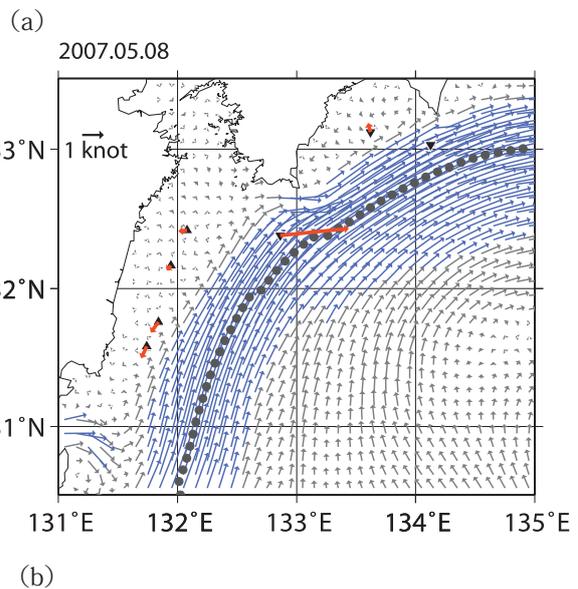
以上では、MOVE がブイ付近の流れを比較的よく再現している事例に注目して解析を行った。うみさち1号では、MOVE はブイに比べ南南西向きの流れの流速が弱く、うみさち2号やうみさち3号では、MOVE に比べブイの流れのばらつきが大きかった(第8図)。黒潮は32°N 付近から九州の東岸を離れ、四国の南へ向かって流れることが多い(第1図参照)、黒潮がうみさち2号や3号付近へ近づくことは少なく、うみさち3号は黒潮の本流の流れよりも分岐流や反流を観測することが多いと考えられる。第12図に2007年5月8日のMOVE、ブイの流れ及び観測衛星NOAA17号による海面水温の解析図を示す。この事例では、うみさち1号、2号、4号は南南西の、

うみさち3号は西向きの流れを観測しているものの、MOVE の流れは一致しない。ブイの流れや衛星画像から判断すると、実際は第12図bに点線と矢印で示したような、黒潮の反流や分岐流が存在していると考えられる。

MOVE の流れを用いる際には、上記の九州東岸の反流のようにMOVE が完全に再現できていない事例や、黒潮牧場ブイ付近で流れの南北成分がMOVE とブイで一致しないことに留意しなければならない。厳密にMOVE が実際の流向・流



第11図 黒潮牧場ブイ10号とMOVE/MRI.COM-WNPの流向・流速の推移(2003~2004年)  
ブイは約2m深、MOVE/MRI.COM-WNPは1.5m深の流れ。凡例は第8図と同様。



第12図 MOVE/MRI.COM-WNPの50m深の流れ及び漁礁ブイの流れ(a)とNOAA17号による海面水温(b)

MOVE/MRI.COM-WNPは2007年5月8日。衛星画像は2007年5月7日から9日の合成図。図b中、を示した四角(図aの範囲を示す)と矢印は著者が編集した。

速を再現しているとはいえないが、うみさちブイ付近の格子点で流速が 1knot を超えるような場合や、MOVE が明りように冷水渦を表現している場合は、MOVE とブイの流れが比較的好く一致している。四国の南においては、黒潮牧場ブイと MOVE の流れの東西成分はよく一致しており、旬スケール以上の変動について九州の東から四国の南にかけての黒潮の離接岸の解析には使用できると考える。

#### 4. MOVE の今後の利用可能性

流軸 A は流軸決定に失敗した位置から下流側の流軸も決定できなくなる手法であるため、情報発信のシステムに組み込むことが難しい。このため、今後の利用可能性を考え、4 章では流軸 B を用いることとし、MOVE によって表現される黒潮の特徴を考察し、その利用方法について議論を進める。また、2.1.1 節で述べた同化データの違いによるデータの質の変化を考慮しなくてよいように、主として 1993 年以降について議論するが、1992 年以前に見られる特徴についても場合によっては言及しておく。

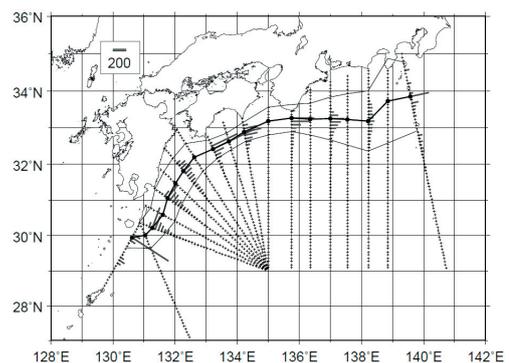
##### 4.1 MOVE のデータによる流軸変動の検出

1993 年から 2007 年の全 1,095 事例について、流軸 B の出現頻度分布を第 13 図に示す。図中黒丸を付した太線は流軸の最頻位置、細線は流軸変動の最頻位置からの標準偏差の幅を表す。流軸の出現頻度分布は、トカラ海峡では北側流路と南側流路に分かれる。九州の東から四国・紀伊半島沖にかけては、流軸の最頻位置が陸側に偏った分布をしている。潮岬沖は、特に頻度分布が沿岸よりに偏っており、全体の 70% が 33° N 以北にある。Ambe *et al.* (2004) は、1992 年 10 月から 2000 年 12 月の期間で 136° E 線上の流軸の頻度分布を示しており、33° N 以北に約 80% の分布であった。潮岬沖の流軸 B による 1992 年 10 月から 2000 年 12 月の統計では、73.6% が 33° N 以北に位置し、Ambe *et al.* (2004) とほぼ同様の結果が得られた。黒潮は潮岬に接岸して流ることが多く、大蛇行流路をとるときや小蛇行が通過する際に離岸していることがうかがえる。東海沖では最頻位置の出

現確率は小さくなるとともに陸側への偏りも少なくなり、正規分布に近くなっていることが分かる。伊豆諸島付近の流路は三宅島と八丈島の間及び八丈島の南に分かれる。流軸位置の頻度分布の標準偏差の幅は東海沖から伊豆諸島で最も大きく、次いで九州の東で大きく、四国・紀伊半島沖で最も小さくなる結果となった。

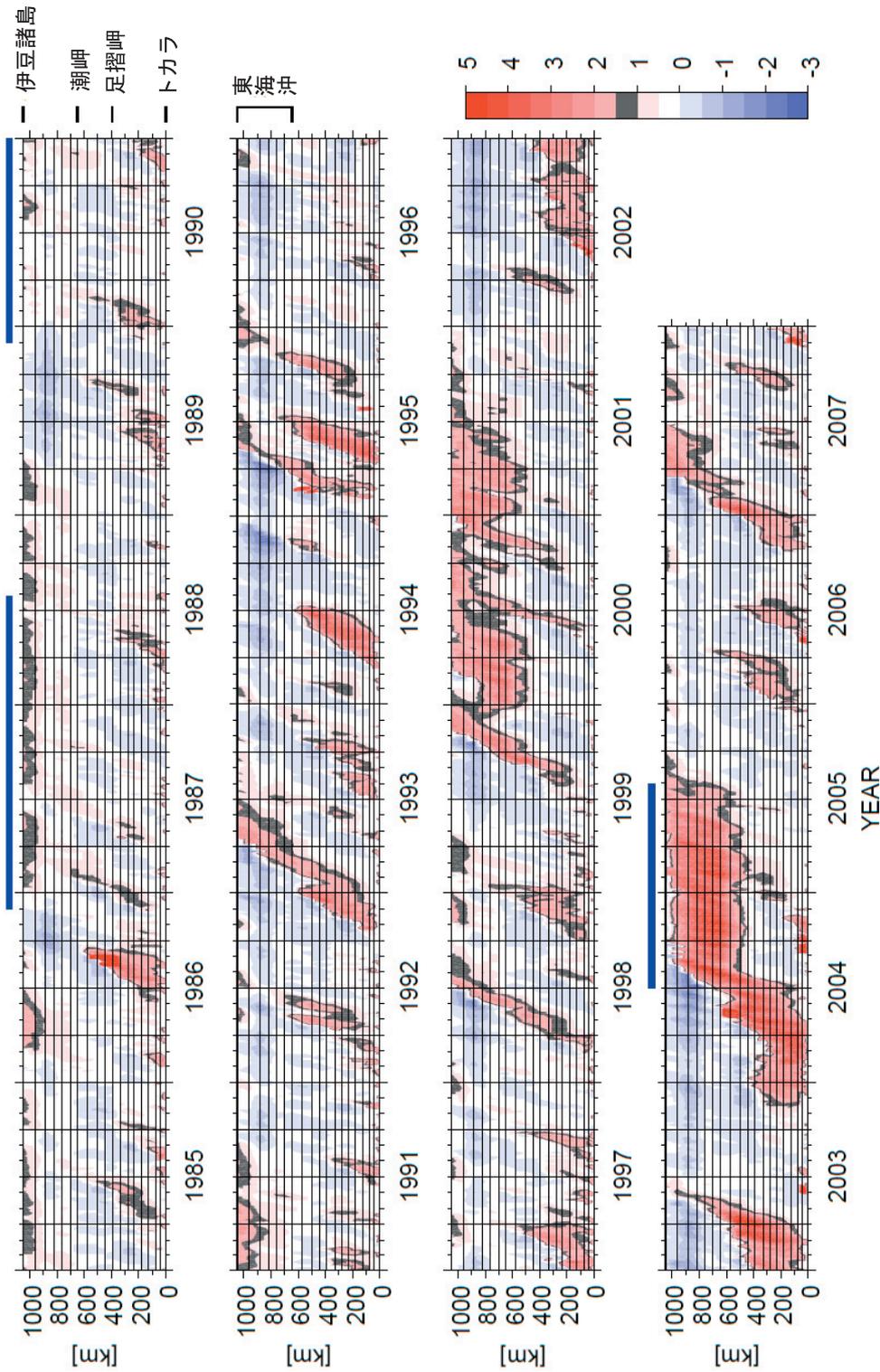
九州の南東で発生した小蛇行が下流へ伝播して、東海沖の黒潮流路に大きな変動をもたらすことが知られている (Kawabe, 1980)。このような蛇行の伝播を可視化して把握するために、流軸の最頻位置からの偏差のホフメラー図を作成した (第 14 図)。九州の東から四国・紀伊半島沖では、東海沖に比べ流軸位置の変動が小さいため、単に流軸位置の偏差を見るだけでは小蛇行などの変動を追跡することは難しい。そこで、各ラインでの流軸の変動を等価的に評価できるように流軸位置の偏差を規格化した。

第 14 図の縦軸はトカラ海峡を起点 (0km) とし、各ラインにおける流軸の最頻位置をたどった積算距離を示している。九州の東から四国沖ではラインが扇型になっているため、流路が離岸するほど見かけの伝播速度は速くなる。カラーは流軸の最頻位置からの変位の度合いを示す。赤色 (正) は流軸が沖側へ変位していることを示し、青色 (負) は沿岸寄りに変位していることを示す。



第 13 図 MOVE/MRI.COM-WNP による黒潮流軸位置の出現頻度分布図 (1993 ~ 2007 年)

点線で示すライン上における黒潮流軸位置の頻度分布を示す (スケールは図中を参照)。黒丸を付した太実線は各ラインにおける流軸の最頻位置、細実線は流軸の最頻位置に対する変動の標準偏差の幅を示す。頻度分布を示す線は見やすくするため、1 本おきに省略している。



第 14 図 MOVE/MRI.COM-WNP による 50 m 深の黒潮流軸位置のホフメラー図 (1985 ~ 2007 年)

流軸位置を流軸最頻位置からの偏差の標準偏差で規格化したホフメラー図。横軸は時間、縦軸はトカラ海峡における流軸最頻位置を 0km とし、流軸最頻位置間の積算距離を示す。赤色は離岸傾向、青色は接岸傾向であることを示す。+1 σ から +1.5 σ は灰色で示す。図上部の青線は気象庁 (2006) による黒潮大蛇行期間を示す。

気象庁 (2006) によると, 1985 年から 2005 年の期間で, 黒潮大蛇行は 1986 年 12 月から 1988 年 7 月, 1989 年 12 月から 1990 年 12 月, 2004 年 7 月から 2005 年 8 月の 3 回発生している (2005 年以降に黒潮大蛇行は発生していない). 2000 年 1 月ごろから 6 月ごろまでと, 2001 年 1 月ごろから 5 月ごろまで黒潮が大蛇行流路をとっていた期間もあるが, どちらも継続期間が 1 年に満たず「黒潮大蛇行」とはならなかった. 東海沖における流軸変位が  $+1.5\sigma \sim +2\sigma$  となる時, 流軸位置が  $32^\circ \text{N}$  付近に相当する. 伊豆諸島では約  $+1\sigma$  の位置が八丈島に相当する. MOVE の解析では 1986 年 12 月から 1988 年 7 月, 1989 年 12 月から 1990 年 12 月の 2 つの黒潮大蛇行時は, 東海沖で流軸が継続して  $32^\circ \text{N}$  以南まで南下していない.

第 14 図から, 小蛇行とみられる流軸位置の正偏差が下流へ伝播する様子が分かる (“小蛇行” の明確な定義は決まっていないが, 以後便宜的に潮岬以西において  $+1\sigma$  以上の流軸変位がある蛇行を “小蛇行” と呼ぶ). 1993 年から 2007 年の期間で, 東海沖で  $+1\sigma$  以上の変位のある蛇行は 13 例あり, そのうち 10 例は潮岬以西に “種” となる小蛇行が存在していた. また, 同期間中, トカラ海峡から足摺岬沖では小蛇行が頻繁に発生しており, 最も多い年は 1997 年と 2006 年で年間 9 回発生していた. 最も少ない年は 2000 年, 2001 年, 2004 年, 2005 年の 1 回で, 15 年間の平均は年間 4 回であった. また, 2000 年や 2001 年, 2005 年のように東海沖で変位が  $+1\sigma$  以上の蛇行がある期間は小蛇行の発生が少ない傾向があった. トカラ海峡から足摺岬沖の海域で発生した小蛇行のうち, 四国沖まで伝播するのは年間 2 回程度である. さらに潮岬を越え東海沖まで伝播するのは年間 1 回程度で, 全くない年もあった. 四国沖及び東海沖までの小蛇行の伝播時期に季節的な特徴は見られなかった.

次に,  $+1\sigma$  以上の流軸の変位があり, 200km 以上伝播している蛇行を対象に, その伝播速度の概算値を求めた. この基準にあてはまる蛇行は 1993 年から 2007 年の期間で 21 事例あった. 都井岬沖から潮岬沖では蛇行の伝播速度が  $70 \sim 500\text{km/月}$  で, ばらつきが大きくなっている.

2004 年 7 月から 2005 年 8 月の黒潮大蛇行のトリガーとなった小蛇行は, 2003 年 11 月中旬に発生し, 2004 年 2 月まで九州の東に停滞した後, 3 月から 5 月にかけて四国の南を約  $130\text{km/月}$  の速度で東へ伝播している. この小蛇行は九州の東から四国の南で変位が  $+3\sigma$  以上あった. 1994 年 3 月から 6 月と 1995 年 4 月から 6 月に, 九州の東から四国の南をそれぞれ約  $160\text{km/月}$ , 約  $300\text{km/月}$  の速度で小蛇行が伝播している. その変位は  $+3\sigma$  以上あるが, この 2 つの小蛇行はどちらも潮岬沖で消滅した. 1999 年 8 月から 9 月, 2000 年 6 月, 10 月から 11 月に小蛇行が九州の東から四国沖を  $400 \sim 500\text{km/月}$  の速度で伝播している. これらの小蛇行は, 東海沖で大蛇行流路となったが, 継続期間が短く黒潮大蛇行とはなっていない. 2003 年 1 月から 3 月に四国の南を伝播した小蛇行は, 速度が約  $70\text{km/月}$  で変位は  $+3\sigma$  以上あり, 2002 年 10 月中旬から 12 月までは九州の東に停滞していた. この特徴は 2004 年の小蛇行と似通っている. この小蛇行は東海沖まで伝播したが, 黒潮大蛇行とはならなかった. 小蛇行が東海沖まで伝播するか, また黒潮大蛇行へ発展するかについて, 小蛇行の規模や伝播速度に決定的な違いは見られなかった.

一方, 潮岬沖から伊豆諸島での蛇行の伝播速度は  $200 \sim 300\text{km/月}$  で, 潮岬以西に比べると伝播速度のばらつきは小さかった. 2004 年から 2005 年の黒潮大蛇行時においても, 2004 年 6 月から 8 月にかけて東海沖を蛇行が東進して黒潮大蛇行となった際の伝播速度は約  $210\text{km/月}$  であった. これは, 黒潮大蛇行とならなかった事例 (1999 年 9 月から 11 月や 2003 年 4 月から 5 月に東海沖を伝播した蛇行など) の伝播速度と大差はなかった.

流軸 B の変位を規格化することにより, 流路の変動の小さい室戸岬から潮岬付近の小蛇行の伝播の確認が容易となり, これを用いて蛇行の伝播速度も推定できたので, この手法により, 黒潮の離岸距離, 小蛇行の規模を定量的に表現することができると思う.

#### 4.2 串本-浦神潮位差との比較

串本-浦神の潮位差が安定して低い状態である

期間は、黒潮が潮岬から離岸していると考えられている。3.2 節で示したとおり、串本と浦神の潮位偏差は MOVE の海面高度偏差と高い相関があった。黒潮付近の海面高度は流速と密接に関係しており、流速が速いほど流れを挟んだ両側の海面高度差が大きい。そのため、串本-浦神の潮位差は流軸までの距離だけでなく、潮岬付近の流速にも影響を受けているはずである。例えば、潮岬からの離岸距離が小さく流速が遅い場合や、離岸距離が大きく流速が速い場合も考えなくてはならない。

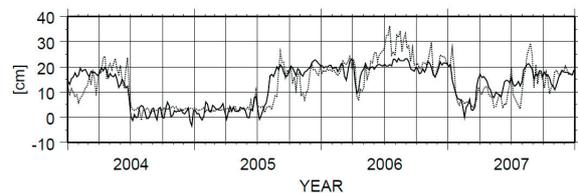
そこで、MOVE の流れから定義した流軸 B を用いて、潮岬からの黒潮の離岸距離及び、潮岬付近の東西流速と串本-浦神の潮位差の変動を比較した。安定して潮岬に接岸する流路であっても流速に応じて潮位差に変化をもたらす可能性を想定し、東西流速を用いた。潮岬付近の東西流速は、 $33.2^{\circ}$  N から  $33.5^{\circ}$  N,  $135.5^{\circ}$  E から  $136.0^{\circ}$  E の範囲で領域平均して求めた。解析は 1985 年から 1992 年と 1993 年から 2007 年に分けて行い、串本-浦神の潮位差、潮岬からの離岸距離、東西流速の 3 者間の相関を求めた (第 2 表)。1993 年以降は、潮位差と離岸距離、潮位差と東西流速とも高い相関が得られた。一方、1992 年以前については、1993 年以降に比べると相関が低くなっており、MOVE のデータの質の変化がうかがえる。流速と離岸距離の相関は、両者とも MOVE のデータであることから期間の違いによる相関の大きな差はなかった。そこで、1993 年以降について、離岸距離 (km) と東西流速 (cm/s) から重回帰分析により串本-浦神の潮位差 (cm) を推定した。その結果を、第 15 図に示す。重回帰の係数は、 $-1.349$  (切片)、 $0.186$  (東西流速)、 $0.037$  (離岸距離) であった。重回帰分析による潮位差は、実際の潮位差の変化をおおむね再現しているものの、潮位差が  $20\text{cm}$  を大きく超える潮位変動は再現できていない。推定値は相関の高かった東西流速の変動の影響が大きい。

串本-浦神の潮位差に対する、黒潮の潮岬からの黒潮の離岸距離 (第 16 図 a) と東西流速 (第 16 図 b) の対応を散布図で示す。離岸距離が  $100\text{km}$  以上では潮位差は  $0 \sim 5\text{cm}$  で、ほぼ一

定の値である。離岸距離が  $100\text{km}$  以下になると、離岸距離が短くなるほど潮位差が大きくなり、ばらつきが大きくなる。潮位差と東西流速の対応は、東西流速 (東向き正) が  $40\text{cm/s}$  以下では潮位差が  $10\text{cm}$  以下となり、東西流速が  $40\text{cm/s}$  以上になると潮位差が  $10\text{cm}$  以上となる。東西流速は  $120\text{cm/s}$  程度で頭打ちになり、この時の潮位差は  $20 \sim 35\text{cm}$  である。重回帰分析で  $20\text{cm}$  以上の潮位差を推定できなかったのは、東西流速の限界に対応していると考えられる。離岸距離と東西流速を比較すると、離岸距離が  $100\text{km}$  以上の場合は東西流速は  $-30 \sim 10\text{cm/s}$  でほぼ一定である。離岸距離が  $100\text{km}$  以下になると、東西流速は次第に増加し、 $60\text{km}$  以下になると東西流速が負 (西向き) の値をとることはなくなる。離岸距離が最も小さい (約  $20\text{km}$ ) 場合でも東西流速は  $60 \sim 130\text{cm/s}$  の幅がある (図は省略)。このように、MOVE による流軸 B の離岸距離が  $60\text{km}$  以下や、東西流速が  $40\text{cm/s}$  以上となる場合に、潮位差が  $10\text{cm}$  以上となる。離岸距離が小さいほど東西流

第 2 表 串本 - 浦神の潮位差, MOVE による潮岬付近の東西流速, MOVE/MRI.COM-WNP による黒潮の潮岬からの離岸距離の相関係数

期間	潮位差-離岸距離	潮位差-流速	流速-離岸距離
1985~1992	-0.355	0.451	-0.824
1993~2007	-0.629	0.755	-0.878



第 15 図 串本 - 浦神の潮位差と MOVE/MRI.COM-WNP を用いて推定した串本 - 浦神の潮位差 (2004 ~ 2007 年)

点線は観測値から求めた串本 - 浦神の潮位差, 実線は MOVE/MRI.COM-WNP の流速と黒潮の潮岬からの離岸距離から重回帰で求めた串本 - 浦神の潮位差。重回帰の係数は、切片 ( $-1.349$ )、東西流速 ( $0.186$ )、離岸距離 ( $0.037$ )。

速が速くなる対応関係はあるが、潮位差は離岸距離が一定でも東西流速の強弱にも影響されていると考えられる。串本-浦神の潮位差が小さい場合に、必ずしも離岸距離が大きくなることに注意する必要がある。

### 5. まとめ

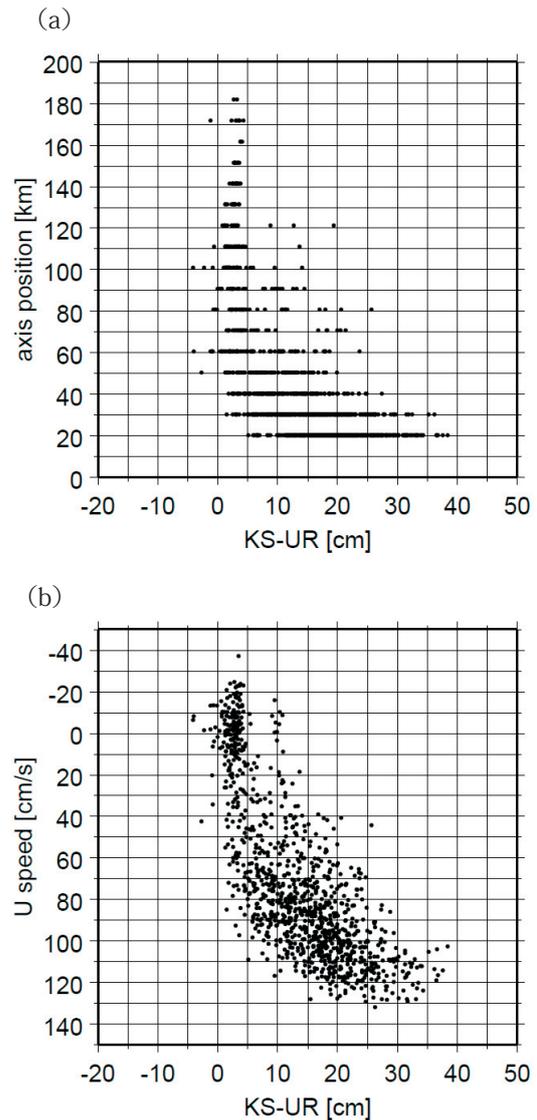
トカラ海峡から伊豆諸島にかけての黒潮に注目し、MOVE のデータの検証や流軸の解析を行い、次の結論を得た。

- (1) MOVE の 50m 深の流れより黒潮流軸を定義し、既知の流軸 (kroy) とおおむね整合していることが分かった。
- (2) 漁礁ブイ、潮位データと MOVE の詳細な比較を行った。旬スケール以上の変化であれば、MOVE を用いて九州の東から四国沖の黒潮の離接岸や、伊豆諸島付近の流軸位置を推定できることが分かった。
- (3) 定義した流軸位置の変動を規格化することで小蛇行の伝播の様子を明らかにすることができた。蛇行の伝播速度は潮岬以西で 70 ~ 500km/月、潮岬以东では 200 ~ 300km/月であった。小蛇行が東海沖まで伝播するか、黒潮大蛇行へと発展するかについて、小蛇行の規模や伝播速度に決定的な違いは見られなかった。
- (4) 今回定義した流軸の潮岬からの離岸距離、潮岬付近の MOVE の東西流速と串本-浦神の潮位差の対応を調べ、離岸距離が 60km 以下や東西流速が 40cm/s 以上の際に串本-浦神の潮位差に影響が顕著に現れることが分かった。また、潮位差が離岸距離から一意的に決まるのではなく、東西流速の変化にも対応していることが分かった。

以上の調査により、MOVE を用いて流軸までの距離や、小蛇行の規模を定量的に求められる可能性を示すことができた。今後、具体的に離接岸の定義や流軸までの距離をどのように示すのがよいのかを議論する必要がある。さらに流軸位置だけでなく、黒潮強流帯の流速の分布など、幅をもった黒潮の表現を検討する必要がある。

### 謝 辞

MOVE のデータの検証に際し、漁礁ブイのデータを提供していただいた、宮崎県水産試験場と高知県水産試験場の方々に厚くお礼申し上げます。また、気象研究所、気象庁の関係各位には MOVE のデータの利用について、多くの助言を頂きました。



第 16 図 串本-浦神の潮位差と黒潮離岸距離及び東西流速の散布図 (1993 ~ 2007)

(a) 横軸は串本-浦神の潮位差 (cm), 縦軸は黒潮の潮岬からの離岸距離 (km). (b) 横軸は串本-浦神の潮位差, 縦軸は潮岬付近の東西流速 (cm/s). 東西流速は 33.2° N から 33.5° N, 135.5° E から 136.0° E の領域平均。

## 参 考 文 献

- Ambe, D. *et al.* (2004) : Estimating the Kuroshio Axis South of Japan Using Combination of Satellite Altimetry and Drifting Buoys. *J. Oceanogr.*, **60**, 375-382.
- 岡田俊明 (2003) : 浮漁礁ブイを利用した日向灘の海況変動の把握. 黒潮の資源海洋研究, **4**, 51-56.
- Kawabe, M. (1980) : Sea Level Variations along the South Coast of Japan and the Large meander in the Kuroshio. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **36**, 97-104.
- Kawabe, M. (1985) : Sea Level Variations at the Izu Islands and Typical Stable Paths of the Kuroshio. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **41**, 307-326.
- Kawabe, M. (1995) : Variations of Current Path, Velocity, and Volume Transport of the Kuroshio in Relation with the Large Meander. *J. Phys. Oceanogr.*, **25**, 3103-3117.
- 川合英夫 (1972) : 黒潮と親潮の海況学. 海洋科学基礎講座 (海洋物理Ⅱ), 129-320.
- 木村一洋 (2003) : 2001年 (平成13年) に発生した2つの異常潮位について. 測候時報, **70**, 特別号, 123-S129.
- 気象庁 (2006) : 黒潮. 海洋の健康診断表 総合診断表 第1版, 115-130.
- Moriyasu, S. (1958) : On the Fluctuation of the Kuroshio South of Honshu (4) - (The Influence of the Oceanographic Conditions upon the Monthly Mean Sea Level). *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **14**(3), 137-144.
- Moriyasu, S. (1961) : On the Difference in the Monthly Sea level Between Kushimoto and Urugami, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **17**(4), 197-200.
- 吉田隆・下平保直・林王弘道・横山克巳・秋山秀樹 (2006) : 黒潮の流路情報をもとに大蛇行を判定する基準. 海の研究, **15**(6), 499-507.