

# 茨城県近海の黒潮の位置と変動並びに水温環境との関係について

小日向 寿夫

Position and change of the Kuroshio ,and their relationship with sea water temperature in the sea off Ibaraki

Hisao KOBINATA

## はじめに

黒潮は、西岸境界流として本州沿岸に沿って東進し、茨城県海域付近から陸域を離れる。この時に流路を変化させるため、本県海域は大きな影響を受ける。そして、このことは本県海域の海況予測を困難なものにする大きな要因となっており、黒潮の流路の把握は極めて重要であると考えられる。しかしながら、これまで本県近海 (143° E 程度まで) における黒潮の流路位置や変動、または、茨城県海域の水温環境との関係について検証した例はほとんどない。そこで、本研究では、犬吠埼正東の黒潮離岸距離、黒潮北限緯度、犬吠埼沖の黒潮の角度の3つを黒潮流路の指標値として、①指標値の変化の推移と出現頻度の把握、②指標値と本県海域の水温環境との関係解析、③指標値の前月差と茨城県海域の水温環境の前月差との関係解析を行ったのでここに報告する。

## 方 法

### (1) 黒潮の位置

1973年から2007年までに月の上旬と下旬に海上保安庁から発行された「海洋速報」を用いて、犬吠埼の正東方向の黒潮離岸距離及び141° E, 142° E, 143° E 上における黒潮北限緯度を計測した。計測位置は黒潮流路の北縁部とした。さらに、犬吠埼から正東方向へ線を伸ばしたときに黒潮縁辺に交わる地点と142° E における黒潮の北限緯度とを結んだ線と、犬吠埼正東線とがおりなす角度を計測した (図1)。また、これらの前月差も求め、各々の位置や変動特性の把握、または茨城県沖の観測水温との比較を行った。なお、本県の海洋観測は基本的に上旬の実施していることから、観測水温との比較には上旬のみの計測値を使用した。

### (2) 茨城県海域の水温環境

基本的に毎月月上旬に漁業調査指導船を用いて実施している沿岸海洋観測 (142° E まで) のうち、1973年から2007年の間の水深0m, 50m, 100m, 200mの水温偏差を用いた。さらに、クラスター解析手法により水深毎に3つの類似した海域に分類し (図2)、海域ごとに平均した年平均水温偏差とそれらの前月差を解析に用いた。なお、文章中の海域の表現方法は、分類した海域に番号を振り、1番目の海域はクラスター1、2番目の海域はクラスター2、3番目の海域はクラスター3と記載した。

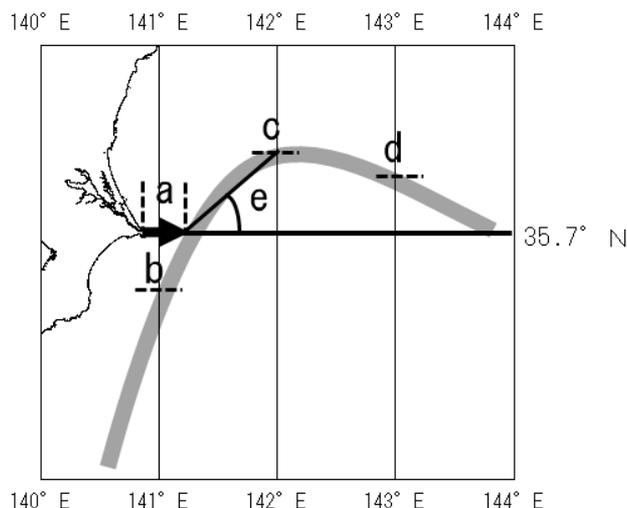


図1 黒潮流路の計測位置

灰色の太線は黒潮流路を示す。(a) : 犬吠埼正東の黒潮離岸距離。(b)~(d) : 141° E, 142° E, 143° E 上の黒潮北限緯度 (黒点線)。(e) : 黒潮角度。

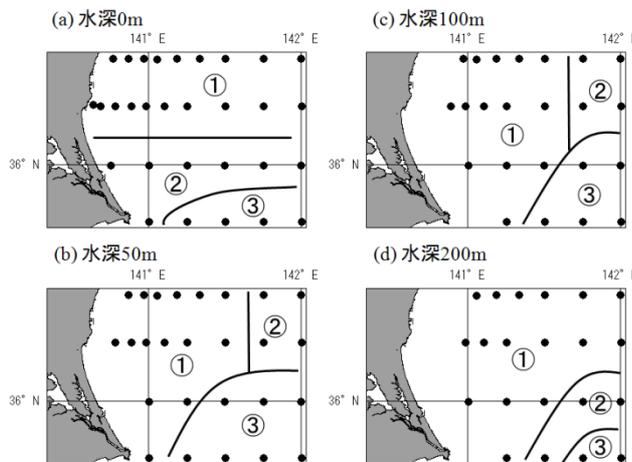


図2 クラスター解析により分類した海域

黒線で仕切られた範囲内が水深帯毎にクラスター分類した結果。数字はクラスター番号を示す。

結果と考察

(1) 黒潮位置の頻度分布

① 犬吠埼正東の黒潮離岸距離

出現頻度を図3に示す。出現範囲は0マイル以上から190マイル以下で、最も出現数が多かったのは20マイルより大きく30マイル以下の範囲(概ね141.5°E)であった。また、出現数の凡そ9割が80マイル以下(概ね142.5°E以西)に位置した。この出現頻度は計測期間全体のなかで、犬吠埼正東に黒潮流路が存在した場合の約7割を占め、多くが陸域の比較的近くを流れていることが示唆された。

② 黒潮北限緯度

出現頻度を図4に示す。

141°Eでの出現範囲は32°Nより大きく35.75°N以下の範囲で、最も出現数が多かったのは35°Nより大きく35.25°N以下の範囲であった。

142°Eでの出現範囲は32.25°Nより大きく38.5°N以下の範囲で、最も出現数が多かったのは35.5°Nより大きく35.75°N以下の範囲であった。

143°Eでの出現範囲は32.25°Nより大きく38.75°N以下の範囲で、最も出現数が多かったのは35.75°Nより大きく36°N以下の範囲であった。

141°Eは外房南部沖を中心にして、北は犬吠埼沖を限度に変動している。また、142°Eや143°Eは正規型の分布を示し、九十九里沖から鹿島灘沖を中心に南北変動していると言える。

③ 黒潮角度

出現頻度を図5に示す。出現範囲は0度以上から85度以下で、最も出現数が多かったのは40度より大きく45度以下の範囲であった。このことから、黒潮流路が142°E以西かつ犬吠埼以北に位置する場合は、北東方向への流れが最も多いと言える。

④ 季節別の出現頻度

図6に犬吠埼正東の黒潮離岸距離、黒潮北限緯度及び黒潮角度の季節別平均値を示す。季節別の出現頻度には偏りはみられず、概ね同じであった。このことから、本県近海の黒潮流路位置には目立った季節差は存在しないと考えられる。

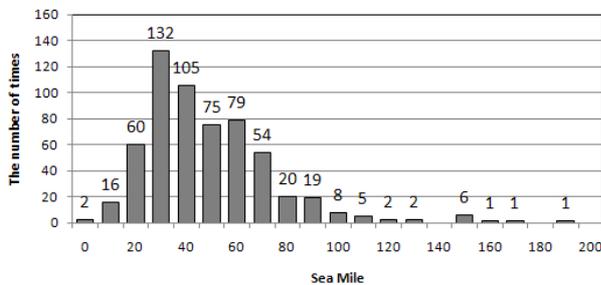


図3 1973年から2007年における犬吠埼正東の黒潮離岸距離の出現頻度

数字は出現回数を示す。

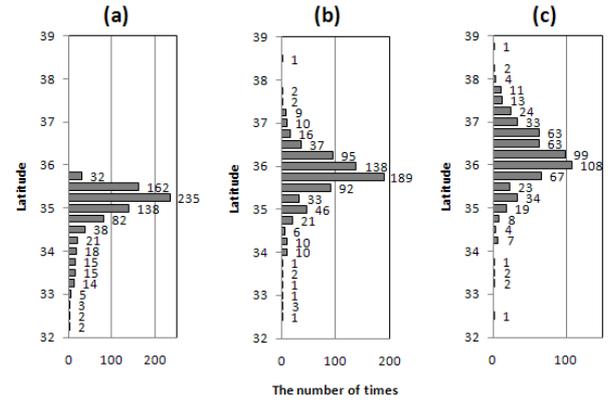


図4 1973年から2007年の黒潮北限緯度の出現頻度 (a) : 141° E. (b) : 142° E. (c) : 143° E. 数字は出現頻度を示す。

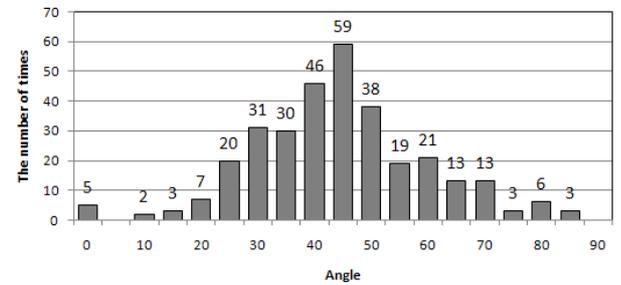


図5 1973年から2007年における黒潮角度の出現頻度 数字は出現数を示す。

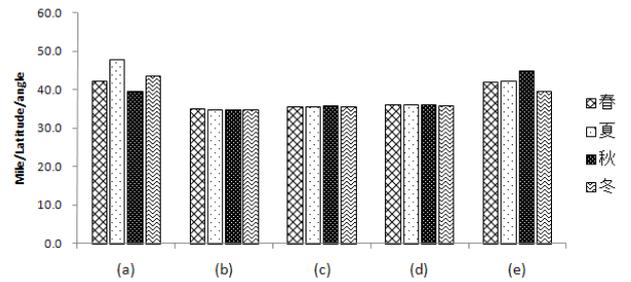


図6 各計測値の季節別平均値

(a) : 犬吠埼正東の黒潮離岸距離。(b)~(d)は黒潮北限緯度。それぞれ(b) : 141° E。(c) : 142° E。(d) : 143° E。(e) : 黒潮角度。季節の区分は春 : 4~6月, 夏 : 7~9月, 秋 : 10~12月, 冬 : 1~3月とした。

(2) 黒潮位置の変動

① 犬吠埼正東の黒潮離岸距離

推移を図7に示す。黒潮の離岸変動は50マイルを超えない小さい変動をする期間と、100マイルを超えるような大きい変動をする期間があり、近年では2001年から2005年の間に大きな変動が頻発した。また、長期的には犬吠埼から離岸傾向であった。

②黒潮北限緯度

推移を図8に示す。黒潮の南北変動は、1度を超えない小さな変動をする期間と、2度を超えるような大きい変動をする期間があった。さらに長期的な視点で見ると、142° Eや143° Eで、正のピークが1970年代の終わり、1990年代の初め、2000年代の初めにあり、負のピークが1980年代半ば、1990年代の終わりにあり、概ね10年から13年程度の周期変動があるようだ。Qiu(2002)は黒潮続流の流れが強い時期には続流の位置が北上し、弱い時期には南下するとし、1992年から1996年までは弱まり南下し、1999年から2001年には再び強まり北上したと指摘した。この間の142° Eや143° E上の黒潮北限緯度は同様の変動を示している。また、気象庁(2006)はQiu(2002)が示した1992年から2001年までの黒潮続流の流れの強度の変動は、137° E上の黒潮流量の変動と似た傾向があることを指摘しているが、本県近海の黒潮北限緯度も1980年代の初期以前を除くと概ね似た傾向を示した(図9)。このことは黒潮の流量や強度が本県近海の黒潮の南北変動に作用していることを示しているのだろうか。ここで、長期傾向に注目すると、いずれの東経でも黒潮は南偏傾向を示している。本解析と同じ期間の本県南部沖合域(142° E周辺)の水温は、降温傾向にあり(小日向, 未発表)、黒潮が南偏傾向であることもこのことを裏付けている。これに対し、流量は増加傾向を示しており、両者の関係は矛盾している。このことから、黒潮の強度や流量が本県近海の黒潮南北変動へ与える影響についてはまだ議論の余地がある。

③黒潮角度

角度は欠測が多く、明確な変動は不明であった。

(3) 黒潮位置と水温の関係

①大吠埼正東の黒潮離岸距離

表1に大吠埼正東の黒潮離岸距離と海域別水深別水温偏差との相関関係を示す。水深200mのクラスター1と2及び全ての水深帯のクラスター3で有意な負の相関(P<0.01)があった(図10)。これは、大吠埼から黒潮が離岸(接岸)しているほど南部沖合域の水温は低い(高い)ことを意味する。一方で、その他のクラスターでは関係がみられなかったことから、大吠埼正東の黒潮の位置は沿岸域や北部沖合域へ影響を与える重要な要素ではないのか

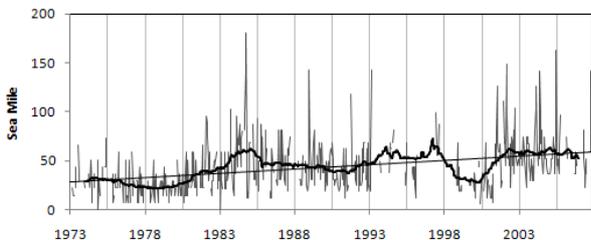


図7 1973年から2007年における大吠埼正東の黒潮離岸距離の推移

細線は月の上旬と下旬の黒潮離岸距離、太線はその49旬移動平均、直線は回帰直線。

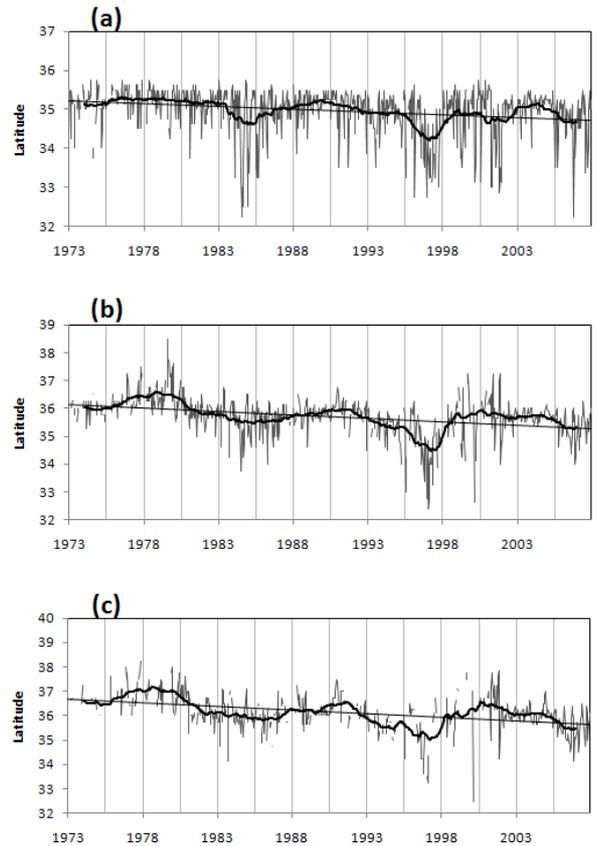


図8 1973年から2007年における黒潮北限緯度の推移

(a) : 141° E. (b) : 142° E. (c) : 143° E. 細線は月の上旬と下旬の北限位置、太線はその49旬移動平均、直線は回帰直線。

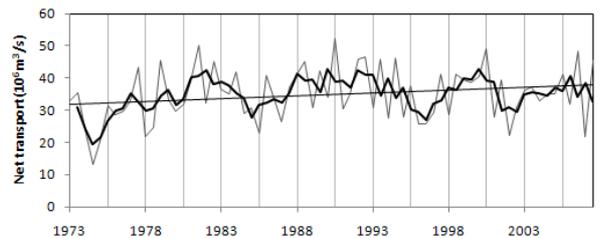


図9 1973年から2007年における137° E上の正味の東に流れた黒潮流量(東向きの流量-西向きの流量)の推移

細線は冬季と夏季の流量、太線はその3季移動平均、直線は回帰直線(出典: 気象庁 ([http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/b\\_2/kuroshio\\_flow/kt137.txt](http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/b_2/kuroshio_flow/kt137.txt)) のデータを使用して作図)。

表1 犬吠埼正東の黒潮離岸距離と水温偏差の相関関係

		海域	0m	50m	100m	200m
全体		1	—	—	—	△
		2	—	—	—	△
		3	△	△	△	△
季節別	春	1	—	—	—	—
		2	—	—	—	△
		3	△	△	△	△
	夏	1	—	—	—	—
		2	—	—	—	△
		3	△	△	△	△
	秋	1	—	—	—	—
		2	—	—	—	—
		3	△	△	△	△
	冬	1	—	—	—	—
		2	—	—	—	—
		3	—	—	—	△

有意水準1%で有意差あり。△：負の相関。

—：有意水準1%で有意差なし。海域はクラスター番号を示し、季節は春：4~6月，夏：7~9月，秋：10~12月，冬：1~3月とした。

表2 黒潮北限緯度と水温偏差の相関関係

		(a) 141° E					(b) 142° E					(c) 143° E				
		海域	0m	50m	100m	200m	海域	0m	50m	100m	200m	海域	0m	50m	100m	200m
全体		1	△	△	△	△	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—
		2	△	△	△	—	2	○	—	—	○	2	○	○	○	○
		3	—	—	—	—	3	○	○	○	○	3	○	○	○	○
季節別	春	1	—	—	—	△	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—
		2	—	—	△	—	2	○	—	—	○	2	—	○	○	○
		3	—	—	—	—	3	○	○	○	○	3	○	○	○	○
	夏	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—
		2	—	—	—	—	2	—	—	—	○	2	—	—	—	○
		3	—	—	—	—	3	○	○	○	○	3	○	○	○	○
	秋	1	△	△	△	△	1	—	—	—	—	1	○	—	—	—
		2	△	△	△	—	2	—	—	—	○	2	○	—	—	○
		3	—	—	—	—	3	○	○	○	○	3	○	○	○	○
	冬	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—
		2	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	—	—	—	—
		3	—	—	—	—	3	○	—	—	—	3	○	—	○	○

有意水準1%で有意差あり。○：正の相関。△：負の相関。

—：有意水準1%で有意差なし。海域はクラスター番号を示し、季節は春：4~6月，夏：7~9月，秋：10~12月，冬：1~3月とした。

表3 黒潮角度と水温偏差の相関関係

		海域	0m	50m	100m	200m
全体		1	○	○	○	○
		2	○	○	○	○
		3	○	○	○	○
季節別	春	1	○	○	○	○
		2	○	○	○	○
		3	—	○	○	○
	夏	1	—	—	—	○
		2	—	○	○	○
		3	—	○	○	○
	秋	1	○	○	—	—
		2	○	○	○	○
		3	—	○	○	○
	冬	1	—	—	—	—
		2	—	○	○	○
		3	—	—	○	—

有意水準1%で有意差あり。○：正の相関。

—：有意水準1%で有意差なし。海域はクラスター番号を示し、季節は春：4~6月，夏：7~9月，秋：10~12月，冬：1~3月とした。

もしれない。また、季節別にみると、春季、夏季、秋季は全体の相関の傾向とほぼ同じであった。しかしながら、冬季はほとんど相関関係がみられなかった。

②黒潮北限緯度

表 2(a)から(c)に経度別に水温偏差との相関関係を示し、以下に各々について詳細をみる。

141° E では、全ての水深帯のクラスター1 と、水深0mから100 mまでのクラスター2 で負の相関 ( $P < 0.01$ ) があつた (図 11)。これは、黒潮が北 (南) に位置するほど沿岸域や北部沖合域の水温は低い (高い) ことを意味する。ただし、その相関は弱く、あまり明瞭ではなかつた。一方で、南部沖合域には関係がみられなかつた。さらに、季節別にみると夏季や冬季は相関がみられず、春季も相関がみられる場所が少なかつた。一方で秋季の沿岸域や北部沖合域に集中して相関がみられた。

142° E では、全ての水深帯のクラスター3 と、水深0mや200 mのクラスター2 で正の相関 ( $P < 0.01$ ) がみられた (図 12)。これは、黒潮が北 (南) に位置するほど南部沖合域の水温は高い (低い) ことを意味する。一方で、それ以外の海域には関係がみられなかつた。ただし、35.5° N 以上の黒潮北限緯度についてみてみると、沿岸域で相関が弱めだが、全水深帯の全クラスターで正の相関 ( $P < 0.01$ ) がみられたことから、ある一定以上北に位置すると、本県海域の水温は高くなることが多いと考えられる。久保 (1993) は 1973 年から 1992 年の海洋速報の 142° N 上の黒潮北限緯度の年間平均値を調べ、その平均値 (35.54° N) に比べて、北側に位置する場合はKパターン (黒潮分派型) が主体となり、南側に位置する場合はOパターン (冷水舌型) が主体となると指摘している。今回の解析結果では、35.5° N より北側に位置する場合は、沿岸域や北部沖合域の水温は高いことが多くなり、この結果と矛盾しないが、35.5° N 以南にあった場合に低くなる人が多いとはいえず、指摘とは異なる結果となつた。このことから、黒潮が南偏していることが直ちに冷たい海況に繋がるわけではないようである。また、季節別にみると、冬季は他の季節に比べて相関がみられる場所は少なかつた。

143° E では、全ての水深帯のクラスター2 と 3 で正の相関 ( $P < 0.01$ ) がみられた (図 13)。これは、黒潮が北 (南) に位置するほど沖合域を中心に水温が高い (低い) ことが多いことを意味する。一方で、沿岸域は関係がみられなかつた。これは、黒潮が陸域から離れた位置を北上しても沿岸域にはあまり影響を与えていないことを意味していると考えられる。また、季節別にみると、春季が他の季節に比べて相関がみられる場所が多く、一方で、冬季は他の季節に比べて相関がみられる場所は少なかつた。

③黒潮角度

表 3 に黒潮角度と水温偏差の相関関係を示す。全の海域で正の相関 ( $P < 0.01$ ) がみられた (図 14)。これは、142° E 以西の範囲内で、犬吠埼沖の黒潮が北向きに流れるほど本県海域の水温は高いことが多いことを意味する。また、季節別にみると、春季が他の季節に比べて相関がみられることが多く、一方で、冬季は他の季節に比べて相関がみられることは少なかつた。

以上の①から③をまとめる。黒潮の流路が犬吠埼沖で北に角度を付け、142° E 上で 35.5° N 以北をより北に流路を取っている時には南部沖合域はもとより沿岸域においても水温は高いことが多いと考えられる。この理由としては、黒潮が陸域に近い場所を北上した状態にあるときは黒潮から暖水が沿岸域に波及しやすいことが考えられる。また、季節別にみると、141° E を除くと細かい差異はあるものの、春季、夏季、秋季は概ね似た場所において相関がみられた。いずれの指標値においても冬季には他の季節に比べて相関がみられることが少なかつた。この原因としては、過去の海洋速報の冬季における精度に問題があるのかもしれない。冬季には荒天が多く、海洋速報の作図に欠かせない各種現場観測データが少ない傾向にあると考えられる。近年は気象衛星データを併せて用いることでデータの少なさを補うことが可能であるが、過去においてはデータの少なさは精度悪化に直結していると考えられる。

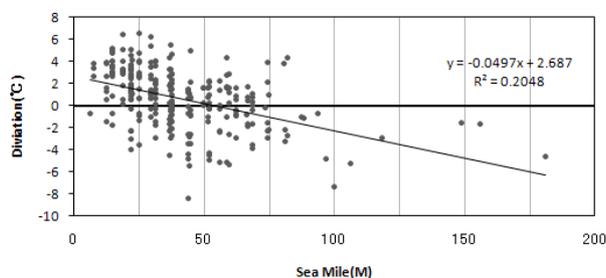


図 10 犬吠埼正東の黒潮離岸距離と水深 100m水温偏差(クラスター3)の関係  
直線は回帰直線。

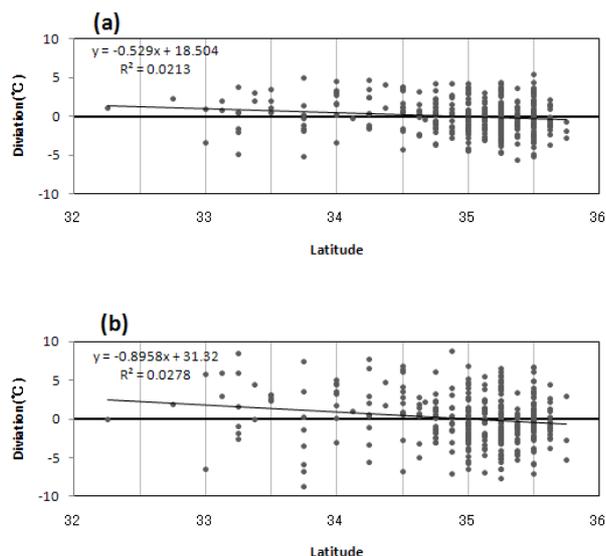


図 11 141° E 上の黒潮北限緯度と水深 100m水温偏差の関係  
(a) : クラスター1。(b) : クラスター2。直線は回帰直線。

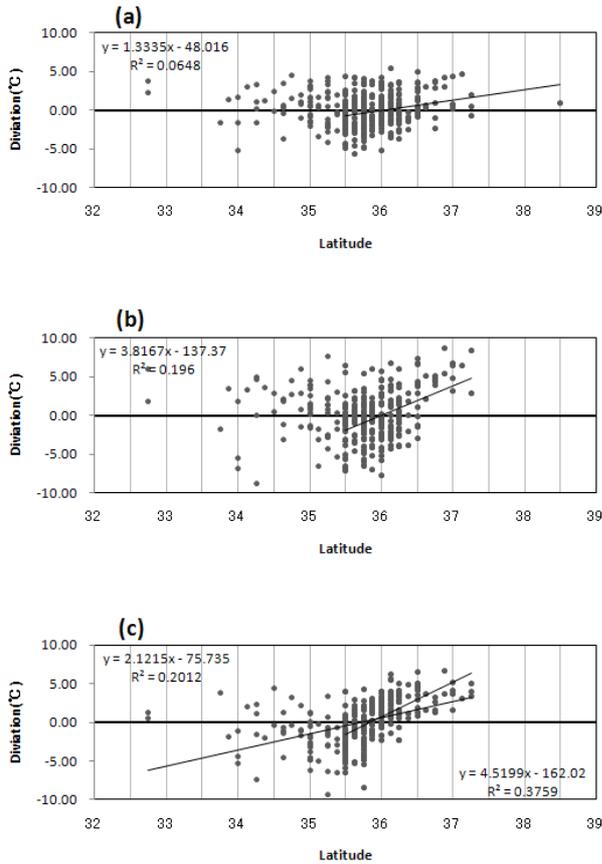


図12 142° E上の黒潮北限緯度と水深100m水温偏差の関係  
 (a) : クラスター1で35.5° N以北の回帰直線を示す。(b) : クラスター2で35.5° N以北の回帰直線を示す。(c) : クラスター3で全体と35.5° N以北の回帰直線を示す。

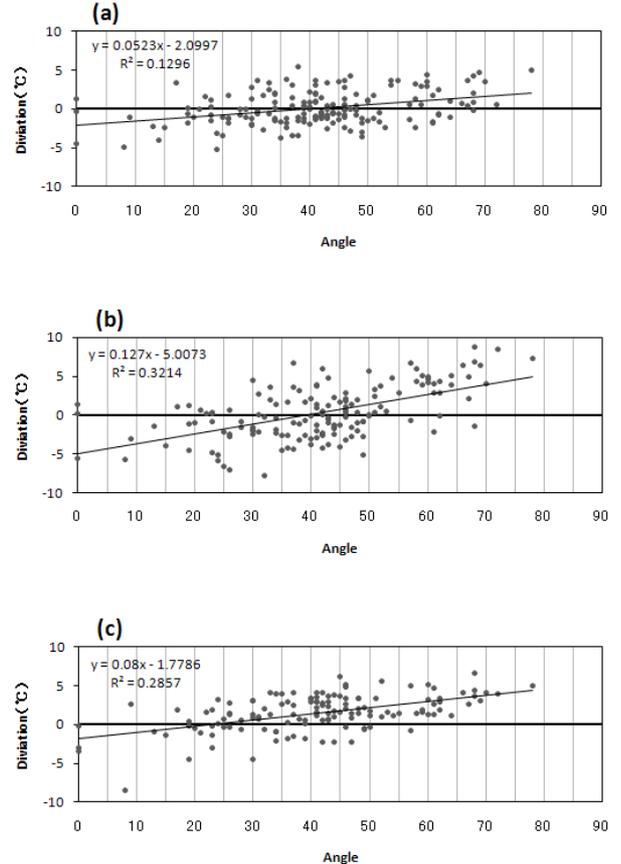


図14 黒潮角度と水温偏差の関係  
 (a) : クラスター1。(b) : クラスター2。(c) : クラスター3。直線は回帰直線。

(4) 前月差における関係

黒潮の変動と水温の変動との関係を明らかにするために黒潮位置及び水温偏差の前月差を求めて関係を調べた。

① 犬吠埼正東の黒潮離岸距離

犬吠埼正東の黒潮離岸距離の前月差と水温偏差の前月差の相関関係を表4に示す。水深0mと50mのクラスター1及び水深50mと100mのクラスター2で正の相関 ( $P < 0.01$ ) があった(図15)。これは、前月に比べて犬吠埼から黒潮が離岸(接岸)すると、沿岸域や北部沖合域で昇温(降温)する傾向があることを意味する。一方で、水深0m, 100m, 200mのクラスター3で負の相関 ( $P < 0.01$ ) がみられた。これは、黒潮が離岸(接岸)すると南部沖合域は降温(昇温)する傾向があることを意味する(図15)。ただし、その相関は全体的に弱く、あまり明瞭ではない。この不明瞭な原因の一つとして、そもそも相関関係が弱いことも考えられるが、その他にも、黒潮離岸距離の前月差が変化の大きさのみを示す数値であり、黒潮が犬吠埼から離れた状態での変化と、近い状態での変化を比べた時、沿岸域に与える影響には差があると考えられるが、それらを同じ条件としていることも関係している可能性がある。そこで、変化する位置を考慮し、変動の大きさではなく方向を指標にするために、犬吠埼の30海里(最も出現頻度が

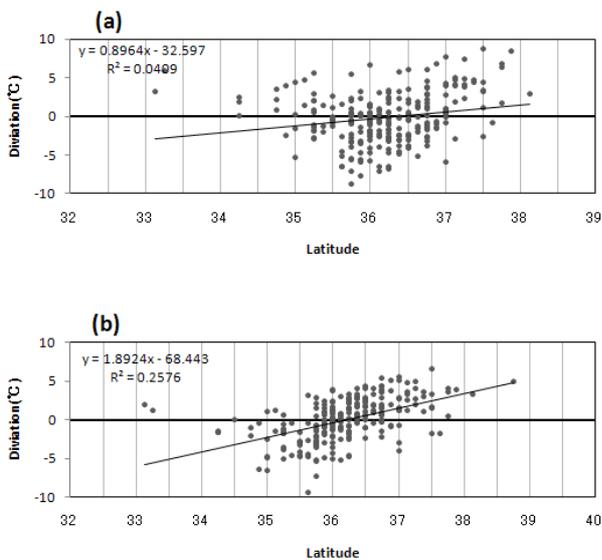


図13 143° E上の黒潮北限緯度と水深100m水温偏差の関係  
 (a) : クラスター2。(b) : クラスター3。直線は回帰直線。

表 4 犬吠埼正東の黒潮離岸距離前月差と水温偏差前月差の相関関係

海域	0m	50m	100m	200m
1	○	○	—	—
2	—	○	○	—
3	△	—	△	△

有意水準1%で有意差あり。○：正の相関。△：負の相関。  
—：有意水準1%で有意差なし。

表 5 犬吠埼正東の黒潮離接岸変動と水温変動の関係。

海域	(a)	0m	50m	100m	200m
1	昇温	78	73	68	76
	降温	22	27	32	24
2	昇温	44	77	80	50
	降温	56	23	20	50
3	昇温	<u>33</u>	37	35	<u>19</u>
	降温	<u>67</u>	63	65	<u>81</u>
海域	(b)	0m	50m	100m	200m
1	昇温	46	45	48	53
	降温	54	55	52	47
2	昇温	61	38	36	64
	降温	39	62	64	36
3	昇温	68	74	70	79
	降温	32	26	30	21

(a)：犬吠埼正東の黒潮が30海里以内から以外へ離岸した場合の水温変動の比率(%)。(b)：犬吠埼正東の黒潮が30海里以外から以内へ接岸した場合の水温変動の比率(%)。(灰色は2倍以上の差のあるものを示し、そのうち斜体は降温が多いことを示す)。

表 6 黒潮北限緯度前月差と水温偏差前月差の相関関係

(a) 141° E

海域	0m	50m	100m	200m
1	△	△	△	△
2	—	△	△	—
3	—	—	—	—

(b) 142° E

海域	0m	50m	100m	200m
1	—	△	△	—
2	—	—	—	—
3	○	—	—	○

(c) 143° E

海域	0m	50m	100m	200m
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	○	○

有意水準1%で有意差あり。○：正の相関。△：負の相関。  
—：有意水準1%で有意差なし。

表 7 142° E における犬吠埼を境にした黒潮の南北変動と水温変動の関係。

海域	(a)	0m	50m	100m	200m
1	昇温	37	<u>33</u>	<u>30</u>	36
	降温	63	<u>67</u>	<u>70</u>	64
2	昇温	79	<u>29</u>	<u>28</u>	68
	降温	21	<u>71</u>	<u>72</u>	32
3	昇温	88	81	80	88
	降温	13	19	20	12
海域	(b)	0m	50m	100m	200m
1	昇温	76	85	79	65
	降温	24	15	21	35
2	昇温	64	67	65	<u>25</u>
	降温	36	33	35	<u>75</u>
3	昇温	<u>17</u>	<u>16</u>	<u>10</u>	<u>5</u>
	降温	<u>83</u>	<u>84</u>	<u>90</u>	<u>95</u>

(a)：黒潮北限緯度が35.75° N以南から以北へ北上した場合の水温変動の比率(%)。(b)：黒潮北限緯度が35.75° N以北から以南へ南下した場合の水温変動の比率(%)。(灰色は2倍以上の差のあるものを示し、そのうち斜体は降温が多いことを示す)。

表 8 犬吠埼沖の黒潮の流れる角度の前月差と水温偏差の前月差の相関関係

海域	0m	50m	100m	200m
1	—	—	—	—
2	—	—	○	○
3	—	—	○	—

有意水準1%で有意差あり。○：正の相関。  
—：有意水準1%で有意差なし。

高い距離) 以内から以外へ離岸した場合、犬吠埼に30海里以外から以内に接岸した場合に分けて、水温前月差が $\pm 0.9^{\circ}\text{C}$ を超える降温及び昇温のそれぞれの出現数を調べた。結果を表5に示す。離岸する場合は全ての水深帯のクラスター1及び水深50m、100mのクラスター2, すなわち沿岸域や北部沖合域で昇温することが多く、水深0mと200mのクラスター3, すなわち南部沖合域では降温することが多かった。一方で、接岸する場合は全ての水深帯のクラスター3, すなわち南部沖合域では昇温することが多かったが、沿岸域や北部沖合域では明瞭な傾向はみられなかった。このことは黒潮流路の変動の大きさと共に変化の方向も重要な要素であることを示唆している。

### ②黒潮北限緯度

緯度別に黒潮北限緯度の前月差と水温偏差の前月差の相関関係を表6(a)から(c)に示し、以下に各々について詳細をみる。

141° Eでは、全ての水深帯のクラスター1及び水深50mや100mのクラスター2で負の相関( $P < 0.01$ )があった。これは、前月に比べて黒潮が北上(南下)すると、沿岸域や北部沖合域で降温(昇温)することが多いことを意味する。

142° Eでは、水深50mや100mのクラスター1で負の相関( $P < 0.01$ )があった。一方で、水深0mや200mのクラスター3で正の相関があった(図16)。これは、前月に比べて黒潮が北上(南下)すると沿岸域の特定的水深帯で降温(昇温)し、南部沖合域の特定的水深帯では昇温(降温)することが多いことを意味する。

143° Eでは、水深100mと200mのクラスター3に正の相関( $P < 0.01$ )があった。これは、前月に比べて黒潮が北上(南下)すると南部沖合域で昇温(降温)する傾向があることを意味する。

いずれの経度においても相関は弱く、あまり明瞭ではなかった。この不明瞭な原因の一つとして、そもそも相関関係が弱いことも考えられるが、その他にも黒潮北限緯度の前月差は変化の大きさのみを示す数値であり、黒潮が犬吠埼より北に位置し、本県海域に近い場合と、南に位置し、離れている場合を比べた時、それらを同じ条件としていることが関係している可能性がある。そこで、変化する位置を考慮し、変動の大きさではなく方向を指標にするために、35.75° N(概ね犬吠埼の緯度帯で平均的な位置)以南から以北へ北上した場合、以北から以南へ南下した場合に分けて、142° Eについて水温前月差が $\pm 0.9^{\circ}\text{C}$ を超える降温及び昇温のそれぞれの出現数を調べた。結果を表7に示す。北上した場合は、水深50mと100mの特定的水深帯のクラスター1及び2, すなわち沿岸域や北部沖合域で降温することが多く、水深0mと200mのクラスター2及び全ての水深帯のクラスター3, すなわち南部沖合域を中心とした海域で昇温することが多かった。一方で、南下する場合は、水深0mから100mのクラスター1及び水深50mの特定的水深帯のクラスター2, すなわち沿岸域や北部沖合域で昇温することが多く、水深200mのクラスター2や全ての水深帯のクラスター3, すなわち南部沖合域で降温することが多かった。

### ③黒潮角度

黒潮角度の前月差と水温偏差の前月差の相関関係を表8に示す。水深100mと200mのクラスター2, 水深100mのクラスター3で正

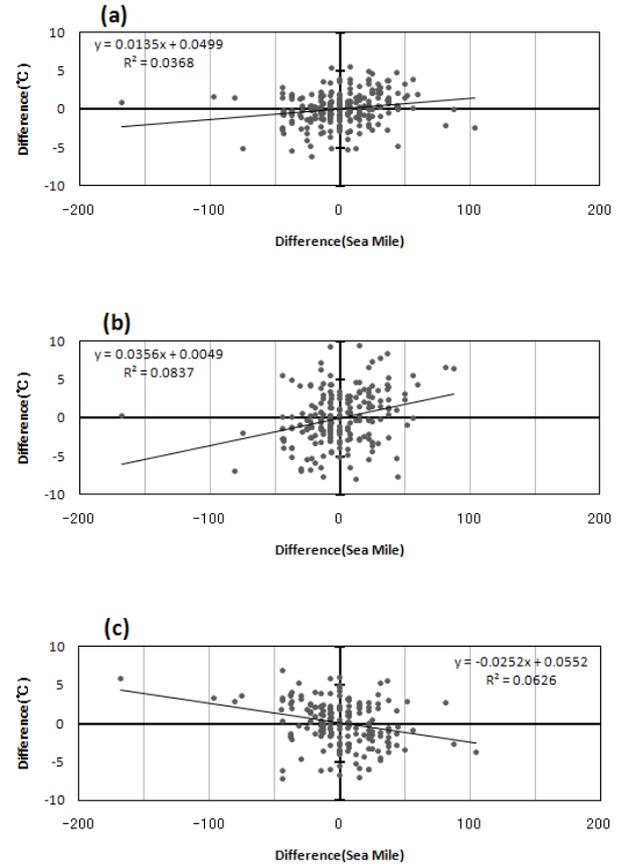


図15 犬吠埼正東の黒潮離岸距離前月差と水温偏差前月差の関係

(a) : 水深50mのクラスター1。(b) : 水深50mのクラスター2。(c) : 水深100mのクラスター3。直線は回帰直線。

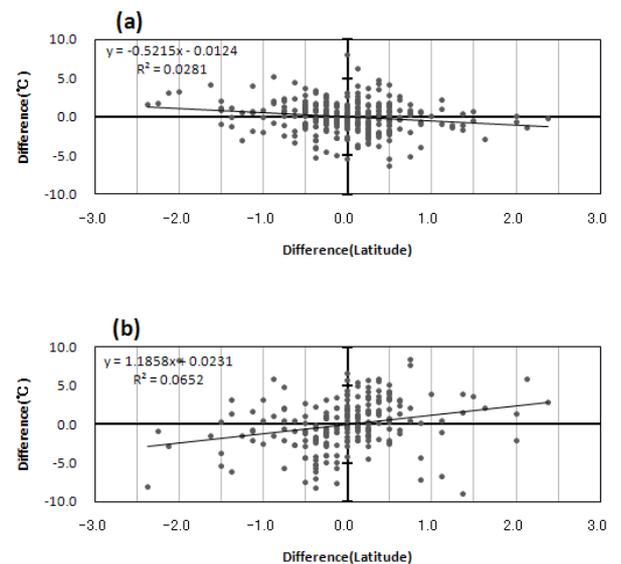


図16 142° E上の黒潮北限緯度前月差と水温偏差前月差の関係  
(a) : 水深100mのクラスター1 (b) : 水深100mのクラスター3。直線は回帰直線。

の相関 ( $P < 0.01$ ) があつた(図 17)。これは前月に比べて犬吠埼正東の黒潮が北向きになると昇温することが多いことを意味する。

①から③をまとめた概略を図 18 に示す。黒潮が本県近海域で北上する流路変動をした時には、沿岸域や北部沖合域は降温，南部沖合域は昇温する傾向があり，逆に犬吠埼の近くから離岸や南下する流路変動をした時には沿岸域や北部沖合域は昇温，南部沖合域は降温する傾向があることが明らかになった。八木ら (2002) a は，黒潮が北上傾向を強めると沿岸域に北方の冷水が流入することを指摘した。さらに，接岸すると南下流が励起されて北方から冷水を強く引き込むとした。このことが結果として本県海域の降温を起こすと指摘している。また，八木ら (2002) b は黒潮の接岸度合いが沿岸域の流れの応答に影響するとし，沿岸域への接近度が小さい場合は沿岸域に南下流が励起され北方の冷水が沿岸域に侵入し，接近度が大きい場合は，沿岸域に北上流が励起され，湧昇によって沖合中層以深の高栄養塩水が沿岸に波及すると述べている。本研究では，黒潮が 30 海里以外から以内へ接岸した場合について解析したが，この条件においては沿岸域の水温が昇温又は降温するかわには明らかな差はみられなかった。逆に，黒潮が犬吠埼から離岸や南偏する変動時に，沿岸域や北部沖合域で昇温する傾向があることについては，先に黒潮の北上が沿岸域の流れに作用し，最終的に降温すると述べたが，このことを逆に考えれば，黒潮の南偏や離岸は，冷水をもたらす沿岸域の流れを弱めることで昇温すると考えられる。また，黒潮の離岸や南偏する流路変動により暖水が波及して昇温することもあるかもしれない。今回の解析期間から外れるが，2007 年 12 月末から 2008 年 1 月上旬における流路変動と海況の経過をみても。前川ら (2001) はコロラド大学が公表している海面高度分布データを用いて黒潮流路との関係を検討した結果，小規模の蛇行や短周期変動については把握が可能であると述べている。このことから，本県近海の黒潮の変動について海面高度分布データを用いて検討してみた。図 19 は海面高度偏差場において，黒潮が海面高度偏差の高い場所を右にみながら流れると仮定したときに推測される黒潮流路である。2007 年 12 月 21 日には  $141^{\circ}$  E 上で犬吠埼に接岸し，東方へ流去している。2008 年 1 月 5 日から 7 日にかけて房総半島の南沖合域にある蛇行部が東進するとともにやや離岸傾向になりつつある。そして 12 日には犬吠埼から大きく離岸し， $141^{\circ}$  E 及び  $142^{\circ}$  E 上で南偏した。では，この時，沿岸域の水温はどのように変化したのだろうか。図 20 は海面水温画像である。2007 年 12 月 21 日の沿岸域の水温は  $14^{\circ}$ C 台で，1 月の平年値が  $13\sim 15^{\circ}$ C 台であることを考えると概ね平年並みの水温であった。2008 年 1 月 5 日から 7 日にかけて，本県海域には南方から黒潮流路がはりだすことで南部沖合域は暖水の影響を受けているが，沿岸域や北部沖合域はまだ暖水の影響を受けていない。そして，2008 年 1 月 12 日になると，沿岸方向へ大きく暖水が波及して海域全体を広く覆い， $17\sim 19^{\circ}$ C 台と平年に比べて高めの水温となった。このように，黒潮蛇行部が東進し，陸域から東方の海域に抜ける際に，離岸や南偏を伴う変動が発生し，暖水を北方へ放出することが沿岸域の昇温の原因の一つになっていると考えられる。

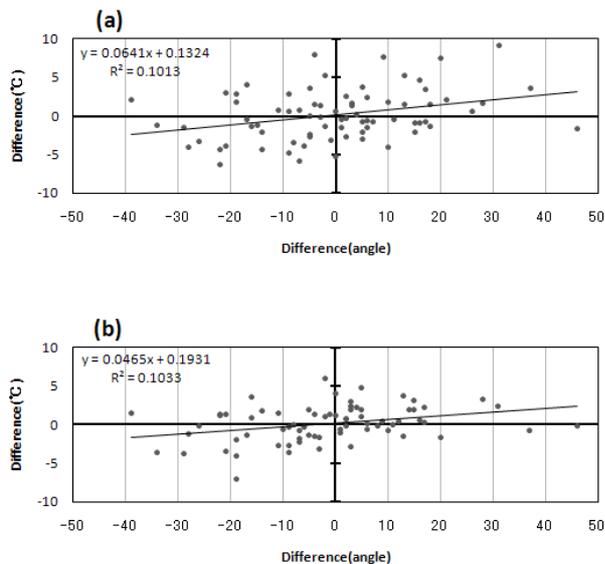


図 17 犬吠埼沖の黒潮角度の前月差と水温偏差の前月差の関係 (a) : 水深 100m のクラスター 2。(b) : 水深 100m のクラスター 2。直線は回帰直線。

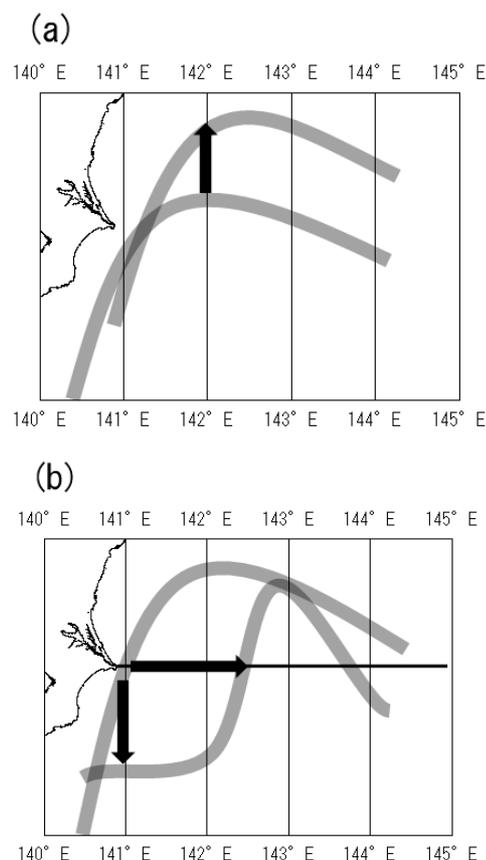


図 18 沿岸域の水温の変動別の黒潮の流路変動の概念図 灰線は黒潮流路，矢印は変動の方向を示す。(a) : 降温する傾向のある場合。(b) : 昇温する傾向のある場合。

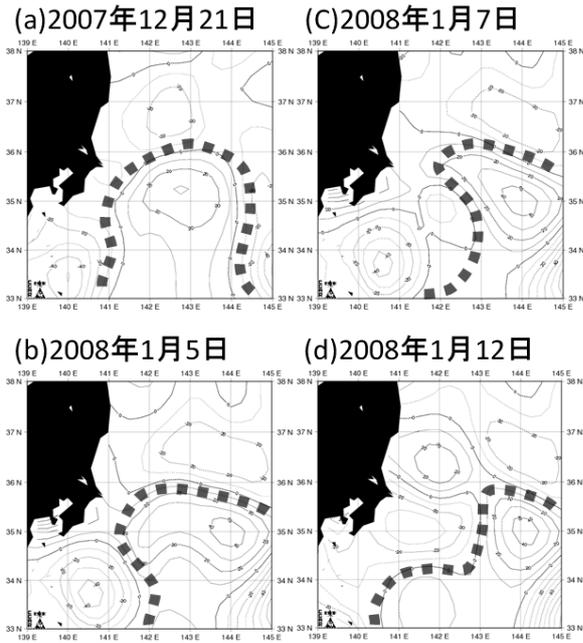


図19 2007年12月21日から2008年1月12日の海面高度偏差図

点線は推定した黒潮流路。(出典：コロラド大学ホームページ)

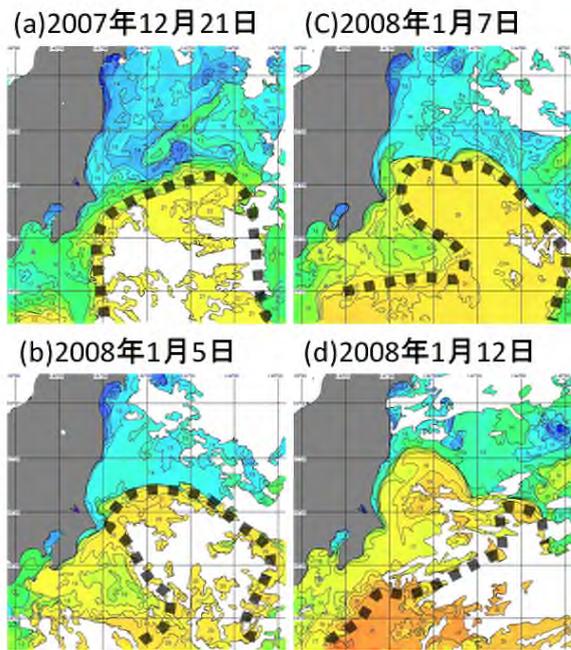


図20 2007年12月21日から2008年1月12日のNOAA人工衛星海面水温画像

点線は海面高度偏差から推定される黒潮流路を元に、水温勾配の大きい場所を選んで引いた黒潮流路。

(5) 最後に

今回の解析では、有意な相関であっても値のばらつきが大きく、明瞭な結果が出たとは言えない。この原因としては、本県海域の水温環境は黒潮の変動だけでなく、気象や親潮の影響など様々な

要因が複雑に絡み合っていることが考えられる。また、今回の指標の取り方が黒潮の複雑な変動を捉えきれていない可能性や、過去の海洋速報には欠測が多い等のデータの精度が低いものが混在していること、比較するデータの間隔が月一回と開いており、現象同士の発生時期にミスマッチが起きていることなどが影響している可能性も否定できない。近年は新しいタイプの計測機を積んだ人工衛星が運用されており、黒潮流路の半別精度が向上しているし、ほぼ毎日のデータを用いることができるようになってきた。今後はこのようなデータを用いることでより詳細な解析を実施する必要があるだろう。

要約

- (1) 海洋速報を用いて、犬吠埼正東方向の黒潮離岸距離、141° E, 142° E, 143° E 上の黒潮北限緯度、犬吠埼沖の黒潮角度を求め、その位置と変動の特性を明らかにした。また、クラスター分類した茨城県海域の水温環境との比較を行った。
- (2) 黒潮位置と水温との関係は、黒潮が犬吠埼沖で角度を付けて北上し、142° E 上で35.5° N 以北を北に位置するほど全域で水温が高くなるが多かった。また、季節別では春季、夏季、秋季に似た相関がみられたが、冬季は相関が弱かった。
- (3) 黒潮位置の前月差と水温の前月差の関係は、黒潮が北上する流路変動をすると沿岸域や北部海域は降温し、南部沖合域は升温する傾向があり、逆に黒潮が離岸や南下する流路変動をすると沿岸域や北部海域は升温し、南部沖合域は降温することが多かった。これは、黒潮の蛇行部が陸域から離岸する際の流路変動と関係があると考えられた。

謝辞

本県近海の黒潮位置の指標化には、海上保安庁の作成した海洋速報を使用させて頂いた。速報を発行されてきた方々に厚くお礼申し上げます。茨城県水産試験場海洋漁業部の海老沢良忠部長には、本報告をまとめる上で多くのご助言と数々のご教示を頂いた。深く感謝申し上げます。

文献

- (1) Bo Qiu (2002), The Kuroshio Extension System: Its Large-Scale Variability and Role in the Midlatitude Ocean-Atmosphere Interaction. Journal of Oceanography, 58, 57-75,
- (2) 久保 治良 (1993) カタクチイワシの回遊域における海洋環境の変動. 水産海洋研究, 57 (4), 364-368
- (3) 気象庁(2006), コラム「海洋の循環」. 海洋の健康診断表. 総合診断表. 85-87
- (4) 八木 宏・身崎 成紀・灘岡 和夫・中山 哲徹・足立 久美子・二平 章 (2002) a, 黒潮流路変動と前線渦が鹿島灘の広域沿岸水挙動に与える影響について. 土木学会論文集, No. 719/II -61, 81-91
- (4) 八木 宏・足立 久美子・二平 章・高橋 正和 (2002) b, 黒潮流路変動に伴う沿岸域への栄養塩流入現象. 海岸工学論文集, 49, 1216-1220

(5) 前川 陽一・内田 誠・永田 豊(2001), コロラド大学による海面高度分布速報データの利用について. 三重大生物資源紀要, 27, 1~15