

## 過去の沿岸定線データを用いた宮城県沿岸海域の海況予測の可能性について

永木 利幸\*

The possibility of forecasting the oceanic conditions using past data,  
off-shore area, Miyagi Prefecture, JAPAN

Toshiyuki NAGAKI

キーワード：海況予測, 沿岸定線, 100m深水温, 東北海域

宮城県沿岸をはじめとする三陸沿岸海域は親潮（千島海流）と黒潮（日本海流）の影響をともに受け、複雑な海況変動を示すことで有名であり、そのために世界有数の漁場ともなっている。宮城県沿岸海域には、マグロ・カツオを代表とする暖水性の魚類からマダラ・スケソウダラを代表とする冷水性の魚類まで多種類にわたって来遊し、これらを狙って様々な漁船漁業が行なわれている。また、瀬戸内海や九州地方など西日本で盛んに養殖されるノリや、北海道・岩手県など北日本で主に養殖されるマコブなど、養殖業も多岐にわたって行なわれている。このように宮城県では様々な漁業が行なわれているが、これは寒流である親潮と暖流である黒潮によって引き起こされる複雑な海洋環境の賜物であるといつて過言ではない。

しかし、海洋環境は我々に恩恵のみを与えてくれるわけではない。近年では、2001年3月の宮城県沿岸定線調査時に過去30年間記録がなかった氷点下の水が観測されたり、2001年11月には黒潮系暖水が急激に北上して宮城県沿岸に位置する江島の表面水温は一時20℃（平年ならば14℃台）を上回った。2001年3月の氷点下の水が出現した時には気仙沼周辺でマダコが多数打上げられ、アワビが斃死したとの情報も寄せられた。黒潮系暖水が宮城県沿岸に接岸している最中の2001年11月22日には、雄勝町熊沢の漁港に南下期のカタクチイワシの群れが入り込み、大量斃死する事件があったことは記憶に新しい。斃死したカタクチイワシは海底に堆積し

て腐食し、周辺の生物が死滅するなど大きな漁業被害があった。

一般に、海況変動の影響を大きく受ける漁業経営を少しでも安定的・効率的に行なうためには、まず現在の海況を速やかにかつ正確に把握することが必要であり、次に蓄積されたデータから今後どのように海況が変動する

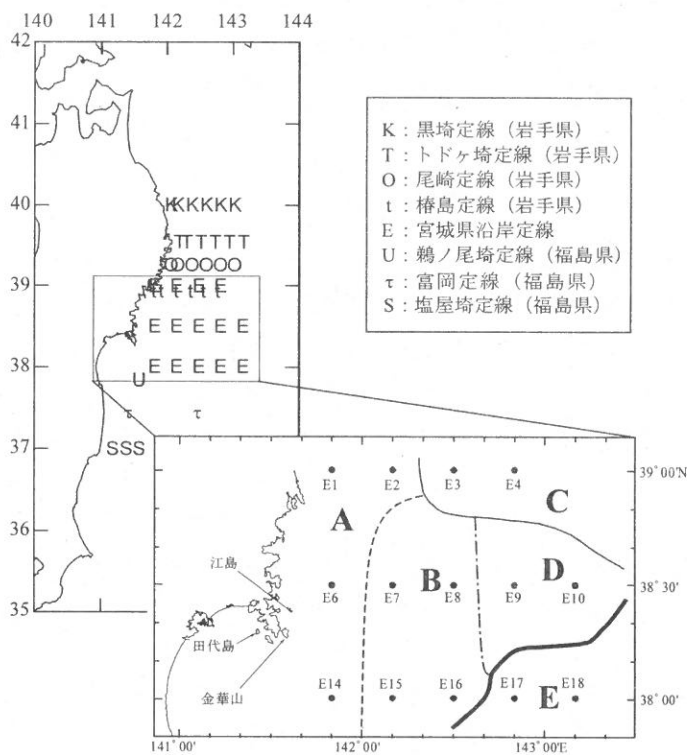


図1 調査点および海域の分類

100m深水温調査点の解析に用いた調査点（岩手県～福島県）と、クラスター解析による宮城県沿岸海域の分類。類似年による予測のために岩手県～福島県の調査結果を用いた。主成分分析によると予測では宮城県沿岸定線調査結果のみ用いた。1966年1月～1991年10月のE 1～4については、岩手県が実施する椿島定線調査結果を使用した。

かを予測することが求められる。1964年から漁況海況予報事業（国庫補助事業）が立ちあげられ、国・県の水産試験研究機関が調査船を用いた組織的な海洋観測網を整備した。それから30年以上が経過し、統計的な解析に耐え得るデータが蓄積された。2002年11月現在、宮城県では年3回の沖合定線（調査点12点）、年12回（毎月）の沿岸定線（調査点18点）と浅海定線（調査点17点）を実施している。

今回は、これまでに蓄積された定線調査のうち沿岸定線調査100m深水温データを用いて3種類の方法で1ヶ月後の海況予測を行ない、その精度の評価を行なった。気象条件などにより短期間で変動する表面水温に比べて100m深水温は変動がより穏やかであるため、月1回の頻度の沿岸定線調査でも十分に変動を捉えることができ、予測も可能である。これまではほとんど経験と勘に頼って行なわれてきた宮城県沿岸の海況予測を、科学的なデータに基づいて予測し、その精度についてはじめて客観的に評価した。なお、本研究は複雑に変動する三陸海域の海況変動を明らかにするために、独立行政法人水産総合研究センター東北水産研究所の混合域海洋環境部を中心に青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県が相互にデータを交換し、各機関の担当者が統一した認識を持つことを目的として取り組まれた共同研究の一部である。

## 資料と方法

### 1. 宮城県沿岸海域の分類

1966年1月～2000年12月（35年間）の宮城県沿岸定線調査100m深水温を用いて1～12月の35年間平年水温を算出し、これに対する平年偏差水温時系列（1966年1月～2000年12月）を用い、ユークリッド距離を判別基準とした完全連結法によるクラスター解析を行なって宮城県沿岸を5つの海域（海域A：沿岸海域、海域B：中部海域、海域C：北部沖合海域、海域D：中部沖合海域、海域E：南部沖合海域）に分類した（図1）。海域平均水温を解析することにより、一部の調査点での欠測の影響を最小限にすることを目的とし、以降、各海域での1ヶ月後の偏差水温の予測を3通りの方法で行なった。

宮城県水産研究開発センターでは現在、北緯39°、北緯38°30′、北緯38°の東西線上で沿岸～東経143°10′までの海洋観測を行なっている。1966年1月～1993年2月は転倒式温度計によるデータ、1993年3月以降はCTD（Sea-Bird Electronics社製SBE 9 Plus）によるデータである。また、北緯39°の各調査点では1991年から観測を開始したため、1966年1月～1991年10月については岩手県の樺

島定線（北緯38°56′）のデータを用いた（図1参照）。

### 2. 偏差が持続すると仮定した海況予測

今後の海況を予測する際、まず考えるのは現在の状況である。100m深水温の変化は、気温の変化等と比べて比較的緩やかなものなので、「現在の水温が平年よりも低（高）ければ、今後（1ヶ月程度先）も低（高）め傾向で推移するのではないか」と考えて予測を行なうことがあり、これまでの海況予測は主にこの方法で行なってきた。そこで、まずこの予測方法を評価することとした。

2000年1月～2001年12月の2ヶ年について、当月の偏差をそのまま翌月の予測偏差水温値とし、これと実測値との差の絶対値が過去35年のその月の標準偏差よりも小さいものは「予測的中」、これより大きいものは「予測外れ」と判断して評価した。

### 3. 類似年の算出と類似年からの海況予測

「今年の海況は何年と似ているのか？」という問合わせ、疑問が寄せられる。今後の海況変動を考える上で、

表1 類似年

宮城県沿岸海域でのクラスター解析と岩手県・宮城県・福島県3県沿岸海域でのクラスター解析を行い、双方とも同一クラスターに入る年を類似年とした。同じ行が類似年。

月	類似年				月	類似年				
1月	1981	1994			7月	1975	1990	1993		
	1989	1992	1993			1982	1985			
	1987	1990				1986	1987			
	1983	1984	1988	1998		1994	1999			
	1975	1985	2000			1998	2000			
	1977	1996				1983	1997			
2月						1977	1980			
						1976	1978			
						1981	1989			
						1982	1988			
3月	1976	1993	1990			8月	1984	2000		
	1983	1989					1977	1991	1993	
	1984	1985	1992	1977			1978	1999		
							1975	1977		
	1990	1996			1982	1985	1987	1996		
	1982	1987			1981	1986				
1992	1993	2000		1991	1999					
1975	1978	1983	1985	1986	1991	1999				
1977	1981	1984			1980	1983	1997			
4月	1977	1978	1984		10月	1975	1997			
	1993	1994				1991	1992			
	1998	1981	1986			1988	1998			
	1983	1987				1995	1996			
	1991	1997				1983	1985	1987		
	1982	1992				1994	2000			
	1980	1989								
	1988	1995								
	1990	1995				11月	1975	1989	1997	
	1975	1976	1991	1996			1990	1994		
1978	1984	1986	1987	1988	1983					
1983	1988	1994	1997	1982	1987					
1980	1992			1985	1995		1996			
1985	1993	1998								
6月	1977	1980	1992	1996	12月	1998	1999			
	1975	1991				1977	1994			
	1982	1993				1975	1990	1993		
	1986	1987	1989			1991	1996	1987		
	1988	1998	1999			1980	1983	1988		
	1978	1981	1994	2000		1982	1992			
	1983	1997				1976	1984			

以前にも同じような海況パターンを示した年があるならば、今後もその年と同じように変動する可能性が考えられる。そこで、クラスター解析を用いて類似年を算出し、類似年と同じように変動すると仮定した場合の予測偏差水温値と、実際の偏差水温値とを比較し、この予測方法の妥当性について評価した。

### 3-1. 類似年の算出

まず、分類された5海域(図1)について、そこに属する調査点のデータを単純平均して海域の平年偏差水温時系列データセットを作成し、ユークリッド距離を判別基準とした完全連結法により、月別にクラスター解析を行なった。ユークリッド距離が2以下であるものを類似しているものとした。

次に岩手県、宮城県、福島県の3県の沿岸定線調査結果(3県ともデータが存在する1975年1月～2000年12月、調査点は図1参照)について同様に月毎のクラスター解析を行なった。ここでは、解析する26ヶ年を3～4のクラスターに分類するようにユークリッド距離が3～6付近で分類し、同じクラスターであれば類似しているものとした。

最後に宮城県沿岸海域でのクラスター解析、岩手県～福島県海域でのクラスター解析双方で類似するとされた年を類似年と定義した。二重のクラスター解析で類似年を算出したのは、宮城県沿岸海域のみで類似年を算出すると、「宮城県沿岸の海況は似ているが、より広い視野で見ると水塊配置などが全く似ていない」という危険性が考えられるため、広域的にも、また宮城県沿岸の狭い範囲だけでも類似した年を見つけるのが目的である。

### 3-2. 類似年による予測

#### 3-2-1. 類似年から翌月の偏差水温値

##### を予測する方法の評価

類似年と判断された各年(表1)で、当月の偏差水温値を比較した。各類似年の間で、各海域における偏差水温値の差の絶対値が1966～2001年(35年間)標準偏差よりも小さければ「一致」、大きければ「不一致」と判定した。同様の方法で、翌月の偏差水温値(実測値)を判定した

(表2参照)。

当月の判定で「一致」とされたものについてのみ「翌月一致する海域の割合」を算出し、類似年から翌月の偏差水温を予測する手法の評価資料とした。

当月から翌月にかけての偏差水温値が拡大傾向か、縮小傾向かを示す指標として「翌月の偏差水温-当月の偏差水温」(以降「変動傾向」)の符号を各類似年の間で比較し、同符号であるものの割合を算出して、本予測手法の評価資料とした。

#### 3-2-2. 2000年1月～2001年12月の予測と評価

2000年1月～2001年12月の2ヶ年について、毎月の類似年を算出した。得られた類似年と同様に変化する(変動傾向が同じ)と仮定して翌月の偏差水温値を予測した。①翌月の偏差水温の実測値と予測値の差を計算し、差の絶対値が35年標準偏差以下であれば「予測的中」、それ以上であれば「予測外れ」として評価した。また、②翌月の水温偏差が当月に比べて拡大傾向か、縮小傾向かを示す指標として変動傾向の符号を比較し、同一であれば「一致」、異なれば「不一致」として評価した。なお、類似年

表2 類似年と算出された当月および翌月の偏差水温値の評価例  
当月の類似年を算出し(a)、海域別に差の絶対値が過去35年間の標準偏差よりも小さければOK、大きければNGと判定した。この例の場合、類似年を用いた当月(1月)から翌月(2月)の予測精度は海域A:2/3、海域B:1/3、海域C:0/3、海域D:1/3、海域E:2/3となる。

#### a) 当月

年	月	海域A	海域B	海域C	海域D	海域E
1981	1	0.78	1.81	2.35	1.41	-0.24
1994	1	1.13	2.14	2.25	1.81	0.98
差の絶対値		0.35	0.33	0.10	0.40	1.22
1989	1	-0.47	-0.99	1.75	2.01	0.38
1992	1	0.38	-0.99	1.65	0.91	1.38
差の絶対値		0.85	0.00	0.10	1.10	1.00
1989	1	-0.47	-0.99	1.75	2.01	0.38
1993	1	-0.32	-0.66	-0.05	1.91	0.88
差の絶対値		0.15	0.33	1.80	0.10	0.50

#### b) 翌月

年	月	海域A	海域B	海域C	海域D	海域E
1981	2	-1.59	-4.36	-3.74	-1.35	-1.77
1994	2	0.12	1.97	-0.38	3.15	1.98
差の絶対値		1.70	6.33	3.36	4.50	3.75
1989	2	1.01	1.62	3.06	0.65	-1.47
1992	2	0.14	-3.06	-1.14	-4.95	-1.02
差の絶対値		0.88	4.68	4.20	5.60	0.45
1989	2	1.01	1.62	3.06	0.65	-1.47
1993	2	0.86	1.22	0.01	1.90	0.63
差の絶対値		0.15	0.40	3.05	1.25	2.10

※太字は差の絶対値が過去35年の標準偏差よりも大きく、NGとなったもの。

が複数年ある場合は単純平均した。また、類似年が得られなかった月については計算を行なわなかった。

#### 4. 主成分分析による主成分スコア時系列の自己回帰モデルを用いた海況予測

宮城県沿岸の海況は前述のような親潮系冷水や黒潮系暖水のほかに、暖水塊、冷水域等の水塊配置、日照や風等の気象の影響など、様々な要因によって複雑に変動する。それぞれの要因が複雑な相関関係を持っており、互いにどのように関係しているのかを解析することは非常に難しい。そこで、主成分分析によって互いに独立する成分に分離し、各成分の予測を行なうことで海況の予測を行ない、この予測方法の妥当性について評価した。

前述のように分類された宮城県沿岸の5海域について各海域の年平均偏差水温時系列データセットを作成し、欠測のない1980年4月～1999年12月の期間について主成分分析を行なった。抽出された第1～3主成分の生スコア時系列に自己回帰モデルを適用して1ヶ月後のスコアを予測し、予測スコアから予測偏差水温を算出した。しかし、生スコアは時系列が複雑で自己回帰モデルがうまく

適用されなかった。そこで、3ヶ月移動平均フィルターにより滑らかにしたスコア時系列に自己回帰モデルを適用した。自己回帰モデルの次数は赤池情報量基準を最小にする次数とした。得られた自己回帰モデル式から1ヶ月後のスコアを予測し、この値から予測年平均偏差水温を算出した(図2参照)。

2000年1月～2001年12月の2ヶ年について、翌月の予測偏差水温を算出した。類似年での予測の評価と同様に、①翌月の予測偏差水温値と実測値との比較、②翌月の予測変動傾向と実際の変動傾向との符号の比較を行なった。

## 結 果

### 1. 偏差が持続すると仮定した海況予測

2000年1月～2001年12月の24ヶ月間について、当月の偏差水温が翌月も持続すると仮定して予測偏差水温値を算出した。結果を表5(a)に示す。期間を通した予測偏差水温値の精度は、海域A:54.5%、海域B:68.2%、海域C:63.6%、海域D:54.5%、海域E:63.6%で、海域B、C、Eで60%以上の精度であった。2000年12月は全海域

表3 類似年から翌月の偏差水温値を予測する手法の評価

表1の類似年において、表2のような方法で予測偏差水温値の精度を評価した(a)。予測変動傾向の符号の評価(b)は、「翌月の偏差水温-当月の偏差水温」の符号が予測値と実測値とで同じ場合一致、異なる場合は不一致として一致した割合を算出したもの。

a) 1ヶ月後の予測偏差水温値の評価

月	海域A	海域B	海域C	海域D	海域E	月平均精度(%)	類似年組合数
1月から2月予測	46.2%	69.2%	38.5%	53.3%	60.0%	53.4%	15
2月から3月予測	85.7%	70.0%	50.0%	80.0%	77.8%	72.7%	10
3月から4月予測	47.8%	91.3%	77.3%	78.3%	90.9%	77.1%	23
4月から5月予測	75.0%	91.7%	90.9%	81.8%	50.0%	77.9%	12
5月から6月予測	61.1%	70.4%	62.5%	80.8%	59.3%	66.8%	27
6月から7月予測	71.4%	63.2%	65.0%	80.0%	66.7%	69.3%	21
7月から8月予測	75.0%	80.0%	54.5%	63.6%	81.8%	71.0%	11
8月から9月予測	62.5%	25.0%	63.6%	46.2%	66.7%	52.8%	13
9月から10月予測	55.6%	81.8%	63.6%	72.7%	72.7%	69.3%	11
10月から11月予測	60.0%	62.5%	87.5%	75.0%	87.5%	74.5%	8
11月から12月予測	85.7%	75.0%	44.4%	55.6%	66.7%	65.5%	9
12月から1月予測	70.0%	58.3%	66.7%	66.7%	66.7%	65.7%	12
海域平均精度(%)	66.3%	69.9%	63.7%	69.5%	70.6%		

b) 1ヶ月後の予測変動傾向の符号の評価

	海域A	海域B	海域C	海域D	海域E	月平均精度(%)	類似年組合数
1月から2月予測	46.7%	53.3%	73.3%	53.3%	53.3%	56.0%	15
2月から3月予測	40.0%	50.0%	100.0%	70.0%	40.0%	60.0%	10
3月から4月予測	52.2%	60.9%	69.6%	65.2%	69.6%	63.5%	23
4月から5月予測	83.3%	58.3%	66.7%	50.0%	58.3%	63.3%	12
5月から6月予測	48.1%	48.1%	63.0%	51.9%	33.3%	48.9%	27
6月から7月予測	42.9%	57.1%	52.4%	33.3%	57.1%	48.6%	21
7月から8月予測	36.4%	63.6%	45.5%	72.7%	100.0%	63.6%	11
8月から9月予測	46.2%	38.5%	69.2%	46.2%	38.5%	47.7%	13
9月から10月予測	27.3%	81.8%	36.4%	63.6%	81.8%	58.2%	11
10月から11月予測	100.0%	50.0%	75.0%	75.0%	62.5%	72.5%	8
11月から12月予測	44.4%	44.4%	44.4%	77.8%	66.7%	55.6%	9
12月から1月予測	75.0%	58.3%	33.3%	58.3%	50.0%	55.0%	12
海域平均精度(%)	53.5%	55.4%	60.7%	59.8%	59.3%		

	偏差水温 (°C)	生Score			3ヶ月移動平均Score		
		Score1	Score2	Score3	Score1	Score2	Score3
1980/4	0.69	5.48	-0.51	0.16	-	-	-
1980/5	-1.48	-3.27	0.96	3.04	0.02	1.10	1.21
1980/6	0.42	-2.16	2.86	0.44	0.16	-2.54	2.20
1980/7	1.53	-2.20	2.78	-1.06	-	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1999/10	1.72	-3.86	2.41	-5.70	-1.93	0.85	-1.72
1999/11	1.17	-10.56	-1.12	-1.60	-2.15	-0.28	0.71
1999/12	2.79	8.63	1.28	2.13	-1.77	0.66	1.13
2000/1	-0.68	-4.52	-0.99	1.61	予測	予測	予測
2000/2	1.35	①計算 1.21	1.70	-0.36	②平均 予測	予測	予測
2000/3	予測				予測	予測	予測
2000/4							

③自己回帰予測

④偏差水温値に変換

図2 主成分スコアの3ヶ月移動平均時系列からの偏差水温予測例

2000年2月の海洋観測が終了した後、2000年3月の海域Aの偏差水温を予測したもの、観測後、水温実測値から平年値を用いて偏差水温値とし、ここからScore 1～3を算出(①)。1999年12月、2000年1月および2000年2月の生Scoreから3ヶ月移動平均Scoreを算出する(②)。各coreの3ヶ月移動平均時系列から自己回帰モデル式を用いて2000年2月、3月の予測値を算出し(③)、算出した3月の値から偏差水温値に変換する(④)。

で翌月の予測偏差水温値が外れた。2000年2、4～6、10月と2001年5月は全海域で翌月の偏差水温予測値が的中した。

## 2. 類似年を用いた海況予測

### 2-1. 類似年から翌月の偏差水温値を予測する手法の評価

類似年(表1)を用いた翌月の予測偏差水温値の評価結果、および予測変動傾向の符号の評価結果を表3に示す。

海域Aでは、偏差水温値の予測精度は1月と3月は50%以下、9月は60%以下であったが、2月、4月、6月、7月、11月および12月で70%以上であった。変動傾向の予測精度は4月、10月、12月で75%以上である以外は概ね50%を下回り、予測精度は低めであった。

海域B(中部海域)では、偏差水温値の予測精度は3月、4月、7月および9月で80%以上の高精度であった。8月に精度が悪かったものの概ね予測精度が高かった。しかし、変動傾向の予測精度は9月で80%以上である他は50%台が多かった。

海域C(北部沖合海域)では、偏差水温値の予測精度は4月と10月で90%前後、3月で80%弱であったが、60%前半以下が多く、予測精度が低かった。変動傾向の予測精度は2月に100%など1～5月で60%以上となり、10月も75%となった。

海域D(中部沖合海域)では、偏差水温値の予測精度

は2～6月で80%近くの高精度となった他、9月、10月も70%以上と高精度であった。変動傾向の予測精度は2月、7月、10月および11月で70%以上となった。

海域E(南部沖合海域)では、偏差水温値の予測精度は3月、7月および10月で80～90%、2月と9月で70%代のほか、他の月も概ね60%以上となり、高精度であった。予測変動傾向の精度は7月と9月で80%以上であった。

### 2-2. 2000年1月～2001年12月の予測と評価

2000年1月～2001年12月の24ヶ月間について、毎月類似年を算出して予測偏差水温値を算出した。結果を表5(b)に示す。2000年2月、9月、11月、12月、2001年7～9月、11月、12月には類似年が存在しなかったため、予測を行なわなかった。

期間を通した予測偏差水温値の精度は、海域A:33.3%、海域B:73.3%、海域C:60.0%、海域D:66.7%、海域E:60.0%で、他海域に比べて海域Bの予測精度が高かった。2000年6～8月は全海域とも翌月の予測偏差水温値と実測偏差水温値との差が大きく、特に2000年7月では全海域で翌月の予測が外れた。2000年4～5月および10月は全海域で翌月の予測が的中した。

同期間の予測変動傾向の精度は、海域A:33.3%、海域B:60.0%、海域C:66.7%、海域D:73.3%、海域E:53.3%で、海域Dでは偏差が拡大するか縮小するかの予測が比較的精度良く行なわれた。海域Aは2000年3

～6月, 2001年1月, 2月および4～6月で翌月の予測変動傾向が外れ, 大幅に予測精度を低下させた。2000年6月は全海域とも翌月の予測変動傾向が外れた。2000年11月は全海域とも翌月の予測変動傾向が的中した。

### 3. 主成分分析による主成分スコア時系列の自己回帰モデルを用いた海況予測

欠測のない1980年4月～1999年12月の期間について主成分分析を行ない, 第1～3主成分を抽出した。寄与率は第1主成分:60.5%, 第2主成分:21.6%, 第3主成分:9.3%であった。第1主成分の振幅は海域A<海域C≒海域B<海域E<海域Dとなったが, 5海域とも同位相の振幅を示し, 宮城県沿岸の全体変動要素であった。第2主成分の振幅は海域E<海域D<海域B≒海域A<海域Cとなり, また海域A, B, Cと海域D, Eで逆位相の変動を示し, 沿岸・北部海域と南部海域とのシーズン変動要素であった。第3主成分の振幅は海域E<海域C<海域A<海域B<海域Dとなり, また海域A, C, Eと海域B, Dで逆位相の変動を示し, 中部海域とその他の海域とのシーズン変動要素であった。

第1～3主成分スコアの3ヶ月移動平均時系列について以下のような自己回帰予測モデル式を作成した。自己回帰モデルの係数 ( $a_1 \sim a_n$ ) を表4に示す。

$$S1_t = a_1 \cdot S1_{t-1} + a_2 \cdot S1_{t-2} + \dots + a_{19} \cdot S1_{t-19} + a_{20} \cdot S1_{t-20}$$

$$S2_t = a_1 \cdot S2_{t-1} + a_2 \cdot S2_{t-2} + \dots + a_6 \cdot S2_{t-6} + a_7 \cdot S2_{t-7}$$

$$S3_t = a_1 \cdot S3_{t-1} + a_2 \cdot S3_{t-2} + \dots + a_8 \cdot S3_{t-8} + a_9 \cdot S3_{t-9}$$

(S1～S3: 第1～3主成分のスコア, t: 月)

2000年1月～2001年12月の24ヶ月間について毎月, 上記の式から1ヶ月後のスコアを予測し, 海域毎のスコアの振幅から予測偏差水温値を算出した。1ヶ月後の予測偏差水温値とその評価結果, および予測変動傾向とその評価結果を表5(c)に示した。期間を通した予測偏差水温値の精度は, 海域A:63.6%, 海域B:72.7%, 海域C:54.5%, 海域D:45.5%, 海域E:63.6%で, 海域A, B, Eで60%以上の精度であった。2000年12月は全海域で翌月の予測偏差水温値が外れた。2000年5, 6, 10月と2001年2月は全海域で翌月の偏差水温予測値が的中した。

同期間の変化傾向予測の精度は, 海域A:81.8%, 海域B:59.1%, 海域C:63.6%, 海域D:63.6%, 海域E:54.5%で, 海域A, B, C, Dでは偏差が拡大するか縮小するかを予測が60%以上の精度で行なわれた。翌月

表4 主成分スコア自己回帰モデルの係数

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
a <sub>1</sub>	1.548	1.181	1.031
a <sub>2</sub>	-0.671	-0.172	-0.050
a <sub>3</sub>	-0.520	-0.795	-0.802
a <sub>4</sub>	0.934	0.800	0.615
a <sub>5</sub>	-0.373	-0.117	0.201
a <sub>6</sub>	-0.544	-0.306	-0.633
a <sub>7</sub>	0.953	0.258	0.300
a <sub>8</sub>	-0.464		0.059
a <sub>9</sub>	-0.356		-0.222
a <sub>10</sub>	0.748		
a <sub>11</sub>	-0.510		
a <sub>12</sub>	-0.064		
a <sub>13</sub>	0.480		
a <sub>14</sub>	-0.378		
a <sub>15</sub>	-0.180		
a <sub>16</sub>	0.648		
a <sub>17</sub>	-0.702		
a <sub>18</sub>	0.383		
a <sub>19</sub>	0.102		
a <sub>20</sub>	-0.200		

の変動傾向予測が外れた月は全海域ともなかった。2000年11月は全海域とも翌月の予測変動傾向が的中した。

## 考 察

1. 類似年から翌月の偏差水温値を予測する方法の評価  
宮城県沿岸海域のみでも岩手県～福島県3県沿岸海域でも類似していると判定された類似年を1975年1月～2000年12月について算出し, 当月と翌月との年間偏差水温値および変動傾向の評価を行なったところ(表3), 1～12月の偏差水温値の平均予測精度は海域A:66.3%, 海域B:69.9%, 海域C:63.7%, 海域D:69.5%, 海域E:70.6%となり, 海域Aと海域Cでやや精度が低かった。これに対して海域B, D, Eでは80%以上の高精度での中する月が12ヶ月中3～4ヶ月あり, その他の月もほぼ60%以上と高精度であった。予測偏差水温値について月別の海域平均精度を計算すると, 2～4月, 7月および10月で70%以上となった。予測変動傾向の符号については, 偏差水温値に比べて精度が全般に低く, 特に最も沿岸海域に分類された海域Aでは50%以下の月が8ヶ月存在し, この海域では類似年による推測は適さないとと思われる。予測偏差水温の精度が最も悪かった海域Cについては, 予測変動傾向の精度が60.7%と反対に最も高くなった。予測変動傾向の月別の海域平均精度を計算すると, 偏差水温予測値で精度が高かった2～4月,

7月および10月で60%以上となり、他の月よりも精度は高かった。

以上のことから、類似年から翌月の偏差水温値を予測する手法は、ごく沿岸の海域Aについてはあまり適さないであろう。これに対し、海域B, D, Eについてはこの方法を用いて1ヶ月後の偏差水温を予測することの有用性が考えられ、特に予測偏差水温値、予測変動傾向の符号の評価ともに良好な2~4月、7月および10月には積極的にこの方法を取り入れても良いと考えられる。

## 2. 2000年1月~2001年12月の予測と評価

①翌月も当月の偏差を持続すると仮定して1ヶ月後を予測する方法（以降「偏差持続と仮定した予測」）、②類似年を見つけ、その年と同じように偏差水温が変動すると仮定して1ヶ月後を予測する方法（以降「類似年による予測」）、および③主成分分析のスコア時系列の自己回帰モデルにより1ヶ月後を予測する方法（以降「主成分分析による予測」）の3通りの方法で、2000年1月~2001年12月の偏差水温を海域別に予測した。

「偏差持続と仮定した予測」では(表5, a), 期間を通した予測偏差水温値の平均精度は海域A: 54.5%, 海域B: 68.2%, 海域C: 63.6%, 海域D: 54.5%, 海域E: 63.6%で、これまでの予測は、どの海域についても50%以上の精度が保たれていたことがわかった。

「類似年による予測」では(表5, b), 期間を通した予測偏差水温値の平均精度は海域A: 33.3%, 海域B: 73.3%, 海域C: 60.0%, 海域D: 66.7%, 海域E: 60.0%で、前述のように最も沿岸の海域である海域Aでの予測精度が他海域に比べて非常に悪かった。また、予測変動傾向についても同様の結果で、少なくとも海域Aでは類似年を用いた予測方法はあまり意味がなさそうである。これに対して海域B, C, D, Eでは概ね60%以上の精度となり、特に海域B（予測偏差水温: 73.3%, 予測変動傾向: 60.0%）、海域D（予測偏差水温: 66.7%, 予測変動傾向: 73.3%）では「偏差持続と仮定した予測」よりも高精度で、積極的に今後の海況予測に用いることができるのではないかと考えられる。表3で精度の高かった海域Eは予測偏差水温: 60.0%, 予測変動傾向: 53.3%とやや低めであった。

「主成分分析による予測」では(表5, c), 期間を通した予測偏差水温値の平均精度をみると、「偏差持続と仮定した予測」、「類似年による予測」の両方法に比べて海域Aで予測精度が高く、予測変動傾向についても81.8%と非常に高い精度であった。海域Eについては「偏差持続と

仮定した予測」と同レベルで、かつ予測的中月と予測外れ月とがほぼ同じであった。しかし、予測外れ月の「翌月の半年偏差実測値—翌月の半年偏差予測値」の値を見ると、ほとんどすべて「主成分分析による予測」の方が小さく、予測値が実測値に近かった。他の海域については、両方法よりも予測精度が低めであり、2000年1月~2001年12月についてのみ言及すれば、海域A, Eは「主成分分析による予測」、海域B, Dは「類似年による予測」、海域Cは「偏差持続と仮定した予測」を行なうことで60%以上の精度で偏差水温を予測することができることになる。

ところで、「類似年による予測」では、まず類似年を探さなくてはならない。今回は2000年2月, 9月, 11, 12月, 2001年7~9月, 2001年11, 12月に該当する類似年がなかったため、類似年による翌月の予測が行なえなかった。これに対して「偏差持続と仮定した予測」、「主成分分析による予測」ではこういった問題はなく、当月の海洋観測に欠測さえなければ翌月の予測値を算出することができる。海域A, B, Eでは「主成分分析による予測」で、また海域Cでは「偏差持続と仮定した予測」で60%以上の精度で予測が可能である。しかし、海域Dでは「類似年による予測」に比べて予測精度が大きく下がり（類似年による予測: 66.7%, 主成分分析による予測: 45.5%, 偏差持続と仮定した予測: 54.5%, 表5）、この精度で予測することは難しいであろう。

以上のことから、今回の3通りの手法を使って1ヶ月後の宮城県沿岸海域の偏差水温を予測する場合は、

- (1) 海域Cは偏差持続と仮定して予測する。
- (2) 海域B, Dは類似年により予測する。
- (3) 海域A, Eは主成分スコア時系列の自己回帰モデルにより予測する。
- (4) 類似年が存在しない場合は、海域Bを主成分分析により予測する。

という手順で行なうことが妥当であると思われる。

## 3. 本予測方法の問題点

2000年1月~2001年12月の24ヶ月間について翌月の予測を行なったが、月によっては全海域で予測が的中したり、反対に全海域で予測が外れたりした。また、海域によっては、ある期間は予測が上手く的中しているにもかかわらずその後数ヶ月は外れるということもあった。

今回行なった「類似年による予測」、「主成分分析による予測」とともに、用いたデータは調査船による100m深水温で、空間的に非常に限られた範囲内のデータである。





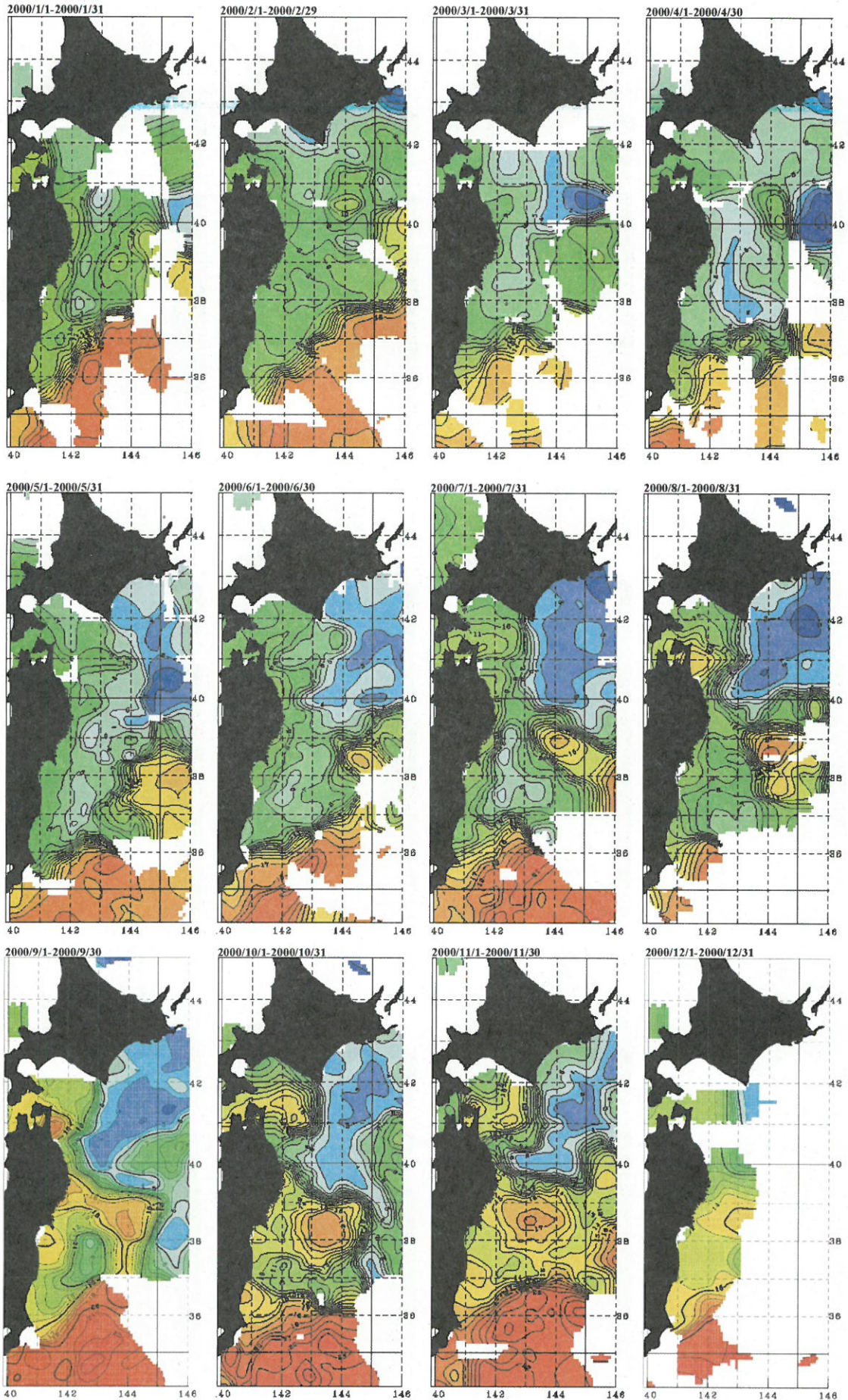


図3 2000年1～12月の東北海区100m深水温 (東北区水産研究所作成)

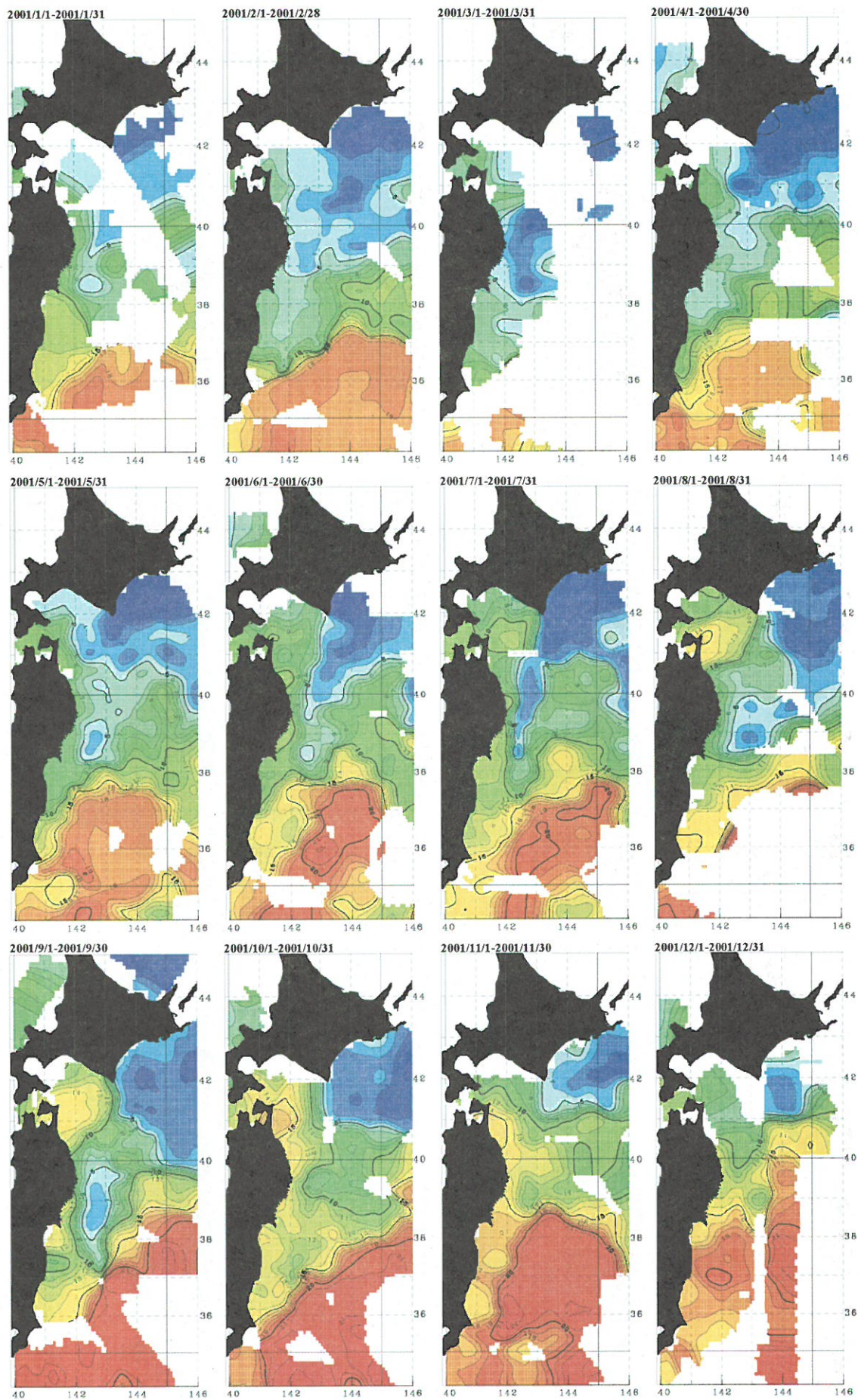


図4 2001年1～12月の東北海区100m深水温（東北区水産研究所作成）

るのである。

2000年12月には全海域で主成分分析による翌月の予測が外れたが、この時の海況変化は図3、4に示すように急激なものであった。2000年12月までは宮城県沿岸に暖水塊が接岸するように存在していたが、2001年1月には北方からの親潮第1分枝に連なる冷水が出現し、暖水塊が北東方向に移動した。2001年7月と10月は海域Bを除く全海域で翌月の予測が外れた。2001年7月には親潮第1分枝が北緯38°まで平年以上に南下し、沖合に黒潮系北上暖水が存在したが、8月には親潮第1分枝の勢力が強まり暖水を押し下げる形となった。また、2001年10月では、宮城県沿岸海域は広く12~13℃台の水に覆われたが、11月にかけて南方からの黒潮系暖水の急激な北上があった。ほんの数例だけで判断することは難しいが、宮城県沿岸海域外からの急激な変化に対しては、「主成分分析による予測」は比較的弱いと思われる。また、「主成分分析による予測」は3ヶ月移動平均したScoreを用い、図2のように実質2ヶ月後の予測を行なっていることになる。このため、他の2通りの方法に比べるとやや予測精度が低くなっている可能性が考えられる。

「類似年による予測」では、岩手県~福島県の調査船による100m深水温データを用いて北部海域と南部海域を含めたより広範囲の海況に目を向けた。このため、「主成分分析による予測」よりは宮城県海域外(北部と南部)を考慮したものであると言える。そのため、海域B、C、Dでの予測精度が「主成分分析による予測」の精度よりも良かったと考えられる。しかし、海域Aの予測精度は特に悪かった。このことは表3で既に示唆されていたことであるが、この海域の水深が浅く(100~460m程度)、また陸地に最も近く大気攪乱の影響を受けやすいため、海況のみから判断した類似年変動とは一致しにくいと考えられる。さらに、偏差水温の変動自体が他海域に比べて小さいため、少しの変化が予測の評価に大きく効いてくるのであろう。

「類似年による予測」では、宮城県沿岸海域のみならず、岩手県沿岸海域と福島県沿岸海域とを考慮して予測を行なっているが、沖合海域の情報が不十分であることには変わりない。調査船による毎月のデータ収集には時間的・空間的な限界があり、特に沖合海域の情報は不足してしまう。そのため、今回の方法で検出された類似年とは、沿岸から東経143°周辺までの沿岸海域についてのみ類似している年になる。類似年による翌月の予測の精度が落ちる要因の一つとして、調査範囲よりも沖合海域が類似しているか否かが不明である点を挙げられそうである。

ある。2000年7月には全海域で「類似年による予測」が外れたが、この時は図3に示すように沖合から暖水塊が宮城県沿岸に接近し、7月に沿岸に存在した冷水域が暖水塊により勢力を弱められている。

#### 4. 今後の展望

これまでは、主に「偏差持続と仮定した予測」による予測を行なってきた。しかし、今回行なった「主成分分析による予測」、「類似年による予測」を取り入れることで、これまでよりも予測精度を大きく向上させることができた。東北区水産研究所を中心に東北ブロック各県の水産試験研究機関が共同で解析を行なってきた大きな成果の1つである。

2000年1月~2001年12月の24ヶ月間について毎月類似年を探したが、多い月でも3ヶ年分しか算出されず、今後の変動を探るには充分とは言えなかった。また、類似年がない月も多かった。しかし、今後も海洋観測を行なってデータを更に積み重ねれば、検出される類似年の数が増加して問題が解消されることが期待される。また、「類似年による予測」の精度は、より類似している年があればそれだけ高精度となることが期待されるので、蓄積されたデータ量に比例して向上すると思われる。

調査船による海洋観測の意義について論議される昨今であるが、現在では海況の現況把握・モニタリングを行なうことだけが目的ではない。その背景には「海況予測の精度向上」という狙いがある。今回は「類似年による予測」と「主成分分析による予測」を取り入れることにより、今まで行なってきた予測方法である「偏差持続と仮定した予測」に比べ、より精度の高い予測を行なうことができた。今後も更なる予測精度向上を目指すためには、継続した海洋観測が何よりも重要である。

「主成分分析による予測では調査範囲外からの急激な変化が上手く予測に繋がられない。」「類似年による予測では沖合海域の類似性が不明である。」という問題点を挙げたが、現在では人工衛星による表面水温情報が容易に手に入る。今回の解析は100m深水温データを用いており、もちろん単純に表面水温データを用いることはできないが、予測方法を補正することができるかもしれない。そうすれば、今回行なった2通りの方法の予測精度は向上することが見込まれる。

もちろん、宮城県沿岸の偏差水温を予測する方法は今回行なったものだけではない。海域同士の相互ラグ相関を調べ、重回帰式を作成して予測することができるかもしれないし、調査船に搭載されているADCP (Acoustic

Doppler Current Profiler) やその他の潮流計で流向・流速データを収録し、水温情報と合わせて解析すれば動的に予測することができるようになるかもしれない。当面は、今回行ったような「類似年による予測」、「主成分分析による予測」を併用しながら改良点を探り、新たな手法を開発することが必要である。

### 要 約

- 1) 欠測の影響を極力小さくするために、宮城県沿岸海域を5つに分類して海域平均100km深水温偏差の解析を行なった。
- 2) 宮城県沿岸の1ヶ月後の海況予測を3通りの方法(今月の偏差が翌月も持続すると仮定した予測, 類似年を用いた予測, 主成分スコア時系列の自己回帰モデルによる予測)で実施し, その予測精度について評価した。
- 3) 宮城県沿岸海域の予測は, 海域毎に下記のような手順で行なうことが妥当であると考えられた。

海域A: 主成分分析による予測

海域B: 類似年による予測(類似年ない場合は主成分分析による予測)

海域C: 偏差持続と仮定した予測

海域D: 類似年による予測(類似年がない場合は予測しない)

海域E: 主成分分析による予測

- 4) 「類似年による予測」や「主成分分析による予測」を行なうことで, これまでに行なってきた「偏差持続を仮定した予測」の精度を大きく上回ることができた。

### 謝 辞

本稿をまとめるにあたり, 独立行政法人水産総合研究センター東北水産研究所混合域海洋環境部海洋動態研究室長の伊藤進一氏には, 解析における技術的な問題・方法の他, 内容全般に対して多くのご意見, ご指摘をいただいた。また, 本解析は岩手県と福島県の100m深水温データも含めて行なったものだが, 岩手県水産技術センター漁業資源部の伊藤寛氏および福島県水産試験場の早乙女忠弘氏にはデータの利用を快諾いただいた。三氏に対して心より感謝申し上げます。また, 今回使用したデータを収集・解析できたのは, 宮城県水産研究開発センター所属の漁業調査指導船「拓洋丸」の丸山巖船長, 奥田耕也局長, 石森康彦機関長をはじめとする乗組員の方々, そしてこれ以前に調査に従事した方々の地道な努力の積み重ねの賜物である。心から感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 石田知子, 小川嘉彦(1989) 三陸沿岸の水温場に対する親潮の影響の評価東北水研研報 51, pp.183-190
- 2) 伊藤進一, 横内克巳, 佐藤晋一, 高杉知, 永木利幸, 吉田哲也, 武士和良(1999) 東北海区沿岸定線100m深水温及び定地水温の季節変動特性. 第7回オキアミ資源研究会議・平成10年度第1回漁海況分析検討会議報告, pp.164-179
- 3) 小川嘉彦, 平井光行, 安田一郎(1987) 親潮第一貫入の変動とその水産生物への影響. 東北水研研報 49, pp.1-15
- 4) 小川嘉彦(1989) 親潮第一貫入南限緯度の変動. 東北水研研報 51, pp.1-9
- 5) 工藤英郎(1971) 仙台湾に流入する沖合水について. Interim Report of the Studies on the Sendai Bay for JIBP.PM. No.4, pp.9-26
- 6) 工藤英郎(1972) 仙台湾に流入する沖合水についてⅡ. Interim Report of the Studies on the Sendai Bay for JIBP.PM. No.5, pp.11-23
- 7) 水野恵介(1984) 東北海区の海況変動について. 東北水研研報 46, pp.61-80
- 8) 桜井仁人, 永田豊, 関野清成, 伊達大喜(1973) 宮城県女川湾小乗浜および宮城江の島における水温の変動について. 沿岸海洋研究ノート, 11(1), pp.53-60
- 9) Yugo Shimizu, Ichiro Yasuda, Shin-ichi Ito (2001) Distribution and Circulation of the coastal Oyashio Intrusion. J. Physical Oceanography Vol. 31, pp.1561-1578
- 10) 永木利幸(1999) 宮城県沿岸定線100m深水温及び定地水温の季節変動特性. 第7回オキアミ資源研究会議・平成10年度第1回漁海況分析検討会議報告, pp.150-152
- 11) 永木利幸(2001) 宮城県沿岸海域のパターン化と季節変動特性. 宮城県水産研究報告, No.1, pp.103-110
- 12) 永木利幸(2002) 100m深水温の年間偏差イベントはどう伝播するか? 平成13年度東北ブロック水産海洋連絡会報, No.32, pp.36-40
- 13) 渡邊朝生, 平井光行(2002) 水産庁関係定線観測の現状と今後の取り組み. 月刊海洋 Vol. 34, No.10, pp.721-729