

青森県太平洋沿岸定線 100 m 深水温の解析について

佐藤晋一

はじめに

本県太平洋沖合海域は津軽暖流、親潮、黒潮起源の暖水の張り出しや暖水塊等の水塊配置が複雑に変化する海域である。

前回までにこれらの水塊等によって引き起こされる水温の季節変動パターンや経年変動パターンについて解析を行い、さらに 100 m 深水温水平分布図や水温・塩分鉛直断面図を用いた事例解析、東北海区全体の 100 m 深水温偏差水平分布を用いたコンポジット解析及びスペクトル解析を行った。

今回はクラスター解析を用いた類似年の抽出と主成分を用いた水温予測について検討を行ったので、その結果を報告する。

なお、本報告は平成 12 年度の漁海況分析検討会議において、東北区水産研究所の指導で東北ブロック各県が解析を行ったもののうち、本県分についてとりまとめたものである。

資料と方法

- ・定地水温のデータは八戸の月平均値を用いた。期間は 1964 年 1 月から 2000 年 12 月であった。
- ・海洋観測点については、1963 年 9 月から 2000 年 12 月までに青森県水産試験場が行った観測資料のうち、100 m 層の水温のみを用いた。観測点は尻屋線 14 点、出戸線 11 点、鮫角線 19 点の合計 44 点にのぼった。
- ・クラスター解析を用いた類似年の抽出にあたっては、ユークリッド距離を用いた最長距離法によりクラスターを決定した。

データセットの作成に際してはデータが 60% に満たない観測点を削除し、次に、データが 60% に満たない年を削除した。その結果、1 月は 5 年分、2 月は 6 年分しか残らず、分析に使用できなかった。

- ・主成分を用いた水温予測についてのデータセットの作成にあたっては、月ごとのデータ欠測が多かったため、偏差データを 3 か月ごとに平均して季節別データとした。季節分けは 12～2 月、3～5 月、6～8 月及び 9～11 月とした。それでもデータ欠測がみられたので、1 個のみ補間し、データ数が 70% に満たない観測点を削除した。その結果、観測点 16 点分 + 定地観測（八戸）

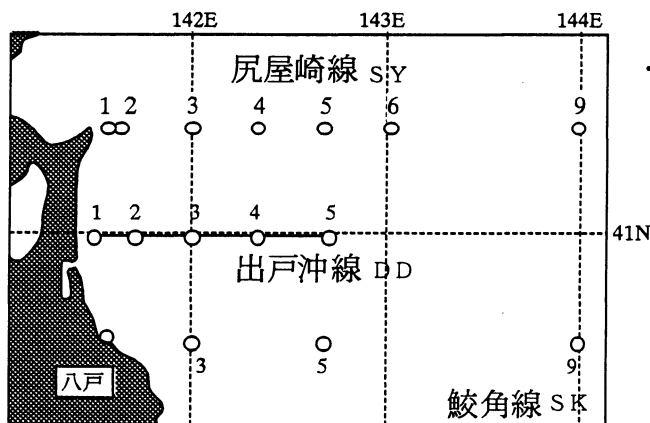


図 1 定地水温測定地点と海洋観測点

表1 クラスター解析を用いた類似年の抽出結果及び評価（東北海区全体と比較）

月	類似年	観測点数	定地	年数	データ	100m深水温分布（東北海区）	類似	次の月	類似	摘 要
1	64-86 (85-87)	3	八	5	×					データが少ない
2	86-89	14	4	6	×					データが少ない
3	80-83 74-88 (72-73) (81-89) (71-98)	13	1	29	○ ○ ○ ○ ○	親潮が南下 津軽暖流域広め、親潮南下、88年は沖から回り込む 沿岸域は暖水で覆われる 81年親潮強勢、89年暖水塊存在 津軽暖流強勢、道東に暖水（塊）存在	○ × ○ × ○	津軽暖流沿岸モード、親潮が南下、80年は暖水存在 88年は暖水塊存在 72年暖水広く分布、73年親潮強勢 81年親潮強勢、89年冷水暖水拮抗 親潮強勢、98年は暖水塊存在	× × × × ×	
4	66-75 64-74	8	1	14	○ ○	津軽暖流強勢、三陸沖に冷水域 津軽暖流強勢、冷水域存在	○ ○	66年津軽暖流強勢、暖水塊存在、親潮は沖から回り込む 津軽暖流強勢、親潮は沖に分布	× ○	
5	(65-69) (66-67)	25	1	10	○ ○	津軽暖流、親潮強勢、69年は暖水塊存在 津軽暖流強勢、暖水塊存在	○ ○	津軽暖流、親潮強勢、暖水塊存在 津軽暖流強勢、66年は冷水域散在	○ ×	
6	68-86 71-79 69-87 90-94 83-91 78-85 74-82	23	1	31	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	親潮強勢、暖水塊散在 津軽暖流、親潮強勢 暖水塊存在、87年は暖冷水域存在 90年親潮は沖から張り出す 83年暖水塊存在、親潮は回り込み、91年北上暖水強勢 78年親潮は丘より、85年暖冷水域存在 親潮弱勢、82年暖水塊存在	○ ○ × × × × ×	親潮強勢、86年は親潮系水が沖まで分布 暖冷水域存在、79年は親潮が丘側を南下 津軽暖流渦モード、87年は三陸沖に冷水域が散在 仙台湾沖に暖水塊、90年親潮は沖側に分布 83年暖水塊存在、親潮は回り込み、91年津軽暖流、北上暖水強勢 津軽暖流強勢、85年は冷水域存在 親潮がブロックするかたち、暖水塊2個づつ	× × × × × × ○	
7	(71-75) (67-72) (65-66)	24	1	11	○ ○ ○	津軽暖流強勢、71年暖冷水塊、75年暖水塊、親潮丘側南下 暖水、暖水塊が沖側に分布 津軽暖流強勢、親潮南下強勢	× ○ ○	津軽暖流強勢、親潮南下、その沖に暖水が分布 暖水、暖水塊が広く分布 津軽暖流強勢、暖水域分布	○ ○ ○	
8	80-87 70-74 73-94 69-75 76-88	23	1	30	○ ○ ○ ○ ○	津軽暖流強勢、暖水塊存在 暖水塊存在、70年親潮強勢 津軽暖流渦モード、73年は冷水域が福島沖まで分布 69年暖水強勢 88年親潮強勢	○ × × × ×	津軽暖流強勢、暖水塊分布、87年親潮は沖に分布 津軽暖流強勢、74年親潮弱勢 73年は八戸沖に暖水塊 津軽暖流、親潮、北上暖水の配置が同じ 88年は親潮がやや狭い	× × × ○ ×	
9	74-81 72-75	25	1	16	○ ○	津軽暖流強勢、74年親潮弱勢 72年親潮系水がほとんど分布せず	× ×	津軽暖流強勢、親潮は沖から張り出す 津軽暖流南へ張り出す、75年親潮がほとんど分布せず	○ ×	
10	86-93 90-96 64-74	8	1	24	○ ○ ○	津軽暖流、親潮強勢、暖水塊存在 津軽暖流強勢、暖水塊存在、親潮は沖から回り込む 不明	○ ○ ?	津軽暖流、親潮強勢、暖水塊存在 90年暖水塊は三陸北部、96年は金華山沖 74年は冷水域が存在、親潮分布	○ × ×	
11	71-91 78-80 67-69	11	1	25	○ ○ ○	津軽暖流強勢、沿岸は暖水に覆われる、親潮は沖に分布 津軽暖流、親潮のパターン同じ 沿岸側に親潮系水がほとんど分布せず	○ ○ ○	津軽暖流強勢、沿岸は暖水に覆われる 三陸沖に暖水が分布 不明	○ ○ ?	
12	71-72-70 73-75-74 68-69	14	1	12	×	沿岸側に親潮系水がほとんど分布せず 沿岸側に親潮系水がほとんど分布せず 不明	○ ○ ?	73年1月は三陸沖に冷水がみられる 74年1月は沿岸に冷水がみられない 69年1月は三陸沖に冷水がみられる	× × ×	50%削除

※1、2、12月はデータが少ないため、評価に使用しなかった。

※当月の評価は17/31=55%、次の月では11/31=35%

表2 クラスター解析を用いた類似年の抽出結果及び評価（青森県沖と比較）

月	類似年	観測点数	定地	年数	データ	100m深水温分布（青森県沖）	類似	次の月	類似	摘 要
1	64-86 (85-87)	3	8	5	×					データが少ない
2	86-89	14	4	6	×					データが少ない
3	80-83	13	1	29	○	親潮が南下	○	津軽暖流沿岸モード、親潮が南下、80年は暖水存在	×	
	74-88				○	津軽暖流域広め、親潮南下、88年は沖から回り込む	×	88年は暖水塊存在	×	
	(72-73)				○	沿岸域は暖水で覆われる	○	73年親潮が広く分布	×	
	(81-89)				○	津軽暖流域南方で広め、親潮強勢	○	親潮強勢、津軽暖流南方で広め	○	
	(71-98)				○	津軽暖流広め	○	親潮強勢	○	
4	66-75	8	1	14	○	津軽暖流強勢、冷水域存在	○	66年津軽暖流強勢、暖水塊存在	×	
	64-74				○	津軽暖流強勢、冷水域存在	○	津軽暖流強勢、親潮は沖に分布	○	
5	(65-69)	25	1	10	○	津軽暖流、親潮強勢	○	津軽暖流、親潮強勢	○	
	(66-67)				○	津軽暖流強勢、暖水塊存在	○	津軽暖流強勢、66年は冷水域散在	×	
6	68-86	23	1	31	○	親潮強勢、暖水塊散在	○	親潮強勢、86年は親潮系水が沖まで分布	×	
	71-79				○	津軽暖流、親潮強勢	○	暖冷水域存在、79年は親潮が丘側を南下	×	
	69-87				○	87年は親潮が沖に分布	×	津軽暖流渦モード、親潮は沖に分布	○	
	90-94				○	冷水域存在、親潮は沖から張り出す	○	沿岸は暖水に覆われる	○	
	83-91				○	83年暖水塊存在、親潮は沖に分布	×	83年暖水塊存在、親潮は回り込み、91年津軽暖流、北上暖水強勢	×	
	78-85				○	78年親潮は丘より	×	津軽暖流強勢、85年は冷水域存在	×	
	74-82				○	74年親潮弱勢、82年冷水域存在	×	親潮系水が広く分布、道東に暖水塊	○	
	(71-75)				○	津軽暖流強勢、71年暖冷水塊、75年暖水塊、親潮丘側南下	×	津軽暖流強勢、親潮南下、その沖に暖水が分布	○	
7	(67-72)	24	1	11	○	暖水、暖水塊が沖側に分布	○	暖水、暖水塊が広く分布	○	
	(65-66)				○	津軽暖流強勢、親潮南下強勢	○	津軽暖流強勢、暖水域分布	○	
	80-87				○	津軽暖流強勢、80年親潮強勢	×	津軽暖流強勢、暖水塊分布、87年親潮は沖に分布	×	
8	70-74	23	1	30	○	暖水塊存在、70年親潮強勢	×	津軽暖流強勢、74年親潮弱勢	×	
	73-94				○	津軽暖流渦モード、暖冷水域散在	○	73年は八戸沖に暖水塊、94年津軽暖流渦モード	×	
	69-75				○	69年親潮弱勢	×	津軽暖流、親潮、北上暖水の配置が同じ	×	
	76-88				○	津軽暖流、親潮強勢	○	88年は親潮がやや狭い	×	
	74-81				○	津軽暖流強勢、74年親潮弱勢	×	津軽暖流強勢、暖水塊存在	○	
9	72-75	25	1	16	○	津軽暖流渦モード、親潮弱勢、暖水塊存在	○	津軽暖流南へ張り出す	○	
	86-93				○	津軽暖流、親潮強勢	○	津軽暖流、親潮強勢	○	
10	90-96	8	1	24	○	津軽暖流強勢、暖水塊存在、親潮は沖に分布	○	津軽暖流、親潮、暖水（塊）の配置が同じ	○	
	64-74				○	不明	?	74年は冷水域が存在、親潮分布	×	
11	71-91	11	1	25	○	津軽暖流強勢、沿岸は暖水に覆われる、親潮は沖に分布	○	津軽暖流強勢、沿岸は暖水に覆われる	○	
	78-80				○	津軽暖流、親潮のパターン同じ	○	不明	?	
	67-69				○	津軽暖流強勢	○	不明	?	
12	71-72-70	14	1	12	×	沿岸側に親潮系水がほとんど分布せず	○	不明	?	
	73-75-74				×	沿岸側に親潮系水がほとんど分布せず	○	不明	?	
	68-69				×	不明	?	不明	?	

※1、2、12月はデータが少ないため、評価に使用しなかった。

※当月の評価は21/31=68%、次の月では16/30=53%

が残った（図1）。最後に、1個でもデータの無い季節は削除し、主成分分析のデータとした。

主成分分析を行う際には、共分散行列を用いた。主成分スコアの自己回帰予測はARIMAの方法により、自己回帰の次数は9とした。

スコアの予測値から各点における水温偏差値を算出し、rms誤差により予測精度を検証した。

結 果

(1) クラスター解析を用いた類似年の抽出

表1及び表2に類似年の抽出結果及びその評価をまとめて掲げた。類似の評価は表1では抽出された類似年の同じ月どおしの東北海区全体の100m深水温分布図を、表2では青森県沖に限った100m深水温分布図を用いて行った。

その結果、3～12月では類似していると思われたのは東北海区全体で当月が55%、次の月では35%であった。また、青森県沖に限ってみると当月で70%、次の月では53%となった。

津軽暖流の流勢指標のうち、津軽暖流域の100m層最高水温の平年偏差で類似年を比較し、表3に示した。その適合率は当月で71%、次の月では63%となった。

月ごとにみていくと、100m深水温分布図を用いた方法では4～5月、10～12月の適合率が高かったが、次の月では7、9、11月の確率が高くなってい

表3 津軽暖流域の100m層最高水温との比較

月	類似年	類似	次の月	指標値の評価との比較	
				類似	次の月
3	80-83	○	×	B	-
	74-88	×	×	A	-
	(72-73)	○	×	C	B
	(81-89)	○	○	B	-
	(71-98)	○	○	B	-
4	66-75	○	×	B	-
	64-74	○	○	A	-
5	(65-69)	○	○	E	D
	(66-67)	○	×	C	C
6	68-86	○	×	-	C
	71-79	○	×	B	-
	69-87	×	○	-	D
	90-94	○	○	-	A
	83-91	×	×	-	-
	78-85	×	×	C	-
	74-82	×	○	-	B
7	(71-75)	×	○	B	C
	(67-72)	○	○	B	C
	(65-66)	○	○	-	A
8	80-87	×	×	-	-
	70-74	×	×	B	C
	73-94	○	×	-	E
	69-75	×	○	B	C
	76-88	○	×	-	B
9	74-81	×	○	B	-
	72-75	○	○	-	A
10	86-93	○	○	-	B
	90-96	○	○	-	A
	64-74	?	×	B	B
11	71-91	○	○	B	-
	78-80	○	?	A	-
	67-69	○	?	B	B
12	71-72-70	○	?	-	-
	73-75-74	○	?	-	-
	68-69	?	?	B	-
		23	16		

※1、2月はデータが少ないため、評価に使用しなかった。

※「指標値の評価との比較」は指標の偏差を階級分けし、その階級が一致した場合はA、以下階級がひとつズレるごとにB、C、D、Eとした

※当月の的中率は23/33=70%、次の月では16/30=53%

※指標値の評価との比較では、当月の的中率は71%、次の月では63%

表4 月ごとの評価

月	100m分布図との比較		指標値の評価との比較	
	類似	次の月	類似	次の月
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	80	40	75	75 *
4	100	50	88	- *
5	100	50	25	38
6	43	43	63	63
7	67	100	75	67 *
8	40	20	75	44
9	50	100	75	100 *
10	100	67	75	83 *
11	100	100	63	75 *
12	100	-	75	-
計	70	53	71	63

た。また、津軽暖流の指標値を用いた方法では3～4月、7～10月、12月の確率が高く、次の月では3月、9～11月等で確率が高くなっていた。

総じてみると、9～11月、3月、7月で適合率が高くなっていた（表4）。

(2) 主成分を用いた水温予測

季節分けした各測点ごとの偏差データを主成分分析し、その主成分スコアの自己回帰により水温偏差の予測値を算出した。

第1主成分のみを用いて、1999年冬までのデータで2000年春の予測値を算出した結果を表5に測点ごとに示した。同様に、2000年春までのデータを用いた2000年夏の予測値を表6、2000年夏までのデータを用いた2000年秋の予測値を表7、2000年秋までのデータを用いて2000年冬の予測値を算出した結果を表8に示した。

（予測値－観測値）の平方和を（データ数－1）で割り、その平方和をとった値

表5 主成分を用いた水温予測の結果（1999年冬から2000年春を予測 EOF1のみ）

測点	予測値	観測値	差
SY1	0.12	0.24	0.12
SY2	0.11	0.27	0.16
SY3	0.53	1.04	0.51
SY4	0.77	1.43	0.66
SY5	0.98	0.65	-0.33
SY6	0.73	2.58	1.85
SY9	-0.37	-0.23	0.14
DD1	-0.02	0.82	0.84
DD2	-0.14	-0.56	-0.42
DD3	0.18	1.24	1.06
DD4	0.53	4.13	3.60
DD5	0.86	1.86	1.00
SK3	-0.10	2.14	2.24
SK4	-0.03	0.27	0.29
SK5	0.18	1.06	0.88
SK9	-0.23	0.23	0.45
八戸	0.07	0.57	0.50
rms=			1.29

寄与率1=30.032%

表6 主成分を用いた水温予測の結果（2000年春から2000年夏を予測 EOF1のみ）

測点	予測値	観測値	差
SY1	-0.22	-0.27	-0.04
SY2	-0.21	-0.17	0.04
SY3	-1.03	-0.03	1.00
SY4	-1.51	1.20	2.71
SY5	-1.92	1.03	2.95
SY6	-1.43	2.38	3.80
SY9	0.74	6.71	5.97
DD1	0.05	0.27	0.22
DD2	0.29	-0.67	-0.97
DD3	-0.34	-3.64	-3.30
DD4	-1.05	-2.07	-1.02
DD5	-1.68	-0.44	1.24
SK3	0.22	2.38	2.16
SK4	0.07	3.01	2.94
SK5	-0.36	4.41	4.77
SK9	0.46	-2.55	-3.01
八戸	-0.12	1.61	1.73
rms=			2.85

寄与率1=30.014%

表 7 主成分を用いた水温予測
の結果 (2000 年夏から 2000 年秋

を予測 EOF1 のみ)			
測 点	予測値	観測値	差
SY1	-0.01	-2.05	-2.04
SY2	-0.01	-2.31	-2.31
SY3	-0.03	-9.26	-9.23
SY4	-0.04	-2.03	-1.99
SY5	-0.05	-5.35	-5.29
SY6	-0.04	-8.67	-8.63
SY9	0.02	-4.72	-4.74
DD1	0.00	2.43	2.43
DD2	0.01	4.76	4.75
DD3	-0.01	3.00	3.01
DD4	-0.03	-0.35	-0.32
DD5	-0.05	-0.11	-0.07
SK3	0.01	1.75	1.74
SK4	0.00	3.66	3.66
SK5	-0.01	-0.56	-0.55
SK9	0.01	-7.58	-7.59
八戸	0.00	-0.40	-0.40
rms=			4.58

寄与率1=30.220%

表 8 主成分を用いた水温予測
の結果 (2000 年秋から 2000 年冬

を予測 EOF1 のみ)			
測 点	予測値	観測値	差
SY1	1.18	-1.24	-2.42
SY2	1.09	-0.98	-2.08
SY3	5.46	0.88	-4.59
SY4	8.01	1.74	-6.27
SY5	10.20	0.49	-9.71
SY6	7.74	-5.42	-13.15
SY9	-3.73	-3.42	0.31
DD1	-0.18	-2.60	-2.41
DD2	-1.55	-1.77	-0.23
DD3	1.82	1.17	-0.65
DD4	5.74	1.33	-4.41
DD5	8.92	2.06	-6.86
SK3	-0.91	-5.33	-4.42
SK4	-0.18	-9.67	-9.49
SK5	2.09	-7.38	-9.47
SK9	-2.37	-1.73	0.64
八戸	0.73	-1.54	-2.27
rms=			6.20

寄与率1=29.623%

表 9 主成分を用いた水温予測
の結果 (1999 年冬から 2000 年春

を予測 EOF1~5)			
測 点	予測値	観測値	差
SY1	0.00	0.24	0.24
SY2	0.07	0.27	0.20
SY3	0.22	1.04	0.82
SY4	0.15	1.43	1.28
SY5	0.12	0.65	0.53
SY6	0.15	2.58	2.43
SY9	-0.54	-0.23	0.30
DD1	0.08	0.82	0.73
DD2	0.26	-0.56	-0.82
DD3	0.41	1.24	0.84
DD4	0.44	4.13	3.69
DD5	0.30	1.86	1.56
SK3	0.20	2.14	1.94
SK4	0.24	0.27	0.03
SK5	0.03	1.06	1.03
SK9	-1.31	0.23	1.54
八戸	0.04	0.57	0.53
rms=			1.46

寄与率1~5

=30.03+18.08+11.85+8.72+6.63

=75.311%

(rms 誤差) で評価すると冬から春、春から夏、夏から秋、秋から冬の順で予測の精度は下がっていた。第 1 主成分の寄与率はいずれも 30% 前後であった。

このうち、1999 年冬から 2000 年春の予測については、第 1 ~ 第 5 主成分を使って予測を試みた (表 9)。その結果を rms 誤差と比較すると、第 1 主成分のみでは 1.29 であったが、第 1 ~ 第 5 主成分を使った場合は 1.46 と逆に誤差が大きくなっていた。

おわりに

青森県では 1964 年から 75 年までは年間 9 ~ 12 回の海洋観測を行っていたが、76 年以降は年間 6 ~ 4 回の観測となっている。このため、月単位の解析をするには不十分なデー

タとなっている。今後は、青森県沖で行われている他機関の観測データも使用しながら解析を進めていきたい。

参考文献

- 1) 伊藤進一（2001）：東北海区沿岸定線 100 m 深水温及び定地水温の解析について 平成 12 年度東北ブロック水産海洋連絡会報 31
- 2) 佐藤晋一（2000）：青森県太平洋側沿岸定線 100 m 深水温及び定地水温の変動特性について 青森県水産試験場事業報告 平成 10 年度
- 3) 佐藤晋一（2001）：青森県太平洋側沿岸定線 100 m 深水温の経年変動特性について 青森県水産試験場事業報告 平成 11 年度