

寄稿

西部遠州灘の海況と黒潮流路との関係

中村元彦^{1†}, 鶴崎直文¹

Relations between conditions in western Enshu-nada and the Kuroshio path

Motohiko NAKAMURA^{1†} and Naofumi UZAKI¹

We studied relations between conditions in western Enshu-nada and the Kuroshio path using the data of water temperature at the depth of 0, 50, 100, 200 and 400 m. In the results of the principal component analysis on the deviation of water temperature from monthly mean, the 1st principal component (P.C.) indicated changes over whole area, the 2nd P.C. indicated changes along vertical direction, and the 3rd P.C. indicated change along horizontal direction to offshore from coast. From the relations between factor loading on 2nd P.C. and that on 3rd P.C., variations of water temperature were divided into three groups; the group at the depth of 0 m, the group at the depth of 50–100 m on continental shelf and the group at the depth of 50–400 m in offshore area. The deviation of water temperature over whole area tended to be differ among the Kuroshio path patterns and to be warm at the offshore distance of the Kuroshio axis from Omaezaki under 50 mile or over 100 mile. But the change of the deviation with the Kuroshio path pattern varied a little among the groups of water temperature variations. The slope of water temperature along the horizontal direction to offshore from coast at the depth of 100 m, corresponding to current, tended to lean toward positive except the Kuroshio path pattern of “N”. Compared the distribution of water temperature among the Kuroshio path patterns, conditions in Western Enshu-nada seemed to relate with the position of cold eddy and the feature of warm water, associated with the Kuroshio path, in the inner Kuroshio area.

Key words: water temperature, conditions in Western Enshu-nada, Kuroshio path

はじめに

沿岸域における水産資源の再生産や来遊は、生残や輸送の過程を通して生息域の海況の影響を強く受けると考えられる。生物と海況との関係を定量的に調べるには、生物の環境に対する応答を数値化するとともに、海況についてもその特徴を適切に数値化する必要がある。そのためには、水温等の観測値の代表性を把握し、海況特性を明らかにしておかなければならない。

西部遠州灘における平均的海況とその季節変動については、船越ら (1979) が詳細に調べ、季節毎の水塊構造を明らかにした。それによると、塩分極小で特徴付けられる亜寒帯中層水 (北太平洋中層水) は水深 250 m 以深に、塩分極大で特徴付けられる黒潮流系水 (亜熱帯モード水) は水深 250 m 以浅に分布する。そして、低塩分で特徴付けられる

湾内系水は水深 30 m 以浅に、湾内系水と黒潮流系水が混合してできる表層混合水は水深 50 m 以浅に分布し、それらの広がりや厚みは降水量や成層・混合の季節変化で変化する。

一方、観測値の月平均値からの偏差など、季節変動を除去した成分の変動については、水塊配置を左右する黒潮流路の影響が強いことが指摘されているが (藤本・友定, 1980)、当海域においては十分な整理がなされていない。そこで本報では、まず調査海域における水温偏差の空間代表性を主成分分析により調べ、調査海域の特徴を適切に表す空間を抽出した。そして、黒潮流路を御前崎における流軸の離岸距離と流路型で表し、それらと西部遠州灘における水温偏差との関係を調べた。さらに、水温分布と密接な関係にある流況も黒潮流路の影響を受ける可能性があるもので、陸岸に平行な流れを反映すると考えられる陸岸に垂直な水温の水平勾配との関係についても調べ、西部遠州灘の海況と東海海域の海洋構造との関係を検討した。

資料と方法

水温は、1964年4月から2005年12月の期間基本的に月1

2007年2月13日受付, 2007年5月21日受理

¹ 愛知県水産試験場 漁業生産研究所

Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Toyoura, Minamichita-cho, Chita-gun, Aichi 470-3412, Japan

[†] motohiko_nakamura@pref.aichi.lg.jp

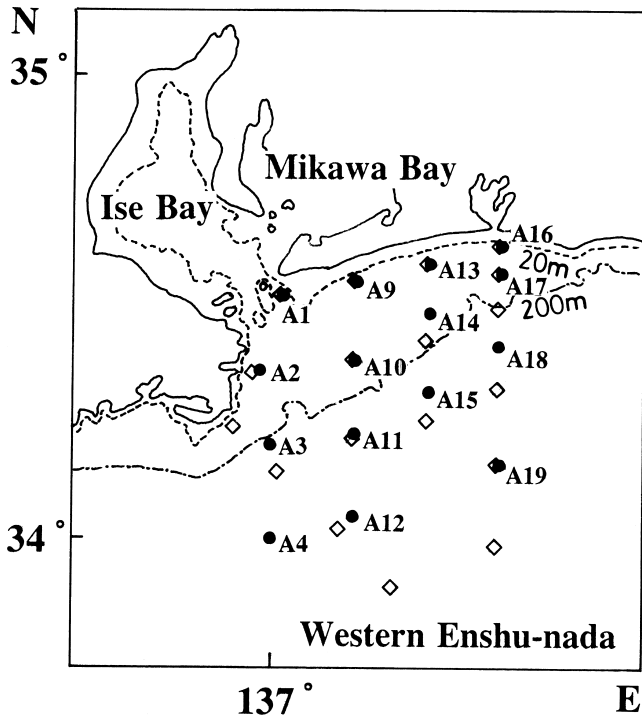


Figure 1. Observed area in Western Enshu-nada. Open squares (18 stations): Apr. 1964–Mar. 1995, closed circles with number (15 stations): Apr. 1995–Dec. 2005.

回前半に実施された沿岸観測における水深0m, 50m, 100m, 200m, 400mのデータを用いた。観測点は1995年の4月に変更され、観測点数も18点から15点に減少したが、いくつかの観測点では位置が変わりがない (Figure 1)。調査海域の沿岸、陸棚縁辺、沖合をそれぞれ代表する点として、観測点位置の変更がなかったA1, A10, A19を採用した。水温は、季節変動成分を除去するため、各観測点・水深で月毎に平均偏差を求めて解析に用いた。

水温偏差の空間代表性を調べるための主成分分析は、1964年4月から1995年3月までの観測点 (18点) 観測層 (水深0m, 50m, 100m, 200m, 400m) 毎の偏差時系列について行った。陸岸に垂直な水温の水平勾配は、表層近くは気象の影響が強いことを考慮して、水深100mにおける水温のA19とA10の差 (A19–A10, 100m深水温差) を指標として用いた。水温の水平勾配が密度勾配を反映し、流れと地衡流バランスしていると仮定すると、水温の水平勾配が沖へ向けて高いことは東向きの流れを、沖へ向けて低いことは西向きの流れを表すことになる。

御前崎における黒潮流軸の離岸距離 (離岸距離) と流路型は (Figure 2), 1964年4月から2005年12月における海上保安庁海洋速報の200m層水温水平分布図, 海流図および表面水温水平分布図から読み取り, 沿岸観測が基本的に月の前半に行われるのを考慮して, 読み取った値は月前半のものを用いた。黒潮流軸の判定は, 川合 (1972) の指標水

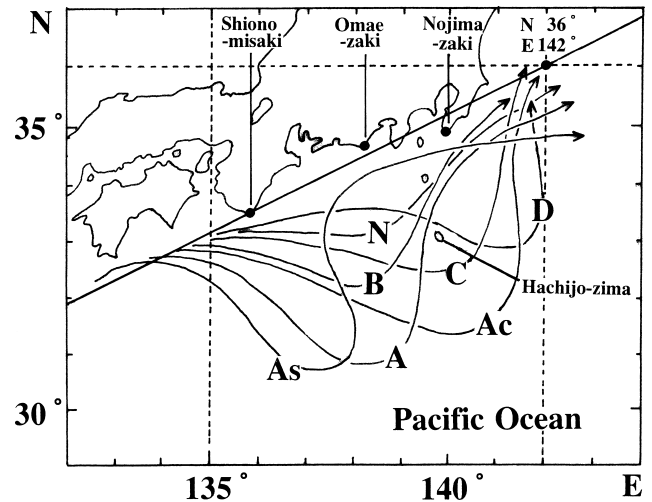


Figure 2. The Kuroshio path patterns used in this study. The Kuroshio path pattern was usually judged on the meander of the Kuroshio axis, which was most distant from the straight line drawn through Shiono-misaki and the point of lon. 36°N and lat. 142°E, between lat. 135°E and lat. 142°E.

温に従い200m層水温水平分布で行ったが、200m層水温水平分布が不十分の場合は、海流図の測流結果にみられる最強流帯や表面水温水平分布図の1°C毎の等値線で示される最高水温帯の北縁で行った。離岸距離は、調査海域が陸岸に近いことを考慮して、御前崎から黒潮流軸までの正南で最短の距離を読みとった。

黒潮の流路型については、大蛇行離岸流路、非大蛇行離岸流路、非大蛇行接岸流路の3つの典型的な流路に分けた Kawabe (1985) の分類と、吉田 (1961) と二谷 (1969) による A, B, C, D, N 型の分類がある。本報では、対象海域のスケールが中規模 (1~100 km) に相当することから、ある程度スケールの小さな流路の違いが海況に影響すると考えられるので、流路型は後者の分類を基とし、大きく蛇行して遠州灘をS字状に北上する流路をAs型、大きく蛇行して八丈島をまたぐ流路をAc型として加えた7つの型で表した。

流路型の判定は、潮岬と北緯36°東経142°の格子点を通る直線から流軸までの距離が極大となる流軸上の点を流軸頂点とし、流軸頂点が東経135°から142°の範囲にある蛇行について次のようにして行い、流路の持続性は問わないこととした。流軸頂点が八丈島以西にあって流軸が八丈島の西を北上するもののうち、流軸南端が北緯32°以南にあって、流軸が御前崎正南で北緯33°以北を通過するものをAs型、北緯33°以南を通過するものをA型、流軸南端が北緯32°から33°の間にあるものをB型とし、流軸頂点が八丈島付近にあって流軸が八丈島をまたいで南下北上するもののうち、流軸南端が北緯32°以南にあるものをAc型、北緯32°から33°の間にあるものをC型、流軸頂点が八丈

島以東にあって流軸が八丈島以北を通り、流軸南端が北緯34°以南にあるものをD型とした。そして、流軸頂点が八丈島以西にあって流軸南端が北緯33°以北にあるものおよび流軸頂点が八丈島以東にあって流軸南端が北緯34°以北にあるものをN型とした。なお、流軸頂点が2つ以上存在する流路では、調査海域が流路型を判定する海域の西よりの海域にあることを考慮して、流軸南端が北緯33°以南にある西側の蛇行で流路型を判定した。

結果

水温偏差の変動

A1, A10, A19における各層の水温偏差の変動をFigure 3に、偏差の算出に用いた月別の平均値と標準偏差をAppendix 1, 2に示した。A10とA19の50~100mでは、標準偏差は年較差が1.02~1.67°Cとやや大きく、夏期から秋期にかけて下層ほど遅れて大きくなる傾向がある。この標準偏差の増大は、成層構造が強まった後の鉛直混合が進む時期にみられ、混合層の厚みの増加とともに下層に伝搬することから、単純な変動幅の変化によるものではないと考えられるので、水温偏差は月毎の標準偏差による規格化を行わなかった。

変動の大きさを示す水温偏差の標準偏差は、A19の50mと100mで1.99~2.07と大きく、A19の400mで0.92と小さい。A19の50~200mでは1970年代後半に水温偏差が高い傾向がみられるが、他の時系列では不明瞭で、観測点や水深により変動に多少違いがある。

黒潮の流路型と流軸の離岸距離

流路型別の御前崎における離岸距離の頻度分布をFigure 4に示した。離岸距離はC型とB型およびD型とN型の間でそれぞれ頻度分布に大きな重なりがあり、離岸距離によって流路型を厳密に分離することはできない。しかし、離岸距離の流路型別の平均値はA型, Ac型, C型, B型, D型, N型, As型の順に大きい。また、50 mileを境としてAs型とD・N型, 90 mileを境としてD・N型とC・B型, 140 mileを境としてC・B型とA・Ac型の頻度分布がそれぞれ概ね分かれていることから、離岸距離はある程度流路の形状を反映しているといえる。

水温偏差の空間代表性

水温偏差の3次元空間での代表性を調べるために、観測点・観測層毎の偏差時系列について主成分分析を行い、第1~第5主成分の寄与率をTable 1に示した。寄与率は、第1主成分が0.502と大きく、第2主成分が0.139、第3主成分が0.070と比較的大きい。累積寄与率は第3主成分までで0.711と大きな割合を占める。

Figure 5に第1~第3主成分それぞれの負荷量の分布を水深毎に示した。第1主成分の負荷量は全層全点で正の値をとり、水深50~200mの陸棚縁辺のやや沖で0.8以上と大きい。第2主成分の負荷量は水深0mから400mに向かって徐々に符号が異なり、第3主成分の負荷量は水深50~200

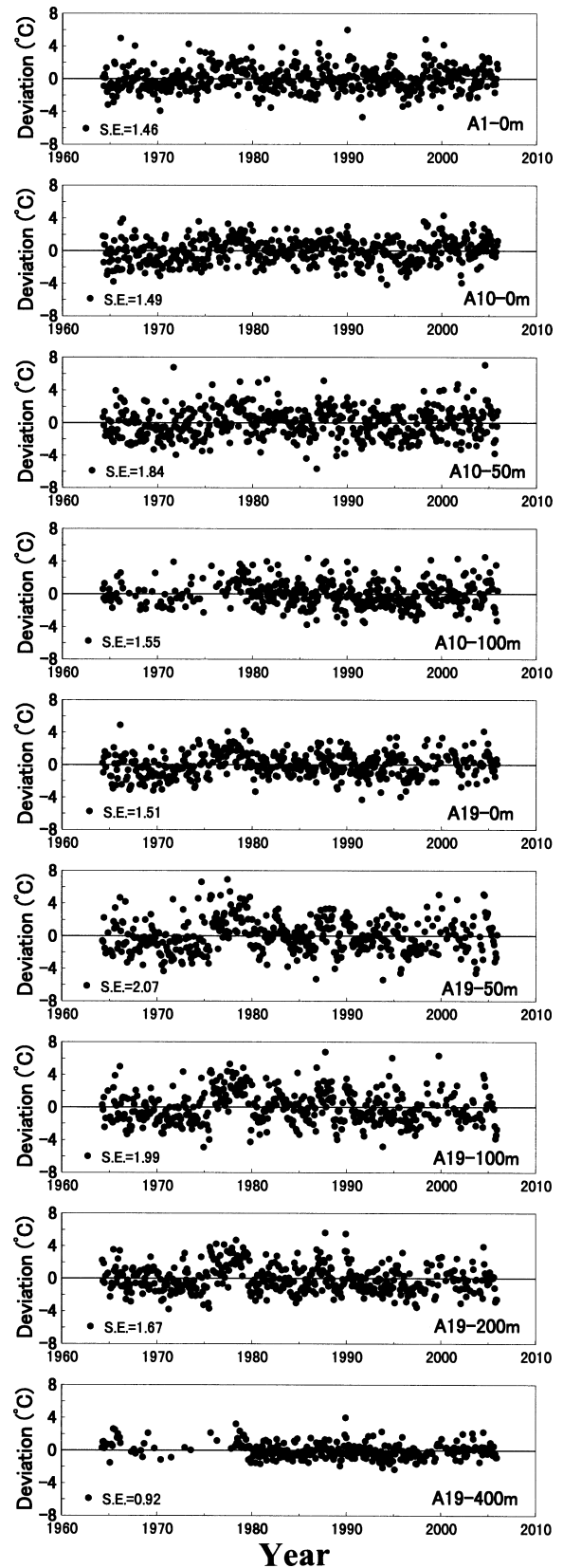


Figure 3. Fluctuations in deviation of water temperature from monthly mean.

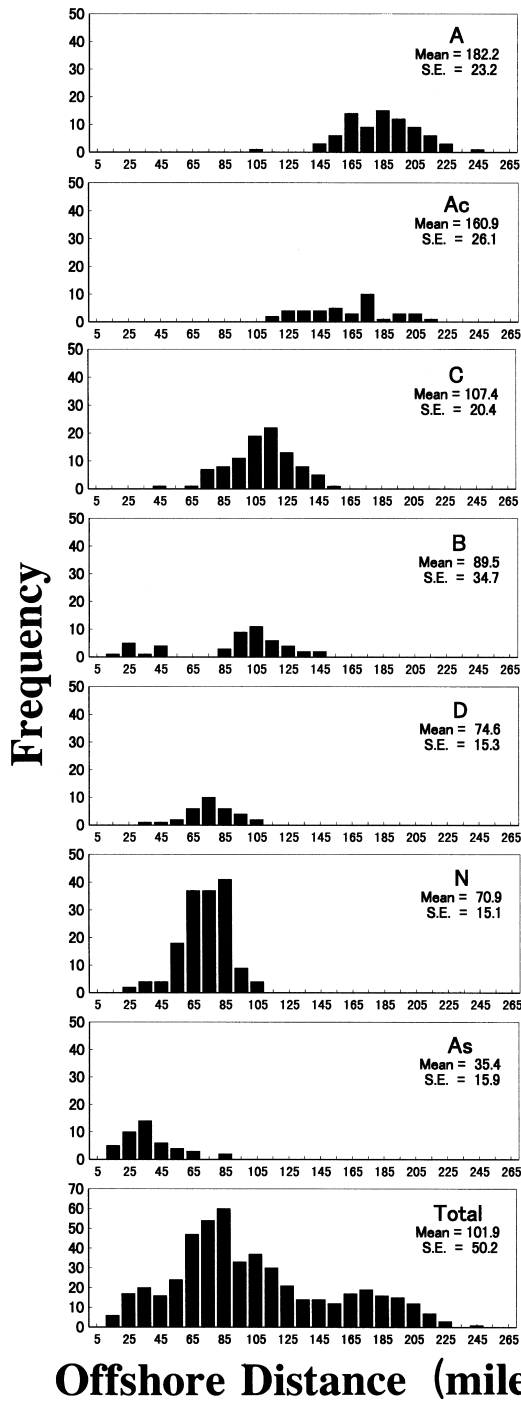


Figure 4. Frequency distribution of offshore distance of the Kuroshio axis from Omae-zaki on each Kuroshio path pattern.

mを中心にして陸棚縁辺のやや沖を境にして沖と岸で符号の異なる傾向がある。このように、第1主成分は調査海域全体の変化を、第2主成分は鉛直方向の変化を、第3主成分は陸岸に垂直な水平方向の変化を主に表している。なお、第3主成分は寄与率が0.070とさほど大きくはないが、水深

Table 1. Contribution rate on each principal component.

Principal Component	Contribution Rate
1st	0.502
2nd	0.139
3rd	0.070
4th	0.050
5th	0.027

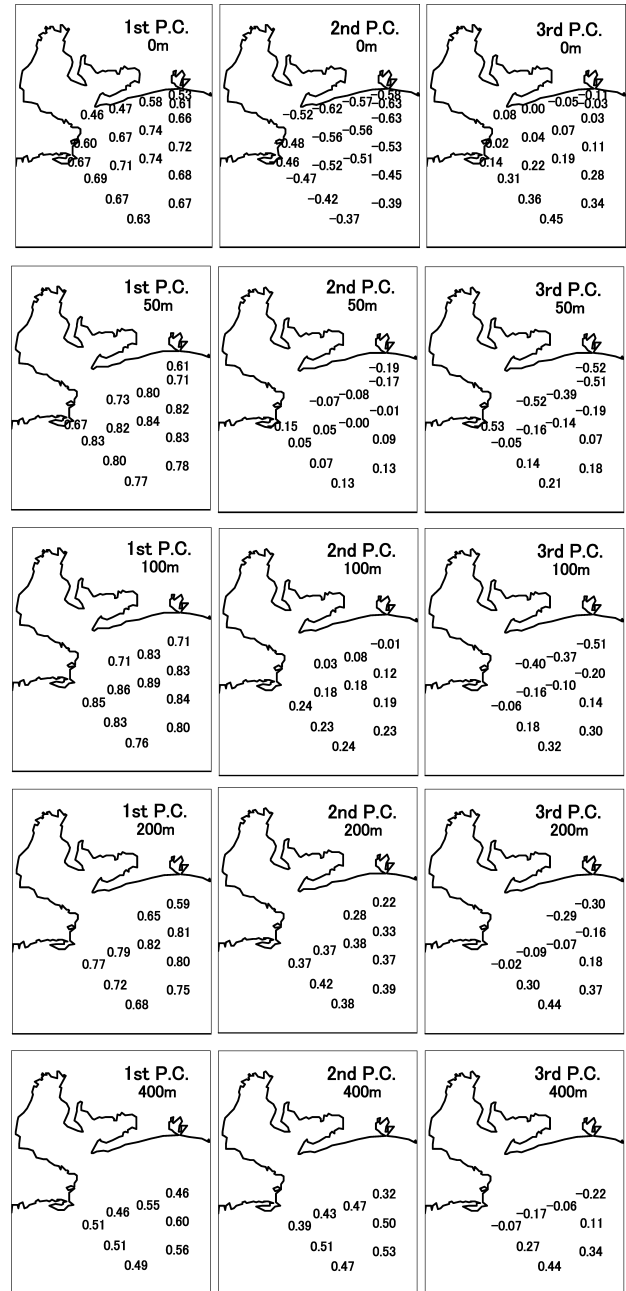


Figure 5. Horizontal distribution of factor loading on each principal component.

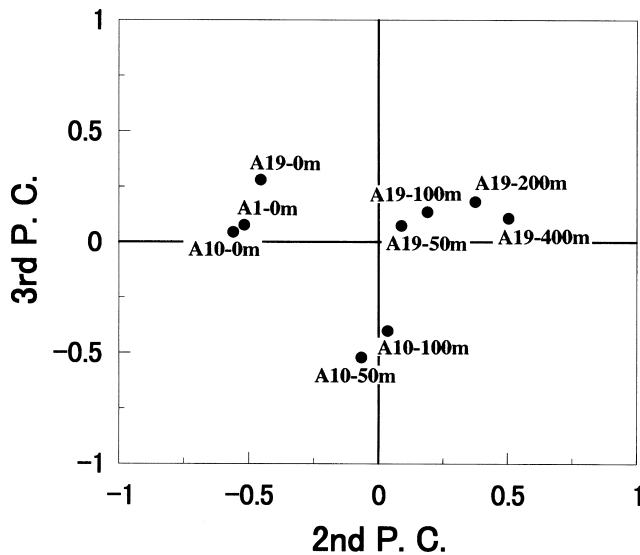


Figure 6. Relations between factor loading on 2nd P.C. and that on 3rd P.C..

毎の2次元平面では鉛直方向の変化が無視されるので、寄与率が2番目に大きな成分となる。

全体の変化を表す第1主成分を除いた2つの主成分は陸岸に垂直な方向に並ぶ代表点A1, A10, A19における鉛直断面に平行な方向に負荷量が変わることから、鉛直断面に負荷量の変化が現れやすく、3つの代表点は調査海域の水温変動の特性を把握するのにふさわしい観測点といえる。Figure 6に、A1, A10, A19の各層における第2主成分と第3主成分との負荷量の関係を示した。負荷量の分布から、水温変動は0mのグループ (A1, A10, A19の0m)、陸棚上50~100mのグループ (A10の50~100m)、陸棚沖合50~400mのグループ (A19の50~400m) に分けられる。

水温偏差と黒潮流路との関係

A1, A10, A19における水深0m, 50m, 100m, 200m, 400mの水温偏差と離岸距離の関係をFigure 7に示した。水温偏差と黒潮流路との関係には流路型による水温偏差の違いが表れているが、水温偏差は離岸距離に対して連続的に変化しており、同じ流路型でも離岸距離の違いで水温偏差が多少異なる。概して、水温偏差は離岸距離が短いと高く、50~100mileで低い傾向があるが、その傾向は水深や観測点でやや異なっている。水温偏差は、水深0mでは離岸距離が100mile前後で最も低いのにに対して、水深50~200mでは70mile前後で最も低い。また、水深400mでは水温偏差は離岸距離が小さいと高いが、離岸距離が大きいても高くはない。

流路型毎の海域全体の傾向を調べるため、A1, A10, A19における水深0m, 50m, 100m, 200m, 400mの水温偏差について流路型毎に平均値を求め、Table 2(a)に示した。また、各平均値について海域全体の高低を表す3点5層の平均値

と、第2主成分と第3主成分の負荷量の関係から類型化されたA1, A10, A19の0m, A10の50~100m, A19の50~400mの各グループの平均値を求め、Table 2(b)に示した。流路毎に水温偏差の鉛直・水平方向の傾向をみてみると、As型はA19の水深50~200mを中心に、A型は水深50~100mを中心に、B型はA19の水深0~100mを中心に高い。また、Ac型はA19の水深100mを中心にやや高いが、全体に水温偏差の偏りが小さい。一方、N型はA19の水深50~200mを中心に、D型は水深100mを中心に、C型は水深0mを中心に低い。全体の平均値はAs型、A型、B型、Ac型、C型、D型、N型の順に大きいが、水温偏差の流路型毎の高低はグループ間で多少異なっている。A19の50~400mのグループは、変動幅が大きいため傾向が全体の平均値に表れており、水温偏差の高低は全体の平均値と同じになっている。それに対して、A1, A10, A19の0mのグループはC型が最も低く、A10の50~100mのグループはD型とN型が同様に最も低い。

水温の水平勾配と黒潮流路との関係

100m深水温差と離岸距離との関係をFigure 8に示した。100m深水温差は離岸距離が50~100mile程度で小さく、離岸距離の小さいAs型や大きいA型で高い傾向がみられ、両者の関係はA19の水深0~200mにみられる水温偏差と離岸距離との関係によく類似している。

各流路型ごとに、水深100m水温におけるA19とA10との差(100m深水温差)の頻度分布をFigure 9に示した。100m深水温差は全体として正に偏っている。100m深水温差の平均値は、As型が2.15°C、Ac型が1.23°C、B型が1.05°Cと正で大きく、A型が0.70°C、C型が0.44°Cと正であるのに対して、D型は0.02°Cと偏りが小さく、N型のみ-0.21°Cと負であった。ただし、100m深水温差は標準偏差が1.41~2.50°Cと大きく、同じ流路型でも正負に大きくばらついている。特にB型はばらつきが大きく、平均値が正であるものの、最頻値は負になっている。

考察

黒潮流路の表現方法

漁海況現象と黒潮流路との関係を調べる際、黒潮流路をどのように表現するかが問題となる。流路の形状を類型化した流路型は、形状を容易にイメージできる長所はあるが、連続量ではないため回帰分析等の統計手法が使いにくい欠点がある。一方、御前崎における離岸距離はある程度流路型を反映しており、連続量として扱える長所はあるが、流路の形状を厳密に分離することができない欠点がある(Figure 4)。それぞれの表現方法には一長一短はあるが、それらを併用して用いることにより互いの短所を補えば、黒潮流路をより適切に表現できると考えられる。

黒潮流路の影響

調査海域の海況には黒潮流路だけでなく、冷水渦、暖水渦、

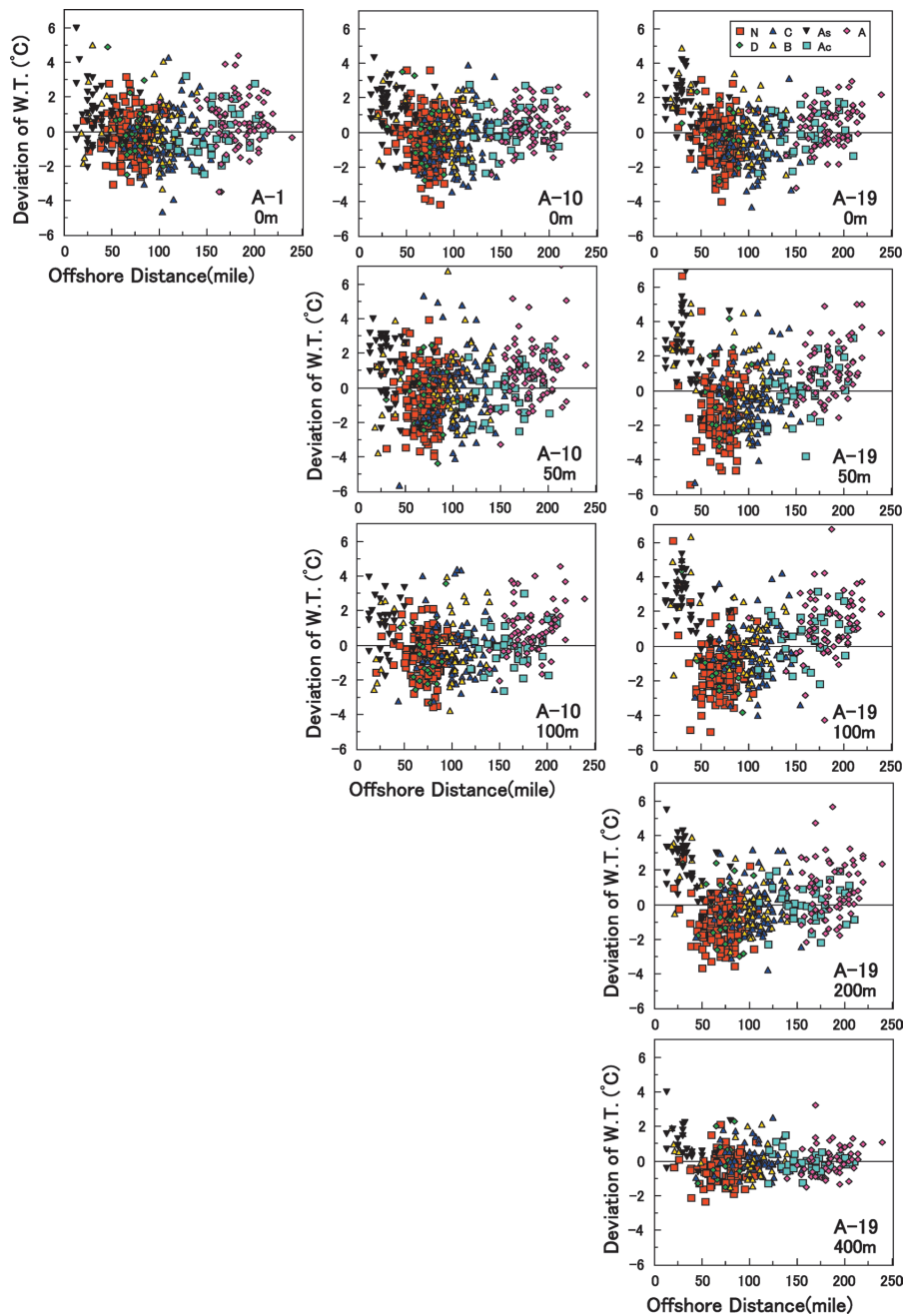


Figure 7. Relations between the deviation of water temperature and the offshore distance of the Kuroshio axis from Omae-zaki. Letters in the figure indicate the Kuroshio path pattern.

黒潮内側反流, 暖水舌といった黒潮内側域における特徴的な海洋構造も影響していると考えられる。そこで, 海況と黒潮流路および黒潮内側域の海洋構造との関係を検討するため, 海上保安庁海洋速報の200 m水温分布図から各流路型にあてはまる分布図をそれぞれ選び出し, Figure 10に示した。そして, 各流路型毎の内側域の特徴と西部遠州灘の平均的な海況をTable 3にまとめた。

As型は, 冷水渦が熊野灘南方はるか沖合にあり, 冷水

渦の東側を北上する黒潮が遠州灘に接近するため, 沖合中層(水深50~200m)を中心に水温が非常に高く, 黒潮の東向きの流れに対応して水温勾配は沖合へ向けて非常に高い。

A型は, 冷水渦が遠州灘南方はるか沖合にあり, 冷水渦の北縁に沿って西へ流れる内側反流により遠州灘へ黒潮系の暖水が流入する。水温は中層を中心に沿岸から沖合まで一様に高く, 暖水の流入は広範囲に及んでいる。また, 暖

Table 2. Mean value of the deviation of water temperature on each Kuroshio path pattern.

Depth (m)	As			A			B			Ac			C			D			N		
	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19
0	0.87	1.26	1.72	0.56	0.51	0.43	0.26	0.51	0.65	-0.00	0.17	0.13	-0.49	-0.50	-0.69	-0.12	-0.24	-0.46	-0.25	-0.42	-0.48
50		1.14	2.42		1.00	1.21		0.28	0.75	0.23	-0.06	0.23		-0.32	-0.51		-0.41	-0.43		-0.64	-1.27
100		1.19	2.44		0.93	1.17		0.12	0.65	0.55	-0.11	0.55		-0.22	-0.49		-0.77	-0.70		-0.55	-1.30
200			2.18			0.79		0.33	0.33	0.10		0.10			-0.08			-0.44			-1.10
400			1.05			0.04		0.19	0.19	-0.05		-0.05			0.11			0.04			-0.40

Group	As			A			B			Ac			C			D			N		
	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19	A1	A10	A19
A1, A10, A19, 0m	1.28			0.50			0.47			0.10				-0.56			-0.28				-0.38
A10, 50~100m	1.17			0.96			0.20			-0.08				-0.27			-0.59				-0.59
A19, 50~400m	2.02			0.80			0.48			0.21				-0.24			-0.38				-1.02
Whole	1.59			0.74			0.42			0.11				-0.35			-0.39				-0.71

Table 3. Feature in the inner Kuroshio area and conditions off Western Enshu-nada on each Kuroshio path pattern.

Kuroshio path pattern	Location of cold eddy		Feature of Kuroshio warm water off Enshu-nada		Conditions off Western Enshu-nada		
	from shore		Kuroshio warm water off Enshu-nada		Temperature (°C)*		
	from shore	from Western Enshu-nada	0 m	A10 50-100 m	A19 50-400 m	Slope of W. T. to offshore (°C)*	
As	Far	West	Approach of Kuroshio axis	++	++	+++	+++
A	Far	Front	Deep offshore inner countercurrent	+	+	+	+
B	Medium	Front	Inner countercurrent	±	±	±	±
Ac	Far	East	Warm eddy	±	±	±	±
C	Medium	East	Warm tongue	-	±	±	±
D	Near/Medium	Far East	Warm tongue/inner countercurrent	±	-	±	±
N	Near	Front	Shallow inshore inner countercurrent	±	-	--	±

* Rank of mean value (m): --, $m < -1.0$; -, $-1.0 \leq m < -0.5$; ±, $-0.5 \leq m < 0.0$; +, $0.0 \leq m < 0.5$; ++, $0.5 \leq m < 1.0$; +++, $1.0 \leq m < 1.5$; + + +, $1.5 \leq m$.

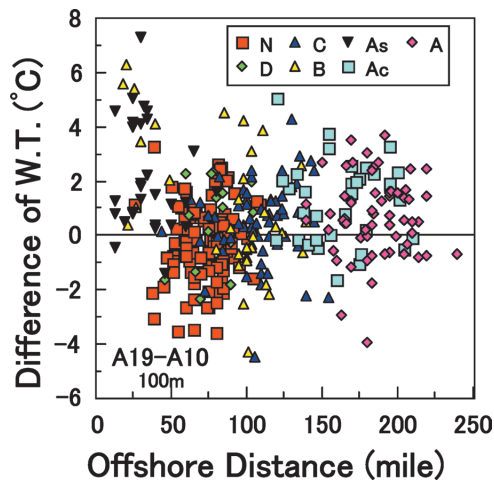


Figure 8. Relations between the difference of water temperature at the depth of 100 m on A19 from that on A10 (A19–A10) and the offshore distance of the Kuroshio axis from Omae-zaki.

水が沖合に流入するため、陸棚縁辺付近では水温勾配が沖合へ向けてやや高く、潮は東向きに弱く流れていると考えられる。

B型は、冷水渦が遠州灘南方沖合にあり、内側反流により遠州灘へ暖水が流入するが、冷水渦の北縁が陸岸にやや近いため、暖水の流入は表層が中心でさほど強くはなく、水温は沖合の表中層でやや高い程度にとどまる。水温勾配は概ね沖合へ向けて高いが、ばらつきが大きく、最頻値は負の値にみられた。これは、次のように、B型流路内の流路の違いにより陸棚縁辺付近の流れが異なることに起因すると考えられる。冷水渦が西偏しAs型に近い流路をとるときは、黒潮が遠州灘に接近するため水温勾配は沖合へ向けて非常に高い。また、冷水渦が陸岸に近くN型に近い流路をとるときは、内側反流が岸沿いに流入するため水温勾配は沖合へ向けて低くなる。

Ac型は、冷水渦が伊豆諸島南方はるか沖合にあり、黒潮流路が陸岸から離れていて黒潮系の暖水の影響は弱い。冷水渦と陸岸に挟まれた海域に暖水渦がしばしば形成されるため、水温は多少正に偏っている。暖水渦北縁の東向きの流れに対応して、水温勾配は沖合へ向けて高い。

C型は、冷水渦が伊豆諸島南方沖合にあり、熊野灘には暖水舌としてある程度流れを伴いつ継続的な暖水の流入はあるが、遠州灘では暖水が沖合を東へ流れ、沿岸に達することは少ない。そのため、水温は表層で低く、中層でもやや低い。水温勾配は暖水舌による東向きの流れに対応して沖合へ向けて多少高い。

D型は、主要な冷水渦が房総半島沖にあるが、小規模な冷水渦が遠州灘沖にも形成され、暖水舌あるいは内側反流による暖水の流入は表層中心で弱い。水温は中層で低く、

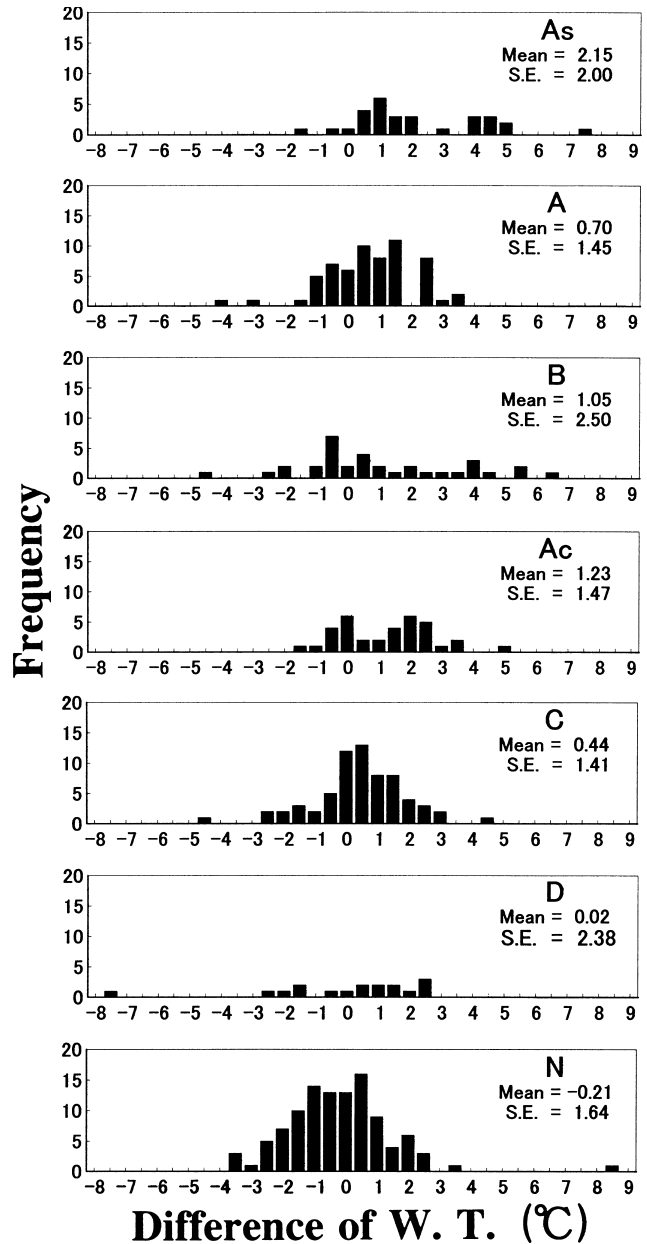


Figure 9. Frequency distribution of the difference of water temperature at the depth of 100 m on A19 from that on A10, on each Kuroshio path pattern.

水温勾配は小さい。

N型は、冷水渦が遠州灘沖の岸寄りにあり、内側反流により暖水が岸沿いに浅く流入する。そのため、水温は沖合中層で非常に低いのにに対して、表層はさほど低くはない。また、岸沿いを通る暖水の西向きの流れに対応して、水温勾配は沖合へ向けて多少低い。

黒潮内側域には黒潮流路の蛇行部に冷水渦があり、冷水渦と陸岸との位置関係により、冷水渦の西側には暖水舌が、冷水渦の北側には内側反流が生じ、冷水渦の北西側には暖

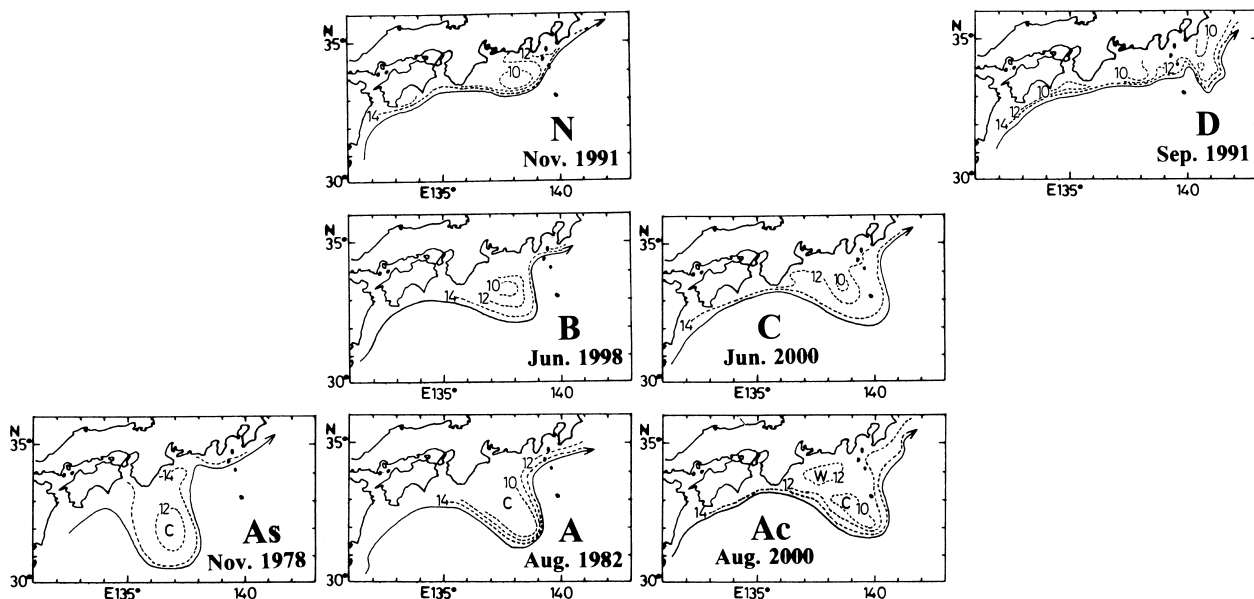


Figure 10. Typical distribution of water temperature at the depth of 200 m on each Kuroshio path pattern. Thick curves with arrow indicated the Kuroshio axis judged from water temperature according to Kawai (1972).

水渦が形成される傾向がある。水温にみられる西部遠州灘の海況は、黒潮流路の直接的な影響の他に、冷水渦や冷水渦の位置に左右される暖水舌、内側反流および暖水渦といった中規模 (1~100 km) スケールの水塊・流動構造の影響を受けているといえる。また、中規模スケールの水塊・流動構造が影響する結果として、西部遠州灘の海況は細分化された7つの流路型間でも異なっていたので、本州南岸のある程度限られた海域の漁場形成や資源変動と黒潮流路の関係を調べる際には、流路型は7つ程度に分類して解析に用いた方がよいと考えられる。

本報では、西部遠州灘の水温と東海海域の黒潮流路および黒潮内側域の海洋構造との平均的な関係が明らかになった。しかし、水温偏差や水温の水平勾配を示す100m深水温差は流路型毎に大きくばらついており、調査海域の流況やそれを左右する黒潮内側域の物理構造は黒潮流路で一義的に決まるものではなく、同じ流路型でも変化に富んでいると考えられる。また、黒潮流路が遷移する際に黒潮の流速の変化をとめない、沿岸域では水温や潮位の大きな変化を生じることから (Kawabe Yoneno, 1987; Kawabe, 1989), 流れのパターンである黒潮流路だけでなく、流路の変化や流量など他の要因の影響も考えられ、今後検討する必要がある。

謝 辞

本報で用いた西部遠州灘の水温データは水産庁の漁海況予

報事業の海洋調査により取得した。これまでデータの取得に係わられた研究員と調査船海幸丸の乗組員の他多くの方々に深く感謝いたします。また、海上保安庁海洋速報についても同様に、データの取得および海洋速報の公表に係わられた多くの方々に深く感謝いたします。さらに、本稿に丁寧なご校閲をいただいた愛知県水産試験場の船越茂雄博士に深く感謝いたします。

引用文献

- 船越茂雄・柳橋茂昭・岩瀬重元 (1979) 三河湾ならびに渥美外海の平均的の海況。水産海洋研究会報, **34**, 115-127.
- 藤本実・友定彰 (1980) 黒潮大蛇行期・非蛇行期からみた本州南東沿岸域の平均水温分布について。東海区水産研究所研究報告, **103**, 17-30.
- 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. and M. Yoneno (1987) Water and flow variations in Sagami Bay under the influence of the Kuroshio path. J. Oceanogr. Soc. Japan, **43**, 283-294.
- Kawabe, M. (1989) Sea level changes south of Japan associated with the non-large-meander path of the Kuroshio. J. Oceanogr. Soc. Japan, **45**, 181-189.
- 川合英夫 (1972) 黒潮と親潮の海況学。海洋科学基礎講座2, 海洋物理II, 東海大学出版会, 東京, 129-320.
- 二谷頴男 (1969) 最近数年の黒潮の変動について。水産海洋, **14**, 13-18.
- 吉田昭三 (1961) 遠州灘沖冷水塊と黒潮の変動について (その1)。水路要報, **67**, 54-57.

Appendix 1 Monthly mean of water temperature.

Station	Depth m	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Yearly Difference
A1	0	12.20	10.92	10.74	13.44	17.07	20.04	22.69	25.95	24.98	22.39	19.05	15.62	15.21
A10	0	15.86	14.94	14.75	16.34	18.59	21.06	23.68	26.73	26.13	23.40	21.50	18.63	11.98
	50	15.76	14.82	14.51	15.70	16.72	17.53	17.91	18.60	19.83	21.95	20.57	18.42	7.44
	100	14.73	14.19	13.84	14.60	14.60	15.01	15.10	15.21	15.38	16.62	16.47	16.29	2.78
A19	0	16.63	15.50	15.44	16.67	19.06	21.29	23.67	26.71	26.26	23.96	21.72	19.46	11.27
	50	16.67	15.56	15.18	15.98	17.01	18.13	18.37	19.06	19.71	21.47	20.74	19.41	6.29
	100	15.96	15.23	14.66	14.83	14.75	15.53	15.26	15.36	15.61	16.53	17.12	17.84	3.18
	200	12.55	13.03	12.25	12.05	11.72	12.11	11.78	11.67	11.77	11.87	11.98	13.00	1.36
	400	7.51	8.14	7.54	7.74	7.68	7.54	7.30	7.29	7.11	7.17	7.45	7.96	1.03

Appendix 2 Monthly standard deviation of water temperature.

Station	Depth m	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Yearly Difference
A1	0	1.87	1.58	1.39	1.70	1.19	1.46	1.34	1.78	0.97	1.17	1.51	1.53	0.90
A10	0	1.69	1.73	1.63	1.77	1.70	1.28	1.53	1.40	1.41	1.41	1.13	1.30	0.64
	50	1.75	1.68	1.56	1.46	1.52	1.25	2.11	2.37	2.64	1.96	1.84	1.65	1.39
	100	1.55	1.52	1.27	1.42	1.22	1.03	1.61	1.39	2.05	1.99	1.98	1.43	1.02
A19	0	1.68	1.82	1.66	1.59	1.66	1.37	1.66	1.51	1.41	1.40	1.19	1.30	0.63
	50	1.80	1.84	1.77	1.63	1.70	2.09	2.12	2.18	2.99	2.97	1.90	1.32	1.67
	100	2.10	1.85	1.52	1.63	1.61	1.80	2.00	1.91	2.15	2.67	2.64	2.00	1.15
	200	1.51	1.85	1.26	1.75	1.60	1.72	1.78	1.48	1.74	1.85	1.66	1.93	0.67
	400	0.78	1.03	0.66	0.77	1.13	0.95	0.83	0.86	0.78	0.90	1.04	1.29	0.63