

黒潮大蛇行の前駆現象としての小蛇行

永田 豊*・吉田 昭三*・藤田 弘一**

Small-scale meander as the trigger of the Kuroshio Large Meander

Yutaka NAGATA*, Shozo YOSHIDA* and Kouichi FUJITA**

Abstract: Small-scale meanders of the Kuroshio are often generated just off Cape Toi. It has been believed that the small-scale meanders usually travel eastward and that some of the meanders are suddenly developed into the Large Meander of the Kuroshio just after passing by Cape Shinomisaki (the tip of the Kii Peninsula). This scenario of the initiation of the Large Meander was usually derived from the analysis of the Prompt Report of the Oceanographic Condition published bimonthly by the Hydrographic Department of Maritime Safety Agency (YOSHIDA 1961, SHOJI 1972, KAWABE 1980 and FUJIMOTO *et al.*, 1988) However, by re-analyzing series of the Report, we found that the eastward propagation occurs only for the eastern margin of the meander and the western margin usually stays just off Cape Toi: namely, the east-west width of the meander is increased. Just after the eastern margin passes Cape Muroto, a small but strong small-scale eddy is generated in the eastern part of the elongated meander and is cut off. The rapid development of the eddy takes place in the area just off the Kii Channel, and then it moves eastward to pass by Cape Shinomisaki and to form the Large Meander of the Kuroshio. It should be noted that any meander of "small-scale" was never detected off Shikoku.

1. はじめに

本州南岸の黒潮には、紀伊半島先端の潮岬のすぐ沖から真っ直ぐに東進する直進路を取る場合と、遠州灘沖に現れる大冷水塊を迂回する大蛇行路を取る場合があり、いずれの流路も安定しており一旦現れると数年程度持続することが多い。また、大蛇行路から直進路への遷移は比較的ゆるやかに起こるのに対して、直進路から大蛇行路への遷移は数日という短時間の内に起こることが知られている(例えば、KAWABE, 1980: 但し遷移時間の推

定は串本と浦神との検潮所間の水位差から推定されることが多い)。この直進路から大蛇行路への遷移に際しては、「都井岬の沖合いで黒潮に発生する小蛇行が東進してきて、それが潮岬沖を通過した直後に急速に成長する」とされている。このことを最初に指摘したのは、1959年の大蛇行発生に際して吉田(1960, 1961)およびMORIYASU(1961)である。後にSHOJI(1972)が黒潮の流路の変動特性を論じて1959年と共に1969年の発生時にも同様の現象が見られることを指摘しており、これにより、この概念が一般に定着した様である。さらにKAWABE(1980)が1975年の、藤本ら(1988)が1986年の大蛇行発生前に同様の黒潮流路の変遷が見られることを指摘している。もっとも、都井岬から東進してくるとされる小蛇行の全てが大蛇行に発展するのではなく、小蛇行のまま紀州沖を通過するものも多いとされている(増沢, 1965)。なお、これらの研究は、MORIYASU(1961)を除き、いずれも海上保安庁水路部が月2回で発行している海洋速報の黒潮流路の変遷資料を基礎として行われている。

*日本水路協会海洋情報研究センター; 〒104-0061 東京都中央区銀座7-15-4 三島ビル5F
Marine Information Research Center, 7-15-4
Ginza, Mishima Bldg. 5F, Chuo-ku, Tokyo 104-0061, Japan

**三重県水産技術センター; 〒517-0404 三重県志摩郡浜島町浜島3564-3
Fisheries Research Institute of Mie, 3564-3
Hamashima, Hamashima-cho, Shima-gun, Mie
517-0404, Japan

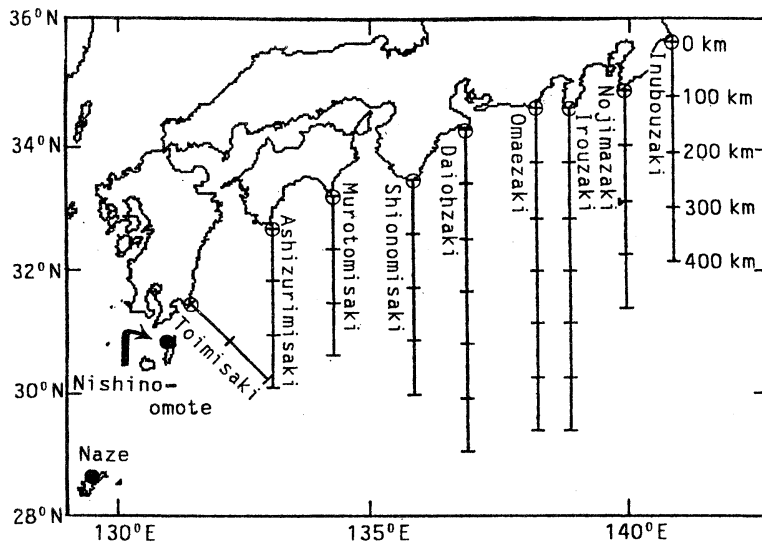


Fig.1. Standard lines where the position (the distance from the coast) of the Kuroshio axis was determined from the Prompt Report of the Oceanographic Condition published bi-monthly by the Hydrographic Department of Maritime Safety Agency. (FUJITA, 1997)

藤田 (1997a) (この論文の内容の一部は、SEKINE and FUJITA, 1999 に示されている) は Fig. 1 に示すような定線を設定して、これらの線上で黒潮の流軸位置を海洋速報から読み取り Fig. 2 に示すような時系列を求めた。この時系列から定線間での相互ラグ相関等を計算して小蛇行の東進現象を示そうとした。しかし、ラグ相関解析からは、東進現象を示唆するような有意な結果を得ることができなかった (藤田ら, 1997b, 1997c)。またこの時系列を詳細に検討しても東進現象を明確に示すような現象は認められなかった。そこで、われわれは、基となった海洋速報に戻って検討しなおした。その結果、都井岬沖で生じた小蛇行がそのまま東進するのではなく、その西縁は殆ど動かないままに東西幅が増大していく、すなわち東縁だけが東進していくと考える方が自然であることが分かった。少なくとも、都井岬沖で発生した小蛇行と同じ程度の東西幅を持つ蛇行が四国沖で検出された例は皆無であった。後に述べるように、従来の研究でもほとんどが蛇行の東縁の移動から「小蛇行の東進」を推定しており、今回の結果は過去の研究と矛盾する訳ではない。しかし蛇行の変形を考慮した議論は今までにはなかった。

この論文では藤田 (1997a) の議論を更に発展させ、黒潮大蛇行発生のおきかけを与える都井岬沖の「小蛇行」の変形と、紀伊水道周辺で新しく生じる東西幅の小さい「小蛇行」について論じ、従来の考え方の再検討を行う

ことにする。なお、この論文の一部は第9回 PAMS/JECS ワークショップ (1997 台北) で発表されたものであり、概要は英文でそのプロシーディングに載せられていることを付記する (FUJITA and NAGATA, 1998)。

2. 1986年及び1989年大蛇行発生直前の黒潮流路地の変遷

Fig. 2 に見られるように、1975年以降に1975年7月、1981年11月、1986年11月、1989年11月の4回、黒潮の大蛇行が起こっている (大蛇行の定義は研究者により若干異なるが、ここでは藤田 (1997a) に従う。これはほぼ海洋速報の定義に一致している)。1950年までさかのぼると、SHOJI (1972) が議論の対象とした1959年5月と1969年4月の大蛇行の発生が知られている (1969年4月の事例については、継続期間が短く大蛇行と見なさない場合もある)。われわれは過去の全ての大蛇行について、発生直前の海洋速報の再吟味を試みたが、1950年以前については観測点が少なく、黒潮流路の変遷を海洋速報から論ずることは不可能である。また、1981年の事例についても、基礎となる観測資料が四国沖において少なく今回の議論からは省いた。

これらの事例のうち、特に1986年の場合には第5管区海上保安本部水路部が中心となって、特別な黒潮観測体制を取った関係から観測資料が豊富である。また、1989年の際の観測資料はこれに次いで豊富である。そ

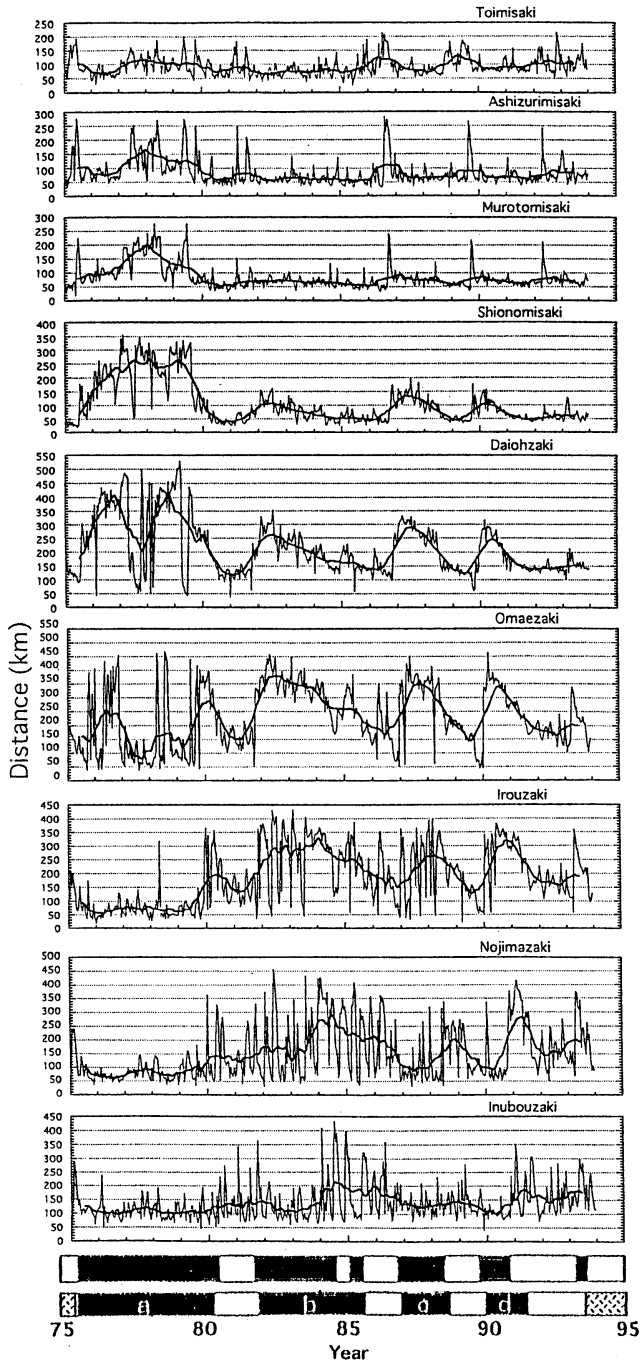


Fig. 2. The variation of the position of the Kuroshio axis on each standard line shown in Fig. 1. The distance (km) measured from the coast is taken in the ordinate. The thick curve indicates the one-year running averaged position. The horizontal black and white bars in bottom column indicate the period of the large meander path and that of the straight path, respectively : the identification of the flow path in the upper column is based on the description in the Prompt Report, and that in the lower column was made by FUJITA. Four large meander events(a, b, c and d) were defined by FUJITA in the period from 1975 to 1994. (FUJITA, 1997)

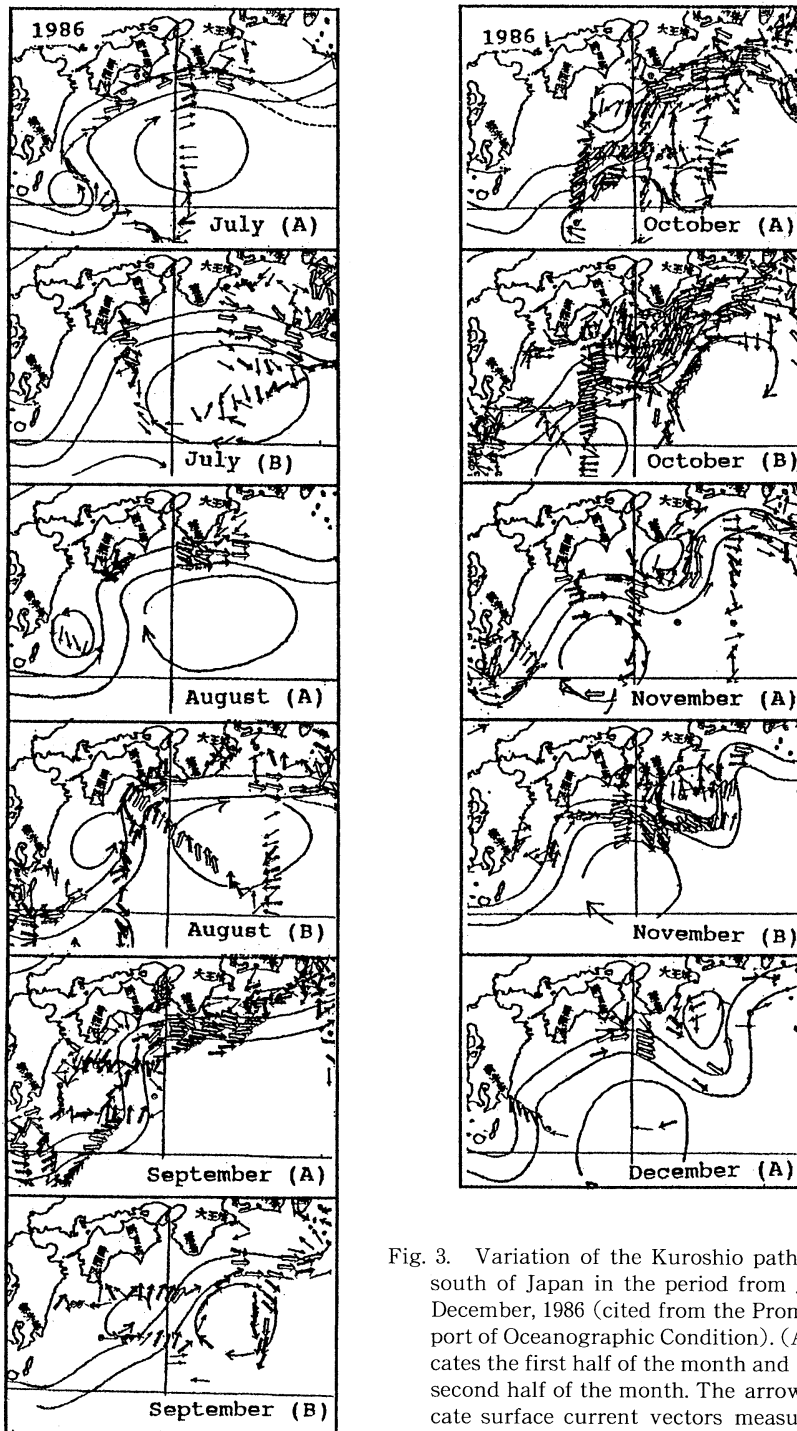


Fig. 3. Variation of the Kuroshio path to the south of Japan in the period from July to December, 1986 (cited from the Prompt Report of Oceanographic Condition). (A) indicates the first half of the month and (B) the second half of the month. The arrows indicate surface current vectors measured by GEK. The distribution of the arrows demonstrates roughly that of the oceanic observations in each period.

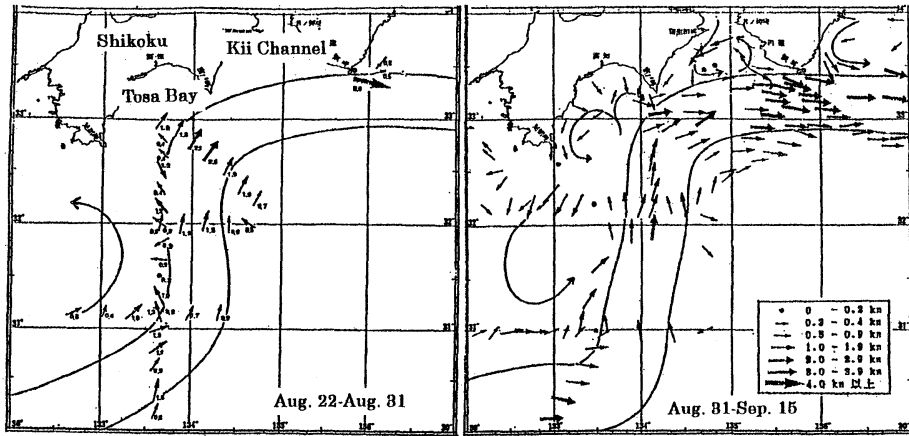


Fig. 4. Detailed oceanic conditions to the south of Shikoku and the Kii Peninsula in the periods from Aug. 22 to Aug. 31 (left figure) and from Aug. 31 to Sept. 15, 1986 (right figure) (cited from the Regional Prompt Report of Oceanographic Condition published bimonthly by the 5th Maritime Safety Headquarter).

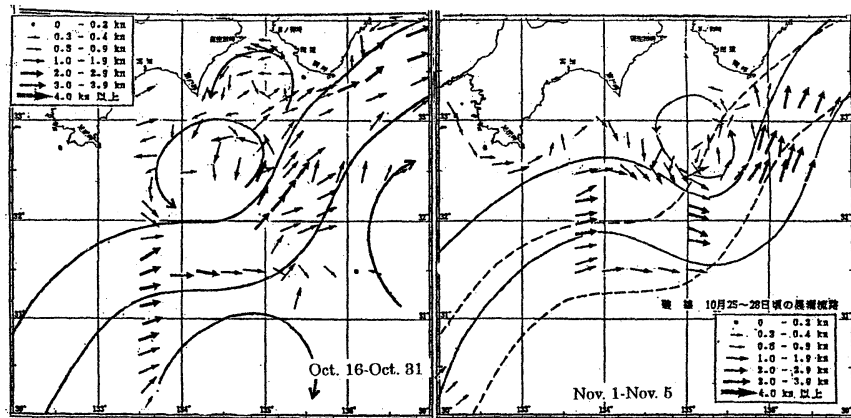


Fig. 5. Same as in Fig. 4 except in the periods from Oct. 16 to Oct. 31 (left figure) and from Nov. 1 to Nov. 5, 1986 (right figure)

ここでこの2例について先ず考察してみよう。

1986年11月の大蛇行発生に至る黒潮流路の変遷を7月上旬から12月上旬の期間についてFig. 3に示す。この場合7月前半に都井岬沖の黒潮に幅の狭い蛇行が発生している。7月後半・8月前半は観測点が少なくこの期間の動静は明確でないが、8月後半から9月前半にこの蛇行は大きく発達し、その東縁が土佐湾から室戸岬沖に達している。しかし、都井岬南方での黒潮流軸の位置には殆ど変化は現れていない。すなわち、蛇行の東縁の北流部分は東に移動しているが、西ないしは南の縁の位置はそのまま、蛇行ないしは冷水渦の東西幅が増大して行ったと考える方が自然である。第5管区海上保安本部

水路部の発行している海洋速報は土佐湾沖から紀州沖の部分拡大された形になっているので8月下旬(Aug. 22-31)および9月上旬(Aug. 31-Sep. 15)のものをFig. 4に示す。「都井岬沖に発生した小蛇行が形を変えず四国沖まで東進してきた」という状態は起こっていないことはこれらの図から明らかである。潮岬周辺の黒潮は典型的な直進路を取っているが、紀伊水道内に低気圧性の渦が明確に存在することは注目すべきである。この東縁部はさらに東進を続け、9月下旬から10月上旬には室戸岬沖を越えて潮岬沖近くまで達したと考えられるが、室戸岬沖から紀伊水道沖の観測が少なく海況の細部は不明である。Fig. 3のOctober (A)に低気圧性の小

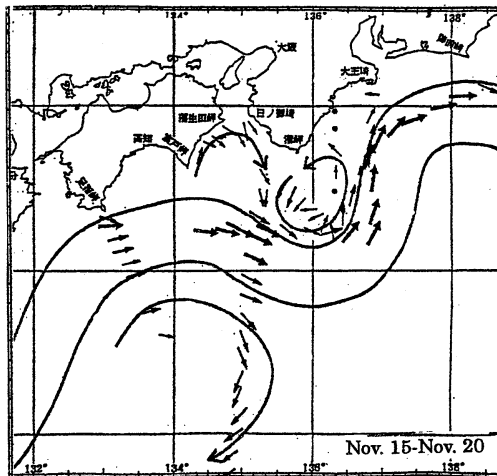


Fig. 6. Same as in Fig. 4 except in the period from Nov. 15 to Nov. 20, 1986.

規模渦の発生が記されているが、観測点の分布から存在を確認することは難しい。しかし、東西に延ばされた蛇行南縁部の位置が四国沖でやや北に移動しているように思われる。

東縁部が室戸岬を通過し、潮岬付近に達したと思われる10月下旬 (Oct. 19-31) および11月上旬 (Nov. 1-5) の第5管区の海洋速報を Fig. 5 に示す。10月上・下旬には四国沖での黒潮強流部の北縁が 32°N に達し (Fig. 5), 蛇行南縁部は足摺岬南方で折れ曲がった形になるとともに、東西に引き伸ばされた蛇行の東端部分 (南縁の折れ曲がりによる南北幅の減少した部分の東) に東西幅の小さい低気圧性渦が生成されている (Fig. 3, Fig. 5)。Fig. 5 に示された流況は、この渦が紀伊水道内に存在していた低気圧性渦と相互作用を起こし、合体したことを示唆している。これに伴い、黒潮流路は土佐湾の沖で北上し、東西に引き伸ばされた蛇行 (冷水域) は東西に2分されてしまう。その後、西側の冷水域は消滅し、紀伊水道沖の低気圧性の渦・小蛇行だけが存在することになる。この小蛇行の東西幅は、最初に都井岬沖で発生した小蛇行と殆ど同じである。恐らく、この類似性が、都井岬沖の小蛇行がそのまま紀伊水道沖にまで伝播してきたという印象を一般に与えたのであろう。

小蛇行がさらに東進し、潮岬沖を通過しつつある状況が11月15-20日の資料に基づく第5管区の海洋速報に示されている (Fig. 6)。興味深いのは、この時紀伊水道内の低気圧性の渦が消滅し、高気圧性の渦が発生していることである。これに関しては、第4章でさらに議論することにする。

1989年の大蛇行発生時の黒潮流路変遷を7月下旬から12月上旬の期間について、Fig. 7 に示す。この場合にも7月下旬に都井岬沖に小蛇行の発生が見られており、この蛇行がそのまま東進するのではなく、西縁の位置が殆ど動かず、蛇行の東西幅の増大に伴って、東縁が東進していく様子が見られる。9月下旬の図で、東西に引き伸ばされた蛇行の東端部 (室戸岬南方) で、東西幅の小さい渦が描かれているが、流速場がその存在を明確に示しているとは言えない。しかし、10月の上下旬になり、東縁部が潮岬沖に達すると、東西に引き伸ばされた蛇行の南縁にくびれが生じ、土佐湾南方での黒潮流路の北遷が起こり先端部が切り離されて、紀伊水道沖に東西幅に狭い、強い渦・小蛇行が形成される。この全体の変遷過程は1986年の場合とほぼ同じであるが、紀伊水道沖での小蛇行の発達はより顕著である。2つの場合ともに、紀伊水道沖の小蛇行は東進して潮岬を越えて遠州灘沖の黒潮大蛇行へと発達した。

3. 都井岬沖で発生した小蛇行の変形とその東縁の東進

前章で論じた様に、1986年および1989年の大蛇行の発生時においても都井岬沖で発生した小蛇行が黒潮大蛇行の引き金の役割を果たしている。ただ通常の意味では、「小蛇行の東進」の現象は認め難く、「小蛇行の変形とその東縁の東進」を考えるべきであると言う結論を得た。他の1959年、1969年、1975年の事例についても水路速報に戻って再検討を行った。しかし、1986年、1989年の場合に比べて、基となった観測資料が少なく、すでにSHOJI (1972) や KAWABE (1980) が論じた以上には、詳しい解析は出来なかった。そこで、彼らの図を引用しながら、前章で述べたような考え方が成り立つかどうかを検討することにする。

SHOJI (1972) が示した、1959年と1969年の黒潮大蛇行発生時における黒潮流路の変遷を Fig. 8 に、KAWABE (1980) の示した1975年の変遷を Fig. 9 に示す。面白いことは、これらの図は都井岬沖で発生した小蛇行の東縁が東進することが明確に示されているものの、四国沖で東西幅が限られた「小蛇行」の存在を示すような流路図は一枚も無いことである。われわれは藤田 (1997a) が解析した1982以後に発生した4つの黒潮大蛇行の発生事例についても検討したが、得られた結論は全く同じであった。東西幅の狭い「小蛇行」が認め得るとしても、四国沖ではなく紀伊水道付近でであり、東西に引き伸ばされた蛇行の東端の部分が分離し新しく発生したと考える方が自然である。紀伊水道での小蛇行の発

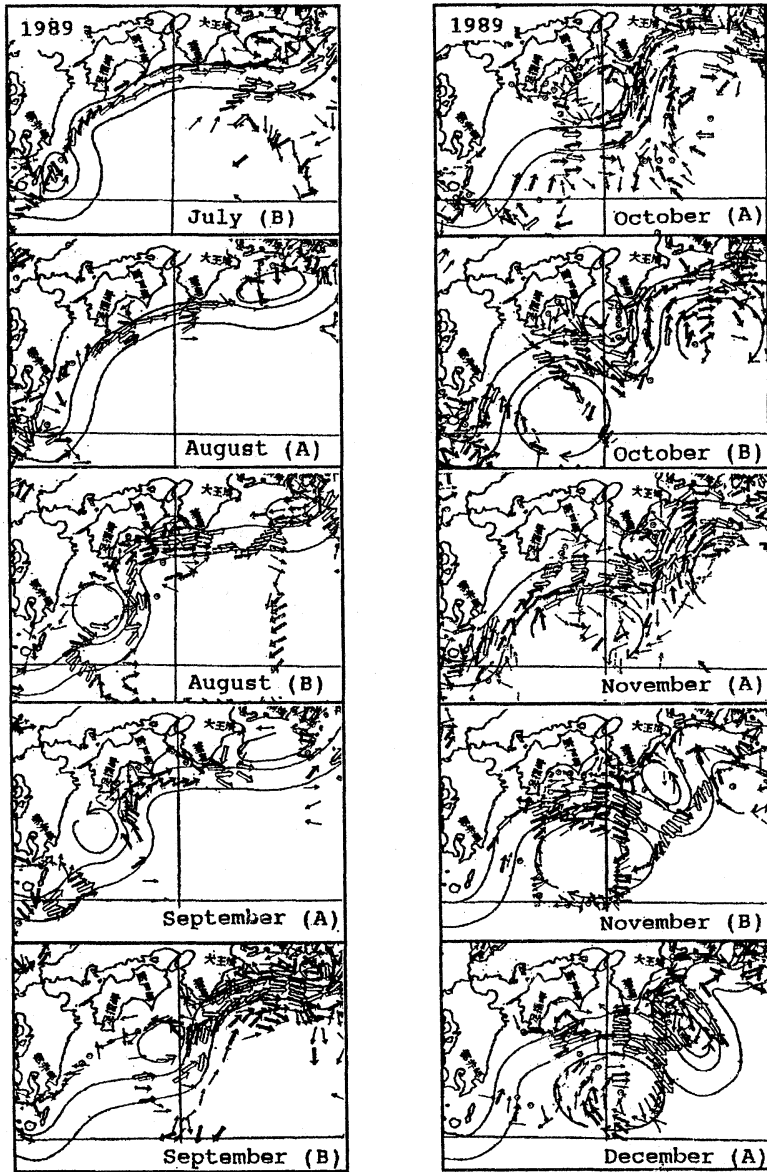


Fig. 7. Same as in Fig. 3 except in the period from July to December, 1989.

生と発達については、次章でさらに詳しく論じることとする。

ここで注目すべきは、東縁が室戸岬から潮岬に達するようになった引き伸ばされた蛇行の東西幅は、遠州灘沖の黒潮大蛇行の幅に優に匹敵する規模となっていることである。四国沖でくびれを生じて小蛇行が新たに分離される以前では、蛇行の沿岸寄りにある冷水域の西縁は九州東岸の海岸線そのものと見ることも出来よう。これま

での議論で「小蛇行西縁は殆ど移動しない」としたが、これは都井岬沖での小蛇行の「上流側の縁」と取る方が正確であろう。この部分はむしろ真東に流れており、「東縁の東縁」はこの「東流部分の長さが室戸岬の南方まで伸びていく」ことに伴っての「北上流の位置の東進」と考える事も出来よう。しかし、ここでは従来の「小蛇行の東進」との対比のために、西縁は殆ど動かないと言う表現をとっている。

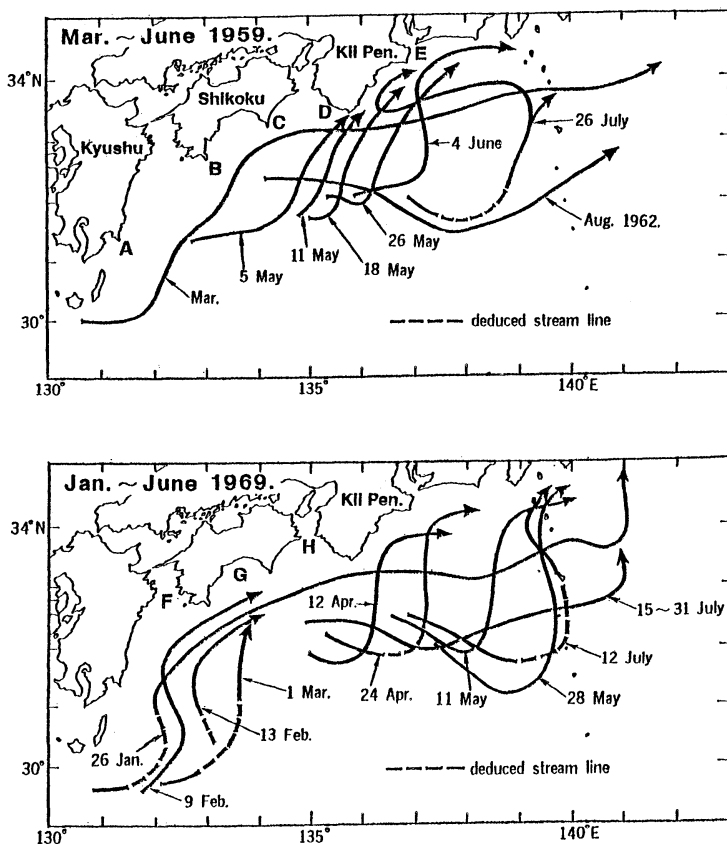


Fig. 8. Evolution of the Kuroshio path prior to the generation of the Large Meander of the Kuroshio in the period from March to August, 1959 (upper figure), and that from January to July, 1969 (lower figure). A : Cape Toi, B : Cape Ashizuri, C : Cape Muroto, D : Cape Shionomisaki, E : Cape Daio, F : Bungo Channel, G : Tosa Bay, and H : Kii Channel. (SHOJI, 1972)

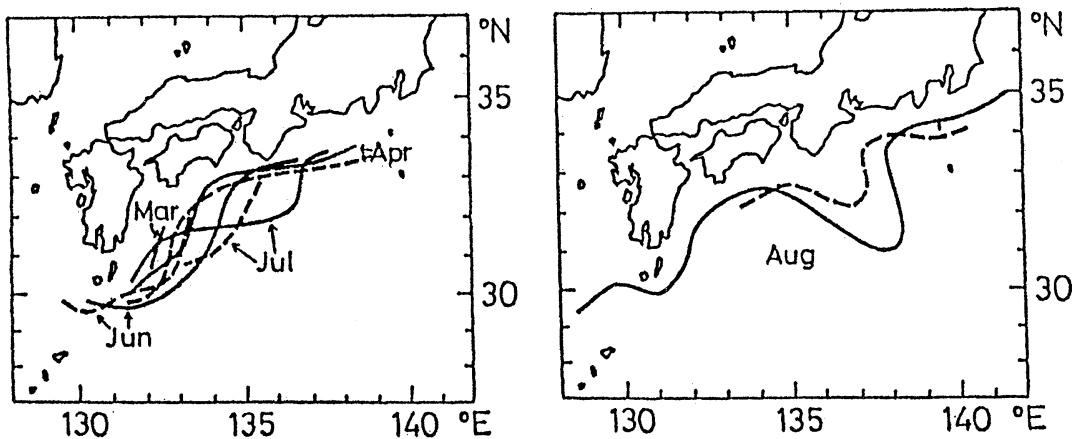


Fig. 9. Evolution of the Kuroshio path prior to the Large Meander of the Kuroshio in the period from March to July (left figure) and in August, 1975 (right figure). Dashed lines indicate the position in the first half of the month, and full lines indicate that in the second half. (KAWABE, 1980)

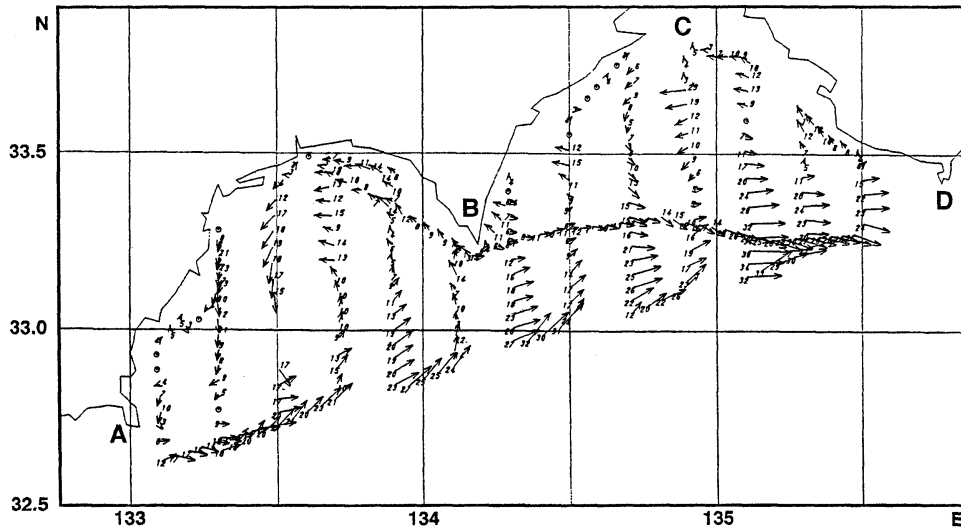


Fig. 10. Current distribution at the depth of 10m on Aug. 20–22, 1997 measured by ADCP. Numerals attached to arrows indicate current speed in $0.1 \times \text{knots}$ (e.g., 24 means 2.4kt). A : Cape Ashizuri, B : Cape Muroto, C : Kii Channel, D : Cape Shionomisaki. (Courtesy of the 5th Maritime Safety Headquarter : NAGATA *et al.* 1999)

津村 (1963) や KAWABE (1980) は日本沿岸の水位の変化特性を論じて、その変化特性がかなり広い範囲で共通性があり、日本沿岸を幾つかのブロックに分けることができることを示している。それによると油津から串本までが1つのブロックを形成しており、浦神から油壺までが別のブロックを成している。このような広範囲に水位変動特性に共通性が生じる原因については明らかにされていないが、このことはそれぞれのブロックの範囲にまたがる沖合に共通する何らかの海況変動が存在することを示唆している。以上に論じてきた黒潮大蛇行の直前での都井岬から潮岬に至る「引き伸ばされた蛇行」あるいは「黒潮流路の離岸」はそのような広範囲な海況変動の1つと考えられる。黒潮の大蛇行を論じる際、指標とされる串本・浦神間の水位差と並んで、広範囲の水位特性にも注目して論じられるべきであろう。増沢 (1965) は、潮岬を通過する小蛇行の全てが大蛇行を起こさないことを指摘しているが、大蛇行を引き起こす条件として、ここで述べたような大蛇行に匹敵する水平スケールを持った現象の関与を考えるのは自然であろう。

4. 紀伊水道沖に存在する低気圧性の渦 — 紀伊水道で発生する新しい小蛇行の発生と発達と関連 —

従来、大蛇行の発生は、東進してきた小蛇行が潮岬を通過した後に急速に成長することによってとされてきた。しかし、上に述べたように、1986年および1989年の事

例では、大蛇行発生の直前に紀伊水道沖での新しい小蛇行の発生（あるいは切離）が起こり、それが紀伊水道沖で急速に発達し、潮岬を通過した後、さらに発達すると考える方が自然である。この紀伊水道沖での渦の切離と発達には、黒潮が直進路を取っている場合に恒常的に存在するらしい紀伊水道内の低気圧性の渦が関連していることが示唆される。紀伊水道内あるいはその沖合に、冷水渦がかなり恒常的に存在するらしいことは古くから知られている（竹内：personal communication）。しかし、紀伊水道内での和歌山県水産試験場を初めとする各機関の定期観測測点密度がこの渦を明確に捉えるには不十分で、この渦の存在・消長に関する研究は今までも殆ど行われていない。

第5管区海上保安本部水路部では「土佐湾及び紀伊水道南方海域における沿岸流観測」と銘打って、ADCPを用いた流れの平面分布を求める観測を1997年8月から開始している。この観測は年4回実施される予定で、第1回目が8月20–22日に実施された。残念なことに第2回目の観測は悪天候のため、観測は土佐湾内部にのみ限られた。この第1回の観測結果（水深10m層での流速分布）をFig. 10に示す。この時期の黒潮は直進路を取っていたが、紀伊水道内の低気圧性の渦が見事に捉えられている。この状況が一般性を持つかどうかは今後の観測資料の蓄積を待たなければならない。第5管区の観測計画は、2年間とされているが、より長期の観測が望

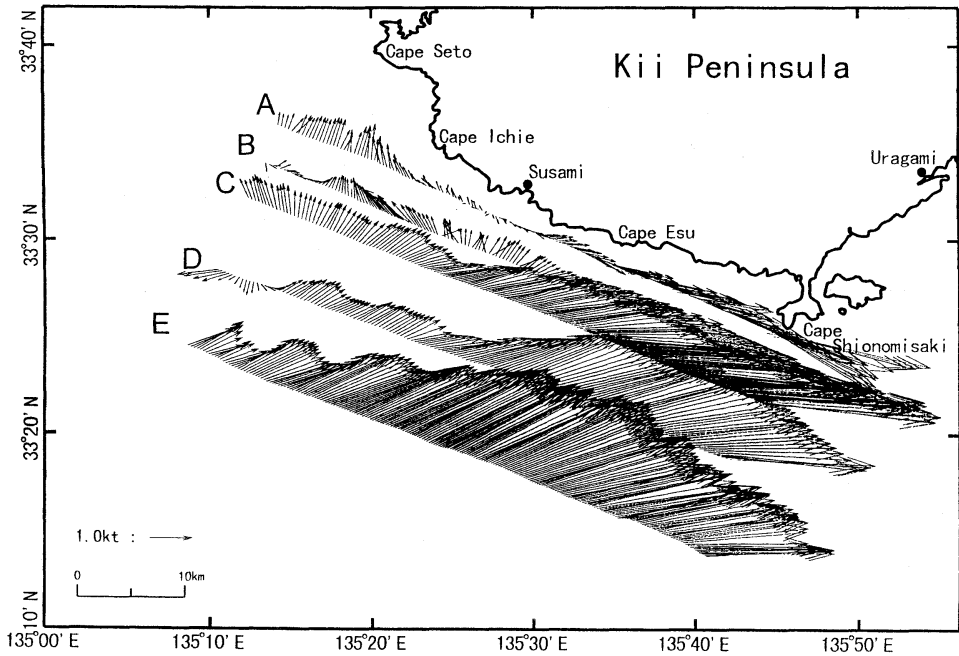


Fig. 11. Example of the current distribution of the Bifurcation Current along the southwest coast of the Kii Peninsula: Measured by ADCP on board of the R/V Seisumaru of the Mie University on June 24-25, 1997 (TAKEUCHI *et al.*, 1998c). The current direction along the line nearest to the coast is changed just off Susami : NWW to the west and SEE to the east of Susami.

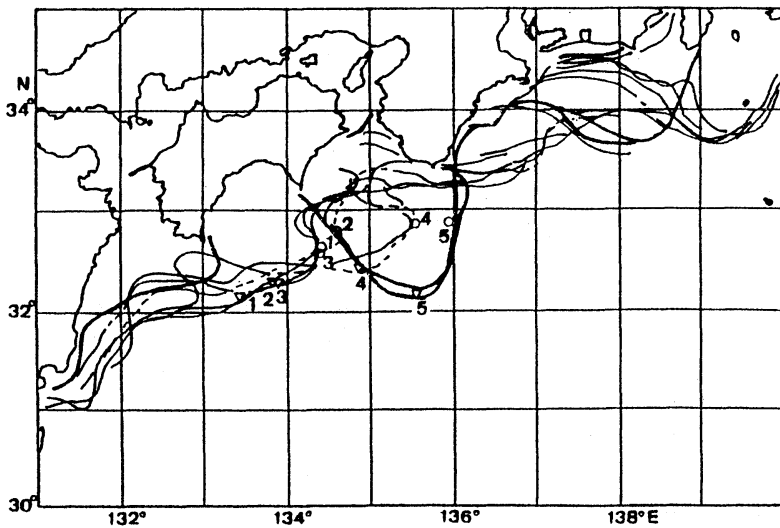


Fig. 12. Evolution of the Kuroshio path just before the generation of the Large Meander of the Kuroshio in late May of 1998 deduced from NOAA HRPT images. Attached numbers indicate the dates of the observation : 1 indicates May 20, 2 May 21, 3 May 22, 4 May 26 and 5 May 31. (Courtesy of TAKEUCHI).

まれる。

黒潮直進時に紀伊水道に恒常的に低気圧性の渦が存在することの傍証としては、紀伊半島の南西海岸に見られる「振り分け潮」(TAKEUCHI *et al.*, 1998a, 1998b, UCHIDA *et al.*, 1999) の存在が上げられる。振り分け潮の流速水平分布の1例を、三重大学の観測船勢水丸のADCP観測(1997年6月24-25日)からFig. 11に示す(TAKEUCHI *et al.*, 1998b, UCHIDA *et al.*, 1999)。このときの黒潮は直進路を取っており、黒潮強流部は潮岬に接していた。この分布図から分かるように、振り分け潮の東部の東流部分は黒潮の流れそのもので構成されていると考えられる。振り分け潮の西部の西流部分については観測資料が少なく確言することは困難ではあるが、Fig. 5の左図(Oct. 16-31)や、Fig. 10の流速場が振り分け潮の存在を示唆していることから判断して、紀伊水道内の低気圧性の渦と密接に関連していると考えるのが自然であろう。

TAKEUCHI *et al.* (1998a) は、ほぼ100mの等深線に沿った岸に平行した線上で1988年から1996年までの期間に258回行われた和歌山県水産実験場の観測船わかやまのADCPの観測資料を解析して、振り分け潮の出現頻度が70%にも達することを示している。また、その出現頻度が黒潮流路の位置に関係し、大蛇行時には低く、直進路の時に高いことが示されている。また、黒潮流路が安定した直進路を取っている場合には、振り分け潮の構造も安定しており、変動が少ないことが示される(UCHIDA *et al.*, 1999)。この結果は、黒潮が直進路を取っている時には、紀伊水道内の低気圧性の渦がほぼ恒常的に存在することを示唆している。

1986年の大蛇行発生の直前に小蛇行が東進し潮岬沖を通過する際に、紀伊水道内の低気圧性の渦が消滅し、高気圧性の渦が出現したことは先に述べた(Fig. 6)。1997年10月29-31日に行われた三重大学勢水丸によるこの海域の観測時は、大蛇行の発生につながらなかったが、東進する小蛇行が潮岬を通過したために黒潮流路が一時的に離岸した時に当たっていた。この時には、振り分け潮は観測されず、流れは岸沿いの線上でむしろ収束する傾向を示し、Fig. 6と非常に似た海況が出現した。潮岬付近の黒潮流路の位置、振り分け潮、紀伊水道内の低気圧性渦の間には明確な相関があると考えられる。

大蛇行発生直前の紀伊水道で発生する新しい小蛇行の発生と発達に、直進時に恒常的に存在する紀伊水道内の低気圧性の渦が影響することは十分考えられる。Fig. 10において、土佐湾内にも低気圧性の渦があり、この渦が

室戸岬周辺で新しい小蛇行を生み出すきっかけを作り出す可能性は否定できない。しかし、黒潮流路は一般に室戸岬にそれ程接近することなく、土佐湾での渦は紀伊水道内の渦よりも変動性に富むようである(例えば、藤本, 1987)、その可能性は大きくないと考えている。黒潮直進時にも遠州灘沖には、南北スケールが小さいながらも低気圧性の渦が恒常的に存在している。小蛇行が潮岬を通過した後、さらに大蛇行に発展する際、この遠州灘に元々存在している低気圧性の渦とどのような相互作用を持つのかについては殆ど研究されていない。沿岸水位の変化特性と併せて、今後さらに検討すべき問題であろう。

5. おわりに

黒潮大蛇行の発生の引き金として、「都井岬沖で発生した小蛇行が東進し、潮岬を通過すると同時に急速に発達する」ことが従来からいわれてきた。しかし、小蛇行が、その形を保存したまま東進するのではなく、東縁のみが東進し、黒潮は都井岬付近からほぼ真っ直ぐ東流するようになり、都井岬から室戸岬ないしは潮岬までの広範囲で陸岸を離れる形を取る。その後、東西に引き伸ばされた蛇行の東端が切り離される形で紀伊水道沖に東西幅の小さい小蛇行が発生し、発達する。この小蛇行がさらに東進し、潮岬を通過して黒潮大蛇行を引き起こすと考える方がより合理的である。ただし、この考え方にしても、黒潮流路の変遷を追うために利用できる観測資料が十分でなく、今後さらに検討していく必要がある。1998年5月末に大蛇行の発生(発生の初期から蛇行路は伊豆海嶺を横切っており、典型的な大蛇行の形態はとらなかったが)が見られている。この直前における黒潮流路の変遷をFig. 12に示すが、ここで述べて来たと同様の流路の変遷が見られる。このように人工衛星資料を含めて、海洋観測資料は従来になく充実しつつある現在、ここで述べた推論が、大蛇行の発生を含めた今後の黒潮変動の研究に何らかの示唆を与えることが出来れば幸いである。

謝辞

この研究を通して種々の有益な討議をいただいた三重大学小池隆教授・森川由隆助手および和歌山水産試験場の竹内淳一氏に感謝の意を表します。また、資料整理や作図等に多大の協力をいただいた海洋情報研究センターの田島敬子氏ならびに鈴木亨博士に感謝いたします。さらに、貴重な資料をお借りした第5管区海上保安本部水路部の方々には心からお礼を申し上げます。

文 献

- 藤本実 (1987) : 土佐湾に出現する海水流動の型と流れの安定度. 海と空, **62**, 127-139.
- 藤本実, 坂本久雄, 中川倫寿 (1988) : 黒潮大蛇行と南西海域の海況. 海と空, **64**, 129-144.
- 藤田弘一 (1997a) : 日本南岸の黒潮流路の変動と串本・浦神の潮位差との関連に関する研究. 三重大学生物資源学部博士論文. pp. 136.
- 藤田弘一, 森川泰幸, 関根義彦 (1997b) : 串本・浦神の潮位差と日本南岸の黒潮流路との変動の関連. 海と空, **72**, 103-108.
- 藤田弘一, 森川泰幸, 陳苗陽, 関根義彦 (1997c) : 日本南岸における黒潮流路離岸距離の変動特性. 海と空, **73**, 1-7.
- FUJITA, K. and Y. NAGATA (1998) : Does small-scale meander travel eastwards and trigger large-scale meander of the Kuroshio. *Acta Oceanographica Taiwanica*, **37**, 127-138.
- KAWABE, M. (1980) : Sea level variation along the south coast of Japan and the large meander in the Kuroshio. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **36**, 227-235.
- 増沢譲太郎 (1965) : 黒潮の蛇行. *科学*, **35**, 588-593.
- MORIYASU, S. (1961) : An example of the conditions at the occurrence of the cold water region. *Oceanogr. Mag.*, **12**, 67-76.
- NAGATA, Y., J. TAKEUCHI, M. UCHIDA, I. ISHIKURA, Y. MORIKAWA and T. KOIKE (1999) : Current nature of the Kuroshio in the vicinity of the Kii Peninsula. *J. Oceanogr.*, (in press)
- SHOJI, D. (1972) : The variation of the Kuroshio south of Japan. *In*, *Kuroshio-Its Physical Aspects*, ed. H. Stommel and K. Yoshida, Univ. of Tokyo Press, 217-234.
- TAKEUCHI, J., N. HONDA, Y. MORIKAWA, T. KOIKE and Y. NAGATA (1998a) : Bifurcation current along the southwest coast of the Kii Peninsula. *J. Oceanogr.*, **54**, 45-52.
- TAKEUCHI, J., Y. MORIKAWA, M. UCHIDA, Y. MAEKAWA, O. MOMOSE, T. KOIKE and Y. NAGATA (1998b) : Bifurcation current along the Kii Peninsula and position of the Kuroshio axis. *Acta Oceanographica Taiwanica*, **37**, 113-125.
- SEKINE, Y. and K. FUJITA (1999) : Why does the sea level difference between Kushimoto and Uragami show periods of large meander and non-large meander paths of the Kuroshio south of Japan? *J. Oceanogr.* **55**, 43-52.
- UCHIDA, M., J. TAKEUCHI, Y. MORIKAWA, Y. MAEKAWA, O. MOMOSE, T. KOIKE and Y. NAGATA (1999) : Structure and temporal variation of the Bifurcation Current off the Kii Peninsula. *J. Oceanogr.*, (in press)
- 津村健四郎 (1963) : 日本沿岸の平均海面およびその変動の研究—潮位変化の地域分布—. *測地学会誌*, **9**, 49-90.
- 吉田昭三 (1960) : 遠州灘沖の冷水塊. *科学朝日*, **7**, 100-104.
- 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.

受付 1999年1月8日

受理 1999年2月18日