

— 速 報 —

黒潮の流路情報をもとに黒潮大蛇行を判定する基準*

吉田 隆[†]・下平 保直[‡]・林王 弘道[‡]・横内 克巳^{**}・秋山 秀樹^{††}

要 旨

黒潮の流路情報をもとに黒潮大蛇行を判定する基準を検討した。潮岬での黒潮の離岸を示す串本と浦神の潮位差が小さい値に安定していることに加えて、遠州灘沖での黒潮流軸の最南下点が北緯 32 度より南に位置することを、黒潮が大蛇行流路であるか否か判定する基準とした。さらに、大蛇行・非大蛇行流路と黒潮流路の A, B, C, D, N 型分類との対応について整理した。

キーワード：黒潮，黒潮大蛇行

1. はじめに

2004 年～2005 年にかけて黒潮大蛇行が発生した。この大蛇行の発生から終息に至る期間中、海況(海流・海水温等)に関する情報提供を行なう現業機関および調査研究機関は、黒潮の動向について随時情報提供を行なった。各機関は黒潮の流路がある基準を満たした段階で大蛇行流路と判定しているが、現在の基準は機関により同じではない。その結果として、各機関が発表する大蛇行の期間は一致していない。

大蛇行流路や非大蛇行流路に係わる黒潮の主要な流路の変動を把握する方法として、潮位を主たるデータとして使う方法が Kawabe (1980, 1985, 1986) により見出されている。これは、潮岬からの黒潮の離岸・接岸の程度を表す串本と浦神の潮位差で大蛇行・非大蛇

行の変動を知り、次いで三宅島と八丈島の潮位で伊豆海嶺(七島・硫黄島海嶺)上での黒潮流軸の変動を捉えたものである。潮位データを用いるこの方法は、流路を把握するための洋上の観測データの空間・時間分解能の不十分さに起因する流路把握の不確実性を排除し、客観的な判断を可能にする点で優れている。一方、日々の黒潮流路の変動についての情報提供を行なう機関は、大蛇行・非大蛇行も含めて常に流路そのものの説明を求められる。このため、大蛇行・非大蛇行の判定に際しても、どの程度の蛇行なら大蛇行なのかという流路の形状に関する基準を持つ必要がある。これについては潮位から情報を直接得ることはできないので、黒潮流路を表す水温等の水平分布を使うことになる。現在では、人工衛星による海面水温観測資料(以下、衛星画像)が業務的に利用可能である。衛星画像には黒潮流軸の指標となる最高水温帯が観察されることが多い(川村, 1991)。船舶観測による黒潮流軸と衛星画像の比較では、流軸と黒潮表面前線の位置のずれが 50 km を越える観測例は見出せず、流軸は黒潮表面前線もしくはその南に位置する最高水温帯に一致することが報告されている(戸田ら, 1993)。これらは衛星画像が黒潮流路の監視に有効なことを示しており、事実、海況情報を提

* 2006 年 4 月 29 日 受領；2006 年 7 月 26 日 受理
著作権：日本海洋学会，2006

[†] 気象庁地球環境 海洋部海洋気象情報室
〒100-8122 東京都千代田区大手町 1-3-4

主著者 e-mail address : tyoshida@met.kishou.go.jp

[‡] 海上保安庁海洋情報部環境調査課
〒104-0045 東京都中央区築地 5-3-1

** 水産庁増殖推進部研究指導課
〒100-8907 東京都千代田区霞が関 1-2-1

^{††} (独) 水産総合研究センター中央水産研究所
〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

供する機関で広く利用される NOAA 赤外水温画像は、今や海況情報作成のための主要データとなっている。

こうした流路情報をもとに黒潮大蛇行に関する情報提供を行なうにあたり、機関間の齟齬を解消するために、流路をもとに黒潮大蛇行を判定する基準について各機関が共通認識を持つ必要がある。このようなことから、気象庁、海上保安庁、水産庁および(独)水産総合研究センターの担当者は、流路をもとに黒潮大蛇行を判定する基準を検討した。潮位データをもとに判断した黒潮大蛇行は、1967年以降、2004年～2005年の大蛇行を含めて5回発生している (Table 1; Kawabe, 1995, 2005)。これらの5回の黒潮大蛇行と一致するよう、黒潮の流路の特徴から黒潮大蛇行を判定する基準を定めることを試みた。

本稿では、第2節で黒潮流路についての基本的な知識を整理し、第3節において大蛇行を判定する基準の検討結果を述べた。第4節では、ここで定めた基準を適用するにあたっての留意点を述べた。最後に第5節では、流路の分類として定着している A, B, C, D, N 型分類と、第4節までで用いた流路の表現との対応を整理した。

2. 黒潮大蛇行と非大蛇行

黒潮大蛇行を判定する基準を検討するにあたって、認識しておくべき大蛇行・非大蛇行についての基本的な知見を、観測データから明らかにされた黒潮の挙動を総括した川辺 (2003) に基づき、以下に整理した。

黒潮大蛇行とは、本州南方の黒潮の二つの代表的な状態の一方であり、九州・四国の沖合を流れたのち紀伊半島や遠州灘沖で大きく離岸し、トカラ海峡と伊豆海嶺の間で一波長となるような流路として特徴づけられる。もう一方の黒潮の代表的な状態は非大蛇行である。非大蛇行は、黒潮が九州・四国から潮岬まで接岸し、遠州灘沖を直進もしくは小さく蛇行する流路で特徴づけられる。大蛇行と非大蛇行の判別には、串本と浦神の潮位差が有効である。串本と浦神の潮位差が小さい値に安定した状態が、潮岬から黒潮が離れた状態の持続を示し、そのような場合に遠州灘沖の黒潮が大きく離岸して流れる大蛇行の状態であることが知られ

ている。

Table 1. Duration of the large meanders of the Kuroshio since 1967 determined by the criterion based on the sea level difference between Kushimoto and Urugami (Kawabe, 1995, 2005).

month started	month ended
August 1975	March 1980
October 1981	May 1984*
November 1986	July 1988
October 1989	January 1991
July 2004	August 2005**

* The short-term large meander in 1985, which should be considered as a temporary return of the large meander interrupted in 1984 (Kawabe, 1995), is not regarded as the large meander here.

** The end of the 2004～2005 large meander was determined not only by the sea level difference but also with additional information such as the position of the Kuroshio path as determined by operational agencies (e.g., Japan Meteorological Agency, 2006)

大蛇行期間の代表的な黒潮の流路は、遠州灘沖で大きく離岸した後に八丈島の北方を通過する「典型的な大蛇行流路 (typical large-meander path)」である (Fig. 1)。大蛇行の際には典型的な大蛇行流路の出現頻度が高い。しかし、1981年～1984年の大蛇行のように、八丈島の南を通る「典型的でない大蛇行流路 (non-typical large-meander path)」の出現頻度が高い場合もある。一方、非大蛇行期間の黒潮には「非大蛇行接岸流路 (nearshore non-large-meander path)」と「非大蛇行離岸流路 (off-shore non-large-meander path)」の二つの代表的な流路がある (Fig. 1)。これらは、伊豆海嶺を通過する黒潮の位置が八丈島の北か南かで区別される。黒潮が八丈島の北を通るか南を通るかは、八丈島の潮位の高・低によって知ることができる。したがって、大蛇行流路と非大蛇行流路を識別するための串本と浦神の潮位差と、伊豆海嶺上での黒潮位置を識別するための八丈島の潮位の組み合わせにより、典型的な大蛇行流路、典型

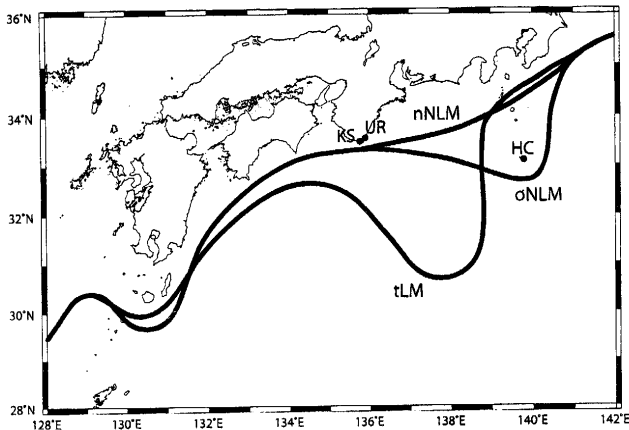


Fig. 1. Typical three paths of the Kuroshio current and position of the tide stations. tLM, nNLM and oNLM are the typical large-meander path, the nearshore non-large-meander path and offshore non-large-meander path, respectively. KS, UR and HC indicate the tide stations at Kushimoto, Uragami and Hachijo Jima, respectively.

的でない大蛇行流路，非大蛇行接岸流路および非大蛇行離岸流路の四つの流路を判別できる。

これら潮位による流路の判別は，実際の流路の形状には基づかないが，黒潮流路を正確に判別できることが知られている。しかしながら，第1節に述べたように，これら代表的な流路の形状そのものについての共通認識が必要である。具体的には，「遠州灘沖で大きく離岸」して大蛇行したと判定する基準が必要である。

3. 検討結果

3.1. 潮岬での黒潮の離岸

Taft (1972) や Kawabe (1985), 川辺 (2003) が示しているように，非大蛇行時の黒潮流路の存在範囲は，伊豆海嶺周辺を除くと岸沿いの狭い海域に限られる。九州沖の小蛇行の発生期間を除くと，黒潮の九州・四国から潮岬までの接岸は非大蛇行の明瞭な特徴である。よって，黒潮が潮岬に接近していることを示す串本と浦神の潮位差が大きいこと，もしくは潮位差の変動が大きいことが，非大蛇行の状態を示す。したがって，こうした条件でないことが大蛇行の必要条件である。具体

的には，潮岬で黒潮が離岸していることであり，それが串本と浦神の潮位差が小さい値に安定しているとの条件で判定できる。串本と浦神の潮位差と，潮岬からの黒潮の離岸距離の比較 (Fig. 2) から，串本と浦神の潮位差が小さい値に安定している期間と黒潮が潮岬から離岸している期間がよく一致していることが判明した。これらの期間は，Table 1 に示した5回の大蛇行の期間のすべてを含んでいる。

3.2. 「遠州灘沖で大きく離岸」した状態

遠州灘は御前崎から伊良湖岬の間の南沖合の海域 (日本語大事典) を指す用語であるが，黒潮大蛇行を論じる際には，潮岬から伊豆海嶺の間の海域とするのが適当である。東の境界を八丈島までとし，この海域を経度により「東経 136 度～140 度」とする。なお，黒潮は海面では約 100 km の幅を持つ流れであり，流れの形状を表現する際には，最も流れが強い所である流軸を代表的な位置として取り扱う場合が多い (川辺, 2003)。ここでも流軸位置により黒潮の位置を代表させた。

東経 136 度～140 度に相当する潮岬から野島崎の間の黒潮流軸位置の最南緯度の時間変化 (Fig. 2) から，「北緯 32 度」を大蛇行期間中の黒潮流軸の最南緯度の北限とすれば，Table 1 の5回の大蛇行にほぼ整合した大蛇行期間が得られることがわかる。この北緯 32 度とする基準は，川合 (1972) が要約した本州南岸冷水塊の型分類において，大蛇行流路に相当する伊豆諸島西側の大型冷水塊 (A 型冷水塊) の南限と同じであり，過去の知見とも整合している。以上の結論として，遠州灘沖で大きく離岸した状態と判定する基準を，「遠州灘沖 (東経 136 度～140 度) での黒潮流軸の最南下点が北緯 32 度より南に位置すること」とする。

3.3. 大蛇行に至らなかった事例

Fig. 2 から，大蛇行には至らないものの，潮岬での離岸と北緯 32 度より南に及ぶ蛇行が出現した事例のあることが分かる。このような事例の経過を知ることが，大蛇行を判定するうえでの参考になるので，これらの事例 (Fig. 2 で潮岬からの黒潮流軸の離岸距離が 100 km 以上で流軸の最南位置が北緯 32 度より南となる五つの

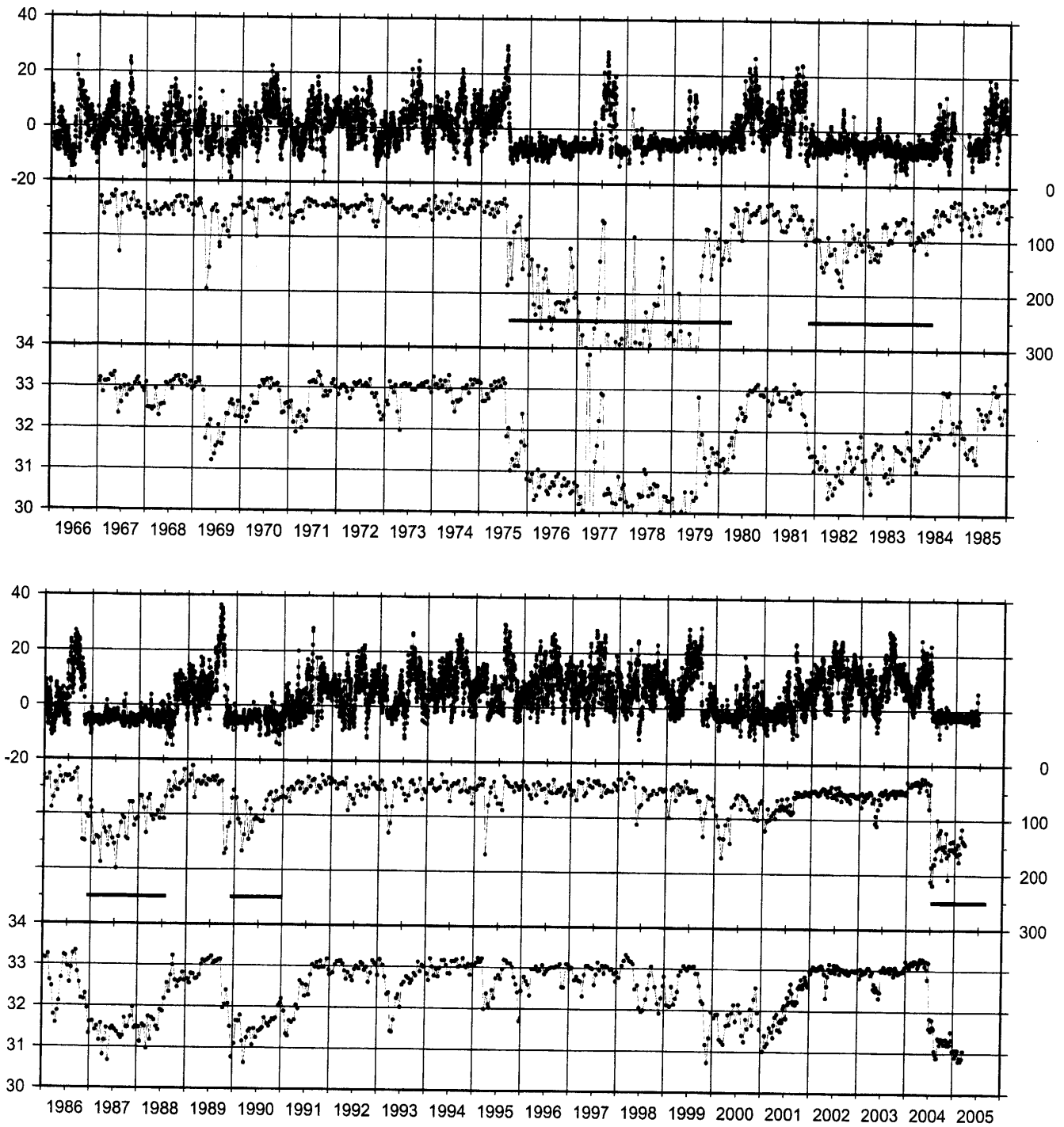


Fig. 2. Time series of difference in daily mean sea level of Kushimoto minus Uagami (upper, unit: cm), distance of the Kuroshio axis from Shionomisaki (middle, unit: km), and the southernmost latitude of the Kuroshio axis between Shionomisaki and Nojima Zaki (lower) from 1966 to 2005. Source of the daily mean sea level data is the Kuroshio real time monitoring system operated by the Ocean Research Institute of the University of Tokyo. Other two time series data were digitized by the National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency based on the current charts of the Quick Bulletin of Oceanographic Conditions issued by the Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard. On the current charts, the Kuroshio axis was regarded to be located at one third of the width of the Kuroshio from its northern edge, which corresponded to about 13 nautical miles south of the edge. The current chart was taken to represent the status on the central date of the target period of the bulletin. Bold lines show the periods of the large meanders of the Kuroshio determined in this study.

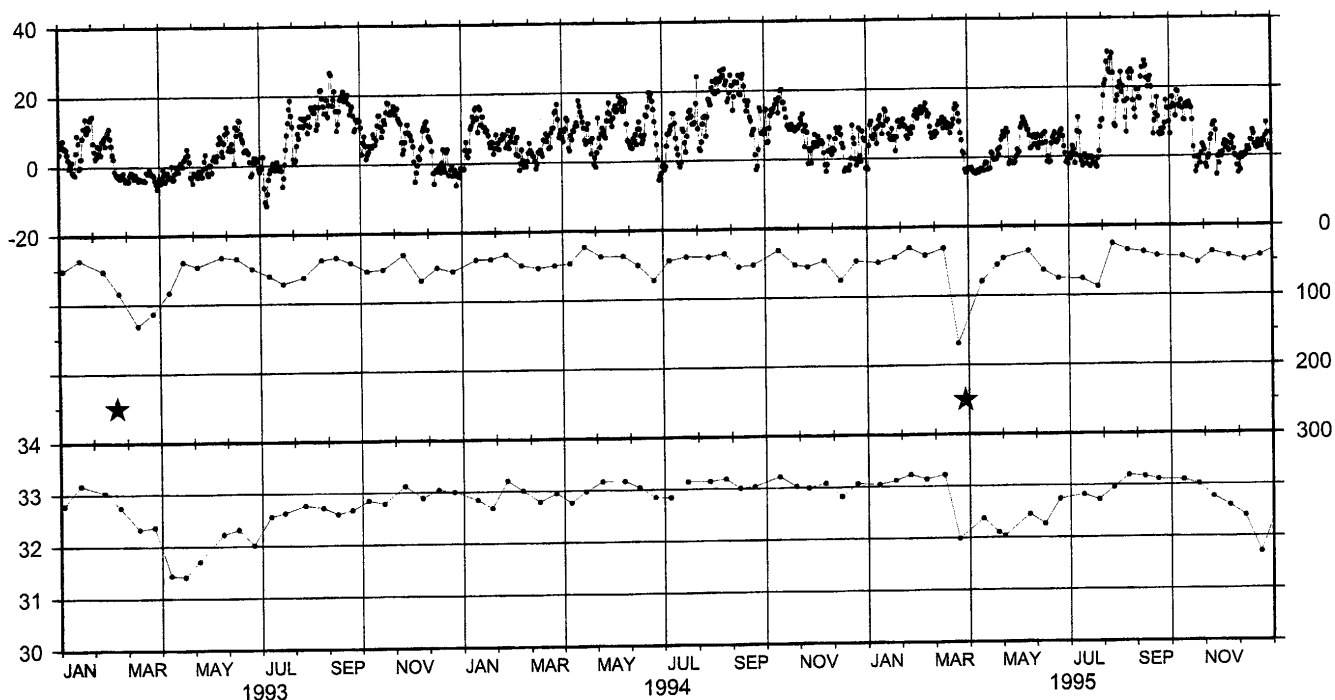


Fig. 3. The same as Fig. 2 but for from January 1993 to December 1995. Stars denote the start times of the temporary offshore events of the Kuroshio from Shionomisaki in 1993 and 1995 which did not develop to the large meander.

事例：1969年，1993年，1995年，1998年および1999年10月～2001年)について，経過を記しておくことにした。

1993年の事例 (Fig. 3) では，2月下旬に串本と浦神の潮位差の急激な低下が起こり3月まで潮位差が小さく安定した状態が続いたが，流軸の最南下点が北緯32度より南に達した4月前半に潮位差は大きくなり始め，4月後半には流軸の最南下点は北緯32度以南にあるものの潮岬では接岸した。その後，潮岬では離岸せず，非大蛇行離岸流路で推移した。つまり，1993年の事例は，北緯32度より南に及ぶ蛇行が見られたものの，その時期に潮岬での離岸が解消し始めたことから，大蛇行とは判定されない事例である。1995年 (Fig. 3) および1998年は，1993年と同様の事例であり，いずれも一時的な潮岬からの離岸と北緯32度より南に及ぶ蛇行の出現後，非大蛇行離岸流路に遷移していた (川辺，2003)。

1969年の事例では，Fig. 2の1993年の事例に似た4月から5月にかけての経過の後，遠州灘沖にやや大きな蛇行が見られた。しかし，串本と浦神の潮位差で

見る限り変動が大きく，大蛇行の条件を満たさず，11月になって漸く非大蛇行離岸流路に落ち着いた (川辺，2003)。

1999年10月～2001年の事例は，蛇行部の凸部の大きい非大蛇行離岸流路が継続し，その間串本と浦神の潮位差は比較的安定して小さな値を続けたが，大蛇行期間に比べて潮位差の変動は大きく，潮位差の値自体も大蛇行期間に比べてやや大きく，非大蛇行離岸流路とされる (川辺，2003)。

これらの事例は，串本と浦神の潮位差が小さくなった後，最初に流軸の最南位置が北緯32度より南に達した時点で大蛇行と判定することは難しいことを示している。例えば1993年の事例では，流軸の最南位置が北緯32度より南に達した4月前半の時点で，潮位差から潮岬での接岸傾向を読み取ることは難しく，潮岬での接岸が確認できるのは4月後半になってからである。このことから，日々の流路監視の作業において，黒潮大蛇行の条件である「潮位差が小さい値に安定した状態」になったと判断するには，ひと月程度の期間が必要

要なことが分かる。

3.4. 大蛇行期間中の一時的な流路変化

Fig. 2 に示す期間中、1977年5月から7月にかけて冷水渦の切離が発生していた。この間、潮岬への黒潮の接近、それに伴う串本と浦神の潮位差の増大、および「遠州灘沖での大きな離岸」の解消が起きていた。つまり、3.1 および 3.2 の基準を適応すれば、この期間の黒潮は大蛇行でなく、大蛇行が一時的に中断したと判定される。ただし、これまでの多くの研究に倣い、冷水渦の切離を黒潮大蛇行の例外的な流路変化と見なし、同一の大蛇行が冷水渦の切離をはさんで継続しているものとして扱うこととした。

3.5. まとめ

以上の検討結果として、以下の二つの条件を満たすことを、黒潮大蛇行を判定する基準とする。

潮岬で黒潮が離岸している(串本と浦神の潮位差が小さい値に安定していることで判定する。安定していることは、ひと月程度の潮位差の動向により判断する)

遠州灘沖(東経 136 度~140 度)での黒潮流軸の最南下点が北緯 32 度より南に位置する

この基準により 1967 年以降の大蛇行期間の判定を行なった結果、Table 2 に示す 5 期間が基準を満たした。判定を行なうにあたり、黒潮流軸位置の最南緯度は、海洋速報の海流図をもとにあらためて確認した。上記の基準をもとに判定した大蛇行の開始月および終了月(Table 2)は、潮位をもとにした大蛇行期間(Table 1)の開始月および終了月に比べて、3 例で開始月が 1~2 か月遅くなり、1 例で終了月が 1 か月早まった。この違いの理由は、上記の基準で判定した場合は、潮岬での離岸から遠州灘沖での蛇行の発達までの期間を除いた期間を判定していること、および流路の大きく南下して安定した状態の大蛇行の期間を判定しているためと考えられる。

Table 2. Duration of the large meanders of the Kuroshio since 1967 determined by the criterion proposed in this study.

month started	month ended
August 1975	March 1980
November 1981	May 1984
December 1986	July 1988
December 1989	December 1990
July 2004	August 2005

4. 流路の数値化のあいまいさについての留意点

黒潮の流路変動を把握するために、例えば Fig 1 および Fig. 2 に利用した海洋速報の海流図をもとにした潮岬からの離岸距離や流軸の最南位置の時系列データなど、数値化された流路情報が使われている。このような情報は、流路変動をわかりやすく示すのに便利なものであるが、あたかも黒潮流路を時々刻々完全に把握した上で数値化しているような誤解を与える場合があり、その使用に際しては注意が必要である。すなわち、限られたデータをもとに限られた時間内に業務的に作成する解析図とその図を読み取った数値化資料は、もととなる観測資料の不十分さを補うための推測、作成頻度の低さによる時間的変化の表現の限界、主観解析の誤差等、様々な不確かさを含んでいることを理解しておく必要がある。その不確かさは、対象とする期間や海域での観測資料の量と質によって異なり、誤差を定量的に評価することは極めて困難である。

したがって、例えば黒潮流軸が遠州灘沖で北緯 32 度付近にあるような場合には、解析図に示された流路の微妙な形状や短期的に変動する形状に対して、大蛇行の判定基準を適用することはあまり意味が無い。そのような場合は、大蛇行か否かという二者択一の結論よりも、流路の形状が代表的な大蛇行と非大蛇行のいずれにも当てはまらない中間的なものであるということの方が有用な情報となろう。このように、大蛇行に関する情報提供や調査を行なう際には、上記のような数

Table 3. Types of the Kuroshio surface flow and their corresponding large/non-large meander paths with corresponding features of the Kuroshio.

Type	Large/non-large meander paths	Position of the path near Shionomisaki	Southernmost position of the meander path east of Shionomisaki	Position of the path over the Izu Ridge
A	Typical large-meander path	Offshore	South of 32°N between 136°E and 140°E	North of Hachijo Jima
A	Non-typical large-meander path	Offshore	South of 32°N between 136°E and 140°E	South of Hachijo Jima
C	Offshore non-large-meander path	Nearshore	(between 32°N to 33°N)*	South of Hachijo Jima
B	Nearshore non-large-meander path	Nearshore	South of 33°N	North of Hachijo Jima
D or N	Nearshore non-large-meander path	Nearshore	North of 33°N	North of Hachijo Jima

*type C can be identified by the two features such as positions of the path near Shionomisaki and over the Izu Ridge, regardless of the southernmost position of the meander path east of Shionomisaki.

値化資料がある程度の不確実さを含んでいること、特に過去の資料では不確実さが大きく、現在そして将来も黒潮流路の数値化には限界があることに留意する必要がある。さらに、黒潮の大蛇行流路・非大蛇行流路とも、すべて代表的な形状とは限らないことにも注意を払い、適切な情報提供や調査を行なう必要がある。

5. A, B, C, D, N 型分類と大蛇行・非大蛇行流路の対応

黒潮流路の A, B, C, D, N 型の分類は、簡便な標記や表現が可能であるという利点から、黒潮に関係する人々の間に広く定着している。この分類は、遠州灘沖冷水塊の分類として吉田 (1961) が提唱した A, B, C 型に対応する黒潮流路に、二谷 (1969) が D, N 型を付け加えたものである。これらの分類を、本稿で主に用いた大蛇行・非大蛇行流路の分類と対応させると、Table 3

のようになる。

この中で、大蛇行流路であることから本来 A 型であるべき「典型的でない大蛇行流路」が、最近 C 型と分類されることが多い。これはおそらく「典型的でない大蛇行流路」が、1981 年～1984 年大蛇行以前には出現頻度が低く、それ以前に行なわれた A, B, C, D, N 型の分類において代表的な流路として認められず、「典型的でない大蛇行流路」について適切な記述がなされなかったためと推測される。そして「伊豆諸島西側の大型冷水塊」である A 型と「伊豆諸島東西両側にまたがり八丈島を包入する中型冷水塊」である C 型の二つの選択肢のうち、伊豆諸島東西両側にまたがる点が重視されて C 型と分類されてきたものと思われる。本来の考え方では、伊豆諸島東西両側にまたがっていても、潮岬での離岸を伴い遠州灘沖に主体を置く大型冷水塊であれば、A 型に分類されるべきである。

豊富な衛星画像をもとにした流路の把握が可能であっ

た2004年～2005年の大蛇行では、黒潮流路上を擾乱が東進する様子が観測された。これらの擾乱は短期間の流路の変動をもたらし、その結果黒潮が一時的に「八丈島をまたぐ」ことがしばしばあった。このように、ある代表的な流路の場合でも一時的に違った形状を示すことがある。流路の分類の際には、このような一時的な流路の形状の変化を見極め、どの流路に分類するのが適当か判断する必要がある。

謝 辞

東京大学海洋研究所 川辺 正樹教授には検討結果に対して重要な指摘と有益な意見をいただいた。謝意を表す。串本と浦神の潮位差データは東京大学海洋研究所の黒潮のリアルタイム監視システムのデータを使用した。同システムのデータを快く提供していただいた東京大学海洋研究所 藤尾 伸三助教授に謝意を表す。

References

- Kawabe, M. (1980): Sea level variations along the south coast of Japan and the large meander in the Kuroshio. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **36**, 97–104.
- 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. (1986): Transition processes between the three typical paths of the Kuroshio. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**, 174–191.
- Kawabe, M. (1995): Variation of current path, velocity, and volume transport of the Kuroshio in relation with the large meander. *J. Phys. Oceanogr.*, **25**, 3,103–3,117.
- 川辺 正樹 (2003): 黒潮の流路と流量の変動に関する研究. 海の研究, **12**, 247–267.
- Kawabe, M. (2005): Variation of the Kuroshio in the southern region of Japan: Conditions for Large Meander of the Kuroshio. *J. Oceanogr.*, **61**, 529–537.
- 川合 英夫 (1972): 黒潮と親潮の海況学. 海洋物理Ⅱ, p. 129–320. 東海大学出版会, 328 pp.
- 川村 宏 (1991): 海を測る 1-宇宙からの海洋観測. 海と地球環境, p. 107–116. 東京大学出版会, 409 pp.
- 気象庁 (2006): 海洋の健康診断表 総合診断表 第1版. 気象庁, 196 pp.
- 二谷 穎男 (1969): 最近数年の黒潮の変動について. 水産海洋, **14**, 13–18.
- Taft, B. (1972): Characteristics of the flow of the Kuroshio south of Japan, 165–216. In *Kuroshio - Its Physical Aspects*, edited by H. Stommel and K. Yoshida, University of Tokyo Press, Tokyo.
- 戸田 孝・今里 哲久・竹田 厚 (1993): 衛星熱赤外面像による黒潮流路変動の解析. 海の研究, **2**, 1–13.
- 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, 第67号, 54–57.

Criteria for the Determination of a Large Meander of the Kuroshio Based on its Path Information

Takashi Yoshida[†], Yasunao Shimohira[‡], Hiromichi Rinno[‡],
Katsumi Yokouchi^{**}, Hideki Akiyama^{††}

Abstract

The criteria for determining a large meander of the Kuroshio Current were examined based on path information of the current. One well-known criterion is the smallness and little variability of the sea level difference between Kushimoto and Uragami, which is caused by the offshore path of the Kuroshio near Shionomisaki when there is a large meander of the Kuroshio Current. The Kuroshio axis with its southernmost position off Enshu Nada, south to 32°N, is suggested by this study as another criterion. Further, the relationship between types of the Kuroshio surface flow (type A, B, C, D and N) and large/non-large meander paths were characterized by corresponding features of the Kuroshio.

Key words: Kuroshio, large meander of the Kuroshio

(Corresponding author's e-mail address: tyoshida@met.kishou.go.jp)

(Received 29 April 2006; accepted 26 July 2006)

(Copyright by the Oceanographic Society of Japan, 2006)

[†] Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency, 1-3-4, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8122, Japan

[‡] Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 5-3-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo 104-0045, Japan

^{**} Resources Enhancement Promotion Department, Japan Fisheries Agency, 1-2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8907, Japan

^{††} National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama 236-8648, Japan