

- J. Atmos. Sci., 36, 1205-1216.
- Colucci, S.J., A.Z. Loesch and L.F. Bosart, 1981: Spectral evolution of a blocking episode and comparison with wave interaction theory, J. Atmos. Sci., 38, 2092-2111.
- Morita, O., 1982: Experimental study of the rotating fluid of annulus; The effect of large topography on baroclinic waves, Report on scientific results on MONEX in Japan, 24-29.
- Rex, D.F., 1950a: Blocking action in the middle

- troposphere and its effect upon regional climate, I. An aerological study of blocking action, Tellus, 2, 196-211.
- , 1950b: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate, II, The climatology of blocking action, Tellus, 2, 275-301.
- Schoeberl, M.R., 1978: Stratospheric warming; Observations and theory, J. Atmos. Sci., 35, 521-537.

第4部 黒潮の蛇行

黒潮蛇行の実態

西田 英男*

黒潮蛇行としてここで問題にするのは、本州南方の瀬戸沖から伊豆半島沖位までの間に生じる定常蛇行のことである。この蛇行については古くから知られており、日本において組織的な海洋観測が始まってからすぐに報告がなされている(宇田, 1937), この時の蛇行は1934~1945年まで約11年続いたと言われている(吉田, 1961; Shoji, 1972)。戦後になってからは、1953~1956年(Moriyasu), 1954, 1956), 1959~1963年, 及び1975~1980年(Nishida, 1982)の3回の蛇行期が知られている。初期の頃は、この蛇行は黒潮の異常現象として捉えられていたが、近年では、黒潮の持つ定常モードの1つとして考えられている(増沢, 1965; Taft, 1972)。黒潮の蛇行と沿岸水位の間には関係があり、岡田・西本(1978)は水位の連続記録を用いて、1906~1912年, 1917~1922年の各期間にも蛇行が起きたことを推定した。黒潮には、今述べた定常蛇行の他に、中小規模の蛇行がしばしば見られる。吉田(1961)と二谷(1969)は、これらの中小規模の蛇行も含めてパターン分類を行い、A, B, C, D, Eの5つのパターンを提案した。このうち、定常蛇行はパターンAに相当する。

定常蛇行が本州沖に定着するまえに、九州の沖合いに小さな蛇行ができて、それが東進して成長し、やがて大きな蛇行になるという現象が観測されている。戦後起きた蛇行についてはすべて、この例が観測されているし(Masuzawa, 1954; Ichie, 1954; 吉田, 1961; Moriyasu, 1961), 戦前の蛇行についてもそれを示唆する証拠がある(吉田, 1961)。1969年までの蛇行については、二谷(1972)によるレビューが詳しく便利である。

1975~1980年に起きた蛇行については、それ以前にくらべてデータ量も多く、また深海までの観測データも得られている。そのため、蛇行の実態についてはかなりくわしく知られるようになった。その1つは黒潮蛇行およびそれに伴う冷水塊の深層構造である。くり返し行われた冷水塊の深層観測によれば、冷水塊はほとんど底上(約4,000m)まで構造を持っていることがわかった(Nishida, 1982)。冷水塊の東側に水深1,000m程度の伊豆海嶺が南北に走っており、冷水塊深層部にブロックされるように存在している。このことは、蛇行の長期安定性と海嶺の存在に何らかの関連があることを示唆するものである。2つ目は、冷水塊の切離(上平他, 1978)と再結合(Nishida, 1982)である。この切離は、蛇行期間中に3回程起きたようで、冷水塊消滅過程とも関係しているようである(Nishida, 1982)。

Nishida(1982)は、冷水塊及び黒潮強流帯の中深層のデータを解析し、冷水塊を構成する水は黒潮中深層の水であることを示した。これは、蛇行成因説としてUda(1949)があげた親潮潜流説を否定するものと考えられる。また、蛇行末期には冷水塊が伊豆海嶺の東西をまたぐいわゆるC型蛇行となるが、この時の海嶺の東西で深層の水の字型が異なっているなど、興味ある事実も見出されている。

文献

- 上平悦朗, 南 秀人, 石崎 廣, 江口 博, 西沢純一, 1978: 東海道沖大冷水塊の切離について, 神戸海洋気象台彙法, 195, 1-15.
- Masuzawa, J., 1954: On the Kuroshio south off Shiono-Misaki of Japan, Oceanogr. Mag., 6, 25-33.
- 増沢謙太郎, 1965: 黒潮の蛇行, 科学, 35, 588-593.
- Moriyasu, S., 1954: On the oceanographical

* Hideo Nishida, 海上保安庁水路部。

- conditions south off Honshu in 1954, *Oceanogr. Mag.*, 7, 105-113.
- , 1956: On the fluctuation of the Kuroshio south of Honshu (1)., *Oceanogr. Mag.*, 8, 143-150.
- , 1961: An example of the conditions at the occurrence of the water region, *Oceanogr. Mag.*, 12, 67-76.
- 二谷頼男, 1969: 最近の黒潮変動について, 水産海洋研究会報, 14, 13-18.
- , 1972: 黒潮変動について, 地学雑誌, 81, 17-30.
- Nishida, H., 1982: Description of the Kuroshio meander in 1975-1980, *Rep. Hydrogr. Res.*, 17, 181-207.
- 岡田正実, 西本和義, 1978: 1925年以前の黒潮大蛇行と日本南岸の潮位, 海と空, 54, 91-97.
- Shoji, D., 1972: Time variation of the Kuroshio south of Japan, *Kuroshio*, eds., H. Stommel and K. Yoshida, Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 165-216.
- Taft, B., 1972: Characteristics of the flow of the Kuroshio, *Kuroshio*, eds., H. Stommel and K. Yoshida, Univ. of Tokyo Press Tokyo, 165-234.
- 宇田道隆, 1937: 最近における紀南沖合黒潮の変調, 科学, 7, 360-361.
- Uda, M., 1949: On the correlated fluctuation of the Kuroshio current and the cold water mass., *Oceanogr. Mag.*, 1, 1-12.
- 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.

黒潮定常蛇行—その局所モデル

増田 章*

局所モデルの課題は、蛇行と冷水塊を対の現象として、1) 発生・成長、2) 安定・停滞(切離, 再結合を含む)、3) 衰退、消滅の三段階を力学の言葉で説明することにある。

まず、一般に言われあるいは私自身が感じている問題点を簡単に列挙しておく。それらはモデルを構成する上での指針である。逆に、モデルはその問い(少なくともその一部)に答えるものでなければならない。後に紹介する論文を読む際にも、これらの疑問点と照応させれば、個々のモデルの目のつけどころ、特長がわかりやすいであろう。

1) メキシコ湾流になくて黒潮だけあるのは何故か。海岸や海底地形の差というがそのどちらが効くのか、ま

た海流の感じる海岸とはどこをいうのか。伊豆海嶺や四国沖の役割は何か、それらがなかったら蛇行はおきないのか。他の海流、ひいては他の流れの系にはないか。例えば密度成層系は、大気のプロッキングとの類似、異同はどうか。

2) そもそも何故、流路に二様性があるのか。三様とか四様ではいけないのか。九州以西、日本南方、日本東方の順に流路の安定性が悪くなるがこれはなぜか。

3) 直進から蛇行への遷移とその逆の遷移時間は、前者が1~3ヶ月、後者が半年~1年と差がある。これは何によるか。九州から小蛇行が頻発するが、“大”蛇行にまで発達したりしなかったりするのは何故か。

4) 冷水塊と蛇行は対になっておこる現象にしても、どちらがより原因らしいか。

5) 黒潮は亜熱帯循環の西岸境界流だから、その挙動は北太平洋の風系などと関係しているはずである。直進・蛇行を決める大域的径数は(あるとして)何か。直進・蛇行を判別する決定的ないし確率の高い指標はなにか。一歩進んで予報のためには何を知ればよいか。黒潮の流量(流速?)の大小が直進・蛇行を分けると言われるが本当か、とすれば何故か。日本南方での黒潮特性は上流側や下流側の特性とどうつながっているか。

6) そもそも大域的条件により直進・蛇行が一意に決まるか。履歴はないか、不安定が関与していないか。局所系に内在する確率の変動ではないか。

さて比較的最近出版されたモデルは三つ挙げられる。三者とも東向きの流れに乗った定常ロスビー波と蛇行を関係づけている。以下強引だが図式的にまとめてみる。

1. Robinson and Taft (1972)

- 海底制御モデル(海底と底付近の流れ)。
- 流路方程式(O.D.E.)を基に定常解を求める。
- 伊豆は考えない。上流側から積分する。
- 四国沖の海底地形の特殊性により流路に遮蔽領域ができるというのが特徴。
- 黒潮の流れが底にまで達していないとき蛇行するという結論。

2. White and McCreary (1976)

- ロスビー風下波モデル(海岸が効く)。
- 渦位保存式(P.D.E.). 非定常の数値計算。
- 上層だけ動くので海底地形は関係ない。九州という突起によるロスビー風下波の励起に特徴。その波長が黒潮流速の平方根に比例することと伊豆海嶺の水門としての間接的影響を考慮。

* Akira Masuda, 九州大学応用力学研究所。

- 黒潮流量が小さい時蛇行するという結論。
- 3. Masuda (1982)
- 分岐モデル (上・下流の海岸が効く)。
- 流路方程式 (O.D.E.)、定常流路のみ。
- 九州南方と伊豆を二つとも水門と考える。海底地形は無視。
- 直進流路が消滅することにより蛇行流路が現れるという点 (分岐問題) に特徴。
- 黒潮の流速が小さい時蛇行という結論。

以上いずれも極く単純化したモデルである。結論はでないし、読むべき文献も少ない。その意味では取っ付きやすいテーマなので、新しいモデルを考えて頂ければ幸いである。

文 献

- Masuda, A., 1982: An interpretation of the bimodal character of the stable Kuroshio path, *Deep-Sea Res.*, 29, 471-484.
- Robinson, A.R. and B. Taft, 1972: A numerical experiment for the path of the Kuroshio, *J. Marine Res.*, 30, 65-101.
- White, W.B. and J.P. McCreary, 1976: The Kuroshio meander and the relationship to the large-scale ocean circulation, *Deep-Sea Res.*, 23, 33-47.

数値実験による黒潮の大蛇行づくり

尹 宗煥*

黒潮流路の蛇行についての理論的研究は、Robinson・Taft (1972), White・McCreary (1976), 増田 (1982) 等によってなされている。後者の二論文では、九州と伊豆海嶺の効果が黒潮流路の決定に重要な役割を果たす事が予測あるいは指摘されている。1 $\frac{1}{2}$ 層モデル (reduced gravity model) を使った今回の数値実験では、九州と伊豆海嶺の効果を組み入れた比較的現実に近い海岸地形を採用し、かつ、今までの理論的研究がすべて局所力学モデルであるのに対して、亜熱帯循環系全体を取り扱う大局モデルを採用した。ただし、1 $\frac{1}{2}$ 層モデルでは海底地形の効果を直接には表現できないので、伊豆海嶺の効果は島として組み入れた。

亜熱帯循環系を駆動する定常な風が与えるスヴェルドラップ流量は 20 Sv ($20 \times 10^6 \text{m}^3 \text{S}^{-1}$) から 60 Sv まで 10 Sv ぎざみに与えられ、何れの場合にも海が静止した状態から突然、風が吹き始める設定になっている。時間積

分は30~50年間行い、一応の統計的定常状態が得られた。日本南岸沿いの黒潮の流路は明瞭なスヴェルドラップ流量依存性を示した。低スヴェルドラップ流量時に、比較的安定した蛇行流路 (第1図) が九州と伊豆海嶺間に出現する。蛇行流路のスケールは定常ロスビー波長と良く対応している。流量の増加とともに蛇行波長も増加するが、流路の不安定性が強まり、2年から4年程度の周期で蛇行流路と伊豆海嶺を南に大きく迂回する流路を交互に繰り返す。スヴェルドラップ流量が臨界値 (V_c) を越えると、安定した直進流路 (第2図) に遷移して行く。この臨界スヴェルドラップ流量 (V_c) は 50 Sv と 60 Sv 間にあり、この臨界値を境にして流路の急激な遷移を起こすのは、伊豆海嶺と九州の存在によって決められる空間スケールと、流れの持つ蛇行スケール (たとえば定常ロスビー波長) との不整合が一因と思われる。

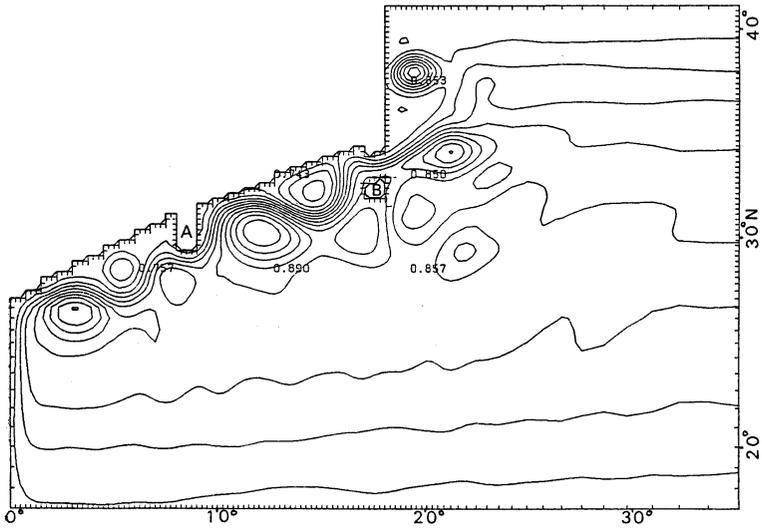
黒潮の蛇行の発生機構の1つとして、White・McCreary (1976) によって九州の“南方への突き出し”効果によるロスビー・リー波論が提出されているが、今回の数値実験に関する限り、九州はロスビー・リー波を発生させる役割よりも九州の東側に暖水塊 (時計回りの渦) を発生させ、維持するのに重要な役割を担うことがわかった。

この暖水塊の消長は黒潮の蛇行と密接に関連しており、これらの正負の渦の相互作用と、九州と伊豆海嶺によって決められる地形がこれらの渦に及ぼす効果との複雑な絡まり合いを解くことが、即ち黒潮の蛇行の問題を解決することに他ならない。

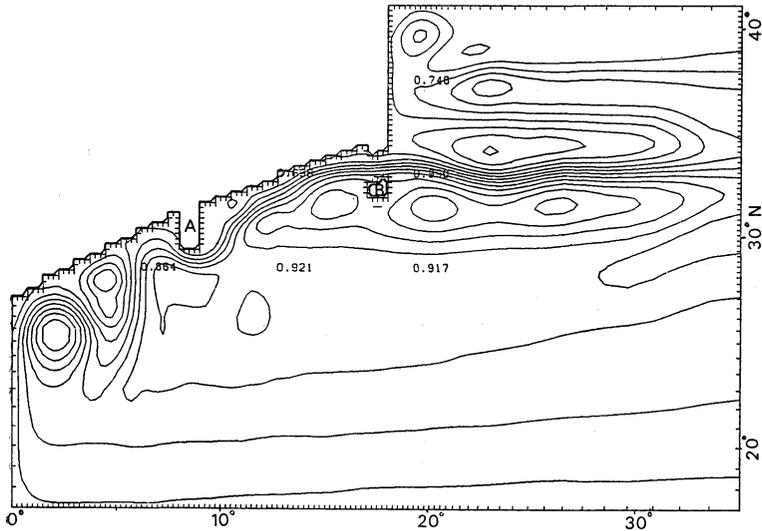
文 献

- Masuda, A., 1982: An interpretation of the bimodal character of the stable Kuroshio path, *Deep-sea Res.*, 29, No. 4A, 471-484.
- Robinson, A.R. and B. Taft, 1972: A numerical experiment for the path of the Kuroshio, *J. Marine Res.*, 30, 65-101.
- White, W.B. and J.P. McCreary, 1976: The Kuroshio meander and its relationship to the large-scale ocean circulation, *Deep-Sea Res.*, 23, 33-47.

* Jong-Hwan Yoon, 東京大学理学部地球物理学教室。



第1図 スヴェルドラップ流量が 30 Sv のときの上層の厚さの等値線. 等値線の間隔は 25 m. 等値線はほぼ流線と見なしてよい. Aは九州, Bは伊豆海嶺(島)に相当する.



第2図 スヴェルドラップ流量が 60 Sv のときの上層の厚さの等値線. 等値線の間隔は 50 m.