



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	FSU モデルに見られる EI Niño/Southern Oscillation の前兆
Author(s)	竹内, 謙介; TAKEUCHI, Kensuke
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 49, 381-386
Issue Date	1987-03-30
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.49.381
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14184
Type	departmental bulletin paper
File Information	49_p381-386.pdf



FSU モデルに見られる El Niño/Southern Oscillation の前兆

竹内 謙介

北海道大学理学部地球物理学教室

(昭和61年11月22日受理)

Forerunners of El Niño/Southern Oscillation Appearing in the FSU Model

By Kensuke TAKEUCHI

Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received November 22, 1986)

Pazan *et al.* (1986) found an off-equatorial Rossby wave associated with high sea level approaching the western boundary of the Pacific Ocean prior to the 1982-83 El Niño event. In the present study, it is examined whether similar phenomena are found for other El Niño events in the FSU numerical model.

As the result, it is shown that off-equatorial Rossby waves with high sea-level are found in the western tropical Pacific in all the previous years of the El Niño events appearing in the Model. Similar waves are also found in 1973 and 1983, which are not pre-El Niño years. They can be explained as the aftereffect of the El Niño events.

It is suggested that those Rossby waves are generated in the eastern tropical Pacific 2 years prior to the El Niño years, and reinforced in the western region in the following years.

I. はじめに

El Niño 及び Southern Oscillation (まとめて ENSO と呼ばれる) の研究は新しい段階に入りつつある。数年前までは El Niño の原因が貿易風の変動であるかが議論の中心であり、又気象学者は El Niño による海面水温上昇による大気の変動、特に Tele-connection が話題の中心となっていた (Cane, 1983, Rasmusson and Wallace, 1983 に Review がある)。その後 McCrealy and Anderson (1983) 等のように大気と海洋を一つの結合系として ENSO を捉えようという動きが始まる。Philander *et al.* (1984) は大気-海洋結合系が不安定になり得る事を示し、1982-83 の ENSO において、海面水温や風等の異常が増幅しながら東進する現象を説明した。Cane and Zebiak (1985) は単純な大気-海洋結合モデルによって ENSO のような現象を再現する事に成功した。又、彼等はそのモデルを用い、いくつかの ENSO の数ヶ月~1 年程度前の状態を初期条件として ENSO を再現している。CANE 等の再現した「ENSO」が真の ENSO であるかについてはまだ議論がある。又、彼等のモデルはかなり単純なものであるが、それでも十分に複雑であり、このモデル中で起きている「ENSO」の発生機構もよく理解されていない。しかし、海洋の相当深(これによって赤道ケルビン波やロスビー波の速度が決る)を変化させる事によって ENSO の発生周期が変化する事は、McCrealy (1983) のモデルのように、ロスビー波が海洋を横断する時間によって ENSO の周期が決っているのではないかと思わせるものがある。

一方、Pazan *et al.* (1986) は、1982-83 の ENSO に先立ち、81 年後半、北太平洋中低緯度帯に高気圧

性のロスビー波が西岸に近づいている事を示した。まだ論文にはなっていないが、Schop and Suarez は 1985 年夏にホノルルで行なわれた IAMAP/IAPSO の総会で、やはり単純な大気-海洋結合モデルで ENSO 的現象を再現したことを報告し、その中で、高気圧性のロスビー波が西岸にぶつかり、反射して赤道ケルビン波となる事が ENSO の引き金になっている事を示唆した。Inoue and O'Brien (1984) は FSU モデルを用い、ENSO の前年の 12 月の風で固定してもなをかつかなりの確率で El Niño を再現できる事を示しているが、これもロスビー波の反射によって説明することができる。

しかし、実際に各 ENSO の前年にこのような高気圧性のロスビー波が見られるかを調べる事は容易でない(現存のデータでもある程度は可能であると思われる。しかし今の所、手元に無い)。そこで FSU モデルの結果にこのような現象が見つかるかを検証してみた。(FSU モデルについては Busalacchi *et al.*, 1983 参)

II. 解 析

FSU モデルにおける 1964-1984 の各年 11 月の上層の厚さの気候値(各月に対するモデルの 21 年間の平均)からの差を Fig. 1 に示した。等値線の間隔は 10 cm、影の部分は平年に比べ上層が薄いこと、つまり海面が低い事を示している。ここで西部太平洋に注目してみると、1964, 71, 73, 74, 75, 81, 83 の各年に 10°S - 10°N にかけて上層が厚くなっている事がわかる。又、このほとんどの場合、 5°N - 10°N で最も強くなっている。この期間中、El Niño 年として知られているのは (Major, Minor を含め) 1965, 72, 76, 82 である。つまり、El Niño の前年には例外なく西部太平洋低緯度海域で上層が厚くなっている。逆にその条件を満たしながら翌年 El Niño にならなかったのは 73, 74, 83 の 3 回である。74 年の翌年、75 年はいわゆる“Aborted El Niño”，つまり年の前半には El Niño を思わせる現象を見せながら結局 El Niño にならなかった年として知られている。

73, 83 年は先に Major El Niño の翌年である。両方の年の分布を見ると、それぞれその前年の図を逆にしたような図になっている事がわかる。これは El Niño の余波と考えられる。つまり El Niño を起こした高気圧性(厚い上層を併う)ケルビン波が東岸で反射して高気圧性ロスビー波となって西に進み、逆に高気圧性ケルビン波と対になって生成された低気圧性ロスビー波が西岸で反射し、低気圧性ケルビン波となって東へ進む、という機構によって生じたものと考えられる。

いずれにせよ、この期間中のすべての El Niño の前年の終盤に西部太平洋熱帯海域で上層の厚さが異常に増す現象が見られる事、又その中心が 5° - 10°N に見られる事は、熱帯ロスビー波が El Niño に関与しているという仮説を支持しているように思われる。

III. 低緯度ロスビー波の生成と伝播

問題はこのような高水位の原因である。中心が 5° - 10°N にある事は、第 3 モードのロスビー波が関与している事を示唆している。いづれにせよ、これがロスビー波として東から伝播してきたものであるかを調べる必要がある。

以降の解析は、El Niño 年を中心とした Composite の手法を用いている。つまり 65, 72, 76, 82 を 0 とし、その翌年を 1、前年を -1 として重ねて平均をとったものである。各々の場合について個別に調べる事は可能であるが、ノイズが多く、現象がよく見えないからである。しかし、ここで解析された結果は各々の場合においても見る事ができる。

Fig. 2 は 7.2°N における上層の厚さの年平均からのずれを、たて軸に時間、横軸に経度をとって示したもので、ここでも影は上層が年平均に比べ薄い事を示している。明らかに情報が東から西へと伝播している様子がわかる。この速度は第 3 モードの赤道ロスビー波と一致している。-1 年の後半、西岸近くで上層が厚くなっているのは前節の解析結果に対応するが、これは逆登ると 130°W 付近から伝播している事がわか

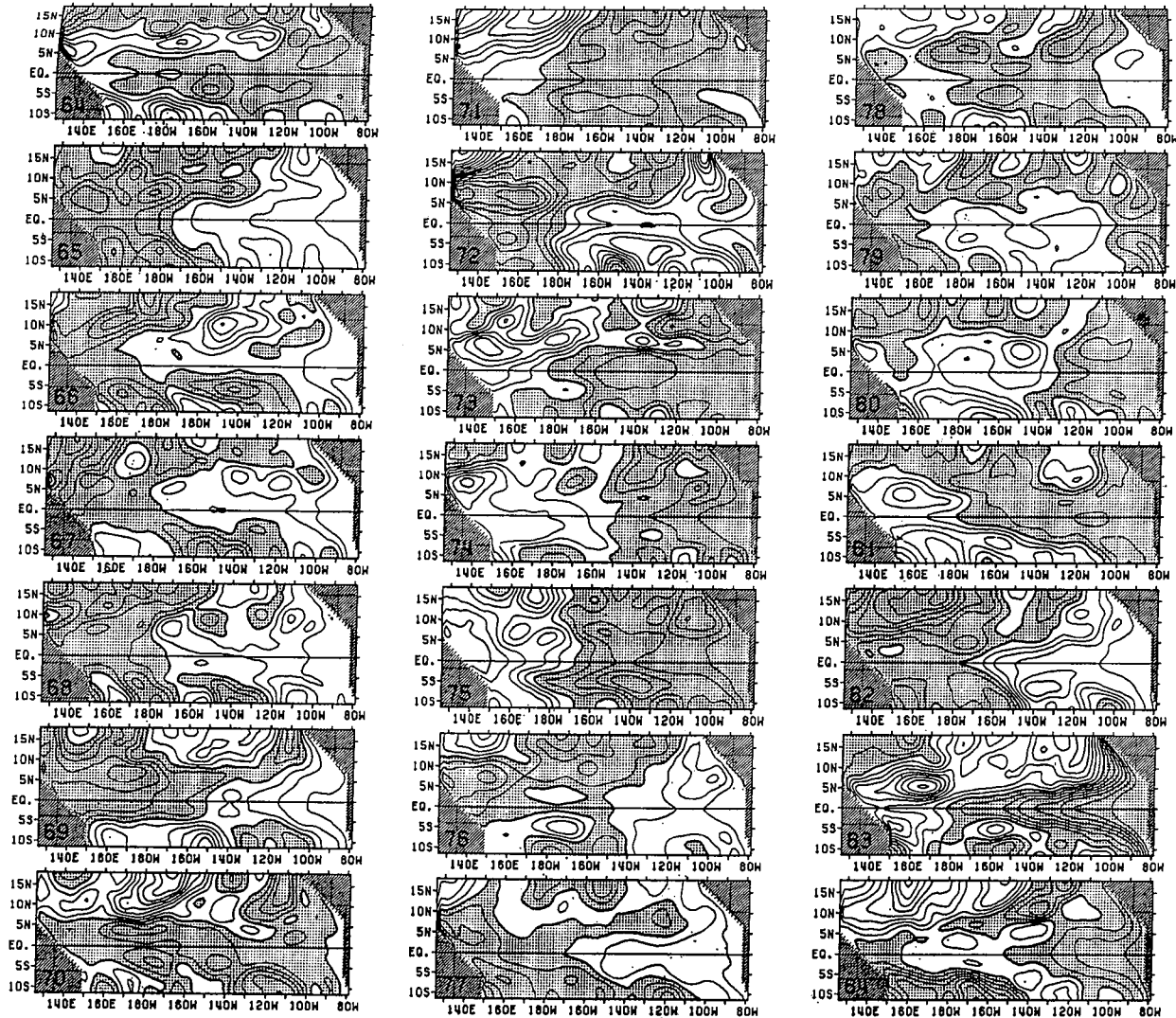


Fig.1. Upper layer thickness anomaly at the middle of November of each year in 1964-1984 in the FSU model. The contour interval is 10 cm and shading indicates negative anomaly.

る。これから見ると、この波は $110^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ で El Niño の 2 年前の後半に生成され、それが西へ伝播するうち $140^{\circ}\sim 170^{\circ}\text{W}$ で El Niño の前年にさらに強化されて西岸に到達したものである事がわかる。

このロスビー波は中心緯度及び伝播速度より、第 3 モードのロスビー波であると考えられることは既に述べた。そこで Fig. 2 に相当するような風の強制力があつたかどうかを示したのが Fig. 3 である。この図は第 3 モードのロスビー波の強制力を Fig. 2 と同様、時間-経度の図にしたものである（やはり平均値からの差、季節変動はさし引いていない）。影をつけた部分は低気圧性のロスビー波を駆動することを意味している。やはり El Niño の前々年の後半、 $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 付近、及び El Niño の前年 $150^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{W}$ 付近に高気圧性ロスビー波の強い強制力が存在し、Fig. 2 の結果とよく対応している。

このような強制力はどのような風の応力分布に対応しているのだろうか？ Fig. 4, 5 にそれぞれ El Niño 前年及び前々年の FSU モデルの駆動に用いられた風の応力の年平値からの差を示す。El Niño 前年には赤道付近に西向き異常があり、それが年の後半には西太平洋に移動している事がわかる。又、前々年の後半にはやはり赤道域付近、中央からやや東に寄った海域で西向き異常が見られる。赤道付近の西向き異常は、低気圧性ケルビン波を駆動するとともに、高気圧性ロスビー波を生成する。このような風の応力の分布が Fig. 3 に見られるようなロスビー波の強制力の分布に結びついている。

注意すべき事は、El Niño は、ほぼ 4 年程度の周期で起きているため、El Niño の前々年は、前の El Niño の翌年にあたっている事が多い。事実、El Niño の翌年の風の応力分布とよく似ている。その事は El Niño の影響がこのような風の分布に現われている可能性がある。

又、ここでは第 3 モードのロスビー波を強調して述べたが、他のモードも存在する。しかし第 3 モードが卓越するという事は、一つには Fig. 3 のような強制力分布と、第 3 モードのロスビー波の位相速度がうまくマッチしている点が考えられる。

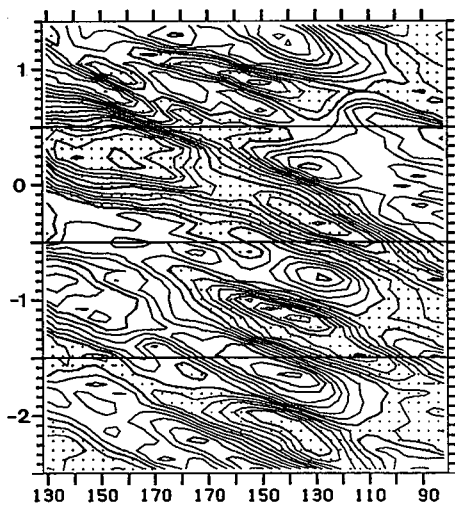


Fig. 2. Time versus longitude plot of composite upper layer thickness departure from the annual mean in the FSU model. The bottom of the panel is the beginning of the year 2 years prior to the El Niño year, and the top is the end of the following year of the El Niño. Shading indicates negative anomaly.

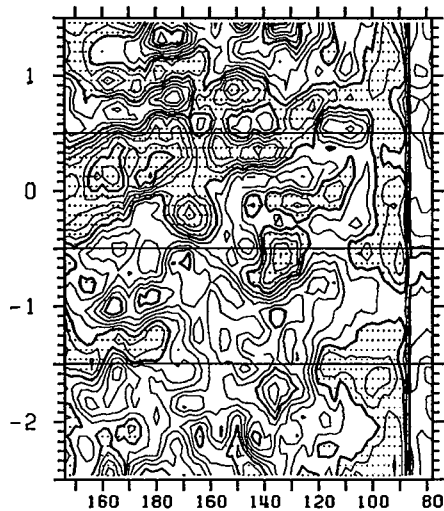


Fig. 3. Same as Fig. 2 except for forcing function amplitude anomaly from annual mean calculated from the windstress data set used to drive the FSU model. Shading indicates forcing of "low pressure" Rossby wave.

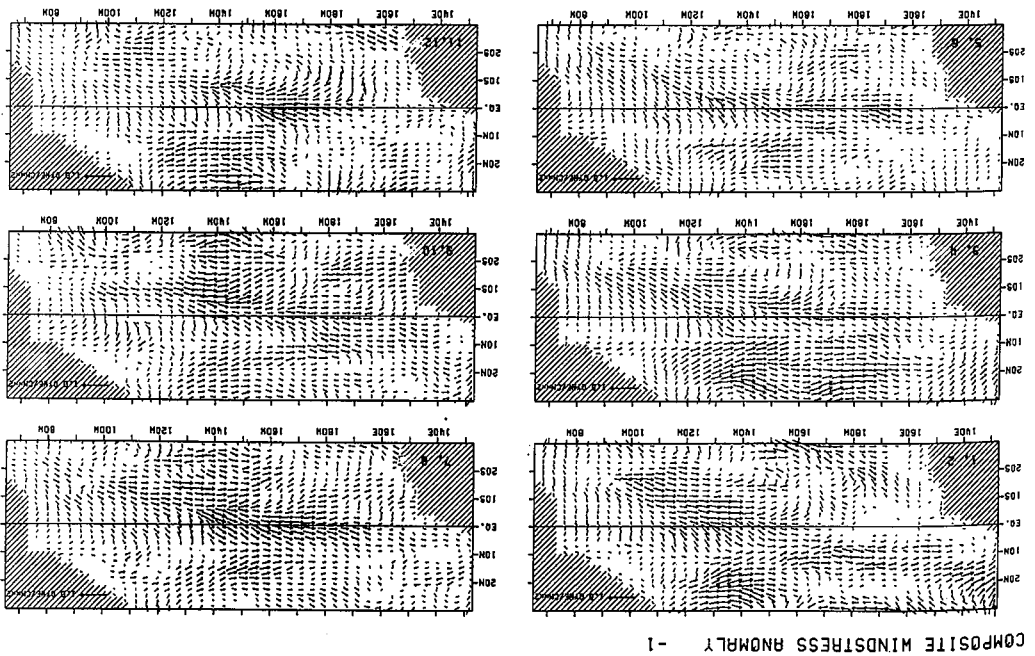


Fig. 4. Composite bimonthly wind stress anomaly for the previous years of the El Niño years calculated from the FSU windstress data set.

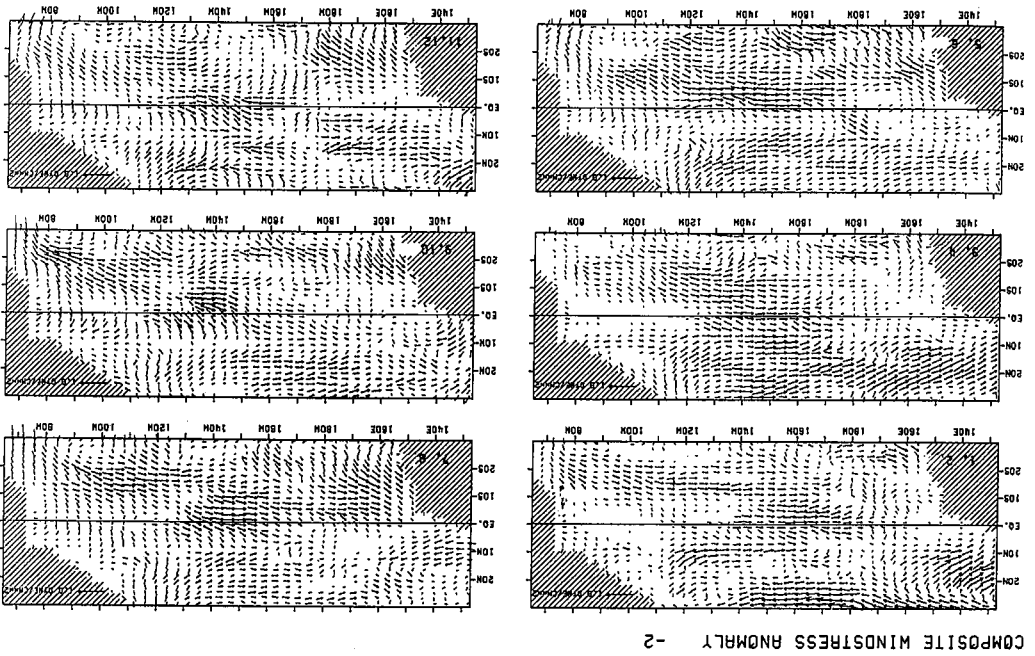


Fig. 5. Same as Fig. 4 except for the years 2 years prior to the El Niño years.

IV. 今後の課題

この解析結果は、高気圧性のロスビー波が El Niño の引き金になっているという仮説を支持している。しかし、今後解決しなければならない問題点が多い。

1. 実際の海洋で起きているのか？
2. このようなロスビー波が El Niño を引き起こす機構は何であるか？
3. このようなロスビー波の原因となっている風の分布はどうして生じるか、El Niño と関係しているのか？

想像し得る最も単純なシナリオは次のようなものである。El Niño による海面水温異常によって大気循環に変化が生じる。それに併う風の分布の異常によって赤道ロスビー波が生じる。このロスビー波が西岸で反射して赤道ケルビン波となり、赤道域の上層を厚くする。これが大気-海洋相互作用を引き起こし、El Niño に致するというものである。しかし、このシナリオのどの段階をとっても、これからの研究で実証する必要があるものばかりである。

文 献

- BUSALACCHI, A. J., K. TAKEUCHI and J. J. O'BRIEN, 1983. Interannual wind-driven response of the tropical Pacific Ocean. *Hydrodynamics of the Equatorial Ocean* J. C. J. Nihoul, Ed., Elsevier, Amsterdam, 155-195.
- CANE, M. A., 1983. Oceanographic events during El Niño. *Science*, **222**, 1189-1195.
- CANE, M. A. and S. E. ZEBIAK, 1985. A theory for El Niño and the Southern Oscillation. *Science*, **228**, 1085-1087.
- INOUE, M., and J. J. O'BRIEN, 1984. A forecasting model for the onset of a major El Niño. *Mor. Wea. Rev.*, **112**, 2326-2337.
- MCCREALLY, J. P., Jr., and D. L. T. ANDERSON, 1984. A simple model of El Niño and the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 934-946.
- PAZAN, S. E., W. B. WHITE, M. INOUE and J. J. O'BRIEN, 1986. Off-equatorial influence upon Pacific equatorial dynamic height variability during the 1982-1983 El Niño/Southern Oscillation. *J. Phys. Oceanogr.*, **91**, 8437-8449.
- PHELANDER, S. G. H., T. YAMAGATA and R. C. PACANOWSKI, 1984. Unstable air-sea interactions in the tropics. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 603-613.
- RASMUSSEN, E. M., and WALLACE, 1983. Meteorological aspect of the El Niño/Southern Oscillation. *Science*, **222**, 1195-1202.