

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| 氏 名       | くろ だ よし ふみ<br>黒 田 芳 史     |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (理 学)                 |
| 学 位 記 番 号 | 論 理 博 第 1398 号            |
| 学位授与の日付   | 平 成 14 年 3 月 25 日         |
| 学位授与の要件   | 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当   |
| 学位論文題目    | 中・西部熱帯太平洋表層の海洋変動に関する観測的研究 |

|        |                      |             |             |
|--------|----------------------|-------------|-------------|
| 論文調査委員 | (主 査)<br>教 授 淡 路 敏 之 | 教 授 木 田 秀 次 | 教 授 秋 友 和 典 |
|--------|----------------------|-------------|-------------|

### 論 文 内 容 の 要 旨

赤道太平洋に経年的に発現するエル・ニーニョは、ENSO (El Niño/Southern Oscillation; エル・ニーニョと南方振動) と呼ばれる熱帯太平洋特有の大気海洋相互作用により、周辺の気候だけでなく、PNA パターンを励起するなどして高緯度地域の気候さえ変化させる。このようなエル・ニーニョの発生メカニズムを説明する有力な理論として、海盆スケールの大気海洋相互作用に基づく遅延振動子説がある。この理論モデルは1980年代後半のエル・ニーニョ予測には一定の成功をおさめたが、1990年代前半に発生した小規模なエル・ニーニョの予測結果は良くなく、さらに1997/98年の史上最大といわれたエル・ニーニョの予測は不成功であった。この事実は、現実の ENSO の過程には遅延振動子モデルでは考慮されていない重要な物理過程が存在することを意味している。本研究は、エル・ニーニョの発生地である西部熱帯太平洋における熱の蓄積過程および発達域である中部赤道太平洋での熱の東方への移動過程に関する理解を前進させる上で鍵となる海面付近の低塩分水に伴う塩分躍層直下のバリエレイアーが中・西部熱帯太平洋の熱バランスに果たす役割や南太平洋からの高温高塩分水の流入が中・西部熱帯太平洋の熱バランスに与える影響及び大気の季節内振動に伴う西風バーストによる中・東部赤道太平洋への熱の移動過程を観測的に明らかにすることを試みた。

まず、1989年初頭及び1990年初頭に行った2航海の海洋観測データを用いて、中・西部太平洋赤道域の海洋変動構造を解析した。その結果、1975年以来南方振動指数が大きな正の値を示した1989年のラ・ニーニャ期には、強い貿易風が卓越し、それに伴う暖水の集積によって西部熱帯太平洋の海面高度は中・東部に比べて17 cm も高くなっていたことを示すとともに、東部赤道海域の冷水舌が日付変更線を越えて西部熱帯太平洋まで侵入するという重要な観測的知見を見出した。一方、南方振動指数が負の極大となった1990年には日付変更線以西で西風が卓越し、これに伴い西部熱帯太平洋表層では流れは逆転して東流となり冷水舌は消失するとともに、低塩な暖水プールの東進によって中部赤道表層の混合層は2-3°C 水温が上昇かつ0.8 psu 低塩化する一方、日付変更線以東では変わらず貿易風が卓越して西向きの流れが強く、そのために日付変更線近くの赤道表層で流れが収束して海面高度は12 dyn cm 高くなり、155°E-175°E 間では80 m 深までは東流、その直下では西向きの南赤道海流が流れるという顕著な2層構造が出現すること、この収束に伴い中部赤道域で下向きのケルビン波が発生するという、従来のエルニーニョ研究では欠けていた中部赤道域における一連のプロセスの実態をとらえることに成功した。

1990年初頭の海洋構造はエル・ニーニョの初期の特徴を備えていたため、多くのモデル研究がエルニーニョの発生を予測したが、その年には発生せず翌年に発生した。これを契機に、本研究の結果は、暖水プールの移流や中部赤道太平洋で発生するケルビン波の役割をより重視したエルニーニョ理論の提唱を促すなど、エルニーニョ研究に新局面を開いたものとして高く評価された。

次に、ニューギニア沿岸流に関する係留観測を行い、その季節・経年変動構造の定量的評価に成功した。特に、史上最大といわれる1997/98年のエル・ニーニョの成熟期にはニューギニア沿岸流は弱化し、従来の知見と同様に赤道潜流に海水を直接補給するが、発達期には顕著に強化されるだけでなく、赤道を横切り南太平洋の高温・高塩分水を西部熱帯太平洋の暖

水プール域に運び込んでいる証拠を初めて示した。そして、バリエーレイヤーの維持に、従って暖水プールの蓄熱過程にニューギニア沿岸流が重要な役割を果たしていることを明らかにした。加えて、表層と亜表層の流速変動が異なるメカニズムを、沿岸湧昇と赤道湧昇を介した風応力に対する海洋応答によって説明することに成功した。

以上の結果は、遅延振動子モデルには取り込まれていない降雨に伴う低塩な暖水プールの東進と西風バーストとの相互作用が、エルニーニョの発生のタイミングや発達規模を左右する要因であるという今後の研究に重要な示唆を与える貴重な研究成果である。

## 論文審査の結果の要旨

人類社会に様々な影響を与える「異常気象」は自然の営みである気候のゆらぎであるが、それは時には甚大な被害を社会にもたらすために、その変動のメカニズムを明らかにし予測することが、現代地球科学の重要課題としてクローズアップされている。エル・ニーニョはその代表例である。エル・ニーニョの発生メカニズムを説明する有力な理論として、海盆スケールの大気海洋相互作用に基づく遅延振動子説がある。この理論モデルは1980年代後半のエル・ニーニョ予測には一定の成功を収めたが、1990年代前半に発生した小規模なエル・ニーニョの予測結果は良くなく、さらに1997/98年の史上最大といわれたエル・ニーニョの予測は不成功であった。この事実は、現実のENSO (El Niño/Southern Oscillation: エル・ニーニョと南方振動) の過程には遅延振動子モデルでは考慮されていない重要な物理過程が存在することを意味している。そのため種々の角度から見直しがなされ、エルニーニョのメカニズムをより一層理解するには、淡水プールと呼ばれる熱帯海域特有の海面付近の低塩分水とそれに伴う浅い塩分躍層直下のバリエーレイヤーや南太平洋からの高温高塩分水の流入が中・西部熱帯太平洋の熱バランスに与える影響、ならびに大気の手内振動に伴う西風バーストによる中・東部赤道太平洋への熱の移動過程に関する詳細な動態の把握が必要であると指摘された。

申請者は、これらの点を明確にする上で重要な先駆的観測研究を1980年代後半から行ってきた。まず、測器開発も含め申請者らのグループが1989年初頭及び1990年初頭に行った2航海の海洋観測データを用いて、中・西部太平洋赤道域の海洋変動構造を解析した。これらのデータは、顕著なラ・ニーニャの時期(1989年)とエル・ニーニョに発展すると考えられていた時期(1990年)に、日付変更線以東での赤道湧昇に伴う冷水舌と気候学的に敏感な日付変更線以西の暖水プール域の海洋構造の動的構造をとらえたユニークかつ貴重なものである。その結果、申請者は、1975年以来南方振動指数が大きな正の値を示した1989年のラ・ニーニャ期には強い貿易風が卓越し、それに伴う暖水の集積によって西部熱帯太平洋の海面高度は中・東部に比べて17 cmも高くなっていたことを指摘するとともに、東部赤道海域の冷水舌が日付変更線を越えて西部熱帯太平洋まで侵入するという重要な観測的知見を示した。一方、南方振動指数が負の極大となった1990年には日付変更線以西で西風が卓越し、これに伴い西部熱帯太平洋表層では流れは反転して東流となり、冷水舌は消失するとともに、低塩な暖水プールの東進によって中部赤道表層の混合層は2-3°C水温が上昇かつ0.8 psu低塩化する一方、日付変更線以東では変わらず貿易風が卓越して西向きの流れが強くなり、そのために日付変更線近くの赤道表層で流れが収束して海面高度は12 dyn cm高くなり、155°E-175°E間では80 m深までは東流、その直下では西向きの南赤道海流が流れるという顕著な2層構造が出現すること、この収束に伴い中部赤道域で下向きのケルビン波が発生するという、従来のエルニーニョ研究では欠けていた中部赤道域における一連のプロセスの実態を明らかにすることに成功した。

1990年初頭の海洋構造はエル・ニーニョの初期の特徴を備えていたため、多くのモデル研究がエルニーニョの発生を予測したが、その年には発生せず、翌年に発生した。これを契機に、申請者の研究は、暖水プールの移流や中部赤道太平洋で発生するケルビン波の役割をより重視したエルニーニョ理論の提唱を促すなど、エルニーニョ研究に新局面を開いたものとして国際誌に数多く引用され、高く評価されている。

申請者は次に、ニューギニア沿岸流に関する係留観測を行い、その季節・経年変動構造を初めて定量的に明らかにした。特に、史上最大といわれる1997/98年のエル・ニーニョの成熟期にはニューギニア沿岸流は弱化し、従来の知見と同様に赤道潜流に海水を直接補給するが、発達期には顕著に強化されるだけでなく、赤道を横切り南太平洋の高温・高塩分水を西部熱帯太平洋の暖水プール域に運び込んでいる証拠を初めて示すとともに、バリエーレイヤーの維持に、従って暖水プールの蓄熱過程にニューギニア沿岸流が重要な役割を果たしていることを明らかにした。加えて、表層と亜表層の流速変動が異な

るメカニズムを、沿岸湧昇と赤道湧昇を介した風応力に対する海洋応答によって説明することに成功した。申請者はさらに進んで、遅延振動子モデルには取り込まれていない降雨に伴う低塩な暖水プールの東進と西風バーストとの相互作用が、エルニーニョの発生のタイミングや発達規模を左右する要因であるという興味深い示唆を与えている、

以上のように、本研究は、国内外のエルニーニョ研究に大きなインパクトを与えただけでなく、今後の研究の進展に大きく貢献するものとして高く評価できる。

よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。