

南太平洋における中層循環と南極中層水の時間変動

2009年3月 自然環境学専攻 76716 古原 聡美

指導教員 教授 川辺正樹

キーワード：南太平洋、中層亜熱帯循環、南極周極流、亜南極モード水、南極中層水、
塩分極小、Argo フロート

1. はじめに

南太平洋の表中層では、約 60°S から 50°S を東向きに南極周極流が流れており、その北側 50°S から 20°S の中緯度域に反時計回りの亜熱帯循環が存在する。さらに中層約 800m では、南極周極流の一部が分岐して亜熱帯循環の外側を流れ、南極周極流フロント北側で形成された亜南極モード水を起源とする南極中層水を運びながら低緯度域に達し、北太平洋へと流入している(Reid 1986)。

1998年から2002年の係留系観測により、中層のニューギニア沿岸潜流の流速や流向に顕著な季節変動があることが明らかになり、その原因として、上流部にあたる亜熱帯循環を迂回する流れが、亜熱帯循環とともに変化している可能性が推測された(Kawabe et al., 2008)。

これまでは船舶による海洋観測が主だったため、南太平洋の中層の時間変動に関する知見は乏しかった。しかし、2000年に世界の海洋に3000基のプロファイリングフロートを投入することを目標に始まり、南太平洋全域で多くのデータを得られるようになった。本研究では、南太平洋の中層循環と輸送される南極中層水の時間変動を Argo フロートを使って調べた。

2. 使用したデータ

Argo フロートは通常 10 日毎に水深 2000m から海面までの水温・塩分・圧力を測定し、衛星経由でデータを陸上へ送信する。本研究では南太平洋の 2005 年 1 月から 2007 年 12 月に赤道から 60°S までの Argo フロートによって得られた即時品質管理データを使用して解析を行った。この期間の Argo フロートの全観測点数は 2917 測点あった。その後、Akima 法を用いて鉛直的に 1dbar ごとに内挿を施した。

3. 南太平洋中層の海洋循環

南極中層水の典型的なポテンシャル密度面 $27.2\sigma_\theta$ 面上での海洋循環について、無流面を 1500dbar として調べたところ、加速度ポテンシャルは 50°S 以南で南北勾配の急な東向きの南極周極流をとらえた。その北側 50°S から 30°S では、ニュージーランド東で加速度ポテンシャルが高く、反時計回りの亜熱帯循環の中央域であることを示した。また、塩分は、170°W 以東では塩分の等値線の急勾配が南極周極流北側の 50°S と亜熱帯循環西向流域の 20°S に存在した。その間の領域には、ほぼ一樣な塩分をもつ南極中層水が北西に広がっていた。加速度ポテンシャル、塩分ともに、このような分布には目立った時間変動はなかった。

4. 南太平洋亜熱帯循環の時間変動

170°W から 150°W の経度帯のポテンシャル密度面 $27.2 \sigma_\theta$ 面上の 2005 年から 2007 年の 3 年平均の加速度ポテンシャルについて調べた(図 1)。50°S よりも南側では東向きの南極周極流をとらえていた。その北側の亜熱帯循環では、強い西向流を示す 2 つの勾配がみられ 48°S から 30°S 亜熱帯循環の内側循環と、30°S から 16°S の外側循環で構成されており、亜熱帯循環が二重構造をしていることが分かった。

48°-16°S 亜熱帯循環全体での西向流速は、2005 年から 2007 年の 3 年平均で 4.5 cm s^{-1} あり、2 月から 4 月にかけて流速が強く、8 月から 12 月にかけて弱い傾向にあった。亜熱帯循環の内側循環は平均 1.9 cm s^{-1} 、外側循環は 2.6 cm s^{-1} あった。また、亜熱帯循環全体での $27.15 \sigma_\theta - 27.25 \sigma_\theta$ の西向き流量は 4.6 Sv であり、亜熱帯循環内側の循環域では 1.7 Sv 、亜熱帯循環外側の循環では 2.9 Sv あった。すなわち、亜熱帯循環の内側循環よりも外側循環の方が流れが強いことがわかった。また、流速と流量共に、2 月から 4 月にかけて流れが強まり、7 月から 10 月に弱まる傾向にあった。

5. 考察

加速度ポテンシャルの平面分布は Reid の述べた平面分布よりもさらに東、100°W 付近に亜熱帯循環の境界を示した。さらに、48°S から 16°S の亜熱帯循環の内部領域が、48°S から 30°S の内側循環と 30°S から 16°S の外側循環の二重構造を構成していた。この 2 つの循環は、外側循環の方が内側循環よりも、流速が約 1.3 倍、流量は約 1.7 倍強かった。また、2 月から 4 月に流速、流量ともに強く、7 月から 10 月に弱いことがわかった。亜熱帯循環の強さが 2 月から 4 月に強い傾向は、Roemmich らが 2004 年の Argo データから求めた 42°S から 38°S、170°W 沿いでの力学高度の変動とも良い相関を示した (Roemmich et al., 2007)。

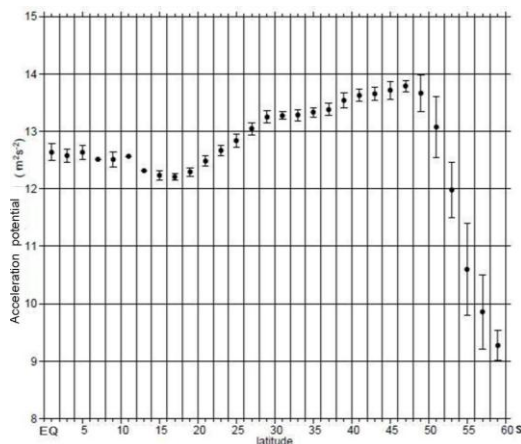


図 1 170°W から 150°W の加速度ポテンシャルの南北 2 度ごとの平均
(バーは標準偏差を表す)

【引用文献】

- Akima, H., 1970. *Journal of the Association for Computing Machinery*, 17, 589-602.
Kawabe, M., et al., 2008. *Journal of Physical Oceanography*, 38, 1780-1793.
Reid, J. L., 1986. *Progress in Oceanography*, 16, 1-61.
Roemmich, D., et al., 2007. *Journal of Physical Oceanography*. 37, 162-173.

Temporal Variation of Intermediate Circulation and Antarctic Intermediate Water in the South Pacific

Mar. 2009, Department of Natural Environmental Studies 76716 Satomi KOHARA

Supervisor; Professor Masaki KAWABE

Keywords: South Pacific, Intermediate-depth Subtropical gyre, Antarctic Circumpolar Current, Subantarctic Mode Water, Antarctic Intermediate Water, Salinity minimum, Argo float

1. Introduction

In the South Pacific, the Antarctic Circumpolar Current flows eastward between 60°S and 50°S, and the subtropical gyre circulates anticlockwise between 50°S and 20°S. In mid-depth near 800m, a flow bifurcated from the Antarctic Circumpolar Current also circulates anticlockwise in the outer region of the gyre and continues to the North Pacific, and this flow transports the Antarctic Intermediate Water, which originates from the Subantarctic Mode Water formed in the northern frontal zone of the Antarctic Circumpolar Current (Reid, 1986).

The New Guinea Coastal Undercurrent, located downstream of the subtropical gyre, exhibited significant seasonal variation in its speed and direction during the 1998-2002 mooring observations (Kawabe et al., 2008). This suggests that the current structure in the upstream regions, namely the subtropical gyre, also changes considerably.

The temporal variability in the South Pacific intermediate layer has not been well clarified, due to paucity of hydrographic observations. However, since the international Argo project started in 2000, which aims to deploy 3000 profiling floats in the world ocean, a great number of data in the whole South Pacific became available. Using the data from Argo profiling floats, we here examine the seasonal and interannual variability of the mid-depth circulation in the South Pacific and the Antarctic Intermediate Water transported by the circulation.

2. Data

Argo floats typically measure salinity, temperature, and pressure from surface to 2000m depth every 10days, and send the data to land via satellites. We used real-time quality control data in the South Pacific from the equator to 60°S between January 2005 and December 2007. The total number of temperature and salinity profiles is 2917. Each profile was interpolated vertically on a 1dbar grid with Akima spline (Akima, 1970).

3. Circulation in the South Pacific intermediate layer

The acceleration potential at $27.2\sigma_\theta$ (the representative potential density for AAIW) relative to 1500dbar shows a large gradient south of 50°S, which corresponds to the eastward Antarctic Circumpolar Current. Between 50°S and 30°S, the acceleration potential is largest just east of New Zealand, around which the center of the anticlockwise subtropical gyre circulates. Salinity shows two steep gradients near 50°S north of the Antarctic Circumpolar Current, and near 20°S westward flow region of the subtropical gyre, east of 170°W. Between these two, the Antarctic Intermediate Water with relatively homogeneous salinity extends northwestward. These distributions are stable all seasons, and there is no significant temporal variation.

4. Temporal variability of the South Pacific subtropical gyre

The acceleration potential at $27.2 \sigma_\theta$ between 170° W and 150° W was averaged in a three year period from 2005 to 2007 (fig.1). South of 50° S, the eastward Antarctic Circumpolar Current is evident. North of 50° S, there are two relatively large gradients corresponding to westward flow and the subtropical gyre constructs dual structure: one is at 48° S- 30° S in the inner subtropical gyre and the other is at 30° S - 16° S in the outer gyre.

3-year mean westward velocity of the whole subtropical gyre between 48° S and 16° S is 4.5 cm s^{-1} . The velocity is strong in February to April, and weak in August to December. The 3-year mean velocity is 1.9 cm s^{-1} at the inner gyre and 2.6 cm s^{-1} at the outer gyre. The 3-year mean volume transport between $27.15 \sigma_\theta$ and $27.25 \sigma_\theta$ is 4.6 Sv for the whole subtropical gyre, 1.7 Sv in the inner gyre, and 2.9 Sv in the outer gyre. Thus, the outer circulation is stronger than the interior circulation. Both velocity and volume tend to be large during February to April and small during July and October.

5. Discussion

From the vertical distributions of acceleration potential, the eastern edge of the subtropical gyre is located more east than Reid's result. Furthermore, interior region of the subtropical gyre makes double gyre structure; inner gyre circulation at 48° S - 30° S and outer gyre circulation at 30° S - 16° S. The outer gyre is about 1.3 times faster than the inner gyre, and the outer gyre volume is 1.7 times more than the inner gyre. Moreover, the velocity and volume transport are largest during February to April and weak during July to October. This result is correlated with April is the highest dynamic height which calculated from 2004 Argo data along 170° W from 38° S to 42° S (Roemmich et al. , 2007).

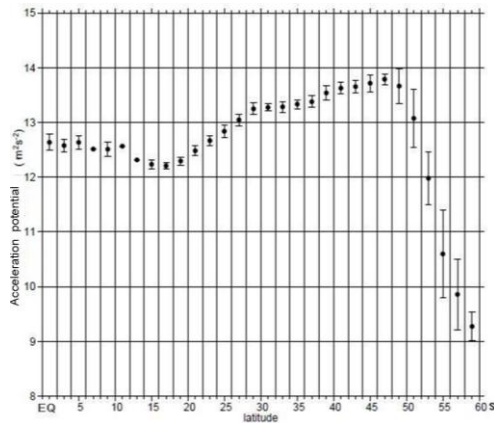


Fig. 1 Meridional variation of accerelation poterntail at $27.2\sigma_\theta$ between 170° W and 150° W (bar is standard diviation)

References

- Akima, H., 1970. *Journal of the Association for Computing Machinery*, 17, 589-602.
- Kawabe, M., et al., 2008. *Journal of Physical Oceanography*, 38, 1780-1793.
- Reid, J. L., 1986. *Progress in Oceanography*, 16, 1-61.
- Roemmich, D., et al., 2007. *Journal of Physical Oceanography*. 37, 162-173.