

台湾東方海域における海洋構造とその変化

山本 浩文*¹ 吉川 泰司*¹
金 命宣*¹ 三寺 史夫*²

日中共同黒潮観測の枠組みで西部北太平洋の海洋構造を調査する目的のために、1997年7月3～21日の間、中国国家海洋局の所属船舶「紅陽向14号」でCTD観測を実施した。本航海の首席研究員は中国国家海洋局第一研究所の林葵博士であった。

観測は亜熱帯前線域の西側に相当する台湾東方沖で囲まれた海域で実施された(北緯18～26度, 東経121～130度)。観測測点は総計91点で各点のCTDの標準層のデータを用いて海洋構造の解析を行った。併せて, TOPEX/POSEIDON衛星の海面高度データをもとにして, 海洋の中規模変動の動きとCTDデータから得られた中規模変動の動きを比較検討した。CTDから得られた水温の鉛直分布図の各断面から亜熱帯前線の位置を特定することは難しく, 等温線の極大傾向はほとんど見られなかった。そこで得られたCTD観測点全てを用いて作成した100m深の水温分布とその南北勾配値から, 亜熱帯前線の位置を特定した。その結果, 北緯18度, 東経125度地点と北緯22度, 東経129度を結ぶライン上に亜熱帯前線が存在していた。また, 前線の西端(東経124度)の北側には高塩低温の領域が, 東経127度の北側に低温高塩の領域が存在していた。それらの構造は500m深においても存在していた。次に, この海域の海面高度の特徴的な変動を調べた。その結果, 北緯17度～25度までの緯度帯では擾乱の西方伝搬が見られた。特に亜熱帯前線付近の北緯22度付近では明確な西方伝搬が見られた。伝搬の典型的な周期は60日程度, 波長は1,000km程度であった。個々の時間サイクルでのスナップショットでは, 低気圧性渦と高気圧性渦を表すアノマリ分布が各サイクルで見られた。1993年夏にはこの航海の時期の500m深でのアノマリ分布とよく似た傾向を持つ状態が現れていた。その後, この2つの渦は共に西進し, 台湾南東沖で捕捉され, 同年秋には見られなくなっている。

キーワード: 亜熱帯前線, 台湾東方沖, CTD観測, TOPEX/POSEIDONデータ

Ocean Structure and Its Variations along the East Coast of Taiwan

Hirofumi YAMAMOTO*³ Yasushi YOSHIKAWA*³
Myoung-sun KIM*³ Humio MITSUDERA*⁴

-
- * 1 海洋観測研究部
 - * 2 国際太平洋研究センター
 - * 3 Ocean Research Department
 - * 4 International Pacific Research Center

The ocean structure along the east coast of Taiwan was studied using the CTD data which were observed by 'R/V Xiangyanghong 14' in July 1997. Subsurface front, determined from the temperature meridional gradient at a depth of 100 was found on the line extending from 125E, 18N to 129E, 22N. Some mesoscale structure, such as eddies, were found in that area.

The sea surface height (SSH) data are used to examine the mesoscale ocean structure. The SSH anomaly field showed the advection feature of the cyclonic eddies. A similar tendency of the SSH anomaly field during this cruise were found in the summer of 1993. At that time, these eddies were then propagated westwards and captured off the southeast coast of Taiwan and disappeared after a few weeks.

Key Words : Kuroshio, Subtropical front, CTD, SSH, TOPEX/POSEIDON

1 はじめに

科学技術庁「黒潮の開発利用調査研究」に関連して、日本と中華人民共和国が共同して「亜熱帯循環系の調査研究」が行われている。現在は共同研究の第Ⅱ期にあたり、JAMSTECは中国国家海洋局第二海洋研究所とともに「黒潮循環系の変動」に関する共同研究(1995年~1998年)を実施している。この共同研究の枠組みにおいて、1997年7月3日から7月21日の日程で、中国側研究船「向陽紅14号」による海洋観測が行われた(主任研究員:林葵副教授,第一海洋研究所)。観測は黒潮源流域で亜熱帯前線の西端部にあたる、台湾東方の東経121度から130度、北緯18度から26度の海域において、CTDによる水塊構造、ADCPによる流れの場の構造の調査等が行われた。本航海では、亜熱帯前線の西端部にあたる海域において、主に大規模海洋構造を把握するための10の観測測線が敷かれ、さらに中規模現象を分解できるような南北観測測線がその中に設けられている。

本報告では、観測結果として、南北のCTD観測測線データをもとに亜熱帯前線域の海洋構造について述べる。また、スナップショットである観測結果を補完するため、人工衛星海面高度計(TOPEX/POSEIDON)データを用いて、海洋構造の変動の特徴について調べたので、併せて報告する。

2 観測概要と結果

向陽紅14号では台湾東方海域において10測線の各測点で合計91点でのCTD観測を行った(図1)。CTDはシーバード社の9Plusを使用し、観測水深は各々2,000mまで行った。なお、本解析におけるCTDデータは全て標準層である。

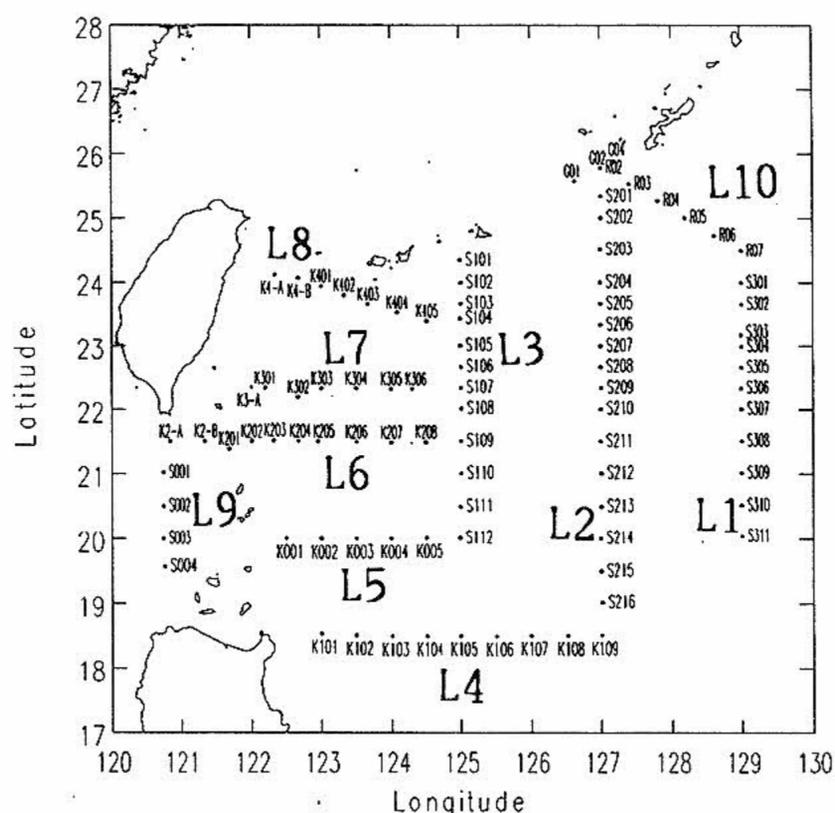


図1 CTD観測測点
Fig. 1 Study area and CTD observation stations

図2に各観測ラインにおける水温と塩分の断面図を示す。これらの観測測線のうち、東経129度(L1), 東経127度(L2), 東経125度(L3)の3つの子午面に注目する。水温の各断面(図2)における海面での極大水温を示す緯度は東から順に北緯22.5度, 北緯20.7度, 北緯21.3度とばらつきが大きい。今回のような夏の時期の表層水温は日射による海面加熱の影響を強く受けている。塩分分布を見ると、海面付近では34.5~34.6psuであり、200mから400m深で極大層, 600mから800m深にかけて塩分極小層が存在し、亜熱帯循環系の典型的な分布パターンを示している。極小層は3つの子午面で北緯20.5度から北緯22.5度の間で34.2~34.4psu.の値をとり、特に東

a)

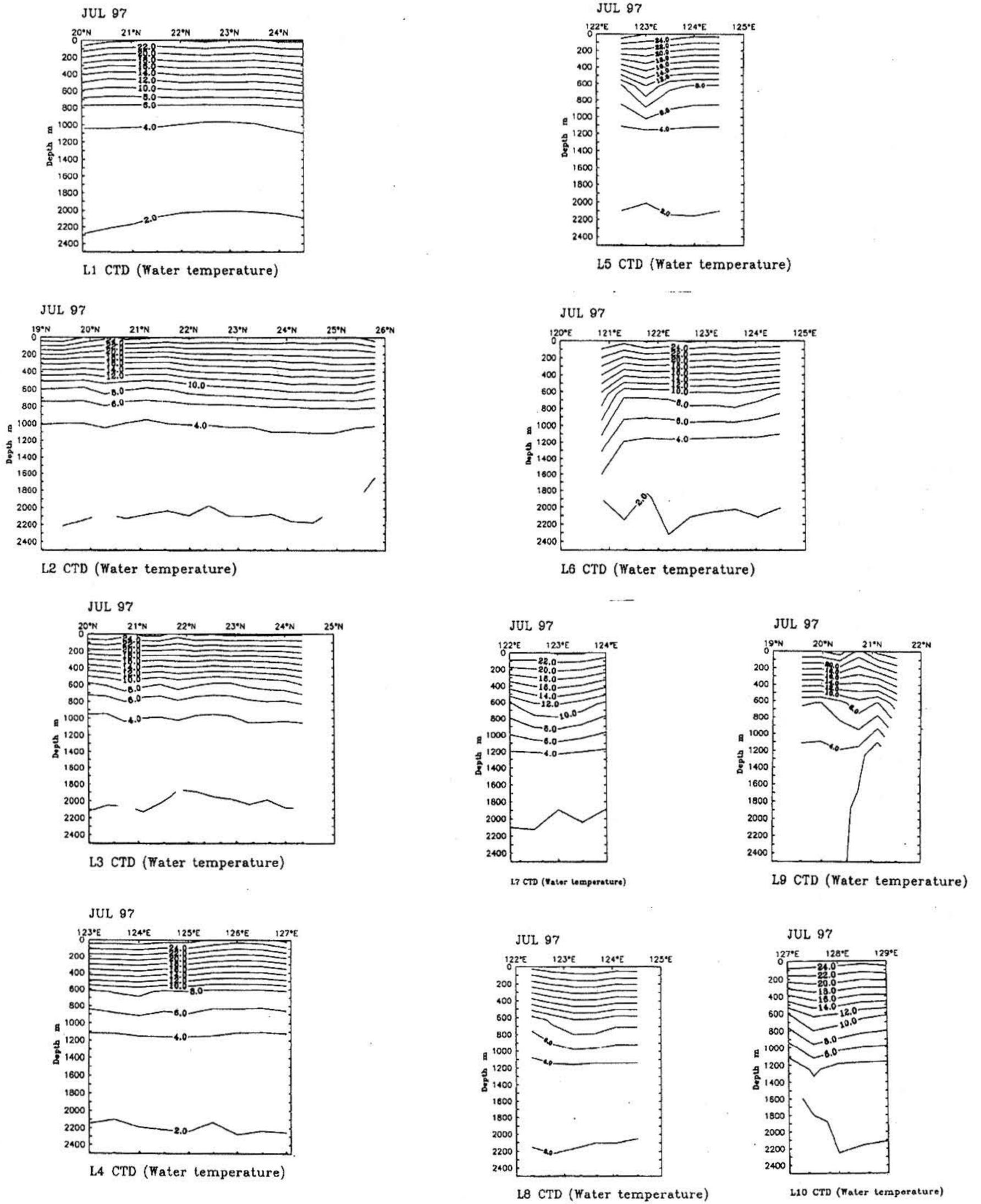
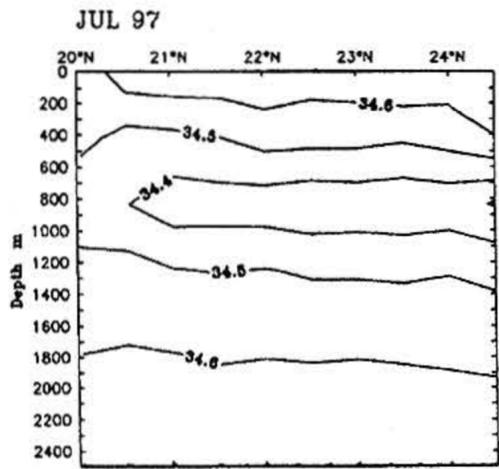
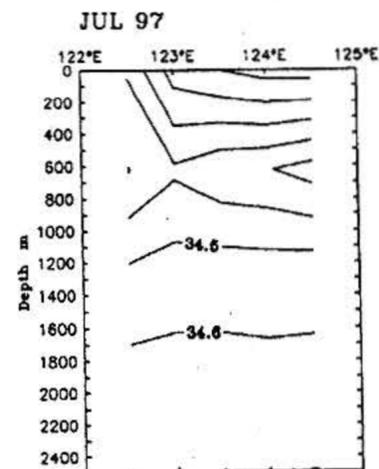


図2 CTDデータの標準層を使用した a) 水温 (°C) とb) 塩分 (PSU) の鉛直分布図
 Fig. 2 Temperature and salinity sections

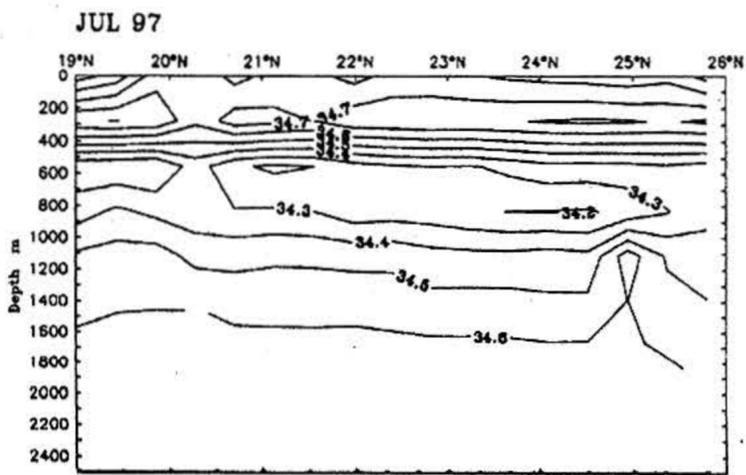
b)



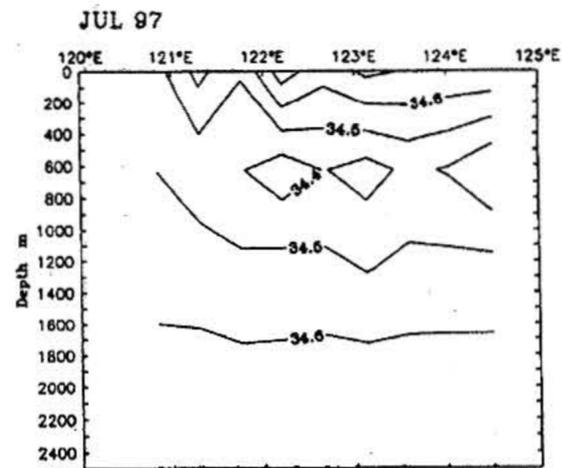
L1 CTD (Salinity)



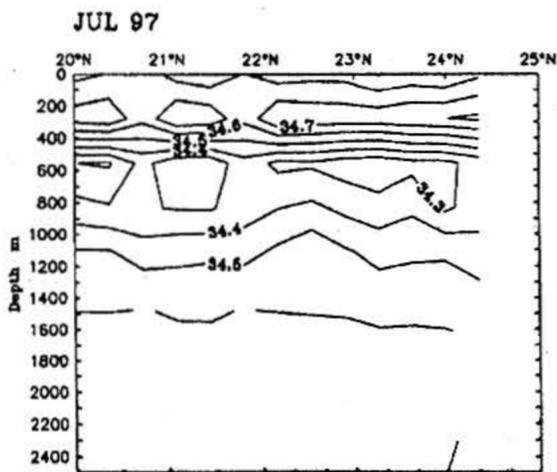
L5 CTD (Salinity)



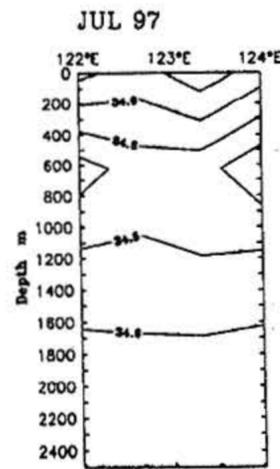
L2 CTD (Salinity)



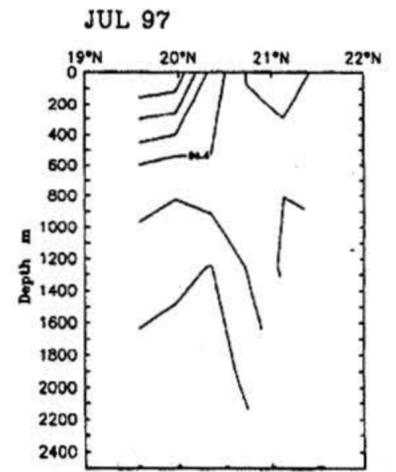
L6 CTD (Salinity)



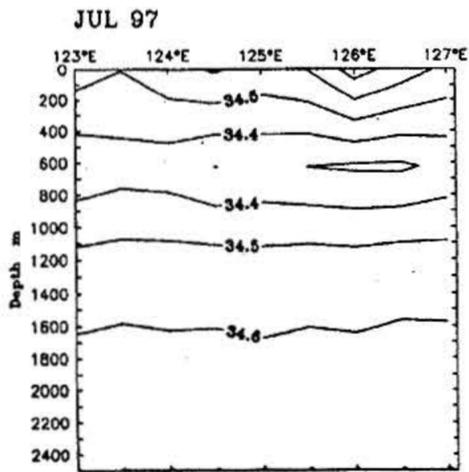
L3 CTD (Salinity)



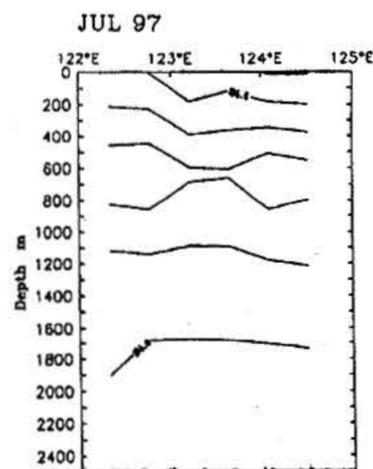
L7 CTD (Salinity)



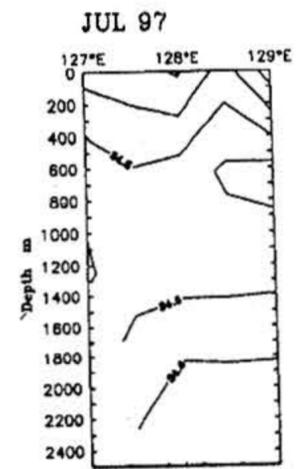
L9 CTD (Salinity)



L4 CTD (Salinity)



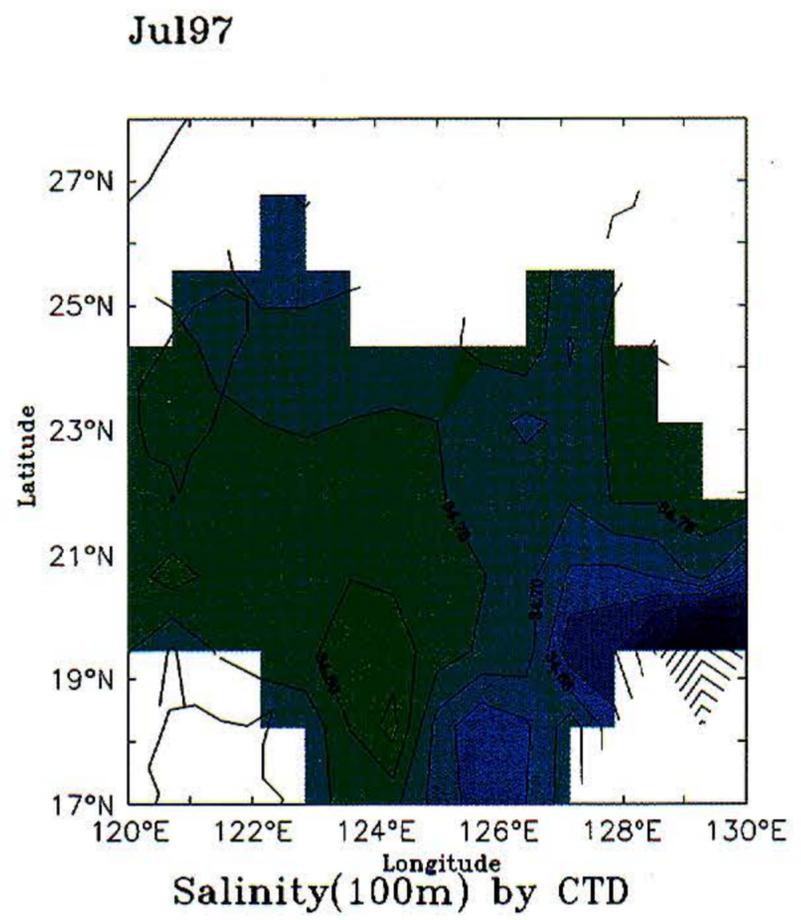
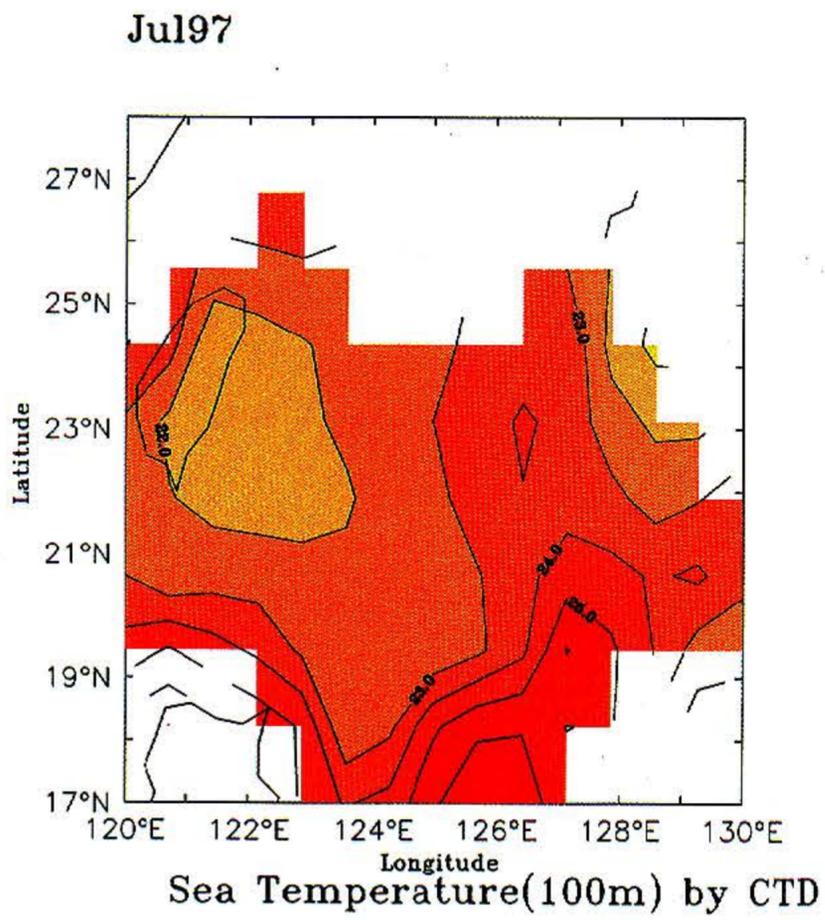
L8 CTD (Salinity)



L10 CTD (Salinity)

図 2 (続き)
Fig. 2 (Continued)

a)



b)

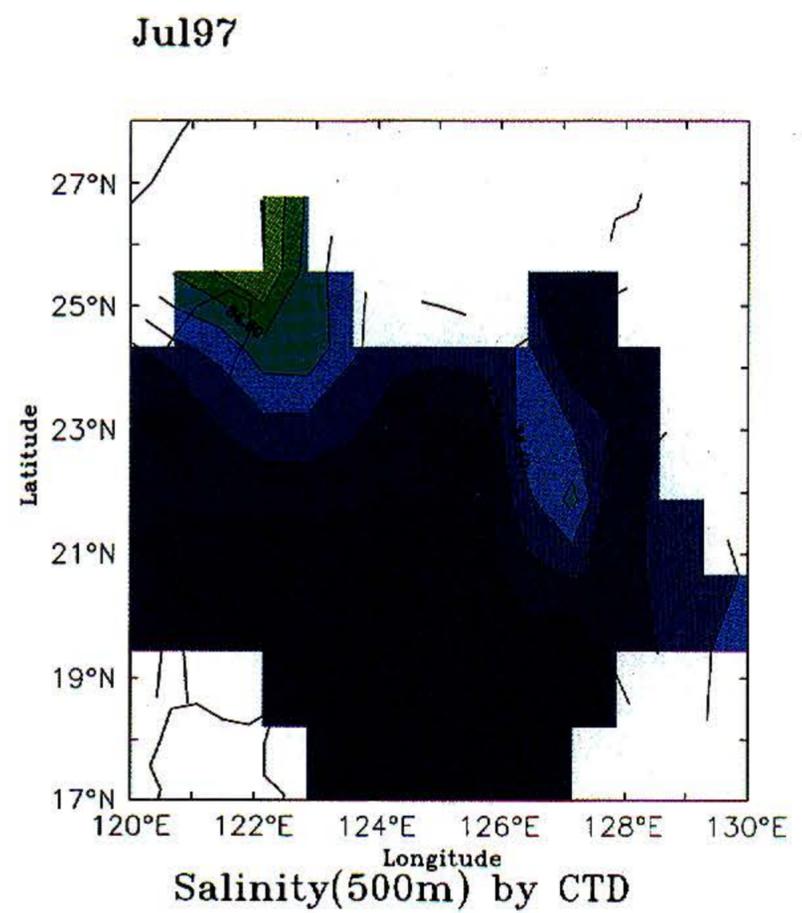
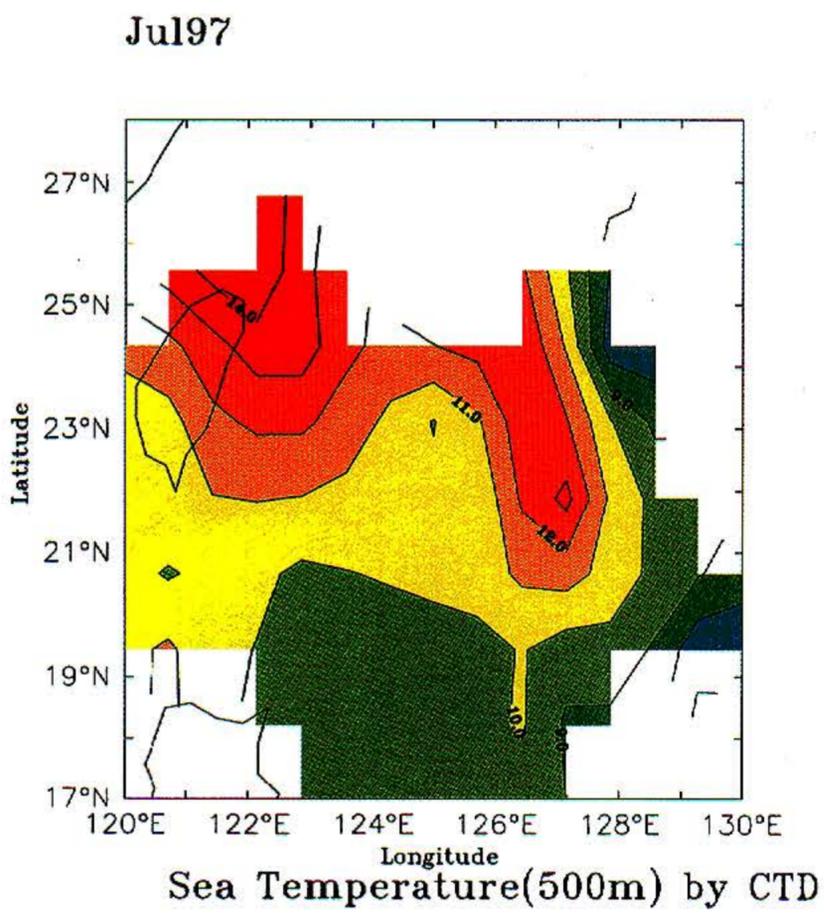


図3 観測海域の水温と塩分の水平分布図 (a) 100m深と b) 500m深)
Fig. 3 Temperature and salinity distributions at 100m and 500m

経127度(L2)では34.2psu.以下の極小層が存在していた。上記L2と東経125度(L3)では、それぞれ北緯21.5度と北緯24度を中心にして極小層が見られ、さらにそれらの中心深度はそれぞれ600m深、800m深と異なるものであった。

図3に100m深及び500m深における水温と塩分の水平分布図を示す。CTD観測点全てを用いて作成した100m深の水温分布とその南北勾配値から、東経125度、北緯18度の地点と東経129度、北緯22度を結ぶライン上に亜熱帯前線らしい海洋構造が存在していた(図3a)。さらに、そのフロントの両側に中規模の構造が見られた。これらは前線の西端(東経124度)の北側には高塩低温の領域が、東経127度の北側には低塩高温の領域が存在していた。それらの構造は500m深においても存在していた(図3b)。これらの構造は約100kmの中規模渦であると示唆される。

3 海面高度計による中規模現象の変動

亜熱帯前線域において中規模現象の活動が非常に活発である。観測船による海岸観測はスナップショット的色彩が濃いため、長期的なデータを用いた考察が必要である。そこで、人工衛星による海面高度アノマリのデータを用いて、この海域の中規模現象の変動について考察する。

高度1,000kmの上空から地表に向けて垂直に電波を放射し、地表からの反射波を検出する。このとき電波の往復時間から地球表面の凹凸を1cmの精度で測ろうとするのが、サテライト・アルチメトリーである。言い換えれば、垂直方向のレーダ測距である。この原理を使用したTOPEX/POSEIDON衛星データを利用した。利用した衛星の軌道間隔は中緯度で約200km、赤道上で315kmとなり、時間的には9.91日周期で海面高度を観測している(図4)。

(1) 海面高度アノマリデータの計算

この海域の海面高度の特徴的な変動を調べた。用いたTOPEX/POSEIDONデータはAVISOが配布する海面高度アノマリデータ(1992年9月25日から2年間分72サイクル)である。まず、3次元のガウシアンフィルターを用いて、緯度経度各1度メッシュ、時間方向に各サイクル毎(9.91日)の時空間格子状海面高度アノマリを計算した。その方法は吉川他(1998)[1]による。ここで、フィルターのe-foldingスケールは100km、1.5サイクルとし、200km、3サイクル内に観測したデータを用い

た。なお、加熱膨張による季節的な信号を除去するため、領域内の平均高度からのアノマリを用いた。

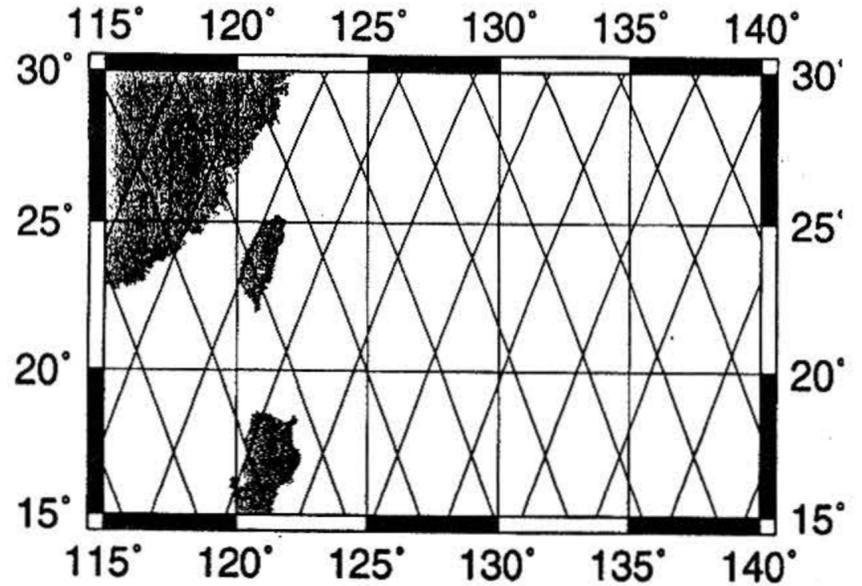


図4 TOPEX/POSEIDON軌道
Fig. 4 TOPEX/POSEIDON ground track

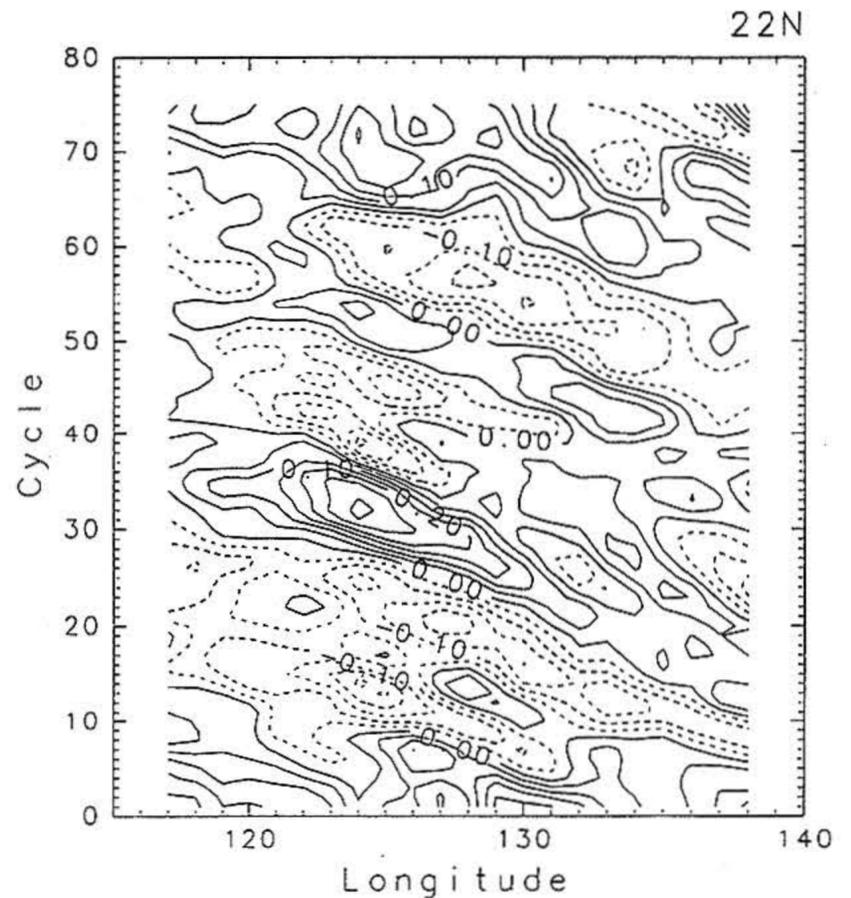


図5 海面高度アノマリデータによる経度-時間ダイアグラム
Fig. 5 X-T diagram of sea surface height anomaly

(2) 計算結果

北緯22度における衛星データ計算結果のアノマリ分布の経度方向の距離と時間の関係を図5に示す。図5において時間とともに海面高度の低いアノマリ、海面高度の高いアノマリが西に移動していることが示される。図に示さないが、北緯17度から25度までの緯度帯では擾乱の西方伝搬が見られた。特に亜熱帯前線付近の北緯20度付近では明瞭な西方伝搬が見られ、ロスビー波動的な波動が観察される。伝搬の典型的な周期は60日程度、波長は1,000km程度であった。

本観測海域での個々の時間サイクルでのスナップショットを図6に示す。図6より本観測海域における低気圧性渦と高気圧性渦を表す海面高度アノマリ分布が各サイクルで見られた。1993年5月には、この航海の時期の500m深での水温アノマリ分布とよく似た傾向を持つ状態が現れていた。当時の渦の分布パターンは数週間その付近にとどまり、その後、これらの2つの渦はともに西進し、台湾南東沖で捕捉され、1993年6月には黒潮によって北に移流され、この海域から見られなくなっている。

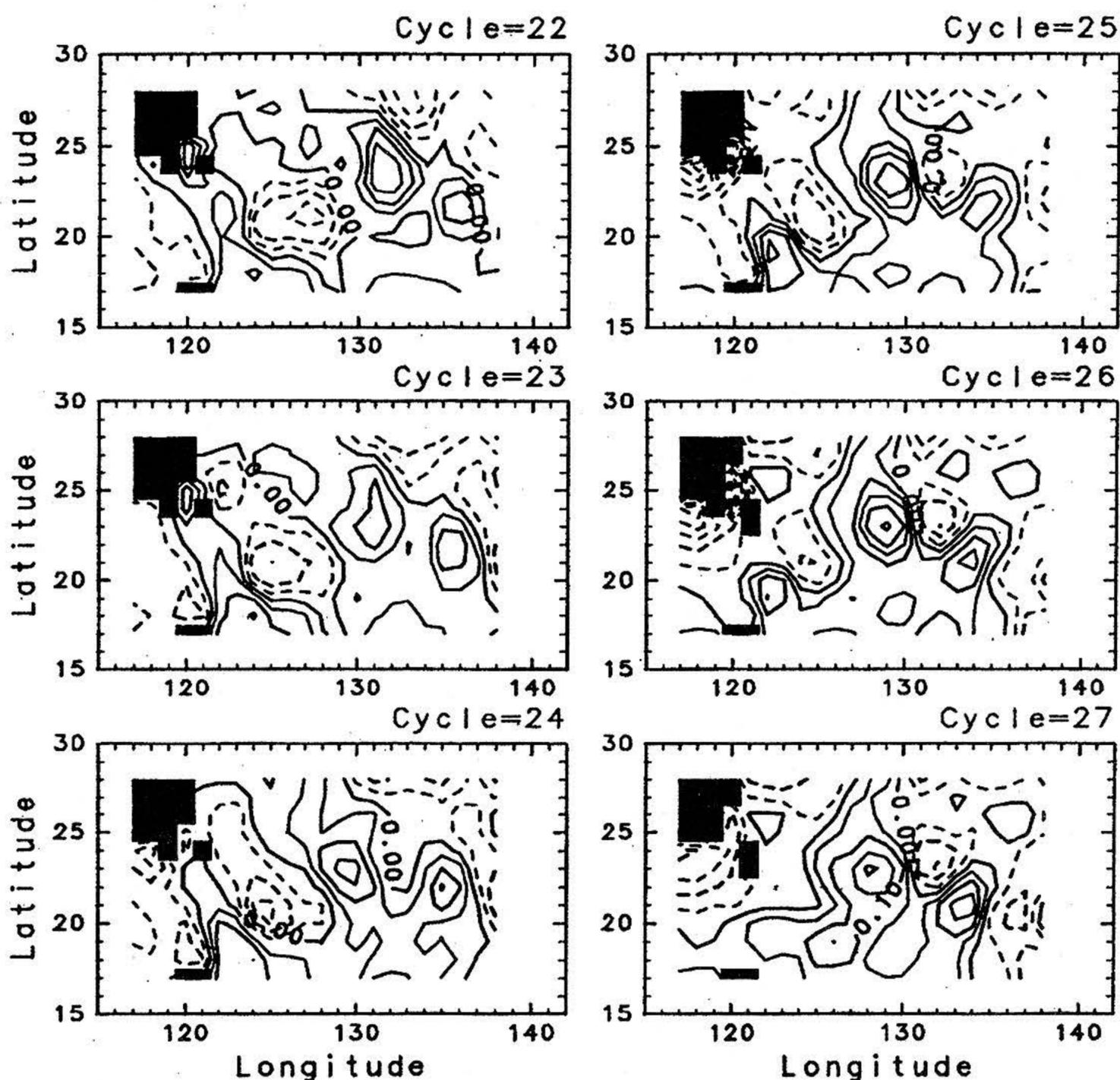


図6 1993年5月から6月にかけてのTOPEX/POSEIDONの海面高度アノマリ分布
 Fig. 6 T/P anomaly field from May (upper left) to June (lower right) in 1993

4 結論及び考察

CTD観測データを用いて台湾東方海域の海洋構造を示し、水深100mでの水温勾配分布を用いて亜熱帯前線の位置を特定した。亜熱帯前線は北緯18度、東経125度から北緯22度、東経129度に延びていた。その前線の両側に中規模渦が見られた。中規模現象の活動状況を把握するため、TOPEX/POSEIDON海面高度計データを用いて海面高度アノマリ分布を示したが、衛星の解析から得られた結果とスナップショット的CTD観測結果と同様な渦の擾乱が亜熱帯前線域に沿って存在するパターンを見ることができた。

過去この海域で我々が行ったCTD観測 [2] では、琉球列島東側を北上する黒潮のような大きな流れは捉えられなかった。逆に今回の観測で見られた中規模渦の北西端の部分と思われる構造を観測している。これらのことはこの観測海域では低気圧性の渦、高気圧性の渦が存在し、これらの渦の挙動が海洋構造の変動にとって支配的であることが示唆される。日本南岸での黒潮流路の変動にとって、トカラ海峡での小蛇行発生がトリガになることが指摘されている。小蛇行と本研究で見られた渦の移流との関係は興味深い研究題材となろう。

5 おわりに

今回の観測航海に参加させていただいた中国国家海洋局と科学技術庁に感謝する。中国国家海洋局第一研究所林副教授他中国側の研究員、観測技術員の方々、向陽紅14号の船長他乗組員の方々及び海上保安庁水路部海洋調査課の下平保直氏に多大なご協力をいただいた。厚くお礼申し上げます。なお本研究は科学技術庁「黒潮の開発利用調査研究」に関連した日中共同研究「亜熱帯循環系の調査研究」のもとに行われたものである。

参考文献

- 1) 吉川泰司, 金命宣, 三寺史夫: 日本南岸の黒潮循環系での中規模挙動. JAMSTECR, 第37号, 135-141 (1998)
- 2) 山本浩文, 美澄篤信: トカラ海峡における黒潮と四国沖における黒潮の違い. 平成5年度黒潮の開発利用調査研究成果報告書, 科学技術庁研究開発局, 52-58 (1997)

(原稿受理: 1998年7月13日)