

中高緯度帯海流フロント域の海面水温分布に対する下層大気循環の応答

大気海洋圏環境科学専攻 大循環力学講座

博士課程 2年 時長 宏樹 (指導教官: 谷本 陽一)

1. 研究背景

地球温暖化予測に使われている現在の気候モデルは様々な不確定要因を抱えており、世界各国の気候モデル間で温暖化予測結果に大きなばらつきがあることが知られている。その不確定要因の1つとして、気候モデルが中高緯度の気候をうまく再現できていないことが指摘されており、特に中高緯度海洋が中高緯度の気候に及ぼしている影響については未だ不明な点が多い。そのため、将来的にはこの影響を気候モデルに組み込むことによって地球温暖化などの気候変動予測の精度が向上することが期待されている。

中高緯度帯における大気海洋相互作用に関するこれまでの研究では大気変動に対して海洋側は受動的であるという共通の見解を示してきた。その証拠として中緯度帯における海盆スケールの海面水温分布は大気下層の風速が強い(弱い)ところで水温が低い(高い)という空間的特徴を示している。これは風速が強い(弱い)ところで海面での蒸発冷却が強(弱)められるという大気から海洋への強制が中高緯度帯において支配的であることを意味している。一方、最近の研究によって黒潮とその続流域では海面水温が高い(低い)ところで風速が強(弱い)という関係が分かりつつあり (Nonaka and Xie 2003)、これらの関係は海洋から大気への強制の一側面として捉えることができる。また、黄海と東シナ海の間形成される冬季の水温フロントが大気下層の傾圧性を強めることによって台湾付近を通過する低気圧の発達に大きな影響を及ぼしていることも指摘されている (Xie et al. 2002)。しかしながら、中緯度帯独特の強い大気強制や海上での観測データが少ないという問題点もあることから、中緯度帯の海洋が大気へ及ぼす影響については気候学的な場だけではなく時間変動の場についても多くの不明な点が残されている。

そこで本研究では高解像度の人工衛星データを用いて中緯度海流フロント域の海面水温と海上風の関係を調べることに加え、船舶やブイなどによる海上気象要素の観測データを用いることによってより詳細に中緯度海流フロント域の大気海洋相互作用について調べることを平成15年度の研究計画とした。解析の着目点は海流分布に強く依存した海面水温分布がどのように下層大気循環を変調するかという点であり、この着目点について気候学的な場だけではなく経年変動の場に対して解析を行った。

2. 解析領域

本研究では代表的な中緯度海流フロント域として図1

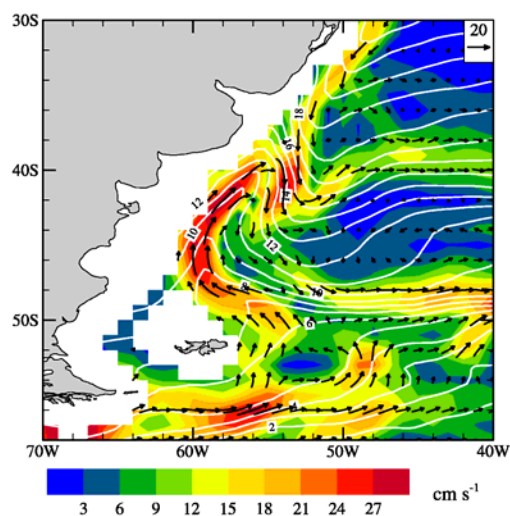


図1 Drifter データから得られた海流分布(ベクトル)。カラーは流速、コンターは海面水温の年気候値を示す。

に示す南西大西洋海域を解析領域とした。この海域では亜寒帯循環系のマルビーナス海流と亜熱帯循環系のブラジル海流が 40S 付近でぶつかっており、1 年中明瞭な海面水温フロントを形成している。そのため、他の中緯度海流フロント域と比較してもこの海域では海面水温分布に対する海上風の応答が最も見えやすい。さらに最も勾配が大きい水温フロントが南北に伸びているため、気候学的な西風はそのフロントに対して直交して吹いており、冷水域から暖水域に移動する際の西風成分の加減速を議論するのに適した海域である。

3. データ

本研究では人工衛星に搭載された赤外放射計による海面水温 (1985 年 1 月 ~ 1999 年 12 月、水平解像度 0.5 度 × 0.5 度)、マイクロ波散乱計による海上風 (ベクトル風速: 1999 年 8 月 ~ 2002 年 11 月、水平解像度 0.5 度 × 0.5 度; スカラー風速: 1991 年 12 月 ~ 2000 年 5 月、水平解像度: 0.25 度 × 0.25 度) を使用する。また船舶やブイによる海上気象要素データから 0.5 度 × 0.5 度の格子化データセット (1960 年 1 月 ~ 1997 年 12 月) を作成し、衛星データでは測定できない海上気温も使用する。

4. 結果および考察

4. 1. 気候学的な場

図 2a および図 2b に衛星データから得られた海面水温、スカラー風速、発散・収束およびベクトル風速の 4 - 6 月気候値を示す。解析領域とした南大西洋のアルゼンチン沖(南緯 35 - 50 度)では大陸棚が広がっており、亜寒帯循環系のマルビーナス海流がその大陸棚の東端に沿って北上している。それに対し、沖合では亜熱帯循環系のブラジル海流が南下しているため、それらの海流の間には明瞭な海面水温フロントが形成され、その東西に海面水温の暖水舌と冷水舌構造が卓越している (図 2a)。一方、海面付近の風速場は冷水側で風速が弱く、暖水側で風速が強くなっており、特に冷水側においては風速の極小域が海面水温の極小域と一致している。マルビーナス海流とブラジル海流が作り出す海面水温フロントは海面水温が 8 と 12 の等値線の間が存在し、海上を吹く西風がこの海面水温フロント上で加速されている様子が海上風の発散場からわかる(図 2b)。これは大気から海洋への強制によく見られる海面水温と風速の関係(風速が加速されることによって蒸発冷却がおこる)とは明らかに異なっており、海面水温が風速場に影響を及ぼしていることを示唆している。このような特徴は図に示した 4 月から 6 月の期間だけではなく 1 年を通して見られ、他の海域のように特定の季節だけに見られる特徴ではないことも特筆すべき点である。

海面水温が風速を変化させるメカニズムの 1 つとして大気安定度の変化による鉛直混合メカニズムが過去の研究によって指摘されている。大気安定度は海面水温と海上気温の差がその尺度となるものの、人工衛星では気温が測定できないため、本研究では船舶資料から得られた海面水温と海上気温の差 (SST-Ta) を作成した(図 2c)。図 2c を衛星データから求めた海面水温および海上風速場(図 2a)と比較すると、冷たいマルビーナス海流の上で大気下層は安定で暖かいブラジル海流の上で不安定になっていることが分かる。大気が不安定な海域では鉛直混合が起こりやすいため、運動量が大きい上層の空気が下層に運ばれ海上風を加速するのに対し、安定な海域では鉛直混合が起こりにく

いため海上風の加速は小さいと考えられる。このような海面水温と海上風の関係は黒潮およびその続流域や Gulf Stream 上においても見られるものの、これらの海域では夏になると海面水温フロントが弱くなるために両者の関係もシグナルとして弱くなる点が異なっている。

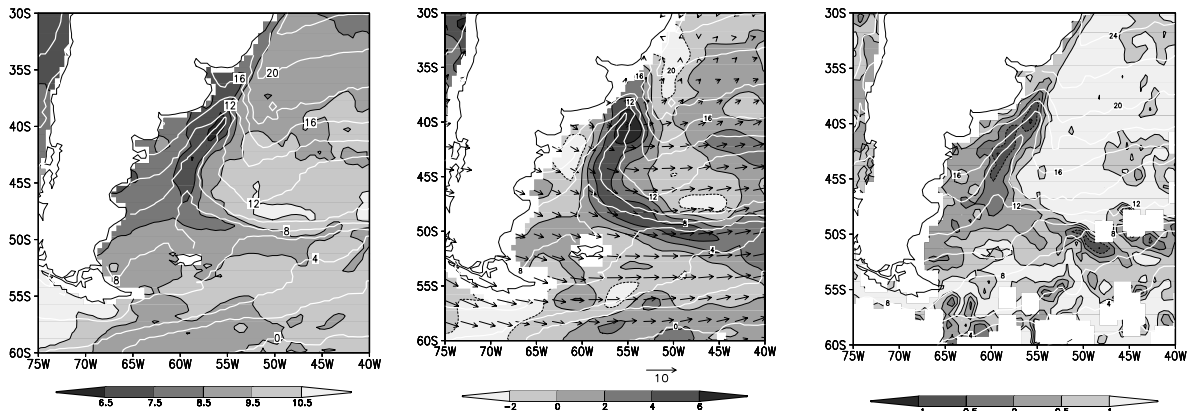


図2 南大西洋アルゼンチン沖における4～6月海面水温(白実線: 等値線間隔2℃)と(a) スカラー風速(陰影: ms^{-1})、(b) 風の発散(陰影: 10^{-6}s^{-1})、および(c) 海面水温と海上気温の差(陰影: $^{\circ}\text{C}$)。用いたデータセットは(a)と(b)が人工衛星観測による海面水温データおよび海上風データ、(c)が船舶資料から作成した海面水温データと海上気温データ。

4.2. 経年変動

図3は南北に伸びた海面水温フロント(西経53.5度)に沿った海面水温偏差と海上風偏差の緯度-時間断面である。ここで偏差とは月平均値と月別気候値との差を意味している。これまで中緯度帯では強い大気強制のため、経年変動の場合においては海面水温偏差と海上風偏差の間には負の相関関係が成り立つと考えられてきた。それに対してこの海面水温フロント上では海面水温偏差と海上風偏差が互いに正の有意な相関を示しており、南緯40度以北では相関係数が+0.8を超える海域もある。さらに船舶による海上気象要素データを用い

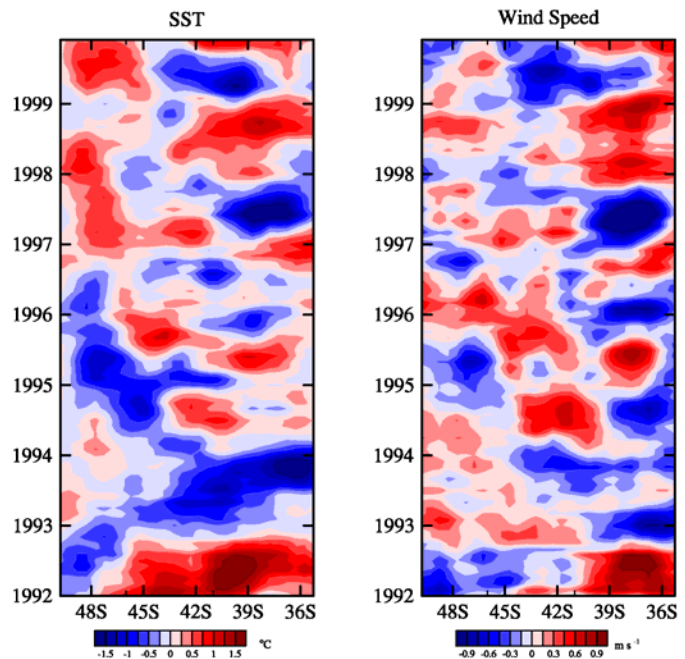


図3 海面水温フロント(西経53.5度)に沿った海面水温偏差(左)と海上風偏差(右)の緯度-時間断面

て、このフロント上で平均した海上風速、および SST-Ta の偏差の時系列を作成したところ、両者は有意な正の相関を示していることが分かった(図4)。これは経年変動の場合においても気候学的な場と同様に海面水温が大気下層の鉛直安定度を変化させ、それによって鉛直混合の強さが変化して下層風の加減速を引き起こすことを示唆している。

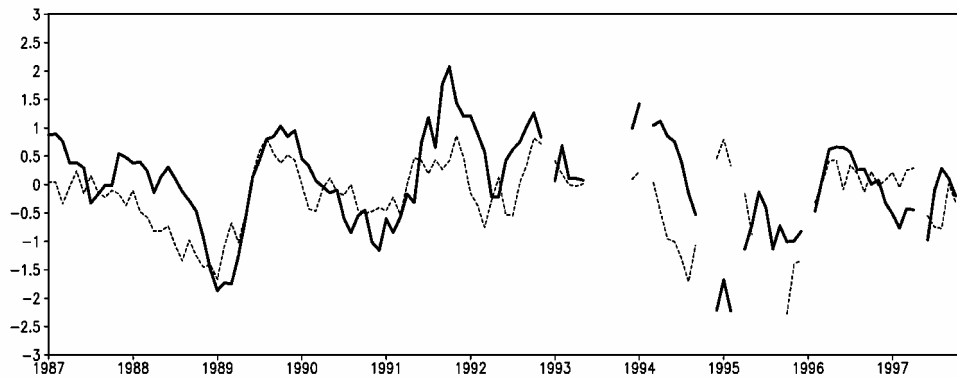


図4 海面水温フロント(南緯 36-39 度, 西経 53.5 度)に沿って平均した海上風偏差(実線)と SST-Ta 偏差(点線)の規格化時系列

5 . 結論

以下の 2 点が本研究の結論である。

- ・ 南西大西洋におけるブラジルーマルビーナス海流フロントでは、気候学的な場と経年変動の場において海面水温が高い(低い)ところで海上風速が強い(弱い)という関係が見られる。
- ・ ブラジルーマルビーナス海流フロントでは気候学的な場と経年変動の場において海面水温が大気下層の鉛直混合の強さを変化させることによって下層風の加減速に大きく寄与することを示唆している。

6 . 今後の方針

本年度の研究成果は論文として間もなく投稿する予定である。平成 16 年度に関しては本年度の研究成果を踏まえた上で他の中緯度帯海流フロント域の解析と領域大気モデルを用いた数値実験を行う。さらに現在は水産庁調査船 照洋丸と開洋丸の協力を得て、黒潮 親潮フロント域において GPS ラジオゾンデ観測も行っており、海面水温フロント上の大気の鉛直構造を調査中である。

7 . 論文および学会発表リスト

< 投稿論文 >

- [1] Tokinaga, H. and Y. Tanimoto, 2004: Seasonal transition of sea surface temperature anomalies in the tropical Indian Ocean during El Nino and Indian Ocean Dipole years, *J. Met. Soc. Japan*, revised.
- [2] Tokinaga, H., Y. Tanimoto, and S.-P. Xie, 2004: SST-induced surface wind variations over the Brazil/Malvinas Confluence, *J. Geophys. Res.*, to be submitted.

< 学会口頭発表 >

- [1] 時長 宏樹・谷本 陽一, 2003.4: 中高緯度帯海流フロント域の海面水温分布に対する下層大気循環の応答, 日本海洋学会 2003 年春季大会, 東京 .
- [2] Tokinaga, H. and Y. Tanimoto, 2003.7: SST forcing to surface wind speed over the Brazil/Malvinas Confluence, The 2003 IUGG general assembly, Sapporo.