

熱帯中緯度境界線とジェット気流の南北移動にともなう日本近海の降雨変動

武藤真璃 (指導教員：神山翼)

1 はじめに

熱帯と中緯度の気候は、それぞれ温度勾配が緩やかな弱温度勾配系と、コリオリ力と気圧傾度力がほぼ釣り合う準地衡風系という、異なる物理プロセスに大規模場が拘束されて存在している。この二つの異なる方程式系を同時に成り立たせるために、熱帯と中緯度の境界では特異的な現象が発生しているはずである。

そこで本研究では、北半球において、熱帯と中緯度の境界における大気の振る舞いを調べた。特に、ジェット気流と降水に注目する。

2 データと手法

2.1 使用データ

500 hPa ジオポテンシャル高度、250 hPa 東西風、上向き潜熱フラックス、上向き顕熱フラックス、水蒸気フラックス、全エネルギーフラックスには、ECMWF (欧州中期予報センター) により提供されている ERA5 を使用した。海面水温は、NOAA OISST から、降水は、GPCP から提供されているデータを使用した。解析期間は、1982年から2021年までで、これらの月平均データを使用した。

2.2 各線の定義

北半球の各経度において、以下に示す各線の条件を満たす点をプロットし、それらの点を東西波数 10 までのフーリエフィットをした線を各月ごとに描画した。

2.2.1 熱帯中緯度境界線

温度勾配の緩やかな熱帯領域の北縁として、500 hPa 面における 5800 m 高度線を熱帯中緯度境界線として定義した。北半球の各経度において、5795 m~5805 m に含まれる点をプロットした (Fig. 2.1(a))。

Fig. 2.1(b) は、500 hPa 面の東西平均をとったものである。熱帯では高度がほぼ一定だが、中緯度帯は南北勾配が急であることがわかる。

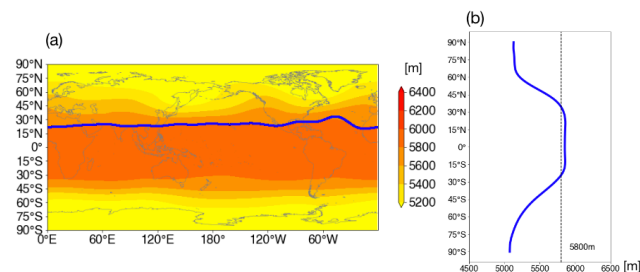


Fig. 2.1: (a) 陰影: 500 hPa 面におけるジオポテンシャル高度の 1 月気候値。等値線: 熱帯中緯度境界線の 1 月気候値。(b) 500 hPa 面における東西平均高度の 1 月気候値。

2.2.2 ジェット気流の強風軸の線

ジェット気流の強風軸がどの緯度に存在するかは各地域の気候を決定する上で重要である。そこで、北半球の各経度、北緯 10°~50° において、250 hPa 東西風が最大となる緯度に点をプロットした。(Fig. 2.2)

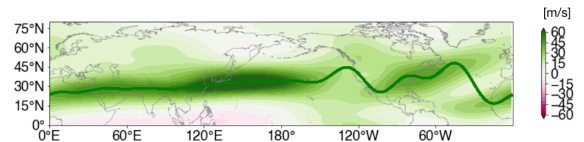


Fig. 2.2: 陰影: 250 hPa 東西風の 1 月気候値。等値線: ジェット気流の強風軸の線の 1 月気候値。

3 結果と考察

3.1 各線の季節変動

付録 A を見ると、熱帯中緯度境界線は北半球が夏になるにつれて北上し、冬になるにつれて南下するという動きを繰り返しており、熱帯中緯度境界線に沿って、ジェット気流も北上と南下を繰り返していることがわかる。

特に 4、11 月の季節の遷移期間では、ジェット気流が吸い寄せられるように北上する経度が見られた。そこで海面水温勾配をプロットしたところ、その経度は西岸境界流の場所と一致した。この結果は、ジェット気流の位置が水温前線に影響されるとした Ogawa et al.(2012) と整合する。

3.2 2 線の緯度差の経年変動

黒潮が、熱帯中緯度境界線とジェット気流にどのような影響を与えているのかを精査するため、4 月についてジェット気流と熱帯中緯度境界線の緯度差を計算した。Fig. 3.1 を見ると、ジェット気流が熱帯中緯度境界線から離れている年と近い年があり、ジェット気流が北に吸い寄せられる度合いは年によって違うことがわかる。

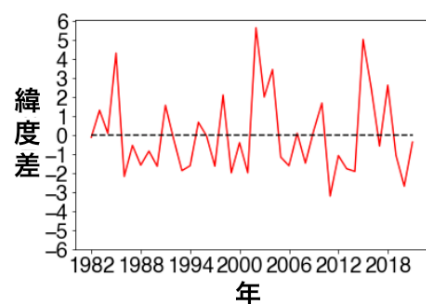


Fig. 3.1: 4 月におけるジェット気流と熱帯中緯度境界線の緯度差の偏差の経年変動

3.3 ジェット気流の流路が日本に与える影響

Fig. 3.2 より、熱帯中緯度境界線の位置は、どの年もほとんど不変だが、ジェット気流は、年によって北回りの流路をとることがわかる。このとき、日本では降水量が増えており、ジェット気流の流路が日本の降水に影響を与えていることが示された。

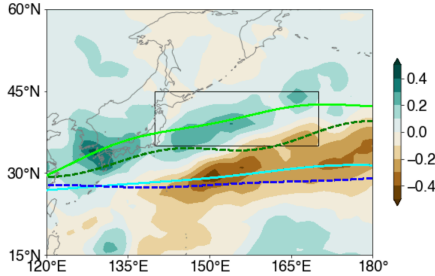


Fig. 3.2: 実線: 4月におけるジェット気流(緑)と境界線(青)が平均より1標準偏差以上離れているときのコンポジットの線。破線: 実線と同様。ただし、1標準偏差以上近いとき。陰影: 4月におけるジェット気流と熱帯中緯度境界線の緯度差の偏差に回帰した降水偏差。

3.4 ジェット気流の流路の決定要因

ジェット気流の流路が北回りとなることが許される条件を考察する。物理プロセスの調査として、大気經由の水蒸気および熱の流入量、海面熱フラックスによる熱の出入りの2つを見る。

それぞれコンポジット図を描画したところ、大気經由の水蒸気および熱の流入量と、ジェット気流の流路には何らかの関係があることが示され、三陸沖の海面熱フラックスが多いとき、付録B, Cより特に潜熱が多いとき、ジェット気流の流路が大幅に北回りになっていることが示された。

ただし、Fig. 3.6より、海面熱フラックスの量は、海面水温だけが原因で決まっているわけではないことが示された。

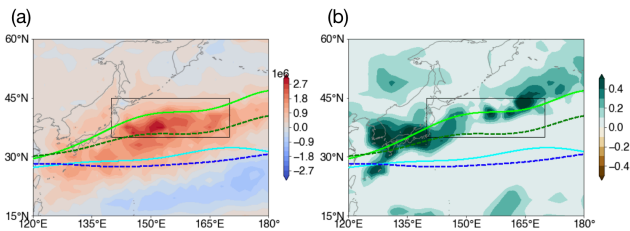


Fig. 3.3: 実線: 4月における黒潮統流域における海面熱フラックス偏差の領域平均が1より大きいときのコンポジットの線。破線: 実線と同様。ただし、領域平均が1より小さいとき。(a)4月における黒潮統流域の海面熱フラックス偏差の領域平均に回帰した水蒸気フラックス偏差。(b)4月における黒潮統流域の海面熱フラックス偏差に回帰した降水偏差。

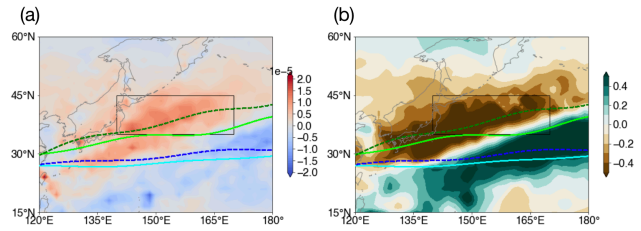


Fig. 3.4: Fig. 3.3と同様、ただし海面熱フラックス偏差の代わりに水蒸気フラックスの発散偏差で計算したもの。

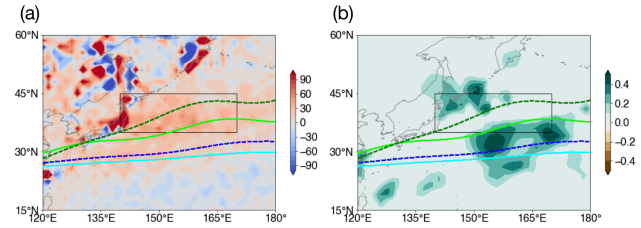


Fig. 3.5: Fig. 3.3と同様、ただし海面熱フラックス偏差の代わりに全エネルギーフラックスの発散偏差で計算したもの。

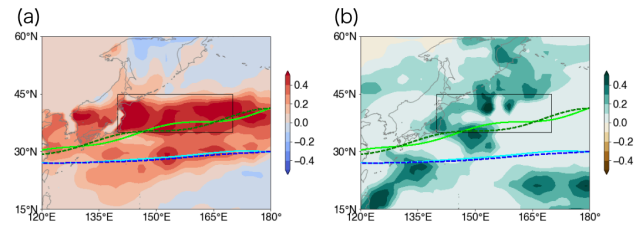


Fig. 3.6: Fig. 3.3と同様、ただし海面熱フラックス偏差の代わりに海面水温偏差で計算したもの。

4 まとめと今後の課題

三陸沖において、海面熱フラックスが多いとき、ジェット気流が熱帯中緯度境界線から離れ、北回りの流路をとり、日本の降水に影響を与えることがわかった。春先の日本の豪雨を警戒する年は、三陸沖の海面熱フラックスを見ればよさそうである。しかし、大気からの影響が全くないわけではないため、ジェット気流の流路決定には、海洋と大気の何らかのAND条件が必要とされていると言えそうである。

今後は、海洋と大気を結合する条件や熱帯中緯度境界線などと日本における梅雨末期の豪雨や猛暑の関係を調べていきたい。

参考文献

[1] Ogawa et al. (2012), Dependence of the climatological axial latitudes of the tropospheric westerlies and storm tracks on the latitude of an extratropical oceanic front. *Geophys. Res. Lett.*, **39**(5).

付録

A 各線の季節変動

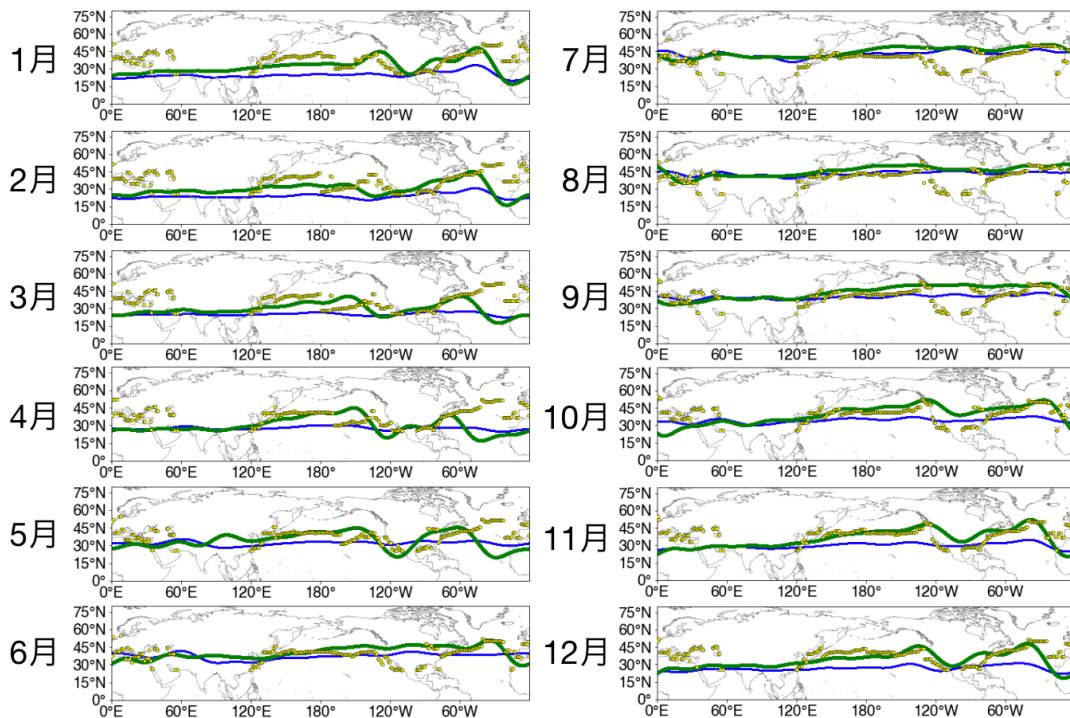


Fig. A: 2本線の気候値. 青線: 熱帯中緯度境界線. 緑線: ジェット気流の強風軸の線. 黄点: 北緯 25° ~ 55° において海面水温勾配が最大の地点.

B 各熱と緯度差の偏差の関係

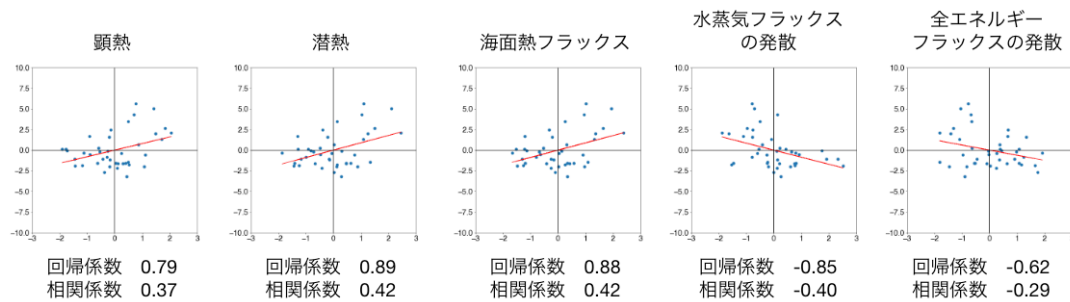


Fig. B: x 軸: 各熱の偏差を正規化したもの. y 軸: 黒潮帯におけるジェット気流と熱帯中緯度境界線の緯度差の偏差をデトレンドし正規化したもの.

C 顕熱および潜熱とジェット気流および熱帯中緯度境界線の関係

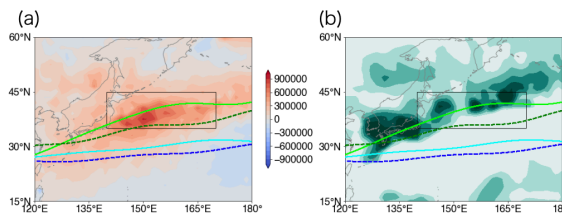


Fig. C-1: Fig. 3.3 と同様, ただし海面熱フラックス偏差の代わりに顕熱偏差で計算したもの.

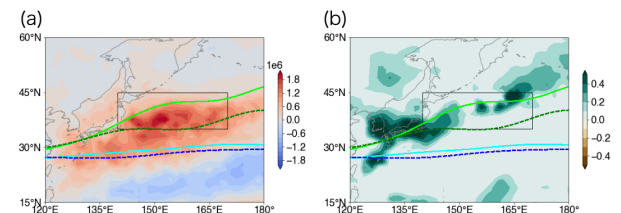


Fig. C-2: Fig. 3.3 と同様, ただし海面熱フラックス偏差の代わりに潜熱偏差で計算したもの.