

# 偏西風ジェットの出現位置の経年変化及びその運動量・エネルギー輸送との関連性

高見真和 指導教官:村上茂教

## はじめに

中緯度偏西風帯の対流圏界面付近に形成されるジェット気流には、亜熱帯ジェット(STJ)と寒帯前線ジェット(PFJ)がある。STJは、ハドレー循環による角運動量輸送がその維持・形成に強く関わっている。一方で、PFJは中緯度傾圧帯の南北温度傾度と温度風バランスするように形成されるが、それにはSTJ領域からの擾乱による運動量輸送が重要である。従って、両ジェットの出現位置の変動は、ハドレー循環や傾圧性擾乱による運動量・エネルギー輸送の変動と密接に関連していると考えられる。また、これらのジェットは対流圏の気団の境目ともなっており、気候変動の重要な指標となり得る。しかし、PFJは時間平均すると明瞭でなくなるという特徴もある。そこで本研究では、まず、JRA-55再解析の毎6時間データを用いて、各時刻におけるSTJとPFJの軸の位置を個別に決定し、ジェットの出現位置に関するデータセットを作成した。次に、このデータセットに基づきジェット軸の出現頻度分布を求め、それを用いてジェットの出現位置の変動、及びそれと大気循環による運動量・エネルギー輸送の変動との関係性を調べた。

## 使用データ

JRA-55再解析  
(期間: 1958/12~2015/02)  
鉛直37層等圧面  
水平解像度 1.25° × 1.25°  
6時間毎の瞬間値、月平均値:  
気温、風速、高度、相対湿度、  
流線関数、速度ポテンシャル

## 最大風速面 (SMW: The Surface of Maximum Wind)

Strong and Davis(2007)は、上部対流圏から下部成層圏に広がる対流圏ジェットコアの中で、最も風速が速い高度を結んで得られる曲面をSMW(The Surface of Maximum Wind)と名付け、SMW上でのジェットコアの出現頻度分布を調べることでジェットコアの出現位置の変動を調べた。その際彼らは、STJとPFJのコアを区別しなかったが、SMWと対流圏界面及び前線との位置関係は図1の様になり、SMWと対流圏界面はジェット軸の付近でその高度が入れ替わるといった特徴を持つ。本研究では、このことを利用して、各時刻のSTJとPFJの軸を個別に決定した。

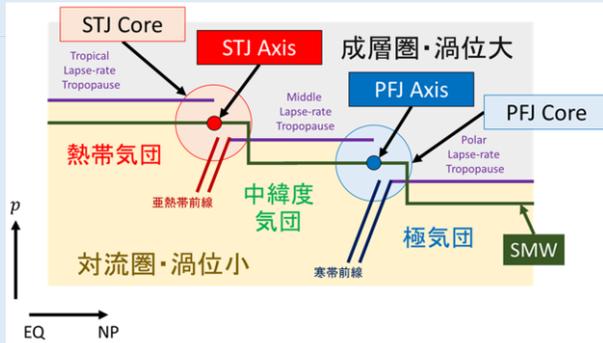


図1 SMWと対流圏界面の位置関係

## ジェット軸の出現頻度とその気候値

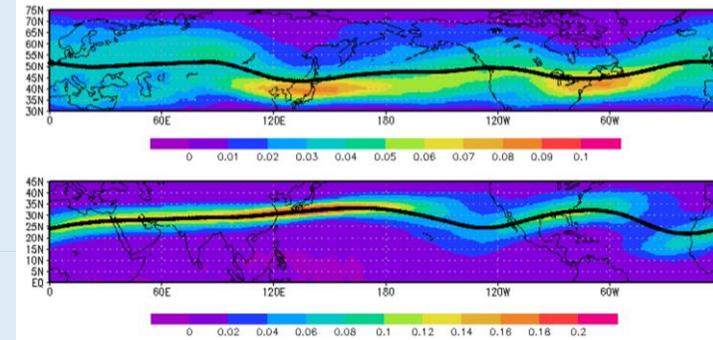


図2 JRA-55の全期間(59~15年)のDJF(12~2月)におけるPFJ(上段)とSTJ(下段)の出現頻度の気候値(シェード)とそこから計算されるジェット軸の平均緯度(黒線)

各時刻で決定されたジェット軸の位置より、特定の期間におけるジェット軸の出現頻度分布や、ジェット軸の平均緯度を求めることができる。図2に、JRA-55の全期間の出現頻度の気候値と、ジェット軸の平均緯度を示す。また、図2から読み取れる分布の特徴を右にまとめる。

### STJ

- 出現頻度分布は集中している
- 頻度のピークと平均位置がほぼ一致

### PFJ

- STJと比べて分布は広い
- 頻度のピークと平均位置がずれる場合もある

## ジェットの出現位置の経年変化

JRA-55の期間(1959~2015年)を前半と後半に分け、STJ及びPFJの出現頻度の差をとったものを図3に示す。図からは、ジェット軸の変化が必ずしも全経度で一様に現れていないことが分かる。また、期間の取り方を変えると別のシフトの特徴が見える可能性もある。そこで、STJとPFJそれぞれに地域と期間をいくつかに分けて、その地域と期間でのジェット軸の有意な位置の変化を検定を行った上で抽出したものが、それぞれの地図の周囲に書き加えられている。このとき、検定はトレンドがないという帰無仮説を危険率0.1で棄却することで行った。

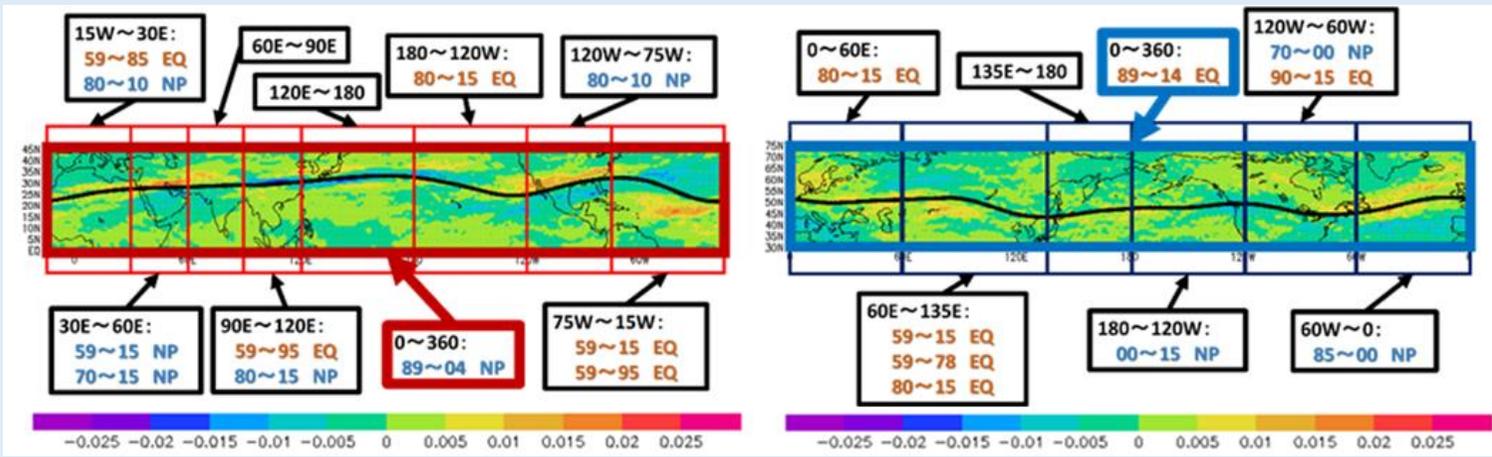


図3 期間全体(1959~2015年)におけるSTJ(左)とPFJ(右)の平均位置と後半と前半の出現頻度の差及び検出された有意な地域的トレンド(黒枠:各地域、色枠:全経度、青字:NPシフト、赤字:EQシフト)

### 運動量・エネルギー輸送の変動との関連性

図3に示した、STJとPFJの有意なシフトが見られた地域と期間について、それらの変化が平均子午面循環や波動擾乱による運動量・エネルギー輸送と有意に相関しているかどうかを調べた結果を右に示す。検定は、相関がないという帰無仮説を危険率0.1で棄却することで行った。

STJ(上)、PFJ(下)の位置の変動との間で相関が有意であった変動 →

| STJ |          | 調査領域                                      | 相関が有意な期間    |
|-----|----------|---|-------------|
|     |          | 全経度                                       | 1959年~2015年 |
| 各地域 | 30E~60E  | 1959年~2015年<br>1970年~2015年                |             |
|     | 60E~90E  | 1959年~2015年                               |             |
|     | 90E~120E | 1959年~2015年<br>1959年~1995年<br>1980年~2015年 |             |
|     | 180~120W | 1959年~2015年<br>1980年~2015年                |             |

STJの出現位置の変動と  
 $[T^*v]$ のピーク位置の変動  
 発散風による運動量、DSE輸送の収束位置の変動  
 との間の相関が有意

| PFJ |  | 調査領域 | 相関が有意な期間                   |
|-----|--|------|----------------------------|
|     |  | 全経度  | 1959年~2015年<br>1989年~2014年 |

PFJの出現位置の変動と  
 $[u^*v]$ の収束位置、 $[T^*v]$ のピーク位置の変動  
 $[u^*v]$ 、 $[\bar{u}^*v^*]$ 、 $[\bar{u}^*v^*] + [u^*v]$ の収束位置、 $[T^*v]$ 、 $[\bar{T}^*v^*] + [T^*v]$ のピーク位置の変動  
 との間の相関が有意

### まとめ

- JRA-55の再解析データを用いて、6時間毎のSTJとPFJの位置を決定した。
- 上記データセットに基づき、ジェット軸の出現頻度分布を作成し、トレンドを検出した。STJ(1989~2004年のNPシフト) PFJ(1989~2014年のEQシフト)
- STJとPFJの軸の位置は、期間全体では有意な線形トレンドを持たないが、その変動はそれぞれ平均子午面循環による熱輸送のピーク位置及び非定常擾乱による運動量輸送の収束位置の変動と有意に相関していた。
- PFJのトレンドは、擾乱による運動量輸送の収束位置の変動と有意に相関していた。
- これらの結果は検出されたジェットの出現位置の経年変化がその成因と物理的に整合したものであることを示している。

### 課題

- ジェット軸の局地的な変動を物理量の変動との関連性で説明すること
- ジェットの風速の変動を考慮に入れること
- 北極振動、ENSO等との関連性を調べる

参考文献  
 Strong, C. and R. E. Davis, 2007: Winter jet stream trends over the northern Hemisphere. Q. J. R. Meteorol. Soc., 133, 2109-2115, doi: 10.1002/qj.171

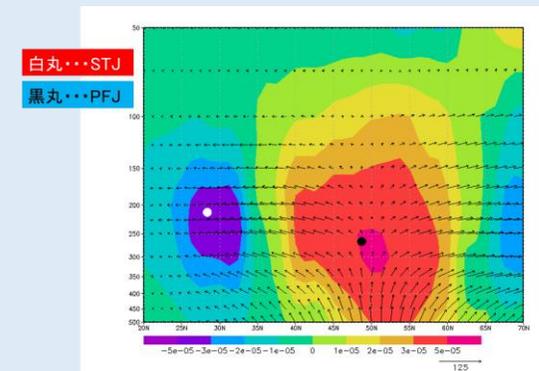


図4 2003年のDJFにおけるジェットの出現位置(白丸:STJ、黒丸:PFJ)と2次元のEPフラックス(ベクトル)及びその南北発散(シェード)

図4には、特定の年(2003)のDJFにおけるEPフラックスとその南北収束をその期間におけるSTJとPFJの平均位置と共に示している。EPフラックスの発散位置及び収束位置はそれぞれPFJとSTJの平均位置と良く対応しており、波動の伝播に伴いSTJの領域からPFJの領域へと東西運動量が運ばれていることを示している。