# 大気循環と周辺の海面水温が日本の気候に与える影響

## ~秋から冬への変遷期~

安藤 雄太(三重大院生物資源/極地研)・小木 雅世(マニトバ大 CEOS) 立花 義裕(三重大院生物資源)・小寺 邦彦(名大 STE 研/三重大院生物資源) 山崎 孝治(極地研/北大/三重大院生物資源)

### 1. 序論

日本の気候は大気循環や周辺の海の影響 を受け変動する.日本の気候に影響を与える 大気循環の研究の一つに Yasunaka and Hanawa (2008) がある.彼らは冬季(12~2 月)平均した日本の気温変動に対し主成分分 析を行い,二つの卓越した変動パターンを抽 出した.第一モードは西日本中心の変動モー ドであり,エルニーニョ・南方振動(ENSO) と関係する.第二モードは北日本中心の変動 モードであり,北極振動(AO, Thompson and Wallace 1998) と関係することを示した.

また、日本は周囲を海に囲まれているため 海面水温(SST)変動も影響する.降水量と の関係について述べた研究例は多数ある(e. g., Takano et al. 2008)ものの気温との関係は Ando et al. (2014)など少数である.彼らは 2012 年秋から冬に AO 負パターンが持続し 寒気が日本に流入した際、日本海 SST が高 ければ日本海上を通る寒気を暖め日本の気 温は本来より高くなることを示した.

このように特定の季節に着目し大気循 環・周辺の海と日本の気温との関係を考察し た研究はあるが,全ての季節について考察し た研究は少ない.日本の気候に影響を与える 大気循環・周辺の海との関係の包括的な理解 のためには,全ての季節において日本の気候 に影響を与える大気循環や周辺の SST との 関係を明らかにし,その季節変化に着目する 必要がある.本研究はその初期解析として日 本の気温に影響を与える大気循環と周辺の SST との関係を考察することを目的とする.

## 2. 使用データ・解析方法

使用データは日平均の NCEP/NCAR-1 再 解析データ(Kalnay et al. 1996), AMeDAS 気温データ, NOAA 1/4° OISST V2 データ (Reynolds et al. 2002) である. 解析期間は

#### 1982~2013年の32年間である.

まず詳細な季節変化を調べるため,月平均 ではなく半月平均した日本の気温の経年変 動に対し EOF 解析を行うことを全ての季節 に行った. その結果, どの季節も全国一様に 変動する第一モード(EOF1)の寄与率が60 ~80%と圧倒的に大きいため EOF1 に着目し た. EOF1 に対し大気循環と関係する成分と 残差成分に分け考察するため、以下のような 線形除去を行った. EOF1 index を同期間の 500hPa ジオポテンシャル高度場(Z500)に 回帰すると EOF1 と関係する大気循環パタ ーンが得られる.これと各年同期間の Z500 偏差場との空間相関を計算すると Z500 のう ち EOF1 大気循環パターンと関係する index (EOF1 SATatm) が得られる. さらに EOF1 index から EOF1 SATatm を引くと大気循環と 関係しない残差 index (EOF1 SATres) が得 られる.

ここで日本の気温と関係する大気循環に ついて,どの季節が AO, ENSO と最も関係 があるかを調べるため EOF1 SATatm と AO, Niño3.4 index との相関を計算することを全 ての季節に対し行った.その結果,11 月下 旬(11/17-12/01)に Niño3.4,12 月上旬 (12/02-12/16)に AO との相関が最も高かっ た.以001.000 2 つの期間でまま50 0005-10005



図 1 (a) 11 月下旬と(b) 12 月上旬の EOF1 SATres index を SST 場に同時回帰した回帰係数 分布図(線, 0.2°C間隔). 色は有意水準 90%以 上を表す.

## 3. 初冬の日本の気温に関係する

## 大気循環と SST

日本の気温と関係する大気循環とは関係 しない成分 (EOF1 SATres) を SST 場に回帰 すると両期間とも日本海に正のシグナルが 現れた(図 1a, 1b). 12月上旬の方がシグナ ルは強く範囲も広い.次に EOF1 SATatm を Z500に回帰すると11月下旬は日本の東方沖 に高気圧偏差,その北側に低気圧偏差という 西太平洋 (WP) パターン (Wallace and Gutzler 1981) が現れた(図 2a). WP パターンは ENSO と関連するパターンである (Yeh and Kirtman 2004). 一方, 12 月上旬は中緯度域 に高気圧偏差,北極域に低気圧偏差という AO パターンが現れた(図 2b). 同様に 925hPa 気温場(T925)に回帰すると、11 月下旬は 日本の気温は日本の南側の領域と相関があ るが(図 2c), 12 月上旬は中国大陸上と相 関がある(図2d).

次に SST 場に回帰すると 11 月下旬は ENSO パターン(図 3a), 12 月上旬は特徴 的なシグナルは見られなかった(図 3b).

また,帯状平均した東西風場と Eliassen Palm (EP) フラックス場に回帰すると,11 月下 旬は熱帯対流圏上部に東風偏差がある(図 3c).12月上旬は11月下旬に見られた熱帯 対流圏上部のシグナルは消え,高緯度成層圏 の西風偏差が大きくなる(図3d).EPフラ ックスは鉛直方向になり成層圏-対流圏結 合するシグナルである.

SATs\_EOF1\_atm vs Z500 17NOV-01DEC SATs\_EOF1\_atm vs Z500 02DEC-16DEC



図 2 (a) 11 月下旬と(b) 12 月上旬の EOF1 SATres index を Z500 場に同時回帰した回帰係数 分布図(線, 10m 間隔). 色は有意水準 90%以 上を表す. (c), (d) は (a), (b) と同じだ が T925 場(線, 0.5°C 間隔) である.



図3 (a), (b) は図2(a), (b) と同じだ がSST場(線, 0.2°C間隔)である.(c), (d) は(a), (b) と同じだが帯状平均東西風場(線, 0.5m/s間隔)とEPフラックス場(矢印, スケー ルは右下に表示, yまたはz成分が有意水準90% 以上あるもののみ表示)である.

## 4. 急激な大気循環の季節変化と

#### 気候場との関係

前章で半月季節が進行するだけで日本の 気温に関係する大気循環パターンが異なり, 残差成分と SST との関係もわずかだが変化 することを示した.この変化には気候場の季 節変化が影響すると考えられるため,両期間 の気候場の季節変化を調べた.

まず,12月上旬のSST場の方が残差成分 との相関が大きいことについて,気候値の SSTとT925との差を計算した.両期間とも 日本海で値が大きい(図4a,4b).両期間の 差を計算すると日本海で値が大きい(図4c). 気候値の顕熱・潜熱フラックスも同様の結果 であり,12月上旬の方が海から大気への熱 輸送量が大きい(図4d,4e,4f).

次に、大気循環パターンが大きく変化する ことについて、気候値の帯状平均温度、東西 風速、EP フラックスを計算した.35°N、 200hPa 付近を中心に強い西風(対流圏ジェ ット)、65°N、10hPa 付近にも強い西風(極 夜ジェット)が存在する(図 5a,5b).両期 間の差は12 月下旬の方が高緯度成層圏を中 心に低温化することで南北温度勾配が大き くなり,極夜ジェットが強化される場となる ことが分かる(図 5c).これによって気候 場は極渦と関連する AO パターンへなりや すい場となる.

さらに、熱帯域の季節変化にも着目した. 両期間の各1ヶ月前の気候値のSST,両期間 の差を計算したところ,オーストラリア北部 の海域が高温になる(図 6a, 6b, 6c).その1 ヶ月後,同様の場所で対流活動が活発になる (図 6d, 6e, 6f).この場所の上空では風が発 散し北側(フィリピン沖)に高気圧偏差が存 在する.これは12月上旬に気候値のフィリ ピン沖の高気圧偏差が東進することを意味 し,東アジアや北米の波列も東進する.一方, ユーラシア大陸上の波列は日本付近を通過 しにくいパターンとなり,波活動度フラック ス(Plumb 1985)は日本付近で伝わりにくい 方向になる(図 6g, 6h, 6i).

#### 5. まとめ

日本の気候と影響する大気循環とSST と の関係,その季節変化を調べるため,15 日 間平均した日本の気温変動を大気循環と関 係する成分と残差成分に分け考察を行った. 日本の気温に影響する大気循環パターン (AO と ENSO)がそれぞれ1年の中で最も 関係する期間は11月下旬(ENSO)と12月 上旬(AO)であった.

残差成分は両期間とも日本海 SST と相関 があった.12 月上旬に相関が高い要因は気 候値の海から大気への熱輸送が大きくなる ことが示唆される.

また、日本の気温と関係する大気循環が半 月で異なるパターンになる要因は極夜によ り成層圏の南北温度勾配が増加し極夜ジェ ットが強化され AO になりやすい場になる、 熱帯対流活動域の東進に伴い波列パターン が変化することが示唆される.

今後これらの経年変動との関係を考察す る予定である.

#### 引用文献

Ando, Y., M. Ogi, and Y. Tachibana, 2014: Abnormal winter weather in Japan during 2012 was controlled by large-scale atmospheric and small-scale oceanic phenomena. *Mon. Wea. Rev.*, in press.

- Kalnay, E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437–471.
- Plumb, R. A., 1985: On the three-dimensional propagation of stationary waves. J. Atmos. Sci., 42, 217–229.
- Reynolds, R. W., N. A. Rayner, T. M. Smith, D. C. Stokes, and W. Wang, 2002: An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J. Climate*, 15, 1609–1625.
- Takano, Y., Y. Tachibana, and K. Iwamoto, 2008: Influences of Large-scale Atmospheric Circulation and Local Sea Surface Temperature on Convective Activity over the Sea of Japan in December. SOLA, 4, 113-116.
- Thompson, D. W. J., and J. M. Wallace, 1998: The Arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1297–1300.
- Yasunaka, Y., and K. Hanawa, 2008: Interannual Winter Temperature Variations over Japan and Their Relation to Large-Scale Atmospheric Circulation Field, *Tenki*, **55**, 149-158 (in Japanese).
- Yeh, S.-W., and B. P. Kirtman, 2004: The North Pacific Oscillation–ENSO and internal atmospheric variability, *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L13206.
- Wallace, J. M., and D. S. Gutzler, 1981: Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon.Wea. Rev.*, **109**, 784–812.



(a) 11 月下旬, (b) 12 月上旬の気候値の SST と T925 の差. (c) は (a) と同じだが 12 月下 図 4 旬と11月上旬の差. (d), (e)は(a), (b)と同じだが気候値の顕熱・潜熱フラックス. (f)は (c) と同じだが顕熱・潜熱フラックス. Climate of Zonal-Uwnd, Temp & E-P flux (17NOV-01DEC) Clim -Uwnd, Temp & E-P flux (02DEC-16DEC) Diff of Zo Temp & E-P flux (02DEC-16DEC) - (17NOV-01DEC)



図 5 (a) 11 月下旬, (b) 12 月上旬の気候値の帯状平均気温(線), 東西風(色), EP フラックス (矢印). (c) は (a) と同じだが 12 月下旬と 11 月上旬の差. Climate of SST (180CT-01NOV) Climate of SST (02NOV-16NOV)





図 6 (a) 11 月下旬, (b) 12 月上旬の気候値の SST. (c) は (a) と同じだが 12 月下旬と 11 月上 旬の差. (d), (e) は (a), (b) と同じだが気候値の外向き長波放射 (OLR). (f) は (c) と同 じだが OLR. (g), (h) は (a), (b) と同じだが気候値の帯状平均偏差 250hPa 流線関数 (ψ'250, 色),波活動度フラックス(矢印, Plumb 1985). (f)は(c)と同じだがψ'250(色),波活動度フ ラックス(矢印).