

過去 117 年間の PJ パターンの復元と数十年規模で変動する関係

久保田尚之¹, 小坂優², 謝尚平³

1: 海洋研究開発機構, 2: 東京大学先端科学技術研究センター, 3: カルフォルニア大学スクリプス海洋研究所

1. はじめに

日本の夏の天候を支配する太平洋高気圧がどの程度西に張り出すのかは、フィリピン海の積雲対流活動の活動度に依存することが指摘されている(Nitta 1987)。フィリピン海付近の低圧部と日本付近の高気圧とが逆位相の関係にあり、夏季西部北太平洋の代表的な気圧配置パターンである太平洋 - 日本(PJ)パターンとして知られている(Nitta 1987, Kosaka and Nakamura 2010)。

PJ パターンは、夏季に卓越する対流圏下層過度の南北ダイポール構造で特徴づけられ、西部北太平洋や東アジアモンスーンの年々変動パターンを表している(図 1a)。PJ パターンが正の夏は、フィリピン海付近が低気圧偏差、日本付近が高気圧偏差となり、フィリピン海から南シナ海の対流活動が活発になり、日本付近は猛暑で乾いた夏の傾向が見られる(図 1b-d)。一方で、PJ パターンが負の夏は、逆にフィリピン海から南シナ海の対流活動が不活発で、日本付近は冷夏多雨の傾向が見られる。

本研究では、PJ パターンを表す指標に地上気圧データを用いることで、1897 年まで遡り、より長期間の西部北太平洋や東アジアモンスーンの変動を明らかにすることにある。地上気圧のシーズン関係を用いて大規模循環場の年々変動を捉えた研究は、古くは南方振動(SOI)や北大西洋振動(NAO)に遡ること

ができる(Walker 1924)。

2. データと解析手法

地上気象データは日本の 13 か所の気温と横浜の気圧データを気象庁の 1897 年-2013 年のデータを用いた。台湾の恒春の気圧データを台湾気象局と気象庁の前身の中央気象台のデータの 1897 年-2013 年のデータを用いた。フィリピンの西部雨量として 5 地点の平均データをフィリピン気象庁とアメリカ統治時代のフィリピン気象月報の 1901 年-2013 年のデータを用いた。日本のコメ収穫量は農水省の統計資料を 1897 年-2013 年で用いた。長江の流量は The Global Runoff Data Centre, 56068 の Yichang 測候所の 1897 年-2010 年のデータを用いた。台湾と沖縄付近を通過した台風数は、Kubota and Chan (2009)の手法に基づいて台風を定義し、Joint Typhoon Warning Center、フィリピン気象月報、気象要覧の 1904 年-2013 年のデータを用いた。また、台風頻度は気象庁の 1951 年-2012 年ベストトラックデータを用いた。台風日は台風が半径 600km 以内に出現する日数と定義した。再解析やグリッド降水量データは JRA55 (1958 年-2012 年)(Ebita et al. 2011), CMAP(1979 年-2012 年)(Xie and Arkin 1997)を用いた。ENSO(エルニーニョ南方振動)の指標として、Niño3.4 の海面水温(1887 年-2012 年)からを HadSST3 (Kennedy et al. 2011)と SOI(1887 年-2012 年)は Trenbeth (1984)を用いた。

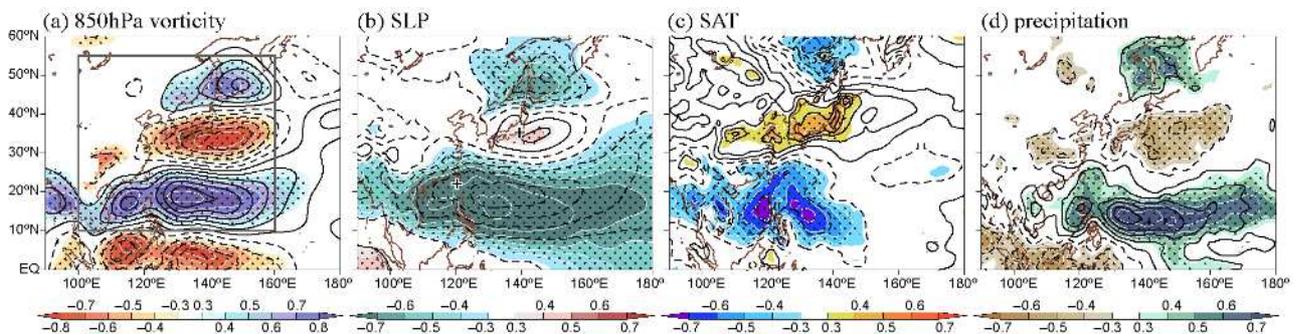


図 1 : JRA55 の夏季(6 - 8 月)850hPa 渦度(北緯 10°-55°,東経 100°-160° : (a)の四角)(1979 年-2009 年)の EOF 第 1 モードからの回帰(コンター)と相関(色コンター)。(a)850hPa 渦度, (b)海面気圧, (c)地上気温, (d)降水量を表し、(a-c)は JRA55, (d)は CMAP を用いた。PJ パターンの指標に用いた横浜と恒春は(b)で + 印で表す。

PJ パターンの指標は、図 1b の高気圧偏差の横浜と低気圧偏差の台湾の恒春を選び、規格化した 6 - 8 月平均の両地点での気圧差で定義した。

PJ パターンの指標 = 横浜(気圧) - 恒春(気圧)

850hPa 渦度の EOF 第 1 モードで得られた PJ パターンと地上気圧データで求めた PJ パターンの指標との相関は 1979 年-2009 年で 0.74 に達した。2 地点の気圧のシーソー関係から導いた PJ パターンの指標の妥当性を表している。

3. 結果

PJ パターンの指標は、気温や降水量以外にも幅広い気候要素と関係している。図 2 は、1979 年-2013 年について PJ パターンの指標、ENSO の指標、フィリピン西部夏季降水量、北日本の夏季気温、日本のコメ収穫量、台湾・沖縄を夏季通過する台風数、長江の夏季流量を表し、いずれも PJ パターンとの相関が高く有意である。PJ パターンが正の年は、気温や降水量以外に日本のコメの収穫量が多く、台湾・沖

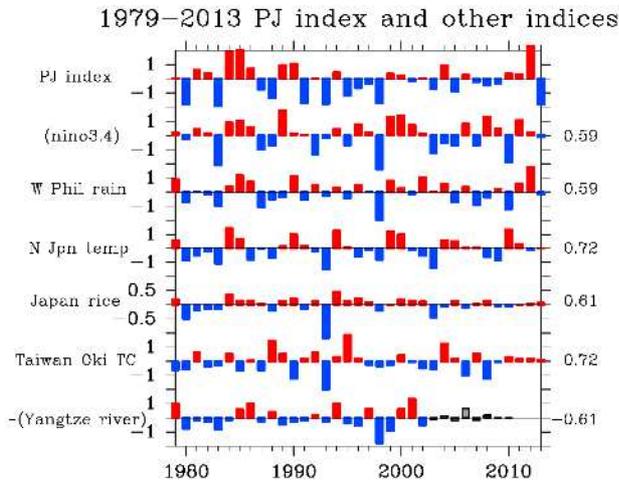


図 2 : 上から PJ パターンの指標、前冬(12 月 - 2 月)の Niño3.4 の海面水温偏差(符号逆転)(単位)、夏季(6 月 - 8 月)の西部フィリピン 5 地点の平均降水量偏差を規格化、夏季(6 月 - 8 月)北日本の気温偏差(単位)、夏季(6 月 - 8 月)台湾と沖縄を通過した台風数偏差を規格化、夏季(6 月 - 8 月)長江流量を規格化(符号逆転)。正偏差を赤、負偏差を青色棒で表す。右端の数字は PJ パターン指標との相関を表す。ただし、長江流量は 2002 年までの相関。灰色帽は 2003 年に完成した三峡ダム以降の値を表す。PJ パターン指標以外は 9 年移動平均からの偏差で表す。

縄を通過する台風数が多いことがわかる。一方で、負の年は長江流量が多く、1998 年の大洪水などが対応する。さらに、前冬の ENSO と相関が高く、エルニーニョ/ラニーニャの翌夏は PJ パターンの指標は負/正の年になる。Xie et al. (2009) はエルニーニョ翌夏のフィリピン海の対流活動の抑制は、ENSO の強制メカニズムを提案している。エルニーニョ時に熱帯インド洋の海面水温を暖め、ENSO 衰退後の夏季までインド洋の高海面水温は持続し、フィリピン海の対流活動を弱め、PJ の負パターンを強制する。

一方で、ENSO と熱帯インド洋の海面水温との関係は、1970 年代以前は翌夏まで持続しないことが指摘されている(Xie et al. 2010)。さらに長期の船舶の海面水温データを用いていることで、20 世紀前半は再び熱帯インド洋の海面水温との関係が翌夏まで続く数儒年変動が見られる(Chowdary et al. 2012)。この数十年変動は PJ パターンにも影響を与え、PJ パターン指標と前冬の ENSO との相関は、1970 年代以前は低くなり、1930 年代、1910 年代以前の 20 世紀前半に再び高くなる数十年規模で関係が変化している

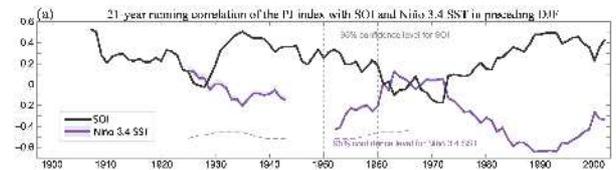


図 3 : PJ パターン指標と前冬(12 月 - 2 月)Niño3.4 の海面水温との相関(黒線)と SOI との相関(紫線)の 21 年移動相関を表す。95%有意水準は破線で示す。

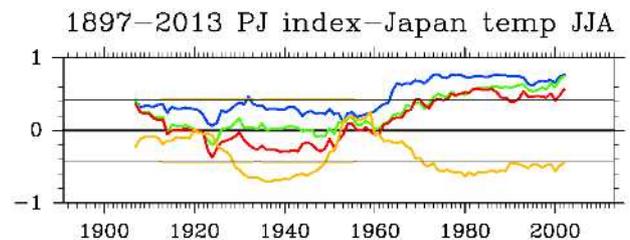
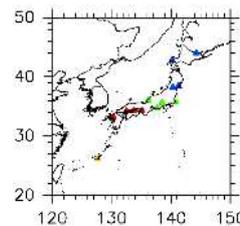


図 4 : 夏季(6 月 - 8 月)の気温と PJ パターン指標との 21 年移動相関(上図)。95%有意水準は細線で示し、北日本(青色)、東日本(緑色)、西日本(赤色)、南西諸島(朱色)で表す(上図)。用いた地点は、三角で示す(下図)。



(図 3)。PJ パターン指標と日本の夏の気温との相関が高いことは、図 1,2 で示したが、1897 年まで遡った長期の関係を図 4 に示した。北日本、東日本、西日本では 1960 年代以降で有意な正の相関が見られ、PJ パターンが正の年は猛暑になることを表している。一方で、南西諸島は負の有意な相関が見られ、逆に冷夏を表している。この関係は、1960 年代より前は不明瞭になり、1930 年代、1910 年より前に再び明瞭な関係が現れ、数十年規模で関係が変化している。

夏季(6月 8月)台湾や沖縄周辺を通過する台風頻度が最も多く、台風日は 8 日前後に達する(図 5)。1970 年代以降は、PJ パターンの正の年は台湾や沖縄周辺を通過する台風日がさらに 2 日増加する傾向が見られた。一方で、南西諸島の夏季気温が低いのは、台風が多く通り天気が悪いことと関連している。台湾や沖縄周辺を通過する台風は中国大陸や朝鮮半島に上陸する傾向があることがわかる。ただ、1970 年代より前は、PJ パターンとの回帰分布が異なり、PJ パターンの正の年はフィリピン北部を通過する台風が減少している。

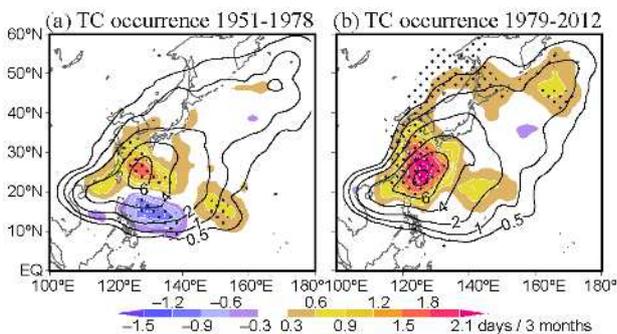


図 5：夏季(6月—8月)台風日の気候値(コンター)と台風日と PJ パターン指標との回帰(色コンター)を示す(a: 1951 年 - 1978 年, b: 1979 年 - 2012 年)。95%有意な範囲をハッチで示す。

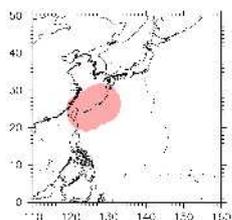
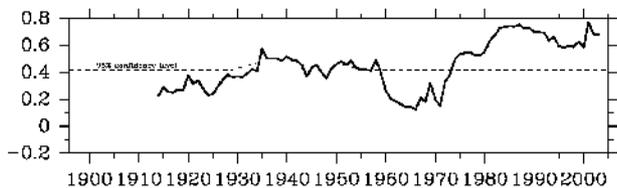


図 6：夏季(6月—8月)台湾・沖縄を通過する(ピンクのハッチ領域：下図)台風数と PJ パターン指標との 21 年移動相関(上図)。95%有意水準を破線で示す。

夏季(6月 8月)に台湾や沖縄周辺を通過する台風数と PJ パターン指標との関係を 1904 年まで遡ると、PJ パターンの正の年に台湾や沖縄周辺を通過する台風数が増加する正の有意な相関が 1970 年代以降に見られるだけでなく、1930 年代から 1950 年代もまた相関が高く、数十年規模での関係が変化している。

コメの収穫量は日照時間の長さが重要な要素とされている。日本のコメの単位面積あたりの収穫量と PJ パターン指標との相関を図 7 に示す。1970 年代以降は有意な正の相関が見られ、PJ パターンの正の年は収穫量が増え、日照時間の長い猛暑と対応している。本州の気温との関係と同じように 1960 年代以前は PJ パターン指標との関係が不明瞭になり、1910 年代に再び明瞭になっている。コメの収穫量には、気候の影響だけでなく、農業技術の進歩や品種改良による収量の増加や、国策による収量調整などの複合的な要因が含まれている。それにもかかわらず、気候要素である PJ パターン指標との関係が明瞭に見られることが興味深い。

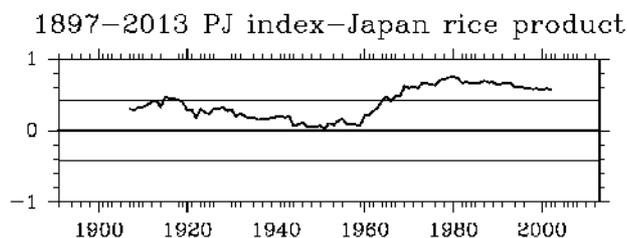


図 7：日本の 10a あたりのコメの収穫量と PJ パターン指標との 21 年移動相関を示す。95%有意水準を破線で示す。

4. まとめ

日本を含む夏季東・東南アジアモンスーンの代表的な気圧配置パターンであるフィリピン海付近が低気圧偏差、日本付近が高気圧偏差となる PJ パターンに着目し、2 地点の地上気圧データを用いてその差から定義した。地上気圧データを用いることで、1897 年まで過去 117 年間の PJ パターン指標を再現した。PJ パターンの指標と東・東南アジアの広域の夏季気温や降水量との高い相関だけでなく、日本のコメの収穫量、長江の夏季流量、台湾・沖縄を通過する台風数とも有意な関係がある。ENSO の翌夏の PJ パターンとの関係があり、エルニーニョ/ラニーニャの翌

夏はPJパターンの指標は負/正の年になる。

より長期の ENSO と翌夏の PJ パターンとの関係は、不明瞭な時期が 1920 年代、1940 年代から 1970 年代に見られ、数十年規模で関係の変化が見られる。これに対応して、日本の気温、台湾・沖縄を通過する台風数、日本のコメの収穫量との関係もまた数十年規模で変化していた。これは夏季東・東南アジアモンスーンの代表的な気圧配置パターンが数十年規模で変化していることを示唆しており、100 年規模の長期間の解析が可能となる長期観測データの復元の重要性を示している。

参考文献

Chowdary JS, Xie S-P, Tokinaga H, Okumura YM, Kubota H, Johnson N, Zheng X-T. 2012. Interdecadal Variations in ENSO Teleconnection to the Indo-Western Pacific for 1870–2007. *Journal of Climate* **25**: 1722–1744.

Ebita A, and Coauthors. 2011. The Japanese 55-year Reanalysis “JRA-55”: An interim report. *Sci. Online Lett. Atmos*, **7**: 149–152.

Kennedy JJ, Rayner NA, Smith RO, Parker DE, Saunby M. 2011. Reassessing biases and other uncertainties in sea surface temperature observations measured in situ since 1850 part 1: measurement and sampling errors. *J. Geophys. Res.* **116**: D14103. doi:10.1029/2010JD015218.

Kosaka Y, Nakamura H. 2010. Mechanisms of meridional teleconnection observed between a summer

monsoon system and a subtropical anticyclone. Part I: The Pacific–Japan pattern. *J. Climate* **23**: 5085–5108.

Kubota H, Chan JCL. 2009. Interdecadal variability of tropical cyclone landfall in the Philippines from 1902 to 2005. *Geophys. Res. Lett.* **36**: L12802. doi:10.1029/2009GL038108.

Nitta T. 1987. Convective activities in the tropical western Pacific and their impacts on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan* **65**: 165–171.

Trenberth KE. 1984. Signal versus noise in the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* **112**: 326–332.

Walker GT. 1924. Correlation in seasonal variations of weather, IX: A further study of world weather. *Mem. Indian Meteor. Dept.* **24**: 275–332.

Xie P, Arkin PA. 1997. Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **78**: 2539–2558.

Xie S-P, Hu K, Hafner J, Tokinaga H, Du Y, Huang G, Sampe T. 2009. Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño. *J. Climate* **22**: 730–747.

——, Du Y, Huang G, Zheng X-T, Tokinaga H, Hu K, Liu Q. 2010. Decadal shift in El Niño influences on Indo-western Pacific and East Asian climate in the 1970s. *J. Climate*. **23**: 3352–3368.

謝辞:本研究は、文部科学省 GRENE 事業・環境情報分野と気候変動リスク創生プログラム、地球環境総合推進費(2-1503)、JSPS 科研費(25282085, 25287120, 26220202)の支援により実施された。