

冬季東アジア域における大循環場の予測可能性

松枝末遠（筑波大学 CCS/University of Oxford）・経田正幸（気象庁気候情報課）

1. はじめに

これまでに大気大循環場の分類が多くの研究により行われてきた（例えば、Dawson and Palmer 2015; Ferranti et al. 2015; Wilson et al. 2013）。大循環場の持続性・再帰性により周辺地域に高温・低温、大雨、強風などをもたらすため、数値予報モデルが大循環場をどの程度予測できるのかを把握することは、減災の観点からも重要である。本研究では、冬季(11-3月)東アジア域(20°-60°N, 100°-170°E)の大循環場の予測可能性を、2週間先までを対象とする中期アンサンブル予報データにより探った。

2. 使用データ

大循環場の特定、および、実況の把握には、ERA-Interim (Dee et al. 2011, QJRM), APHRODITE (Yatagai et al. 2012, BAMS)を利用した。中期アンサンブル予報データとして、TIGGE データ (Swinbank et al., 2016)、および、NOAA GEFS 再予報データ (Hamill et al., 2013)を用いた。TIGGE データベースでは、世界の 10 の数値予報機関が日々行っているアンサンブル予報データが利用可能であるが、このうち、予測精度が高く、データができるだけ長期間利用できる、CMC(カナダ気象局)、ECMWF (欧州中期予報センター)、JMA (気象庁)、NCEP(米国環境予測局)、UKMO (英国気象局)のデータを利用した。

NOAA の GEFS 再予報は、NCEP のデータ同化システムと数値予報モデルを固定し、過去約 30 年間の中期アンサンブル予報を再度行ったものである。このため、しばしば数値予報システムが変更する現業アンサンブル予報(TIGGE)

データとは異なり、GEFS 再予報の精度は期間を通じてより均質であることが期待される(ただし、観測データの数が増加しているため、再予報の精度が期間を通じて完全に一樣になることはない)。TIGGE データについては 2006/07 年から 2013/14 年の冬季を、GEFS 再予報データについては 1985/86 年から 2013/14 年の冬季を解析対象とした。

3. 結果

冬季東アジア域の Z500 偏差 (ERA-Interim の 12UTC) の Principal Components(PCs)に対して、クラスター解析(k-means 法, Jung et al. 2005)を行うことで(詳細は、Matsueda and Kyouda (2016, 以下 KM2016)を参照)、統計的に有意な循環場として、Winter Monsoon(WM)、Western Pacific(WP)、High Pressure(HP)、Low Pressure(LP)、Southerly Flow(SF) の 5 パターンを特定した(図 1)。

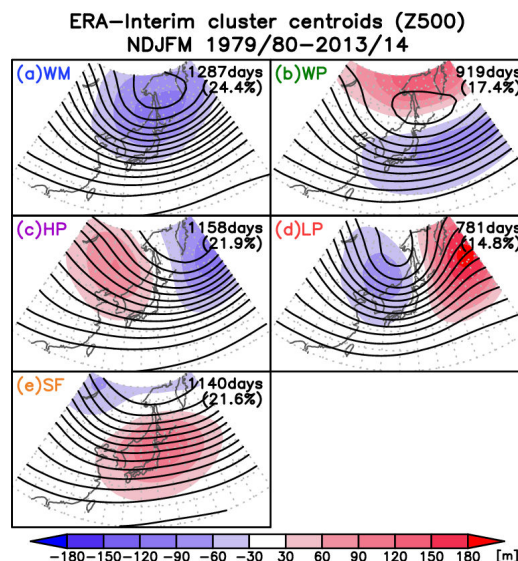


図 1 冬季東アジア域で卓越する大循環場 (ERA-Interim, 1979/80-2013/14)。

図2-4は、各循環場に対する海面更正気圧(SLP)、850hPa 風、850hPa 温度、降水のコンポジットである。WM 型(a)は、ユーラシア大陸から寒気が吹き出す西高東低の冬型パターンで、本州・北海道日本海側に正の降水(降雪)偏差をとまなう。WP 型(b)は、WM 型と同様に西高東低の冬の気圧配置をしているが、北海道の北東沖に正偏差を伴うため、低温偏差は主に西日本にみられ、正の降水(降雪)偏差は本州日本海側に限られる。HP 型(c)では、日本全域が高気圧で覆われ、負の降水偏差となる。LP 型(d)は、日本付近を低気圧が通過して(二つ玉低気圧が通過、あるいは、日本海または日本南岸を低気圧が通過)ため、HP 型と対比的に日本全域が正の降水偏差で覆われる。SF 型(e)では、日本列島に南から暖かく湿った空気が入り込み(日本の南西沖から南岸を低気圧が通過)、九州・四国全域と本州太平洋側に正の降水偏差が見られる。

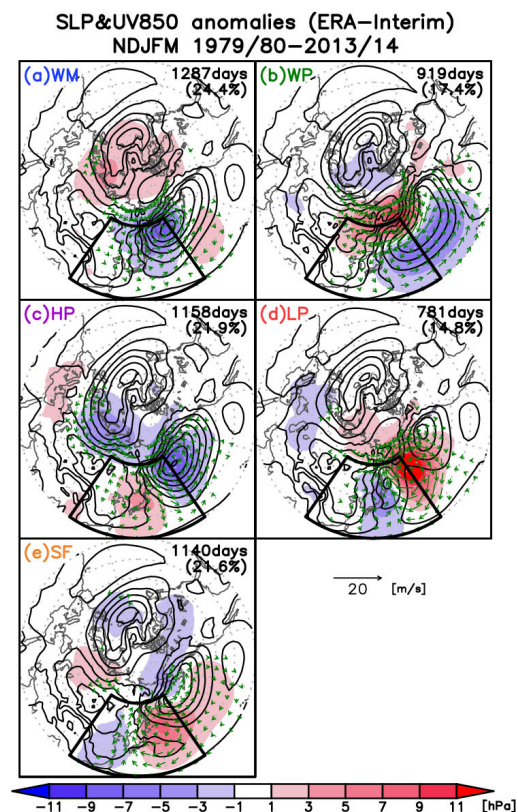


図2 各循環場に対する SLP 偏差(陰影)および 850hPa 風偏差(矢羽)の合成図。

各循環場の平均持続期間は、WP(LP)が最も長い(短い)4.0(2.3)日である。各循環場の出現頻度の年々変動には明瞭なトレンドは見られないが(MK2016 参照)、ENSO(表1)やマッデン・ジュリアン振動(MJO、図省略)の位相により出現頻度が有意に増減していた。

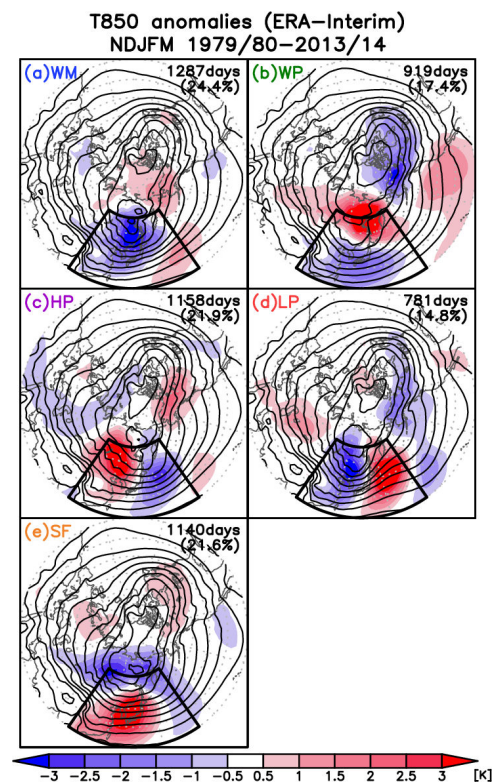


図3 図2と同じ。ただし、850hPa 温度(コンター)とその偏差(陰影)。

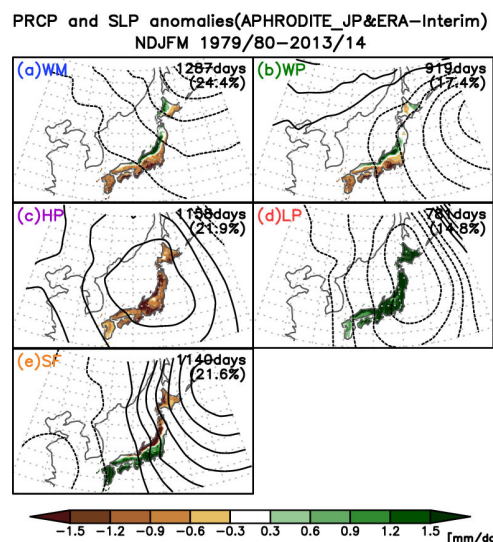


図4 図2と同じ。ただし、降水偏差(陰影)と SLP 偏差(コンター)。

	WM	WP	HP	LP	SF
El Nino	24.4%	10.2%	<u>25.5%</u>	12.6%	27.2%
Neutral	24.4%	20.3%	19.7%	15.4%	20.2%
La Nina	26.3%	14.7%	<u>26.0%</u>	15.0%	20.0%

表1 El Niño 月 (35 ヶ月)、Neutral 月 (112 ヶ月)、La Niña 月 (28 ヶ月) における循環場の出現頻度。太線(下線)は 95%(90%)で有意。

また、循環場間の遷移には、他地域には見られない東アジア域特有の偏りがみられた(図5)。この偏りにより、冬型の気圧配置に始まり、高低気圧が通過しやすい状態を経て、冬型の気圧配置に戻る WM(WP)→HP→SF→LP→WM(WP) という preferred circuit が 1979/80–2013/14 の間に 49 事例確認された。

from \ to	WM	WP	HP	LP	SF
WM	0.71	0.03	<u>0.13</u>	0.05	0.08
WP	0.03	0.76	<u>0.12</u>	0.05	0.04
HP	0.08	0.06	0.68	0.01	<u>0.17</u>
LP	<u>0.19</u>	<u>0.12</u>	0.03	0.56	0.10
SF	0.08	0.02	0.06	<u>0.20</u>	0.64

図5 循環場間の遷移頻度。

次に、数値モデルによる循環場の再現性と予測精度についてみた。モデルは、循環場間遷移について概ね共通したバイアスを持っているものの、予報時間とともにモデルによって異なる循環場を好むようになる(MK2016 参照)。

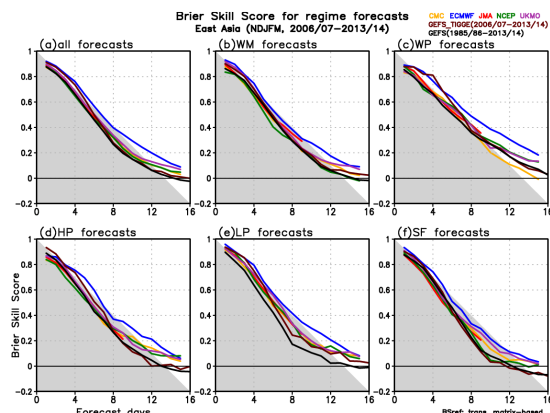


図6 (a)全循環場、(b)WM、(c)WP、(d)HP、(e)LP、(f)SFの確率予報に対するBSS(BSS=0で予報として価値がないことを表す)。色は各センター。

また、各循環場の確率予報の検証をブライアスキルスコア(BSS; Wilks 2011)により行った(図6)。平均持続期間の最も長いWPの予報が最も精度が高く(特にECMWF)、どのセンターのWP予報も平均して15日先まで価値があることが分かった。一方、SF予報が最も精度が低く、センター間の違いはあるものの、12日程度で予報の価値が無くなり始めることが分かった。これは、南岸低気圧の東進の予測がどのモデルにとっても難しいことを示唆する。

さらに、予報初期日におけるMJ0の活動度・位相による循環場確率予報の精度の違いを調べた(図7)。予報初期日にMJ0が活発(1-8)であれば予報精度が向上(低下)するのはWP予報、LP予報(WM予報、HP予報、SF予報)であった。しかしながら、予報初期日におけるMJ0の位相によっても、予報精度に違いが見られた。例えば、初期日のMJ0が活発の時に起こるWM予報の精度低下は、主にMJ0の位相が4-8のときに見られる。また、LP予報は初期日にMJ0が活発だと精度が向上するが、これは主にMJ0の位相が3-6のときによるもので、位相2の時はむしろ予報精度が著しく低下することが分かる。このように、MJ0の初期位相は東アジア域の循環場の予報精度を事前に知る指標となりうる。

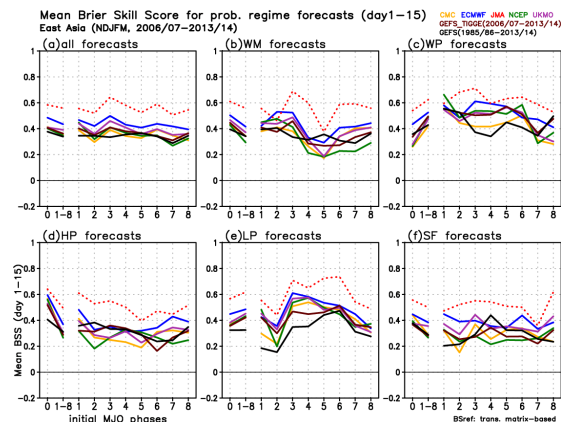


図7 (a)全循環場、(b)WM、(c)WP、(d)HP、(e)LP、(f)SFの確率予報に対する1-15日予報平均のBSS。横軸はMJ0の活動度(0:不活発, 1-8:活発)と位相(1から8)を、色は各センターを表す。

4. まとめ

本研究では、Z500 偏差の主成分に対して k-means 法を適用することで東アジア域の大気大循環場の分類を行った。Z500 偏差に対してクラスタリングを行うことで、我々に馴染みのあるいわゆる西高東低の冬型の気圧配置を力学的に異なる WM 型と WP 型に分類する事ができた (SLP 偏差に対する k-means 法ではうまく分離できない)。東アジア域での循環場間遷移の偏りは、他地域と比べるとユニークで、WM(WP)型に始まり WM(WP)型に戻る循環場の preferred circuit も特定された。

また、TIGGE データ、GEFS 再予報データにより 2 週間先までの循環場の予測可能性について調査した。どのモデルも、WP(SF) 確率予報について高い(低い)精度を示していた。予報精度は、予報初期日の MJO の活動度や位相にも依存しており、MJO が東アジア域の循環場の予報精度を事前に知る指標となりうる事が分かった。

参考文献

- Dawson, A. and T. N. Palmer, 2015: Simulating weather regimes: impact of model resolution and stochastic parameterization. *Clim. Dyn.*, **44**, 2177-2193.
- Dee, D. P., and 35 co-authors, 2011: The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **137**, 553-597.
- Ferranti L., S. Corti, and M. Janousek, 2015: Flow-dependent verification of the ECMWF ensemble over the Euro-Atlantic sector. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **141**, 916-924.
- Hamill, T. M., G. T. Bates, J. S. Whitaker, D. R. Murray, M. Fiorino, T. J. Galarneau, Jr., Y. Zhu, and W. Lapenta, 2013: NOAA's second-generation global medium-range ensemble reforecast data set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **94**, 1553-1565.
- Jung, T., T. N. Palmer, and G. J. Shutts, 2005: Influence of a stochastic parameterization on the frequency of occurrence of North Pacific weather regimes in the ECMWF model, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L23811.
- Matsueda, M., and M. Kyouda, 2016: Wintertime East Asian flow patterns and their predictability on medium-range timescales. *SOLA*, **12**, 121-126.
- Swinbank, R., M. Kyouda, P. Buchanan, L. Froude, T. M. Hamill, T. Hewson, J. H. Keller, M. Matsueda, J. Methven, F. Pappernberger, M. Scheuerer, H. Titley, M. Yamaguchi, and L. Wilson, 2015: The TIGGE Project and its Achievements. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **97**, 49-67.
- Wilks, D., 2011: *Statistical Methods in the Atmospheric Science. Third ed.*, Academic press: Oxford; 704 pp.
- Wilson, L., M. J. Manton, and S. T. Siems, 2013: Relationship between rainfall and weather regimes in south-eastern Queensland, Australia. *Int. J. Climatol.*, **33**, 979-991.
- Yatagai, A., K. Kamiguchi, O. Arakawa, A. Hamada, N. Yasutomi, and A. Kitoh, 2012: APHRODITE: Constructing a Long-term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia based on a Dense Network of Rain Gauges, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **93**, 1401-1415.