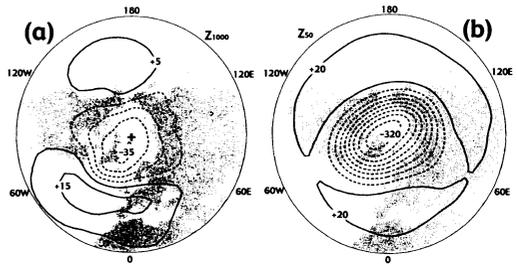


北極振動

北極振動 (Arctic Oscillation ; 以下 AO と記す) とは、第 1 図のような北極域と中緯度地域との間の気圧の振動を表す変動パターンである。松野太郎氏によれば、このパターン自体を最初に発見したのはオーストリアの Exner (1913) で、彼は 10 冬の月平均地表気圧データを用い、シベリア東部、スカンジナビア北部、グリーンランド西岸の 3 地点で平均した気圧を基準時系列に作成した相関図に、それを見出したのである。戦後彼の仕事は忘れ去られたが、このパターンは経験直交関数 (EOF) 解析により求まる最も卓越した海面気圧の長周期変動パターンとして、ここ 30 年余り広く知られていたものである。しかし、その大きな空間的拡がりには、そうしたパターンを抽出し易い同解析の数学的特性に起因した人為的なものとも考えられていた。

最近になって Thompson and Wallace (1998, 2000) は、海面気圧場の第 1 EOF として得られるこのパターンを AO と命名した。彼らは、特に冬季には AO が対流圏から成層圏にまで及ぶ極渦の強弱を表わすもので、ユーラシア北部の広大な領域に地上気温の変動をもたらすことを示し、実体のある重要な変動パターンだと主張した。その頃、Gong and Wang (1999) は南半球における極渦の強弱を示すパターン (南極振動) を発見したが、そのパターンと AO との形態的・力学的共通性に着目した Wallace (2000) は、両者を各半球の「環状モード (annular mode)」と名付けた。定常ロスビー波に伴うとされる既知のテレコネクションパターンとは対照的に、両者とも緯度円を取り巻くように環状な循環偏差を伴う東西一様性の高い大気固有の変動パターンと見なした。こうして彼は極渦の強弱と言う新しい視点から大気循環変動を捉え直したのだが、両者ともその力学は「東西平均流とそれに重畳する波動」という伝統的な枠組で理解可能なようである。



第 1 図 AO に伴う典型的な高度偏差場 (破線は負値). (a) 地表付近 1000-hPa 面高度 ($\pm 5, 15, 25, \dots$ m), (b) 下部成層圏 50-hPa 面高度 ($\pm 20, 60, 100, \dots$ m). AO 指数が正 (極渦が強い) の時の状態. Thompson and Wallace (2000) による.

但し、南半球の極渦変動において移動性高低気圧活動との相互作用が重要 (Limpasuvan and Hartmann, 1999) なのは対照的に、北半球では惑星波の上方・水平伝播と東西平均流 (極夜ジェット) との相互作用が重要となる (Hartmann *et al.*, 2000 ; Kimoto *et al.*, 2001)。

実は以前から、AO に関連すると思われる成層圏極渦や極夜ジェットの変動及びそれと対流圏循環の長周期変動との関連に、一部の研究者は着目していた。特に、火山噴火や太陽活動が成層圏循環へ与える影響を調査していた小寺らは、AO に伴う極域成層圏・対流圏の結合変動の実態をより動的に捉える先駆的研究を、10 年以上も前から展開してきた (Kodera *et al.*, 1990 ; 小寺, 1997 ; Kuroda and Kodera, 1999)。最近になって、Baldwin and Dunkerton (1999, 2001) や Thompson and Wallace (2001) も、AO のシグナルとしての成層圏極渦変動が、北半球中高緯度の対流圏循環にかなり持続的な影響を与える可能性を示している。

AO が短期間の間にこれほど脚光を浴びるようになった一因は、その絶妙なネーミングにあらう。だが、より重要な要因は、AO が上は成層圏から下は地上の

天候や海洋・海水・雪氷の変動まで、北半球中高緯度の広大な領域において、気候系の様々な構成要素の変動に影響を与え得ることであろう。実際、Wallaceらは、近年のユーラシア大陸の温暖化傾向や北極上空の極渦の強化(寒冷化)、オゾン総量の変化傾向等が、AOの変化傾向で説明できるとし、その重要性を強調した(Thompson *et al.*, 2000; Hartmann *et al.*, 2000)。興味深い事に、Shindell *et al.* (1999)による大循環モデルを用いた温暖化実験では、モデルに成層圏をきちんと組込むとAOの応答が顕著となり、北半球高緯度の地表付近の温暖化が強化されている。

このように、近年注目を集めているAOだが、その実体に関する論争は現在もなお続いている。殊に、周知の北大西洋振動(NAO)がAOに他ならないとしたWallace(2000)の主張は、Hoskinsらからの反論を招いている(Ambaum *et al.*, 2001)。彼らは、AOに伴う北極海(特に、ポーフォート海)の気圧偏差は、NAOとは別物だと考えている。一方、Honda and Nakamura(2001)は、AOに伴う北太平洋上の偏差は2月以降顕著となるアリューシャン・アイスランド両低気圧間のシーソー関係(AIS)の現われで、これがEOF解析により人為的に紛れ込んだ事を示し、Deser(2000)やHoskinsらの疑念を証明した。従って、AOが太平洋域の気候要素に与える影響の評価には十分な注意が必要である。また、Lorenz(1951)の発見した55°Nと35°Nとの帯状平均西風偏差の反転関係(index cycle)はAOの反映だとWallace(2000)は主張したが、そのかなりの部分がAISの寄与であることも示された(Honda and Nakamura, 2001)。即ち、帯状平均操作がAOに伴う環状の偏差のみを抽出するとは限らないのである。

最後に、冬季北半球中高緯度の気候循環の経年変動に占めるAOの位置についてまとめておこう。Honda and Nakamura(2001)によれば、AOに伴う変動の寄与は成層圏においては圧倒的で、地上気圧変動への寄与も他の偏差パターンを凌いでいる。しかし、定常ロスビー波の水平伝播の導波管となる対流圏上層・中層では、所謂PNA(Pacific/North American)パターンとその北大西洋への伸長に伴う波状偏差の寄与がAOの寄与を凌駕する。因みに、その波状偏差パターンは地表のAISに対応するものである。

なお、AOに関する解説は山崎(2001)にも与えられており、最新の研究動向は本田・山根(2002)が報告している。AISの詳細は中村ほか(2002)を参照され

たい。(東京大学/地球フロンティア 中村 尚)

参考文献

- Ambaum, M. H. P., B. Hoskins and D. B. Stephenson, 2001: Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation?, *J. Climate*, **14**, 3495-3507.
- Baldwin, M. P. and T. J. Dunkerton, 1999: Propagation of the Arctic Oscillation from the stratosphere to the troposphere, *J. Geophys. Res.*, **104**, 30937-30946.
- Baldwin, M. P. and T. J. Dunkerton, 2001: Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes, *Science*, **294**, 581-584.
- Deser, C., 2000: On the teleconnectivity of the "Arctic Oscillation", *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 779-782.
- Exner, F. M., 1913: Über monatliche Witterungsanomalien auf der nordlichen Erdhalfte im Winter, *Sitzb. Mathem.-Naturw. Kl., Acad. der Wissenschaften*, **CXXII, Bd. Abd, II a**, 1165-1240.
- Gong, D. and S. Wang, 1999: Definition of Antarctic oscillation index, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 1601-1604.
- Hartmann, D. L., J. M. Wallace, V. Limpasuvan and J. R. Holton, 2000: Can ozone depletion and global warming interact to produce rapid climate change?, *Proc. National Acad. Sci.*, **97**, 1412-1417.
- Honda, M. and H. Nakamura, 2001: Interannual seesaw between the Aleutian and Icelandic Lows: Part II: Its significance in the interannual variability over the winter-time Northern Hemisphere, *J. Climate*, **14**, 4512-4529.
- 本田明治, 山根省三, 2002: 「北極振動」をめぐる最近の動向—2001年米国地球物理学連合(AGU)秋季大会セッション「北極振動/北大西洋振動一定義とメカニズム」の報告一, *天気*, **49**, 661-666.
- Kimoto, M., F.-F. Jin, M. Watanabe and N. Yasutomi, 2001: Zonal-eddy coupling and a neutral mode theory for the Arctic Oscillation, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 737-740.
- Kodera, K., K. Yamazaki, M. Chiba and K. Shibata, 1990: Downward propagation of upper stratospheric mean zonal wind perturbations to the troposphere, *Geophys. Res. Lett.*, **17**, 1263-1266.
- 小寺邦彦, 1997: 太陽活動と中層大気の力学過程とその関係に関する研究, —1996年度日本気象学会賞受賞記念講演一, *天気*, **44**, 307-316.
- Kuroda, Y. and K. Kodera, 1999: Role of planetary waves in the stratosphere-troposphere coupled variability in the Northern Hemisphere, *Geophys. Res.*

- Let., 26, 2375-2378.
- Limpasuvan V. and D. L. Hartmann, 1999 : Eddies and the annular modes of climate variability, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 3133-3136.
- Lorenz, E. N., 1951 : Seasonal and irregular variations of the Northern Hemisphere sea-level pressure profile, *J. Meteor.*, 8, 52-29.
- 中村 尚, 本田明治, 山根省三, 大淵 濟, 2002 : アリューシャン・アイスランド両低気圧間のシーソー現象, *天気*, 49, 701-709.
- Shindell, D. T., R. L. Miller, G. V. Schmidt and L. Pan-dolfo, 1999 : Simulation of recent northern winter climate trends by greenhouse forcing, *Nature*, 399, 452-455.
- 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.
- Thompson, D. W. J. and J. M. Wallace, 2000 : Annular modes in the extratropical circulation. Part I : Month-to-month variability, *J. Climate*, 13, 1000-1016.
- Thompson, D. W. J., J. M. Wallace and G. C. Hegerl, 2000 : Annular modes in the extratropical circulation. Part II : Trends, *J. Climate*, 13, 1018-1036.
- Thompson, D. W. J. and J. M. Wallace, 2001 : Regional climate impacts of the Northern Hemisphere annular mode, *Science*, 293, 85-89.
- Wallace, J. M., 2000 : North Atlantic Oscillation/Annular Mode : Two paradigms-one phenomenon, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 791-805.
- 山崎孝治, 2001 : 北極振動 (Arctic Oscillation), 2000年秋季極域・寒冷域研究連絡会の報告, *天気*, 48, 426-428.



日本科学協会「平成15年度笹川科学研究助成」の募集

1. 対象領域

人文学, 社会科学および自然科学 (医学を除く) またはそれらの境界領域に関する研究. 申請区分は (1) 一般科学研究, (2) 学芸員・図書館司書等が行う研究, (3) 海洋・船舶科学研究.

2. 研究計画と助成額

単年度 (2003年4月1日~2004年2月10日) 内で研究が完了し成果を取りまとめられるもの. 助成額は1研究課題あたり年間100万円を限度とします.

3. 対象者

大学院生, これと同等以上の能力を有する者 (35歳以下), 大学・研究所・研究機関・教育機関等において研究活動に従事する者 (35歳以下), 博物館 (含

む類似施設) および図書館で研究活動に従事する学芸員・図書館司書等の職員.

4. 募集期間

2002年9月2日 (月) ~10月15日 (火) 必着

5. 申請先

(財)日本科学協会 笹川科学研究助成係

〒107-0052 東京都港区赤坂1-2-2

日本財団ビル5階

Tel : 03-6229-5365, Fax : 03-6229-5369

E-mail : jss@silver.ocn.ne.jp

申請書, 応募方法等詳細については

<http://www.jss.or.jp> または気象学会事務局まで.