



トピックス

季節予報と北半球に記録的な寒波をもたらした北極振動

気象庁は、2009年11月25日に発表した2009年12月から2010年2月までの季節予報(3ヶ月予報)において、暖冬傾向で日本海側の降雪は少ないと予想していました。しかし、北極振動の影響により北海道から北陸地方では記録的な大雪に見舞われました。本 Express ではこれらのメカニズムを解説します。

1. アンサンブル予報手法による季節予報

気象庁は1996年3月から気温、降水量などの季節予報を発表しています。季節予報には、表1のとおり、1か月予報、3か月予報、暖候期予報および寒候期予報の4種類があります。翌日の天気を予報する天気予報と異なり、断定的な予想は難しく確率的な予報が発表されます。

表1 季節予報の種類と内容

| 種類 | 発表日時 | 内容 | 予測手法 |
|-------|--------------------------|--|----------------------|
| 1か月予報 | 毎週金曜日、14時30分 | 1か月平均気温、第1週・第2週・第3~4週の平均気温、1か月合計降水量、1か月合計日照時間、日本海側の1か月合計降雪量(冬季のみ)の出現確率 | 数値予報(アンサンブル予報) |
| 3か月予報 | 毎月25日頃(22日~25日)、14時00分 | 3か月平均気温、3か月合計降水量、月ごとの平均気温、合計降水量、日本海側の3か月合計降雪量(冬季のみ)の出現確率 | 数値予報(アンサンブル予報)、統計的手法 |
| 暖候期予報 | 毎年2月25日頃(22日~25日)、14時00分 | 夏(6~8月)の平均気温、合計降水量、梅雨時期(6~7月、沖縄・奄美は5~6月)の合計降水量の出現確率 | 数値予報(アンサンブル予報)、統計的手法 |
| 寒候期予報 | 毎年9月25日頃(22日~25日)、14時00分 | 冬(12~2月)の平均気温、合計降水量、日本海側の合計降雪量の出現確率 | 数値予報(アンサンブル予報)、統計的手法 |

(出典:気象庁)

季節予報には、日々の天気予報と同じくコンピュータを用いた数値予報(キーワード)が用いられていますが、1週間先以上の天気や季節の予報になると初期の観測に含まれる誤差や計算手法に含まれる誤差、不確実性が増大し、天気予報のような断定的な予報が困難となります。そこで、それらの不確実性の要素を考慮したアンサンブル予報と呼ばれる手法が用いられ、1か月間あるいは3か月間の平均的な気温や降水量、天候等の大まかな傾向を確率的に表現します。アンサンブル予報では、図1のとおり、計算開始時の初期値にほんのわずかなズレを与えて何パターンもの数値計算を行います。図1のグラフの線一本一本がそれぞれの計算結果を表しており、7日目くらいを境に大きく計算結果がばらついていくことがわかります。これらのばらつきを確率的な表現として利用し、気温・降水量等を3つの階級(「低い(少ない)」「平年並」「高い(多い)」)に分け、それぞれの階級が現れる確率を数値で示します。

850hPa気温偏差 東日本 (135E-140E, 35N-37.5N)

850hPa temperature anomalies over Eastern Japan

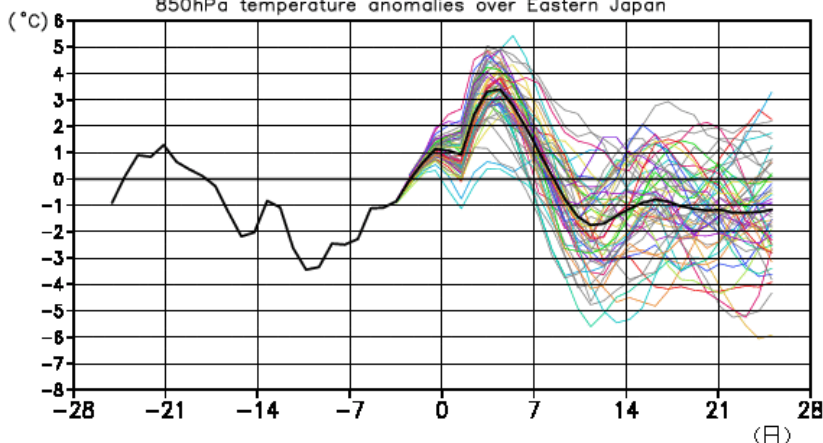


図1 アンサンブル予報のイメージ図

(出典:気象庁)

例えば、「気温が低くなる可能性(確率)は60%」という表現を用います。逆に40%は気温が低くないことを意味しているわけですから、それに対するリスクを考慮することが必要です。確率的な情報は、そのリスクの大きさを示し、利用者それぞれの状況に応じたリスク管理を可能にするものです。

2. 季節予報を困難にする北極振動

気象庁が2009年11月25日に発表した季節予報(2009年12月から2010年2月までの3ヶ月予報)では、「今年の冬は暖冬傾向で日本海側の降雪は少ない」という予想でしたが、実際は北極振動の影響で北海道から北陸まで記録的な大雪を記録するなど相当な冷え込みになりました。図2左図は、2009年11月10日から90日間の平均気温の平年(キーワード)差です。全体的にこの90日間では暖色系が卓越しており、全体的には平年に比べて暖かかったことを示しています。一方、図2右図は、2010年2月3日から5日間の平均気温の平年差で、北からの強い寒気により、ここ数日間は平年に比べて非常に寒かったことを示しています。このように、季節予報では季節全体の大まかな変化を知ることはできますが、北からの寒気の流入など時間スケールの短い事象の予測は現在まだ困難です。

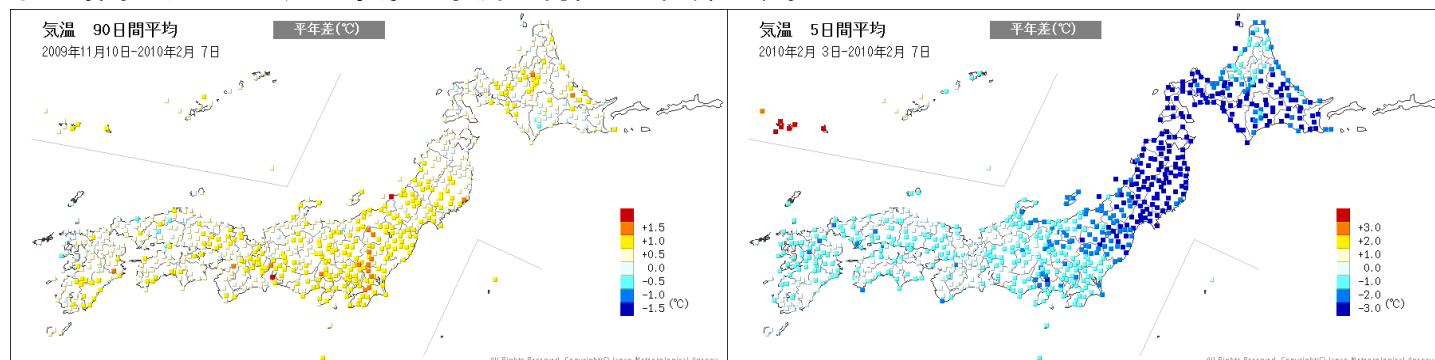


図2 2月7日前90日間気温平年差(左)と2月7日前5日間気温平年差(右)
(出典:気象庁)

北極振動(Arctic Oscillation)とは、米国ワシントン大学のトンプソン博士とウォーレス博士が1998年に命名したもので、冬季北半球に現れる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をいいます。北半球では、低緯度側で気圧が高く、高緯度側で低くなっており、極を中心とした低気圧ができます。この低気圧は年々強弱を繰り返しており、北極の冷気を広範囲に広げたり、狭めたりしています。この変動を北極振動と呼んでいます。

北極振動によって、気候が温暖な気候と寒冷な気候に変化しますが、温暖な気候では、ジェット気流の蛇行が少なく、冷たい北極域からの寒気がそれ以上南に流れ込んできません。一方、寒冷な気候では、ジェット気流が大きく蛇行し、これにともなって北極域から、北半球の様々なエリアに寒波が流れ込み低温・大雪をもたらしますが、北極に近いエリアでは逆に平年よりも気温が高くなります。

気象庁によると、2009年12月後半から2010年1月前半にかけて、ここ30年間で最も強い寒気の放出が1か月以上続きました。図3は、北極側から地球を見た、2009年12月の気温の平年差です。グリーンランド付近で平年よりかなり気温が高く、北アメリカ大陸、ユーラシア大陸付近で顕著に気温が低い様子がわかります。

米国ではワシントン DC において停電および公共交通機関の全面運休、欧州ではイギリス、フランス、ベルギーを結ぶユーロスターが低温により英仏海峡トンネル内にて立ち往生、アジアではソウル、北京で観測史上最大の積雪を記録、日本でも北海道から北陸を中心に記録的な積雪に見舞われました。

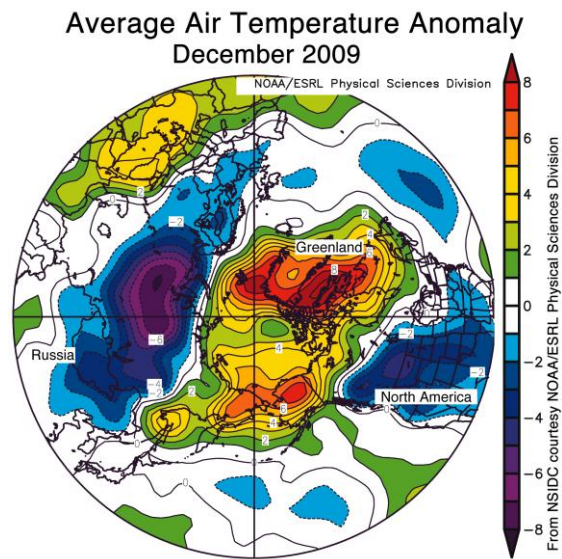


図3 2009年12月平均気温平年偏差

(出典: Image/photo courtesy of NOAA/ESRL Physical Sciences Division, supplied by the National Snow and Ice Data Center, University of Colorado, Boulder.)

3. 季節予報の精度を高める北極振動予測研究の動向と地球温暖化

これまで季節予報は、エルニーニョ・ラニーニャ現象といった熱帯の海洋現象を主たる根拠としており、日本は、エルニーニョの時に暖冬になる傾向、ラニーニャの時には寒冬になる傾向があるため、2009年夏のエルニーニョ発生によって、今年（2009年）の日本の冬は暖冬になりやすい状況でした。海洋は大気に比べて温まりにくく冷めにくい性質があるため、その温度変化は大気に比べると長い時間スケールとなります。この性質から数値モデル（大気海洋結合モデル）によって比較的良くエルニーニョ・ラニーニャを予測することができます。

一方、北極振動に伴う強い寒気の流入等の大気現象は、数週間から1カ月程度の持続性しかなく、エルニーニョ・ラニーニャのような海洋現象に比べて予測が困難です。しかしながら、冬の北極振動は非常に高い高度まで影響を与える大規模な現象であることから、成層圏における北極振動の影響が2カ月程度対流圏に影響を与えることが知られており、このことから、1～2ヶ月先までの予報を確率的に行い得るとみられ、更なる研究が進められています。

また、気候モデルによる温暖化シミュレーションによれば、温暖化の進捗に伴って熱帯海洋はエルニーニョ的に変化し、北極振動は正の変化、すなわちジェット気流の蛇行が少なく北からの寒気の流入は減少すると予測されています。実際に観測データにおいても1990年代後半までは北極振動には正のトレンドがあり、日本でも暖冬が続いたため、温暖化との関係が注目を集めました。しかし、それ以降そのトレンドはやや減少しており、温暖化と北極振動の関係はまだ十分解明されていません。

このように気象予報に関する様々な研究が進んだ現代において、より早く正確な情報を知り対策を実施することによって、気象災害による様々な経済的な損失を軽減できる可能性があります。コンピュータの高速化という技術発展とともに数値モデルの改良や観測データの品質維持等の努力の積み重ねによって、気象予報は大きく進歩してきました。現在の3日先の予報精度は1980年代の翌日の予報精度とほぼ同じレベルとなっています。同じように季節予報の精度も日々進化しており、研究者の挑戦が続けられています。

【キーワード】

・数値予報

数値予報は、物理学の方程式により、風や気温などの時間変化をコンピュータで計算して将来の大気の状態を予測する方法です。気象庁は1959年にわが国の官公庁として初めて科学計算用の大型コンピュータを導入し、数値予報業務を開始しました。数値予報は、まずコンピュータで取り扱いやすいように、規則正しく並んだ格子で大気を細かく覆い、そのひとつひとつの格子点の気圧、気温、風などの値を世界中から送られてくる観測データを使って求めます。これをもとに未来の気象状況の推移をコンピュータで計算します。この計算に用いるプログラムを「数値予報モデル」と呼んでいます(図4)。

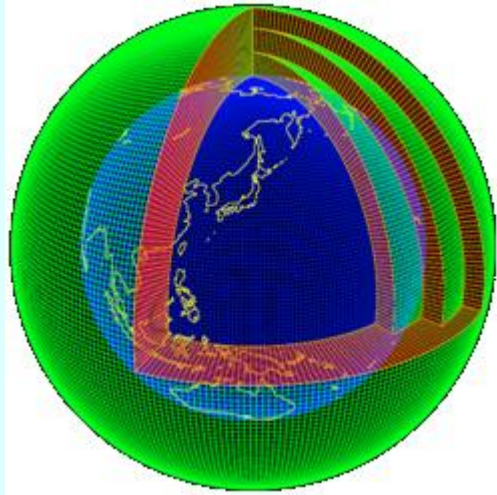


図4 数値予報モデルイメージ図
(出典:気象庁)

・平年

平年とは、平均的な気候状態を表すときの用語で、気象庁では30年間の平均値を用い、西暦年の1位の数字が1になる10年ごとに更新しています。従って2001年から2010年までは1971年から2000年までの平均値を用いていますが、2011年からは1981年から2010年までの平均値を用いています。

【参考文献】

気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

気象研究所 <http://www.mri-jma.go.jp/>

大橋正宏、田中博著(2009年)「地球温暖化予測モデルに見られる北極振動の解析的研究」天気 56 巻 9 号 P743~753

山崎孝治著(2005年)「北極は“ゆらぐ”ー北極振動が日本の気候に与える影響」科学 2005 年 10 月号