

2005年1月末の大西洋からアジアジェット沿いに伝播したロスビー波の実況と予報について

伊藤 明・前田 修平（気象庁・気候情報）

1. はじめに

ユーラシア大陸南部を東西に流れる亜熱帯ジェット（アジアジェット）は、定常ロスビー波の導波管として働く（Hoskins and Ambrizzi, 1993）。このため、何らかの原因で生成された定常ロスビー波がアジアジェットに沿って伝播しやすく、そのロスビー波は日本の天候にしばしば大きな影響を与える（佐藤ら, 2005）。

これまで、アジアジェット沿いの定常ロスビー波の生成については様々なメカニズムが示されており（例えば、Enomoto et al., 2003; Sato and Takahashi, 2003）、そのうちのいくつかには大西洋やヨーロッパの循環が関係している。佐藤ら（2005）は、大西洋からヨーロッパへ伝播したロスビー波が、アジアジェット入口で順圧的エネルギー変換により増幅しながら、アジアジェット導波管へ入るとした。Hsu and Lin（1992）も大西洋からヨーロッパを経てアジアジェット入口に達する波列を検出している。アジアジェットとヨーロッパとの間には、渦位の傾度が小さいためにロスビー波が伝播しにくい領域がある。このため、単純なロスビー波の伝播のみでは理解できないであろうが、これらの調査結果は大西洋～ヨーロッパの波列とアジアジェット沿いの波列を一連のものとして扱える可能性を示している。一方、Watanabe（2004）は、NAOに関係する地表面摩擦に伴う地中海付近の対流圏上層の発散がアジアジェット沿いの定常ロスビー波のソースとなると主張している。

メカニズムはどうであれ、これらの研究は

NAOやブロッキング高気圧など大西洋やヨーロッパにおける顕著な大気長周期変動が、アジアジェットに沿った定常ロスビー波の生成を介して日本の天候に大きな影響を与える可能性を示している。日本付近の異常気象やその予測可能性についてより深く理解するためには、これらのプロセスについて、事例解析も含めたより詳しい調査が必要である。

本調査では、2005年1月末から2月はじめにかけて観測されたアジアジェットに沿った定常ロスビー波を対象に、その生成メカニズムを調べた。その結果、大西洋のブロッキング高気圧がこのロスビー波の生成に深く関係していることがわかった。すなわち、このブロッキング高気圧がアジアジェット入口に向けてロスビー波を射出しつつ徐々に減衰した一方、ブロッキング高気圧から射出されたロスビー波がアジアジェット入口で西向きに屈折し、日本、さらに北太平洋まで伝播した。さらに気象庁の1か月数値予報によるその予測についても調べたところ、ブロッキング高気圧の減衰と、下流のロスビー波の伝播がよく予測されていた。なお、この定常ロスビー波は西日本を中心に低温をもたらしたが、気象庁はあらかじめこの低温を対象とする「天候情報」を発表して、農作物の管理などの注意を喚起していた。

本調査で使用する観測データは、特に断らない限り気象庁の気候監視用解析データであり、予報データについては気象庁の現業1か月予報モデル（T106L40）の結果である。また予報値の平年値は、数値予報モデルの精度評価等の

ために行った毎月末日を初期値とする 1984～1993 年の 10 年分の 5 メンバーの予報実験の合計 50 個の予報の平均値を用いた。

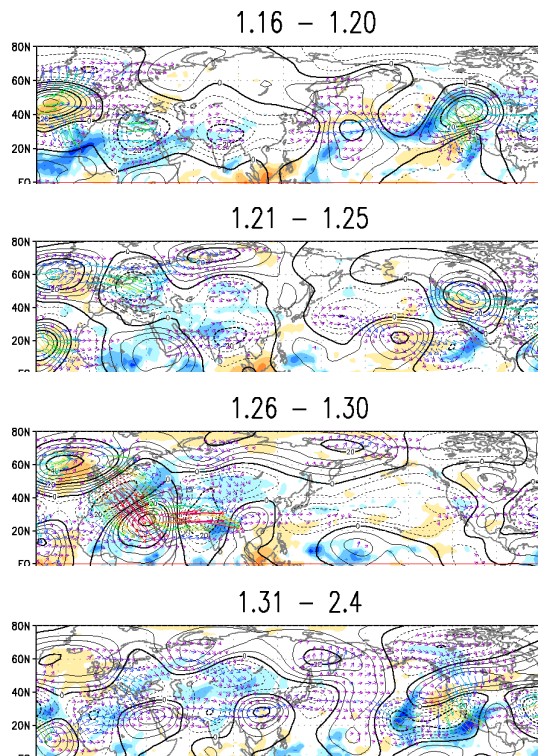
2. 実況経過

第 2.1 図に 1 月の第 4 半旬から 2 月の第 1 半旬（これ以降は第 7 半旬と呼ぶ）までの 200hPa 流線関数偏差と Takaya and Nakamura (2001) の定常ロスビー波の活動度フラックスを示す。1 月の第 4 半旬では大西洋にブロッキング高気圧が見られるが、アジアジェットが走るユーラシア大陸南部は広く低気圧性循環に覆われ波列構造は見られない。第 5 半旬には大西洋のブロッキング高気圧がやや北進して、ヨーロッパへ波の射出が見られトラフが形成されつつある。第 6 半旬にはヨーロッパのトラフから中東へ波が伝わりリッジが形成され、そこで波は西向きに屈折しアジアジェット沿いを伝播しており、日本付近にはトラフが形成されている。第 7 半旬には大西洋のブロッキング高気圧からアジアジェットを経て、太平洋へ抜ける半球的規模の波列構造が見られる。

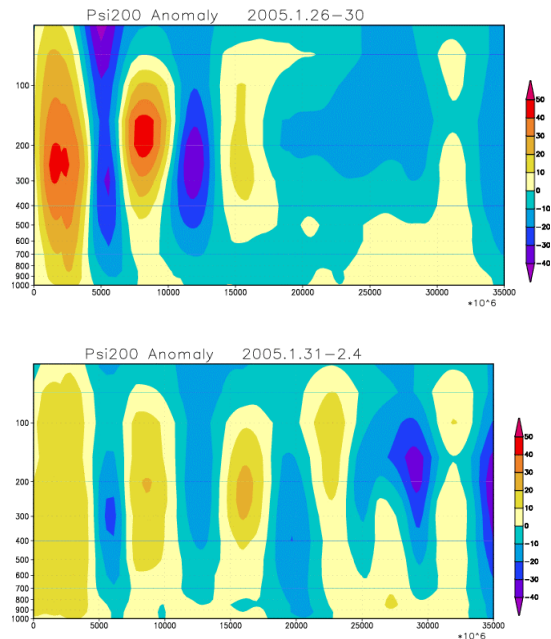
次に波列の鉛直構造を第 2.2 図に示す。第 6 半旬には大西洋のブロッキング高気圧からユーラシア大陸南部へ伝わり、第 7 半旬には太平洋まで波列構造が見られる。これらの波列は上部成層圏でもっとも振幅の大きい等価順圧的な構造をしている。

波列の時間変化をみるために、第 2.3 図に描いた波列の中心線に沿った 200hPa の流線関数偏差の時間断面図を第 2.4 図に示す。1 月下旬から 2 月初旬にかけて大西洋から太平洋にかけて、波長が約 8000km で、偏差の位相は時間的にほとんど変化しないが、偏差の中心が約 3000km/日の速度で伝播する明瞭な定常波列パターンが見られる。大西洋のブロッキング高気圧が 1 月下旬から 2 月上旬前半にかけて持続

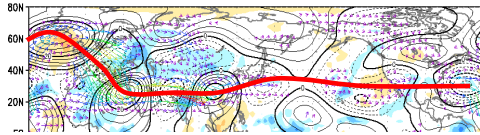
したことに対応し、この波列パターンも 10 日程度持続した。



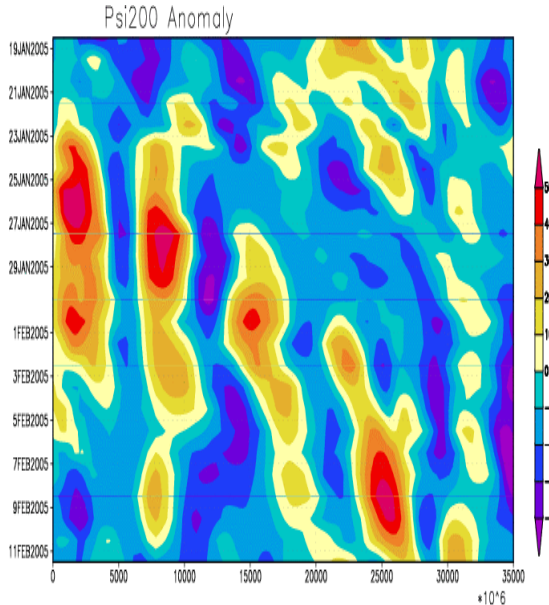
第 2.1 図 200hPa の流線関数偏差と Takaya and Nakamura (2001) の波の活動度フラックス 上から 1 月第 4 半旬、第 5 半旬、第 6 半旬、2 月第 1 半旬。



第 2.2 図 流線関数偏差の鉛直構造 上が第 6 半旬、下は第 7 半旬で下軸の 20000 が日本付近を示す。



第2.3図 第2.1図と同じ。ただし、1月27日から2月2日までの7日平均。



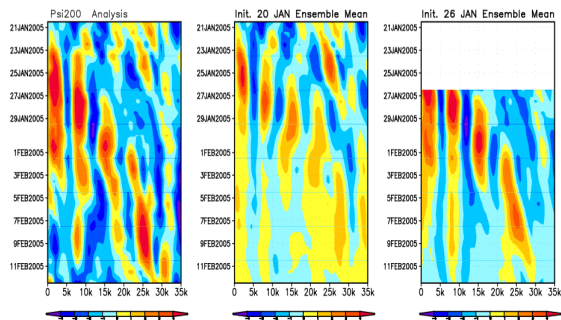
第2.4図 波列の中心線に沿った200hPa流線関数偏差の時間断面図

3. 現業1か月予報による予測

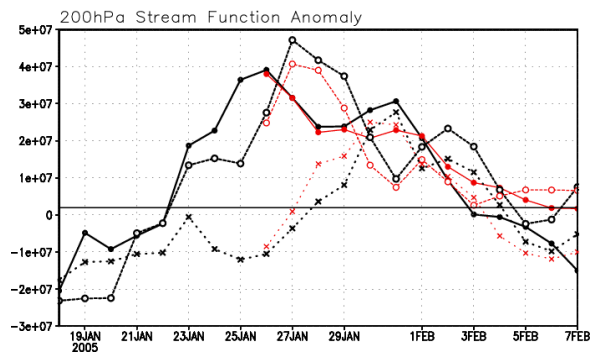
実況で見られた波列パターンが、現業1か月予報でどの程度予測されていたのだろうか。第2.4図と同様に第2.3図の波列の中心線に沿った時間断面図(第3.1図)をみると、1月20日初期値のアンサンブル平均予報ではアジアジェット上の波列構造を予報前半ではある程度予測している。ただし、今事例の特徴である大西洋のブロッキング高気圧が10日程度持続し、下流の偏差パターンにも同程度の持続性が見られることはあまりよく予測されていない。ブロッキング高気圧の発達弱く、衰弱も早いため、その下流の波列の持続も短い。一方、1月26日初期値の予報では、ブロッキング高気圧が徐々に減衰したことと、その下流の波列の持続がアンサンブル平均でもよく予測されている。第3.2図には、ブロッキング高気圧、アジアジェット上の中東と

中国南部のリッジの時間変化の予測を示す。ブロッキング高気圧に遅れて、中東のリッジ、さらに遅れて中国南部のリッジが発達、衰弱しており、その過程がアンサンブル平均でも予測できていることがわかる。

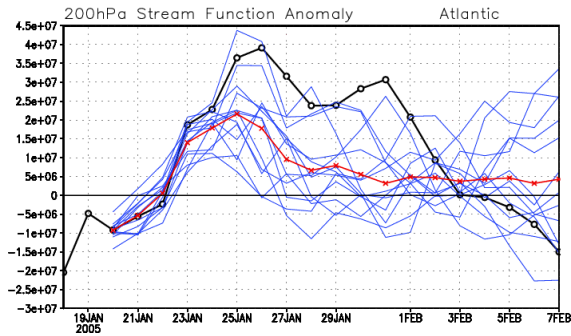
ブロッキング高気圧の立ち上がりと持続について1月20日初期値と26日初期値の各メンバーの予測を見る。1月20日初期値では、ブロッキング高気圧の立ち上がりは多くのメンバーで予測している。しかし十分には発達せず、また、早く衰弱しているメンバーが多い(第3.3図)。一方、1月26日初期値の予報では、ブロッキング高気圧のゆっくりとした減衰過程を多くのメンバーでうまく予測できている(第3.3図)。



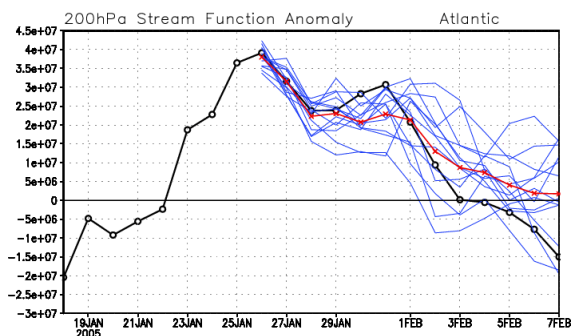
第3.1図 波列の中心線に沿った200hPa流線関数偏差予測の時間断面図 左から観測、1月20日初期値のアンサンブル平均、1月26日初期値のアンサンブル平均。



第3.2図 リッジの時間変化とその予測 実線は大西洋のブロッキング高気圧、破線は中東の高気圧、点線は中国南部の高気圧の観測(黒)とアンサンブル平均予測(赤)。



第3.3図 北大西洋で領域平均した1月20日初期値の200hPa流線関数の予測図 黒は観測、赤はアンサンブル平均、青は各メンバー。



第3.4図 第3.3図と同じ。ただし、1月26日初期値の予測。

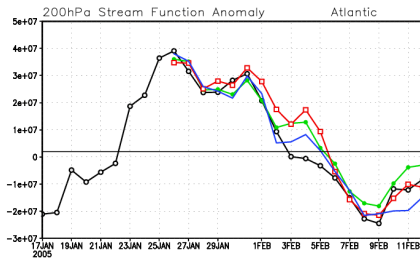
4. 議論

アジアジェットに沿って伝播する定常ロスビー波は日本の天候に大きな影響を与えるが、群速度が速くユーラシア大陸上を伝播するのに3~4日程度しかかからないことから、予測可能性という観点から考えると週間予報の範囲内の現象といえる。しかし、今事例では波源と見られる大西洋のブロッキング高気圧が10日程度持続し、その間波のエネルギーを射出し続けたことで下流の波列構造に持続性が見られた。このようなブロッキング高気圧のゆっくりとした減衰過程を予測できれば、ブロッキングの減衰時間+定常ロスビー波の伝播時間だけ予測可能性があることになる。すなわち、この過程は2週目以降の予報の重要な拠り所となる可能性がある。

そこで問題となるのは、はたしてブロッキン

グ高気圧の減衰時間は何が決めているかということである。Haines(1989)は、2層の準地衡風モデルを用いた数値実験により、モドン型のブロッキングの減衰にとってもっとも重要な過程は下流への定常ロスビー波の射出であり、減衰時間は主にブロッキングの外部領域における定常ロスビー波の群速度が決めるとした。群速度が速いほど定常ロスビー波が効果的にブロッキングからエネルギーを取り去ることができる、ということである。数値予報モデルでこの過程を正確に予測するには、定常ロスビー波の群速度に関わる風の2階微分まで含めたジェットの構造をきちんと再現する必要がある。

また、Haines(1989)はモデルの解像度に減衰時間が依存するという結果も得ている。その理由として、非線形過程とかブロッキングの内部領域と外部領域との混合過程がモデルの解像度によって変わるから、をあげている。1. で述べたとおり、大西洋・ヨーロッパのブロッキングとアジアジェットの入口の間には渦位の傾度が小さい領域があり、ロスビー波伝播の障壁となっている。モデルの解像度によって変わる可能性があるこの障壁の高さも、ブロッキングの減衰時間には重要であろう。そこで、現業1か月予報モデルの高解像度版(TL319L40)と低解像度版(TL95L40)を用いて今事例におけるブロッキングの減衰過程の予測における解像度依存性を調べた(第4.1図)。しかしながら、どのモデルもブロッキングの減衰を良く予測しており、今事例においては解像度による違いはほとんど見られなかった。少なくとも今事例におけるブロッキングの衰弱に関しては、TL95L40程度の解像度のモデルでも予測できるようである。



第4.1図 北大西洋で領域平均した200hPa流線関数の予測の解像度依存性 黒は観測、赤はTL319L40、青はTL106L40（現業モデル）、緑はTL95L40のそれぞれコントロールラン。

5. まとめ

本調査は、2005年1月末の西日本中心に低温となった事例について解析を行った。この低温は、大西洋のブロッキング高気圧からアジアジェット上を伝播する準定常なロスビー波によってもたらされたことがわかった。本事例の特徴は、大西洋のブロッキング高気圧が10日程度持続し、下流の波列にも同程度の持続性が見られたことである。

1月20日初期値の現業1か月予報では、アジアジェット上の波列を予報前半ではある程度予測していた。ただし、ブロッキング高気圧の発達が弱く、減衰も早いため、その下流の波列の持続も短い。一方、1月26日初期値の予報では、ブロッキング高気圧が徐々に減衰したことと、その下流の波列の持続がよく予測されていた。

参考文献

佐藤均、前田修平、伊藤明、2005：アジアジェットに補足された準定常ロスビー波と日本の天候。平成16年度「異常気象と長期変動」研究集会報告書。

Enomoto, T., B. J. Hoskins, and Y. Matsuda, 2003: The formation mechanism of the Bonin high in August. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 587, 157-178.

Haines, K., 1989: Baroclinic modons as prototypes for atmospheric blocking. *J. Atmos. Sci.*, 46, 3202-3218

Hoskins, B. J., and T. Ambrizzi, 1993: Rossby wave

propagation on a realistic longitudinally varying flow. *J. Atmos. Sci.*, 50, 1661-1671.

Hsu, H. - H., S.-H. Lin, 1992: Global teleconnections in the 250-mb streamfunction field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 1169-1190.

Sato, N. and M. Takahashi, 2003: Formation mechanism of vorticity anomalies on the subtropical jet in the midsummer Northern Hemisphere. *Theoretical and Applied Mechanics Japan*, 52, 109-115.

Takaya, K. and H. Nakamura, 2001: A Formulation of a Phase-Independent Wave-Activity Flux for Stationary and Migratory Quasigeostrophic Eddies on a Zonally Varying Basic Flow. *J. Atmos. Sci.*, 58, 608-627.

Watanabe, M., 2004: Asian jet waveguide and a downstream extension of the North Atlantic Oscillation. *J. Climate*, 17, 4674-4691.