

中高緯度における偏西風変動と異常気象について

高 谷 康太郎

Mean-Westerlies Variability and Anomalous Weather Conditions in the Extra-Tropics

TAKAYA Koutarou

1. はじめに

本稿では、中高緯度域における異常気象の発生のメカニズムについて、その物理的な側面から解説を行おうと思います。ただし、本紀要の読者層を考慮して、専門的な用語や概念はなるべく避け、可能な限り、「直感的な」説明で分かりやすく解説を行おうと思います。気象研究の専門的な見地からは、やや不正確な表現を行うかもしれませんが、理解しやすさを重視したための表現であることをご了承ください。

さて、本稿では天候・気候の変動について取り扱うわけですが、天候・気候は、常に揺れ動いているものです。我々は日々の天気は毎日変化している事を常に実感しています。日々の時間スケールだけでなく、例えば、「先月は暑かったが今月は涼しい」と言ったような、ひと月から数ヶ月に渡るような天候・気候の変動もあるでしょう。または、「昨年の冬は暖かかったが、今年の冬は寒さが厳しい」といったような、年単位での気候の変動もあります。もっと視点を長く取れば、この1万年ほどは地球規模で気候は穏やかです（その中で人類は文明を発達させてきたわけですが）、数万年前は世界中で氷河が発達するような厳しい寒さ（いわゆる「氷期」）の時代があったわけです。昨今、巨大な災害をもたらすような異常気象が頻発し、いわゆるSDGsの観点からも人為起源の地球温暖化や気候変動への対処策がよく議論されているのですが、別に人間活動による影響がなくとも、地球の天候・気候は常に変動しているということが言えるでしょう（人間活動がそれを増幅している可能性はもちろんあります）。いわゆる「異常気象」と呼ばれる現象は、このように常に存在している天候・気候の変動のうち、特に振幅の大きいものである、ということが出来ます。

一口に異常気象と言っても様々な現象が考えられます。2018年7月の西日本豪雨のような集中豪雨、

2019年12月から2020年2月の冬の大暖冬、または逆に干魃や寒波、それに熱波や冷夏など、様々挙げられるでしょう。このような様々な異常気象のうち、私は、いわゆる「長周期時間変動」、つまり時間スケールの長い異常気象を主に研究しています。この場合の「長周期」とは、だいたい2週間程度から数ヶ月程度、場合によっては1年以上の周期の時間スケールと考えて下さい。上記の例で言えば、「2019年12月から2020年2月の冬の大暖冬」の事例がそれにあたります。このような長周期の異常気象は、「大規模スケール」と呼ばれる、水平空間規模で数千から1万キロメートルくらいの大気循環の変動を伴っています。このスケールは、日本列島全域をほぼ覆うような領域から北半球規模のスケール、とも言い換えることが出来ます。私の取り扱っている異常気象は、このような時間・空間規模であるということをも押しさえておいて下さい。

さて、熱波にせよ寒波にせよ、影響の大きい異常気象が発生しますと、マスコミやインターネットのニュースサイトなどでは、その原因について言及した報道がなされます。エルニーニョ・ラニーニャなどの熱帯太平洋域の海面水温変動や、または熱帯インド洋のダイポール現象と呼ばれる海面水温変動などの熱帯域の要因が取り上げられることが多いようですが、他にも、北極海海氷の変動のような中高緯度の要因も取り上げられているようです。ただし、実際のところ、異常気象に関しましては——ひとつひとつの要因にはしっかりとそれなりの科学的根拠はあるのですが——、ただちに「原因はこれだ」と要因を特定する事は出来ないことがほとんどです¹⁾。気象現象は様々な要因が複雑に絡み合って変動していくものですから、そうそう簡単に原因が判明する事は少ないと言えるでしょう。ただし、中高緯度の気候に関しましては、異常気象の発生に伴って、ほぼ確実に起きている現象があります。それが、本稿で説明する「偏西風の南北蛇行」なのです。

本稿では、以下に、偏西風とその南北蛇行についてまず簡単に説明したのち、日本を含む極東中緯度域の冬季が平年より寒いときに観測される南北蛇行について、説明していきたいと思えます。

2. 偏西風の南北蛇行とそれに伴う異常気象の発生について

偏西風という言葉自体は、耳にされた方が多いと思えます。これは、南北両半球の中緯度域上空に常に吹いている西風のことで²⁾。偏西風の強さは季節により場所によりかなり変動します。例えば、大雑把な傾向としては、冬の方が強く吹き、夏は比較的弱い、などです。とはいえ、だいたい、中高緯度域の高度10km付近では、一年を通じて、常にこの西風が吹いていると思っていただいても間違いありません。日本付近では天気は西から東に変わっていく傾向が強い事をご存知だと思いますが、これも偏西風による影響です。

偏西風は気候的な境目でもあります。大雑把に言えば、偏西風の赤道側には暖かい空気が、極側には冷たい空気があります。同時に、詳しい説明は省きますが、偏西風の赤道側は高気圧、極側は低気

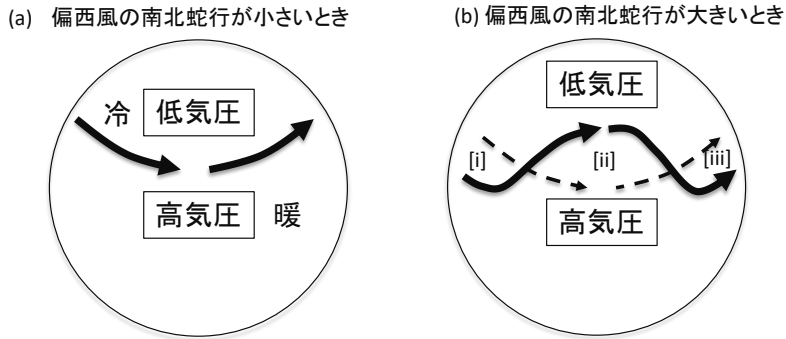


図1：なぜ偏西風の南北蛇行が異常気象をもたらすかの模式図。(a) 偏西風の南北蛇行が小さい通常の状態。(b) 偏西風が南北に大きく蛇行した状態。

圧でもあります。つまり、偏西風を境に、「赤道側：暖かい高気圧」、「極側：冷たい低気圧」と思ってください。

さて、ここで図1をご覧ください。これは、地球とその上空を吹く偏西風の模式図を示しています。(a)の状態では、偏西風の南北蛇行は小さく、北極を中心にして同心円状に近い形で風が吹いています。先も説明した通り、偏西風の赤道側と極側では、性質の違う空気が存在しています。ここで、偏西風が南北に大きく蛇行し、(b)のように吹いたとします。すると、[ii]の領域は、この領域は通常の(a)の状態では冷たい低気圧性の空気に覆われているのですが、偏西風が大きく南北蛇行している(b)の状態では、通常と異なり、暖かい高気圧に覆われていることとなります。一方、[i]と[iii]の領域では、通常の暖かい高気圧性の状態と異なり、偏西風の南北蛇行により、冷たい低気圧に覆われていることとなります。ここで、ある物理的条件を満たすと、この南北蛇行がずっと同じ位置に止まり続ける、ということが起こります。その時間スケールはだいたい2週間より長いものです。すると、各領域では、通常と異なる気候状況が長時間、持続するということとなります。これが、異常気象発生の基本メカニズムなのです。

中高緯度における異常気象の発生には、ほとんどの場合、この偏西風の南北蛇行が大きく関わっています。もちろん、その蛇行の仕方にはいろいろあり、中には言葉の正確な意味での「南北蛇行」と呼べるかどうかは微妙な例ももちろんあります。しかしそのような場合でも、偏西風が何らかの形で変動している事はほぼ間違いありません。つまり、異常気象を知るためには、南北蛇行を含む偏西風の変動を知る必要がある、ということになるのです。

3. 極東域へ強い寒波が襲来したときの偏西風南北蛇行のパターン

それでは以下に、偏西風南北蛇行と異常気象の発生の例を見ていきます。具体的には、日本を含む

極東中緯度域に強い寒波が襲来したときの、偏西風蛇行のパターンを見ていきましょう。

まず一つ目は、偏西風がユーラシア大陸上で強く南北蛇行するパターンです。図2をご覧ください。点線で平年（つまり通常）の偏西風の経路を表しています³⁾。通常状態でもやや南北蛇行していますが、それでも、ユーラシア大陸上では、西北西風がほぼ直進していることがわかります。この状態から、図2の実線で表したように、偏西風がユーラシア大陸上で南北に大きく蛇行したとします。つまりユーラシア大陸上で偏西風の分布が南北に大きく波打ち、ヨーロッパ方面と日本付近で偏西風が通常より南側を吹き、シベリア上で大きく北側にずれて吹くようなパターンです。このような偏西風のパターンが発現すると、日本や中国南部など極東中緯度域には強い寒波が襲来し、日本海側には大雪がもたらされることが分かっています。極東域での偏西風の南下が日本付近に寒波をもたらすメカニズムには、ヒマラヤ山脈の存在が大きいなど、これはこれで面白い説明があるのですが、ページ数の関係でここでは説明は省略します。ただ、図1での説明を思い起こしていただきますと、偏西風が日本付近で強く南下することにより、本来、極側にあった寒冷な空気が日本付近を覆い、これが寒気襲来なのである、とご理解いただけたと思います。

日本付近に寒波をもたらす偏西風の南北蛇行のパターンには、図2のようなものだけでなく、他のパターンもあります。図3をご覧ください。先程のパターンでは、偏西風はユーラシア大陸上で南北蛇行していましたが、このパターンの場合は、偏西風は極東域・北西太平洋域で強く蛇行しており、まるで偏西風の吹き方が「S」字のようになっています。日本北方では、もはや偏「西風」というよりは、南東の風になってしまっています。これはかなり強い偏西風蛇行なのですが、このようなパターンの場合も、日本付近には強い寒波が襲来するのです⁴⁾。

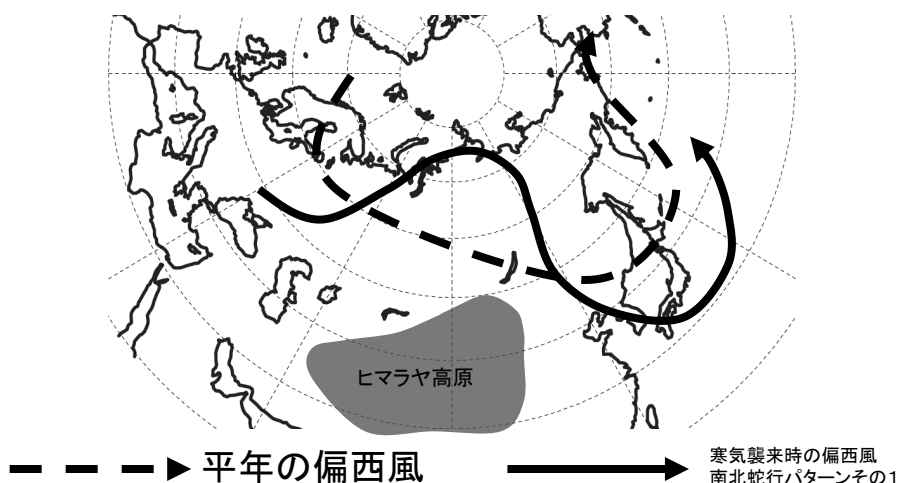


図2：日本を含む極東中緯度域に強い寒波が襲来する時の偏西風の南北蛇行のパターンの模式図その1。図中の点線が平年の、実線が寒気襲来時の、それぞれ偏西風の吹き方を表す。

さて、図2にせよ、図3にせよ、どちらのパターンを見ても、ある共通のことが言えると思います。特に図2に顕著なのですが、日本付近の異常気象を研究するためには、日本付近にだけ注目しては全体像を掴めない、ということです。図2のパターンの場合、偏西風の吹き方がユーラシア大陸上で「波打って」います。偏西風が平年より南下しているのは、極東域だけでなく、ヨーロッパ方面でも同様です。ですので、このパターンが発現した場合には、ヨーロッパ方面も強い寒波が襲来していることが多いのです⁵⁾。一方、シベリア域では偏西風は北側に偏っていますので、こちらでは異常高温が観測されることが多いです。日本付近で大雪の時に、シベリアで雨が降った、なんてこともあるようです。

図3の場合も、日本付近には寒波が襲来していますが、その北方のオホーツク海域では逆に平年より暖かい状況になっています。冬のオホーツク海は流水で有名ですが、このような状況ですと、流水の量は少なくなります。ですので、日本付近では寒さが続いているのに、北海道に行くと流水が少ない、という現象が起こるわけですが、これは不思議でもなんでもなく、偏西風が図3のように蛇行している場合はむしろ当たり前の現象であるわけです。

このように、日本付近で異常気象が発生している時期には、日本だけでなく世界の各地で異常が発生していることが多いのです。そしてそれらを繋ぐのが、偏西風の南北蛇行である、ということがお分かりいただけたらと思います。

なお、この原稿を作成時の2021年12月末、日本付近に「数年に一度」という強い寒波が襲来し、12月としては記録的な寒さと大雪をもたらしています。彦根などでは大雪で車が立ち往生するなど、社会的にも大きな影響が出ています。この寒波につきまして、詳細はこれからの解析待ちですが、ど

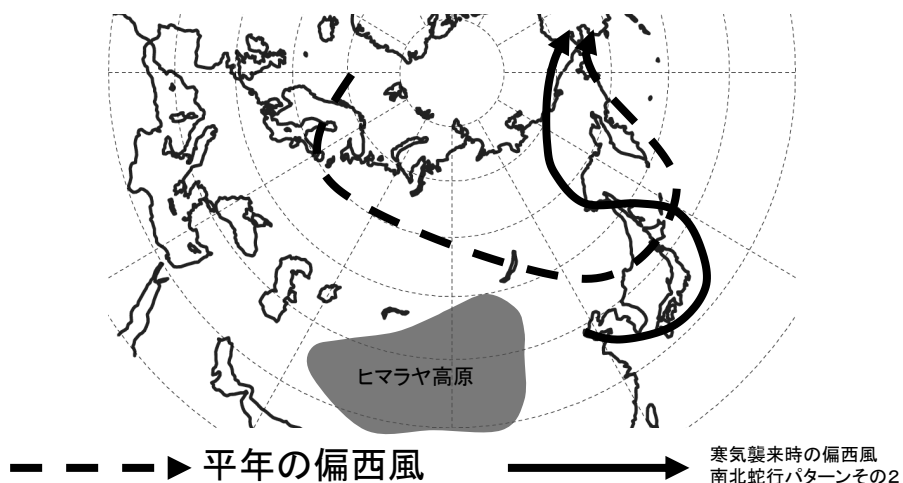


図3：日本を含む極東中緯度域に強い寒波が襲来する時の偏西風の南北蛇行のパターンの模式図その2。図中の点線が平年の、実線が寒気襲来時の、それぞれ偏西風の吹き方を表す。

うも、図2と図3のパターンが同時に起きたため、このような強い寒波の襲来となったようです。実際、記録に残るような過去の大寒波襲来時の大気変動のパターンを解析しますと、図2または図3が単独で起きている事はあまりなく、同時に起きていることが多いようです。

4. まとめにかえて

以上見てきました通り、異常気象の発生には、偏西風の南北蛇行が強く影響しています。本稿では冬季の日本付近に寒波が襲来した例を見てきましたが、逆に、日本付近が異常に暖かい冬に関しても、やはり違う種類の偏西風の蛇行が重要な役割を果たします。もちろん、日本付近だけでなく、地球上どこでも、中高緯度域でしたら、偏西風の南北蛇行、または変動を調査することが、気候変動や異常気象を研究することに繋がるわけです。これは冬季だけでなく、夏季でも全く同じことが言えます。平年より暑い夏、または寒い夏などについて、さらには梅雨前線による集中豪雨についても、偏西風は非常に大きな役割を果たしているのです。

さて、そうしますと、気象研究者が行わなければならない研究は比較的、明確です。まず、とある異常気象に伴う偏西風の蛇行のパターンを特定することです。天気・気象現象はあまりに身近すぎるのか、分かった気になってしまい、偏西風変動のパターンの特定が案外なされていない場合があるようです。上に挙げた、日本付近への寒波襲来の例では、偏西風南北蛇行のパターンは2つありました。同じ異常な気象現象でも、それをもたらす蛇行のパターンは複数ある可能性があり、それらをまずしっかり特定しなければなりません。

次に、その偏西風の南北蛇行がどこで始まり、どのように広がり、どの程度持続するかを、物理的に明らかにしなければ、気候変動や異常気象の発生範囲や時間経緯を把握できません。私の大きな研究テーマの一つもここにあります。

さらには、南北蛇行をもたらす要因を明らかにする必要があります。これが非常に難しいため、異常気象の予測はなかなか精度が上がらないと言えます。良く異常気象の原因として言及されるエルニーニョ現象・ラニーニャ現象なども、これらが直接に異常気象をもたらすというよりは、これらがまず偏西風の変動をもたらし、それにより、異常気象が発生するわけです。ところが、エルニーニョ現象・ラニーニャ現象がどのように偏西風の変動をもたらすのか、これだけの研究者が日夜研究を続けていても、あまり明らかではありません。統計的な関係はいろいろ言われていますが、物理的な説明が曖昧なままという大きな問題があります。現在、私はこの問題に取り組んでいます。つまり、エルニーニョなど異常気象をもたらすと言われている要因が、実際にどのように偏西風の南北蛇行をもたらすのか、その物理的なメカニズムを明らかにしたいわけです。この研究を通じて、予測精度が少しでも上がれば、社会的な貢献にも繋がるのではないかと期待しています。

2021年に真鍋淑郎氏が地球温暖化研究の業績によりノーベル物理学賞を受賞されたこともあり、昨今は、人間活動を原因とした地球温暖化や、それがもたらす気候変動についての話題が多く聞かれます。読者の中には、地球温暖化が異常気象にもたらす影響について興味のおありの方も多いかも知れません。実際、学生に「異常気象の原因ってなんだと思う？」と聞いてみますと、「地球温暖化」と答える学生も多いです。

しかし、今まで説明してきたことからもお分かりいただけると思いますが、異常気象の発生は偏西風の変動でもたらされるものですから、実は、地球温暖化と直接につながっているわけではありません。もちろん、人間活動がもたらした地球温暖化により、異常気象の発生確率などが大きく変わる可能性は十分にあります。ですが、本稿の初めの方でも述べた通り、人間活動がなくても気候は常に揺れ動くものであり、よって、異常気象は発生していたはずなんです。ですので、地球温暖化と異常気象の発生との関係性は、実は思われているほど明確ではない、ということをご理解いただきますと嬉しく思います。例えば大雨が発生した時、ほとんどの研究者が温暖化との関係について慎重な見方を示すと思いますが、それにはここで説明したような背景があるのです。

最後になりましたが、世界問題研究所におきまして、私の研究を紹介する機会を設けて下さいました、川合全弘所長はじめ関係者の皆様に心より感謝を申し上げます。異常気象などの気候変動は、場合によっては社会的な影響も大きい話題かと思しますので、専門外の皆様にも、本稿が何かのお役に立てるのであれば望外の喜びです。なるべく分かりやすいように記述したつもりですが、もし、分かりにくい点などがありましたら、私の記述力の不足だと思います。お詫び申し上げますとともに、質問などございましたら遠慮なくご連絡いただければと思います。どうもありがとうございました。

注

- 1) 余談ですが、研究者は自分が研究しているテーマ(要因)の影響が大きいと言いたい人種ですし、マスコミは原因を特定するような明確な話を好む傾向にありますので、両者の傾向が一致して、この異常気象は〇〇が原因で発生した、と断定するような記事が生まれてしまうようです。
- 2) 「西風」とは、「西から東に向かって吹く風」のことです。念のため。
- 3) 図1の例では、通常状態の偏西風はほぼ東に向かって一様に吹いていましたが、実際にはこの点線で表したように、通常状態でもやや南北蛇行しています。ただし、これは分かりやすさ優先で、やや誇張した表現であることにはご注意ください。異常気象の発生は、この通常状態からどれだけ偏西風の吹き方がずれるか、が焦点になります。
- 4) 手前味噌な話ですので文末注に記しますが、このパターンの発現時に日本付近に強い寒波が襲来することを初めて示したのが、私の研究(の一部)という事になります。もちろん経験的には、気象庁の方を中心に知られていたようですが、体系的に学術論文として指摘したのは初めてだったようです。
- 5) より正確に表現しますと、偏西風の南北蛇行は、西側から始まってだんだん東側に広がっていく性質がありますので、ヨーロッパ方面で寒波襲来の数日後に、極東域にも寒波がやってくる、という経過になります。

