

異常気象と地球を巡る風の異変

頻発する異常気象

山形俊男 Toshio YAMAGATA

(海洋研究開発機構アブリケーションラボ)

すいぶん前のことなので記憶がはっきりしないが、これは養和(1181~82年)の時代のことだったと思う。二年ほどつづいた飢饉のために、なんとも目をおおうような悲惨なことがおこったのだ。春から夏は日照りつづき、秋は台風と洪水の来襲と悪いことがかりで、穀物はことごとくみられない。春にたがやして夏にうえても、その努力はみみならず、秋の刈りいれ、冬の収穫という心おぼる結果につながらなかった。……飢えは日一日とふかまる。……土塀のかけや道ばたには飢えて死んだ数知れない人々の姿があった。死臭あふれるなかで変わりなして死骸の捨て場である鴨の河原などは、かわいそうな人々の遺体で埋め尽くされていて、馬や牛車を通る道もないほどだった。

(鴨長明「方丈記」、三木卓訳)

鴨長明が源氏と平氏の争乱期に起きた異常気象

度以上の日が1週間以上続き、それに合わせて酷暑死亡者数がどんどん増加した。しかし、中旬以降気温が急激に下がり、それに応じて死亡者数も急激に減った。ヨーロッパで起きたこの気温の劇的な変動は、インド洋で発生していたダイポールモード現象の発生と急激な消滅に関係していた。

2004年は、10個もの台風が日本に上陸した特異な年(台風は平均して毎年26個程度発生するが、そのうち上陸するのは3個程度)としてよく知られている。この年は、エルニーニョ現象の年と言われ冷夏が予想されていたが、実際はエルニーニョモード現象が発生し、日本は猛暑に襲われて熱中症の死者も多かった。エルニーニョモード現象は、この年の熱帯太平洋の異常な状況から筆者が名づけたものであるが、活発な研究が国際的に行われている。2005~2006年の冬は、日本海側は豪雪に見舞われたが、これは典型的なラニーニャ現象の影響である。2007年は、ラニーニャ現象が続いているところにダイポールモード現象が重なり、夏は猛暑となり、904名もの人びとが亡くなった。2010年は、ラニーニャ現象と負のダイポールモード現象の組み合わせとなり、496名が亡くなった。2013年の熱帯の状況は、この2010年と比べてよく似ていた。目を海外に転じると、オーストラリアの穀倉地帯はエルニーニョ現象やダイポールモード現象が起きるとはほぼ確実に干ばつに見舞われ、小麦の生産高が大きく減じることが明らかになっている。

を記述しているように、異常気象や極端現象が起きない時代はない。しかし、確実に進行する温暖化気体の濃度増大とそれに伴う地球温暖化の影響で、昨今、その発生頻度は高くなっている。異常気象の例としては夏季の異常高温、厳冬、豪雪、干ばつ、豪雨、台風発生数や強度の異常、竜巻の異常発生などがある。一例として夏季の高温による熱中症患者や死者数を見ると、都市のヒートアイランド効果もあって、近年急激に増大している。首都圏における統計によれば、最高気温が35度を超えると熱中症患者の死亡率は高まり、特に65歳以上の年齢層で急激に高まるということがわかつている。前期高齢者以上の年齢層が危ないのである。こうした異常気象や極端現象には地球を巡る風の異変が関係しているが、その発生しやすい期間や場所を、天気予報のような形であらかじめ予測できるならば、早期に対策を取ることができるので、

エルニーニョ(モドキ)現象、ラニーニャ(モドキ)現象、ダイポールモード現象

それでは前節で言及したエルニーニョ(モドキ)現象、ラニーニャ(モドキ)現象、ダイポールモード現象とはどういうものであるか。

地球はほぼ球形で、太陽の光が真上からあたる熱帯域は暖かい。暖められた大気は上昇し、それを補うように亜熱帯域の大気が南北の両方向から流れこむので大気の子午面循環が生まれる。その循環は地球の自転に影響される。大気が地球とともに回る速さは中緯度で毎秒約450メートルにも及ぶが、低緯度の大気はそれよりも速く地球とともに回転している。それで中緯度から低緯度に移動する大気は回転スピードに乗り遅れてしまう。これを赤道付近で見ると東風が吹くということになる。これが貿易風(偏東風)である。

貿易風は赤道付近の海水を風下側に運ぶが、同時に地球回転と海水の粘性の効果によって表層海水を北半球側(南半球側)では北方(南方)に吹き払うので、冷たい海水が赤道に沿って下層から湧く状況が生み出される。東方に運ばれた海水は、インドネシア周辺にある島の存在によってプロックされるので、その付近に温かい表層海水がほとんど貯まってしまう。この暖水プール上の大気は暖められるので上昇流が生まれ、そこに吹き込む東風が暖水プールをさらに強化する。こうして正のフィードバック機構を備えた大気と海の循環系

社会活動の面からも産業活動の面からもきわめて有効であろう。果たしてそれは可能なのだろうか。

異常気象と気候変動現象

2013年の夏は猛暑で、特に6月から9月にかけての西日本の気温は1946年以降最も高かった。多くの熱中症患者を出したことで記憶される年になるであろう。猛暑日数を見てみると1994年、2013年、2010年の順で多い。この3つの年は、後述するように、日本付近に猛暑をもたらす重要な気候変動現象が発生した年である。

一方で、1982年にはよく知られるエルニーニョ現象が発生したため日本は冷夏になり、熱中症による死者数は26人と少なかった(図1)。1993年は冷夏のために東北地方では不稔穂という稲穂に実が入らない作物となり、著しい不作の年としてよく知られている。この年には日本付近に冷夏をもたらすエルニーニョ現象が熱帯太平洋に、後述するように負のダイポールモード現象が熱帯インド洋で起きていた。当然、熱中症による死者数はきわめて少なかった。しかし、翌1994年は、インド洋熱帯域に正のダイポールモード現象が起き、猛暑により589名もの人が亡くなった(図2)。インド洋のラニーニャ現象ともいべき正のダイポールモード現象は、この1994年の日本の猛暑を研究する過程でインド洋熱帯域に現れた異常な大気海洋現象を発見し、筆者らが名づけたものである。フランスでは、2003年8月に35

が生まれる。海面水温が高いところは大気が軽く、気圧が低くなり、逆に冷たい水が湧いているところは海面水温が低く気圧が高い。赤道上では地球の回転効果は効かないので気圧の高いところから低いところに風が吹く。こうして貿易風はさらに強められるのである。

この太平洋西部に貯まった暖水プールが、時折、東に移動するのがエルニーニョ現象である(図3)。それにもなると海面気圧にも東西方向にダイポール構造をもった巨大な振動が現れる。これがエルニーニョ現象に伴う南方振動現象である。

暖水の移動に対応する気圧の大規模な東西振動(南方振動)は、インド気象庁長官ギルバートウォーカーが20世紀初頭に研究したが、発見者はZimbabwe誌を発刊したアマチユア天文家のロッキヤーである。大気の気圧の振動(南方振動)と海水の移動(エルニーニョ)が、一つの大気海洋結合現象だということを見抜いたのはルウエーの気象学者ヤコブ・ピヤルクネスであり、ようやく1960年代になってからである。

2004年のように西太平洋やペルー沖の海面水温が低く、エルニーニョ現象に一見して似ているが、全体としてはかなり違う現象が発生する時がある。これがエルニーニョモードキである(図1参照)。太平洋東側の冷たい海水が広がる現象はラニーニャ現象であり、エルニーニョ現象の逆である。熱帯太平洋の日付変更線あたりが冷え、西太平洋と東太平洋の水温が上昇するのは、ラニーニャモードキ

現象である。最近はこのラニーニャモード現象がよく起きている。

1985年から1995年にかけて熱帯の海と地球全体の大気を研究するTOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere) 計画があり、太平洋の海域に約70台のブイを展開した。これは国際的に最も成功した気候研究計画であるといわれているが、太平洋熱帯域の海面水温が世界の気温に影響するという重要な論文がその基礎になっている。

2013年、Nature誌上で地球の平均気温はこの十数年上昇していない理由を明らかにした論文が発表された。二酸化炭素の濃度上昇だけを考慮したシミュレーションではほとんど気温は上昇するが、太平洋熱帯域の海面水温の効果も考慮すると実際の気温に近いものが得られる。近年は熱帯太平洋の日付変更線付近が冷えるラニーニャモード現象が起きやすくなっているため、その影響で地球温暖化が止まってしまったように見えるということ

地球を巡る風の動きを観測し異常気象などの予測技術を向上させ、社会や産業に役立つ情報を提供し、人びとの生活を豊かにしていく。

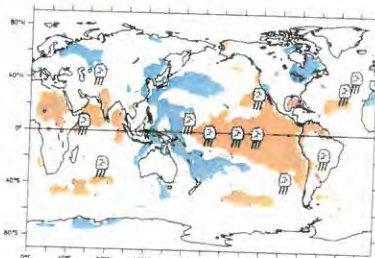


図1 エルニーニョ現象時の世界の夏の異常気象
青色(オレンジ色)部分は地上気温や海面水温の負(正)の偏差域を示す。斜線(雨雲)部分は降水量の負(正)の偏差域を示す。

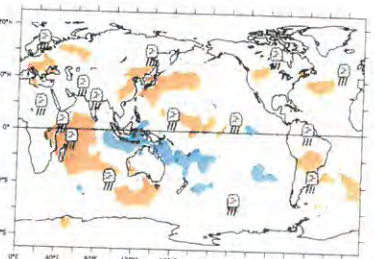


図2 ダイポールモード現象時の世界の夏の異常気象
青色(オレンジ色)部分は地上気温や海面水温の負(正)の偏差域を示す。斜線(雨雲)部分は降水量の負(正)の偏差域を示す。

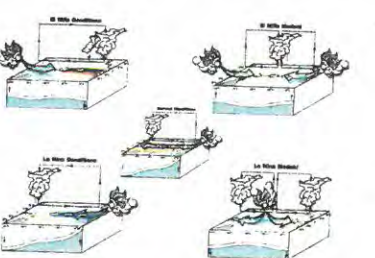


図3 太平洋熱帯域に発生する気候変動現象の模式図
左上はエルニーニョ現象、右上はエルニーニョモード現象、左下はラニーニャ現象、右下はラニーニャモード現象。気候値からの偏差を示している。中央の図は気候値を示す。この気候値に偏差を重ねたものが実際の現象になる。

ダイポールモード現象が起きた1994年と1997年には南方振動との相関が悪く、久しく信じられてきたエルニーニョ現象とインドの夏のモンスーン時の降雨量との関係を完全に壊してしまった。ギルバート、ウォーカーは、現代に生きていたならば、インドの夏の降水量変動と南方振動の関係は見つけられなかったはずである。地球の気候は進化しているので、世紀によって姿が違ってくる。これはやはり地球温暖化とそれに伴う海洋温暖化が原因だと考える。インド洋は、北にユーラシア大陸があり、極域、亜極域の海から遮断されているので、温まりやすい。海面水温が28度を越えるとそのうえで積雲活動が活発になり、海上風が強まって、逆に下層の冷たい海水が露出しやす

くなる。そうして空と海の結合が強まりダイポールモード現象が起きやすくなるのである。

季節予測科学の向上は未来社会を拓く

スーパーコンピュータと気候研究の進展は著しく、エルニーニョ現象とダイポールモード現象はコンピュータで再現できるようになった。私の研究グループは2005年に初めて2006年のダイポールモード現象を予測することに成功した。図5に示したが、気温(左コラム)と降水量(右コラム)に関して紫色の部分はほぼ完璧で、緑色の部分は60%くらいよい水準で予測できていた。熱帯付近では9カ月先の予測でさえもかなりよいことがわかる。

気候変動予測の応用範囲は主要穀物の収穫予測、極端現象予測と防災、マラリアや眠り病などの感染症対策など幅広い。食品業界、アパレル業界の関心も深い。海洋起源の気候変動の結果として起きる異常気象や極端現象は社会活動や産業活動に大きな影響を与えることから、その予測の科学と技術を向上させることはきわめて重要である。これは同時に具体的な対応策を講じることに貢献する。数カ月から1年先の気候情報を活用する新しい社会の扉がまさに開かれようとしているのである(図6)。



図6 季節予測科学が拓く未来の地球と人びとの良き生

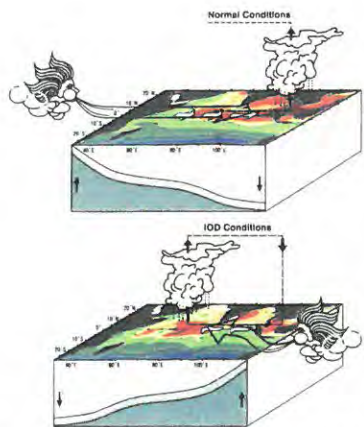


図4 インド洋のダイポールモード現象に伴う大気海洋の偏差の模式図

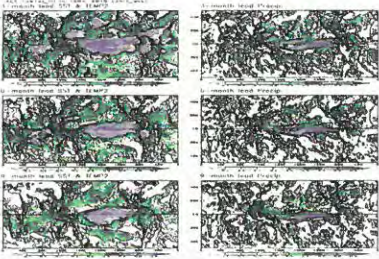


図5 大気海洋結合大循環モデル(海洋研究開発機構アプリケーションラボのSINTEX-F季節予測システム)を用いた気温と海面水温(左コラム)と降水量(右コラム)の予測精度
上段から順に、3カ月、6カ月、9カ月先の予測精度を示す。

注

(一) Pan, Y. H. and A. H. Oort, 1983. Global climate variations connected with sea surface temperature anomalies in the eastern tropical Pacific Ocean for the 1958-73 period. Mon. Wea. Rev. 111, 1244-1258.

(二) Kosaka, Y. and S. P. Xie, 2013. Recent global warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling. Nature, 501, 403-407.