

新しい気候変動現象の発見と最近の異常気象

国立研究開発法人 海洋研究開発機構
アプリケーションラボ 所長
山形 俊男 氏

1. 近年の異常気象とその背景

総務省の発表によると今年の熱中症による救急搬送数は6月末からの1週間で既に2847名と前週の3倍を超え、今後も急増が見込まれる。昨年の同時期にはまだ487名であり、7月中旬から8月上旬にピーク(12,064名/週)を迎えた。しかし8月10日を過ぎると急激に減少に転じており、この背景にはインド洋で起きていた正のダイポールモード現象の日本への猛暑の影響が、続く太平洋でのスーパーエルニーニョ現象の発達による冷却効果で相殺されるという、気候変動の要素があった。近年の記録的な猛暑-熱中症患者数の多い年(1994, 2004, 2007年など)には、ほぼ確実に熱帯太平洋やインド洋の気候モードが絡む。猛暑の他に10個の台風の襲来を受けた2004年には新型気候モードのエルニーニョ・モドキが、また、翌年2005-6年冬季の豪雪にはラニーニャ現象が関係したことが分かっている。

日本のみならずオーストラリアや東南アジアの近隣諸国で起こる様々な異常気象も、熱帯域の気候モードがその背景にあり、世界の社会経済に多くの影響を及ぼしている。2006年に起きたインド洋ダイポールモードはインドネシアやオーストラリアに大干ばつと山火事をもたらし、打撃を受けた小麦農家では自殺者が急増した。2011年のラニーニャ現象はタイの市街地に大洪水を引き起こし、被害総額は4500億円にのぼり、日本企業の工場は操業停止を余儀なくされた。2013年に発生した台風ハイエン(ヨランダ)はフィリピンに上陸し、強風と高潮による被害で死者・行方不明者は8000名を超えたが、巨大台風発生の背景にラニーニャ現象と数10年スケールでの太平洋振動(IPO)現象が見えてきた。このように各地に異常な季節をもたらす要因には、熱帯・亜熱帯起源の気候変動現象が深く関わっている。

2. 熱帯域に出現する気候変動モード

地球惑星という回転体の上に存在する大気や海水の流体運動には独自の物理が働き、

各地域・海域に特有の風系と海流をつくる。赤道・熱帯域では日射量が特に大きく、その膨大な熱を駆動力にダイナミックな大気海洋相互作用が働き、様々な気候モードを形成する。中でも太平洋は広く容量が大きいために蓄積する熱量が多く、海水温の効果によって形成される気候モード現象が全世界の広域に非常に大きな影響を及ぼす。近年の観測・モデルシミュレーション研究から、新しく様々な気候モードが発見されており、そのいくつかを紹介する。

ENSO (El Niño Southern Oscillation)

太平洋熱帯域の東西で平年と異なる海水温分布・大気循環パターンを示す現象であり、2-7年の周期を持つ自然変動である。通常西向きの貿易風に吹寄せられる暖水がインドネシアやフィリピン側に溜まり、上昇気流を発生させてその上空には定常的に雲をつくる。雨を降らして乾燥した大気は、その後上空を東向きに移動しペルー沖で下降流となり乾燥させる。ペルー沖の海洋では、表層の暖水が退いた分を埋めるように深いところから冷水が湧昇し、その際プランクトンの死骸などが分解した栄養塩をもたらすので、良い漁場が多い。ところが数年に一度（2-7年周期）貿易風が弱まり、暖水が西側から中・東部に移動してしまうと上昇気流の位置が変わり、大気循環のパターンも変わって、降水・乾燥地が入れ替わってしまう。この現象は最盛期のクリスマスの頃にピークになることが多く、ペルーやエクアドルの沿岸では大型の魚が獲れたり、砂漠に雨が降って花園になったりすることから、誕生間もないイエスキリストにちなんで、スペイン人たちにエルニーニョ（El Niño: 特別な男の子）と呼ばれるようになった。エルニーニョ現象は大気海洋結合現象のうち海洋側の現象を指している。海面気圧が東西でシーソーのように振れる大気側の現象は19世紀末に早く発見されており、南方振動（Southern Oscillation）と名付けられた。最近では海洋と大気の現象を総合して ENSO と呼ばれている。ENSO は熱帯太平洋の現象でありながら、大気を通じて世界各地に伝播し、不順な季節を引き起こす。エルニーニョ現象の反対の現象であるラニーニャ現象の時には通常よりも貿易風が強化され、季節が過度に強く現れる。

最近のエルニーニョ／ラニーニャ

近年、ENSO はその様相を変えてきている。私たちがエルニーニョ・モドキ、ラニーニャ・モドキと呼ぶ新しい現象の発生が増えて来た。エルニーニョ・モドキは、熱帯太平洋の中央部（日付変更線付近）に暖水が集まって上昇気流をつくり、上空で大気が東西に分かれて移動した後に西太平洋・ペルー沖の双方で下降気流となり、その地域を乾燥化する、1990年代に増加した現象である。一方のラニーニャ・モドキはその逆パ

ターンとなり、日付変更線付近が冷えて東西の両側が暖かくなる現象で 2000 年代に増加した。

1980 年代に太平洋中央部から東部の海面水温変動が数ヶ月後に世界の平均気温に影響することが分かってきた。エルニーニョ現象は太平洋熱帯域に溜まった熱を大気に吐き出す仕組みであり、一方でラニーニャ現象は大気を冷やす。IPCC 第 5 次レポートに報告されている人為起源の地球温暖化は 100 年間の長期傾向があるものの、1998 年頃から頭打ちのように停滞している。これは太平洋がこの期間全般にラニーニャ現象の頻発する状態にあり、大気を冷やす効果が働いて気温上昇を抑えていたことが明らかになった。一転して長期的にエルニーニョ現象が頻発する期間に移行した時に、ハイエイタスと呼ばれる温暖化停滞期が終わり、人為的な地球温暖化と相俟って気温上昇が強まることが懸念される。

インド洋ダイポールモード (IOD: Indian Ocean Dipole mode)

これは、海洋研究開発機構アプリケーションラボの山形俊男所長らのチームが 1999 年に発見した、インド洋版エルニーニョ/ラニーニャ現象ともいえる新しい気候モードであり、インド洋の東西で平年と異なる大気・海洋の循環パターンを示す。インド洋熱帯域では通常、東向きの風により暖水が東のインドネシア側に集まるが、正のダイポールモードが起きる年には風向きが逆転して西の東アフリカ沖に暖水を運びケニアなど東アフリカの周辺国に大雨や洪水を引き起こす。インドネシア側には湧昇が強まり、大気が冷やされ、下降気流が卓越して乾燥し、大規模な山火事が発生する。この現象は大気の波動伝播によるテレコネクション効果により、遠く日本に猛暑をもたらし、中東・ヨーロッパには熱波を引き起こす。1994 年は典型的な現象が起きた年である。

沿岸ニーニョ/ニーニャ

赤道域と大陸西岸には共に湧昇域があり、半世紀以上前に吉田耕造東大教授が初めて指摘したように海洋力学に相似性が認められる。最近、山形俊男所長らは中緯度の大陸西岸にもエルニーニョ/ラニーニャに似た現象が地域レベルで発生することを発見し、沿岸ニーニョ/ニーニャと名付けた。通常は湧昇の起こる冷たい沿岸域で沿岸ニーニョが起きると海水温が上昇し、海陸の気圧差が減少して大陸に沿った北風が弱化する。これが湧昇を更に弱め、海水温がより上昇するというフィードバック効果が働く。既に知られていた南アフリカのベンゲラに加えて、これまでにオーストラリア大陸西岸のニンガルー、北米大陸西岸のカリフォルニア、西アフリカのダカールで発見され、形成メカニズムや地域社会や産業への影響の研究が進められている。例えば、カリフォルニア・

ニーニョは深刻な山火事など地域の気象・農業・漁業に影響を及ぼしている可能性が高い。

3. 気候変動現象の予測

海洋研究開発機構アプリケーションラボでは大気海洋大循環モデル (SINTEX-F) を用いた気候変動予測システムを開発し、2005年から運用している。熱帯海洋起源の気候モードについては1年～数ヶ月前に予測することに成功している。今年の夏から冬にかけての予測結果では、今夏は弱いラニーニャ現象と負のダイポールモード現象が成長中であり、この2つのモードの組み合わせは2010、2013年に似ており、猛暑となる可能性がある。秋には負のダイポールモード現象が最盛期を迎えることで、東アフリカで干ばつ、スマトラ、ジャワ地域で大雨などが危惧される。冬になるとダイポールモード現象が消滅し、ラニーニャ現象、あるいはラニーニャ・モドキ現象が弱いながら最盛期に入る。予測ではラニーニャ・モドキ現象になり、日本は暖冬傾向になりそうである。

以上のように、エルニーニョ現象など海洋起源の数年スケールの気候変動 (Climate variability) 現象は、地球温暖化に代表される長期の気候変化 (Climate Change) の下で発生頻度だけでなく、モード自体も変調し、進化している。その結果として起きる季節の異常と極端現象が、社会・産業活動に大きな影響を与え始めた。近未来にエルニーニョ現象が頻発する長期フェーズに入ると、地球温暖化はさらに強く顕れ、異常気象、極端現象が一層増加することが予想される。高精度の気候予測システムや予測応用プログラムを社会の様々な活動に活用していくことで、気候変動現象の影響緩和・適応策、持続可能な社会の実現に貢献することが可能となってきた。今を生きる私たちが100年後の温暖化 (気候変化) 予想を検証することは難しいが、季節の変調を引き起こす気候変動現象の予測・検証は十分可能であり、予測科学として非常に重要である。しかし、わが国では、残念ながら気候変動と気候変化の概念が混同され、文字通りの意味での気候変動現象への対策を著しく遅らせている。両者をはっきりと区別し、対応する施策を混同しないことが大切である。洪水や干ばつ対策、農業政策、感染症対策といった人間の安全保障のためにも、季節・気候変動予測を社会に公開し、予測の検証を行い、それをフィードバックさせながらモデルを高度化していくことが必要である。今こそ予測サイエンスと社会・政治が密接にリンクしなければならない。

質疑応答

(Q1) エルニーニョ・モドキ/ラニーニャ・モドキの構造、高い海水温の位置はどこか？

(A1) エルニーニョ・モドキでは太平洋の東西両側から風が赤道域中央に暖水を運ぶの

で、まさに風の吹き溜まりの所。中央部では混合層が厚くなる。混合層が厚くなると下層から冷やす効率が悪くなり、ますます暖まっていく。

(Q2) 熱中症患者の数と気候変化との関係について、1994年正のダイポールモード以降熱中症患者が急増しているように見える、モードが変わったのか？

熱中症という認識が変わった結果か？

(A2) 総務省がこの種の統計を取り始めたのはこの数年であり、それ以前は全国統計への関心が低かったようだ。しかし、こうした統計には非常に興味深い傾向を読み取ることができるので貴重である。統計への関心度の変化の他に、都市化や国土開発、あるいは高齢化といった問題も含まれるかもしれない。高齢人口が増加しているので患者数の増加傾向をさらに強化している可能性もある。

(Q3) グローバルな大規模災害とローカルな洪水・干ばつなどの災害の予測の信頼性、違いについて

(A3) まだ問題は多い。人々は日常生活の行動範囲でしか見ていないが、全国に展開する気象観測ネットワーク「アメダス」の膨大な長期データを気候変動研究にも活用することで、グローバルにアプローチすることが可能となると考えている。