

研究会「長期予報と大気大循環」の報告

ENSO とその影響 ～我々はどこまで理解し、予測できているのか？～

2014年12月3日に、長期予報研究連絡会が主催する研究会「長期予報と大気大循環」を気象庁にて開催した。今回は、“ENSO とその影響～我々はどこまで理解し、予測できているのか？～”というテーマで、9題の研究結果が発表された。本文では各発表の概略を紹介する。なお、発表要旨は後ろに付ける。

研究会の前半は、2014年の ENSO の実況と予測をレビューした後、予測と異なり本格的なエルニーニョ現象とならなかった要因や十年規模変動が ENSO 予測へ及ぼす影響などについて5題の発表が行われた。

はじめに、前田氏は気象庁が現業で行っているエルニーニョ現象の実況監視と予測結果について報告した。その中で、2014年4月の段階では、春先に発生した2度の西風バーストによって夏以降に本格的なエルニーニョ現象が発生することが、多くの機関で共通して予測されていたこと、しかし実際には、期待された正の大気・海洋相互が働かず、本格的なエルニーニョ現象に発展しなかったこと、を示した。また、西風バーストによる暖水の東進以降、熱帯域太平洋の北半球側で海面水温が高く、南半球側で低い状態が強まり、それが風-蒸発-海面水温 (WES) フィードバックで維持されたこと、このことが記録的に高い全球平均海面水温に関与した可能性を示唆した。

その後、林氏は西風イベント (WWE) の発生時期及び経度と東部熱帯太平洋の暖まりかたの依存性について、大気海洋結合モデル (MIROC) を用いた実験結果に基づいて報告し、5月頃に与えた WWE が最も効率的に NINO.3 の海面水温を暖めることを示した。その理由として、水温躍層の構造が関係して、WWE に強制された暖水ケルビン波が NINO.3 の海面付近の水温を上げやすい時期であり、かつ熱帯収束帯の降水が強い時期であることが関係して、大気と海洋が正のフィードバックを起しやすいつ時期であることを挙げた。

次に、今田氏は、冷舌付近の冷水偏差がエルニーニョ現象の発達を妨げたこと、この冷水偏差は近年持続している負の位相の太平洋十年規模変動 (PDO) に関連して蓄積されている南半球の赤道の外側からの冷水の移流によってもたらされた可能性があることを大気海洋結合モデル (MIROC) を用いたインパクト実験により示唆した。

続いて Behera 氏は、海洋開発研究機構 (JAMSTEC) の大気海洋結合モデル (SINTEX-F) による ENSO 予測結果を示しつつ、地球温暖化のハイエイトスに影響している太平洋の十年規模変動が ENSO 自身とその予測可能性の十年規模変動に関係していることを示唆した。また、地球温暖化の影響がインド洋の海面水温の昇温などをおして ENSO の動向に影響を与えていること、2014年に関しては夏に発達した負のインド洋ダイポール現象 (IOD) も影響した可能性があることを示唆した。

前半の最後に安田氏は気象庁現業季節予報システムによる ENSO 予測の特性が十年規模で変動し、十年規模変動の位相がエルニーニョ側のときには NINO.3 の予測には負のバイアス、逆に近年のようにラニーニャ側のときには正のバイアスがあること、それらのバイアスは無視できない大きさであることを示した。また、これらのバイアスは予報時間の早い段階で発展し、大気・海洋の初期値と予測に用いる大気海洋結合モデルで力学的なバランスが取れていないことによる初期ショック的なものであることを示唆した。

後半の4題は、ENSO が熱帯太平洋以外の地域へ及ぼす影響や、海洋データ同化システムの今後の展望及び熱帯観測システムの現状などに関する研究の発表であった。

釜江氏は、大気海洋結合モデル (MIROC) による実験結果と観測データの解析から、夏季の陸上における猛暑の発生頻度の長期変化の要因について述べた。頻度の増加には、地球温暖化による海面水温の上昇に加え、海面水温の変化を介さない二酸化炭素濃度の増

加の直接的な影響、さらに太平洋や大西洋で卓越する十年規模変動も大きく寄与していることを示した。

次に、小坂氏は、観測データの解析と大気海洋結合モデルを用いた数値実験から、PJパターンは北インド洋海面水温偏差との大気海洋結合モードとしての性質があることを示した。PJパターンに伴う凝結加熱によって強制されたロスビー波の西進に伴い北インド洋でのモンスーン西風が変化し、その結果として海面水温が変化する。海面水温の変化はインド洋での大気加熱に影響し、それに伴う大気循環の変化がPJパターンの維持に寄与する。大気海洋結合モード的な性質を考慮すると、インド洋の適切な初期化により、PJパターンのさらなる予測精度の向上が期待できる。

続いて藤井氏は、2015年度に気象庁で現業での運用開始予定の次期季節予報システムについて海洋データ同化システムを中心に紹介した。次期システムの特徴は、大気・海洋モデルの高解像度化、海洋のグローバル化、海水の初期値化と予測などである。海洋データ同化については、次期システムにおける水温と塩分の鉛直プロファイルの推定の精緻化、将来的には大気海洋結合同化を目指す、ことなどを述べた。また、海洋観測データの影響評価についても報告した。

最後に植木氏は、熱帯太平洋の観測システムの一部で、ENSOの監視と予測にとって重要なTAOブイの観測数の2012年後半からの極端な低下をきっかけとして検討が始まった、GOOSのTPOS (Tropical Pacific Observing System)-2020について紹介した。TPOS-2020では、2020年以後の安定的な太平洋の海洋観測システムの構築について議論されている。インド洋で実施されているような多国間の協力による観測システムの構築、海洋グライダーなどの新しい観測手法の導入、海洋化学の観測などが議論の中心である。

会場となった気象庁3023会議室には、関心の高いテーマが選ばれたためか、気象庁関係者、大学や研究機関の研究者・学生、気象予報士など80名程度が参加し、立ち見が出るほどの盛況だった。幅広い内容で活発な議論が行われ、盛会のうちに今回の研究会を終えることができ、発表者および参加者の方々には深く感謝する。季節予報は大気海洋結合系の初期値問題であり、予測精度向上には、大気の専門家と海洋の専門家が知見を出し合って、研究・開発を進めることが重要である。その点で、大気のみならず海洋関係者が多く参加した今回の研究会は有意義であった。これを契機に、大気と海洋の研究・開発者の「相互理解」をさら

に深めつつ、大気と海洋の「相互作用」の研究やその成果に基づく予測技術の高度化を進めていきたい。

なお、今回の講演の拡張要旨については、本会のホームページ (<http://www.metsoc.jp/LINK/LongForc/index.html>) に掲載する予定なので、合わせてご覧いただければ幸いである。

事務局担当：伊藤・萱場（気象庁気候情報課）

【発表された題目および概要】

1. 2014年 ENSO の実況と予測

前田修平（気象庁気候情報課）

2014年4月の段階では、春先に発生した2度の強い西風バーストによって強制された振幅の大きな暖水ケルビン波が引き金となって、夏以降に本格的なエルニーニョ現象が発生することが予測された。この予測は、各気象機関や研究機関に共通した予測であった。しかし、実際には秋になっても本格的なエルニーニョ現象とはなっていない。本講演では、このENSOの動向に関わる2014年の大気・海洋の状況について概観する。

2. いつどこで起きる西風イベントが東部熱帯太平洋をよく暖めるか

林 未知也（東京大学大学院理学系研究科）

西風イベント (WWE) とは西部太平洋赤道域で1週間程度強い西風が持続する現象であり、海洋力学を介して、ときにエルニーニョ現象の引き金となると言われている。しかしながら、強いWWEが必ずしもエルニーニョ現象を引き起こすわけではなく、WWEに伴う海面水温の変動はWWEの特性に依存していることが考えられる。本研究では、大気海洋結合モデル (MIROC) を用いて、WWEを与える時期および経度に対する東部熱帯太平洋の暖まり方の依存性について調査した。その結果、WWEを与える時期や経度に対するNINO.3の海面水温の暖まりかたの依存性が確認され、特に、熱帯収束帯との相互作用を通じて、5月頃に与えるWWEが最も効率的にNINO.3の海面水温を暖めることが分かった。

3. 2014年夏のエルニーニョはなぜ成長しなかったか？

今田由紀子（気象研究所気候研究部）

2014年の初頭、各国の気象機関による季節予測は、引き続き夏以降に本格的なエルニーニョが発生するこ

とを予測していたが、その後冷舌付近で冷水偏差が発達し、エルニーニョの発達を妨げる結果となった。この冷水偏差がどのようなプロセスで張り出して来たのかは明らかになっていないが、大気海洋結合モデル(MIROC5.0)によるハインドキャストでは、2013年11月初期値の予測においてこの冷水偏差の発達を予測することに成功しており、エルニーニョが発達できないことを示していた。この予測ケースをもとに感度実験等を実施した結果、近年持続している太平洋十年規模変動の負位相に伴う南半球の偏差が2014年のケースに寄与していたことが示唆された。

4. The Unusual El Nino of 2014

Swadhin Behera・Takeshi Doi
(海洋研究開発機構)

2014年に発生したエルニーニョ現象は特異だった。多くの季節予報モデルが2014年3～4月にエルニーニョ現象が発生することを予測していた中で、海洋開発研究機構(JAMSTEC)の大気海洋結合モデル(SINTEX-F)も、2013年11月初期値で中程度のエルニーニョ現象を予測していた。一方、他の予報モデルのうちいくつかは、1997年のイベントに匹敵するほどの強いエルニーニョ現象を予測していた。2014年のエルニーニョ現象は6月までは順調に発達しており、インドモンスーンによる降水量が平年の58%と少ないなどの影響が見られた。しかしその後は、エルニーニョ現象の発達が停滞し、8～9月にかなり弱まったことは、モデルで予測することはできなかった。本研究では、2014年のエルニーニョ現象の発達初期の弱まりと熱帯太平洋の十年規模変動との関連について調査した。その結果、地球温暖化のハイエイタスの要因と考えられている東部太平洋の降温シグナルがENSOの予測に大きな影響を与えている可能性が示唆された。

5. 熱帯太平洋の十年規模変動がENSO予測に及ぼす影響

安田珠幾(気象研究所気候研究部)

気象庁現業季節予報システムによるENSO予測スキルは、世界中の研究・現業機関による予測の中でも上位に入る。しかしながら、予測スキルの高い時期と低い時期が十年規模で変動している。これは、主に、ENSOの振幅が十年規模で変動していることや熱帯太平洋(背景場)が十年規模で変動していることに起因する。特に、2005年以降の予測ではエルニーニョに

なりやすい正の誤差が増大している。本講演では、熱帯太平洋の十年規模変動と、気象庁現業季節予報システムによるENSO予測誤差との関係について議論する。

6. Decadal ENSOに伴う陸上猛暑頻度と熱帯対流圏上層気温の近年の変動の特徴

釜江陽一・塩竈秀夫(国立環境研究所)
渡部雅浩・木本昌秀(東京大学大気海洋研究所)
石井正好(気象研究所気候研究部)

植田宏昭(筑波大学)

この十数年間のうちに卓越しているラニーニャ(または負のPDO)は、熱帯太平洋の海面水温の特徴的な空間パターンのみならず、地域的な陸上の気温、大気の循環や降水の地域的な変動に大きく寄与していることが指摘されている。本講演では夏季陸上の気温と猛暑頻度、熱帯対流圏上層の気温変動に対して認められる、近年のdecadal ENSOの影響を調査した結果を報告し、得られた示唆について議論する。

7. 夏季東アジア気候の季節予測可能性の起源

小坂 優(東京大学先端科学技術研究センター)

東アジアの夏季気候は先行する北半球冬季のENSOと相関を持つことが知られている。エルニーニョ現象がインド洋海面水温を上昇させ、ENSO終息後にインド洋昇温がPJパターンを励起し東アジアに影響をもたらす“インド洋キャパシタ効果”と呼ばれるメカニズムが近年提示された。ここではPJパターンは海洋に対する応答と見なされている。本研究は、PJパターンをその大気部分とし、北インド洋海面水温偏差を伴う大気海洋結合モードを提示する。このモードはENSOなしでも卓越しPJパターンの振幅増加と持続性をもたらすが、ENSOはインド洋海面水温偏差を引き起こすことでこのモードを励起することができる。季節予測モデルにおけるインド洋の適切な初期化により、さらなる予測精度の向上が期待できる。

8. ENSO予測のための海洋データ同化システムの現状と今後の展開

藤井陽介・豊田隆寛
(気象研究所 海洋・地球化学研究部)

本発表では、2015年度に現業運用開始予定の次期季節予報システムで採用された海洋データ同化システム

を中心に、ENSO 予測のための海洋データ同化システムの現状について紹介する。また、大気・海洋結合同化システムへの進展など、ENSO 予測の高精度化にむけた今後の発展の方向性についても議論する。

9. 熱帯観測システムの現状

植木 巖 (海洋研究開発機構)

熱帯太平洋の TAO/TRITON プイ網は ENSO のモニタリングや予測、関連するプロセス研究に利用さ

れているが、システムの一部である TAO のデータ取得率が2012年の後半から極端に低下するという危機的状況が発生し問題となっている。原因として予算やシフトタイムの削減が挙げられるが、日米2国間でのプイ網の維持はもはや厳しい状況となっている。本公演では最新の状況と現在議論が進められている TPOS (Tropical Pacific Observing System) -2020 の現状を紹介する。