

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	CHHIN Rattana
論文題目	Future Projection of Drought in the Indochina Region Based on the Optimal Ensemble Subset of CMIP5 Models (CMIP5 モデルの最適アンサンブルサブセットに基づくインドシナ地域における干ばつの将来予測)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>インドシナ地域における干ばつは社会的経済的な影響が大きく、地球温暖化に伴う変化が懸念されている。適応策の立案にはその将来予測が重要であるが、気候モデルを用いた予測シミュレーションには不確実性が含まれている。この不確実性を減らす方法として複数のモデル予測結果を組合せたアンサンブル予測があるが、より信頼できる予測結果を得るには各気候モデルの性能を評価し、複数モデルアンサンブルの組合せ方法を検討することが重要である。申請者は、第5期結合モデル相互比較計画 (CMIP5) の43モデルのシミュレーション結果と気象観測・解析データセットを用いて、地表気温、降水量、および、干ばつ指数の過去の再現成績をもとに将来予測を最適に行う手法を開発し、インドシナを対象地域としてその有効性を具体的に検証した。</p> <p>まず、インドシナ地域の地上観測降水データをもとに5種類の格子点解析データセットの品質検査を行い、同域における降水の季節変化と年々変動に関する統計解析を行った。とくに、ミャンマー南部の4月および10月の降水量の気候値からの偏差が、南方振動指数やエルニーニョの諸指数と統計的に有意な時差相関を半年以上前から有することを見出した。そして、両月のミャンマー南部降水量との回帰分析により、海面水温および対流圏下層東西風との有意な時差相関が広い領域で存在することを確認した。さらに、極端事例のコンポジット解析と降水量変動のEOF解析により、この年々変動がインドシナ地域にわたるものであることを示し、回帰分析によりベンガル湾から南シナ海におよぶ広域の水蒸気フラックス収束と有意に関係していることを明らかにした。</p> <p>本論文では、各気候モデルの降水量予測性能を判定するために36の基準を導入し、それらに重みを付けて個々の目的に合わせた性能評価が行えて、最適なアンサンブルサブセットを選抜できる計算手法を提案した。複数の評価基準を組合せて一つの評価指標を作るために、合計順位およびクラスター解析/EOF解析のユークリッド距離の3指標を導入し、低性能のモデルから選抜除去を繰り返して最適なアンサンブルサブセットを客観的に求めることとした。インドシナ地域を試験領域とし、1951年～2005年の55年間の月降水量観測解析データを真値として、CMIP5モデルの20世紀再現実験の性能評価および最適アンサンブルサブセットの選抜を行った。36基準を均等に扱った場合と干ばつ監視用に重み付けした場合について、さらに、各々についてモデルの独立性と性能の重み付けをした場合としなかった場合に分けて行った。そして、得られた最適アンサンブルサブセットの降水量予測結果が、何れの場合にも最良の単独モデルや全モデルアンサンブルよりも優れていることを実証した。さらに、この手法で選抜される最適アンサンブルサブセットが将来気候予測でもより優れていることを、21世紀予測実験結果で一つのモデル結果を真値とする観測無し検証方法を導入して実証した。</p> <p>近年、気候モデルのバイアス補正方法が研究されてきたが、モデルアンサンブルのバイアス補正方法は自明なことではない。申請者は、アンサンブル平均とバイアス補正の順序により結果がどう違うかを、解析期間を訓練期間と評価期間に二等分して検</p>			

討し、月降水量のバイアス補正に関しては、アンサンブル平均にバイアス補正を行うほうがスキルスコアの確率密度関数の再現に優れているという結果を得た。

これらの結果に基づいて、21世紀予測実験結果を最適なアンサンブルサブセットで平均しバイアス補正を行ったところ、インドシナ地域の平均地表気温は21世紀前半内に1.1℃、中頃で2.5℃、終盤では4.3℃上昇するという予測値を得た。また、降水量は21世紀を通して乾季には減少し、雨季に増加するという最適予測結果となった。降水量の増加は9月～11月期に最大であり、減少は3月～5月期に最大となっている。標準化された降水蒸発散指数をもとにインドシナ地域での干ばつの将来予測を行い、地域全域で干ばつの期間と過酷さが増し、21世紀終盤には特にタイ・カンボジア域で厳しい干ばつの危険性が増す可能性を指摘した。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

将来の気候予測に関するモデルシミュレーションの不確実性を減らす方法の一つとして、複数のモデル予測結果を組み合わせたアンサンブル予測があるが、より信頼できる予測結果を得るために、申請者は気候モデルの性能を評価し最適なアンサンブルサブセットを求める計算手法を開発した。CMIP5の気候モデルシミュレーション結果と気象観測・解析データセットを用い、インドシナを対象領域として、その有効性を具体的に検証した。

インドシナ地域における月降水量の統計解析では、ミャンマー南部に代表される同地域の4月および10月の年々変動が、南方振動指数や広い領域での海面水温および対流圏下層東西風と半年以上前から統計的に有意な時差相関をもつことを見出した。この関係は、同地域の夏季モンスーン前後の降水量変動の長期的な統計予報にも資するものである。

各気候モデルの降水量予測性能を判定する多数の基準を調べて、利用目的に合わせた重み付き性能評価を行うとともに、最適なアンサンブルサブセットを選抜する計算手法を提案した。インドシナ地域を試験領域とし、月降水量観測解析値を真値として、CMIP5モデルの20世紀再現実験の性能評価および最適アンサンブルサブセットの選抜を行って、得られた最適アンサンブル降水量予測結果が、単独モデルや全モデルアンサンブルよりも予測性能が高いことを実証した。また、21世紀予測実験結果を用い、観測無し検証方法を導入して、提案した計算手法が将来気候予測においてもより優れていることを実証した。開発されたアンサンブルサブセット判定グラフは簡単で使いやすく、本計算手法に従うユーザーインターフェイスや対話型ウェブサイトができれば、幅広い利用者の個々の要望に応えることがさらに容易となる。

この研究は、大量の気候モデルシミュレーション結果と気象観測・解析データセットを用いて、多数のモデルの性能評価を系統的に行い、モデル予測に最適なアンサンブルサブセットを求める計算手法を開発して、その有効性を具体的に検証したものである。最適アンサンブルサブセットでバイアス補正して得られたインドシナ地域の21世紀気候予測をもとに、干ばつ期間と過酷さが増し、21世紀終盤には特にタイ・カンボジア域で厳しい干ばつの危険性が増す可能性を初めて指摘した。付録にあるモデル性能評価の網羅的な記述も含めて、気候モデル開発者とその予測データ利用者の両方の利用に資する研究論文となっている。

このように本研究は、申請者の気象データに基づく現象解析および統計解析に関する力量の高さを立証するものであり、また、気象解析学および応用気象学の発展に寄与するものとして高く評価できる。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成31年1月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降