

審査の結果の要旨

氏名 内海 信幸

水は人間社会にとって必要不可欠な資源であり、その不足は人間社会に大きな影響を与える一方で、過剰な水も水害を引き起こす原因になる。水不足や水害のいずれの被害軽減に対しても降水の時空間分布や変動の把握が基本的に重要であるが、全球の降水分布や変動に対する台風や低気圧といった種々の気象システムの相対的な寄与はグローバルには明らかになっていない。また気候変動が水資源の利用可能性や水災害の発生確率に及ぼす影響の評価も喫緊の課題であるが、降水の時空間分布の将来変化に及ぼす種々の気象システムの相対的な寄与に関しても、定量的な評価が十分におこなわれているとは言えない現状である。

そこで本論文では原因となる気象システム別に降水を分類するアルゴリズムを開発し、全球の降水量分布や降水量極値に対する各気象システム由来の降水の割合や、将来の降水量変化に対する各気象システムの寄与度が評価された。

第2章では、温帯低気圧に伴う前線の客観検出手法のパラメータ決定や検証に用いるため、気象庁発行の地上天気図（アジア地上解析図：ASAS）に基づく前線のグリッドデータが作製された。これにより、前線の客観検出手法のパラメータ決定や検証の自動化が可能となった。また作成された前線グリッドデータを用いて、これまで定量的にはほとんど検討されることのなかった地上天気図の特性（前線の主観解析に由来する人為起源の偏りなど）も評価され、ASAS上に解析された前線の数には主観解析に由来する人為起源のものと考えられる前線数の不連続が2000年代中頃に見られることが明らかとなっている。

第3章では、気象システムの客観検出手法と熱帯低気圧ベストトラックデータを用いて全球の降水をその原因別に熱帯低気圧、温帯低気圧中心、温帯低気圧に伴う前線、その他による降水に分類するアルゴリズムが構築された。この際、熱帯低気圧の客観検出アルゴリズムも同時に実装されており、ベストトラックデータが利用できない将来気候に対しても適用可能となっている。

さらに、降水分類アルゴリズムを用いて全球の降水量が、その原因となる気象システム別に分類され、また24時間降水極値（99.99パーセントイル）以上

の強度を持つ強い降水のみの積算量なども示されて、異なる時間スケールの降水極値に対する各気象システムの寄与度が明らかにされた。降水極値に対する寄与が大きい気象システムは地域によって異なるが、各気象システムの寄与の時間スケール依存性については地域間で共通した傾向が見られた。1 時間～24 時間または 72 時間程度までは「その他」による降水量極値の発生割合は時間スケールが長くなるにつれて小さくなり、一方で熱帯低気圧による降水極値の発生割合は時間スケールが長くなるにつれて大きくなる傾向が確認された。時間スケールがさらに数日～数週間と長くなると、再び「その他」の寄与度が大きくなり熱帯低気圧の寄与度は減少する。また、日本でしばしばみられるような熱帯低気圧と前線の両者が影響する極端降水は、東アジアや北米東部など一部の地域で特徴的にみられる現象であることがわかった。さらに同地域では水蒸気量で特徴づけられる前線と熱帯低気圧の両者の影響による極端降水も、上記の前線と熱帯低気圧の両者の影響による極端降水と同程度に大きな寄与を持っていた。

第 4 章では、降水分類アルゴリズムを複数の将来予測結果に適用し、全球における将来の降水量変化に対する各気象システムの相対的な寄与度が評価された。中・高緯度では総降水量変化への温帯低気圧の寄与が大きく、極端降水の変化を対象とした場合はその寄与はより大きいことなどが明らかとなっている。また、将来の気温上昇量の大きい気候モデルによる将来推計ほど降水強度の増加率が大きい傾向も確認された。これに関連し、観測データにみられる降水量極値と地上気温変化の関係を調べた結果では、気温変化に伴う降水量極値の変化率が Clausius-Clapeyron の式の式で記述される飽和水蒸気量変化率（CC 変化率）で説明可能である地域は中緯度の一部に限られており、他の地域では気温の高い日ほど日降水量極値が小さくなる地域も多く見られることが世界で初めて明らかにされた。さらに日本の時間分解能の高い観測データを用いた解析により、高い気温範囲における降水量極値の減少は主に降水の持続時間の減少によることが示されている。また、日本においては時間スケールが 10 分程度に近づくと気温変化に伴う降水量極値の変化率が CC 変化率に比較的近い値を示す傾向も発見された。これは例えば都市や小流域における水害にもつながる短い時間スケールの降水量極値に対しては地上気温やそれによって規定される飽和水蒸気量が大きな説明力を持つことを示している。

このように、本論文は降水量の気候値や極値の変化を、気象要因別、あるいは日平均気温別に分類してその時間特性、地理的特性を明らかにした先駆的研究であると共に、その分類手法や得られた成果はこれからの他の研究に大いに資するものと考えられる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。

