

京都大学	博士 (工学)	氏名	YOUNGKYU KIM
論文題目	Analyzing Uncertainty in Probable Maximum Precipitation Estimation using the Moisture Maximization Method (湿度の最大化手法による可能最大降水量推定の不確実性分析)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、世界気象機関(WMO)が提案し世界で広く利用されている可能最大降水量の推定手法について、水文気象学的観点から推定手法の妥当性を分析するとともに、より適切な推定手法を検討したものであり、全体で7章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、水工学分野で利用されている可能最大降水量を推定することの意義を説明している。その上で、既存の推定手法によって得られる可能最大降水量の不確実性を説明して、その不確実性を明らかにすることの意義と本研究の目的、本論文の構成を示している。</p> <p>第2章は、可能最大降水量に対する既存の推定手法に関して説明し、その中で最も広く利用されている湿度の最大化手法に関して水文気象学的観点からその手法が得られる理論的背景を詳しく述べている。特に、湿度の最大化手法の基本概念である偽断熱過程とそれによる可降水量推定手法の特徴および問題点を説明している。</p> <p>第3章は、偽断熱過程による可降水量の推定値に含まれる不確実性を定量化するために、JRA-55再解析データを地上気象観測情報およびラジオゾンデ気象観測情報を用いて検証した後、偽断熱過程に基づいて地表面露点温度から推定した可降水量とJRA-55再解析データから直接得られた可降水量を、日本の30箇所の観測地点で比較している。地表面露点温度から推定した可降水量と大気場から直接得られた可降水量とを比較した結果、気温が低い東北地方および北海道では地表面露点温度から推定した可降水量が過小算定される傾向があることを明らかにした。また、それらの地域では可降水量が過小算定されることにより湿度最大比が過大算定され、結果的に可能最大降水量が過大算定される傾向となることを明らかにした。</p> <p>第4章は、第3章で得られた推定誤差の地域的特徴をより厳密に調べるために、地域特性がよく現れる6つの観測地点を対象とし、ラジオゾンデ気象観測情報から得られた気象場の鉛直プロファイルと偽断熱過程を用いて表面露点温度から推定した気象場の鉛直プロファイルとを比較している。比較した気象要素は露点温度、混合比および可降水量である。比較検討の結果、九州地方および関西地方の観測地点では、露点温度、混合比および可降水量の鉛直プロファイルはいずれも推定値と観測値とが概ね一致することを示した。一方で、平均気温が比較的低い北海道地方の観測地点では、推定した露点温度の鉛直プロファイルが観測値と一致しないことを示し、その結果、推定した混合比および可降水量の鉛直プロファイルも観測値との違いが生じることを明らかにした。次に、これらの気象要素の鉛直プロファイルの推定値が観測値と異なる原因を考察し、北海道地方では地表面付近の気温が低く、地表面付近の露点温度も地表面温度の影響を受けて低く観測される可能性が</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	YOUNGKYU KIM
<p>高いため、大気層底部の露点温度とは異なる性質を持つ場合が多いことを示した。この分析から北海道など平均気温が低い地域で偽断熱過程による可降水量の推定は過小算定され、結果的に可能最大降水量が過大算定される傾向があることを明らかにした。</p> <p>第5章は、偽断熱過程による可降水量推定の不確実性を定量化するために、超多数アンサンブル気候予測実験データ (d4PDF) を用いて可降水量を推定した。まず、地点観測情報およびラジオゾンデ気象観測情報を用いて d4PDF データの信頼性を検証したうえで、d4PDF データから得られた地表面露点温度を用いて偽断熱過程により可降水量を推定し、次に、この値を用いて可能最大降水量 (SDP 推定値) を推定した。一方で、d4PDF データから直接得られる可降水量を用いて可能最大降水量 (UAD 推定値) を推定した。d4PDF データに含まれる 50 個のアンサンブルメンバーから得られた 50 個の SDP 推定値と UAD 推定値を比較した結果、偽断熱過程により可降水量を推定する SDP 推定値は、東北地方および北海道において可能最大降水量を過大算定する傾向があることを再確認した。また、d4PDF データから推定した再現期間 3000 年の確率降水量と可能最大降水量とを比較し、過大算定の地域的特徴を明らかにした。これらの結果をもとに、偽断熱過程に基づく可能最大降水量の過大算定傾向を抑えるために、湿度最大比に上限を設定することを提案した。</p> <p>第6章は、可降水量を用いて推定する可能最大降水量の妥当性を調べるために、複数の気象要素と極値降水量との関連性を分析している。JRA-55 再解析データから抽出した可降水量、露点温度、気温、相対湿度、大気安定度 (CAPE) および鉛直風速と極値降雨量との相関関係を日本の 8 つの観測所で分析した。その結果、可降水量は地域によらず極値降水量と強い相関を持つことを示した。また、鉛直風速は、九州地方で可降水量以上に強い相関を示し、北海道地方でも降雨事例によっては強い相関関係を示すことを示している。以上の分析から、可降水量を基準として可能最大降水量を推定する湿度の最大化手法の妥当性を確認した。また、鉛直風速を重要な気象要素とする新たな可能最大降水量の推定手法を提案した。</p> <p>第7章は、結論であり、本論文の主要な結論をまとめている。</p>			

氏 名

YOUNGKYU KIM

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、世界で広く利用されている湿度の最大化手法による可能最大降水量の推定手法について、水文気象学的観点から推定手法の妥当性を分析し、より適切な推定手法を検討したものであり、以下の研究成果を得た。

1) 湿度の最大化手法の基本概念である偽断熱過程とそれによる可降水量推定手法の理論的背景を説明したうえで、JRA-55 再解析データを用い日本の複数の地域において、地表面露点温度から推定した可降水量の特徴を分析した。その結果、気温が低い東北地方および北海道地方では可降水量が過小算定され、結果的に可能最大降水量が過大算定される傾向があることを明らかにした。

2) 可降水量の過小算定傾向および可能最大降水量の過大算定傾向の原因を調べるために、地域特性がよく現れる日本の 6 つの観測地点を対象とし、ラジオゾンデ気象観測情報から得られた気象場の鉛直プロファイルと偽断熱過程を用いて表面露点温度から推定した気象場の鉛直プロファイルとを比較した。その結果、北海道の対象地点では推定した露点温度の鉛直プロファイルが観測値と一致しないことを示し、混合比および可降水量の鉛直プロファイルの推定値も観測値と大きなずれが生じることがわかった。これらの気象要素の鉛直プロファイルの推定値が観測値と異なる原因を考察し、北海道地方では地表面付近の気温が低く、地表面付近の露点温度も地表面温度の影響を受けて低く観測される可能性が高いため、大気層底部の露点温度とは異なる性質を持つ場合が多数あることを明らかにした。

3) 超多数アンサンブル気候予測実験データ (d4PDF) を用いて偽断熱過程による可降水量推定の不確実性を定量化した。d4PDF データから得られた地表面露点温度を用いて可降水量および可能最大降水量 (SDP 推定値) を推定し、d4PDF データから直接得られた可降水量を用いて推定した可能最大降水量 (UAD 推定値) と比較した結果、偽断熱過程により可降水量を推定する SDP 推定値は東北地方および北海道地方で可降水量が過小算定され可能最大降水量が過大算定される傾向があることを再確認した。また、d4PDF データから推定した再現期間 3000 年の確率降水量と可能最大降水量とを比較し、過大算定の地域的特徴を明らかにした。また、偽断熱過程に基づく可能最大降水量の過大算定傾向を抑えるために、湿度最大比の上限を設定する手法を提案した。

4) 可降水量を用いて推定する可能最大降水量の妥当性を調べるために、複数の気象要素と極値降水量との関連性を調査した。その結果、可降水量を基準として可能最大降水量を推定する湿度の最大化手法の妥当性を確認した。また、鉛直風速を気象要素とする新たな可能最大降水量の推定手法を提案した。

以上のように、本論文は、世界で広く利用されている湿度の最大化手法による可能最大降水量の推定手法の適用性を定量的に分析し、水文気象学的観点から推定手法の妥当性を分析したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 3 年 1 月 27 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。