

主論文の要旨

複雑な地形における降水システム中の降雨強化に対する地形効果については未解明な問題が多く、降水システムの3次元構造の観測と数値実験による降雨の強化機構に関する研究が求められている。本研究は、梅雨期の湿潤な環境場において楕円形の孤立峰である済州島ハラ山を通過する降水システムの降雨強化に関する地形効果について、ドップラーレーダ観測データの解析と雲解像数値モデルを用いた数値実験によって解明したものである。

ベル型の山や直線状の山地より少し複雑な楕円形の孤立峰である済州島のハラ山(幅35km、長さ78km、高さ1.95km)の北側では梅雨期(6月と7月)の積算雨量が 3,800mm を超えることがある野に対して、南側では 700mm 程度の年が多い。過去10年間(2003-2012年)の地上雨量データを見ると、降雨が集中する梅雨期における大きな降雨量は下層(高度2 km以下)の風が南西風の時に済州島の北側領域に偏在している。降雨量の偏在の理由を説明するために、東西に長軸をもつハラ山の地形に注目し、降水システムが通過するときの降雨の強化に対する地形の効果を明らかにすることを目的として研究を行った。

本研究は特に、済州島ハラ山の北側領域を通過する降水システムの強化メカニズムに注目し、南西風が卓越し済州島の長軸に平行に東進する梅雨期の降水システムから、異なる降雨強化の特徴を示した2ケースを選んで解析した。2006年6月30日のケースでは、下層の湿潤な南西風が済州島の西側の斜面を迂回し、島に接近する南西から北東に延びる降水システムと西側斜面で挟まれる済州島北西部の領域で収束を強め、その場所で上昇流が強まり降水雲が発達し降雨の強化がみられた。一方、済州島の北東部の領域では降雨は弱まった。このケースについては観測に用いたドップラーレーダが1台のみであったために済州島北東部の気流系を解析できなかったため、雲解像モデル(CReSS: Cloud Resolving Storm simulator)を用いて済州島周辺の気流場と湿度を解析した。その結果から、済州島北東部で山を越えて下降する気流があり、相対湿度が下がり降水システムの降雨が弱められていることを明らかにした。

2007年7月6日のケースでは、下層の湿潤な南西風が済州島の西側斜面を迂回し、島に接近する南西から北東に延びる降水システムと西側斜面で挟まれる済州島北西部の領域で収束を強め、その場所で降雨の強化がみられるとともに、北東部の領域でも降雨強化がみられた。このケースについては2台のドップラーレーダを用いて3次元気流の解析を行い、済州島北東部では島の東斜面を迂回する下層の湿潤な南西風と島の北側を東進する降水システムの間で強い収束域を作り、その場所で積乱雲が発達し降雨の強化が起きることを明らかにした。2007年7月6日のケースについては、ドップラーレーダによる3次元気流の解析とCRESSによる数値実験により、済州島の北西部では上空

の霰はほとんど形成されず温かい雨のプロセスで降雨があり、北東部では積乱雲が比較的発達し霰の形成もみられ、より強い降雨の形成に寄与していることを明らかにした。

降水システムと濟州島との相対位置及びフルード数を変えたCRESSによる感度実験から、フルード数が比較的大きな2006年6月30日のケース($Fr = 0.55$)では山の斜面を乗り越える流れにより濟州島の北東部では乾いた下降気流が生じ積乱雲が衰弱したのに対し、フルード数が比較的小きな2007年7月6日のケース($Fr = 0.2$)では斜面の東側を回り込む下層の湿潤な流れが降水システムの南側で強い収束を作り降雨の強化に寄与したことを明らかにした。特に、降水システムに向けてハラ山の低い南東斜面上を吹く南西の風が下層の水蒸気を高度 1km の高さに供給し、その結果、山の東斜面には暖かい雨のプロセスだけでなく、冷たい雨のプロセスにより、降雨が発達したことを明らかにした。本研究の結果から、下層の湿潤な南西風は濟州島の北側領域を通過する降水システムの発達に重要なパラメータであることを明らかにした。特に、フルード数が 0.55 程度の比較的弱い南西風は、濟州島の北西地域に、そしてフルード数が 0.2 である非常に弱い南西風は、濟州島の北西地域だけでなく北東地域まで強い降雨をもたらす可能性を持つ重要なパラメータであることを明らかにした。

本研究により、梅雨期に濟州島の北側斜面に強雨域が偏在するメカニズムの主要部分を力学及び熱力学の観点から説明することができた。本研究は、湿潤な環境場において楕円形の孤立峰である濟州島ハラ山を通過する降水システムの降雨強化に対する地形効果について、ドップラーレーダ観測データの解析と雲解像数値モデルを用いた数値実験によって実証的に明らかにしたことにより、湿潤環境場にある、より複雑な地形をもつ地域の降雨予測の精度向上にも寄与すると考えられる。