冬季山岳域のレーダー降水量と地上観測降水量の差の要因に関する研究

板戸昌子*1，熊倉俊郎*1，中井専人*2
*1 長岡技術科学大学，*2 雪氷防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター

1．はじめに

新潟県をはじめとする本州日本海側では，冬季山岳域の気象庁レーダー観測では，地形条件等によりレーダー降水量が著しく小さい地域がある．レーダー降水量の減少の要因の一つとして，レーダーサイトから電波が伝播する際の降水による減衰が考えられる．本研究では，山岳域の観測点での積雪重量から算出された地上降水量とレーダー降水量との比較を行い，レーダー観測降水量から計算可能なマイクロ波減衰の水平分布で補正する手法について検討した．

2．使用データ

対象期間は2010年1月とした．レーダー観測雨量は気象庁による1 kmメッシュの全国合成レーダーで，毎正時から10分毎に時間雨量換算のデータがある．地上観測雨量は，防災科学技術研究所雪氷防災研究センターが山岳域に設置している積雪重量計のデータから1時間毎に求めた．また，地上観測された気温が0℃以下のデータのみを使用した．ここで地上観測雨量の積算時間と合わせるため，レーダー観測データは各正時とその前の5つ，合計6つの時刻のデータを平均して用いた．

3．原理と手法

レーダー方程式のレーダー反射因子Z [mm^6/m^3]は，降水強度R [mm/hour]から，$Z = BR^{\beta}$ で算定される．B，βは定数であり，気象庁によれば，現在気象庁で運用されているレーダーのZの係数はB=200，β=1.6 が用いられている．レーダー方程式やZ-R関係の式には減衰を考慮に入れていないが，実際には降水による減衰や大気中のガスによる減衰を受けている．Ks[dB]をレーダーサイトから観測点までの降水による減衰係数とすると，降水強度R [mm/hour]および波長λ [cm]を用いた以下の式により算出される．

$$Ks = 3.5\times10^{-2}\frac{R^2}{\lambda^4} + 2.2\times10^{-3}\frac{R}{\lambda} \qquad (1)$$

地上観測から求めたレーダー反射因子Z_{obs}とレーダー観測から求めたレーダー反射因子Z_{radar}の関係は，Fをレーダー観測に起因する誤差要因や合成処理に起因する誤差要因とすると，(2)式のように表される．

$$\log\left(\frac{Z_{radar}}{Z_{obs}}\right) = \log F \qquad (2)$$

運用されているレーダーでも降水による補正は行われているが，ここではその妥当性を検討したいため，電波が観測点まで伝播する際の降水による減衰として，レーダーサイトから観測点まで1 km毎に区切り，それぞれの地点のKsを求めた．これを積算した値を透過率τとすると，往復分の減衰を考慮し(3)式のように表される．

$$\tau = \frac{P(r_n)}{P(r_1)} = 10^{\left(-\frac{2}{10}\sum_{i=1}^{n}K_{si}\right)} \qquad (3)$$

さらに，合成処理の際に既に補正済みの分をτ_sとし，降水による減衰以外の誤差要因をF'とおくと，以下の(4)式で表される．

$$\log\left(\frac{Z_{radar}}{Z_{obs}}\right) = \log\tau - \log\tau_s + \log F' \qquad (4)$$

よって，Z_{obs}とZ_{radar}の比Z_{obs} / Z_{radar}はτの関数として考えられる．

4．結果

図1にマイクロ波の透過率τとZ_{obs}/Z_{radar}との関係を示す．全体的に傾きが負であることから降水による減衰については過剰に補正されていることがわかる．全国合成レーダーは，降雪としてではなく降雨としてKsが算出されている可能性がある．

また，降水強度別に見ると，降水強度が弱い場合と強い場合とでは切片が異なることから，降水による減衰以外の要因が異なることが考えられる．

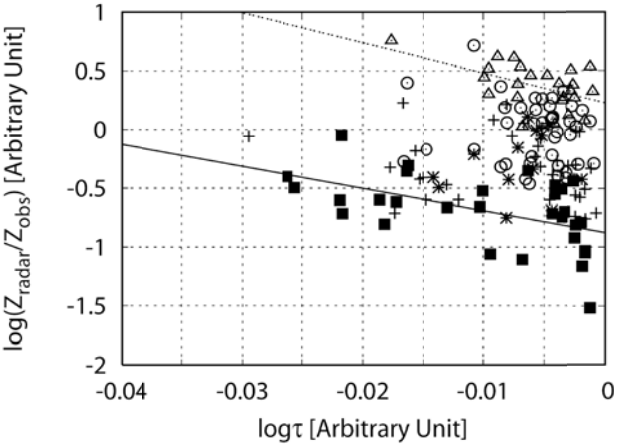

図1 マイクロ波の透過率τとZ_{obs} / Z_{radar}の関係．地上降水量が5 mm/hour以上を四角，4 mm/hour以上5 mm/hour未満をアスタリスク，3 mm/hour以上4 mm/hour未満を十字，2 mm/hour以上3 mm/hour未満を丸，1mm/hour以上2 mm/hour未満を三角で示した．実線は地上降水量が5 mm/hour以上の降水の近似曲線，点線は1mm/hour以上2 mm/hour未満の降水の近似曲線である．