

高標高雨量計による雨量観測精度改善手法と効果

株式会社 総合防災システム研究所 ○五代均、大津洋介、山口恭史
国土交通省 北陸地方整備局 立山砂防事務所 酒谷幸彦

1. はじめに

立山砂防事務所の高標高域に位置する雨量観測所では、風の影響で通常雨量計（転倒ます雨量計）の雨滴捕捉率が低下するジェボンス効果が発生し、雨量観測精度に悪影響を及ぼしている可能性が懸念された。このため、平成 17 年度から高標高雨量計をはじめとした実証機器を通常雨量計に併設し、雨滴捕捉率の低下の実態把握および雨量観測精度改善手法の検討を進めている。平成 20 年度の観測では全 3 観測地点のうち、五色ヶ原で観測期間を通して明瞭な結果が得られた。

本報告ではこの結果を報告するとともに、雨量観測精度改善のための雨量補正手法について検討した結果を報告する。

2. 観測諸元

観測場所は高標高域に位置する五色ヶ原、太郎平、多枝原上流の 3 地点で実施した。観測内容は 3 地点とも以下のとおりである。なお、検証用雨量計は大型の受水面で地表面付近に着水する雨滴を捕捉し、観測地点の実降雨（真値）を設定するために設置している。

- ①通常雨量計による降雨量（→垂直雨量Rv）
- ②高標高雨量計による降雨量（→水平雨量Rh）
- ③検証用雨量計による降雨量（→検証雨量Rr）
- ④風向・風速計による1分間風向・風速



写真-1 五色ヶ原観測所の観測状況

観測期間は以下のとおりである。

表-1 各観測所の観測期間

観測場所	標高	観測期間
五色ヶ原	2,528m	2008年07月08日～10月07日
太郎平	2,311m	2008年06月27日～10月01日
多枝原上流	1,610m	2008年07月01日～11月05日

3. 観測結果

五色ヶ原観測所の観測期間中の総雨量は表-2 のとおりであり、検証雨量を基準とした場合の垂直雨量の雨滴捕捉率（ Rv/Rr ）は 0.841 となり、観測期間全体で約 16%の低下となった。

表-2 五色ヶ原観測所の観測結果

項目	観測結果	備考
垂直雨量 (Rv)	1260mm	通常の転倒ます雨量計
水平雨量 (Rh)	643mm	高標高雨量計
検証雨量 (Rr)	1498mm	検証用雨量計

4. 風速と雨滴捕捉率の関係

五色ヶ原観測所の観測期間中の風速と雨滴捕捉率の関係を示したものを図-1 に示す。

なお、雨滴捕捉率は、検証雨量を仮の真値として垂直雨量（Rv）と水平雨量（Rh）の捕捉率として算出した。

$$[\text{垂直雨量の捕捉率}] = Rv/Rr$$

$$[\text{水平雨量の捕捉率}] = Rh/Rr$$

また、風速は、降雨時（雨滴捕捉時）の平均風速を階級別に整理した。

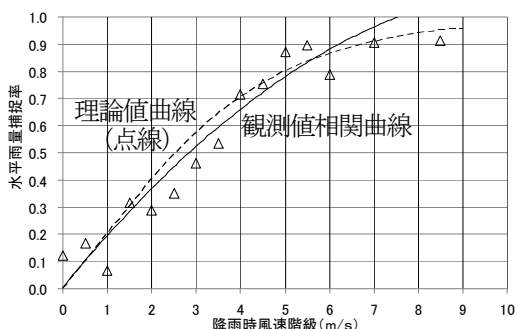
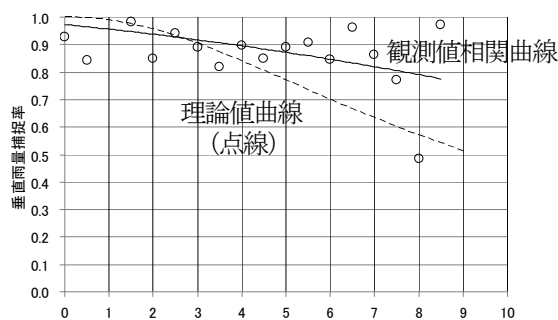


図-1 五色ヶ原風速と捕捉率の関係

今回の結果では、雨滴が風の影響を受けると、各雨量の捕捉率は次のように変化し、垂直雨量におけるジェボンス効果の発生や水平雨量計における風により移流した雨滴の捕捉状況が確認された。

- ①垂直雨量捕捉率は風速が増加すると低下する。
- ②水平雨量捕捉率は風速が増加すると上昇する。

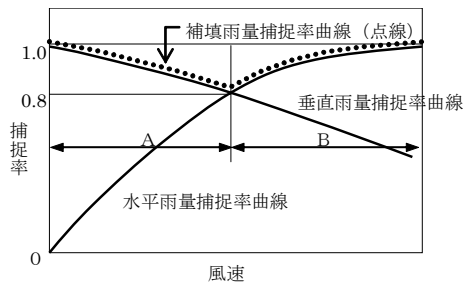
なお、垂直雨量捕捉率では、風速 6m/s 以上のデータ数が少なくなったため、ばらつきや理論値曲線との追随性低下がみられた。

5. 雨量観測精度改善のための雨量補正手法

雨量補正手法として、補填雨量（Rs）、実風速補正雨量（Rcw）、補正雨量（Rc）の 3 つで検討を進めている。

(1) 補填雨量 (Rs)

垂直雨量と水平雨量の捕捉率の関係は風速により相反する関係にある。その関係を利用し、垂直雨量と水平雨量を比較し卓越する方の雨量を採用すれば、捕捉率低下は軽減できることから、補填雨量（Rs）は垂直雨量と水平雨量の関係から卓越する雨量を採用して補正する手法である。（図-2 参照）



A : 垂直雨量 \geq 水平雨量、補填雨量として垂直雨量を採用
 B : 垂直雨量 $<$ 水平雨量、補填雨量として水平雨量を採用

図-2 補填雨量のイメージ

なお、この手法はその理論上、捕捉率=1.0とはならず、最小0.8~最大1.0(平均0.9)となる。

(2) 実風速補正雨量 (Rcw)

実風速補正雨量 (Rcw) は、垂直雨量を風速によって補正する手法である。風速を用いた損失補正についてはWMO(世界気象機関)でも提案されており、実風速補正雨量 (Rcw) はこれを参考に、風速計のデータから雨滴の大きさによる落下速度の違いを踏まえ、降雨強度別に求めた補正係数 k (垂直雨量の捕捉率の逆数) を求めて次式のとおり算出した。

$$\text{実風速補正雨量 (Rcw)} = \text{垂直雨量 (Rv)} \times k$$

なお、この手法は、捕捉率=1.0 を目標とすることが可能だが、後述(6章)の課題があり、強風下で補正不能となる場面が想定される。また、風速計が現地に不可欠となる。

(3) 補正雨量 (Rc)

補正雨量 (Rc) は、垂直雨量と水平雨量の関係から風速を推定し、垂直雨量を風速によって補正する手法である。

垂直雨量と水平雨量の比を降水移流率 (AR) と定義した場合、降水移流率 (AR) は風速と雨滴落下速度の関数として表すことができる。

$$AR = Rh/Rv = (Vw/Vr)^2$$

ここに AR : 降水移流率 Rh : 水平雨量 Rv : 垂直雨量
 Vw : 風速 Vr : 雨滴落下速度

また、実風速補正雨量 (Rcw) で示した補正係数 (k) を移流損失補正係数 (ACC) と置き換え、降水移流率 (AR) との関係を示すと図-3のとおりとなり、以下の関係式が成り立つ。

$$ACC = 0.5053AR^3 - 0.4233AR^2 + 0.2543AR + 1$$

ここに、ACC : 移流損失補正係数 AR : 降水移流率

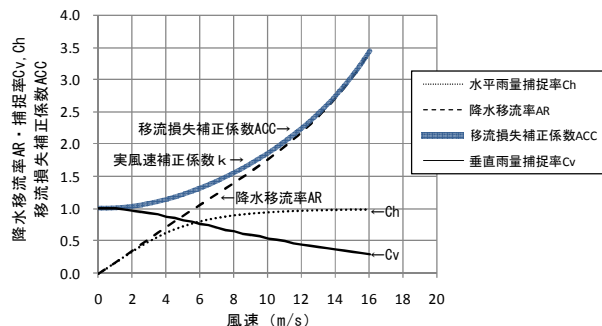


図-3 風速と補正係数、移流率の関係

これにより、以下の計算式で補正した雨量を求めることが可能となった。

$$Rc = (Rv + Re) \times ACC$$

ここに Rc : 補正雨量 (mm/h) Rv : 垂直雨量 (mm/h)
 Re : 推定雨量 (mm) ACC : 移流損失補正係数

なお、上式の推定雨量 (Re) は、垂直雨量 (Rv) が 0mm/h となった場合の処理として以下のとおり設定した。

[Rh \geq 3mm/h、Rv=0mm/h] の場合、
 推定雨量Re=1mm/hとする。
 [その以外の条件] の場合、
 推定雨量Re=0mm/hとする。

なお、この手法は、捕捉率=1.0 を目標とすることが可能であり、現地に風速計を必要としない。

6. 雨量補正手法の比較

検証雨量と各雨量(垂直雨量、補填雨量、実風速補正雨量、補正雨量)の関係を図-4に示す。

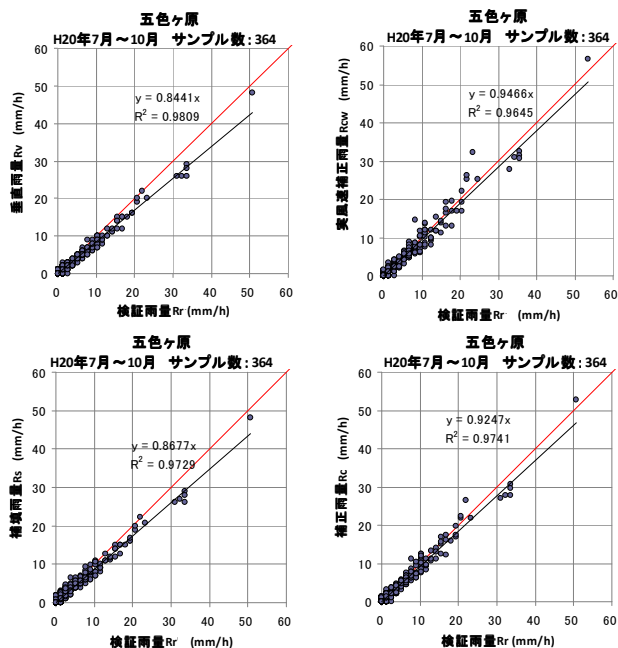


図-4 検証雨量と各雨量の比較

雨量損失を多項式で評価した場合、垂直雨量は平均15%程度の雨量損失がみられた。一方、雨量補正手法では、補填雨量は2%程度、実風速補正雨量および補正雨量は8%以上の改善効果が現れた。

今回の結果では、雨量補正手法として実風速補正雨量および補正雨量の改善効果が高かった。一方、補正雨量の開発背景には、実風速補正雨量の抱える以下のような課題の解決があり、信頼性および機器の導入しやすさの面も踏まえると、現状では補正雨量が最も良い補正手法と考えられる。

- ① 強風で垂直雨量が 0mm となった場合は補正不能
- ② 雨滴の移流を定量確認できない (信頼性)
- ③ 風速計が不可欠 (電源・伝送・環境等の問題)

7. 今後の課題

風の影響を受ける雨量観測所では、ジェボンス効果が発生していることは明らかであり、ジェボンス効果が発生している可能性のある観測所では雨量観測精度の検証および改善が必要である。また、雨量補正手法は更なるデータの蓄積で雨量補正の精度をより高めていくことが必要である。

(参考文献)

WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison Final Report (1998)