

桜島における強風下の雨量観測に関する一考察

(株) 総合防災システム研究所
国土交通省大隅河川国道事務所

五代均、大津洋介、○山口恭史
武士俊也、鶴本慎治郎、上野正弘、稲葉茂道

1. はじめに

転倒ます雨量計は、強風の影響で落下中の雨滴が受水口の上方で移流するジェボンス効果^{*1}が発生し、雨滴捕捉率の低下を招くことが知られている。桜島のような独立峰の地形構造をした斜面では、山岳の源頭部や高標高域と同じように、転倒ます雨量計は風の影響を受けやすいものと考えられる。そこで、強風下における雨量観測精度の向上を目的として、桜島にある既設の雨量観測所に強風雨量観測システムを併設し、強風による観測精度低下状況を定量的に把握した。本報告は、強風雨量観測システムによる観測結果を報告するとともに、観測データに基づいて算出した補填雨量^{*2}の妥当性およびその補正方法について考察するものである。

2. 強風雨量観測システムによる観測

2.1 観測状況

(1) 観測場所

図-1 のとおり、強風雨量観測システムによる観測を実施した雨量観測所は、黒神第一、野尻川、金床川の3箇所である。

(2) 設置機器

強風雨量観測システムは、以下の機器および関連機材(データロガーなど)で構成し、既設の転倒ます型雨量計に併設した。なお、検証用斜面雨量計は、黒神第一のみに設置した。

- 強風雨量計(1mm計測)
 - ・風の影響により移流する雨滴(水平雨量)を捕捉する。
 - ・上部遮蔽且つ水平方向360°開放の構造である。
- 風向風速計
 - ・雨量計設置地点の詳細な風況を計測し、風による観測精度の低下状況を定量的に把握する。
- 検証用斜面雨量計
 - ・大口径の受水面(500mm×400mm)で、地表に着水する雨量を捕捉する。
 - ・雨量観測精度や補正方法の妥当性を把握するための指標値の一つとなる。

(3) 観測期間

観測期間は平成19年10月～平成20年2月を対象とした。

2.2 観測結果

検証用斜面雨量計を設置した黒神第一の観測結果を表-1に示す。観測期間中に、転倒ます雨量計は263mm(垂直雨量)を観測し、強風雨量計は260mm(水平雨量)を観測した。「斜面に着水した雨量」として検証用のために設置した検証用斜面雨量計では301mmが観測され、仮に当該値を基準とした場合、垂直雨量は12.5%の捕捉率の低下が生じたといえる。

補填雨量は、水平雨量(Rh)－垂直雨量(Rv)による差分(r)で垂直雨量を補填することで、「斜面に着水した雨量」と同等の値を算出することが期待されるが、結果として、401mmであり、検証雨量との間に総雨量100mm程度の差を生じた。

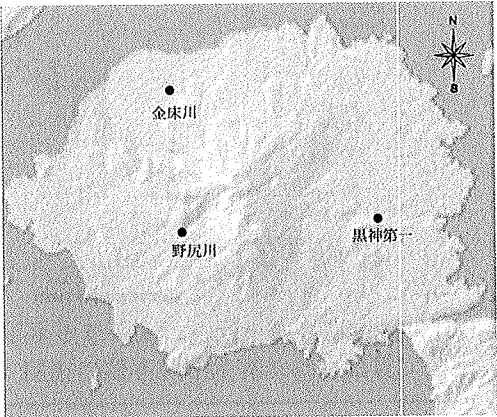


図-1 強風雨量観測システムによる観測実施箇所

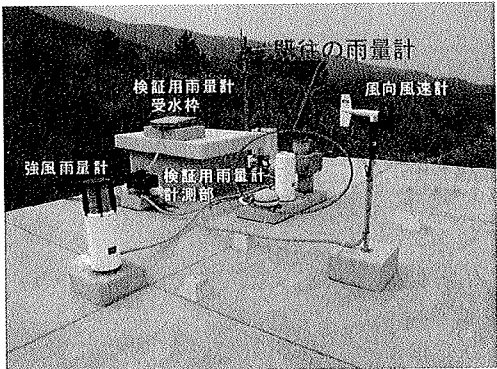


図-2 黒神第一の強風雨量観測システム

表-1 観測対象期間の観測結果(黒神第一)

雨量種別 (mm)	総雨量 (mm)	備考
①垂直雨量	263	既設の転倒ます雨量計の観測値(1mm単位)
②水平雨量	260	強風雨量計の観測値(1mm単位)
③補填雨量	401	垂直雨量を水平雨量で補填した雨量(1mm単位)
④検証雨量	301	検証用斜面雨量計の観測値(1mm単位)

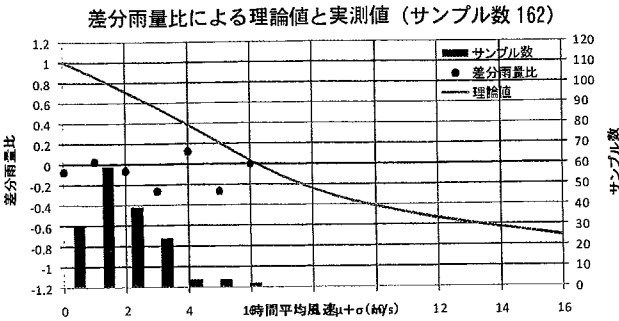


図-3 ジェボンス効果の発生状況(第一黒神)

なお、ジェボンス効果発生状況を判断するための指標として、差分雨量比を次のように定義した。

$$\text{差分雨量比} = (\text{垂直雨量} - \text{水平雨量}) / \text{補填雨量}$$

図-3の示すように、差分雨量比の理論値では、ジェボンス効果が発生した場合、風速の増大に伴って正の領域から負の領域に変化していく。実測値がこの指標に追随して変化し、負の領域に達するようであればジェボンス効果の発生の可能性が高いと判断される。観測対象期間における実測値は同図のとおり、一部で負の領域に達するものの、全体として理論値や風速との明瞭なる規則性は捉えられなかった。この原因としては、観測対象期間中にまとまった降雨や顕著な強雨が少なかったことが挙げられる。

3. 補填雨量の評価

3.1 差が大きい原因の究明

桜島の黒神第一で観測された補填雨量が検証雨量に比べ100mm多く計測されている原因について精査した結果、「10分間の垂直雨量および検証雨量が0mmであるにもかかわらず水平雨量のみが計測される」といったケースが生じ、積算値が概ね補填雨量と検証雨量の差分に近いことが判明した。このような過量な水平雨量を発生するケースの規則性は次のとおりであった。

- 発生状況：降雨時間帯に集中的に発生している。
- 発生時間間隔：時間軸上で単発的に発生している。(平均発生間隔60分以上)
- 発生時の水平雨量：1mm/10分のみ(垂直雨量・検証雨量ともに0mm)

なお、補填雨量が検証雨量よりも多く検出された原因としては、降雨中の「霧」または「霧雨」(以下、霧雨的な降雨と略す)を水平雨量計が計測した可能性が高いとみられる。



図-4 桜島の霧画像

3.2 補填雨量の補正と妥当性

霧雨的な降雨による水平雨量の過量分を、「水平雨量 $\geq 1\text{mm}$ 且つ垂直雨量 $=0\text{mm}$ 」として算出した後、補填雨量を補正した結果、表-2のとおり、補正後の補填雨量の適合率(⑪参照)は1月度を除いて非常に高い結果となった。対象期間の総計においても、86mmの過量分を補正した補填雨量315mm $\div$ 検証雨量300.7mmで誤差が5%以下となった。

また、図-5のとおり、補正した補填雨量と検証雨量との関係は、強い相関性がみられ、直線性も維持されていることから、補正後の補填雨量は、「地面に着水する雨滴と同等のもの」として充分妥当性があると考えられる。

表-2 補填雨量の補正結果と適合率

	黒神川(2007年度)					備考
	11月度	12月度	1月度	2月度	総計	
①垂直雨量(mm)	63	90	68	42	263	
②水平雨量(mm)	53	54	99	54	260	
③補填雨量(mm)	80	110	137	74	401	
④検証雨量(mm)	74.9	97.8	74.0	53.9	300.7	
⑤平均風速	1.98	2.11	2.00	2.56	2.16	
⑥ Σ (水平雨量 $\geq 1\text{mm}$)	5	14	46	21	86	
⑦補正後の補填雨量(mm)	75	96	91	53	315	③ $\div$ ⑥
⑧補正前の捕捉率	0.788	0.818	0.496	0.568	0.656	① $\div$ ③
⑨補正後の捕捉率	0.840	0.938	0.747	0.792	0.835	① $\div$ ⑦
⑩検証雨量による捕捉率	0.841	0.920	0.918	0.779	0.875	① $\div$ ④
⑪補填雨量の適合率	1.001	0.982	1.229	0.983	1.049	⑦ $\div$ ④

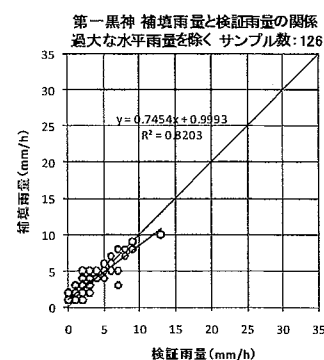


図-5 補填雨量と検証雨量の関係

4. まとめ

今回の観測により、補正後の補填雨量が地表面に落下した雨量と概ね同等であり、補填雨量を基準とした観測精度の改善が可能であることが検証できた。また、補正後の補填雨量を基準とした場合、垂直雨量の捕捉率は、黒神第一で0.835(約17%低下)、野尻川で0.935(約6%低下)、金床川で0.813(約18%低下)であり、台風時期等の強雨・強風下では捕捉率の低下はより顕著に起きるものと推察される。

5. おわりに

今回の結果は、平成19年10月～平成20年2月までの観測結果を対象としたものである。今後は、梅雨時期や台風時期の観測を実施することで、強雨の際の風況および風の影響による雨滴捕捉率の低下状況を把握し、雨量観測精度の向上を図っていくことが必要である。また、今回の結果では一概に判断できないが、「霧雨的な降雨」は既設雨量計の約40%に相当しており、「霧雨的な降雨」の影響についても同時に確認していくことが望ましい。

参考文献：*1 川畑幸夫編：応用気象学大系第1巻 水文気象学；地人書館（昭和48年）

*2 日坂勲ら：高標高の源頭部における雨量観測；平成17年度砂防学会研究発表会概要集