

降雪時の降水量計の捕捉率に関する再検討

～風速変化の小さな降雪事例に着眼して～

Re-examination on catch ratios of falling snow by rain gauge

—Analysis focusing on snowfall cases with narrow ranges of wind speed—

大宮 哲¹, 原田 裕介¹, 高橋 丞二¹

Satoshi Omiya¹, Yusuke Harada¹ and Joji Takahashi¹

Corresponding author: somiya@ceri.go.jp (S. Omiya)

Catch ratios of rain gauge for falling snow decrease with wind speed. Regression equations between catch ratios and wind speeds are proposed by previous studies. However, these discussions were all about average wind speed during falling snow events. Therefore, in this study, we conducted an analysis focusing on the case with narrow ranges of wind speed.

1. はじめに

降水量計（雨量計）を用いて降雪を正確に測るのは難しい。それは、降雪は雨に比べて風の影響を受けやすく、風速の増加とともに降水量計に捕捉されにくくなるためである。従って、正確な値を把握するためには、実測値に対して捕捉損失分を補正する必要がある。これまで、国内外の多くの研究者によって降雪に対する降水量計の捕捉特性が調べられている。国内の例としては、横山¹⁾や大宮・松澤²⁾などが挙げられ、捕捉率（実測値／真値）と風速の関係式が示されている。しかし、これらは降雪イベント単位の解析であり、イベント中の風速変化の影響は考慮されていない。実測値をより適切に補正するためには、降雪時の風速変化がなるべく小さいデータを用いて作った関係式を用いて補正する必要があると考える。そこで、本研究では風速変化が小さい降雪事例のみに着眼した解析を行い、降水量計の捕捉率と風速の関係について再検討した。

ここで、「真値」の算出方法は世界気象機関（WMO）に従う。WMO は二重柵基準降水量計（DFIR）による実測値に換算式³⁾を適用して求めた値を真値として扱ってよいとしており、既往研究、本研究ともにこの手順で求めた値を使用している。

国内で使用頻度の高い3種類の降水量計（転倒ます式、温水式、溢水式）を図1に記す。溢水式には元々風除けが取り付けられており、その外形は温水式に風除けを取り付けたものにほぼ等し

い。地点によって更新時期は異なるが、溢水式は1990～2000年代まで北海道内のアメダスで広く使用されていた型式である、なお、現在は温水式に風除けが取り付けられたものが、北海道内の全アメダスで使用されている。

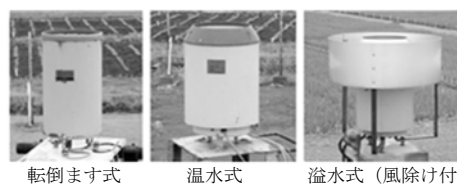


図1 国内で使用頻度の高い降水量計¹⁾より転載

2. 横山¹⁾・大宮・松澤²⁾の研究成果の概要

横山¹⁾は図1に示す3種類の降水量計を用い、降雪イベント毎に求めた累積値から捕捉率CRを算出し、風速 U との関係を示した（図2）。図中の曲線は吉田⁴⁾の式に回帰させて求めた回帰曲線である。大宮・松澤²⁾は横山¹⁾の結果の多くが風速 5m s^{-1} 以下であることに着眼し、それ以上の強風時のデータを補完すべく、強風頻度の高い石狩吹雪実験場（寒地土木研究所所有の観測施設）にて観測を行った。そこでは、転倒ます式および風除けを取り付けた温水式の2種類の降水量計が用いられた。結果を図3に記す。なお、比較のため、図3中には横山¹⁾が示した回帰曲線も付記してある。この結果より、強風時においても捕捉率の減少傾向は変わらないこと、転倒ます式の回帰曲線がほぼ一致すること、外形がほぼ等しい溢水式と風除け付き温水式の回帰曲線が概ね一致することが示され、捕捉率は主に風速と降水量計の形状に依存することが確認された。

¹ 土木研究所 寒地土木研究所

Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute

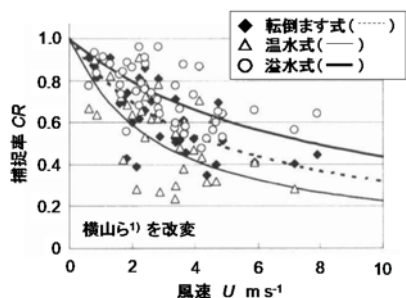


図2 横山ら¹⁾が示した捕捉率と風速の関係

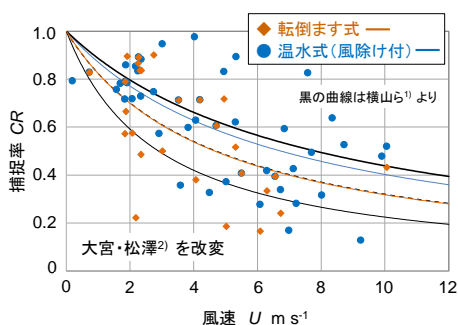


図3 大宮・松澤²⁾が示した捕捉率と風速の関係

3. 風速変化の小さな降雪事例に着眼した解析

横山ら¹⁾が解析した降雪1イベントの平均継続時間は14時間49分、大宮・松澤²⁾のそれは6時間22分であった。横山ら¹⁾の解析イベントはその日時が明記されていないため、イベント中の風速変化量については不明であるが、大宮・松澤²⁾の解析イベントにおける風速変化量の平均は4.7 m/s¹ (最大11.7 m/s¹, 最小1.1 m/s¹)であった。従って、図3に示すプロットはそれぞれこれと同程度の風速変化幅を有する。

本研究は、風速変化が小さな降雪事例のみを扱う。石狩吹雪実験場における過去5冬期(2014~2018年度)の観測データ(降水量(DFIR, 転倒ます式, 風除け付き温水式), 風向風速, 気温; いずれも10分平均値)を使用した。この中から下記の条件に合致する連続データを抽出し、それぞれの累積値から捕捉率を求めた。ここでは、抽出された連続データの平均風速を代表風速とした。なお、以下の条件は全て「かつ条件」である。

抽出条件

- ① 風速変化が1時間以上にわたって1.0 m/s¹以内に収まっていること
- ② 気温が常に0°C未満であること
- ③ DFIR観測から求めた真値の累積値が4mm以上(水換算値)であること

図4に、風除け付き温水式降水量計についての結果を示す。5冬期において上記抽出条件に合致したものは16例あった。図中の横軸エラーバー

は風速変化幅を示す。比較のため、横山ら¹⁾の溢水式と大宮・松澤²⁾の風除け付き温水式の回帰曲線も付記してある。また、表1に捕捉率CRと風速Uの関係式、関係式から求めた捕捉率の実測値に対する二乗平均平方根誤差(RMSE)、風速ごとの捕捉率を記す。本解析で得られた降水量計の捕捉率は、既往研究の捕捉率よりも低い傾向があった。また、既往研究に比べRMSEは小さく、よりばらつきの少ない結果が得られた。求めた関係式によると、いずれの風速においても捕捉損失分が既往のものより10%前後大きい。これは、既往の関係式を用いた場合には捕捉損失分を十分に補正しきれない可能性があることを示している。

降水量計の捕捉率と風速の関係式を高精度化することは、アメダス降水量計による実測値からより妥当な降雪強度を算出するうえで必須であり、これは冬期道路管理や雪氷災害対策、水資源の評価等、様々な観点から重要である。

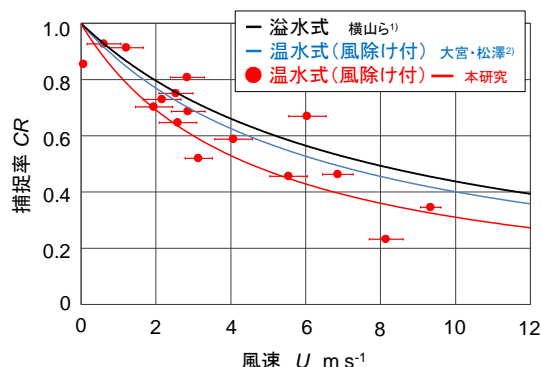


図4 本解析で得られた捕捉率と風速の関係

表1 降水量計ごとの関係式・RMSE・捕捉率

降水量計の種類	風除けの有無 (標準装備)	捕捉率CRと風速Uの関係式	RMSE	CR			
				U=2	U=5	U=8	U=10
溢水式 (横山ら ¹⁾)	有	$CR = \frac{1}{1+0.128U}$	0.107	0.80	0.61	0.49	0.44
温水式 (大宮・松澤 ²⁾)	有	$CR = \frac{1}{1+0.149U}$	0.167	0.77	0.57	0.46	0.40
温水式 (本研究)	有	$CR = \frac{1}{1+0.221U}$	0.106	0.69	0.47	0.36	0.31

【参考文献】

- 1) 横山宏太郎ら, 2003: 冬期における降水量計の捕捉特性, 雪氷, **65**, 303-316.
- 2) 大宮哲, 松澤勝, 2017: 強風時における雨量計の降雪粒子捕捉率に関する検討, 寒地土木研究所月報, **769**, 2-8.
- 3) Goodison *et al*, 1998: WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison Final Report, WMO/TD-No.872, p.212.
- 4) 吉田作松, 1959: 積算雪量計の研究(第二報)主として型別の捕集率ならびに積算雪量計実用化のための吟味, 研究時報, **11**, 507-524.