

弦振動型重量式降水量計の出力における高周波成分の除去

長岡技術科学大学 非会員（学生） ○浅野拳 長岡技術科学大学 正会員 熊倉俊郎
防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 正会員 山下克也
防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 正会員 中井専人

1. はじめに

固体降水比較観測計画 SPICE (Solid Precipitation InterComparison Experiment) は、世界気象機関 WMO (World Meteorological Organization) の測器観測法委員会 CIMO (Commission for Instruments and Methods of Observation) によって開始された国際的なプロジェクトである。降水量累積用の SPICE 基準降水量計には、弦振動型重量式降水量計 (GEONOR T-200B 降水量計) と OTT Pluvio2 降水量計の二種類があり、今回は弦振動型重量式降水量計を用いた。また SPICE プロジェクトでは、図-1 のように WMO は DFIR (Double Fence Intercomparison Reference) と呼ばれるサイズの異なる 2 重の八角形の防風柵内に重量式の降水量計を設置することを推奨している。DFIR を使用することで、真の降水量とみなす値を得ることができる。

弦振動型重量式降水量計の出力には大きなノイズが多く含まれるため、数秒程度の短時間の正確な降水量データが得られない。本研究では、ノイズを減衰させた降水量データを得るために、ノイズの除去を行った。

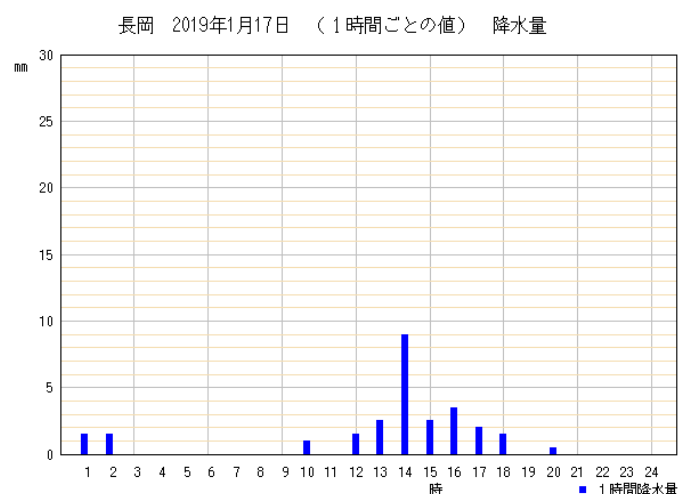


図-1 防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの DFIR の外観

2. 観測概要

データは防災科学技術研究所雪氷防災研究センターに設置した弦振動型重量式降水量計のデータを使用している。期間は 2018 年 12 月 1 日から 2019 年 3 月 31 日までの 10 秒ごとの降水データを記録しており、そのうちの一部の期間のデータを使用している。今回は主に降水時の降水量データとして、2019 年 1 月 17 日の 14 時からの 1 時間ごとの降水量のデータを用いる。図-2 は長岡市における 2019 年 1 月 17 日の 1 時間降水量を、縦軸を 1 時間降水量(mm)、横軸を時間(時)で表している。

弦振動型重量式降水量計は、3 本のワイヤーで吊ったバケツ内に降水を貯め、バケツの重量から降水量を算出している。3 本のワイヤーそれぞれに重量計がついており、3 つの積算測定値(s1,s2,s3)がある。図-3 に s1, s2, s3 の積算降水量を示す。今回は s1 の降水量データを代表として使用し、その他は今後確認・検討を行う。



(気象庁 HP 参照)

図-2 長岡市の 2019 年 1 月 17 日の降水量

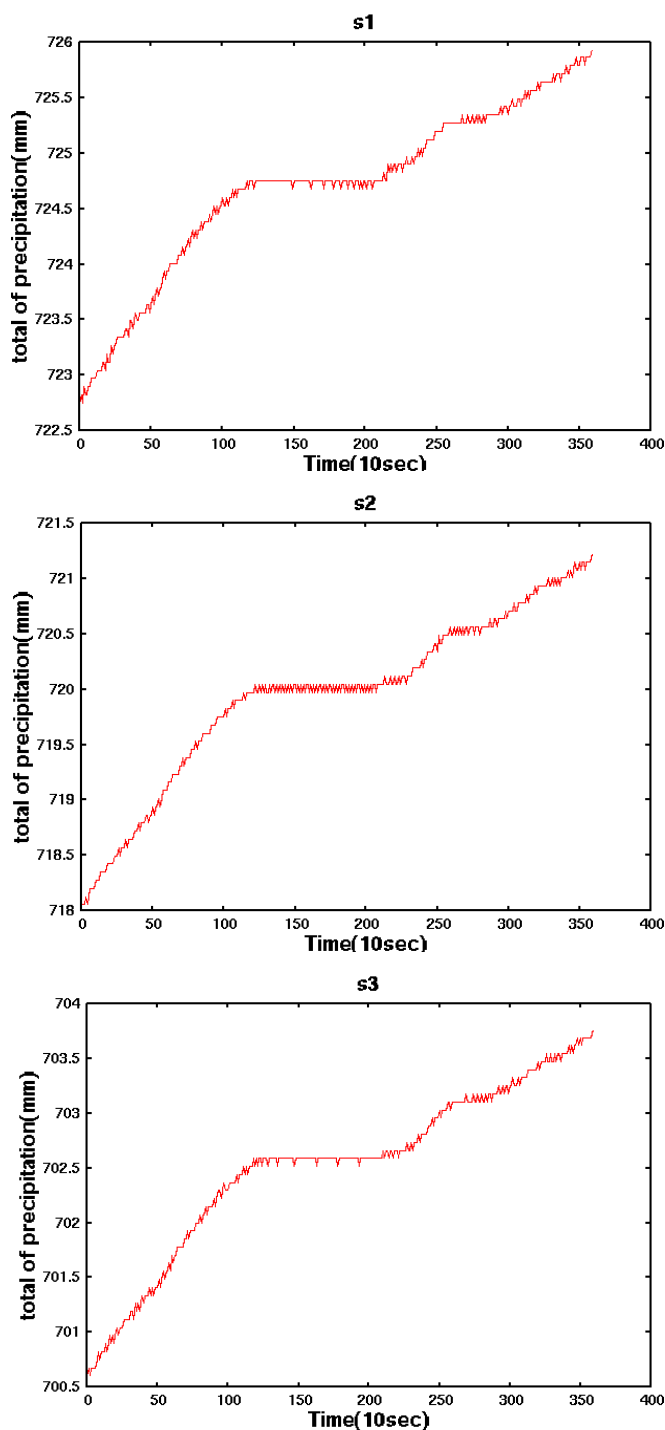


図-3 s1, s2, s3 の積算降水量

3. 手法

図-4 に降水時のデータとして 2019 年 1 月 17 日の 14 時から 1 時間の積算降水量を示す。縦軸は積算降水量(mm), 横軸は時間(10s)を表している。図-4 を基に作成したのが図-5 である。図-5 には 2019 年 1 月 17 日の 14 時から 1 時間の降水量の増減を示している。縦軸は降水量の増減値(mm), 横軸は時間(10s)を表している。降水量の増減値は求めたい時間の積算降水量から 10 秒前の積算降水量を引いて求めている。

図-5 の降水量の増減値にフーリエ変換を適用し、振幅スペクトルを求めると、図-6 のような降水量データの周波数領域のグラフを得ることができる。縦軸は振幅スペクトル、横軸は周波数(Hz)を表している。

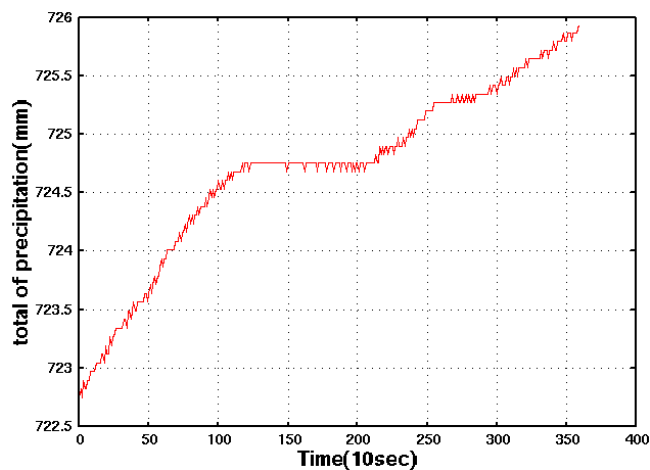


図-4 降水時(2019 年 1 月 17 日 14:00~14:59)の 1 時間の積算降水量

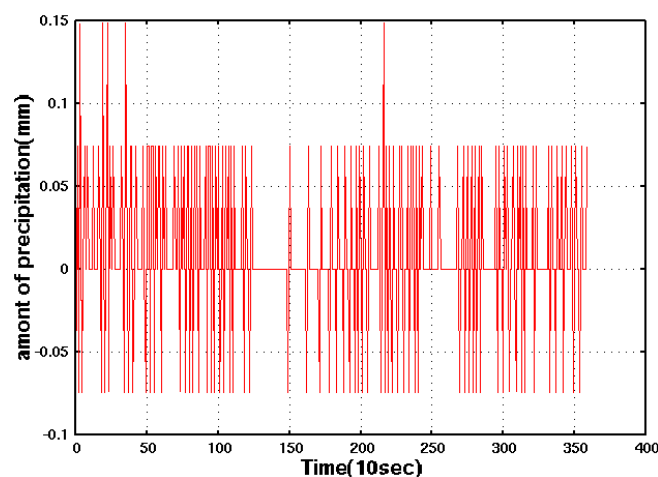


図-5 降水時(2019 年 1 月 17 日 14:00~14:59)の 1 時間降水量の増減

図-7 に降雨時の 6 時間分の 1 時間降水量の増減の周波数領域を平均したグラフを示す。同じく図-7 に無降水時の 6 時間分の 1 時間降水量の増減の周波数領域を平均したグラフを示す。図-7, 図-8 共に、縦軸は振幅スペクトル、横軸は周波数(Hz)を表している。

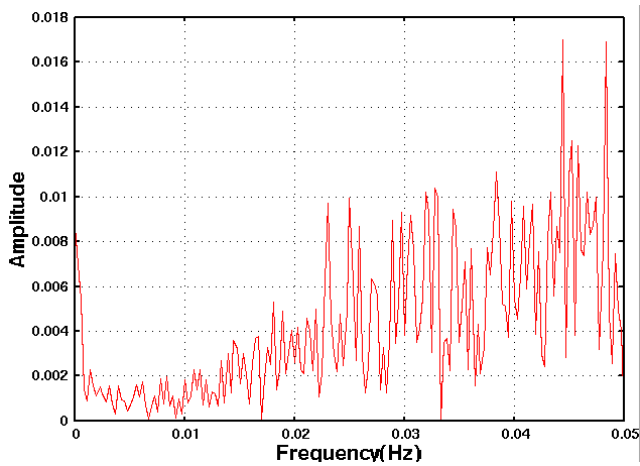


図-6 図-5 の周波数領域

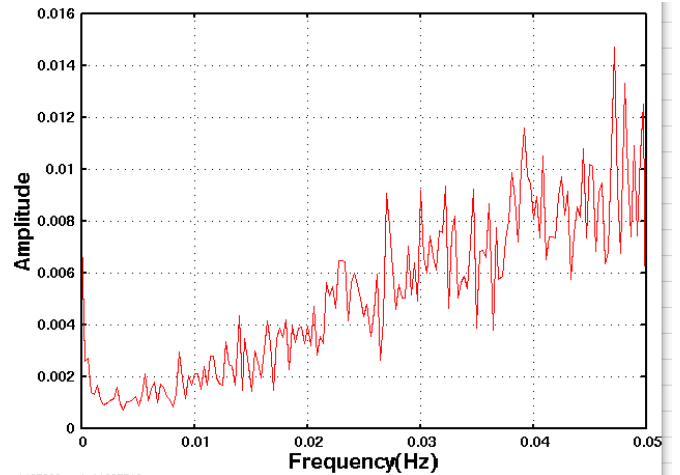


図-7 降水時の1時間降水量の増減の周波数領域

図-7, 図-8 のような降水時と無降水時の周波数領域のグラフを比較すると, 周波数が大きくなるにつれ振幅スペクトルが大体同じように増加している。しかし, 降水時のグラフでは, 周波数が 0.005Hz よりも小さい部分で振幅スペクトルが大きくなっていることが分かる。6時間分全ての降水時のグラフで周波数が 0.005Hz よりも小さい部分で振幅スペクトルが大きくなっていたが, 無降水時では, 6時間分のどのグラフにもそのような挙動は見られなかった。このことからその振幅スペクトルは降水時特有の波形データであり, 周波数の大きい振幅スペクトルはノイズであると考えた。そこでローパスフィルタを設定し, この降水時特有の波形データを残し, ローパスフィルタよりも大きいノイズを除去することで, ノイズを減衰させた降水時の振幅スペクトルが求められると考えた。最後に逆フーリエ変換を適用することで, ノイズを減衰させた降水量データが得られると考えた。

振幅スペクトルの最小値をとるために, 図-5 を平滑化した。図-9 に図-6 を19項の移動平均の式を用いて平滑化したグラフを示す。図-9 を見ると周波数が小さいところでは, 波形がU字型になっている。U字の左側が降水時特有の波形データの特徴, 右側がノイズの波形データの特徴と考え, 降水時特有の波形データを残すために, 図-9 の振幅スペクトルが最小のときの周波数をローパスフィルタとして設定する。図-9 の振幅スペクトルが最小のときの周波数は 0.005Hz である。

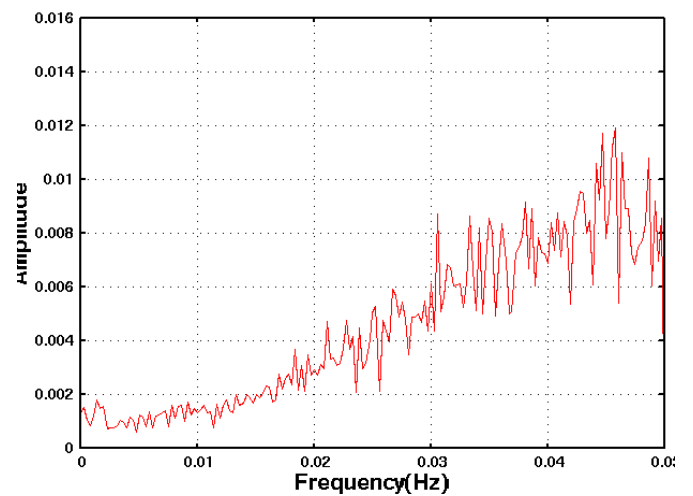


図-8 無降水時の1時間降水量の増減の周波数領域

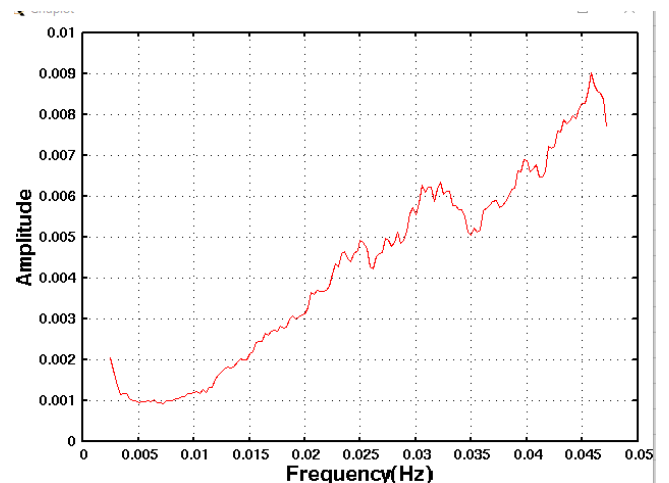


図-9 図-7 を平滑化したグラフ

4. 結果と考察

図-7 にローパスフィルタをかけ, 逆フーリエ変換を適用した結果を図-10 に示す。周波数のローパスフィルタは 0.005Hz とした。図-10 の1時間降水量の増

減衰を元データに当てはめて計算すると、ノイズが減衰された1時間当たりの積算降水量グラフが得られる。その結果を図-11に示す。ノイズが減衰される前の積算降水量グラフである図-2と、ノイズが減衰された積算降水量グラフである図-11を比較したグラフを図-12に示す。図-12を見るとノイズがかなり減衰されていることが分かる。傾きや形はほとんど変化がないことから、ノイズだけを除去できているといえる。

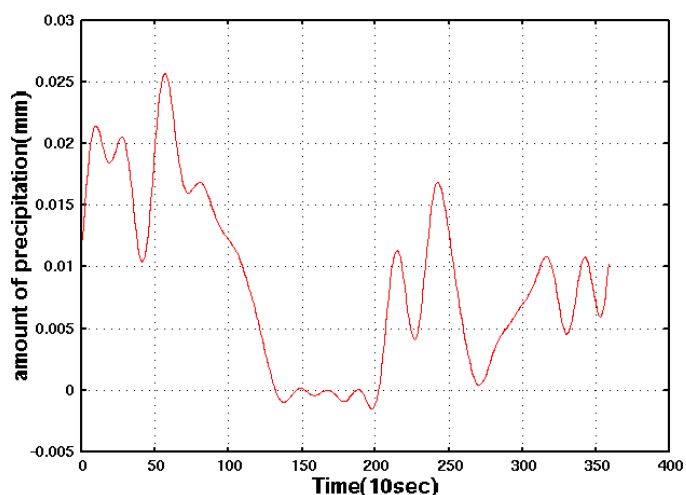


図-10 図-7 にローパスフィルタをかけた場合の時間領域のグラフ

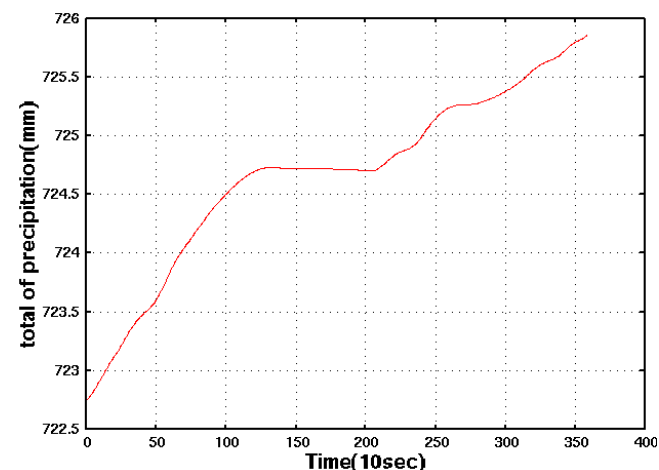


図-11 図-10 を基にした積算降水量

5. まとめ

弦振動型重量式降水量計のノイズを除去するため、維持間の連続した10秒データをフーリエ変換し、ローパスフィルタの設定を検討した結果、0.005Hzを閾値とすればよいことが分かった。その結果、ノイズを

除去できたようではあるが、今回は3つの積算測定値のうちs1を使用した。s2, s3も使用して確認・検討する必要がある。また、1時間のデータでしか解析していないが、他の時間スケールで解析しなければいけないし、他の期間ではまた傾向が違う可能性も考えられる。

参考文献

- 山下克也ほか, 固体降水国際比較実験プロジェクトのための上越サイトにおける捕捉特性調査
- 中井専人ほか(2009), 降水量系の捕捉損失補正の重要性, 日本気象学会
- 平沢尚彦ほか(2015), SPICE サイト・陸別街に基準器として導入した重量式降雪量計 Geonor の計測特性, 雪氷研究大会
- 大宮哲ほか(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