

## 高感度地震観測網の微小振動データを用いた大規模出水時の河川水位の推定

和歌山県土砂災害啓発センター

○筒井和男・坂口隆紀

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター（現所属：長野県姫川砂防事務所） 柴田俊

株式会社エイト日本技術開発

海原荘一・谷田佑太

株式会社かなめ技術開発

浅原裕

国土交通省国土技術政策総合研究所

木下篤彦・中谷洋明

## 1. はじめに

河川の水位は河川計画の流量算定、河川構造物の位置や標高設定のための基本的データであり、一般的には河道に隣接した圧力式水位計等を用いて計測されている。しかし、大規模洪水時には水位計自体の破損等により欠測となる事態が生じている。

一方、わが国には全国的に約 20km 間隔で防災科研の Hi-net<sup>1)</sup>等、高感度地震観測網が整備されている。河川流量増大による振動はノイズの一つとして捉えられてきたが、河川流量増加に伴い振動エネルギーが増加すること<sup>2)</sup>や河川のピーク流量と地盤の速度振幅とに相関があること<sup>3)</sup>等が報告されており、流量増大時の微小な振動データから水理量を推定することができれば計画規模の設定や的確な警戒避難の判断のために有効な情報となる。また、Hi-net 地震計は、センサーとして見た場合、設置場所も耐水性があり、洪水・浸水等に対して比較的堅牢性が高く、危機管理の面で有利である。

そこで本稿では、2020 年 7 月の豪雨における球磨川を対象に周辺の Hi-net 観測データを用いて洪水時の観測期間内の水位と地盤振動特性との関係性を分析し、その関係を外挿することで欠測となった期間の河川水位の推定を試みた。

## 2. 対象地と方法

図-1 に球磨川中流域の水位観測局・Hi-net 観測局・雨量観測局の位置を示す。また大野観測局と人吉観測局での 2020 年 7 月 3 日から 12 日の水位、および降水量を図-2 に示す。水位が途切れている期間は欠測となっている。最高水位に達したと推測される時間帯に欠測が発生している。

まず、洪水時の地盤振動データのスペクトル解析を行った。次いで水位と相関の高い周波数を検討するため、球磨川流域の人吉市周辺の 6 水位観測局と Hi-net の 3 観測局の上下成分のデータを用い、1~10Hz の周波数帯で 1Hz 毎のバンドパスフィルターで処理し、RMS 値(二乗平均平方根)を算出した。得られた RMS 値の時系列に対して、異常値の除去および 1 時間ごとの平均値を計算し、帯域毎に各水位局データとの相関を求めた。これらを元に地盤振動の RMS 値と相関の高い水位観測局と Hi-net 観測局とを組み合わせ、水位観測が欠測となった期間における水位を 1 次式で推定した。

## 3. 結果と考察

大野および人吉 Hi-net 観測局のスペクトログラムを図-3 に、RMS 値の時間変化を図-4 に示す。出水時に数 Hz へ



図-1 球磨川の各観測局の位置図

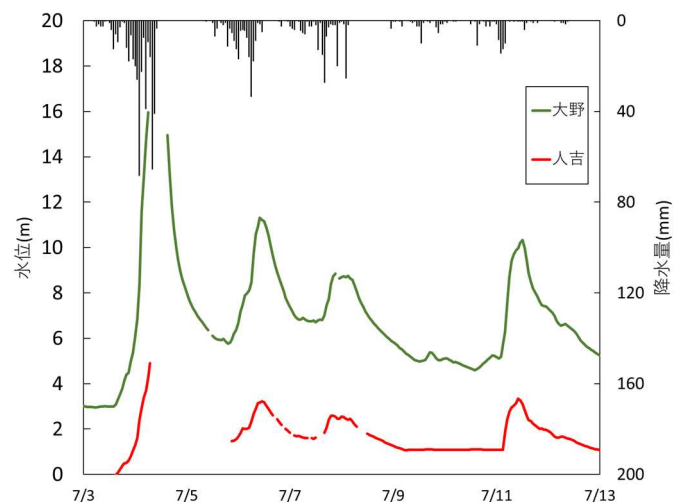


図-2 球磨川流域の大野、人吉水位観測局の水位と降水量の時間変化。水位データが途切れている時間帯は欠測している

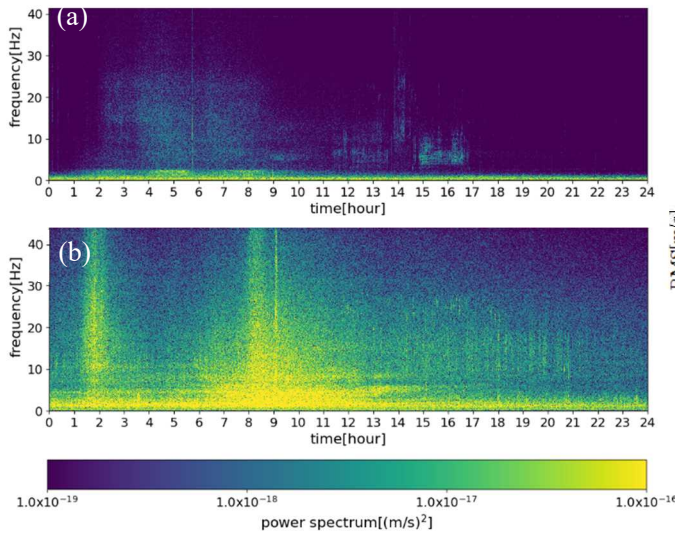


図-3 2020年7月4日のスペクトログラム  
(a) N.ASKH (芦北) (b) N.HYOH (人吉)

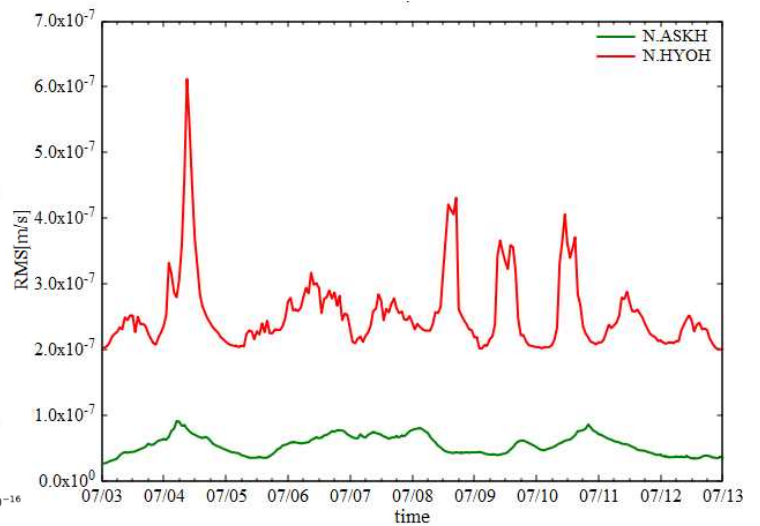


図-4 芦北と人吉観測局の振動のRMS値の時間変化。  
フィルターなし

表-1 球磨川の水位観測局と直近Hi-net観測局での水位と周波数帯別の指標値との相関係数。  
灰色で示した値が各観測局で相関係数が最も大きい値である

水位観測局	Hi-net観測局	no-filter	1-2Hz	2-3Hz	3-4Hz	4-5Hz	5-6Hz	6-7Hz	7-8Hz	8-9Hz	9-10Hz
大野	N.ASKH (芦北)	0.72	0.67	0.61	0.60	0.61	0.64	0.69	0.67	0.61	0.59
人吉	N.HYOH (人吉)	0.83	0.90	0.71	0.49	0.72	0.82	0.85	0.81	0.81	0.78
一武	N.HYOH (人吉)	0.83	0.93	0.72	0.47	0.72	0.83	0.85	0.83	0.82	0.79
渡	N.HYOH (人吉)	0.84	0.94	0.72	0.43	0.75	0.83	0.84	0.83	0.81	0.75
深田	N.UWEH (上)	0.78	0.92	0.87	0.79	0.84	0.84	0.77	0.80	0.78	0.49
多良木	N.UWEH (上)	0.77	0.92	0.75	0.63	0.71	0.70	0.59	0.66	0.64	0.30

20Hzの周波数帯の振幅スペクトルが増大することが確認できた。RMS値および水位と地盤振動データのRMS値との相関係数(表-1)のいずれも人吉が大きい値であった。人吉ではRMS値において7月8日以降、人工的影響と考えられる日変化がみられる。人吉Hi-net観測局は球磨川に近く、地震計は深度が浅く、剪断波速度が低い層に設置されている。これらの違いがRMS値や水位との相関係数の大きさに関係すると考えられる。

次に、欠測していない水位とRMS値から1次式を求め、水位を推定した結果を図-5に示す。人吉では水位変化を概ね再現できている。また、人吉水位観測局での推定最高水位は8.04mで、国土交通省九州地方整備局による痕跡水位7.27mと符合する結果であった。

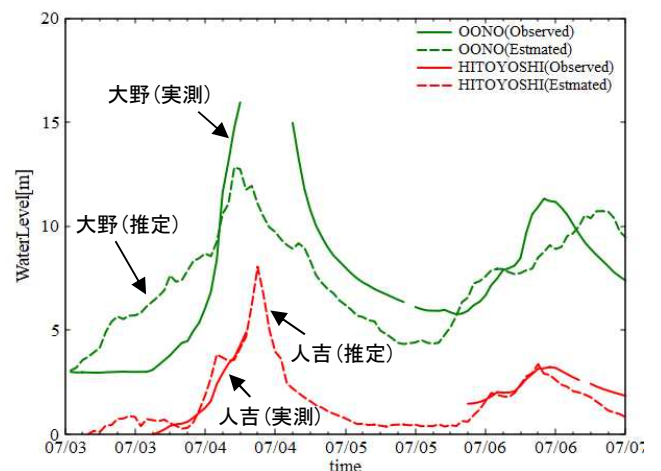


図-5 大野と人吉水位観測局の実測水位と振動波形による水位の推定値

#### 4. おわりに

1~2Hzの周波数帯の微小振動に着目することで、既存の高感度地震観測網を従来の水位計を補う河川水位計として有効活用できる可能性を示すことができた。本稿で示した手法がどのような観測条件の場合に適合できるのか、他の流域においても検討していきたい。

謝辞：本研究にあたっては国立研究開発法人防災科学技術研究所の高感度地震観測網(Hi-net)の地震観測データを利用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience: NIED Hi-net, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, doi:10.17598/NIED.0003, 2019
- 2) Díazほか: Hierarchical classification of snowmelt episodes in the Pyrenees using seismic data, *PLoS ONE*, 2019
- 3) 武澤ほか: 山地河川における洪水時の地盤振動特性の評価, 土木技術資料, 2013