

## 簡易無線式モニタリングシステムの汎用利用に関する実用性評価

香川高等専門学校 正会員 ○柳川竜一 東海旅客鉄道株式会社 非会員 平木雄大  
 四国総合研究所 正会員 藤本知規 香川高等専門学校 正会員 高橋直己  
 香川高等専門学校 正会員 林和彦 五洋建設株式会社 非会員 木村達樹

### 1. 背景および目的

高速且つ大容量のインターネット技術が一般レベルで実用化された近年では、無線技術を活用した広域環境データの収集と提供が様々な場面で活躍している。例えば、国土交通省は危機管理型水位計<sup>1)</sup>と呼ばれる河川氾濫が危惧される時期のみ集中的に測定・情報発信を行う観測網を構築しており、2018年3月時点で3,000箇所程度に達していると報告している。国交省主導のモニタリングシステム以外にも、複数の民間企業が独自に同様のシステムを開発および販売を行っており、それぞれが独自サービスを展開している。

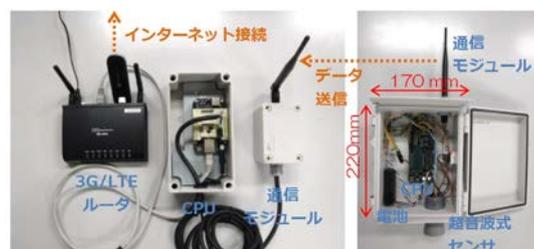


図-1 Water Minder 外観  
 (左図：NC, 右図：NICE)

ここで紹介する簡易無線式モニタリングシステム (Water Minder, 以下 WM と呼称, 図-1) は, 中西ら<sup>2)</sup> による研究成果であるフィールドモニタリングシステムの共通基盤技術 openATOMS を利用した複数の多項目データ測定ユニット (NICE) と通信サーバ機能を有するデータ収集ユニット (NC) を組合わせた観測技術であり, センサの交換により気温や湿度, CO<sub>2</sub> 濃度, 加速度など様々な項目測定が可能である。本システムはこれまで香川県を流れる財田川や土器川の現地河川水位のモニタリング<sup>3)</sup> から洪水時の水位変動を定性的に捉えていることを確認している一方, その精度や測定限界に関する検証は定量的ではない。本研究では, 本システムの汎用利用を見据え, 室内実験利用に耐える測定精度が確保できるか, また実河川を対象としたデータ送受信可能範囲について検討を行った。

### 2. 実験手順

静水状態での水位測定の精度検証として, 透明な水 (水道水) と濁水を模擬しオレンジ系蛍光塗料を混入した水道水 (色水) とをそれぞれ段階的に水位を変更させ, ポイントゲージ (実測定) と WM (無線測定) で水面位置を測定するとともに, 干出時距離との差分から水深を算出した。流水状態については, 回流式水槽にて一定流量を流し続けた場合 (常流) と, 模型を設置して一部区間に射流状態および跳水区間を設けた場合での定常流状態で水深を算出した。NC-NICE 間の電波通信可能範囲について, NC は香川高等専門学校高松キャンパス内に位置する建設環境工学科棟 3F 東端部の部屋に設置するとともに, 香東川の河川敷および河川周辺道路の複数地点にて NICE の電波受信試験を実施した。試験は最大 5 回実施し, 常に接続が確認されたケース, 5 回中 1 回以上接続が確認されたケース, 常に接続できないケースに場合分けを行い GIS 上にプロットした。

### 3. 結果および考察

図-2 は各条件下におけるポイントゲージ・直尺による実測値と WM による計測値との比較である。WM 計測値は実測値と 1 対 1 の関係を示しており, 近似式の傾き及び決定係数はそれぞれ 1.01, 0.996, (水道水静水状態), 0.999, 0.999 (色水静水状態), 0.988, 0.996 (水道水常流状態) が得られた。これらは, 実測値水深 10 cm に対し誤差が 0.06 mm, 0.85 mm, 1.18 mm に相当する。WM 計測値は濁りを伴った状況下でも十分な測定精度を確保できると考えられ, 今回の測定から 0.85 % と見積もられた。そして, 常流状態では 1 % 程度の誤差が発生したものの, 水面は多少変動することを考慮すると十分な精度は確保していると考えられた。

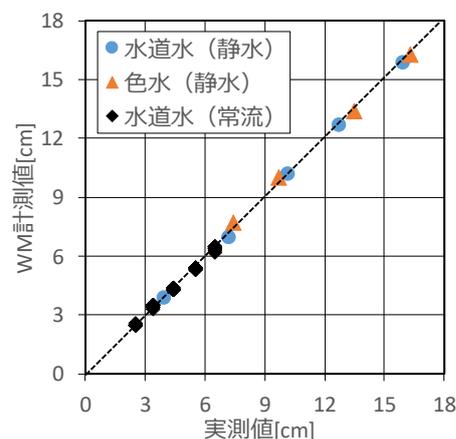


図-2 実測値と WM 計測値との関係

図-3は、射流状態を発生させた模型実験の様子である。模型高 5.6 cm, 斜面勾配 60 度の障害物を越流する流れの水面について、WM 計測値と目視水深を算出した。越流水深 2 cm の場合、射流と跳水区間を経て流下方向 10 cm 以降は常流となっており、常流区間での WM 計測値は目視水面より 5 mm 程度低かった。目視水深は側面部に透明フィルムを貼りフリーハンドで水面形を描くため、人為的誤差の発生が考えられた。射流および跳水区間では両者の測定値に大きな乖離が認められた(図-4)。越流水深 5 cm の場合、流量増大に伴い射流・跳水区間は拡大し、流下方向 60 cm 以降で常流となった。射流域は堤体高 2 cm と同様に大きな差異が確認できたが、跳水区間は目視水深と気泡を含む水深とで概ね一致した(図-5)。これらより、流水時は、射流区間の WM 計測精度に課題が残ることが示唆された。また、室内実験で WM 利用を想定した場合、cm スケールの誤差を許容できる範囲なら射流区間を除き問題なく利用できると考えられた。

NC-NICE 間での電波通信可能範囲を図-6に纏めた。北側の電波通信可能範囲は、北北西側で 600 m 程度、南側で 1,300 m 程度であることが明らかとなった。NC は岩清尾山塊の南端部斜面建物内に設置され、香東川は山塊西側の讃岐平野を南北に流れており、概ね斜面沿いに見通せる範囲が北側限界になると考えられた。南側については、高松自動車道や 5 階建て程度のビルが点在しているが比較の見通しは良く、北側よりも広域で受信可能だったと考えられる(図-7)。一方、河川沿い道路の一部区間で受信状況が悪い地点が存在した。これら近隣は住宅が密集しており、建物に隣接した観測位置は物理的障壁のため受信障害を引き起こしている可能性がある。根拠として、集合住宅より遠方の見通しの良い河川敷では、受信可能なエリアが確認された。これらより、NICE の受信範囲を可能な限り広域で確保するためには、物理的な障害物を可能な限り除去することが重要と考えられる。本検討では、電源が容易に確保できる RC 造建物内部に NC を設置した。NC の屋外且つ高所での設置はより広域での受信が期待されるため、今後は、設置高さの違いによる電波受信状況調査を検討する。

#### 参考文献

- 1) 佐藤潤・高橋勉・小島康由・中原亮：危機管理型水位計の開発，日本無線技報，No.70，pp.27-31.，2019.
- 2) 中西美一：openATOMS を活用した各種フィールドモニタリングシステムの開発と運用，電気学会全国大会論文集（C 部門），2011.
- 3) 藤本知規・中西美一・林和彦・柳川竜一・高橋直己：導入・維持管理が容易な無線式モニタリングシステムを活用した洪水時の水位観測について，令和元年自然災害フォーラム，4p.，2019.



図-3 射流を伴う流水実験の様子

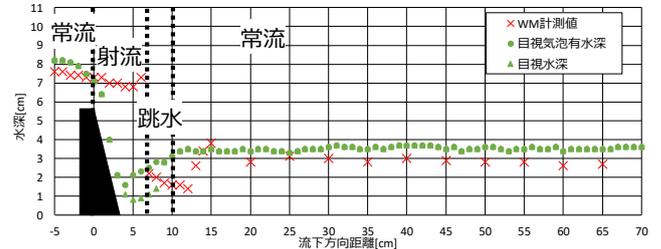


図-4 流水実験の精度評価  
(堤体高 5.6 cm, 越流水深 2 cm)

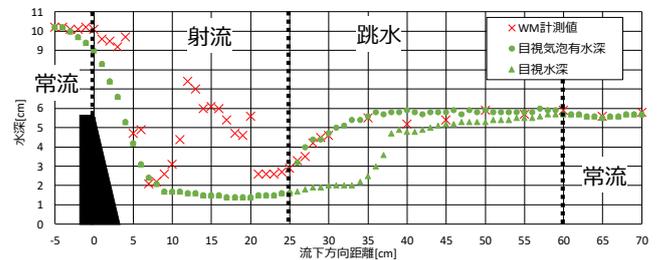


図-5 流水実験の精度評価  
(堤体高 5.6 cm, 越流水深 5 cm)

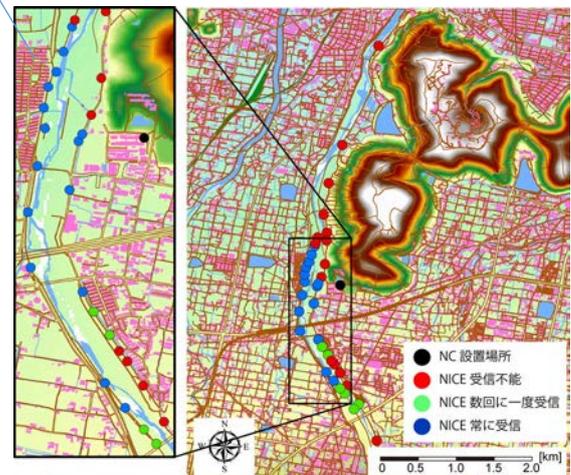


図-6 NC の受信可能範囲



図-7 電波受信境界（マーカー箇所が NC 設置付近）  
(左図：下流端，右図：上流端)