

河川河床近傍の多地点・連続モニタリング技術開発の為に基礎的研究

名古屋大学大学院 正会員 ○椿 涼太

名古屋大学大学院 非会員 飯嶋 洋樹

広島大学大学院 非会員 金田一清香

1. 目的

河道内での水・物質の移動現象は、物理・生物・化学的なプロセスが関連する現象であり、一年に数日程度の出水イベントによる攪乱とそこからの回復、季節変動、日変動などの多様な時間スケールのプロセスが係わる現象である。さらに、瀬・淵や河道の湾曲、砂州や砂堆といった微地形に合わせて、上記の物理・生物・化学的な応答が異なり、逆に言えばその結果として上記の微地形が形成・維持されているという面もある。水・土砂の移動に限って言えば、微地形の形成・維持過程の解明は進んでいると言えるが、ここに生物・化学のプロセスが係わると、その理解は現状でもあいまいと言わざるを得ない。本研究では、このような問題意識のもとに、河道内の河床近傍で生じる時空間的に不均一な水・物質の移動現象を、簡便な手間・費用で実測する方法を確立し、河道内での起きる複合的なプロセスの定量的な理解・将来予測・環境管理に資することを目指し、まず、多様な時空間スケールのプロセスが係わることから、多地点・連続計測が必要なことを念頭に、水中データ通信を利用した計測技術に関する基礎的研究を行うこととした。

2. 多項目計測を指向した計測技術

小型コンピュータである Raspberry Pi 3 model B (ラズベリーパイ財団) を利用した環境計測¹⁾と、水中トランシーバー (LGS-RG005BA, 山形カシオ (株)) を用いた水中通信を組み合わせた計測技術を開発している。機器構成は図-1 に示すとおりである。この機器構成を用いて実河川で通信試験を行ったところ、水中通信の到達距離は、水深 0.35 m, 流速 0.45 m/s 程度の環境で、表-1 に示すように 100 m で受信回数が激減していることから、到達範囲は 75 m から 100 m 程度であることがわかった。



図-1 多項目計測を指向した計測の機器構成 (左: 送信側 (センサー) の外観, 中: 送信側の内部, 右: 受信側の機器)

表-1 距離ごとの受信成功回数

距離 (m)	30	50	75	100
受信回数/送信回数 (回)	60/60	60/60	60/60	8/60

水中通信の到達限界付近である 75 m 程度の通信距離でのエラー率を低減させるデータの変調方法を検討したところ 1 kHz と 3 kHz を用いた周波数偏移変調を用いるのが効果的であり、200 bit/s 程度 (25 文字/s) の速度で通信が可能であった。環境計測の試験として、気圧・気温・高度センサーである BMP180 を用い、その内の気温データ (精度 2 度) を利用して、室内および実河川で水温情報の通信を行った。BMP180 で計測

した水温と比較するために、水中用温度計測データロガー UA-002-64 (精度 0.5 度, Onset 社) での計測も併せて実施した. 室内・実河川とも 2 度ほど BMP180 による計測値の方が高く, その要因として, センサーのバイアス誤差が 0.5~1 度程度, 小型コンピューター等の放熱による効果が 2 度程度であることがわかった. 以上のことから, 水温計測の精度を向上させるためには, 高性能センサーの利用およびセンサー部と熱源の分離により精度向上を図る必要があることがわかった.

3. 低侵襲で高密度計測を指向した計測技術

海洋生物の調査や環境計測を目的として開発された, 小型センサー・発信器 (AQPX-1040PT, (株)アクアサウンド) を利用した河川環境調査を試みた²⁾. 機器構成を図-2 に示す. 本センサーでは, 水深 (精度 50 cm) および水温 (精度 0.2 度) の計測結果を, 符号化した超音波信号を 2 回発信する際の時間間隔として送信し, 海洋では 500 m 程度の送信距離をもつ. 計測エラーとしては, 受信部で信号を認識できないデータ欠損と, 送信器で発信された単一の信号が, 複数経路で受信機に到達するマルチパスの 2 種類がある. 後者については, マルチパスの信号群のうち, 一番速く到達した信号を最短経路で到達したものと見なしてエラー訂正が可能な場合がある. 河川の水際で送信実験を行ったところ, 50 m から 100 m 程度の通信距離では, 距離に応じてマルチパスの発生割合が増え, 100 m 以上の距離では, データ欠損が増え, 150 m 程度では 1 割程度のデータ欠損が確認された. これは, 図-1 の構成より通信可能距離が長いことを示唆する. 計測された水温・水深データについては S&DL mini (応用地質 (株), 水深精度 4 mm, 温度精度 0.3 度) と比較を行った. 河川での計測試験では温度は 0.1 度程度の差であり, 水深については 30 cm 程度の差があり, また小型センサーの水深のデータ送信時の分解能が 10cm 程度であることが確認された. 上記の差はセンサーの誤差の範囲である.

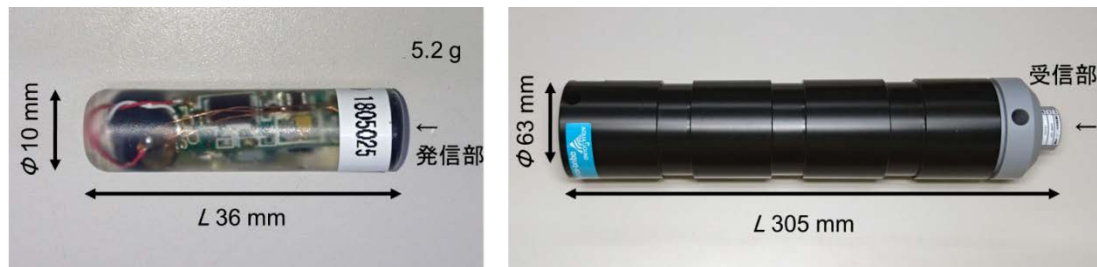


図-2 低侵襲で高密度計測を指向した計測の機器構成 (左: 送信側 (センサー, AQPX-1040PT), 右: 受信側 (AQTM-1000))

4. 今後の課題と計画

河床環境を通年で実測する基礎技術として, 水中音響通信と水温・水深の計測を, 2 種類の機器構成で試験を行った. ただし, 実施した試験は平水時の限られた条件に限られるため, 出水時を含む多様な環境での試験を行い, その結果に基づいて計測方法を検討していく必要がある. 河床近傍の温度分布の計測については, 図-2 に示す小型センサー・発信器が実用的な精度を有していることが確認でき, 河床起伏と河床近傍水温の対応の調査に利用する計画である³⁾. 水深 (水圧) を高精度に計測できれば, 河床近傍の乱流や底面せん断応力を算定可能である⁴⁾が, 本検討で利用した機器では精度が不十分であるため, センサーの交換あるいは調整が必要である. 本研究は, JSPS 科研費 16K06609, JP17K06574 による補助を受けた.

参考文献

- 1) Lewis, A. J. et al., Campbell, M., & Stavroulakis, P: Performance evaluation of a cheap, open source, digital environmental monitor based on the Raspberry Pi. Measurement, Vol. 87, pp. 228-235. 2016.
- 2) 笹倉豊喜: 水中バイオテレメトリ. 日本音響学会誌, Vol. 72(4), pp. 207-212, 2016.
- 3) Acuña, V., & Tockner, K: Surface-subsurface water exchange rates along alluvial river reaches control the thermal patterns in an Alpine river network. Freshwater Biology, Vol. 54(2), pp. 306-320, 2009.
- 4) 椿 涼太: 小出水中に礫河川の河床材料に作用する圧力の時間変動の実測, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, I_697-I_702, 2017.3.