

河床変動観測へのスキヤニングソナーの適用に関する研究

国土交通省国土技術政策総合研究所 正員 山本浩一・二村貴幸・日下部隆昭・末次忠司

1. はじめに

流砂系一貫とした土砂管理が叫ばれる中で現地河川における洪水時の掃流砂量は測定が困難であり、新たな計測技術の開発が求められている。また、洪水時に生じる河床変動の実態を明らかにするためには現地河床の形状取得が必要となるが、洪水時の実河川は濁流となるために水面下の形状の実測はADCPとRTK-GPSの組み合わせ¹⁾、ラジコンボートや十字浮体に艀装した音響測深器²⁾等により測定されてきた。これらの観測方法は広域的な観測が可能である長所を有するが、小規模な砂堆の消長を捉え、また掃流砂量を推定する目的のためには鉛直精度が十分ではない。そこで海洋分野で用いられている全周回転ヘッド型のソナー（スキヤニングソナー；写真－1）を河床変動計測に適用した。



写真－1 スキヤニングソナー

2. 観測方法

観測地点は一級河川那珂川水系涸沼川 28.1KPの河川研究室所有の「涸沼川洪水観測施設」である。この施設は河川低水路を跨いだ橋梁状の構造物から電動により昇降可能な観測台を有し、洪水時の河川水面直上にて観測することが可能である。この観測台にスキヤニングソナーを昇降する装置を作成・観測台に据え付けて洪水時にスキヤニングソナーを水面下に降ろし、河床変動を観測した（図－1）。

スキヤニングソナー（Kongsberg Simrad 製 MS-1000）は回転可能なヘッドを有し、675kHzの超音波を水中に発射し、回転面内での反射強度の空間分布をPC画面上に表示する装置である。表示例を図－2に示す。図－2は涸沼川左岸から見た河川の鉛直断面である。図の底部の明るい帯状の像が河床である。また画像中央がソナーヘッドの位置である。スキヤニングソナーは反射強度の閾値を定めることにより河床形状の取得が可能である。

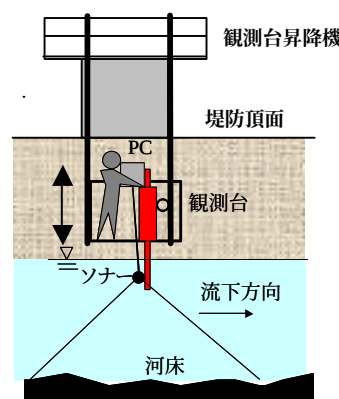
ソナーは俯角が浅くなると極端に鉛直精度が落ちる。ソナーから発射された音波は有限の角度（1.7°）をもって発射されるので、広がった音波のうち河床

となす角度が大きい音波が先に反射されることが原因である。このため本研究では河床の俯角が概ね30°以上になるよう測定レンジを調整した。

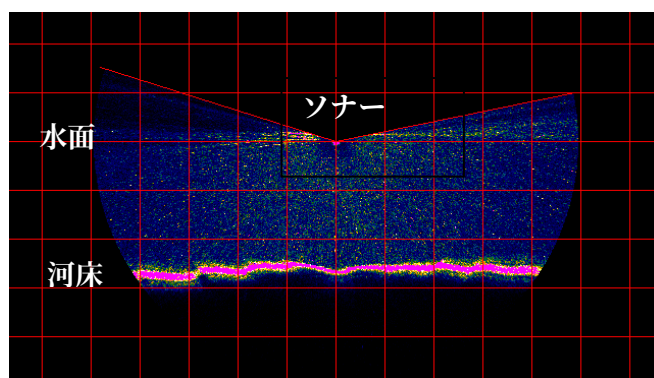
音波発射方向の精度は19mm～（音速1500m/s、パルス長25μs）、最小ステップ角は0.225°で360°の全周方向のスキヤンが可能である。回転速度は本報告における5mレンジ、0.225°のステップ角で全周約188秒であるが、ステップ角の設定により増減する。観測は2003年11月30日に上記観測施設にて行い、涸沼川のピーク流量時から約5時間にわたり間欠的に河床形状データを取得した。設定は表1に示した。ここでスキヤン角は鉛直下向きを0°とした。またスキヤン周期は首を振ったソナーヘッドが再び同じ方向から回転して同じ角度になる時間とした。

表1 本観測におけるスキヤニングソナー設定

測定レンジ (m)	パルス長 (μs)	ステップ角 (degree)	スキヤン角 (degree)	スキヤン周期 (s)
5	25	0.225	±100	208



図－1 洪水観測施設における河床変動観測の状況



図－2 スキヤニングソナーによる河川縦断面（涸沼川、2003年11月30日13時17分、図中左側が下流、格子幅1m）

キーワード：河床波，ソナー，非定常，河床粗度

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭1 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究室

TEL029-864-2211 FAX029-864-1168

3. 観測結果

図-3に河床波に関する用語の定義を示した。このうち V_s はクレストの進行速度である。図-4に2003年11月30日に濁沼川現地にてスキャンソナーにより取得した河床形状の時系列変化を示す。横軸は時刻、縦軸は河川流下方向を示す。この図は取得された縦断データを時間方向に並べたものである。濃淡が河床高に対応する。今回観測された河床波は L_s が1m~5m程度、 H_s が最大0.2m程度の砂堆であった。また V_s は1~10m/hであり、大きな幅があった。図を斜めに横切る濃い色の筋はボトム移動状況(例を実線で示す)、淡い色の筋はクレスト移動状況(例を破線で示す)を示している。それぞれの筋は図上において緩やかにカーブし、 V_s が非定常な挙動を示すことを表している。また V_s およびボトムの移動速度は同一時間帯においても一定ではなく、様々な移動速度の砂堆が混在していることが分かる。より詳しい状況を図-5に示した。当初は $H_s=6\text{cm}$ 程度の砂堆 A, B, C が存在したが、時間の経過に伴い砂堆 B, C の高さが増し、 $H_s=14\text{cm}$ 程度になった。やがて砂堆 B は砂堆 C と合体し、 $H_s=20\text{cm}$ となった。他方で新たに砂堆 A にボトムが発生し、砂堆 A1, A2 が生成する。このように、波長の長い砂堆から数個のボトムが発生し、 H_s を増加させながらやがて進行方向の砂堆に追いつき、合体していた。これらの砂堆の非定常挙動は砂堆群の縦断配置が関係していると考えられ、今後解析してゆく予定である。

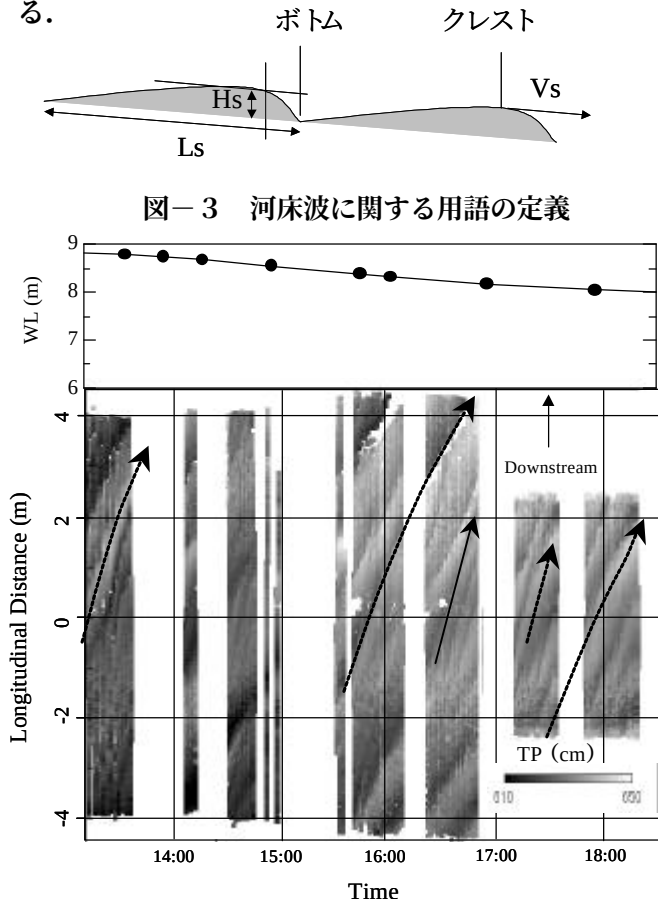


図-3 河床波に関する用語の定義

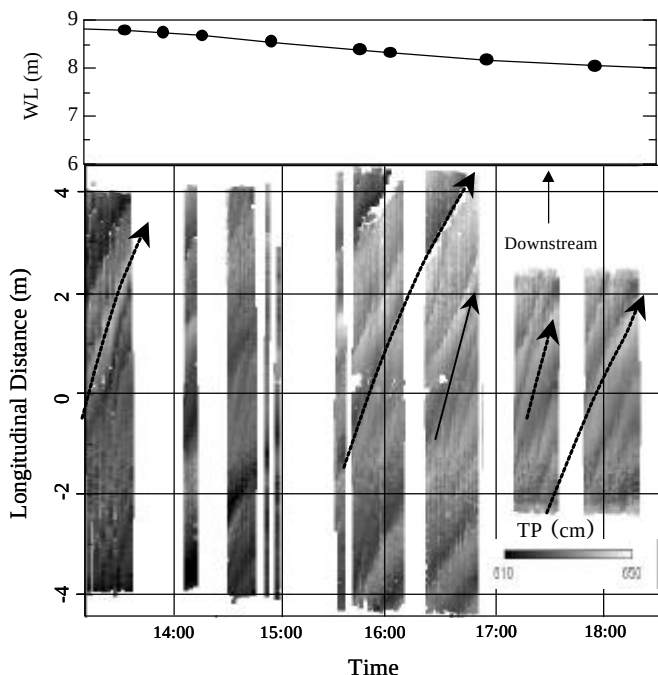


図-4 濁沼川 28.1KP 洪水時における水位(上)、河床高縦断面の時系列変動(下)(2003年11月30日)
破線: クレストの移動例, 実線: ボトムの移動例

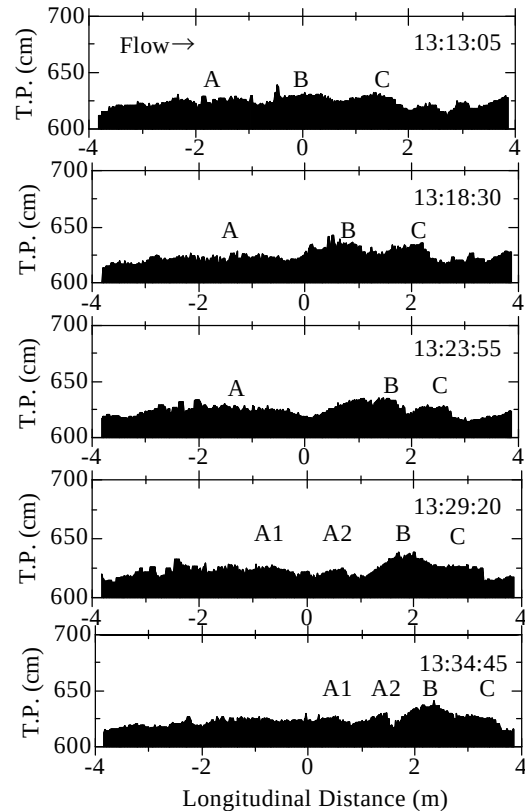


図-5 濁沼川 28.1KP における各時刻の河床高の縦断分布(2003年11月30日)

4. おわりに

詳細な河床変動の状況をモニタリングするためにスキャンソナーを河床変動の観測に適用した。

スキャンソナーは河道内の一点に固定するため揺動補正や波浪の補正は必要無く、一測線の縦断変化については従来よりも高密度に河床変動を捉えることが可能であった。スキャンソナーをH鋼に固定するなどの方法によれば様々な現地の河床変動計測に適用することが可能であると考えられる。また、設置方向によっては横断方向の河床変化を観測することも可能であり、数基を組み合わせれば立体的な観測が可能となる。

しかしながら音波の俯角を小さく取れないので広範囲の横断、縦断分布を測定するのは難しく、水平方向には水深程度の距離が測定範囲となることに注意する必要がある。

参考文献

- 1) 喜沢一史他; 洪水時の河床波計測技術について, 土木学会第56回年次学術講演会講演集, II-095, 2001.10
- 2) 上野鉄男; 洪水時の乱流構造の非定常特性に関する研究, 平成7, 8年度科学研究費成果報告書, 1999