

水中測量を用いない DEM のみによる河道断面の作成

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○浜本 聡
(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 横山 洋

1. はじめに

水理計算用の河道断面作成に DEM を用いることは広く行われている。ただし、問題点としては、図-1のように、DEMは水面より上は非常に精度よく標高を表すことができるが、水面下の標高を正しく表すことが出来ない。このため、通常はナローマルチビームなどを用い、DEMと同程度の高精度の3次元水中標高を求めている。本研究では、水中測量を行わずに河床変動計算だけで水面下の河道断面を作成することを試みた。計算手法としては均一粒径の河床変動計算(清水による RIC-Nays¹⁾²⁾を用いた。

堆積・侵食量は概ね $\partial q_B / \partial t$ (q_B : 単位時間・単位幅当流砂量)の積分値で規定されると考えられるので、 q_B 及び $\partial q_B / \partial t$ に大きな影響を与える

- ・粗度 n は粒径集団の平均粒径から計算
- ・河床変動計算に用いる代表粒径 d は、単位質量あたりの流水から受けるエネルギー量が、粒径集団の平均的な値をもつ代表面積を考慮した粒径
- ・ハイドログラフは実河川の dQ / dt 成分に近い合成波形を与えた。なお、具体的な計算手順としては、DEMにおいて水面下の河道平面を抽出し(図-2)、これに平均的な標高の平らな河床を与えて初期河道とした。計算範囲は石狩川の KP27.0-KP35.5 とした。

2. 粗度, 河床変動計算に用いる代表粒径

粗度 n は Manning-Strickler の流速式から導き出された $n = ks^{1/6} / 7.66\sqrt{g}$, $ks=2d$ (ks : 粗度高, d : 河床材料粒径)³⁾を用いて計算した。粗度高 ks すなわち河床部の凸部の高さを平均的な値とするため、粗度の計算には粒径集団の平均粒径 $d_m=1.1mm$ (河川中央部の 1991 年, 1997 年, 2003 年, 2009 年の4カ年平均粒径)を用い $n=0.015$ とした。

また、河床材料を球体と考えると、代表面積 $A = 1/4 \pi d^2$, 体積 $V = 1/6 \pi d^3$ であるので、単位質量あたりの粒径集団が流水から受けるエネルギーは、半径 d の逆数に比例すると考えられるので、河床変動計算に用いる代表粒径 d は、図-3の粒径加積曲線を分割し、各階層の中央粒径の逆数と寄与率の積の和の逆数で求めた。

$$d = \frac{1}{\sum_{k=1}^{n-1} \frac{p_{k+1} - p_k}{(d_{k+1} + d_k) / 2}} = 0.52(mm)$$

ここに、 d : 河床変動計算に用いる代表粒径, p_k : k 番目の粒径の通過質量百分率, d_k : k 番目の粒径

キーワード: DEM, 水面下の標高, 河床変動計算, 代表粒径, 合成ハイドログラフ

連絡先: 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL011-841-5235 FAX011-818-7036

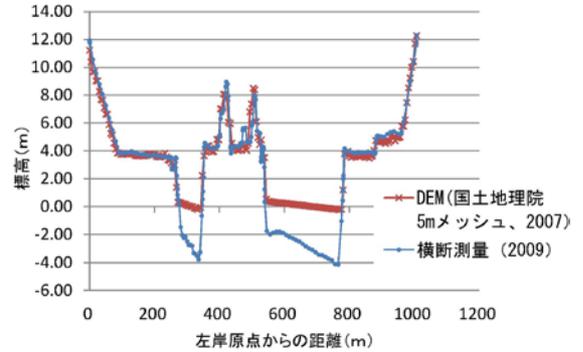


図-1 石狩川 KP31.0 の DEM と横断測量比較

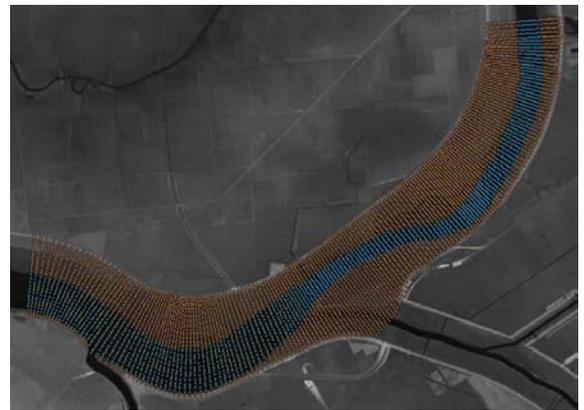


図-2 DEMにおける水面下の河道平面の抽出(青色)

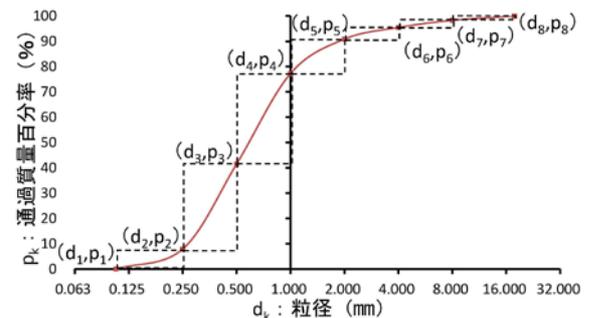


図-3 粒径加積曲線(河川中央, KP27.0-35.5の1991, 1997, 2003, 2009年の4カ年平均)

3. 合成ハイドログラフ

$\partial q_B / \partial t$ のプラスの時間積分値が侵食量、マイナスの時間積分値が堆砂量と考えられるため、 $\partial q_B / \partial t$ に大きな影響を与えると考えられる dQ / dt が実河川に近い合成ハイドログラフの作成を試みた。具体的には石狩大橋基準点の5カ年(2004~2008年)の日平均流量を降順に並べ換え、流量の成分分析を行った(図-4:最大流量 $3,200 m^3/s$, 最小流量 $100 m^3/s$)。

次に、この日平均流量の dQ / dt を成分分析した結果、

- ・ $dQ / dt > 0$ は全体の46%で平均増加量 $4.5 m^3/s/hr$
- ・ $dQ / dt < 0$ は全体の54%で平均減少量 $-3.9 m^3/s/hr$

であったので、これらを満足するように合成ハイドログラフを図-5のとおり作成した。計算時間を短縮するため、堆積量・侵食量が大きな部分、すなわち dQ / dt の絶対値が大きな $500 m^3/s$ 以上の部分を用いた。与えるエネルギー量は、この合成ハイドログラフを与える繰り返し回数を変えることにより調節した。

4. 計算結果と考察

図-6のとおり、河床変動計算結果($t=17,000hr$)と衛星写真を比べると中州の発達はほぼ再現できている。ただし、堆積・侵食の傾向については、ある程度精度良く計算できたと考えるが、その絶対量の計算精度についてはまだ誤差が大きい。

5. おわりに

河床変動計算の q_B 及び $\partial q_B / \partial t$ ができるだけ実河川に近い値になるようなデータを用い、遮蔽効果の影響をあまり受けない、流水からのエネルギーの大部分が河床材料の運搬に使われるような砂河床については、均一粒径の計算でも良好な計算結果が得られた。今後は、遮蔽効果が大きい礫床河川への適用について検討が必要である。

謝辞: 本論文をまとめるにあたり、北海道開発局札幌開発建設部からデータの提供を受けるなど、多大な協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 清水康行: 一般座標系を用いた2次元流れと河床変動の計算, 土木学会年次学術講演会講演概要集第II部, No.46, pp.634-635, 1991.
- 2) (財)北海道河川防災研究センター, 現(一般財団法人)北海道河川財団: 河川シミュレーション支援システム「RIC-Nays」2d_solverユーザーマニュアル, pp.3-18, 2009.
- 3) 岸力・黒木幹雄: 移動床流れにおける河床形状と流体抵抗(1), 北海道大学工学部研究報告, 第67号, pp.1~23, 1973.

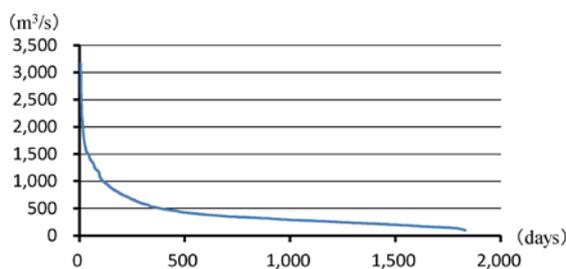


図-4 石狩大橋日平均流量降順並換え (2004-2008)

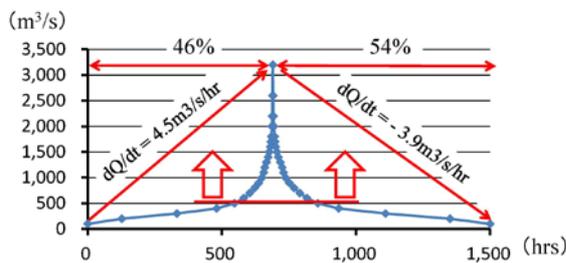
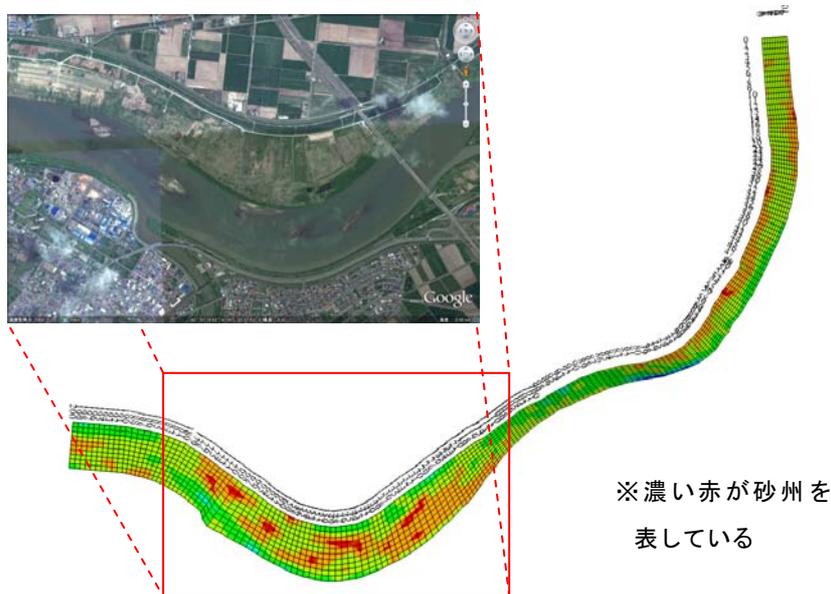


図-5 合成ハイドログラフの作成



※濃い赤が砂州を表している

図-6 河床変動計算結果 ($t=17,000hr$) と衛星写真 (Google Earth) の比較