

II-85

河口水位データに内包された
河口地形情報の抽出手法とその評価

東北大学大学院工学研究科 学生員 ○渡辺一也
東北大学大学院工学研究科 フェロー 田中 仁

1. はじめに

河口部においては、河口断面が狭搾するなどといった地形的な要因により、想像以上の河口水位上昇を生じ、危険性が增大することがある。そのため、河口部における地形情報は重要であるが、年に1回程度の地形測量では、河口の地形変動の時間スケール¹⁾に比較して十分でない場合が多い。

そこで、地形測量よりも短い一時間というスケールで行われている水位測定に注目し、このデータを活用することによって河口部の地形情報の一つである河口水深の推定を試みた。

2. 対象領域

河口水位データに含まれている河口地形情報の抽出手法とその評価について、全国8箇所²⁾の河口部を対象として検討を行った。今回、対象とした地点は、名取川、北上川、鳴瀬川、江の川、七北田川、鮫川、長面浦、十三湖水戸口である。

3. 河口地形情報の抽出手法

本研究における河口水位データより河口水深を推定する方法を以下に示す。基礎式はKeulegan²⁾によって示された tidal inlet の流れを表現する水理モデルであり以下に示す。

$$\eta_o - \eta_R = (K_{en} + K_{ex} + \frac{2gn^2L}{R^{4/3}}) \frac{|U|U}{2g} \quad (1)$$

$$U = \frac{A_R}{A_C} \frac{d\eta_R}{dt} \quad (2)$$

ここで、 η_o ：沖側潮位、 η_R ：河口内水位、 K_{en} ：入り口損失係数、 K_{ex} ：出口損失係数、 n ：マンニングの粗度係数、 L ：河口部狭水路路長、 R ：径深、 U ：河口部流速、 A_R ：感潮面積、 A_C ：河口面積（ $=B \times h$ ）、 h ：河口水深、 B ：水路幅である。ここで、河口の断面形状は矩形、または二次曲線形状であると仮定した。

4. 河口水深推定結果

式(1)、(2)中の h 、 η_R 以外のパラメーターを既知量として与え、さらに、実測された η_o を用いて η_R をRunge-Kutta法により計算する。このとき、水深

を様々に変化させることにより、計算値(cal)と実測値(meas)との誤差を最小とするような河口水深を探し、これが最終的な推定値となる。計算値と実測値との誤差は次式で計算される。

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^N |\eta_R(cal) - \eta_R(meas)|}{N} \quad (3)$$

ここで、図-1に水位データから実際に河口水深を推定した結果を示す。

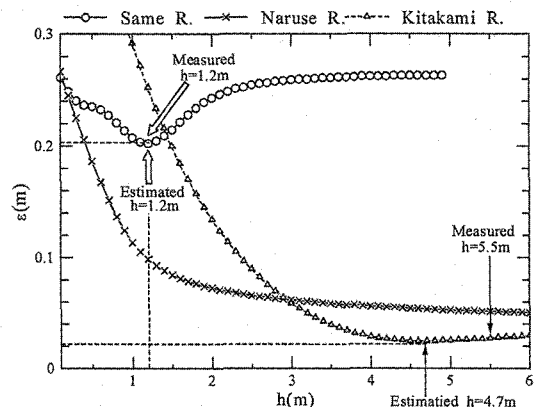


図-1 河口水深の推定

図中に示される記号により推定の可否を表わしている。推定が可能であった(○)で示される鮫川は、実測値と推定値が良好な値を示している。また、(×)で示される鳴瀬川においては、誤差が収束していないために推定が不可能であった。(△)で示される北上川では、誤差が収束し、推定値が得られたものの、その誤差が大きくなった。

ここでは、代表として3つのケースを示したが、推定が可能であった河川は他に4河川あり、今回示した鮫川のように実測値と推定が良好な一致を示した。

5. 推定手法の適用限界に関する検討

次に本手法の適用限界について検討を行った。ここでは、適用範囲を考えた場合、河口水位情報と河口地形情報を内包する無次元数であるという特徴を持つパラメーター $K^3)$ を使用することによりその評

値を行うこととした。ここで、パラメーター K は式(4)のように定義される。

$$K = \frac{A_C}{\sigma a_o A_R} \frac{\sqrt{2ga_o}}{\sqrt{K_{en} + K_{ex} + 2gn^2 L/R^{4/3}}} \quad (4)$$

ここで、 σ :各振動数、 a_o :潮位振幅である。

図-2に位相差、振幅比とパラメーター K の関係を示した。

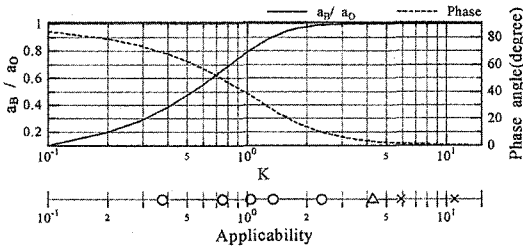


図-2 K と振幅比・位相差の関係と適用範囲

図-2の上段に実線と点線で示されているものがパラメーター K に対して、位相・振幅比がどのような反応を示すのかを計算したものである。図中の実線は、パラメーター K に対する河口内水位と潮位との振幅比を表わし、点線はパラメーター K に対する河口水位と潮位の位相差を表わしている。図-2の下段には、今回の検討を行った実河川の値を用いて計算した K と河口水位データからの河口地形の推定の可否を示した。今回の検討で実際に推定計算を実施した河川は計8河川であるが、5河川において推定が可能であり、1河川で推定はできるものの誤差が大きく、残り2河川では推定が不可能であった。

6. 河口水深推定手法の適用限界

ここまでの検討により水位データから、河口地形の情報が水位データに内包されていることが明らかとなっている。そこで、水位データ自身を指標とすることによって、河口での特性を検討することとした。具体的には、水位データ自身を指標とする、下記の式(5)を用いて検討を行った。

$$\gamma = \frac{1}{a_o T} \int_0^T \eta_o - \eta_R | dt \quad (5)$$

また、この指標 γ とパラメーター K の関係を図-3に示す。図-3を見るとパラメーター K の増加に伴い指標 γ が減少し、河口内水位と潮位との水位差が減衰していくことを確認することができる。これは、パラメーター K が増大するに伴って、潮位変動に対

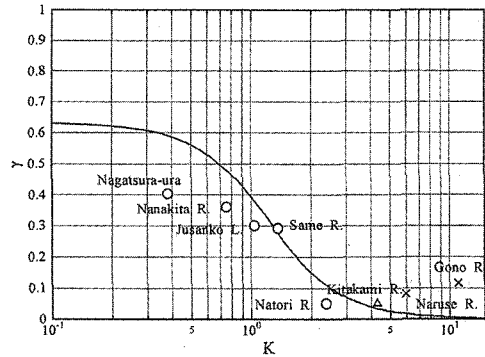


図-3 K と水位差を用いた指標 γ の関係

する河口内水位変動への底面摩擦による影響が小さくなっていることを意味している。すなわち、狭水路での摩擦の影響が小さくなることによって、潮位に対して河口内水位が鋭敏に応答するようになることを表現していると理解できる。

ここで、推定の可否について見ると全体の傾向を見ると、推定手法が適用可能であった河川においては、指標 γ の値が十分に大きいことが見て取れる。また、河川別に見ると(△)で示される北上川では非常に理論と一致した値を示している。北上川河口での指標 γ が理論値と近い値を示した理由としては、他の河川が潮位データをデータの存在する一番近い観測所からのものを使用しているとはいえ、観測所まで距離があるのに対して、北上川の潮位データは狭水路の出口付近に設置された観測所のデータを用いているために、理論に近い値となったと考えられる。

7. 結論

本研究では、河口部の水理特性に注目することによって、従来行われていた河口地形の把握手法とは異なったアプローチのもとに、河口水深推定手法について検討をおこなった。本研究における成果は今後の河川管理において有意義であると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国土交通省より貴重なデータを頂いた。ここに深く謝意を表する。

参考文献：

- 1) 真野 明・沢本正樹・長尾昌明・富樫健一：阿武隈川河口砂州の変形特性，海岸工学論文集，第40巻，pp.486-490, 1993.
- 2) Keulegan, G.H.: Tidal Flow in Entrances, U.S. Army Corps of Engineers, Committee on Tidal Hydraulics, Tech. Bull. No.14., 102p., 1967.
- 3) 渡辺一也・朝山順一・田中 仁・山路弘人：水位データにより推定される名取川河口水深の季節変動について，海岸工学論文集，第52巻，pp.336-340, 2005.