

河川流の3次元構造の測定

The measurement of the three dimensional river flow

北海道大学工学部土木工学科 ○学生員 関 陽平 (Youhei Seki)
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 森 明巨 (Akio Mori)
 (株) シン技術コンサル 近藤 峰男 (Mineo Kondo)
 (株) シン技術コンサル 氏原 隆信 (Takanobu Ujihara)

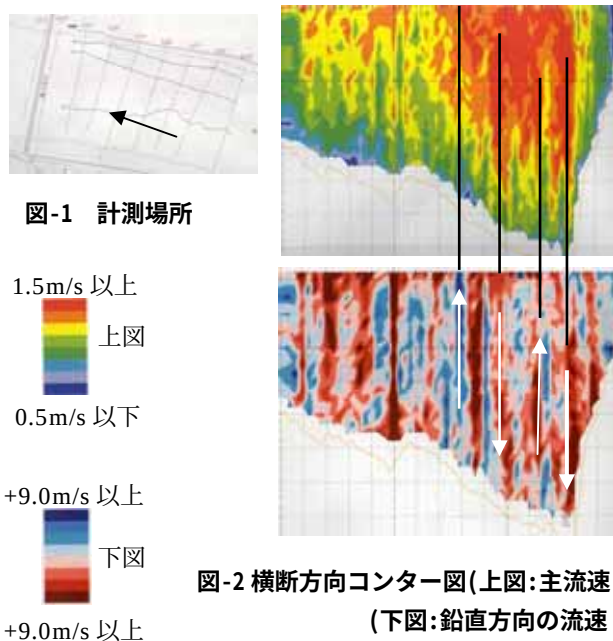
1 はじめに

開水路流では広範な条件で並列螺旋流の形成が確認されている。その特徴は下降流と上昇流が交互に存在することである。森⁽¹⁾の研究によれば、摩擦速度 u_* と主流速の横断分布の標準偏差は同程度である。また、大友⁽²⁾の研究によれば、石狩川の横断面の鉛直方向の流速の平均値と摩擦速度がほぼ等しい。ところで木下⁽³⁾によって、洪水時には流路中央部の水面が盛り上がり、洪水時には横断方向に縦断方向と同程度の勾配ができたことが報告されている。

著者らはこれが螺旋流によって、引き起こされるものと考えていて、これを調べるために本年の融雪出水時の水面形と流速3成分の計測を計画した。しかし、十分に大きな出水がなかったため、今回は螺旋流の強度と摩擦速度との関係を調べる。

2 測定方法

計測点は図-1 に示した石狩川での北海道江別市石狩大橋(KP=26.60)上流である。計測はラジコンボートにADCP(Acoustic Doppler Current Profiler: 音響ドップラー流速計)とGPS(Global Positioning System: 全地球測位システム)を積み、流速3成分、位置データを測定した。横断方向に9断面、流下方向に3断面計測した。横断方向はボ-



トを駆動させ、縦断方向はボートを駆動させずに計測した。水面から鉛直下方向に0.41mの点から0.25m毎に計測した。計測の時間間隔はADCPは2~5秒、GPSは1~2秒であった。測定は2005年5月16日、20日、24日の融雪時で、流量はそれぞれおよそ800、2000、1100m³/sであった。

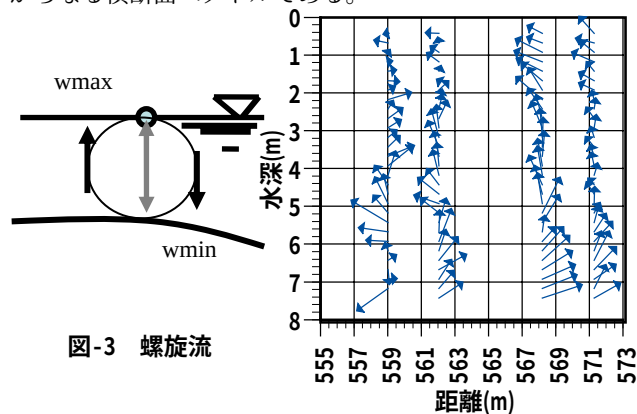
3 並列螺旋流の強度の定義

図-2は主流速 u と鉛直方向の流速 w のコンター図である。図から、低速域と高速域、また下降域と上昇域が交互に並んでいることがわかる。図中に実線で結んだように低速域と上昇域、高速域と下降域が対応していて、並列螺旋流の形成が明らかである。図-3で示すように、螺旋流を直径が水深 h 程度の円と想定すれば、並列螺旋流の強度として1つの螺旋内の上昇流の最大値(w_{max})と下降流の最大値(w_{min})との差(Δw)

$$\Delta w = w_{max} - w_{min}$$

をとることが考えられる。

図-4は縦断計測によって得られた流速の横断成分 v と w からなる横断面ベクトル図である。



図から全水域に渡って一様に上昇したり下降したりしていないことがわかる。螺旋流はburstのような強い上昇流の連なりで形成されていると考えるが、図の流れではburstの強度が弱く、螺旋流の発達が不十分なためと思われる。

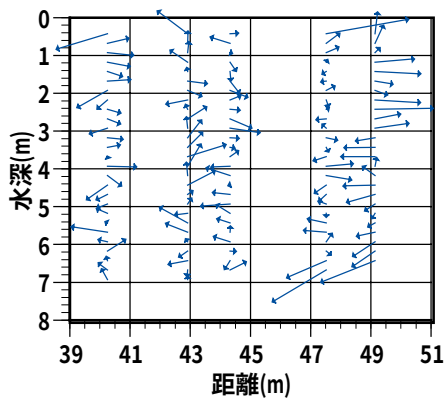


図5 横断方向のベクトル図

このような渦構造の横断面内への広がり L_E は図-5 に示した横断線に沿って作られた横断面ベクトルからみることができる。

$$L_E = \alpha h$$

とおけば、 $\alpha \gg 1$ である。

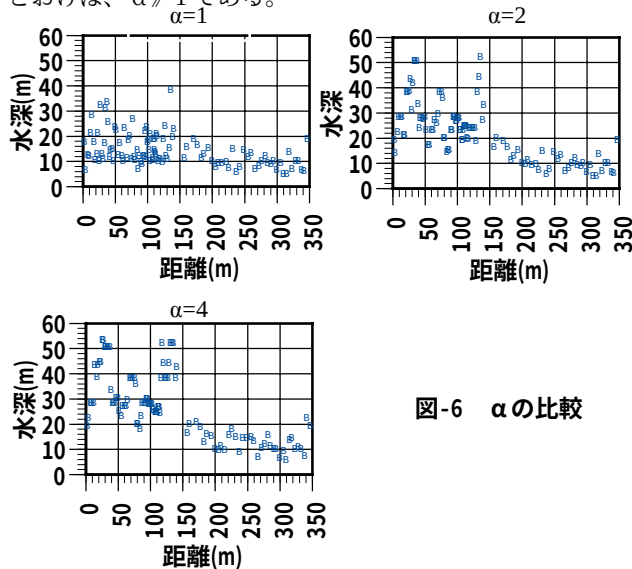


図-6 α の比較

図-6 に $\alpha=1,2,4$ の場合の Δw の計測をした。予想されたように $\alpha=1$ はばらつきが大きい。 $\alpha=4$ は直線的な部分が多く、過大と思われる。 $\alpha=2$ では $\alpha=4$ と Δw の値がほぼ同じで、直線的な部分が少ない。よって、 $\alpha=2$ を適用する。図-4、5 からわかるように、螺旋流形成時に派生的に生ずる小規模渦が発見される。これを除くために水深方向に移動平均したものを図-7 に示す。図から移動平均の個数を5とした。

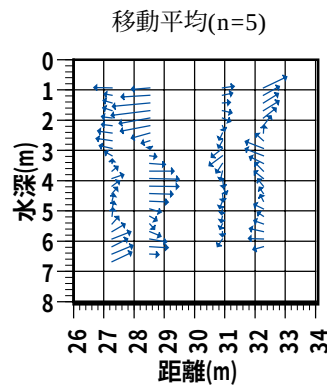
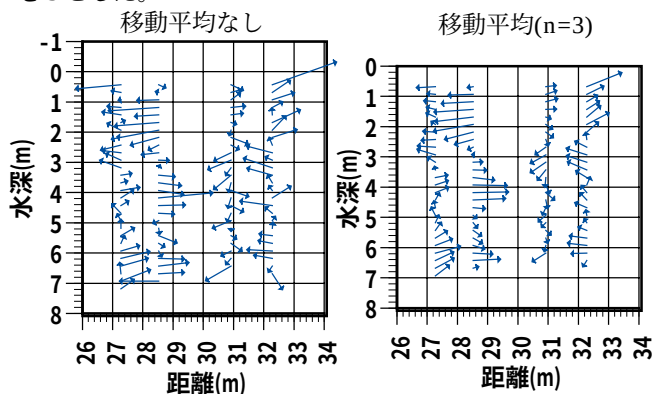


図-7 移動平均によるベクトルグラフの変化

4 解析結果

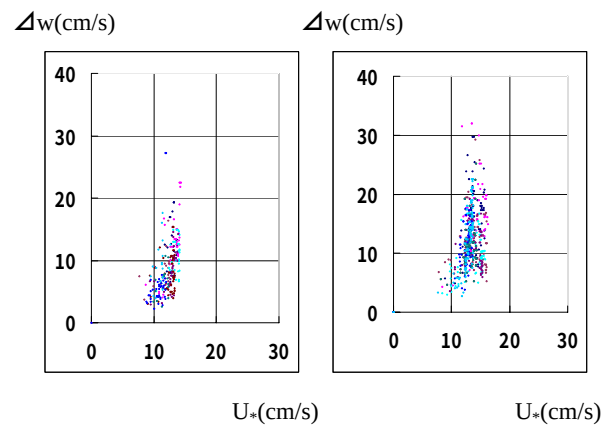
螺旋流の強度は U_* の order と考えられているが、図-8 に示した Δw と U_* の関係からこのことが確認できる。

5月16日

$Q=800\text{m}^3/\text{s}$

5月20日

$Q=2000\text{m}^3/\text{s}$



5月24日

$Q=1100\text{m}^3/\text{s}$

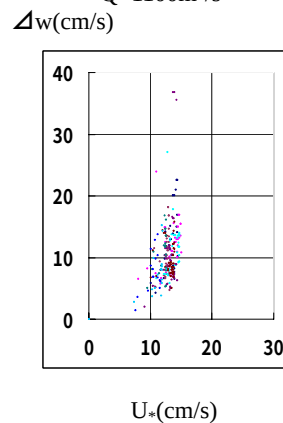


図-8 Δw と U_* の関係

参考文献

- (1) 森 明巨：滑面水路で見出された二次流に関する研究，第27回年次学術講演会公演概要集
- (2) 大友 将也：河川乱流構造と水面形に関する調査・解析，2003
- (3) 木下 良作：河川流量と流れの構造—ADCPによる観測報告—