

iRIC 用ソルバーの改良と河川合流点における流況解析事例

Improvement Solver for iRIC and Calculating Flow Regime at River Confluences

水工事業本部 水工第1部 濱木 道大¹⁾
水工第1部 井上 卓也²⁾



概要(Abstract)

iRIC (International River Interface Cooperative) ソフトウェア¹⁾は、これまで(財)北海道河川防災研究センター(現(財)北海道河川財団)で開発してきたRIC-NaysとUSGS(アメリカ地質調査所)で開発してきたMD_SWMS²⁾の機能を統合した河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアであり、解析ソルバーだけでなく計算格子の作成や計算条件の設定から解析結果の可視化などのプリ・ポストプロセッサを統合したフリーソフトウェアである。

iRIC の開発により、研究者や河川技術者は計算格子の設定や初期条件の変更などの労力が軽減され、よりきめ細かい検討を行うことができるようになっている。

現在、iRIC2.0の開発に向け、iRICに組み込まれている旧バージョンのソルバー(nays model)^{3,4)}の汎用性をより向上させる作業を行っているところであり、筆者らも河川合流点の計算や氾濫計算などが可能なようにソルバー改良などの協力を行っている。

本論文は、支川合流点モデル改良の概要と、支川合流点における解析事例について記述したものである。

1. はじめに

近年、水理・水文分野における品質保証や説明責任の観点から、シミュレーション結果の妥当性検証やモデル間の整合性確保が課題となっており、解析シミュレーションソフトウェアの相互利用やGUIによる操作性向上が求められている⁵⁾。日本では国土交通省国土技術政策総合研究所などが主体となって、CommonMP⁶⁾という統合プラットフォームの開発が進められている。

これに対し、iRICはRIC-NaysとMD_SWMSの機能を統合した河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアであり、解析ソルバーだけでなく、計算格子作成や計算条件設定、解析結果の可視化などを統合したフリーソフトウェアである。iRICを用いることで、研究者や河川技術者は、計算格子作成などにかかる労力が軽減され、治水上の課題(水位上昇や局所洗掘)や、環境上の課題(植生繁茂、水質悪化)などの課題解決のための検討に注力できるようになった。

ただし、iRICに組み込まれている旧バージョンのソルバー(nays model)は、支川合流点を含む計算に

は対応しておらず、iRICの機能を十分に活用することができなかった。

そこで、旧ソルバーを支川合流点における解析に対応可能なモデル⁷⁾に改良し、モデルの汎用性を向上させた。さらに、実河川における流況解析事例を示し、ソルバー改良の有効性を検証した。

2. ソルバーの修正

2.1 支川合流タイプの設定

支川合流を考慮した計算格子の形状と合流する条件としては、以下の3パターンを考えた。

流心が2本に分かれる場合は、

①タイプA:分岐合流

支川が本川にほぼ直角に合流する場合は、

②タイプB1:左岸からの横流入

③タイプB2:右岸からの横流入

計算格子作成の際には、現地の状況や河床高データの有無などを考慮して、上記3タイプから適切な格子形状を選択する必要がある。図-1、図-2に各タイプの計算格子例と設定上の注意事項を示した。

2.2 初期水面形の設定に関する修正

平面 2 次元非定常流況解析モデルにおける初期水面形の設定は、流量が小さい場合には一定値や一定勾配として与えても影響は小さい。

しかし、設定流量が大きい場合や支川の河川勾配のみ急流な場合などでは、初期水面形の設定が難しく、計算が不安定になりやすい。一般に、このような場合には、1 次元不等流計算により初期水面形を設定し、そこから非定常流況計算を行うことで、流

況を収束させやすくさせている。

このため、支川合流を考慮した不等流計算や等流計算による初期水面形の設定を行えるように、ソルバーを修正した。具体的には、本川流量 Q_1 と支川流量 Q_2 の合計値により、最下流端から支川合流点までの不等流計算を行い、さらに本川、支川の各流量で上流側の水位を計算するように修正した。図-3 に、各タイプの初期水面形設定時の流量配分を示した。

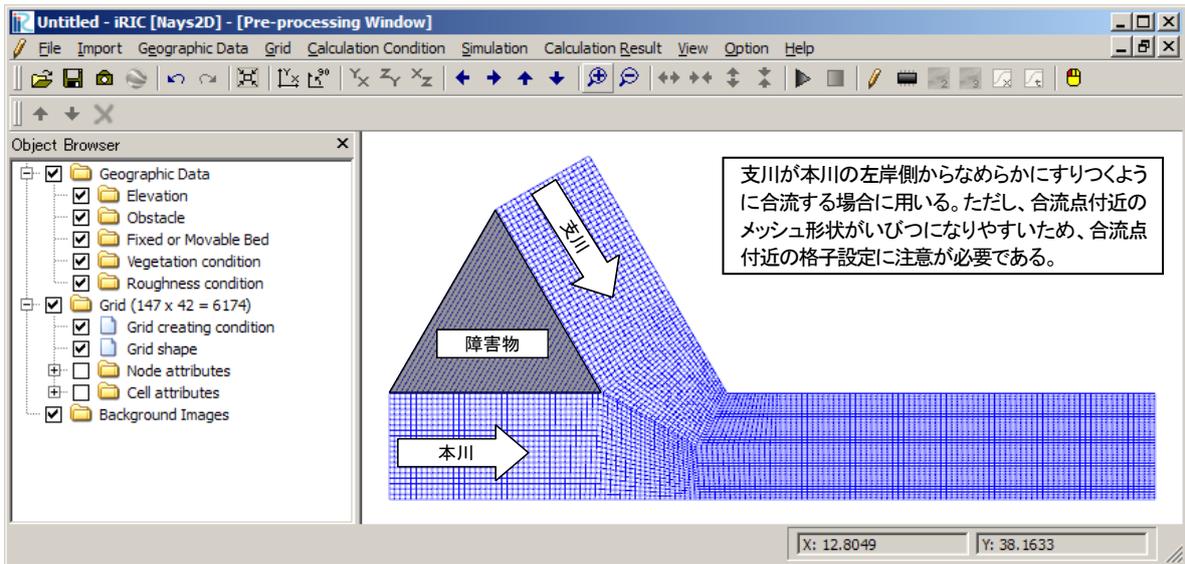


図-1 合流タイプ A 分岐合流の計算格子例(iRIC2.0 での表示例)

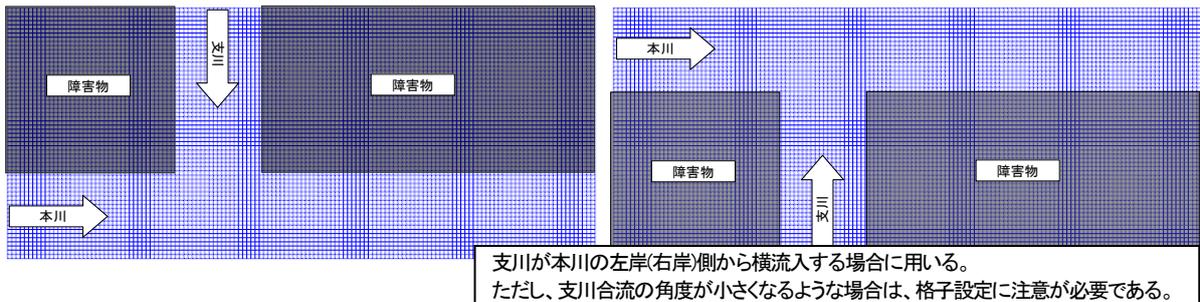


図-2 合流タイプ B 横流入の計算格子例(左図:左岸からの横流入、右図:右岸からの横流入)

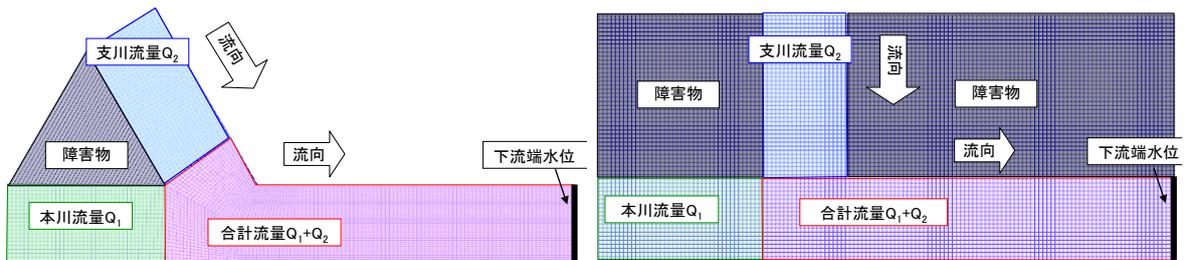


図-3 初期不等流計算時の流量配分例(左図:タイプ A 分岐合流の場合、右図:タイプ B 横流入の場合)

3. 実河川における流況解析事例

3.1 解析事例対象箇所概要

解析事例対象箇所は、本川の河口付近において支川との合流点付近に広大な干潟が形成されており、多くの渡り鳥が飛来するなど、水鳥などの生息地として重要な河川環境を有している箇所である。

しかし、近年では上流域からの土砂の流入や生活排水などの影響で水質が悪化し、干潟上に汽水性の植生が拡大、干潟面積の減少などが懸念されている。下水道整備や清掃活動、試験伐採などにより、干潟の保全対策が行われているが、よりよい保全対策計画の立案のためには、合流点における複雑な流況や土砂移動を精度良く予測し、対策案の効果を評価しなければならない。

このような対策案の検討においては、平面2次元流況解析や河床変動解析などの数値解析を駆使して、現況河道の予測や対策効果の予測を行うことが、効果的・効率的な保全対策計画の立案に必要な不可欠である。

そこで、修正したソルバーを用いて、支川合流点付近の流況解析を行い、本川に流れ込む支川の影響を把握した。

3.2 計算条件の設定

計算条件は、表-1 に示すように設定した。本川に流れ込む支川の影響を把握するため、支川合流を考慮しない場合と考慮する場合の2ケースを対象に計算を行った。

流量は計画高水流量を参考に設定したが、下流端水位や河床材料は、実測データが乏しかったため、潮位や感潮域であることをもとに想定した仮定値とした。図-4 に計算格子設定図を、図-5 に河床コンター図をそれぞれ示す。

表-1 計算条件 (国場川およびノハ川)

計算条件	Case1	Case2
合流条件	考慮しない	考慮する
計算格子	2~5m 間隔 (本川: 100×17、支川: 60×30)	
対象流量	計画高水流量	計画高水流量
	※考慮しない	計画高水流量
下流端水位	潮位を想定した仮定値	
河床材料	感潮域を想定した仮定値	
河床抵抗	平均粒径による Flat Bed の抵抗則	

3.3 計算結果の考察

各計算ケースについて、対象流量ピーク時の流速ベクトル図を図-6 に示す。これによると、支川合流を考慮しなかったCase1 では、干潟付近の流況が安定しておらず、干潟環境の特性把握に必要な解析結果を得られなかった。

一方、Case2 では本川と支川の主流線がなめらかに合流しており、干潟上では 1m/s以上の流速で通過する結果となった。植生による抵抗増や掃流力による河床変動を考慮する必要があるものの、支川合流を含む河道形状のみを考えると、干潟付近は定期的なかく乱を受けやすい地形にあったと考える。

しかし、実際には干潟上の植生が範囲を拡大している傾向にあるため、潮位変動や本川と支川の流出特性の違い、生活排水や流入土砂などの外的要因が複雑に影響しあい、現在の干潟環境が維持・形成されているものと考えられる。GoogleEarthでの表示例は <http://i-ric.org/animation> を参照されたい。

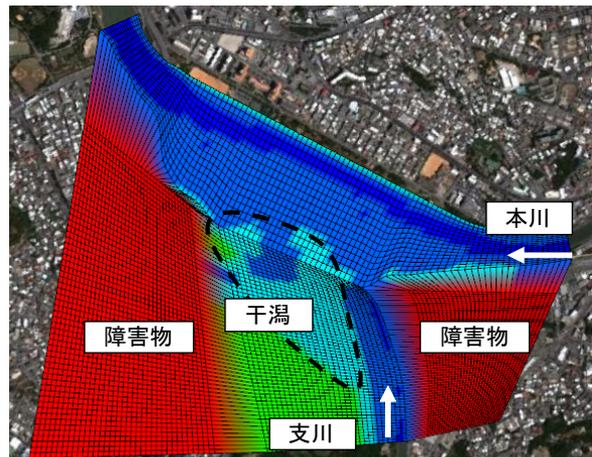


図-4 計算格子設定図(GoogleEarth 画像を背景に使用)

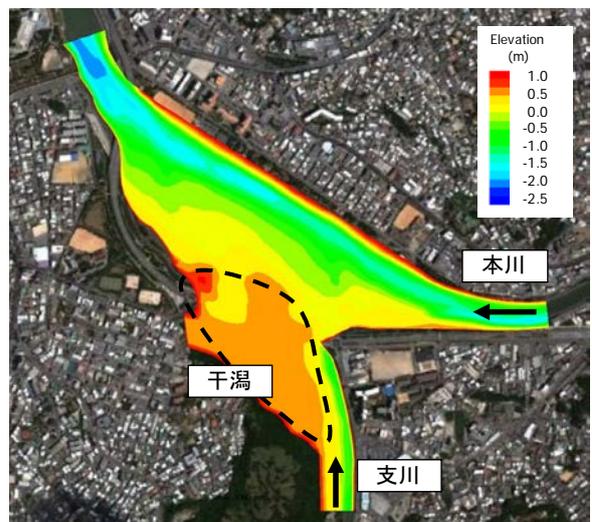


図-5 河床高コンター図(GoogleEarth 画像を背景に使用)

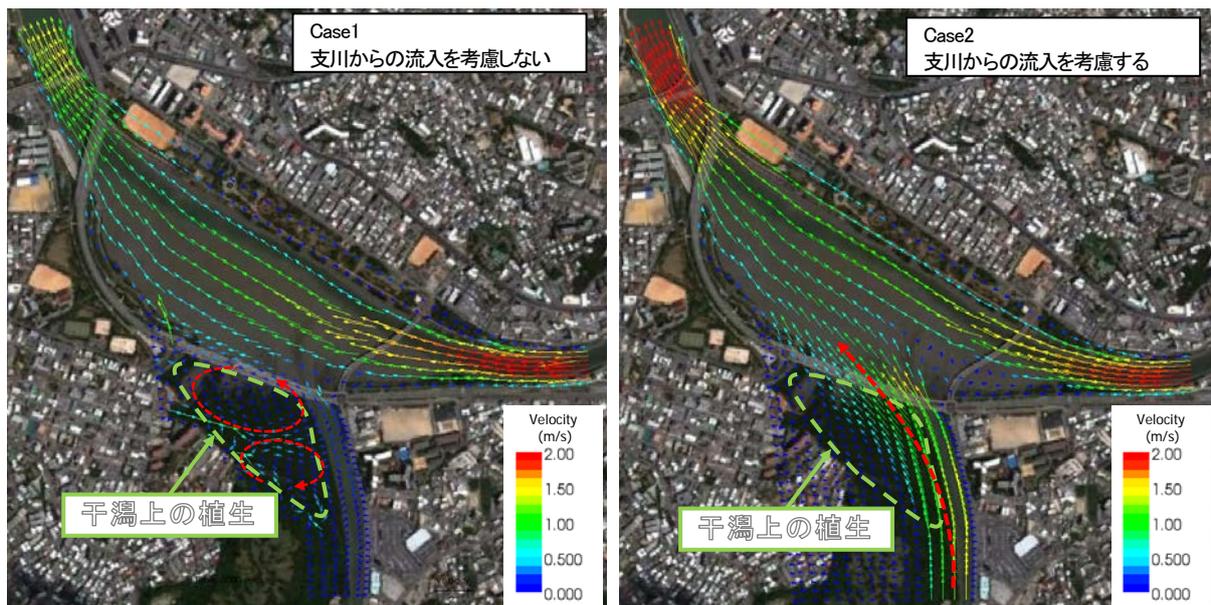


図-6 流速ベクトル図(iRICによる表示例、GoogleEarth画像を背景に使用)

4. 終わりに

旧バージョンのソルバーを支川合流点における解析に対応可能なmodelに改良し、モデルの汎用性を向上させたことにより、解析事例に示したような支川合流点における流況把握を容易にした。また、解析事例のような地形では、現状の干潟箇所が支川合流の影響により洪水時にはかく乱を受けやすい箇所ではあることを明らかにした。

さらに、計算条件を変更し、本川と支川の流出特性の違いによる影響や、潮位変動による影響、合流による局所的な流線のわん曲による2次流の影響も考慮した河床変動計算などについての検討が必要ではあるが、iRICと今回修正したソルバーを使用することで、そのような様々な角度からの検討が容易に可能となった。

今後は、河川水位や河川流量、河床高に関する実測値の経年的な変化を蓄積し、より精度の高い流況の予測を行う他、塩水楔の発達による影響や植生による浮遊土砂の捕捉機能、管理伐採による流況及び土砂堆積の変化予測など、研究対象が飛躍的に拡大することが期待される。

また、iRICでは洪水氾濫解析や3次元流況解析などの様々なソルバーも公開が予定されており、GoogleEarthを活用したプレゼン等も可能なため、iRICを活用することにより、より数値解析が一般的で使いやすいツールとして浸透していくことが期待される。ただし、使用者の専門知識が乏しい場合、解析結果を鵜呑みにし、間違った結果を導く可能性も

ある。そこで我々建設コンサルタントは、水文学や水理学などに関する高い専門知識と実際の河道特性を読みとく深い洞察力をもって、解析結果の妥当性を検証し適切な判断を行うとともに、よりきめ細やかな検討を行っていく必要がある。

5. 謝辞

本論文の内容を遂行するにあたり、一般財団法人北海道河川財団(RIC)の支援のもと、北海道大学清水教授、琉球大学仲座教授よりご指導・データ提供をして頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) iRIC: <http://i-ric.org/>
- 2) MD_SWMS:http://wwwbrn.cr.usgs.gov/projects/GEOMORPH_Lab/project-MDSWMS.html
- 3) 清水康行:河道平面形状の形成における河床・河岸の変動特性の相互関係について, 土木学会水工学論文集, 第47巻, pp.643-648, 2003
- 4) Jang,C. and Y.Shimizu : Numerical simulation of relatively wide, shallow channels with erodible banks, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 131, No.7, pp.565-575, 2005.
- 5) 宮武治郎, 清水康行, 江崎國夫, 吉田義一:流れ解析支援のフリーソフト:RIC-Naysの開発, 土木学会水工学論文集, 第53巻, pp.607-612, 2009
- 6) CommonMP: <http://framework.nilim.go.jp/>
- 7) 舩甚甲介, 清水康行: 河川合流点を含む流れに関する研究, 水工学論文集, 第49巻, pp.529-534, 2005.