



**iRIC Software**

*Changing River Science*

---

***River2D Tutorials***

---

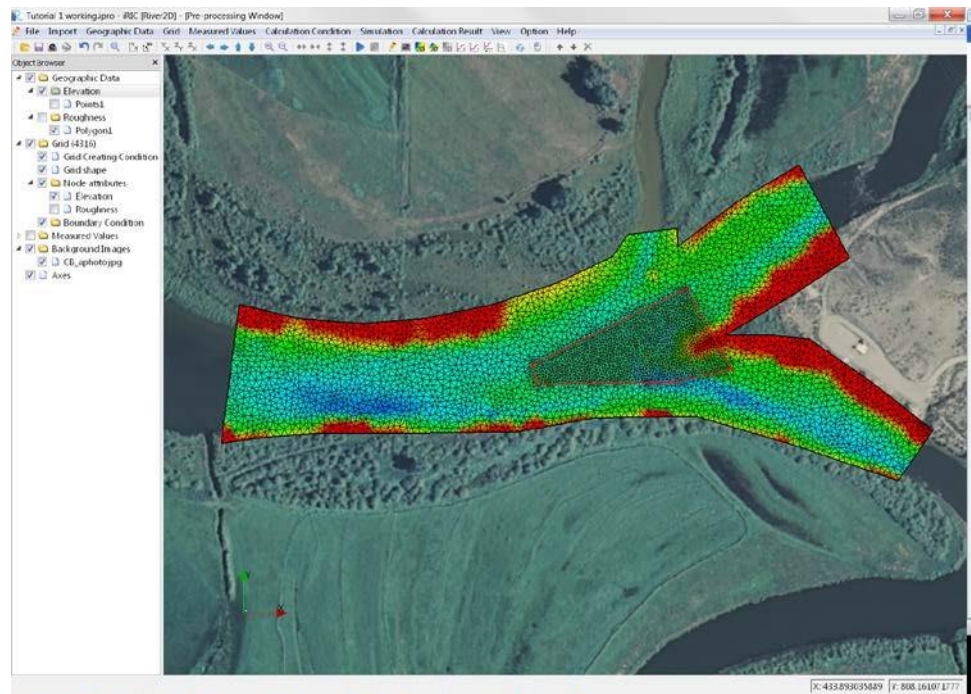
本チュートリアルは、iRIC Project ホームページ(<http://i-ric.org/ja/>)に掲載された River2D examples document (2014.05.18 up 版)を元に、山口大学の関根雅彦が、言語を日本語に設定した iRIC version2.2 (2014.05.18 up 版)を日本語版 32bit Windows7 上で操作し、動作確認しながら翻訳したものです。オリジナルの文書と異なる操作が必要であった部分は、実態にあわせて改変してあります。誤りの責任はすべて関根にあります。

山口大学 関根雅彦  
2014年6月4日 第一版



**iRIC Software**  
*Changing River Science*

# ***River2D Tutorial 1***



コロラド川、ブルー川、インディアンクリークの合流部 (コロラド州)

## TUTORIAL 1: RIVER2D コロラド川とブルー川合流部の定常解

このチュートリアルでは、クレムリング近郊のコロラド川とブルー川の合流部のデータと River2D ソルバーを使用して、非構造格子についての iRIC の基本的機能を概観します。下図は航空写真です。地形、水面高、および背景画像データを読み込み、非構造格子を作成して格子に境界条件を割り当て、モデルを初期化し、実行して、結果を可視化します。



## 目次

1. はじめに.....	4
2. 地形データの準備.....	4
3. 計算格子の生成.....	6
4. 流入・流出境界条件の定義.....	10
5. 河床抵抗モデル.....	14
6. モデルの実行.....	15
7. 結果の可視化.....	17
8. 解の改善.....	19



## 1. はじめに

iRIC の基本的な考え方や用語は、FaSTMECH ソルバーの Tutorial 1 を参照してください。ここでは、読者はすでにデータのインポート、格子生成、ソルバーの実行などの基礎を理解しているものとして話を進めます。

## 2. 地形データの準備

Start iRIC で新しいプロジェクトを開始し、**Select Solver** ウィンドウで **River2D** を選びます。まず最初に、**CB\_topo.tpo** ファイルに収められた標高・水深データをインポートします。

- メインメニューバーの**インポート | 地理情報 | Elevation** コマンドで **CB\_topo.tpo** ファイルを選択し、地理情報を読み込みます。ファイルが見つからない場合、ファイルの拡張子は **.tpo** なので、**インポートするファイルの選択** ウィンドウの拡張子フィルターが適切に設定されているかどうか確認してください。

**間引き設定** は 1 のままにします (Fig. 2.1)。 **OK** をクリックすると、読み込まれたデータから TIN が生成されます。ツールバーの  や  (あるいはマウスホイール) を使って、適切に拡大率を調整すると、Fig. 2.2 のようになるはずです。 .

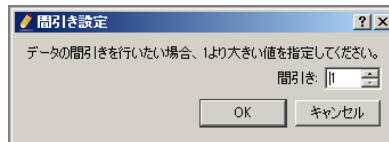


Figure 2.1

**CB\_aphoto.jpg** ファイルは、ジオリファレンス済みの画像です。

- **インポート | 背景画像** コマンドで **CB\_aphoto.jpg** ファイルを読み込みます。ピクセル増分の違いについて警告が出ますが、気にしなくて構いません。
- このチュートリアルで扱う地点は、2 河川の合流部のごく近傍です。Fig.2.3 のように見えるように、拡大・縮小・水平移動してください。

このあたりで一度保存しておきましょう。

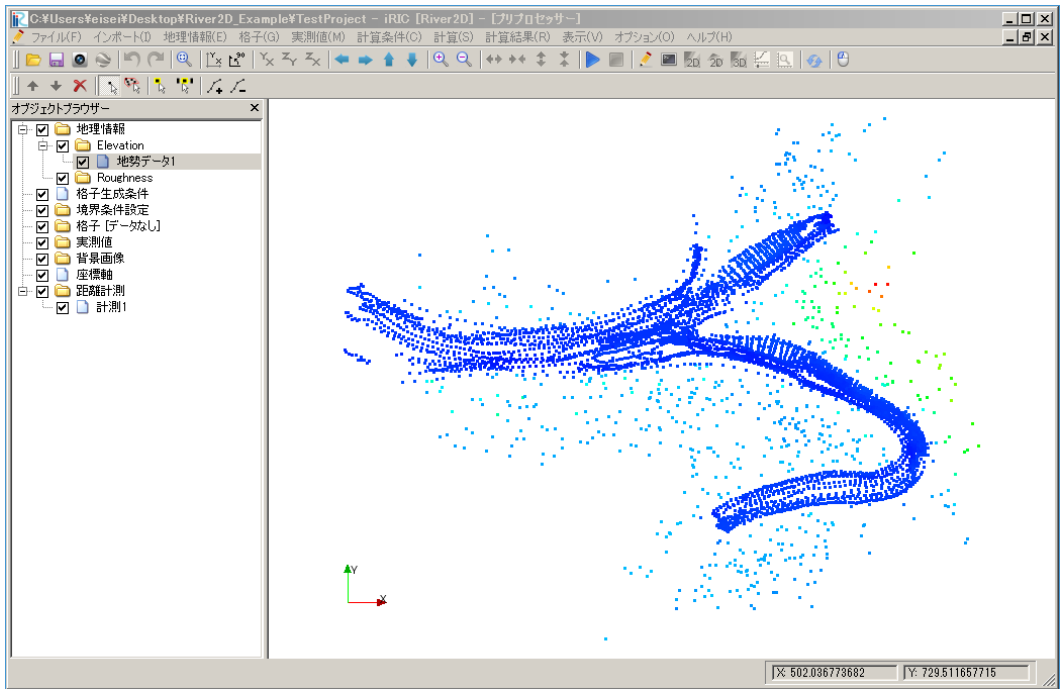


Figure 2.2

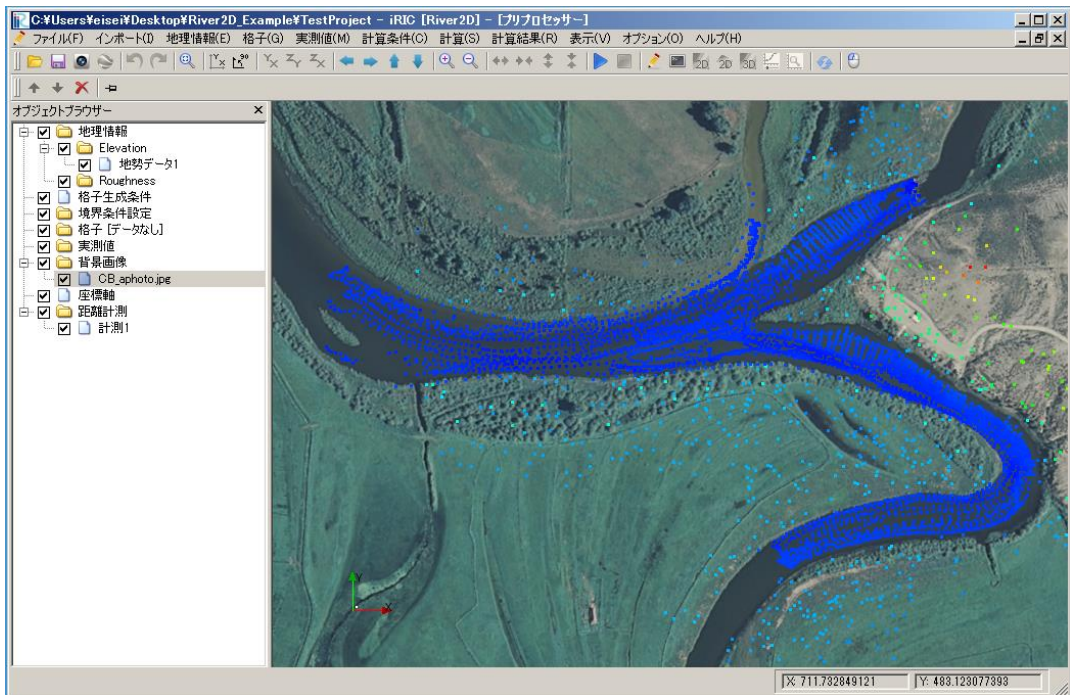







Figure 2.3

### 3. 計算格子の生成

River2D を実行するために最初にしなければならないことは、計算領域と格子の定義です。River2D は、三角形非構造格子を使用するので、格子タイプを非構造と設定します:

- **格子 | 格子生成アルゴリズムの選択...** コマンドから、**ポリゴン形状から生成**を選択し、**OK** をクリックします。
- カーソルが十字に変わりますので、マウスの左ボタンでクリックして、計算領域を取り囲むようにポリゴンを作成します。最後の点ではダブルクリックするか<Enter>を押します。この例では、Fig.3.1 のように合流部のすぐ近傍を囲みます。

作成したポリゴンを編集するには、次のようにします:

- **オブジェクトブラウザー** ウィンドウの**格子生成条件**を左クリックすると、編集メニューバーが有効になります。 次に、グラフィックスビューで作成したポリゴンを左クリックすると、ポリゴンが選択され、ポリゴンの頂点が黒い四角形になります。
- この状態で、頂点を左プレスで掴むと頂点を動かすことができます(Fig. 3.2)。頂点以外の部分を掴むとポリゴン全体を動かすことができます。メインツールバーのアンドゥボタン で編集を順番に取り消すこともできます。
-  ボタンを左クリックし、ポリゴンの辺上で左クリックすると、新しい頂点を作成できます。
- 同様に、 ボタンを左クリックし、ポリゴンの頂点上で左クリックすると、その頂点を削除できます。
- これらの操作もアンドゥボタン で取り消すことができます。

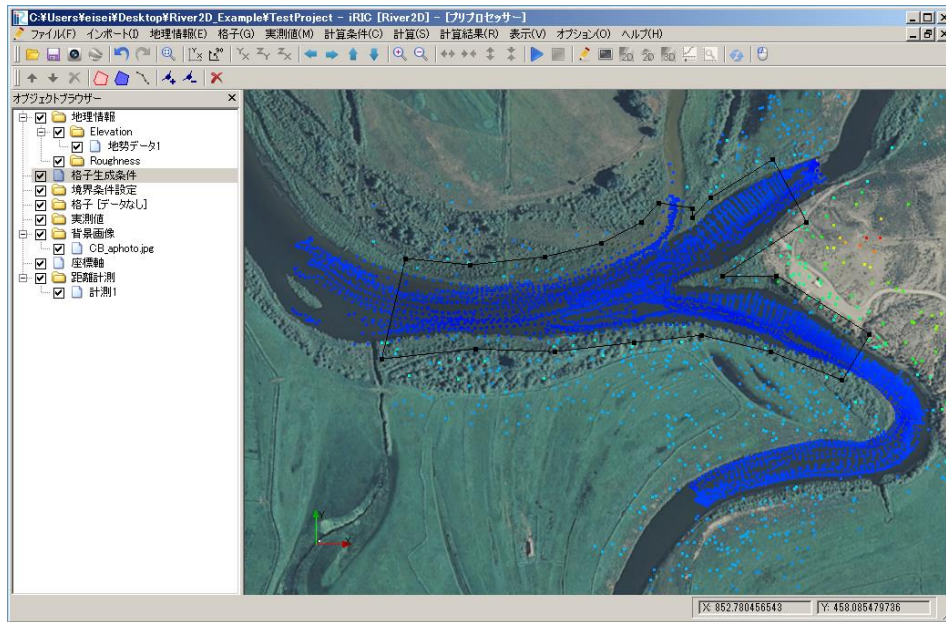


Figure 3.1



Figure 3.2

iRIC では、計算格子はユーザーが指定する格子の質に関わる制約条件の下で、自動的に生成されます。自動格子生成を開始するには:

- **オブジェクトブラウザ**で**格子生成条件**を右クリックし、**格子生成**を選びます。

すると、格子生成の制約条件を設定する**格子生成**ポップアップウインドウ(Fig.3.3)が現れます。1つ目の**セル頂点の最小角度**は、内挿特性に劣る細長い三角格子の生成を抑制します。2つ目の**セルの最大面積**は三角格子の密度を制御します。格子が密すぎると、計算が遅くなり、疎すぎると流れの分解能が悪くなります。格子生成プログラムは境界条件と格子のスムーズさ、および上述の制約条件の下で三角形のサイズを決定します。このチュートリアルでは、Fig. 3.3 の値に設定しましょう。これらのパラメータは画面上で三角形の分布を確認しながら試行錯誤で定めることができます。

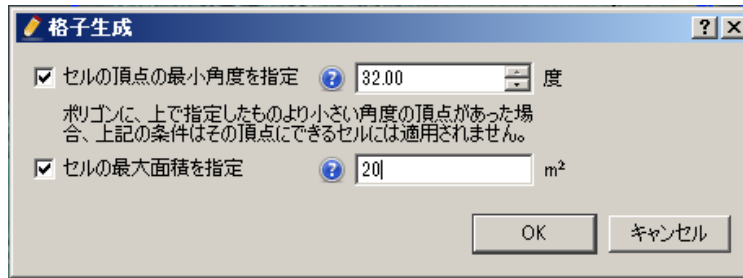


Figure 3.3

格子生成プログラムが動作すると、地理情報を格子属性にマッピングするかどうか尋ねるポップアップウィンドウが現れるので、**はい** をクリックします。実行結果は Fig. 3.4 のようになります。オブジェクトブラウザーの格子名が**格子(3339)**のように変わっています。この 3339 はこの格子で使用されている要素の数です。計算領域ポリゴンが違うとこの値は多少変動します。

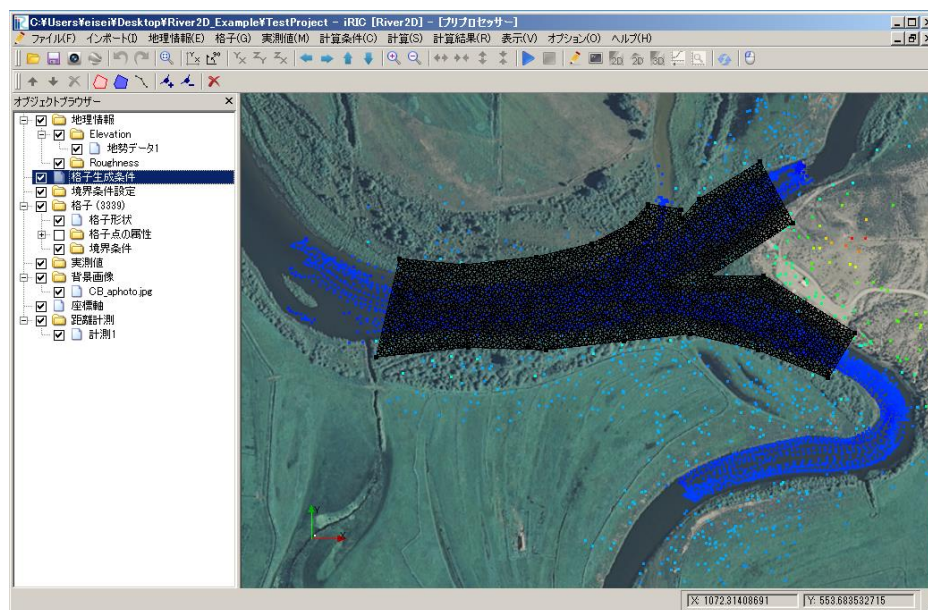


Figure 3.4

オブジェクトブラウザー上で**格子 (3339) | 格子点の属性 | Elevation** にチェックを入れると、標高をグラフィック表示することができます。Fig. 3.5 は、既定の色パターンを変更した後の様子です。カラーマップはオブジェクトブラウザーの**格子 (3144) | 格子点の属性 | Elevation** の上で右ボタンクリックし、**プロパティ** を選ぶと表示される**格子点属性の表示設定** ウィンドウで変更できます。このチュートリアルで使った値は Fig. 3.6 をご覧ください。

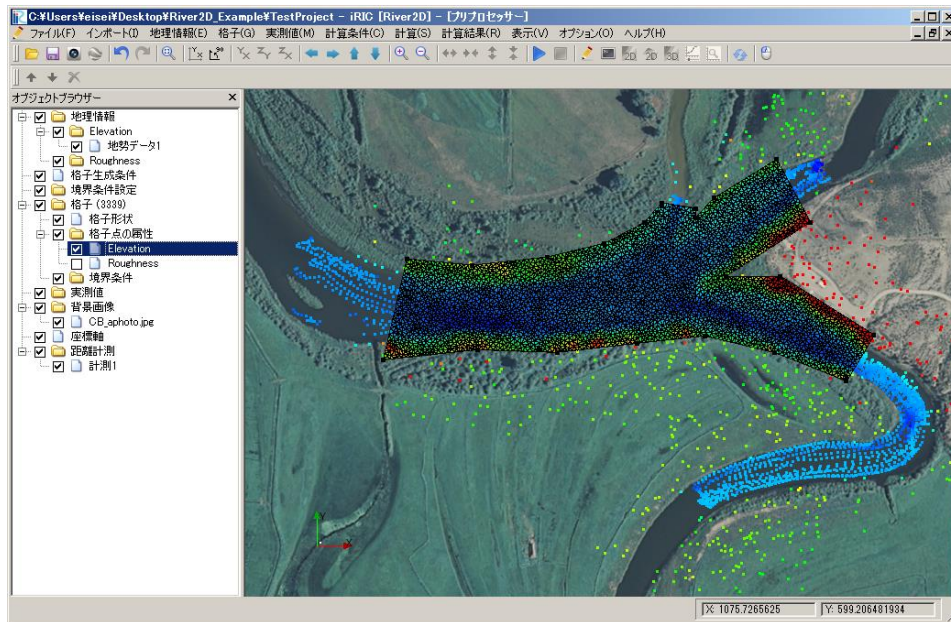


Figure 3.5

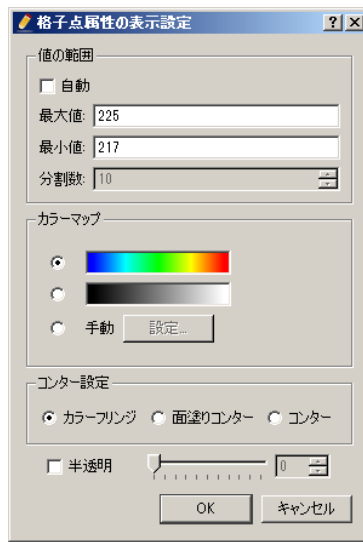


Figure 3.6

最後に、格子は領域ポリゴンを変更した場合には再度生成しなければならないことに注意してください。

ここでもう一度保存しておきましょう。

## 4. 流入・流出境界条件の定義

次に、流入・流出境界条件を定義します。常流では、流入境界（つまり最上流断面）に流量を設定し、流出境界（最下流断面）に水面高を設定します。流入境界、流出境界とも、複数設定することができます。境界は領域の境界ポリゴン上の一連の格子ノードで指定します。

この例では、Fig.3.5 に示すように、計算領域の右側に流入境界が3つ、左側に流出境界が1つあり、河川は右（東）から左（西）に流れています。この章では、流入・流出境界と関連するパラメータの設定のすべてを述べます。作業のためには該当する領域を適宜拡大表示してください。最初に設定する流入境界は、コロラド川です。

- 格子境界の該当する場所を拡大表示します。
- オブジェクトブラウザーの**境界条件設定**を右ボタンクリックし、**Inflow Condition**の追加を選択します。**New Inflow Condition** アイテムが生成されるので、ダブルクリックするか、右ボタンクリックで**条件の編集**を選ぶと、**境界条件**ポップアップウィンドウが開きます。
- Fig. 4.1 のように名前を決めます。ここでは **Colorado** とします。
- **固定流量 ( Fixed Discharge )**として  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  を設定します。
- **Ok** をクリックすると、境界条件を設定するノードの指定に移ります。左ボタンをクリックして、境界を構成するノードを囲むポリゴンを作成します。
- **オブジェクトブラウザー**で**境界条件**アイテムが選択されているとき、右ボタンクリックでポリゴン編集メニューが使えます。

(なお、iRIC 2.2.4.4019 では**名前を表示**にチェックしても最初は名前が表示されないようです。作業を続けていくと表示されます。)

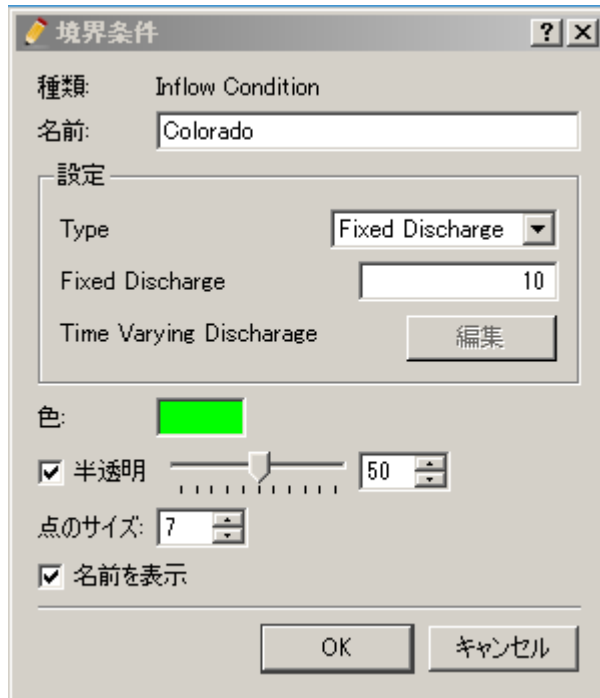


Figure 4.1

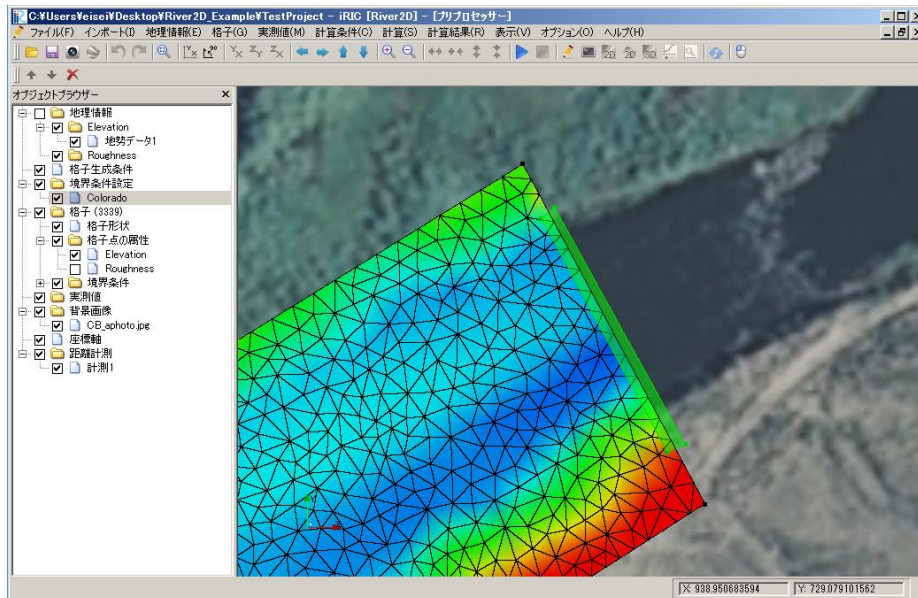


Figure 4.2

同様に、ブルー川とインディアンクリークの境界条件も作成します。設定値は Fig. 4.3 に示されるように、ブルー川では  $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ 、インディアンクリークでは  $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$  とします。結果は Fig. 4.4 のようになります。

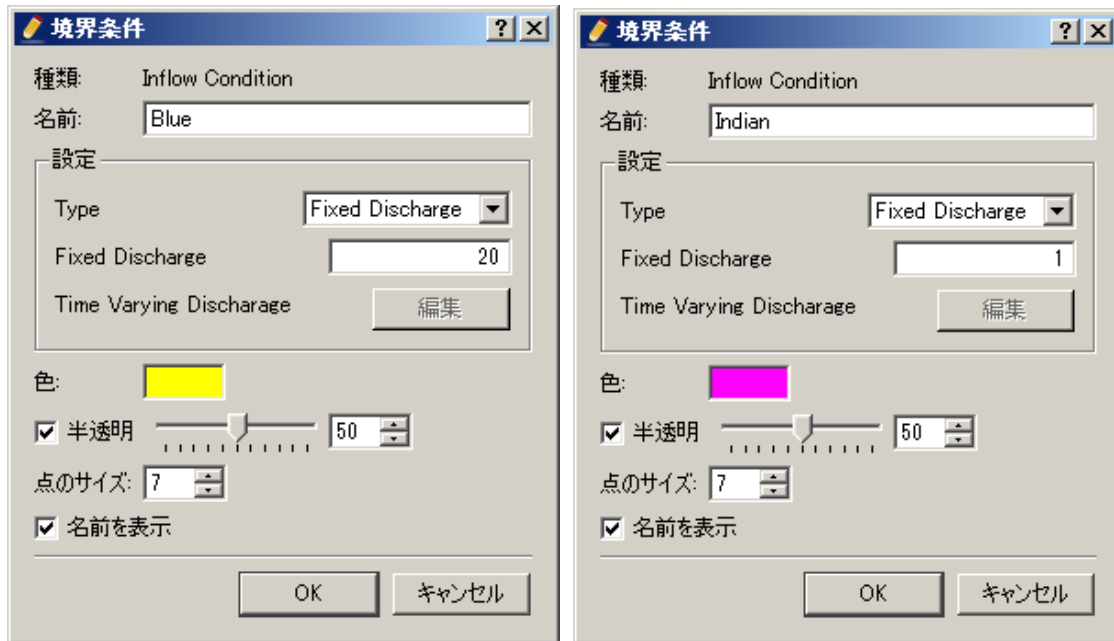


Figure 4.3

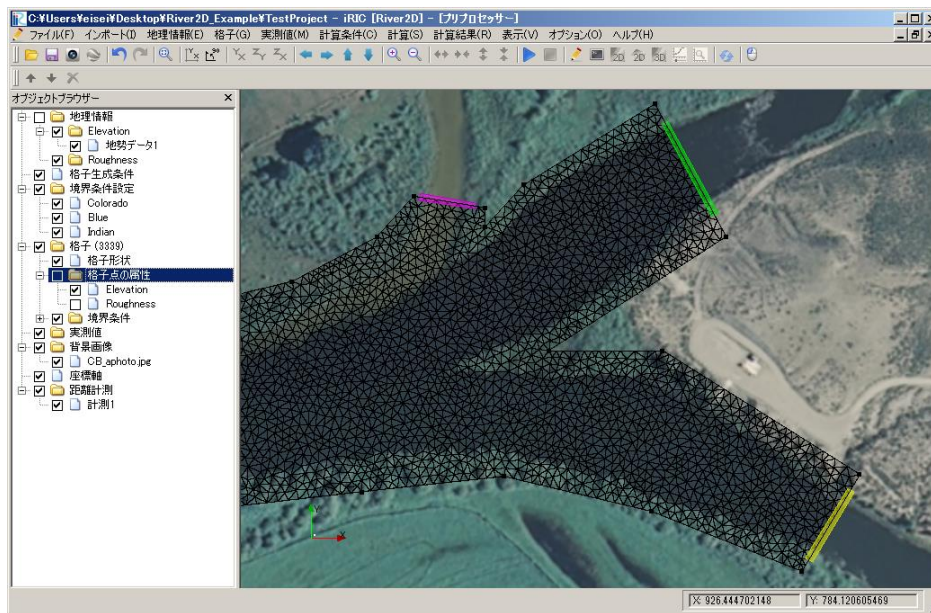


Figure 4.4

流入境界では、境界線に垂直に機械的に流速ベクトルが生成されます。このため、流入境界は正しい計算結果を得たい場所から離れた位置に設定すべきです。可能であれば、流入境界線は河川の中央線に垂直になるようにし、屈曲部や循環流が発生するような場所から離してください。

次に流出境界を設定します。流出境界は、流れの最下流部に、流入境界と同様の方法で設定します。

- ズーム・平行移動で境界の場所を表示します。
- **オブジェクトブラウザー**で**境界条件設定**を選択して右クリックし、**Outflow Condition**の追加を選択すると、**New Outflow Condition** アイテムが生成されます。
- 生成されたアイテムを**ダブルクリック**して境界条件ポップアップウインドウを表示し、**Fig.4.5**のように名前を定義します。ここでは**Outflow**としましょう。
- 固定水面高を与えることとし、水面高は= **219.01 m**にします。その他のパラメータ値はそのままとし、**Ok**をクリックします。(Fig. 4.5).
- 流入境界と同様、流出境界をポリゴンで囲って指定します。(Fig. 4.6)

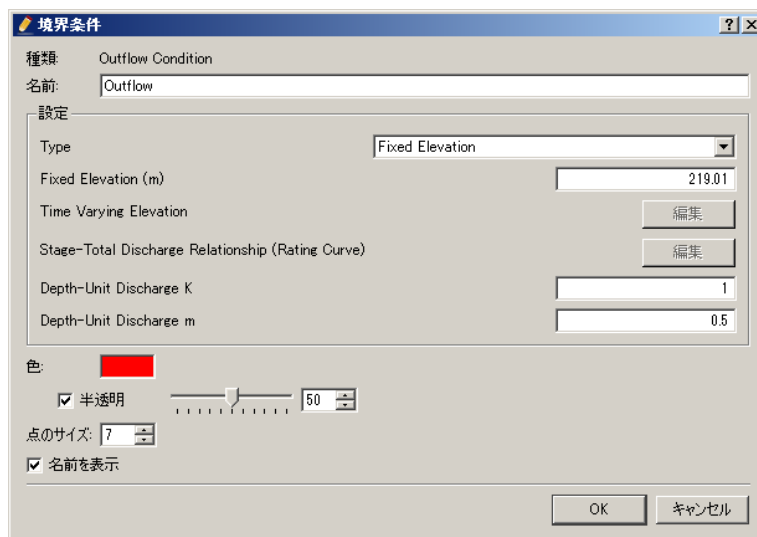


Figure 4.5

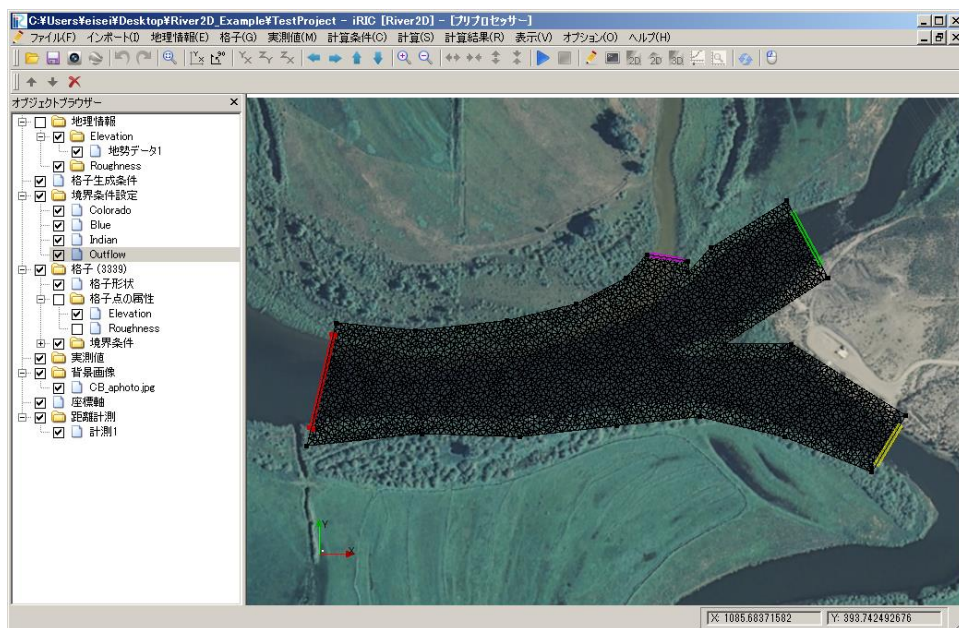


Figure 4.6

境界条件の定義に失敗した時は、**オブジェクトブラウザー**上の該当する境界条件アイテムの上で右クリックし、**削除**を選びます。

流入境界と同様、流出境界も河川の中央線に垂直にし、循環流が生じるような区間や研究で注目している区間から離すようにします。

ここで保存しておきましょう。

## 5. 河床抵抗モデル

River2Dは応力項に無次元 Chezy 係数を使用します。Chezy 係数 ( $C_s$ ) は有効粗度高さ  $k_s$  と次式で関連づけられます:

$$C_s = 5.75 \log[12 * (H/k_s)]$$

流れ抵抗は主に河床材料粗度によっています。 $k_s$  の値は河床材料の直径の 1~3 倍程度から始め、最終的には水面高の測定値でキャリブレーションすることで決定します。iRIC では、粗度は設定したい領域をポリゴンで囲むことで設定します:

- オブジェクトブラウザーの**地理情報**下にある **Roughness** を選択して右クリックし、**追加 | ポリゴン**を選びます。
- 計算格子全体をカバーするポリゴンを描き、最後のノードでダブルクリックします。Fig. 5.1 のようにしましょう。
- **Roughness** を 0.03 とします。(Fig. 5.2)

- 粗度の値を計算格子に反映させるため、メニューから**格子|属性のマッピング|実行** コマンドを実行します。

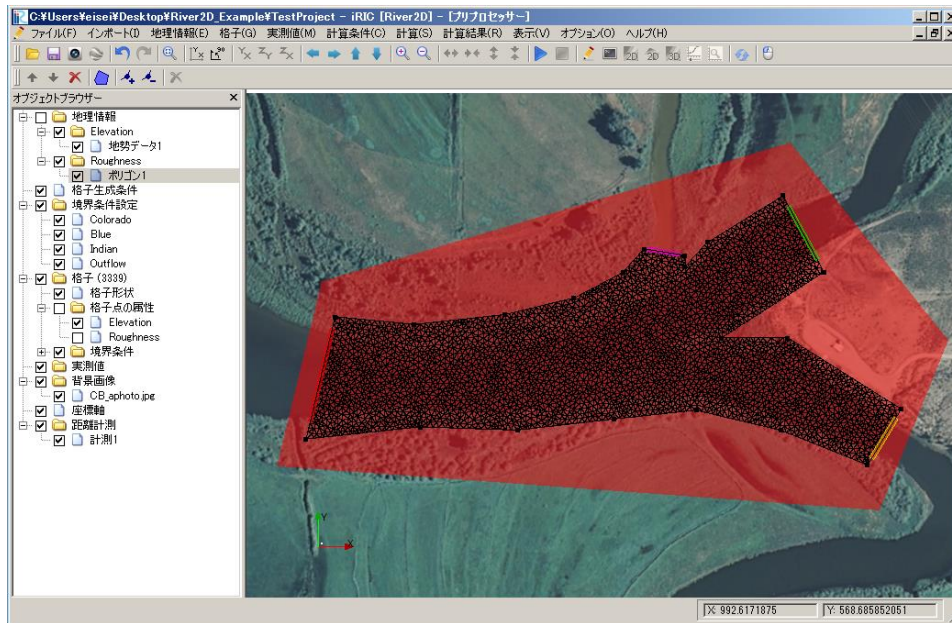


Figure 5.1

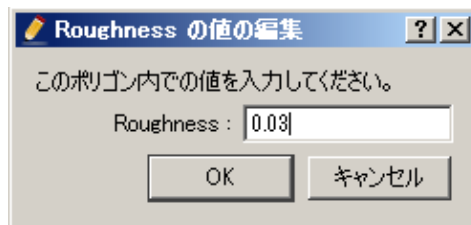


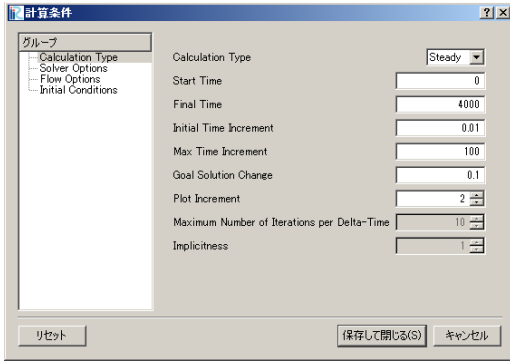
Figure 5.2

この例では、全体を1つのポリゴンで設定しましたが、複数のポリゴンを使って場所ごとに異なる粗度を与えることもできます。

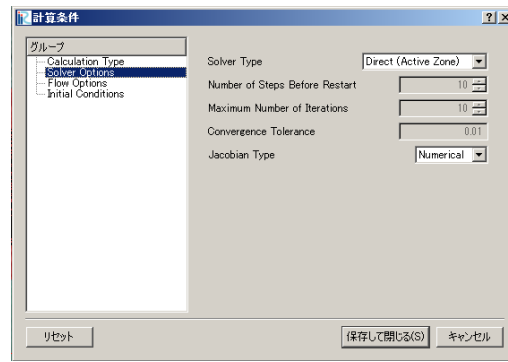
## 6. モデルの実行

River2D ソルバーの実行にはユーザーがいくつかのパラメータを設定する必要があります。本章では、これらのパラメータの設定方法を説明します。

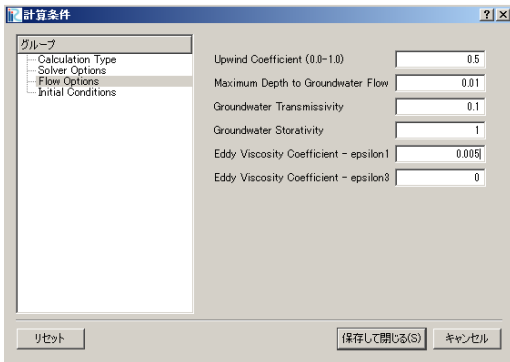
メニューバーから**計算条件|設定...**を選び、**計算条件**ウインドウを開きます。左側のカラムで適切なグループを選択して、右側でパラメータ値を設定します。(Fig.6.1) パラメータ値の詳細は River2D.pdf を参照してください。



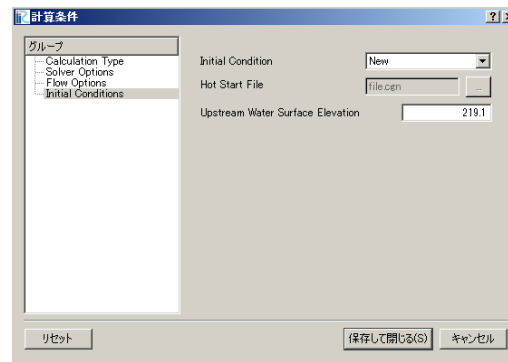
A



B



C



D

Figure 6.1

パラメータを設定し終わったら、メインツールバーの run ボタン(▶)で実行開始できます。Fig.6.2 のようなウィンドウがポップアップし、計算の進行状況が表示されます。表示内容は:

- **Current Time:** 計算開始からの経過時間(秒)
- **Time Difference:** 現在の繰り返しにおけるタイムステップ
- **Solution Change:** 最後のタイムステップにおける解の相対変化
- **Total Inflow:** 流入境界流量の合計
- **Total Outflow:** 流出境界流量の合計

この例では、平均的なデスクトップ PC で約 10 分の計算時間がかかります。

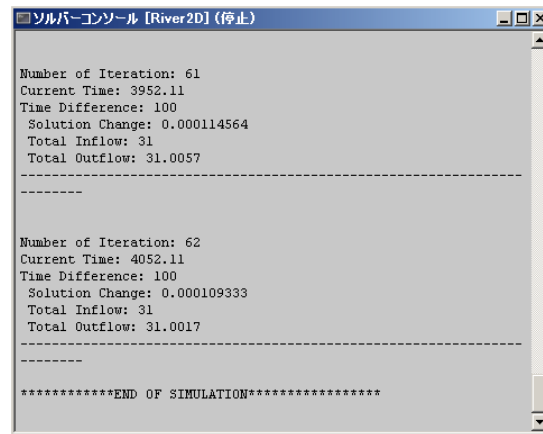




Figure 6.2

計算中、メインツールバーの  ボタンをクリックすることで計算を停止することもできます。

## 7. 結果の可視化

計算が終了すると、**計算結果 | 新しい可視化ウィンドウ(2D)を開く** コマンド、あるいは  ボタンで **可視化ウィンドウ** を開くことができます。ウィンドウ左側の **オブジェクトブラウザー** で表示する項目を変更できます。Figs. 7.1 ~7.3 は、計算結果の水深、水深で色分けした流速ベクトル、水面高について、有効な領域（水面が存在する領域）だけ表示させたものです。

プロジェクトを保存しましょう。

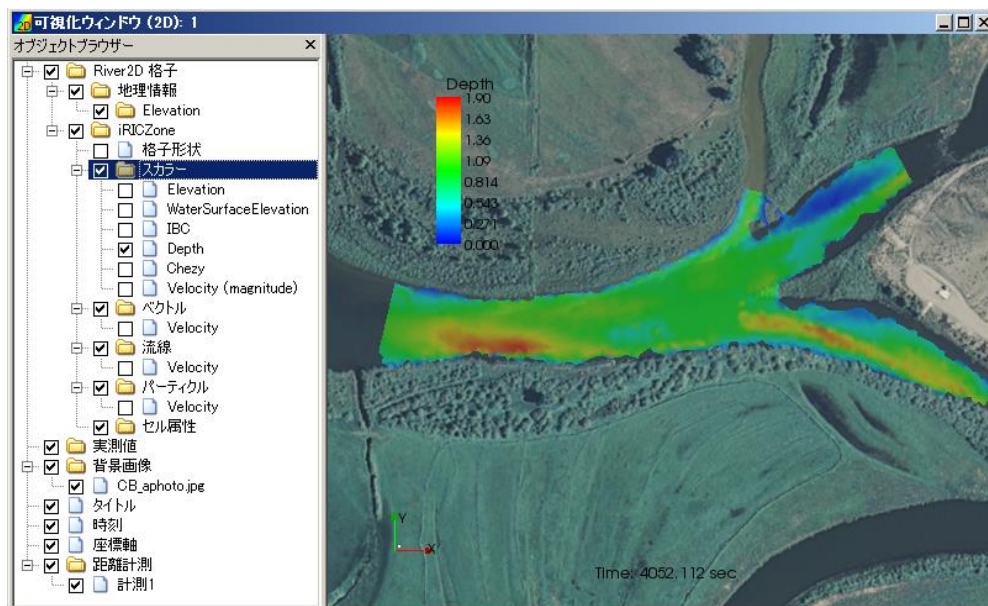


Figure 7.1

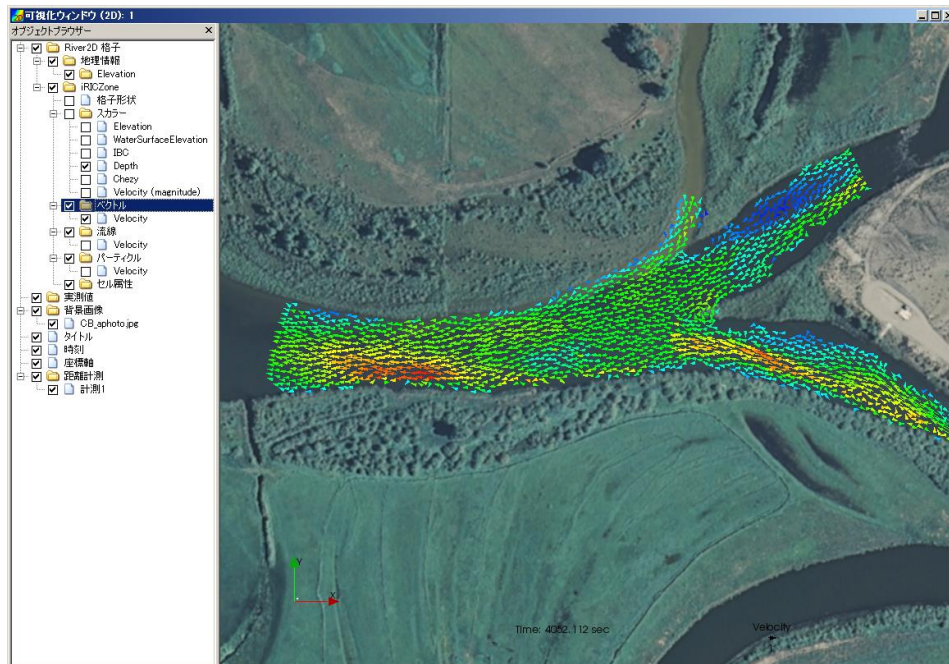


Figure 7.2

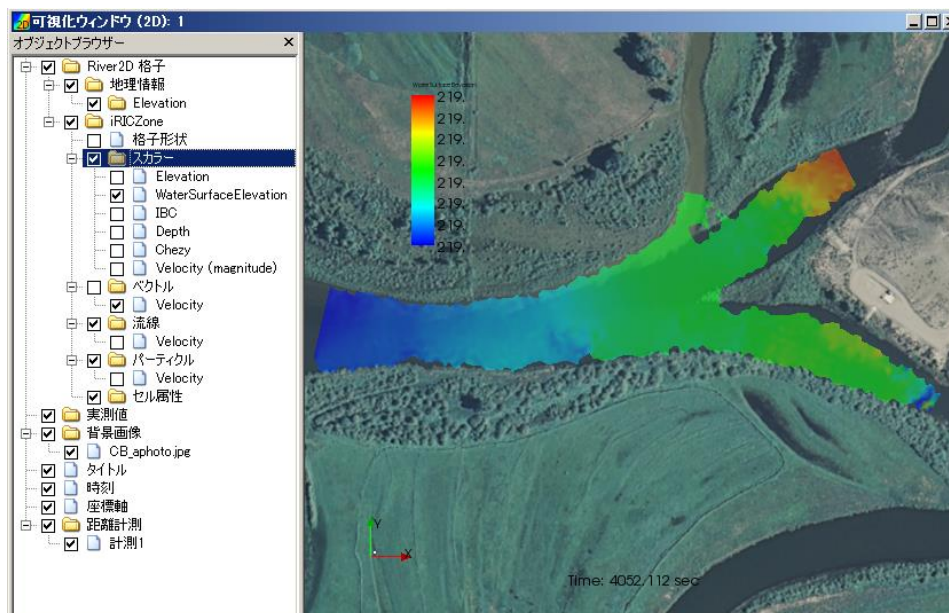


Figure 7.3

## 8. 解の改善


IRICには、計算格子を簡単に密にしたり疎にしたりするツールが備わっています。密にすると三角格子は小さくなり、疎にすると三角格子が大きくなります。選択した領域だけ密にしたり疎にしたりできます。これにより、計算上注目している場所だけ密な格子とし、他の部分はより大きな格子とすることができます。障害物の後ろや水制その他の突出部先端の循環流が生じる場所など、流速が急激に変化するような領域は、密な格子が必要です。必要な部分だけ格子を密にすることで、計算が必要な格子数を減じて計算効率を高めることになり、River2Dの実行速度が速くなります。

格子を密にしたり疎にしたりする領域は、既に格子を作成してある領域内にポリゴンを描くことで設定します。ここでは、ブルー川とコロラド川の合流部の狭い範囲の格子を密にしてみましょう。最初の計算領域のポリゴンを設定したときと同様の方法で行います。

- まずプロジェクトを別の名前で保存しましょう。
- プリプロセッサのオブジェクトブラウザー内の**格子生成条件**を左クリックします。

これで編集ツールバーが現れます:



-  ボタンをクリックし、Fig.8.1のように格子を密にするポリゴンを描きましょう。ダブルクリックまたは<Enter>で定義終了です。

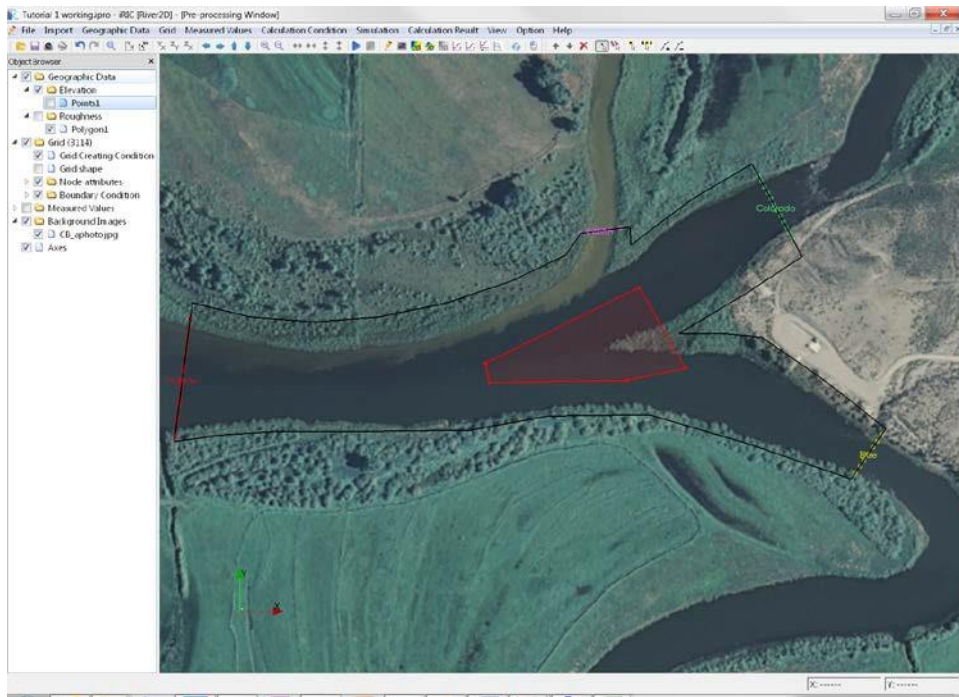


Figure 8.1

再分割領域セル最大面積ウインドウが表示されるので、 $5\text{ m}^2$ を設定しましょう。オブジェクトブラウザーの**格子生成条件**を選択して右クリックし、**格子生成**を選びます。残りの領域の格子パラメータは、以前に設定したものをそのまま使います。(Fig. 3.3) 生成された格子を Fig. 8.2 に示します。格子が生成されたら、地理情報の格子属性へのマッピングを実行するか聞かれますので、**はい**と答えます。:

- 境界条件の格子の位置が変わっていることがあるかもしれません。念のために確認し、必要なら境界条件を再設定します。

Fig. 8.2 は完成したメッシュで河床高を表示させています。この新しいメッシュには 4538 ノードあります。

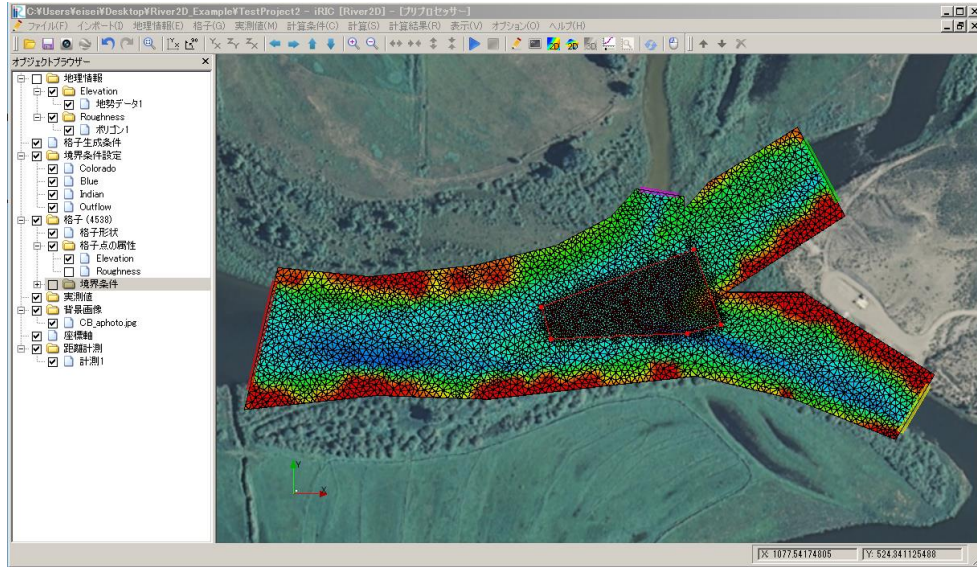
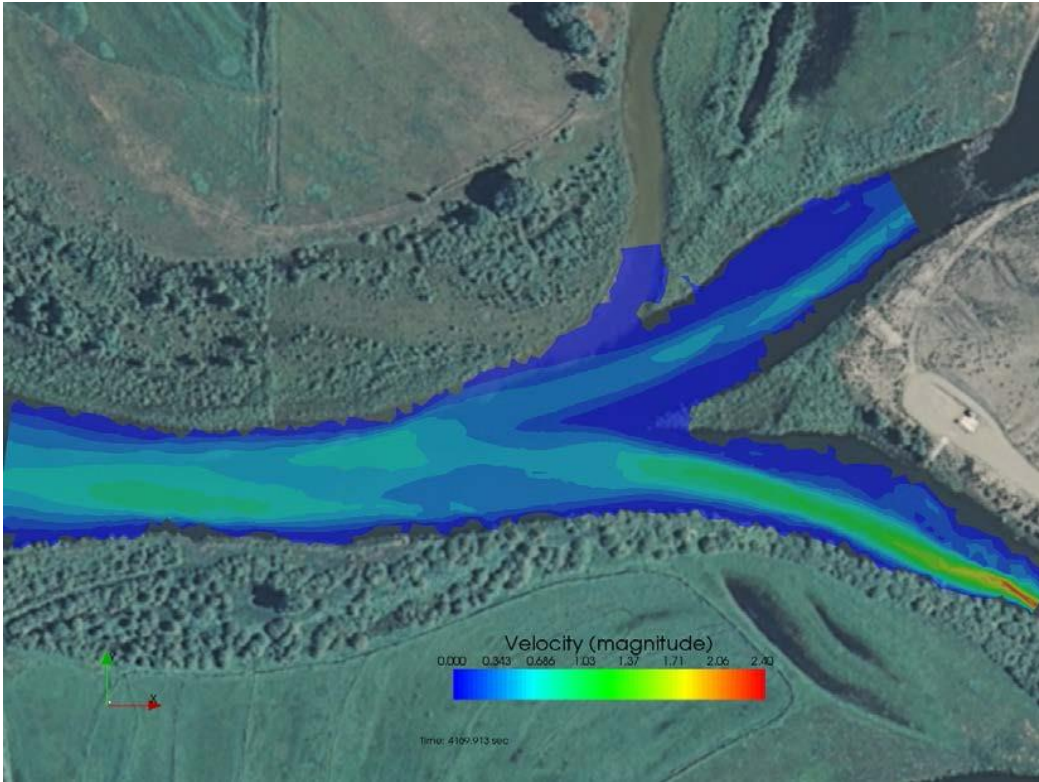


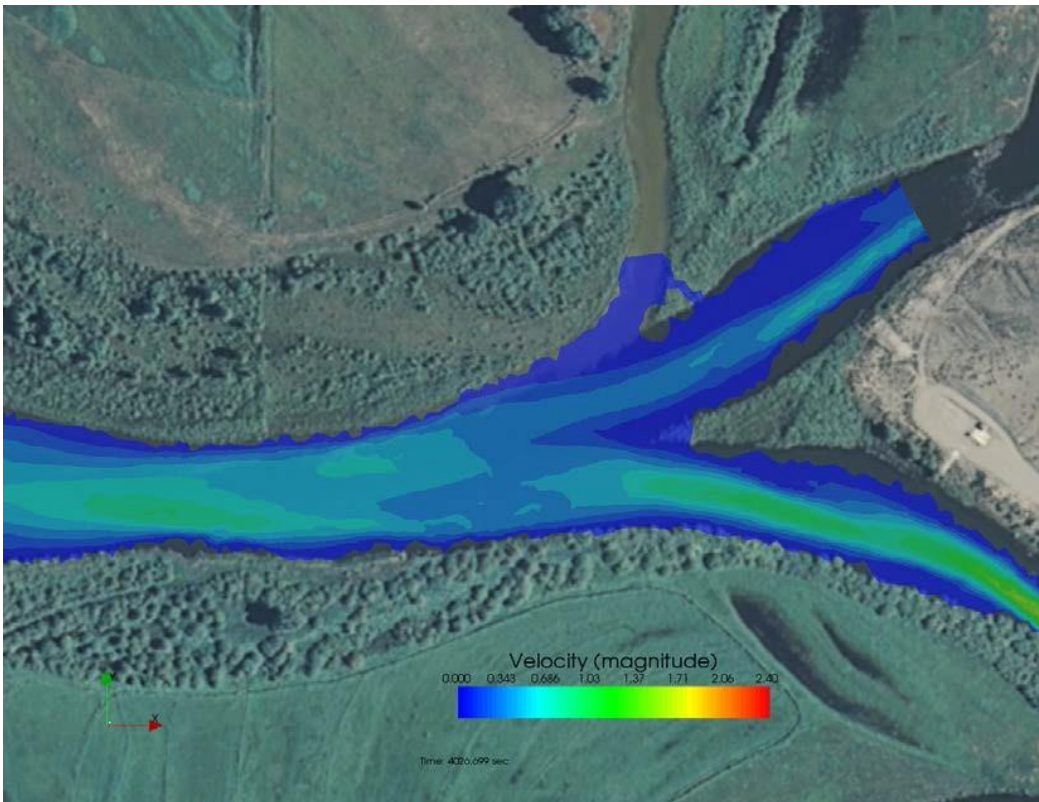
Figure 8.2

計算を実行したら、**2D** ボタンで可視化ウィンドウ(2D)を開き、格子を密にした結果とそうでない結果を比較する図を作ってみましょう。

- ファイルメニューの**スナップショットを保存**を使って Fig 8.3A のような流速の大きさの図を保存しましょう。
- 前に保存しておいた、格子を密にする前のプロジェクトを開き、同様の図を Fig8.3B のように保存します。
- 保存した図をワードプロセッサなどに貼り付け、違いを比べてみましょう。



A



B

Figure 8.3