# H08 ユーザのための ArcGIS マニュアル

## 第２版

## 各種ラスタと主題図の作成

斉藤　裕佑
森　一貴
花崎　直太

## 改訂にあたって

「H08 ユーザのための ArcGIS マニュアル 」は 2014 年 3 月に公開され,H08 を領域に適用するユーザの資料として使われてきました.年月が過ぎ,2020 年 10 月 20 日に ArcGIS 10.8.1 を 最後に ArcMap の更新が終了したことを受け,内容を ArcGIS Pro に対応させるべく,本資料の改訂を行いました.また,標高データのダウンロード方法が変わったことなどにも対応させました.

## 謝辞（第 1 版）

この冊子は, 戦略的創造研究推進事業（CREST）持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム「世界の持続可能な水利用の長期ビジョン作成（代表：鼎信次郎）」ならびに, 科学研究費補助金基盤(S)の支援を受けて作成されました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

## 謝辞（第 2 版）

改訂にあたり,樽本衣代さんと玉置千紘さんの支援を得ました.ここに記して厚く御礼申し上げます.

## バージョン情報

| | |
|---|---|
| 2014/03/01 | H08 ユーザのための ArcGIS マニュアル ver20140301 リリース |
| 2023/11/01 | H08 ユーザのための ArcGIS マニュアル（第 2 版）ver20231101 リリース |

# 目次

**第 1 章　はじめに** ..... 1
**第 2 章　ArcGIS の基本用語とファイル名** ..... 3
2.1　基本用語 ..... 3
2.2　ArcGIS Pro と H08 におけるファイル名の相違 ..... 3
**第 3 章　基本操作** ..... 6
3.1　ファイルのインポート ..... 6
3.2　シンボルの編集 ..... 7
3.3　ファイルの変換 ..... 12
3.4　ラスタの抽出 ..... 16
3.5　表示エリアの編集 ..... 21
3.6　グリッド線の挿入 ..... 23
3.7　イメージファイルとして保存 ..... 24
**第 4 章　行政界ラスタの作成** ..... 25
4.1　手順の概要 ..... 25
4.2　実行例 ..... 25
**第 5 章　海陸ラスタの作成** ..... 31
5.1　手順の概要 ..... 31
5.2　実行例 ..... 31
**第 6 章　標高ラスタの作成** ..... 40
6.1　手順の概要 ..... 40
6.2　実行例 ..... 40
**第 7 章　流向・流域界ラスタの作成** ..... 48
7.1　手順の概要 ..... 48
7.2　実行例 ..... 48
**第 8 章　主題図の作成** ..... 60
8.1　手順の概要 ..... 60
8.2　実行例 ..... 60
**Appendix A** ..... 82
A.1　行政界データの取得方法（from GADM） ..... 82
A.2　標高データの取得方法（from SRTM15+） ..... 84
A.3　流向ラスタの取得方法（from HydroSHEDS） ..... 87
A.4　貯水池データの取得方法 ..... 90
**Appendix B　利根川への利用** ..... 92
B.1　手順の概要 ..... 92

B.2　実行例（本マニュアルとの差異） ..... 92

# 第 1 章

# はじめに

本マニュアルは，ArcGIS Pro を利用して行政界，標高，流向，流域界のラスタファイルおよび主題図を作成する方法について詳細に説明します．ArcGIS Pro の利用方法は HP などで確認することが可能です．しかし ArcGIS Pro の初学者であった筆者（森）にとってはその説明が詳細すぎて，かえって必要な情報だけを収集することが困難でした．本マニュアルは前筆者（斎藤）のマニュアルを素に，ArcGIS Pro を使用し，H08 を領域版で実行したいユーザを主たる読者として想定しています．しかしながら，ArcGIS Pro を利用して様々なラスタデータを作成・編集したい方にも役立つ内容となっています．本マニュアルは，第 2 章から順に読み進めると徐々に高度な内容になるように構成されているので，ArcGIS Pro の初学者でも実施しやすいでしょう．第 2 章では，ArcGIS Pro と H08 とのファイル名の相違について説明します．第 3 章では，ArcGIS Pro の基本的な操作方法について説明します．

第 4 章から第 7 章は, 各ラスタの作成方法を手順の概要と実行例との構成で説明します．第 4 章では，県レベルの行政界ラスタの作成方法を説明します．全球版 H08 は国レベルの行政界ラスタを利用していますが，領域版 H08 では県レベルの行政界ラスタが必要となります．第 5 章では，海陸ラスタの作成方法を説明します．第 6 章では，標高ラスタの作成方法を説明します．標高ラスタは，流向・流域界ラスタを作成するのに必要です．第 7 章では，流向・流域界ラスタの作成方法を説明します．第 8 章では，主題図の作成方法を説明します．主題図の作成には，第 4 章から第 7 章までの知識を必要とします．Appendix A では，本マニュアルで利用するファイルの取得方法を説明します．

# 第 2 章

# ArcGIS Pro の基本用語とファイル名

この章は本マニュアル内で使用する ArcGIS Pro の基本用語について説明します．また，この章は ArcGIS Pro と H08 におけるファイル名の相違についても説明します．

## 2.1 基本用語

ArcGIS Pro の基本用語について説明します．ArcGIS Pro は主にラスタファイルと shp ファイルを利用します．ArcGIS Pro におけるラスタとは，格子状データファイルであり，アスキファイル，バイナリファイル，イメージファイルなどファイル形式は様々です．shp ファイルはフィーチャから構成されています。フィーチャにはポリゴン，ポリライン，ポイントの 3 種類があります．ポリゴンフィーチャは線で閉じられた面，ポリラインフィーチャは線，ポイントフィーチャは点のことをそれぞれ意味します．ポリゴンフィーチャは行政界や流域界などに用いられます．ポリラインフィーチャは河道や道路などに用いられます．ポイントフィーチャは，観測所などの地点データに用いられます．

---

ラスタ：行と列の格子状に並んだセルで構成されるデータ
フィーチャ：現実世界にある消火栓や道路，建物などをベクターデータ化した個々の地物
ベクターデータ：現実世界に存在する地物（目に見えないものを含む）をポイント（点），ライン（線），ポリゴン（面）の 3 つの要素で表現したもの．ポイントデータは，
図形情報を（x,y）の座標値で格納。ラインデータは，（x,y）の座標値で結んだ線分として格納．ポリゴンデータは，（x,y）の座標値を結んだ閉じた線分として格納．

## 2.2 ArcGIS Pro と H08 におけるファイル名の相違

ArcGIS Pro と H08 との間にあるファイル名とその形式の相違を表 2-1 に示します．ArcGIS Pro における ASCII ファイルはラスタ形式でデータが格納されおり，ヘッダが付いています（図 2-1）．

H08 で作成した ASCII[1]ファイルを ArcGIS で利用する場合は，6 つの引数名と値を書き加える必要があります．このとき，引数名と値はタブで区切ります．

ArcGIS で作成した ASCII ファイルを H08 で利用する場合は，6 つの引数名と値を削除する必要があります．

[1] htformat を出力オプション xls で使用して作成された ASCII ファイルのこと．

ArcGIS ではイメージファイルとアスキファイルとを相互に変換可能です．一方，H08 では Hformat2D 形式バイナリファイルから EPS ファイルに変換のみ可能であり, GMT コマンドを利用して経度や緯度，海岸線なども同時に描画しています.

表 2-1　ファイル名と形式の相違

| | ArcGIS | | | H08 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 名称 | 拡張子 | 形式，備考 | 名称 | 拡張子 | 形式，備考 |
| データ | ASCII | .txt | ラスタ形式<br>ヘッダ付 | | .xls(.txt) | ラスタ形式<br>ヘッダなし<br>htformat で出力オプションを xls とする |
| 画像 | Raster | .tiff, .jpg etc… | ラスタ形式<br>Raster to ASCII の変換可<br>ASCII to Raster の変換可 | | .eps, .png etc… | ベクタ形式<br>Hformat2D（バイナリ）から EPS に変換<br>EPS から Hformat2D には変換不可<br>GMT コマンドを利用 |

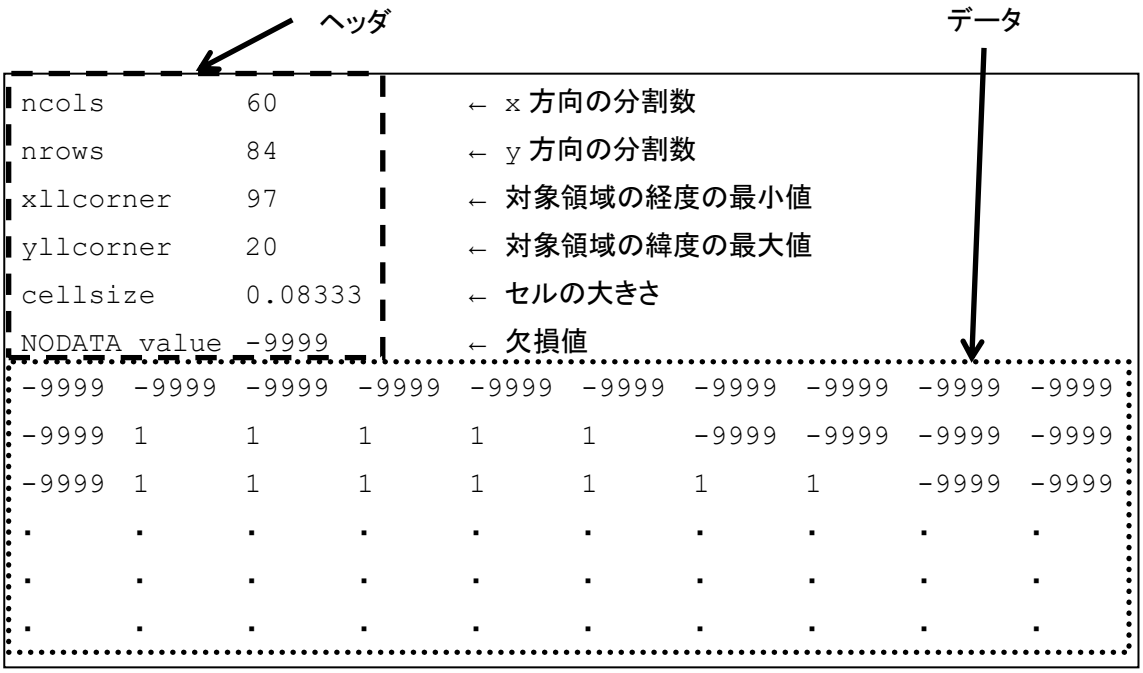



図 2-2　ArcGIS で作成された ASCII ファイルの内容

# 第 3 章

# 基本操作

この章は ArcGIS Pro の基本的な操作方法について説明します．この章を実施するためのサンプルファイルが用意されています．3.1 節では，ファイルのインポート方法を説明します．3.2 節では，表示されるシンボルの色やサイズ，種類の編集方法を説明します．3.3 節では，ラスタから ASCII への変換方法と ASCII からラスタへの変換方法を説明します．3.4 節では，ラスタの抽出方法を説明します． ArcGIS で作成したラスタを H08 で利用するためには，3.3 節と 3.4 節の内容が必要です．

全てのプログラムから ArcGIS Pro を起動してください．また，H08 ウエブサイトのマニュアルページ内に教材をダウンロードできるリンクがあります. H08 ファイルサーバからサンプルファイル「GISsample_20140301.zip」をダウンロードして解凍しておいて下さい．

## 3.1 ファイルのインポート

初めに，新規プロジェクト作成方法について説明します。ArcGIS Pro 起動後，新しいプロジェクトの欄からマップを選択します（図 3-1）．任意の名前と場所を指定し，新規プロジェクトを作成します。デフォルトで衛星画像が最初に表示されると思います．削除したい場合は，コンテンツウィンドウの衛星画像を右クリックし，削除を選択します．

図 3-1

ここから ArcGIS Pro にファイルをインポートする 2 通りの方法を説明します．

1 つ目の方法は，画面上部の「マップ」タブをクリックし，「データの追加」→「データ」をクリックし，ダウンロードした「sample」フォルダ内の「sample3_ras2asc.tif」ファイルをインポートします．

2 つ目の方法は，「挿入」タブの「フォルダの追加」でダウンロードしたサンプルファイル内の sample フォルダを追加し，画面右側（デフォルト）の「カタログ」ウィンドウの「フォルダ」を展開して「sample」フォルダ内の「sample3_ras2asc.tif」ファイルを，画面中央のマップコンテンツの領域にドラッグ＆ドロップします．
両方法で，sample3_ras2asc.tif をインポートしてみましょう．図 3-2 のように表示されるはずです．

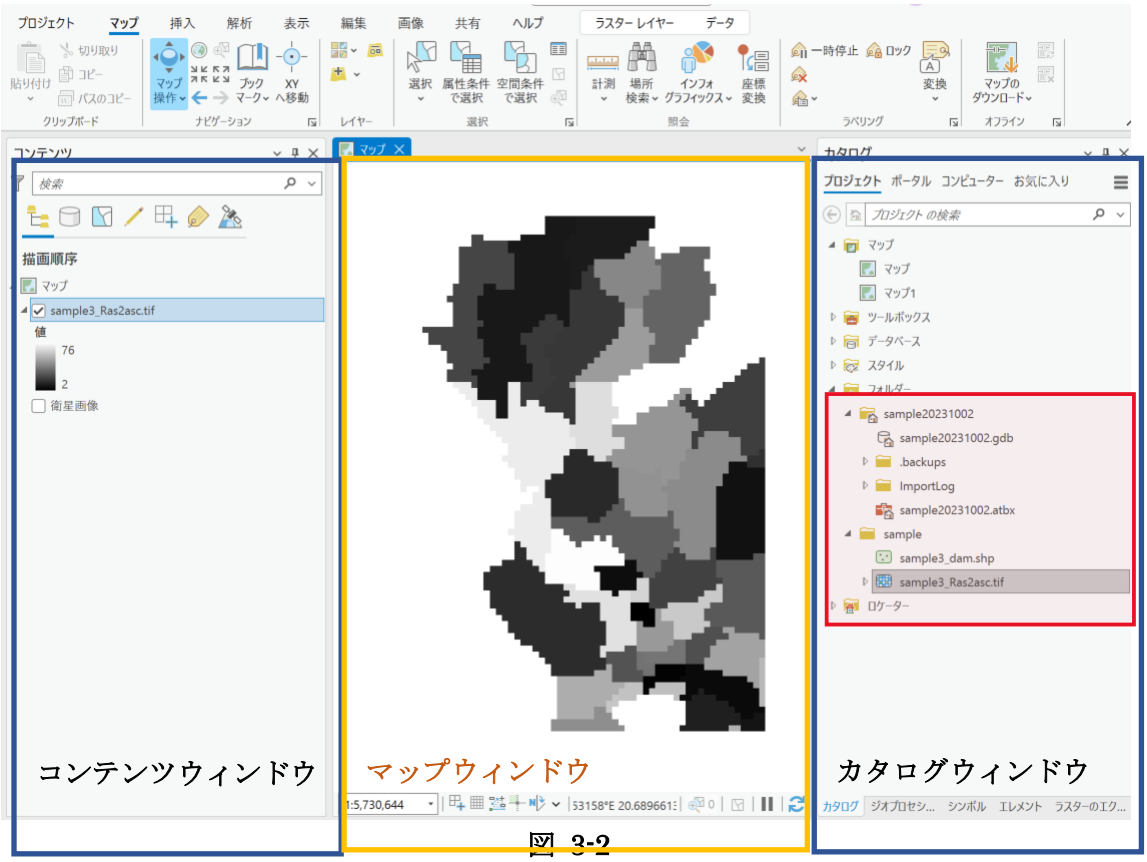



図 3-2

カタログウィンドウはコンテンツウィンドウに重ねて表示することが出来，それぞれタブで管理できます．

## 3.2 シンボルの編集

シンボルの編集方法について説明します．画面左側のコンテンツウィンドウでシンボルを編集したいレイヤを選択し，右クリックし，シンボルを選択し，画面右側に表示されたシンボルウィンドウを編集します．シンボルの編集は，対象ファイルがラスタか shp ファイルかで異なります．また，対象が shp ファイルの場合はフィーチャの種類によってシンボルの編集が異なります．ラスタのシンボルを着色する方法はストレッチ，不連続，分類，個別値，そしてベクトル場の 5 通りがあります．不連続と個別値は行政界のような不連続データの着色に適しています．ストレッチと分類は気温や標高といった連続データの着色に適して

います．ポリゴンフィーチャで構成される shp ファイルのシンボルの編集方法は，ラスタのときとほぼ同様です．ポリラインフィーチャで構成される shp ファイルのシンボルを編集するときは，色だけでなく線の太さとスタイルを選択できます．ポイントフィーチャで構成される shp ファイルのシンボルを編集するときは，シンボルの色だけではなく大きさと形状を選択できます．

3.1 節でインポートした sample3_ras2asc.tif レイヤのシンボルの色を編集してみましょう．画面左側のコンテンツウィンドウの中から sample3_ras2asc.tif レイヤを右クリックしてシンボルを開きます（図 3-3）．デフォルトでは，sample3_ras2asc.tif のシンボルはストレッチで着色されています．sample3_ras2asc.tif は東経 97～102 度，北緯 13～20 度の領域におけるタイの県レベル行政界ラスタです．したがって sample3_ras2asc.tif は不連続データなので不連続と個別値のどちらかで着色すると見やすいでしょう（図 3-4）．

ArcGIS Pro では，右クリックしてシンボルを開きます．デフォルトでは，プライマリシンボルがストレッチになっています．個別値にすると図 3-4 のようになります。

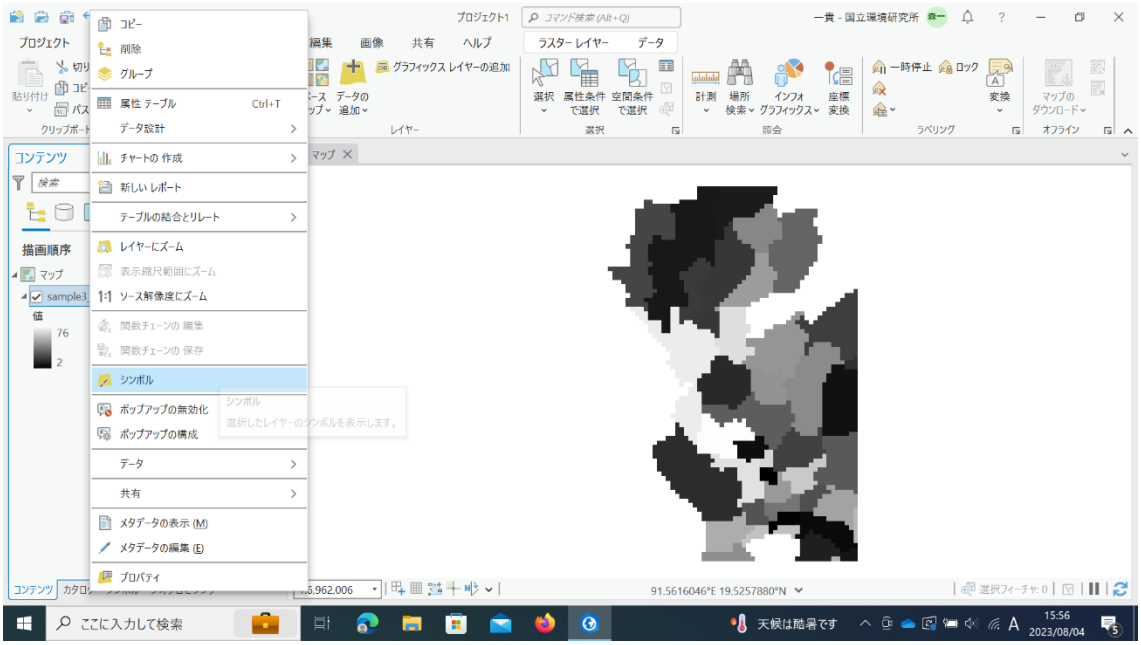



図 3-3

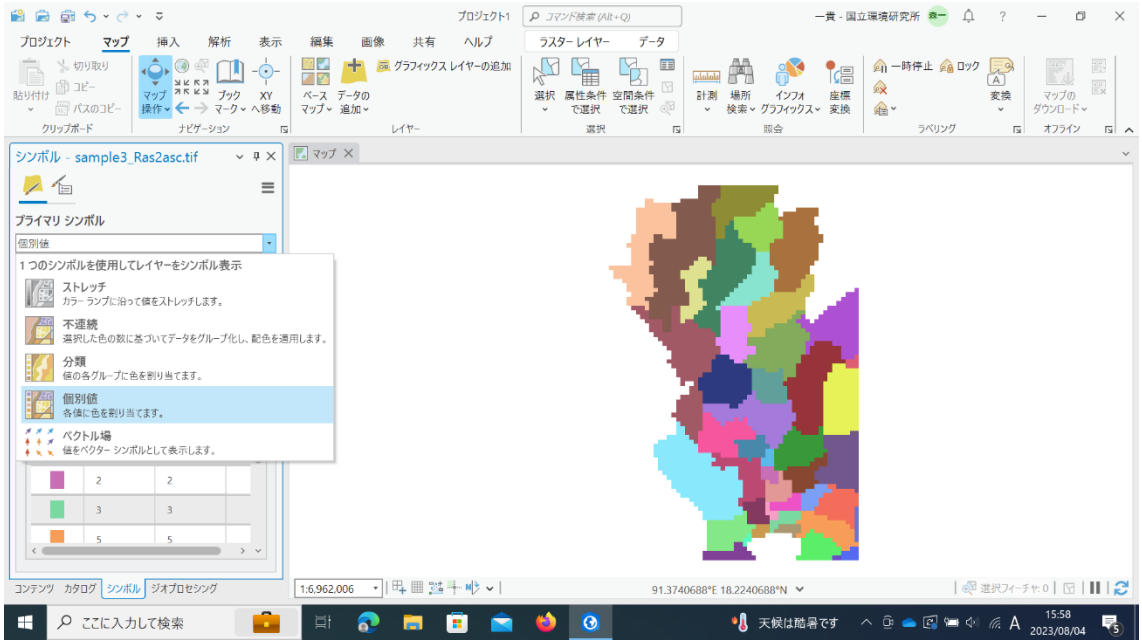



図 3-4

次に sample3_dam.shp をマップにインポートし，ポイントフィーチャのシンボルを編集してみましょう．sample フォルダの sample3_dam.shp をマップにインポートし，コンテンツウィンドウの sample3_ras2asc.ti のチェックを外すと図 3-5 のように表示されます．sample3_dam.shp を右クリックし，シンボルを選択します．シンボルの記号をクリックするとシンボルの選択（Symbol Selector）画面が表示されます（図 3-6）．

ArcGIS Pro では，右クリックしてシンボルを開き，紙とペンのタグにあるシンボルを選択すると書式設定が開きます．

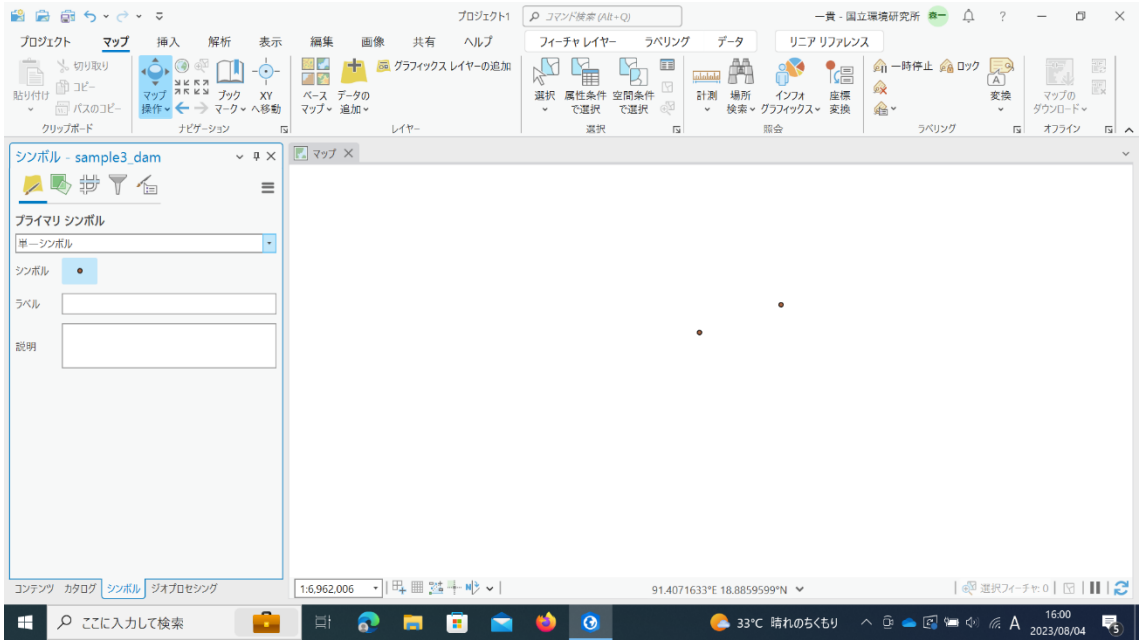



図 3-5

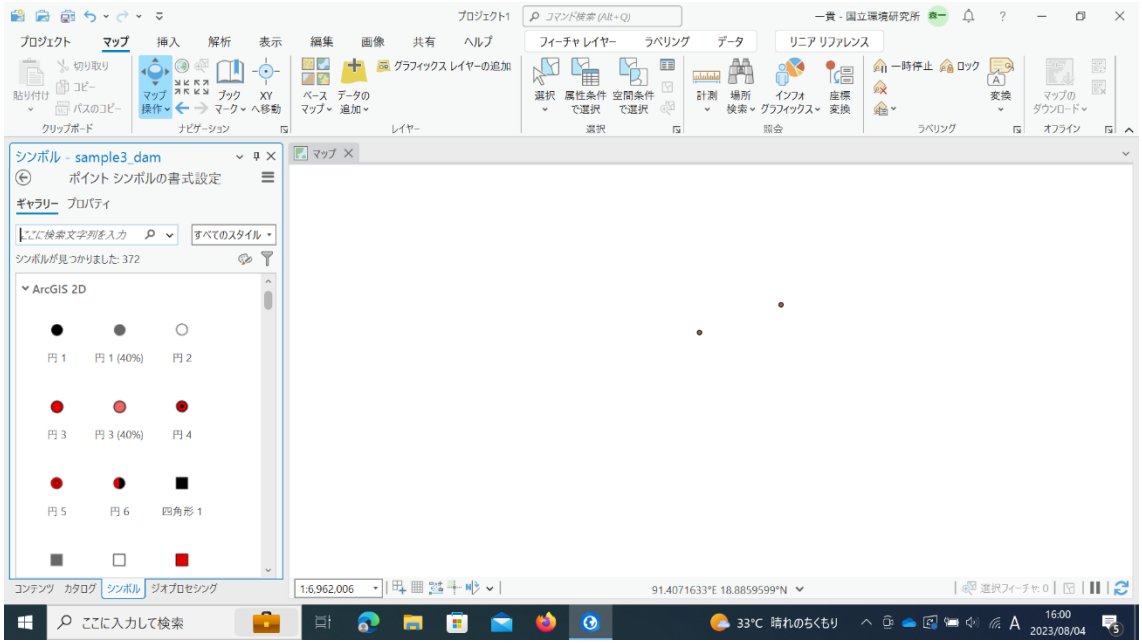



図 3-6

ギャラリーからもしくは，プロパティの真ん中（四角形が 3 つ重なているマーク）を選択後，表示設定のスタイル，フォント，ファイルから好みのシンボルを選択する。この例ではフォントは ESRI Geometric Symbols を選択, サブセットは Latin-1 Supplement を選択します。サイズの設定は，表示設定を下にスクロールするとあります。（図 3-7）．シンボルの編集が

完了したら OK と適用をクリックします．シンボルが更新されます．
表示設定のフォントをクリックし，フォントは，ESRI Geometric Symbols を選択。サブセットは，Latin-1 Supplement を選択。unicode は下記と同じ図形を選択し ok を選択。図形塗りつぶしシンボルや色など好みに合わせて変更し，適用をクリック。

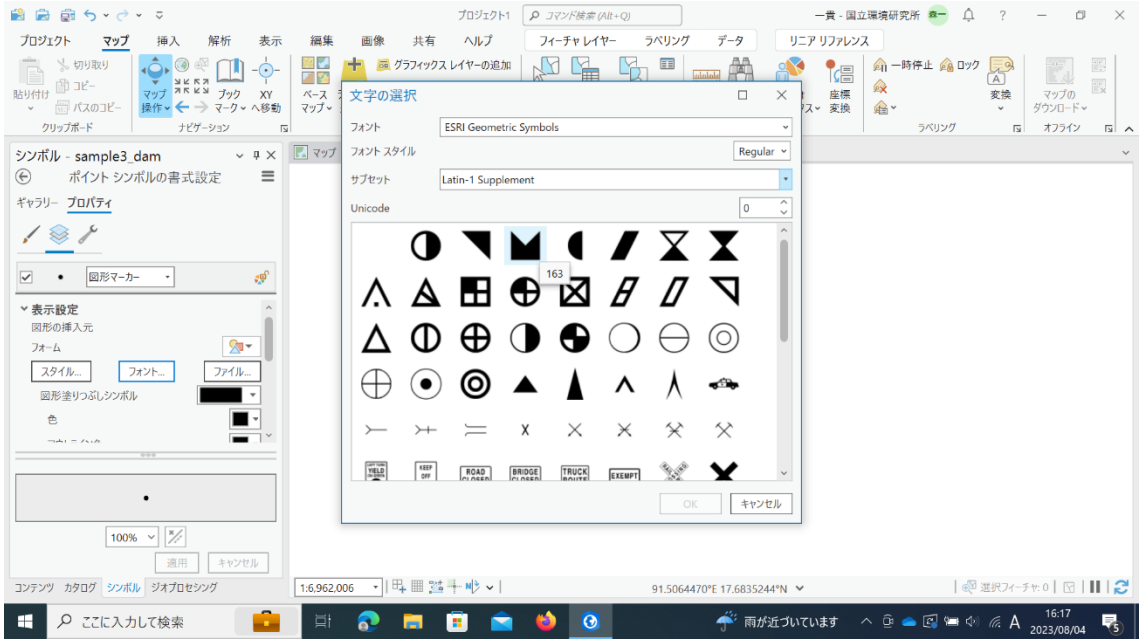



図 3-7

## 3.3 ファイルの変換

ラスタからアスキ，アスキからラスタへのファイル変換方法について説明します．
まず，ラスタからアスキへのファイル変換方法を説明します．ラスタからアスキへのファイル変換には Raster to ASCII というツールを使います[2]．sample3_Ras2asc.tif をインポートして（すでにインポートされている場合はコンテンツウィンドウで sample3_Ras2asc.tif レイヤ以外のチェックを外して）下さい．次に，画面上部の解析タグをクリックしてツールを選択します．ジオプロセシングウィンドウの検索欄に Raster to ACSII を入力し，クリック。（図 3-8）

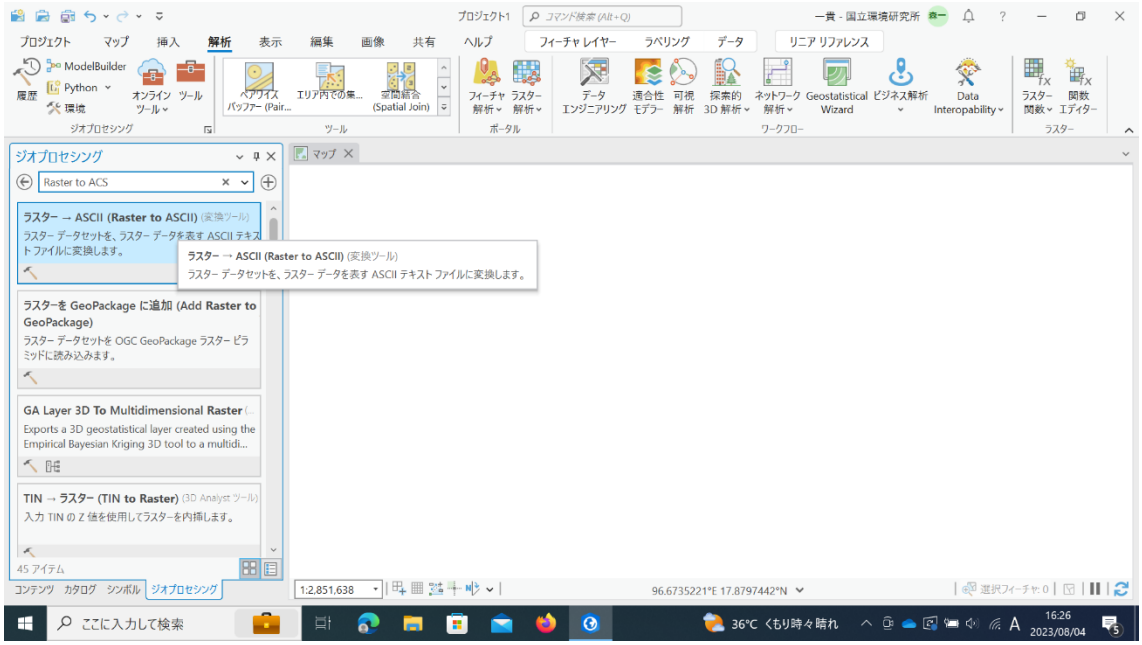



図 3-8

入力ラスタでは sample3_Ras2asc.tif を選択し，出力 ASCII には任意のファイル名（デフォルトのまま実行すると拡張子は，txt となる.asc も選択できる）と場所を与えます．環境は何も触れずに OK をクリックします．「ジオプロセシング」ウィンドウの下にある「実行」ボタンをクリックしてエラーが出なければ変換成功です。「カタログ」ウィンドウの「フォルダ」展開で ASCII ファイル出力用に指定したフォルダ名を右クリックして「更新」選択すると，作成した ASCII ファイルがフォルダ内に表示されます。出力される ASCII ファイルは，図 2-1 の形式でヘッダ情報とデータを含みます。（図 3-9，図 3-10）

[2] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/001200000005000000/

（環境タブでは，何も与えなければ，デフォルトで入力ファイルの座標系等が適用されるようです）

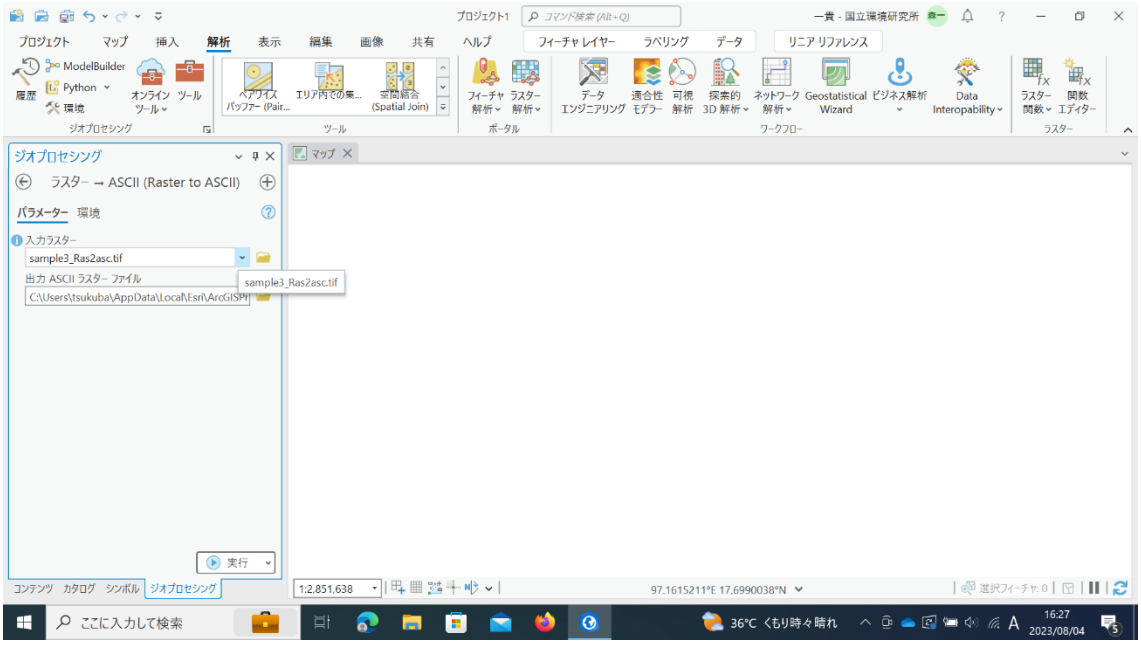



図 3-9

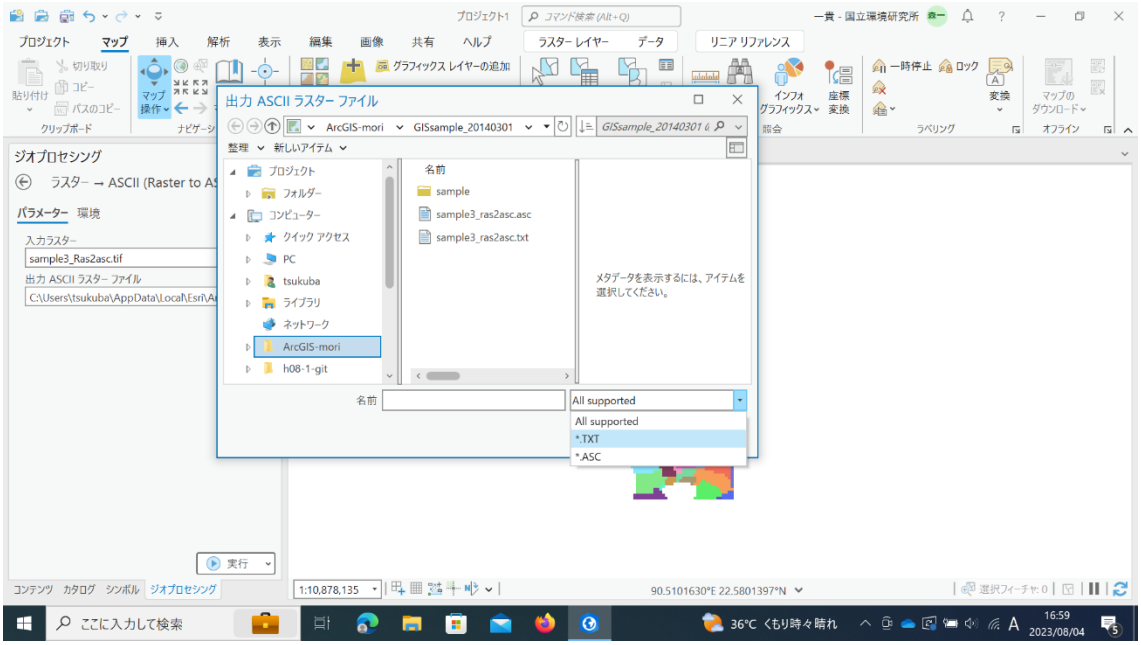
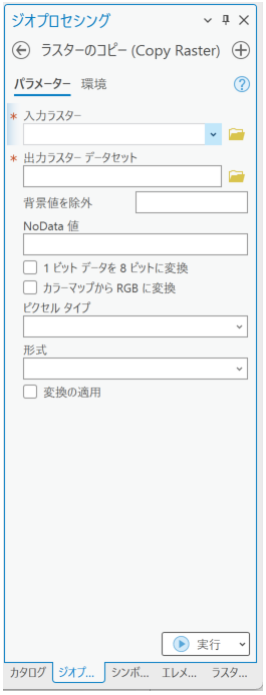



図 3-10

次に，ASCII からラスタへのファイル変換方法を説明します[3].
ArcGIS Pro では，ASCII to Raster　は非推奨ツールとなっており，ジオプロセシングの「Copy Raster」ツールを使って ASCII ファイルを Raster データセットに変換できるようになっています．（ASCII → ラスター（ASCII to Raster) (変換)—ArcGIS Pro | ドキュメント）

「解析」→「ツール」→ ジオプロセシングウィンドウの検索で「Copy Raster」を入力して検索
ヒットした「Copy Raster」をクリック




入力ラスタは，右側のファイルアイコンをクリックし，先ほど変換した ASCII ファイルを与えます．（この時，拡張子が，.txt の場合，Files を選択．.asc の場合，サポートされているすべてのタイプもしくは Rasters（All Local Types）もしくは Raster Layers（All Types）を選択する）出力ラスタには任意のファイル名と場所を与えます．（図 3-11,3-12）

[3] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/00120000002s000000/

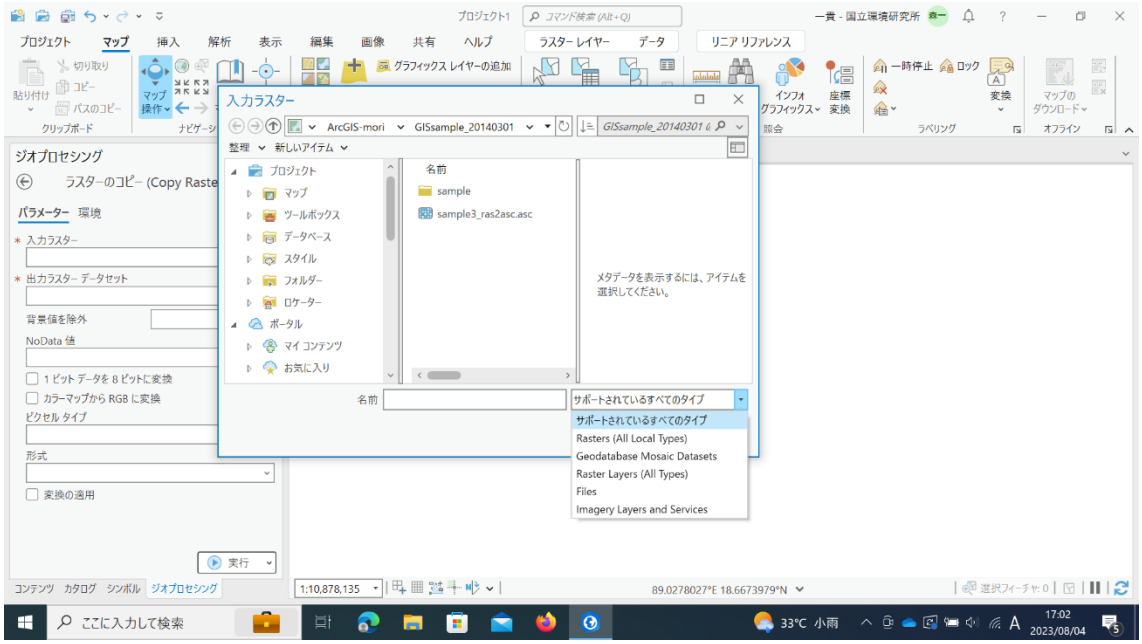

入力ラスター
ArcGIS-mori
GISsample_20140301
整理
新しいアイテム
プロジェクト
マップ
ツールボックス
データベース
スタイル
フォルダー
ロケーター
ポータル
マイ コンテンツ
お気に入り
名前
sample
sample3_ras2asc.asc
メタデータを表示するには、アイテムを選択してください。
サポートされているすべてのタイプ
Rasters (All Local Types)
Geodatabase Mosaic Datasets
Raster Layers (All Types)
Files
Imagery Layers and Services
ジオプロセシング
ラスターのコピー (Copy Raste
パラメーター
環境
入力ラスター
出力ラスター データセット
背景値を除外
NoData 値
1 ビット データを 8 ビットに変換
カラーマップから RGB に変換
ピクセル タイプ
形式
変換の適用
実行

図 3-11

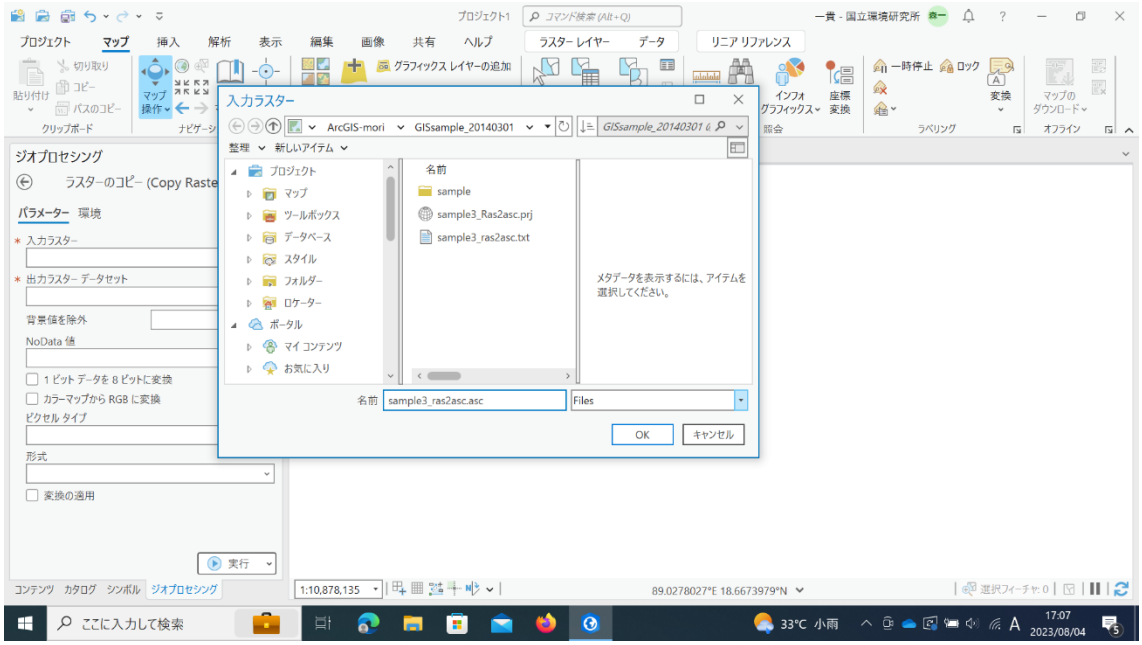

入力ラスター
ArcGIS-mori
GISsample_20140301
整理
新しいアイテム
sample
sample3_Ras2asc.prj
sample3_ras2asc.txt
メタデータを表示するには、アイテムを選択してください。
名前
sample3_ras2asc.asc
Files
OK
キャンセル
ジオプロセシング
ラスターのコピー (Copy Raste
パラメーター
環境
入力ラスター
出力ラスター データセット
背景値を除外
NoData 値
1 ビット データを 8 ビットに変換
カラーマップから RGB に変換
ピクセル タイプ
形式
変換の適用
実行

図 3-12

## 3.4 ラスタの抽出

ラスタを任意の領域で抽出する 2 通りの方法を説明します．1 つ目の方法は，「解析」→「ツール」→「Create Constant Raster」を使用して任意の領域のマスクラスタを作成した後に，「解析」→「ツール」→「Extract by Mask」を使用してラスタを抽出します．2 つ目の方法は，描画ツールを利用して任意のサイズのグラフィックスを作成し，それによって領域を指定してラスタを抽出します．以下に，両方法の詳細を説明します．

(a)　方法 1：マスクラスタで抽出

まず，ラスタ作成ツールセットの定数ラスタの作成ツールを利用してマスクラスタを作成します[4]．「解析」→「ツール」→「Create Constant Raster」を選択して下さい．
ArcGIS Pro では，「解析」タグで「ツール」を選択し、ジオプロセシングウィンドウの検索欄で Create Constant Raster を検索すると良いでしょう．

出力ラスタには，任意のファイル名と場所を与えます．一定値は特に決まった値である必要はありませんが，この例では 1 としています．出力データタイプは INTEGER を選択します．出力セルサイズは，単位が度の 10 進数で与えます．この例では，空間解像度を 5 分とするので，0.083333333 度となります．オプションは何も選択しません．最後に，マスクラ

[4] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/009z000000s4000000/

スタの領域を単位が度の 10 進数で与えます．この例では，東経 97～102 度，北緯 13～20 度の領域のマスクラスタを作成します．全ての引数を与えたら OK をクリックします．（図 3-13）

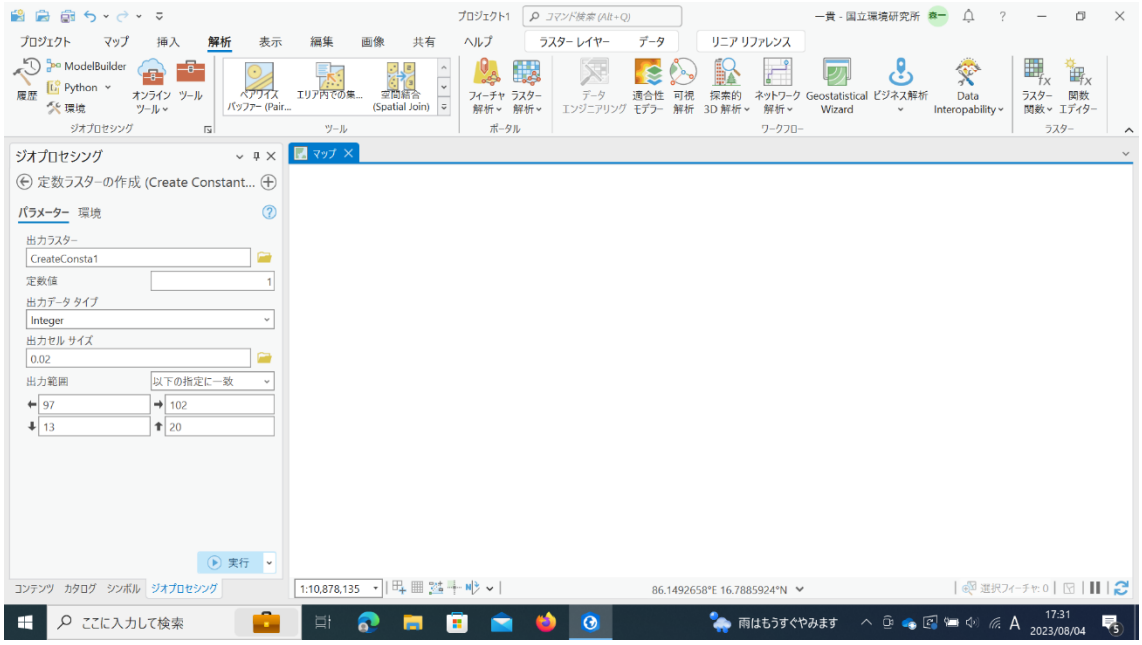



図 3-13

マスクラスタが作成され，マップウィンドウに表示されます．デフォルトだとシンボルがストレッチとなっているため，3.2 節でおこなったシンボルの編集を行います．この例では，個別値に設定しました．（図 3-14）

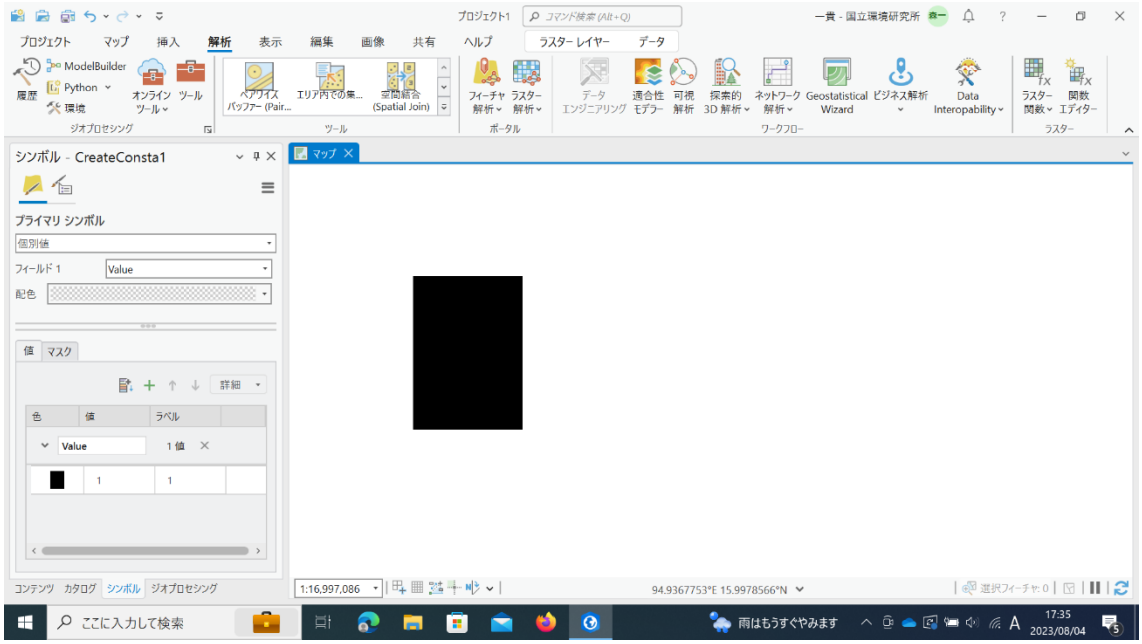



図 3-14

次に，抽出ツールセットにあるマスクで抽出（Extract by Mask）ツールを利用してラスタの抽出をします[5]．「解析」→「ツール」→「Extract by Mask」を選択して下さい．

パラメータタブの 1 つ目の入力ラスタには，抽出したいラスタ（今回の例では，4.2 節で扱っている図 4–4 のデータを使用する）を与えます．2 つ目の入力ラスタには，先ほど作成したマスクラスタを与えます．出力ラスタは，任意の名前と場所を与えます．全ての引数を与えたら，OK をクリックします．

ラスタがマスクラスタによって抽出され，図 3-15 のように表示されます．

[5] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/009z0000002n000000/

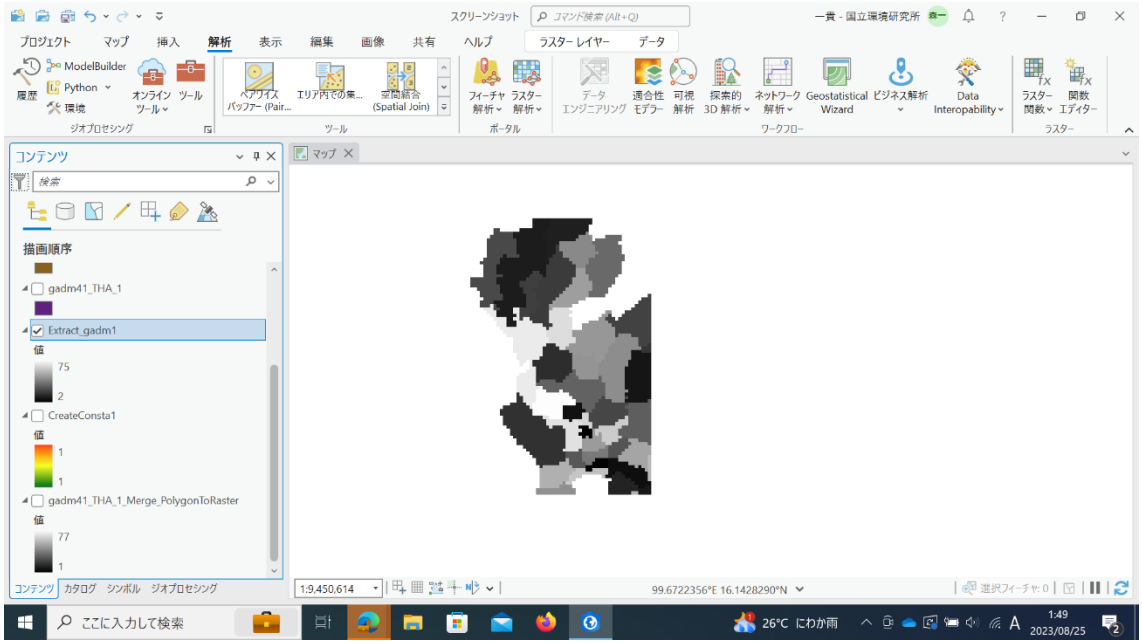



図 3-15

---

(b)　方法 2：Clip Raster ツールでクリップ

「解析」→「ツール」→「Clip Raster」ツール（図 3-16）を使い，抽出元のラスタを指定した四角形領域でクリップします.

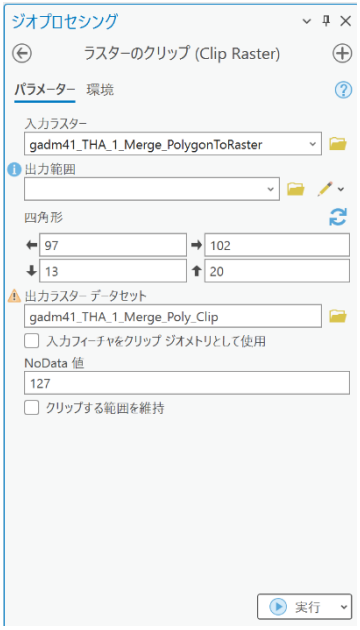



図 3−16

ここでは，入力ラスタには（a）方法 1 と同じ図 4-4 のラスタデータを選択します．クリップ範囲は（a）のマスク領域と同じタイのチャオプラヤ川流域周辺（経度：97~102，緯度：13~20）を対象とした四角形領域を指定します．その他はデフォルトで良いでしょう．

抽出されたラスタは図 3-17 のようになります．ただし、抽出されたラスタのデフォルトのプライマリシンボルは個別値で表示されるので，ストレッチの白黒に変更してあります．

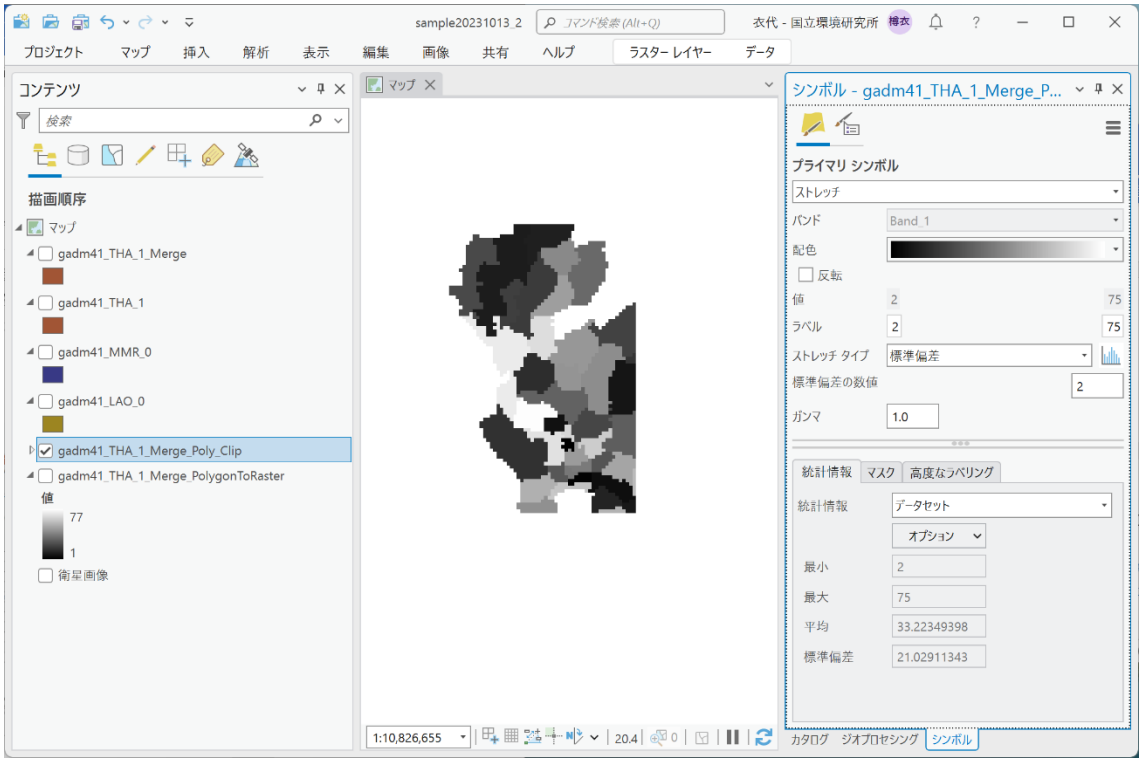



図 3-17

## 3.5　表示エリアの編集

表示エリアの編集する方法を説明します．　まず「挿入」→「新しいレイアウト」で適当なレイアウトテンプレートを選択→「挿入」→「マップフレーム」で先に作成したマップを選択します．（図 3-18）

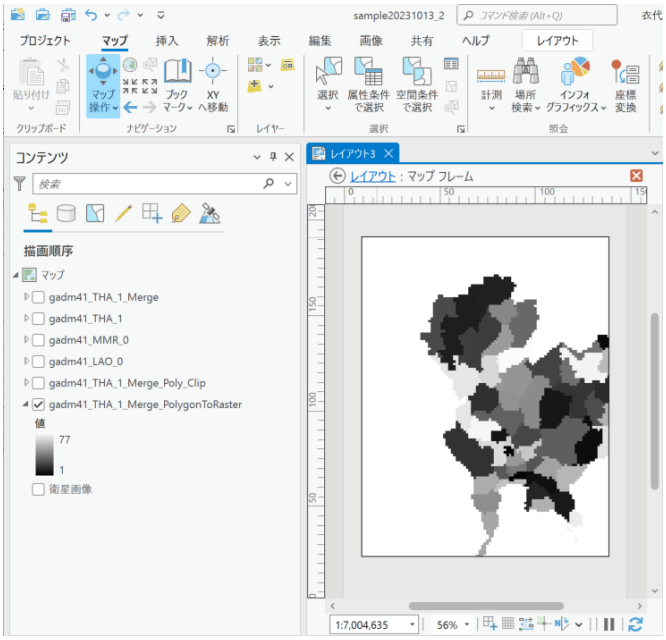



図 3-18

次にコンテンツウィンドウの「マップ」レイヤを右クリックしてプロパティを選択します．ポップアップ表示されたマッププロパティの範囲タブで，「カスタム範囲の使用」ボタンをクリックし，レイヤーの範囲で表示したいレイヤーを 1 つ選択すると、右の選択範囲に選択したレイヤーの緯度経度値が入力されます・（図 3-19）

続いて，レイヤーのクリップタブで「マップの範囲でクリップ」を選択し，OK をクリックします．（図 3-20）

選択範囲のマップがレイアウト内に表示されました．（図 3-21）

図 3-19

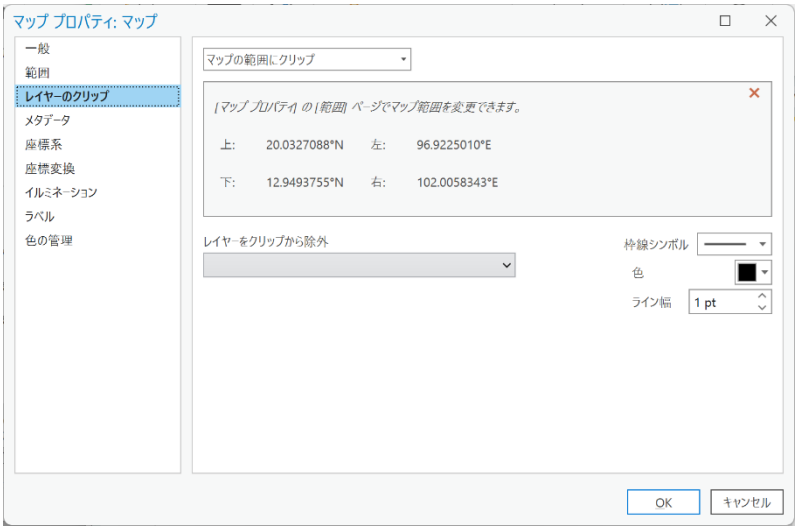



図 3-20

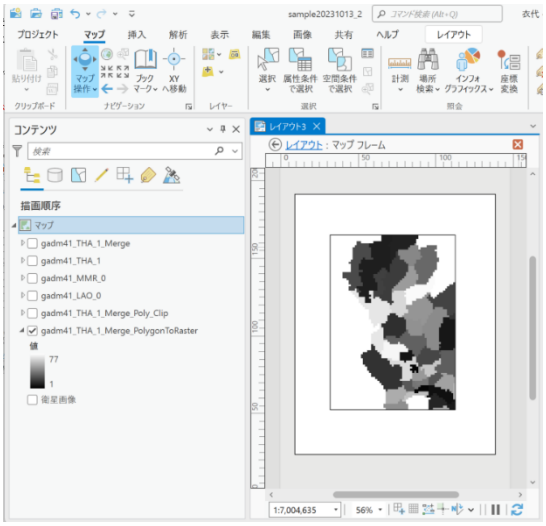



図 3-21

## 3.6 グリッド線の挿入

グリッド線の挿入方法について説明します．グリッド線は，描画領域がレイアウトビューのとき表示されます．まず，コンテンツウィンドウのマップフレームレイヤをクリックし，メニューの「挿入」→マップフレームグループの「新しい格子線」アイコンをクリックし，適当な格子線テンプレートを選択します（図 3-22）．ここでは「黒の垂直ラベルの経緯線」を選択すると，図 3-23 のように格子線が表示されます．

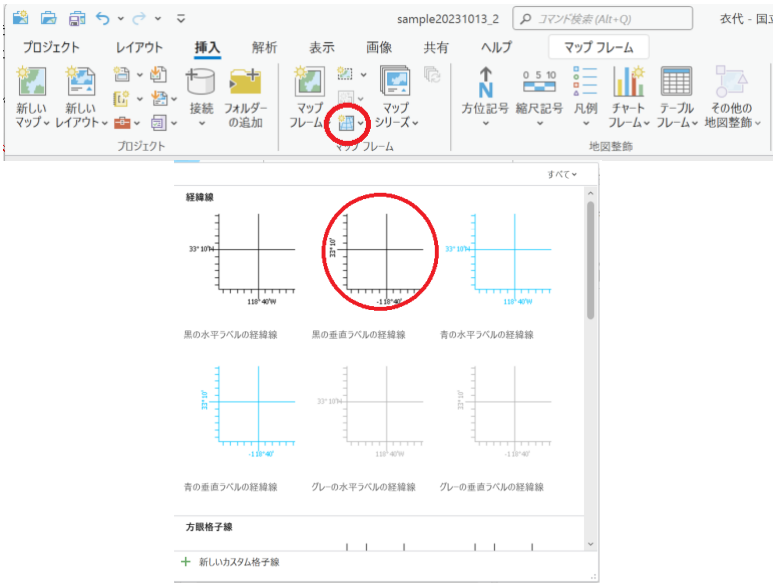



図 3-22

格子線の編集は、コンテンツウィンドウの「格子線」リストを展開し，編集したい格子線要素（ここでは「黒の垂直ラベルの経緯線」）のプロパティを選択します．右に表示された「エレメント」ウィンドウで編集することができます．

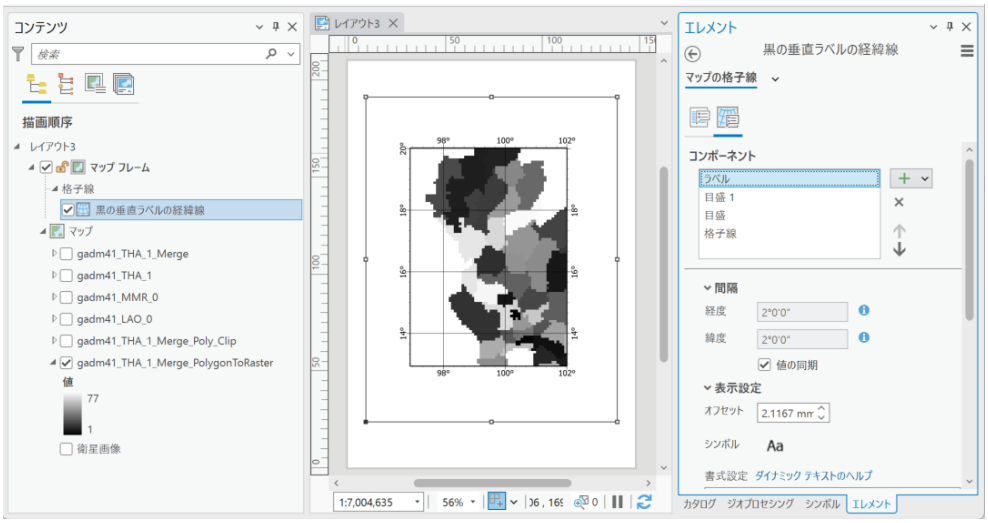



図 3-23

## 3.7　イメージファイルとして保存

描画領域に表示されている図をイメージファイルとして保存する方法を説明します．イメージファイルとして保存したい領域が決まっている場合は，本マニュアルの 3.5 節を参考にして下さい．グリッド線も表示してイメージファイルとして保存したい場合は，本マニュアルの 3.6 節を参考にして下さい．

「共有」→「出力」→「マップのエクスポート」でマップやレイアウトを出力することができます．（図 3-24）（マップまたはレイアウトのエクスポートの概要—ArcGIS Pro｜ ドキュメント）

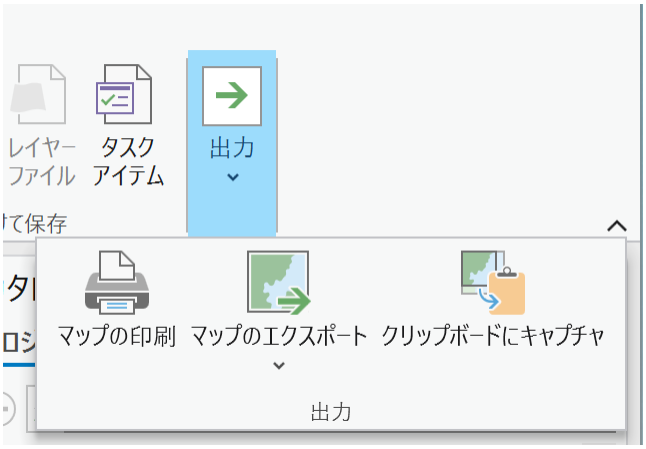



図 3-24

マップのエクスポートウィンドウで保存するフォルダを指定し，ファイル名を与えます．ファイルタイプは，EMF，EPS，AIX，PDF，SVG，SVGZ，BMP，JPEG，PNG，TIFF，GIF，TGA から選択できます．また画像サイズや圧縮の品質も指定することができます。

# 第 4 章

# 行政界ラスタの作成

第 4 章では，県レベルの行政界ラスタの作成方法を説明します．全球版 H08 は国レベルの行政界ラスタを利用していますが，領域版 H08 では県レベルの行政界ラスタが必要となります．この章を実施すると shp ファイルからラスタを作成できるようになります．また，複数の shp ファイルを 1 つに統合できるようになります．

## 4.1 手順の概要

ArcGIS Pro を用いた行政界ラスタの作成の手順の概要を以下に示します．

1. GADM database of Global Administrative Areas から行政界 shp ファイルを入手
2. shp ファイルを ArcGIS Pro でインポート
3. ポリゴンの統合
4. ポリゴンをラスタに変換
5. ラスタを任意の領域で抽出

## 4.2 実行例

タイのチャオプラヤ川流域周辺（経度：97~102，緯度：13~20）を対象として，空間解像度 5 分の行政界ラスタを作成しましょう．

### 1. GADM database of Global Administrative Areas から行政界 shp ファイルの入手

GADM database of Global Administrative Areas の HP にアクセスし，行政界 shp ファイルを入手して下さい[6]．この実行例では，タイのチャオプラヤ川流域周辺（経度：97~102，緯度：13~20）を対象としているので，タイ，ミャンマー，ラオスの行政界 shp ファイルを入手して下さい．ダウンロードされたそれらのファイルは Zip ファイルなので，任意の場所に解凍して下さい．

### 2. shp ファイルを ArcGIS Pro でインポート

ArcGIS Pro で行政界 shp ファイルをインポートします．ArcGIS Pro を起動し，マップ→データの追加（挿入→フォルダーの追加→「ダウンロードしたファイルの展開フォルダ名を選

[6] 本マニュアル Appendix A 参照

択」→画面右側の「カタログウィンドウ」のフォルダーリストを展開して、インポートしたいファイルをドロップ＆ドラッグで中央のマップビューにインポートする）をクリックして下さい．その後，先ほどダウンロードしたタイ，ラオス，ミャンマーの行政界ファイルを選択してインポートして下さい．このとき，タイは gadm41_THA_1.shp（県レベル）を，ラオスとミャンマーは gadm41_LAO_0.shp，gadm41_MMR_0.shp（国レベル）をそれぞれインポートして下さい．（図 4-1）

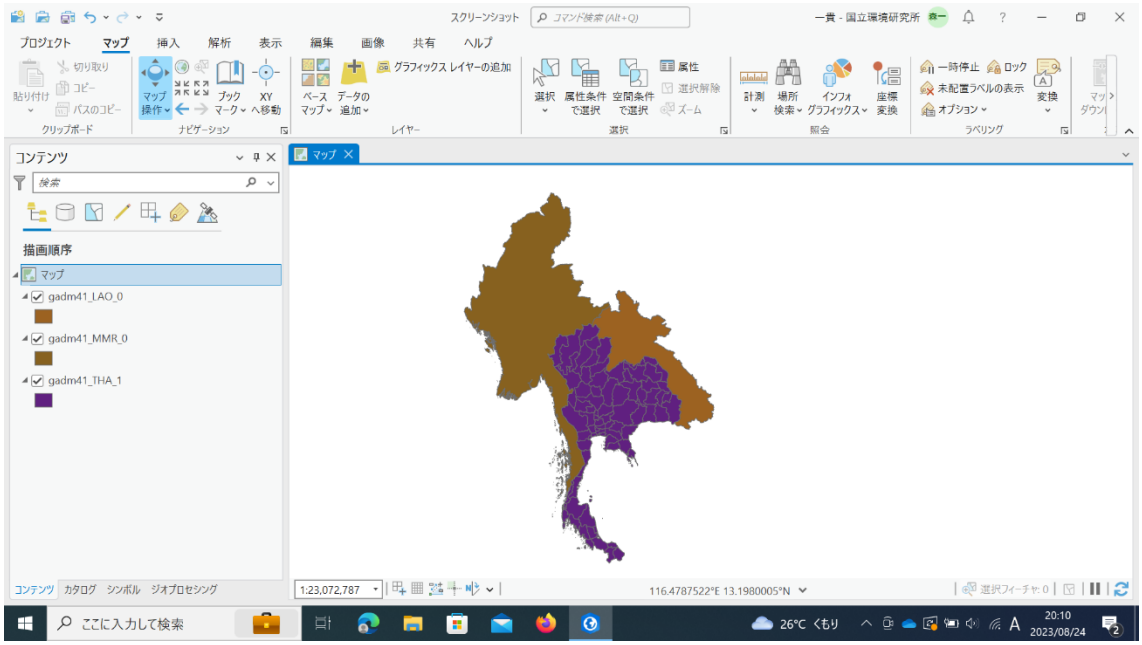


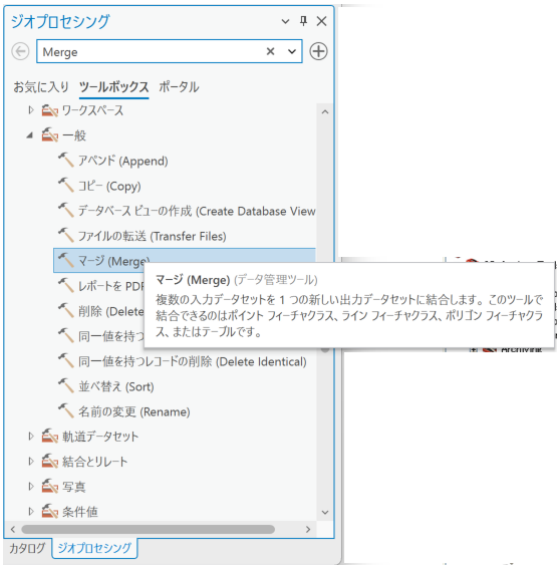

図 4-1

## 3. ポリゴンの統合

データ管理ツールボックスの一般ツールセットにあるマージツールを利用して複数のポリゴンを統合します[7].

タイ，ラオス，ミャンマーの行政界ポリゴンを統合しましょう．「解析」→「ツール」→「ツールボックス」タブで「データ管理ツール」→「一般」→「Merge」を選択してください．「ジオプロセシングウィンドウ」の検索欄で「Merge」を入力して「Merge」ツールを選択することもできます．

[7] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/001700000055000000/




入力データセットには，先ほどインポートしたタイ，ラオス，ミャンマーの行政界 shp ファイルを与えます．（ArcGIS Pro の UI 設定によりますが，入力データセットは，画面左のコンテンツテーブルからドラッグ＆ドロップして与えることができます．）出力フィールドは，GID_1 を選択してください。（図 4-2）

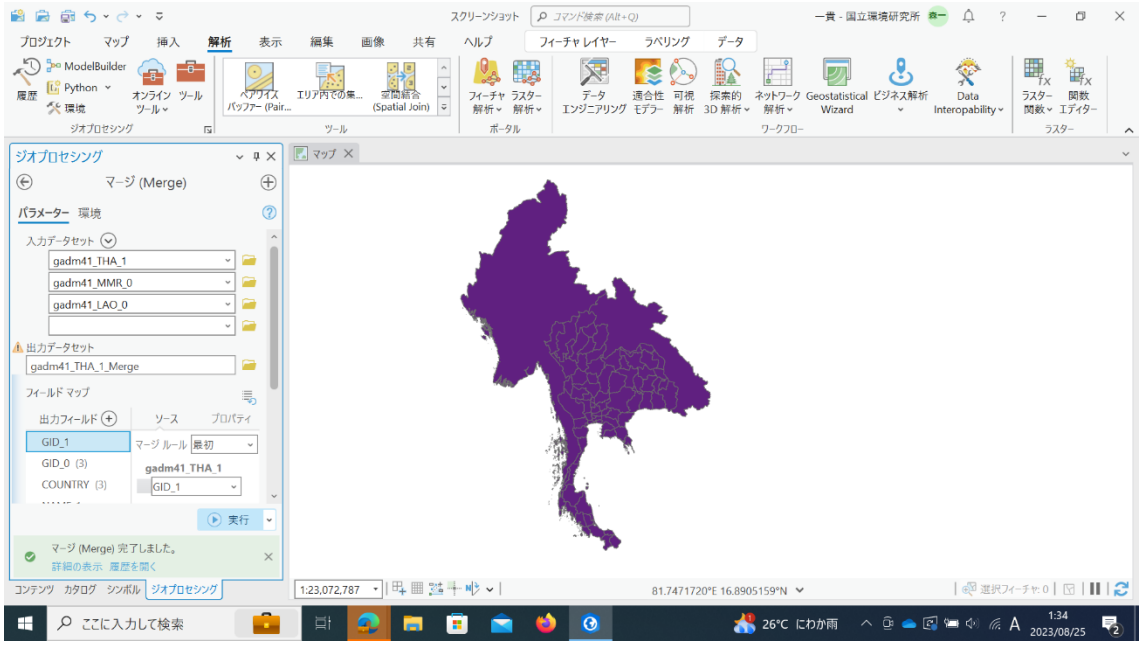
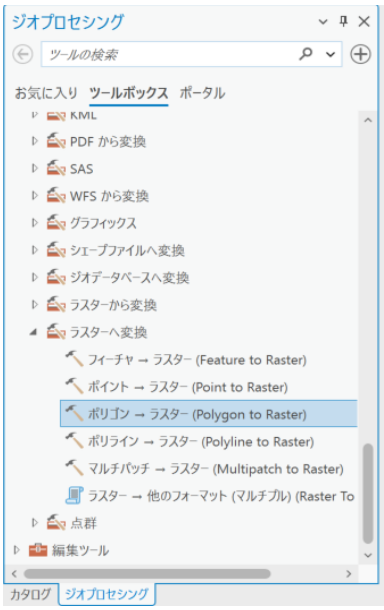



図 4-2

## 4.　ポリゴンをラスタに変換

変換ツールボックスのラスタへ変換ツールセットにあるポリゴン→ラスタツールを利用してポリゴンをラスタに変換しましょう[8]．「解析」→「ツール」→「変換ツール」→「ラスターへ変換」→「Polygon to Raster」を選択して下さい．




入力フィーチャには，先ほど統合したポリゴンを与えます．値フィールドは，県レベルの情報を入れたいので[GID_1]を選択して下さい．出力ラスタデータには，任意の場所，ファイル名を与えます．セルの割り当て方法は[統合された最大領域]を選択して下さい．これを選択すると，各セルの中で最も領域の広いポリゴンがそのセルの値になります．セルサイズは 5 分ですが，単位を度の十進数に直して入力するので 0.0833333333 となります．（図 4-3，4-4）

[8] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/001200000030000000/

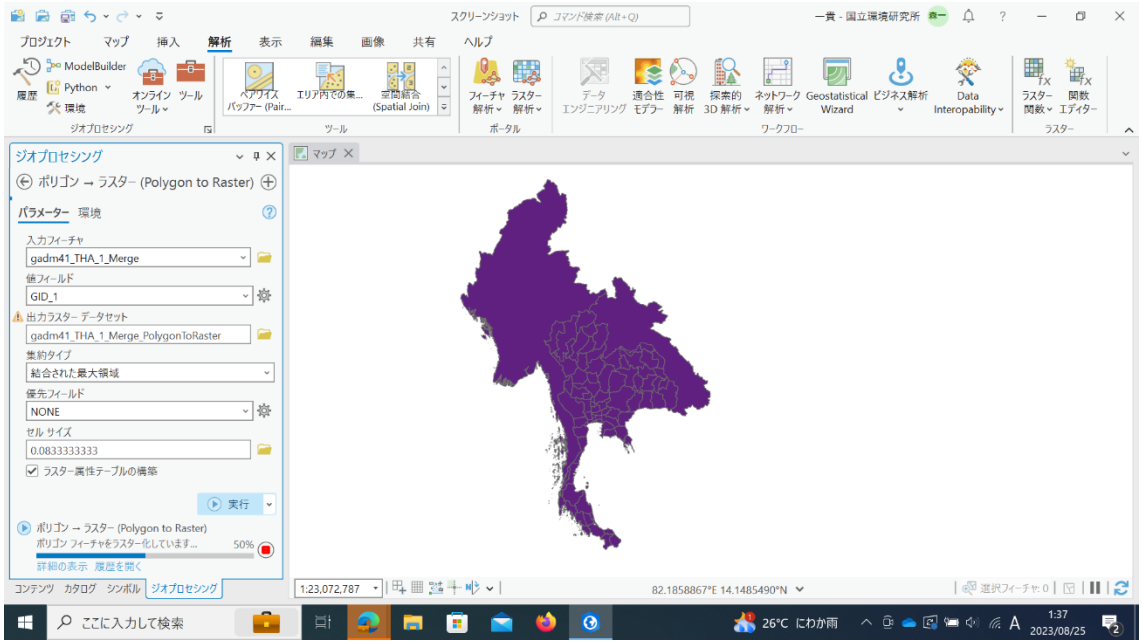



図 4-3

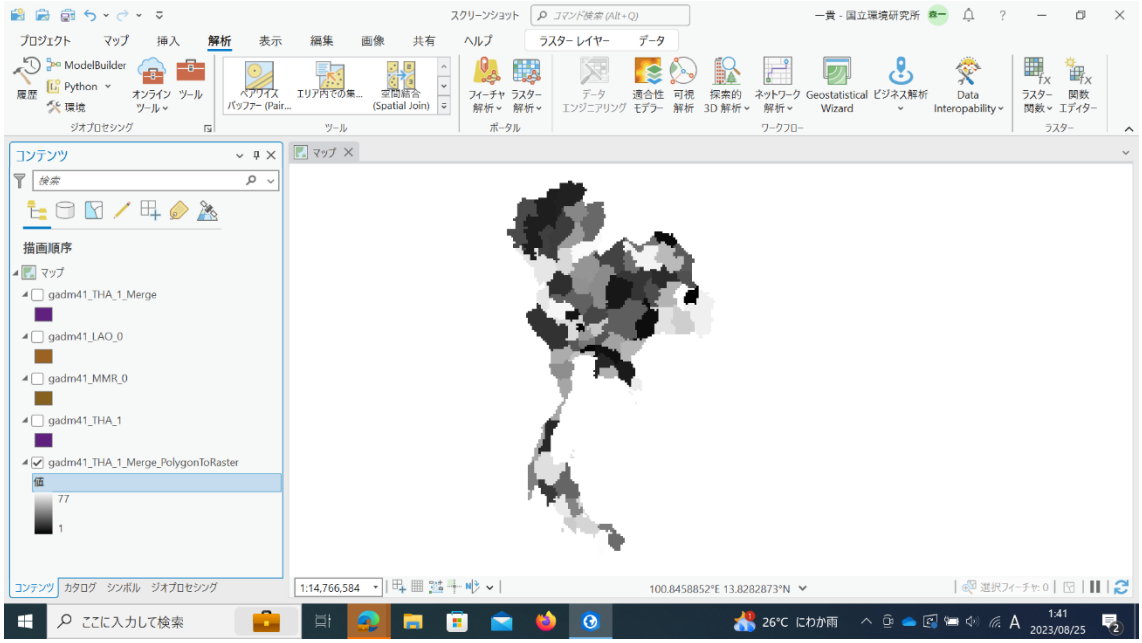



図 4-4

## 5.　ラスタを任意の領域で抽出

ラスタを任意の領域で抽出しましょう．本マニュアル 3.4 節を参考にして下さい．図 4-5 のように表示されます．

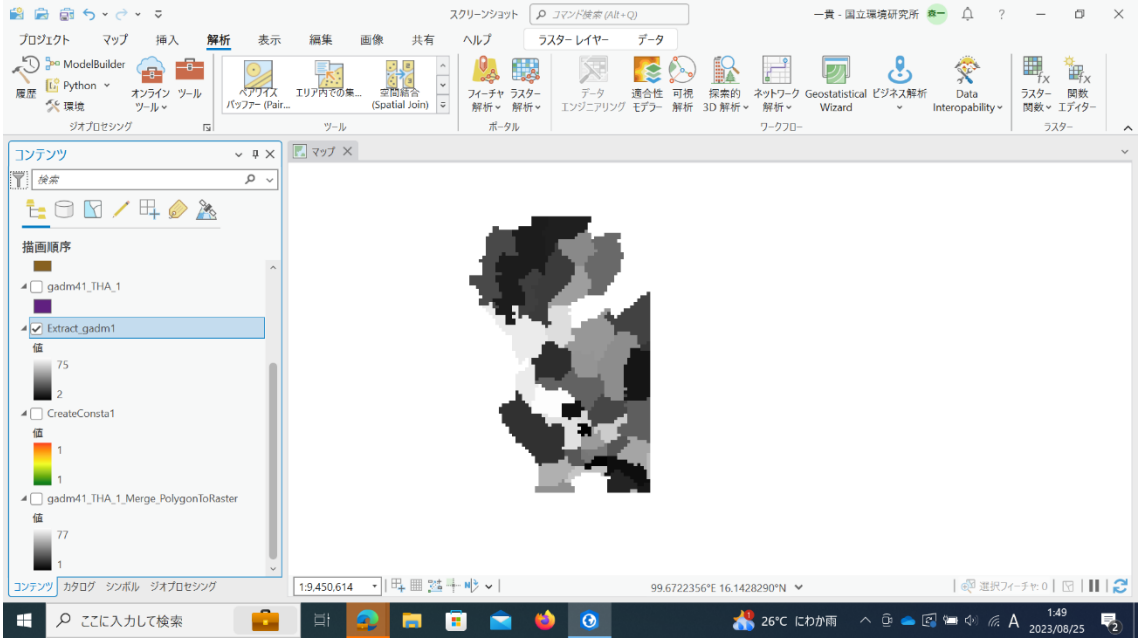



図 4-5

以上により，タイのチャオプラヤ川流域周辺（経度：97~102，緯度：13~20，空間解像度 5 分）の行政界ラスタが作成されました．このラスタを H08 で利用する場合は，本マニュアル 3.3 節を参考にしてラスタから ASCII に変換して下さい．

# 第 5 章

# 海陸ラスタの作成

第 5 章では，海陸ラスタの作成方法を説明します．この章を実施するとラスタの値の置換ができるようになります．

## 5.1 手順の概要

ArcGIS Pro を用いた海陸ラスタの作成の手順の概要を以下に示します. 基本的な手順は，本マニュアル第 4 章の行政界ラスタの作成と同様です.

1. GADM database of Global Administrative Areas から行政界 shp ファイルを入手
2. shp ファイルを ArcGIS Pro でインポート
3. ポリゴンの統合
4. ポリゴンをラスタに変換
5. ラスタの値を置換
6. ラスタを任意の領域で抽出

## 5.2 実行例

タイのチャオプラヤ川流域周辺（経度：97~102，緯度：13~20）を対象として，空間解像度 5 分の海陸ラスタを作成しましょう.

### 1. GADM database of Global Administrative Areas から行政界 shp ファイルの入手

GADM database of Global Administrative Areas の HP にアクセスし，タイ，ミャンマー，ラオスの行政界 shp ファイルを取得して下さい[9].

### 2. shp ファイルを ArcGIS Pro でインポート

ArcGIS Pro で行政界 shp ファイルをインポートします．先ほどダウンロードしたタイ，ラオス，ミャンマーの行政界ファイルを選択してインポートして下さい．このとき，gadm41_THA_0.shp，gadm41_LAO_0.shp，gadm41_MMR_0.shp をそれぞれインポートして下さい．（図 5-1）

[9] 本マニュアル Appendix A 参照

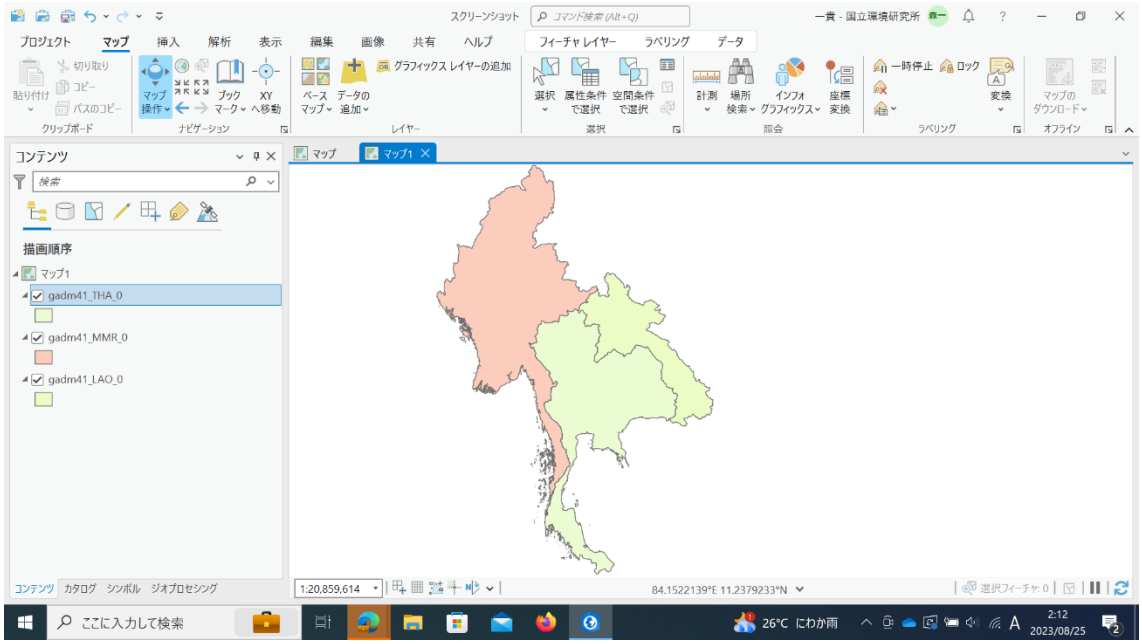



図 5-1

## 3.　ポリゴンの統合

タイ，ラオス，ミャンマーの行政界ポリゴンを統合しましょう．複数のポリゴンの統合には，データ管理ツールボックスの一般ツールセットにあるマージツールを利用します．「解析」→「ツール」→「ツールボックス」タブで「データ管理ツール」→「一般」→「Merge」を選択して下さい．入力データセットには，先ほどインポートしたタイ，ラオス，ミャンマーの国レベルの行政界 shp ファイル（*NAME*_adm0.shp）を与えます．（図 5-2,5-3,5-4）

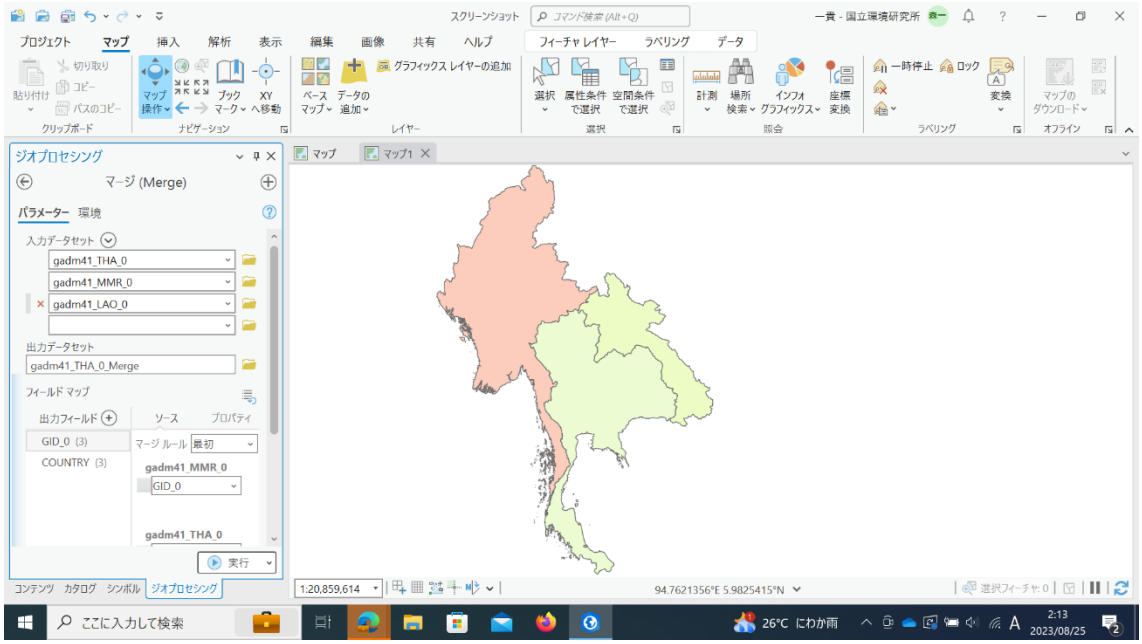

ジオプロセシング
マージ (Merge)
パラメーター
環境
入力データセット
gadm41_THA_0
gadm41_MMR_0
gadm41_LAO_0
出力データセット
gadm41_THA_0_Merge
フィールド マップ
出力フィールド
ソース
プロパティ
GID_0 (3)
COUNTRY (3)
マージ ルール
最初
gadm41_MMR_0
GID_0
gadm41_THA_0
実行
マップ
マップ1
1:20,859,614
94.7621356°E 5.9825415°N

図 5-2

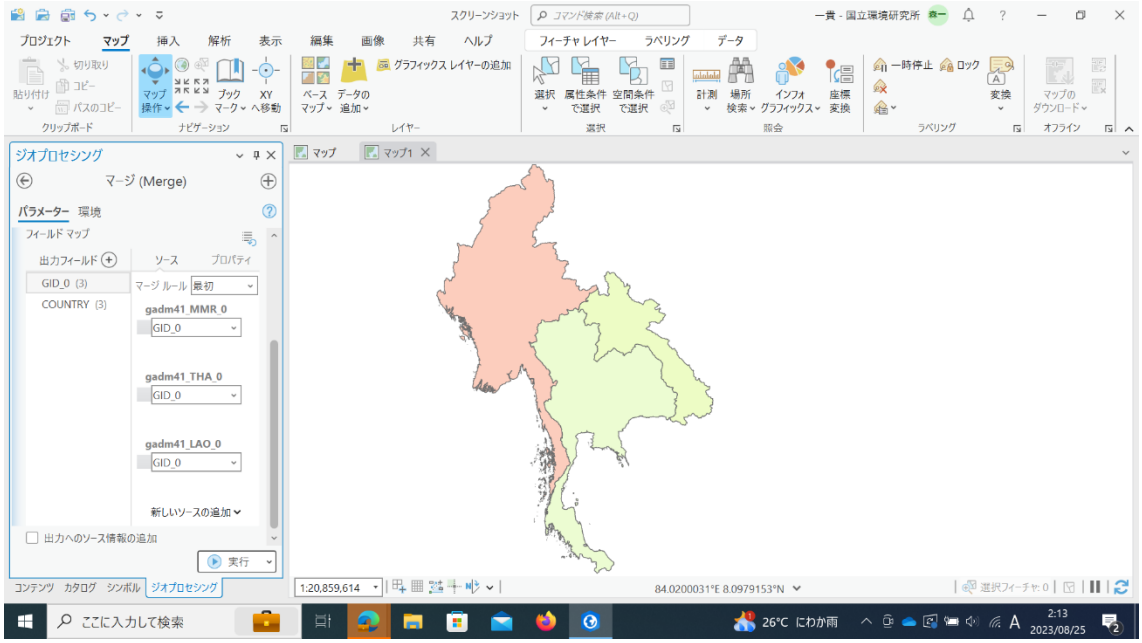

ジオプロセシング
マージ (Merge)
パラメーター
環境
フィールド マップ
出力フィールド
ソース
プロパティ
GID_0 (3)
COUNTRY (3)
マージ ルール
最初
gadm41_MMR_0
GID_0
gadm41_THA_0
gadm41_LAO_0
新しいソースの追加
出力へのソース情報の追加
実行
マップ
マップ1
1:20,859,614
84.0200031°E 8.0979153°N

図 5-3

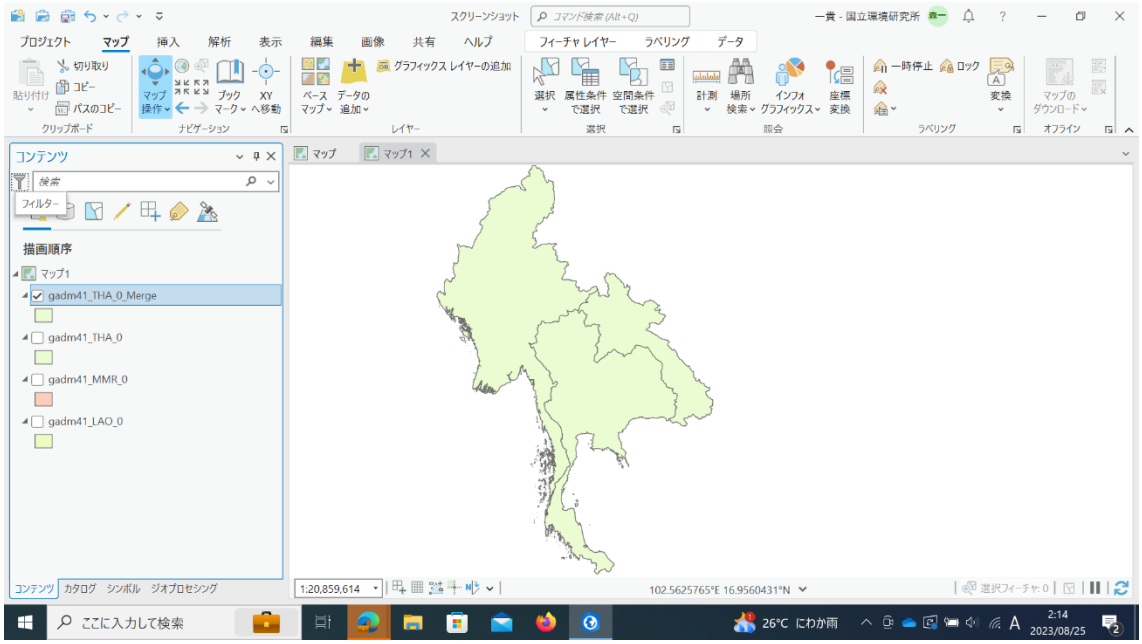



図 5-4

## 4.　ポリゴンをラスタに変換

ポリゴンをラスタに変換しましょう．解析→ツール→ポリゴン to ラスタ を選択して下さい．入力フィーチャには，先ほど統合したポリゴンを与えます．値フィールドは**[GID_0]**を選択して下さい．出力ラスタデータには，任意の場所，ファイル名を与えます．セルの割り当て方法は**[統合された最大領域]**を選択して下さい．セルサイズは 0.0833333333 となります．（図 5-5,5-6）

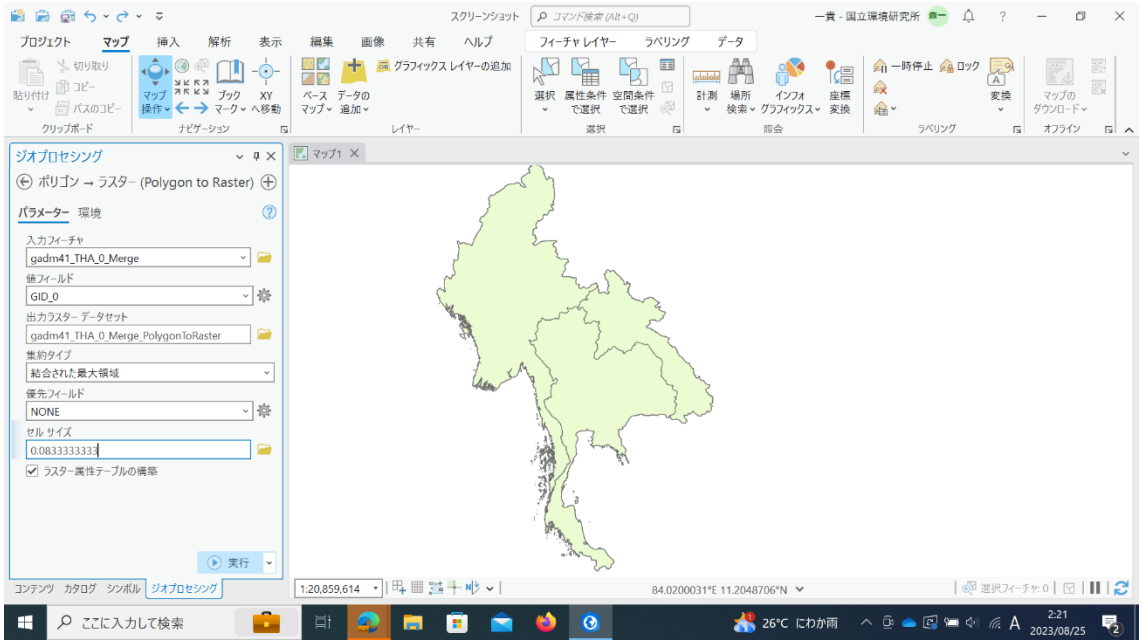



図 5-5

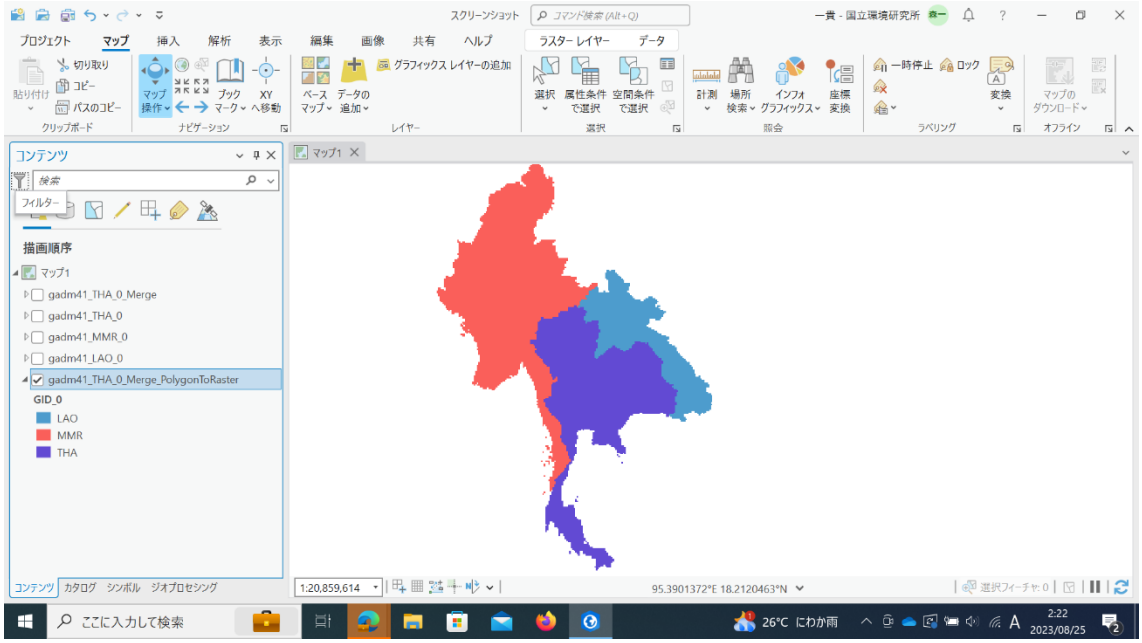



図 5-6

## 5.　ポリゴンの値を置換

Spatial Analyst ツールの Con ツールを利用してポリゴンの値を置換しましょう[10]．「解析」→「ツール」→「Spatial Analyst ツール」→「条件」→「Con」を選択して下さい．（図 5-7）

[10] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/001200000030000000/

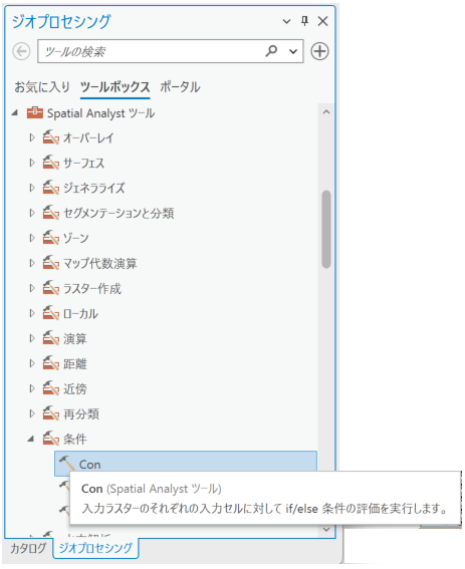



図 5-7

パラメータタブの入力条件付きラスターでは，先ほど作成したラスタを選択します．式の下にある条件式に以下のように値を入力します．

図 5-8

この実行例では，陸のラスタには国別にそれぞれ 1，2，3 の値が入っているので，条件式

は，全ての値が条件を満たすように Value が 1 以上などとします．条件に一致したラスタの Value に 1 を与えます．また，条件に合わなかったラスタには 0 を与えます．出力ラスタの場所と名前は任意です．（図 5-8）

ラスタの値の確認方法は，コンテンツウィンドウ内のターゲットレイヤー名（ここでは Con ツールの「入力条件付きラスター」で選択したラスタ名）を右クリックして，「属性テーブル」を選択すると，マップウィンドウの下にラスタの保持する値テーブルが表示されます。(図 5-9)

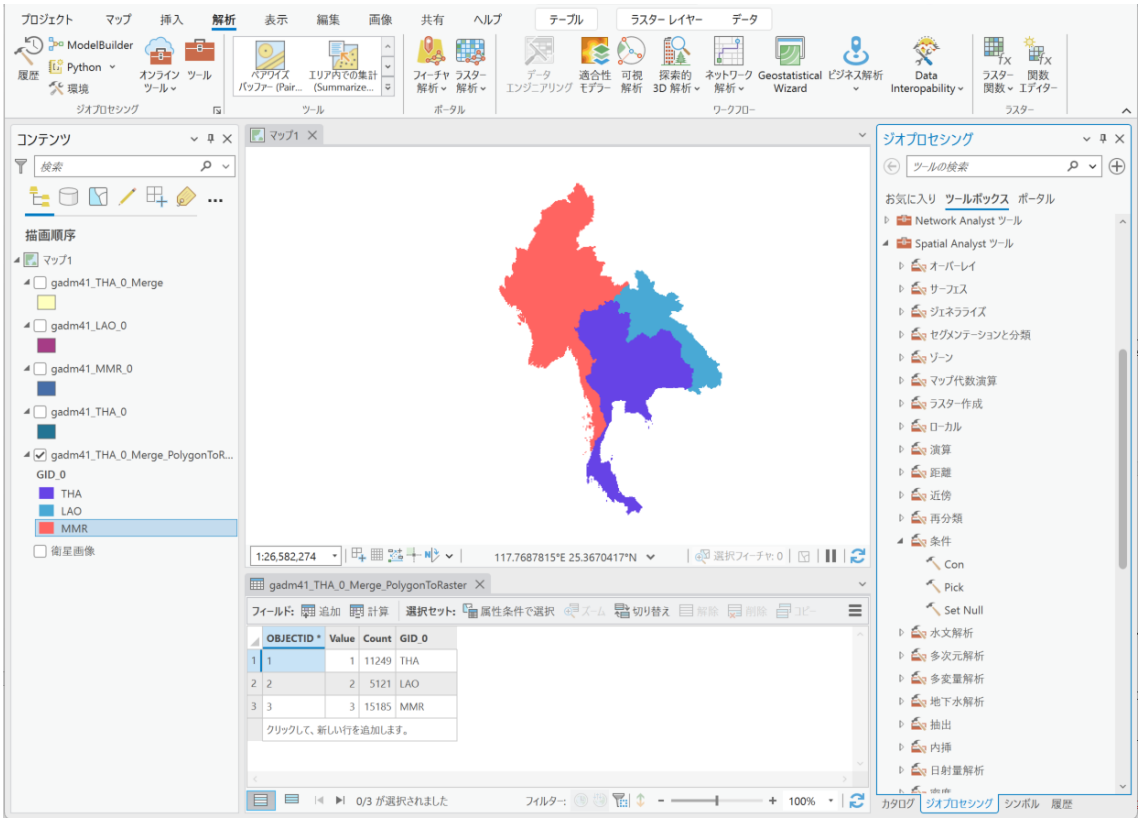



図 5-9

図 5-8 の Con ツール実行により作成されたラスタは，図 5-10 となります．

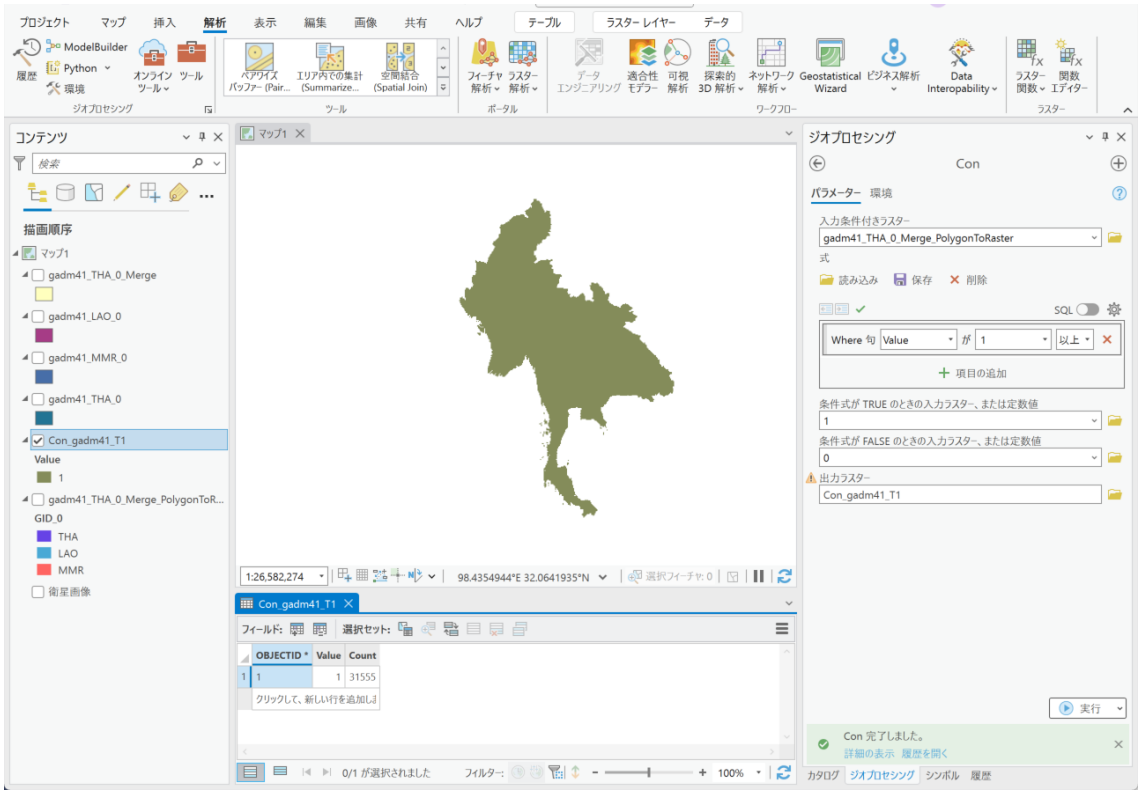



図 5-10

## 6.　ラスタを任意の領域で抽出

ラスタを任意の領域で抽出しましょう．本マニュアル 3.4 節を参考にして下さい．以上により，タイのチャオプラヤ川周辺の海陸ラスタが作成されました（図 5-11）．このラスラを ASCII ファイルに直して保存する場合は，本マニュアル 3.3 節を参考にして下さい．

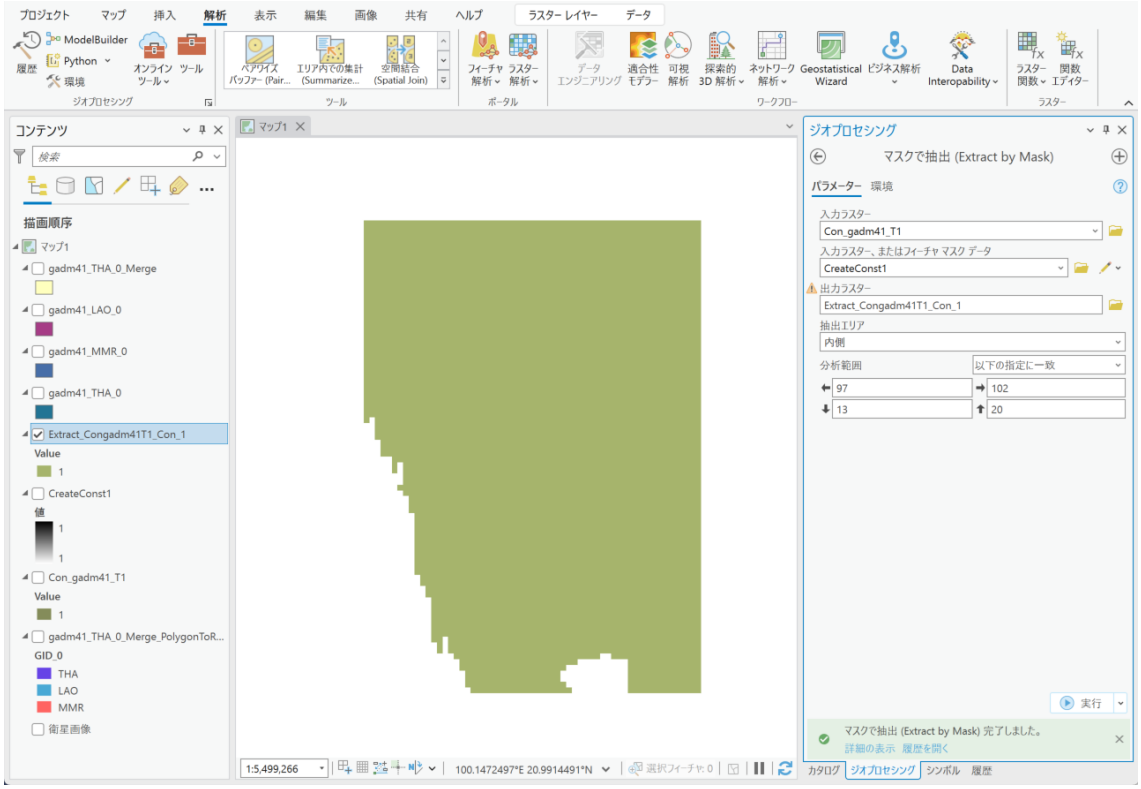

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
編集
画像
共有
ヘルプ
ラスター レイヤー
データ
ジオプロセシング
ツール
ポータル
ワークフロー
ラスター
コンテンツ
描画順序
マップ1
gadm41_THA_0_Merge
gadm41_LAO_0
gadm41_MMR_0
gadm41_THA_0
Extract_Congadm41T1_Con_1
Value
1
CreateConst1
値
Con_gadm41_T1
gadm41_THA_0_Merge_PolygonToR...
GID_0
THA
LAO
MMR
衛星画像
ジオプロセシング
マスクで抽出 (Extract by Mask)
パラメーター
環境
入力ラスター
Con_gadm41_T1
入力ラスター、またはフィーチャ マスク データ
CreateConst1
出力ラスター
Extract_Congadm41T1_Con_1
抽出エリア
内側
分析範囲
以下の指定に一致
97
102
13
20
実行
マスクで抽出 (Extract by Mask) 完了しました。
詳細の表示
履歴を開く
1:5,499,266
100.1472497°E 20.9914491°N
カタログ
ジオプロセシング
シンボル
履歴

図 5-11

# 第 6 章

# 標高ラスタの作成

第 6 章では，標高ラスタの作成方法を説明します．標高ラスタは，流向・流域界ラスタを作成するのに必要です．この章を実施すると経度・緯度・データの 3 列形式でデータが格納されたファイルを ArcGIS Pro でインポートできるようになります．また，ラスラの空間解像度を荒くする方法も身につきます．

## 6.1 手順の概要

ArcGIS Pro を用いた標高ラスタの作成の手順の概要を以下に示します．

1. SRTM15+の標高 ASCII ファイルを入手
2. ヘッダを追記
3. ArcGIS Pro でインポート
4. ラスタに変換
5. 空間解像度の変換

## 6.2 実行例

タイのチャオプラヤ川流域（経度：97~102，緯度：13~20）を対象として，空間解像度 30 秒の標高データから空間解像度 5 分の標高ラスタを作成しましょう．(30 秒でダウンロードが失敗する場合は，15 秒の標高データを経度方向に数回にエリアを分けてダウンロードしましょう．)

### 1. 標高データの入手

まず，カリフォルニア州サンディエゴ大学の衛星測地学研究室の HP から SRTM15＋の標高データを入手して下さい[11]．(現在 30 秒のデータダウンロードが fail するため 15 秒のデータをダウンロード)

### 2. ヘッダの追記

入手した ASCII ファイルを Excel やメモ帳から開き，各列の 1 行目にヘッダを追記しま

[11] 本マニュアル Appendix A 参照

す．ASCII ファイルは左から経度，緯度，データの順で並んでいるので LON LAT DATA とタブで区切って追記します．保存するときに拡張子を.csv に変更して下さい．
エクセルは 104 万行までしかないため，メモ帳か%cat を使って，データを一つにまとめる。
メモ帳の場合
・ダウンロードした csv ファイルを右クリック→プログラムから開く→メモ帳
・Ctrl+A で全体選択して，コピー
・メモ帳のファイル欄から新規作成し，ペースト
・上記の繰り返し

%cat の場合
PowerShell の cat エリアスコマンドで以下のように結合できます。
・test1.txt と test2.txt を結合させて testall.csv ファイルを作成
cat test1.txt, test2.txt | sc testall.csv

１つのセル内に経度，緯度，データの数値が出力されるため，それぞれを列にわけないといけない（文字列や数字を分割する・区切り位置の指定｜エクセル（excel）の応用操作(yamanjo.net)）

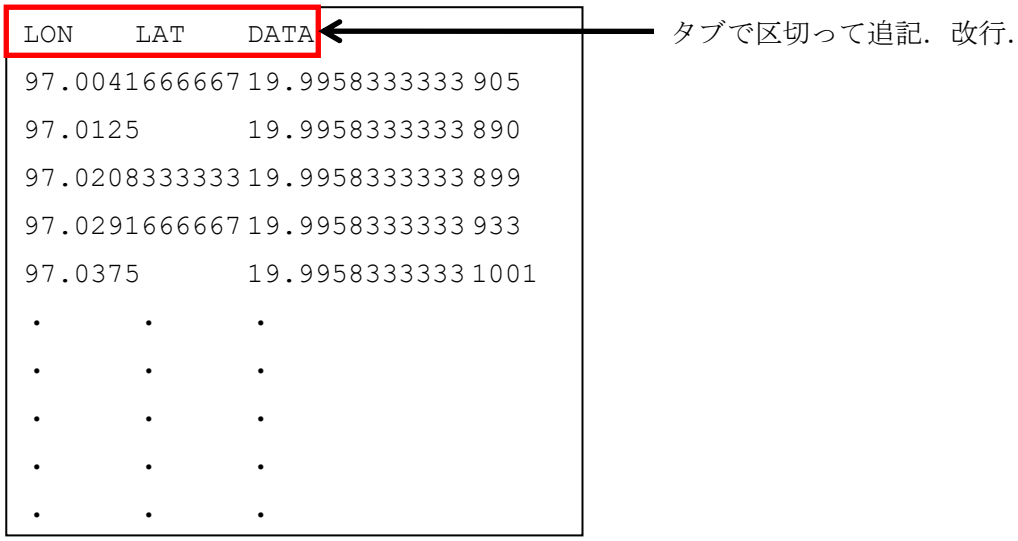



図 6-1

3.　ArcGIS Pro でインポート

先ほど入手しヘッダを追記して拡張子を.csv に変更した標高 ASCII ファイルを ArcGIS Pro

でインポートし，データを追加します．

「挿入」タブから「ファルダの追加」で追加するデータのファイルフォルダを追加し，「カタログ」ウィンドウの「フォルダ」を展開して，先程作成した csv ファイルを画面中央の「マップ」ウィンドウにドロップ＆ドラッグします。

データを追加しても画面にはまだ何も表示されません．画面左側のコンテンツテーブルで追加したデータで右クリックをし，XY データの表示を選択します．（図 6-2）

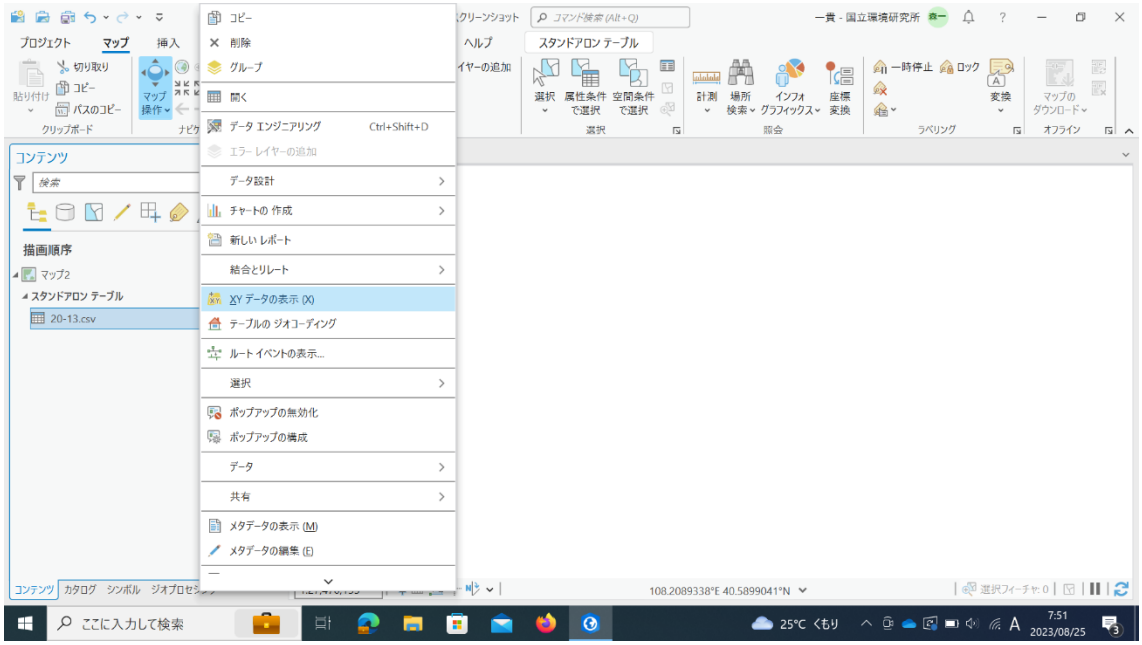



図 6-2

X フィールドに LON，Y フィールドに LAT，Z フィールドに DATA をそれぞれ与え，OK を押します．データ数が多いため少し時間がかかります。（図 6-3）

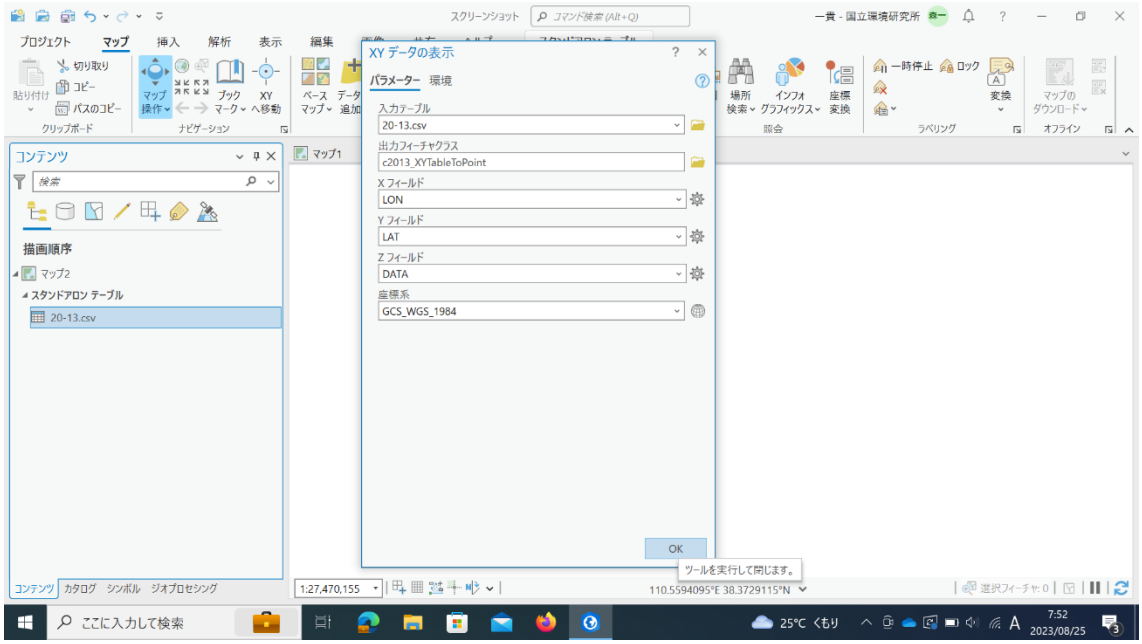



図 6-3

画面に黒い長方形が表示されます．この長方形はポイントフィーチャの集合であり，間隔が非常に狭くてデータ数も多いためこのように表示されています．次の手順でポイントフィーチャをラスタに変換すると見やすく表示されます．（図 6-4）

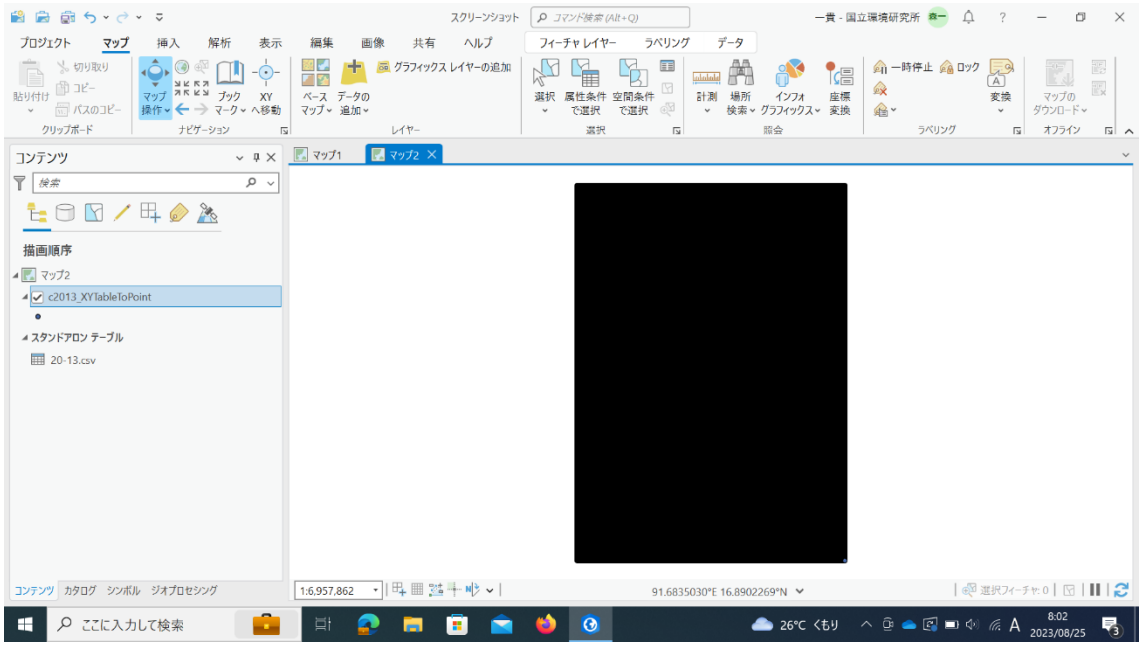
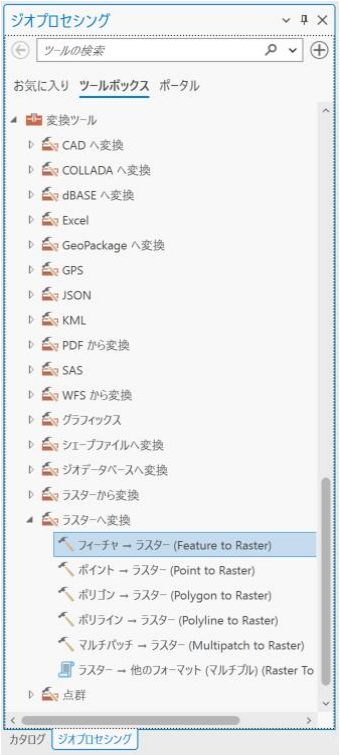



図 6-4

## 4.　ラスタに変換

変換ツールボックスのラスタへ変換ツールセットにあるフィーチャ→ラスタ（Feature to Raster）ツールを利用してポイントフィーチャをラスタに変換します[12]．解析→ツール→「ジオプロセシング」ウィンドウの「ツールボックス」→「変換ツール」→「ラスターへ変換」→「フィーチャ→ラスタ（Feature to Raster）」を選択して下さい．




入力フィーチャには先ほど出力されたポイントフィーチャを与えます．フィールドは DATA を選択して下さい．出力ラスタには任意の場所とファイル名を与えます．出力セルのサイズは **0.004166666**（ 15 秒の度換算値．取得したデータが 15 秒毎のため出力セルサイズを揃える）を与えます．各項目を設定したら OK を押します．（図 6-5）．

[12] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/00120000002v000000/

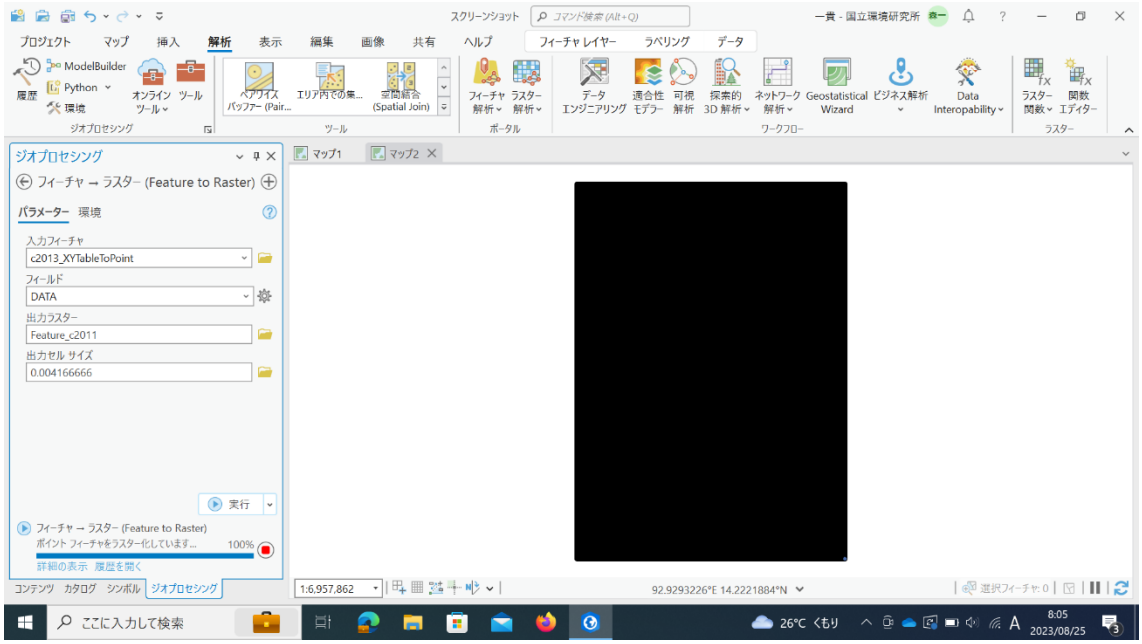



図 6-5

出力ラスタが表示され，コンテンツテーブルに追加されます．（図 6-6）

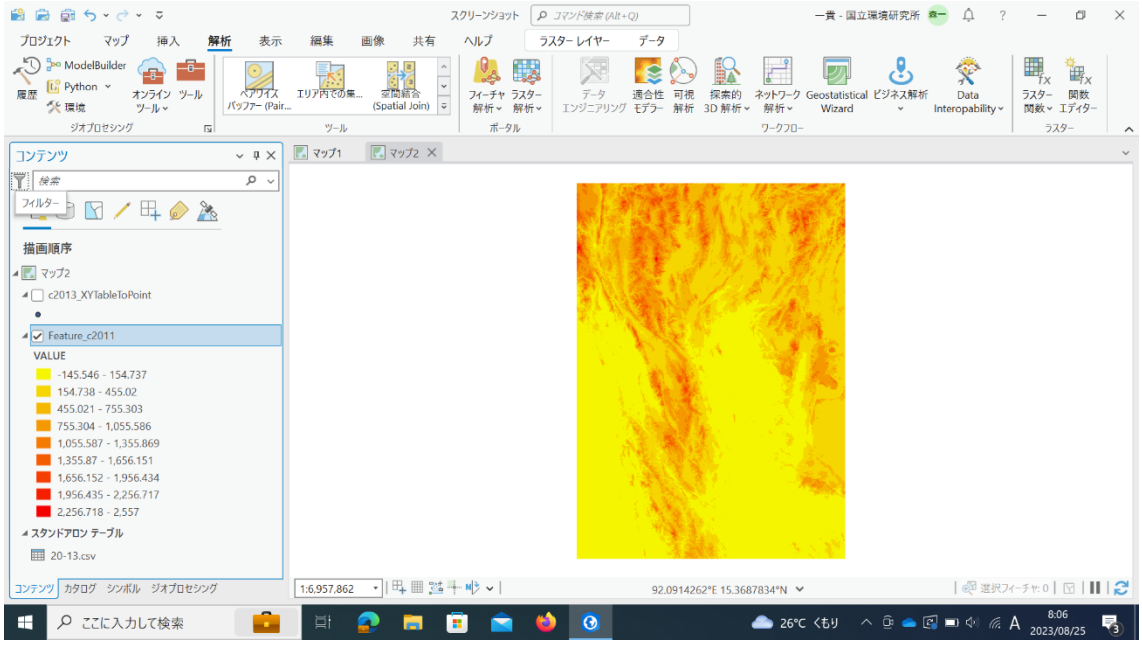
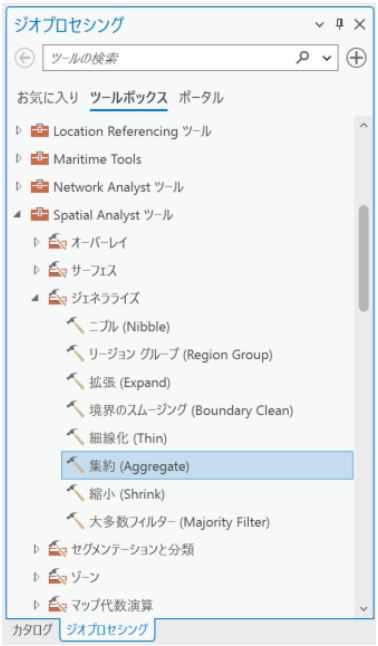



図 6-6

5.　空間解像度の変換

Spatial Analyst ツールボックスのジェネラライズツールセットにある集約ツールを利用して空間解像度を 15 秒から 5 分に変換しましょう[13]．解析→ツール→「ジオプロセシング」ウィンドウの「ツールボックス」→「Spatial Analyst ツール」→「ジェネラライズ」→「集約（Aggregate）」を選択してください。




入力ラスタには，先ほど作成されたラスタを与えます．出力ラスタには任意の場所とファイル名を与えます．セルファクタは，空間解像度を何倍にするかの設定です．ここでは 15 秒ラスタから 5 分ラスタを作成するので今回は（300/15=）20 を与えます．集計方法には平均や合計などがありますが，ここでは MEDIAN（中央値）を選択します．1 つ目のオプション「必要に応じて範囲の拡大」は，入力ラスタの行または列がセルのファクタの倍数でないときの対処方法です．これにチェックをつけると，上記の場合に NoData セルを加えて拡張します．チェックをつけないと出力ラスタの行または列の数を 1 減らします．この実行例では，入力ラスタの行列はセルファクタの倍数になっているので，オプションはどちらでも良いです．2 つ目のオプション「計算時に NoData を除外」は NoData が含まれるときの対処方法です．このチェックをはずすと集約時に NoData が優先されます．チェックをつけると，NoData を除外して集約します．この実行例で使用するラスタには，NoData は含まれていないので，オプションはどちらでも良いです．全項目を設定したら OK を押します．（図 6-7）

[13] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/009z000000wv000000/

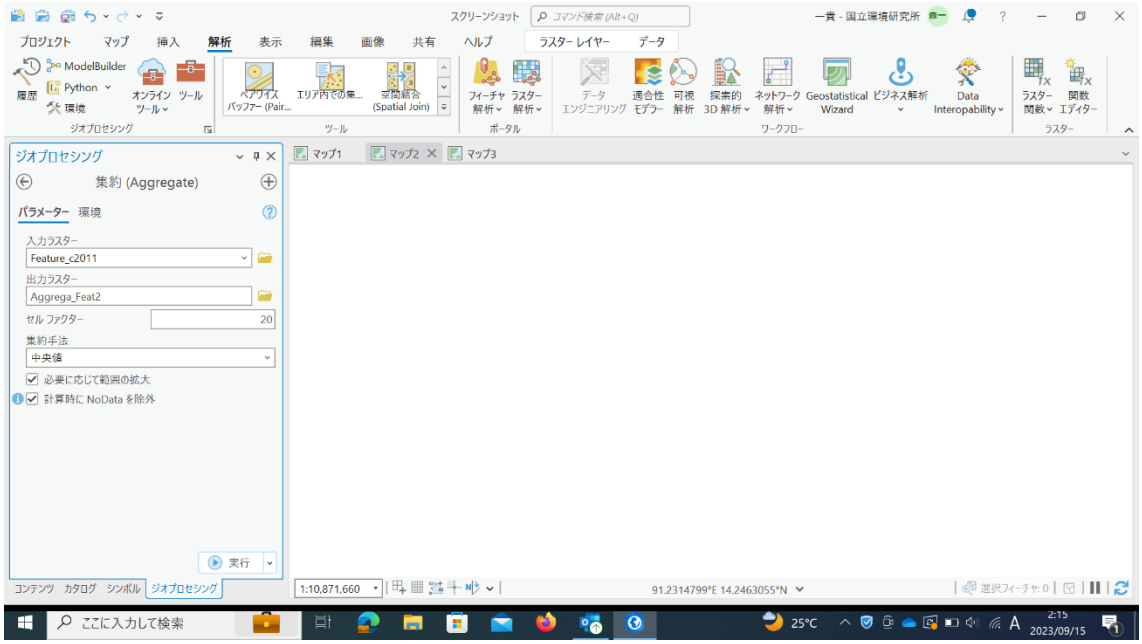



図 6-7

出力結果が表示され，コンテンツテーブルに追加されます．以上により，SRTM+15 の標高データから空間解像度 5 分の標高ラスタが作成されました．（図 6-8）このラスタを ASCII ファイルに直して保存する場合は，本マニュアル 3.3 節を参考にして下さい．

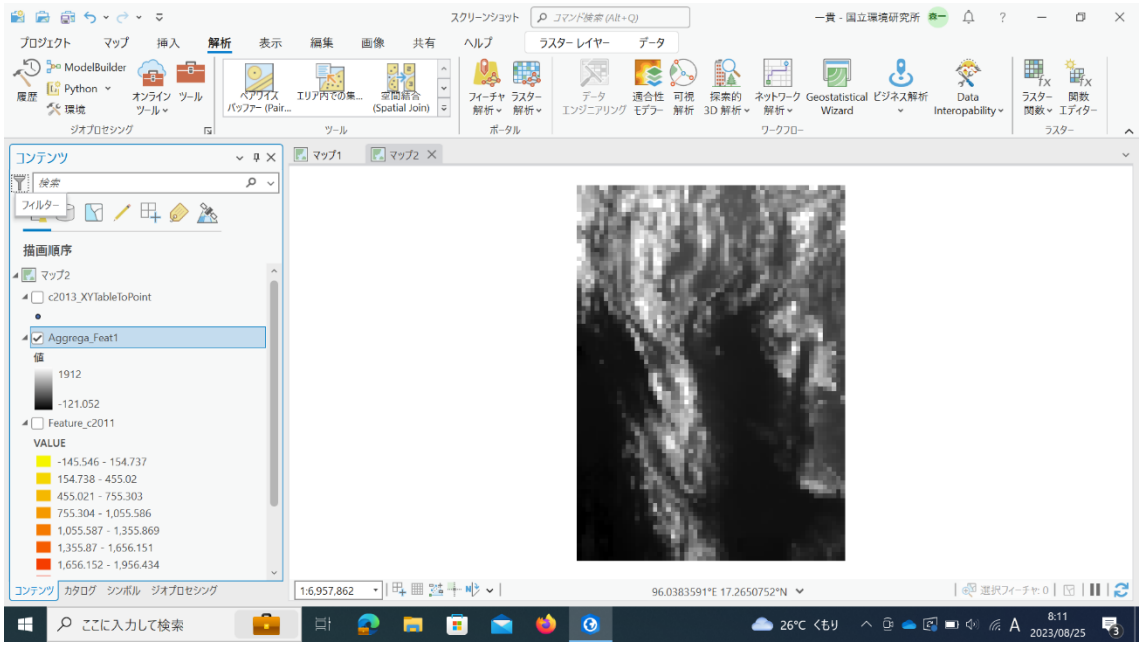



図 6-8

# 第 7 章

# 流向・流域界ラスタの作成

この章では，流向・流域界ラスタの作成方法を説明します．流向・流域界ラスタは，水文学的なシミュレーションを行う際に最も重要なラスタです．流向ラスタは，各セルから最も急な降下傾斜となる近傍セルへの方向を示します．流域界ラスタは，流向ラスタから流域間の尾根線を特定することによって作成されます．この章を実施すると，流向ラスタ，流域界ラスタを作成できるようになるのは勿論，サーフェスを平滑化して窪地を除去する方法や窪地の位置を確認する方法を理解できます．

## 7.1 手順の概要

ArcGIS Pro を用いた流向ラスタデータと流域ラスタデータの作成の手順の概要を以下に示します．なおツールボックスは，「解析」→「ツール」→で表示される「ジオプロセシング」ウィンドウ内の「ツールボックス」タブを表します。

1. 標高ラスタデータを準備
2. ツールボックス→Spatial Analyst→水文解析→Fill で窪地を除去
3. ツールボックス→Spatial Analyst→水文解析→Flow Direction で流向ラスタデータを作成
4. ツールボックス→Spatial Analyst→水文解析→Basin で流域界ラスタデータを作成
5. 流向ラスタデータと流域界ラスタデータを ASCII ファイルに変換
6. ASCII ファイルを${DIRH08}/map/org/GIS に置く
7. ${DIRH08}/map/pre/prep_GIS.sh を編集して実行

## 7.2 実行例

タイのチャオプラヤ川流域（経度：97~102, 緯度：13~20）を対象として空間解像度 5 分の流向ラスタデータと流域界ラスタデータを作成してみましょう．

### 1.　標高ラスタデータの用意

まず，対象領域の標高ラスタデータを用意しましょう．標高ラスタの作成方法は前節で説明しています．

### 2.　窪地の除去（サーフェスの平滑化）

水文解析ツールにあるサーフェスの平滑化ツールを利用して窪地を除去します[14]．このツールは Tarboton et al (1991) を参考にしています．ArcGIS では，あるセルの標高よりも周囲の全セルの標高が高い場合，そのセルは流向が定義されずに窪地となります．H08 では窪地のない流向ラスタを使用するので，窪地を除去する必要があります．

まず「解析」→「ツール」→「Spatial Analyst ツール」→「水文解析」→「サーフェスの平滑化（Fill)」を選択して下さい．入力サーフェスラスタの欄に対象領域の標高ラスタデータを入力します．出力サーフェスラスタの欄には任意で場所とファイル名を指定します．Z 制限はオプションで，平滑化される窪地と流出点間の最大標高差です．ここではデフォルト（最大標高差 0）のままにします．各項目を設定したら OK を押します．サーフェスの平滑化は反復処理であるため，処理に時間がかかる場合があります．処理が完了すると，結果はマップレイヤに新しいレイヤとして追加されます．（図 7-1）

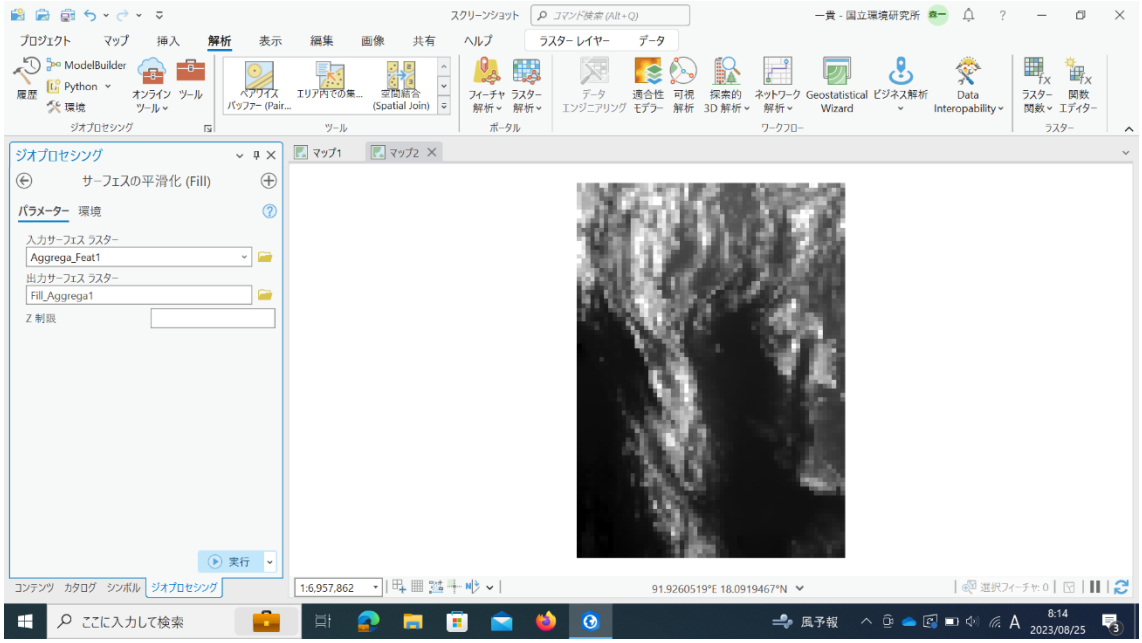



図 7-1

## 3.　流向ラスタの作成

水文解析ツールにある流行ラスタの作成ツールを利用して流向ラスタを作成します[15]．この

[14] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/009z00000050000000/
[15] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/009z00000052000000/

ツールは Greenlee (1987) および Jenson and Domingue (1988) を参考にしています．解析→ツール→Spatial Analyst ツール→水文解析→流向ラスタの作成（Flow Direction）を選択して下さい．入力サーフェスラスタには，先ほど作成した平滑化されたサーフェスラスタを与えます．出力流向ラスタは任意でファイルの場所とファイル名を与えます．チェックボックスにチェックをいれると，エッジ[16]にあるセルはそれぞれ外向きに流向ラスタが作成されます．出力降下率ラスタ（Output drop raster）（オプション）に任意でファイル名を与えると，流出方向のセルとの降下率［%］が出力されます．各項目を設定したら OK を押します．出力ラスタはマップレイヤに新しいレイヤとして追加されます．（図 7-2）

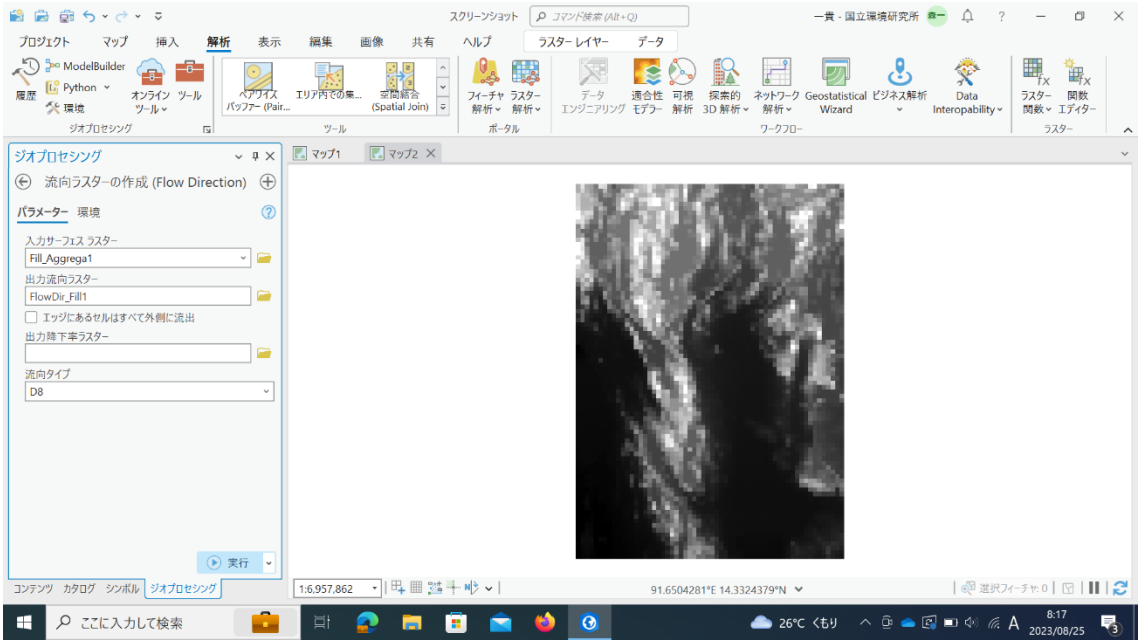



図 7-2

流向ラスタ作成の出力結果を図 7-3 に示します．図 7-3（a）はエッジオプションを有効にした結果で図 7-3（b）はエッジオプションを無効にした結果です．出力される流向ラスタの値は，右方向から時計回りに 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 となっています．図 7-3（c）は降下率ラスタの出力結果を示します．図 7-3（d）は窪地の除去を行わずに（サーフェースの平滑化前の標高ラスタデータの）流向ラスタデータを作成した場合の出力結果を示します．図 7-3（d）は窪地を除去していないので 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 以外の値の入った窪地セルが含まれています．

[16] エッジとはラスタデータの左右両端一列ずつと上下両端一列ずつのことを言います．

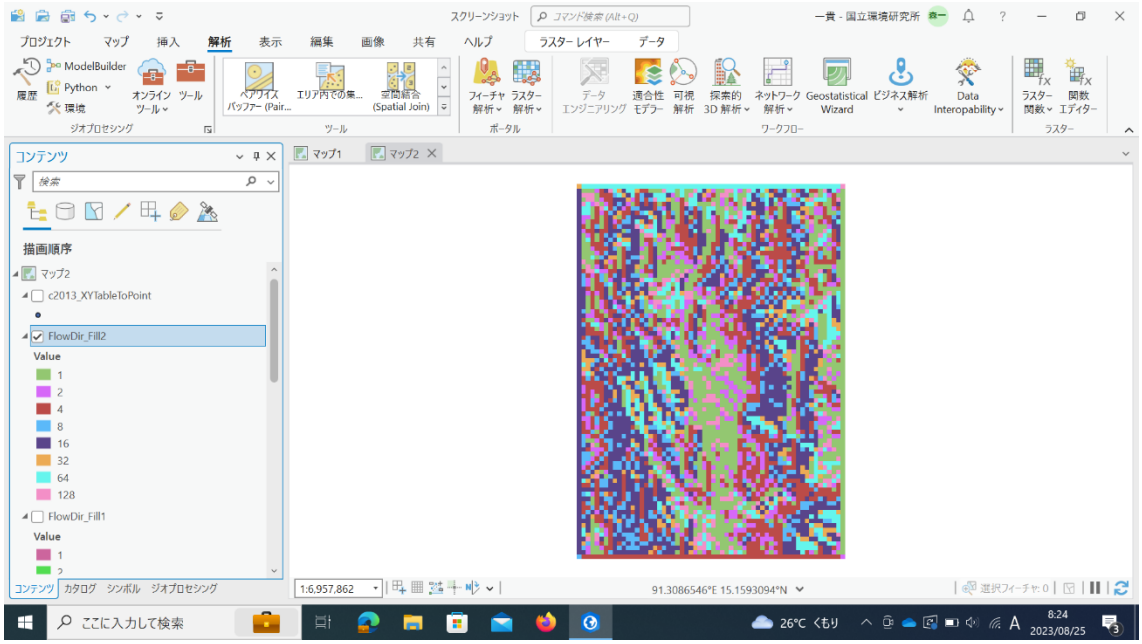



図 7-3(a) エッジオプション有効

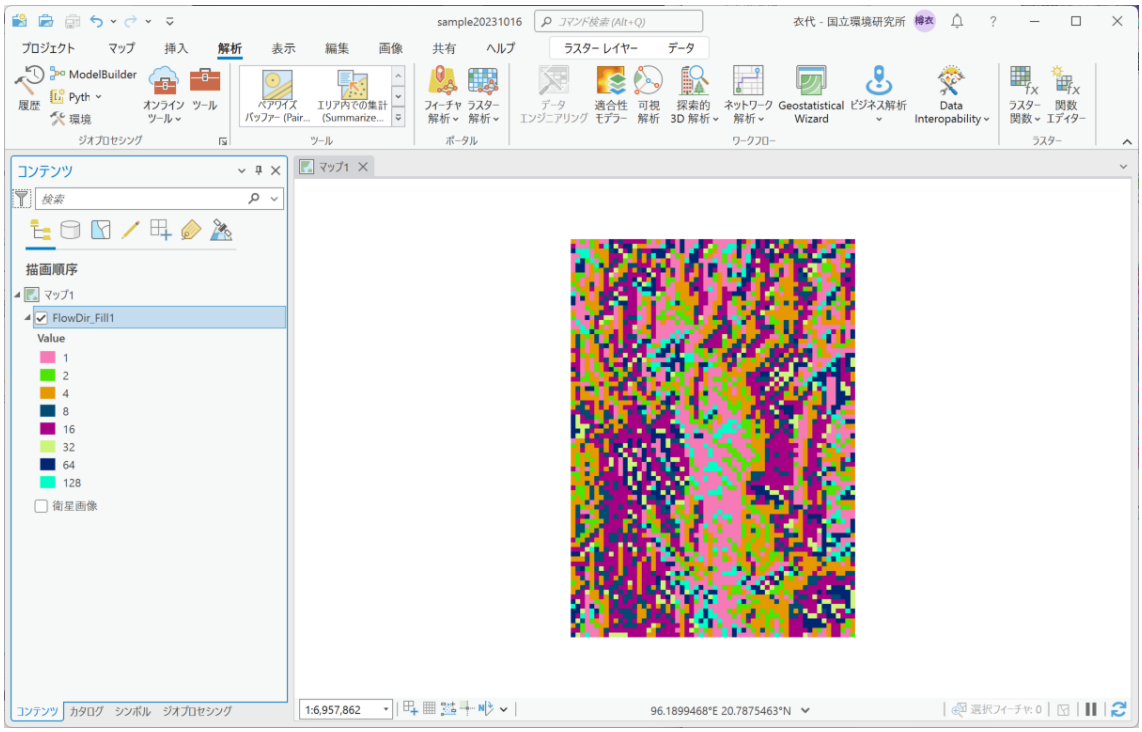



図 7-3(b) エッジオプション無効

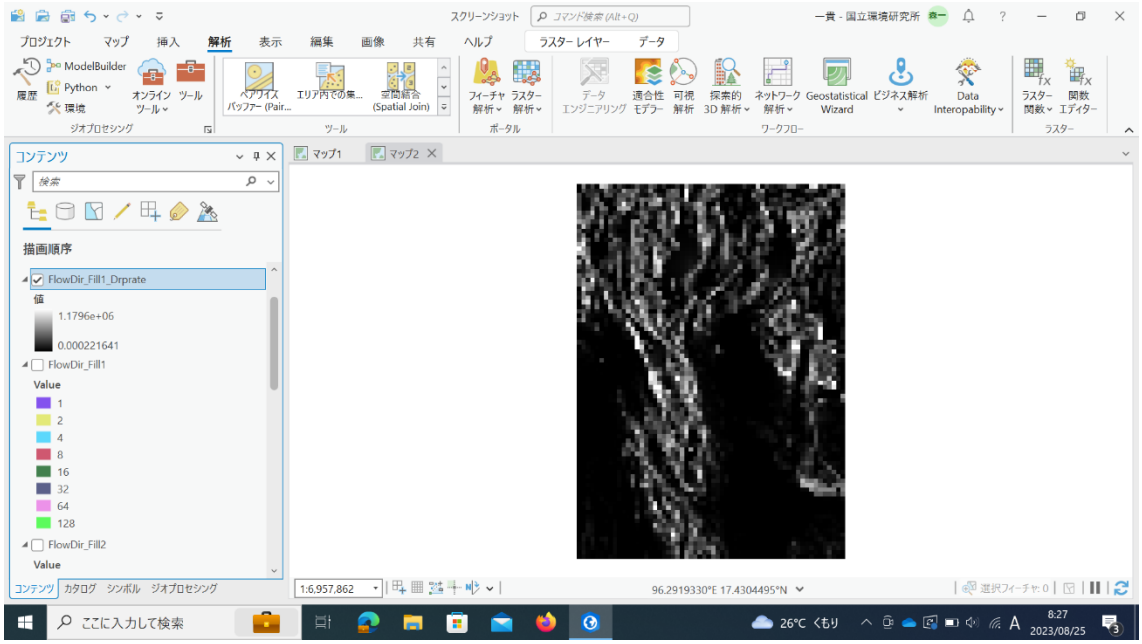



図 7-3(c) 降下率

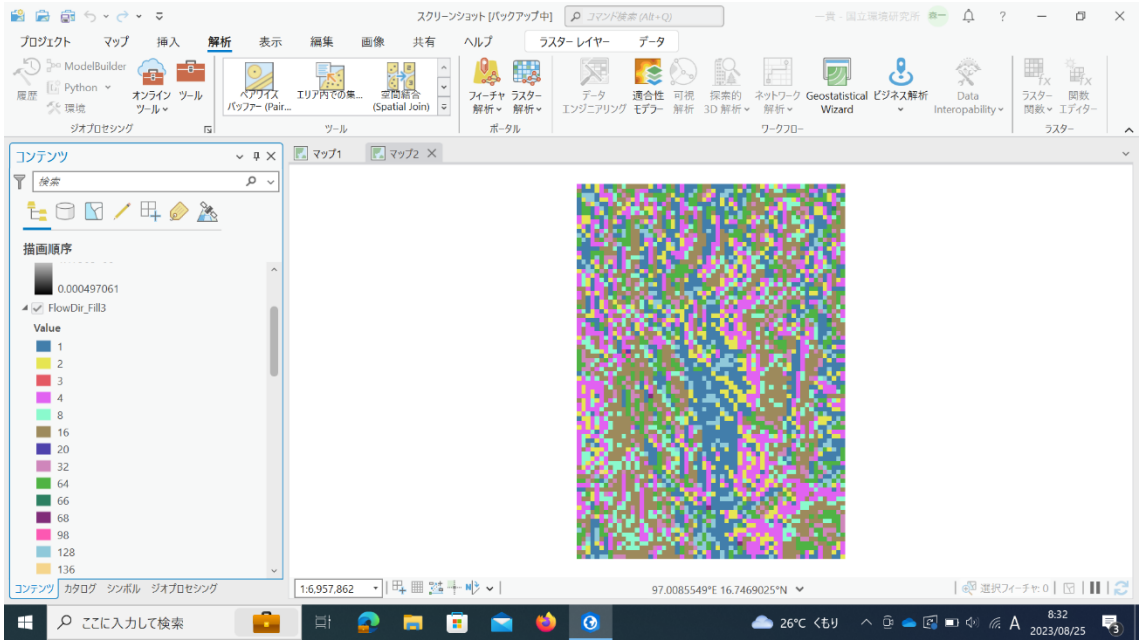



図 7-3(d) 窪地の除去をしなかった場合の流向ラスタ

## 4.　窪地の抽出（確認）

水文解析ツールにある窪地の抽出ツールを利用して窪地の位置を確認します[17]．このツールは Mark (1988) を参考にしています．

作成した流向ラスタデータに窪地が含まれないことを確認しましょう．「解析」→「ツール」→「Spatial Analyst ツール」→「水文解析」→「窪地の抽出（Sink）」を選択して下さい．入力流向ラスタには，先ほど作成した流向ラスタを与えます．出力ラスタには任意で出力ファイルの場所と名前を与えます．各項目の設定をしたら OK を押して下さい．出力結果はマップレイヤに新しいレイヤとして追加されます．（図 7-4）

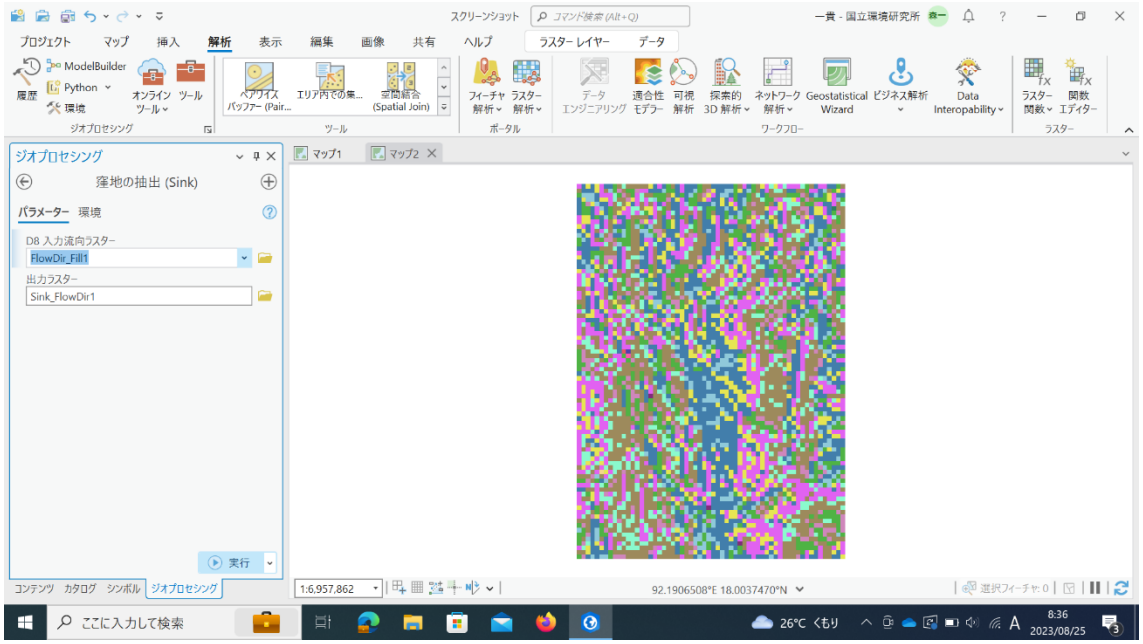



図 7-4

出力結果を図 7-5 に示します．図 7-5（a）は窪地除去された標高ラスタから作成された流向ラスタの窪地の抽出結果です．窪地処理されているので窪地は表示されません．図 7-5 (b) は窪地処理されていない標高ラスタから作成された流向ラスタの窪地の抽出結果です．窪地処理されていないので複数の窪地が確認できます．

[17] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/009z00000054000000/

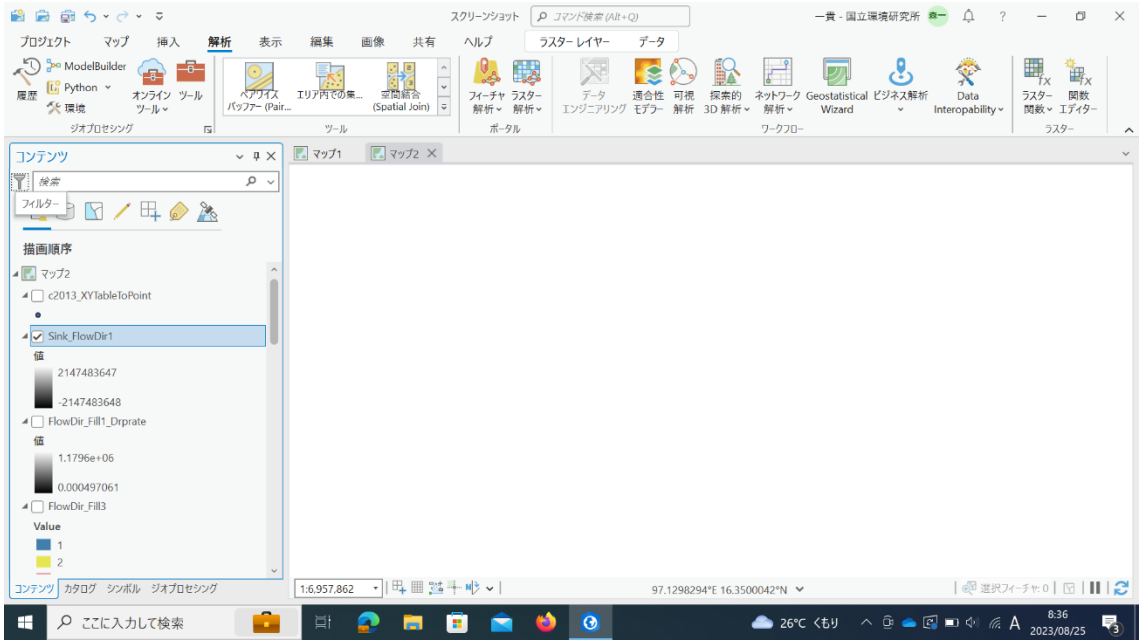

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
編集
画像
共有
ヘルプ
ラスター レイヤー
データ
コンテンツ
描画順序
マップ2
c2013_XYTableToPoint
Sink_FlowDir1
2147483647
-2147483648
FlowDir_Fill1_Drprate
1.1796e+06
0.000497061
FlowDir_Fill3
Value
1
2
1:6,957,862
97.1298294°E 16.3500042°N

図 7-5(a)

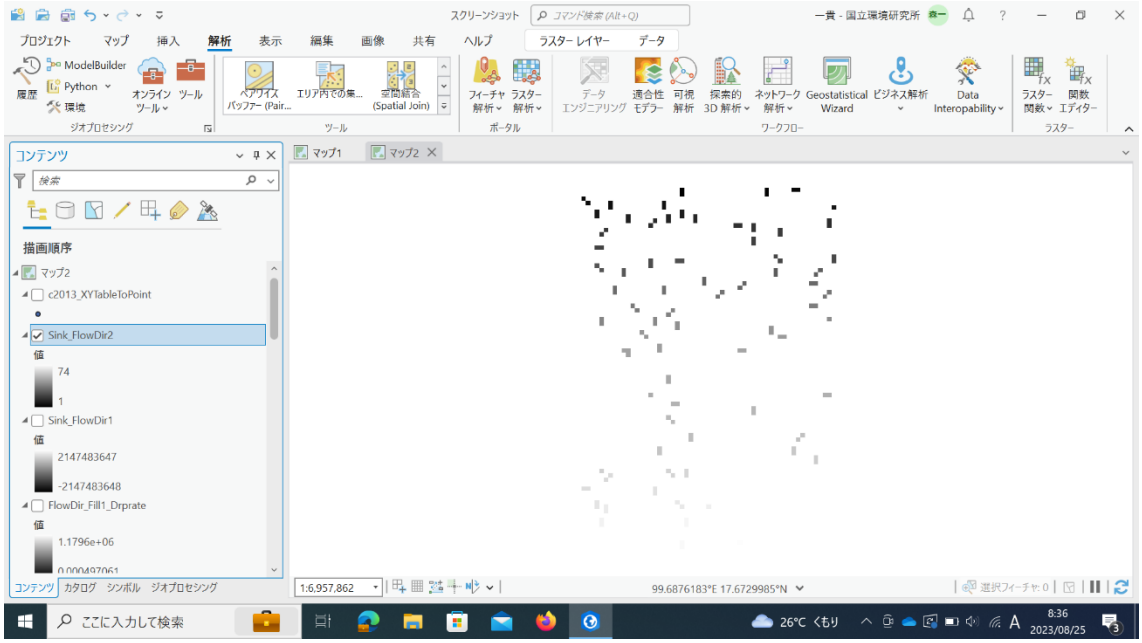

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
編集
画像
共有
ヘルプ
ラスター レイヤー
データ
コンテンツ
描画順序
マップ2
c2013_XYTableToPoint
Sink_FlowDir2
74
1
Sink_FlowDir1
2147483647
-2147483648
FlowDir_Fill1_Drprate
1.1796e+06
1:6,957,862
99.6876183°E 17.6729985°N

図 7-5(b)

## 5.　流域界ラスタデータの作成

水文解析ツールにある流域ラスタの作成ツールを利用して流域ラスタを作成します[18]．上記実行例で作成された流向ラスタデータから流域界ラスタデータを作成しましょう．「解析」→「ツール」→「Spatial Analyst ツール」→「水文解析」→「流域ラスタの作成（Basin）」を選択して下さい．入力流向ラスタには，上記実行例で作成された流向ラスタを与えます．出力ラスタは任意の場所とファイル名を与えます．各項目の設定をしたら OK を押して下さい．出力結果はマップレイヤに新しいレイヤとして追加されます．（図 7-6）

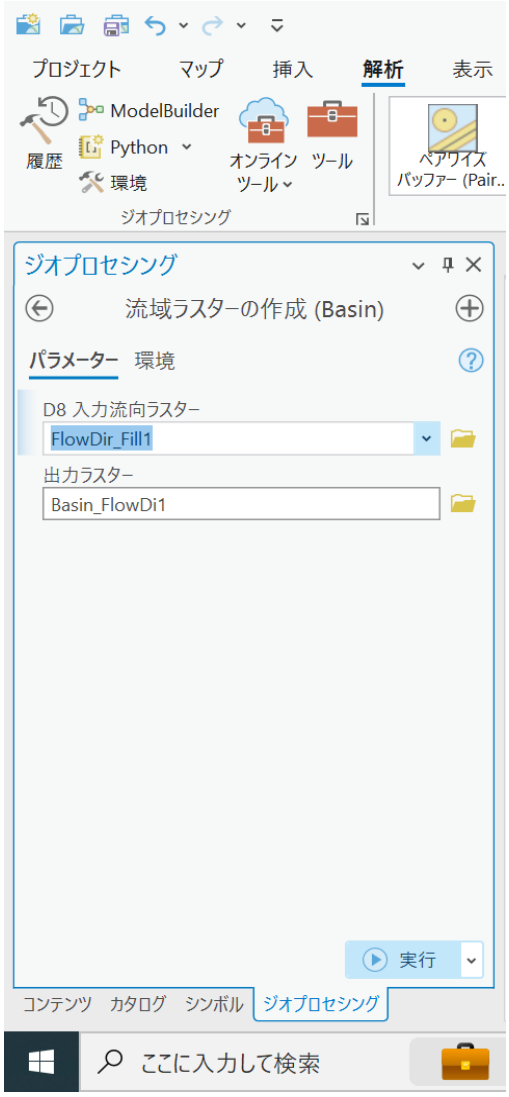



図 7-6

出力結果を図 7-7(a)に示します．流域ごとに任意の値が割り振られているのが分かります．

[18] https://resources.arcgis.com/ja/help/main/10.2/index.html#/na/009z0000004z000000/

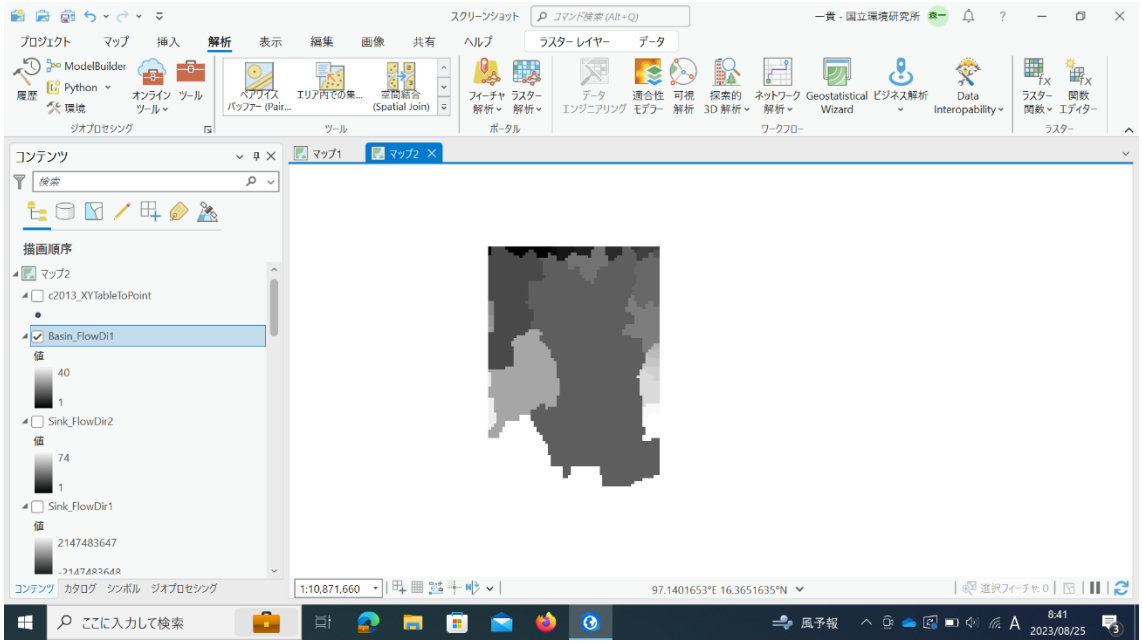



図 7-7(a)

---

ここで得られた流域ラスタの結果を考察してみましょう。

この実行例の対象はチャオプラヤ川なので，チャオプラヤ川の流域は図中で面積が最も広い部分になります．図 7-7（b）は図 7-7(a)のチャオプラヤ川流域を見やすくするために，該当する流域のみを抽出し，衛星画像と重ね合わせて表示したものです．

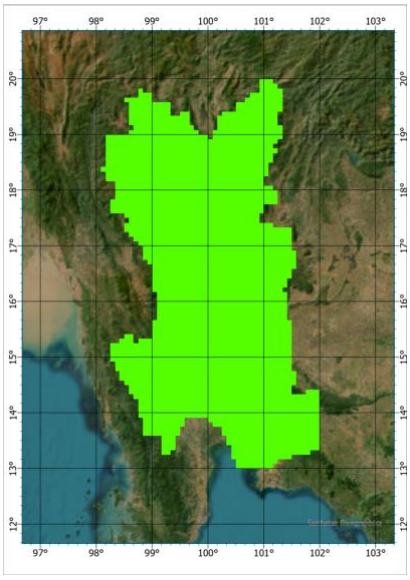



図 7-7(b)

図 7-7(b)をみると、チャオプラヤ川の河口近くの流域が大きく広がっていることが分かります．これは，実際の流域が河口に向かって狭くなっていく事実に矛盾しているように見えま

す.

実際に、図 7-8 で Hanasaki et al. (2013) で利用された同河川の流域界（K10S[19]）（図 7-8（b））と比較してみましょう．図 7-8(a)は，図 7-7(b)を図 7-8(b)と比較しやすくするために描画サイズをそろえ，背景画像を消したものです.
図 7-8(a)と図 7-8(b)を比較すると上流側では流域界がおおよそ合っていますが，図 7-8(a)の下流側では流域界が広くなり，K10S（図 7-8（b））とは大きく異なることが分かります．これは窪地の処理によってサーフェスを滑らかにしたことが原因であり，下流側になるほど実際の流域界とのずれが大きく生じます．ArcGIS Pro の水文解析ツールセットのヘルプにはこの問題の解決方法は明示されていません．しかし図 7-8(a)の流域ラスタデータをそのまま H08 による予測計算に使用しても，正しい予測結果を得ることは出来ないでしょう．やはり作成された流向＆流域データを何かしらの方法で修正する必要があります.

修正方法として，増冨（2007）では，Maidment (1996) によって提唱された Stream Burning 法や増冨が命名した Ridge Fencing 法によって流下方向を修正しているので，参考にして下さい．このとき増冨は ArcHydro という ESRI 社のソフトを利用しています.

筆者が K10S を作成したときは，縮尺が 55 万分の 1 のタイの地図にグリッド線を描いて次のことに注意しながら，両データを手で修正しました.

（a）流向を修正するときの注意点

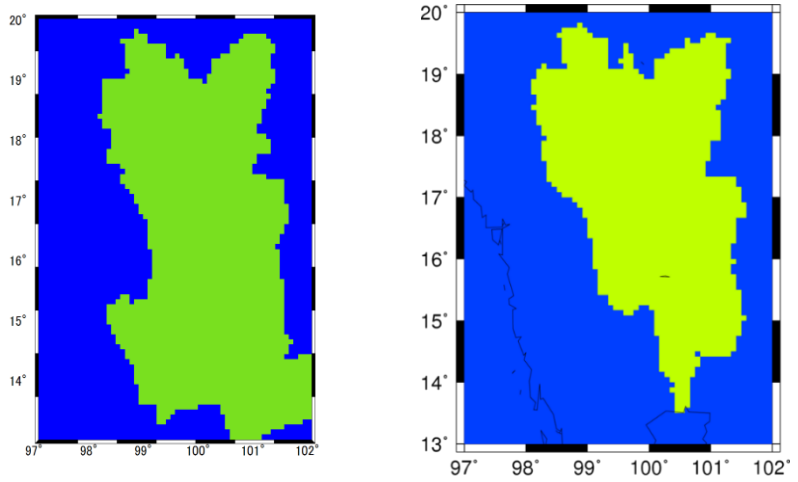
- 地図を見て主河道と判断できる河川を優先しました.
- 地図から河道が確認できないセルは各観測地点における実際の流域面積と比較して修正しました.

（b）流域界を修正するときの注意点

- 図 7-9 に示す③のグリッドのように，任意のセルに占める流域面積の割合が 40%未満と思われえるセルは流域面積外としました.
- 任意のグリッドに占める流域面積の割合が 40%以上のセルはそのまま残すか，付近のセルと補完しました．例えば，図 7-9 に示す⑥のグリッドは流域面積内，①と②のグリッドは④や⑤の位置で合流する場合は，補完されたとみなして，どちらか一方を流域面積としました．しかし，①と②が早期に合流しない場合は両方とも流域面積内としました.

以上，手間のかかる修正方法ですが，実測に近い流域界が得られます.

[19] この流向ラスタは，東京大学生産技術研究所の Cherry Mateo らによって作成された Chao Phraya 川流域の河道網マップ K10 をベースに筆者が作成した.




(a)この実行例におけるチャオプラヤ川流域　(b)K10S におけるチャオプラヤ川流域

図 7-8

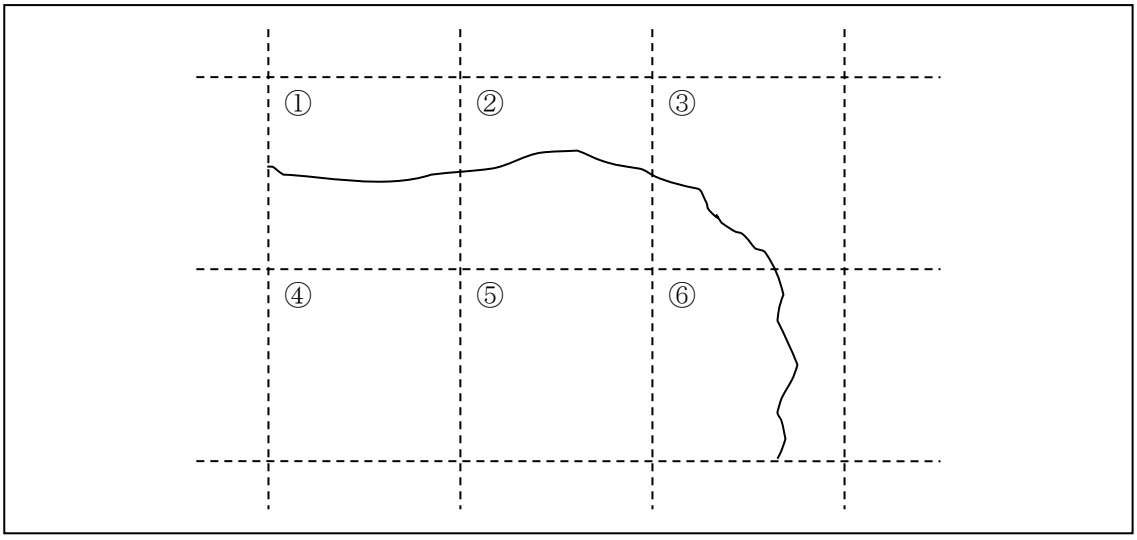



図 7-9　流域面積修正概念図

6.　ASCII ファイルに変換

以上の手順で作成された流向ラスタデータと流域界ラスタデータを ASCII ファイルに変換しましょう．変換方法は，本マニュアル第 3.3 節を参考にして下さい．

7.　Hformat2D(H08 用バイナリファイル)に変換

流向 ASCII ファイルと流域 ASCII ファイルを H08 で利用するために Hformat2D 形式バイナリファイルに変換しましょう．まず両ファイルを${DIRH08}/map/org/GIS に置いて下さい．次に ${DIRH08}/map/pre/prep_GIS.sh を編集して実行して下さい．出力結果は

${DIRH08}/map/dat/flw_dir_/と${DIRH08}/map/dat/lnd_msk_/にそれぞれ保存されます.

# 第 8 章

# 主題図の作成

第 8 章では，主題図の作成方法を説明します．主題図の作成には，本マニュアルの第 4 章から第 7 章までの知識を必要とします．

## 8.1 手順の概要

ArcGIS Pro を用いた主題図の作成の手順の概要を以下に示します．

1. 対象流域周辺の国の行政界，流向 shp ファイルを入手
2. 海陸ポリゴンの作成
3. 国境（行政界）ポリゴンの作成
4. 流域界ポリゴン，主河道ポリラインの作成
5. 位置情報ファイルの作成
6. 位置情報ファイルのインポート
7. レイヤの表示順序の変更
8. ポリゴン，ポリライン，ポイントの着色
9. 表示エリアの設定
10. 画像ファイルとして出力

## 8.2 実行例

タイのチャオプラヤ川流域を対象流域として，主題図を作成しましょう．

### 1. 対象流域周辺の国の行政界，流向 shp ファイルを入手

対象流域周辺の国の行政界，および流向 shp ファイルを入手して下さい[20]．

### 2. 海陸ポリゴンの作成

海陸ポリゴンを作成します．海陸ポリゴンは，行政界 shp ファイルから海陸ラスタを作成し，ラスタをポリゴンに変換します．海陸ラスタの作成方法は，本マニュアルの第 5 章を参照してください．ただし，ポリゴンからラスタに変換する際，出力ラスタのセルサイズを 0.08333333 度（≈5 分）ではなく，0.00833333 度（≈30 秒）と設定して下さい．（図 8-1）

[20] 本マニュアル Appendix A 参照

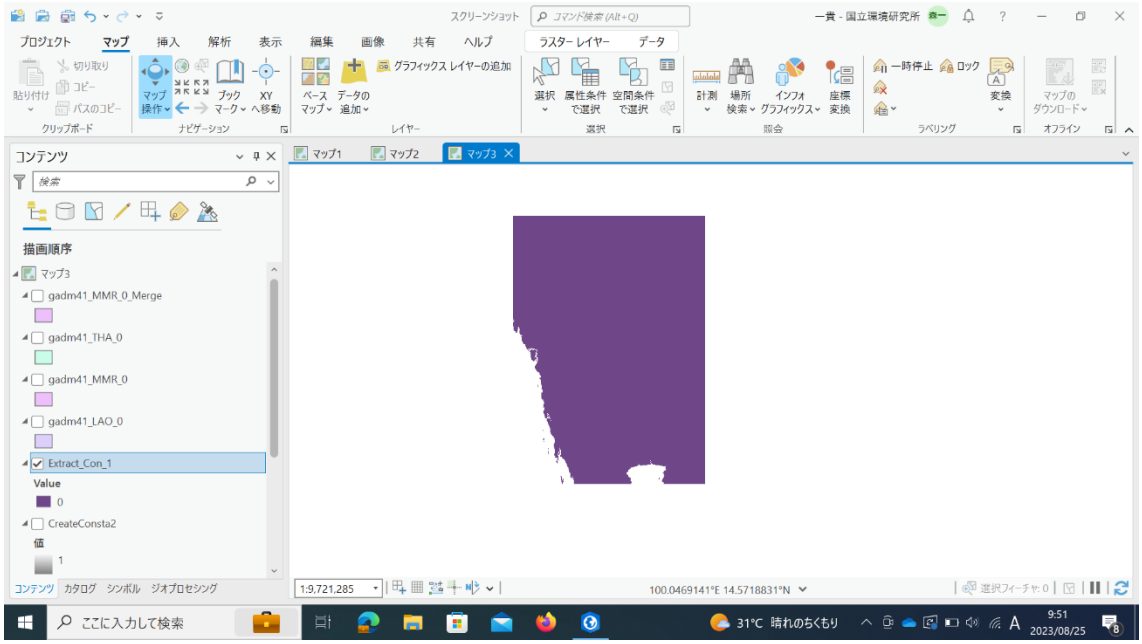



図 8-1

行政界ラスタを作成したら，ラスタをポリゴンに変換します．「解析」→「ツール」→**ツールボックスタブの「変換ツール」→「ラスターから変換」→「Raster** to **Polygon**」を選択して下さい．

入力ラスタには海陸ラスタを与えます．値フィールドは Value を選択します．出力ポリゴンの場所と名前は任意に設定します．（図 8-2）

図 8-2

## 3.　流域界ポリゴンの作成

流域界ポリゴンを作成します．流域界ポリゴンは，HydroSHEDS からダウンロードした流向 bil ファイルから作成します．まず流向 bil ファイルをインポートします（図 8-3）.図 8-4 のようにアナウンスがあるが OK を選択すると，図 8-5 のようになる。（この時，シンボルがストレッチになっているので，個別値になおしてもよい。）

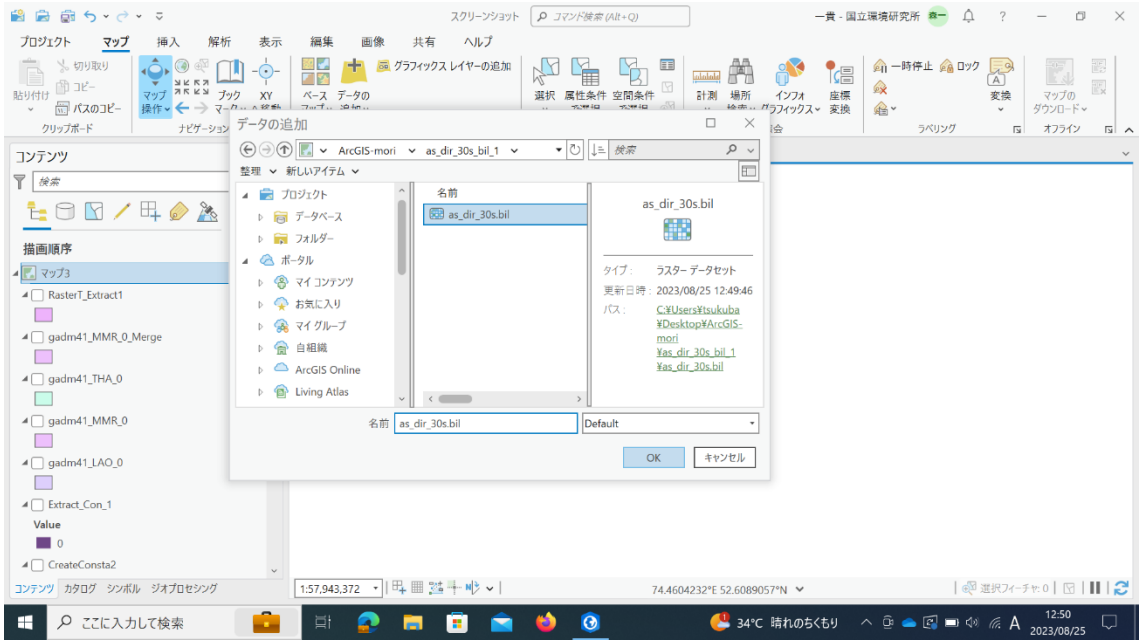

データの追加
ArcGIS-mori
as_dir_30s_bil_1
as_dir_30s.bil
タイプ：　ラスター データセット
更新日時：2023/08/25 12:49:46
パス：　C:¥Users¥tsukuba¥Desktop¥ArcGIS-mori¥as_dir_30s_bil_1¥as_dir_30s.bil
名前　as_dir_30s.bil
Default
OK
キャンセル

図 8-3

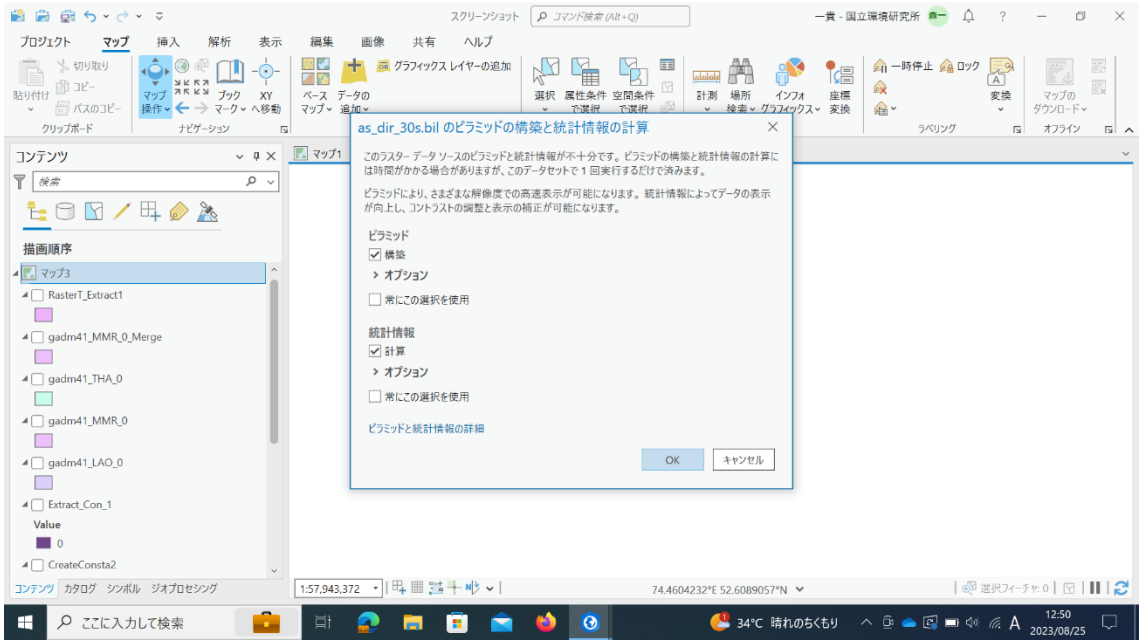

as_dir_30s.bil のピラミッドの構築と統計情報の計算
このラスター データ ソースのピラミッドと統計情報が不十分です。ピラミッドの構築と統計情報の計算には時間がかかる場合がありますが、このデータセットで 1 回実行するだけで済みます。
ピラミッドにより、さまざまな解像度での高速表示が可能になります。統計情報によってデータの表示が向上し、コントラストの調整と表示の補正が可能になります。
ピラミッド
構築
オプション
常にこの選択を使用
統計情報
計算
オプション
常にこの選択を使用
ピラミッドと統計情報の詳細
OK
キャンセル

図 8-4

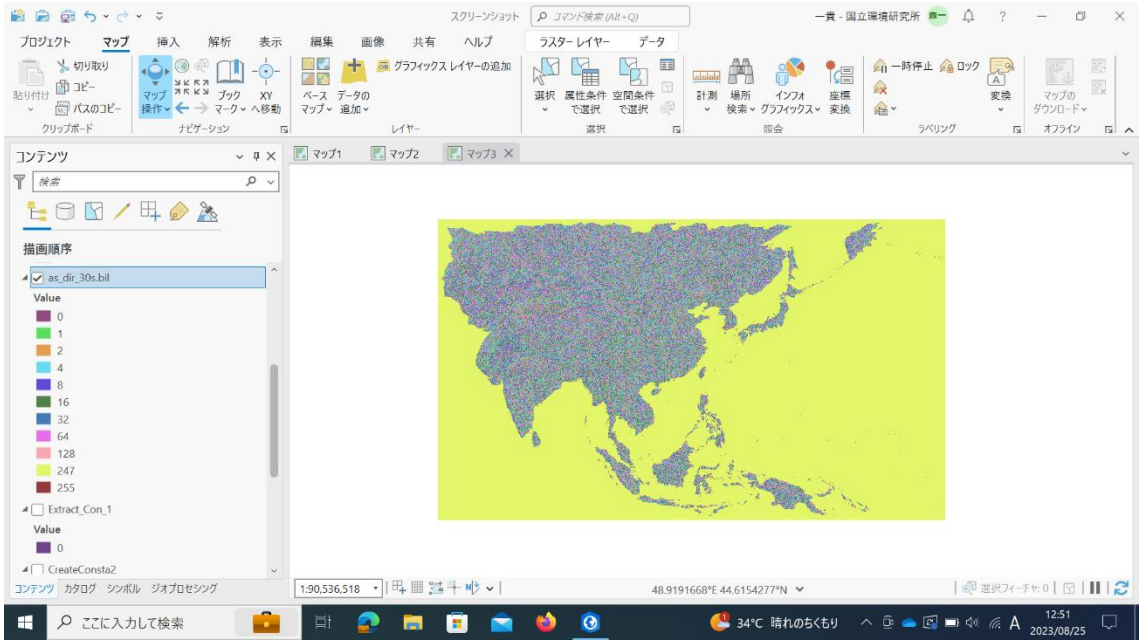



図 8-5

次に，流向 bil ファイルを任意の領域で抽出します．抽出の方法は本マニュアルの 3.4 節を参照して下さい．この実行例は，タイのチャオプラヤ川流域を対象としているので東経 97-102，北緯 13-20 の範囲でトリミングします．今回は 30 秒なので，出力セルサイズは 0.0083333333 となります。（図 8-6）

(注：mask とマップの解像度は統一させること）

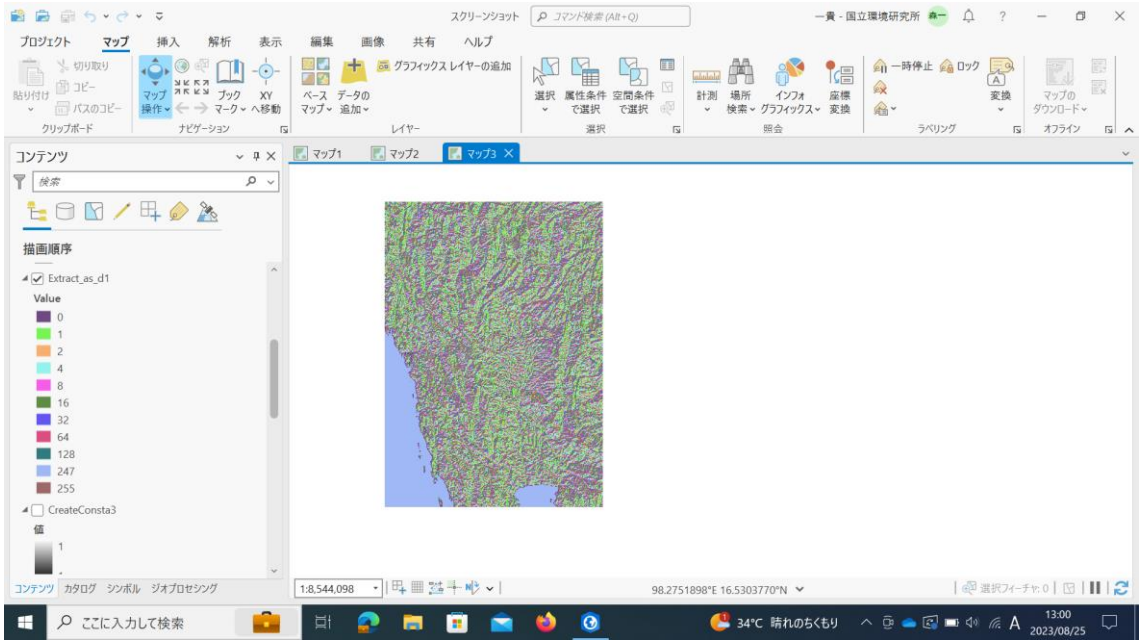



図 8-6

次に，流域界ラスタを作成します．流域界ラスタの作成方法は，本マニュアル第 7 章を参照して下さい．「解析」→「ツール」→「Spatial Analyst ツール」→「水文解析」→「流域ラスタの作成（Basin）」を選択します。入力流向ラスタには，上記で作成したラスタを入力します。（図 8-7,8-8）

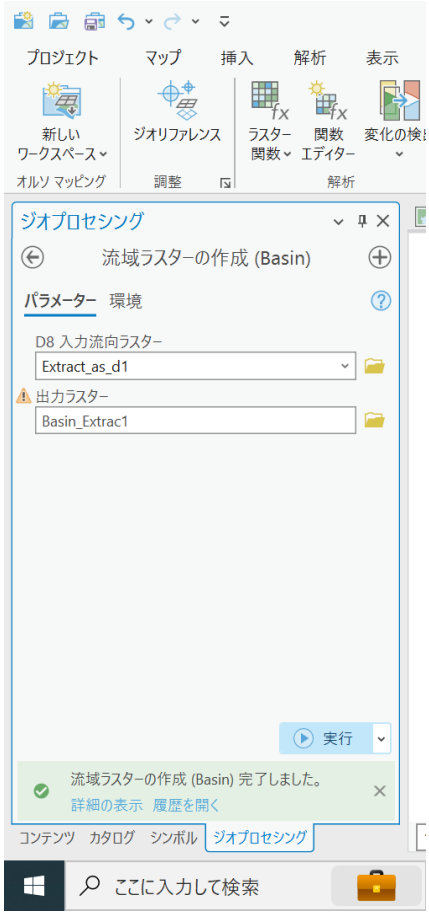

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
新しい ワークスペース
ジオリファレンス
ラスター 関数
関数 エディター
変化の検
オルソ マッピング
調整
解析
ジオプロセシング
流域ラスターの作成 (Basin)
パラメーター
環境
D8 入力流向ラスター
Extract_as_d1
出力ラスター
Basin_Extrac1
実行
流域ラスターの作成 (Basin) 完了しました。
詳細の表示
履歴を開く
コンテンツ
カタログ
シンボル
ジオプロセシング
ここに入力して検索

図 8-7

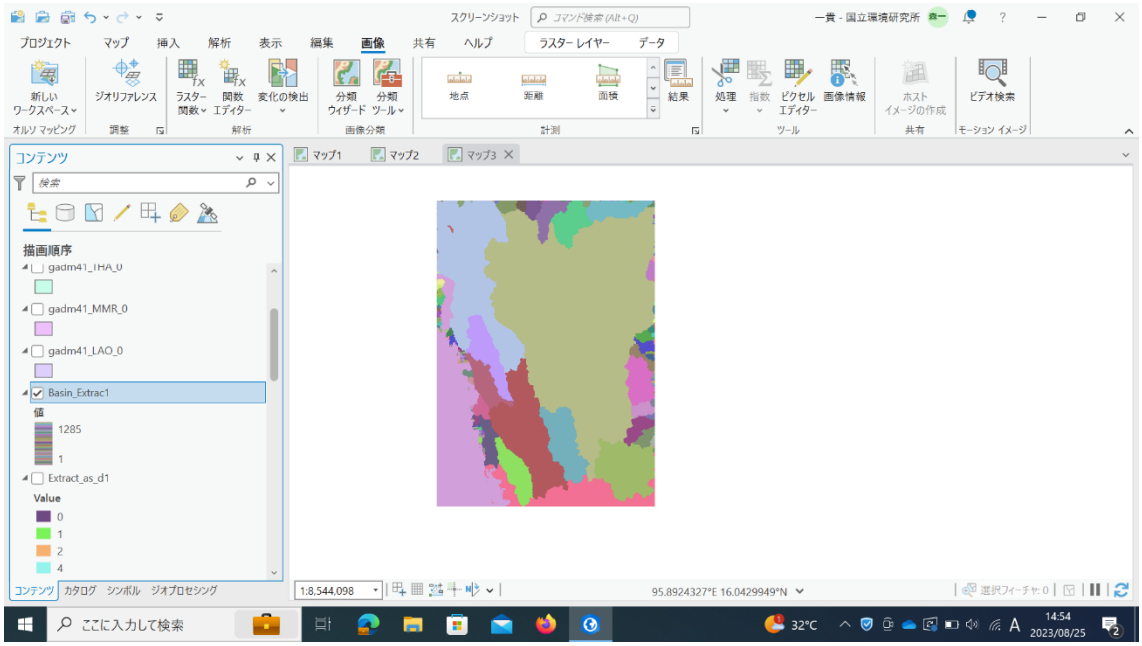

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
編集
画像
共有
ヘルプ
ラスター レイヤー
データ
コンテンツ
描画順序
gadm41_IHA_0
gadm41_MMR_0
gadm41_LAO_0
Basin_Extrac1
値
1285
1
Extract_as_d1
Value
0
1
2
4
マップ1
マップ2
マップ3
1:8,544,098
95.8924327°E 16.0429949°N
ここに入力して検索
32°C
14:54
2023/08/25

図 8-8

次に，流域界ラスタのうち，チャオプラヤ川流域のみ抽出します．「解析」→「ツール」→「Spatila Analyst ツール」→「条件」→「Set Null」を選択して下さい．

Set Null は，条件に適合するセルの値を NoData に置換します．入力ラスタには，流域界ラスタを与えます．チャオプラヤ川流域のセルには 220 が入っているので，条件式は”Value”<>220 とします．Input false raster には入力ラスタ同様，流域界ラスタを与えます．出力ラスタの場所とファイル名は任意で与えます．（図 8-9,8-10）

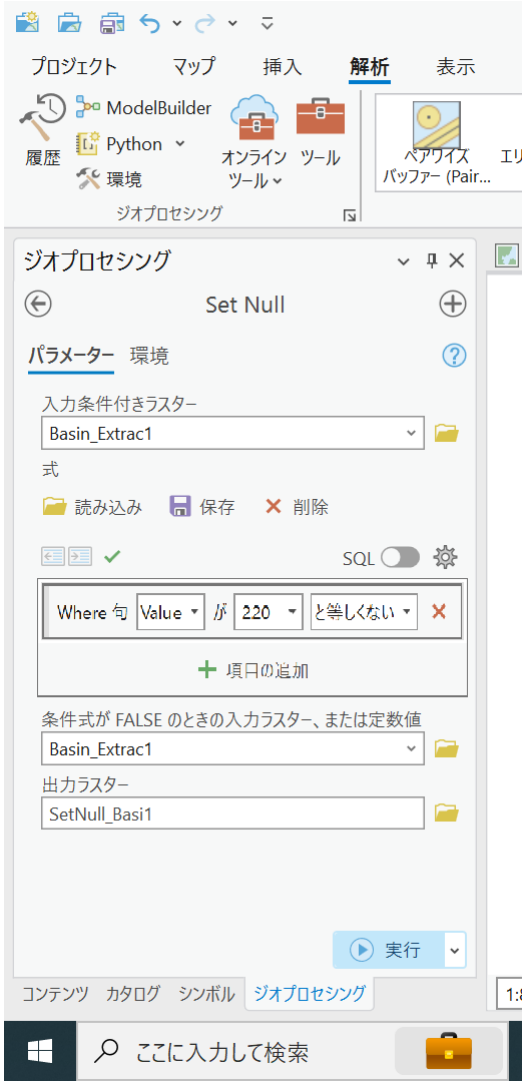

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
履歴
ModelBuilder
Python
環境
オンライン ツール
ツール
ペアワイズ バッファー (Pair...
ジオプロセシング
ジオプロセシング
Set Null
パラメーター
環境
入力条件付きラスター
Basin_Extrac1
式
読み込み
保存
削除
SQL
Where 句
Value
が
220
と等しくない
項目の追加
条件式が FALSE のときの入力ラスター、または定数値
Basin_Extrac1
出力ラスター
SetNull_Basi1
実行
コンテンツ
カタログ
シンボル
ジオプロセシング
ここに入力して検索

図 8-9

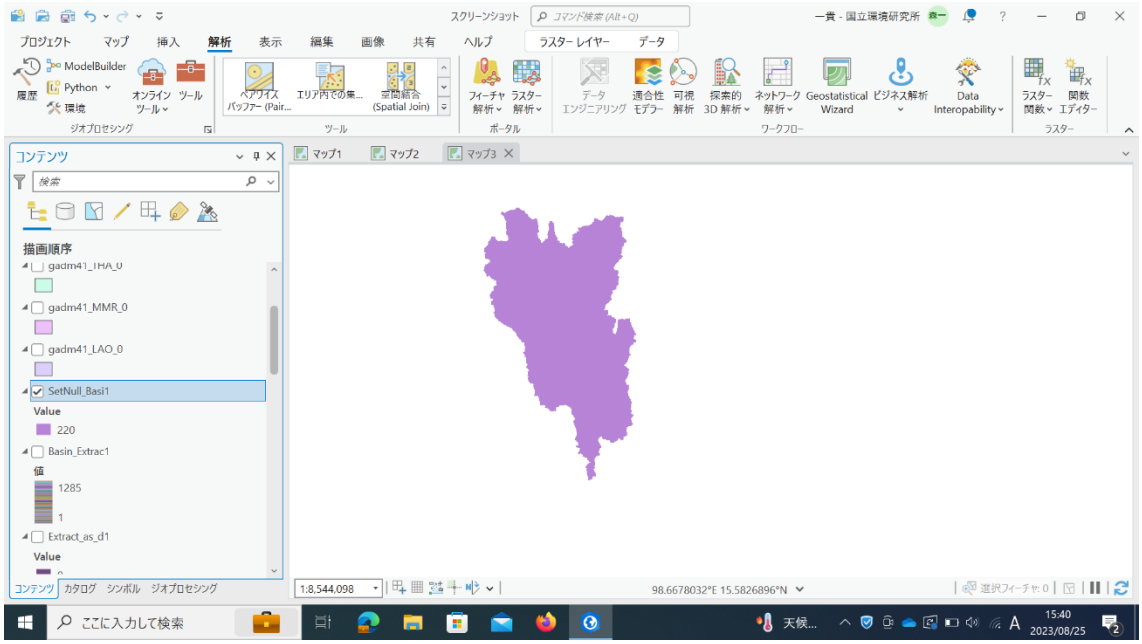



図 8-10

最後に，流域界ラスタをポリゴンに変換します．ラスタからポリゴンへの変換方法は，本マニュアル第 3 章基本操作を参照して下さい．「解析」→「ツール」→**ツールボックスタブの「変換ツール」→「ラスターから変換」→「Raster to Polygon」**を選択してください。入力ラスタには，上記で作成したものを入力します。（図 8-11）

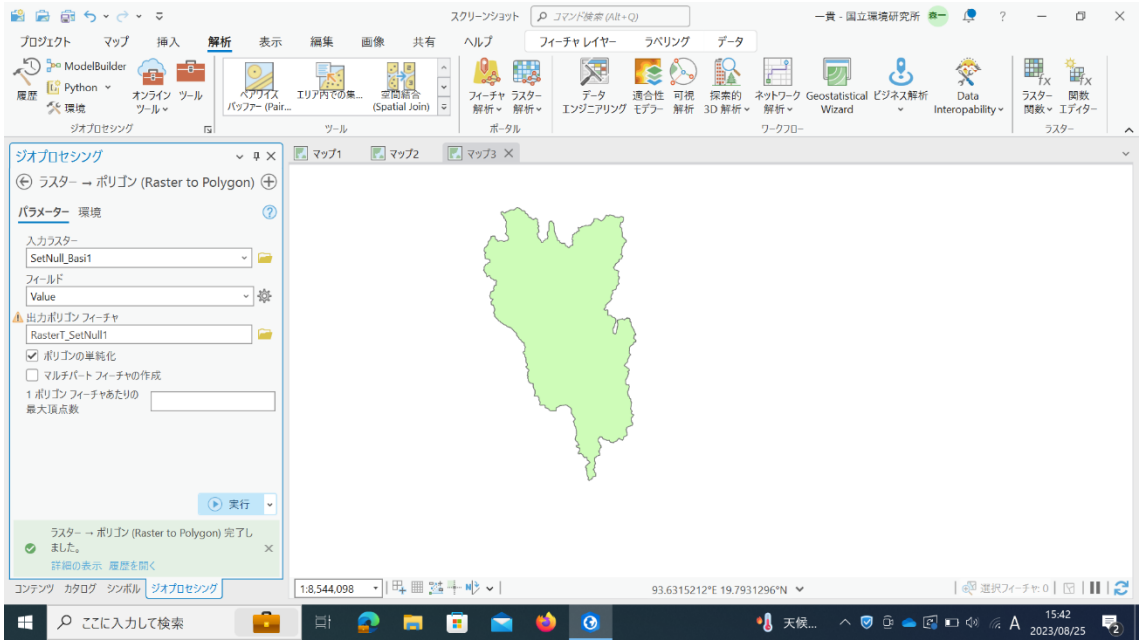



図 8-11

## 4.　主河道ポリラインの作成

主河道ポリラインを作成します．主河道ポリラインは，流域界ポリゴンと同様に HydroSHEDS からダウンロードした流向 bil ファイルから作成します．手順 3 流域界ポリゴンの作成と同様に，流向 bil ファイルをインポートし，対象範囲にリサイズして下さい．次に，Flow Accumulation ラスタ（水源を 0 として河口まで順に番号を振ったもの）を作成します．「解析」→「ツール」→ツールボックスタブの「Spatial Analyst ツール」→「水文解析」→「累積流量ラスタの作成（Flow Accumulation）」を選択して下さい．

入力流向ラスタには，リサイズしたものを与えます．出力ラスタには任意の場所とファイル名を与えます．出力データタイプは INTEGER を選択します（図 8-12）．

真っ黒の長方形が出力されると思われるが（図 8-13），プライマリシンボルでストレッチタイプを割合クリップから標準偏差に変更すると図 8-14 のようになる。

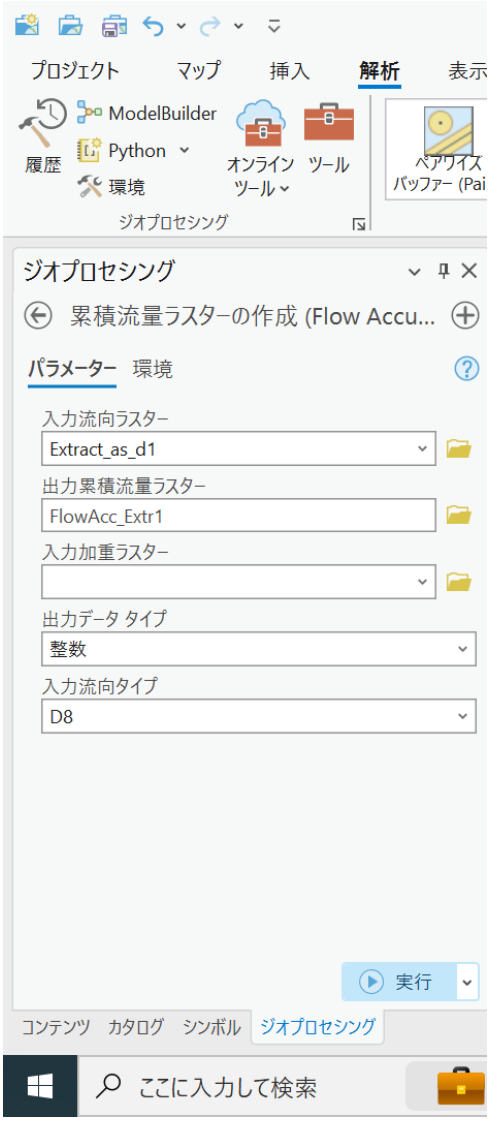

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
履歴
ModelBuilder
Python
環境
オンライン ツール
ツール
ペアワイズ バッファー (Pai
ジオプロセシング
ジオプロセシング
累積流量ラスターの作成 (Flow Accu...
パラメーター
環境
入力流向ラスター
Extract_as_d1
出力累積流量ラスター
FlowAcc_Extr1
入力加重ラスター
出力データ タイプ
整数
入力流向タイプ
D8
実行
コンテンツ
カタログ
シンボル
ジオプロセシング
ここに入力して検索

図 8-12

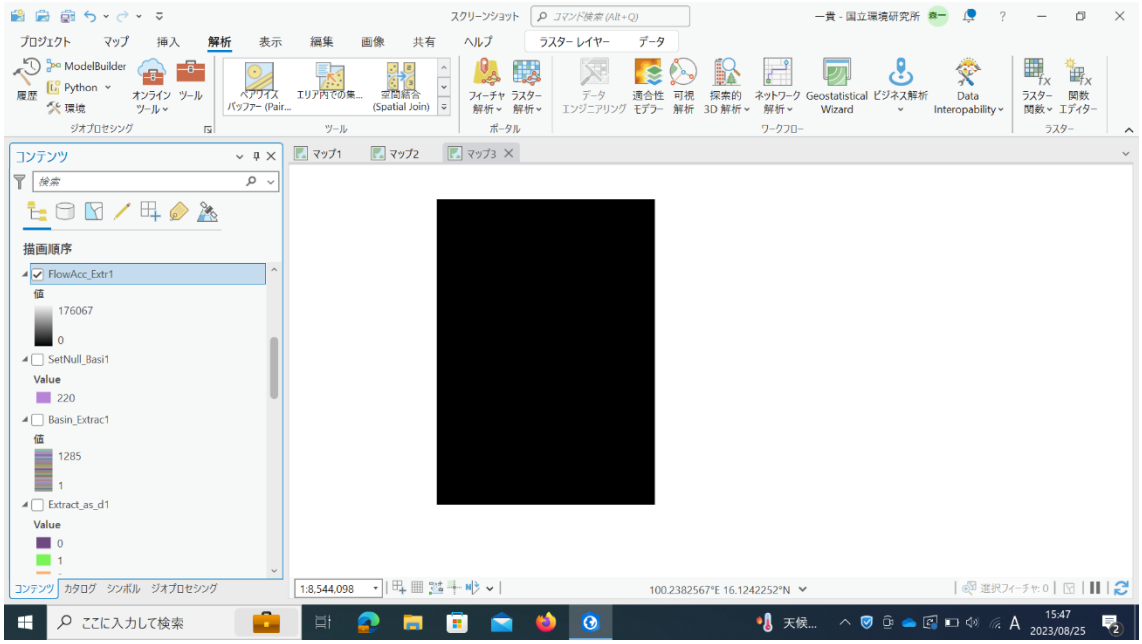



図 8-13

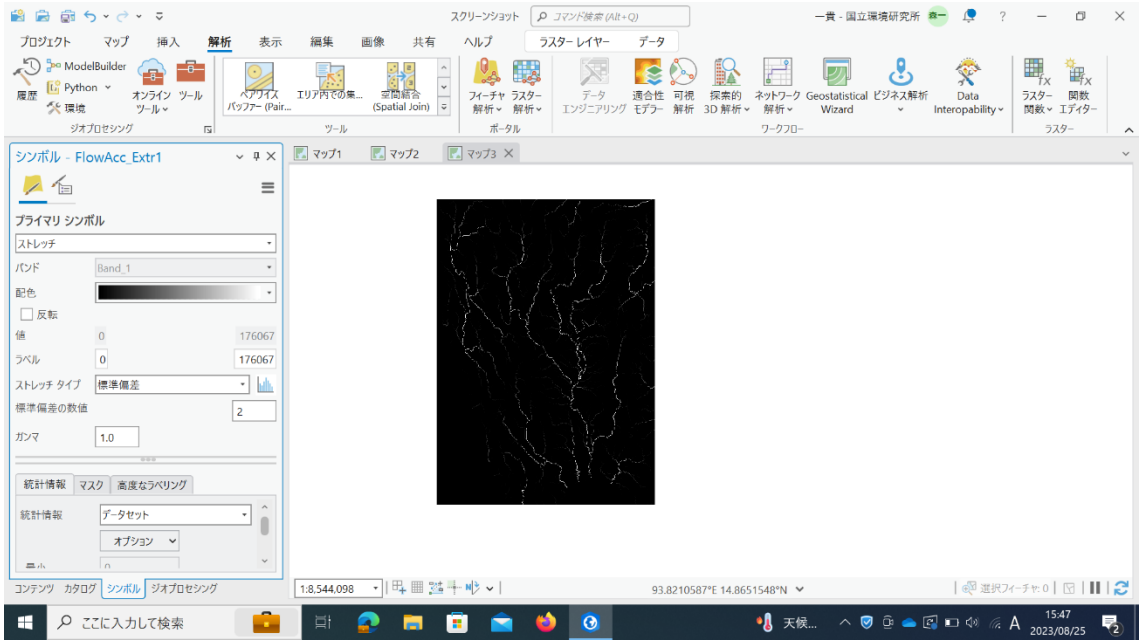



図 8-14

次に河川次数ラスタを作成します．「解析」→「ツール」→ツールボックスタブの「Spatial Analyst ツール」→「水文解析」→「河川次数ラスタの作成（Stream Order）」を選択して下さい．

入力河川ラスタには，先ほど作成した Flow Accumulation ラスタを与えます．入力流向ラスタには，リサイズした流向ラスタを与えます．出力ラスタの場所とファイル名は任意に与えます．河川次数ラスタの作成方法のオプションは STRAHLER と SHREVE がありますが，STRAHLER を選択します．（図 8-15,8-16）

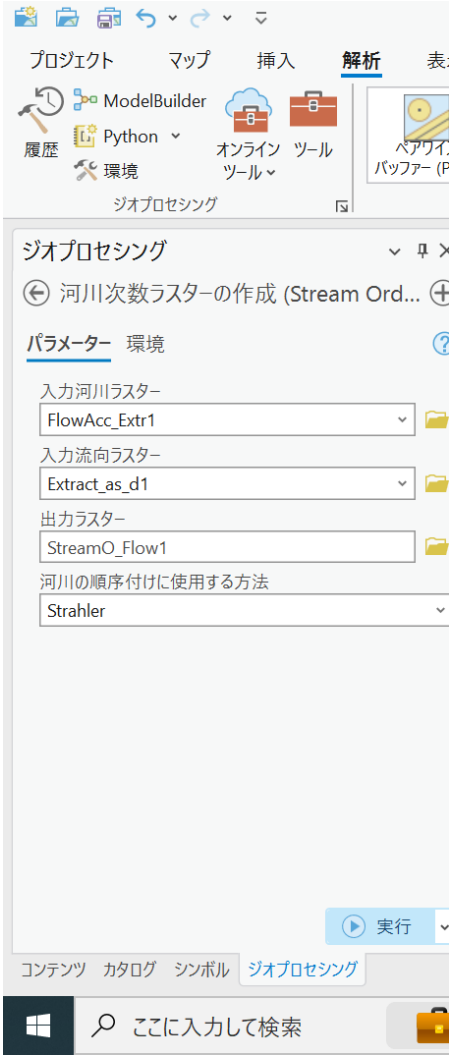

プロジェクト
マップ
挿入
解析
履歴
ModelBuilder
Python
環境
オンライン ツール
ツール
ジオプロセシング
ジオプロセシング
河川次数ラスターの作成 (Stream Ord...
パラメーター
環境
入力河川ラスター
FlowAcc_Extr1
入力流向ラスター
Extract_as_d1
出力ラスター
StreamO_Flow1
河川の順序付けに使用する方法
Strahler
実行
コンテンツ
カタログ
シンボル
ジオプロセシング
ここに入力して検索

図 8-15

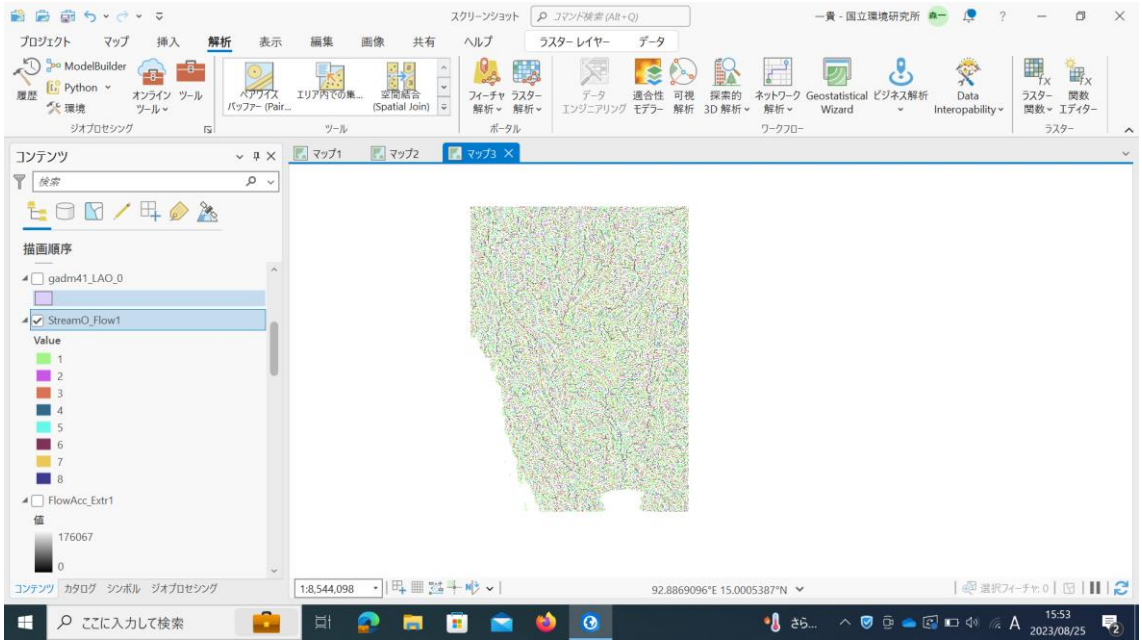



図 8-16

出力される河川次数ラスタは，全ての次数に着色がしてあって見にくいのでシンボルの着色を変更しましょう．河川次数が 6 以上のみ着色すると見やすいでしょう．（図 8-17）

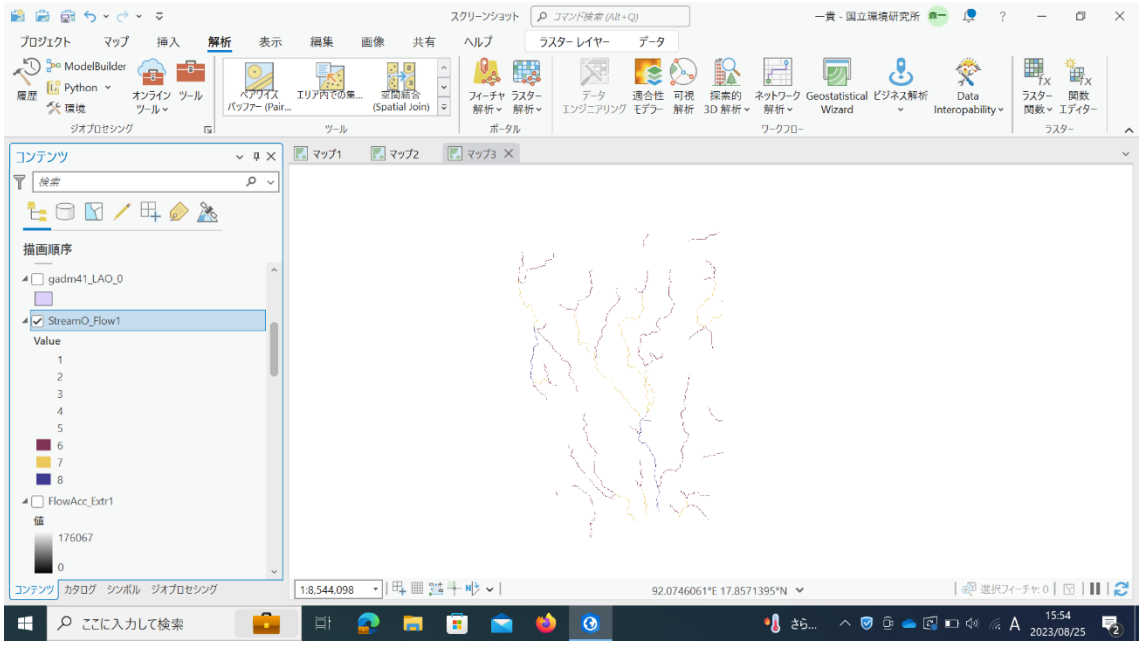



図 8-17

次に，対象流域外のセルの値と河川次数が 6 未満のセルの値を NoData に置換しましょう．「解析」→「ツール」→「Spatila Analyst ツール」→「条件」→「Set Null」を選択して下さい．入力ラスタには，河川次数ラスタを与えます．条件式は”Value”<6 とします．Input false ラスタには流域界ラスタを与えます．（図 8-18,8-19）

図 8-18

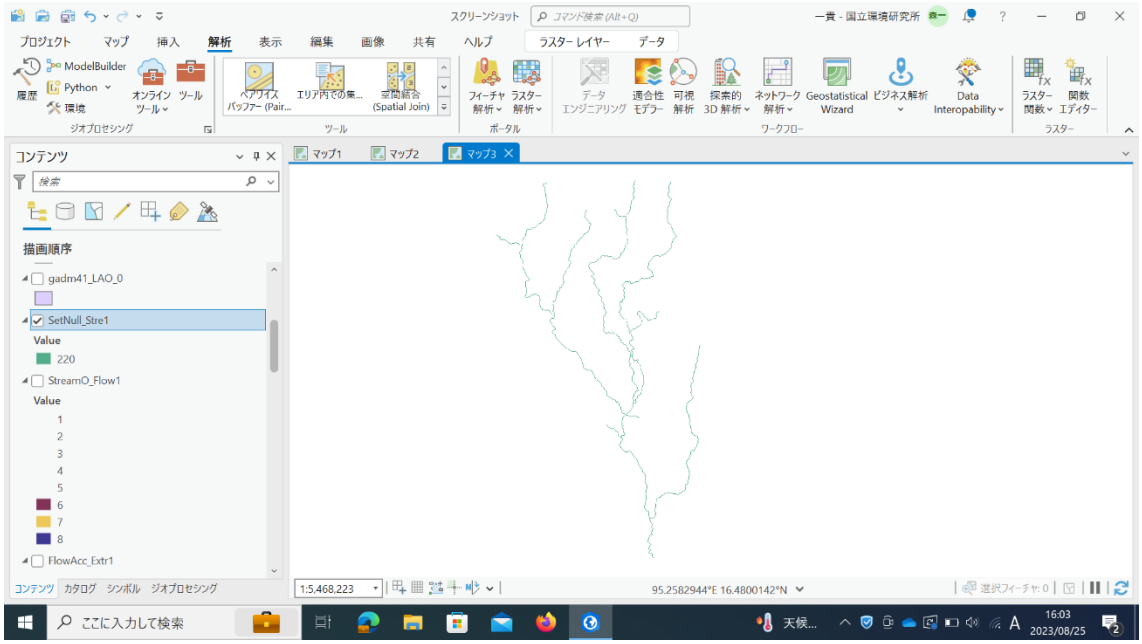



図 8-19

最後に，上記のラスタをポリラインに変換しましょう．「解析→」「ツール」→**ツールボックスタブの「変換ツール」→「ラスターから変換」→「Raster to Polyline」**を選択してください。入力ラスタには，上記で作成したものを入力します。背景値は，NoData でもゼロでもよいと思われます。（図 8-20,8-21）

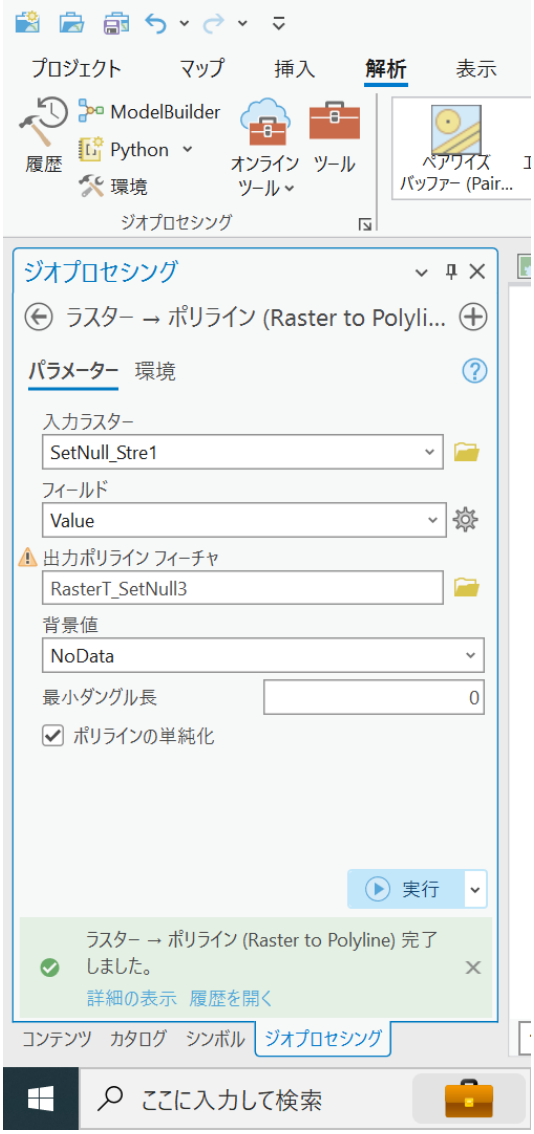

プロジェクト
マップ
挿入
解析
表示
履歴
ModelBuilder
Python
環境
オンライン ツール
ツール
ペアワイズ バッファー (Pair...
ジオプロセシング
ジオプロセシング
ラスター → ポリライン (Raster to Polyli...
パラメーター
環境
入力ラスター
SetNull_Stre1
フィールド
Value
出力ポリライン フィーチャ
RasterT_SetNull3
背景値
NoData
最小ダングル長
0
ポリラインの単純化
実行
ラスター → ポリライン (Raster to Polyline) 完了しました。
詳細の表示
履歴を開く
コンテンツ
カタログ
シンボル
ジオプロセシング
ここに入力して検索

図 8-20

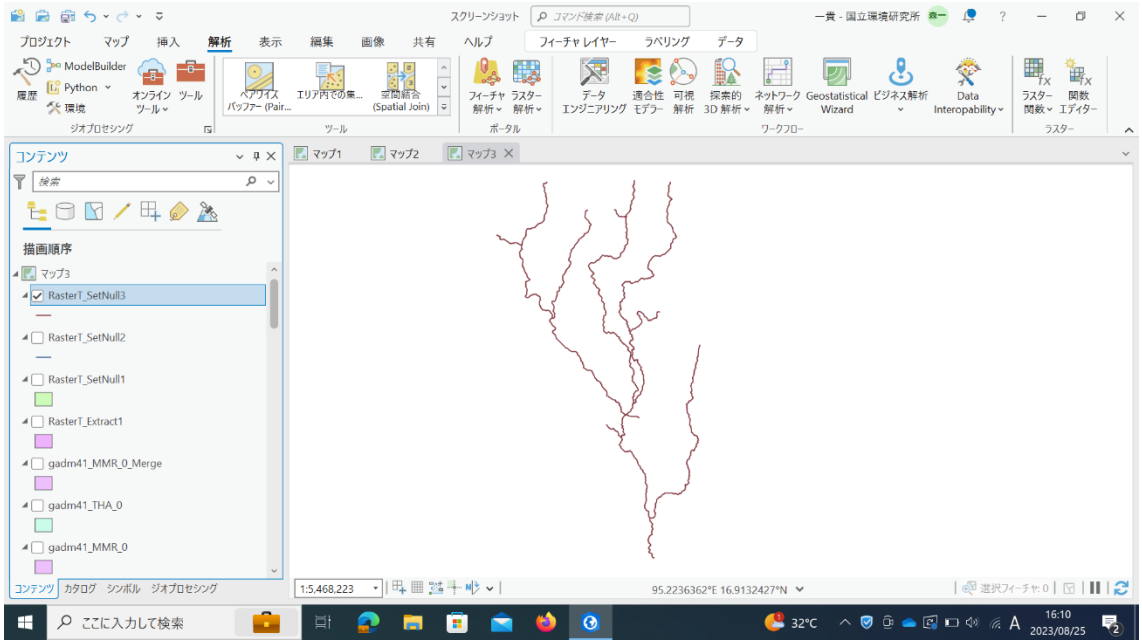



図 8-21

## 5.　位置情報ファイルの作成

ダムや河川流量観測地点などの位置情報のファイルを作成しましょう．位置情報のファイルは，経度・緯度・値を必要とし，最初の行はそれぞれのヘッダ情報を示します．位置情報の種類ごとに Excel シート(xls, .xlsx どちらも可)を管理すると便利でしょう．

この実行例では，表 8-1 と表 8-2 がそれぞれ示す河川流量観測点とダムの位置情報をシート station とシート dam に記入し，ファイル名を obs_list.xlsx として Microsoft Excel ワークシート形式で保存しましょう．位置情報は，Google Map で対象地点を検索し，右クリックで緯度経度の情報を得ることができます。

表 8-1　河川流量観測点の位置情報

| LON | LAT | No | NAME |
|---|---|---|---|
| 100.11 | 15.67 | 1 | Nakhon_Sawan |
| 100.5116 | 13.72704 | 2 | Bangkok |
| 100.5497 | 14.19103 | 3 | Ayutthaya |
| 98.98444 | 18.79028 | 4 | Chiang_Mai |
| 99.79 | 17.43 | 5 | Si_Satchanalai |

表 8-2　ダムの位置情報

| LON | LAT | No | NAME |
|---|---|---|---|
| 99.02 | 17.25 | 1 | Bhumibol_Dam |
| 100.55 | 17.77 | 2 | Sirikit_Dam |

## 6.　位置情報ファイルのインポート

位置情報ファイルを ArcGIS Pro にインポートしましょう．データの追加から先ほど作成した位置情報ファイル（obs_list.xls）を選択して下さい．station シートと dam シートをそれぞれマップにインポートしたらコンテンツウインドウの中でそのファイルを右クリックし，XY データの表示を選択して下さい．その後，プロパティからシンボルの色や形を編集しましょう．図 8-22 のような主題図が作成できましたか．

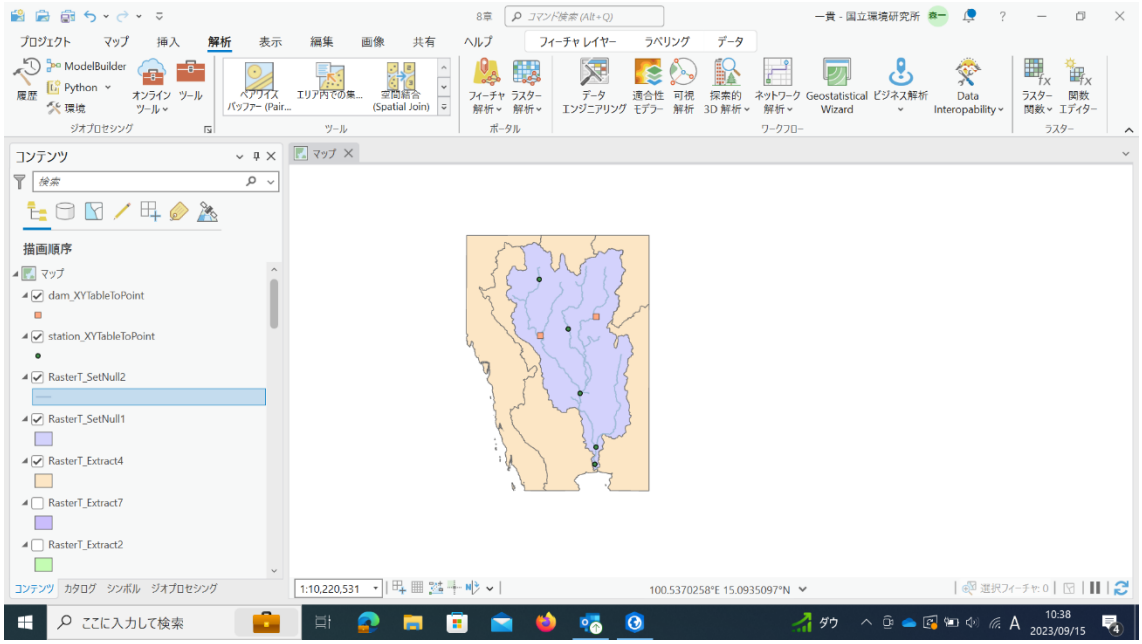
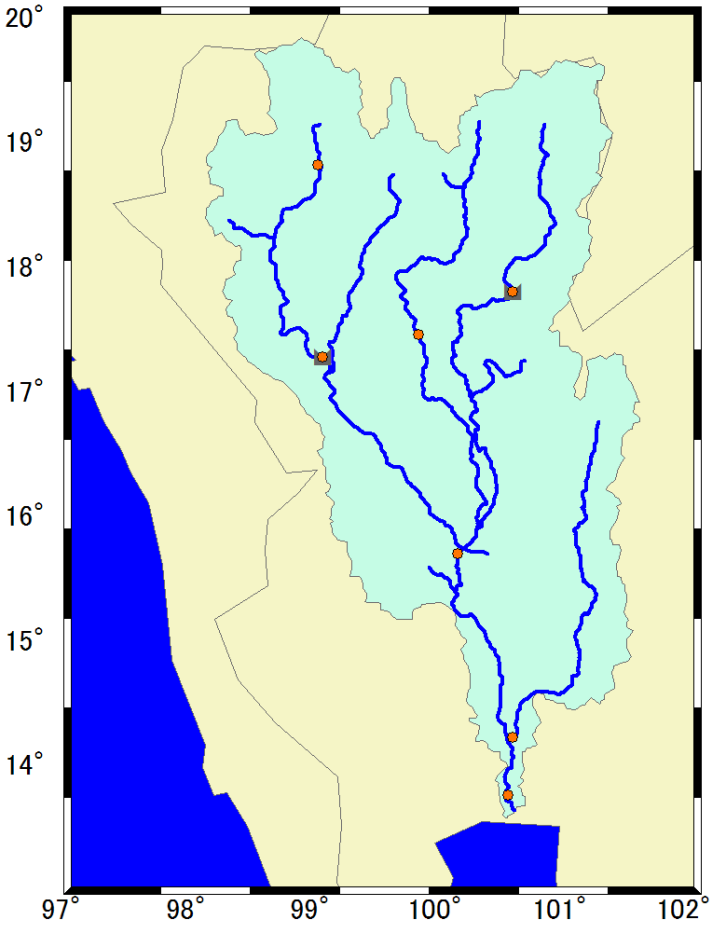



図 8-22


20°
19°
18°
17°
16°
15°
14°
97°
98°
99°
100°
101°
102°

# Appendix A
# データの取得方法

この章では，本マニュアルで利用するデータの取得方法を説明します．本マニュアルは，行政界 shp ファイル，標高データ，高解像度流向ラスタおよび貯水池データを利用します．

## A.1 行政界データの取得方法（from GADM）

行政界データは，GADM から shp ファイルを取得します．以下にその手順を示します．

GADM database of Global Administrative Areas の HP[21]にアクセスし，DATA をクリックしてください。（図 A-1）次に上部の country をクリックして下さい．（図 A-2）

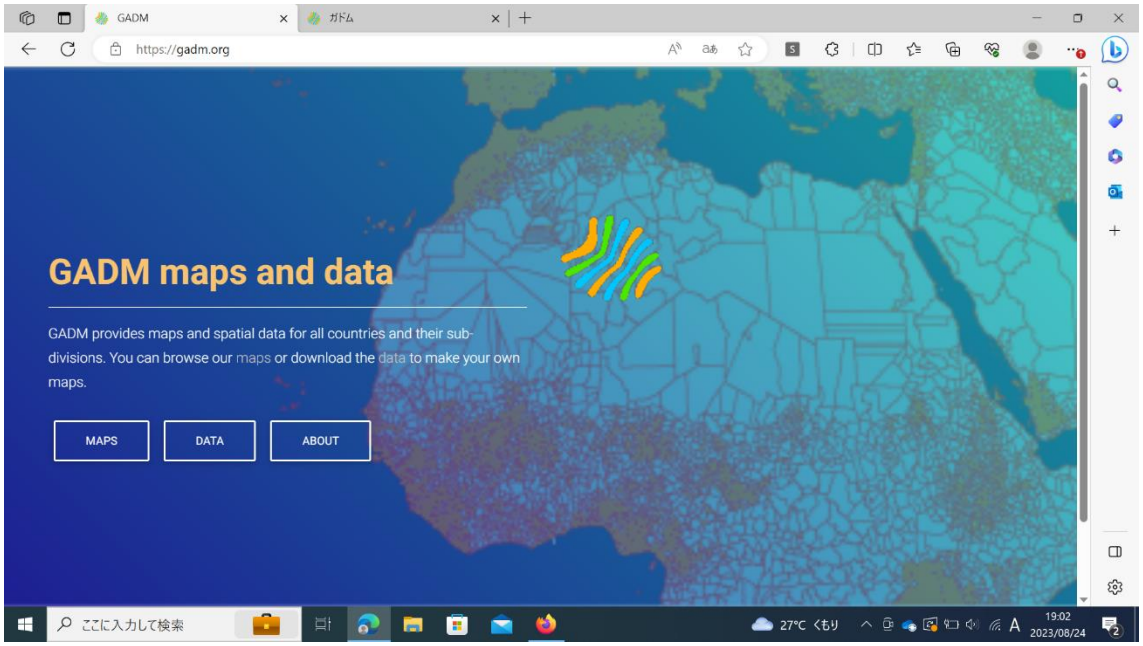



図 A-1

[21] https://gadm.org/

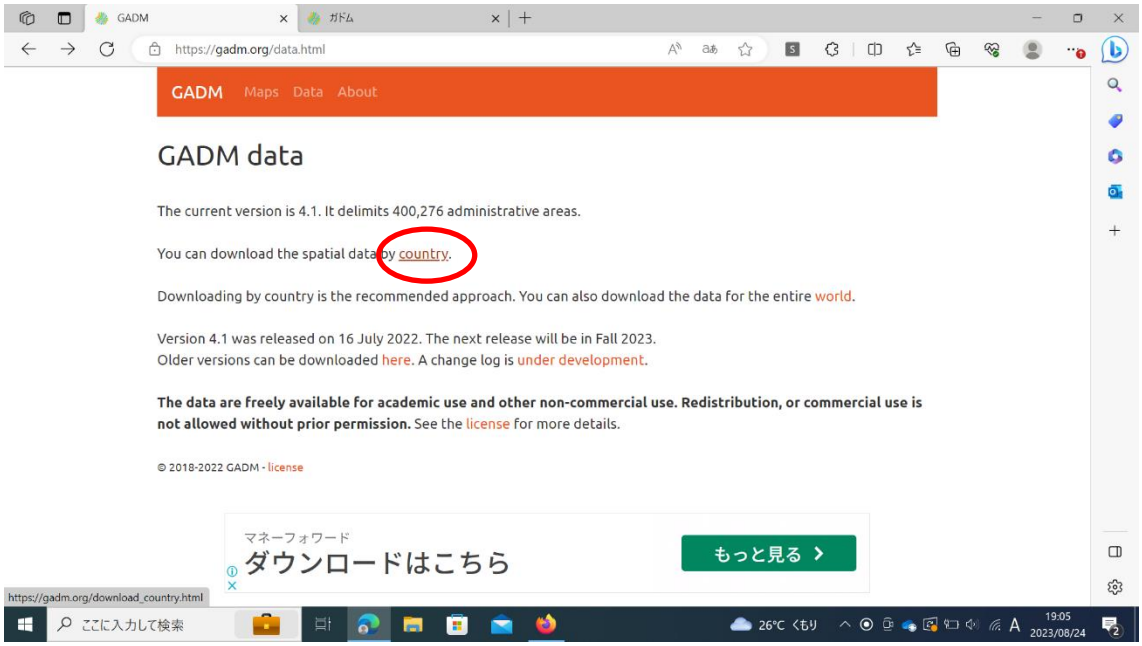



図 A-23

次に, 国を指定します. この例では Thailand を選択します. ファイルフォーマットは shapefile を選択し，任意の場所に保存してください。（図 A-3）

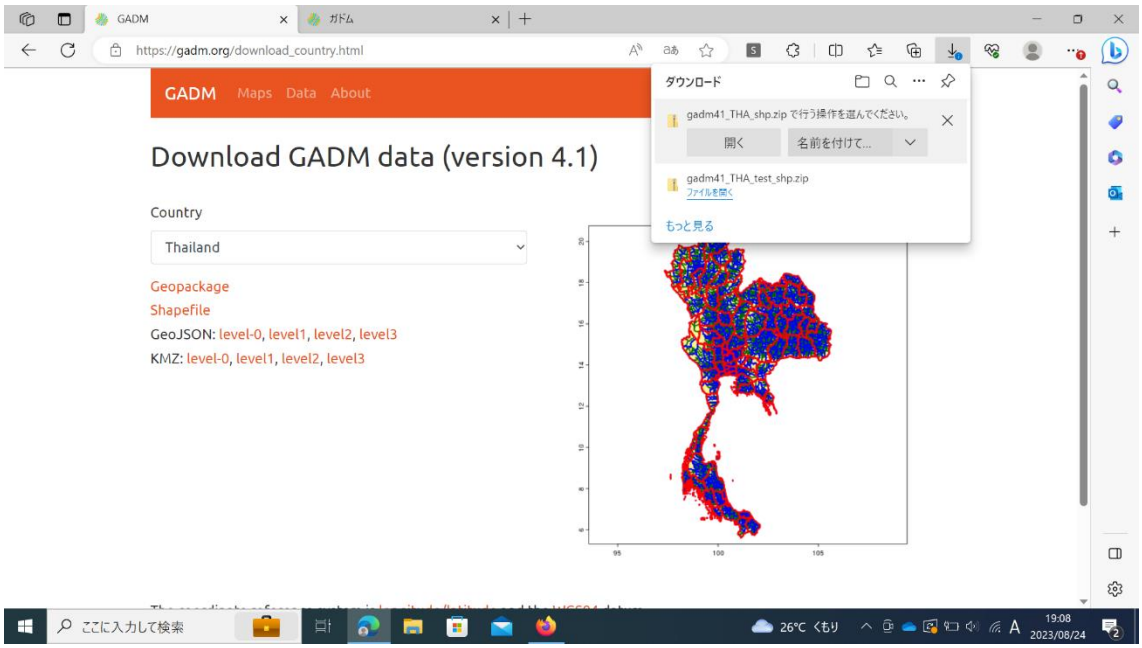



図 A-3

以上で行政界 shp ファイルの取得が完了しました．ダウンロードしたファイルは Zip ファイルなので，任意の場所に解凍して下さい．

## A.2 標高データの取得方法（from SRTM15+）

標高データは SRTM15+[22]を利用します．以下にその取得方法を示します．

まずカリフォルニア州サンディエゴ大学の衛星測地学研究室の HP[23]にアクセスして下さい．次に，ページ最下部の GLOBAL TOPOGRAPHY タブをクリックし，NEW! SRTM15+をクリックしてください。(図 A-4)（SRTM30 PLUS はデータをダウンロードする際，エラーになります。（2023 現在））

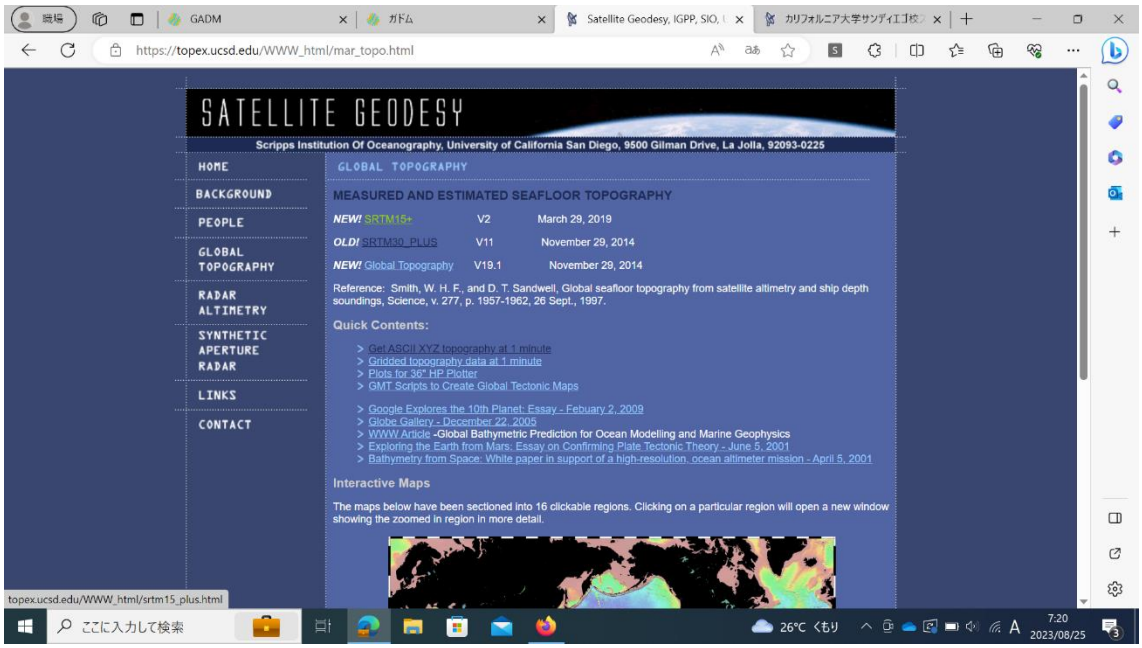



図 A-4

次に，Get an ASCII XYZfile を選択して下さい．（図 A-5）

[22] 本家 SRTM の HP から入手するのが通常ですが，SRTM15+は任意の領域のデータを ASCII ファイルで入手できます．

[23] https://topex.ucsd.edu/index.html

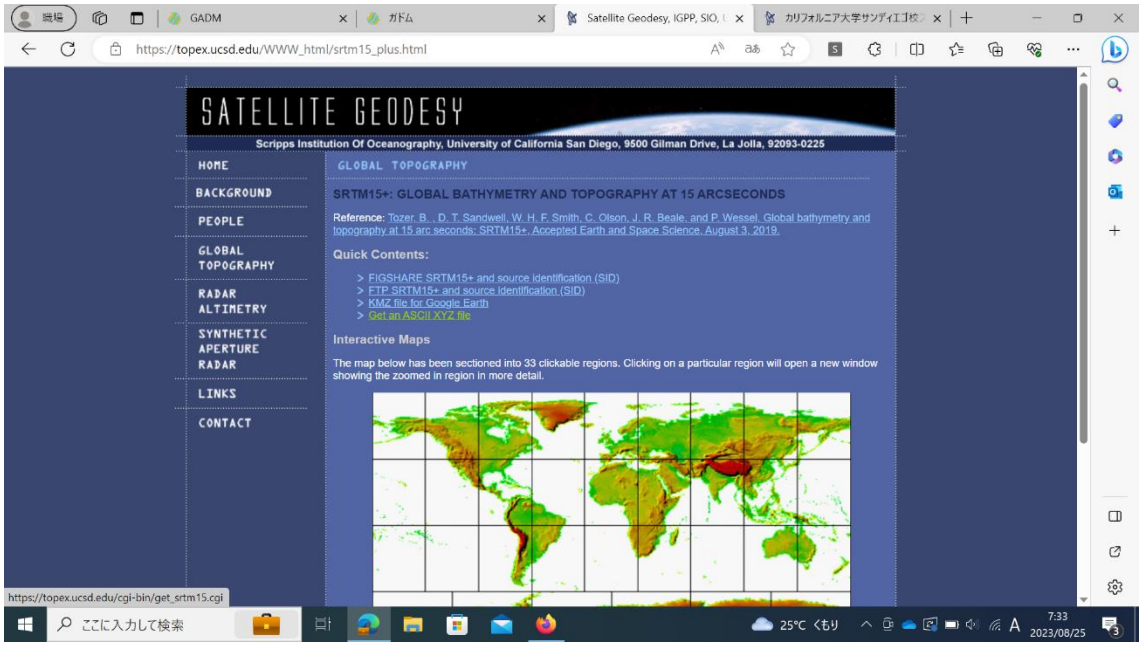



図 A-5

任意の領域を指定します．ここでは東経 97～102 度，北緯 13～20 度の領域を指定します．経度と緯度の入力が終わったら get data をクリックし，標高データを入手して下さい．
注意書きにもありますが，データファイルが大きすぎるとエラーがでるため，データ範囲をなるべく小さくして区切って取得して下さい。緯度を基準にデータが入っているので，データ範囲を区切る場合は経度の範囲を固定し，緯度方向に区切ると良いでしょう。（今回は経度を 97-102 に固定し，緯度を 1 度ずつにし，データをダウンロードしました。）（図 A-6）

ダウンロードしたデータを Ctrl+A で全て選択し，メモ帳に張り付け 1 つのファイルに統合します。

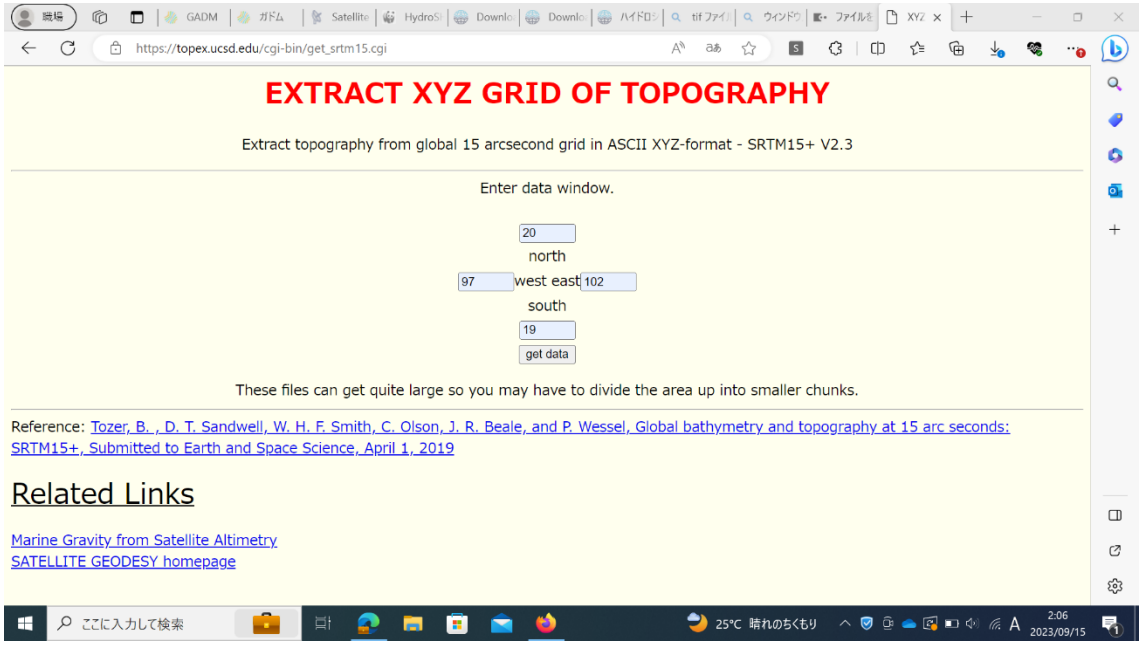

https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_srtm15.cgi
EXTRACT XYZ GRID OF TOPOGRAPHY
Extract topography from global 15 arcsecond grid in ASCII XYZ-format - SRTM15+ V2.3
Enter data window.
20
north
97
west east
102
south
19
get data
These files can get quite large so you may have to divide the area up into smaller chunks.
Reference: Tozer, B. , D. T. Sandwell, W. H. F. Smith, C. Olson, J. R. Beale, and P. Wessel, Global bathymetry and topography at 15 arc seconds: SRTM15+, Submitted to Earth and Space Science, April 1, 2019
Related Links
Marine Gravity from Satellite Altimetry
SATELLITE GEODESY homepage

図 A-6

## A.3 流向ラスタの取得方法（from HydroSHEDS）

高解像度の流向ラスタは HydroSHEDS から入手します．以下にその手順を示します．

まず HydroSHEDS の HP[24]にアクセスし，画面上部の Products をクリックして下さい（図 A-16）. その後, 画面中央の HydroSHEDS をクリックし（図 A-17）, ページ下部の Data download の downloads page をクリックしてください。（図 A-18）

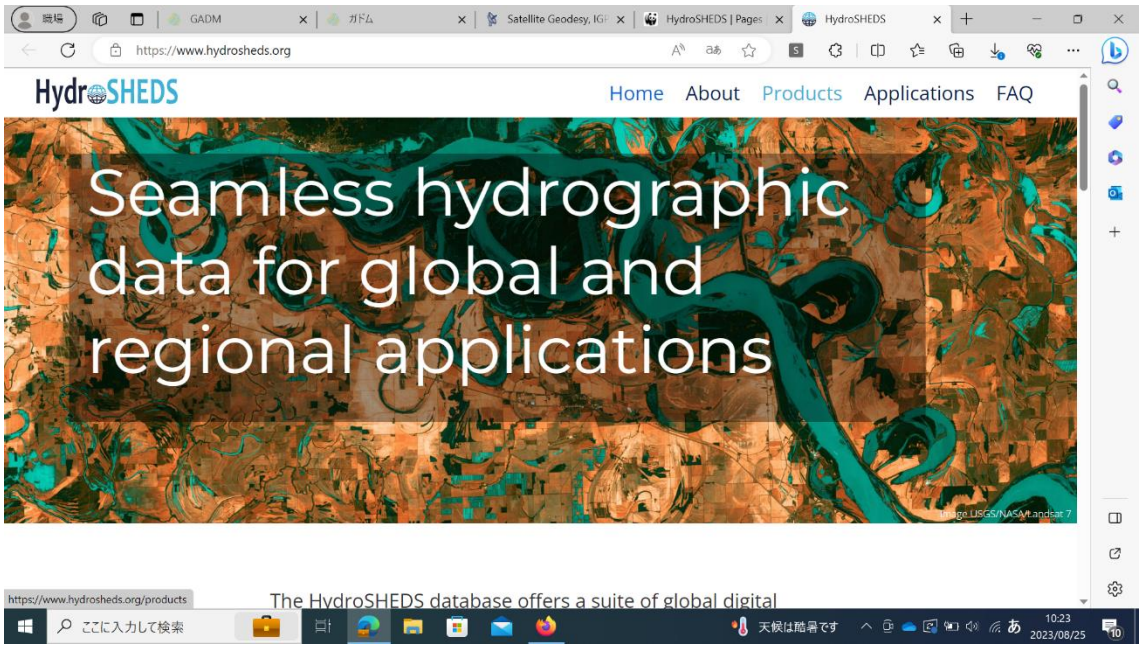



図 A-16

[24] https://www.hydrosheds.org/

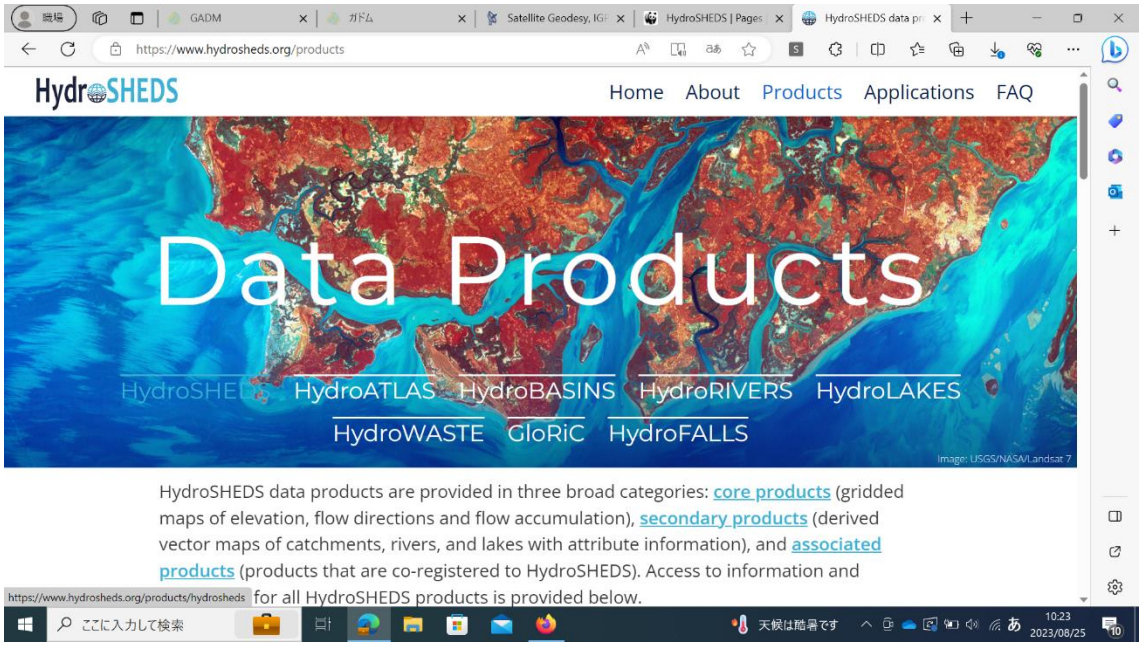



図 A-17

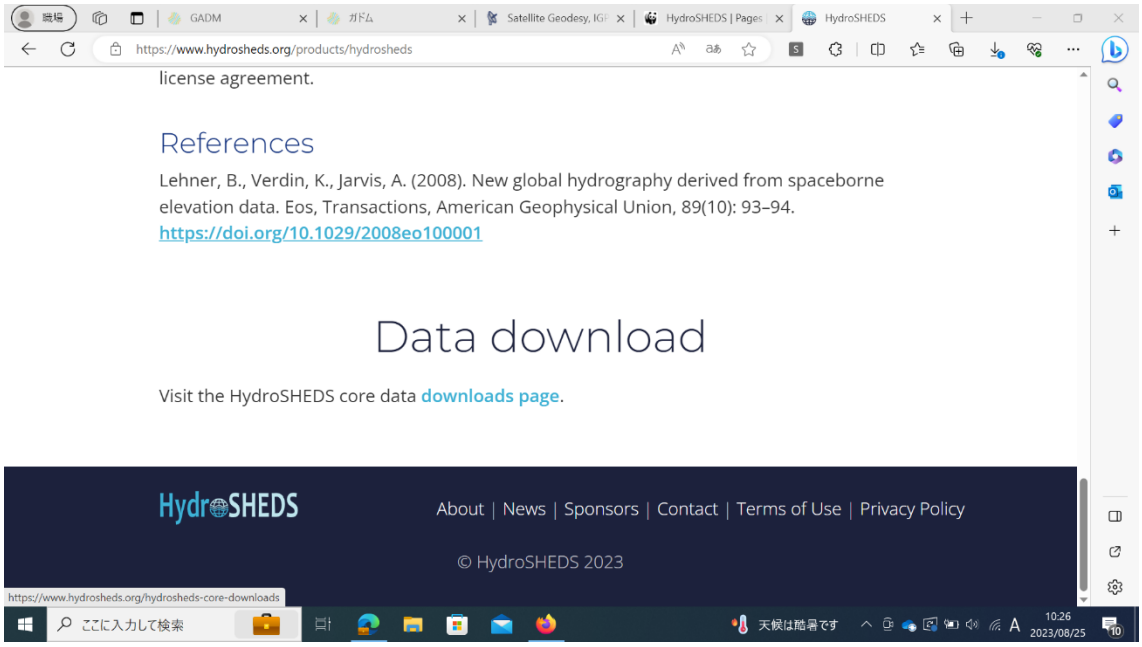



図 A-18

次にページの一番下の Flow Direction をクリックするとポップダウン表示されるページで，legacy v 1.0 をクリックして下さい．

ページ下部の BIL format ボタンを選択後，Flow Direcion ボタンをクリックすると，ダウンロードファイルがポップダウン表示されます．（図 A-19）

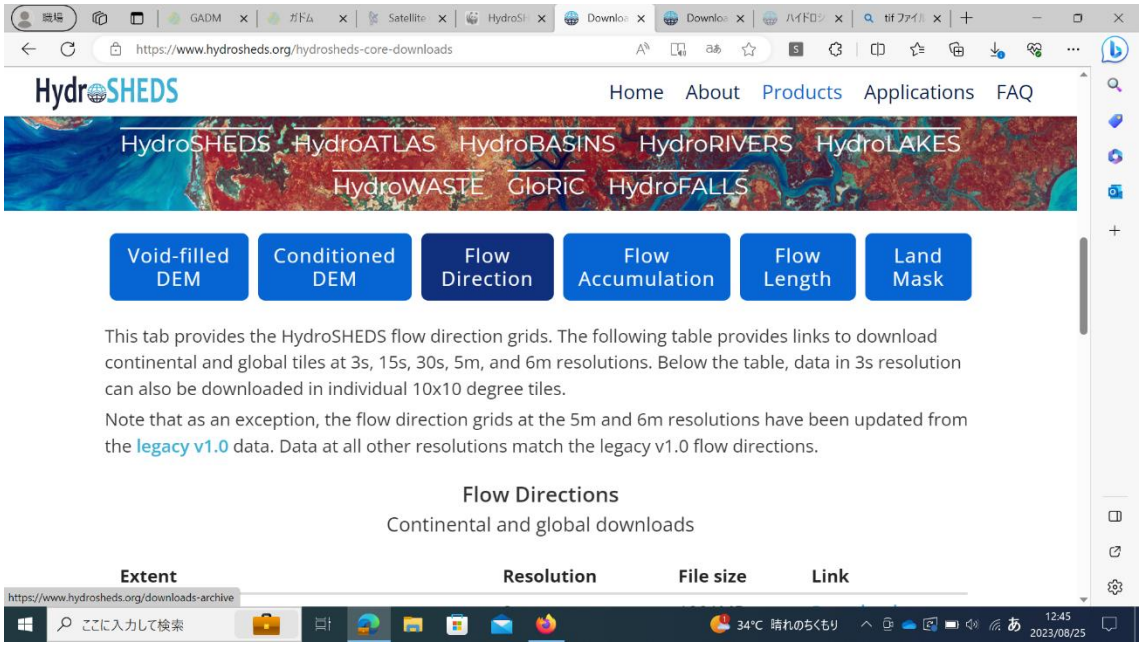
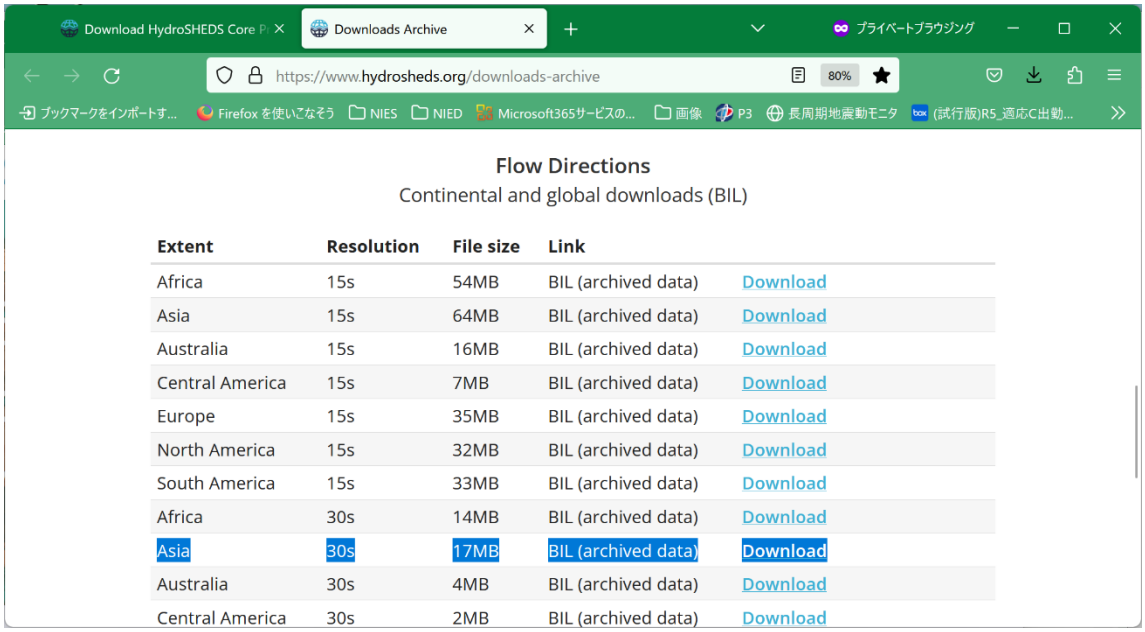



図 A-19

任意の大陸を選択し zip ファイルをダウンロードして下さい．この実行例では，タイのチャオプラヤ川流域を対象としているので，Asia 30s を取得します．（図 A-20）




| Extent | Resolution | File size | Link | |
|---|---|---|---|---|
| Africa | 15s | 54MB | BIL (archived data) | Download |
| Asia | 15s | 64MB | BIL (archived data) | Download |
| Australia | 15s | 16MB | BIL (archived data) | Download |
| Central America | 15s | 7MB | BIL (archived data) | Download |
| Europe | 15s | 35MB | BIL (archived data) | Download |
| North America | 15s | 32MB | BIL (archived data) | Download |
| South America | 15s | 33MB | BIL (archived data) | Download |
| Africa | 30s | 14MB | BIL (archived data) | Download |
| Asia | 30s | 17MB | BIL (archived data) | Download |
| Australia | 30s | 4MB | BIL (archived data) | Download |
| Central America | 30s | 2MB | BIL (archived data) | Download |

図 A-20

以上で流向 bil ファイルの取得が完了しました．取得したファイルは zip ファイルなので任意の場所に解凍して下さい．

## A.4 貯水池データの取得方法

貯水池データは GRanD Database を利用します．以下にその取得方法を示します．

ここで紹介するデータは，GWSP（全球水システムプロジェクト）の成果物として「世界の貯水池と団のデータベース（GranD）」のサイトページ : https://www.globaldamwatch.org/grand/（図 A-21）からダウンロードできます．

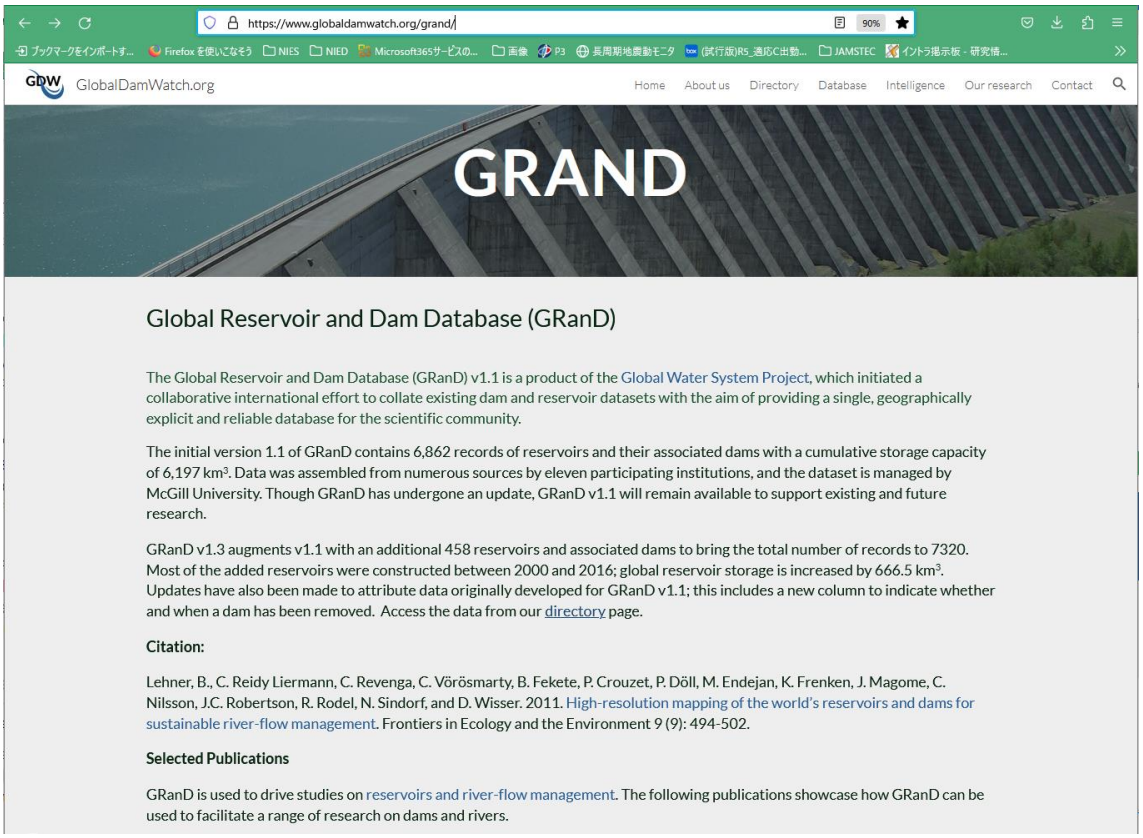



図 A-21

ページ文中の「directory」のリンクをクリックすると，データのダウンロードページに移行します（図 A-22）．これまでは GDWD 表の 5 行目にある GRanD v1.1（2011 年度版）を紹介していましたが，2019 年にデータ更新したファイルがダウンロード可能になりましたので，今後は表の 4 行目にある GRanD v1.3.（2019 年度版）の方の利用をお勧めします．

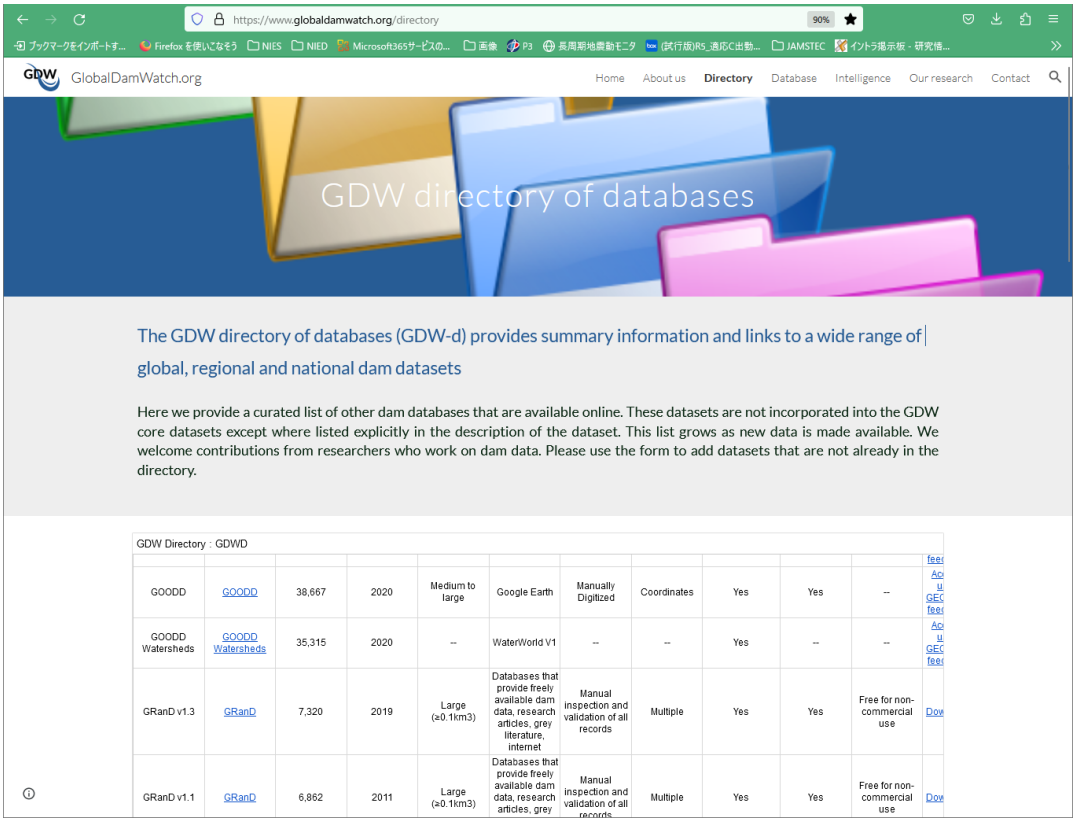



図 A-22

ダウンロードしたファイルにはArcGIS Proで表示できるシェープファイルが含まれており、ArcGIS Pro でマップにインポートすると，下記のようにダムと貯水池がポリゴン表示されます（図 A-23）.

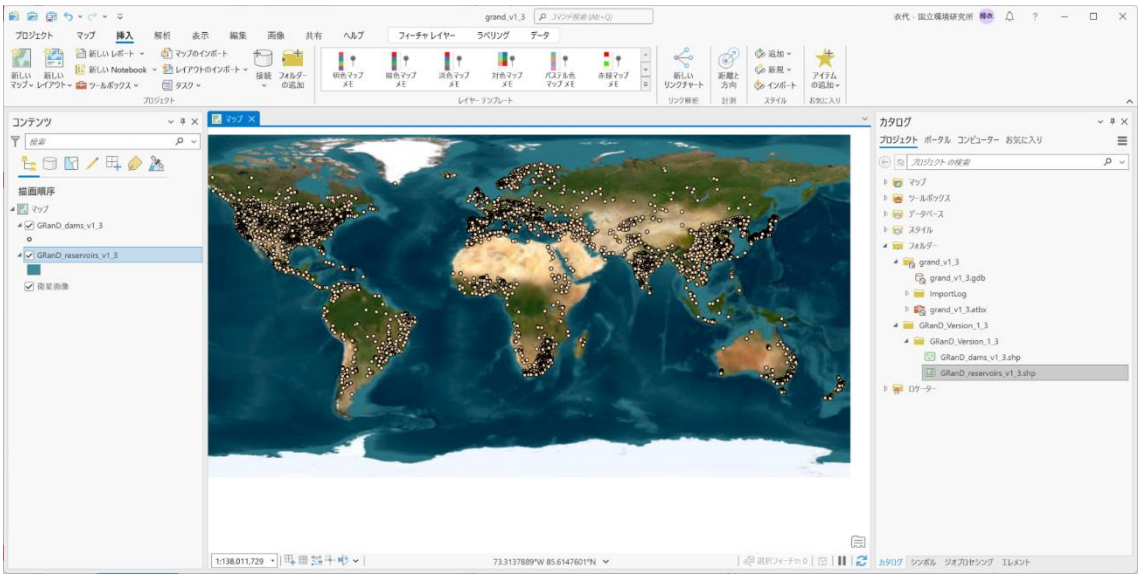


図 A-23

# Appendix B 利根川への利用

# データの取得方法

この章は，本マニュアルの利根川 ver です。本マニュアルとの差異も含めて説明します。

## B.1 手順の概要

ArcGIS Pro を用いた本マニュアルの利根川への利用についての手順の概要を以下に示します。

1. 4 章の実施
2. 5 章の実施
3. 6 章の実施
4. 7 章の実施
5. 8 章の実施

## B.2 実行例（本マニュアルとの差異）

1. 4～8 章の共通

・タイ

タイのチャオプラヤ川流域周辺（経度：97~102，緯度：13~20）を対象

・利根川

利根川流域周辺（経度：138~142，緯度：34~37）を対象

2. 8 章について

流域界ポリゴン作成時の **Set Null** を行う際

・タイ

チャオプラヤ川流域のセルには 220 が入っているので，条件式は”Value”<>220 とします.

・利根川

利根川流域のセルには 53 が入っているので，条件式は”Value”<>53 とします。（マップ上で利根川流域部分をクリックすれば，Value の値を知ることができます。）

主河道ポリライン作成時の **Stream Order** を行う際

・タイ

河川次数を 6 以上表示

・利根川

河川次数を 4 以上表示

**主河道ポリライン作成時の Set Null を行う際**

・タイ

対象流域外のセルの値と河川次数が 6 未満のセルの値を NoData に置換

・利根川

対象流域外のセルの値と河川次数が 4 未満のセルの値を NoData に置換

**位置情報ファイルの作成**

・利根川

下記のデータは国土交通省より参照

**表 1　河川流量観測点の位置情報**

| LON | LAT | No | NAME |
|---|---|---|---|
| 139.1972222 | 36.2633333 | 1 | yattazima |
| 139.7025 | 36.1438889 | 2 | kurihashi |
| 139.8913889 | 35.9825 | 3 | mehukibashi |
| 140.0566667 | 35.8908333 | 4 | toride |
| 140.1283333 | 35.8702778 | 5 | oshituke |
| 140.1394444 | 35.8525 | 6 | hukawa |
| 140.2358333 | 35.8519444 | 7 | suga |
| 140.4955556 | 35.9105556 | 8 | yokotone |
| 140.7219444 | 35.8222222 | 9 | ootashinden |

**表 2　ダムの位置情報**

| LON | LAT | No | NAME |
|---|---|---|---|
| 139.0541667 | 36.9111111 | 1 | yagisawa |
| 139.0866667 | 36.8825 | 2 | naramata |
| 139.0372222 | 36.8041667 | 3 | huziwara |
| 138.8927778 | 36.7125 | 4 | aimata |
| 139.1752778 | 36.6391667 | 5 | sonohara |
| 138.7141667 | 36.5569444 | 6 | yanba |
| 139.0227778 | 36.1277778 | 7 | simokubo |
| 139.3738889 | 36.5422222 | 8 | kusaki |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 139.6805556 | 36.1986111 | 9 | wataraseyusuiti |

## 3. 結果

### 1. 流域界

海陸の境目がうまく表示できていない。(静岡や茨城部分)

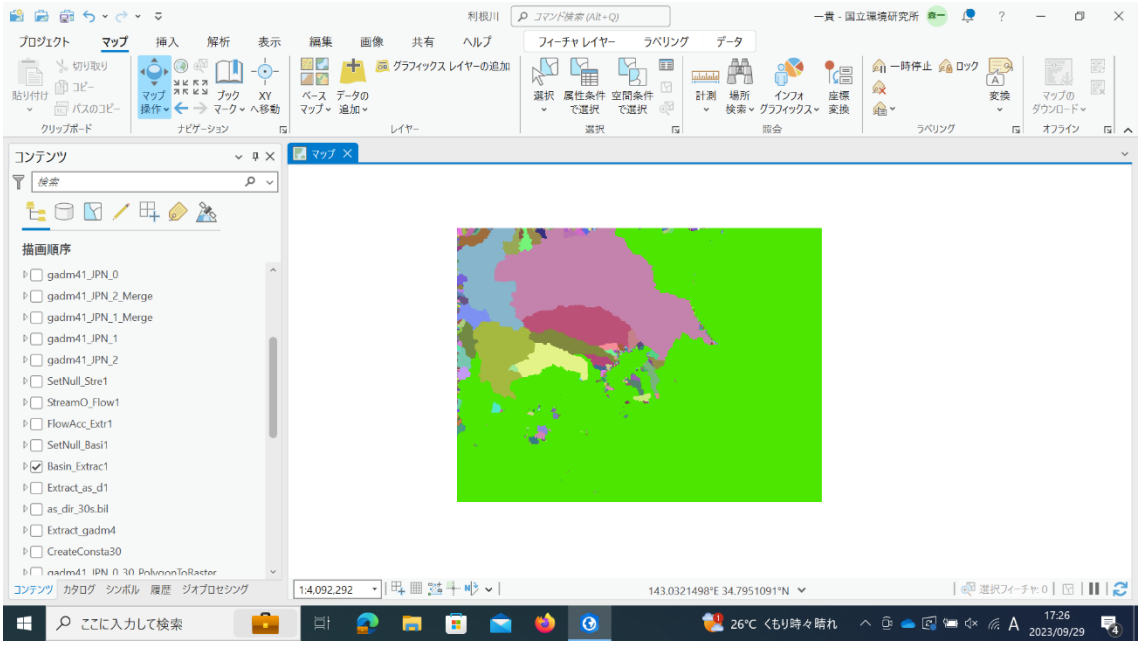



図 B-1　流域界ラスタ

### 2. 河道

こちらも流域界同様海陸の境目がうまく表示できていない。どちらも as_dir_30s.bill のデータを使用しているため，ここに何か問題があるかもしれない。データの問題がわからなければ最終的には，マップを上から貼り付ける形で海陸の境目をわかるようにする。

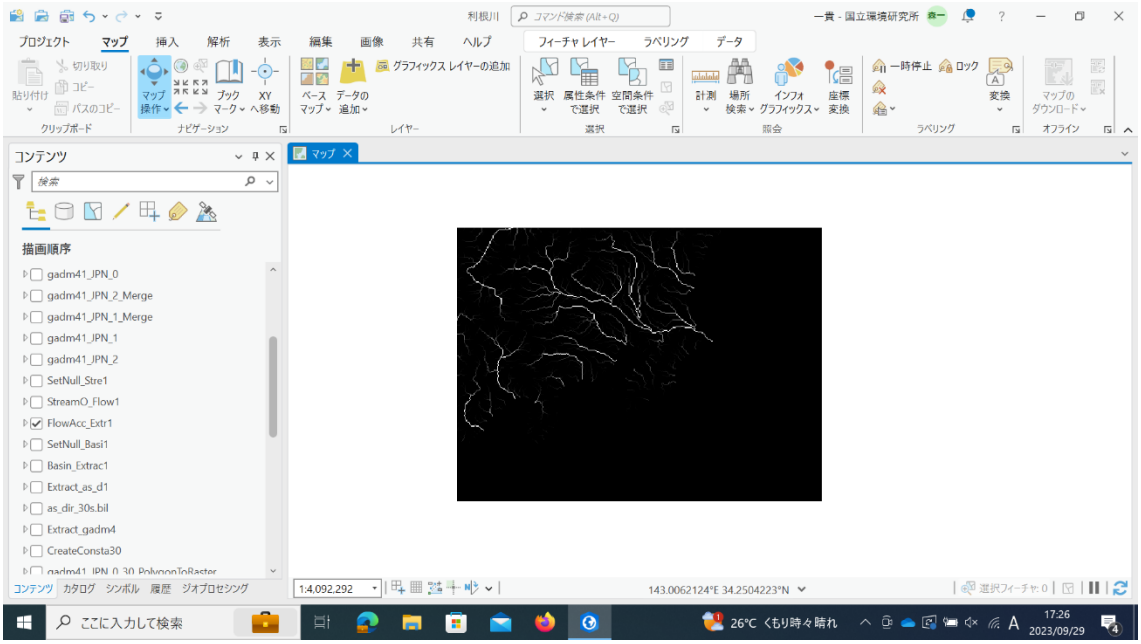



図 B-2 主河道

3. 主題図

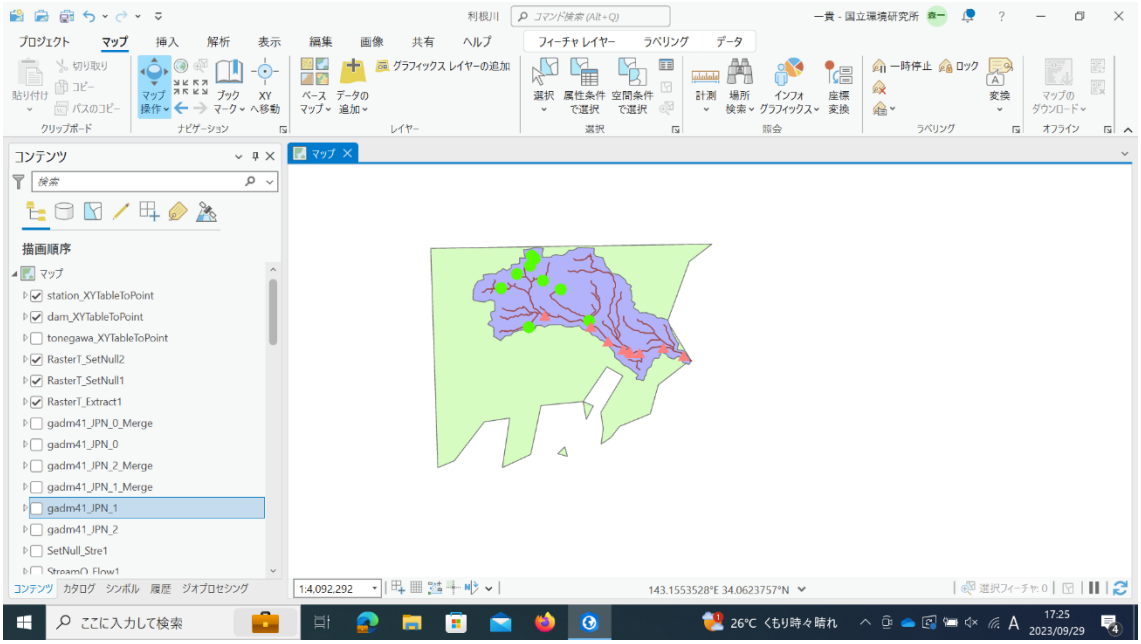



図 B-3 主題図

# 参考文献


(1) Hanasaki, N., Kanae, S., Oki, T., Masuda, K., Motoya, K., Shirakawa, N., Shen, Y., and Tanaka, K. (2008) An integrated model for the assessment of global water resources – Part 1: Model description and input meteorological forcing, Hydrology and Earth System Sciences, 12, 1007-1025.

(2) Hanasaki, N., Kanae, S., Oki, T., Masuda, K., Motoya, K., Shirakawa, N., Shen, Y., and Tanaka, K. (2008) An integrated model for the assessment of global water resources – Part 2: Applications and assessments, Hydrology and Earth System Sciences, 12, 1027-1037.

(3) Hanasaki, N., Saito, Y., Chaiyasaen, C., Champathong, A., Ekkawatpanit, C., Saphaokham, S., Sukhapunnaphan, T., Sumdin, S., and Thongduang, J. (2014) A quasi-real-time hydrological simulation of the Chao Phraya River using meteorological data from the Thai Meteorological Department Automatic Weather Stations, Hydrological Research Letters, 8 (1), 9-14.

(4) Tarboton, D. G., R. L. Bras and Rodriguez–Iturbe, I. (1991) On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data, Hydrological Processes, 5, 81–100.

(5) Greenlee, D. D. (1987) Raster and Vector Processing for Scanned Linework, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53, 10, 1383–1387.

(6) Jenson, S. K., and Domingue J. O. 1988. "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis."Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54, 11, 1593–1600.

(7) Mark, D. M. (1988) Network Models in Geomorphology, Modelling Geomorphological Systems, ed. M. G. Anderson. New York: John Wiley, 73–97.

(8) 増冨祐司 (2007) 世界流域データベースの開発とその応用, 京都大学大学院学位論文.

(9) Becker, J. J., Sandwell D. T., Smith W. H. F., Braud J., Binder B., Depner J., Fabre D., Factor J., Ingalls S., Kim S-H., Ladner R., Marks K., Nelson S., Pharaoh A., Trimmer R., Von Rosenberg J., Wallace G., Weatherall P. (2009) Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30_PLUS, Marine Geodesy, 32, 4, 355-371.