

1. 7 発展途上国における統合洪水解析システムの開発・普及に関する研究（1）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 22

担当チーム：水災害研究グループ（国際普及）

研究担当者：田中茂信、山下英夫

【要旨】

本研究では、途上国の 1 流域を対象に水理公式集例題プログラムを使用した試行計算を行い、さらに特定の目的に応じたサブルーチンを付加した計算結果との比較を行った。また、三重県宮川流域（以下、「宮川流域」という）において、統合洪水解析システム（以下、「IFAS」という）の流量出力結果から、水理公式集例題プログラムへの入力データを作成するソフトウェアを作成し、IFAS から水理公式集例題プログラムまでの試行計算を行った。

キーワード：統合洪水解析システム、流出解析、氾濫計算、発展途上国

1. はじめに

発展途上国の水関連災害軽減のためには、洪水予報システムを構築し、避難等が的確に実施される必要がある。そのためには、降雨データの取り込みから流出計算および氾濫計算の実施、計算結果を地図情報とリンクした表示など、データの入力から結果の出力まで一連の解析が容易にできるシステムを構築する必要がある。日本であれば、堤防の一ヶ所から破堤が起こるが、海外の無堤部であれば、越流が起こることになり、その地点を見つけないといけない。

本研究では、まず途上国の流域としてソロ川を選定してローカルスタディを実施する。さらに、宮川流域における検討を行い、氾濫想定区域図による計算結果を比較して、統合洪水解析システムの開発、普及を図る。

2. ソロ川での適用

2.1 ソロ川流域の概要

ソロ川 (Bengawan Solo River) は、インドネシアのジャワ島東部に位置し、その源をジャワ島中部火山ラウ山に発し、マディウン川等の支川を合わせ、スラバヤ西方でジャワ海へ注ぐ、全長約 540 km、流域面積約 16, 000km² のジャワ島最長の河川である。

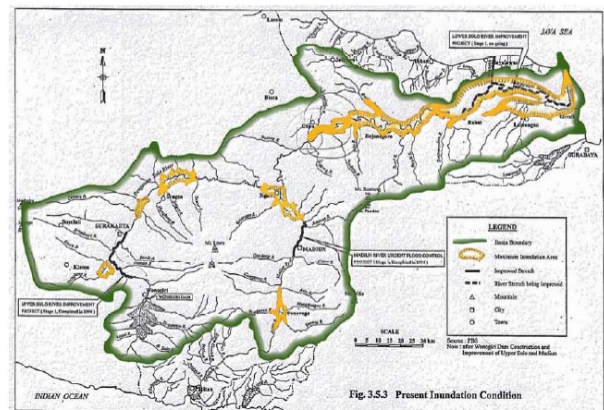


図 1 ソロ川流域図

ソロ川はこれまで洪水が多発していたこともあり、1981 年、多目的ダムであるウノギリダムが建設された。しかし、これ以降もたびたび洪水が発生しており、2007 年 12 月には堤防が決壊し、数十名の死者を出す洪水が発生した。今回検討において対象とする氾濫原は、マディウン川合流後に東流してボジョネグロ等を通過する一帯である。対象氾濫原上流部付近は比較的大きな都市であるボジョネグロが存在し、家屋も多数存在する。対象氾濫原中流部付近の、低平地が広がっている区域は、田畑が広がっている。

メッシュ毎の地盤高を図 2 に示す。

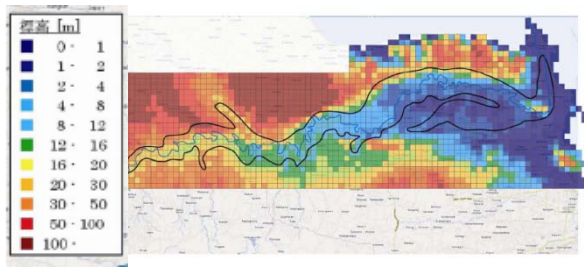


図2 ソロ川下流部地盤標高図

2.2 ソロ川での計算結果

本検討では2007.12 洪水波形を対象にして、簡単のため流下能力が $5,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4,500\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ の3 ケースであることを仮定し、さらに氾濫流量を設定するため、流下能力以上の流量が全量氾濫するものとして解析を行った。

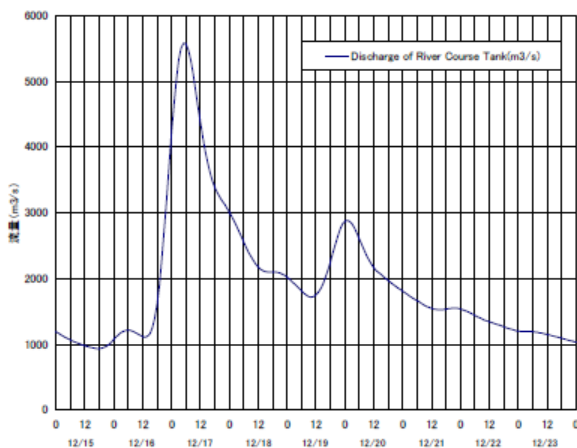


図3 2007.12 洪水波形図 (IFAS による計算値)

水理公式集例題プログラムによる氾濫解析結果は下図のとおりである。Babnt 付近左岸の一带を下流に向かって流下し、破堤点より約 20km 下流まで氾濫が広がる様子が表現できている。

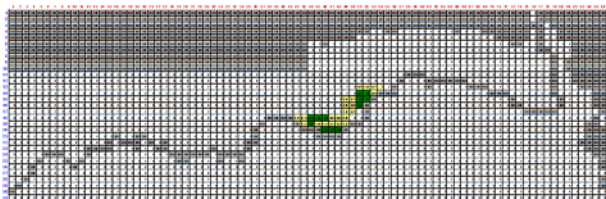


図4 ソロ川氾濫計算結果図

3. 宮川での適用

3.1 宮川流域の概要

宮川は、三重県の南部に位置し、その源を奈良県吉野郡と三重県多気郡の県境に位置する日出ヶ岳（標高1,695m）に発し、大杉溪谷を貫流し、大内山川等の諸支川を合わせ伊勢平野に出て、河口付近で大湊川を分派し、伊勢湾に注ぐ、幹川流路延長91km、流域面積920 km² の三重県最大の一級河川である。宮川流域は、三重県の主要都市である伊勢市をはじめとする1市5町からなり、五十鈴川、勢田川、大湊川、一之瀬川、藤川、大内山川等総計55の法河川を有している。

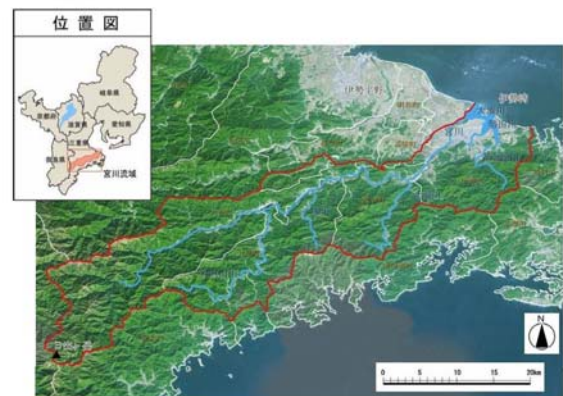


図5 宮川流域図

3.2 宮川流域のモデル化

宮川においては平成16年9月、観測史上最大流量（基準地点 岩出：約 $7800\text{m}^3/\text{s}$ ）となる洪水が発生しており、中流部の無堤部から越水し床上浸水、床下浸水が発生している。

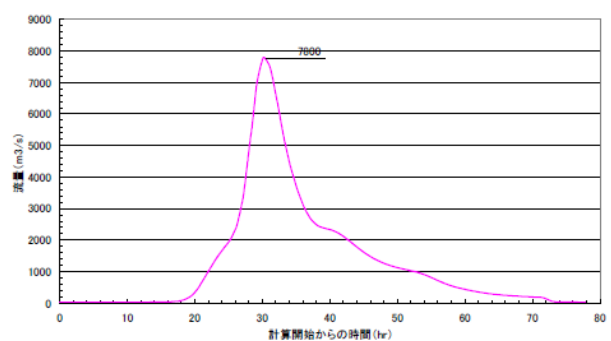


図6 平成16年9月洪水流量波形図 (岩出地点)

氾濫原のモデル化は以下のように行った。

(1) 平面二次元流れの方程式

洪水氾濫解析は、ソロ川と同様に、水理公式集例題プログラム集の洪水氾濫解析プログラム（平面二次元不定流モデル）にて行う。用いる基礎式は、次の運動方程式

と連続式である。

・ x 方向の運動方程式：

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uM + \frac{\partial}{\partial y} vM = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x(b)}{\rho}$$

・ y 方向の運動方程式：

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uN + \frac{\partial}{\partial y} vN = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y(b)}{\rho}$$

・ 連続式：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

ここにM、Nは流用流量フラックスでM=v h、u および v : x および y 方向の流速、h : 水深、H : 水位である。抵抗項はマンニング式を用いて、次のように表す。

$$\tau_{x \text{ or } y}(b) / \rho = gn^2(u_{\text{or}} v) \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3}$$

(2) 地盤高データ

洪水氾濫を平面二次元不定流計算で追跡するに当たり、氾濫原のメッシュは既存の 250mメッシュ分割を採用する。メッシュ毎の地盤高を図7 に示す。

(3) 氾濫域メッシュ及び氾濫域外メッシュ

洪水が氾濫する範囲の「氾濫域メッシュ」と、それ以外（河道、海等）の「氾濫域外メッシュ」の属性区分を図7 のとおり設定した。

(4) 粗度係数

氾濫域の粗度係数は国土数値情報のデータを用いるものとする。

(5) 盛土構造物

盛土構造物は、メッシュ間の境界に沿う形で、図7 のとおり設定した。盛土を越流する流れは、本間の越流公式により解析する。

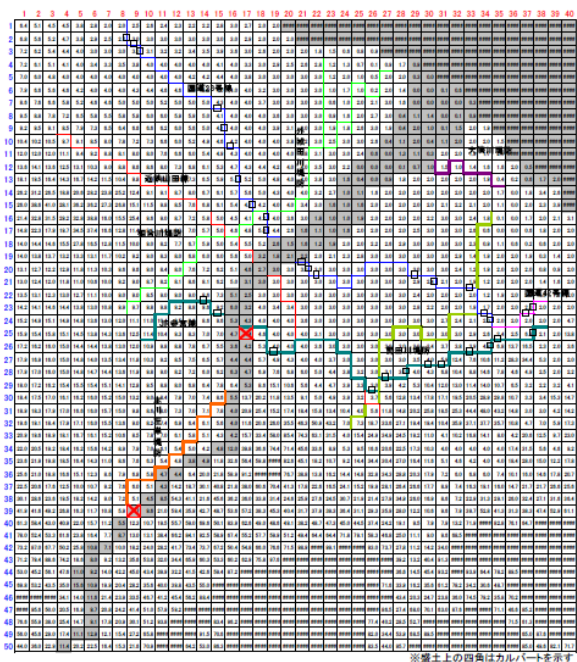


図7 盛土位置及び地盤高

（ここで、白色のメッシュを「氾濫域メッシュ」、灰色のメッシュを「氾濫域外メッシュ」としている。）

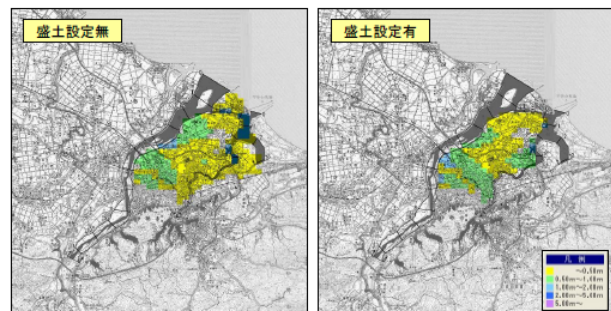


図8 盛土設定有無の浸水図

6.0k 付近の JR 参宮線、5.0k 付近の近鉄山田線、4.2k 付近の国道 23 号線の影響により、盛土を設定すると図8のように、4.0k 付近より上流では浸水深が大きくなる一方で、3.0k 付近より下流では破堤6 時間後あたりでは浸水域が減少する。また、大湊川及び勢田川の堤防の影響により最大浸水域は減少する。

3.3 宮川流域での計算結果

前項に示した考え方に従い、宮川を対象として試行計算を実施する。検討条件は以下に示すとおりである。

(1) 氾濫流量の設定

対象洪水は図6の平成16年9月実績降雨とし、氾濫流量は3.2で扱ったデータを用いる。

(2) 破堤地点

破堤地点は、①破堤地点無、②左岸 10.6k、③右岸 6.2k の 3 ケースとする。

(3) 氾濫域への降雨

氾濫域への降雨は平成 16 年 9 月洪水の伊勢観測所実績降雨を対象氾濫域に一樣に与えるものとする。

(4) 盛土構造物

盛土構造物は、前項で設定したものを対象とする。

(5) 樋管等の排水施設

排水施設はモデル化していない。

ここで、岩出地点流量、伊勢観測所雨量波形図と破堤氾濫開始時刻の関係は図 9 に示すとおりである。図 10 に水理公式集例題プログラムによる計算結果を示す。

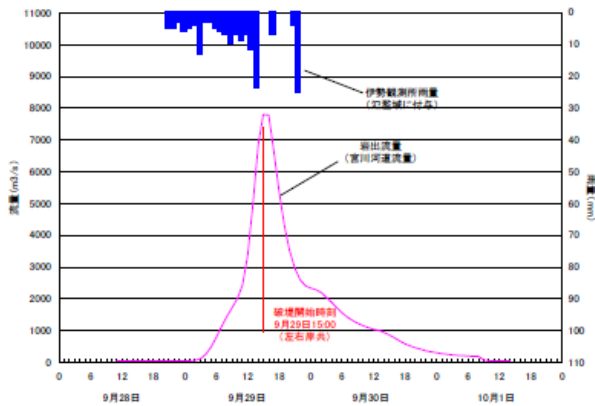


図 9 岩出地点流量及び伊勢観測所雨量波形図

[破堤 9 時間後]

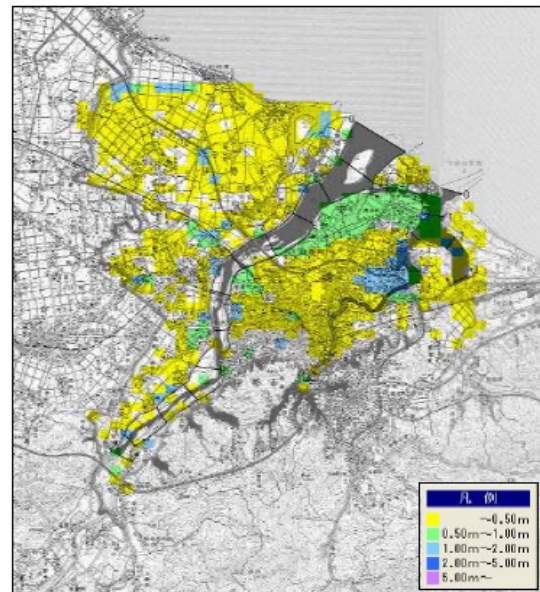


図 10 水理公式集例題プログラムによる計算

4. 水理公式集例題プログラムへの入力データを作成するソフトウェアの作成

前章までの考察を元に、IFAS の流量の出力結果を水位に変換し、既定の危険水位と比較して破堤点、破堤口及び氾濫流量を設定して水理公式集例題プログラムへの入力データを作成するソフトウェア（データ入力用ソフトウェア）を作成する。

(1) 河道流量の設定

IFAS により降雨から直轄上流端（岩出地点）の流量を算定する。宮川は 1.2k より上流は大きな支川流入がなく、岩出地点流量波形がそのまま下流に伝播するものとする。

入力データ：降雨データ

(2) 河道縦断水位の算出

一連流量波形のピーク値を距離標（あるいは代表ポイント）ごとに与え、水位～流量関係によりピーク流量時の河道縦断水位を算出する。

入力データ：河道 $H \sim Q$ 式

(3) 破堤可能性地点の特定

河道水位が危険水位（堤防天端高一余裕高）を超過する地点をピックアップする。

入力データ：危険水位

(4) 氾濫流量の設定

あらかじめ入力した想定破堤幅（例えば川幅より設定）、破堤敷高（例えば堤内地盤高一余裕高）、及び流量→水位

変換により求まる河道水位波形により、氾濫流量波形を算定する。

なお、越流形態は完全越流と仮定する。

入力データ：破堤ポイント、想定破堤幅、想定破堤敷高、
河床勾配、河道 $H \sim Q$ 式

[破堤形状]

破堤幅は破堤後瞬時に、最大破堤幅の 1/2 が破堤し、その後 1 時間かけて最大破堤幅まで拡大するものとする。

[越流式]

破堤敷高から見て、高い方の水位を h_1 、低い方の水位を h_2 とすると、

$$h_2/h_1 < 2/3 \text{ のとき } Q = 0.35 \times B \times h_1 \times \sqrt{2gh_1}$$

：完全越流

$$h_2/h_1 \geq 2/3 \text{ のとき } Q = 0.91 \times B \times h_2 \times \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

：潜り越流（ここでは使用しない）

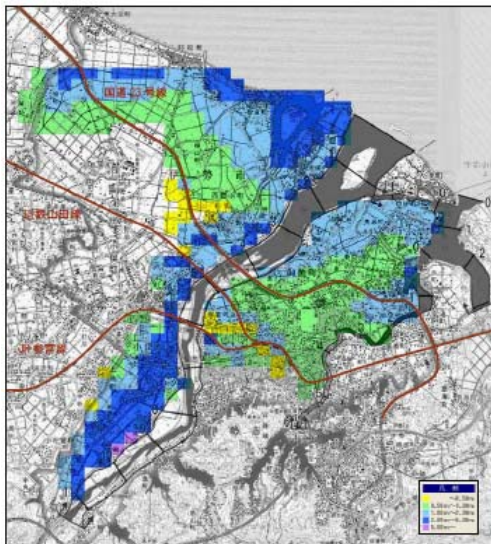


図 11 IFAS、水理公式集例題プログラムとデータ入力
用変換ソフトウェアによる試行計算結果氾濫図（河
道流量 $7,400 \text{ m}^3/\text{s}$ ）

3 ケースの降雨量を用い、試行計算を行い、結果を図 11 のように氾濫図として表した。

氾濫区域は、平成 15 年 3 月公表の浸水想定区域図と比較すると概ね同様となっているが、平成 21 年 6 月公表の浸水想定区域図と比較すると、左岸の外城田川より西の方で大きく異なる。これは、外城田川他の排水施設考慮有無の影響、平均地盤高（盛土の比高）設定方法の相違の影響によるものと考えられる。

5. まとめ

統合洪水解析システムの構築のためには流出解析と氾濫解析を組み合わせる必要があり、氾濫解析水理公式集例題プログラムを氾濫域の形に応じて使いわける必要がある。本研究では、ケーススタディとしてソロ川における検討を行い、また、IFAS の流量の出力結果を水位に変換し、既定の危険水位と比較して破堤点、破堤口及び氾濫流量を設定して水理公式集例題プログラムへの入力データを作成するソフトウェア（データ入力用ソフトウェア）を作成した。今後は、内水はん濫型の流域への適用もを行い、降雨から流出・氾濫解析までを一連の解析ができるソフトウェア開発を進める。

STUDY ON THE DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED FLOOD ANALYSIS SYSTEM IN DEVELOPING COUNTRIES

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2009-2010

Research Team : Water-related Disaster Research
Group (International Technical
Exchange ・ Hydrologic
Engineering Research)

Author : TANAKA Shigenobu

YAMASHITA Hideo

Abstract : In this research, the test calculation for one target area in developing countries with hydraulic formulas program examples was conducted and the result was compared with that of the calculation with the subroutine for specific purposes . And, in Miya River basin in Mie Prefecture, the software which produces the input data for hydraulic formulas program examples from the discharge result output of Integrated Flood Analysis System (IFAS) is prepared and the test calculation from IFAS to hydraulic formulas program examples was conducted.

Key words : integrated flood analysis system, run-off calculation, inundation calculation, developing country