

GUI を実装した土石流 1 次元・2 次元シミュレータ「kanako Ver. 2.00」開発

京都大学大学院農学研究科 ○中谷加奈・和田孝志・水山高久
立命館大学理工学部 里深好文

1. はじめに

日本は国土の約 7 割を山地が占めており、世界的に見ても地形が急峻で地質も脆弱であるため、毎年のように大雨が降るたび各地で土石流が発生し、甚大な人的・経済的被害が生じている。悲惨な土石流災害を防止・軽減する有効な手法の一つとして、砂防ダムの整備が各地で進められている。砂防ダムが被害の防止・軽減において効果を十分に発揮するためには、種類や大きさ、配置などを効率的に計画することが重要である。これまでに、砂防ダムが持つ土砂調節効果を検証するツールとして、また、土石流の堆積・氾濫範囲を予測するツールとしても、様々な土石流数値シミュレーションモデルが提案され、それらを実装したシミュレーションプログラムが開発されてきた。

しかし、これらのモデルやプログラムを活用するために必要となる、ユーザーインターフェイス整備は遅れており、プログラムの使用には専門的な知識が必要となっている。このため、一般の砂防技術者が数値シミュレーションを自力で行うことができず、計算業務を外部に発注せざるをえないのが実情である。

2. 目的

現状において、土石流の数値計算の専門家以外のユーザーにとってシミュレーションに必要なデータを用意すること自体が非常に難しく、また計算ができたとしてもその結果を正しく理解し、検証することは困難と考えられる。専門家とそれ以外の人の知識の差は、数値モデルやシミュレーション自体がより発達するにつれて益々拡大しつつあるので、砂防事業を進める上で時として混乱を招くのである。

そこで、利用者が計算条件を簡単に入力し、シミュレーション結果を直感的に把握できるような GUI (Graphical User Interface) を実装した土石流シミュレータがあれば、より多くのユーザーがシミュレーションを実行できるようになると着想した。わかりやすく且つ使いやすい土石流シミュレータの開発は、土石流に携わる技術者の中での数値シミュレーションに対する技術格差の解消につながる。

以上のような現状を踏まえて、本研究では GUI を実装した土石流 1 次元・2 次元シミュレータ「kanako Ver. 2.00」を開発した。本システムでは、マウスによる入力及びグラフィック出力を多用した表示を行うこ

とにより、高度な砂防や数値計算の専門知識がなくても、土石流の発生・流下・堆積・氾濫過程を簡単に計算することが可能となる事を目指した。

3. 開発したシステム

システム開発においては MS Visual Basic.NET を利用した。Visual Basic.NET は現在最も広く用いられている開発言語の一つであり、この言語で作成したプログラムは、MS Windows OS が持つ様々なグラフィック機能、インタラクティブなユーザーインターフェイス機能を容易に活用できる。またユーザー人口も多く、習得も比較的容易なプログラミング言語であるため、第三者によるプログラムの修正や拡張が容易であると考えられる。数値シミュレーションに必要な各種パラメータはマウスによる選択入力を基本とし、河床形状、砂防ダムの設置位置、土砂濃度測定点などの設定もすべて GUI を用いている。シミュレーション出力は画面上でリアルタイムに確認でき、計算結果のフィードバックも、従来と比べて迅速に行うことができる。

4. 数値解析モデル

本研究で用いた結合モデル¹⁾における 2 次元土石流計算の基礎方程式を以下に示す。

(1) 水・土砂を含めた全容積の保存式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = i \quad \dots\dots\dots (1)$$

(2) 土砂の体積の保存式

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + u \frac{\partial Ch}{\partial x} + v \frac{\partial Ch}{\partial y} = iC_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

(3) x 方向 (流下方向) の流水の運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = g \sin \theta_{wx} - \frac{\tau_x}{\rho h} \quad \dots\dots\dots (3)$$

(4) y 方向 (横断方向) の流水の運動方程式

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = g \sin \theta_{wy} - \frac{\tau_y}{\rho h} \quad \dots\dots\dots (4)$$

(5) 河床変動の式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + i = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 h : 流動深、 u : x 方向の流速、 v : y 方向の流速、 C : 土砂濃度、 z : 河床位、 t : 時間、 p : 水圧、 i : 侵食・堆積速度、 ρ : 間隙流体の密度、 C_s : 河床堆積物の体積濃度、 θ_{wx} 、 θ_{wy} : x 、 y 方向の水面勾配、 τ_x 、 τ_y : x 、 y 方向の河床せん断力である。なお、1次元計算では y 方向成分について考慮しない方程式を用いる。

結合モデルでは、急傾斜の谷領域では 1 次元計算、緩勾配の扇状地領域では 2 次元計算を実施し、それぞれの境界である谷出口では 1 次元計算と 2 次元計算が相互に影響を及ぼす。また、現段階では砂防ダムは 1 次元領域にのみ設置可能としている。

5. kanako Ver. 2.00 の主要な機能

起動時 (図 1) には、河床の縦断面図と平面図を上下に並べて、1次元領域と2次元領域は連続して表示される。

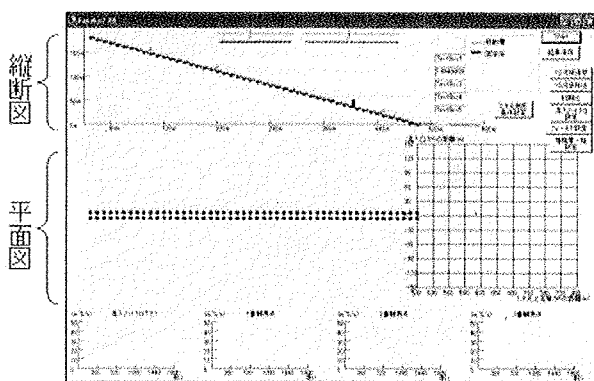


図 1: 起動画面

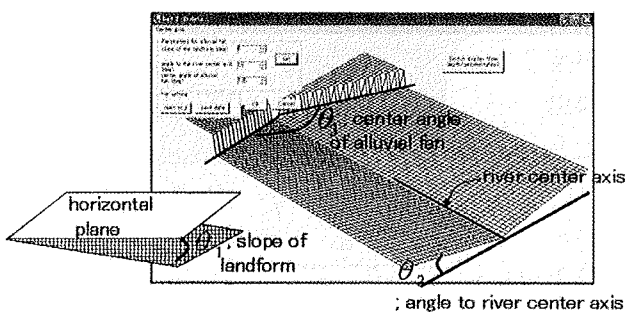


図 2: 2次元地形設定画面

1次元地形入力時における固定床、移動層、川幅、砂防ダム詳細、ハイドログラフ観測点の位置、上流端から供給される土石流流量・濃度等パラメータの入力は、基本的にマウスで行うことができ、画面上で確認できる。2次元入力画面では (図 2) 扇状地を形成する大きな要因である 3 つのパラメータ、平面の傾き、中心軸への傾き、扇状地の中心角を設定して、2次元地形を設定する。1次元・2次元地形とも各計算点での数値入力や (図 3)、外部ファイルからの読み込みも可能である。

シミュレーションを実行すると、2つの画面上でアニメーションが表示される。主画面では、河床縦断面形状や土石流水面形状の変化、平面図での水深・堆積厚、

各観測点におけるハイドログラフが表示される (図 4)。

図 3: 数値入力画面

2次元地形画面上では設定した2次元地形上での水深・堆積厚が視覚的に表示される (図 5)。主画面・2次元地形画面とも 2 次元計算領域の表示は水深・堆積厚を切り替えることが可能である。

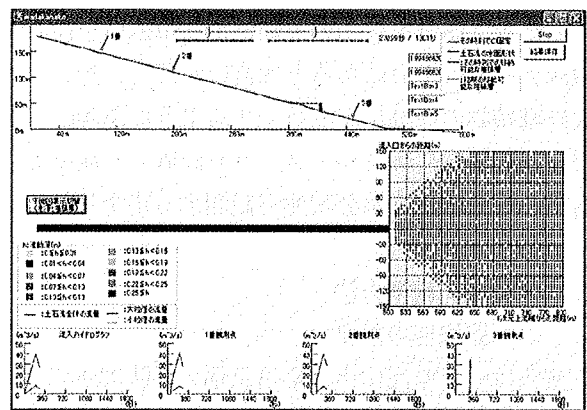


図 4: 計算画面 (主画面・水深表示)

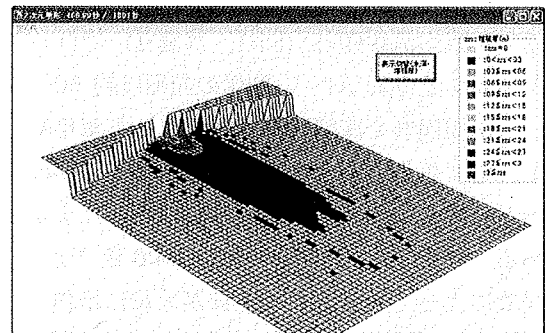


図 5: 計算画面 (2次元地形画面・堆積厚表示)

6. 今後の課題

開発したシステムによって、土石流数値計算は格段に扱いやすくなったと思われるが、シミュレータがどれほど扱いやすくとも専門家以外の人間が砂防構造物の種類・位置等の最適解 (砂防ソリューション) を求めることは難しい。与えられた条件下で計算を実施するだけでなく、被害を最小限にとどめる砂防ソリューションを機械的に提案する機能の実装が有効であると考えており、この機能の実装を今後の課題としたい。

(参考文献) 1) 和田孝志ら (2007): 土石流計算における 1 次元・2 次元シミュレーションモデルの結合, 平成 19 年度砂防学会研究発表会概要集, p. 424-425, 2007