

京都大学農学研究科 ○中谷加奈・里深好文・水山高久
 岐阜大学工学研究科 高濱淳一郎

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といった特徴を持っている。そのため、毎年大雨が降る度、各地で土石流が発生し、甚大な人的・経済的被害を出している。このような悲惨な土石流災害を防止・軽減することが社会的に強く求められており、防災科学上の最重要課題の一つとも言える。土石流災害を防止・軽減する有効な手法の一つとして、砂防ダム建設が各地で進められている。実際、砂防ダムが整備された溪流では、土石流災害の防止・軽減に大きな威力を発揮することが確認されている。砂防ダムがその効果を十分に発揮するためには、土石流を効果的に捕捉する砂防ダムの大きさや配置などを首尾よく計画することが重要である。そこで現在、砂防ダムが持つ土砂調節効果を検証するツールとして、様々な数値シミュレーションモデル及びそれらを実装したシミュレーションプログラムが提案されている。しかし、これらのプログラムを活用するために必要となる効率的なユーザーインターフェイスの整備は遅れており、プログラムの使用には専門知識が必要とされている。このため本来のユーザーが数値シミュレーションプログラムを自力で扱うことができず、計算業務を専門業者に発注しているのが実情である。

2. 目的

専門家以外のユーザーには数値シミュレーションに必要なデータを用意することは非常に困難であり、また、専門家とそれ以外の人の技能におけるギャップは、数値モデルがより発達するにつれて益々大きくなる傾向にあり、砂防の現場で問題となっている。そこでユーザーが簡単に計算条件の入力を行うことができ、直感的にシミュレーション結果を把握できるグラフィカルユーザーインターフェイス (GUI) を実装したインターフェイスがあれば、専門家以外のユーザーも土石流数値シミュレーションが自力で行えるようになる、と考えられる。

以上のような現状を踏まえて、このたび利用しやすいユーザーインターフェイスを実装した土石流シミュレータ「kanako Ver. 1.00」を開発した。本インターフェイスでは、利用者が計算条件などを簡単に入力し、シミュレーション結果を直感的に把握できるよう、マ

ウスによる入力及びグラフィックを多用した表示を基本としている。これにより、高度な専門知識がなくても簡単に土石流の流下や堆積過程を計算することが可能になった。

3. 開発したユーザーインターフェイス

本研究では、現在最も広く用いられている開発言語の一つである MS Visual Basic.NET を用いて、初心者が容易に利用可能な数値シミュレーションインターフェイスを構築した。MS Visual Basic は、PC 用 Operating System である Windows OS が持つ GUI 機能を最大限活用したインタラクティブなユーザーインターフェイスが実装可能な言語であり、また第三者によるプログラムの修正、拡張が容易であるなどの利点を兼ね備えている。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 (図 1)。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、従来と比べて遥かに迅速に行うことができる。

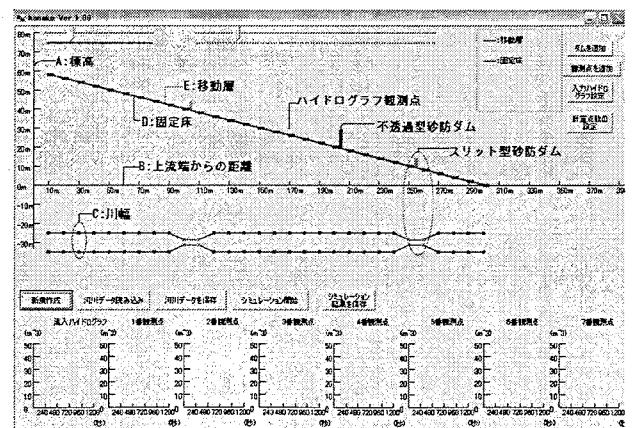


図 1: 起動画面

4. 数値解析モデル

本プログラムで使用したのは、以下の四式である。これは里深・水山らによって提案された土石流の流動・堆積モデルである。このモデルは河川の上下流方向のみを考慮する 1 次元モデルで、大小 2 種類の粒径からなる材料を対象として、砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積過程を再現するものである。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial vM}{\partial x} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_b}{\rho_m}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = s_T$$

$$\frac{\partial c h}{\partial t} + \frac{\partial c M}{\partial x} = c_* s_T$$

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} = -s_T$$

h: 流動深
 v: 流速
 M=vh
 g: 重力加速度
 H=h+z_b
 z_b: 河床高
 c: 流動層濃度

c*: 堆積層濃度
 ρ_m: 流動層密度
 ρ_m = (σ - ρ) c + ρ
 ρ: 水の密度
 σ: 砂の密度
 s_T: 浸食速度

5. kanako Ver. 1.00 の主要な機能

初期河床入力時における固定床、移動層、川幅、砂防ダムのパラメータ、ハイドログラフ観測点の位置等パラメータの入力は、基本的にはマウスで行うことが出来、画面上で確認できる (図2、図3)。

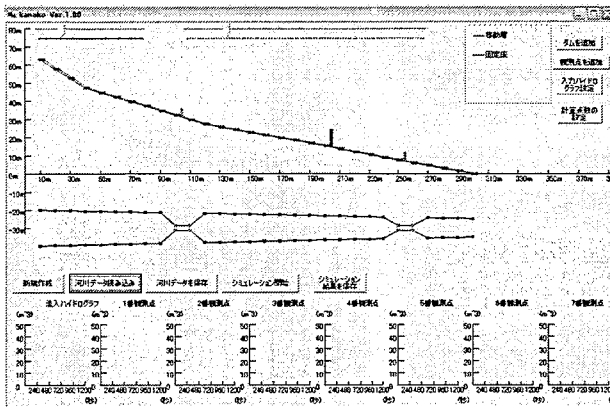


図2: 河床形状入力画面

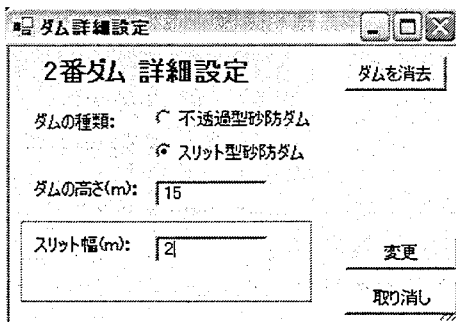


図3: ダム詳細設定画面

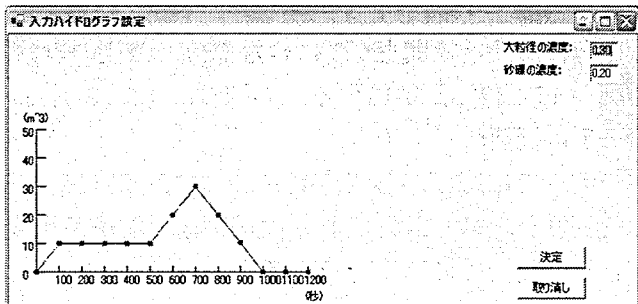


図4: 入力ハイドログラフ設定画面

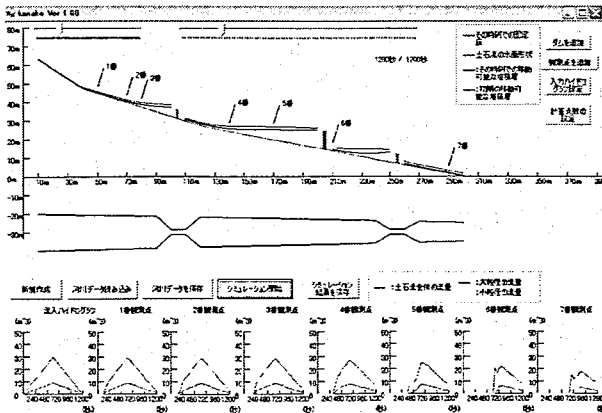


図5: シミュレーション出力画面

また、上流端から供給される流入ハイドログラフの流量や濃度についても簡単に設定することができる (図4)。設定した河川データの保存や呼び出しを行うことも可能である。

シミュレーション中に河床の縦断形状や土石流の水面形状の変化、また各観測点におけるハイドログラフを、グラフィックを用いて視覚的に表示するため、ユーザーが直感的にシミュレーション結果を把握できる (図5)。更に、計算結果を CSV 形式のファイルに保存することも可能である。

6. 今後の課題

今後は格子型砂防ダムへの対応を図っていくことを検討している。今回開発したソフトウェアは、既存の数値シミュレーションモデルに扱いやすいインターフェイスを実装したものであるが、いかにインターフェイスが扱いやすくとも、専門家以外のユーザーが自力で最適な砂防ソリューションを探求することは非常に難しい。このため、与えられた条件下でシミュレーションを遂行するにとどまらず、土砂災害時に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。