

1. はじめに

日本は国土の約 7 割を山地が占めており、地形が急峻で地質も脆弱であるといった特徴を持つ。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。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り、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る。このため実際に砂防事業に関わるエンジニア（土石流計算の概念を理解する必要のあるユーザー）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、計算業務をコンサルタント等に発注し、出された結果についてもユーザー自身がポスト処理を行う術がないのが実情である。

2. 目的

土石流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計算に精通した専門家以外のユーザーにとって非常に困難であり、専門家とそれ以外の人との知識格差は、数値モデルが発達するにつれて益々大きくなる傾向にある。このため、砂防事業を行う場等で数値シミュレーションが身近なものとして活用されにくい状況を生んでいる。

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。このような、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、本研究では扱いやすいユーザーインターフェイスを実装した土石流一次元シミュレータ「kanako Ver. 1.10」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、高度な砂防や数値シミュレーションの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となる事を目指した。

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、従来と比べて迅速に行うことができる。

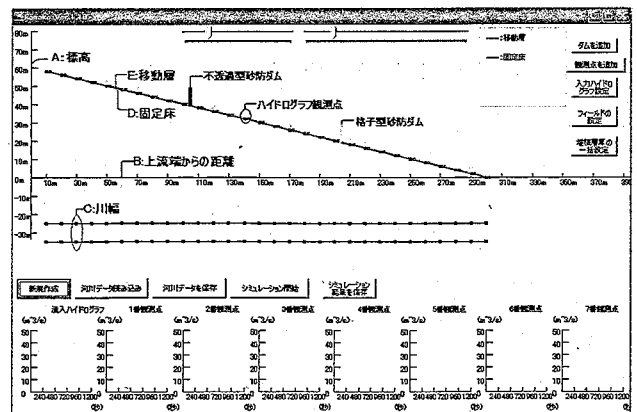


図 1: 起動画面

2006 年までに完成した不透過型・スリット型砂防ダムを設置可能としたシステムを「kanako Ver. 1.00」とし、以後バグフィックスやマイナーバージョンアップを行っている。今回の発表では、不透過型・スリット型・格子型砂防ダムを設置した山地河川での計算までを可能とした「kanako Ver. 1.10」を対象としている。

4. 数値解析モデル

本システムで使用したのは、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^{1), 2)}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。

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

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

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

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

- 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. 1.10 の主要な機能

これまでの Ver. 1.0 シリーズと同様に、初期河床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の流量・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(図2)。シミュレーション実行中、河床の縦断形状や土石流の水面形状の変化、各観測点におけるハイドログラフは、グラフィックを用いて視覚的に表示される(図3)。

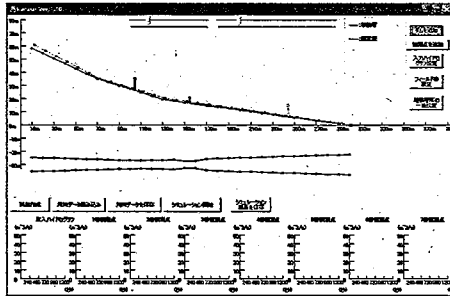


図2: 河床形状入力画面

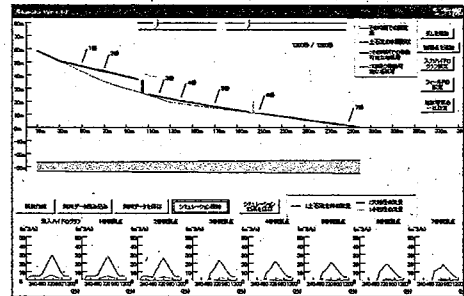


図3: シミュレーション実行画面

Ver. 1.10の新たな機能として、格子型砂防ダムを設置できることが挙げられる(図4)。また、既存の格子型砂防ダムでは柱や桁の間隔が一定であるものが多いが、今後、横桁は上に行くほど部材が細くなり、桁の間隔が狭まったものが主流となる可能性がある。そこで、横桁の直径や間隔を、画面上でイメージを確認しながら詳細に設定できるようにしたことも、大きな特徴である(図5)。

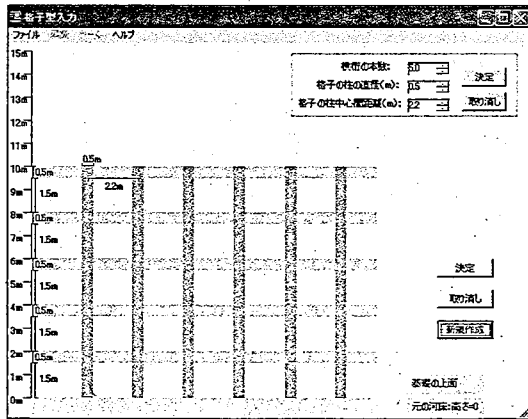


図4: 格子型ダム入力画面 (初期設定)

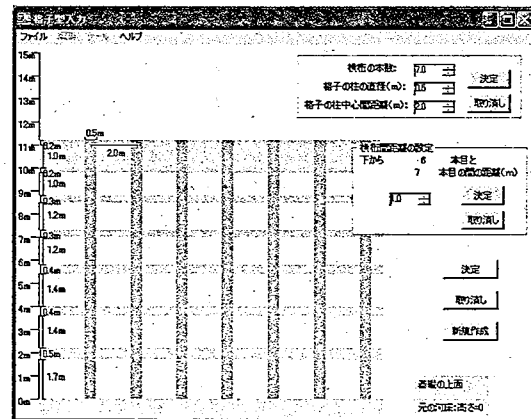


図5: 格子型ダム入力画面 (編集集中)

6. 今後の課題

今後は、一次元計算と二次元計算の統合やGIS(地理情報システム)との連携を視野に入れ、氾濫シミュレーション等の土石流二次元計算を簡単に行える「kanako Ver. 2」シリーズの開発を目指す。

(参考文献) 1) 里深好文ら(2005): 格子型砂防ダムによる土石流の調節に関する数値解析, 砂防学会誌, Vol. 57, No. 6, p. 21-27

2) 里深好文ら(2005): 砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 1, p. 14-19