

緊急調査初動期の区域推定計算プログラムQUAD1.0の設計と開発

○清水武志*, 内田太郎**, 山越隆雄*, 石塚忠範*

* (独) 土木研究所, **国土交通省国土技術政策総合研究所

1. はじめに

2011年5月1日に土砂災害警戒避難区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律が一部改正（以下、「改正土砂法」）され、天然ダム越流侵食などに伴う土石流に対して、重大な土砂災害が想定される土地の区域（以下、「土石流氾濫想定区域」）を通知・周知することが定められた。政令で定められた条件を満たした上述の自然現象が発生した場合に、改正土砂法に基づいて「緊急調査」が実施される。著者らは、緊急調査の初動期（発災後1週間程度）で実施すべき事項に準拠した数値計算プログラムQUick Analysis system for Debris flow induced by Landslide dam version 1.0 (QUAD-L ver1.0)（以下略して「QUAD1.0」）の初期バージョンの設計・開発に携わった。緊急調査では、ミスなく迅速に土石流氾濫想定区域を設定することが重要となり、QUAD1.0はそのニーズに応える必要があった。本稿では、QUAD1.0を設計する際に留意した事項について、個々の技術ではなく、類似条件下でプログラムを作成する場合に共通すると考えられる考え方とその具体的成果について略述する。

2. 解決すべき問題

具体的な道具を作成するには、目的と制約される条件を明瞭にする必要があるため、簡単に改正土砂法について触れる。

緊急調査の対象現象がどこで発生しても、極端に天候等が悪い場合を除き、発生直後に、如何なる場所でも土砂災害緊急情報を迅速に提供するためには、国土交通省職員が独力で、調査・解析を実施できる環境を整える必要がある。そこで、改正土砂法の対象現象のように、発生場所や規模の事前の予測が難しい自然現象に対して、土石流氾濫想定区域を一定程度の精度で推定するには、いくつかの現地の情報（天然ダム位置や比高など）が最低限必要となる。その為、現地の情報を反映して土石流氾濫想定区域を推定する手法として、数値計算技術が採用された。

これまで、河床変動量推定などに対して数値計算は活用されていたものの、緊急時に利用するための道具としては積極的に活用されていなかった。また、国土交通省の砂防部局の職員は、砂防事業の調査、計画、施工等に関する豊富な知見と技術を有するが、緊急時における数値計算の実施に関しては必ずしも十分な経験を持っていない。そこで、緊急調査時に土石流氾濫想定区域を推定する作業を支援するための数値計算プログラムが必要となった。

作成すべきプログラムは、国土交通省の職員が使用するデスクトップ型アプリケーションとした。そのため、国土交通省内のどの支分局の端末において

も動作し、休日等で情報管理者がおらず自由にソフトウェアをインストールできない場合でも利用できる必要がある。よって、著作物である完成したプログラムは、特別なレジストレーション操作を伴うインストールを不要にすると共に、組織内で再配布できるように、付随する著作物（プログラム言語・ライブラリ等）のライセンスに気をつけて構成されなければならない。この前提の下、さらに、ユーザがミスなく迅速に結果を得ることが可能で、同一条件下では誰が実施しても同一計算結果を出力し、かつ、結果を得るまでの時間は可能な限り短い必要がある。

以上のことから、解決すべき問題は：

- 1) 入力項目の設定,
 - 2) 操作ミスに起因する誤動作の最小化,
 - 3) データ準備から結果出力までの時間の短縮,
 - 4) 使用環境への依存の最小化,
- と整理できる。

以下ではこれらの問題に対して、開発時に留意した点に関して述べる。なお、データ形式（特に I/O の設計に関わる）や、水・土砂の流れの数値解析に関する議論はここでは省略する。

3. プログラムの設計と実装

QUAD1.0 自身の実施項目の骨組みは、図-1 のように、通常の数値解析支援プログラムと同様である。2. の問題を解決するために、いくつかの工夫を施した。結果として完成した QUAD1.0 は、10 個程度の数値をコマンドラインで入力し、指定したフォルダにインターネットからダウンロードした地形のデータを1~4 個程度置けば、土石流氾濫想定区域が出力されるプログラムとなった。ただし、適応範囲を、一定程度の精度を確保した上で迅速に情報を出す緊急調査の初動期に絞っている。つまり、より詳細な現場の情報が得られた場合に用いることは想定していない。以下の小節では、個別の問題について述べる。

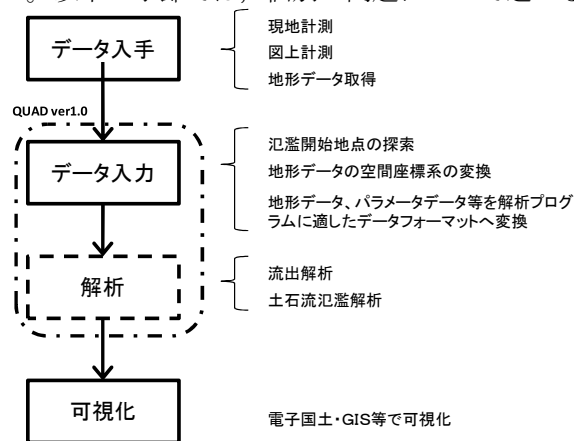


図-1 解析の流れと項目

3.1. 入力項目の設定

緊急時に数値計算を行うユーザの立場では、複雑な操作やそれに伴うミスを生じるリスクは最小化したいと考えるはずである。

そこで、操作を複雑にしないように、緊急調査全体の仕組みと連動し、入力項目や選択項目を定め、操作項目を最小化することは、設計上重要である。例えば、天然ダム決壊に伴う土石流氾濫想定区域を推定する場合、現地調査方法や図上計測項目を、計算への影響度や調査の容易さによって分類すると、限定されたパラメータを取得すれば、ある程度の精度が確保できることが明らかになっている¹⁾。従って、この調査項目だけを入力項目となるようにプログラムを設計すれば、ユーザは複雑な入力データを作成する必要はなくなる。さらに、緊急調査の初動期のみ絞ってプログラムを設計する方針をとったため、選択できる機能は最小限とした。結果として、ユーザは選択項目の設定に迷うことなくプログラムを操作させることが可能となる。

3.2. 操作ミスに起因する誤動作の最小化

誤動作の最小化のためには、誤動作のパターンを分析し、それぞれに対応を施す必要がある。誤動作が発生する原因は大きく分類すると、a) 入力値の異常、b) 単純なプログラム内のバグ、c) 異常な状況を排除する仕組みの不備、d) 中間処理を手作業で実施する際に生じるミス、などが考えられる。b)とc)については、プログラム自体の問題であるため、プログラム設計・実装を行った開発者の責任である。a)とd)はユーザに起因するエラーである。

a) について、明らかな異常値に対して制限を設けることは可能であるが、基本的にはユーザが気をつけるべきであり、習熟することでエラーを減らすことができる。このため、ユーザは、普段から入力項目の作成方法やプログラムの使用に慣れ、緊急時の緊張状態でもミスが無いように習熟する必要がある。一方、通常の何段階もの処理をユーザが実行する場合、ミスを生じやすいのが d) である。例えば、図-1の「地形データの空間座標系の変換」は、多くの場合 GIS を用いるが、必要なパラメータに注意を払い適切な順序で処理を実行する必要がある。そこで、d) に対処するための方法として、処理の自動化を行った。プログラム内部で動作する方法と手順を定め、その過程が自動的に行われるようにプログラミングした。これによって、中間処理作業の中に d) のエラーが介在しなくなる。

3.3. データ準備から結果出力までの時間の短縮

3.1. と 3.2. の結果として、データの入力から結果の出力までの時間が短縮される。つまり、その時間は、入力データ作成の習熟度合と大規模なデータ処理の速度（流体解析部分など）にのみ依存する。

3.4. 使用環境への依存の最小化

使用環境については、種々の端末でも動作するという視点と、データの入手や結果の可視化に関する

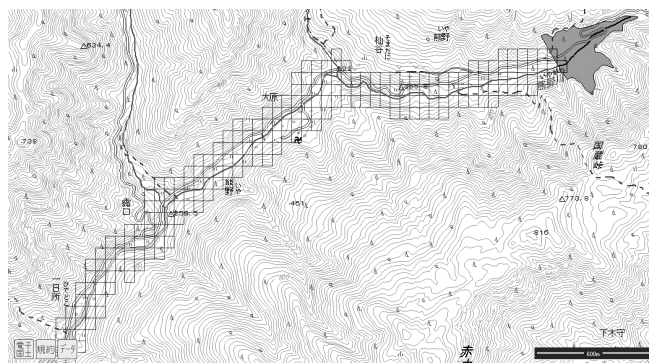


図-2 土石流氾濫想定区域の例

視点で整理する。

前者について、端末にインストールしないと使えないライブラリ等に依存しないように注意した。使いやすさの考え方は種々あるが、GUI のような使用環境への依存度が高い要素が多いと、使用環境が整っていないと動作しないプログラムになる可能性が高い。そのため、QUAD1.0 の UI は、環境への依存度が低いコマンドライン形式とした。

また、後者については、地形の入手と最終結果である土石流氾濫想定区域の可視化の問題を解決する必要があった。地形は全国で整備されている基盤地図情報の数値標高モデルを用いたので如何なる場所でも対象現象が生じても対応できる。また、可視化については GIS や GUI ライブラリがなくてもインターネット環境のみで利用できる国土地理院の電子国土を用いた。電子国土は、背景図として 2 万 5 千分の 1 相当の地形図が整備されている簡便に使える WebGIS である。さらに、サーバと端末との情報の通信範囲が国土交通省内で完結するため、情報漏洩のリスクが小さくなる利点もある。

4. おわりに

改正土砂法が施行された 2011 年度に、より早く正確に計算結果を得ることができるよう、国土交通省のほとんどの地方整備局などで、QUAD1.0 の使用を含む緊急調査の訓練が実施された。

また、2011 年 9 月の台風 12 号の豪雨により紀伊半島で大規模な天然ダムが形成し、9 月 6 日から国土交通省による緊急調査が行われた。QUAD1.0 を使った結果は 9 月 8 日に土砂災害緊急情報として周知された。これらの実績を経て、動作不良の条件や実践での課題も明らかになった。しかし、土石流氾濫想定区域は 1 週間以内に発表できており、初期設計・実装が適切であり、当初の目標を果たせたものとする。

参考文献

- 1) 内田太郎ほか、土木技術資料 53-7, 18-23p, 2011

謝辞

QUAD ver1.0 の開発にあたり、次の方に特に謝意を表します。

国土交通省砂防計画課 企画専門官 (当時) 國友優氏、課長補佐 (当時) 中村圭吾氏、課長補佐 越智英人氏の助言無しには作成できなかった。所属チームの皆さまには開発にご協力頂いた。特に、吉野弘祐氏と木佐洋志氏には開発過程で多大なる協力を頂いた。