

GISを活用した防災情報システムの構築

川崎地質株式会社

事業推進本部企画調整部 大井 豊樹、中部支店 五藤 幸晴、業務本部情報企画管理室 安藤 潤

1. はじめに

GISとは、「あらゆる分野の課題を解決するための意志決定を支援するシステム」である。適切な情報を適切な方法で得ることができるようにすれば防災行政、あるいは市民が自らの身を守るための行動をとる際にも当然有効に活用できる。災害とは、「自然現象が、人間の社会生活や人命に損害・危害を与えること」である。自然現象と社会条件を地理的に重ね合わせて表現できるGISは、自然災害を表現するのに適しているといえる。

当社は、地質調査・コンサルとしてこれまで培ってきた知見を活用してGISによる防災情報システムを構築することで、より有意義な活用方法を見出すことができると考えてこの調査・研究を実施した。

2. 概要

(1) 調査・研究の流れ

調査・研究の流れは、図1のとおりである。

平成12年度は、災害対策一般に関する体系について調査した。また、それを踏まえてGISを活用した防災情報システムのあるべき姿について検討を行った。

平成13年度は、災害の種類として土石流を例に、防災システムの試作を行った。

平成14年度は、それまでの検討を踏まえ、被害予測をする上で重要な流体のシミュレーションに関する検討を行った。

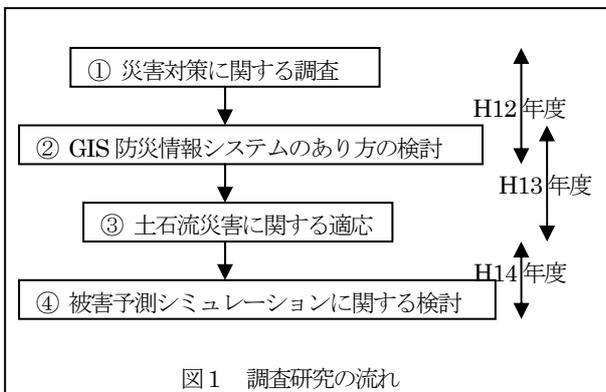


図1 調査研究の流れ

(2) 使用したデータ

GISシステム構築のため使用したデータは、表1のとおりである。

表1 使用したデータ一覧

| 名称 | 提供機関 |
|-----------------------|---------|
| No.88 砂防施設 | 岐阜県 |
| No.90 防災 | 岐阜県 |
| No.91 土石流危険渓流 | 岐阜県 |
| No.93 砂防指定地 | 岐阜県 |
| No.100 危険渓流調査票 | 岐阜県 |
| No.101 渓流別調査票 | 岐阜県 |
| No.102 避難経路調査書 | 岐阜県 |
| No.103 避難場所 | 岐阜県 |
| NO.118 公共・公益施設 | 岐阜県 |
| 数値地図50mメッシュ(標高)日本一II | 国土地理院 |
| 数値地図2500(空間データ基盤)岐阜 | 国土地理院 |
| 数値地図25000(地図画像)岐阜 | 国土地理院 |
| 地域詳細情報レベルデータ | 国土地理院 |
| 5000レベル画像情報 | 国土地理院 |
| No.160-198 PDM | (株)パスコ |
| No.222-233 Zmap-Town2 | (株)ゼンリン |

(3) 利用環境

利用環境は、表2、表3のとおりである。

表2 ハードウェア

| メーカー | 型番 | CPU | メモリ |
|--------------|---------|------------------|-------|
| Gateway | GP6-300 | PentiumII 300MHz | 192MB |
| EPSON DIRECT | NT-800 | PentiumII 300MHz | 160MB |
| EPSON DIRECT | MT-6000 | Pentium4 1.60GHz | 512MB |
| EPSON DIRECT | NT-5000 | Pentium4 1.60GHz | 512MB |

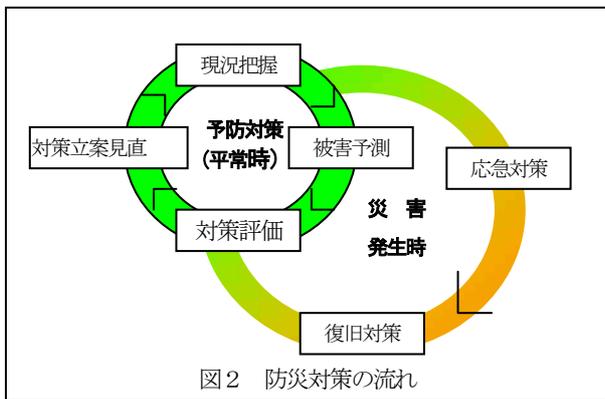
表3 ソフトウェア

| 分類 | ソフト名 | 開発元 |
|------|-------------|------|
| GIS | ArcView3.2 | ESRI |
| 開発言語 | Cygwin(C言語) | — |

3. 調査・研究の詳細

(1) 災害対策に関する調査

災害対策の流れは、一般には図2のとおり①平常時における予防対策、②災害が発生した後の応急対策、③災害が収束しつつある段階からそれ以降に実施される復旧対策に分類される。



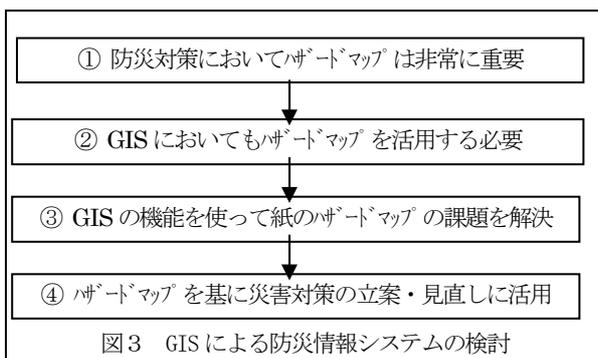
また、国、地方公共団体、その他防災関連機関では、これらのフェーズ毎に防災計画を策定しており、この計画に基づいて対応を行っている。

なお、防災計画の策定に関しては、災害の様相をあらかじめ予測することが重要である。図2では、平常時の予防対策の策定経緯を①現況を把握する→②被害を予測する→③現状の対策の評価→④対策立案および見直しというサイクルとして捉えた。この流れの中で被害を如何に予測するかは重要な問題である。

(2) 防災情報システムのあり方に関する検討

災害の予測は災害対策の基になるものであり、それを図示したものがハザードマップであるが、更に GIS を活用することによって、防災対策の効率は格段に向上するものと考えられる。

また、GIS を活用した場合の防災情報システムの利用方法については、図3のとおり検討を行った。



GIS を活用した防災情報システムは、被害予測を基盤として関連情報を構築し、さらにそれを再評価しながら発展させていく機能を有するべきであると考え。

(3) 土石流災害に関する適応

災害情報システムの一例として、土石流災害を対象にシステムの試作を行った。

1) 土砂災害対策に関する動向

H13年4月1日より「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」が施行され、「基礎調査」が行われることとなった。システムでは被害予測を行えることが重要な機能の一つである。ここでは、上記法律に則り、「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き：(財)砂防フロンティア整備推進機構」の解析をGIS上で実施した。

2) 被害予測機能

被害予測を行う過程で有効な機能は、表4に示したとおりであり、以下、特徴的なものについて記述する。

表4 被害予測のための機能

| 項目 | 方法の概要 | メリット |
|-----------|------------------------------------|-------------------------------|
| 調査対象の絞り込み | 既存集落1km以内、既存道路100m以内のバッファを作成 | 客観的な基準で調査範囲を絞り込むことができる |
| 溪流の抽出 | 水系解析により、ある面積以上から水が集まってくることを溪流として抽出 | 溪流長、渓床勾配の計算 |
| 基準地点の設定 | 調査対象の絞り込み結果と溪流の関係から手動で設定 | 集水域の基点になる |
| 集水域の抽出 | 水系解析により、基準地点に対する集水域をポリゴンとして作成 | 集水域内の地物の抽出や統計をとることが可能/面積計算可能 |
| 危険区域の設定 | 地形解析により傾斜角からを絞り込み、等高線から手動で危険区域を設定 | 危険区域内の家屋の抽出や統計をとることが可能/面積計算可能 |

① 水系の抽出

抽出した水系は、図4のとおりである。このアルゴリズムでは、標高のグリッドデータから水の流れる方向を判別し、多くの水が集まるグリッドを水系として抽出する。他に、水系の谷次数を求めたり集水域を求めたりすることも可能である。

② 危険区域の設定

危険区域を設定する際に使用する傾斜角の表示は、図5のとおりである。統計的に土石流が到達する範囲は、地盤の傾斜が2度以上の範囲をされている。標高データから地形解析により、傾斜角が2度以上の箇所を求めると危険区域の設定を補助することが可能である。

3) 防災対策策定のための機能

新たな防災対策の策定、現状の対策を再評価するための機能について作成した。ここでは主に避難計画に関するものを検討し、各機能の概要を表5に示した。図6は、現況の避難場所について検証したもので、避

難場所と危険区域との道路に沿った距離を図中に示し、避難場所の妥当性を検討する資料とした。

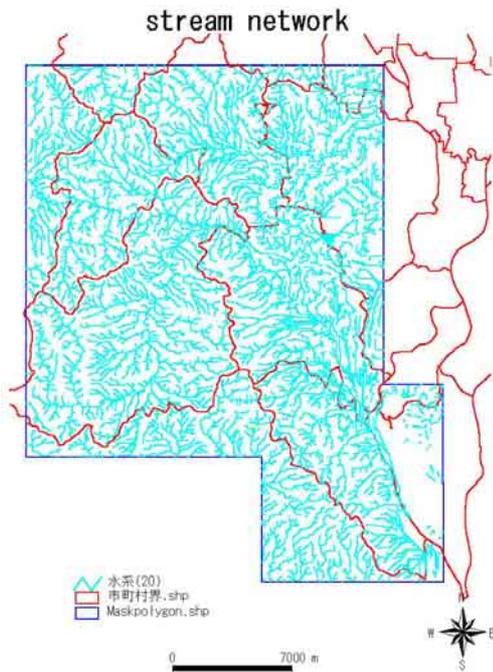


図4 水系の抽出

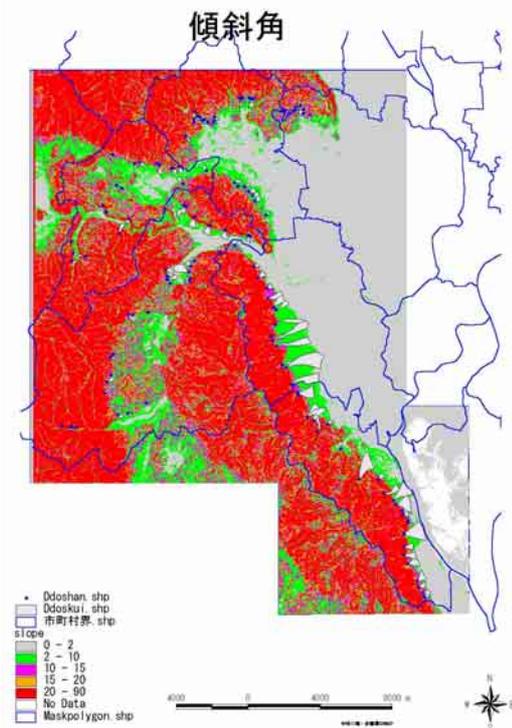


図5 傾斜角による危険区域の抽出

表5 防災対策策定のための機能

| 項目 | 方法の概要 | メリット |
|----------------|--|----------------------------------|
| 既存避難場所へのアクセス評価 | ネットワーク解析のアクセシビリティの評価により、避難場所からの道路網沿いの距離を計算 | 適切な避難計画の策定に寄与 |
| 避難ルートの検討 | ネットワーク解析により、危険区域から避難所までの最適経路を検出 | 避難ルートの距離計算 / 通行不能箇所がある場合の再計算可 |
| 危険区域内の家屋数抽出 | 空間解析により危険区域内の家屋を抽出 | 危険区域毎の家屋数の抽出 / 複数の危険区域に含まれる家屋の抽出 |

避難所の検証

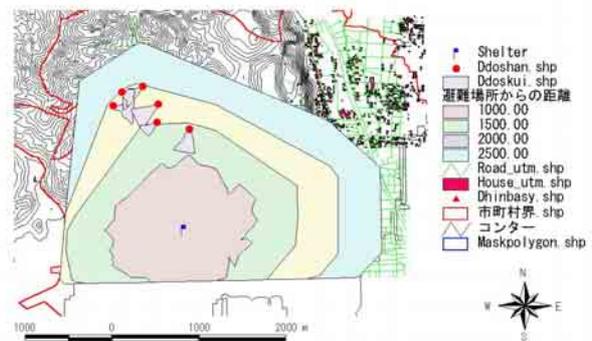


図6 避難場所の検証

(4) 被害予測シミュレーションに関する検討

1) 流体シミュレーションの重要性

被害予測が重要であることから、より精度の高い予測を行うための方法論について検討した。

土石流は、土砂と水の混合物が斜面を流れ下る現象であるが、その他にも表6のとおり高所から低所に向かって物質が流れ下ることによって起こる災害は多い。

表6 物質の流下による災害の例

| 災害の種類 | 災害の特徴 |
|-------|--|
| 火砕流 | 高温の粒子を含むガスが高速で流下する。 |
| 溶岩流 | 山頂、割れ目火口から噴出した溶岩が、粘性によって異なるスピードを呈して流下する。 |
| 土石流 | 土砂と水の混合物で、その発生と停止は傾斜に強く規制される。 |
| 雪崩 | 一度溶けて凍った雪と新雪との境界で滑る表層雪崩などがある。 |
| 洪水 | 河川などから氾濫した水が低所に流れて発生する。 |

これらはそれぞれの物質に応じた挙動の特徴があるが、いずれも広い意味では流体として捉えることができる。そこで、それぞれの流体の特徴をパラメータで表現することで、同じシミュレーションプログラムで解析することができるのではないかと考えた。

2) 支配方程式

まずは流体を非圧縮性を考え、ナビエストークス方程式と連続式を深さ方向に積分した以下の方程式を支配方程式とした。

$$\frac{\partial U_i + U_j}{\partial t} \frac{\partial(\beta_{ji} U_i)}{\partial x_j} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left[A_{ij} \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\tau_{3i}^b}{h + \zeta} - \frac{\tau_{3i}^s}{h + \zeta} = 0$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \{ (h + \zeta) U_i \} = 0$$

3) 洪水シミュレーション

一足飛びに全ての流体に適用できるプログラムを作成するのは困難だと思われたので、まずは洪水のシミュレーションを行った。ここでは粘性のない流体として計算した。

淀川における氾濫シミュレーションの例は、図7のとおりである。シミュレーションでは数値地図 50m メッシュ (標高) を用いて、248×168 の正方グリッド (50m) を作成して計算した。水路、下水、グリッドデータに表れない微地形等については考慮していない。

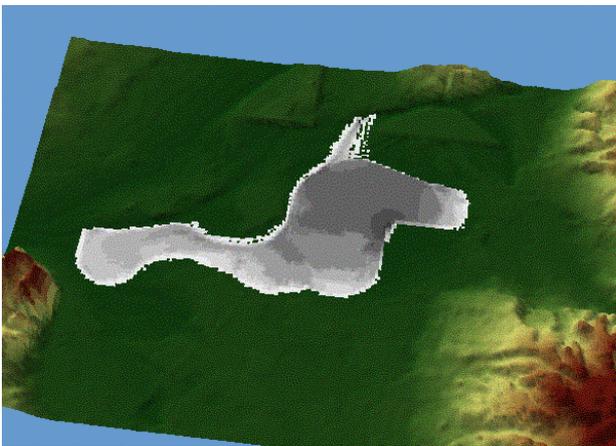


図7 淀川における氾濫シミュレーション

4) CIP 法の検討

CIP 法 (Cubic Interpolated Pseudoparticle method) は、移流方程式の部分を数値拡散の影響がほとんどなく、精度よく解くことができる解法である。また、気体・液体・固体を同時に解くことができると言われている。そこで、ここでは CIP 法とはどのようなものであるかについて検討した。

図8に1次元、図9に2次元の移流方程式のシミュレーション結果を示す。矩形波がほとんど形状を変えずに移動していることが分かる。

4. 今後の課題

本調査・研究では、被害予測機能の重要性を考慮して検討を進めてきた。CIP 法は誤差が少なく汎用性があるシミュレーション手法として、被害予測に活用することが有効であると考えられる。今後は予測手法の確立を行い、GIS との関係を強化したい。

また、本調査・研究では、自然現象の予測の部分に重点を置いてきたが、生活する市民の立場からは、被害程度を予測するために必要な機能についても充実していく必要があると考えられる。

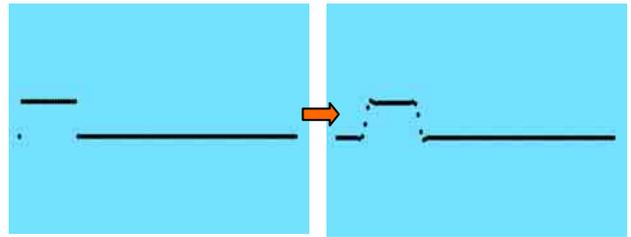


図8 1次元移流方程式のシミュレーション結果

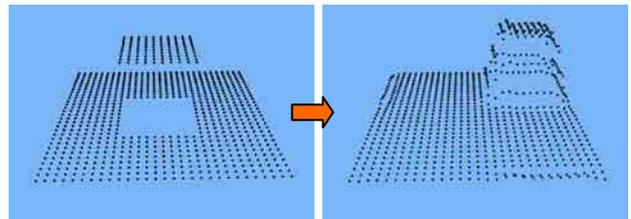


図9 2次元移流方程式のシミュレーション

5. 参考文献等

- 岩佐他(1980)京大防災研究所年報,第 23 号,B-2,p305.
- 高橋他(1984)京大防災研究所年報,第 27 号,B-2,p468.
- 越塚(1997)数値流体力学,培風館.
- 矢部他(1999)日本数値流体学会誌,第 7 卷,第 2 号,p70-81.
- 矢部他(1999)日本数値流体学会誌,第 7 卷,第 3 号,p103-114.
- 矢部他(1999)日本数値流体学会誌,第 7 卷,第 4 号,p133-141.
- (財)砂防フロンティア整備推進機構(2001)土砂災害防止に関する基礎調査の手引き.
- 矢部他(1992)パソコンによるシミュレーション物理

問い合わせ先

川崎地質株式会社

業務本部情報企画管理室

〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15

TEL 03-5445-2071

E-mail: andohj@kge.co.jp

Web <http://www.kge.co.jp/>