

建設省土木研究所 ○藤田 昇 矢沢 昭夫 原 義文

## 1. まえがき

土石流避難警戒体制において、住民が的確な避難をおこなうためには、避難行動のきっかけとなる情報を必要とし、そのうちで最も有効な情報は行政から避難命令（勧告）であろうと思われる。行政が適切な避難命令を出すためには、発令の判断基準となる降雨量や周囲状況などの各種情報の収集を必要とする。また、住民にとっては画一的な避難命令だけでなくその命令の基になった情報も含めて受け取る方がよりスムーズな避難行動を取れると考えられる。このように土石流避難警戒体制においては情報の収集と伝達が非常に重要であるといえる。ここでは総合土砂災害防止対策の中での情報収集伝達システムに要求される機能について検討し、さらに、このようなシステムにとっては、入力から出力までに要する時間（スループットタイム）の短縮が課題であると考え、モデルシステムを想定して、スループットタイムの計算を試みた。

## 2. システムに要求される機能

## 2.1 システムの想定

システムとは、人間がある目的をもって作るハードウェアとの組み合わせと表現でき、システムの中には人間も含まれるし、いくつかのシステムの組み合わせを1つのシステムとすることもできる。

システムの大きさは様々なものが考えられるが、ここでは図1に示すように市町村を基本ブロックとした分散処理システムを想定して検討を進める。

## 2.2 必要な情報

図1の基本ブロックにおける情報要求者は責任者と住民である。責任者が必要とするのは避難命令を発令するかしないかの判断、つまり土石流発生予測のための情報で、①現在の降雨情報、②降雨予測情報、③近隣ブロックの災害発生情報、④自ブロックの災害発生情報が考えられる。また、住民が必要とするのは避難をするかしないかの決断のための情報で、①避難命令、②避難命令に先立つ警報、③自宅周辺情報が考えられる。システムはこれらの情報をスムーズに収集伝達できるように構成しなければならない。ところで、収集伝達する情報は多ければ多いほどよいかというそうではない。情報の価値はその情報を受け取ることによってどれだけの利益を得られるかにあるので、情報の価値を高めるためには、誤りのない適度な量の情報を適切な時期に受け取らなければならない、処理能力を超えるほど情報量が多すぎるはいたずらに混乱を増すだけで意味がない。適切な時期というのは非常に重要で、土石流が流下してしまってから発生予知情報が入っても何らの価値もないし、発生1分前の

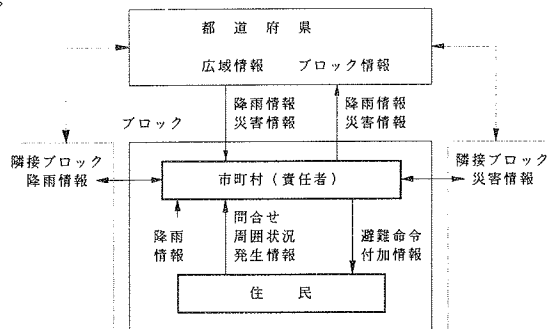


図1 想定システム構成

避難命令は価値が小さいといえる。

### 2.3 情報処理方式

情報処理方式として集中処理型と分散処理型に分けられる。現代は情報化時代などといわれ、通信技術とコンピュータの発達によって集中処理システムを作ることは容易であるが、災害時にすべての通信回線を確認することは困難であり、集中処理システムは一部の回線障害によって全システムに障害を受ける可能性が高い。したがって土石流警戒避難のための情報収集伝達システムは分散処理型でなければならないと考える。

### 2.4 通信回線の構成

情報を収集伝達するためには通信回線が必要である。回線構成方法としてツリー、スター、ループ、ネットなどがあるが、先に述べたような災害時の回線障害を考慮すれば、一部に障害を受けても他の部分でカバーできるネット状回線が最適と考える。なお、警戒避難システムのためだけに全回線を新設することは不経済なので、できるだけ既設の回線の併用を考慮することが望ましい。利用可能な通信回線としては表1に示すものが考えられる。

表1 利用可能な通信網

名称	備考
中央防災無線網	
消防防災無線網	
都道府県防災行政無線	
市町村防災行政無線	
防災相互通信用無線網	
一般放送網	テレビ、ラジオ
緊急警報放送システム	一般放送網利用
加入電話	
民間会社無線	タクシ、運送会社
個人無線	ハム、パーソナル
ニューメディア	宇宙通信、CATV ビデオテックスなど

なお、加入電話はほとんどの家庭に普及しているので安易に利用できる通信網であるが端末部分が有線であるので災害時に機能を確認できない可能性が高い。避難の指示などの連絡は災害発生前なので支障はないと思うかもしれないが、災害が起きるような大雨が降るときは災害が発生するしないにかかわらず、問い合わせなどの一般通話で回線が輻輳し、回線がつながるまでの待ち時間が大幅に増加して必要な通話ができなくなる可能性が強い。したがって重要な情報伝達手段として加入電話だけに頼ることは避けなければならない。

## 3. スループットタイムの検討

スループットタイムとはあるシステムに情報を入力してから処理した情報を出力するまでの時間と定義され、土砂害防止のための情報収集伝達システムでいえば雨量を観測してから住民が安全な場所に避難しおわるまでとなる。現在、土石流発生予知のための基準雨量設定は、土石流発生の1時間前に予知情報を得られることを目標としているので、降雨測定から避難完了までに要する時間は1時間以内に限定され、基準雨量の精度を考慮すればさらに短い時間にする必要はある。

ここでは、システムの動作を図1のの系統図に示すような11個のステージに分割し、各ステージの所要時間を想定して総合スループットタイムを計算する。なお、事前ステージはシステムを有効に機能させるためには重要なステージであるが、リアルタイムである必要はないので計算から除く。

### 3.1 各ステージの所要時間

#### (1) 測定ステージ

地上雨量計として1mm1転倒の転倒ます雨量計を使用した場合の雨量検出周期は、60mm/H雨量強度のときで1分となる。土石流が発生するような降雨は相当な強雨量強度と考えられるので測定時間は1分としてよい。レーダ雨量計を使用した場合は、レーダの特性上5分程度の平均化時間を要する

ため、測定時間としては5分かかることになる。

(2) 伝送ステージ

雨量計と発生予知装置が直結されているシステムでは伝送時間は0である。雨量データの伝送が必要な場合でも、地上雨量計のように点雨量の場合はデータ量が少ないので、伝送時間は1分以内であるが、テレメータシステムなどを利用していくつかの雨量計のデータを1箇所に収集するときは合計時間で考えなければならず、ボーリング方式テレメータを採用したときは5分程度の時間を要する。レーダ雨量計の場合は面雨量のデータ量が多いので、一般に5～10分の伝送時間を要する。

(3) 予知ステージ

降雨量を基に自動的に土石流の発生を予知する場合は1分以内で予知可能であるが、短時間予測降雨量を手動で入力するときは、数値の確認やキーボードの操作に5分程度の時間を要する。

(4) 通報ステージ

責任者が発生予知装置を直接監視する場合は、確認時間も含めて3分あればよいと思われる。直接監視できない場合は予知情報を伝送しなければならないが、電話通報装置を使用したときは最少でも1分はかかるし、回線の混雑を考慮すれば3分程度をみる必要がある。

(5) 判断ステージ

責任者が発生予知装置から予知情報を受け取ってから避難勧告(命令)を出すまでには、気象情報などの確認、周辺現況の確認などをしなければならず、さらに担当官どうしの相談なども必要であると思われるので、数分から10分程度の時間を要する。なお、ローカル型土石流発生監視装置のように自動的に広報までおこなうシステムでは判断時間は0分としてよい。

(6) 広報ステージ

同報方式の場合は、全住民に同時に情報を伝達できるので比較的短時間で済むが、同報システムへのアクセス時間を考慮すると、3～5分程度みる必要がある。なお、ローカル型土石流発生監視装置のように自動的に広報までおこなうシステムでは、アクセス時間が不要なので1～3分で伝達可能である。

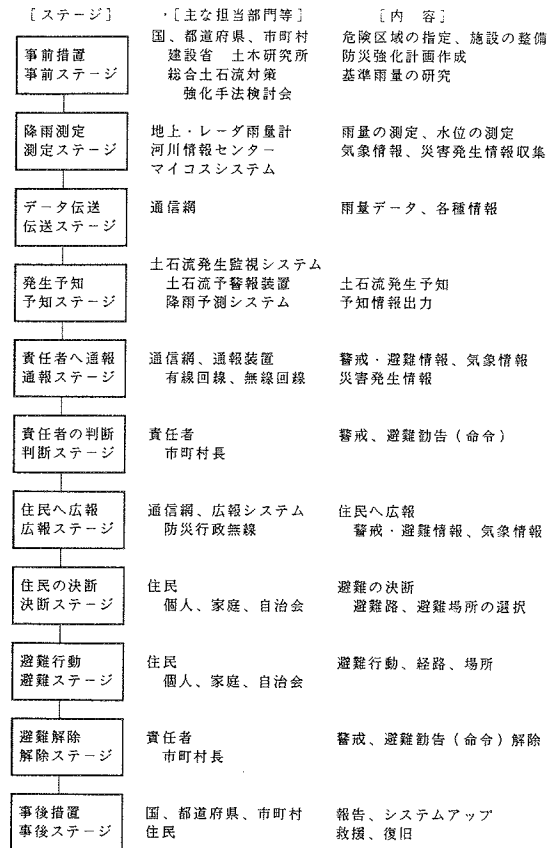


図2 基本モデルの系統図

順次方式の場合は、対象者数によって所要時間が変化するが、例えば電話によって10箇所に伝達するとすれば10分以上かかるとされるし、回線の輻輳があればさらに時間を要することがある。

(7) 決断ステージ

家族や隣人との相談、周囲状況の確認などで5～10分程度の時間を要すると思われる。

(8) 避難ステージ

避難場所あるいは避難経路によって変化するが、災害は夜昼を問わず豪雨の中を老若男女すべての住民が避難することになるので、行動時間は長くても30分が限度であろう。

3.2 スループットタイムの計算

表2はローカル型の土石流発生監視装置を中心とした小規模システム、表3は集中型土石流発生監視装置を中心とした中規模システムの想定スループットタイムである。また、表4は土石流発生予知に予測降雨量を取り入れた大規模システムの想定スループットタイムである。

表4の計算例のように想定スループットタイムが1時間を超えるような場合は各ステージの処理時間を短縮する必要がある。ステージによっては時間を短縮できないもの（例えばレーダR雨量計）もありそういう場合はシステムの構成まで見直さなければならないこともある。いくつかのステージは人間の判断に時間を消費しているので、あらかじめ判断手順を作成しておけば判断に要する時間を大幅に削減することが可能であろう。情報収集伝達システムとしては有効な判断材料をいかに収集伝達するかが課題となる。計算例では避難に要する時間が最も長くなっているが、避難場所や避難経路の設定方法によって短縮することが可能である。また、判断時間や避難時間は訓練によって短縮できる可能性があり、そのための日頃の防災訓練が重要であるといえる。

4. まとめ

有効な土砂災害情報収集伝達システムが機能している間は十分な情報を収集・伝達でき、処理や判断も考え得る最適なものができるので、個人的な処理や判断の度合いは少ないと思われる。もちろんシステム自体は十分な信頼性を持たせ、機能を維持できるように保守を心掛け、時代に対応して改良をしていかなければならない。しかしながら災害は往々にして予測外の事態を生じるものであるし、一旦災害が発生した場合はシステムが最後まで機能し続ける保証もない。現に過去の災害において通信回線の切断や停電によって情報伝達に支障をきたした事例が多い。システムが障害を受けたときの最後のより所は個人の判断であり、自分の命は自分で守るという心掛けである。したがって、土砂災害情報伝達システムのようなソフトウェアや砂防ダムなどのハードウェアの整備も重要であるが、同時に各個人の防災意識の確立のための啓蒙も併せてを望みたい。

表2 小規模システムのスループット計算例

ステージ	時間(分)	条件
測定	1	転倒ます雨量計
伝送	0	
予知	1	雨量計直結
通報	0	左側は直接広報
判断	0	
広報	3	同報方式
決断	3	
避難	～5	
	～30	
合計	40分	左側は自動広報方式

表3 中規模システムのスループット計算例

ステージ	時間(分)	条件
測定	1	転倒ます雨量計
伝送	1	
予知	1	テレメータ
通報	3	電話通報
判断	～10	
広報	5	同報方式
決断	～5	
避難	～30	
合計	～56分	

表4 大規模システムのスループット計算例

ステージ	時間(分)	条件
測定	5	転倒ます雨量計
伝送	10	
予知	5	NTT回線で伝送
通報	3	降雨予知値手動入力
判断	～10	電話通報
広報	5	同報方式
決断	～5	
避難	～30	
合計	～73分	