

5.1 リアルタイム計測情報を活用した土砂災害危険度情報の作成技術の開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：土砂管理研究グループ（火山・土石流チーム）

研究担当者：石塚忠範、木下篤彦、高原晃宙

【要旨】

平成 20 年 3 月より全国で都道府県の砂防部局と気象台が連携し、豪雨による土砂災害に対する警戒避難体制の構築支援のために、「土砂災害警戒情報」の発表が行われているが、地形・地質等の違いによる影響が十分に加味されていない等の課題が指摘されており、土砂災害に対する警戒避難に資する危険度情報作成技術を確認することが求められている。平成 25 年度は、土砂移動時刻を正確に記録する為の安価で容易に製作可能な機器の開発と現地での検証実験の実施及び大規模土砂移動検知システムのマニュアルの作成を行った。また、土砂災害現象の時間変化に従い、住民の避難行動を把握する為にマルチエージェントモデルを用いて計算を実施し、避難開始のタイミングが避難所要時間に及ぼす影響などを検討した。

キーワード：土砂移動現象記録、マルチエージェントモデル、避難行動シミュレーション、土砂災害情報

1. はじめに

平成 20 年 3 月より全国で都道府県の砂防部局と気象台が連携し、豪雨による土砂災害に対する警戒避難体制の構築支援のために、「土砂災害警戒情報」の発表が行われている。しかし、現行の土砂災害警戒情報は、①実績の乏しい地域・現象に対して精度が劣る可能性が高い。②地形・地質等の違いによる影響が十分に加味されていない。③降雨のみを指標としているため、切迫性が伝わりにくい。④市町村単位の情報であるため、避難の対象地域が絞り込めない、などの課題が指摘されている。実際、土砂災害警戒情報の発表が進められてきているにもかかわらず、土砂災害発生前に警戒情報が発表されていない事例もあり、土砂災害発生前に避難勧告が発令されていない場合も多い。①～④の課題を解決するため土砂災害警戒避難に資するきめ細かい危険度情報作成技術が必要とされている。

平成 25 年度は、このうち①及び③の課題に関して、危険度評価手法の検証及び精度向上のための崩壊検知事例の蓄積を目的とした、簡易で安価な機器を開発し現地検証を行った。

また、③の課題に関して、全国で整備が進んでいる大規模土砂移動検知システムの検知技術の適用性の検証を目的とした構築マニュアル及びシステムにより得られたデータの判別手法を示した判定マニュアルの作成を行った。

④の課題に関して、マルチエージェントモデルを用いて避難対象者となる住民の避難行動のシミュレーションを実施した。

2. 簡易な土砂移動ロガーの開発

2.1 簡易ロガーの必要性

土砂災害に対する警戒避難において、斜面崩壊の発生場所・発生時期の予測は重要であり、研究・技術開発が進められている。

当チームでは、これまでに斜面崩壊発生の危険度評価や斜面監視機器の開発・試験運用を実施してきたところである^{1), 2)}。これらの技術をもとに山地斜面での崩壊発生と河川水位・流量等との対応を分析することで、防災担当者が避難勧告・指示の判断をするために必要な情報の提供、及び土砂災害警戒情報の精度向上を目標として研究を進めている。

これらの検討を行っていく上では、出来るだけ正確な斜面崩壊発生時刻情報が必要である。しかし、これまで前兆現象も含めた災害発生の時刻情報は住民からの聞き取りによるものが主であり、同じ現象に対して 30 分以上の相違があることが多いのが現状である。一方、機器によって山地における斜面崩壊の正確な時刻が得られた事例は 1 件報告されているのみである^{3), 4)}。

正確な発生時刻データを蓄積するには、監視機器を数多く設置することが一つの手段として考えられるが、既往の機器は土砂移動現象の発生情報を防災

関係機関等へ伝達することを目的として開発されたことから、データロガーとの通信やソーラ電源等の付帯設備を必要とするため、山地の1斜面に設置するだけでも数十万円以上の費用が必要となり、コスト面で課題が残されている。そこで、基礎データを収集すること、多点設置することを目的として、乾電池を電源として機器単体で斜面崩壊発生時刻を正確に記録できる安価な斜面監視機器、「土砂移動時刻ロガー」を開発した。

2.2 開発の基本要件

上述のような背景のもと、本研究では、土砂移動発生時刻の記録に機能を特化した、安価で容易に作成・設置が可能な検知機器を開発するものとした。その開発条件は以下のとおりである。

- ・材料費 1万円程度 (安価な市販品の組合せ)
- ・製作に係る時間は1機 2~3時間程度
- ・簡素な構造で一般的な工具で作業可能
- ・乾電池で稼働し、設置が容易
- ・基本的に調査・研究での使用を想定し、通信機能は不要

2.3 機器開発及び検証

2.3.1 機器構成と検知の原理

(1) 機器の構成

本機器は、主に①斜面崩壊発生時刻を記録するGPS、②GPSに電気を供給するタイマーリレー、③斜面崩壊を検知するリードスイッチ、④マグネット及び⑤電源(乾電池)によって構成され、⑥弁当箱程度の大きさの容器に収容が可能である(文中の番号は写真-2.1と対応)。各部品はいずれも既存の市販品で、材料費は合計1万円以下、一般的な工具のみで製作でき、1機あたりの製作時間は2~3時間程度である。既往の機器は専門のメーカーからの購入となり1機あたり10~20万円程度必要だったのに対して、入手が容易で製作まで含め全体的に大幅なコスト削減が可能となった。

(2) 検知の原理

本機器は、以下のような原理で斜面崩壊等土砂移動現象を検知し、発生時刻を記録する。

- ①斜面崩壊等土砂移動現象によってマグネットがリードスイッチから離れ、リードスイッチが通電する。
- ②タイマーリレーに給電され、同時にGPSが起動する。
- ③GPSは衛星から1秒ごとに時刻情報を取得するよう設定し、GPS内部のロガーに記録する。(平

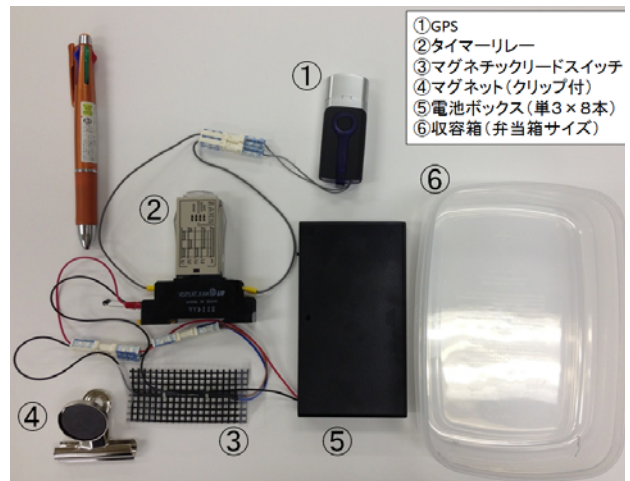


写真-2.1 土砂移動時刻ロガーの構成

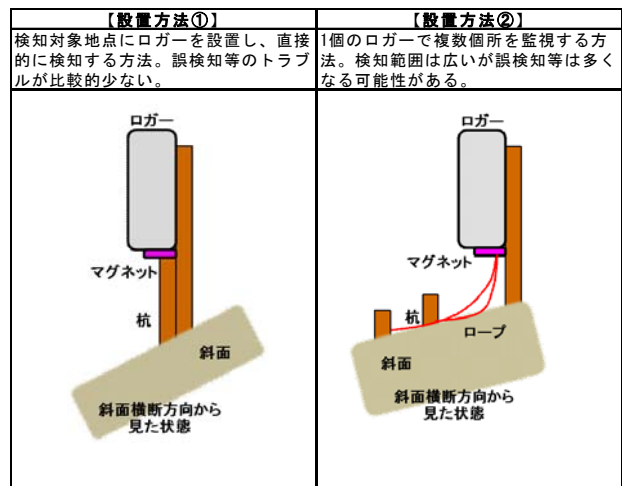


図-2.1 現地設置方法

常時は起動していないので、GPSによって正確な時刻を得る)

- ④所定の時間でタイマーリレーがGPSへの給電を中止する(山地斜面ではGPSが衛星を捉えるのに1~2分を要するので、5分以上で設定)。
- ⑤GPSが記録した最後の時刻から④の時間を差し引き、斜面崩壊発生時刻を得る。

本原理には、以下のような利点がある。

- ・イベント発生時のみ起動することから、省電力化を図ることができること
- ・起動後にGPSが時刻情報を取得することから、事象の発生から概ね5分以内の精度で正確な時刻を記録することができること
- ・安価な部品を用いることができ、製作コストを抑えられること
- ・接触式の検知方法であり確実なデータを取得できること

- ・簡素な構造・原理であることから、他の現象にも応用が可能であること

2.3.2 現地適用性の検証

(1) 設置方法の検討及び室内検証実験

図-2.1 に示すように、誤検知が少なく確実なデータを取得する設置方法①と、1 機でより広い範囲をカバーする設置方法②を考案した。

それぞれ、現地への設置前に室内にて簡易な実験を行い、土砂移動の検知（GPS の起動）が可能であることを確認した。

(2) 現地検証実施箇所

現地検証フィールドとして、土砂移動の活発さ、既往研究の蓄積等の観点から京都大学穂高砂防観測所神通川水系のヒル谷試験流域（岐阜県高山市）及び日光砂防事務所管内大谷川支川の稲荷川流域を選定した。いずれも土砂移動が活発な積雪地で、融雪期の斜面崩壊の可能性を探るため、積雪期も通じての検証とした。ヒル谷試験流域には、2013 年 7 月に源頭部崩壊裸地斜面（写真-2.2・設置方法①図-2.1）及び既往観測斜面（設置方法②図-2.1）に、稲荷川流域には同年 8 月に段丘の崩壊地（設置方法②図-2.1）に設置した。



写真-2.2 設置状況

(3) 検証結果

検証結果として、以下のような結果を得た。

- ①設置が容易で付帯設備が不要のため、既往機器の半分以下のコスト・時間で設置が可能である。
- ②融雪後の現地調査で機器の稼働を確認し、通年での設置に十分な耐久性を有することを確認した。
- ③動物の接触や雪の重みによってマグネットが外れた機器もあった。今後、誤検知を減らすため

の工夫（埋設して設置するなど）を考える必要がある。

2.4 課題と今後の展望

本研究による課題として、以下が挙げられる。

- ・マグネットの固定方法の改良と設置方法の改良（ロガーの半埋設とロープの埋設・固定）
- ・データの回収において、機器全体を交換する現状の方法から GPS のみを交換できる構造への改良

また、展望としては次のように考えている。

- ・土砂移動時検知データを蓄積し、周辺の雨量計や河川・溪流水位・濁度・土壌水分・電気伝導度など、土砂移動に影響を与える水文観測項目や指標値の検討を行う。また、観測のインターバルなどについても検討する。
- ・斜面崩壊以外の現象（側岸侵食、ガリーの発達、流木移動、河床変動等）に対する適用性の検証
- ・機器自体が小さく目立たないこと、電源設備等が不要なこと、現地の攪乱・景観への影響が少ないことから、設置に対する周辺環境へ与える負荷はこれまでの機器より低減できていると評価できる。

3. 大規模土砂移動検知システムに関するマニュアルの作成

火山・土石流チームでは、平成 24 年度に土木研究所資料第 4229 号大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案）（以下、センサー設置マニュアルとする）を公表している。今年度は、「大規模土砂移動検知システムにおける調査・機器設置・システム構築マニュアル（案）（仮称）」及び「大規模土砂移動検知判定マニュアル（案）（仮称）」を作成した。

3.1 大規模土砂移動検知システムにおける調査・機器設置・システム構築マニュアル（案）（仮称）の作成

マニュアルの主な項目は以下のとおりである。

- ・大規模土砂移動検知システムの概要
- ・観測局の計画、調査、設置
- ・通信方法・通信機器の検討
- ・監視局の構築
- ・振動データの保管
- ・システムの点検・維持管理

本マニュアルでは、センサー設置マニュアルに記載した観測局の設置方法に加えて、監視局の構築手法や仕様、留意点、観測局と監視局を結ぶ通信を設

置した際の通信状況を確認する手法等を記載した。あわせて、システムを構築するにあたり、必要となるチェックリスト（案）も掲載した。

3.2 大規模土砂移動検知判定マニュアル（案）（仮称）の作成

本マニュアルの主な項目は以下のとおりである。

- ・大規模土砂移動検知システムの概要
- ・システムの自動処理手順
- ・大規模土砂移動、ノイズとなる地震や人工由来の振動などの各イベントの特徴
- ・大規模土砂移動の誤検知判定方法

本マニュアルでは、システムの自動処理手順を示し、大規模土砂移動事例や大規模土砂移動と同じようなデータ状況を示す遠地地震の事例データ、明らかなノイズを示した事例を収集し、マニュアルに記載した。

4. マルチエージェントモデルによる避難行動シミュレーション

4.1 研究の背景と目的

土砂災害対策において、ハード対策の推進と同時に、ソフト対策を効果的に進めていくことの重要性が高まっている。しかし、降雨のみに基づく情報提供では、自治体による避難の呼びかけや、住民の避難行動の契機になりづらいことが明らかにされている⁵⁾。このため、複数の情報を提供したり、複数の段階に分けて発信するなど、「いつ」「どこ」が危険かわかるきめ細かな情報となるよう、検討が重ねられている⁶⁾。

情報の多様化、多重化は、避難勧告等の発令等の判断材料が増えることとなり歓迎すべきことである一方で、大量の情報の集約と判断には、伝達される情報の正確な理解と判断が必要であり、基礎的な知識や事前の訓練が不可欠であると考えられる。

災害を経験している地域では、被災時の経験や、その後の訓練などにより、スムーズに対応が進む場合があるものの、その他多くの自治体住民は、豪雨災害による避難経験がない場合が多い。その場合、時々刻々と変化する状況と、情報の集約・理解がうまく進まず、対応に結びつかない可能性があり、情報の内容や活用方法の理解の促進についても、並行して取り組む必要がある。とりわけ、いかにして経験したことの無い事象に対して避難等対応の必要性を実感するかは非常に重要である。このため、最近では、自治体関係者のほか住民参加型の訓練の事例も増えてきている。

訓練の中では、ハザードマップや、災害時のイメージ動画を見せることが多いが、近年はマルチエージェントモデルによる避難シミュレーションを合わせて示す取り組みもある。

本研究で実施したマルチエージェントモデルは、エージェントひとつひとつに、自律性が与えられ、行動ルールに基づいて与えられた場面に対応する人間の行動をモデル化することができる。土砂災害特有の、豪雨～土砂移動～河床上昇～土砂氾濫などの一連の現象の時間変化と、住民の移動、避難時の途絶経路の発生などの災害の状況を俯瞰するツールとして、情報提供のタイミングや、避難の開始時刻、避難先などを自由に変えて比較することで、これまでイメージしにくかった災害時の状況を疑似的に経験できる効果が期待される。

そこで本研究では、すでに土砂生産から土砂・洪水氾濫の一連の現象についてモデル化されており、計算可能な六甲山系住吉川流域を対象に、マルチエージェントモデルを用いて住民の避難時間に関する検討を実施し、土砂災害に関連する現象の変化と住民の避難行動時間の関係について考察するとともに、砂防事業を対象としたマルチエージェントモデルの適用可能性について検討した。

4.2 研究手法

4.2.1 土砂災害シナリオの作成

本研究では六甲山系において構築されている「リアルタイムハザードマップシステム」⁷⁾（以下、「六甲システム」と呼ぶ）の対象範囲のうち、住吉川流域の上流（図-4.1の①）、中流（同図②）、下流（同図③）の3区域とした。各区域は1～1.5km²である。

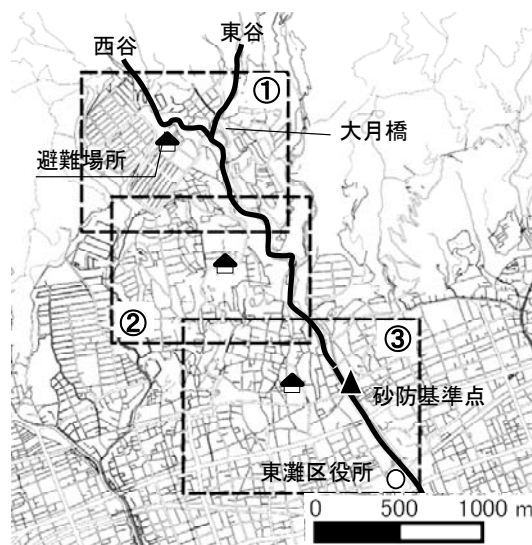


図-4.1 検討対象区域

マルチエージェントシミュレーションのシナリオとなる土砂災害現象の時系列は、次項に述べるハイエトグラフを与えて、六甲システムのもつ分布型流出解析モデル、無限長斜面モデル、住吉川本川における一次元土石流モデル、二次元土砂氾濫計算によって推定した。

4.2.2 対象ハイエトグラフ

災害実績のある1938年（昭和13年）7月5日降雨のハイエトグラフ（神戸海洋气象台地点）を対象とした。ただし、この災害は日雨量規模では200年確率規模に相当するが、短時間雨量強度（最大10分間降雨強度）については7.9mmと過去に経験した上位の降雨と比較して少なく、山地流域では平地よりも強い降雨が生じる場合が多いことも考慮して、ピーク時の10分間雨量を既往最大値である36.5mmに置き換えて作成した（図-4.2）。

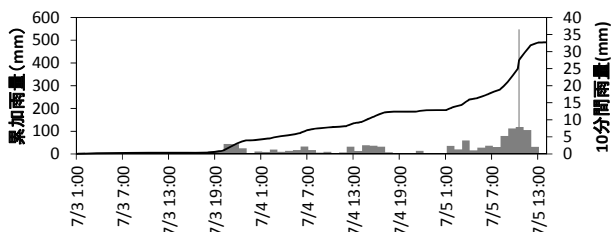


図-4.2 対象ハイエトグラフ

4.2.3 生産土砂量と給砂タイミング

生産土砂量は、堤内地側で土砂堆積が発生し、土砂移動による被害発生が顕著に確認できる条件を採用した。具体的には、検討対象領域の計画検討時の諸条件（崩壊深、土砂流出率）の考え方において危険側を採用した場合の土砂量（133.5万m³）を、土石流として給砂した。

なお、六甲システムでは、分布型降雨流出モデルを採用しているため、発生する土砂災害現象を連続的に把握できるが、崩壊により斜面上で不安定化した土砂が土石流化して河道まで輸送される過程については再現できていない。このため、給砂のタイミングは一次元河床変動計算区間の上流端において生産土砂量の上限値に相当する土砂が侵食可能な区間を設定し、降雨ピーク時刻以降、土石流として流下するように設定した。

4.2.4 マルチエージェントモデルを用いた避難シミュレーション実施条件

避難の前提条件及びエージェントの行動モデルは最低限のシンプルな条件のみとし、避難タイミングの違いによる避難時間の変化の試算をした。

基盤データとして、道路データは、国土地理院で公開する基盤地図情報縮尺レベル2500の道路縁データから、リンク（経路）とノード（交差点及び道路端点）を作成して経路ネットワークを構築した。

エージェントの初期配置条件となる建物位置については、同様に基盤地図情報縮尺レベル2500の建物データを用いた。

各区域に配置するエージェント数は、住民基本台帳に記載された各町丁目に該当する人口に、土砂災害発生時の避難率（10%）を乗じて求めた。避難率に関して近年の土砂災害時の実績を整理した事例では、対象世帯数が50世帯以上になると避難率は数%まで減少することが示されており⁸⁾、本研究では10%と設定した（表-4.1）。

エージェントの初期配置は、基盤地図情報の建物データ（ポリゴン）の分布する範囲に対して、配置数が合うようにランダムに設定した。また、配置するエージェントの属性は、ここでは各区域の該当する町丁目の高齢者（6歳以下、65歳以上）と健常者の比になるようにランダムに設定した。

表-4.1 各区域に配置するエージェント数

	推定区域人口	配置エージェント数 (うち歩行困難者比[%])
区域1	11,102	1,100 (36.4%)
区域2	10,986	1,100 (33.0%)
区域3	20,930	2,100 (29.0%)

表-4.2 エージェントの行動ルール

項目		設定概要
初期条件	避難者の配置	建築物の範囲にランダムに配置。配置数は住民基本台帳から設定した値。
	属性の設定	住民基本台帳に基づく年齢比
	避難率	10% (既往実績等より設定)
移動開始条件		同時 (複数ケース検討)
移動先		市の指定する避難所
避難経路	最短経路探索	ワーシャルフロイド法
	迂回時の条件	避難経路にかかる斜面要素が崩壊流動深50cm以上
避難速度	平常時	健常者: 1.0m/s 7歳以下・65歳以上: 0.5m/s *勾配補正係数: $\alpha = 1 - 0.0177\theta$ *密度補正: 1.5~3.8人/m ² : 0.5m/s 3.8~6.5人/m ² : 0.2m/s 6.5~人/m ² : -
	浸水時	水深50cmで移動速度0m/s。 50cm以下は線形に低下。

エージェントの移動条件として、移動開始時刻と、移動場所、移動速度、迂回条件などが必要である。これらのエージェントの移動ルールについては、アンケート結果に基づいたり、実験的に求めたり様々な事例があるが⁹⁾、本研究では、簡素な条件として、主に既往文献に示された条件^{10)~13)}をもとに、移動速度と迂回条件のみの設定としている(表-4.2)。これらのより適切な値の設定方法については今後の重要な課題でもある。移動開始時刻は、全エージェント同時とし、検討ケースを変えて複数比較し、移動場所は、各区域内の指定された避難所(学校等)とした。

4.3 研究結果と考察

4.3.1 土砂災害現象の時間変化

ここでは、住民が事前に避難する場合に重要となる条件として、次に示す事象が生じた時刻について時系列で整理した(図-4.3)。住吉川上流域で最初に崩壊が発生しはじめたのは、累加雨量205mm、午前1:50時点であった。その後、微増傾向が続くが、8:00以降、崩壊土量は急増を始める。また、避難経路に隣接する市街地では10:30に最初の崩壊が発生し、12:00以降、新たな崩壊は発生しない。従って、警戒避難上の契機となる時刻は、1:50、8:00、10:30であった。

本川流量がピーク流量を記録するのは、降雨ピークと同時期の10:30~10:40である。また、土砂・洪水氾濫が開始するのは、上流の西谷上流堰堤付近で10:50、下流砂防基準点下流では11:17である。ここで、12:00以降、新たな斜面崩壊が発生していないのに対し、下流氾濫開始点ではこの時刻から氾濫が開始する。本研究のシナリオでは、斜面崩壊が、かなり早い段階から累加雨量に比例するように増加し、一定量に達するとそれ以上増加しないのに対し、土

砂・洪水氾濫は越流後に急速に状況が変化する。これらの時間的な関係は、ハイエトグラフや流出特性、上流域の崩壊しやすさ、河道断面などの相互の関係から変化すると考えられる。

4.3.2 避難時間の変化

避難シミュレーションとして、表-4.3に示す時刻に、避難を開始したとして、避難所要時間を算出した。その結果を表-4.4、図-4.4に示す。土砂氾濫タイミングの差から、区域1・区域2では西谷・東谷流量ピーク直後の避難開始のケース(ケース1)から避難の遅延が始まるのに対して、区域3ではその1.5時間後の避難開始のケース(参考2)から避難時間の遅延が始まり、経路の途絶により避難所に到達できないエージェントが生じることが確認できる。

土砂・洪水氾濫が始まる以前と、氾濫の発生やピーク発生タイミング前後に避難を開始した場合について、避難達成時間を比較する。各区域は長辺を約1.2kmとしており、単純に計算すると、避難時間は概ね15~20分と考えられる。しかし、ランダムで配置した歩行困難者や、ネットワークの影響により、避難経路上の障害が発生しない場合でも、20~30分を要することがわかる。そのため、最初の崩壊や崩

表-4.3 避難開始タイミング

	避難開始	契機になる現象
ケース0	8:00	斜面崩壊の急激な増加
ケース1	10:40	避難路の一部で崩壊発生・降雨・流量(東谷)ピーク
ケース2	11:00	西谷堰堤上流付近で氾濫開始
ケース3	11:30	新落合橋下流で氾濫開始
参考1	12:00	(下流氾濫開始から40分後)
参考2	13:00	(下流氾濫開始から100分後)

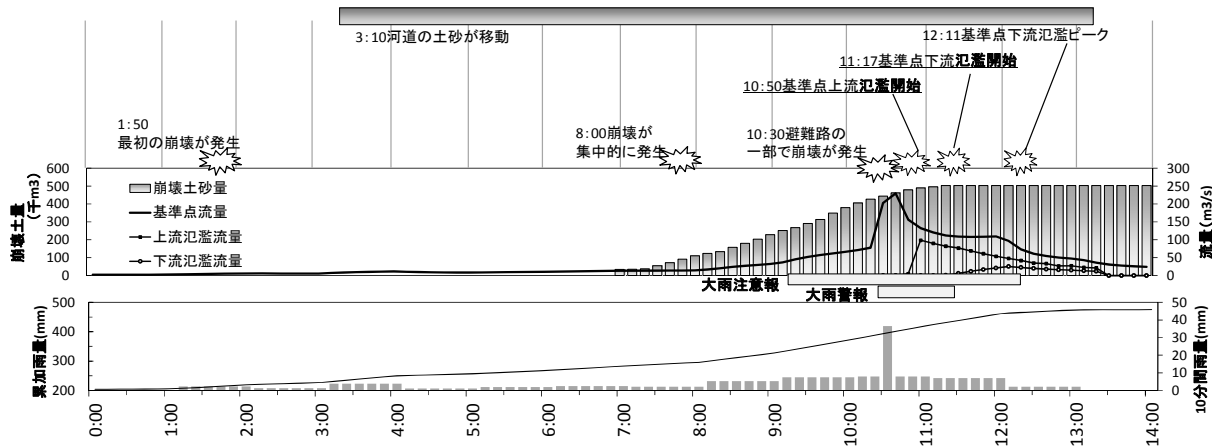


図-4.3 リアルタイムハザードマップシステムによる土砂災害関連事象の時系列

壊の急増を契機にした避難開始では避難時の移動に土砂氾濫の影響は受けないが、降雨ピーク・流量ピーク後の避難開始では、避難時間が遅延し、避難所に到達できない恐れがあることがわかる（図-4.5）。また、区域1と区域3では避難時間の遅延が生じる避難開始時刻の間に1時間半以上の差があり、下流の区域に対しては、上流の土砂・洪水氾濫を契機にしてもまだ避難時間が確保できることがわかる。

以上から、本研究で検討対象として設定したハイエトグラフに対しては、土砂災害が急増し始める時刻以前に避難を開始すれば、モデル上平常時と変わらないが、降雨ピーク・流量ピーク後の移動は、所

表-4.4 80%避難達成時間

	開始時刻	区域1	区域2	区域3
ケース0	8:00	0:27:10	0:24:00	0:21:10
ケース1	10:40	0:31:40	0:24:00	0:21:10
ケース2	11:00	0:41:30	0:58:30	0:21:10
ケース3	11:30	0:51:20	(80%に満たない)	0:21:10
参考1	12:00	-	-	0:21:10
参考2	13:00	-	-	0:26:20

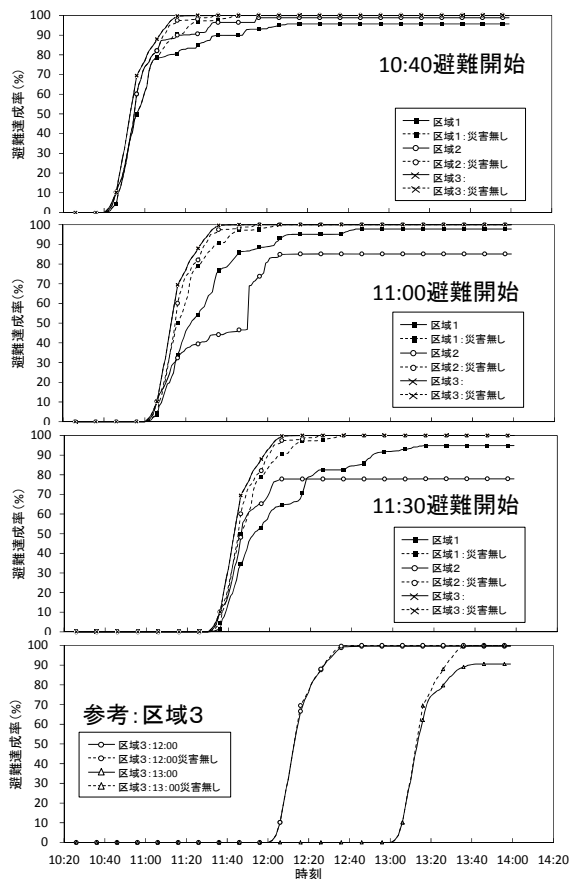


図-4.4 避難時間計算結果

要時間が長く、到達できないエージェントが生じることがわかった。このことから、土砂移動を示す監視・観測情報を避難の契機としても、十分に避難時間を確保する場合があることが確認できる。

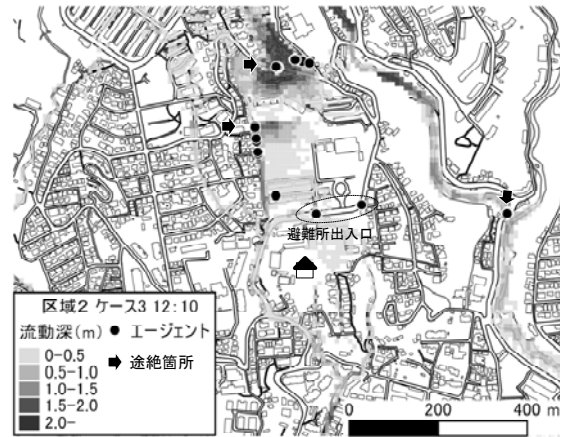


図-4.5 避難時間計算結果（区域2：ケース3：12：10）

4.4 マルチエージェントモデルの活用可能性と今後の課題

本研究で、降雨～崩壊発生～土砂・洪水氾濫の一連の現象と、それを条件とした避難シミュレーションを実施した。その結果、一連の現象の発生タイミングと、それによる避難時間の変化を確認することができた。その際、検討したハイエトグラフに対しては、斜面崩壊の初発及び集中的な崩壊発生を契機に避難行動を開始すれば、土砂・洪水氾濫の発生より先に安全な避難所に移動することが可能であることを示すことができた。

実際の豪雨時に、同様の現象、同様の避難状況が再現されるものではなくても、本検討のような単純な条件による検討だけでも、図-4.3～図-4.5のように「河川流量のピークよりも早い段階で、斜面崩壊が発生し始めた」「土砂・洪水氾濫が発生するよりも、早いタイミングの避難が安全」、「氾濫後の避難は非常に危険」、「土砂氾濫時には通行できない街路が発生する」など、警戒避難上重要な情報が得ることができた。また、将来的に検証が進み再現性が向上すれば、地震分野などと同様に事前の避難時間の試算などにも活用できることが期待できる。一方、地域住民に対して、早めの行動の喚起に加え、実際の山間地での現象やそのあとに発生する現象を想像する学習ツールとして、活用が期待できる。

今後、よりきめ細かな災害情報の作成においては、降雨等の観測情報に加え、このようなそれぞれの地

域特有の避難時の制約条件なども考慮できるよう本手法の活用方法の検討を進めたいと考える。

参考文献

- 1) (独) 土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：土木研究所資料第 4129 号表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル (案), 2009
- 2) (独) 土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：「土砂災害の警戒避難支援のための斜面崩壊検知センサーの開発」共同研究報告書, 2009
- 3) 西村義・幸田学・山口昌志：斜面崩壊検知センサーによる表層崩壊の検知について～石狩川上流における事例～, 第 61 回平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, p652-653, 2012
- 4) 早川智也・小原大輔・福田謙太郎, 水谷佑, 西村義, 幸田学・山口昌史：表層崩壊発生時の水文観測データに関する分析と考察 (石狩川上流における検知事例について), 第 62 回平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pB-324-B-323, 2013
- 5) 富田陽子・秋山怜子・岡本敦：「土砂災害警戒情報」及び「土砂災害警戒情報を補足する情報」の運用実態, 砂防学会誌, Vol. 66, No.1, p53-57, 2013
- 6) 栗原淳一、山越隆雄、大谷忠夫、島直樹、佐口治、臼杵伸浩：わかりやすい土砂災害情報に関する社会実験、平成 19 年度砂防学会研究発表会概要集、pp196～197、2007
- 7) 木下篤彦・神野忠広・岡本敦・一言正之・小野寺勝・桜庭雅明・杉山実：六甲山系におけるリアルタイムハザードマップシステムの構築, 砂防学会誌, Vol. 66, No.1, p.15-22, 2013
- 8) 水野正樹・富田陽子・桂真也・小山内信智・花田良太・安田武道：災害情報を用いた土砂災害時の住民の避難率の分析, 砂防学会誌, Vol.65, No.3, p.29-34, 2012
- 9) 西畑剛・森屋陽一・田村保・瀧本浩一・三浦房紀：津波浸水時の避難条件に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 52 巻, p.1256-1260, 2005
- 10) 津波避難ビル等に係るガイドライン検討会・内閣府政策統括官 (防災担当)：津波避難ビル等に係るガイドライン, 73p, 2005
- 11) 源貴志・成行義文・藤原康寛・三神厚：津波避

難シミュレーションシステムの開発と地区の避難安全性評価への適用, 第 30 回土木学会地震工学研究発表会論文集, 4-0030, 2009

- 12) 国土交通省：「洪水ハザードマップ作成の手引き」, 2013
- 13) 目黒公朗・織田浩平：津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発, 生産研究, 57(4), p.155-159, 2009

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SEDIMENT-RELATED DISASTER WARNING USING REAL-TIME MONITERING DATA

Budged : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2014

Research Team : Volcano and Debris Flow Research Team

Author : ISHIZUKA Tadanori

KINOSHITA Atshuhiko

TAKAHARA Teruyoshi

Abstract :

The Sediment-related Disaster Warning Information is used to support early warning system (EWS) of local government. However, the issues that are weak arguments about difference of topography and geology have been pointed out, and it is required to establish technology to create dangerous information for warning and evacuation.

This study has mainly four purposes toward usable information for EWS of local government. First is accuracy improvement against region and event with a few disaster records. Second is accuracy improvement with taking into topographical and geological features. Third is development of more urgent information with other indices than only rainfall data. Last is development of detailed study of warning information in smaller administrative units, which based on research administrative areas of the Sediment-related Disaster Warning Information.

Key words : The Sediment-related Disaster Warning Information, Early Warning System (EWS)