

# 土石流氾濫シミュレーションへのセルオートマタの適用に関する研究

関西大学 総合情報学部 正会員	広兼 道幸
関西大学 総合情報学部 正会員	古田 均
関西大学 総合情報学部	島田 良範
旭情報サービス	内藤 一馬

## 1. はじめに

わが国は、国土の大半が山地によって覆われており、斜面災害や地震などの自然災害が非常に多い国である。中でも、台風や梅雨時期に発生する集中豪雨によって引き起こされる土石流による死者や行方不明者の数は、水害によるものの30%を占めるとも言われている<sup>1)</sup>。土石流とは、水を含んだ大量の土石が一体となって急速に流下してくる現象であり、周辺の家屋や施設などに、全壊あるいは半壊などの被害を与え、多大な人的被害を与えることもある。このような土石流は突発的に発生し、現在でもその確かな前兆現象などは明らかにされておらず、発生を予測することは非常に困難な現象とされている。また、その氾濫範囲は、専門家の現地調査や数値シミュレーション<sup>2)</sup>などを用いて推定しているのが現状である。しかし、数値シミュレーションにおいては、土砂や礫の計算を従来の諸定数を用いて一律に行うため、細かなパラメータを設定しにくいといった問題、あるいは土石流ハイドログラフの予測自体が困難であるなどの問題点があり、土石流の危険区域とされる急勾配の溪流や砂防ダムが数多く存在する日本において、汎用的に利用できるとはいえないのが現状である。そこで本研究では、セルオートマタを用い危険溪流から流出した土石流の動きを2次元の格子空間上でシミュレーションすることを試みた。セルオートマタは、いくつかのローカルルールによって土石流の動きをコントロールするため、ルールに存在するパラメータは非常にわかりやすく、変更することも容易であり、実際の現場の状況を的確に再現することが可能となる。

## 2. セルオートマタ

セルオートマタとは、人工生命 (AL; Artificial Life) 技術の一種であり、任意の次元の格子空間にセルを配置し、自己セルと近傍セルの状態に基づいたローカルなルールに従い、単位時間ごとにそれらの状態を変化させるシステムである<sup>3)</sup>。一般的な近傍形としてノイマン近傍とムーア近傍とがあり、ノイマン近傍における近傍セルは自己セルの上下左右に接する4個のセル、ムーア近傍はそれに加えて点で接する4個のセルを加えた合計8個のセルを考慮する。

## 3. 土石流氾濫シミュレーション

本研究では広島市太田川支流の辻河原川流域周辺の地形データを実験空間とし、セルオートマタを用いてシミュレーションを実施した。まず始めに 51×51 の格子状の空間内における各セルに標高を割り当て、セル(2, 13)と(2, 28)を土石流の流入地点と設定した。次に土石流の構成要素を水、砂、および大小の礫に分けて考え、相互作用の範囲は8個のセルからなるムーア近傍とした。

### ローカルルール

- 1) 隣接するセルの高さの低い方に土石流を流す。土石流の流れ方は、近傍セルとの標高の差によって決定する。このときの流出配分は、8近傍の標高差の比によって決定される。
- 2) 土石流の構成要素である水、砂、および大小の礫それぞれに勾配による停止条件を与える。水は傾きの差が0以下の場合停止し、砂は1以下の場合に停止することとする。礫(小)には傾きの差が2以下の場合それ以上進むことができない条件を与え、礫(大)には傾きの差が3以下の場合に停止する条件を与える。また大小の礫は、一定量の水がセル上にある場合に限りこの停止条件が砂と同じ条件に変化する性質を有しているものとする。

---

キーワード：セルオートマタ, 土石流, シミュレーション, 人工生命, ムーア近傍

連絡先：〒569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1 TEL 0726-90-2402 FAX 0726-90-2402

1 ステップごとに一定量の土石流を流入地点に発生させ、ローカルルールに基づきシミュレートした。本研究では土石の総流入量の初期値があらかじめ決められているので、この量が0となり、土石流のすべての構成要素が停止するまでこの計算ステップを繰り返した。

#### 4. シミュレーション結果

図1は、シミュレーションに使用した辻河原川周辺の地形データである。そして、図2から図4に今回のシミュレーションによって得られた結果を示す。図の上部から順に変化していく色の濃淡が、それぞれ1, 10, 30, 60 ステップ目の状態を示す。また、60 ステップ目において土石流を構成するすべての要素が停止したことを確認することができた。さらに、実線は同じ地域で数値シミュレーション<sup>2)</sup>によって得られた土石流の堆積予測の結果である。図2は水と砂の氾濫範囲を示している。水と砂については今回のシミュレーションでは、全く同一のルールを用いたため氾濫範囲は同様の結果となった。どちらも斜面に沿って緩やかに流れていく結果が得られた。また、30 ステップあたりでは実験空間の中央に集まり、それ以降60 ステップまでは実験空間の下部に扇状的に広がっていく傾向が得られた。図3は礫(小)の氾濫範囲を示している。最初は、水や砂とともに斜面を流下し、高低差の少ない平地においては、水や砂に比べて小さな広がりを見せた。また、30 ステップあたりでは実験空間の中央で停止する現象が見られ、50 ステップ目ですべての礫(小)が停止した。図4は礫(大)の氾濫範囲を示している。最初は、礫(小)とほぼ同じ流れ方をしたが、標高差が少ない平地においてはほとんど流下せず停止してしまう結果を得た。また、数値シミュレーションによる土石流の堆積予測の結果と比較したところ土石流を構成するすべての要素がほぼ同じ広がり方をすることが確認された。

#### 5. おわりに

本研究では、セルオートマタを用いて土石流の被害範囲を予測するシステムを構築し、数値シミュレーションによる土石流の堆積予測の結果との比較を行った。土石流の氾濫範囲は非常に類似している点があり、ルールに存在するパラメータの変更を行うことで、様々な現場の状況に応じて利用可能であることがわかった。本システムをより実用的なものとするために、今後は氾濫範囲だけでなく堆積予測を可能とするシステムを検討していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 社団法人地盤工学会関西支部：土はおしゃべり，p7，1998
- 2) 江頭・芦田・矢島：土石流の構成則に関する研究，京都防災研究所年報，第32号B2，pp.487-500，1989
- 3) 大岸・久保田・小島：セルオートマトンに基づく共存システムにおける自律ロボットの学習，ファジィシステムシンポジウム，日本ファジィ学会，pp.785-788，2001



図1 実験空間の地形

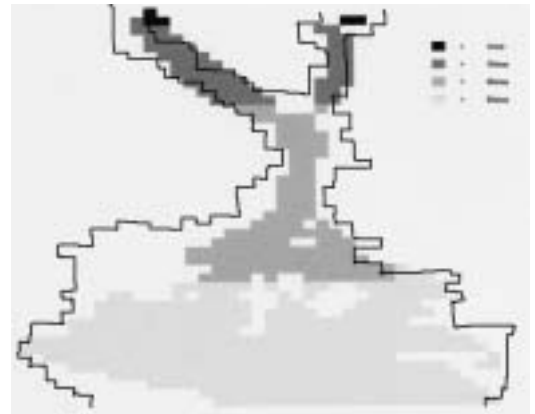


図2 水・砂の氾濫範囲



図3 礫(小)の氾濫範囲

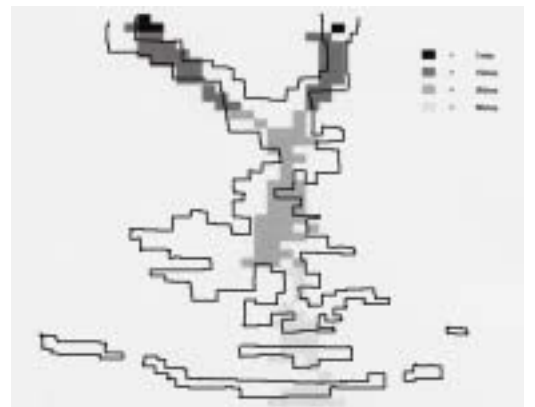


図4 礫(大)の氾濫範囲