

# セルオートマトンによる都市火災シミュレーションモデルの改善

謝 孟春<sup>†</sup> 切通 考貴<sup>‡</sup>

和歌山工業高等専門学校

## 1. はじめに

1995年1月に起きた阪神・淡路大地震では、地震による都市災害の大きさを見せつけられた。この大震災では、建物などの倒壊による被害もあるが、地震直後の火災が被害拡大の大きな要因となっている。都市における災害は、人的・物的・経済的に大きな影響を及ぼすため、都市防災に対する研究が求められている。

近い将来、高い確率で東南海・南海大地震が発生するという予測が出されている。震災後の火災の延焼をシミュレーションによって予測することは、迅速な消火活動や住民の避難経路の選定に役立ち、被害の拡大を抑えるのに非常に重要であると考えられる。

著者らは、セルオートマトン (CA: Cellular Automata) 法を用いて火災のシミュレーションを行い、実験からこの手法の有効性を確かめた[1]。しかし、構築したシミュレーションでは建物と建物との間の距離が考慮されていなく、延焼確率計算式が単純であるため、シミュレーションの結果が実際の火災より広範囲に広がってしまう可能性がある。本研究は、より正確な火災シミュレーションシステムを構築する目的として、セルオートマトン法を適用する時のセル化方法や延焼確率計算式などを中心として、都市火災シミュレーションモデルの改善を検討する。

## 2. CA火災シミュレーションモデルの改善

### 2-1. CA都市火災シミュレーション

セルオートマトン (CA) による都市火災シミュレーションは、地図情報をセル化することと、セルの状態遷移からなる。セル化とは、市街地の地図を一定長さの2次元の正方格子で区切って、一つの正方格子を一つのセルにするということである。これで得られたセルの集合を格子マップという。セルの状態は実

際の建物や空き地などの状況に応じて、木造セル、防火セル、耐火セル、道路セルのいずれかにする。また、CAによる延焼の広がり表現するために、燃焼セル、鎮火セルも導入する。燃焼セルへ変化できるセルを可燃セルと呼び、木造セルと防火セルがそれにあたる。

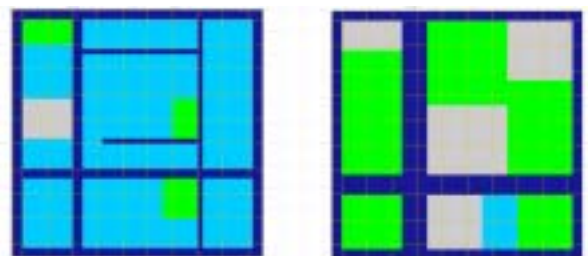
セルの状態遷移とは、可燃セルが計算された延焼確率で燃焼セルになることと、燃焼セルが一定時間後に鎮火セルになるという二つの状態の変化のことである。耐火セル、道路セル、鎮火セルは他の状態に変化しない。

### 2-2. セル化方法の改善

本研究では、市街地の地図をセル化する時、格子の一边の大きさを小さくすることによって、実際の市街地の状況をよく反映することになる。図1は従来する方法 (格子の一边約4m) でできた格子マップで、図2は改善した方法 (格子の一边約1m) でできた格子マップである。ここでは、異なる特徴を持つ二つの地区を対象とする。(a)は木造住宅が多く、道路が狭い地区で、(b)は新しい住宅が多く、道路が広い地区である。

図1の(a),(b)両方では、広い道路に応じた道路セル以外には、建物を表す木造セルや防火セル及び耐火セルしかない。実際の建物間には空き地を空けるのは一般であるが、従来のセル化方法はこの状況が反映できなく、セル化する時点でセル状態に大きな誤差を含んでいる。

図2の(a)(b)の両方とも建物の間隔を表示することができる。



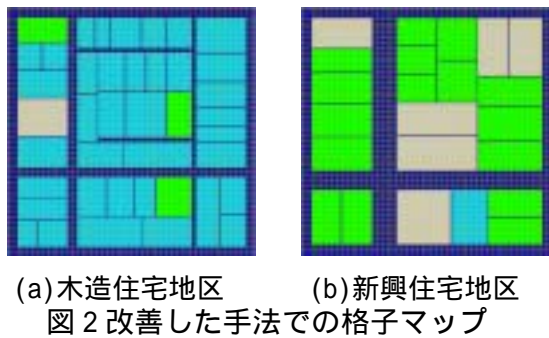
(a)木造住宅地区 (b)新興住宅地区

図1 従来手法での格子マップ

Improvement of City Fire Simulation model using Cellular Automata

<sup>†</sup>Mengchun Xie, Wakayama National College of Technology

<sup>‡</sup>Takaki Kiritoshi, Wakayama National College of Technology



### 2 - 3 . 延焼確率計算式の改善

改善したセル化手法で得られた格子マップに対して、建物内と建物間の延焼速度の区別を考慮した東京消防式 2001 を延焼確率計算式に適用する[2]。

$$p = \frac{W_e \cdot C_b \cdot C_f}{C_d}$$

ここで、 $W_e$  は風の影響を表すパラメータ、 $C_b$  は無風状態でのセルの燃えやすさ、 $C_f$  は燃烧セルの火の勢い、 $C_d$  は燃烧セルと可燃セルとの間の距離に関するパラメータである。

セルの燃えやすさ  $C_b$  を計算する時の延焼速度は以下のようなものである。

建物内の延焼速度

木造セル： $V = 52.1 [m/h]$

防火セル： $V = 42.8 [m/h]$

建物間延焼速度

木造セル：

$$V = (1.676 \times e^{0.510L}) \times (0.048U + 0.822)$$

防火セル：

$$V = (1.956 \times e^{0.510L}) \times (0.048U + 0.822)$$

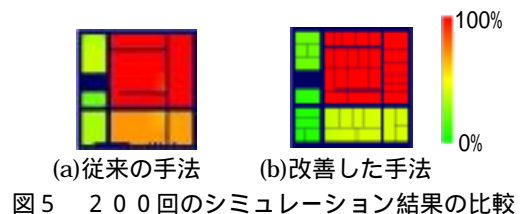
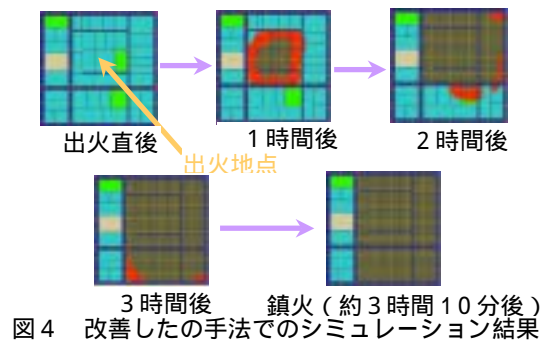
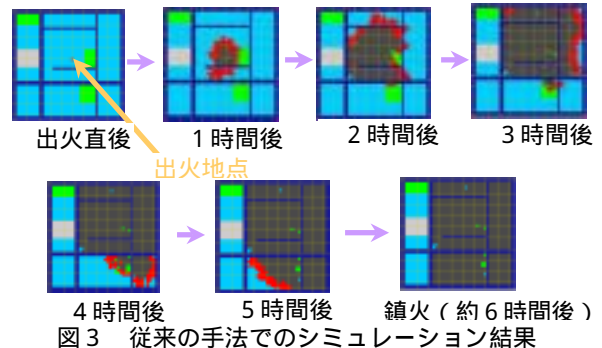
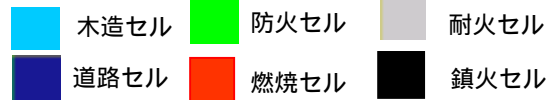
ここで、 $L$  は建物間距離 [m] で、 $U$  は風速 [m/sec] である。

### 3 . 実験によるモデルの検証

図 2 に示している木造住宅地区に対して、従来のモデルと改善したモデルで構築したシミュレーションを用いて、比較実験を行った。図 3 は従来のモデルを用いたシミュレーションの結果で、図 4 は改善したモデルの結果である。これらの図は出火直後から鎮火までの 1 時間ごとにセル状態の変化のプロセスである。同じ実験条件下で、従来のモデルは鎮火まで約 6 時間かかったに対して、改善したモデルは約 3 時間 10 分しかかからなかった。改善したモデルは従来の実際により延焼が広がりすぎる問題を解決できた。

図 5 は二つのモデルによって、200 回中に燃焼した割合を示している。図から従来のモデ

ルでは燃焼割合が高いことがわかった。



### 4 . まとめ

本研究では、セルオートマトンを用いた火災シミュレーションモデルを改善し、従来のモデルの実際より延焼が広がりすぎという問題が解決できた。セル化するとき、より小さい格子を使うことによって、実際の市街地をより正確的に表示できた。また、セルの燃焼やすさを計算するとき、建物内と建物間の延焼速度を区別することによって、より正確な延焼動態シミュレートできた。

#### 参考文献

- [1] M.C. Xie, N. Sakamoto and H.Ogura, "Application of Cellular Automata to Simulation of the Spread of a Fair on a City Site", Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Applications (AIA2003) pp.343-347(2003)
- [2] 火災予防審議会：「地震に関する地域の防災性能計画手法の開発と活用方策」(2001)