



セルオートマトンとマルチエージェントモデルを用いた震災救助時空間システム

谷, 明勲
河村, 廣
山邊, 友一郎
北後, 明彦

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 8:317-325

(Issue Date)

2004-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00422491>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00422491>



セルオートマトンとマルチエージェントモデルを用いた震災救助時空間システム

Spatial and Temporal Simulation on Rescue in Case of Earthquake Disaster
by Cellular Automata and Multi-Agent System

谷 明勲¹⁾
Akinori Tani
河村 廣²⁾
Hiroschi Kawamura
山邊友一郎³⁾
Yuichiro Yamabe
北後 明彦⁴⁾
Akihiko Hokugo

概要:兵庫県南部地震における人命救助・救援活動から, 種々の教訓が得られた。過密都市での大地震による被害の拡大を最小限に抑えるために, 事前に発生し得る被害を予測し, 対策をとることが必要となる。このため, リアルタイム防災システムの一つとして, 筆者らは, マルチエージェントシステムを用いて, 地震が発生した都市を仮想的に再現し, 地震による住居建築の倒壊被害, 人的被害について予測し, 救助活動のシミュレーションを行うシステムの構築を行っている。本研究では, まず, このシステムを用いて, 救助隊の瓦礫除去速度や救助隊数, 消防署配置に関するシミュレーションを行い, 対象とした都市の防災力の検討を行う。さらに, RFID(Radio Frequency Identification)(IC タグ)のリアルタイム地震防災への応用性についても併せて検討を行う。

キーワード: 震災救助, リアルタイム地震防災, 防災力, セルオートマトン, マルチエージェントモデル, RFID(無線 IC タグ)

1. 序

兵庫県南部地震における人命救助・救援活動から, 種々の教訓が得られた。過密都市で大地震が発生した場合, 完全に被害を回避することは困難であると考えられる。従って, 発生した被害の拡大を最小限に抑えるために, 事前に発生し得る被害を予測し, それらに対する対策を立てることが必要となる。このため, 兵庫県南部地震以後, リアルタイム防災システム¹⁾に関する研究が活発に行われ, 種々のシステムが実際に導入されつつある²⁾。リアルタイム防災システムは, 一般に初期地震動感知システムとリアルタイム防災情報システムで構成される³⁾。

筆者らは, マルチエージェントシステム⁴⁾を用いて, 地震が発生した都市を仮想的に再現し, 地震による住居建築の倒壊被害, 人的被害について予測し, 救助活動のシミュレーションを行うシステムの構築^{5) 6)}を行っている。このシステムでは, 一定時間経過による都市の災害状況の変化を考慮し, 住居建築内に閉じ込められた人間を救助隊及び人間によって救助活動を行い, その進行状況を獲得する事ができる。

本研究では, まず, このシステムを用いて, 救助隊の瓦礫除去速度や救助隊数, 消防署配置に関するシミュレーションを行い, 対象とした都市の防災力の検討⁷⁾を行う。また, 近年, RFID(Radio Frequency Identification)(無線

IC タグ⁸⁾が注目を集めており、種々の分野への適用性が検討⁹⁾されるとともに、建築への応用^{10)・12)}も試みられている。RFID は、単に RFID に情報を読み書きできるだけでなく、RFID が貼り付けられた対象とともに情報も移動するという特徴を有している。このため、RFID は、災害時の情報収集に種々の応用性を有すると考えられる。ここでは、RFID のリアルタイム地震防災への応用性についても併せて検討を行う。

2. シミュレーションの概要

(1) シミュレーションのフロー⁶⁾

本システムのシミュレーションのフローを Fig.1 に示す。本システムでは、最初に地震発生直後における被害予測を行い、続いて一定時間経過による災害状況の遷移を踏まえた救助活動の進展を空間的にシミュレーションする。

(2) 仮想都市のモデル⁶⁾

シミュレーションで用いる仮想都市は、Fig.2 に示されるような2次元のセル平面で構成されるものとし、一般の住居建築、消防署、道路等が各セルに存在するものと仮定する。また、この仮想都市の中には、人間と救助隊がそれぞれ存在するものとし、人間は住居建築の中に存在し、救助隊は消防署に所属しているものと仮定する。なお、本研究では、住居建築のみが地震によって被害を受けるもの仮定し、道路閉塞などは考慮していない。

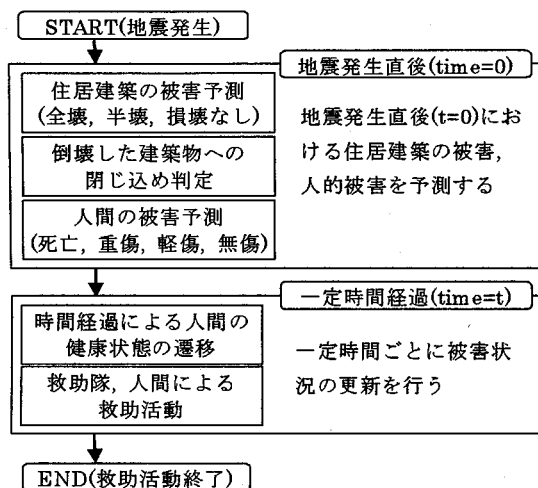


Fig.1 シミュレーションのフロー

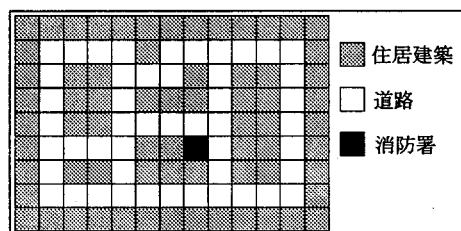


Fig.2 仮想都市のモデル

3. 被害予測⁶⁾

本シミュレーションシステムでは、地震発生直後における被害予測を、住居建築・人間の両方について行う。

(1) 住居建築の被害

住居建築の被害¹³⁾は、以下の式を用いて算定する。

$$Y_{ZENKAI} = 100 / \{1 + 2300 \exp(-0.01x)\} \quad (1)$$

$$Y_{HIGAI} = 100 / \{1 + 1700 \exp(-0.012x)\} \quad (2)$$

$$Y_{HANKAI} = 2(Y_{HIGAI} - Y_{ZENKAI}) \quad (3)$$

$$Y_{HANKAI} = 1 - Y_{ZENKAI} \quad (4)$$

ここで、 Y_{ZENKAI} ：全壊率(%), Y_{HIGAI} ：被害率(%), Y_{HANKAI} ：半壊率(%), x ：地表面実効加速度(gal)である。地震が発生した際の住居建築の被害を予測する指標として、式(1)-(3)によって求められる全壊率、半壊率を用いる。なお、(1)-(3)式を用いた場合、地表面実効加速度の設定で全壊率と半壊率の和が100%を越える場合があり、この

場合は半壊率を式(4)で定義する。以上の式を用いて、地震による住居建築の被害を全壊・半壊・損壊なしの3種で予測する。

(2) 人的被害

a) 閉じ込め判定

地震によって住居建築内にいる人間が閉じ込められるかどうかの判定は、Table1に示す確率¹⁴⁾に従うものとし、住居建築の倒壊状態に応じて決定する。

Table1 閉じ込め率

	損壊なし	半壊	全壊
閉じ込め率	10%	17%	35%
自力脱出率	90%	83%	65%

b) 健康状態の被害

地震発生による人間の健康被害については、Table2に示す確率¹⁴⁾に従い、住居建築の倒壊状態に応じて決定する。人間の健康状態は、死亡・重傷・軽傷・無傷の4つの中から予測する。なお、この予測は、住居建築内に閉じ込められた人間にのみ適用し、自力で脱出した人間は、健康状態を無傷と仮定する。

Table2 健康被害ごとの発生確率

	損壊なし	半壊	全壊
死亡	0.01%	5.88%	8.58%
重傷	9.09%	11.76%	20%
軽傷	81.81%	64.71%	45.71%
無傷	9.09%	17.65%	25.71%

4. 時間経過による人間の健康被害の推移

倒壊した住居建築内に閉じ込められた人間は、時間経過と共にその健康被害の状況が変化する。シミュレーションでは、式(5)-(7)に示す余命特性関数から算出される余命特性値¹⁵⁾に従って、閉じ込められた人間の死亡を判定する。時間経過によって余命特性値が0.01未満になった場合、その人間は死亡するものと設定する。

$$W_{JUSHOU} = \exp\left\{-\left(t/3.324\right)^{3.71}\right\} \quad (5)$$

$$W_{KEISHOU} = \exp\left\{-\left(t/26.59\right)^{3.71}\right\} \quad (6)$$

$$W_{MUKIZU} = \exp\left\{-\left(t/66.48\right)^{3.71}\right\} \quad (7)$$

ここで、 W_{JUSHOU} ：重傷者の余命特性値、 $W_{KEISHOU}$ ：軽傷者の余命特性値、 W_{MUKIZU} ：無傷の人間の余命特性値、 t ：時間(hour)である。

5. 救助活動

本シミュレーションシステムでは、救助隊と人間という2種類のエージェントを想定し、これらによって、住居建築内に閉じ込められた人間の救助活動が行われる。なお、閉じ込められた人間を救助するためには、1人当たり28枚の瓦礫を除去する必要があるものとする。救助された人間の健康状態が軽傷もしくは無傷であった場合には、新たに救助活動に参加するものとする。住居建築内に閉じ込められた人間がいなくなった時点で、その住居建築での救助活動は完了とする。

(1) 救助隊による救助活動

救助隊は、個々の状況に応じて、移動・探索・救助という3つの行動によって、救助活動を行う。消防署に所属するものとし、シミュレーション開始時の初期位置は消防署に隣接するセルとする。以下に、救助隊エージェ

ントの有する移動・探索・救助に関する行動ルールを以下に示す。

a) 移動

救助隊の移動ルール⁹⁾を Fig.3(a)に示す。交差点に達すると、それまでの個々の移動経路情報に基づいて、通行頻度の低かった方向を次の進行方向に設定する。移動は、秒単位で行う。

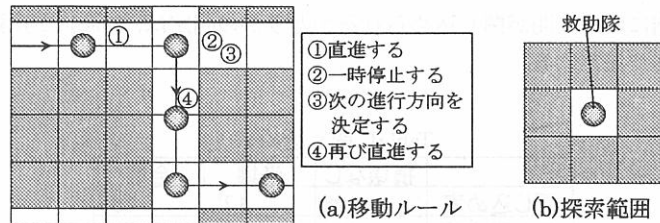


Fig.3 救助隊の移動ルールと探索範囲

b) 探索

救助隊は、救助活動を行う救助現場の探索を移動と並行して行う。探索は、現在位置するセルの周囲 8 セル⁹⁾とする(Fig.3(b))。探索範囲の中に住居建築に閉じ込められた人間がいれば、その場所を救助場所として救助活動を開始する。該当箇所が複数ある場合は、任意に選択する。

c) 救助

救助隊は、救助現場において瓦礫を 1 枚除去する速度はシミュレーションに応じて設定する。なお、今回のシミュレーションでは救助した人間の医療機関への搬送は行っていない。

(2) 人間による救助活動

人間(家族)は、倒壊した住居建築に自分の家族が閉じ込められている場合のみ救助活動を行う。この場合一人が救助活動を 5 時間行くと、瓦礫を 1 枚除去できるものと設定する。また、人間(家族)による救助活動が、救助隊が到着する前に開始されていた場合、救助活動は家族によってのみ行われるものと仮定する。

6. RFID のリアルタイム地震防災システムの応用性

現在の大都市で地震災害が発生した場合、被害地域の住宅やビル、その他の構造物に関する災害情報は、携帯電話や PDA、モバイルコンピューター等を用いて容易に収集できるようになってきている。しかし、内・外装材や構造部材のサイズ(縦・横・厚さ等)、長さや材質、強度などの詳細情報は目視による調査のみでは収集できず、これらの情報を得るためには、設計図書やデータベース等との照合を行う必要が生じる。このような場合でも、RFID を部材に貼付し、メモリー上に必要となるデータを記録しておけば、災害現場で RFID リーダにより情報を得ることができる可能性を有している。このような情報は、救助活動に必要な機材選定や実施計画の策定、救助活動に伴う二次的被害の防止等にも有益であると考えられる。さらに、人間自身が IC カードのような RFID を所持していれば、被害を受けた建物に閉じこめられた人間の認識等にも応用できる可能性を有している。

Fig.4(a)に RFID の概要と情報の流れを示す。RFID は、Fig.4(a)に示すように、アンテナと受信装置、およびメモリーが一体となって構成されている。RFID にリーダ/ライタから信号が送られると、RFID 内のメモリーの情報リーダに読み出したり、ライタの情報を RFID 内のメモリーに書き込む事ができる。また、Figs.4(b), c)に、ハンディ型と据え置き型のリーダ/ライタを示す。また、Fig.4(b)中にカードタイプの RFID の例を示す。

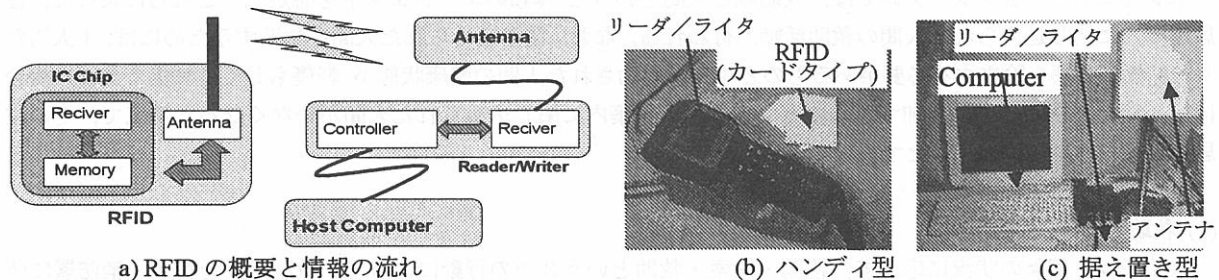


Fig.4 RFID システムの概要

現在、日本では、13.54MHz等の周波数帯⁹⁾がRFID用に用いられており、RFIDで読み書きできる距離は、RFIDの設置状況等にも影響されるが最大でも1m程度の距離でしか認識できない。現在、日本でもUHF帯(950MHz)⁸⁾を用いたRFIDの検討が進められており、この場合通信可能距離は最大10m程度になり、防災分野や建築関連分野においても、実地的な利用が可能になると考えられる。また、人間がRFIDを持つ場合のプライバシー問題や、貼付されたRFIDの情報に対するセキュリティ⁹⁾等、今後検討を必要とする課題はあるが、リアルタイム地震防災システムにおける情報収集手段として、有効であると考ええる。また、建築分野へのRFIDの応用としては、情報と部品を一体化した革新的・知的部品化建設システムの研究開発¹⁰⁾、RFIDを利用した建築構造部材のWebデータベースシステム¹¹⁾、RFIDを用いた有害物質を含む住宅建材の確認システム¹²⁾等に関する研究が行われている。また、現状では、RFIDのリアルタイム地震防災システムへの適用例は見られないが、これらの研究成果で得られた知見が、リアルタイム地震防災システムへの適用を考える場合にも応用できる可能性が高いと考える。

7. シミュレーションの実行

(1) 対象都市のモデル化

都市のモデル化に際しては、兵庫県宝塚市の現実の地図情報を使用し、以下のようにモデル化を行った。

- ① 地図情報となる画像を縮尺にあわせて、10mメッシュで分割する。
- ② メッシュ分割されたセルにおける地図情報を参照して、各セルを住居建築・消防署・医療施設・公共施設・商業地・工業地・道路（高速道路は除く）・その他の交通路（高速道路・鉄道等）・河川・その他（空き地・緑地など）にマッピングする。
- ③ 道路が断絶してしまう場合は、交通路が連結されるように道路を優先して選択する。また、一つのセルに複数の種類が存在する場合、セルに占める面積の最も多い種類の建築物、もしくは交通路を選択する。

本シミュレーションシステムでは、住居建築・消防署・道路の3つのみを取り上げる、他は通行不可能な単なる障害物とする。また、住居建築以外には、地震による被害は生じないものと仮定する。

(2) シミュレーションの設定

本研究で実施した3種類のシミュレーションの設定をTable 3に示す。

Table3 シミュレーションの設定

	Case1	Case2	Case3
	救助隊の数を変えた場合	救助隊が瓦礫を除去する速度を変えた場合	都市内の消防署の数を増やした場合
都市内の消防署の数	5箇所		5, 6箇所
人間が瓦礫を除去する速度	1枚/5時間		
消防署に属する救助隊の数	1, 5, 10, 20, 25, 30部隊	10部隊	
救助隊が瓦礫を除去する速度	1枚/1分	1枚/1.2, 3分	1枚/1分

8. シミュレーション結果

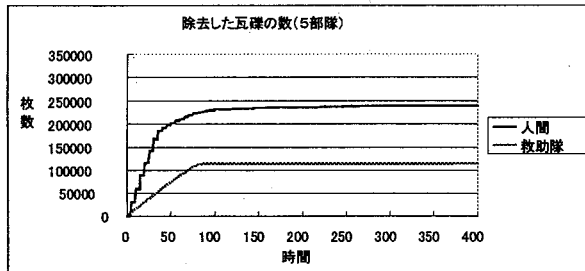
本研究で実施したシミュレーション結果として、除去した瓦礫の数の時間経過、および閉じこめられた人間の数の時間経過をFigs.5~7に示す。Fig.8には、Case3の5および6消防署の場合で、30時間経過後の救助状況を空間的に示す。

9. 考察

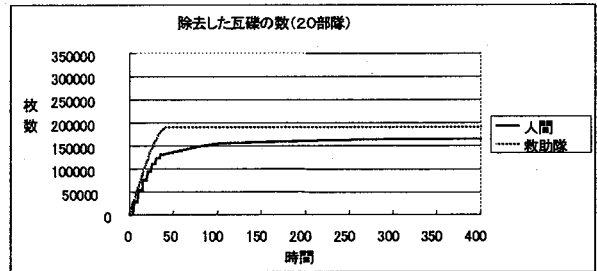
(1) Case 1 に対する考察

Cases 1 では、Fig.5(a)から、取り除かれた瓦礫の数は、救助隊でそれぞれ約50時間後、人間で約270時間後に

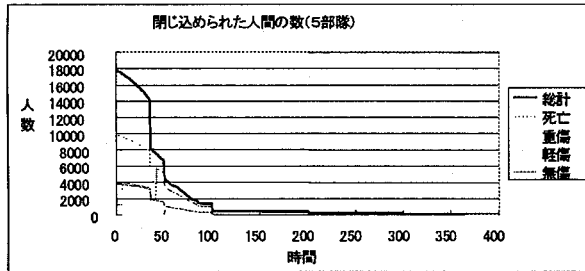
増加がほとんど見られなくなる。Case1では、閉じこめられた家族を救出する場合、救助隊では1分、人間では5時間で1枚の瓦礫を取り除けると仮定している。また、人間(家族)による救助活動が、救助隊が到着する前に開始されていた場合、救助活動は家族によってのみ行われるものと仮定している。このため、この取り除かれた瓦礫の増加は救助隊と人間の瓦礫を取り除くのに要する時間に依存すると考えられる。Fig.5(b)では、人間によって取り除かれた瓦礫の総数が、救助隊によって取り除かれたものより多くなっている。救助隊が20チームの場合では、取り除かれた瓦礫の総数は、救助隊の方が多くなっている。Fig.5(c)から、救助隊が5チームの場合、約35時間後と50時間後で段階的に減少している。これらの救助活動は、人間によって行われたものと考えられる。一方、救助隊が20チームの場合では、Fig.5(d)に示すように約50時間後までは閉じこめられた人の数は連続的に減少している。この場合は、救助活動が人間と救助隊の両方で行われたと考えられる。救助隊が20チーム以上の場合では、時間による閉じこめられた人の数の差が20チームの場合と比較して小さくなるため、今回対象とした都市モデルと地表面実効加速度、および瓦礫の除去速度では、救助隊は最大20チームあれば良いことがわかる。



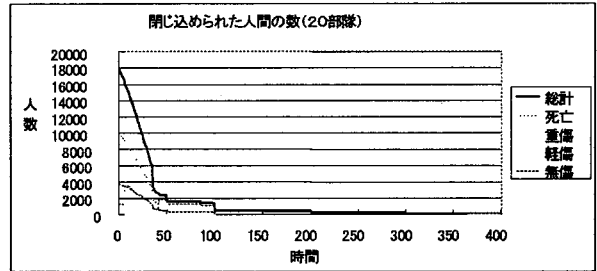
(a) 除去した瓦礫の枚数の時間経過(Case1, 5部隊)



(b) 除去した瓦礫の枚数の時間経過(Case1, 20部隊)

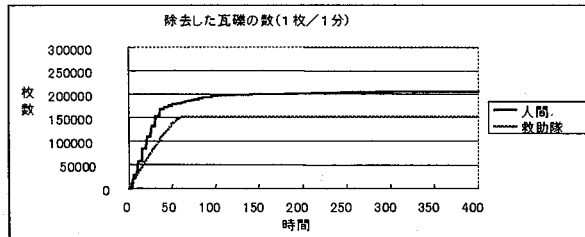


(c) 閉じこめられた人間の数の時間経過(Case1, 5部隊)

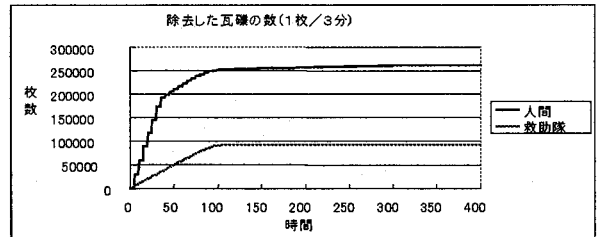


(d) 閉じこめられた人間の数の時間経過(Case1, 20部隊)

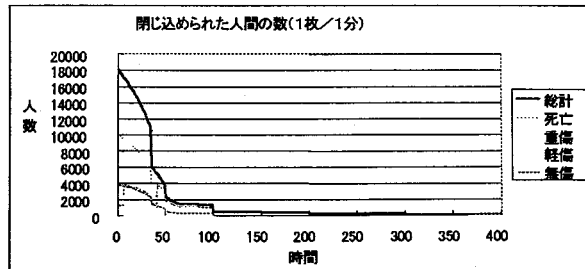
Fig.5 除去した瓦礫と閉じこめられた人間の数の時間経過(Case1)



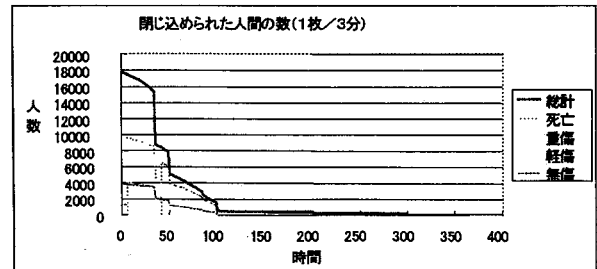
(a) 除去した瓦礫の枚数の時間経過(Case2, 1枚/1分)



(b) 除去した瓦礫の枚数の時間経過(Case2, 1枚/3分)

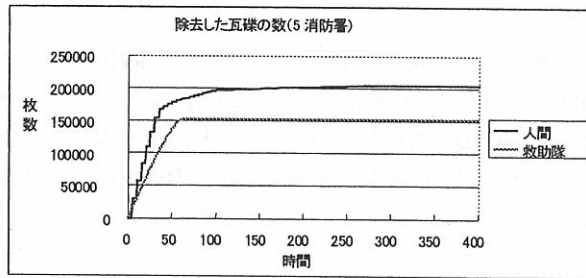


(c) 閉じこめられた人間の数の時間経過(Case2, 1枚/1分)

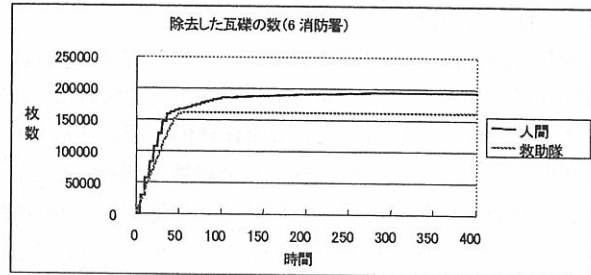


(d) 閉じこめられた人間の数の時間経過(Case2, 1枚/3分)

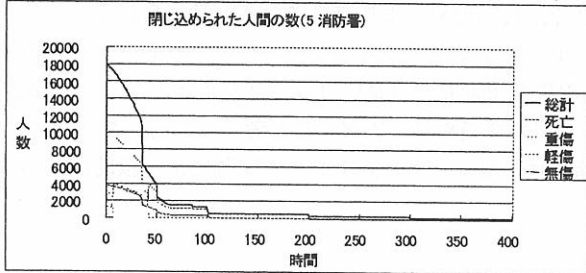
Fig.6 除去した瓦礫と閉じこめられた人間の数の時間経過(Case2)



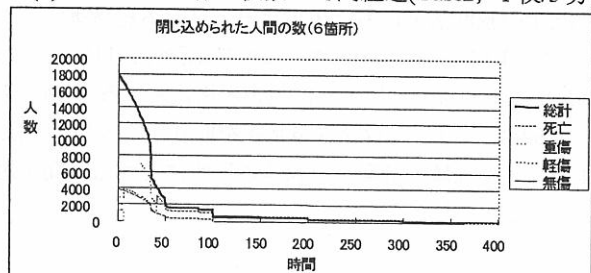
(a) 除去した瓦礫の枚数の時間経過(Case2, 1枚/1分)



(b) 除去した瓦礫の枚数の時間経過(Case2, 1枚/3分)

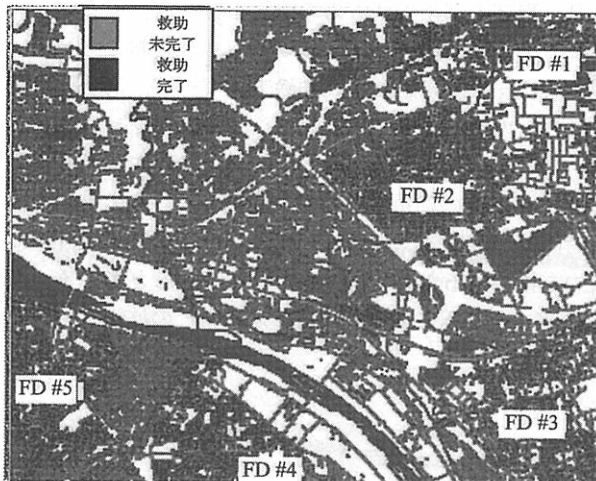


(c) 閉じこめられた人間の数の時間経過(Case2, 1枚/1分)

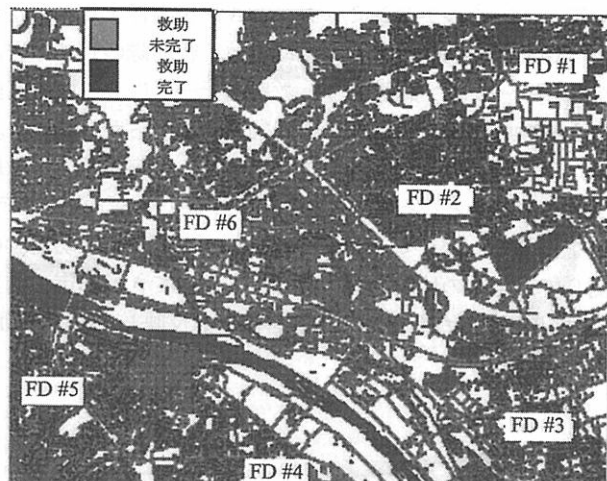


(d) 閉じこめられた人間の数の時間経過(Case2, 1枚/3分)

Fig.7 除去した瓦礫と閉じこめられた人間の数の時間経過(Case3)



(a) 5 消防署の場合, 30 時間後



(b) 6 消防署の場合, 30 時間後

Fig.8 救助状況の空間分布(Case 3)

(2) Case 2 に対する考察

Case2 では、救助隊によって瓦礫を取り除く早さを変化させた。瓦礫 1 枚の除去速度が 1 分の場合、Fig.6(a) に示すように約 60 時間で救助隊により取り除かれる瓦礫の総数の増加は見られなくなる。一方、瓦礫 1 枚の除去速度が 3 分の場合、Fig.6(b)に示すように、救助隊によって取り除かれる瓦礫の総数は人間によるものよりも小さく、約 100 時間後まで増加する。救助隊の瓦礫を取り除く速度が速いほど、建物に閉じこめられた人の数の減少は早くなる(Figs.6(c), (d))。

(3) Case 3 に対する考察

Case3 では、対象都市の消防署の数を変化させた。この Case では、各消防署に配置する救助隊の数は 10 チームとしたが、Figs.7(a), (b)に示すように消防署の数が 6 カ所の方が 5 カ所の場合より救助隊により取り除かれる瓦礫の数は大きくなっている。また、消防署の数が 6 カ所の場合、Figs.7(c), (d)に示すように約 35 時間後まで閉じこめられた人の数が急速に減少していることがわかる。この場合、6 番目の消防署を消防署が配置されていない対象都市の北西部に配置したが、このため、対象都市の北西部の救助が進んだことがわかる(Fig.8)。

(4) RFID の応用性に対する考察

現状では、RFIDシステムはまだリアルタイムに地震防災システムに導入されていない。しかし、RFIDシステムのUHF帯の使用等により通信可能距離が長くなれば、RFIDは災害現場における情報収集・伝達システムとして有効であると考えられる。もし被害建物内に閉じ込められた人間がRFIDを所持していた場合、救出チームがある現場で閉じこめられた人がいることを容易に判断することができる。またRFIDが、崩壊した建物の構造部材に貼付され、断面寸法、部材長さ、材料強度や建築材料等の情報がメモリー上に書き込まれている場合、RFIDリーダ/ライタによりこれらのデータを読み込む事により、救出チームが救助のために除去すべき瓦礫の量や材質等を推定する場合にも有効であるとする。さらに、RFIDシステムが活用できる場合、救助チームだけではなく、人間(家族)同士の救助活動にも活用できるシステムを構築することで、災害現場により有効になると考えられる。

また、RFIDシステムがさらに携帯電話や、PDA、モバイルコンピュータのようなインターネットツールと組み合わせることで、災害現場における種々の情報収集を短期間で容易に行うことが可能となる。Case 2で見られたように、救助隊が瓦礫を取り除くスピードは、瓦礫の種類や量に依存すると考えられる。このため、RFIDにより瓦礫の種類や材料等の同定に要する時間が短縮された場合、より効率的な救助隊による救助活動が可能となると考える。

10. 結

本研究では、セルオートマトンとマルチエージェントシステムを用いた震災救助シミュレーションシステムを構築し、いくつかのシミュレーションを実行することにより、現在の都市の防災力の検討を行った。シミュレーションでは、消防署の数、救助隊数、救助隊の瓦礫除去スピードを変化させたシミュレーションをおこなった。シミュレーション結果より、救助隊チームによる救助活動の特性や、要求される瓦礫除去スピード、消防署配置による救助活動の時間的・空間的分布が明らかとなった。これらの結果より、提案したシミュレーションシステムが、将来の大地震に対して想定される被害に関する救助シミュレーションや都市の防災力の検討に有効であることが明らかとなった。さらに、リアルタイム防災システムへの RFID の応用性や適用可能性についても併せて検討を行った。本シミュレーションシステムは、救助活動の時間的・空間的シミュレーションや消防署配置計画に関して、種々の検討を容易に行うことができ、都市の防災力を検討するための有効なツールであるとする。今後は、RFID 等から得られる被害状況を反映し、救助活動をリアルタイムに支援できるシステムへの拡張が必要であるとする。

謝辞

本研究の内、震災救助時空間シミュレーションシステムに関しては、神戸大学工学部建設学科学部生・割出祐子さん(現：㈱北條建築構造研究所)の卒業研究に基づくものであり、本研究で用いたシミュレーションシステムを構築した神戸大学大学院自然科学研究科博士前期課程大学院生・山村貴史君(現：日本 IBM システムエンジニアリング㈱)の両氏に深く感謝いたします。また、本研究を行うに際し、有益なご意見をいただいた京都大学大学院工学研究科助手・瀧沢重志氏に感謝いたします。本研究の内、RFID の建築への応用に関しては、神戸大学工学部建設学科学部生・篠原剛君(現：㈱コスモスライフ)と森本和明君(現：神戸大学大学院自然科学研究科博士前期課程大学院生)の研究成果をふまえたもので、両君に深く感謝いたします。さらに、本研究は、東濃地震科学研究所における数理化研究委員会の御指導の下に行われ、特に貴重な御意見を頂きました委員長の太田裕先生に厚く御礼申し上げます。

また、本研究の一部は、日本学術振興会 平成 15 年度科学研究費補助金 基盤研究(A)(1)「複雑系科学による人間・環境に適應する建築・都市・社会のシステムデザイン」(課題番号：14205087)と、神戸大学都市安全研究センターの都市安全研究プロジェクト B の援助の下に、神戸大学大学院自然科学研究科等が受けた文部科学省 21 世紀 COE プログラム「安全と共生のための都市空間デザイン戦略」の支援を受けて実施したものである。

文献

- 1) 防災科学研究所 HP : http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/sec8.1.htm

- 2) 兵庫県 HP : <http://web.pref.hyogo.jp/syoubou/phoenix/index.html>
- 3) Kanamori, H., Locating Earthquakes with Amplitude: Application to Real-Time Seismology, Bull. Seismol. Soc. Am., 83, 264-268, 1993.
- 4) Jun's Home Page : <http://vs.valdes.titech.ac.jp/~yoshida/>
- 5) 山村貴史, 河村廣, 瀧澤重志, 谷明勲: 地震防災知の情報システム, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.2171-2174, 2002.11.
- 6) 山村貴史, 河村廣, 瀧澤重志, 谷明勲: エージェントシステムによる地震被害と救助シミュレーション, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第 41 号・計画系, pp.293-296, 2003.6.
- 7) 割出祐子: 震災救助エージェントシステムによる都市防災力評価シミュレーション, 神戸大学卒業論文(工学部建設学科建築系教室), 2004. 2, 谷明勲, 割出祐子, 河村廣, 山邊友一郎, 瀧澤重志: セルオートマトンとマルチエージェントモデルを用いた震災救助時空間システム, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 2004.6. (投稿中)
- 8) 弓場英明監修, 三宅功, 斉藤洋: ユビキタスネットワーク技術, 未来ねっと技術シリーズ 8, 電気通信協会, 初版, pp.24-35, 2003.9.
- 9) RFID テクノロジー編集部/編: 無線 IC タグのすべて, 日経 BP ムック, 日経 BP 社, 2004.4.
- 10) 大阪大学大学院基礎工学研究科システム人間系専攻新井研究室: 情報と部品を一体化した製造システムの緩急開発に関する研究成果報告書 要約, IMS 国際共同研究プログラム, 平成 14 年度国内研究開発企画, (財) 製造科学センターIMS センター IMS プロジェクト研究報告書 要約版, No.02 1 4 IF7: 革新的・知的部品化建設システムの研究開発, CD-ROM, pp.1-39, 2003.
- 11) 篠原剛: RFID を利用した建築構造部材の Web データベースシステム, 神戸大学卒業論文(工学部建設学科建築系教室), 2004.2.
- 12) 森本和明: RFID を用いた有害物質を含む住宅建材の確認システム, 神戸大学卒業論文(工学部建設学科建築系教室), 2004.2, 森本和明, 河村廣, 谷明勲, 山邊友一郎: RFID を用いた有害物質を含む住宅建材の確認システム, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 2004.6. (投稿中)
- 13) 能島暢呂, 杉戸真太, 清水浩二, 金澤伸治: 実被害情報の逐次処理による地震被害のリアルタイム推定モデル, 東濃地震科学研究所報告 Seq.No.7 地震防災分野, pp171-185, 2001
- 14) 村上ひとみ, 竹田宏樹, 鉄田泰子, 高田至郎: 兵庫県南部地震における東灘区の住家倒壊と閉じ込めに関する実態追跡調査, 東濃地震科学研究所報告 Seq.No.7 地震防災分野, pp101-123, 2001.
- 15) 太田裕, 小山真紀, 和藤幸弘: 震後余命特性曲線の試算—1995 年兵庫県南部地震の場合—, 東濃地震科学研究所報告 Seq.No.7 地震防災分野, pp93-100, 2001.

著者: 1) 谷 明勲, 神戸大学大学院自然科学研究科・助教授, 2) 河村廣, 神戸大学工学部建設学科・教授,
3) 山邊友一郎, 神戸大学工学部建設学科・助手, 4) 北後明彦, 神戸大学都市安全研究センター・助教授

Spatial and Temporal Simulation on Rescue in Case of Earthquake Disaster by Cellular Automata and Multi-Agent System

Akinori Tani
Hiroshi Kawamura
Yuichiro Yamabe
Akihiko Hokugo

Abstract

In the Hyogoken Nanbu Earthquake occurred at Jan. 17, 1995, there is a fact that various rescue operations in the first stage can not be performed effectively because direct damage information caused by the earthquake can not gather. After the Hyogoken Nanbu Earthquake, researches on real time disaster prevention systems are performed in order to plan effective disaster prevention system and perform effective rescue operations just after a large earthquake in the future. In this paper, a simulation system on rescue is developed and proposed. This system can predict earthquake disaster spatially and temporally by using intelligent systems such as cellular automata and multi-agent system. Proposed system is developed aiming to gather various information in real time when earthquake disasters are occurred and to support rescue operation smoothly. In this system, rescue operations in earthquake disasters are simulated by using proposed system and the ability of disaster prevention is discussed and clarified. In addition, RFID (Radio Frequency Identification) is introduced as a brand-new technique in various fields. RFID is considered to be a handy information gathering device and in great disasters, information on constructions such as structural members, construction materials and information of peoples who have RFID cards can be gathered by sending the radio waves. In this paper, applicability of RFID is also proposed and discussed.

The proposed system consists of two parts. In the first part, predictions of direct damages from an earthquake are performed by using empirical equations. Here, judgment whether buildings are collapsed, the ratio that people are trapped in the wreckage and so on are estimated. The virtual city model is defined as a two-dimensional plane which is divided into cells. In the second part, rescue activities are simulated in accordance with direct damages predicted in the first part. Here, the transition of the earthquake human disaster in the urban area by rescue operation can be simulated in consideration with the change in a time disaster situation. In this system, rescue operations are assumed to be performed by the family of trapped persons and rescue teams. Persons and rescue teams are assumed as agents and can act autonomously based on their own rules. As for a target city, Takarazuka City, a middle city in Hyogo Prefecture, Japan is employed and is mapped as digital data to 10m mesh.

Three case studies are carried out. It becomes possible to compare human damages for time and the effective acceleration on the ground became possible by proposed system. The transition processes of human damage are obtained and discussed spatially and timewise.

Results of digital simulations shows effectiveness of rescue operations by rescue teams are clarified and the layout planning of fire departments are also discussed. It is proved that that proposed system is effective for rescue simulations and the estimation of disaster prevention power prior to large earthquake disasters in the future. Furthermore, applicability of RFID to real time disaster prevention system is also discussed. To perform more effective and realistic simulations, it is necessary to perform further improvements of proposed system.