

II-15 避難行動シミュレーションのための解析モデル自動作成システム

Automatic building system of analytical model for evacuation simulation

辻原治

Osamu Tsujihara

抄録: 緊急時の避難行動をシミュレートする研究が近年行われるようになった。実用化の過程において、シミュレーションと実際の避難行動の整合性を比較検討し、その適用性について検証することが重要である。一方で、実際に適用する場合、解析モデルの作成が非常に煩雑で膨大な労力を必要とする。このことが避難シミュレーションの普及の妨げになりかねない。本研究では、電子地図を利用した解析モデル自動作成システムを構築し、セルオートマトン(CA)による避難行動シミュレーションを例示する。

Abstract: In recent years, the simulation systems of emergency evacuation have been developed. It is required for the practical use to verify the systems by comparing the results of the simulation with the actual human behavior in an emergency. On the other hand, in the practical use, building the analytical model is complex and it takes much labor. This may be the biggest factor which avoids the progress of the simulation of emergency evacuation. In this study, the system to develop the automatic building system of the analytical model for the evacuation simulation using the numerical maps is introduced. An example of simulation by Cellular Automata (CA) is demonstrated with the proposed system.

キーワード: 避難行動シミュレーション, 解析モデル, 自動作成, セルオートマトン

Keywords: evacuation simulation, analytical model, automatic building, Cellular Automata

1. はじめに

津波等の災害が想定される地域において、避難場所や避難経路設定、避難誘導のためのサインの設置等を行う必要があり、避難に要する時間を割り出したり、被害を予測することも重要となる。しかし、一般に災害の状況を模擬した大規模な実験を行うことは容易ではなく、数回の実験が必要ともなると、ほとんど不可能である。また、実際の災害事例の調査を参考にすることも考えられるが、災害の状況は個別のものであり限界がある。一方、災害時の避難行動をシミュレートする研究が実施されるようになった。それらはポテンシャルモデルを応用した方法¹⁾、個別要素法を応用した方法^{2,3)}、ペトリネットに基づく方法^{4,5)}、MAS (マルチエージェントシステム)に基づく方法^{6,7)}やCA (セルオートマトン)に基づく方法^{8,9,10,11)}等である。これらのうち、CAに基づく方法は、いわゆる複雑系のシミュレーション手法として発展したセルオートマトン法¹²⁾を適用したもので、簡単なモデルと規則からは予測もできない程の複雑な現象や状態を表現し得る方法として近年注目されている。MASも同様に複雑系の解析に用いられ、複数の知的なエージェントが相互作用を及ぼし合いながら現象を表現する。

今後このような研究を発展させて実用化するためには、個人の避難行動パターンを分析しモデル化に反映させるとともに、実際の大規模な避難行動とシミュレーションの整

合性を比較検討することが不可欠である。著者らは、500名程度の学生が参加して実施された学生寮の避難訓練を調査し、CAに基づく避難行動シミュレーションを行い、どの程度再現できるについて検討した¹³⁾。さらに、建物の出入り口や避難場所の手前のボトルネックとなる場所で特に混雑するため、人が集まる場所における密度に応じた歩行速度の低減効果を適切に考慮することにより、シミュレーションの精度はさらに向上することを示した^{14,15)}。

いま一つの課題として、実際に避難行動シミュレーションを適用する場合、解析モデルの作成が非常に煩雑で膨大な労力を必要とすることである。このことが避難シミュレーションの普及の妨げになりかねない。

本研究では、電子地図を利用した解析モデル自動作成システムを構築した。これについて紹介し、セルオートマトン(CA)による避難シミュレーションを例示する。

2. 解析モデルの自動作成法

解析モデルの作成には、市販の電子地図を用いる。地図の表示から避難行動シミュレーションまでのフローを図-1に示す。図-2に示すように、コンピュータの画面に表示された地図上で、図-3のように解析対象エリアをマウスで指定する。このときエリア内の建物、道路等のポリゴン(図

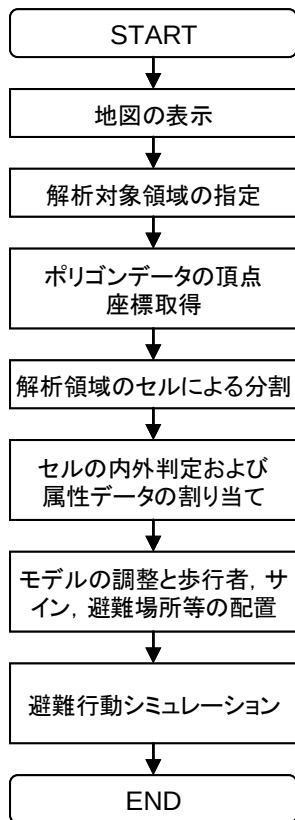


図-1 地図表示からシミュレーションまでのフロー



図-2 画面表示された地図

-4 参照)の頂点座標および各ポリゴンの属性等のデータに関する情報がファイルに出力される。ポリゴンの属性は、家枠、道路、歩道等であり、それぞれがレイヤーとして相当する番号を持っている。それ以外のデータとしては、それぞれのポリゴンの頂点の総数と頂点番号等がある。頂点番号は、指定された領域に存在するすべてのポリゴンの頂点に対して自動的に割り振られる。また、ポリゴンの頂点の平面座標については、別のファイルに出力される。



図-3 解析対象エリアの指定



図-4 解析対象領域のポリゴンデータ取得



図-5 ポリゴンデータの再表示

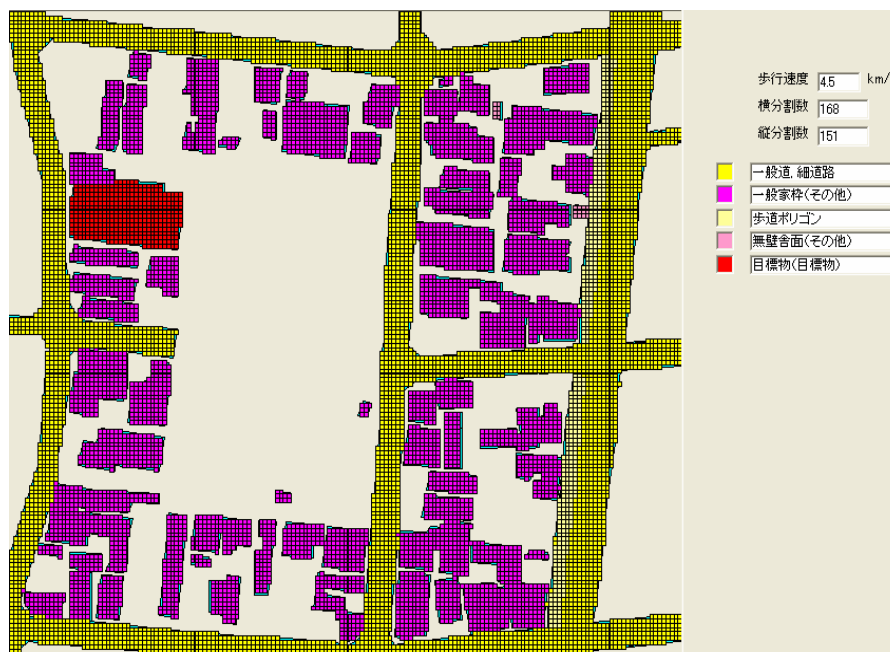


図-6 セルの内外判定と属性表示

ファイル出力されたポリゴンデータと頂点座標を読み込んで再表示(図-5 参照), 人の歩行速度を指定することによって, これに対応した大きさのセルに解析対象領域が自動分割される. それぞれのセルは, 道路等のポリゴンの内部にあるか否かの判定がなされ, 内部にある場合は, 該当するポリゴンと同じ属性がそのセルの属性として割り当てられる(図-6 参照). そのようにして, すべてのセルの属性が決まり, 解析モデルがほぼ完成する.

ここまでは自動的に行うが, 避難所設定や解析のモデルの修正, また人の配置などの必要がある. セルの属性データをファイルに出力した後, Microsoft Excel のマクロ機能を利用することで, データが読み込み, セルの属性に応じてシート上のセルが色分けして表示される(図-7 参照). ここでは, 歩道も含めた道路と, 目標物および無壁舎を含めた建物の 2 種類で表している. 避難所や歩行者等の配置は, Microsoft Excel 上で該当するシート上のセルを指定された色で塗りつぶすことで行う(図-8 参照). Microsoft Excel のシートには, マクロ制御用, 避難所やサインの設定, 人の配置などの各シートが用意されている. このようにして追加された属性データも含め, マクロ機能を利用し, 一括して再びファイルに出力する. これで解析に必要なすべてのデータが作成できる. そして, 別途作成された避難行動シミュレーション用のコードによって, 解析モデルのデータは読み込まれ利用される.

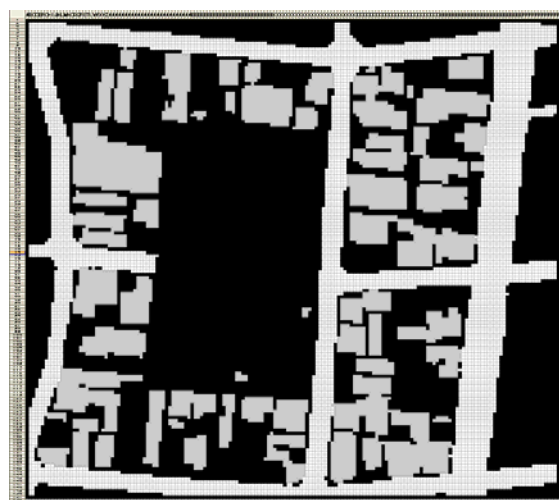


図-7 エクセルへのデータの取り込み



図-8 ゴールや人等のセルの配置

3. 避難行動シミュレーション

図-8 に示すモデルを用いて避難行動のシミュレーションを行った. 図-9 は計算開始から 78 ステップすなわち 78 秒後の動態であり, 図-10 は同じく 112 ステップ後の動態であ



図-9 計算開始から 78 ステップ後の避難状況



図-10 計算開始から 112 ステップ後の避難状況

る。この例では、87 人の避難者が 267 ステップで避難を完了した。紙面の都合で、避難シミュレーションの手法については割愛する。詳細は文献[13]を参照されたい。

4. おわりに

解析モデルの自動作成は、避難行動シミュレーションの普及に大きく貢献するものであり、今後更に便利なシステム構築に向けて研究を進める必要がある。

参考文献

- 1) 横山秀史, 目黒公郎, 片山恒雄: 避難行動解析へのポテンシャルモデルの応用, 土木学会論文集, No.513/I-31, pp.225-232, 1995.
- 2) 清野純史, 三浦房紀, 瀧本皓一: 被災時の群衆避難行動シミュレーションへの個別要素法の適用, 土木学会論文集, No.537/I-35, pp.233-244, 1996.
- 3) 清野純史, 三浦房紀, 八木宏晃: 個別要素法を用いた被災時の避難行動シミュレーション被災時の群衆避難行動シミュレーション, 土木学会論文集, No.591/I-43, pp.365-378, 1998.
- 4) 二神透, 木俣昇: 背景画像上での避難ペトリネットシミュレーションへのプローブ情報技術の活用化研究, 土木情報利用技術論文集, Vol.14, pp.33-40, 2005.
- 5) 源貴志, 成行義文, 藤原康寛, 三神厚, 澤田勉: 自主防災組織で活用可能な津波避難シミュレーションシステムの開発に関する基礎的研究, 土木学会地震工学論文集, Vol.29, pp.756-764, 2007.
- 6) 竹下史朗, 小林一郎, 山田文彦, 上野幹夫: マルチエージェントモデルを用いた洪水・避難シミュレータの開発, 土木情報利用技術論文集, Vol.16, pp.203-212, 2007.
- 7) 堀宗朗, 犬飼洋平, 小国健二, 市村強: 地震時の緊急避難行動を予測するシミュレーション手法の開発に関する基礎的研究, 社会技術研究論文集, Vol.3, pp.138-145, 2005.
- 8) 山本英臣, 森下信, 中野孝昭: セルオートマトンによる人の流れシミュレーション, 日本機械学会機械力学計測制御講演会論文集, 98, 8, pp.261-264, 1998.
- 9) 松田泰治, 大塚久哲, 樗木武, 内田広明: セルオートマトン法を用いた地下街の避難行動シミュレーションに関する一考察, 地域安全学会論文集, No.2, pp.95-100, 2000.
- 10) 近田康夫, 廣瀬智士, 城戸隆良: CA を用いた歩行シミュレーションモデルの構築, 土木情報システム論文集, Vol.9, pp.19-30, 2000.
- 11) 井面仁志, 白木渡, 堂垣正博, 有友春樹: CA による災害時の人間行動を考慮した避難シミュレーション, 土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要, I-242, pp.483-484, 2004.
- 12) 森下信: セルオートマトン—複雑系の具象化—, pp.135-137, 養賢堂, 2003.
- 13) 辻原治, 今北智基, 松川知憲, 澤田勉: 避難訓練の調査と CA に基づく避難行動シミュレーション, 土木学会地震工学論文集, Vol.28, pp.1-10 (in CD-ROM), 2005.
- 14) 辻原治: 避難行動シミュレーションシステムとその検証に関する研究, 土木情報利用技術講演集, vol.33, pp.5-8, 2008.
- 15) 辻原治: 大規模避難行動の CA によるシミュレーションについて, 土木学会地震工学論文集 (投稿中).