Live Design のための参加型避難シミュレーションシステムの開発

香川大学工学部　正会員　○白木　渡
香川大学工学部　正会員　井面　仁志
香川大学大学院工学研究科　有友　春樹

１．はじめに

近年，国内外を問わず大規模地震や台風・ハリケーンなどの自然災害により，人的ならびに物的に多大な被害が発生している．想定外の災害に対して事前に防災教育を実施していれば被害は最小限に抑えられていたはずである．近い将来，大規模地震の発生が予想される中，防災教育の必要性がさけばれている．

一方，「Live Design」と呼ばれる，新しい防災の考え方がコロンビア大学（米国）のG.Dasgupta教授により提唱されている[1)]．Live Designとは，災害発生時において，いかに迅速に人々を避難させるかを目的としたソフト防災の考え方である．大規模地震やテロのように予想外の災害に対しては，この考え方をもとに，事前に災害を想定し防災に対する議論を進めることが重要である．

そこで本研究では，ソフトコンピューティングの１つであるセルオートマトン（CA）を使用して災害時における人々の避難行動をモデル化し，想定外の災害に対して事前に避難について検討可能なシミュレーションシステムを構築する．さらに，地域や施設の防災に関る様々な主体が参加して意見交換を行い，災害発生時に Live Design アプローチのもと迅速な避難を実現するツールとして活用可能な参加型避難シミュレーションシステムの開発を行う．

２．Live Design

Live Design とは，従来のように建物や地域をハード面から守るだけでなく，IT 技術を効果的に活用し，ライブ（リアルタイム）で情報収集を行い，その情報を基に適切な避難経路の確保および避難経路への誘導を行って被害軽減を図るというソフト面からの危機管理に応用する考え方である．

Live Design の主な観点を以下に示す．

1）災害時の安全性の確保．
2）災害時の情報伝達の検討．
3）防災教育の実施．

想定外の大規模災害に対しては，これらの観点を考慮して事前に防災・減災について議論を行うことが重要となる．

３．ＣＡによる避難シミュレーションモデルの設定

CAは空間的なセルの離散的な格子で構成されており，各セルは有限な状態の 1 つを有し，以前の時間ステップにおける状態と近傍の状態，ならびに遷移規則によってその状態を変化させる[2)]．

この CA を用いて避難シミュレーションモデルの設定を行う．空間をモデル化するにあたり，本研究では 2 次元セルオートマトンを用い，1 辺が均等な空間格子をとる．セルの 1 辺は避難者の大きさに合わせ縦横 0.5m とした．また，セルが取りうる状態として避難者，障害物，歩行可能空間，ハザードの 4 種類を設定した．

シミュレーションの原則を以下に示す．

1）空間：閉ざされた平面空間．
2）避難者：局所的な規則に従う．
3）避難者の目的：空間からの脱出．
4）避難者の移動：隣接する 8 セル．

４．参加型避難シミュレーションシステムの開発

上記の避難シミュレーションモデルを用いて，Live Design のための参加型避難シミュレーションシステムの開発を行う．

システムの構築に際しては，まず，避難の状況をライブ（リアルタイム）で体感できるようにするために，JAVA アプレットを用いてシミュレーション過程を可視化した．さらに，CA の特徴を活かしてリアルタイムでシミュレーションの環境を変化させることが可能で，Live Design の概念を反映しながら住民参加型で地域の防災・減災について議論が行えるように工夫した．

本システムで可能な操作を以下に示す．

1）障害物，ハザード等を図面上に反映可能．
2）避難経路方向を自由に変更可能．
3）画面をライブに拡大・縮小，スクロール可能．

キーワード　evacuation simulation, participatory system, live design, CA-model
連絡先　〒761-0396　香川県高松市林町 2217-20　香川大学工学部信頼性情報システム工学科　ＴＥＬ087-864-2243

4）画面のステップ時間を変更可能.

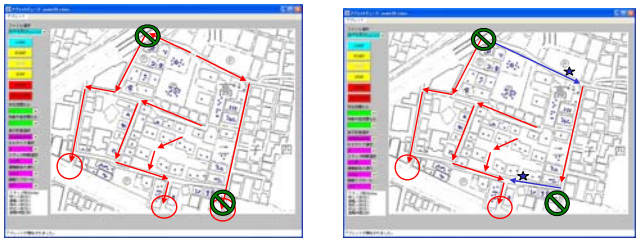
５．システム適応事例

シミュレーションシステムの適用事例として，都市近郊地域のコミュニティ空間を想定する．このコミュニティの住民，自治会，NPO，行政，消防等の関係者に参加してもらい避難について議論を行う．シミュレーションの設定として巨大地震が発生し，コミュニティ内の住民が避難者となり一斉に避難している状況を考える．

参加者と共に避難所までの避難経路についての議論を行った．意見の出た避難経路をもとにシミュレーションを行い，その避難状況を見ながら最適な避難経路の検討を行った．

さらに，実際に巨大地震が起きた場合には，図 1 に示すような倒壊危険場所では構造物が簡単に倒壊してしまう危険性があり，避難経路が塞がれてしまいうまく避難誘導が行えない場合が考えられる．議論の結果，参加者から図 2 に示す 2 箇所で建物の倒壊が予想されるという意見が出た．建物倒壊により道路が不通になることが予想される．その情報が伝わっていない場合には，倒壊地点付近で避難者の混雑が発生し避難が遅れ，被害の拡大が懸念される．そこで，避難状況の違いを見て議論するために Live Design の概念を導入して道路不通の情報伝達をシミュレーション途中に設定して，その効果を検討した．道路不通の情報伝達を開始直後と 200step 後の 2 種類想定してシミュレーションを実施した．図 2(a)の矢印は情報伝達なし，図 2(b)の矢印は情報伝達ありにおける避難経路をそれぞれ表している．以下の 3 つの Case において避難状況の比較を行った．

図 1　倒壊危険場所



(a)情報伝達なし　　(b)情報伝達あり

図 2　コミュニティにおける倒壊地点と避難経路

・Case1：情報伝達なしの場合

・Case2：開始直後に情報伝達ありの場合

・Case3：200step 後に情報伝達ありの場合

図 3 では，250step 後の道路不通地点付近の混雑状況を四角の枠内に示す．情報伝達あり（Case2 と Case3）の場合は，情報伝達なし（Case1）の場合に比べて，道路不通地点付近の混雑状況が改善されていることがわかる．さらに，情報伝達が直後（Case2）に実施された場合は，200step 後（Case3）の場合に比べて混雑がないことがわかる．このことから，参加者に地震発生時における情報伝達の迅速性と重要性を明らかにすることができた．

(a)Case1

(b)Case2　　(c)Case3

図 3　シミュレーション結果（250step After）

６．おわりに

災害発生時の避難を効果的に行うためのツールとして，CA を用いた Live Design のための参加型避難シミュレーションシステムを構築した．このシステムを活用して防災教育を実施すれば，実際起こりうる避難状況を想定・再現が可能で，様々な条件下のもと最適な避難対策を考えることが容易となる．その結果，参加者に災害時の避難に対するライブなイメージを持ってもらうことができ，効果的な避難の議論が可能となる．さらに，このようなツールを用いて，関係者参加型で災害に対する事前教育を積み重ねていくことにより，人々の防災意識の向上が図られ，地域の防災・減災への効果が期待できる．

今後は，さらに本システムの高度化を図るとともに，いつでもどこでも利用可能な普及版の開発を行いたいと考えている．

参考文献

1）http://www.columbia.edu/~gd18/livedesign/index.html

2）上田完次・下原勝憲・伊庭斉志：人工生命の方法−そのパラダイムと研究最前線−，第一資料印刷株式会社（1995）.