

避難シミュレーションを活用した防災教育方法の提案

Proposal of disaster prevention education method using evacuation simulation

有友春樹*, 白木渡**, 井面仁志***

Haruki ARITOMO, Wataru SHIRAKI, Hitoshi INOMO

*香川大学大学院, 信頼性情報システム工学専攻 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

** 工博 香川大学教授, 信頼性情報システム工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

*** 博 (工) 香川大学准教授, 信頼性情報システム工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

A participatory evacuation simulation system aiming to achieve prompt evacuation in an emergency was developed by the authors. In this study, an effective disaster prevention education method using this evacuation simulation system is proposed. First, students execute about some problems concerning evacuation using evacuation simulation at default setting. Secondly, they set the conditions that a disaster occurs in their own familiar environments, and then they execute the evacuation simulation and think about disaster prevention and mitigation. Thirdly, the questionnaire survey is executed to confirm the effect of the proposal method. Finally, the easiness of the evacuation simulation to use, the effect about the disaster prevention education and the difference of the proficiency by presence of personal computer experiences are evaluated.

Key Words: evacuation simulation system, education for disaster prevention, questionnaire survey, CA

キーワード: 避難シミュレーションシステム, 防災教育, アンケート調査, CA

1. はじめに

最近では, 毎年のように全国各地で地震や台風, 集中豪雨など大規模な自然災害に見舞われて, 大きな被害が発生している. 四国地域においては, 南海地震が 30 年以内に 50% 以上の確率で発生すると予測されており, 公共性の高い社会基盤施設は勿論個人の住宅の耐震補強, 避難場所の確保, 事前防災教育・訓練の実施等, 様々な防災・減災対策の立案・実施が急がれている.

このように, 明日にでも大規模災害が発生するかも知れない状況下においては, 個人や自治会レベルですぐにでも実施可能でしかも効果が期待できる防災・減災対策は, 事前防災教育・訓練の実施である. 国や自治体レベルでは, 現在保有・管理している公共性の高い社会基盤施設の防災・減災対策が重要視されているが, この対策には多額の予算と長期間を要する. 従って, 個人や自治会レベルでの防災・減災対策としては, 施設設備のハード防災対策よりも防災教育・訓練というソフト防災対策が有効かつ効果的である.

従来の防災教育方法としては, 通常紙ベースでの防災マップの作成とそれを活用した危険箇所, 避難場所, 避難ルートの点検・確認という方法が採られている. しかし, この方法では想定した災害状況に対する防災教育・訓練は可能であるが, 想定外の状況が発生した場合の臨機応変な対応策の選択, 避難場所や避難ルートの変更等の意志決定の体験, さらにその効果を確認しながら教育・訓練を実施することは困難である. そこで本研究では, 避難シミュレーションシステムを活用することにより, 想定外の事態が発生しても臨機応変な対応や意志決定が体験できる防災教育・訓練方法を提案する.

災害時の避難シミュレーションに関する研究は, セルオートマトン (CA) やマルチエージェント等様々な手法を用いて行われている¹⁾⁻⁸⁾. いずれの研究においても, 事前防災教育・訓練に活用するための工夫がされている. その内, 片田ら⁷⁾の災害総合シナリオ・シミュレーションでは広域な範囲で災害とその発生時間を考慮し, より現実に近いシナリオ形の避難シミュレーションを実現しようとしている. また, 堀ら⁸⁾はマルチエージェントシ

システムを用いて高層ビルや大規模地下街での緊急避難行動を予測し、事前防災教育に活用する工夫をしている。

著者らも、避難行動のような複雑な現象を市販のパソコン上で比較的簡単に再現することが可能な CA⁹⁾⁻¹⁰⁾を用いて参加型避難シミュレーションシステムを開発している¹¹⁾。この避難シミュレーションでは、実行途中で条件を変更しても解析が可能であるという CA の特徴を生かし、災害時に想定される様々な状況を参加者の意見をもとにその場で再現し、臨場感を保ちながらシミュレーションが実行可能なように工夫している。そのため、時間の経過とともに被害状況が激しく変化する緊急時を想定した避難シミュレーションが実現可能で、効果的な防災教育・訓練用のツールとして活用できる。

本研究では、この参加型避難シミュレーションシステムを活用した防災教育・訓練方法の提案を行う。具体的には、避難シミュレーションを使って、災害時に想定される様々な災害状況並びに想定外の状況に対応するという課題を通して、緊急時対応能力や意志決定能力を身につけることができる方法である。想定内及び想定外の事態を含めて災害発生時に重要なことは、発生している事態に対して如何に迅速・的確に状況判断して対応するかである。その能力を磨くことで個人の防災意識の向上並びに地域防災力の向上につながると考えている。

2. 参加型避難シミュレーションシステム

2.1 システムのコンセプト

これまで防災対策としてシミュレーション技術が用いられてきているが、それらの多くは、ハード的な防災対策に対応するために被害の規模・範囲等の予測するためのシミュレーションであり、人々の避難誘導というソフト的な防災対策への対応は十分とは言えない。また、膨大なデータ処理のもとに詳細なシミュレーションを行うため、処理能力の高いコンピュータを使用する必要があり、手軽に利用できる環境にはない。そこで、著者らは、先の研究¹¹⁾では、個人や自治会レベルの防災教育に活用することを主目的として、市販されているパソコンで手軽に利用できる避難シミュレーションシステムを開発した。

システムの開発に際しては、住民・技術者・消防関係者・施設管理者・行政・専門家等防災に携わる多様な主体が、様々な視点で避難に関しての意見交換・反映・設計が可能機能を備えることを条件とした。さらに、Live Design の考え方¹²⁾のもと、迅速な避難を可能にする施設・設備の設計、避難計画等へ具現化させることを目指した。その結果、種々の場所において、様々な形の被害想定や災害環境変化を考慮したシミュレーションを可能にし、さらにシミュレーション実行中においても条件の変更・追加をライブで実行できるシステムを構築した。その詳細については、著者らの参考文献を参照していただ

きたい¹¹⁾。

参加型避難シミュレーションシステム（以下避難シミュレーションと略）の主な特徴を以下に示す。

(1) CA モデルの採用

CA では、全体の状態変化を局所的な状態変化の組み合わせで再現するため、様々な災害や人の複雑な避難行動等について局所的なルールを設定するだけで、シミュレーションが可能となり、様々な災害、人の避難行動が再現可能である。

(2) JAVA を用いたシミュレーションの可視化

時々刻々と変化する災害状況、人の避難状況等について、時間ステップごとに可視化を行う事で、様々な立場の人々はその状況を見ながら意見交換をスムーズに行えるよう考慮している。また、シミュレーションの構築に JAVA を採用することにより、Web ブラウザが利用可能なコンピュータであれば、シミュレーションが利用可能である。

(3) リアルタイムでの条件変更

マウス等の使用により、シミュレーションの条件をリアルタイムで変更可能である。これにより、Live Design の考え方のもと様々な立場の人の意見をその場で取り入れ、その影響を確認することができ、スムーズな意見交換・合意形成が可能となる。

2.2 システム実行画面

図-1 に避難シミュレーションの実行画面を示す。シミュレーション実行の基本的な動作として、LOAD(シミュレーションマップ読み込み)、START(シミュレーション実行)、STOP(シミュレーション停止)、STEP(シミュレーション 1step 実行)、CLEAR(シミュレーション変数初期化)がある。シミュレーション実行中にも避難ステップ数や残り避難者人数、脱出人数、焼死人数、救助人数が確認できるように画面に表示してある。マウスクリックによりシミュレーション状況の変更が可能である。追加・変更できる項目として、避難者のタイプ(冷静な避難者、

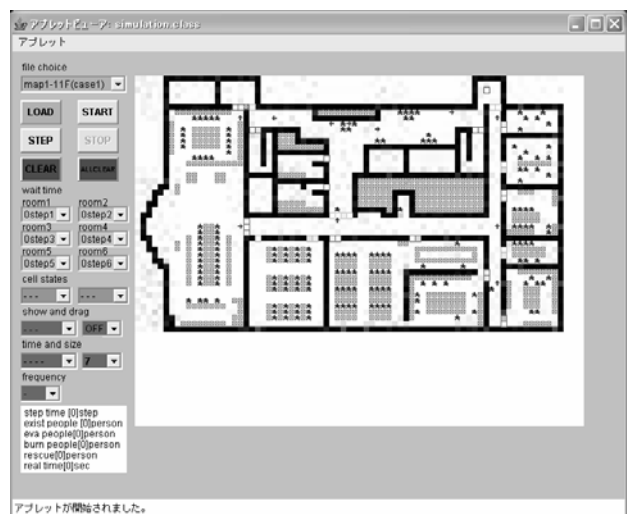


図-1 システム実行画面

冷静な避難者に追従する避難者、動きの遅い避難者、パニックになる避難者、救助の必要な避難者の5種類)、障害物の有無、火災の発生の有無、標識の設置数や位置などである。その他にも、マップサイズの拡大・縮小、マップ画面のスクロール、シミュレーションステップ時間の変更も可能である。これらの機能を活用することにより、様々な防災教育・訓練課題の作成が可能になる。

2.3 シミュレーションマップ作成

さらに本システムでは、様々な状況での避難シミュレーションが可能のように、容易にシミュレーションマップの作成ができるように工夫してある。簡単なペイント操作と JAVA のコンパイルでシミュレーションマップが作成可能である。原理は 24bitBMP ファイルにおける R(レッド), G(グリーン), B(ブルー)の3色の数値とシミュレーション内の数値を対応させているものである。

3. 参加型避難シミュレーションシステムを活用した防災教育方法の提案

3.1 防災教育の概要

ここでは、2章で紹介した参加型避難シミュレーションシステムを活用した防災教育の提案を行う。本研究で提案する防災教育は、「導入教育」、「基本教育」および「応用教育」の3段階により構成されている。この3段階の防災教育では、災害時に想定される様々な災害状況並びに想定外の状況に対応する課題解決を通して、緊急時対応能力や意志決定能力を習得することを目的とする。以下に各段階における教育目的および教育内容を示す。なお、本研究では、参加型避難シミュレーションシステムの防災教育を、香川大学工学部1年生25名を対象とする授業の中で実施した。具体的には、1コマ90分で設定し、合計4コマ×90分=360分の授業として実施した。

(1) 導入教育 (1コマ)

導入教育においては、想定している災害に対する防災知識および避難シミュレーションの基本概念と操作方法の習得が目的である。今回は時間の都合上、避難シミュレーションの紹介と受講生各自のパソコンにおける避難シミュレーションの実行環境の整備のみを実施した。

(2) 基本教育 (1コマ)

基本教育においては、課題1「既存マップによる災害シミュレーション」と課題2「既存のマップへの災害条件の追加」の2種類の課題を実施する。それぞれの課題における教育目的は以下のとおりである。

<課題1>: 事前に準備されたマップ(避難の検討を行う場所)上で、想定される災害状況に対応して避難シミュレーションを行うことにより、避難シミュレーションシステムの使用法の習熟および災害の発生状況により、避難状況の違いが生じることの確認を目的とする。

<課題2>: 課題1と同じマップを使用し、受講生各

自が様々な災害発生状況を想定し、災害状況の違いにより避難状況の違いが生じることの確認を目的とする。

基本教育では、上記2つの課題を通して災害時に想定される様々な状況に臨機応変に対応できる、緊急時対応能力や意志決定能力を習得することを目的としている。

(3) 応用教育 (2コマ)

応用教育としては、課題3「身近な空間のマップ作成によるシミュレーション」を設定し、受講生自身が身近な空間マップを選定・作成し、基本教育で習得した知識をもとに、災害時に起こりうる様々な状況を想定して避難シミュレーションを実行する。その結果、身近な空間で発生する災害が認識でき、かつその災害状況に的確に対応した防災対策を検討することが可能となり、緊急時対応能力や意志決定能力の向上が期待できる。

応用教育では、避難シミュレーションを実施する前に、受講生自身の身近な空間のマップの選定・作成方法及び避難シミュレーションシステムへの実装方法の習得に必ず1コマが必要である。

なお、本研究で提案した防災教育は、香川大学工学部の1年生を対象に4コマ(6時間)で計画されたもので、実質1日で防災教育を実施することが可能である。しかし、一般の市民を対象にして実施する場合には、防災教育の目的並びに受講生の能力に応じて、実施する教育内容および時間の検討が必要である。

3.2 各課題の教育内容

(1) 課題1: 既存マップによる災害シミュレーション

既存マップとしては、防災教育を実施した講義室のある香川大学工学1号館11階のマップを使用し、以下の5種類の状況を想定したマップを準備した。

- ・case1 - すべての扉が開き避難できる状況
- ・case2 - 非常口が使用できない状況
- ・case3 - すべての扉が半分しか開かない状況
- ・case4 - 通路に障害物がある状況
- ・case5 - 避難者の種類が様々な状況

5種類のマップごとに実施された避難状況を比較検討しながら、11階の避難に関して気づいたことを考察させる。

この課題では、避難状況の変化に影響するであろうと想定される非常口、扉、障害物、避難者の種類などの状況変化による避難への影響を学習する。避難状況の確認とともに避難シミュレーションの基本操作についても学習させる。

(2) 課題2: 既存のマップへの災害条件の追加

課題1で使用したマップに受講者自身が災害発生時の状況を設定し、事前に準備された状況以外の新しい状況を設定したマップにより避難シミュレーションを実行し、自ら想定したマップの避難状況を比較検討しながら避難に関して気づいたことを考察させる。

この課題では、予め準備された状況でのシミュレーシ

ョンを実行するだけでなく、避難シミュレーションシステムの特徴の1つであるマウスを用い避難者の配置の変更、障害物の配置変更・追加、火災発生の有無、標識の配置状況を変更することにより、様々な災害時の状況変化による避難状況の変化を把握・対応できる能力の習得が可能であり、あわせて避難シミュレーションのより高度な使用方法の習得が可能である。

受講者自身に考えさせることにより、教育効果の向上が期待できる。

(3) 課題3:身近な空間のマップ作成によるシミュレーション

受講者各自に身近な空間のマップを作成させて、その空間における災害時に起こりうる状況を想定したシミュレーションを実行させる。受講者の身近な空間で起こりうる避難状況を比較検討しながら避難に関して気づいたことを考察させる。

受講者は、自分自身で選定した空間マップを使用して避難シミュレーションを行うことにより、災害時に起こりうる状況を身近に考えることができ、災害状況をよりリアルに具体的に想定することが可能になる。災害の発生が身近なものと同感できるようになり、事前の防災・減災対策の重要性が認識できるようになる。

以上示した3つの課題では、受講者の身近な空間(受講者のイメージしやすい空間)を避難シミュレーションシステム内に取り込み、具体的に災害時の災害状況や避難状況を想定させることにより、防災能力の向上を目指した効果的な教育が実施できると考えている。

3.3 受講者の意識調査

受講者の防災教育効果の有用性を確認するために、4コマの授業の中で受講者の特性、課題・システムに関する評価及び意見、防災意識の変化とその理由についてアンケート調査を実施した。

まず、受講者の特性については、受講者の防災に対する意識とパソコン経験に関する調査を行った。受講者の防災に対する意識については、1)南海地震について知っている、2)災害について準備している、3)防災について考えたことがある、4)避難について考えたことがある、5)被災経験あり、6)防災意識が高いと思う、の6項目に関する5段階評価と、災害・防災について自由記述により回答を得た。パソコン経験については、パソコンの習熟度を知るために「パソコンの使用経験年数」1)未経験、2)1年未満、3)1年～2年、4)2年～3年、5)3年以上、について調査した。

次に、課題・システムに関する評価及び意見としては、各課題について避難に関して気づいたことや、システムに関する評価・意見を調査した。「避難に関して気づいたこと」と「システムに関する意見」を自由記述により調査した。「課題評定」については、1)やさしい・難し

い、2)理解できた・理解できない、3)面白い・面白くない、4)満足・不満足、5)使いこなせる・使いこなせない、6)機能は十分・機能は不十分、7)簡単・複雑、の7項目に関する5段階評価により回答を得た。

最後に、防災意識の変化の理由については、1)高くなった・変化なしを5段階評価で実施し、「防災意識の変化の理由」、「身近な空間で防災対策を立てようと思ったこと」、「各課題についての意見」、「避難シミュレーション授業の感想」については、それぞれ自由記述により調査を行った。

4. 防災教育方法及びシステムの評価結果考察

受講者25名のうちアンケートの有効回答数は21名となった。そのアンケートをもとに防災教育方法及びシステムの評価結果考察を行う。

4.1 受講者の特徴

受講者の防災教育実施以前の防災意識についての5段階評価の平均値を図-2に示す。図-2より「南海地震について知っている」が評価平均3.45、「防災について考えたことがある」が評価平均3.45、「避難について考えたことがある」が評価平均3.5と高いことより、地震に対する意識及び地震の発生に伴う防災や避難について感心があることがわかる。一方で、今回の受講生は、ほとんど「被災経験」はない受講生であり、「災害に対して準備している」については評価平均1.86であり、「防災意識が高い」と思うにおいても評価平均2.45となっており、防災・避難に関して検討したことはあるが、実際の防災のための準備までは行っておらず、防災に関する意識は高くない事がわかる。

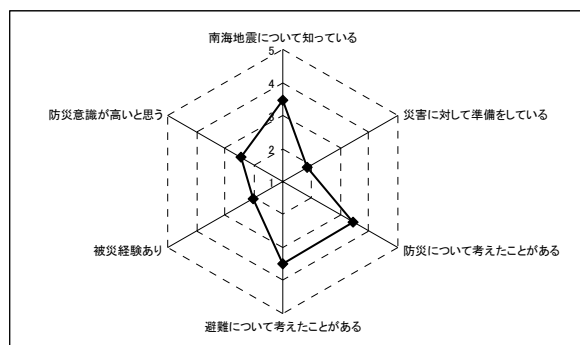


図-2 防災意識について(評価平均)

“災害・防災について”の自由記述においても、防災についての知識や経験はあるものの、身近なところで防災に対する準備や対策をしていないという意見がほとんどであり、ニュースや新聞等による報道を聞くたびに災害について考えることはあるが、考えるだけで終わってしまい防災対策までいたっていないのが現状であると考えられる。

“パソコンの経験”に関しては、図-3に示すように

受講者のパソコン経験は1年未満が受講者数の3分の2を占めており、あまりパソコン経験年数が長くないことが分かる。

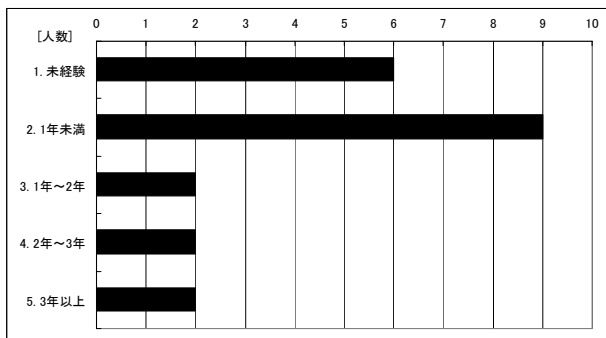


図-3 受講者のパソコン経験年数

4.2 各課題におけるシステムの使用評価

各課題の“避難に関して気づいたこと”の意見を集約した結果を以下に示す。

課題1に対しては、予め準備したケースを比較して避難状況の違いを見出した意見が多く挙げられた。比較内容では、シミュレーションの数値の比較だけをしている受講者もいれば、シミュレーション状況を見て具体的に避難行動の問題点を挙げているものもあり、受講生各自の防災に対する意識の違いにより、検討事項に違いが見られるものの、避難状況の違いを確認することはできたものと考えられる。

課題2については、災害時に起こりうる様々な状況を想定してシミュレーションを行っていた。受講者各自が災害状況を想定しているため、課題1に比べてよりリアルな意見が多く見られ、少なくとも様々な状況を想定し、避難状況の違いを確認することができたと考えられる。

課題3については、コンビニや学生食堂等のような多くの一般の人が利用する身近な空間から実家やアパート等自身の住居に関するマップの作成が多く見られた。その結果、自分の身近な空間だからこそ想定される災害状況がシミュレーションされており、課題1及び課題2に比べてより具体性のあるシミュレーションが行われていた。また、避難対策についても具体的な場所や物を指定してシミュレーションが実施されており、このことから防災意識の向上が確認できる。

図-4に各課題終了後にアンケート調査した課題の内容を含んだシステムの使用の評価平均の結果を示す。図-4より、“やさしい”、“簡単”の項目において課題が進むごとに評価平均が下がっており、受講者自身で作成し検討する内容が多くなるにつれ、受講者にとって難易度の高いものとなっていることが分かる。同様に理解できたという項目も課題ごとに評価平均が下がっており、課題の難易度が向上するにつれて、理解度を高めるために講義時間を多くする必要があると思われる。しかし、課題の難易度が高くなっても“面白い”や“満足”といった項目の評価平均にあまり変化がなく、避難状況が実際

に目で見て確認できる避難シミュレーションを防災教育に使用することは有効であると考えられる。

一方で、課題が進むごとに避難シミュレーションの機能を十分に活用する能力が要求されることから、“使いこなせる”や“機能は十分”などの項目の評価平均が下がっており、課題の難易度が高くなるとともに避難シミュレーションの操作性、機能の向上など使いやすさに対する要求が高くなることが予想される。この点に関しては、今後システムの改善が必要であると考えられる。

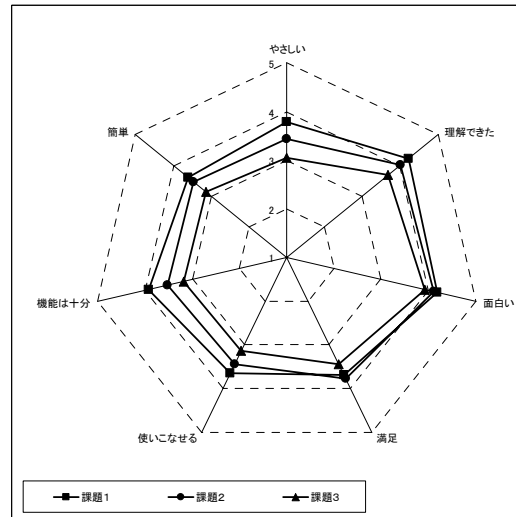


図-4 課題評定 (評価平均)

“システムに関する意見”を集約すると、避難シミュレーションとして避難者の動きや炎の動きについての意見が多くあげられた。避難シミュレーションの操作性、機能の向上とともに、今後の改善課題と考えられる。その他、避難シミュレーションを三次元にしてより臨場感のあるシミュレーションにして欲しい、もっと大きなマップを作成してシミュレーションしたいという意見もあり、本研究で提案した避難シミュレーションを用いた防災教育方法については、一定の評価が得られたものと考えられる。

4.3 防災意識の変化とその理由

受講者の防災意識の変化に関するグラフを図-5に示す。ほとんどの受講者が、防災意識が高くなったと回答しており、防災教育としての効果が現れていることが分かる。

“防災意識の変化の理由”としては、以下のような意見が見られた。

- 1) 避難シミュレーションを使って災害時に起こりうる様々なケースを想定することで少しの状況の変化でも避難状況や避難時間に大きな影響が起ることが分かった。
- 2) シミュレーションを通して災害時に危険な場所を想定することができた。
- 3) 自分の身近な場所で防災について考えることができたのでとても勉強になった。

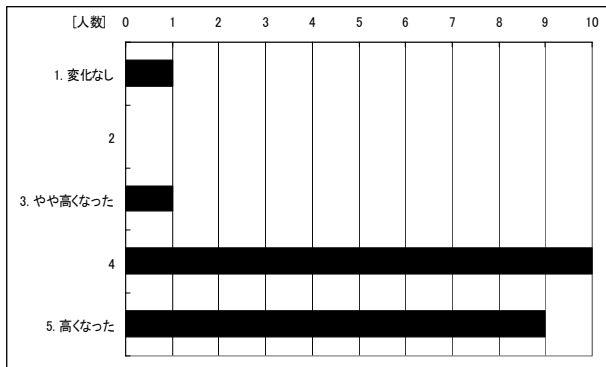


図-5 受講者の防災意識の変化

4)身近な空間でシミュレーションできたため、具体的な被害状況を想像して防災対策を立てることができた。

これらの意見より、防災教育においては、避難状況が可視化できる避難シミュレーションを活用し、身近な場所における避難を検討することが、防災意識の向上に大きな影響を与えることが分かる。

“身近な空間で防災対策を立てようと思ったこと”については、受講者の行動として以下のような意見が挙げられた。

- 1)非常階段の位置や数を把握する。
- 2)避難経路を確認する。
- 3)障害物の配置を確認する。
- 4)災害時に落ち着いた行動を心がける。
- 5)火の元に注意する。

これらの意見より、本研究で提案している防災教育を受講することにより、防災に対してのより具体的な行動を意識できるようになったことが分かり、防災意識の飛躍的な向上が認められる。

“各課題についての意見”によると、課題について時間が足りないという意見が多く見受けられ、防災意識が低く、パソコンの経験がない受講者に対して防災教育を実施する際は、もう少し多くの時間をかけることが望ましいと考えられる。今後各課題の時間配分や内容の検討が必要である。

“避難シミュレーション授業の感想”としては、システムの使用評価と同様に、ほとんどの受講者が「授業を受けて楽しかった」、「面白かった」と回答しているが、楽しみながら防災教育を行えるようにより一層の工夫が必要である。

5. おわりに

本研究では、著者らが開発した参加型避難シミュレーションシステムを活用した防災教育方法の提案を行った。この方法で実施した防災教育の受講者の多くが、「防災意識が高くなった」と回答しており、提案した防災教育の有用性が確認された。その理由としては、参加型避難シミュレーションシステムを活用することにより、受講者自らが選定・作成した身近な空間マップ上で、災害時に

起こりうる様々な状況を想定し、シミュレーションに反映させその効果を、その場で確認し避難・防災について考え、具体性のある防災対策を立てることができていることにある。実際に授業後、受講者は身近な空間において防災対策を取る行動を起こしており、従来の紙ベースの防災マップを使用した防災教育と比較して、教育効果の向上が期待できる。

本研究では、まだ防災意識が低くパソコン経験が浅い人を対象とした避難シミュレーションを活用した防災教育を実施したが、今後は、地域の防災力を向上させるために必要な地域のリーダーの育成に関する高度な防災教育プログラムにおける避難シミュレーションの活用を検討することが重要であると考えている。

参考文献

- 1)松田泰治, 大塚久哲, 樗木武也: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年.
- 2)藤岡正樹, 石橋健一, 梶秀樹; マルチエージェント型避難モデルの特性評価, 地域安全学会論文集, No.4, pp.57-64, 2002年.
- 3)森下信, 中塚直希:セルオートマトンを用いた緊急避難時の群集流解析, 第52回理論応用力学講演会, pp.121-122, 2003年.
- 4)近田康夫, 浅地剛成, 城戸隆良: CAを用いた避難シミュレーションに関する一考察, 構造工学論文集, Vol.49A, pp.217-224, 2003年.
- 5)熊谷兼太郎, 小田勝也, 土方聡, 岡秀行:津波時の避難シミュレーションシステム及びモデル地域における構築, 土木計画学研究講演集, Vol.33, No.270, 2006年6月.
- 6)近田康夫, 廣岡淳: CAによる避難行動シミュレーション, 第9回設計工学に関するシンポジウム講演論文集, pp.55-62, 2005年12月.
- 7)桑沢敬行, 片田敏考, 金井昌信: 発災時刻別被災想定を可能にする災害総合シナリオ・シミュレーション, 土木情報利用技術論文集, Vol.15, pp.211-222, 2006年5月.
- 8)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年11月.
- 9)森下信:セルオートマトン複雑系の具象化, 養賢堂, 2003年.
- 10) Andrew Ilachinski: Cellula Automata- A Discrete Universe, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2001.
- 11)有友春樹, 白木渡, 井面仁志: Live Designによる参加型避難シミュレーションシステムの開発, 安全問題研究論文集, Vol.1, pp.13-18, 2006年11月.
- 12)<http://www.columbia.edu/~gd18/livedesign/index.html>.

(2007年8月17日受付)