

実環境における 災害体験ゲームシステムの研究

于沛超[†] 皆木貴生[†] 遠藤靖典[†] 星野准一^{††}

本稿では、実環境上で実際に様々な場所を訪れながら、その場所で起こり得る災害時の状況を体験できる災害体験ゲームシステムを提案する。様々な場所に移動しながら体験することで、より明確に実際に災害が起きた時の状況をイメージすることができ、災害リスクを見極める支援が行えると考えられる。屋外で移動しながらゲームを行えるようにするために、本システムではGPSや加速度センサを搭載したスマートフォンを利用する。GPSを利用して参加者の位置を、加速度センサを利用して参加者の簡単な動きを検出し、体験に利用する。システムを構築した後、本システムが災害リスクを認知する支援に有効であるかを、評価実験を行うことで示す。

Disaster Experience Game in Real World

PEICHAO YU[†] TAKAO MINAKI[†]
YASUNORI ENDO[†] JUNICHI HOSHINO^{††}

In this paper, we propose a disaster experience game system, with which users can experience a great variety of disaster events in the real world. The system is built on android platform, with GPS and acceleration sensors equipped. The system generates possible events in certain locations when the user is walking in his neighborhood, which will actually happen when the disasters, such as earthquake and tsunami happened. The user is asked to take proper actions to clear the game. The system helps users to have a clear image of the disaster, and instructs them taking precaution before the disaster, and evacuating in a proper way when the disaster is actually happened.

1. はじめに

東京都が発表した報告書によると、今後30年以内に南関東地域におけるマグニチュード7程度の地震の発生率は70%と高く、その際の被害は、5,600人以上の死者が発生し、150,000人以上の負傷者が発生するという甚大なものになると予想されている¹⁾。このように、地震などの災害が多発する我が国にとって、防災計画や災害対策を立て、災害時に備えることは必要不可欠なことである。

この計画や対策を被災時に活かすことで、被害が最小となる。しかし、災害の混乱時には予期せぬ出来事の発生、情報の錯綜、的確な指示を出せる者が周りにいないなどにより、自身による的確な「意思決定」を行う場面が起こり得る。また、「意思決定」の不備により、迅速・円滑な「行動」が行えないという事態もあり得る。人々が的確な「意思決定」と「行動」を起こせない問題として、災害の可能性や危険性をしっかり認識していないという問題が存在する³⁾。

災害時に起こり得る状況を見極め、自身に降りかかる危険性を把握することは災害リスク認知と呼ばれ、この災害リスク認知をしっかりと行っておかなければ、その次に繋がる「意思決定」「行動」を行うことはできない。一方、災害は頻繁に起こるものではないため、経験を通して災害リスクを認知していくことはできない。そこで災害時の状況を模倣した防災訓練を通して、実際の状況をイメージしながら、自ら考え災害時のリスクを理解していかなければいけない。

従来の防災訓練に、災害時の「行動」の習得を目的とした実技・実動訓練がある。この訓練には多くの人が体験してきた、学校などで行う避難訓練がある。避難訓練では、避難経路を指示された通りに移動するものであり、参加者が積極的に考えることは少ない。結果として、パターン化された行動の習得を行えるが、不測の事態に対する行動を習得することは難しい。

またこの他に、「意思決定」の習得を目的とした意思決定訓練がある。これは地図などを基に災害時の状況をイメージし、どのような対応を取ればいいのかといったことを認識するための訓練であり、災害リスク認知に効果的な訓練と言える。しかし、専門的な知識を必要とする進行管理者の存在が不可欠で気軽に行えないという問題から実技・実動訓練に比べて意思決定訓練は一般的にあまり知られていない。

そこで情報技術を用いて、システムが専門家の役目を果たし、加えてエンタテインメントを利用し、楽しく学べる訓練として多くの人に利用してもらおうとする試みが多数存在する。しかし、室内のパソコンなどの画面上で行うものや、災害時の状況を

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

^{††} 筑波大学大学院システム情報工学研究科 / JST CREST
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering / JST CREST

ただ一方的に提示するものであるため、災害時の状況を明確にイメージし難かったり、参加者に自ら考えさせることが難しかったりという問題点が挙げられる。

本稿では、スマートフォンを利用し、実環境上で実際に様々な場所を訪れながら、その場所で起こり得る災害時の状況を体験させることで、災害リスク認知の支援となる災害体験ゲームシステムを提案する。実際にその場所を訪れることで、地図上やPCのモニター上で示されるよりも、明確に実際の状況をイメージできるようになると考え、さらにスマートフォン上には災害時の状況の一例が表示され参加者のイメージをさらに容易にする。

本システムでは災害時の対応にゲームを導入する。例えば「目の前で倒れている人がいる」等の状況を画像やテキストで提示し、どうすればいいのかを選択肢や文字入力等を用いて入力させる。入力された対応に応じて、点数などの加算を行い、結果として表示する。点数のとれている部分、取れていない部分から、自分には防災対策として何が足りないのかを反省することもできる。

防災訓練を、一般の多くの人々は「面倒」と捉えている⁴⁾。本システムではゲームを導入することで訓練に楽しみが生まれ、それにより参加への敷居が下がり、また利用したいと思う継続力の向上も図れるのではないかと考える。

2. 関連研究

災害時に被害を最小限にし、自身の安全を守るためには対策を立案し実施する必要がある。しかし、この対策を考えるための障害として「イメージできない状況に対応する対策を講じることは基本的には無理である」という現実がある⁵⁾。この問題を解決するには、人々に災害時にどのような状況になるのかをイメージできるツールを準備しておくことが不可欠であると言える。このことから災害時の状況を再現する、シミュレーションツールが提案されている。

山梨らは、阪神・淡路大震災で実際に起きた、密集市街地において延焼火災や建物の倒壊などによる道路閉塞によって避難や救急救助活動に支障をきたしたという事例から、市街地の詳細なデータに基づいた避難シミュレーションを提案している。

目黒らはポテンシャルモデルを用いた避難シミュレーションツールを開発した⁵⁾⁶⁾。これは避難施設の空間特性や個人特性、そして災害状況等をポテンシャルという統一した概念で扱うことで、アルゴリズムの単純化や計算効率を高め、PC環境で簡単にシミュレーションを行うことができるようにしたものである。

小林らは、テーブル型 UI を適用した災害シミュレーションシステム「タンジブル災害総合シナリオ・シミュレータ」⁷⁾を開発した。このシステムは、複数人が防災対策の事前検討や議論を行う場面を想定し、参加者はテーブル上で災害種別や規模、避難勧告を出す時刻、通行禁止区域、避難収容人数等のシミュレーション条件に基づき

シミュレーションを実行し、災害状況、住民の避難状況等をアニメーションにより提示する。

坂井らは、ジオラマ上にCG映像を重ね合わせるというMR技術を用いて、シミュレーションの結果を観察できるシステムを提案した⁸⁾。ジオラマを用いているため、立体感や対象地域を識別しやすいといった利点があり、より臨場感のある提示ができるとしている。

近年、学習、養成、訓練などにゲームを導入する方法は注目を浴びてきている。防災訓練に対してもゲームを利用することは、訓練の堅苦しいイメージを払拭し、参加への敷居を下げることで期待できるとされている⁹⁾。内閣府による「災害被害を軽減する国民運動の推進に関する基本方針」の中でも、災害知識を魅力的な形で分かりやすく提供するために、紙芝居やゲームなど多様なツールの活用を推奨している¹⁰⁾。

末澤らが開発した思考型避難訓練「こまった訓」⁵⁾は通常の避難訓練中に、進行管理者が介入し、様々な災害時に起こり得る状況を提示するために、目にアイマスク、腕をひもで縛る、片足で歩く等、参加者を「困らせる」ことで緊張感を持たせ、常に考え続けるようにした。

防災科学技術研究所はAR技術を利用し、スマートフォンのカメラ機能を通じて得られる現実の映像の上に、ハザードマップや災害記録等の災害リスク情報を重ね合わせて表現するアプリケーション「災害リスクファインダー」¹¹⁾を提案している。このシステムでは、参加者の位置を起点とし、その周囲にどのような災害リスクが存在するかを現実の映像の上に重ね合わせて表示する。このシステムを通じて、参加者が災害リスクを認知することを支援している。

3. システムコンセプト

図1に本システムのコンセプトイメージを示す。参加者は実環境上で、GPSや加速度センサにより位置や動きを検出できるスマートフォンを利用して、ゲームを体験する。本システムでは、実環境上で実際に様々な場所を訪れながら、災害時の状況をイベントとして体験することで、室内で行う訓練よりも、より明確に災害時の状況をイメージすることができる。

また、状況を提示するだけでなく、参加者に対応を求めることで参加者自身にしっかりと考えさせ続けることができる。参加者が災害時の状況について考え、イメージすることは災害リスクの認知の向上に繋がる。イベントの体験内容は専門家による監修が行われているため、正しい知識を習得することができる。そして、ゲームを楽しみながら体験することで、飽きずに訓練を行うこともできる。

システムの利用環境として、普段の生活の自由時間や、学校などの教育現場などを想定している。本システムは、1台のスマートフォンに対して1人～複数人で利用で

きる。また、教育の現場などで生徒にスマートフォンを持たせ、従来の訓練に代わって利用することもできる。



図 1 コンセプトイメージ
Figure 1 Concept image

4. システム構成

4.1 システム構成概要

本システムの構成を図 2 に示す。主に 2 つのサブシステム、クライアントシステムとサーバシステムから構成される。

4.2 クライアントシステム

クライアントシステムでは、参加者に災害体験ゲームシステムを提示することが主な目的となる。クライアントシステムはスマートフォン上で機能し、GPS や加速度センサから取得した参加者の位置や動きといった情報を基に、ゲームの進行を行う。参加者の位置情報や、イベントの体験ログは、参加者全員で共有するため、サーバシステムに送信される。

4.3 サーバシステム

サーバシステムは、イベントデータベース、参加者情報データベース、そしてそれらのデータを参照し、処理を行うシステムから構成される。イベントデータベースには災害時の状況をまとめた災害イベントが複数格納されている。クライアントシステムはこのデータベースを参照し、イベントを発生させる。また、参加者が各自で持っている、位置や体力・気力、スコア、年齢などの設定情報は参加者情報データベース

上でまとめることで、近くに他の参加者がいるかの検出を行い、その結果に応じて、新たにイベントを発生させるといったことも可能になる。

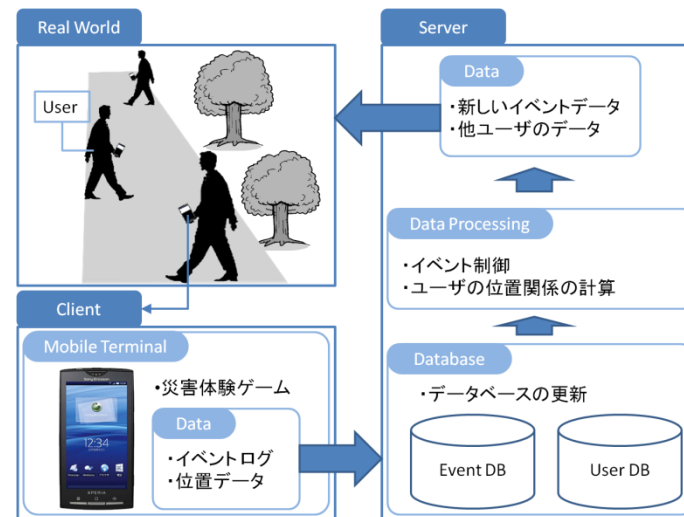


図 2 システム構成
Figure 2 System configuration

5. 災害イベント

参加者に災害リスクを認知させるためには、その状況を体験させる必要がある。参加者に体験させるその状況をゲームの中の 1 つのイベントとして構築する。本稿では、これを災害イベントと呼ぶ(以降、イベントは災害イベントを指すこととする)。

5.1 イベントの構成

1 つのイベントの持つ情報を表 1 に示す。

本システムは実環境上で動作するため、実環境のどの位置でイベントが発生するかを緯度・経度を用いて記述する。画像とテキストを用いて問題を参加者に提示する。次に対応では、提示された問題に対して参加者に行わせる操作に関する情報が示されている。そして、操作を行ったことによる結果の情報が報酬である。

参加者のとった操作に対して、表 2 の項目に関して評価を行い、それぞれに加点・減点を行う。その点数の記録が報酬の中に記述されている。これらの項目は、点数として記録されゲーム終了時にグラフとして参加者に提示される。最後の因果関係には、操作を行ったことによる他の参加者への影響が記述されている。参加者全員は同一の

世界にいると想定しているため、例えば、1人の参加者のイベントの結果、橋が崩れてしまった場合、他の参加者のイベントに橋が存在していないと記述しなければならない。

表 1 災害イベントが持つ情報

Table 1 Event Information

場所	緯度・経度によって実環境上のポイントを示す
内容(問題提示)	その場所における、災害の状況を示す画像、テキストを用いて端末上に提示する
対応	参加者が行う操作に関する情報 参加者の操作はイベント毎に異なり、詳しくは 5.3 で説明する
報酬	参加者の操作に対しての加点、体力・気力の変更
因果関係	参加者の操作に対して、他の参加者への影響

表 2 災害イベント終了時の評価項目

Table 2 Event evaluation items

知識	その状況に対して、対処法などの知識をしっかりと持っているか 例：出血によって止血が必要な人がいた時、止血点、止血の方法等
判断力	提示された問題を理解し、しっかりと決断することができるか 例：明らかに崩れていて危ない道が目的地への近道だったとして、その道を渡るか渡らないか
行動力	問題解決のために、行動を起こすことができたか 例：速度、加速度を取得し、ゆっくり行動するか速やかに行動するか

5.2 イベントの発生

スマートフォンでは GPS を用いて、現在どの位置にいるかを緯度・経度で知ることができる。この情報とイベントに示されている位置の情報を比較し、参加者がイベント発生地点にたどり着いた時、イベントが開始される。

5.3 イベント体験の種類

参加者に体験させるイベントとして、4種類の違う操作によって行うイベントを作成した。

4種類の操作は選択肢を選択する、表示される画像の正しいポイントをタッチする、文字を入力する、実際に行動するものとし、それぞれ選択肢イベント、タッチイベント、タイピングイベント、行動イベントと呼ぶ。それぞれのイベントの一例を図 3 に示す。

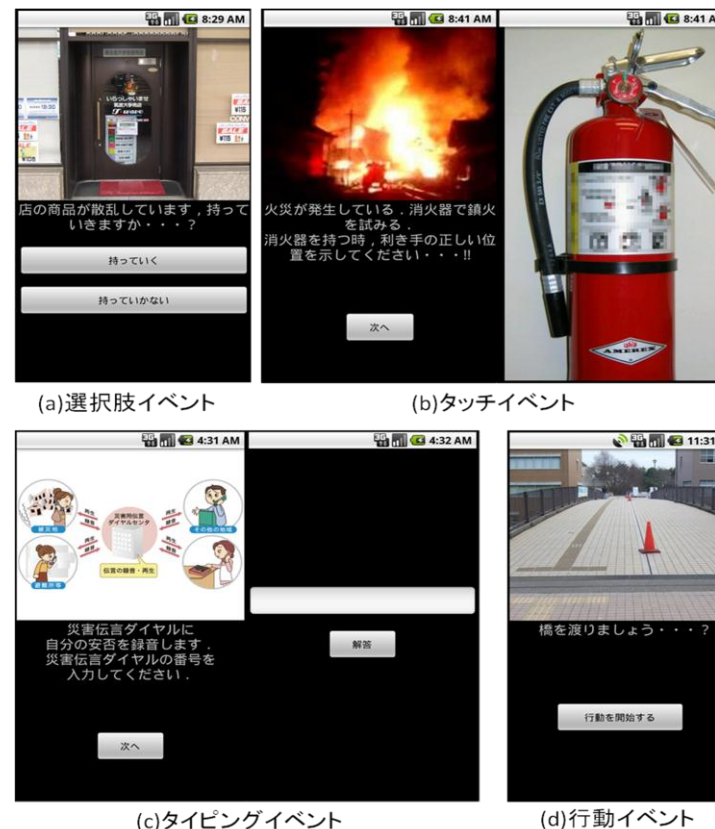


図 3 イベント体験の種類
 Figure 3 List of event category

5.3.1 選択肢イベント

選択肢イベントは、提示された問題に2~4個程度の選択肢が表示され、参加者の中から自身の考えに一番近いものを選択するというものである。

5.3.2 タッチイベント

タッチイベントは、まず問題となる状況が提示され、次の画面に表示される画像上で、問題解決のための最適な点を探すというものである。

5.3.3 タイピングイベント

タイピングイベントは、上記のタッチイベントと同様に問題が提示された後に、次の画面に遷移してから答えるというものだが、こちらのイベントでは文字入力による解答となる。

5.3.4 行動イベント

行動イベントは、問題に対して実際に行動を行うことで解答となるイベントである。参加者の行動の抽出には GPS を利用し、開始点から移動した距離、またはその速度を取得することで行う。

6. 災害体験ゲームシステム

提案した災害イベントを組み込んだ、災害リスク認知を支援するための災害体験ゲームシステムを構築した。参加者はゲームを体験していく中で、様々な災害イベントに触れ、災害時に起こる状況を把握し、それに対する対応も学んでいく。ゲームは幾つのシーンによって構成される。

6.1 仮想的な災害発生前のシーン

システムを起動したとき、タイトルシーンからユーザ設定シーンに遷移し、参加者の性別、年齢、住居、国籍等の情報を入力してもらう。それから待機シーンに入り、仮想的な災害が発生するまで参加者に待ってもらう。ここでサーバとの通信が開始され、仮想的な災害が発生し、シーンが災害発生シーンに遷移する。ここで、効果音と画像、テキストで参加者に災害が発生したことを伝える。

6.2 仮想的な災害発生後のシーン

仮想的な災害が発生すると GPS が起動し、参加者の位置取得を開始する。参加者の位置を取得したら、まずは目的地に到着しているかを調べる。まだ目的地に到着していないならば、イベントデータベースに登録されているイベントとの距離を比較する。この距離が閾値以下である場合、その場所に登録されているイベントを呼び出し、参加者に体験させる。その場所にイベントが登録されていない、もしくはイベントが終了すると、参加者の位置を再取得する。目的地に到着するまでこの流れを繰り返す。

GPS から取得された位置が目的地の位置と一致した時、参加者に目的地に到着したことを知らせ、参加者がイベントを体験することで獲得したスコアを計算し、ランクを表示するものとなっている。獲得できる点数は体験したイベントの数によって差がないよう、正規化している。表示される三角形の評価グラフを見ることで、参加者は自分のどの部分が足りないのかを視覚的に知ることができる。

7. 評価実験

本システムの有効性を示すために、実装した災害体験ゲームシステムを用いて評価

実験を行った。評価実験の概要、その結果と考察を以下に示す。

7.1 実験概要

7.1.1 参加者

実験には 20 代前半の男女 11 名(男:10, 女:1)に参加してもらった。参加者が災害体験ゲームシステムを体験する前にどの程度、災害リスクに対して意識、知識を持っているかの調査を行ったところ、ほとんどの参加者は学校が行う避難訓練に参加した経験はあるが、自分から災害リスクに関する知識の習得を行ったことはないという結果になった。このことから、今回の参加者のデータは均等に扱えるものとする。

7.1.2 実験目的

本実験における目的は、本稿による提案を用いたシステムを体験することで、参加者が災害のリスクを多く認知できるようになったかを示すことである。また、本稿が提案したゲームの導入による継続力の向上を参加者の主観によって評価していく。

7.1.3 実験内容

実験内容を、3 つの段階に分けて説明する。3 つの段階はそれぞれ、実験前、実験中、実験後とする。実験前では、参加者のシステム体験前の災害リスクに関する認知度を調査するためのアンケートを行ってもらった。加えて、Android OS 搭載の携帯端末の操作方法、ゲームの簡単な説明を行った。本実験では、NTT ドコモが発売している SO-01B(Xperia)と SC-02B(GALAXY S)の 2 種類の機体を利用した。

実験は筑波大学構内を利用し、大学の中央を縦断するペDESTリアンデッキを体験空間とした。災害イベントはこのペDESTリアンデッキ沿いに配置し、分岐している道にはどちらに進んでも体験するイベントの数は同程度になるように考慮した。実験中は、目的地に移動してもらうという指示以外は参加者に自由に行動してもらいながら、ゲームを体験させた。

参加者がゲームでの目的地に到着した時、実験終了とした。実験を終了した参加者には、実験前に行った災害リスクの認知度に関する調査を再度行ってもらった。加えて、ゲームに関する評価を行ってもらうためのアンケートも行ってもらった。

7.2 結果と考察

7.2.1 リスク認知度に関する結果と考察

体験前と体験後に行ったリスク認知度に関するアンケートから、本システムを体験してもらうことがリスク認知の支援となっているかの検証を行った。まずは、参加者が列挙した災害リスクの数を体験前と体験後で比較し、数の変化に有意差があるかを確認するために、対応のある t 検定を実施した。検定の結果を表 3 に示す。

検定の結果、体験前と体験後による災害リスク認知の数の変化には有意差があると認められた。これにより、本稿で提案したシステムを利用することで、参加者に新たな災害リスクをイメージしてもらうことができると言える。

表 3 災害リスク認知の変化に関する t 検定

Table 3 Significance test for survey of the improvement of risk perception

t 値	有意水準 1%
-10.77	3.169

7.2.2 ゲームの導入による面白さ、継続性に関する結果と考察

本システムを体験後に、楽しみながら災害リスクを認知することができたか、今後また利用する意思があるかといった継続性などを評価するために、以下に示すアンケートを行った。

- Q1. 最後まで楽しみながら体験することができたか？
- Q2. 積極的に参加していると感じたか？
- Q3. 提示された問題が、実際にはどのような状況になっているかイメージすることができたか？
- Q4. UI の操作性は適切であったか？
- Q5. また体験してみたいと感じたか？

Q1 では参加者全員が「楽しめた」という意見が得られている。また、自由記述の欄からも「移動しながら進めていくゲームで面白かった」という意見もあり、本システムでのゲームの導入は面白さの向上に役に立っていると考えられる。

次に Q2 では 9 割の参加者が積極的に参加していると感じている、しかし、自由記述の中に「ただ何となく歩いている」という意見もあり、歩いている時でも様々な所に注意を向けるような仕組みを導入できたらよいと考えている。

Q3 では 8 割の参加者が実際の状況をイメージできるとした、自由記述にも記述されている問題提示の際の画像や、効果音などのエフェクトを導入することでさらに参加者に状況をイメージさせやすくなると考える。

Q4 に関しては参加者の半分が適切であると判断した。今回の参加者は Android OS 搭載の端末に慣れていなかったためこのような結果になったと考えられる。文字の入力もタッチパネル上で行うため、慣れていない人は入力ミスや変換ミス、かな英数の変換などが行えない。Android ユーザについては、このような問題は特に無かった。

最後に Q5 では、9 割の参加者がまた体験してみたいと感じてくれた。しかし、自由記述の中には「何回も同じイベントがあると飽きる」といった記述があるように、このまま同じシステムを使い続けてくれるというわけではないということが分かる。本システムでは、災害イベントを簡単に追加・作成することが可能であるため、定期的な災害イベントの変更、もしくは新しいシステムの導入などを考える必要がある。

8. まとめ

本稿では、災害時に起こり得る状況をしっかり見極め、自身に降りかかる危険性を

把握することを支援するための災害体験ゲームシステムを提案した。アプリケーションを構築し、評価実験を行った。その結果から、本システムでの災害リスク認知支援に関しての有効性が確認できた。また、システムの継続性に関しても高い評価を得た。

今後の課題として、多人数での協力しながら体験できるシステム作り、イベント体験の豊富化、専門家と協力したイベントの作成などが挙げられる。さらに本システムでは、イベントへの対応は一般的に良いとされる行動を取るよう促しているが、本システムで組み込んでいる体力・気力、もしくはさらに多くの情報を持たせ、それらの状況を踏まえた上で、選択に対する報酬が動的に変化するように制御することができれば、参加者によりリアルな災害状況の提示が行えるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) 東京都都市整備局：地震に関する地域危険度測定調査，東京都都市整備局(オンライン)，入手先<http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa_6/home.htm>(参照 2011-01-19)。
- 2) 東京都：首都直下地震による東京の被害想定報告書，東京都防災ホームページ，入手先<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/knowledge/material_h.html>(参照 2011-01-19)。
- 3) 横松宗太：自主防災会におけるリスクコミュニケーションの成立可能性に関するゲーム論的研究，京都大学防災研究所年報，No.49，pp.147-154(2006)。
- 4) 末澤弘太，黒崎ひろみ，木村泰之，福本誠司：思考型避難訓練「こまった訓」の開発と実施，地域安全学会梗概集，No.20，pp.25-28(2008)。
- 5) 目黒公郎，福田卓：ポテンションモデルと VR を組み合わせた新しい避難シミュレーションツールの開発，生産研究，Vol.54，No.6，pp.401-404(2002)。
- 6) 横山秀史，目黒公郎，片山恒雄：人間行動シミュレーションによる地下街の安全性評価に関する研究，地域安全学会論文集，Vol.3，pp.160-164(1993)。
- 7) Kazue, K., Atsunobu, N., Mitsunori, H., et al.: Collaborative simulation interface for planning disaster measures, *CHI '06*, pp22-27(2006)。
- 8) 坂井隆一，横江祥吾，木村朝子ほか：防災研究・防災対策のための複合現実型情報提示：ジオラマを利用した対話型動的 3D ハザードマップ，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.105，No.536，pp.201-206(2006)。
- 9) NTT コムウェア広報室：”ゲーム感覚”が日本の防災教育を変える—池袋防災館が図上訓練コーナーに『タンジブル災害情報管理システム(デジタルペン版)を導入』，てら，No.43，pp.13-16(2010)。
- 10) 内閣府：「減災への取組」事例集，内閣府災害被害を軽減する国民運動のページ，入手先<<http://www.bousai.go.jp/km/index.html>>(参照 2011-01-19)。
- 11) 独立行政法人防災防科学技術研究所：「災害リスクファインダー」の開発～地理空間情報の相互運用技術と拡張現実技術を活用し，現実の映像に災害リスク情報を重ね合わせた動的閲覧をスマートフォン上で実現，災害リスク情報プラットフォームの開発に関する研究(オンライン)，入手先<<http://bosai-drip.jp/info/1004info.htm>>(参照 2011-01-19)。