

# 構造被害写真から学ぶ住まいの耐震教育ツールの開発と効果分析

大原 美保<sup>1</sup>・田中 聡<sup>2</sup>・重川 希志依<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東京大学大学院情報学 総合防災情報研究センター(CIDIR) 准教授  
東京大学生産技術研究所 (兼務)  
(〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail:ohara@iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup>富士常葉大学大学院環境防災研究科 准教授 (〒417-0801 静岡県富士市大淵325)

E-mail:tanaka@earth.fuji-tokoha-u.ac.jp

<sup>3</sup>富士常葉大学大学院環境防災研究科 教授 (〒417-0801 静岡県富士市大淵325)

E-mail:shigekawa@fuji-tokoha-u.ac.jp

現在、各地で大地震の危険性が懸念されており、これからの地震被害軽減のためには住宅の耐震化推進が急務である。本研究では、住宅の被害調査時に撮影された被害写真を活用し、「構造被害写真から学ぶ住まいの耐震教育ツール」の開発を行った。まずは、地震被害調査等から指摘されている住宅の被害要因と住宅再建上の問題点から学習すべき内容を整理し、構造被害写真に基づいて耐震性能の低下要因や耐震化対策を学ぶWeb教材を開発した。その後、被験者に教材にアクセスしてもらい画面閲覧直前・直後での意識変化を計測し、情報提供による耐震対策意欲の変化を定量的に把握するとともに、より効果の高い情報提供方法を検討した。

**Key Words :** retrofitting, education, seismic damage

## 1. はじめに

近年、首都直下地震、東海・東南海・南海地震などの大地震の発生が懸念されており、地震時の被害軽減のためには住宅の耐震化推進が急務であると言える。住まいの耐震対策に対する市民の意識を高めるための教材としては、福和ら(2006)による「ぶるる」をはじめとする一連の教材やウェブサイト<sup>1)</sup>、自治体が耐震診断・補強助成制度の紹介も兼ねて発行しているパンフレット<sup>2)</sup>やウェブサイト<sup>3)</sup>、住宅メーカーや耐震診断・改修に関わる業界団体が発行しているパンフレットやウェブサイト<sup>4)</sup>など、多岐に渡って存在する。住まいの耐震対策の重要性を住宅所有者に自分自身の問題として実感してもらうためには、実際の構造被害写真を見て自宅に発生しうる被害のイメージを具体的に持つてもらうことが非常に重要であると考えられる。しかし、既存のパンフレット等には耐震診断や補強方法を紹介したものが多いものの、そもそもの構造被害の各種要因について被害写真に基づいて詳細に解説し、耐震対策の必要性をリアルに感じてもらうことを主目的としたものは少ない。近年、

1981年の新耐震設計基準以前に建築された建物群の脆弱性が指摘されているが、地震時の建物被害の要因は建築年(耐震基準)だけでなく、建物のバランスや立地など複雑である。住宅所有者にこれら一つ一つ構造被害要因を理解してもらい、自宅の状況と照らし合わせて考えてもらうことが、耐震対策への第一歩と言える。

よって、本研究では、建物の被害調査の際に撮影された構造被害写真を活用して住まいの耐震教育ツールの開発を行い、その効果を分析した。地震で自宅が被害を受けた場合には、応急危険度判定や建物被害認定、罹災証明の発行、補修や建て替えなどのプロセスも発生する。近年の応急危険度判定や建物被害認定においては、構造被害に対する理解不足によるトラブルも多い<sup>5)</sup>。本教材は、耐震化対策の必要性を認識するだけでなく、実際の構造被害写真を見ながら、災害時に二次災害の危険性がある構造被害とは何かについて学習することも目的としている。

研究ではまず、近年の地震被害から指摘されている住宅の被害要因を整理するとともに、地震時の建物被害認定調査でのトラブル事例から事前に

市民が知っておくべき被害事例を整理し、学習すべき事項としてまとめた。次に、これらの事項を網羅するようにWeb教材を作成し、インターネットアンケートモニターを対象とした教材の学習効果と教材内容の評価を行った。学習効果は、Web教材へのアクセス前後にアンケート形式で測定するとともに、学習から約1年後にアンケートを送付して継続的な効果を追跡調査した。なお、住まいの耐震教材ツールは高齢者への浸透などを考慮すると、必ずしもWeb教材のみである必要はない。今回は、あくまで学習の直前・直後に効果を測定するという目的でWeb教材として作成し、教材内容の妥当性の検討を目指した。

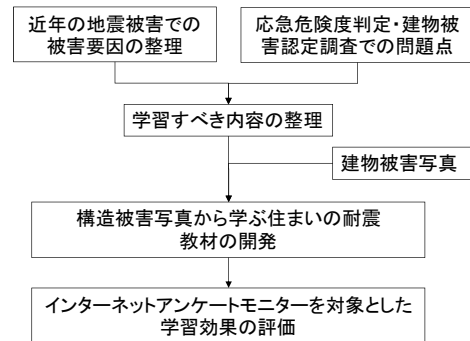


図-1 研究の流れ

## 2. 研究方法

研究の流れを図-1 に示す。まず初めに、災害被害調査に関する論文、住宅メーカー等や自治体の耐震化啓発パンフレットをレビューし、近年の地震被害から指摘されている住宅の被害要因を整理するとともに、近年の応急危険度判定や建物被害認定でのトラブル事例から事前に市民が知っておくべき被害事例を整理した。

次に、これらの学習すべき事項を網羅するように内容の検討を行い、実際に被災地で撮影された構造被害写真を中心とした Web 教材を作成した。教材は、被害写真を見ながら被害を受けた原因と改善策を学習できる形式とした。学習後には画面上で自宅の簡易耐震診断を行えるようにし、自宅の地震危険性に関する問題意識を持ってもらえるようにした。今回は、構造被害写真・解説を見る直前・直後での耐震対策への意欲の変化を記録するために、Web 教材を e ラーニングコンテンツ作成ソフト<sup>9)</sup>を用いて開発した。これにより、同一回答者による複数回アクセスや「戻る」ボタンによる画面の重複閲覧を排除し、学習者一人の学習直前・直後の意識に関するデータを取得することができた。

最後に、インターネットアンケート会社に登録しているアンケートモニターに本 Web 教材の URL にアクセスし、画面の閲覧・学習前後でのアンケートへの回答を行ってもらうことで、被害写真をみたり、解説を読んだりする行動の前後での耐震化対策への意欲の変化を測定した。また、教材の内容に関する評価も行った。

この評価はあくまで Web 画面閲覧直後のものであり、学習効果が一過性のものである可能性が考えられる。よって、このような学習がその後の学習者の行動にどのような影響を及ぼすのかを把握するため、学習から約1年後に学習の波及効果やその後の行動を尋ねる追跡調査も実施した。どのような回答者に対しての学習波及効果が高かったのかを分析することにより、継続的効果の高い教材のあり方を検討することができると考えた。

## 3. 構造被害写真から学ぶ住まいの耐震教育ツールの開発

### (1) 学習すべき事項

住宅の地震被害には「構造部材の被害」と「非構造部材の被害」があり、柱・梁・耐力壁などの構造部材に被害を受けた場合は非常に危険な状態となる。屋根・外壁材・間仕切り壁などの非構造部材の被害は、財産の損失は生じているものの、すぐに建物が倒壊する危険性は低い。市民の間では、これらの構造部材・非構造部材の被害による危険性の違いが正しく理解されておらず、応急危険度判定と建物被害認定調査の違いの無理解、建物被害認定調査への不満感や膨大な数の再調査の依頼につながっている。また、構造部材の被害には、一見して明らかに全壊しているケース、1階などの一部の階が全壊しているケース、外観上は被害が目立たなくても構造的には全壊被害を受けているケースがあるが、これらの違いも正しく理解されていないと考えられる。外観上は被害が目立たなくても構造被害を受けている場合は、これらの理解不足により二次災害や余震による人的被害を受ける危険性があるため、正しい理解が必要である。よって、教材の冒頭ではこれらのポイントの解説を行うものとした。

構造部材の被害要因については、文献レビューの結果、主に下記の点の学習が重要であると考えられた。実際の被害写真などから被害の原因を理解すると共に、どのように事前に補強や対策を行ったらよいかも合わせて学習するものとした。

- ・旧耐震基準による耐力壁の不足
- ・広い開口部(窓など)に起因した耐力壁の不足
- ・土塗り壁などの古い構法や重い瓦による耐震性不足
- ・柱・梁などの接合部での強度不足
- ・鉄筋が入っていない基礎の危険性
- ・土台・基礎の乖離による下部構造被害
- ・傾斜地・軟弱地盤・液状化地域の危険性

### (2) 開発した耐震教育ツール

Web 教材の構成を図-2 に示す。教材ではまず、学習開始前の状態での耐震対策意欲を記録するため、アンケートを行った。その後、10 画面の学習を行い、終了後には再度アンケートを行い意欲の変化を記録した。学習画面の数は、教材全体での所要時間等も考慮して決定した。その後、国土交通省住宅局監修、財団法人日本建築防災協会編集による「誰でもできる我が家の耐震診断」<sup>7)</sup>の設問に基づいて、画面上で自宅の耐震診断を行い、評点を表示した。この評点を見た前後での感想および耐震対策意欲の変化も記録した。ここで、耐震対策意欲が「ある」と回答した学習者に対しては耐震補強対策の費用および効果の説明を行い、費用の大小に応じた補強意欲の測定も行った。最後に、本教材に対する感想および学習者の属性に関するアンケートを行った。

本論文では、1981 年以前に建築した持ち家の木造住宅居住者向けの教材と効果の分析結果を紹介するが、同様の教材を 1981 年以降築の持ち家の木造住宅居住者、中古住宅購入を希望している者に対しても作成して効果分析を行った。これら 2 つの分析結果は別の機会に報告することとする。

学習編の画面例を図-3 に示す。画面内では、構造被害写真とともに、被害原因・解説・事前に改修するための方策を表示している。本来、被害写真をまず見せて一度原因を考えてもらった後に次のステップで解説を行う方が学習効果が高いと考えられるが、今回は学習時間の都合により写真の提示と解説を 1 画面に収めることになった。診断編の画面例を図-4 に示す。設問は「誰でもできる我が家の耐震診断」と全く同じである。画面内のラジオボタンを選択することにより診断を行い、最後に評点を算出し表示する。診断後には、耐震改修の平均価格と被害軽減効果を説明する画面を 1 画面表示した。

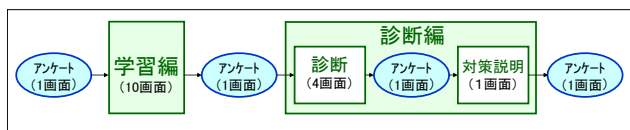


図-2 Web教材の流れ



図-3 学習編の画面例



図-4 診断編の画面例

#### 4. 構造被害写真から学ぶ住まいの耐震教育ツールの効果分析

##### (1) 学習者の概要

作成した教材を学内サーバーに置き、インターネットアンケート調査会社に登録しているアンケートモニターにアクセスしてもらうことにより、学習の効果を評価した。事前のスクリーニングにより登録モニターから 1981 年以前に建築した持ち家の木造住宅居住者を抽出し、これらのモニターに対して平成 20 年 2 月下旬に URL を送付し自由に回答してもらった。回答者は 30-60 代の世帯主または世帯主の配偶者とし、居住地域は関東・東海地域および近年地震が発生した地域（宮城、新潟、石川、兵庫、鳥取、福岡）とした。

平成 20 年に、1981 年以前築の居住者向けの教材を学習した者は 353 人であったが、事前のスクリーニングで回答した自宅の建築年代と本学習後のアンケートで回答した建築年代にずれが生じている回答者が多く見られ、1981 年以前築の居住者としての有効回答者数は 273 人となった。1981 年とは現在から 28 年経過しており、1981 年前後という建築年代に分け方に対して、住宅所有者の記憶があいまいであるためと考えられた。以上のことから、現状の耐震診断・補強助成制度の条件として多く見られる 1981 年以前という区分について、自宅の建築年を勘違いする者も多いのではないかと考えられた。

また、平成 21 年の追跡調査では転居した者 7 人を含めて回答しなかった者がおり、有効回答者数は 233 人となった。平成 21 年時点の追跡調査に対しては、平成 20 年時点の回答者の約 84% が回答しており、1 年を経た追跡調査としては高い回収率となった。

図-5 には、平成 20 年時点での回答者 273 人の自宅の建築年代の分布である。1971 年以降建築の回答者の割合が 66.3% となった。学習画面の診断編におけるこれらの回答者の「誰でもできる我が家の耐震診断」の評点の分布は図-6 となった。この診断では評点は 10 点で「心配ですので、早めに専門

家に診てもらいましょう」、8-9 点で「専門家に診てもらいましょう」、7 点以下で「心配ですので、早めに専門家に診てもらいましょう」と判定される。1981 年以前の場合は評点がマイナス 1 点となるため、合計で 10 点のものはない。評点 8 点以上の回答者が 74 人、7 点以下が 199 人となり、6 点が最も多かった。

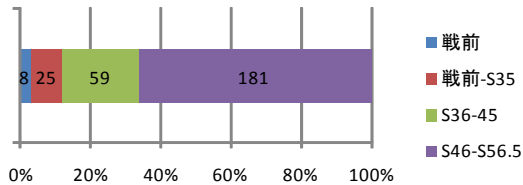


図-5 自宅の建築年代

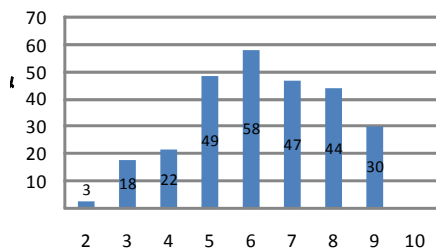


図-6 耐震診断値別の回答者数の分布

### (2) 平成 20 年学習直後の効果分析

被害写真を見ながら学習を行う前・学習後・耐震診断後という 3 つの段階において、大地震にあう可能性の予想、その際に自宅が受ける被害の予想、耐震診断や耐震補強などの防災対策への意欲を尋ねた。各段階での質問は全く同じとし、回答の変化に着目した。

学習の途中では「誰でもできる我が家の耐震診断」を行い、回答者にも評点と判定結果を示している。ここでは、写真閲覧による学習の前・学習後・簡易耐震診断後における意識の変化について、画面内での簡易耐震診断の評点が高かったグループ・低かったグループという 2 群の比較を行う。自宅の耐震性能が高いグループ、低いグループでの学習効果の比較を意図したものである。

兵庫県南部地震クラスの大地震にあう可能性がどの程度あるかについて尋ねたところ、診断評点 7 点以下のグループでは、図-8 の通り、写真による学習・診断によって段階的に「確率が非常に高い」と考える回答者が増え、地震発生の実感が高まった。しかし、評点 8 点以上のグループでは、図 7 の通り、学習・診断と段階的に「非常に高い」と考える回答者が減り、地震発生の実感が低下した。

地震時に自宅に予想される被害程度についても尋ねたところ、評点 8 点以上では、図-9 に示す通り、写真学習・診断によって全半壊被害の予想が大きく減り、安心感が高まった。一方、診断 7 点以下では全半壊を予想する回答者が約 86%であり、学習・診断の前後は被害予想にほとんど変化がな

かった。すなわち学習前からある程度の予想をしており、その考えは学習や診断評点を見た前後でもあまり変わらないということがわかる。

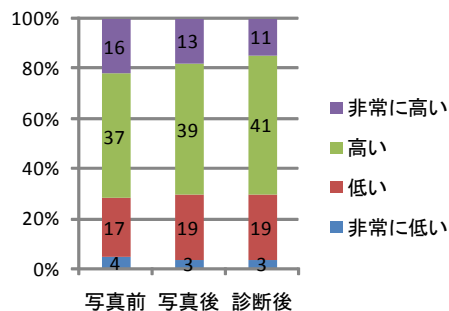


図-7 評点 8 点以上での地震発生確率の予想

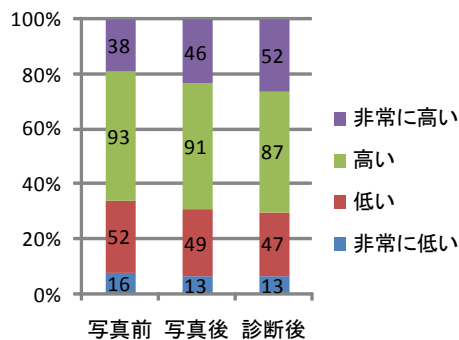


図-8 評点 7 点以下での地震発生確率の予想

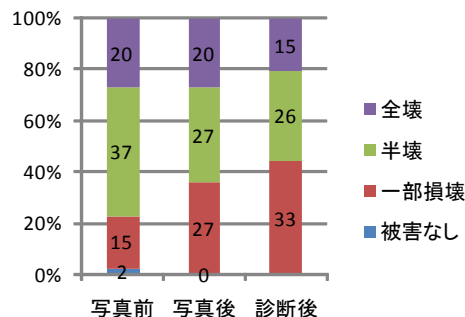


図-9 評点 8 点以上での地震被害の予想

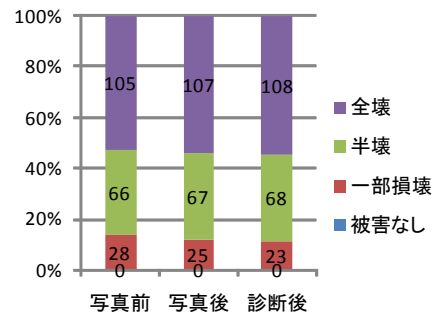


図-10 評点 7 点以下での地震被害の予想

次に、専門家への耐震診断および耐震補強への意欲の変化を分析する。評点 7 点以下では、写真学習・診断により、専門家への耐震診断および耐

震補強への意欲が段階的に高まった。専門家への耐震診断の必要性について「非常にそう思う」または「そう思う」と回答した割合は、図-11の通り、学習前、学習後、診断後でそれぞれ35.2%、55.3%、58.3%であった。診断前後よりも写真学習前後において、必要性の認識度の増加が大きく、構造被害写真を見せながらの学習の効果が高かったことがわかる。耐震改修の必要性について「非常にそう思う」または「そう思う」と回答した割合は、図-12の通り、学習前、学習後、診断後でそれぞれ39.7%、56.3%、62.8%となり、耐震診断への意欲よりも多かった。この場合は、耐震診断への意欲の傾向と比較すると、耐震診断後における必要性の認識度の割合が若干大きかった。

専門家の耐震診断および耐震改修については、評点8点以上のグループについても同様の傾向が確認された。また、回答者の年齢別のクロス集計においても、各年代とも同様の傾向が得られた。

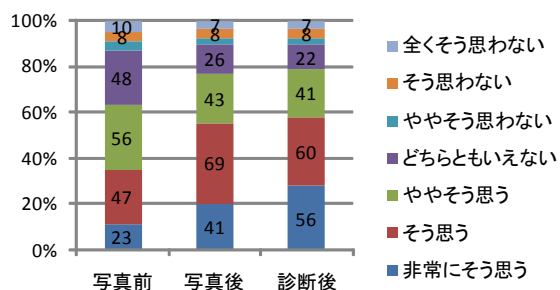


図-11 評点7点以下での専門家耐震診断への意欲

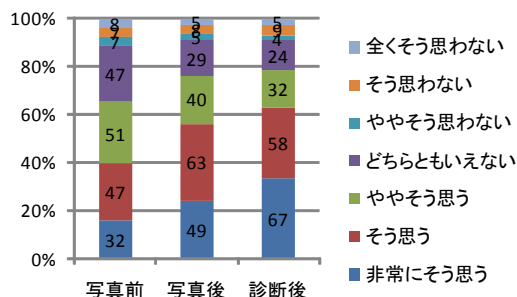


図-12 評点7点以下での耐震改修への意欲

教材の最後のアンケートでは、学習内容への感想も尋ねた。被害写真閲覧後の感想を尋ねたところ、評点8点以上の25.7%が「大変ためになった。特に不安は感じなかった」と回答し、73.0%が「自宅が地震時に被害を受けないか不安に思ったが、たけになった」と回答した。評点7点以下では、17.1%が「大変ためになった。特に不安は感じなかった」と回答し、80.4%が「自宅が地震時に被害を受けないか不安に思ったが、ためになった」と回答した。「不安に思ったので、学習しなければよかった」という否定的な意見はほとんどなかった。

教材のうち、最も対策意欲が高まったタイミングを尋ねたところ、図-13に示す通り、評点に関わらず約30%が被害写真後に最も意欲が高まり、診

断後・補強価格の説明後が約20%、残る約30%が意欲の高まりがなかったと回答した。被害写真閲覧を最も対策意欲が高まったタイミングとして挙げた割合は、その他2つよりも大きく、効果が確認された。「改修費用と被害軽減効果」の説明は1画面しかなかったものの、約20%が最も対策意欲が高まったタイミングとして挙げており、分量の割には効果が高いと考えられる。

学習後の意欲をさらに高めるために行うべき今後の工夫も尋ねたところ、図-14の通りとなった。耐震診断の評点に関わらず、「改修価格と効果を詳細に説明する」が最も多くなり、今回は試験的に1画面付与したものの、情報ニーズが高いことが分かった。診断評点が8点以上の回答者は、耐震診断・改修プロセス・改修工法への関心が高かった。評点7点以下では、このうち耐震診断への関心は低いが、加えて被災者の体験談への関心が高く、改修プロセスと同じく第二番目となった。もっと多くの被害写真を希望する意見は少なく、今回の、10画面10の被害要因の方式で、ある程度の学習満足度が確保されていると考えられる。

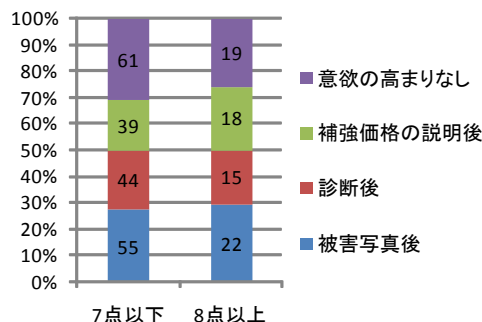


図-13 耐震対策意欲が最も高まったタイミング

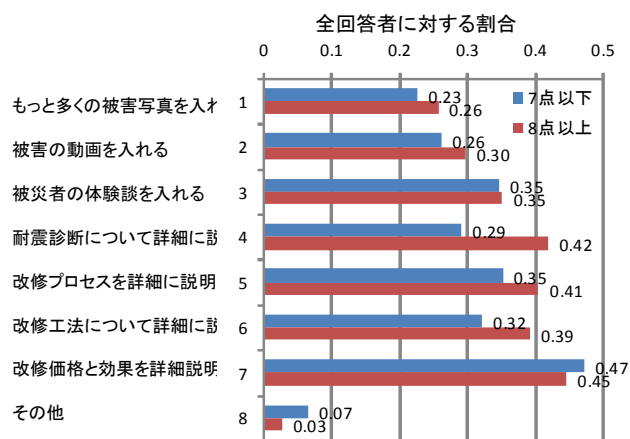


図-14 効果をもとめるために行うべき教材の工夫

### (3) 平成21年追跡調査による効果分析

(2)で確認された学習効果は学習直後のものであり、学習効果が一過性のものである可能性が考えられる。よって、学習から約1年後に学習の波及効果やその後の行動を尋ねる追跡調査も実施した。回答者の72%が学習したことを覚えており、11%が画面の詳細まで覚えていたと回答した。学習後に

何らかの情報収集行動を行った回答者は 232 人中 29 人 (12.5%) であり、これらの 93% が「学習が、その後の情報収集行動のきっかけとして役立った」と答えた。具体的実施した情報収集の行動で最も多かったのが「インターネットで調べた」の 22 人 (75.9%) であり、「書籍・雑誌を見た」が 7 人、「耐震改修をした知り合いと話をしたが 6 人となった。専門家の耐震診断を依頼したと回答した者も 28 人中 5 人 (17.2%) おり、これらは今回の耐震教育の効果と考えられる。

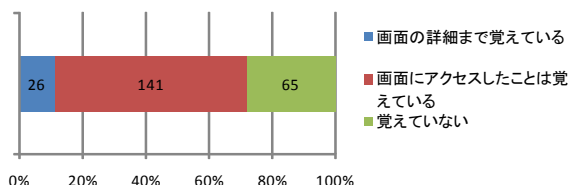


図-15 追跡調査での学習の記憶

#### 4. 結論と今後の課題

本研究では、住宅の被害調査時に撮影された被害写真を活用し、「構造被害写真から学ぶ住まいの耐震教育ツール」の開発とその効果の分析を行った。学習効果は、Web 教材へのアクセス前後にアンケート形式で測定するとともに、学習から約 1 年後にアンケートを送付して継続的な効果を追跡調査した。

評点 8 点以上のグループでは、写真閲覧による学習・耐震診断と進むにつれて、地震発生確率の認識が低下し、自宅の全半壊被害の予想も低下したが、専門家耐震診断や改修への意欲は高まった。学習により自宅への安心感が高まったものの、耐震対策への関心が低下するのではなく高まった点は、本教材の動機付け効果であると考えられる。一方、評点 7 点以下では、学習・診断と段階的に被害予想、専門家耐震診断と改修への意欲は高まったが、被害予想には変化がなかった。学習前からある程度の被害を把握していたものの、耐震対策の動機付け効果があったと考えられる。耐震対策への意欲が最も高まったタイミングおよび効果を高めるために工夫すべき点についての回答からは、両グループともに、改修価格と効果へのニ

ズが高いということがわかった。また、評点 7 点以下ではある程度の被害の自覚があるので、耐震診断の詳細説明へのニーズが低いことがわかった。

1 年後の追跡調査からは、学習後に情報収集行動を行った回答者の約 9 割が学習がきっかけとして役立ったと回答し、専門家耐震診断を依頼した回答者もいたことから、学習効果が一過性のものではなく、ある程度の継続の効果もあることが確認された。今後は、ニーズが高かった「耐震改修の価格と効果」についての教材も作成し、学習事項を広げていきたい。また、今回はインターネットアンケートモニターのみを対象とした効果分析実験であったが、教材を一般公開することにより、多くの人に学んでもらえる環境を作る予定である。

謝辞：本研究は、国土交通省建設技術研究開発助成制度「住宅に対する建物被害調査・再建支援統合パッケージの開発（代表：富士常葉大学大学院環境防災研究科准教授 田中聡）による研究の一環として実施した。インターネットアンケートモニターを対象とした学習効果の分析にあたっては、株式会社サーベイリサーチセンターの榎井邦昭氏の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

#### 参考文献

- 1) 福和伸夫、坂上寛之、花井勉、高橋広人、飛田潤、鈴木康弘：耐震化を促進するための地域防災力向上シミュレータ、日本地震工学会論文集 第7巻、第4号、pp.5-22、2007.7
- 2) 例えば、愛知県：リフォームするなら強い家一木造住宅耐震改修ガイド、2003
- 3) 例えば、静岡県木造住宅耐震補強ITナビゲーション：<http://www.taishinnavi.pref.shizuoka.jp/index.html>
- 4) 例えば、日本建築防災協会ウェブサイト：<http://www.kenchiku-bosai.or.jp/index.html>
- 5) 田中聡：建物被害認定自己診断システムの提案—自己診断—自己申告モデルの構築にむけて—、地域安全学会論文集 No.10、pp.233-242、2008.11
- 6) シャープシステムプロダクト株式会社：インタラクティブスタディー、2006.
- 7) 国土交通省住宅局監修、財団法人日本建築防災協会編集：リーフレット 誰でもできる我が家の耐震診断、2007.

## DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL TOOL LEARNING FROM STRUCTURAL DAMAGE PHOTOS AND EVALUATION OF ITS PERFORMANCE

Miho OHARA, Satoshi TANAKA and Kishie SHIGEKAWA

Retrofitting of low earthquake-resistant houses is a key issue for disaster mitigation. In this research, we developed an educational tool learning from structural damage photos taken after the past earthquakes. About 300 house owners accessed its website and learned by themselves. The effectiveness of learning was evaluated by questionnaires just before and after the learning and seismic diagnosis. The number of house owners who wished to conduct retrofitting and seismic diagnosis increased after learning and effectiveness of learning was verified.