

住宅密集地における地震時避難経路危険度評価マップの作成

The escape route risk assessment maps in case of earthquakes at densely residential area.

加藤真吾*, 林宏年**, 長谷川修一***, 野々村敦子****, 松島学*****

Shingo Kato, Hirotochi Hayashi, Shuichi Hasegawa, Atsuko Nonomura, Manabu Matsushima

*香川大学大学院工学研究科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

**株式会社五星 (〒767-0011 香川県三豊市高瀬町下勝間 670-1)

***理博 香川大学教授, 工学部安全システム建設工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

****学博 香川大学准教授, 工学部安全システム建設工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

*****工博 香川大学教授, 工学部安全システム建設工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

It is important for community residents to understand the disaster risk. However, the traditional earthquake hazard map has been hard to image seismic damage for real yet. We tried to make the earthquake hazard map with secured the evacuation route. This earthquake hazard map gives information on the road condition blocked by collapsed buildings and blocks fences and overlay flood area by Tsunami. We have examined the effect of the hazard map by two workshops.

Key Words : Hazard map , Earthquake , Street-Blockade , Evacuation route , Risk-communication

キーワード : ハザードマップ, 地震, 道路閉塞, 避難経路, リスク・コミュニケーション

1. はじめに

1946年南海地震後、瀬戸内海沿岸部においては都市化が急速に進む一方で、南海トラフの巨大地震の発生確率も年々高くなっている¹⁾。しかしながら、瀬戸内海沿岸の住民は、太平洋沿岸域の住民と比較して、南海トラフの巨大地震に対する危機感は低いように思われる。

高松市は日本三大海城の1つである高松城を中心に発展した人口約42万人の臨海都市である。南海地震において高松市では震度6弱に達する長い揺れの後、122分後に津波の第一波が到達し、最大津波水位T.P.+2.4mによって高松市中心部が広範囲にわたり浸水すると想定されている²⁾。したがって、高松市中心部が位置する沿岸部の住民は、地震後速やかに津波に対して安全な場所に避難することが求められる。

高松市は2008年に津波・高潮浸水予測図、地震の揺れやすさマップ等の防災マップを各家庭に配布した³⁾。しかし、行政が提供する防災マップでは、地図の縮尺の制限により地震後の避難経路の状況を読み取ることはできない。このため市民は具体的な災害イメージを持って防災への行動を起こすまでには至っていない。

住民の防災意識を高めるには、発生する災害の規模やそのときの状況を具体的に示すことが重要な課題となっている⁴⁾⁵⁾。従来の地震ハザードマップでは、地震の揺れやすさなどが記載されているだけであり、実際の地震

被害をイメージさせるまでには至っていない。また、林ら⁶⁾は、行政の提供するハザードマップに加えて、住民と専門家が協働で作成する地域コミュニティ防災マップの有効性を検証しているが、地震時における適切な災害イメージを住民が持つことの難しさも報告している。したがって、地域の災害リスクを住民に視覚的に提供するため、地域コミュニティレベルの地震危険度評価マップの作成が必要と考えられる。

関沢ら⁷⁾は、阪神・淡路大震災での道路閉塞状況の障害原因として最も多かったのは「道路の亀裂・陥没等」であるが通行障害に与える影響は比較的少なく、通行障害に与える影響が大きいのは「木造家屋の倒壊」と「塀等の倒壊」であったと示している。そこで、本研究では高松市中心部の住宅密集地において、地理情報システム(GIS)を活用し、地震時の建物倒壊とブロック塀倒壊による避難経路の危険度を評価することを目指した。そして、避難経路危険度評価マップを試作し、ワークショップで避難経路危険度評価マップの有効性を検証したので、その結果について報告する。

2. 対象地域と研究方法

2.1 対象地域

本研究では、高松市中心市街地に隣接する二番丁地区をモデル地区として研究を行った。二番丁地区の地形は

沿岸部の砂州と後背湿地からなる。砂州には、高松空襲による焼失と南海地震による倒壊をまぬかれた住宅が多くあり、老朽化した木造家屋の密集地と狭い道が防災上の問題である。後背湿地では、戦後、昭和 30 年代から 40 年代に急速に宅地化が進んでおり、昭和 56 年以前に建築された耐震性の低い住宅が多い。また、近年ではマンションが急速に増加している。

当地区は、香川大学幸町キャンパスに隣接し、戦前からの住民、戦後の市街化の進展に伴って移り住んだ戸建住宅の住民、マンションの住民、アパートの学生など、様々な世代の住民が住んでいる。2004 年には、台風 16 号による高潮災害に遭い、床上浸水が 332 戸など多数の浸水被害が出ている。二番丁地区の人口は 10,845 人であり広範囲であるため、対象地域を扇町一丁目、二丁目および三丁目、昭和町一丁目および二丁目に絞り研究を行うこととした(図 1)。



図 1. 対象地区 (高松市二番丁地区の一部)

2.2 研究方法

二番丁地区は南海地震により建物等が倒壊した後、津波が襲来するリスクが高いため、大学と地域コミュニティの協働で避難経路危険度評価マップを試作し、ワークショップとして災害図上訓練を行った。また、ワークショップでアンケートを実施し、避難経路危険度評価マップの有効性を検討した。本研究の流れを図 2 に示す。

- (1) 地区の状況や 2004 年台風 16 号の高潮浸水状況を把握し、現地調査で調査する項目を検討するため、コミュニティ協議会と事前調査を行った。
- (2) 作業のねらいや現地調査方法の説明を行うため、7 月中旬に第 1 回ワークショップを実施した。
- (3) 現地調査は 7 月中旬から 8 月初めにかけて、自治会メンバーと香川大学生等で実施した。避難経路危険度評価に用いるため、主にブロック塀の高さと位置、狭い道路、建物から道路までの距離(木造 2 階建て)に重点を置き調査した。
- (4) 第 2 回ワークショップでは、現地調査結果を地図にまとめ、危険箇所の抽出作業を行った。そして、避難経路、予防対策について検討を行い、班の代表者が検討内容を発表し、情報を共有した。

- (5) 地区内の一部の建物とブロック塀の耐震診断を行い、避難経路危険度評価手法を検討した。
- (6) GIS を用いて対象地区全体の避難経路危険度評価マップの試作を行った。
- (7) 第 3 回ワークショップでは、避難経路危険度評価マップを用いて問題点を明らかにし、解決策について検討を行った。
- (8) アンケート調査は、第 2 回ワークショップと避難経路危険度評価マップを用いた第 3 回ワークショップの時に実施し、住民の意識の変化について考察した。

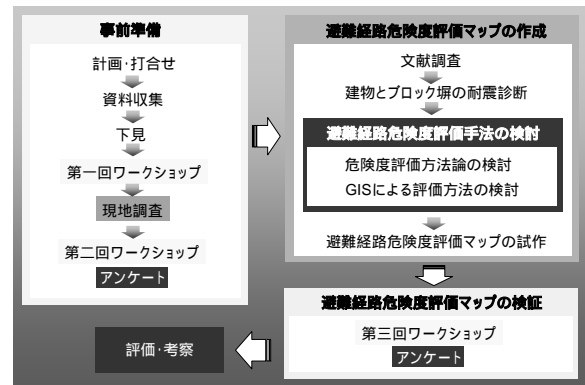


図 2. 研究の流れ

3. 建物とブロック塀の耐震診断

3.1 調査方法

地震時の避難経路の危険度を評価するためには、地区の災害特性を把握する必要がある。そこで、二番丁地区の地震時の災害特性を把握するため、地区の一部をモデル地域として耐震診断を実施した。診断モデル地域は、南北 230m×東西 140m の範囲を選定した。全建物数は 179 軒である。全建物のうち木造従来工法の建物は 83% を占めている(図 3(a))。建物の階層数では 2 階建てが 79% を占め(図 3(b))、建築年代では 1981 年以前の建物が 77% を占めている(図 3(c))。

耐震診断は、建物やブロック塀の外観を目視により診断することとした。国土交通省が発行している「誰でもできるわが家の耐震診断」⁸⁾をもとに外観で判定できる診断表を試作した。「誰でもできるわが家の耐震診断」は診断対象を大地震としているため、本評価手法も大地震が発生した場合を対象としている。

診断はそれぞれの診断表の記載項目に基づいて行った。木造従来工法の住宅の診断項目は、建築年代、建物の平面、建物の壁、増築の有無、屋根の種類、老朽化、高潮の被害である。ブロック塀の診断項目は、高さ、基礎の種類、長さ・控壁、基礎の大きさ、高潮の被害である。これらの項目を診断し、安全、損傷、倒壊の 3 ランクに分けて評価した。

3.2 調査結果

診断の結果、木造従来工法の住宅のうち 54% が倒壊し（図 3 (d)）、特に 1981 年以前に建築され、かつ 2 階建ての木造従来工法の住宅は 63% が倒壊し、34% が損傷する結果が出た（図 3 (e)）。ブロック塀は、基礎のないものや高潮の被害を受けているものが多く、97% が被害を受ける結果が出た（図 3 (f)）。

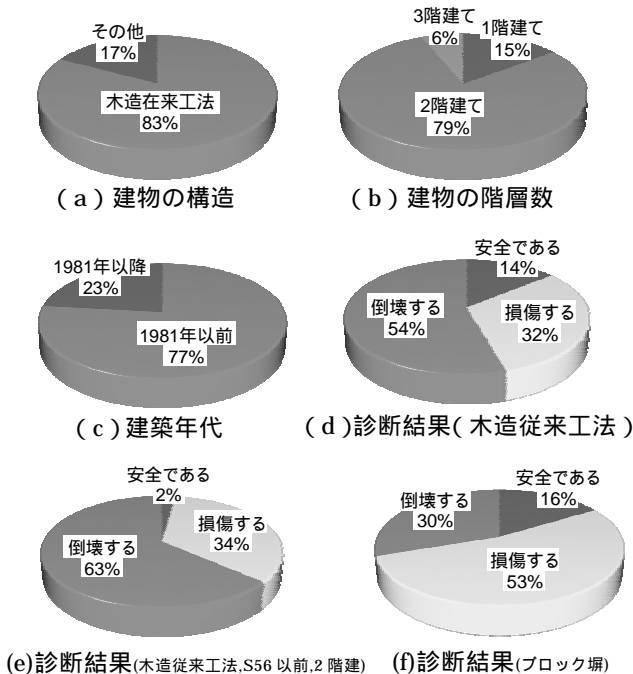


図 3. 建物の特徴と診断結果

4. 避難経路危険度評価手法

4.1 建物倒壊による避難経路の閉塞

二番丁地区の建物耐震診断の結果、1981 年以前に建築され、かつ 2 階建ての木造従来工法の住宅は、97% が倒壊もしくは損傷するという結果が出た。そこで、木造 2 階建てで 1981 年以前に建てられた建物がすべて倒壊した場合を想定して避難経路の危険度を評価することとした。また、堀江ら⁹⁾は、阪神・淡路大震災では 2 階建ての 1 階が層破壊するパターンが最も多いことを示している。したがって、図 4 のように階高 3m の木造 2 階建ての建物が道路脇にある場合、地震により 1 階部分が潰れて倒壊し、階高分の 3m ほど建物倒壊により道路が占有されてしまうと仮定して、建物倒壊による避難経路危険度評価を行った。

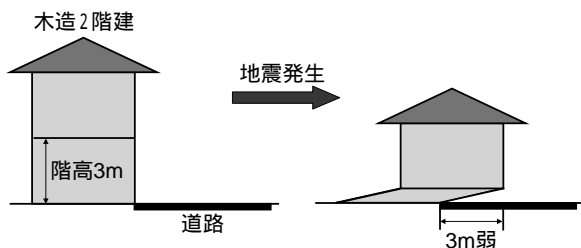


図 4. 建物倒壊の考え方

4.2 ブロック塀倒壊による避難経路の閉塞

二番丁地区のブロック塀耐震診断の結果、基礎のないものや高潮の被害を受けているものが多く、97% のブロック塀が被害を受けるという結果が出た。また、当地区の地盤は沿岸部の砂質土からなるため、液状化によってもブロック塀が倒壊する可能性がある。このため本研究では、現地調査でチェックしたすべてのブロック塀が倒壊した場合を想定して危険度を評価することとした。

図 5 (a) のように高さ H_a のブロック塀が倒壊した場合、ブロック塀の高さ H_a 分だけ、道路が占有されると仮定した。また、図 5 (b) のようにブロック塀の長さも考慮に入れ、倒壊したブロック塀の面積 ($H_a \times L_a$) 分だけブロック塀倒壊により道路が占有されてしまうと仮定して、ブロック塀倒壊による避難経路危険度評価を行った。

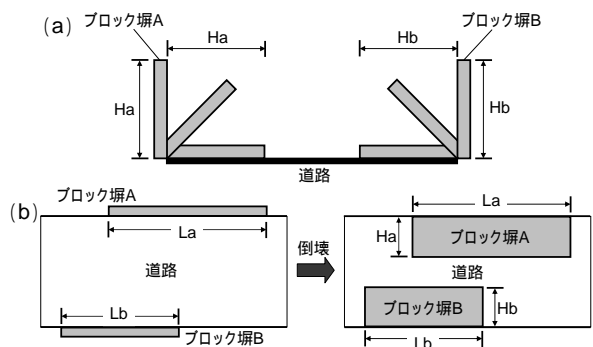


図 5. ブロック塀倒壊の考え方

4.3 GIS による避難経路危険度評価マップの作成

地震時の避難経路危険度評価は、ArcGIS を用いて、街区ごとに分けた道路（ポリゴン）にデータを与えて避難経路の危険度を評価することとした。道路に与えるデータは、道幅、建物倒壊による避難経路危険度、ブロック塀倒壊による避難経路危険度である。なお、道幅は、高松市から得た高松市道路現況図から読み取り、木造 2 階建てで 1981 年（昭和 56 年）以前に建てられた建物は、高松市による調査データを使用した。

建物倒壊による避難経路危険度は、街区で区切った道路の面積に対する道路占有箇所の面積の割合を道路占有率とし、道路占有率から避難経路危険度を 5 段階で評価した。しかし、道路占有率では、実際に通行可能かを判断することが難しいので、車椅子・自動車が通行可能か否かを示す道路占有規模も評価した（図 6）。

ブロック塀倒壊による避難経路危険度は、道路の面積に対する道路占有箇所の面積の割合を道路占有率とし、道路占有率から避難経路危険度を 5 段階で評価した。しかし、道路占有率では、実際に通行可能かを判断することが難しいので、車椅子・自動車が通行可能か否かを示す道路占有規模も評価した（図 7）。

4.4 避難経路危険度評価の比較

図8は道路占有率と道幅の関係を表しており、図から道幅が狭いほど道路占有率が高くなっていることがわかる。二番丁地区では、線路沿いの道幅が狭く戦前からの古い家屋が密集している地域の危険度が高い傾向にあっ

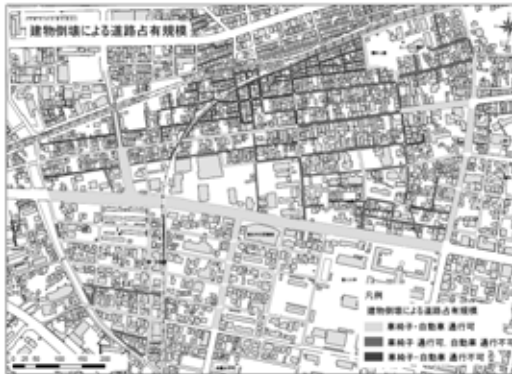


図6. 建物倒壊による道路占有規模



図7. ブロック塀倒壊による道路占有規模

た。一方、道幅が広く比較的新しい家屋が並ぶ昭和町の危険度は低くなっている。

ブロック塀倒壊による避難経路危険度も道幅に大きく依存しているが、ブロック塀のほとんどは2m以下のため危険度は建物倒壊の場合より低く評価された(図9)。

4.5 地震時の避難経路危険度評価マップの作成

地震災害や津波災害を対象とした被害想定に関する研究は、数多く存在する。しかし、そのほとんどは各災害を単独で取り扱ったものであり、連動して発生する両災

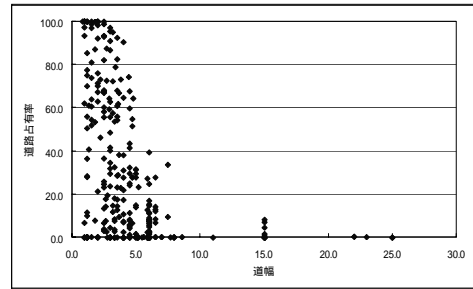


図8. 道幅と道路占有率(建物)

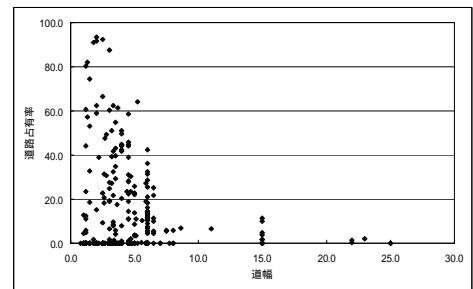


図9. 道幅と道路占有率(ブロック塀)

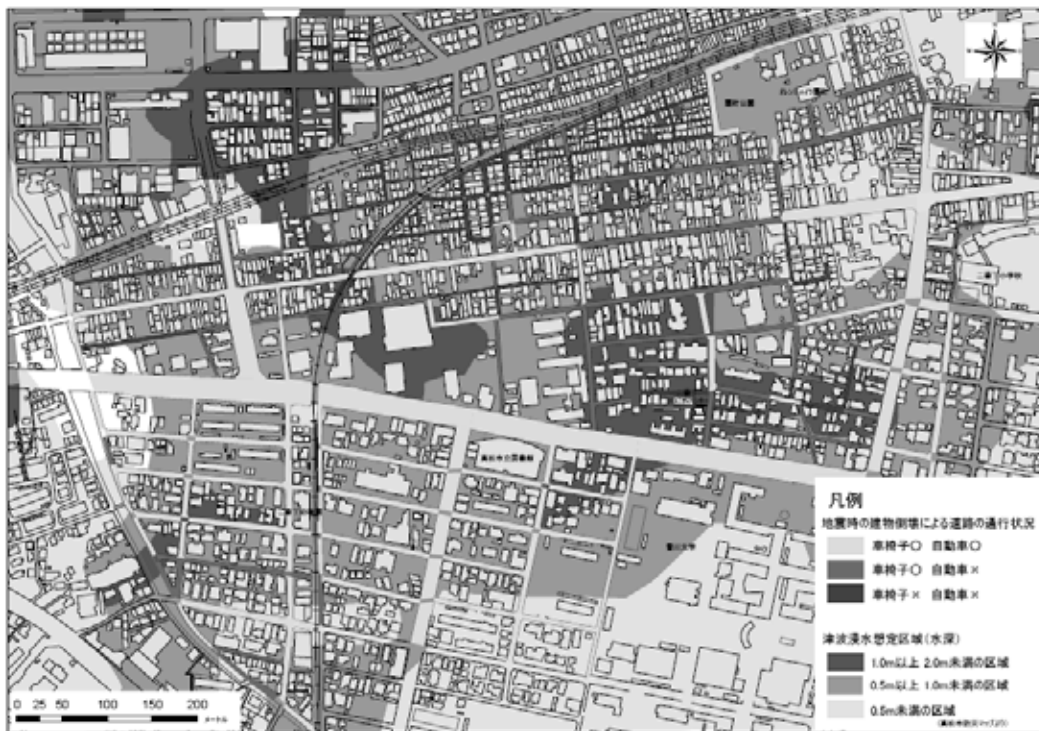


図10. 避難経路危険度評価マップ

害を考慮して検討された事例は少ない¹⁰⁾。本研究では、地震発生から津波襲来までの地域状況を表現するため、建物倒壊による道路占有規模の避難経路危険度評価マップに香川県による津波浸水想定区域図¹¹⁾を統合したマップを作成した(図10)。

5. 避難経路危険度評価マップの有効性

5.1 ワークショップ

第2回ワークショップは平成20年8月20日に実施した。34名の住民が参加し、4つの班に分かれて現地調査結果を地図にまとめ、地域の危険箇所について話し合った。そして、地震や津波に対する防災に向けて、個人や家庭でできること、地域で協力すること、行政との連携という3つの視点から対応案を出し合った(表1)。

第3回ワークショップは平成21年1月27日に実施した。33名の住民が参加し、4つの班に分かれて、地震時の避難経路危険度評価マップを用いて災害図上訓練を行った。避難経路危険度評価方法や建物・ブロック塀倒壊の脅威などについて説明し、災害図上訓練のシナリオは、「震度6弱の地震が発生し、その約2時間後に津波が来る」という想定にし、どのように避難するか検討した。そして、第2回ワークショップと同様に地震や津波に対する防災に向けて、個人や家庭でできること、地域で協力すること、行政との連携という3つの視点から対応案を出し合った(表2)。

両ワークショップでの検討内容を比較すると、地震に関して個人や家庭でできることの中に、第3回ワークショップでは安全ルートを常に確認し、前もって避難経路を知っておくという意見が入り、避難経路に注目が及んでいることがわかる。また、津波に関しては、第2回ワークショップでは家の2階へという意見があるのに対し、第3回ワークショップでは2F以上の鉄骨鉄筋の建物に避難するという意見に変化しており、津波の水の威力を理解したと考えられる。そして、第3回ワークショップでは、自治会内で役割分担を決めることや防災教育の必

要性および自主防災会の認識強化などの意見があり、住民主体で地域発信の防災力の芽生えが見え、行政に頼らず、自助・共助の必要性を認識していると考えられる。

5.2 アンケート調査

アンケートは、第2回ワークショップと第3回ワークショップのときに実施し、ワークショップに参加した住民が回答し、その場で回収した。それぞれの参加者のうち両ワークショップに参加した住民は28人である。2回ともアンケート内容はほぼ同じにし、第3回ワークショップによって、どのように意識が変化したか分析した。

第2回ワークショップと第3回ワークショップでのアンケート結果の比較をみると、第3回ワークショップ後のアンケートでは、地震に対して二番丁地区は危険であるかどうか分からないという回答が29%から15%に減り、よりリアルな災害の被害イメージが出てきたと考えられる(図11)。また、家族で災害時の避難経路を決めている住民が38%から55%に増えており、これはワークショップの効果であるといえる(図12)。

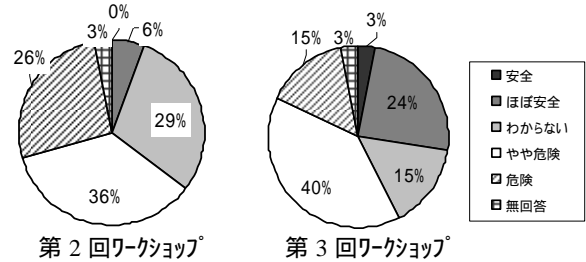


図11. 地区が地震に対して安全か

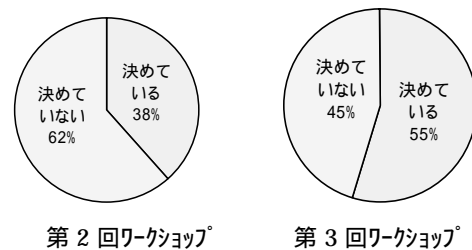


図12. 避難経路を決めているか

表1. 第2回ワークショップでの検討内容

	個人や家庭でできること	地域で協力すること	行政との連携
地震 (火災を含む)	<ul style="list-style-type: none"> 家族の安否確認 家族で安全なところへ避難 火の元の確認 家庭で待機 耐震対策 家具の固定 防災グッズの準備, 確認 食料, 飲料水, 各自の薬品等の準備 正確な情報の入手 	<ul style="list-style-type: none"> 自治会毎で年に1, 2度の訓練 隣の自治会との話し合い 一人暮らしの高齢者や障害者の確認と援助 近所の安全確認 避難の周知, 指示 声のかけ合い 危険箇所の確認 避難場所で人数確認し, 救出の有無の判断 食料, 飲料水の確保 	<ul style="list-style-type: none"> 避難場所の整備 避難場所での食料, 薬品の確保 各自治会で年1回の防災勉強会を県, 市と協力して実施 耐震強化について行政の補助を積極的に一つの避難場所への避難の集中の回避 道路の拡幅 持ち主が不明で危険な古い空家やブロック塀などの対応 耐震性のある建物(民間)への一次避難の許可を得る 情報の早期確認と連絡を密に
津波 (高潮を含む)	<ul style="list-style-type: none"> どこに避難するか話し合い 冷静かつ速やかな避難 家の2階へ 高い土地への車の避難 早期の情報収集 	<ul style="list-style-type: none"> 一人暮らしの高齢者等の避難の誘導 2階以上の人は浸水家屋の人を避難させてあげる 安全ルートを確保し, 住民を誘導 避難路の明確化 高層マンション等に一次避難の話をつける 	<ul style="list-style-type: none"> 浸水予想地域の周知

表 2. 第 3 回ワークショップでの検討内容

	個人や家庭でできること	地域で協力すること	行政との連携
地震 (火災を含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・家族同士の安否確認 ・家族で安全なところへ避難 ・倒壊している場所に気を配り、歩いて安全な場所へ、災害の進捗状況により、より安全な場所へ ・火災を防ぐ努力 ・逃げる時には必ず火の元をチェックする ・耐震補強 ・家具の倒れ防止 ・家の中のガラスの対応 ・余震による二次災害に気をつける ・防災グッズの準備、確認 ・安全ルートを常に確認 ・前もって避難経路を知っておく 	<ul style="list-style-type: none"> ・常日頃の人間関係の重視 ・自治会役員の関係を大事にし連携を取る ・日頃の連絡網の強化 ・自主防災会の認識強化 ・避難誘導 ・高齢者が多いので声をかけ合う ・民間マンションに協力してもらう(避難場所提供) ・救出可能な場合は若い人を中心に対応する ・古い家並みが多く、歩いて香大へ避難する ・自治会内で役割分担を決めておく ・自治会内で常に防災教育が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・連絡を密に ・伝達法の見直し ・手におえない場合は消防・自衛隊・警察に連絡 ・携帯電話のフル活用
津波 (高潮を含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・早めに避難 ・海からなるべく遠い場所へ ・近くのマンションに避難させていただく ・2F以上の鉄骨鉄筋の建物に避難する 	<ul style="list-style-type: none"> ・大声を出す ・近所で声をかけ合っ 	

ただし、地震に対して安全であるという住民も増えた。今まで判断材料がなく地震の被害状況をイメージできていなかったのが、住居周辺の避難経路の危険度が低いとでたため、安全であると考えたと思われる。このため避難経路危険度が低い地域の住民の地震への危機感が低下することが懸念された。

6. まとめと今後の課題

地震による建物とブロック塀の倒壊および津波浸水予測図を統合した地震時避難経路危険度評価マップを作成し、ワークショップによってその有効性を検討した。本研究の成果は以下のとおりである。

- (1) 避難経路危険度評価には道幅が大きく影響し、道幅が狭いほど危険度が高くなる。
 - (2) ブロック塀倒壊による避難経路危険度は建物倒壊より低く評価される。
 - (3) 避難経路危険度評価マップを用いることにより、地震災害のイメージが明確となり、家族で避難経路を決めるなどの行動につながったことが考えられる。
- 災害は様々な要因が重なって発生する。したがって、今後は避難経路危険度評価に加え、GIS 基盤上に航空レーザー測量による精密地盤高モデルを構築し、津波、高潮だけでなく局所的集中豪雨による浸水危険度などを盛り込んだ防災マップ作成を行う必要がある。

謝辞

本研究は、平成 20 年度香川大学地域貢献推進経費の助成を受け実施した。本研究にご協力いただいた高松市総務部危機管理課・建築指導課、高松市二番丁コミュニティセンター、高松市二番丁コミュニティ協議会、香川大学危機管理研究センター長 白木渡教授、工学部 井面仁志教授、山中稔准教授、生涯学習教育研究センター 清国祐二教授、香川大学工学部学生 松尾怜氏(現所属：四国地方整備局)、香川マルチメディアビジネス分科会および国際航業株の関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部 HP, 南海トラフの地震の長期評価について, <http://www.jishin.go.jp/main/index.html> (2009.7 閲覧)
- 2) 香川県 HP, 防災情報, 南海地震被害想定調査: <http://www.pref.kagawa.lg.jp/bosai/tunami/kaisetu.html> (2009.7 閲覧)
- 3) 高松市 HP, 防災マップ・地震防災マップ <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/10145.html> (2009.7 閲覧)
- 4) 片田敏孝, 桑沢敬行, 金井昌信, 細井教平: 津波災害シナリオ・シミュレータを用いた尾鷲市民への防災教育の実施とその評価, 社会技術研究論文集, Vol.2, pp.199-208, October.2004
- 5) 桑沢敬行, 片田敏孝, 及川康, 児玉真: 洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用, 土木学会論文集 D 部門, Vol.64 No.3, pp.354-366, 2008
- 6) 林宏年, 長谷川修一, 野々村敦子, 山中稔, 加藤真吾: 住民と専門家が協働した防災マップへの反応と課題, 安全問題研究論文集 Vol.3, 2008
- 7) 関沢愛, 吉原浩: 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究(その1)(その2), 平成9年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.204-211, 1997
- 8) 国土交通省住宅局: 誰でもできるわが家の耐震診断
- 9) 堀江啓, 牧紀男, 田中聡, 林春男: 阪神・淡路大震災における西宮市の層破壊建物棟数の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 2002年8月
- 10) 桑沢敬行, 片田敏孝: 震災状況下における津波被害の発生構造に関するシミュレーション分析, 土木学会論文集 D 部門, Vol.64 No.3, pp.380-390, 2008
- 11) 香川県 HP, 防災情報, 浸水想定区域図(津波): http://www.pref.kagawa.lg.jp/bosai/tunami/tunami_top.html (2009.7 閲覧)

(2009年8月7日受付)