

3.1.3.2 室内総合安全診断ソフトウェアの開発

目次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5カ年の年次実施計画
- (e) 平成15年度業務目的

(2) 平成15年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
 - 1) 住民に提供する危険情報の検討
 - 2) 診断ソフトウェアのWeb化の検討
 - 3) 2003年十勝沖地震における室内被害実態調査
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成16年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 室内総合安全診断ソフトウェアの開発

(b) 担当者

所属	役職	氏名
北海道大学大学院工学研究科	助教授	岡田成幸
(株)日立東日本ソリューションズ	技師	阿部郁男
三井情報開発株式会社	研究助手	菅 正史
秋田県立大学木材高度加工研究所	講師	渡辺千明
(財)市民防災研究所		青野文江
北海道立北方建築総合研究所環境科学部	主任研究員	南 慎一
同	科長	高橋章弘
同	研究職員	戸松 誠
同研究所 居住科学部	同	松岡佳秀
北海道大学大学院工学研究科	大学院生	田畑直樹
同	同	名知典之
同	同	田村 篤
同	学部生	古川由希子

(c) 業務の目的

地震時において室内が家具転倒等により乱雑化することが原因の人的被害を軽減するための手法として、地震で揺れている最中及び避難時における安全空間/危険空間を居住者に認知させ、安全空間確保のための室内診断そして改善のための室内利用計画支援のソフトウェアを開発することを目的とする。室内危険度は揺れの強さ・家具配置・居住者の災害対応行動能力・ライフスタイル等々の総合として測られるべきものである。本研究はそれらの総合性に斟酌した実用性の高いソフトウェアとして完成させる。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成14年度：実施業務の要約

室内安全診断ソフトウェアのプロトタイプ提案

昨年度は、上記業務目的にかなう室内危険度診断ツールの開発を目的とし、その基本となる診断アルゴリズムを提案した。地震による負傷を防ぐには、「揺れている最中の身を守る行為」と「揺れ停止後の避難移動行為」に関し、その安全性・危険性に配慮する必要がある。本研究では、前者に関し家具転倒と人間の災害回避行動能力との関係で室内の危険箇所をゾーニングする「室内ゾーニング法」を提案し、後者に関しては避難移動する際の避難ルートの危険性をネットワーク解析する「避難路ネットワーク法」を提案した。

2) 平成15年度：

診断ソフトウェアの精緻化。特に人的被害評価のバージョンアップ

3) 平成16年度：

診断ソフトウェアのWeb版の開発

4) 平成17年度：

家具最適配置計画支援ソフトウェアのプロトタイプ提案

5) 平成18年度：

室内安全確保のための総合ソフトウェアの提案

(e) 平成15年度業務目的

当初計画に従い、本年度は診断ソフトウェアの精緻化を主業務とする。特に、本ソフトウェアを利用する住人が必要とする情報形態およびその提供方法について検討し、有用性を格段に高めることを目的とする。さらに、次年度以降に向けて、診断ソフトウェアのWeb版の開発作業も開始する。基本設計方針および診断画面構成の検討が業務の主内容である。

当初計画にはなかったが、本年度9月26日に十勝沖地震が発生し、本業務に関連する多数の被害をみた。この地震について室内被害の実態を調査しておく必要性が緊急に発生したことから、本業務に加えることとする。

(2) 平成 15 年度の成果

(a) 業務の要約

地震時の室内危険に関する診断結果を、住人にとり分かり易くかつ減災対策へ繋がる効果的な情報のあり方を検討した。従来、室内のあるグリッドにおける危険度を確率として与えていたが、地震時にそのグリッドにいたとしたならどのような被害状況が発生し、それに伴ってどのようなけがをする可能性が高いかを負傷内容で表現し、その負傷に対する必要な医療行為を併せて表示することを試みた。そのための新しい負傷尺度と家具に関する損傷度関数を提案した。さらに、診断ソフトウェアの Web 化に向けて、Java アプレットにより画面構成を検討した。加えて、年度中に発生した十勝沖地震の主要被災地において、室内被害と住人の行動の実態調査を行い、室内散乱に伴う負傷の発生閾値を確認した。これにより、地震から安全に暮らすための基準を設定することが可能となった。

(b) 業務の実施方法

本年度の本研究業務は大きく 3 点に分かれる。業務を円滑かつ遅滞なく遂行すべく、以下のごとく業務分担を行った。次節からの業務の成果の執筆分担者も同様である。

- ・ 住民に提供する危険情報の検討
岡田成幸（北海道大学大学院工学研究科）
菅 正史（三井情報開発株式会社）
- ・ 診断ソフトウェアの Web 化の検討
阿部郁男（（株）日立東日本ソリューションズ）
- ・ 2003 年十勝沖地震における室内被害実態調査
岡田成幸（北海道大学大学院工学研究科）
渡辺千明（秋田県立大学木材高度加工研究所）
青野文江（（財）市民防災研究所）
南 慎一（北海道立北方建築総合研究所）
高橋章弘（同）
戸松 誠（同）
松岡佳秀（同）
田畑直樹（北海道大学大学院工学研究科）
名知典之（同）
田村 篤（同）
古川由希子（同）

上記 1 の住民に提供する危険情報の検討は、これまでに当研究室において蓄積してきた被害データの解析が主であり、2 の診断ソフトウェアの Web 化の検討は、前年度提案の診断アルゴリズムのプログラミング・およびインターネット上での操作性の検討であり、3 の十勝沖地震における室内被害実態調査は、同地震の被災地におけるヒアリング調査である。

(c) 業務の成果

1) 住民に提供する危険情報の検討

a) 住民に役立つ危険情報とは

地震からの危険情報（危険度）という、一般には、ある危険な状況の出現確率で表現される場合が多い。昨年度に提案した本研究の診断の出力も、室内危険度ゾーニングに関しては、ある種同一である。地震時の室内のある区画に負傷の誘因となる家具転倒が発生する確率として危険度を表現している。不確実性の中での危険の程度を表現する方法として確率論は、研究的に極めて明快な手法であり、よってそこから導き出される確率解も研究者には極めて明快なものである。しかしながら、その確率論的診断結果を利用する側（住民）は、内容を正確に理解できる学問的背景を有している場合はむしろ少ない。利用者に馴染みのある言葉で危険度を表現することが、診断結果の有効利用を促進させ、対策を具体化させる一方途であろうと思っている。

本研究は、このようなことから、診断実装プログラムの有効性・対策の具体性向上を目的とし、地震時の室内の危険状態をより分かり易い情報（室内被害がどのような負傷に繋がるのかという具体的な被害 - 負傷イメージ情報）を提供することを検討する。

b) 医学的外傷重症度指標の導入

医学の分野においては、外傷の重症度を評価する指標が種々提案されているが、中でも国際的によく利用されているのが外傷重症度スコア ISS (Injury Severy Score) である。負傷確率に換え、ISS の考え方を基に、地震時の室内散乱による人的被害の程度の指標化並びに表現を工夫する。負傷程度を表現する尺度を持ち込むことにより、負傷程度を負傷の種類によらず一尺度上に表現することが可能となり、それをを用いることにより対策の意思決定等において数理的戦略判断が容易となるのみならず、負傷から死を含めて一尺度で扱うことができ、室内被害を越えて建物倒壊に伴う死者発生の危険度との研究的連携を可能となるし、さらに医学分野における指標を導入することで、医学分野との接点を持つことが可能となり、診断結果についてその後の医療行為などの具体的対策に展開が容易となるなど、その利点は少なくない。

() 人体損傷の尺度

まず、負傷程度の尺度化の基本とした外傷重症度スコア ISS について触れておく。ISS は簡易式外傷指数 AIS (Abbreviated Injury Scale) がその評価の基準にある。AIS は身体の損傷部位を頭部・顔面・胸部・腹部・四肢/骨盤・体表の 6 部位に分け、それぞれの部位についての解剖学的損傷名に 1 ~ 6 の点数を与えるものである。点数は損傷状態を表しており、表 1 に本邦で汎用されている 1985 年版 (AIS-85) の数値的意味を例示する。症状が重い程、高い数値が与えられている。

表1 AIS-85 に示されている数値と解剖学的損傷名との対応事例（文献¹⁾による）

スコア	症状	頭部・頸部における損傷名の例
1	軽症	頭痛/眩暈・頸髄伸展
2	中等症	嗜眠・甲状腺挫傷・頸椎横突起
3	重症：生命脅威的でない	意識障害・頭蓋底骨折・脳挫傷・咽頭挫傷・頸髄打撲
4	重症：生命脅威的	神経脱落症状・意識消失・頸髄不全損傷・咽頭挫滅
5	致命的：生存困難	脳幹損傷・頸髄完全損傷・頭蓋内血腫
6	瀕死 or 死亡	

ISS は、AIS の判断基準で与えられた各部位の損傷スコアのうちから最高値を取り出し、さらにその中からスコアの高いもの3つを選択し、それぞれのスコアを二乗し合計したもので表す。すなわち、多発外傷の総合的評価法となっている。最高点は75点で、一部位にでもAISが6点と与えられた場合は、自動的に75点とすることになっている。ISSは自動車事故の場合の人体損傷評価によく用いられ、ISSと生存率との関係は図1¹⁾に示されているように、よい相関関係を持っている。

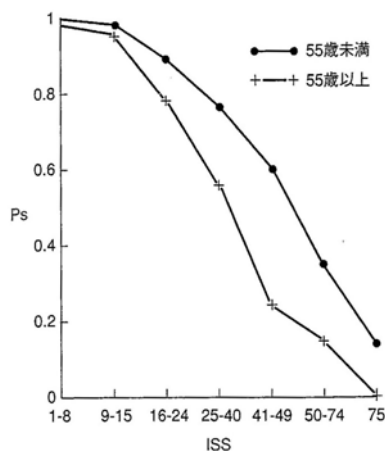


図1 鈍的外傷における生存確率 Ps と ISS との関係

() 室内散乱による人体損傷評価

以上の考え方を基本としながら、本研究で利用できるように若干の改訂を行った。まず、室内散乱（家具の転倒・散乱・破損・落下などの被害）と人体損傷を結びつける。起こり得る負傷名を先の AIS 解剖学的損傷名と対応させ、AIS 尺度上に並べる。この値をここでは、AIS 相当値と呼ぶことにする。このとき、対応させた点数は AIS-85 の 1 ~ 6 点であるが、1971 年版 AIS を基礎として尺度細分化した自動車事故傷害度基準表²⁾も参考とした。対応関係を表 2 に示す。今回対象とした地震時の人的負傷（表 2 における被震時負傷名）は AIS で言う 1 ~ 4 点までであり、また「軽い打撲 ~ 重い打撲」は 1.5 点、「重い打撲 ~ 骨折/内臓破損」「頭部打撲/骨折 + 切傷」及び「軽い打撲 + 重い火傷」には 3.5 点を損傷名か

ら判断し与えている。

さらに、診断対象となる空間 x_i (危険度診断の単位区画) における危険性 D を、以下の式で表す。

$$D = \sum_j (AIS^2 \times S_j(x_i)) \quad \dots(1)$$

ここに、 AIS は表 2 でいう AIS 相当値、 j は家具の種類、 $S_j(x_i)$ は家具 j 被害の空間 x_i への波及の有無である。すなわち、その単位区画で発生可能性のある損傷名に対応する AIS 相当値全てについて二乗し総和をとることで、 ISS 相当の多発外傷を指標化した。

() 人体損傷名と室内散乱の関係

前節で定めた被震時負傷とそれをもたらす室内散乱との関係を整理する。対象とする家具を以下のように分類する。家具そのものの被害状態から、転倒を考慮するものとして家具単体、散乱を考慮するものとして家具内容物、落下を考慮するものとして上載物に 3 分類される。家具単体については、転倒のしやすさの観点から、一体型と多段積み型に分けられ、さらに家具のプロポーション(高さとの幅の比; アスペクト比)を考慮し分類する。

また、家具損傷が人体損傷(けがの種類)に与える影響より、家具重量から打撲系(打撲・骨折・圧迫)家具を、ガラス等の有無から切創系家具を、火気の有無から火傷系家具を分類し、さらに負傷部位を考慮するため、家具サイズ及び設置高さに配慮した。最終的に、49 種類の家具に分類された。それぞれの家具の被害状態と被震時負傷名との対応関係を $AIS-85$ を参考に、 AIS 相当値の尺度上に並べ、図 2 に示す。これを人体損傷尺度と称することにす。

表 2 には、人体損傷の程度に応じ必要な医療行為が参考として記述されている。これらは被災情報として極めて分かり易く、その処置内容も理解しやすい。この情報を室内危険度診断で提供できるようにすることを次に考える。

J AIS	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	
	無傷	微傷	軽傷	中等傷1度	中等傷2度	重傷1度	重傷2度	重篤	瀕死	
AIS	0	1		2		3		4		5
	無傷	軽症		中等症		重症(生命を脅かさない)		重症(生命を脅かす)		致命的

擦り傷	軽い打撲	軽い切り傷	重い打撲	重い切り傷	頭部打撲/骨折	内臓破損	圧迫
		軽い火傷			重い火傷		

本棚	転倒	本
	転倒散乱	本
	落下	本
靴箱	転倒	靴
	転倒散乱	靴
	落下	靴
仏壇	転倒	内容物
	転倒散乱	内容物
仏壇(小)	転倒	内容物
	転倒散乱	内容物
	落下	内容物

食器棚	転倒	引き出し
	落下	引き出し
物入れ棚	転倒	内容物
	転倒散乱	内容物
	落下	内容物
机	転倒	引き出し
ライティングユニット	転倒	引き出し
テーブル(小)	転倒	家具
鏡台	転倒	引き出し
小台	転倒	引き出し
ミニ家具	転倒	家具
	転倒散乱	家具(+引き出し)
テレビ	転倒	家具
ステレオ	転倒	家具
ランプ	転倒	家具
仏壇(小)	転倒	家具
植木鉢	転倒	家具

調理台	転倒	調理器具
冷蔵庫	転倒	内容物
	転倒散乱	内容物
ガラスケース	転倒	家具
花瓶	転倒	家具
天井灯	破損	家具
鏡	破損	家具
掛け時計	破損	家具

ミニ家具	落下	引き出し
	落下	家具+引き出し

食器棚	転倒	食器
	転倒散乱	食器
	落下	食器
洗面台	転倒	家具
ガラスケース	落下	家具
鏡	落下	家具
掛け時計	落下	家具
花瓶	落下	家具

物入れ棚(横)	転倒	家具
	転倒散乱	家具(+引き出し)
洗濯機	転倒	家具
水桶	転倒	家具
靴箱	転倒	家具
	転倒散乱	家具
	落下	家具
鏡台	転倒	家具
	転倒散乱	家具+引き出し
小台	転倒	家具+引き出し
	転倒散乱	家具+引き出し
テレビ	落下	家具
ステレオ	落下	家具
ランプ	落下	家具
ライティングユニット	落下	家具
ファックス	落下	家具
仏壇(小)	落下	家具
植木鉢	落下	家具

本棚	落下	家具
食器棚	落下	家具+引き出し
物入れ棚	落下	家具(+引き出し)
ライティングユニット	転倒	家具
	転倒散乱	家具+引き出し
2段ベッド	転倒	家具

天井灯	落下	家具
-----	----	----

本棚	転倒	家具
	転倒散乱	家具
食器棚	転倒	家具
	転倒散乱	家具
物入れ棚(横)	転倒	家具
	転倒散乱	家具(+引き出し)
和ダンス	転倒	家具
	転倒散乱	家具+引き出し
洋ダンス	転倒	家具
	転倒散乱	家具(+引き出し)
整理ダンス	転倒	家具
	転倒散乱	家具+引き出し
1段積みタンス	転倒	家具
	転倒散乱	家具+引き出し
	落下	家具+引き出し
3段積みタンス	転倒	家具
	転倒散乱	家具+引き出し
	落下	家具+引き出し
冷蔵庫	転倒	家具
	転倒散乱	家具
仏壇	転倒	家具
ピアノ	転倒	家具

やかん	落下	やかん
-----	----	-----

図2 被震時負傷名と家具の被害との対応関係

表2 AIS-85と自動車事故傷害度基準及び

地震時の室内散乱に伴う人的負傷名(被震時負傷名)との対応関係

AIS-85	J AISコード	傷害の種類	必要医療行為	被震時負傷名	AIS相当値
0	無傷				
1	0.5	わずかな表皮剥脱 皮下または皮内溢血		擦り傷～軽い打撲	1
	1.0	軽微な火傷	消毒・保護包帯程度		
2	1.5	中等傷 1度	圧迫包帯・整骨処置 簡単な医師の手当必要	軽い打撲～重い打撲 軽い打撲+切傷	1.5
	2.0	中等傷 2度	切傷	縫合・止血・副木 専門医による手当必要	重い打撲～頭部打撲 重い打撲/頭部打撲+切傷
3	2.5	重傷1度	骨折・内臓破裂・頭蓋 骨折	重い打撲～骨折	3.0
	3.0	重傷2度	骨折・内臓破裂で重い 後遺症	重い打撲～骨折/内臓破損 頭部打撲/骨折+切傷 軽い打撲+重い火傷	3.5
4	4.0	重篤	生命が危険な傷	骨折/内臓破損～圧迫	4.0
5	5.0	瀕死	助かる見込み殆どなし		
6	6.0	死亡1	12～24時間以内の死亡		
	7.0	死亡2	3～11時間以内の死亡		
	8.0	死亡3	30分～2時間以内の死亡		
	9.0	死亡4	29分以内の死亡(即死)		
	9.9	不詳			

c) 家具の損傷度関数

室内危険度診断では、想定される床応答震度から家具の被害（転倒等）の発生確率を計算し、それをもって危険度に相対換算していた。診断で利用する関数は家具の震度 - 転倒率の関係（被害関数）である。上記の議論より、室内危険度を負傷イメージに結びつけるには、転倒率ではなく、家具の被害状態を知る必要がある。すなわち、家具の損傷度関数が必要となる。

損傷度関数とは、被災対象の個体の被害程度を 0.0 から 1.0 で定義するものであり、被災対象群の被害発生率(0~100%で定義)を表す被害率関数とは不随の関係となっている³⁾。家具の被害を転倒率ではなく、被害程度（損傷レベル）として扱ったものに島野・他の研究がある。彼らは無被害（D1）、軽微な損傷（D2）、損傷（D3）、著しい損傷（D4）の4段階に区分し⁴⁾、振動台実験により家具のプロポーシオン別に計測震度と損傷度との関係を得ている⁵⁾。一方で筆者ら⁶⁾は、家具の被害状態と気象庁震度階との関係を累積正規確率分布で関数化している。両者の研究を震度を介在させ、個体の損傷度と群の被害発生率との関係に整理した。アスペクト比4の重量家具（食器棚等）の例を表3に示す。

表3 損傷度と被害率との対応関係

	島野・他（損傷度）	震度階（被害率）
震度4強	内容物若干移動(D1)	内容物散乱(3%)
震度5強	什器若干がたつく(D2)	家具転倒(3%)
	内容物大きく移動(D2)	内容物散乱(85%)
震度6弱	什器大きく移動(D3)	家具移動(50%)
	什器激しくがたつく(D3)	家具転倒(30%)
	内容物落下(D3)	内容物散乱(100%)
震度6強	什器転倒(D4)	家具転倒(85%)

さらに、岡田・鏡味⁶⁾は、損傷度（Damage Index：以後、DI と略称）に関して被害全般の定義として、0~0.16を無被害、0.16~0.50を軽微被害、0.50~0.84を中程度被害、0.84~1を甚大被害と与え、被害率と整合させている。家具単体について島野・他⁴⁾による損傷度表現と岡田・鏡味⁶⁾による損傷度表現を震度を介在させて対応させ、以下を得る。すなわち、家具単体の損傷度定義DIは0~0.16を弱い振動（家具・内容物・上載物共に被害なし）、0.16~0.5を強い振動（家具に被害はないが、内容物散乱や上載物落下の被害を発生させ得る振動）、0.5~0.84を家具の移動、0.84~1を家具の転倒とする。内容物散乱に関する損傷度の定義（一部散乱・半分散乱・大部分散乱）は、釧路沖地震の調査⁷⁾を基に、台所の散乱状況を与えるそれぞれの震度を参考にし、その震度に一致する食器棚の損傷度関数（後述）を読み取り、散乱の損傷度とした。上載物に関する損傷度の定義は、不安定な置物は家具の強い振動で落下するものとし、安定な置物は家具の移動で落下するものとする。それぞれ、家具の強い振動と移動の開始損傷度に一致させた。結果として図3に示す損傷度が定義された。

次に、地震動の大きさにより被災対象の損傷度が定まるように、損傷度関数を既存デー

タを基に関数化を試みる。建物の損傷度関数³⁾と同様に、関数型はワイブル分布を密度関数とする以下の累積確率分布で表現する。

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^m} = 1 - e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^m}, \quad \eta = x_0 \frac{1}{m} \quad \dots (2)$$

ここに、F(x)は家具の損傷度、xは床応答震度。また、m・γ・x₀はそれぞれワイブル分布の形状パラメータ・位置パラメータ・尺度パラメータである。

関数当てはめに用いたデータは先の島野・他⁵⁾による振動台実験の結果、釧路沖地震・兵庫県南部地震・鳥取県西部地震の調査結果である。ただし、多くは転倒率で与えられており、表3相当の読替を行った。関数当てはめの例を図4に示す。

損傷度関数と人体損傷尺度を組み合わせることで、家具ごとに震度 - 損傷度 - 家具被害程度 - 人体損傷程度という一連の関係が構築される。例を図5に示す。

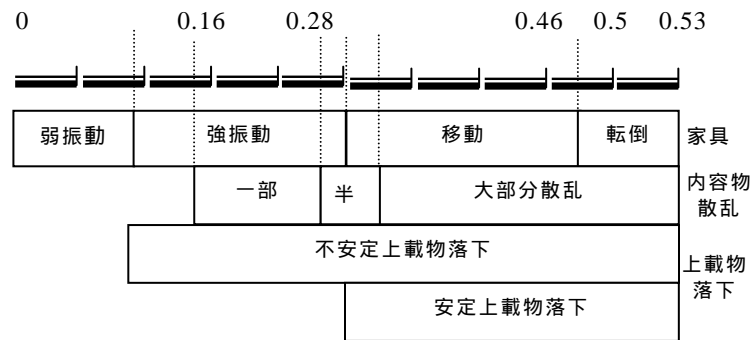


図3 家具の損傷度 Damage Index の定義

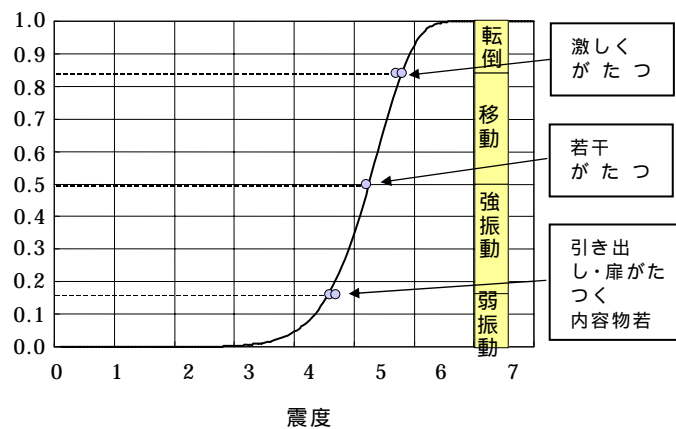


図4 和ダンスの損傷度関数の当てはめ (右の脚注は島野・他⁴⁾の損傷レベル表現)

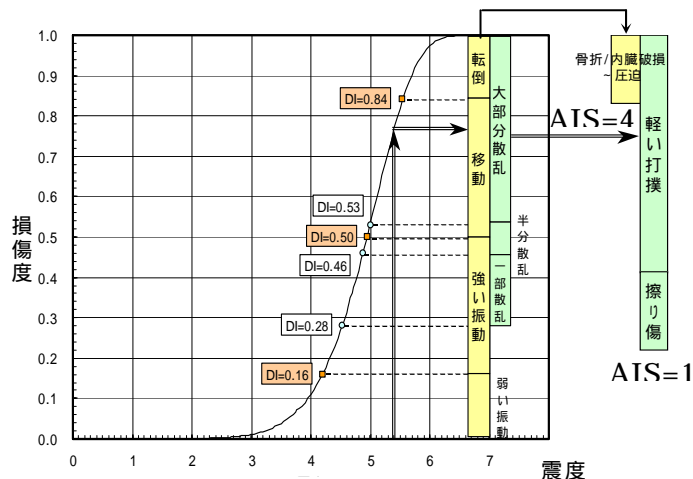


図5 震度 - 家具損傷 - 人体損傷の関係 (本棚の例)

d) 診断ツールでの表現方法

診断ツールでは、利用者が住宅の平面図、家具配置図、および住人情報を入力すると、コンピュータが自動的に危険度を計算する。パラメータとして負傷レベル、震度、発生時間が設定でき、また住人の考慮および各部屋における存在確率の考慮によって、個人の属性に合わせた危険度を表示することができる。

実際の住宅の危険度をこのツールによって評価した例を図6に示す。計算結果は平面図、家具配置図の上に、危険度の大きさにより異なる色で表示される。

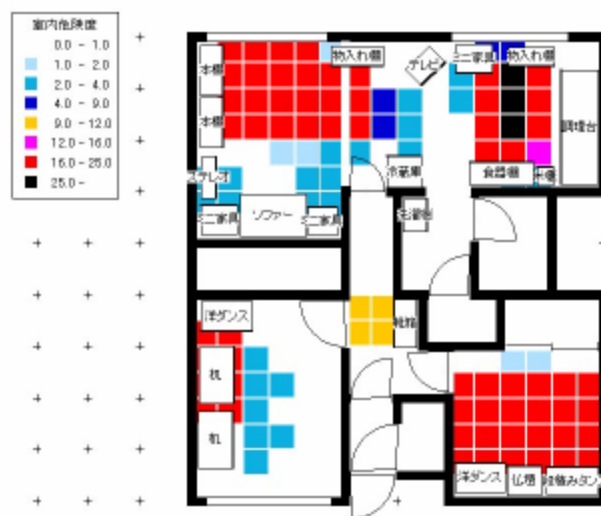


図6 揺れている最中の室内危険度評価例

総合指標として ISS 相当の 0.0 ~ 75.0 の値で表示されるが、一つの家具が成傷器となる場合は、AIS の二乗値で与えられるので 0.0 ~ 25.0 となる。表示色は人体損傷程度に合わせ 6 段階に分けてあるが、一つの家具による人体損傷尺度を基本とした。すなわち、表 2 及び図 2 で与えた AIS 相当値の二乗値を、以下のように境界値と定めた。

- AIS=1.0 (軽症) のとき、ISS=1.0
- AIS=1.5 (中等傷 1 度) のとき、ISS=2.25 (2.0)
- AIS=2.0 (中等傷 2 度) のとき、ISS=4.0

AIS=3.0 (重傷1度) のとき、ISS=9.0

AIS=3.5 (重傷2度) のとき、ISS=12.25 (12.0)

AIS=4.0 (重篤) のとき、ISS=16.0

また、複数の重量家具転倒が重なった場合 (ISS 25.0) は生命の危険が著しく高まるため、さらに表示を黒で強調している。この画面上で家具の配置変更および再計算を容易に行うことができ、改善程度を確認しながら検討を行うことが可能である。

確率に代わり人体損傷程度を利用したことによって、軽傷と重傷の危険度を同時に表示することができ、より理解しやすい形となっている。

危険度を数値表現すると同時に、負傷内容および必要な医療行為も情報として提供されるのが望ましい。現在検討中の危険度表示を図7に示す。提示内容は各区画の危険度の他に

- (1)家具被害状態：家具の損傷度状態 (家具損傷度関数により与えられる)
- (2)人的被害内容：負傷系 (打撲、切創、火傷) と程度 (軽症・中等症・重症・生命脅威的重症・致命的・死亡) (1)式より与えられる
- (3)必要医療行為：医療内容 (家庭内治療・医師による簡単な手当・入院加療・生命危険) 負傷名より与えられる

室内危険度診断システム(新版)

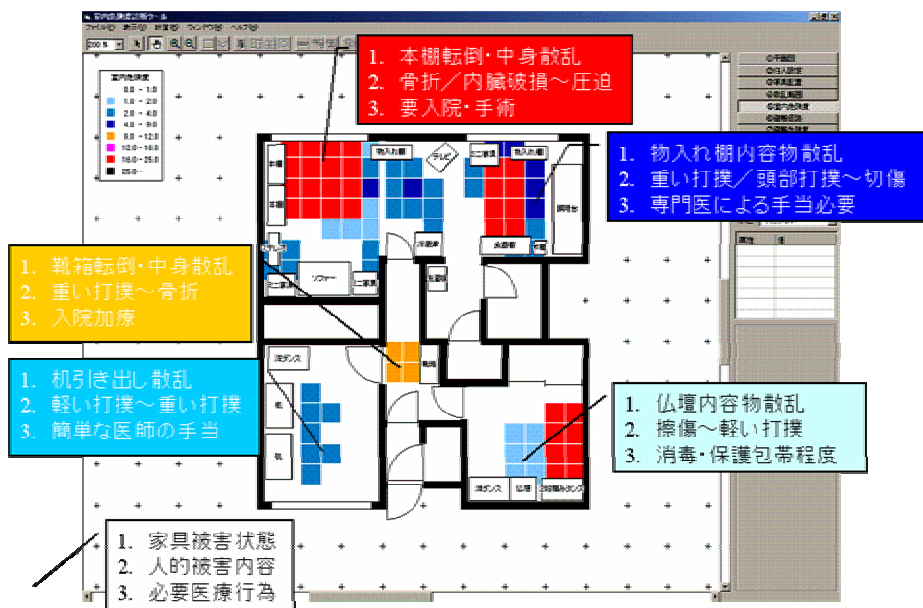


図7 家具被害状態・人的被害内容・必要医療行為を表示する室内危険度診断システム

2) 診断ソフトウェアの Web 化の検討

a) 室内危険度診断ソフトウェア (Web 版) の基本設計

室内危険度診断を、より広く普及させるためには単に Web 版を開発するだけでなく、使いやすい平易なユーザインタフェースを搭載することが必要である。そこで、ユーザインタフェースの設計にあたり、室内危険度診断を行う場合の作業の流れをモデリングした (図8)。

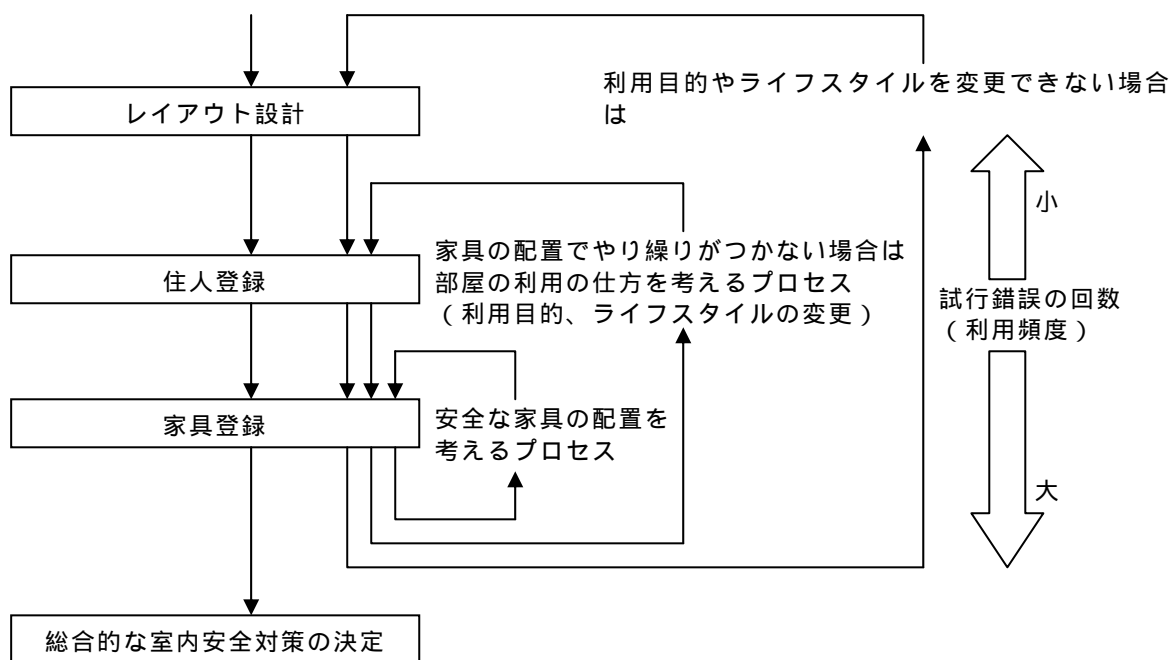


図8 室内危険度診断の作業モデル

画面の遷移は作業モデルに従い、作業の流れにあわせてボタンやメニュー項目が動的に変わるようにする。これは、不要なボタン等を表示することで操作方法に混乱を生じることがを防ぎ、操作できることを明確にするためである。

b) Web 画面構成の検討

現時点での初期画面構成例を、図9に示す。

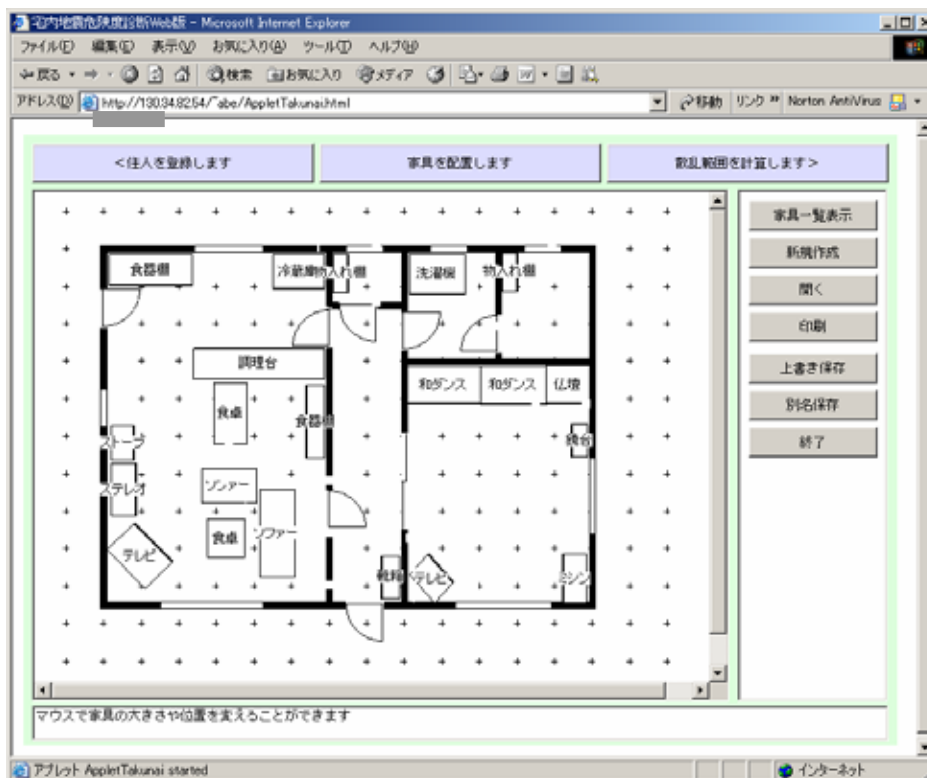


図9 室内危険度診断 Web 版の画面例

画面上部に操作の流れに従ったボタンが表示されるようになっている。右側のボタンは、現在表示中の画面で操作可能なメニュー項目のみを表示している。画面例では「家具を配置」する時に操作可能なメニュー項目のみを表示している。画面下部のテキスト領域には簡易ヘルプが表示される。現在、画面例のようなユーザインタフェースを持つ宅内危険度診断 Web 版ソフトウェアプロトタイプを Java アプレットで開発中である。データは固定で保持しており、シミュレーション機能との連動は行っていない。平成 16 年度には、提供形態 (Java アプレット / サープレット) の検討を行い、インタフェースの改良を行うと共に、シミュレーション機能との連動を実装する予定である。

c) Java アプレットとサープレットの違い

Java アプレットは、Web サーバからクライアント側の Web ブラウザに送信されるのでクライアント側で実行される Java プログラムである。高度なユーザインタフェースの開発が可能であり、ブラウザ側に Java 仮想マシンを用意すればアーキテクチャに依存せずにプログラムを実行できる特徴を持つ。また、クライアント側で実行されるために、ネットワークに接続されていない環境下でも開発・確認が行いやすい。但し、ネットワーク上で利用する場合は、プログラム等が Web サーバからのダウンロードされるため起動時間が遅くなる。

一方、Java サープレットは Web サーバ側で実行される Java プログラムであり、Web サーバプロセス内のスレッドとして実現されているために要求に対するレスポンスも早い。

現在は、開発のし易さという点から Java アプレットを用いているが、平成 16 年度にはサービス提供形態の観点から開発方針を再考する。

3) 2003 年十勝沖地震における室内被害実態調査

a) 調査の主旨

2003 年 9 月 26 日に発生した十勝沖地震は、M8.0 という地震規模にも拘わらず、建築物の倒壊は少なく、津波が原因と思われる行方不明者 2 名を除けば、死者はいない。しかし、室内散乱が主要因と思われる負傷者は、847 名に達した。本研究の主題である室内の安全性向上の実現に向け、その実態を調査しておくことは極めて重要であるとの認識より被災世帯について個別に調査することを決定した。

b) 被害概要

まず、この地震の被害概要を記す。表 4 に、北海道総務部による全道被害最終報告から人的被害と建物に関する被害を示す。重傷者は 69 名おり、東京都の被概算定式より住家被害から重傷者を推定すると、90 名となる。これより、ほぼ従来どおりの重傷者数と言える。東京都の推定式は 1978 年宮城県沖地震のデータより構築されたものであり、すなわち、20 年を経ても同程度の負傷者数を発生させているということは、負傷者への対策の遅れを如実に物語っていると言えよう。

表 4 2003 年十勝沖地震の全道主要被害（北海道総務部の最終報告による）

災害種	被害項目		件数	主な被害状況	
人的被害	行方不明		2 名	参考：死者数=0.01×全壊数 ^{1,3} =4 人	
	重傷		69 名	参考：東京都算定式 = 90 人	
	軽傷		778 名		
住家被害	一般住家	全壊	104 棟 121 世帯	損傷度は Damage Grade D4 以下	
		半壊	345 棟 449 世帯		
		一部破損	1,560 棟 1,987 世帯		
		床下浸水	1 棟 1 世帯		
	公宅・独身寮		55 棟		
非住家被害	庁舎		16 施設	外壁亀裂、ボイラー水漏れ	
	福祉医療	福祉施設	19 市町村 53 施設	浄化槽被害、外壁亀裂	
		医療施設	14 市町村 20 施設	内外壁亀裂、ガラス破損	
	教育施設	公立学校	43 市町村 274 校	25 施設	床傾斜、天井材落下、外壁亀裂
		私学			
		学校給食施設	7 市町村 7 施設	ボイラー故障	
		社会教育施設	22 市町村 58 施設	地盤沈下、蛍光灯落下、ガラス破損	
		文化施設	19 市町村 24 施設	内外壁亀裂	
	スポーツ施設	29 市町村 62 施設	天井パネル落下、照明器具破損		

図 10 は、浦河町における建物被害と人的被害の発生分布をプロットしたものである。集落は大きく 3 つに分かれているが、それぞれの集落において建物被害と人的被害の両者の分布は異なっており、建物被害に伴って負傷者が発生したのではなく、室内被害によるものであることが推察される。

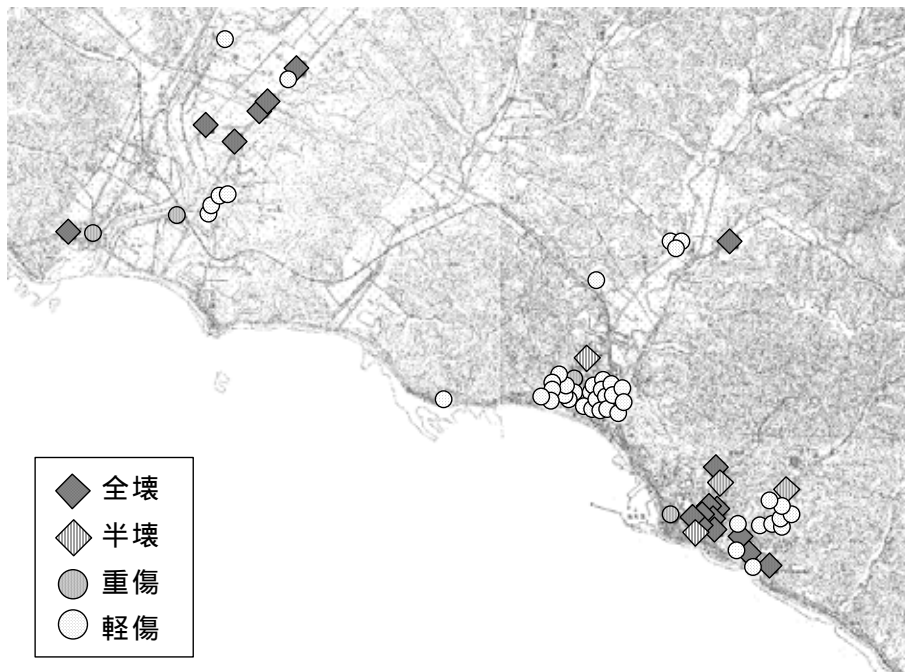


図 10 浦河町における建物被害と人的被害の発生分布

図 11 は同じく浦河町における、年齢 - 性別の負傷率を見たものである。高年齢者程、また女性の方が負傷率が高く、従来の地震と同様の傾向を示している¹⁾。

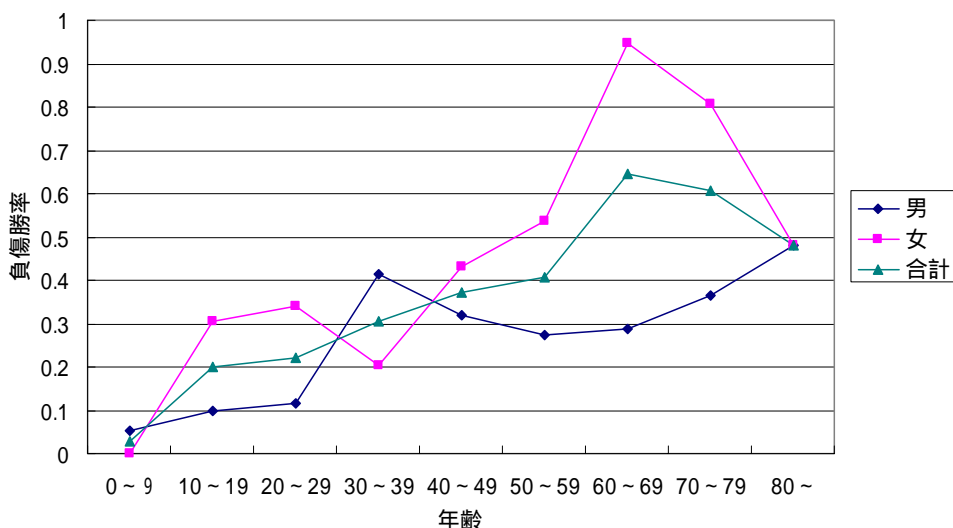


図 11 年齢 - 性別の負傷率 (浦河町)

図 12 は全道の負傷者についての原因別の整理である。打撲が 55% と多いが、骨折も 20% と多く、症状的に決して小さなけがではなかったことが分かる。

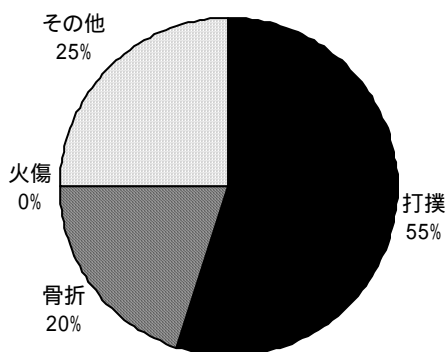


図 12 負傷程度 (全道集計)

c) 調査

以上の実態を踏まえ、当地震において震度 5 以上でかつ被害の大きかった北海道浦河町・釧路市・静内町を調査対象地域として、被災世帯の個別リアリングを行った。調査に協力頂いた世帯は各市町の総務課からの紹介による。第 1 回目の調査は地震発生約 1 ヶ月後の 10 月 23 日～24 日に浦河町を、第 2 回目の調査は 10 月 27 日～31 日に釧路市を、第 3 回目の調査は 11 月 4 日～7 日に静内町にて実施した。調査員 6 名が 2 チームに分かれ、浦河町が 29 世帯、釧路市が 31 世帯、静内町が 9 世帯の計 69 世帯 184 名について聞き取ることができた。

調査の主要項目は以下のとおりであるが、調査の効率化及び書き取りの正確さ上げるため、従来より当研究室において使用している聞き取りカルテを用いたが、今回の地震の特徴（本震発生後、約 1 時間後に余震が発生したため、両者を混同しないための聞き取りの工夫）に合うように修正を加えた。

建物の被害状況

負傷の有無とその発生場所・原因・時期

地震前の家具の配置状況

地震時の家具の転倒・移動・散乱状況

地震時の家族の行動軌跡

今までの被災経験・防災対策状況

揺れの強さを計量するために、アンケートによる震度調査も併せて行った。

調査員は以下のとおりに役割を分担することで、1世帯あたり1～1.5時間の調査時間で、終了することができた。

室内計測し平面図及び家具配置を書き取る者

住人に主として質問する者

住人の話を時間経過・行動表（住人カルテ）に書き取る者

d) 調査集計

調査した184名についての年齢・性別、及び住家被害程度を図13～15に示す。建物被害は比較的軽微である。

調査データは、住人別に建物情報・人的情報・負傷状態・室内情報・被災時行動・防災状況に分類し表5～9に整理された。表中の通し番号が、各住人の識別コードである。

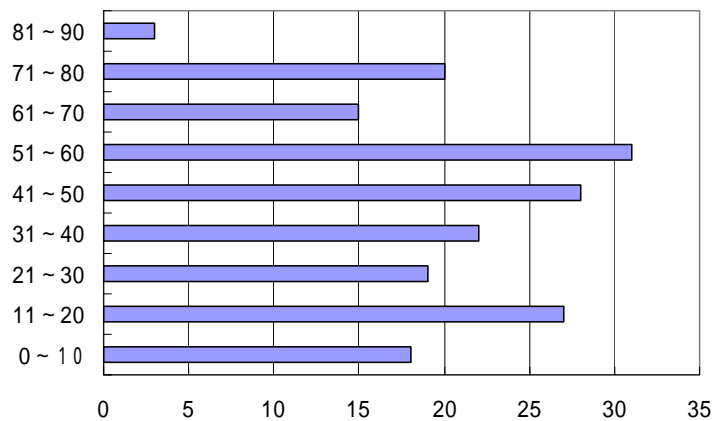


図13 年齢別調査人数

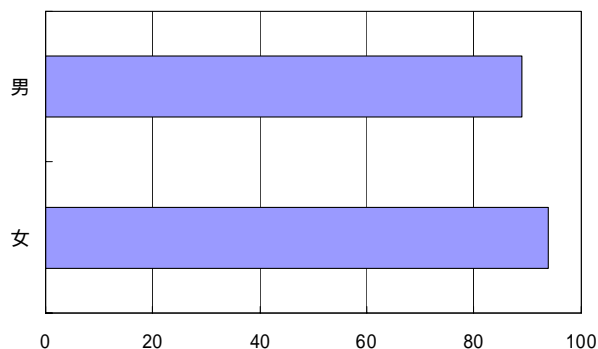


図14 性別調査人数

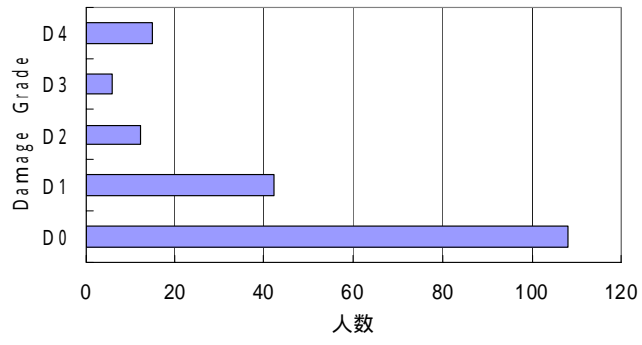


图 15 建物損傷度別調査人数

表 7(1) 住人別の整理

通し番号	細家具数	大型家具数	軽家具数	安定家具数	100㎡のり家具数	地震発生時何をしていたか	ケガをしたか	いつケガをしたか	ケガの場所	ケガの原因	ケガの程度	医師の治療の有無	治療内容	治療の長さ
1	0	2	6	1	0.654	寝ていた	した	揺れの最中	顔面	家具等の落下	切り傷	あり	傷口7針縫う	通院15日間
2	0	0	0	0	0.000	目は覚めていた	しない							
3	0	0	0	0	0.000	寝ていた	しない							
4	1	2	2	0	0.397	寝ていた	した	揺れの最中	腕	柱にぶつけて	打撲	なし		
5	1	2	2	0	0.397	寝ていた	しない							
6	1	1	1	0	0.313	寝ていた	しない							
7	1	2	1	0	0.496	寝ていた	した	後片付けの最中	指	ガラスにあたって	切り傷		消毒のみ	
8	0	2	3	0	0.397	寝ていた	した	後片付けの最中	指	ガラスにあたって	切り傷		消毒のみ	
9	0	0	0	0	0.000	寝ていた	しない							
10	0	0	0	0	0.000	目は覚めていた	しない							
11	1	5	1	0	0.556	目は覚めていた	しない							
12	2	0	1	0	0.526	寝ていた	しない							
13	2	0	1	0	0.526	寝ていた	しない							
14	2	0	1	0	0.526	寝ていた	しない							
15	0	6	0	3	0.611	寝ていた	しない							
16	1	2	0	0	0.317	寝ていた	しない							
17	1	2	0	0	0.317	寝ていた	しない							
18	0	0	2	0	0.287	寝ていた	しない							
19	0	0	2	0	0.287	寝ていた	しない							
20	3	4	2	2	0.667	寝ていた	した	避難の途中	腕	柱にぶつけて	打撲	なし		
21	3	4	2	2	0.667	寝ていた	しない							
22	1	3	3	1	0.556	寝ていた	しない							
23	1	3	3	1	0.556	寝ていた	しない							
24	1	0	0	6	0.635	寝ていた	しない							
25	0	3	2	0	0.417	寝ていた	しない							
26	0	3	2	0	0.417	寝ていた	しない							
28	0	2	1	1	0.370	寝ていた	しない							
29	0	0	3	2	0.494	寝ていた	しない							
30	0	0	0	1	0.208	寝ていた	しない							
31	0	3	2	0	0.347	寝ていた	しない							
32	0	0	2	0	0.278	寝ていた	しない							
33	0	3	2	0	0.463	寝ていた	しない							
34	0	3	2	0	0.463	寝ていた	しない							
35	0	0	4	0	0.397	寝ていた	した	揺れの最中	膝	ガラスにあたって	切り傷	なし	消毒のみ	
36	0	3	1	0	0.431	寝ていた	しない							
37	0	2	0	1	0.523	起きていた	しない							
38	2	1	1	0	0.397	寝ていた	しない							
39	0	2	0	0	0.159	寝ていた	した	揺れの最中	腕	柱にぶつけて	打撲	なし	しない	
40	0	2	0	0	0.159	寝ていた	しない							
41	0	2	0	0	0.159	寝ていた	しない							
42	0	2	0	0	0.159	寝ていた	しない							
43	0	2	1	1	0.317	寝ていた	しない							
44	0	2	1	1	0.317	寝ていた	しない							
45	0	3	2	1	0.486	寝ていた	しない							
46	0	2	1	0	0.370	寝ていた	した	避難の途中	足	不明	打撲	なし	シップ	
47	0	2	1	0	0.370	寝ていた	した	避難の途中	膝	家具の落下で	打撲	なし	シップ	
48	0	2	1	0	0.342	寝ていた	した	揺れの直後	足の裏	ガラスをふんで	切り傷	なし	創傷をばった	
49	0	2	1	0	0.342	寝ていた	しない							
50	0	5	0	0	0.397	寝ていた	しない							
51	2	4	2	0	0.556	起きていた	しない							
52	1	3	0	0	0.556	寝ていた	しない							
53	0	3	1	0	0.370	寝ていた	しない							
54	0	3	1	1	0.476	寝ていた	しない							
55	0	0	0	0	0.159	寝ていた	しない							
56	0	0	0	0	0.159	寝ていた	しない							
57	0	0	0	0	0.159	寝ていた	しない							
58	0	3	1	0	0.417	寝ていた	しない							
59	0	3	1	0	0.417	寝ていた	しない							
60	0	3	1	0	0.417	寝ていた	しない							
61	0	3	1	0	0.417	寝ていた	しない							
62	0	2	3	0	0.370	寝ていた	しない							
63	0	2	3	0	0.641	寝ていた	した	後片付けの最中	指	ガラスにあたって	切り傷	なし	消毒のみ	
64	1	0	4	0	0.476	寝ていた	した	後片付けの最中	足の裏	ガラスをふんで	切り傷	なし	消毒のみ	
65	0	2	3	0	0.370	寝ていた	しない							
66	0	1	1	0	0.159	寝ていた	しない							
67	0	1	0	0	0.058	寝ていた	した	揺れの最中	かつら	足を開けようとして	骨折	あり	骨折の治療	まだ通院中
68	0	3	1	0	0.222	寝ていた	しない							
69	0	2	1	0	0.347	寝ていた	しない							
70	0	2	1	0	0.347	寝ていた	しない							
71	0	1	2	1	0.392	寝ていた	しない							
72	0	1	2	1	0.392	寝ていた	しない							
73	0	1	0	1	0.347	寝ていた	しない							
74	2	1	4	2	0.596	寝ていた	しない							
75	0	6	3	0	0.625	寝ていた	しない							
76	2	2	5	1	0.903	寝ていた	しない							
77	1	5	3	1	0.833	寝ていた	しない							
78	0	3	3	0	0.417	寝ていた	しない							
79	1	1	0	0	0.255	寝ていた	しない							
80	0	2	0	0	0.207	寝ていた	しない							
81	0	2	0	0	0.207	寝ていた	しない							
82	2	1	1	1	0.390	寝ていた	しない							
83	1	2	0	0	0.208	寝ていた	しない							
84	1	2	0	0	0.208	寝ていた	しない							
85	0	3	1	0	0.347	寝ていた	しない							
86	0	3	1	0	0.347	寝ていた	しない							
87	0	4	0	0	0.299	寝ていた	しない							
88	0	1	0	0	0.133	寝ていた	しない							
89	0	1	1	1	0.375	起きていた	しない							
90	1	1	0	1	0.278	寝ていた	しない							
91	1	2	0	2	0.476	寝ていた	しない							
92	1	2	0	2	0.476	寝ていた	しない							

表 8(1) 住人別の整理

通し 番号	初期微動 時	本震初期微動示時の詳 細行動	本震主要動 時	本震直後	本震直後の詳細行 動	余震初期微 動時	余震主要 動時	余震直後	余震直 後の詳 細行動
1	状態維持	起き上がる	状態維持	避難移動					
2	状態維持	起き上がる	状態維持	目的移動	室内点検				
3	状態維持	起き上がる	状態維持	目的移動	室内点検	状態維持	状態維持	目的移動	
4	状態維持	起き上がる	弱者介護	目的移動	職場へ				
5	状態維持	起き上がる	弱者介護	目的移動	靴を取りに行く	弱者介護	状態維持	状態維持	
6	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	居間へ移動	状態維持	状態維持		
7	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	居間へ移動	非難行動	状態維持	状態維持	
8	状態維持		状態維持	状態維持		状態維持	状態維持		
9	目的移動		状態維持	避難移動					
10	状態維持	布団をかぶる	状態維持	目的移動	室内点検	非難行動	状態維持		
11	状態維持	起き上がる	避難移動	状態維持					
12	状態維持	起き上がる	弱者介護	目的移動	テレビをつける	弱者介護	状態維持	目的移動	片付け
13	状態維持		状態維持	状態維持				目的移動	室内点検
14	状態維持		状態維持	状態維持		状態維持	状態維持	状態維持	
15	その他行動		状態維持	目的移動	転倒家具を直す				
16	家具保持		状態維持	その他行動	1階へ下りる	家具保持	状態維持		
17	状態維持		状態維持	その他行動	1階へ下りる				
18	状態維持		状態維持	状態維持		状態維持	状態維持	状態維持	
19	状態維持	起き上がる	状態維持	火気始末		非難行動	状態維持	目的移動	片付け
20	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	1階へ下りる	非難行動	状態維持	目的移動	片付け
21	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	1階へ下りる	非難行動	状態維持	目的移動	片付け
22	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	室内点検	状態維持	状態維持		
23	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	室内点検	状態維持	状態維持		
24	避難移動	外に出ようとする	状態維持	避難移動					
25	避難移動	居間へ移動	状態維持	その他行動	着替える				
26	避難移動	居間へ移動	状態維持	その他行動	着替える				
28	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	1階へ下りる	家具保持	状態維持		
29	家具保持		状態維持	目的移動	室内点検	状態維持	状態維持		
30	状態維持		状態維持	その他行動	居間へ移動				
31	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	室内点検	状態維持	状態維持		
32	家具保持		状態維持	目的移動	家具を安全な配置に	家具保持	状態維持		
33	家具保持		状態維持	その他行動	着替える				
34	避難移動		状態維持	その他行動	着替える				
35	状態維持		家具保持	状態維持		家具保持	状態維持		
36	状態維持		状態維持	状態維持		状態維持	状態維持		
37	状態維持		状態維持	目的移動	靴を取りに行く	状態維持	状態維持		
38	状態維持	布団をかぶる	状態維持	目的移動	ランソをつける				
39	状態維持	起き上がる	弱者介護	目的移動	懐中電灯を取りに行く	避難行動	状態維持		
40	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	ランソをつける	非難行動	状態維持		
41	避難移動	居間へ移動	状態維持	状態維持		非難行動	状態維持		
42	状態維持		状態維持	状態維持		非難行動	状態維持		
43	状態維持		状態維持	状態維持		状態維持	状態維持	目的移動	片付け
44	逃道確保	戸を開ける	目的移動	その他行動	着替える	家具保持	状態維持	目的移動	片付け
45	逃道確保	窓を開ける	家具保持	その他行動	着替える	家具保持	状態維持	目的移動	室内点検
46	避難移動	玄関ホールへ移動	状態維持	目的移動	懐中電灯を取りに行く	非難行動	状態維持	目的移動	片付け
47	避難移動	玄関ホールへ移動	目的移動	避難移動		非難行動	状態維持	目的移動	片付け
48	目的移動	家具を押しよせようとする	状態維持	目的移動	携帯電話を取りに行く	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
49	逃道確保		状態維持	目的移動	転倒家具を直す	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
50	家具保持		状態維持	目的移動	室内点検	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
51	家具保持		状態維持	目的移動	片付け	家具保持	状態維持	その他行動	片付け
52	家具保持		状態維持	目的移動	室内点検	家具保持	状態維持	その他行動	片付け
53	避難移動	母の寝室へ移動	状態維持	目的移動	家族の安否を確認	家具保持	状態維持	その他行動	片付け
54	状態維持	布団をかぶる	状態維持	その他行動	室内点検	家具保持	状態維持	その他行動	片付け
55	弱者介護		状態維持	その他行動	着替える	その他行動	状態維持	その他行動	片付け
56	弱者介護		状態維持	その他行動	1階へ下りる	弱者介護	状態維持		
57	状態維持		状態維持	状態維持		状態維持	状態維持	状態維持	
58	状態維持	起き上がる	状態維持	目的移動	懐中電灯を取りに行く	家具保持	状態維持	その他行動	仕事再開
59	状態維持	起き上がる	弱者介護	目的移動	戸や窓を開ける	家具保持	状態維持	目的移動	片付け
60	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	居間へ移動	非難行動	状態維持	その他行動	
61	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	居間へ移動	状態維持	状態維持	状態維持	
62	逃道確保	窓を開ける	状態維持	その他行動	着替える	状態維持	状態維持	目的移動	片付け
63	弱者介護		弱者介護	目的移動	弱者の安否確認				
64	避難移動	母の寝室へ移動	状態維持	目的移動	窓から外の様子を見る	非難行動	状態維持	その他行動	休む
65	状態維持		状態維持	目的移動	窓から外の様子を見る	非難行動	状態維持	その他行動	休む
66	避難移動		状態維持	目的移動					
67	避難移動		状態維持	その他行動	電話をかける	目的移動	その他の行	目的移動	片付け
68	避難移動	廊下へ出る	状態維持	その他行動	電話をかける	目的移動	その他の行	目的移動	片付け
69	状態維持		状態維持	その他行動	着替える	状態維持	状態維持	状態維持	
70	避難移動	廊下へ出る	状態維持	その他行動	着替える	状態維持	状態維持	状態維持	
71	弱者介護		状態維持	その他行動	家族の安否を確認				
72	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	家族の安否を確認				
73	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	1階へ下りる				
74	家具保持		状態維持	弱者介護		状態維持	状態維持	その他行動	片付け
75	家具保持		状態維持	その他行動	居間へ移動	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
76	状態維持		状態維持	その他行動	居間へ移動	状態維持	状態維持	その他行動	
77	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	居間へ移動	状態維持	状態維持	状態維持	
78	避難移動		避難移動	避難移動		非難行動	状態維持	その他行動	
79	家具保持		状態維持	目的移動	家族の安否を確認				
80	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	テレビをつける				
81	避難移動	居間へ移動	状態維持	その他行動					
82	状態維持		状態維持	目的移動	室内点検				
83	避難移動	外に出る	避難移動	その他行動	着替える				
84	避難移動	外に出る	避難移動	その他行動	着替える				
85	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	室内点検				
86	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	室内点検				
87	避難移動	居間へ移動	避難移動	目的移動	室内点検				
88	目的移動	テレビをつける	状態維持	目的移動	室内点検				
89	避難移動	居間へ移動	状態維持	目的移動	室内点検				
90	状態維持		状態維持	状態維持					
91	避難移動	れそうな家具から遠ざか	状態維持	目的移動	電気とテレビをつける				
92	避難移動	れそうな家具から遠ざか	状態維持	目的移動	室内点検				

表 8(2) 住人別の整理

通し番号	初期微動時	本震初期微動示時の詳細行動	本震主要動時	本震直後	本震直後の詳細行動	余震初期微動時	余震主要動時	余震直後	余震直後の詳細行動
93	状態維持		状態維持	状態維持					
94	家具保持		状態維持	目的移動	電気とテレビをつける				
95	家具保持		状態維持	目的移動	片付け				
96	状態維持		状態維持	目的移動	電気をつける				
97	状態維持		状態維持	目的移動	電気をつける				
98	状態維持		状態維持	目的移動	電気をつける				
99	状態維持		状態維持	目的移動	着替える				
100	状態維持		状態維持	目的移動	テレビをつける				
101	弱者介護		状態維持	目的移動	家族の安否を確認				
102	避難移動	両親の寝室へ移動	状態維持	その他行動	1階へ下りる				
103	状態維持		状態維持	その他行動	1階へ下りる				
104	状態維持		状態維持	その他行動	1階へ下りる				
105	状態維持	起き上がる	状態維持	状態維持					
106	状態維持	起き上がる	状態維持	目的移動	家族の安否を確認				
107	状態維持		状態維持	目的移動	家族の安否を確認				
108	避難移動	そんな家具から遠ざかる	状態維持	目的移動	靴を取りに行く				
109	避難移動	そんな家具から遠ざかる	状態維持	その他行動	居間へ移動				
110	状態維持		状態維持	状態維持					
111	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動					
112	避難移動	廊下へ出る	家具保持	目的移動					
113	状態維持		状態維持	その他行動	1階へ下りる				
114	避難移動	居間へ移動	状態維持	火気始末					
115	逃道確保	戸を開ける	状態維持	その他行動					
116	状態維持		状態維持	その他行動					
117	状態維持		状態維持	その他行動	1階へ下りる				
118	状態維持		状態維持	その他行動	1階へ下りる				
119	弱者介護		弱者介護	目的移動	テレビをつける				
120	避難移動	トイレへ移動しようとする	状態維持	目的移動	室内点検				
121	避難移動	机の下にもぐる	状態維持	その他行動	居間へ移動				
122	避難移動	トイレへ移動しようとする	状態維持	その他行動	居間へ移動				
123	避難移動	トイレへ移動しようとする	状態維持	その他行動	居間へ移動				
124	状態維持		状態維持	目的移動	ラジオをつける				
125	状態維持		状態維持	目的移動	電気をつける				
126	避難移動	1階に下りようとする	状態維持	状態維持					
127	弱者介護		状態維持	目的移動					
128	状態維持		状態維持	その他行動	居間へ移動				
129	避難移動	1階に下りる	状態維持	目的移動	家族の安否を確認				
130	避難移動	1階に下りる	状態維持	その他行動	居間へ移動				
131	状態維持		状態維持	その他行動	着替える				
132	状態維持	起き上がる	状態維持	その他行動	着替える				
133	状態維持		状態維持	その他行動	着替える				
134	状態維持		状態維持	目的移動	テレビをつける				
135	避難移動	居間へ移動	家具保持	目的移動	電気をつける				
136	避難移動	廊下へ出る	状態維持	火気始末					
137	避難移動		状態維持	目的移動	家具転倒を直す				
138	火気始末・逃道確保		状態維持	その他行動	着替える				
139	目的移動・弱者介護	そんな家具を下さる	弱者介護	目的移動	電気をつける				
140	状態維持		状態維持	その他行動	着替える				
141	逃道確保		状態維持	逃道確保					
142	逃道確保		状態維持	逃道確保					
143	逃道確保		目的移動	目的移動	片付け				
144	家具保持		状態維持	目的移動					
145	家具保持		状態維持	目的移動	テレビをつける				
146	避難移動	両親の寝室へ移動	家具保持	目的移動	片付け				
147	状態維持		状態維持	目的移動					
148	状態維持		状態維持	目的移動	片付け				
149	状態維持		状態維持	目的移動	片付け				
150	状態維持		状態維持	目的移動	片付け				
151	状態維持		状態維持	状態維持					
152	状態維持		状態維持	目的移動	片付け				
153	家具保持		状態維持	目的移動	テレビをつける				
154	状態維持		状態維持	目的移動	家族の安否を確認				
155	避難移動	机の下にもぐる	状態維持	その他行動	1階へ下りる				
156	家具保持		状態維持	目的移動	テレビをつける				
157	状態維持		状態維持	その他行動	着替える				
158	避難移動	廊下へ出る	状態維持	目的移動	電話をかける				
159	状態維持		状態維持	目的移動	片付け				
160	状態維持	布団をかぶる	状態維持	その他行動	1階へ下りる				
161	状態維持	布団をかぶる	状態維持	その他行動	1階へ下りる				
162	状態維持		避難移動	その他行動	避難の準備	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
163	状態維持		避難移動	その他行動	避難の準備	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
164	状態維持	外へ飛び出す	避難移動	目的移動	部屋へ戻る	避難移動	状態維持	その他行動	片付け
165	火気始末・避難移動	トイレへ移動	状態維持	目的移動	居間へ移動	避難移動	状態維持	その他行動	出勤
166	避難移動		状態維持	目的移動	居間へ移動	避難移動	状態維持	その他行動	片付け
167	状態維持		弱者介護	その他行動	情報収集				
168	目的移動・家具保持		家具保持	その他行動	片付け	家具保持	家具保持	その他行動	片付け
169	状態維持	寝てる	状態維持	状態維持	寝てる	状態維持	状態維持	状態維持	寝てる
170	家具保持	タンスによりかかる	状態維持	その他行動	情報収集	状態維持	状態維持	その他行動	普段通り
171	状態維持		避難移動	その他行動	出勤準備	状態維持	状態維持	その他行動	普段通り
172	状態維持	転がっていた	状態維持			状態維持	状態維持	その他行動	普段通り
173	家具保持・弱者介護		状態維持	目的移動	居間へ移動・被害確認				
174	弱者介護		状態維持	目的移動	居間へ移動・被害確認	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
175	状態維持	寝てる	状態維持	状態維持		状態維持	状態維持	避難移動	祖母の家へ
176	状態維持	寝てる	状態維持	状態維持		状態維持	状態維持	避難移動	祖母の家へ
177	状態維持	寝てる	状態維持	状態維持		状態維持	状態維持	避難移動	祖母の家へ
178	状態維持		避難移動	その他行動	息子に声をかける				
179	状態維持		避難移動	その他行動		状態維持	状態維持	その他行動	外へ出る
180	状態維持		状態維持	その他行動	情報収集ラジオ	避難移動	状態維持	その他行動	
181	状態維持		状態維持	その他行動	居間へ移動	家具保持	状態維持	その他行動	片付け
182	避難移動	廊下へ出る	状態維持	その他行動	電話にでる	状態維持	状態維持	その他行動	片付け
183	家具保持	PC押える	状態維持	その他行動	出勤準備				
184	状態維持		状態維持	その他行動	出勤準備				

表 9(1) 住人別の整理

住宅 NO.	家具の固 定	非常 食・水 の備え	消火器の場 所・使用方 法の再確認	家具の配置	今回の地震を経験して
1	なし	なし	なし	なし	なし
2	なし	なし	なし	安全な配置に(寝室)、高いところにもものは置かない	家具の固定
2					
3	なし	なし	なし	なし	家具の配置変え
3					
3					
3					
4	なし	なし	なし	できるだけ家具は少なくする	なし
5	なし	なし	なし	なし	なし
6	なし	なし	なし	なし	なし
6					
6					
7	なし	なし	なし	なし	水の備え
7					
8	一部	なし	あり	背の高い家具は避ける	家具の固定
8					
9	なし	なし	あり	なし	家具の固定、貴重品の用意
9					
10	一部	あり	あり	安全な配置に(寝室)	家具の固定
10					
11	ほとんど	なし	あり	なし	なし
12	なし	なし	なし	なし	家具の固定
12					
14	一部	なし	なし	なし	なし
14					
15	一部	あり	なし	なし	お風呂の水は捨てない
15					
15					
16	なし	なし	なし	なし	なし
16					
17	なし	あり	なし	なし	なし
17					
17					
18	ほとんど	あり	あり	安全な配置に	ラジオ・懐中電灯の用意、家具の固定、貴重品の用意
18					
18					
18					
19	なし	なし	なし	安全な配置に(寝室)	なし
19					
19					
20	全て	あり	あり	なし	なし
20					
21	なし	なし	あり	なし	家具固定、懐中電灯・ラジオ・靴の備え
21					
21					
21					
21					
22	なし	なし	なし	なし	なし
22					
22					
23	なし	なし	なし	なし	家具の配置換え
23					
23					
24	なし	なし	なし	なし	非常食・水の備え
24					
24					
25	なし	なし	なし	なし	なし
25					
26	なし	あり	あり	なし	お風呂の水は捨てない
27	なし	なし	なし	安全な配置に(寝室)	なし
27					
27					
27					
28	なし	なし	あり	安全な配置に	家具の配置換え
28					
28					
28					
29	一部	あり	なし	なし	なし
30	なし	あり	あり	なし	なし
30					
30					
31	なし	あり	なし	なし	なし
31					
31					
32	一部	あり	なし	安全な配置に	なし
32					
32					
33	一部	あり	なし	なし	なし
33					
33					
34	一部	なし	なし	なし	家具の固定
34					

表 9(2) 住人別の整理

住宅 NO.	家具の固定	非常食・ 水の備 え	消火器の場 所・使用方 法の再確認	家具の配置	今回の地震を経験して
34					
35	なし	あり	あり	なし	なし
36	なし	あり	あり	なし	なし
37	なし	あり	あり	なし	なし
38	なし	あり	なし	なし	家具の固定
39	一部	なし	あり	安全な配置に	なし
39					
39					
40	一部	なし	なし	なし	なし
40					
41	なし	なし	あり	なし	家具の固定、家具の配置換え
41					
42	なし	なし	なし	なし	なし
42					
43	なし	なし	あり	なし	なし
43					
43					
44	一部	あり	なし	なし	なし
44					
44					
44					
あ	なし	あり	あり	なし	なし
46	なし	なし	なし	なし	なし
47	ほとんど	なし	なし	なし	なし
47					
47					
47					
48	一部	あり	あり	高いところに物を置かない	家具の配置換え
48					
48					
49	なし	あり	なし	なし	水を備える
49					
50	なし	あり	あり	なし	なし
50					
51	一部	あり	なし	なし	家具の固定
51					
51					
52	なし	なし	なし	なし	なし
52					
53	なし	なし	なし	なし	家具の配置換え
54	なし	あり	なし	なし	なし
54					
54					
55	なし	なし	なし	なし	なし
55					
55					
56	なし	あり	なし	背の高い家具は避ける	家具の配置換え
56					
57	なし	なし	なし	なし	家具の固定
57					
58	一部	なし	あり	安全な配置に(寝室)、高いところに物を置かない	寝室の移動
58					
59	ほとんど	なし	あり	なし	なし
59					
60	ほとんど	あり	あり	なし	なし
60					
61	ほとんど	なし	なし	なし	なし
61					
62	一部	なし	なし	なし	生活する場の移動
63	なし	なし	あり	なし	家具の固定
63					
64	なし	なし	あり	なし	なし
64					
64					
65	なし	あり	あり	なし	家具の固定
65					
66	一部	なし	なし	なし	家具の固定
66					
66					
66					
67	一部	なし	あり	なし	家具の配置換え
67					
67					
68	なし	なし	なし	なし	家具の固定
68					
68					
69	なし	なし	あり	なし	なし

e) 解析

イ) 室内危険領域

先の被害概要解析より、負傷の主原因は室内散乱によることが分かった。室内散乱状況は、揺れの大きさ(震度)の他に、世帯の保有家具数にも影響される。岡田²⁾は1㎡あたりの家具数が0.3個を越えると危険度が高くなること、また、平面形状から家具が重なり合って転倒する可能性の有無を判断し、危険な部屋と安全な部屋の分類を行い、壁1mあたりの家具数が0.5個及び床1平米あたりの家具数が0.3個を危険と安全の閾値に設定している。そこで調査世帯について危険な部屋と安全な部屋の分類をした上で、両閾値を危険ラインとし、本調査の負傷の有無をプロットしたのが図16である。0.3個以上に負傷の発生が見られ、家の広さに対する適正な家具数があることが強く示唆されている。また、地震時にいた部屋の単位壁長あたりの家具数が0.5個を越えた配置は負傷の割合が高くなっていることも確認された。危険のポテンシャルは以上で説明されるが、そこに人間行動というもう一つの要因が作用している。

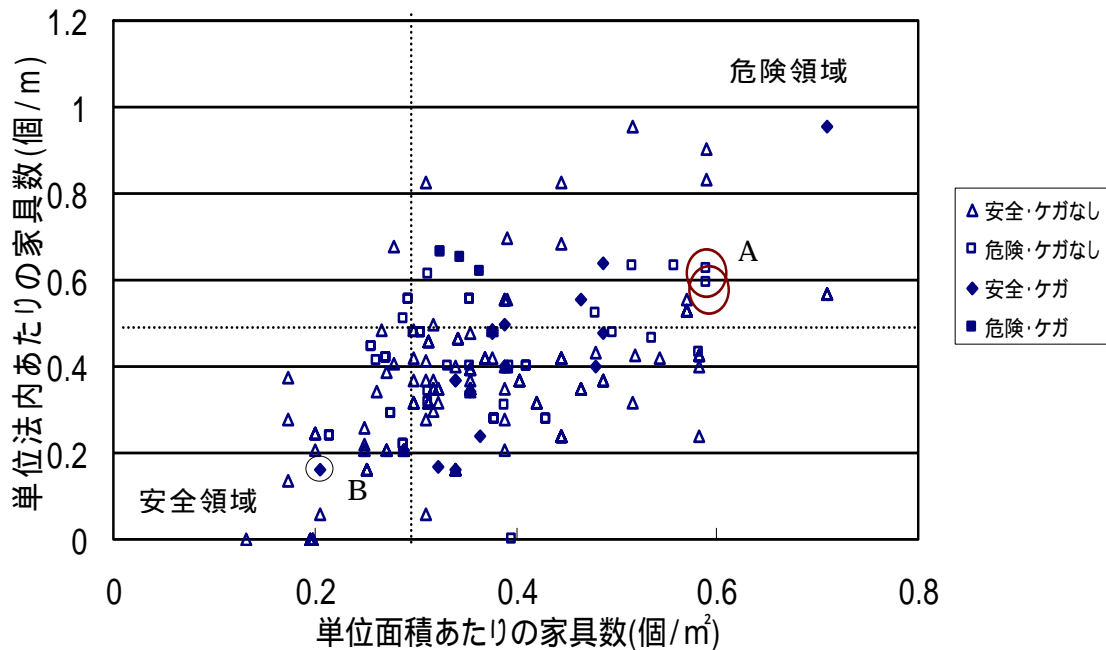


図16 家具数・部屋形状と危険領域

ロ) 人間行動

地震時の時間経過を初期微動時、主要動時、揺れ直後に3分類し、その時間帯域ごとに調査した184人の行動種別の頻度分布を図17に示す。ここで状態維持とはそれ以前にっていた状態を保持することであり、本地震は早朝に発生しほとんどの人が寝ていたため、状態維持が多く複数行動を取った人はほとんどいない。行動の中で目立つのは、揺れが大きくなるまでに約30秒の時間があったため、その間に避難や移動などの行動をとった場合である。避難移動では戸外へ脱出した人はほとんどなく、居間や廊下への移動が多い。主要動時は揺れの激しさのため、ほとんどの人が動けず状態維持となっている。地震直後の目的移動では、テレビやラジオをつけ情報収集を行った人や、室内の被害を見回った人が多い。さらに過去の地震経験から余震を予想して部屋の片づけをすぐには行わなかった人

が多く、それによって余震による二次被害を回避している例も多く見られた。性別による差は揺れ最中に見られ、女性のほうがより多く行動している。特に避難移動をした女性は男性の2倍おり、女性は避難の途中の負傷率が高いことが説明できる。

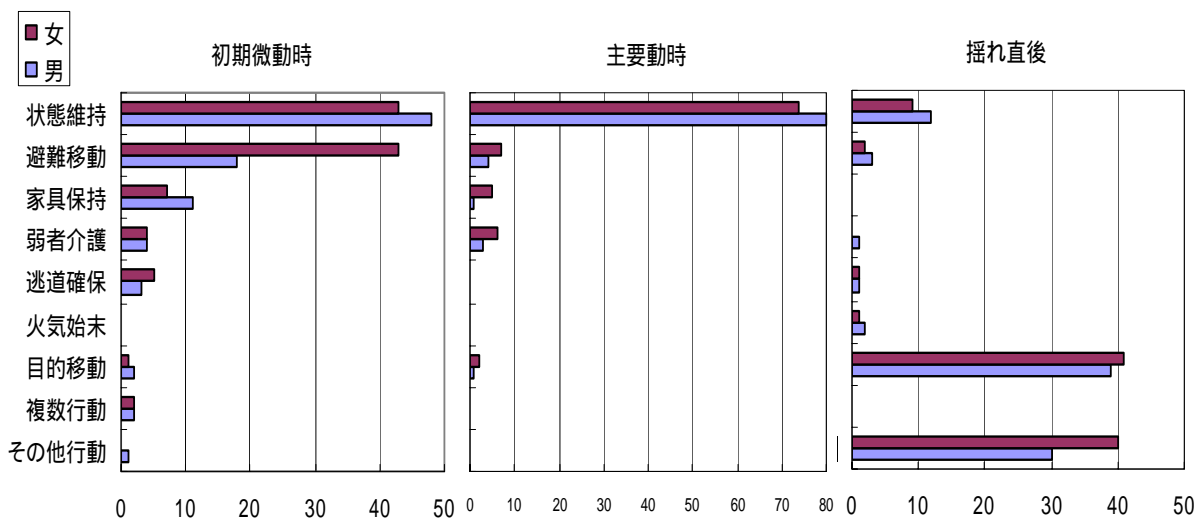


図 17 地震時の行動種別頻度分布

八) 個別解析

家具の危険領域と行動から負傷要因をマクロ的に眺めてきた。次に、事例を個別に吟味し、負傷要因の深部を議論する。

ヒアリングした内容は、世帯別に事例カルテとして、建物・人的・行動情報に分類し、人的被害発生の有無とその要因等を詳しく記述した。また、簡易平面図を付し、地震前の家具の配置、家具の転倒散乱状況、被災者の行動軌跡を整理した。

特徴的な動きの例を図 18 に示す。この事例は図 16 のなかの A にあたり、家具数、平面形状ともに危険と判断される部屋にいたにも拘わらず、負傷の発生しなかった事例である。居住者 b は揺れに気付くと、タンスの上の落ちそうなガラスケースを押さえようと立ち上がった。その直後に後ろでタンスが布団の上に倒れ、危険を回避している。地震時の咄嗟の判断が危険を回避したとはいえ、幸運な例と言えよう。また、図 16 の B は安全と判断される部屋にいたにも拘わらず負傷した事例である。この事例の居住者は揺れで目が覚めて、外へ避難しようと扉を開けた、ちょうどその時、揺れが大きくなり外へ投げ出されて骨折した。事前に自室が安全である情報を持っていたなら、避けられた例である。

調査地域は地震頻発地であるため、全体的に地震時に冷静な判断を下している人が多い。たとえば、揺れに気付くと同時に飛び起きて窓を開けるなどの避難路を確保する事例や、住家内の安全域と危険域をあらかじめ把握しており、瞬時に安全域に避難した事例、さらに家具の固定や寝室の家具配置工夫により室内被害防止をしていた事例も多い。そのような世帯は家具数が多く図 16 で危険領域に入っているにもかかわらず負傷していない。過去の被災体験が教訓として生かされた例と言えよう。

事例 28 - 浦河町 28 危険領域内にもかかわらず負傷回避

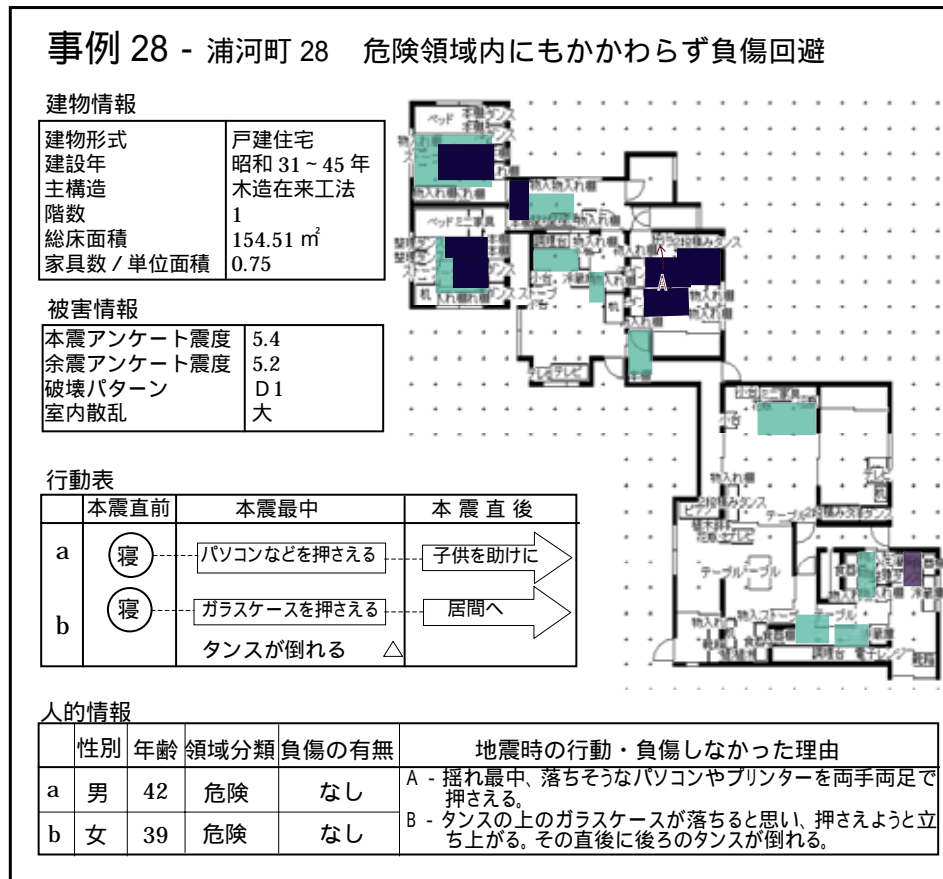


図 18 事例カルテ

(d) 結論ならびに今後の課題

今年度の本業務は文頭の業務目的で述べたとおり、3点ある。それぞれの結論を再録する。

- ・ 「住民に提供する危険情報の検討」においては、利用者へ提供する情報の分かりやすさを目的に、医学で多用されている AIS や ISS の概念を導入することにより、家具被害が人間に与える負傷の程度を尺度化することができた。それを既往の室内危険度診断ツールに組み込むために、本研究では家具の損傷度関数を作成し、被震時負傷名と対応させた。その結果、1つの損傷度関数で振動から内容物散乱、転倒に至る家具被害の様子を表現することが可能になった。今後の課題としては、これらの情報を診断システムに取り込み実現していくことである。
- ・ 「診断ソフトウェアの Web 化の検討」においては、診断システムをより広く普及させるために、使い易い平易なユーザインタフェースがキーとなる。そのための画面構成の検討を開始した。次年度において Web 化を具体的に順次進めていく。
- ・ 「2003 年十勝沖地震における室内被害実態調査」においては、ヒアリング調査による事例解析により、室内での人的被害発生の要因を把握することができ、安全な住宅の基本要因と地震時の安全な行動について具体的指針を得た。この成果をシステムに取り込むことにより、現状の室内診断のみに終わらずに、あるべき家具配置を誘導する対策システムへと進化させることが可能となろう。今後、その方向での検討を開始

する。

(e) 引用文献

住民に提供する危険情報の検討に関する引用文献

- 1) 相川直樹監修：救急データブック，中外医学社，149-155，2001.
- 2) 運輸省自動車局：自動車事故解析報告書（昭和56年度），1981.
- 3) 岡田成幸：デューデリジェンスのための建物耐震診断結果を利用した損傷度評価関数（1）木造建物とRC造建物（手法編），日本建築学会大会梗概集，B-2，25-26，2002.
- 4) 島野幸弘・浜口弘樹・椿英顕・田中利幸・北原昭男・鈴木祥之：建物内什器類の地震時挙動に関する実験的研究（その1）地震波加振に対する免震建物内什器類の挙動，日本建築学会大会梗概集，B-2，133-134，2000.
- 5) 島野幸弘・浜口弘樹・椿英顕・田中利幸・北原昭男・鈴木祥之：計測震度を用いた建物内什器類の地震時損傷レベル予測手法の提案，日本建築学会大会梗概集，B-2，53-54，2002.
- 6) 岡田成幸・鏡味洋史：震度による地震被害系統評価のためのバルナラビリティ関数群の構成，地震，44(2)，93-108，1991.
- 7) 村上ひとみ・岡田成幸：1993年釧路沖地震による住宅室内被害の評価 - アンケート資料にもとづく被害関数 - ，日本建築学会構造系論文集，512，99-104，1998.

2003年十勝沖地震における室内被害実態調査に関する引用文献

- 1) 村上ひとみ、2003年宮城県北部地震の人的被害、日本地震工学会、p137、2003.
- 2) 岡田成幸、往診型居室内地震危険度ゾーニング評価システムの開発、基礎研究B研究成果報告書、pp1-17、pp49-57、1997.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
岡田成幸・菅正史	地震時の室内家具転倒を機転とする人体損傷評価 - 家具の損傷度関数と多発外傷重症度指標の導入 -	日本建築学会大会梗概集	2003年
岡田成幸・黒田誠宏・菅正史	地震時の室内総合安全性診断ソフトウェアの開発	第2回日本地震工学研究発表討論会	2003年
岡田成幸	2003年十勝沖地震被害報告 - 空間の被害 -	震災予防	2004年
岡田成幸	2003年十勝沖地震の室内被害について	建築防災	2004年

岡田成幸	建築の被害 - 被害にみる 地域的問題と普遍的問題 -	2003年(平成15 年)十勝沖地震被害 調査報告会概要集	2003年
岡田成幸	地震による建物・土木・人的 被害の特徴	北海道大学主催 2003年十勝沖地震 研究成果報告会	2004年

2) マスコミ誌上

取材	題目	メディア	発表年月日
岡田成幸	備える大地震：家具転倒対策	毎日新聞	2003年10月 27日
岡田成幸・阿 部郁男	地震対策：家具配置危険度チ ェック 北大助教授らネッ ト公開へ	毎日新聞	2003年10月 29日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

出願中：建物の振動に関する危険対策の支援システム及び建物の振動に関する危険
対策の支援のためのコンピュータプログラム，特願 2004-021996, 2004.

(3) 平成 16 年度業務計画案

(a) 業務計画、実施計画

診断ソフトウェアの改善及び使い易いユーザインタフェースを登載した Web 化

(b) 目標とする成果

上記計画に則り、成果をソフトウェアに構築する。