

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ヵ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成16年度業務目的

(2) 平成16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) 室内危険度診断ソフトウェア（Web版）の開発
 - 2) 室内の地震危険度の決定要因の分析　－2003年十勝沖地震の被災実態ミクロ解析より－
- (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17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
名古屋工業大学大学院工学研究科	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
北海道大学大学院工学研究科	大学院生	田村 篤

(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ヵ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

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

初年度は、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：実施業務の要約

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

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。

3) 平成16年度：

診断ソフトウェアのWeb版の開発

地震時室内危険度診断について、アルゴリズムの改善を行い、家具転倒／散乱と人的被害との関係を明確にするとともに、居住者への危険度情報をより分かりやすいものにする。また、診断が広く普及するように、一般家庭でも簡単にできるインターネットWeb上での実現を目的としたソフトウェアを構築する。

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16年度業務目的

地震で揺れている最中の家具転倒・散乱が原因の負傷危険度低減を目的とし、安全な家具レイアウトをシミュレーションするソフトウェアを開発し、インターネットウェブ上で公開することにより一般家庭での防災活動・防災教育に広く供し、わが国の防災力・防災意識の底辺からのレベルアップを狙う。また、地震時の室内危険は家具転倒という物理的側面のみならず、住人の即座の行動の如何が大きな要因として働いている。昨年度実施した2003年十勝沖地震の室内行動実態調査のマイクロ解析を実施し、より安全に暮らすための対策規範を構築する。

(2) 平成16年度の成果

(a) 業務の要約

地震で揺れている最中の室内における家具転倒・散乱による負傷危険度低減を目的とし、安全な家具レイアウトをシミュレーションするソフトウェアの開発を進めている。今年度はインターネットウェブ上で公開できるよう、Web版のプログラム開発を行った。また、地震時の室内危険は家具転倒という物理的側面のみならず、住人の即座の行動の如何が大きな要因として働いている。昨年度実施した2003年十勝沖地震の室内行動実態調査の収集資料を用いてマイクロ解析を実施し、より安全に暮らすための対策規範を探り、室内の安全性向上の実現のための次なる策の検討を行った。

(b) 業務の実施方法

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。

- ・室内危険度診断ソフトウェア（Web版）の開発
阿部郁男（（株）日立東日本ソリューションズ）
- ・室内の地震危険度の決定要因の分析 – 2003年十勝沖地震の被災実態マイクロ解析より –
岡田成幸（名古屋工業大学大学院工学研究科）
田村 篤（北海道大学大学院工学研究科）

(c) 業務の成果

1) 室内危険度診断ソフトウェア（Web版）の開発

a) 開発の経緯

本研究グループは、地震で負傷しないためには、普段の生活において安全な住空間を広く確保し、かつ安全な場所と危険な場所を峻別し、地震時には危険な空間を避けるような行動を取ることが肝要であるとの観点より、個人ベースでの防災対策を支援する一環とし、住空間の地震時の危険度を予め総合的に診断する方法を提案し、それを簡易に実施できるソフトウェアとしての開発を進めている。

ユーザに提示される診断結果としての情報は、危険性を確率表記する場合と、危険の中身に立ち入った情報（負傷の種類・程度・必要治療のレベル等）を表記する場合の両方で検討を進めている。今まで、診断プログラムはスタンドアローン型のコンピュータで起動する方式を検討してきたが、広く一般普及を目的とし、今年度は、危険性の出現確率を表記するバージョンをインターネット Web 上で起動するプログラムの開発を検討した。

b) 開発環境

研究者在籍の組織内部の LAN 環境上にサーバを設置し、室内危険度診断ソフトウェア（Web版）を開発した。現在、組織内 LAN のローカルな IP アドレスのみを持つサーバで構築しており、公開に向けた動作テストおよび未だ実装できていない機能の開発を実施している。稼働環境は表 1 のとおりである。

表 1 稼働環境

ハードウェア	CPU	Intel PentiumIV 2.4GHz
	メモリ	512MB
	ディスク	80GB
オペレーティングシステム		Vine Linux 2.6r1
ソフトウェア		J2SE SDK 1.4.2_04
		Tomcat 4.1.31
		Apache 2.0.53

c) サービス提供方法の検討

本年度はサービスの提供形態としてJavaアプレットおよびJavaサーブレットの比較検討を行った。JavaアプレットはJava言語で記述された比較的小さなアプリケーションを言い、Webサーバからユーザクライアント側のWebブラウザに送信され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、プログラム等をWebサーバからダウンロードされる必要があるため起動時間が遅くなる。

一方、Javaサーブレットは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。以上のような点からWebでの公開を考えた場合には、「レスポンス」が重要になると思われるのでJavaサーブレットでのサービス提供準備を進めた。

d) 環境構築の方法

開発の基となっている室内危険度診断プログラムは、元々、スタンドアロン型のコンピュータ上で起動することが想定されており、MS-Visual BASIC言語で記述されている(本研究プロジェクトの2002年度報告を参照されたい)。このプログラムのディスク占有量は約2Mbである。これを基に、Javaサーブレット環境へのファイルコピーおよびリンクの追加といった作業で環境構築が進められた。

e) 画面構成と機能

診断画面は、インターネットWeb上での平易な操作を可能とすべく、検討を重ねてきている(本研究プロジェクトの2003年度報告を参照されたい)。画面は図1のように、大きく4つの領域から構成される。

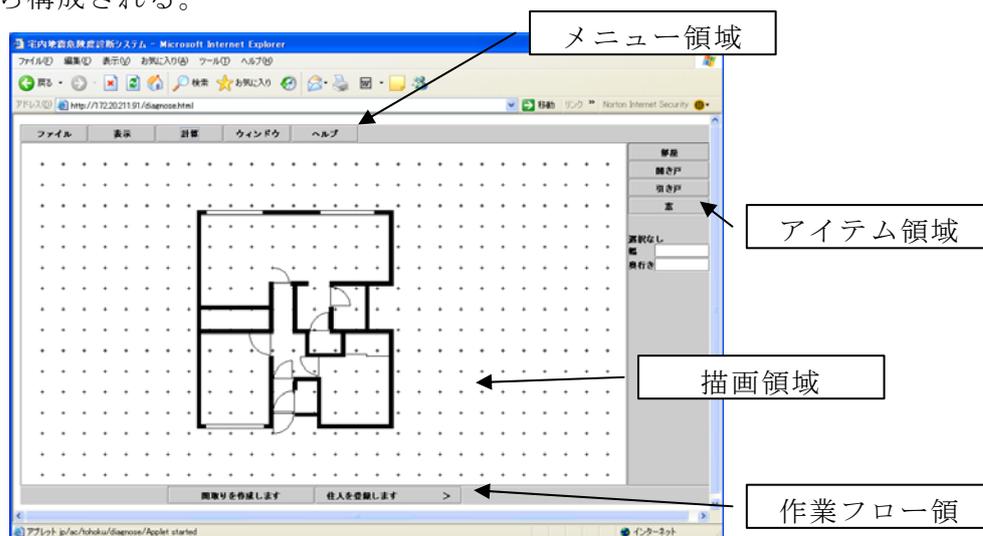


図1 画面構成

i) メニュー領域

「ファイル」「表示」「計算」「ウィンドウ」「ヘルプ」が表示される。「ファイル」は、

ファイルを開く、保存する、閉じるなどのファイル操作を行うメニューである。「表示」は、グリッド設定など描画領域の属性を設定するメニューである（但し現在、未サポート）。「計算」は、間取りや家具配置の作成、危険度の判定など本システムのメイン機能进行操作するメニューである。「ウィンドウ」は、部屋ごとの危険度の履歴を表形式、グラフ形式で表示するメニューである（但し現在、未サポート）。「ヘルプ」は、本システムの使い方をテキストで表示する HTML が表示されるメニューである。

ii) アイテム領域

メニュー領域でのメニュー操作に合わせて詳細な操作項目ボタンが表示される領域である。

具体的には、メニュー領域が「ファイル」の場合には、新規、開く、保存、終了というファイル操作のボタンが表示される。

メニュー領域が「計算」の場合には、作業フロー領域でのボタンの選択状態に合わせて詳細な操作項目ボタンが表示される。

作業フロー領域が「間取りを作成します」の場合は、部屋、引き戸、開き戸、窓などの部屋の間取りを作成するために必要な部品がボタンとして表示される（図 2 参照）。



図 2

作業フロー領域が「住人を登録します」の場合は、年齢、職業、性別を選択するプルダウンメニューが表示される（図 3 参照）。現況のユーザーインタフェースでは、複数人の登録が行えないため、複数人の登録が可能となるように機能追加中である。



図 3

作業フロー領域が「家具を配置します」の場合は、家具の種類を表すボタンが表示される。登録する家具のボタンを押下することで、描画領域上の間取り図に家具を登録することができるようになる。回転ボタンにより選択した家具の向きを変えることができる（図 4 参照）。



図 4

作業フロー領域が「散乱範囲を計算します」、「室内危険度を表示します」の場合は、震度のプルダウンメニュー（4、5弱、5強、6弱、6強、7）、負傷度合いのプルダウンメニュー（軽傷か重傷）が表示される（図 5 参照）。

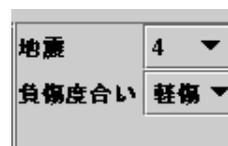


図 5

iii) 描画領域

部屋の間取り、家具の配置などの作業をマウスで行う編集領域であるとともに、散乱範囲、危険度、避難経路などのシミュレーション結果をレイアウトと重ねて表示する領域である。

iv) 作業フロー領域

現在の作業の状態や作業遷移を表すボタンである。本システム利用の最初の作業となる「間取りを作成します」から、「避難危険度を計算します」までの作業が、室内危険度診断の作業の流れに沿ってボタン配置されている。

ボタン配置の順序は以下の通りである。

- ①「間取りを作成します」
- ②「住人を登録します」
- ③「家具を配置します」
- ④「散乱範囲を計算します」
- ⑤「室内危険度を表示します」
- ⑥「避難経路を表示します」
- ⑦「避難危険度を計算します」

の順番で並んでいる。

真ん中のボタンが現在表示中の画面のステータスを表し、左右に一つずつその手順の前後のボタンが並ぶ。

「間取りを作成します」は作業手順の先頭であるため、その左にはボタンがない。同様に作業手順の最後である「避難危険度を計算します」の右側にもボタンがない（図6・7参照）。

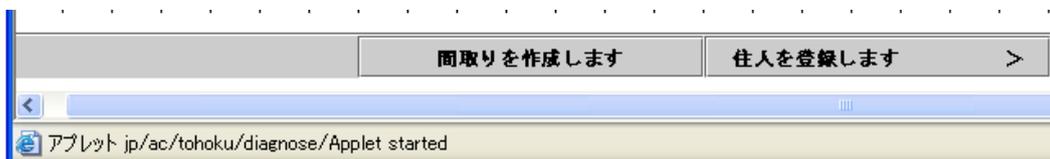


図6 最初の手順である「間取りを作成します」の左側にはボタンが表示されない。ボタンの配置は、左から右に室内地震危険度診断の手順に従って並べられる。

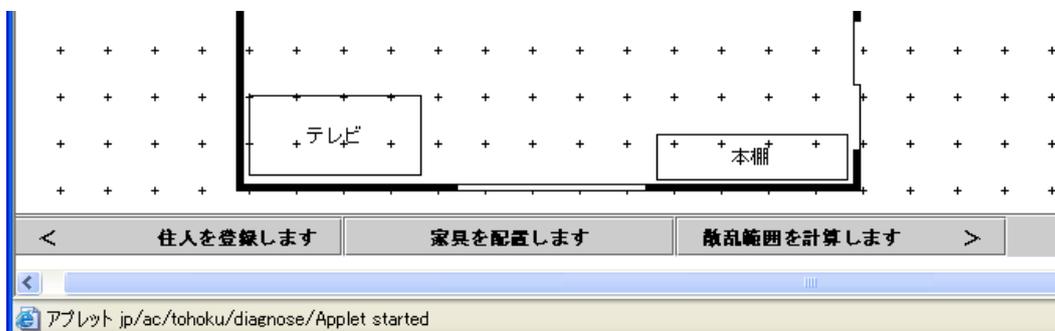


図7 この例は、現在、家具の配置を行っている画面である。作業フロー領域の中央には現在、作業中の状態を表すボタンが配置される。その左側には一つ前の作業に戻るボタン、右側には次の作業に進むボタンが配置される。

f) 室内危険度診断作業の流れ

図8に室内地震危険度診断システム(Web版)を利用した際の、作業の流れを纏める。

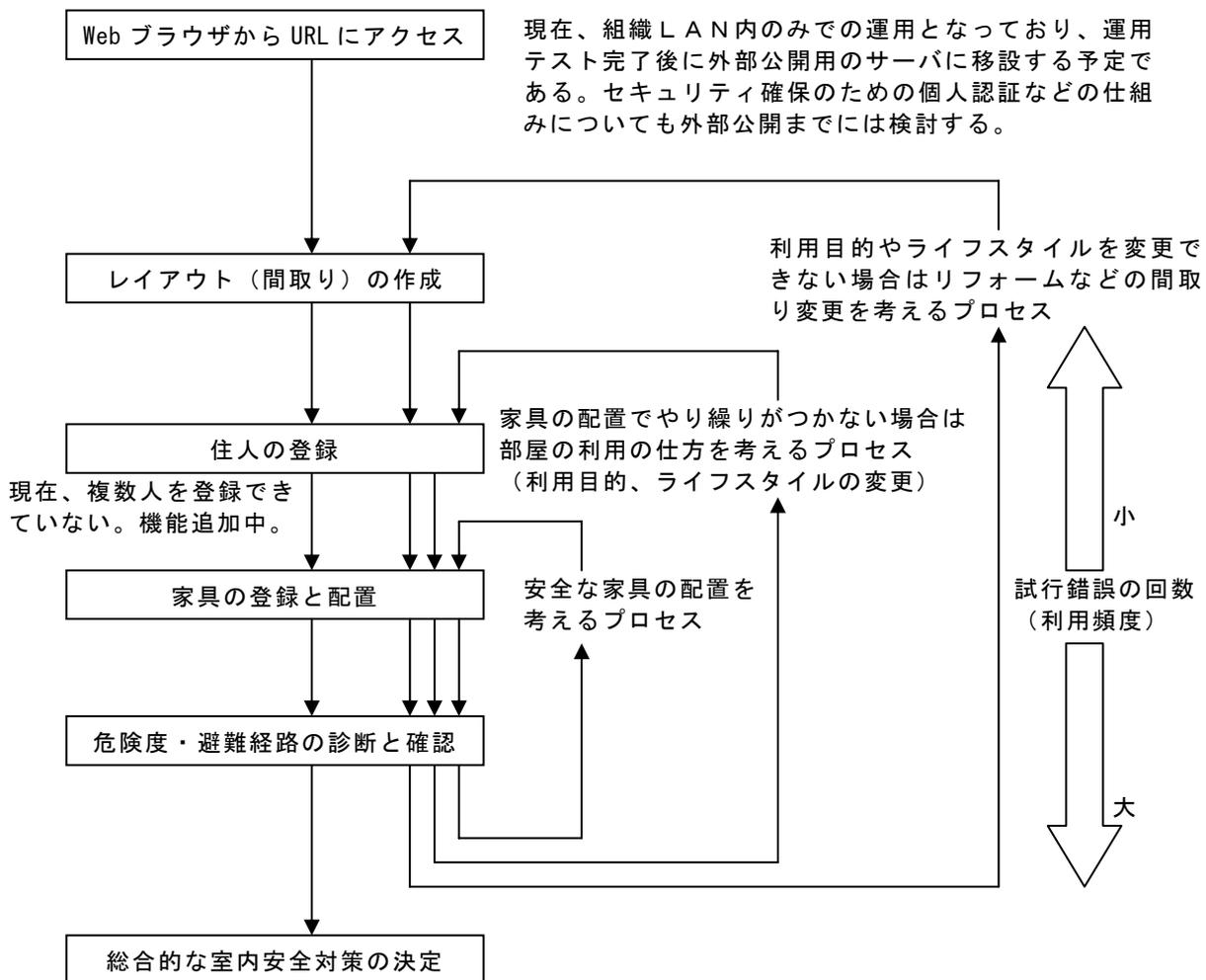


図8 室内地震危険度診断システム(Web版)の操作の流れ

2) 室内の地震危険度の決定要因の分析 — 2003年十勝沖地震の被災実態マイクロ解析より —

a) 調査目的

筆者らは、負傷を決定づける要因は大きく見ると、被震時における「室内散乱状態」に加え、その環境下における「人間行動」として理解している。しかしながら、室内危険に関する研究は多いものの、その殆どが負傷者発生メカニズムを家具転倒の観点のみで捉えようとしている。その理由の一つは、メカニズム理解のためのデータ入手の困難性であり、既往研究もアンケート調査から得られるデータを使った半マクロ的解析がその多くを占めている。しかし要因の関係性、特に被災者の人間属性との関係において地震下の行動を精査するには、個々の事例をヒアリングし実態を詳細に書き留め、整理する地道な作業が必須である。本研究は、2003年に発生した十勝沖地震の主要被災地である釧路市・浦河町・静内町で実施した世帯ヒアリング調査を個別解析し、より安全に暮らすための対策規範を探り、室内の安全性向上の実現のための次なる策の検討を行った。

b) 調査概要

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186名について聞き取る事ができた。

調査の主要項目は以下のとおりである。①建物の被害状況、②負傷の有無とその発生場所・原因・時期、③地震前の家具の配置状況、④地震時の家具の転倒・移動・散乱状況、⑤地震時の家族の行動軌跡、⑥今までの被災経験・防災対策状況。

調査の効率化及び書き取りの正確さを上げるため、従来より当研究室において使用している聴取用カルテを基本とし、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。

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。使用した調査票は、計7種類となった。調査票の記入例を図9および図10に示す。

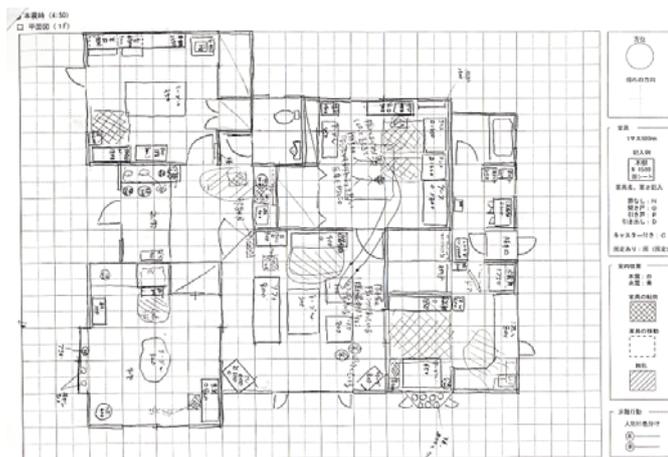


図9 平面書き取り票の記入例

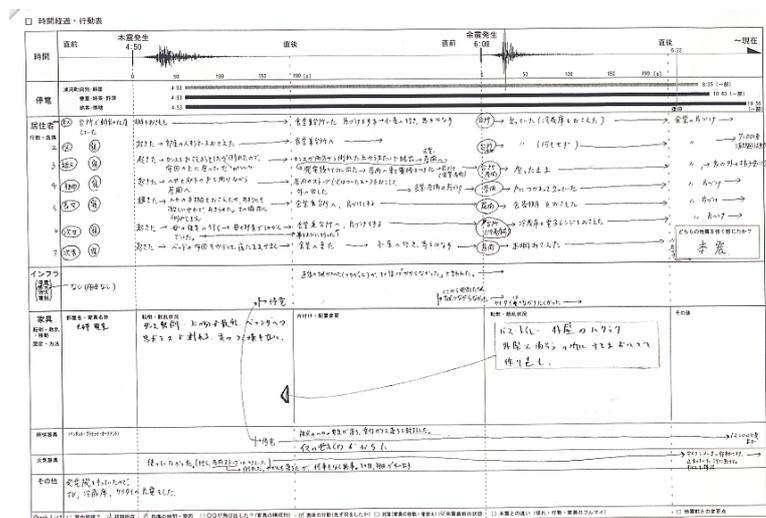


図10 時間行動票の記入例

c) 室内空間に関する個別解析

調査の全体像を把握するための統計的解析については前年度報告書に記載してあるので、そちらを参照されたい。

住家の総床面積に対する持ち家具総数[個/m²]と居住者が地震の際にいた部屋の壁長さに対する部屋内の家具数[個/m]の2軸領域に、個々の調査世帯の状況をプロットしたのが図11である。各プロット点は地震時に住人が居留していた部屋を表しており、▲は負傷者が発生した部屋、○は負傷者が発生しなかった部屋を意味する。領域は、岡田¹⁾が提案する危険ラインによって4つに区分されている。これは領域Ⅰ→Ⅳの順に危険度が高くなっており、領域Ⅱの事例数が少ないことを考慮すれば、実際の調査事例においても比例的に負傷率が高くなっているのが分かる。因みにそれぞれの領域における負傷率は、領域Ⅰが4.0%、領域Ⅱが0.0%、領域Ⅲが12.9%、領域Ⅳが16.7%である。既往地震の調査においてもこの境界を境に負傷率が明瞭に区分されていることより、家全体で見た場合の床面積に対する持ち込み家具数と部屋単位で見た場合の持ち込み家具数には、それぞれ0.3 [個/m²]及び0.5 [個/m]の閾値が設定できる。安全空間確保のためには、持ち込み家具数を閾値以下にすべきであり、家具の多い部屋では部屋形状に合わせた局所的集積配置などの工夫により部屋の中に安全空間を確保すべきであることが分かる。

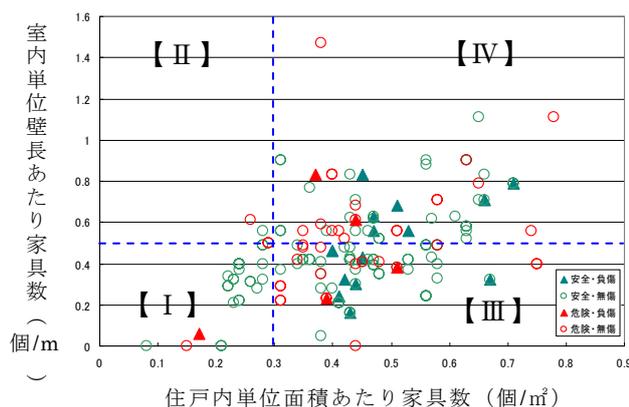


図11 調査世帯の持ち家具数による危険度評価

図11からは、もう一つ重要な事項が指摘できる。危険領域（領域Ⅲ、Ⅳ）においても必ず負傷するわけではなく、回避している例がかなり多いこと、逆に、例は少ないものの、安全領域（領域Ⅰ）においても負傷の例は見られることである。この事実は、室内空間を仮に安全化したとしても、100%の安全を手に入れたわけではないことを意味する。室内の家具配置状態により負傷危険ポテンシャルは大凡決定されるが（図11の領域区分）、そこに居住者の行動が関与して最終の負傷発生の有無が決定する。

d) 人間行動に関する個別解析

時間行動票から地震期における居住者の行動を分類しその頻度を集計することにより、地震時にどのような行動を取ったのかを一覧できるように整理した（図12）。これは本震についてのものであり、地域周辺で記録したK-NETの強震記録を参考に、初期微動期（約30秒継続）、主要動期、揺れがほぼ停止した揺れ直後期、後かたづけ期の4時期に区分し、ヒアリング・整理を行った。図中、各時期を示す長方形の大きさはその時期における負傷

率を示しており、初期微動期においては負傷無し、主要動期において59%、揺れの直後において9%、後かたづけの最中において32%の負傷が発生している。図の上段が、居住者がとった行動頻度の総実数であり、下段が相対頻度である。

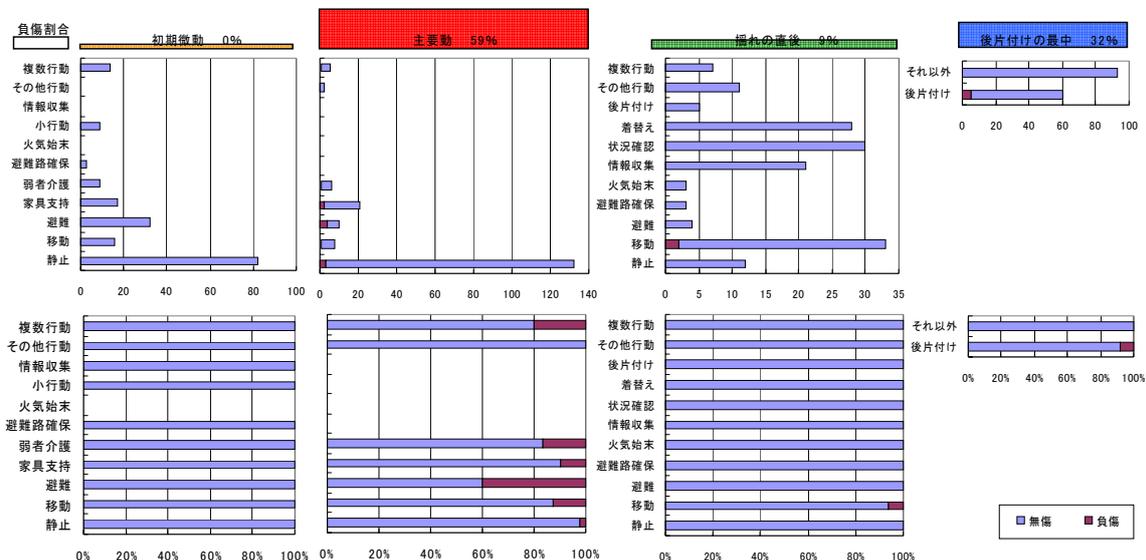


図 1.2 地震時間帯別行動内訳と負傷率

各時間帯でとられた行動は、揺れの最中と揺れの後で大きく異なっている。この2つの時間帯別に行動を整理すると、まず揺れの最中には大きく3つに分類することができ、「静止」、「避難行動」、「危険回避行動」であり、揺れの後には「現状把握」の行動が加わる。それぞれの意味は以下のとおりである。「静止」とは、静止・小行動などの地震発生時の居室から移動しない行動を言う。「避難行動」とは、避難・移動など、移動目的の如何に関わらず、地震発生時に今いるところから脱出しようとする行動を言う。「危険回避行動」とは、家具支持・弱者介護・避難路確保・火気始末など、その後発生するであろう事象を推測して事前にその危険を回避しようとする行動を言う。「現状把握」とは、情報収集・状況確認など地震後の状態を把握し、次の行動を決定するための行動を言う。

本震は発生時刻が未明であったため、ほとんどの住民は睡眠中であった。そのため揺れの全体を通してかなりの人が行動できず静止状態で留まっている。中でも就学以前の幼児の多くが震度5強以上という大きな揺れにもかかわらず、地震の発生に気づかず眠り続けていた。危険を察知できない状態にあったと言え、幼児に対しては両親及び周囲の人たちの注意と介護が必要不可欠であることを示している。初期微動時における行動は多くが避難行動であり、複数の行動をとった人はわずか14人である。本震では初期微動継続時間は約30秒あったが、就寝中であったことが対応行動の緩慢さに繋がったのであろう。いずれにしても、次に来る主要動における大きな揺れに対する準備時間としての初期微動時の行動選択が極めて重要である。主要動時には揺れのため約70%の人が静止状態にあり、激しい揺れの中で強引に行動した30%の人に負傷が集中している。中でも避難の行動をとった人の負傷率が40%と高いこと、逆に静止していた人の負傷率が極めて低いことは学ぶべき重要な点である。総じて複数行動・弱者介護・家具支持など積極的な「危険回避行動」

をとった人が負傷し、揺れによって動けず静止していた人が負傷を回避している。図 1 1 の危険領域との関係から言えば、揺れている最中には安全領域内にいた人はそのまま静止状態にすることが安全を確保することであり、危険領域内にいた人はその危険領域から即座に脱出し、安全領域内で静止していることが正しい行動であったと言える。ここでの重要なポイントは、今いる領域が「安全領域」か「危険領域」かを事前情報として居住者が認識しているかどうか、正しい行動選択ができるかどうか、ひいては負傷するかしないかの分岐点であることである。

揺れの直後には多くの人が家の中を動き回り室内被害の状況確認や地震情報の収集などの「現状把握行動」を行っている。揺れの直後・後片付けの最中においては前述のとおりガラスなどの散乱物による負傷がほとんどであり、揺れの直後においては移動中に、後片付けの最中においてはその行為が原因となっている。

次に、なぜそのような行動を選択したのか、その外的要因を探ってみる。

既往研究では、災害時の人間行動を規定する属性としては性別及び年齢に限定されていた。本研究では、災害時の個人の役割を規定する要因として家族構成を取り上げる。表 2 の分類を提案する。ただし、この分類は地震発生時の居住空間内（概ね同一フロアにおける一世帯に対応）における構成を意味し、社会通念上の家族構成とは必ずしも一致しないことに注意されたい。

表 2 家族構成分類

分類	構成	家族数	内訳
1人暮らし型	年齢問わず一人暮らし。	1	本人
夫婦型	夫婦二人。	2	夫、妻
親子型	大学生以上の子供とその両親。	2～	父、母、息子、娘・・・
子供中心型	小・中・高の子供とその両親。	3～	父、母、息子、娘・・・
三世帯型	小・中・高の子供を持つ夫婦とその親。	3～	父、母、夫、妻、息子、娘・・・

家族構成分類別の平均所有家具数と負傷率の関係を図 1 3 に示す。一般的傾向として、家族構成が大きくなるにつれ所有家具数が多くなり、同時に負傷率も高くなっている。注意すべきは、子ども中心型の世帯の負傷率が高いことである。子どもの存在が、負傷率を高めている。

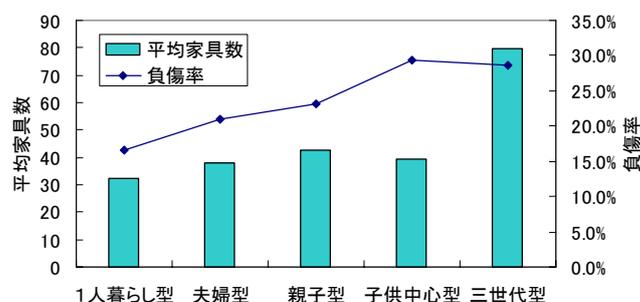


図 1 3 家族構成別平均所有家具数と負傷率の関係

以下に、各家族類型の代表的な行動パターンと、各時間帯の行動頻度を図示する（図14）。図中の「役割別行動割合」とは、各時間帯の行動割合を縦軸に百分率表示したものであり、1人が選択した行動は{初期微動}→{主要動}→{直後}の時間軸で横に並べてあるので、行動の流れが追える。また同様の行動を行った者どうしを直近に積み上げているので同一行動パターンとしてグルーピングできる。図中の境界線がそれを意味している。なお、赤字の行動は負傷を意味する。これを見ると、家族形態が複雑になるにつれて人間行動も複雑になっていることが分かる。これは家族中での役割が多様化するためだと考えられ、一人暮らし型や夫婦型では各人は自分の身を守ることを考えて行動しているのに比べ、子供中心型や三世代型では弱者介護や避難路確保などが多く、自分の身を守るだけでなく、それぞれの役割を果たそうと行動していることが分かる。特に小さな子供のいる子供中心型では多くの親が弱者介護を行っており、それによって負傷した例が少なからず見られる。

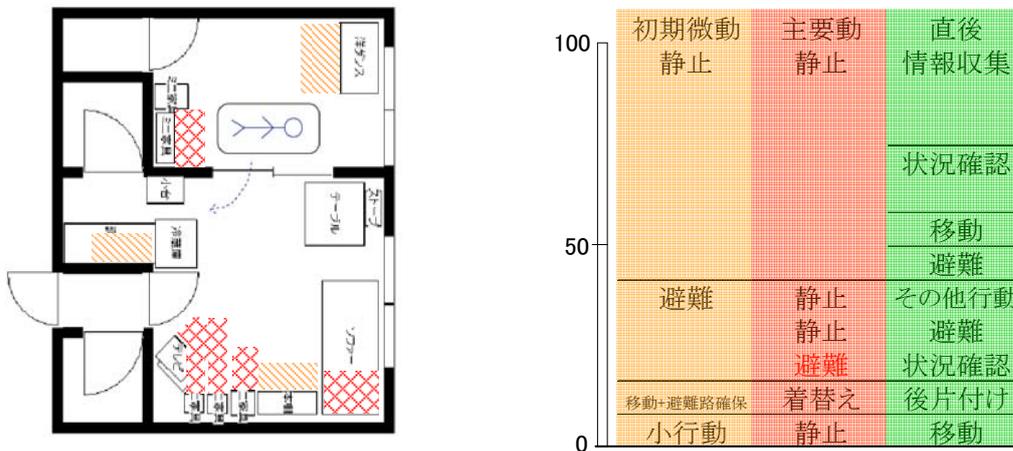


図14-1 家族構成と行動パターン（一人暮らし型）

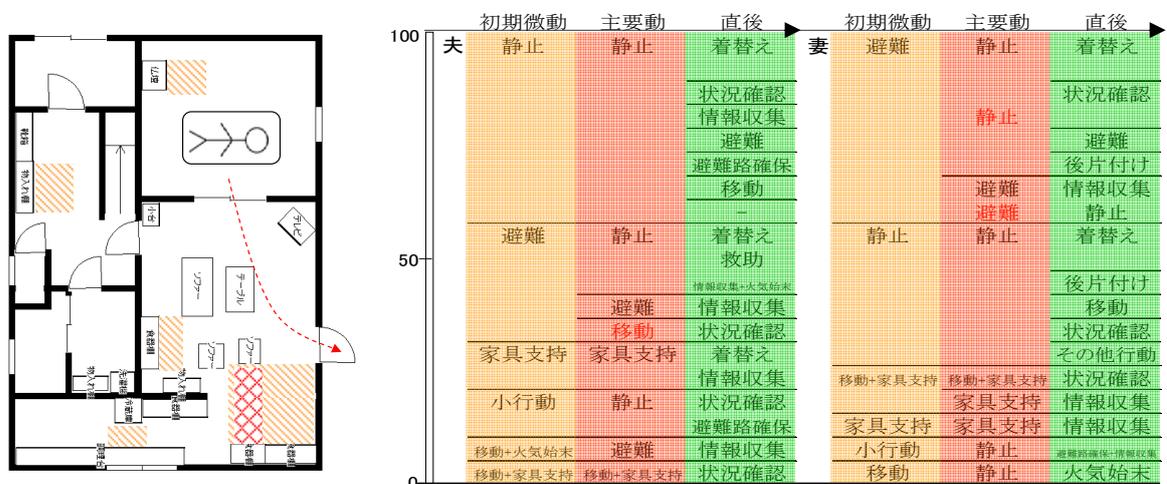
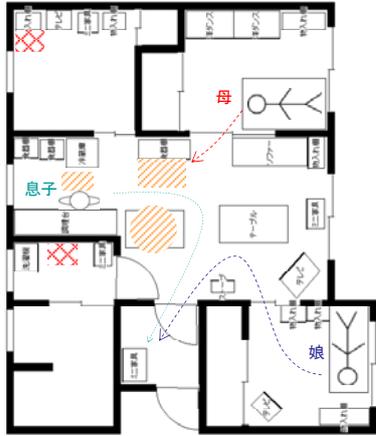


図14-2 家族構成と行動パターン（夫婦型）



	初期微動	主要動	直後		初期微動	主要動	直後		初期微動	主要動	直後			
100 父	静止	静止	移動	母	静止	静止	移動	子	家具支持	家具支持	その他行			
	家具支持	家具支持	着替え		移動	移動	着替え		移動	家具支持	家具支持	その他行		
	避難路確	家具支持	着替え		移動	避難	静止		移動	静止	静止	情報収集		
	情報収集	静止	状況確認		避難	家具支持	靴を履く・電話		状況確認	移動	移動	静止	情報収集	
	移動	静止	状況確認		家具支持	家具支持	家具支持		着替え	移動	移動	静止	移動	
	小移動	静止	着替え		家具支持	家具支持	情報収集		その他行動	移動	移動	静止	移動	
					小行動	静止	その他行動		その他行動	移動	移動+家具支持	家具支持	家具支持	-
					避難路確保	その他行動	その他行動		その他行動	移動	移動+家具支持	家具支持	家具支持	-
50														
0														

図 1 4 - 3 家族構成と行動パターン (親子型)

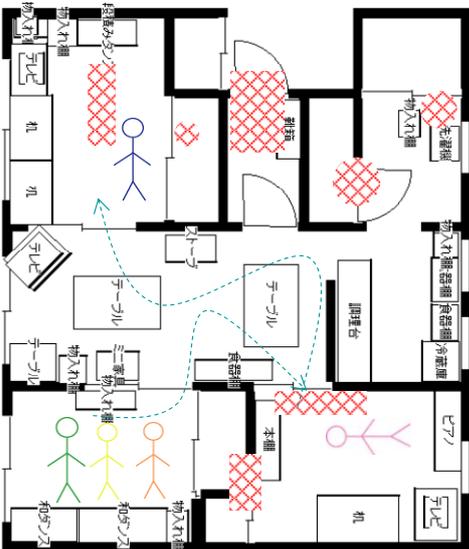




図 1 4—4 家族構成と行動パターン（子供中心型）

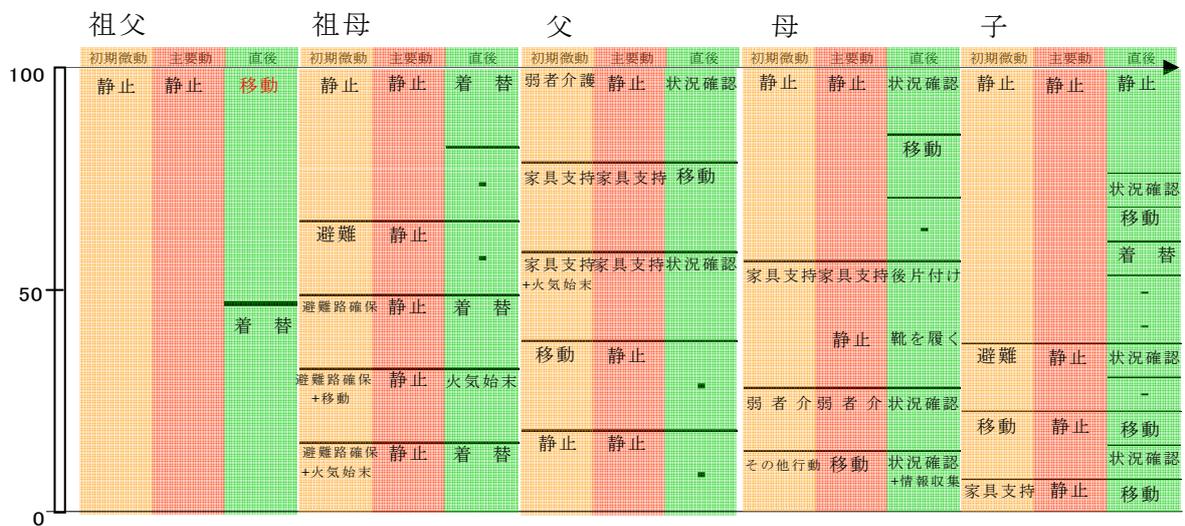
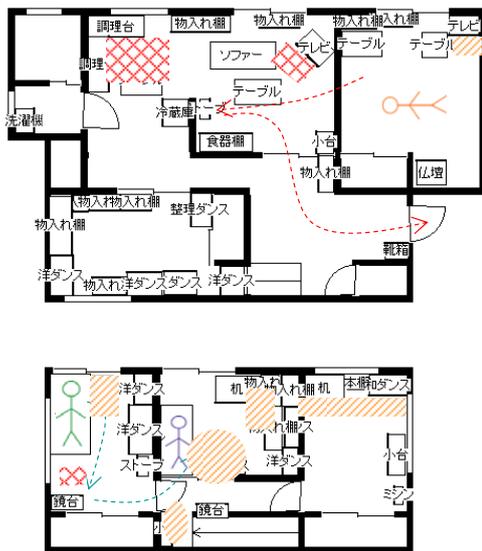


図 1 4—5 家族構成と行動パターン（三世代型）

負傷回避の行動規範としては、以下のことが指摘できよう。一人暮らしの住人や家庭内での役割分担にあまり関与しない子供であれば、自分の身を守るという自己防衛行為が優先するので安全を確保しやすいが、世帯の家長や母親の場合、まず子供をそして家族を守ろうという意識が強く働き、主要動時においても強引な行動を選択することが多く本人自身の負傷危険度が極めて高くなる。実際にこれらの行為により子供達の安全が確保されるわけであるから、行為を禁止するわけにはいかないが、主要動時の移動行為は危険行為であるということを強く認識した上で、行動することが被害回避に繋がる。揺れが始まったなら、家族全員が安全領域に身を置くことをまず考え、そこが安全領域であるなら不必要な行為を行わない、危険領域であるなら安全領域へいち早く移動する、そしてその行為選択の前提となるのが、家庭内の安全領域はどこかを家族全員で事前情報として共有しておくことであろう。また、家族で地震時の行動について話し合いを持ち、それぞれのとるべき行動指針を共有し他者の行為負担をできるだけ軽減するなど、正しい防災知識を意識して身につけることが、より安全に近づく道である。

e) 人的被害軽減化対策規範

i) 多段階方式による室内散乱低減対策

以上の解析を通じて地震時の負傷発生を減らすためのルール（規範）を以下に指摘する。一つは室内の地震による散乱状態を緩和することであるが、今まで言われてきたとおり家具の固定が有効であることに間違いはない。しかしこれで全てが解決するわけではない。防災先進県静岡県においても、大部分の家具を固定実施している世帯は10%に満たない。一部固定を含めても50%に留まる（平成15年度静岡県調べ）。今回の調査対象地域も地震常襲地域であり住民意識は高い方ではあるが、家具固定実施率（一部の固定を含む）は33%に留まっている。この状況下で十勝沖地震により、家具を固定していなかった世帯では100%何らかの家具転倒が発生していた。さらに、家具固定を実施していた世帯でも、約4割の世帯で家具の転倒を見ている。全ての家具を完全固定することの難しさをあらためて認識させられる。固定法の技術的問題もあるが、一部の家具を固定することで対策は十分であると思いきやこんでしまっている人たちも多いということである。家具の全てを固定することは、普段の生活に不便を強いることにもなり、結局長続きはしない。持続不可能な対策は対策とは言えない。そういう意味で、家具の固定は室内散乱を防ぐための唯一解ではあり得ないし、人的被害を防ぐための絶対解でもない。家具の固定が無意味であると言っているのではない。家具固定を完全視することの危惧について述べているのであり、家具は固定する方がいいのは当然である。筆者らの立場は、室内散乱を防ぐためには、家具固定にさらに他の方法を組み合わせることの有効性を提案しているのである。

ii) 家具転倒方向の検討

ヒアリング時に、世帯によってはある方向に設置した家具のみが転倒したという話をよく聞く。ある条件の中でそれが真実ならば、家具転倒を防ぐ方策の一つとして有効かもしれない。次にそれを検討する。

ここでは地震動の方向（震源に対して家具の配置方向が放射方向か直行方向か）と建物の形状（長手方向か短手方向か）について検討した。図15は建物の形状に対する家具の配置方向別家具転倒率を示したものである。図に示されるとおり、家具の配置方向で転倒

率に20%以上違いが発生した世帯は多くはない(30%以下)。しかも、平面計画的に建物の横長比が一方的に家具の転倒方向を決定づけているわけでもない。以上の検討より、建物形状を考慮した配置は転倒防止にある程度有効であるとは考えられるものの、配置方向を考慮することで転倒を大きく制御することは困難である。また、地震動との関係も顕著には認められなかった。家具は基本的にどの方向にも同様に転倒するというフェイル・セーフの前提に立ち、家具の配置計画的対策を考えることが望ましいであろう。

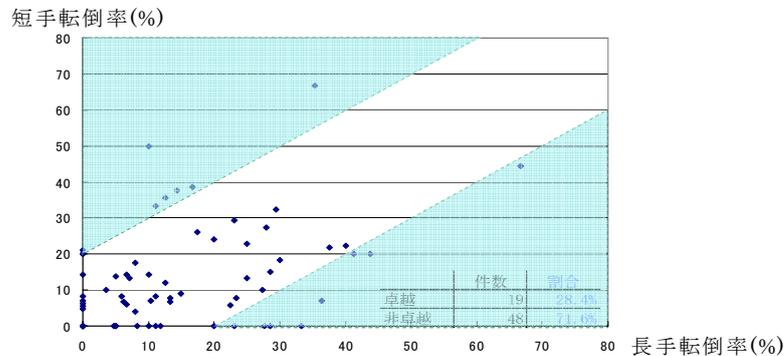


図15 建物の方向別家具転倒率

iii) 床面積あたりの適正家具数

前項で述べたとおり、室内散乱を押さえ、負傷危険が回避可能な所有家具数を導出することができた。建物総床面積の単位面積あたり0.3 [個/m²]以下とすること、また居室については内壁の周長の単位壁長あたり0.5 [個/m]以下とすること。これを越える家具数を所有している場合は、適正量をオーバーしているので地震時に負傷する確率が高いと判断できる。

iv) 室内安全空間・危険空間の評価と情報周知

次に建物内の地震に対する安全空間と危険空間を家族の危険回避行動能力を考え合わせて評価し、家族全員が認識しておくことが必要である。そのためのツールが本プロジェクトチームにより開発中であり、スタンドアロン型については2002年度報告書に、またインターネットWeb版については、本報告書において報告している。本ツールにおいて危険と評価された空間でも、家具のレイアウトを考え直すことでかなりの危険緩和が可能である。特に注意すべきは、寝室・浴室・トイレは健常者であっても時間帯により平時の行動能力以下の災害弱者となり得ることである。このような空間は、行動能力ゼロを前提に室内計画をすべきである。

v) 地震時の行動

事柄は単純である。地震の揺れを覚知した時、今居る空間が安全であると分かっていたなら、むやみに動かないという行動を選択することである。危険度の高い空間ならより危険の少ない空間へ、主要動前に移動する行動を選択することである。猶予時間は震源位置に依存するが数秒~30秒程度である。そして重要なのは、そのことを意識して行動することである。家族の役割上、それ以外の行動選択が不可避であるのなら、行動の数をなるべく抑え、できるだけ早く安全空間への移動を心がけることである。危険な部屋でも室内すべてが危険なのではなく、室内中の安全空間へ移動することが時間効率的にも有効であり、安全空間を把握しておくことが人的被害の発生を回避しかつ地震時の混乱を避けることに繋がる。図16に適正行為規範として整理した。考えるべき軸は3軸ある。室内散乱を低

減させること(Risk 軸)。地震時の行動は空間の危険性に応じて選択すること(Action 軸)。安全な行為を意識すること(Knowledge 軸)。つまりは、普段の生活から地震の発生を意識し、室内の安全空間確保(Risk 軸)、及び安全空間の把握を意識的に行うことである。

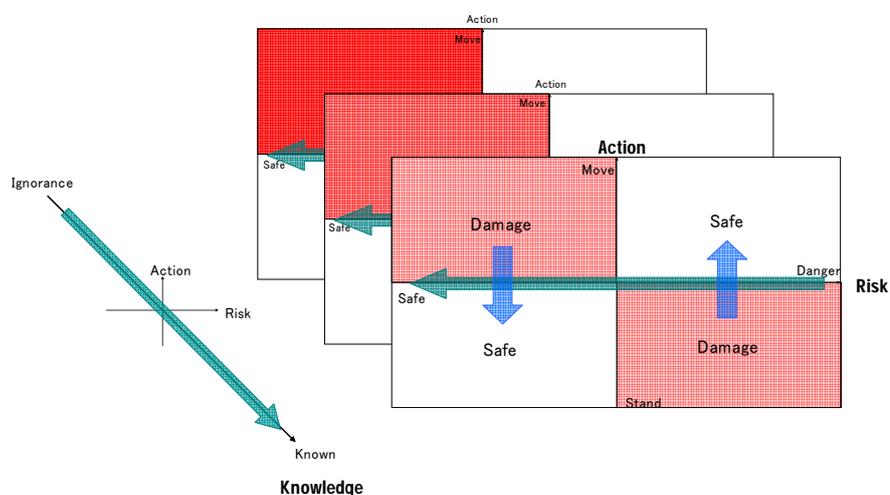


図 1 6 防災の適正行為規範 (矢印の方向)

(d) 結論ならびに今後の課題

以上、人的被害を低減させるための考え方として、室内散乱を抑制するための適正所有家具数の見直し、家具固定と配置計画による室内安全空間の確保と安全-危険空間の認識、そして地震時の行動のあり方、これらを規範としてまとめ図 1 6 として総括した。負傷問題を家具の固定だけの対策に矮小化するのではなく、家具固定をより効果的対策に進化させるための方策として、家具配置(レイアウト)による危険空間と安全空間の峻別法をインターネット Web 上で公開する準備を進めた。本年度はこれをさらに進め、行動不能になる場所は危険空間にしない、危険と安全空間を住人にしっかりと把握させ、地震時には危険空間から遠ざかって、身を守るような仕掛けを作ることの有効性を調査から実証した。家具固定が出来ない空間の安全化対策であり、家具固定を実施できたとしてもその固定システムが地震時に破断したときのことを予め想定し、フェイル・セーフとして安全空間を確保しておく。このような多段階防衛システムで室内安全を確保することの有効性を検証した。

(e) 引用文献

- 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，平成 6～8 年度科学研究費補助金基盤研究(B)(2)研究成果報告書，1-95，1997.

(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・田村 篤	被震下建物内で発生する人的被害の軽減化対策規範構築を目的	東濃地震科学研究所報告、15, 88-120.	2005 年 4 月

	とした被災事例マイクロ解析		
名知典之・ 田村 篤・ 岡田成幸	被震下建物内の負傷危険性及び ぼす家族構成の影響－2003年十 勝沖地震の被災事例マイクロ解析 －	2005年度日本建築学会 大会（近畿）学術講演会研 究発表	2005年 9月1日

2) マスコミ発表

取材	題目	メディア	発表年月日
岡田成幸・阿部郁男	阪神大震災から10年 室内に潜む危険を診断	中日新聞（朝刊生活面）	2004年12月8日
岡田成幸	大地震発生 そのときあなたは	東海テレビ	2004年1月15日
岡田成幸	地震時の家具転倒によるわが家の危険度をネットで判定	住宅情報 News	2005年1月号
岡田成幸・阿部郁男	家庭の防災対策「家具の配置方法」「安全な部屋」作る 持続可能な形で	毎日新聞（朝刊情報ワイド）	2004年2月16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.

2) ソフトウェア開発

名称	機能
室内地震危険度診断プログラム	地震時の室内の負傷危険度を総合的に評価表示するシステム。

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成17年度業務計画案

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