

# 木造家屋の耐震補強実施に関する判断要因の構造化とそれに基づく施策インパクトの定量的評価手法の提案

## QUANTITATIVE METHOD FOR PREDICTING THE IMPACTS OF POLICIES FOR PROMOTING ANTI-SEISMIC RETROFITTING OF WOODEN HOUSES

中川 善典<sup>1</sup>・森田 絵里<sup>2</sup>・斉藤 大樹<sup>3</sup>・山口 修由<sup>4</sup>・那須 清吾<sup>5</sup>

<sup>1</sup>博士(工学) 高知工科大学マネジメント学部 講師 (E-mail:nakagawa.yoshinori@kochi-tech.ac.jp)

<sup>2</sup>学士(工学) 高知工科大学社会システム工学科 修士課程 (E-mail:125133y@gs.kochi-tech.ac.jp)

<sup>3</sup>博士(工学)(独) 建築研究所 国際地震工学センター 上席研究員 (E-mail: tsaito@kenken.go.jp)

<sup>4</sup>博士(工学)(独) 建築研究所 国際地震工学センター 主任研究員 (E-mail: yamaguch@kenken.go.jp)

<sup>5</sup>工学博士 高知工科大学マネジメント学部 教授 (E-mail:nasu.seigo@kochi-tech.ac.jp)

本論文は、木造住宅の耐震化率向上に関する地方自治体の政策立案を支援するための手法を提案することを目的として、次の三点を実施した。第一に、家主が耐震補強工事を実施するか否かを判断する心理的要因を包括的に整理・構造化した。第二に、この構造を踏まえて、ある集団内における耐震補強意思の強さの分布が変化するメカニズムを説明できる枠組みを提案した。これにより、どのような方向性を持った政策を組み合わせたことが政策目標に最も寄与するかを分析することが可能になった。第三に、それぞれの方向性をもった政策を、どのようなターゲット層を意識しながら具体化することが最も効率的であるかを示した。以上のプロセスを各自治体で行うことにより、その自治体に適した政策立案が可能になることが期待できる。

**キーワード：**既存不適格住宅, 耐震補強, AHP (Analytic Hierarchy Process), 認知的不協和理論

## 1. 研究の背景と目的

### 1.1. はじめに

木造家屋の耐震補強の普及促進は、地震防災にとって最も有力な手段の一つである。特に、大地震が想定される地域において、昭和56年の建築基準法改正前に建てられた、いわゆる既存不適格建築物と呼ばれるような木造住宅の耐震改修を行うことは、急務である。国土交通大臣の下に設置された「住宅・建築物の地震防災推進会議」は平成17年に提言をまとめたが、そこでは今後10年間に住宅の耐震化率を9割に引き上げるという目標が設定された。また、国及び地方公共団体は、これをできる限り支援する観点から、環境整備を中心に様々な施策を強力に展開するという基本方針も確認された。

この流れに呼応して、各地方自治体は住宅の耐震化率の向上に取り組んでいる。しかし、例えば高知県を例にとれば、昭和55年以前に建築された木造住宅の戸数は12万余りである。そして、「木造住宅耐震改修助成事業(平成17年～)」を利用して改修を実施したのは19年時点でわずか約150戸に留まっている<sup>1,3)</sup>。

従って、どのようにすれば耐震補強を促進できるかを明

らかにして、地方自治体の施策立案を支援するための学術的な研究には、大きなニーズがあると考えられる。そして、そうした目的を持って多くの学術的な研究がなれてきた。

### 1.2. 本論文の目的

特にこれまで、人々が耐震補強を行う誘因/行わない阻害要因に関しては、多くの研究が行われてきた。これにより、多くの知見が蓄積されるとともに、施策立案への有益な示唆もなされてきた。

こうした国内外の先行研究を最も網羅的に調査し整理した貴重な文献としては、小檜山ほか<sup>1)</sup>を挙げることができる。ここでは、地震対策行動(耐震補強に限定しているわけではない)に関する11の要因とともに、その裏返しとなる11の阻害要因をリストアップし、関連する既存文献を挙げている。また、独自のアンケート調査に基づき、重要な要因を特定している。

また、例えば廣井ほか<sup>2)</sup>は、「正常化の偏見」「認知的不協和」「高すぎるヴァルネラビリティ」といった心理学的要因を持ち合わせている人の存在を指摘し、その上で意識啓発にどのような方策が必要であるかを論じている。

ただ、こうした既存研究にはあまり見当たらない、重要

と思われる研究課題が二点存在するのではないかというのが、本論文の基本的な問題認識である。それを(1)(2)に分けて順に述べる。

### (1) 耐震補強実施の判断要因の構造化

一つ目は、可能な限り網羅的であって、かつ重複を含まないような形での、耐震補強実施の判断要因の列挙・分類・構造化(階層)化である。

過去の多くの研究において「耐震補強の促進/阻害要因」あるいはそれに類した表現で括られてきたものの中には、少なくとも三つの異なる概念が存在していたのではないかと考えられる。それは

A「耐震補強を行う/行わない間接的原因」

B「個人属性」

C「耐震補強実施の判断要因」

の三点である。まず、Aが指すのは、「ある個人が耐震補強を行う/行わない」という事象と「原因と結果との関係」によって結びつけている事象である。例えば、住民同士の相互作用が原因となって耐震補強の必要性に関する認識が喚起され、補強工事の実施に至った人がいるとすれば、「住民同士の相互作用」は原因である。

次に、Bが指すのは、年齢や性別や居住地域といった、個々人の特徴である。例えば、「年収が低いと工事に必要な金額が負担に感じられ、耐震補強工事を行わない」というケースがあったとする。このとき、「低年収」は耐震補強阻害要因に関係する属性と見なされる場合があるだろう。

最後に、Cが指し示すのは、個々人が耐震補強についての自らの態度を決めるにあたって考慮している判断基準である。例えば、耐震補強工事に要するお金に対する「経済的負担感」は、人々が工事に踏み切るか否かを左右する大きな判断要素の一つである。

なお、AとCとの区別は一見紛らわしいが、その概念の違いは明確である。個々人が自らの行動を決定する上で用いる判断基準をどんどん細分類していったときに、いつか現れる要因がCに属する。それ以外はAに入る。

また、AとBのどちらにも入りうる要因については、Bに分類するものとする。例えば、「直接の被害経験を有している人は耐震補強工事を実施しやすい」という傾向があったとする?)。この場合、「直接的な被害経験がある」→「地震に対し恐怖感を持つ」→「耐震補強を行う」という因果関係が想定できたとしても、「直接的な被害経験がある」という要因はB「個人属性」に分類しておく。

以上のように、既存研究においては、「耐震補強の阻害要因」等の表現の下に、ABCの異なるタイプのもものが混在していると考えられる。この点に意識をしなければ、人々がなぜ耐震補強を実施する/しないのかに関する要因を網羅的かつ重複無しに分類することができなくなる。なぜなら、タイプAやBの要因は、タイプCのどこかの要因に働

きかけることを通じて人々の耐震補強実施に影響していると考えられ、そこに必ず重複が生じるからである。また、特定の基準に沿って要因を列挙するのであれば、網羅性をチェックすることは困難だからである。

網羅性や重複の無さに欠ける分類方法を採用することには、少なくとも二つの問題点がある。

第一に、複数の阻害要因の両方を解消するような施策を実施した時に初めて政策効果が生じるようなケースがあった場合、網羅的に要因を洗い出すことができなければ、断片的な施策の実施に留まり、効果が得られなくなる可能性がある。すなわち、包括的な政策の立案ができなくなる。

第二に、重複しあう要因に対応する異なる複数の施策を実施することは、非効率的となる可能性がある。すなわち、一つの施策がある要因に関する人々の認識に変化を与え、それがもはや変わる余地のなくなった状況において、同じ要因に作用する別の施策を打ったとしても、十分な効果は得られないだろう。

以上のような問題点を解消するには、Cの要因のみに着目し、耐震補強の実施判断要因を列挙・分類・構造化することが不可欠である。

### (2) 施策インパクトの定量的評価手法

二つ目は、耐震補強施策のインパクトの定量的な評価手法の構築である。耐震補強に関するどのような施策を実施した場合に、どの程度のインパクト(効果)が得られるのかを評価することが可能になれば、それは施策の検討をする上で大きな助けになるはずである。本論文では、アンケート調査内で、地震の恐怖や耐震補強自体等、様々な情報を市民に提供する。そして、彼(女)らの耐震補強への態度変化を促す。次いで、そのアンケート内で観察された態度変化を説明するためのメカニズムを検討する。これにより、将来施策を実施する際のインパクト(人々の態度がどう変化するか)を定量的に予測できるようになる。

定量的な分析を試みた既存研究の例としては、廣井他<sup>2)</sup>を上げることができる。彼らは、心理学的な手法(共分散構造分析)を用いて、「耐震補強工事の選択」に影響を与えと思われる要因(例えば「防災意識」「補強工事の価格」「地震リスク(の認知度)」)をリストアップした。そして、これらが「耐震補強工事の選択」にどう影響を与えているかを定量的に計算した。

ただ、これは施策のインパクトを予測することを目的としたものではない。本論文で言う定量的評価とは、例えば「耐震補強がどれくらい普及するか」「どのくらいの人々が耐震補強をやる気になるか」「社会全体としての地震リスクの認知度がどのくらい上昇するか」など、関心の対象に関する定量的な指標を定義し、その値が特定の施策によってどう上昇/下降するかを評価することである。

この評価を行うためには、人々が施策というインプット

をどう処理して、認識や行動の変化というアウトプットを得るかに関するメカニズムを明らかにしなければならない。これを行う際、(1)で明らかにする耐震補強阻害要因の構造化が役に立つことになる。

本論文は、既存研究の成果が有する意義を認め、それを十分に生かしつつ、これらとは異なった角度から上記の(1)(2)を行うことを、目的とする。

なお、住宅の耐震補強促進については、相反する意見が存在しうる。例えば、五十嵐(2006)は、既存不適格住宅が違反建築としてつくられたものではなく、建築後の法令改正によって不適格な部分が生じた物件であることを確認したのち、こうした住宅が密集する地帯の再開発に関する複数の立場を紹介している<sup>14)</sup>。例えば、これらの地域は道路が狭いことがあり、これはクルマの入らないヒューマンスケールの路地の存在を示唆する。また下町らしい人間臭さ、人情味などを評価することもでき、こうした地域に住むこともひとつの生き方であり選択である。本論文では、こうした立場も認識はしつつも、耐震化率向上を是とするという前提に立つことを仮定して議論を進めることとする。

## 2. 耐震補強実施に関係する判断要因の構造化

本章では、1章(1)の考え方に則って、耐震補強実施

に関わる判断要因の構造化を行う。

### 2.1. 方法

1章で述べたとおり、耐震補強を促進/阻害する要因については、多くの既存研究において検討されてきた。これらにおいて挙げられているもののうちA「耐震補強を行う/行わない原因」については、それがC「耐震補強実施に関係する判断要因」のうち何に働きかけているのかを検討する。また、阻害要因としてB「個人属性」が挙げられている場合は、そのような個人属性を有する人々はCのうちどの要因が大きくなるのかを検討する。このような形で、Cの要素を列挙してゆき、それらを整理・階層化してゆく。

### 2.2. 結果

こうして判断要因を構造化した結果を Fig. 1 に示す。説明上の便宜のため、この構造化中の各要素に

$$X_0, X_1, X_{11}, X_{111}, X_{112} \dots$$

の名前を付しておく。例えば、 $X_1$ の下位要素として三つの要素 $X_{11}, X_{12}, X_{13}$ が位置している。これは、 $X_1$ が互いに意味の重複を起こさない三つの要素で構成されていることを示している。

この図に示されている通り、我々は耐震補強阻害要因を、 $X_1$ (耐震補強の必要性)と $X_2$ (耐震補強を実施する上での障害)の二つに大きく分けた。

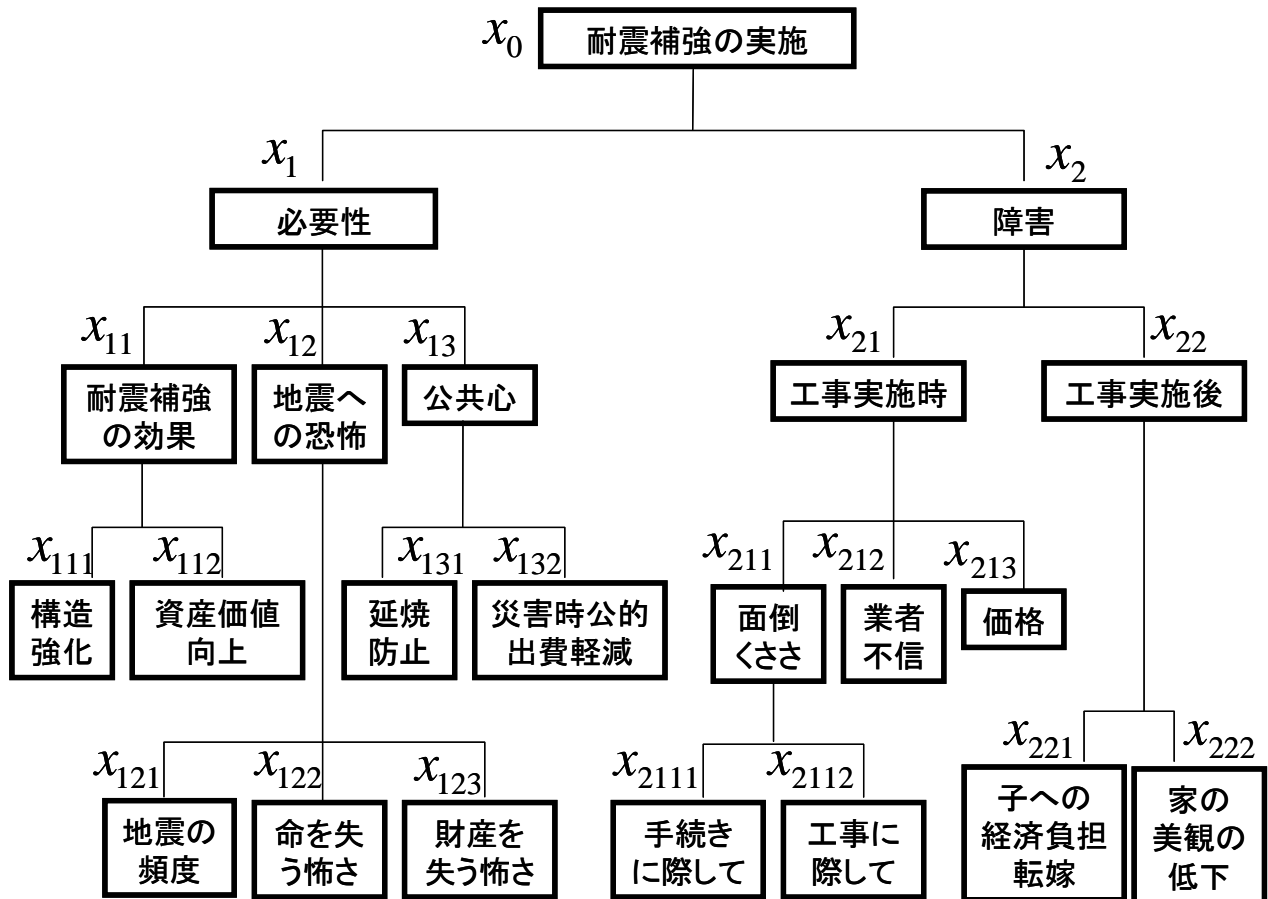


Fig. 1 耐震補強実施の判断要因の構造

さらに、 $X_1$  は  $X_{11}$  (地震への恐怖心)、 $X_{12}$  (耐震補強の効果)、 $X_{13}$  (公共心) の3つに関する認識により構成されると考えた。公共心とは、自らが耐震補強を行うことは社会全体の利益になると考える心を指す(2.3節参照)。一方、 $X_2$  は  $X_{21}$  (耐震補強工事を実施する上で直面する様々な障害) と  $X_{22}$  (工事実施後に直面することがあらかじめ想定されるような障害) の二つに分類した。前者は手続き時 ( $X_{211}$ ) や工事期間中 ( $X_{212}$ ) の面倒くささ、設計・施工業者への不信 ( $X_{212}$ )、価格の高さ ( $X_{213}$ ) で構成されるとした。後者は、子供の世代への経済負担の転嫁 ( $X_{221}$ )、工事完成後の家の美観の低下 ( $X_{222}$ ) で構成されるとした。

もちろん、この構造の中に、人々が有するあらゆる判断基準が含まれているという保障はない。自分の住まいや自分の死にどう向き合うか/合わないかという問題は極めて個人的なものであるから、この構造図には含まれない要因を有する人もいるかもしれない。もしもそのような欠損のうち、我々の最終的な目的である政策インパクトの予測精度に重大な影響を及ぼしうるものであれば、その度に構造を更新してゆくことが必要になる。その意味で、Fig. 1は暫定的なものである。

また、この図は一意的なものでもない。判断要因を、重複を避ける形で分類する方法は無数にあるはずであるが、今回はそのうちの一つを示したに過ぎない。この構造図が一意的でないとしても、この図を用いた第3章以降の分析には全く支障が生じない。

なお、以上の構造化を行う上では、世界的に(特にOR、すなわちオペレーションズリサーチという学術分野において) 広く知られた意思決定支援手法である、AHP (Analytic Hierarchy Process) を参考にしたことを付記しておく。AHPは Saaty<sup>11) 12)</sup> によって開発された手法である。この手法が想定するのは、意思決定者がいくつかの選択オプションを有しており、かつそれらを評価する複数の基準が存在するような場面である。

例えば、家を購入したい意思決定者は、望ましい家を選択するにあたって「価格の低さ」「家の質」「庭の広さ」「交通の便のよさ」「周囲の環境」といった複数の判断基準を持ち、それらを比較考量していると考えられる。さらに、これらの判断基準は、より詳細な基準へと分類される。このようにして、「家の望ましさ」という基準が、いくつかの層に階層化されていく。

AHPは、階層化された各基準間の重要性を重み付けるとともに、それらの基準に従って選択オプションを評価してゆく。そして、この二つの情報を合わせることで、各選択オプションが「家の望ましさ」という究極的な基準にどの程度貢献するかを数値的に決定するものである。

本章における耐震補強の判断基準の構造化は、このAHPによる判断基準の階層化に対応するものである。

### 2.3. 既存研究の成果との関係

第1章で述べたように、多くの既存研究が耐震補強を阻害する要因について検討してきた。ここでは、それらの研究の成果が Fig. 1 にどのように取り込まれているのかについて述べる。ただ、既存研究が扱う全ての要因への言及は無理であり、代表的なものを例示するに留める。

上述のように、小椋山ほか<sup>1)</sup> は、耐震補強を含む地震対策行動の11の阻害要因(と、その裏返しとしての11の誘因)を、広範な文献調査に基づいてまとめている。例えば、この阻害要因リスト中の、「自分の住宅の耐震性が高いという思い込み」<sup>5)</sup> については、そのような思い込みをしている人は自信が被害にあうような地震の発生可能性を認識できていない(すなわち  $X_{121}$  「地震の頻度」の認識不足) と解釈できる。

次に、阻害要因「対策方法・効果に関する知識・理解の不足」<sup>5)</sup> のうち「効果の不足」は  $X_{11}$  「補強の効果」に対応する。また、「知識の不足」については、これに該当する人は行政への手続きの手間を面倒に思うがゆえに耐震補強に踏み切らないとすれば、 $X_{211}$  「手続きに関しての面倒くささ」に対応すると解釈できる。

誘因「個人的な情報探索行動のしやすさ」「住民間の相互作用」<sup>4) 7) 8)</sup> を有する人は、 $X_1$  「必要性」全般について知り合いと情報交換をしているかもしれないし、またどこが優良/悪徳業者であるかについて情報交換をしていれば  $X_{212}$  「業者不信」にも対応する。

阻害要因「個人では災害に対処しえないという考え」<sup>6)</sup> については、このような考えを有している人は、その結果として  $X_1$  「必要性」の下位要因のどれかの認識が欠如するがために、耐震補強に踏み切らないと解釈すればよい。

誘因「直接の被害体験」<sup>9)</sup> については、これをもっている人は  $X_{12}$  「地震への恐怖感」が強く喚起されているものと解釈できる。

また、この11の誘因/阻害要因とは別に、田中ほか<sup>10)</sup> は、地震発生時に倒壊家屋が消火活動の妨げになることを指摘した上で、家屋の耐震補強が防災に貢献することの認識を広める重要性を説いている。同時に、耐震補強は災害後の公的出費に貢献することにつながることも述べている。こうした、社会全体の利益のために耐震補強を行うという視点は、現時点では社会に殆ど浸透していないと考えられる。しかし、今後の政策誘導によっては、これが耐震補強の誘因として定着してゆく可能性もあり、またそれは必要なことでもあると考えられるため、 $X_{13}$  「公共心」という

項目を立て、Fig. 1 の中に含めた。

このように、既存文献において言及された誘因や阻害要因の殆どは、そのままの形で、あるいは形を変えて、Fig. 1 のどこかに埋め込まれている。我々が気付く限りにおいて、その唯一の例外は、阻害要因「将来建て替えをする予定がある」という理由によって耐震補強の実施をためらうケースである。この阻害要因に対応するものを Fig. 1 に取って代わっていないのは、このような状況下にある家屋所有者に耐震補強工事の実施を促すべきであるか否かという点において、政策判断が分かれる可能性が無いとは言えないからである。Fig. 1 は、政府が耐震補強の実施を促したいと考える家屋の所有者を対象として、その人が有する判断メカニズムを明示化するために作られたものである。

### 3. 定量的分析手法の提案

本章では、1.2 節 (2) で言及した手法を詳述する。

#### 3.1. 問題の定式化

我々の目標は、ある対象地域（例えば県や市などの行政単位）において、耐震補強を促進するための施策を実施した際のインパクトを事前に予測することである。第 2 章で示した判断基準の構造の中の一要素  $X_s$  に関してある人が持っている認識を 5 段階で点数化したとして、その値を  $x_s$  と呼ぶことにする。例えば、基準  $X_1$ （耐震補強の必要性）に関して、この必要性を非常に強く感じている人は  $x_1 = 1$ 、また全く感じていない人は  $x_1 = 5$  などと定義する。すなわち、 $x_s$  は人によって値が変わる変数であると定義する。

この定義に続き、 $x_s$  の頻度分布  $N_s(k) (k = 1, \dots, 5)$  を、対象地域において  $x_s = k$  を満たす人の数であると定義する。また、正規化された頻度分布  $p_s(k) (k = 1, \dots, 5)$  を

$$p_s(k) = N_s(k) / \sum_{i=1}^5 N_s(i)$$

によって定義する。

さらに、Fig. 1 の構造中の  $X_s$  のうち、自分自身より下に要素が付いていないような最下流要素の集合を  $B$  とする。以上の定義に基づき、問題を定式化する。耐震補強促進のための施策を実施することによって、 $X_s \in B$  を満たす各  $s$  に対応する頻度分布  $N_s(k)$  が変化する。この変化が、それより上の要素の頻度分布を変化させるが、それが最終的に最上流要素の頻度分布  $N_0(k)$  をどのように変化させるかを予測することが、提案手法の目的である。

なお、これが達せられることは、 $N_0(k)$  が実際に変化し

た際に、その原因を説明できるようになることと等価である。それが可能になれば、 $N_0(k)$  をさらに変化させるための戦略を検討することも可能になる。

政策のインパクトを計る指標としては、(ア)  $x_0$  の平均値の減少幅（施策実施によって平均値が小さくなることが期待される）、(イ)  $x_0 = 1$  を満たす人の数の増加幅、(ウ)  $x_0 = 5$  を満たす人の減少幅等が考えられる。どの指標を採用するにしても、施策実施後の  $x_0$  の頻度分布  $N_0(k)$  が求められれば、これらの指標は計算可能である。この理由から、 $N_0(k)$  を求めるという問題を設定したわけである。

#### 3.2. 前提条件の設定

$X_s$  を構造中の一つの要素であるとし、その下に二つの要素  $X_{s1}, X_{s2}$  があるとすると、これらの要素に関して、

$$x_{s1} = i, x_{s2} = j (1 \leq i, j \leq 5)$$

を満たす人の中で、

$$x_s = k (1 \leq k \leq 5)$$

をも同時に満たす人の割合を  $g_{ij}^s(k)$  とおく。

仮に、 $X_s$  が三つの要素を下位に有する場合、

$$x_{s1} = i, x_{s2} = j, x_{s3} = k (1 \leq i, j, k \leq 5)$$

を満たす人の中で

$$x_s = l (1 \leq l \leq 5)$$

を満たす人の割合は  $g_{ijk}^s(l)$  と定義される。

人々が施策というインプットをどう処理して、認識や行動の変化というアウトプットを得るかに関するメカニズムを明らかにすることを通じて 3.1 で設定した問題を解く上では、施策の前後を通じて変わらない、人々の認識のパターンを見出すことが必要になる。本論文では、これに対応する次の前提を設定する。

**前提 1** ある特定の集団において、人々が有する  $x_0$  の値の変化を促進するような施策を実施した場合、集団内で

$$x_{s1} = i, x_{s2} = j (1 \leq i, j \leq 5)$$

を満たす人の数は変化する。また、その中で

$$x_s = k (1 \leq k \leq 5)$$

を満たす人の数も変化する。しかし、それでも  $g_{ij}^s(k)$  の値は不変に保たれる。

これは  $X_s$  が二つの要素を下位に有する前提で記述したもののだが、三つの要素を持つ場合も同様のことが成り立つものとする。この前提の妥当性は次章で検討される。さらに、これとは別に次の前提も設ける。

**前提 2** 要素  $X_s$  の下位に二つの要素  $X_{s1}, X_{s2}$  があると

する。そして、これらの正規化された頻度分布

$$p_{s_1}(k), p_{s_2}(k) (1 \leq k \leq 5)$$

が分かっているものとする。このとき、集団内の中で

$$x_{s_1} = i, x_{s_2} = j (1 \leq i, j \leq 5)$$

を満たす人の割合は  $p_{s_1}(i) \cdot p_{s_2}(j)$  で与えられる。

この前提2は、二つの要素  $X_{s_1}, X_{s_2}$  が互いに独立であることを意味するものである。すなわち、集団内のある人が有する  $x_{s_1}$  の値が分かったとしても、その人が持つ  $x_{s_2}$  の値についての情報が全く得られないということを意味する。この前提の妥当性も次章で検討される。

### 3.3. 手法

以上の二つの前提を用いて、3.1 節で定式化した問題を解くことにする。

(1) まず、施策実施前の段階において、集団内の全ての人(実際にはサンプリングされた人) が有する

$$x_0, x_1, x_{11}, x_{12}, \dots$$

のすべての値を調査する。そして、これを集計することにより、全ての  $s$  に対して施策実施前の段階における  $g_{ij}^s(k)$  または  $g_{ijk}^s(l)$  を求める。そして、前提1に従い、この量は施策実施後の段階においても保持されるものと仮定する。

(2) 続いて、ある施策を実施することにより影響を受ける (=頻度分布が変化する) 全ての最下位の要素  $X_s \in B$  に対して、施策実施後の頻度分布  $N_s(k)$  と正規化された頻度分布  $p_s(k) (1 \leq k \leq 5)$  を求める。

(3) 各  $X_s$  の施策実施後の頻度分布を、その下位要素の頻度分布  $N_{s_1}(k), N_{s_2}(k), \dots$  を用いて導出する。その作業を下位から上位の要素に向かって繰り返し行うことにより、最終的な目標である頻度分布  $N_0(k)$  を得る。

要素  $X_s$  の下位に二つの要素  $X_{s_1}, X_{s_2}$  があるとする。また、これら二つの下位要素に関する情報提供後の正規化された頻度分布

$$p_{s_1}(k), p_{s_2}(k) (1 \leq k \leq 5)$$

が与えられたとする。このとき、情報提供後の  $X_s$  の正規化された頻度分布は

$$p_s(k) = \sum_{i,j=1}^5 p_{s_1}(i) \cdot p_{s_2}(j) \cdot g_{ij}^s(k) \quad (1 \leq k \leq 5)$$

で与えられる (これに全サンプルサイズを掛ければ、頻度分布  $N_s(k)$  が求まる)。理由は以下の通りである。前提2によれば、情報提供後に  $x_{s_1} = i, x_{s_2} = j$  を両方満たす人の比率は  $p_{s_1}(i) \cdot p_{s_2}(j)$  で与えられる。従って、この中でさらに、情報提供後に  $x_{s_1} = i, x_{s_2} = j, x_s = k$  を満たす人の比率は、前提1によれば  $p_{s_1}(i) \cdot p_{s_2}(j) \cdot g_{ij}^s(k)$  で与えられる。これを全ての  $i, j$  について足し合わせれば、それが求めたいものである。

仮に  $X_s$  が三つの下位要素を持つ場合、その頻度分布は

$$p_s(l) = \sum_{i,j,k=1}^5 p_{s_1}(i) \cdot p_{s_2}(j) \cdot p_{s_3}(k) \cdot g_{ijk}^s(l)$$

の形をとる。

次章では、ここで構築した手法を実際に適用する。

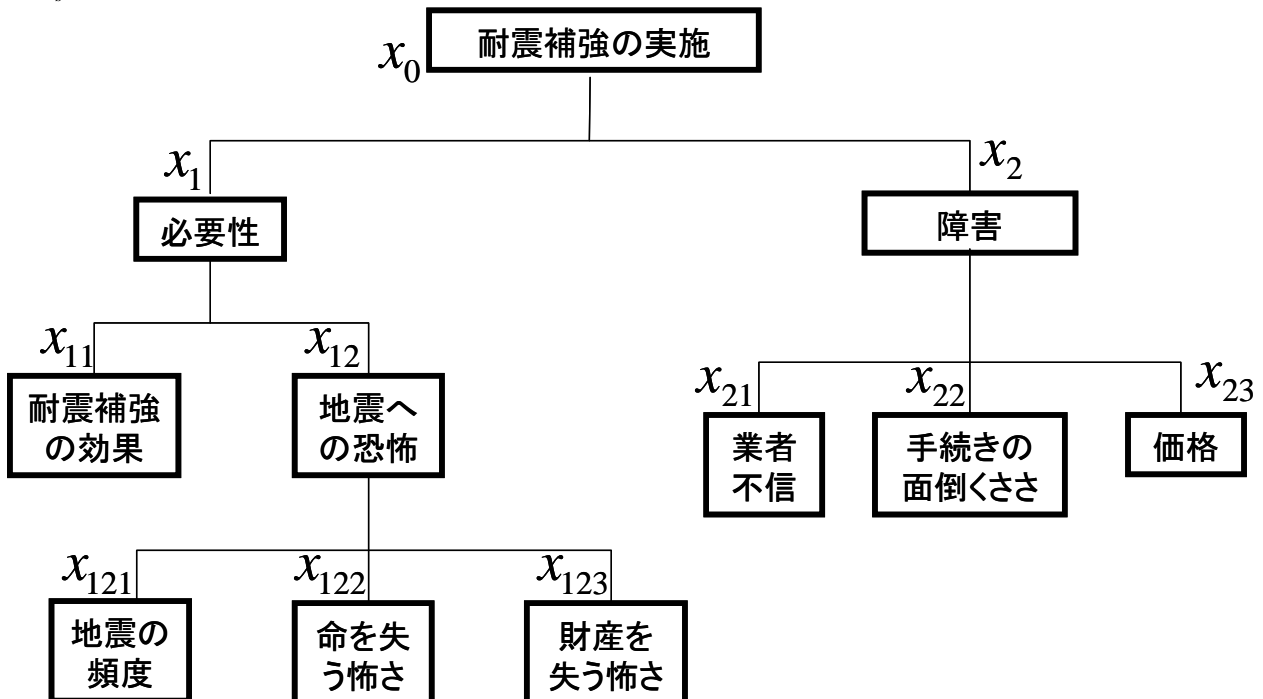


Fig. 2 耐震補強実施の判断要因の構造 (簡略版)

#### 4. 手法の適用

第2章では、耐震補強実施に関係する判断要因を構造化した。本章では、この構造に対し、第3章で提案した手法を実際に適用する。ただし、Fig. 1の網羅的な構造においては要因数が非常に大きい。そこで、便宜上、主要と思われるもののみを抜粋し、Fig. 2の構造を分析の対象とする。

##### 4.1. アンケート調査の概要

分析にあたっては、まず高知市を対象としたアンケート調査を実施し、データを取得した。その調査の概要は以下の通りである。

- 実施時期 2009年6月
- サンプルング 無作為に抽出した高知市民 6000人に郵送でアンケートを実施した。回答のあった1472人のうち、下記の対象条件を満たしたのは786人だった。さらに、この中で回答内容に欠損（無回答の質問）を含まない461人の回答結果を分析対象とした。
- 対象条件 二つの条件「耐震補強や耐震診断を経験したことが無い」「木造1戸建ての持ち家に住んでいる」を両方満たす人を対象とした。

アンケートの内容については、以下の通りである。第一に、構造内の全ての要因  $X_s$  に対応する質問を行った。具体的には、 $s = 0$  については「あなたは耐震補強を行う意思がどの程度あるか」、 $s > 0$  については「その要因をあなたはどの程度重視するか/どの程度念頭に置いているか」という趣旨の質問を行った。いずれも、程度が最も大きい場合を1点、最も小さい場合を5点として、5点満点で答えてもらった。

第二に、全ての最下位要素  $X_s \in B$  について、それに対応するような情報提供を質問紙内で行った。例えば、 $X_{121}$  「地震の頻度」については、当該地域においてどの程度の頻度で地震が起こっているか、また将来の地震について、どのようなことが予測されているか等の情報を提供した。また、 $X_{22}$  「手間」については、公的補助を受けながら耐震補強を行うために、どのような手続きが必要になるかについての情報を提供した。

第三に、その情報提供に引き続き、第一のものと同じ質問を行った。

また、これらとは別に、回答者の属性に関する質問も行った。それらは「世帯主の年齢」「同居家族の合計年収」「職業」「家族構成」「居住地の地盤の良さ」「リフォームや立替の経験の有無」「リフォームや立替の予定の有無」「建築専門家の知り合いの有無」「耐震補強について相談できる知人の有無」「住まいの建築年数」「子孫に家を残す意思の有無」「住まいの売却または賃貸物件としての貸し出しの意思の

有無」である。

以上のようにして収集したデータの分析結果を、続く4.1節・4.2節で示す。

##### 4.2. 隣接する2階層間の関係性の分析

本節では、Fig. 2中の要因  $X_s$  に関する頻度分布の変化が、その直下の要因  $X_1, X_2, \dots$  の頻度分布の変化に関する情報を用いてどこまで正確に説明することが出来るかを検証する。これは、各要素について、3.2節で示した二つの前提がどこまで正しいかを検証することにもつながっている。

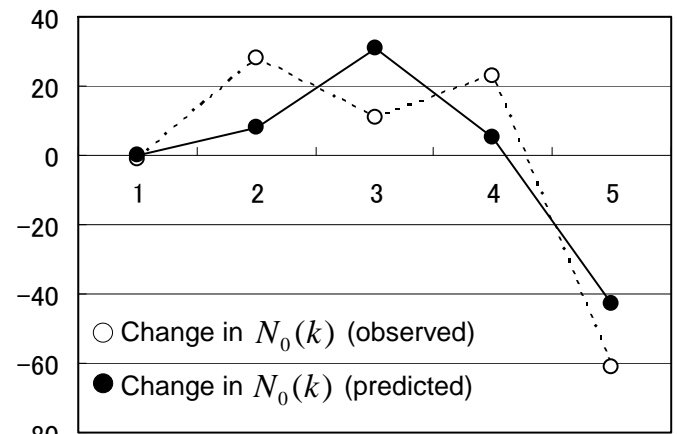


Fig. 3  $x_0$  の頻度分布の変化

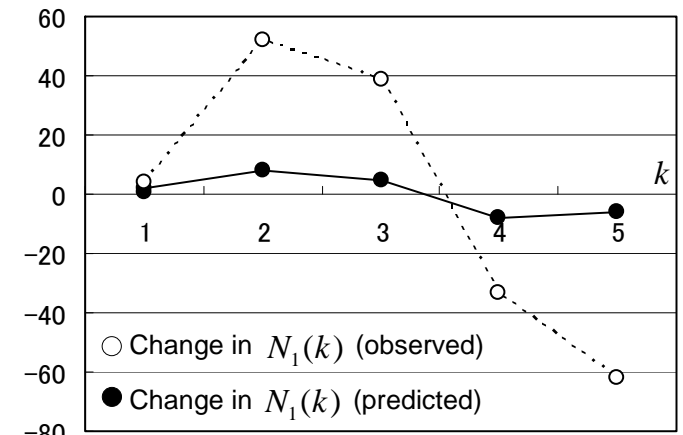


Fig. 4  $x_1$  の頻度分布の変化

##### (1) 要因 $X_0$ 「耐震補強を実行する意思」

この要因には、二つの下位要因  $X_{s1}, X_{s2}$  がある。我々のここでの関心は、情報提供前に人々が有するデータのセット  $(x_0, x_1, x_2)$  と、情報提供後に人々が有するデータのセット  $(x_1, x_2)$  とを用いて、情報提供後に人々が有する  $x_0$  の値の頻度分布の変化を予測し、それが実際にアンケート中で得られた頻度分布の変化とどの程度一致しているかを確かめることである。予測分布については3.3節で述べた数学的手法により、また実際の分布についてはアンケートの

回答結果を集計することにより、Fig. 3の結果を得た。縦軸は、「情報提供により  $X_0 = k (1 \leq k \leq 5)$  を満たす人の数がどう増減するか」に関する予測値と現実値とであり、負の値は減少を意味する。

この図を見ると、提案した手法は現実の頻度分布の変化の大まかな傾向はよく再現しているといえることができる。具体的には、 $x_0 = 5$  (すなわち、耐震補強を実行する意思が全く無い人) は大幅に減少し、逆に  $x_0$  が1~4点の人数が微増している。ただし、その配分についてまでは再現できていない。

予測が現実をある程度の精度で予測できていることは、 $N_0(k)$ の分布形状の変化が「 $N_1(k)$ の分布形状の変化」「 $N_2(k)$ の分布形状の変化」の2つによって説明できること、すなわち前提1 (および2) が比較的よく成り立っていることを示唆している。すなわち、人々は情報の提供を受けて  $(x_1, x_2)$  の値を変化させ、その結果として  $x_0$  の値を変化させたとしても、 $(x_1, x_2)$  と  $x_0$  との対応のさせ方については一定の傾向を保持していると考えられる。別の言い方をすれば、人々は耐震補強を実施するか否かを判断するにあたり、その必要性和実行する上での障害という二つの判断要因をどう比較考量するかについての傾向が、比較的安定しているということである。

**(2) 要因  $X_1$  「耐震補強の必要性」**

この要因には、二つの下位要因  $X_{11}, X_{12}$  がある。前者は「耐震補強の効果」、後者は「地震への恐怖」である。この要因の頻度分布がどう変化するかを予測した結果を、観測された結果とともに示したのが Fig. 4 である (縦軸は、「情報提供により  $X_1 = k (1 \leq k \leq 5)$  を満たす人の数がどう増減するか」に関する予測値と現実値とであり、負の値は減少を意味する)。

この図を見ると、2点と3点の人数が増加し、逆に4点と5点の人数が減少している傾向は再現されている。しかし、現実の変化をかなり過小に予測するという結果になっている。これは十分な精度とは言いがたい。

その理由は以下の通りである。仮に Fig. 4 の計算を行う際に、情報提供の前  $g_{ij}^1(k)$  ではなく後の  $g_{ij}^1(k)$  を用いたとすれば、計算結果は図の点線 (Observed) にほぼ一致していたはずである (そのずれ幅の小ささは、前提2が現実にとどの程度成り立っているかを示す尺度である)。実際、観測された  $N_1(k) (1 \leq k \leq 5)$  の値は順に (43, 115, 158, 80, 65) であるが、これに対し、情報提供後の  $g_{ij}^1(k)$  を基に再現された  $N_1(k) (1 \leq k \leq 5)$  の値は、順に (43, 117, 153, 77, 70) である。両者は非常によく一致しており、前提2の破れに起因する誤差は無視できると結論付け

られる。従って、Fig. 4 の2つの分布形状間の違いの大部分は、前提1が破られたことに起因するものである。

ここから分かるのは、 $N_1(k)$  の分布形状の変化は「 $N_{11}(k)$  の分布形状の変化」「 $N_{12}(k)$  の分布形状の変化」「 $g_{ij}^1(k)$  の変化」、以上の3つに起因するが、 $X_0$  について論じた(1)の時とは異なって「 $g_{ij}^1(k)$  の変化」の寄与が無視できないほど大きいということである。

言い換えれば、 $X_{11}$  「地震への恐怖心」や  $X_{12}$  「耐震補強の効果」に関する情報を人々に提供すると、これら2要因に関する彼 (女) らの認識が変化するのみならず、その変化が  $X_1$  「耐震補強の必要性」の変化に寄与する際の感度が飛躍的に大きくなる。

このことは、以下のように解釈できる可能性がある。す

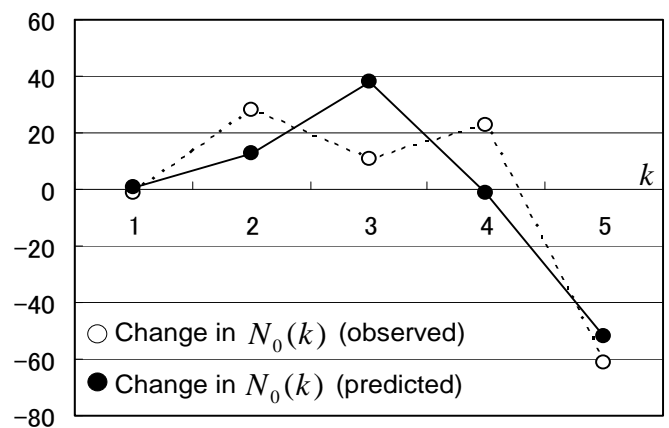


Fig. 5  $x_0$  の頻度分布の変化

なわち、人々は、耐震補強がなぜ必要であるかについて、かなり漠然とした考え方しか持っていない。しかし、 $X_{11}$  に関する情報提供や、 $X_{12}$  の下位に属する情報提供によって、「耐震補強の必要性を考える上では補強の効果と自分自身が持っている恐怖感とを比較考量する」という思考パターンを獲得したのではないだろうか。従って、情報提供の前後において思考パターンが不変に保たれなくなり、前提1が破られたという可能性を考えることができる。

なお、紙面の都合上  $X_{12}$  とその下位要因との関係性の分析結果は割愛するが、 $X_1$  の分析と同様の精度であった。すなわち、増加/減少の傾向については再現されているが、その変化の幅については過小評価される傾向にあった。

**(3) 要因  $X_2$  「耐震補強を実施する上での障害」**

この要因には、二つの下位要因  $X_{21}, X_{22}, X_{23}$  がある。それぞれ「業者等への不信」「面倒くささ」「金銭的な障害」である。紙面の都合上、図は省くが、値が1点と2点の人数が増加し、3点と4点の人数が減少しているという傾向は再現された。 $X_1$  の分析と同様に過小評価の傾向はある



ものの、精度は Fig. 3 に比べれば良かった。

### 4.3. 隣接しない階層間の関係性の分析

前節 4.1 においては、ある階層における要因の頻度分布の変化をもとに、その一つ上の階層の要因の頻度分布を再現した。本節では、それよりも上の階層に位置する要因の頻度分布をどの程度の精度で再現できるかを考察する。

4.1 節(1)ですで見たとように、 $X_1$  とその下位要因との間の関係性は、情報提供によって大きく変化し、前提 1 が成り立つとは見なせないことが分かっている。従って、本節では、「 $x_{11}$  や  $x_{12}$  の頻度分布の変化が  $x_0$  の頻度分布の変化にどの程度寄与しているか」に関する分析は一旦あきらめる。そして、「 $x_1, x_{21}, x_{22}, x_{23}$  の各頻度分布の変化が  $x_0$  の頻度分布の変化にどの程度寄与しているか」を分析する。手順は以下の通りとする。

1. 情報提供前の  $(x_0, x_1, x_2)$  のデータをもとに  $g_{ij}^0(k)$  ( $1 \leq i, j, k \leq 5$ ) を求める。
2. 情報提供前の  $(x_2, x_{21}, x_{22}, x_{23})$  のデータをもとに  $g_{ijk}^2(l)$  ( $1 \leq i, j, k, l \leq 5$ ) を求める。
3. 情報提供前の  $x_{21}, x_{22}, x_{23}$  のデータを集計し、それらの頻度分布を求める。
4. 情報提供後の  $x_1$  のデータを集計し、それらの頻度分布を求める
5. 2 と 3 の結果を合わせ、情報提供後の  $x_2$  の頻度分布を予測する。
6. 1 と 4 と 5 の結果を合わせ、情報提供後の  $x_0$  の頻度分布を予測する。

以上のプロセスを実行することにより、Fig. 5 の結果を得た。これを見ると、4.1(1)のときと同様に、大局的な傾向がよく再現されていることが分かる。

この精度が仮に十分なものであると仮定すれば、以上の結果は「耐震補強の実施上の障害の認識を変化させるような施策を行った場合に、それが人々の耐震補強実行意思に与える影響 (すなわち  $x_0$  の頻度分布の変化) を予測することが可能になった」ことを意味する。

### 4.4. 施策インパクト予測の実施例

以上のことを踏まえながら、本節では値  $x_1$  を減少 (必要性を喚起) する施策 (A) と、値  $x_2$  を増加 (障害を軽減) する施策 (B) とについて、インパクトを予測する。

4.1 節で述べたアンケートにおいて、情報提供をする前の段階での  $x_1$  と  $x_2$  の頻度分布は得られている。そこで、施策 (A) は、全ての人の  $x_1$  の値を 1 点減じ、施策 (B) は全ての人の  $x_2$  の値を 1 点増やす効果を持つものと想定

し、それらの施策後の  $x_1$  と  $x_2$  の頻度分布を作成する (ただし、1 点を下回ったり 5 点を上回ったりする場合は点数を据え置く)。そして

(Case 1) 施策 (A) のみを実施した場合

(Case 2) 施策 (B) のみを実施した場合

(Case 3) 施策 (A) と (B) とを同時に実施した場合

の三つの場合について、情報提供前のデータを基に得られた  $g_{ij}^0(k)$  を用い、 $x_0$  の頻度分布を計算した。Fig. 6 は、情報提供前の  $x_1$  と  $x_2$  の頻度分布から計算される  $x_0$  の頻度分布 (すなわち Fig. 3 の実線) からのずれを、三つの Case について図示したものである。

この図 から読み取れることは二点ある。第一に、必要性を喚起する Case 1 のほうが、障害を軽減する Case 2 より



Fig. 6 3 ケースのインパクト比較

もインパクトが大きい。 $x_0$  の値の平均値は、Case 1 では 0.49 減少し (すなわち補強実施意思が強まった)、Case 2 では 0.16 減少した。ただし、 $x_1$  と  $x_2$  の頻度分布を 1 点だけずらすことの容易さは同じではないであろうから、単純に「Case 1 に重点を置いた施策を考えるべきだ」という結論にはならない。

第二に、施策のインパクトの出方に非線形性が見受けられる。Case 3 において  $x_0$  の値の平均値の減少幅は 0.75 であるが、これは (A) (B) を独立に行った場合における減少幅を足し合わせたもの (=0.65) よりも大きい。つまり、(A) (B) の施策の相乗効果が生じていると考えられる。

$x_0$  の値が 1 点である人 (耐震補強実行の意思が非常に強い人) の数の増加幅も、(A) (B) をそれぞれ単独で行った場合にそれぞれ 7 と 5 であるのに対して、両者を同時に行った場合の増加幅は 18 であった。

なお、以上はアンケートにおける情報提供前の  $g_{ij}^0(k)$  を用いたものであるが、情報提供後のそれを用いても同様の傾向が見受けられた。

なお、第二の知見から分かるように、本手法においては、

構造中の下位要因に対応する諸値と上位要因の値との関係性は、仮に非線形性が存在したとしても  $g_{ij}^0(k)$  によって表現することが可能となっている。

一般に、ある変数とそれに影響を与える説明変数との間に非線形性が認められる場合、その非線形性のタイプに適したモデル化の方法を見出した上で、そのモデル内のパラメタを推定するという手順によって、両変数間の関係性が特定される。ただ、この手順は非常に煩雑である。例えば、仮に高知市における両変数間の関係性をこのように特定できたとしても、別の地域を分析するには全く別のモデル化の方法が必要になる可能性もある。

これに対し、本手法は、そのような複雑な数学的処理を要しない上に、どのような非線形性が存在していたとしても同一の手順で変数間の関係性を特定できるため、手法の適用が非常に簡便である。これは大きなメリットである。

#### 4.5. 手法についての結語

本章の 4.1 節と 4.2 節とにおいて明らかになったのは、主に以下のことである。

- 仮に前提 1（および前提 2）が満たされ、施策によって人々の有する耐震補強実行の意思の頻度分布が予測できる。
- しかし、構造内の各要因に関連する情報を提供すると、それらの要因の重み付けの仕方が変化を受けることがあり、前提 1 が部分的に成り立たなくなる。

しかし、情報提供によって前提 1 が成り立たなくなるとしても、それは本手法の有用性を否定するものではない。なぜなら、施策によって前提 1 で言及されている  $g_{ij}^s(k)$  がどのように変化するかが分かっているならば、それをを用いることによって  $x_0$  をはじめとする各要因の頻度分布は予測できるからである。

例えば、もし市民に対して Fig. 1 や Fig. 2 の構造を理解させ、自らの意思を合理的に判断することを支援するような情報提供をしたとすれば、情報提供後の  $g_{ij}^s(k)$  や  $g_{ijk}^s(l)$  は、今回のアンケートで得られた  $g_{ij}^s(k)$  や  $g_{ijk}^s(l)$  でよく近似されることが期待できる。その場合、本論文においては諦めた分析、すなわち  $x_1$  「必要性」の下位に属する諸要因が  $x_0$  に与える影響についても、分析することは十分可能になると考えられる。

また、例えば  $x_{23}$  「金銭的負担感」を軽減することを目的として、公的助成額を増大する施策のみを断片的に実施したとする。この場合、人々は各判断要因を処理して最終的に  $x_0$  の値について判断する方法はそれほど変化しないはずである。その様な場合には、今回のアンケートで得ら

れた情報提供前の  $g_{ij}^s(k)$  や  $g_{ijk}^s(l)$  を用いることは有効である。

## 5. 構造の最下位要素の変化特性

上の 4 章において考察してきたのは、情報提供等の施策によって最下位の要因の頻度分布が変化した場合に、それがより上位の要因に対応する頻度分布の変化にどう影響を与えるかについてである。

そこにおいては、個人属性（例えば性別や年齢）によって一つの要因とその下位の要因との関係付けの仕方がどのように異なるかについては一切考慮しなかった（ただし、それは属性の違いを無視していたということではない。我々は、多様な属性を持つ人が混合した一つの集団においては、 $x_{s1} = i$  か  $x_{s2} = j$  を満たす人の中で、 $x_s$  の値がばらつき、それが  $g_{ij}^s(k)$  ( $1 \leq k \leq 5$ ) という分布を有すると考える際に、属性の違いを間接的に意識していたのである)。

本論文においては、Fig. 2 の構造の最下位要因の頻度分布が施策によって受ける変化と、個人属性との関係を、考察する。ある最下位要因  $X_s$  の頻度分布は、属性ごとに分類した小グループごとの頻度分布を足し合わせたものであると考えれば、その頻度分布のずれ幅は一般に小グループによって異なるはずである。そこで、属性により頻度分布やその変化の特性がどう異なるかを調べれば、「どのような属性を有する人にはどのような施策を打てば効果的か」といった考察が可能となる。

以下では、すべての最下位要因について、順に考察を行ってゆく。

### (1) 要因 $x_{121}$ 「被害を引き起こすような地震の頻度」

4.1 節において、アンケート調査の中で個人属性に関してどのような質問を行ったかを示した。これらの質問のうち一つを選び、その質問に対する回答結果によって、461 の全サンプルを属性ごとに分類することが可能になる。こうして分類してできた二つないしそれ以上の小グループ毎に、情報提供前および後における  $x_{121}$  の頻度分布を作成する。そして、この作業を様々な質問に対して行うことを繰り返した。

その結果、殆どの質問については、小グループ間で頻度分布の形状やその変化の傾向に違いは見られなかった。

このような質問が殆どである中で、要因  $x_{121}$ （自分が生きている間に、生命や財産を失うような大地震が起こるか）に関する認識の程度に関して、小グループ間の頻

度分布やその変化の仕方に大きな違いを生むものが2つあった。第一は「自分の家が悪い地盤の上に建っていると認識しているか」という質問である。この質問に「はい」と答えたグループは、情報提供を受けて頻度分布が大きく左へシフトした（すなわち、注意が喚起された）。一方、「いいえ」と答えた人は、情報提供を受けても殆ど頻度分布を変えていない。

第二は、「知人に建築の専門家はいるか」という質問である、これに「いいえ」と答えたグループは、頻度分布を大きく左へシフトしている。一方、「はい」と答えたグループは、分布をあまり変えていない。

以上の結果は、次のように解釈することができる。第一に、自分の家が地盤の悪いところに建っていると思っている人は、それ以外の人に比べて、大地震が来る可能性を小さめに評価している。これは、廣井ら<sup>2)</sup>らも指摘する「認知的不協和」の効果である可能性がある。フェスティンガー<sup>3)</sup>によれば、これは、大きい危険が告知された場合に、人はその危険度を恣意的に過小評価するという効果である。

地盤の悪いところに建っていると認識した人が、今回の情報提供を受けて、その頻度分布を左にシフトさせているが、その形状はそれ以外の人の情報提供前・後の形状とほぼ一致している。これは、認知的不協和の状況に置かれている人が、それ以外の人との認識のレベルに並んだと考えることもできる。

第二に、知り合いに建築専門家がいない人は、情報提供前には地震の頻度を過小に評価しており、情報の提供を受けて、彼（女）らの認識が、知り合いに建築専門家がいる人のレベルに並んだと考えられる。なぜなら、知り合いに建築専門家がいない人の情報提供後の分布は、知り合いに専門家がいない人の情報提供前・後の分布の形状とほぼ一致しているからである。

知り合いに建築専門家がいない人は、日ごろより地震の発生可能性についての情報をその知人から受けており、今回アンケートで提供した程度の情報はあらかじめ持っていることが原因の一つとして想定される。

## (2) 要因 $x_{11}$ 「耐震補強の効果」

この要因については、小グループ間で頻度分布やその変化特性に大きな違いが生じるような分類の仕方は、発見できなかった。

## (3) 要因 $x_{122}$ 「生命を失うことへの恐怖」

この要因については、年齢が60歳以上かそれ未満かによ

って全サンプルを分類したとき、小グループ間において頻度分布やその変化特性に大きな変化が見られた。すなわち、情報提供前の段階では両グループの分布はほぼ同一であるが、情報の提供によって高齢層生命喪失の恐怖感が若干喚起された一方で、若年層においては、全くと言って良いほど恐怖感が喚起されなかった。

この結果から、高齢層は若年層に比べて、生命損失に関する情報に敏感であると結論付けることができる。

## (4) 要因 $x_{123}$ 「財産（家や家具）損失の恐怖」

この要因については、全サンプルの頻度分布が情報提供の前後でほぼ同一であった。すなわち、財産喪失の恐怖感は、（少なくとも今回の質問紙内で行った）情報提供によっては、全く喚起されなかった。従ってまた、小グループ間で頻度分布の変化特性に大きな違いが生じるような分類の仕方は、発見できなかった。

## (5) 要因 $x_{21}$ 「行政や業者への不信感」

この要因に関しては、全サンプルを「年収400万円未満」と「400万円以上」とに分けたとき、情報提供による小グループの頻度分布変化特性の違いが最も際立った。その結果をFig. 12と13に示す。なお、ここにおける情報提供とは、信頼できる設計・施工業者を行政が登録する制度に関するものである。

二つの図を見ると、前者（低年収層）においては、分布が殆ど動かない一方で、後者（高年収層）においては、得点が4または5点（不信感が小さい）の人のうち若干名が、3点付近に寄るような変化を見せている。これをどう解釈するべきかについては今後の課題としたい。

## (6) 要因 $x_{22}$ 「面倒くささ」

この要因に関しては、全サンプルを職業別に分類した際に初めて、小グループ間で情報提供による頻度分布およびその変化特性に大きな違いが生じた。Fig. 13, 14, 15にはそれぞれ、「自営業」「無職」「会社員」の各小グループの頻度分布を示す。この図によれば、どのグループにおいても、必要な手続きの詳細に関する情報を提供すると、分布が左へシフトする（面倒くささをより大きく感じるようになる）ことがわかる。また、そのシフトの幅は小グループによって多少の違いがあるが、それほど大きな違いではない（平均点は、自営業が2.80→2.52、無職が2.93→2.52、会社員が2.93→2.59）。

一点注意しておくべきことは、情報提供後において自営業者の中で1点を有している（面倒くささを非常に感じている）人の多さであろう。このことは、職業によって行政

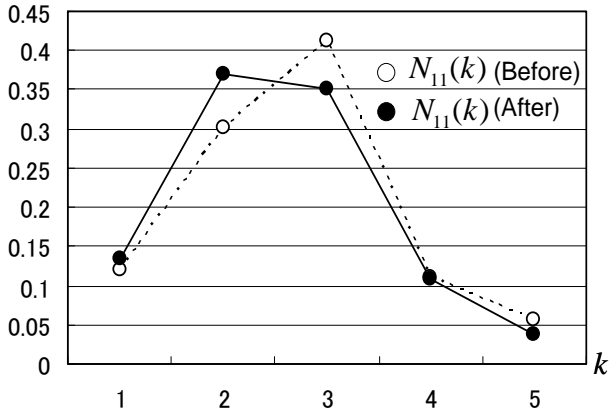


Fig. 6 全サンプルの  $x_{11}$  の頻度分布

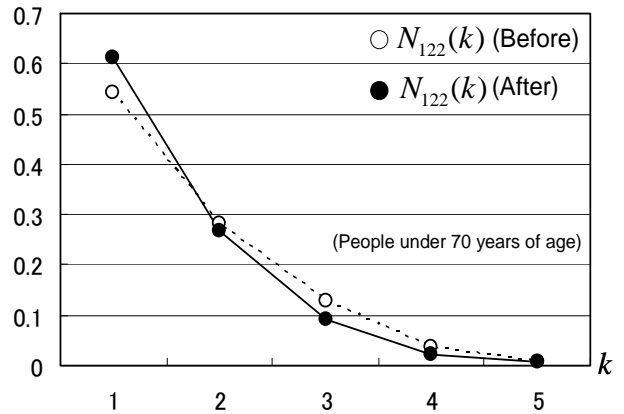


Fig. 10 70歳未満の人の  $x_{122}$  の頻度分布

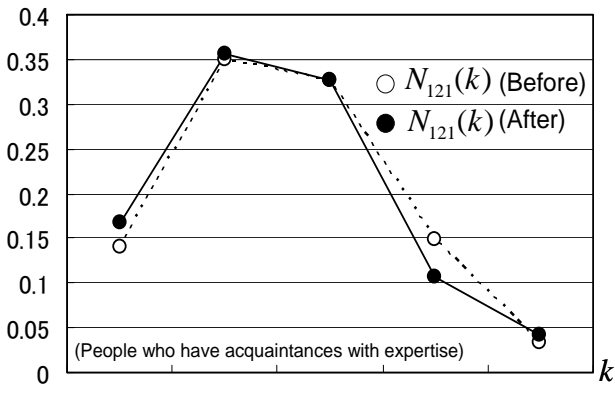


Fig. 7 知人に専門家がいる人の  $x_{121}$  の頻度分布

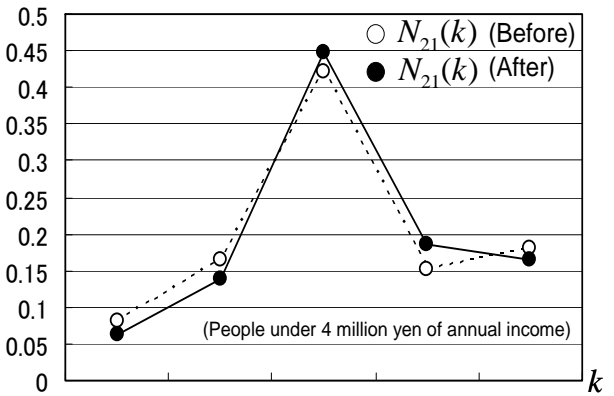


Fig. 11 年収400万円未満の人の  $x_{21}$  の頻度分布

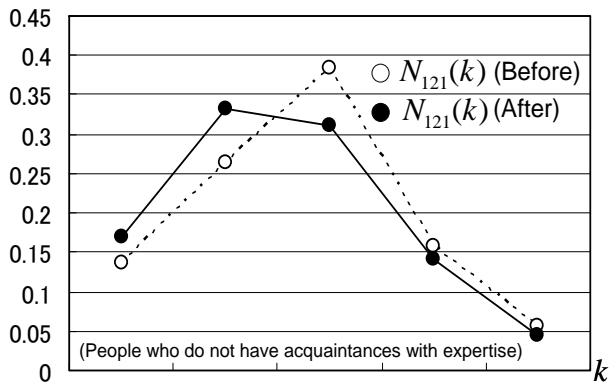


Fig. 8 知人に専門家がない人の  $x_{121}$  の頻度分布

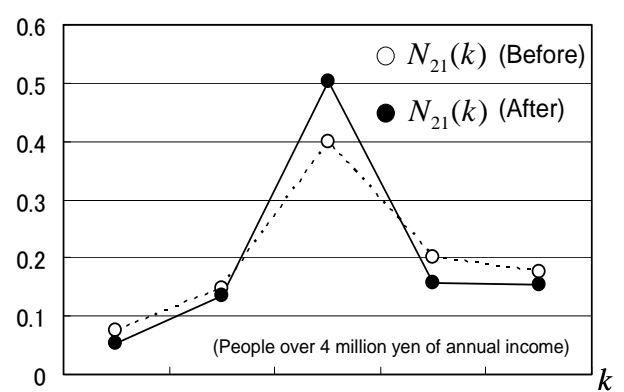


Fig. 12 年収400万円未満の人の  $x_{21}$  の頻度分布

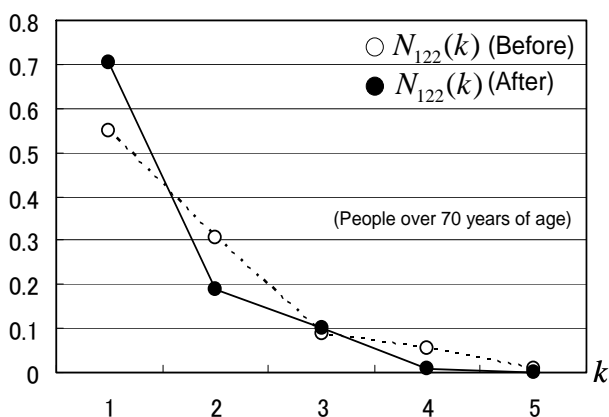


Fig. 9 70歳以上の人の  $x_{122}$  の頻度分布

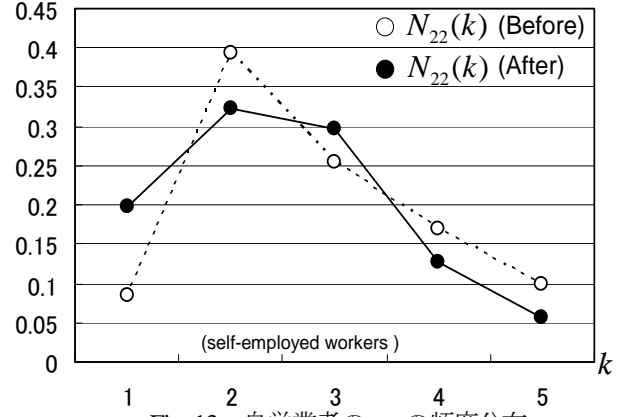


Fig. 13 自営業者の  $x_{22}$  の頻度分布

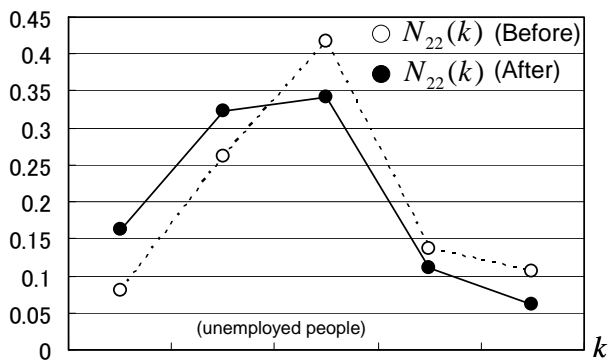


Fig. 14 無職の人の  $x_{22}$  の頻度分布

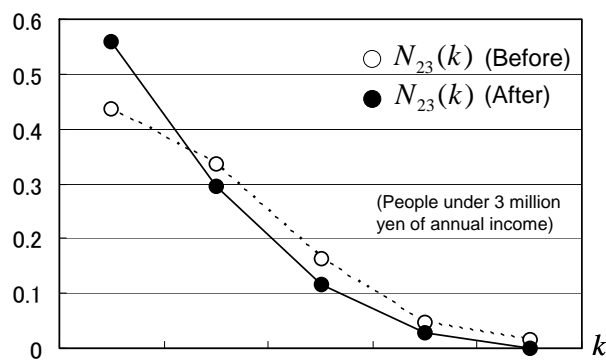


Fig. 16 年収 300 万円未満の人の  $x_{23}$  の頻度分布

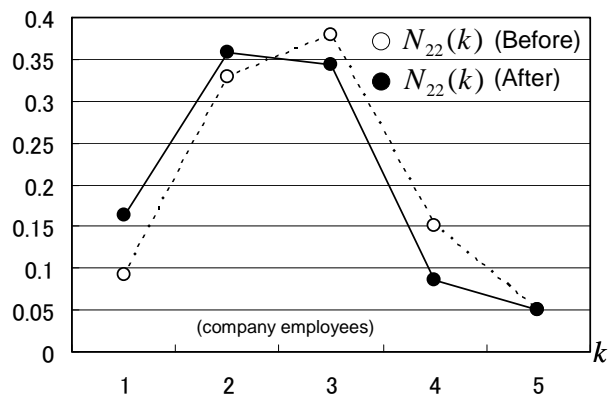


Fig. 15 会社員の  $x_{22}$  の頻度分布

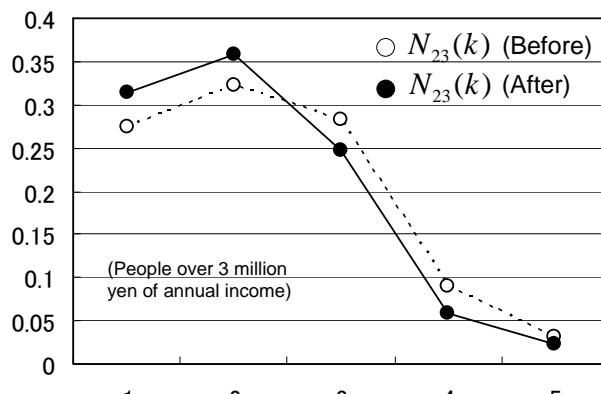


Fig. 17 年収 300 万円以上の人の  $x_{23}$  の頻度分布

窓口に出向くことへの負担感が大きく異なる可能性を示唆している。

**(7) 要因  $x_{23}$  「金銭的負担」**

容易に想像されるように、この要因と最も密接に関わる属性は「年収」である。

Fig. 16, 17 に示されているように、年収が 300 万円以上（高年収層）のグループと、年収が 300 万円未満（低年収層）のグループとでは、頻度分布の形状が大きく異なっている。高年収層よりも低年収層のほうが、点数が低い（金銭的負担感が高い）ところにピークがある。（グループ間の違いが最も際立つのが、300 万円を境に全サンプルを分割したときだった。）

どちらの分布も、情報提供を受けて分布を左にシフトさせている（金銭的負担感が高まった）。ここでの情報提供の内容は、高知市における耐震補強の公的助成制度の概要および平均的な自己負担額のデータである。このシフトが意味するのは、情報提供前において、高年収層も低年収層も、耐震補強に必要な金額を実際よりも過小評価していたということである。

**(8) まとめ**

本節では、Fig. 2 の構造内の最下位要因の頻度分布やそ

の変化が、諸個人の属性によってどのような違いがあるかを論じた。今後は、3 章と 4 章で述べた方法を用いて、一定のインパクト ( $x_0$  の分布のシフト) を得るために最下位の各要因をどの程度シフトさせる必要があるかを分析する必要がある。それと同時に、本章で明らかになった知見を念頭に置きつつ、最下位層においてそのシフトを実現するために最も効率的な方法を検討する必要がある。

**6. 結論**

本論文ではまず、耐震補強実施に際して人々が考慮すると思われる判断要因を網羅的にリストアップし、それを構造化した。多くの先行研究においては、耐震補強の阻害要因や促進要因をリストアップする際に、個人の属性なども要因として挙げられ、結果として網羅的かつ重複の無い整理が困難になっていると思われる。そこで、本論文ではそのような個人属性は一旦意識的に排除し、純粋な判断要因のみを列挙・整理するという方針を採った。

本論文では次いで、そのようにして構築した構造を基に、施策のインパクトを定量的に予測する手法を提案した。

本章では、本論文で明らかになった事柄や今後の課題として残された事柄について、「施策立案への示唆」と「方法

論」という二つの側面からまとめ直す。

### 6.1. 施策立案への示唆について

第一に、本論文では耐震補強実施に関係する基本的な判断要因として、14を特定した（Fig. 1の構造の中で最下位に位置するものが14要因ある）。そして、それらのうち主要と思われる7要因（Fig. 2の最下位要因を参照）につき、情報提供という手段による人々の認識の変化が、その人たちの個人属性とどう関係しているかを調べた。その結果、以下のことが分かった。今後、人々に耐震補強の必要性を認知させ、またそれを実行する上での障害を取り除く施策を設計する上では、以下の点を念頭に置くべきである。

- 自分の生存中に大地震が起きるという認識を獲得しやすい傾向があるのは、自分の家が悪い地盤の上にあると認識している人と、知人に建築の専門家がいない人とである。
- 高齢層が有する地震による生命損失の恐怖は、若年層のそれにほぼ等しい。しかし、高齢層は若年層に比べて、生命損失に関する情報に敏感に反応する。
- 地震による財産（家や家具等）喪失については、今回のアンケートで与えた情報程度では恐怖感は喚起されない。
- 行政での手続きについては、職業によって面倒臭さの感じ方が大きく異なる。
- 高年収層も低年収層も、実際に必要となる耐震改修の自己負担額を知ると、金銭的負担感が高まる。

今後は、14の全ての要因について、これらと同様の分析を行う必要がある。

第二に、「耐震補強の必要性」の認識を向上させるような情報提供を市民に対して行う際、「地震の恐怖感」や「耐震補強の効果」に関する情報を断片的に提供するだけではなく、「必要性」は「恐怖感」と「効果」との比較考量により判断すればよいのだということも同時に理解させる（思考パターンを獲得させる）ようにすれば、「必要性」の認識に対する寄与が格段に大きくなる。

同様のことは、「地震の恐怖感」の認識を高めるために「地震発生の可能性」「生命や財産を失うことの恐怖」の情報を提供する際にも当てはまる。

第三に、「耐震補強実施の意思」を高めるために「耐震補強の必要性」の認識を高めるための施策と、「実施する上での障害」を軽減させるための施策とは、組み合わせて実施することによって相乗効果が生じることが期待できる。（第二の点で述べた事と異なり、「耐震補強実施の意思」を判断する上で「必要性」と「障害」とをどう組み合わせるのかについての人々の思考パターンは、比較的安定しているにしても。）

### 6.2. 手法について

本論文では、耐震補強の実行に関係すると思われる判断要因を構造化し、それに基づき施策インパクトの定量的評価手法を提案した。これは、前提1が成り立つ（人々が様々な判断要因を集約して態度を決定する仕方が安定している）という条件の下で可能になることである。

ただ、その判断要因の集約の仕方（本論文中で定義した  $g_{ij}^s(k)$  や  $g_{ijk}^s(l)$ ）が施策の実施によってどう変化するか分かる場合には、前提1が成り立っていないとしても、この手法を使うことができる。

Fig. 1で示したように、耐震補強実施に関連する判断要因は数多く存在する。その中には、例えば「公共心」のように、今のところ殆ど人々が意識していないと思われる要因も存在する。今後は、このように耐震補強実施の意思に対する感度の弱い（寄与率の低い）要因にスポットを当て、現状における  $g_{ij}^s(k)$  や  $g_{ijk}^s(l)$  の変化を積極的に促していくような情報提供のあり方も、あわせて検討してゆく必要がある。

### 参考文献

- 1) 小檜山雅之・吉村美保・目黒公郎(2006), 「耐震補強の誘因と阻害要因—地震防災推進政策におけるリスクコミュニケーションの重要性—」, 日本建築学会環境系論文集, 第606号, 86—96.
- 2) 廣井悠・廣井脩 (2007) 「意思決定者の心理的要因を踏まえた耐震補強工事促進のための情報提供のあり方」『災害情報』No.5, 95—106
- 3) フェスティンガー(1965). 『認知的不協和の理論』, 誠信書房.
- 4) Ohta, H. and Abe, K. (1977), Responses to Earthquakes Prediction in Kawasaki City, Japan in 1974, *Journal of Physics of Physics of the Earth*, Vol.25, Supplement Issue, pp. 273—282.
- 5) 静岡県住宅耐震改修等促進方策検討委員会 (2001), 『静岡県住宅耐震改修等促進方策検討委員会報告書』
- 6) Palm, R. and Hodgson, M.E. (2004), *After a California Earthquake: Attitude and Behavior Change*, Chicago, Illinois: The University of Chicago Press.
- 7) Turner, R.H. (1983), Waiting for Disaster: Changing Reactions to Earthquake Forecasts in Southern California, *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, Vol.1, No.2, pp.307—334.
- 8) Turner, R.H., Nigg, J.M., and Paz, D.H. (1986), *Waiting for Disaster Earthquake Watch in California*, Berkeley, California. University of California Press.

- 9) Blanchard-Boehm, R.D. (1998), Understanding Public Response to Increased Risk from Natural Hazards: Application of the Hazards Risk Communication Framework, *International Journal of Mass Emergencies and Dissasters*, Vol.16, No.3, pp.247—278.
- 10) 田中仁史・室崎益輝・目黒公郎(2006), 「耐震補強を促進するためには?」, 『建築雑誌』 Vol.121, No.1553, 4—11.
- 11) Saaty, T.L. (1990), *The Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill, New York.
- 12) Saaty, T.L. (1990) How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 48, 9—26.
- 13) 国土交通省四国地方整備局HP
- http://www.skr.mlit.go.jp/kensei/juutaku/pdf/kouchikentorikumi19.pdf
- 14) 五十嵐太郎(2006) 「見えない震災」, 五十嵐太郎編『見えない震災 建築・都市の強度とデザイン』みすず書房.

## 謝辞

本論文中のアンケートは、高知市総務部危機管理室の多大なご支援・ご協力があつてはじめて可能になったものです。深く御礼申し上げます。

また、本論文の構想を練る上で、東北工業大学の田中礼治教授との多くの議論が大変役立ちました。この場を借りて、御礼を申し上げます。

---

## QUANTITATIVE METHOD FOR PREDICTING THE IMPACTS OF POLICIES FOR PROMOTING ANTI-SEISMIC RETROFITTING OF WOODEN HOUSES

Yoshinori NAKAGAWA<sup>1</sup>, Eri MORITA<sup>2</sup>, Taiki SAITO<sup>3</sup>, Nobuyoshi YAMAGUCHI<sup>4</sup>, and Seigo NASU<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dr. Eng. Assistant Professor, Kochi University of Technology, Dept. of Management  
(E-mail:nakagawa.yoshinori@kochi-tech.ac.jp)

<sup>2</sup>BA. Mastse course student, Kochi University of Technology (E-mail: 125133y@gs.kochi-tech.ac.jp)

<sup>3</sup>Dr. Eng. Chief Research Engineer, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering,  
Building Research Institute (E-mail: tsaito@kenken.go.jp)

<sup>4</sup>Dr. Eng. Senior Research Engineer, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering,  
Building Research Institute (E-mail: yamaguch@kenken.go.jp)

<sup>5</sup>Dr. Eng. Professor, Kochi University of Technology, Dept. of Management (E-mail:nasu.seigo@kochi-tech.ac.jp)

This paper aims to establish a method to support designs of policies for prevailing anti-seismic retrofitting of wooden fragile houses by local governments. Specifically, we conduct the following three items. First, we list up and structure the criteria (or psychological factors) that individuals keep in mind when they decide their own attitudes toward seismic retrofitting. In order to neglect comprehensive items that do not overlap with each other, we exclude individual attributes and indirect factors. Second, based on the established structure, we propose a framework to rationalize the change in the distribution of the degree to which people intend to adopt seismic retrofitting. This enables us to investigate effective ways of combining different approaches toward the ultimate goal of prevailing retrofitting. Third, we investigate the most effective ways of embodying each of the approaches by identifying relevant demographic and personality variables.

**Key Words:** Existing fragile buildings, Seismic retrofitting, AHP (Analytic Hierarchy Process), Cognitive dissonance theory