

リスク評価に基づく地震防災投資に関する研究

A Study on Decision-Making Process to Earthquake Disaster Prevention Investment Based on Risk Assessment

鳥澤 一晃¹⁾ 水越 薫²⁾ 宮村 正光³⁾ 石田 寛
日下 彰宏 若村眞佐代⁴⁾ 石川 孝重⁵⁾ 伊村 則子⁶⁾

要 約

昨今、宮城県沖地震や東南海・南海地震などの大地震の発生が懸念されており、安全な木造住宅に安心して暮らすためには耐震診断を行い、必要に応じて適切な耐震補強を施すことが急務である。しかし、一部の自治体で積極的な推進策が取られているにも関わらず、建物の地震防災対策は遅々として進んでいないのが現状である。本研究では、地震に強い安全・安心な地域コミュニティの実現を目指し、コミュニティの重要な構成要素である個人や民間企業を対象に、地震防災投資の促進に対して有効な方策を見出すことを最終的な目標としている。本論文では、個人を対象に災害観にまで立ち戻って地震防災投資に関する意思決定プロセスを分析することにより、効果的な意思決定支援のあり方について検討した。そして、その結果に基づき個人の持つ価値観を反映させた地震防災対策の提案により意思決定を支援する手法の開発を行った。

目 次

- ・ 背景と目的
- ・ 個人の防災意識と防災行動に関する調査分析
- ・ 本研究における意思決定支援手法
- ・ 木造住宅の耐震補強に関する意思決定問題への適用
- ・ まとめ

・ 背景と目的

阪神・淡路大震災では神戸市を中心に未曾有の大被害が発生し、地震防災への社会的な関心が一気に高まった。しかし、震災から時間を経過するにつれて、人々の防災意識は次第に風化しつつある。また、震災を契機に既存不適格建物の耐震診断・耐震改修を促進する法制度の整備が進められ、さらには宮城県沖地震や東南海・南海地震など次の大地震の切迫性が伝えられているにも関わらず、建物の地震防災対策は遅々として進んでいないのが現状である。多くの人は地震の怖さを頭で分かってはいても、投資を伴う防災行動の実行には消極的である。この背景には、当然ながら経済的な制約もあると思われるが、日本人固有の自然災害に対する考え方、すなわち災害観が意思決定に影響しているとも言われている。

本研究は、地震に強い安全・安心な地域コミュニティの実現を最終的な目標として、地域コミュニティの重要な構成要素である

個人や民間企業における地震防災投資を促進するために有効な方策を見出すことを目的とする。地域コミュニティの地震防災では行政レベルでの対策も重要となるが、個人や民間企業の自助努力を促すことはそれ以上に重要な事項と考えられる。本研究では、第一段階として、個人を対象に災害観にまで立ち戻って地震防災投資に関する意思決定プロセスを分析し、個人の持つ価値観を反映させた地震防災対策の提案により意思決定を支援する手法の開発を行う。地震防災投資として具体的には耐震補強を想定し、木造住宅に住む一般の個人における意思決定を対象とした検討を行う。

・ 個人の防災意識と防災行動に関する調査分析

1. 災害観から防災行動に至る流れ

まず、日本人の災害観や防災意識に関してブレインストーミングを行い、その結果に基づき Fig.1 に示す災害観から防災行動に至る流れをまとめた。つまり、日本人には宗教観や自然観をベースとする災害観が根底にあり、防災意識の形成に大きな影響を与えている。そして、防災意識の向上により意思決定がなされ、防災行動（防災投資）が実行されるという流れである。

地震防災投資を促進するための方策は、「動機付け」と「障壁の除去」の2つの側面に集約できると考えられる。動機付けは、個人の内的要因に作用するもので、防災教育や情報提供などが含まれる。

- 1) 建築管理本部
- 2) 株式会社イー・アール・エス
- 3) 小堀研究室
- 4) 建築設計エンジニアリング本部
- 5) 日本女子大学 教授
- 6) 日本女子大学 客員研究員

キーワード: 意思決定, 地震防災投資, 地震リスク, 価値観

防災意識から防災行動に至る各局面に対して広く関与するため、図中の流れに対して矢印は特に示していない。一方、障壁の除去は、個人を取り巻く外的要因を改善するもので、補強コストの低減や各種の助成制度などが含まれる。主に意思決定の部分に対して関与するため、その部分に矢印を付している。

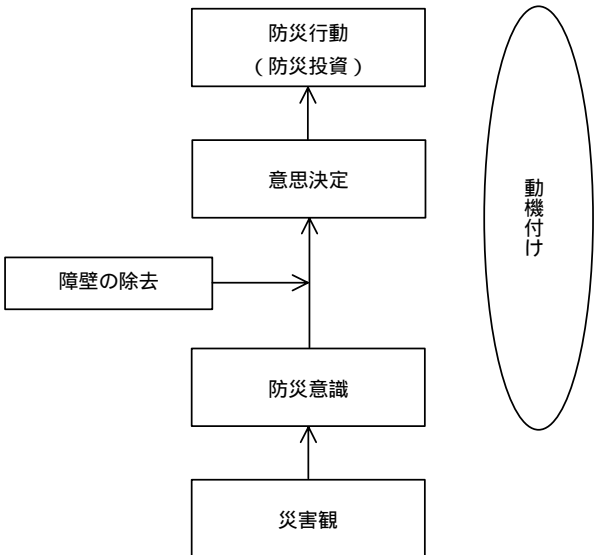


Fig.1 災害観から防災行動に至る流れ
(Flow from Concepts of Disaster to Disaster Prevention Action)

2. 専門家を対象としたオーラルインタビュー調査

個人における地震防災投資を促進するための方策を考える上で、その意思決定プロセスの解明は重要である。人は頭の中で非常に多岐にわたる要素を考え合わせて、決断を下している。この思考のプロセスをモデル化するためには、何をどのように考えて意思決定が行われるかを整理する必要がある。

そこで、地震防災に関わる各分野の専門家（Table 1）を対象にオーラルインタビューを行い、一般の個人における地震防災投資に関する意思決定について、それぞれの立場からの意見を聴取した。

Table 1 オーラルインタビューの対象者 (Oral Interviewees)			
	性別	年齢	プロフィール
a	男	60代	建築技術者、住宅向け免震装置販売
b	男	50代	損害保険関係
c	男	50代	報道機関関係者、自然災害専門
d	男	50代	土木技術者、ボランティア
e	女	30代	都市計画研究者、阪神・淡路大震災被災者
f	男	50代	損害保険関係、リスクコンサルティング
g	男	40代	自治体職員、防災行政
h	男	40代	セキュリティ、建築士

オーラルインタビューでは、Fig.1の災害観から防災行動に至る流れを示した上で、主に以下の3つの内容に関して自由に意見を発言する形式を取った。

- a. 個人はどのような思考のプロセスで防災行動を行っているか
 - b. 日本人固有の災害観と防災意識はどのようなものか
 - c. 防災行動を促進するためにはどうすればよいか
3. 地震防災投資が行われない原因の分析

本研究では、Fig.1に示すように、個人が防災行動を起こすためには防災意識を反映した意思決定が行われると考えている。そこで、オーラルインタビューの発言記録から、個人が意思決定の際に行っている思考を追跡し整理することを試みた。

分析方法としては、個人の意思決定に関わる発言についてキーワードによる分類を行い、分類毎にそこに含まれる発言同士の因果関係を整理した。分類同士で類似性または一貫性のある項目については、それらを代表する言葉で大括りにした。その結果に基づき、「地震防災投資を行わない」という意思決定のプロセスを特性要因図として整理した（Fig.2、次頁）。「行わない」場合の大きな要素は、面倒くさい、対策が分かりにくい、現実逃避している、必要性がない、きっかけがない、という項目である。このうち、面倒くさい、対策が分かりにくい、は対策自体の問題が意識の中で障壁となっており、また、現実逃避している、必要性がない、きっかけがない、は地震防災投資に対する消極的な意識の表れであり、日本人固有の災害観に根ざす防災意識の低さと思われる。図中の矢印を遡るとより根本的な要素が記述され、そこには日常に重きを置いた感覚が多く見られる。一般に火災や交通事故のリスク低減に投資が行われるのは、意識の中でこれらを身近に感じていることが理由であり、地震防災投資を促進させるためには、地震リスクを日常における全体的なバランスの中で捉えることが重要と思われる。

Fig.3は、防災行動に至るプロセスを意識レベルと行動レベルの2つの軸で分けた4領域により説明したものである。現状では、残念ながら大多数の人が領域 Ⅰに属していると考えられる。前述した「動機付け」は主に領域 Ⅱに属する人を領域 Ⅲへ、「障壁の除去」は主に領域 Ⅳに属する人を領域 Ⅲへ移行させることに寄与すると考えられる。領域 Ⅲから領域 Ⅳへの移行は防災行動のマナー化を意味し、領域 Ⅲからは比較的簡単に領域 Ⅱに逆戻りすると考えられる。

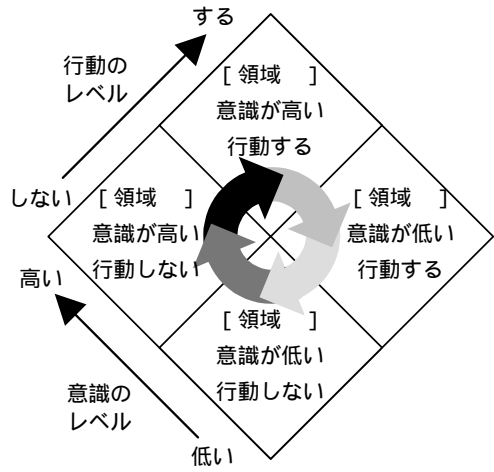


Fig.3 防災意識と防災行動の関係
(Relation between Disaster Prevention Attitude and Disaster Prevention Action)

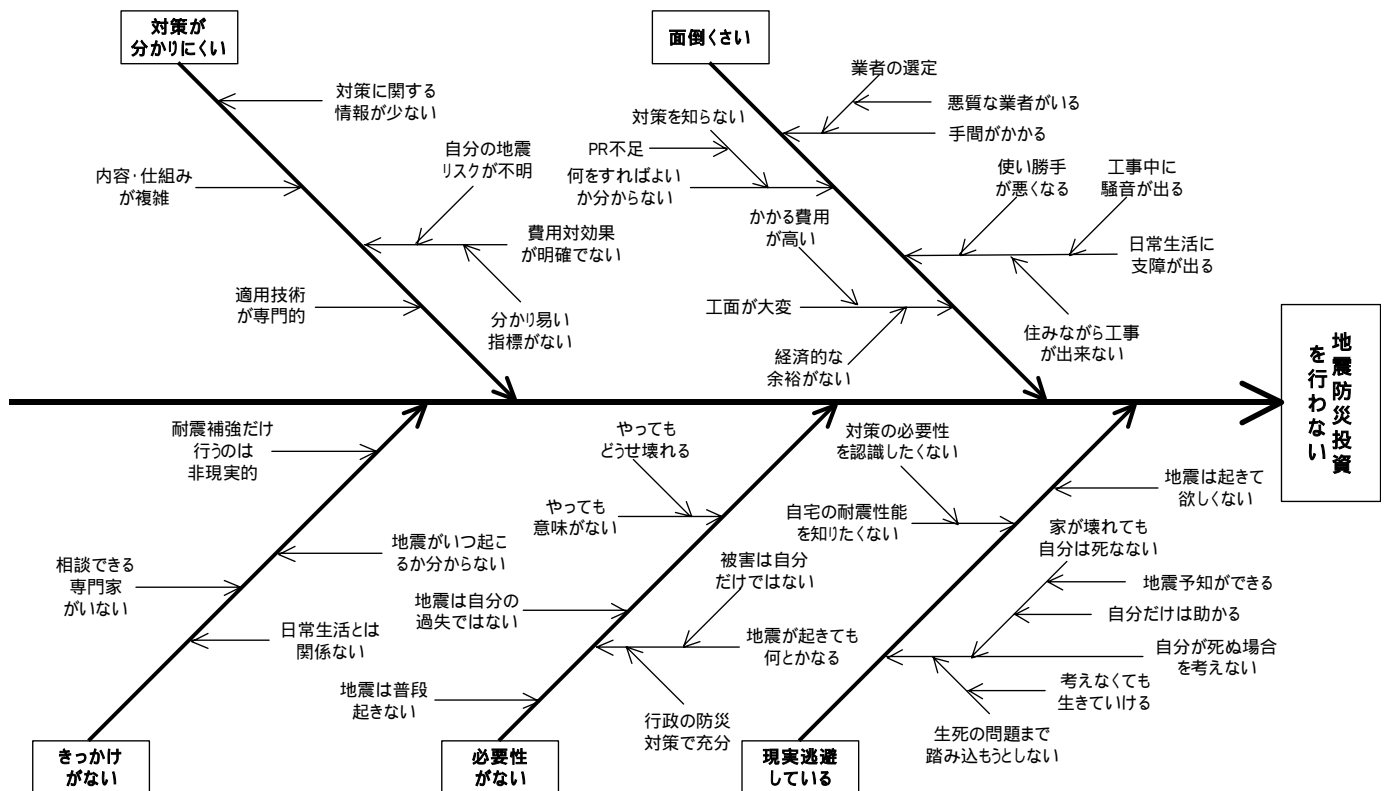


Fig.2 「地震防災投資を行わない」という意思決定の特性要因図
(Characteristic Factor Figure of Decision-making)

4. 地震防災投資に関する意思決定プロセスの分析

「意思決定」といえば多くの場合、代替案群の中から一つないしは複数の代替案を選択することを指す。これは何らかの問題に直面した個人がその解決のために行動すること自体はすでに決定している状態を前提としている。しかし、実際には Fig.2 のように対策の内容を考慮するだけでなく、行動を起こすかどうかを意思決定している場合がある。したがって、個人が行っている意思決定を地震防災投資の場合について考えると、「地震防災投資を行うか否か(二者択一)」という決定と「どの地震防災投資案を選択するか(代替案選択)」という決定の2つの局面(ここでは前者を行動決定、後者を選択決定とよぶ)が想定される。そして、これら2つの局面により、意思決定の流れは例えば Fig.4 のように表現される。(a)、(b)の場合が大半で(c)は稀なケースと考えるが、当然これらがすべてではなく、局面も上記のような分け方でない場合もあり、その場面によって様々なパターンが考え得る。

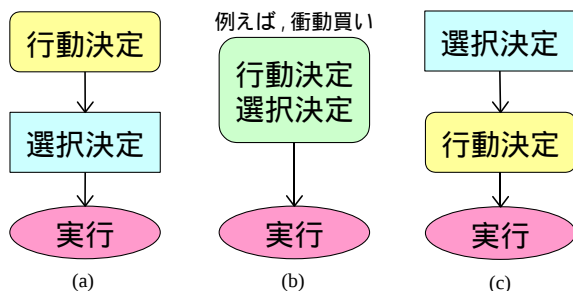


Fig.4 意思決定の流れの一例
(Example of Flow of Decision-making)

このように行動決定と選択決定の関係は様々であるが、ここでは選択決定に着目する。個人は複数の基準に従って投資案を評価し、ある一定の条件を満足したものを選択している。そこで、オーラルインタビューで得られた発言記録の分析から、投資案の選択における評価基準の抽出を試みた。評価基準としてより具体的な要因が下位となるように階層化を行い、整理した。Fig.5 は地震防災投資を耐震補強に限定して、個人における意思決定のプロセスを階層構造化したものである。ここで、発言記録のみでは不十分な部分については、その他の資料等に基づき補足した。さらに、担当者間でブレインストーミングを行い、その結果も反映した。耐震補強に関する意思決定では、耐震補強による効果、日常生活への影響、着手し易さの3つの要素が主な評価基準として考えられる。各評価基準の定義を Table 2 に示す。

このように、意思決定における評価基準が多様なために投資案の評価は必ずしも厳密ではなく、これまではむしろ直感的に決定されることが多かった。特に、費用対効果は明確に意識できずに決定を行っており、地震リスクなど客観的な解析結果を反映させる方が合理的であると考えられる。

・本研究における意思決定支援手法

1. 個人の地震防災投資に関する意思決定問題

地震防災投資を耐震補強として、木造住宅に住む個人にとっての耐震補強に関する意思決定問題について考える。前述のオーラルインタビューの結果から分析すると、次のようなことが言える。

目的

第1レベル 評価基準

第2レベル 評価基準

第3レベル 評価基準

補強案

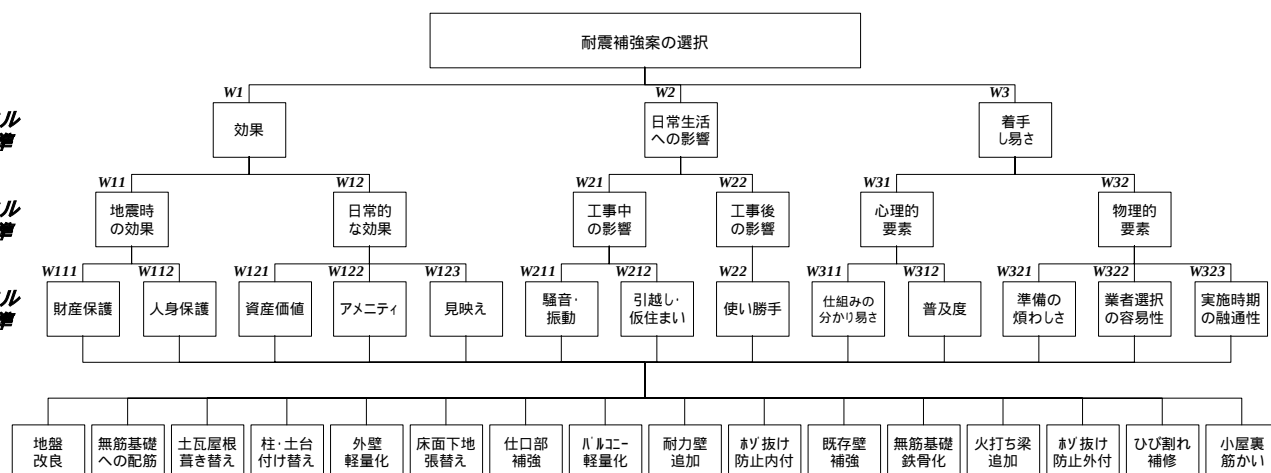


Fig.5 耐震補強に関する意思決定の階層構造

(Hierarchical Structure of Decision-making)

Table 2 評価基準の定義

(Definition of Valuation Basis)

評価基準	定義
効果	対策により得られる効果
地震時の効果	地震が発生した場合に得られる効果
財産保護	地震による建物及び家財の被害低減
人身保護	地震による居住者の怪我及び死亡低減
日常的な効果	日常的に得られる効果
資産価値	耐震補強等による建物価値の向上
アメニティ	振動低減や気密性向上等の生活快適性
見映え	見映えやステータスシンボル
日常生活への影響	対策により生じる日常生活への影響
工事中の影響	対策を施す工事中の影響
騒音・振動	工事作業による建物内の騒音・振動の度合い
引越し・仮住まい	引越し・仮住まいに要する費用・期間
工事後の影響	対策を施した工事後の影響
使い勝手	壁増設や開口部狭小による使い勝手の悪化
着手し易さ	対策への着手し易さ
心理的要素	着手し易さの心理的要素
仕組みの分かり易さ	対策が功を奏するメカニズムの直感的な分かり易さ
普及度	世の中や自分の身の回りでの普及度
物理的要素	着手し易さの物理的要素
準備の煩わしさ	情報収集や業者打合せ等準備にかかる時間の度合い
業者選択の容易性	発注先業者の選定の容易性
実施時期の融通性	対策実施可能なタイミングの融通性

個人にとって、耐震補強というのは自分の住んでいる家の問題とさえいっても、あまり身近な事柄ではない。個人は自分の家を地震に対して強くするために何を行うべきかが具体的には分からず、当然耐震補強の対策についての知識もほとんど持っていない。しかし、漠然とではあるが、耐震補強による効果や影響などに関しての価値観

は少なからず持っている。

以上より、個人にとっての耐震補強に関する意思決定では、その解決策を自分自身で探求・評価することは難しいことが分かる。また、解決策を選択するという形での意思決定ではないことが分かる。

2. 提案型の意思決定支援手法

個人にとっての耐震補強に関する意思決定を支援するため、本研究では提案型の意思決定支援手法を構築した。Table 3 に意思決定論の代表的な手法の一つである AHP との比較を示す。

Table 3 AHP と提案型意思決定支援手法の比較

(Comparison of AHP and Method Developed in This Study)

項目	AHP	提案型意思決定支援手法
意思決定者の抱える意思決定問題	望ましい結果を実現させるためにどの代替案を選択すべきか	望ましい結果を実現させるために何を行うべきか
意思決定の目標	最適な代替案の選択	望ましい結果を実現させる最適な方策の決定
代替案の設定	意思決定者による探求・列挙	専門家による選定
意思決定者の価値観の取り込み	評価基準の重み付け	評価基準の重み付け 効用関数のモデル化
代替案の優劣評価	意思決定者による判定	客観的評価（数理モデル解析または専門家の経験的判断）
意思決定支援の目的	代替案の優先順位の評価	望ましい結果を実現させる方策の提案

AHP は「望ましい結果を実現させるためにどの代替案を選択すべきか」という問題に適した意思決定支援手法である。代替案の設定から優劣評価まで、すべて意思決定者自身が行う。

提案型意思決定支援手法は、「何を行うべきか」という問題を解決するための手法である。この問題では代替案を意思決定者が設定することは難しいため、あらかじめ専門家が代替案群の選定を行う。

代替案の優劣は数値モデル解析または専門家の経験的判断により客観的に評価する。この客観的評価を意思決定者にとっての満足度に変換するために効用関数を用いる。意思決定者へは代替案の優先順位を示すのではなく、望ましい結果を実現させる方を提案する。

3．意思決定支援システムの基本的な枠組み
耐震補強に関する提案型の意思決定支援システムの基本的な枠組みを Fig.6 に示す。

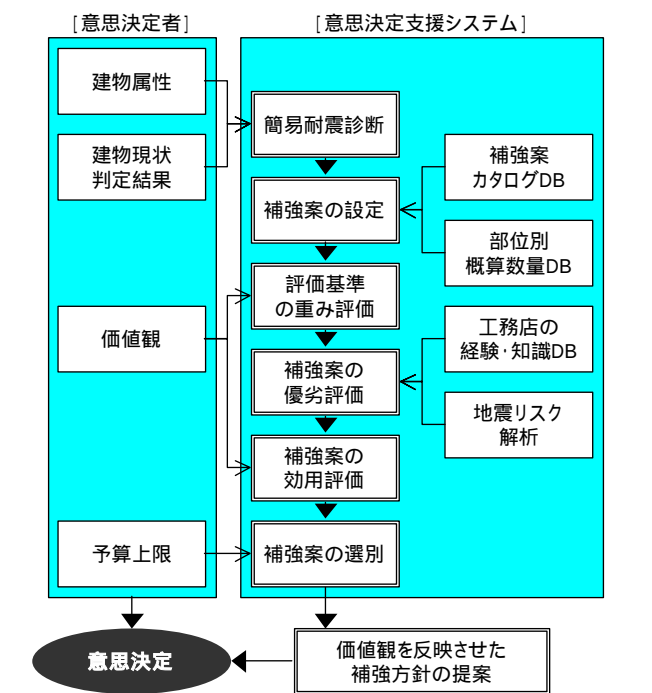


Fig.6 耐震補強に関する提案型の意思決定支援システムの枠組み
(Framework of Method Developed in This Study)

提案型の意思決定支援システムによって、意思決定者は問題の解決策については特に意識することなく、意思決定の目的に対する評価基準の重みを評価することで、「どのような解決策が望ましいか」という価値観が反映された問題解決の方針「まずはどのような観点で解決策に手を付けるべきか」が得られる。自分の家の耐震補強について検討する場合など、意思決定者に問題の解決策に関して知識がない条件下での意思決定では、意思決定者自身で代替案の設定や評価を行うことは難しい。このような意思決定に対しては、専門的で詳細な解決策が最初から必要ではなく、まずはその問題解決の大まかな方針を示すことが支援として有効と思われる。

・ 木造住宅の耐震補強に関する意思決定問題への適用

1．適用対象
本研究で構築した提案型の意思決定支援手法について、木造住宅の耐震補強に関する意思決定問題を対象にケーススタディを行い、手法の適用性を検証する。ここで、手法の適用範囲は在来軸組工法による木造住宅とし、ツーバイフォーやプレファブは対象外とする。
適用対象は、南関東地域の地震ハザードを想定し、その地域で耐震補強を要する平均的な木造住宅として、建築年 1980 年（築年数約 20 年）、瓦屋根、2 階建て、延べ床面積 100m² と設定した。

2．適用方法
(1) 簡易耐震診断
適切な耐震補強を行うには現状の耐震性能を把握する必要があるが、一般に簡易な耐震性能評価として耐震診断評価を用いることが多い。日本木造住宅耐震補強事業者協同組合（木耐協）では、技術者による精密診断¹⁾を無料実施し普及を図っているが、持ち家一戸建てにおける診断率²⁾は最も高い静岡県で 0.94%、全国平均では 0.22%とまだわずかである。

本手法では一般向けの簡易診断³⁾に従い、個人が建物の現状を判定することとする。ただし、診断項目には素人では判断が難しいと思われる項目が含まれるという指摘^{4) 5)}もあるため、すべての項目に「分からない」という選択肢を設け、それが選択された場合は木耐協が過去に実施した耐震診断結果における建築年代毎の平均評価²⁾を参考に、建築年から推定することとした。

(2) 補強案の設定
次に、耐震補強の具体的な対策について設定を行う。前述のように個人で自分の家を対象とした耐震補強の対策を設定することは難しい。木耐協では木造住宅の耐震補強の種類⁶⁾として Table 4 の 16 対策を挙げており、一般的な耐震補強対策はこれらにおおむね含まれると考えられる。本手法では、これらの中から建物属性に応じて対象住宅にはそぐわないと思われるものを除き補強案として用いる。

Table 4 耐震補強の種類 ⁶⁾ (Aseismic Strengthening Measures)	
No	対策名称
1	地盤改良
2	無筋基礎を配筋して有筋基礎に
3	土瓦屋根を葺き替えて軽量化
4	水廻り等の腐朽の進んだ柱・土台の付け替え・付け足し
5	ラスモルタル壁からサイディング壁に替え、外壁の軽量化
6	水平剛性の確保のための床面の下地張替え
7	梁・胴差しの仕口部補強
8	バルコニーなどの軽量化
9	耐力壁の追加
10	ホゾ抜け防止金物（内付け）の設置
11	筋かいの追加や構造用合板による既存壁の補強
12	無筋基礎の鉄骨化
13	床・天井・小屋裏の火打ち梁の追加
14	ホゾ抜け防止金物（外付け）の設置
15	基礎・外壁ひび割れの補修
16	小屋裏筋かいの補強

補強案の工事費見積りは、延べ床面積を変数とする工事費概算式に基づき評価を行う。ここで、工事費概算式は一般的な住宅部位別の概算数量⁷⁾に基づく単位床面積当りの補強部位の工事量とその合成価格⁸⁾により構築されている。

(3) 評価基準の重み評価
一般に、個人は耐震補強の対策について知識をほとんど持っていないが、耐震補強による効果や影響などの様々な評価基準を考慮し

た意思決定プロセスがあると考えられる。Fig.5 はオーラルインタビューの結果から、耐震補強に関する意思決定プロセスを階層構造化したものである。現実には、耐震補強にかかる費用が重要な評価基準であることは自明であるが、費用は効果やその他の評価基準と強い相関性があり、独立した評価基準として同列に扱うことが難しいと考えられるため、最終結果である補強方針の提案内容に盛り込む補強案を選別する際の条件として扱うこととした。

評価基準の重み付けは、AHP に従い個人が一对比較により評価を行う。

(4) 補強案の優劣評価

本来の AHP では、代替案の優劣は評価基準の重みと同様に個人が一对比較により評価を行うが、耐震補強に関する意思決定でそれは難しい。本手法では、地震時の効果は地震リスク解析に基づき評価し、それ以外の第3レベルの評価基準は、工務店の経験的判断データに基づき評価する。

地震時の効果については、まず対象住宅の所在地における地震ハザードを評価して、それを入力地震動とする補強後の地震リスクに基づき、補強案の優劣を評価する。地震時の効果には、財産保護と人身保護の評価基準があるため、地震リスクの指標には岡田ら⁹⁾が「建物構造破壊と生存空間被災の関係分析のため」に提案した Damage-Index (DI) を採用する。耐震診断評点を変数とする最大速度と DI の関係¹⁰⁾に基づき、補強後の耐震診断評点による DI を算出し、それに基づき、財産保護は建物被害ランク、人身保護は居住者負傷程度として補強案の優劣を評価する。

Table 5 補強案の耐震診断評点への加算点

(Adding Points to Aseismic Capacity Evaluation Marks)

No	項目	耐震性向上 ポイント	耐震診断項目	加算点
1	地盤改良	地盤・基礎	地盤・基礎	0.5
2	無筋基礎への配筋	地盤・基礎	地盤・基礎	0.2
3	土瓦屋根葺き替え	建物の重量	偏心	0.5
4	柱・土台付け替え	腐朽、蟻害	老朽度	0.2
5	外壁軽量化	建物の重量	偏心	0.2
6	床面下地張替え	建物の一体性	偏心	0.5
7	仕口部補強	接合部の緊結	水平抵抗力	0.3
8	バルコニー軽量化	建物の重量	偏心	0.1
9	耐力壁追加	1階の壁量	水平抵抗力	2.0
10	ホゾ抜け防止内付	接合部の緊結	水平抵抗力	0.5
11	既存壁補強	1階の壁量	水平抵抗力	2.0
12	無筋基礎鉄骨化	地盤・基礎	地盤・基礎	0.2
13	火打ち梁追加	建物の一体性	偏心	0.2
14	ホゾ抜け防止外付	接合部の緊結	水平抵抗力	0.5
15	ひび割れ補修	腐朽、蟻害	老朽度	0.1
16	小屋裏筋かい	建物の一体性	偏心	0.2

補強後の地震時の効果を評価するためには、補強後の耐震診断評点が必要である。ここでは、補強の効果が表れる耐震診断項目と効果の度合いについて補強案毎に設定を行い、効果の度合いを現状の

評点へ加算して補強後の耐震診断評点を算出することにした。旧建設省監修の「木造住宅の耐震カルテ」¹¹⁾では、補強の前後で変化する補強部位の工法・仕上げについて、その耐震性を点数化（標準を1とした相対値）しており、効果の度合い（加算点）はこれを参考に設定を行った。また、この耐震カルテ¹¹⁾には阪神・淡路大震災での経験に基づき、木造住宅の耐震性を向上させるためのポイントが整理されており、上記の相対値はこの耐震性向上ポイントに沿った形で行われているため、本手法で用いる補強案について該当する耐震性向上ポイントに分類した。各補強案の耐震診断評点への加算点を Table 5 に示す。

地震時の効果以外に評価基準（資産価値、アメニティ、見映え、騒音・振動、引越し・仮住まい、使い勝手、仕組みの分かり易さ、普及度、準備の煩わしさ、業者選択の容易性、実施時期の融通性）に関する補強案の優劣は、工務店の経験的判断に基づき評価を行う。木造住宅を専門とする工務店2社を対象に行ったアンケート調査から、Table 6 のように、各評価基準について相対的に優れている順に大・中・小の3段階で各補強案の優劣を評価した。本手法では、この一覧を参照して補強案の優劣を評価する。

(5) 補強案の効用評価・優先度評価

地震リスク解析結果や工務店の経験的判断といった客観的な評価により求められた補強案の優劣を、効用関数により個人にとっての満足度に変換する。ここで、効用関数とは評価基準の客観的な評価結果に対する個人にとっての満足度を0から1までの相対値で表現した関数であり、意思決定者である個人の主観的判断に基づき定義される。

評価基準 j に関する補強案 i の優劣を S_{ij} 、効用関数を $f(S)$ とすると、評価基準 j に関する補強案 i の満足度 U_{ij} は、以下の式により求められる。

$$U_{ij} = f(S_{ij}) \quad (1)$$

個人の価値観を反映させた補強案 i を評価するためには、満足度 U_{ij} と評価基準 j の重み W_j により定義される補強案 i の総合的な満足度、つまり優先度 P_i を以下の式により求める。

$$P_i = \sum_j U_{ij} \cdot W_j \quad (2)$$

(6) 補強方針の提案

前述のように耐震補強にかかる費用は、意思決定の階層構造における評価基準としては考慮していないが、個人の予算上限により補強案を選別する際の条件として扱うこととする。つまり、以下の式を満たす補強案 i を選別する。

$$C_i \leq Cb \quad (3)$$

ここに、 C_i は補強案 i の工事費、 Cb は個人の予算上限である。選別された補強案を対象として、Table 5 の耐震性向上ポイントの分類毎に優先度の集計及び平均を行い、その結果平均優先度の高い耐震性向上ポイントの内容を補強方針として意思決定者へ提案する。

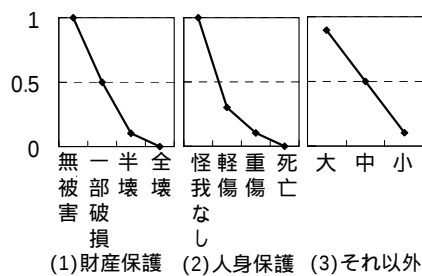
3. 結果と考察

本節では、手法の適用性を検証するため、個人の価値観の違いにより最終結果がどのように変わるのかについて検討を行う。ここで、効用関数は対象住宅に住む個人の判断を想定して、著者が Fig.7 のように設定した。

Table 6 補強案の相対的な優劣に関する工務店の経験的判断

(Experiential Judgments of Construction Companies about Superiority of Aseismic Strengthening Measures)

No	項目	資産 価値	アメニティ	見映え	騒音・ 振動	引越し 仮住まい	使い 勝手	仕組みの 分かり易さ	普及度	準備の 煩わしさ	業者選択 の容易性	実施時期 の融通性
1	地盤改良	中	中	小	中	小	大	中	小	小	中	中
2	無筋基礎への配筋	中	小	小	中	小	大	中	小	小	中	中
3	土瓦屋根葺き替え	大	小	大	中	中	大	大	中	大	小	中
4	柱・土台付け替え	中	中	小	中	中	大	大	大	中	中	大
5	外壁軽量化	中	中	大	中	中	大	中	大	中	小	中
6	床面下地張替え	小	小	小	中	中	大	中	小	小	中	中
7	仕口部補強	小	小	小	大	大	大	小	中	大	小	大
8	バルコニー軽量化	中	中	中	中	大	大	中	中	大	小	中
9	耐力壁追加	中	小	小	中	中	中	中	中	小	中	中
10	ホゾ抜け防止内付	小	小	小	大	大	大	中	中	大	小	大
11	既存壁補強	大	中	小	中	中	中	中	大	小	中	中
12	無筋基礎鉄骨化	小	小	中	中	中	大	中	小	小	中	大
13	火打ち梁追加	小	小	小	中	中	大	小	大	中	小	大
14	ホゾ抜け防止外付	小	小	中	大	大	大	小	大	大	小	大
15	ひび割れ補修	中	中	大	大	大	大	中	大	大	小	中
16	小屋裏筋かい	小	小	小	大	大	大	小	大	大	小	大

Fig.7 設定した効用関数
(Utility Function)

評価基準の重み付けは、実際には個人が一对比較により行うが、ケーススタディでは価値観の違いをパターン化して直接設定する。ただし、例題を単純化するため、重み付けのパターンは第1レベルの評価基準（効果、日常生活への影響、着手し易さ）のみ変化させる。第2レベル以下については、上位の項目の重みを等分する。

まず、耐震補強の意思決定における価値観の違いとしては適当ではないが、評価基準や補強案の特性を把握する目的で、以下の3ケースを行う。

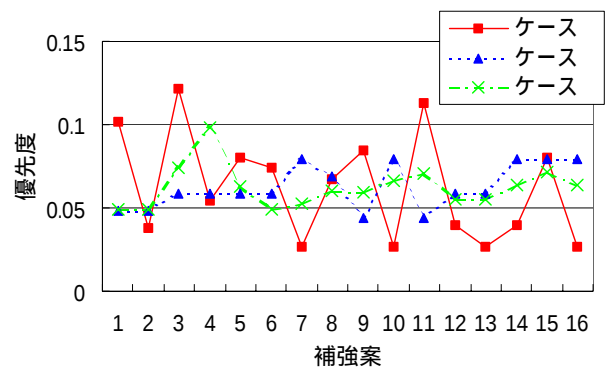
効果のみ重要視する { 重みの比 効果:日常:着手=1:0:0 }

日常生活への影響のみ重要視する { 効果:日常:着手=0:1:0 }

着手し易さのみ重要視する { 効果:日常:着手=0:0:1 }

各ケースにおける補強案の優先度を Fig.8 に示す。相対的にケースで優先度の高い補強案についてはケースでは低い傾向にあり、またその逆の傾向も見られ、効果と日常生活への影響とは相反する関係にあることが読み取れる。

しかし、実際に耐震補強に関して意思決定する場面で、効果よりも日常生活への影響や着手し易さを重要視することはほとんどない。

Fig.8 補強案の優先度（ケース , , ）
(Priority of Aseismic Strengthening Measures) (CASE1,2,3)

次に、現実的な価値観の違いとして、以下の2ケースを行う。

効果と同程度に日常生活への影響も重要視する

{ 効果:日常:着手=1:1:0 }

効果と同程度に着手し易さも重要視する

{ 効果:日常:着手=1:0:1 }

ケース 及び , における補強案の優先度を Fig.9 に示す。いずれのケースも、効果は全体の半分以上の重みがあるために優先度はその違いがあまり大きくないが、優先順位としては Table 7 のように、上位で補強案が入れ替わる。ケースではひび割れ補修（補強案 No.15）、ケースでは柱・土台付け替え（補強案 No.4）が上位に含まれた。

耐震補強を実行へ移す際に、現実には工事費の問題が非常に大きい。工事費の予算は、主に経済的制約や費用対効果の観点から決定されるが、耐震補強に関する個人的な価値観も一部反映されていると考えられる。

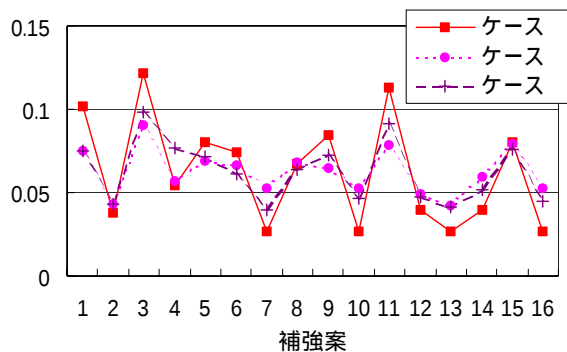


Fig.9 補強案の優先度（ケース ， ， ）

(Priority of Aseismic Strengthening Measures) (CASE1,4,5)

Table 7 補強案の優先順位（評価基準の重み別）

(Priority Rank of Aseismic Strengthening Measures)
(CASE1,4,5)

順位	ケース	ケース	ケース
1 位	土瓦屋根葺き替え	土瓦屋根葺き替え	土瓦屋根葺き替え
2 位	既存壁補強	ひび割れ補修	既存壁補強
3 位	地盤改良	既存壁補強	柱・土台付け替え
4 位	耐力壁追加	地盤改良	ひび割れ補修
5 位	ひび割れ補修	外壁軽量化	地盤改良

次に、概算工事費が予算額以下となる補強案を選別し、ケースについて優先順位の再評価を行う。木耐協による調査²⁾では工事費は100万円未満の場合が全体の過半数を占めることから、予算として50万円、100万円の2ケースを行う。結果をTable 8に示す。予算50万円のケースでは、限られた予算で軽微な耐震補強を行う場合の優先順位が示された。

Table 8 補強案の優先順位（ケース ， 予算別）

(Priority Rank of Aseismic Strengthening Measures)
(CASE1, Analysis According to Budget)

順位	予算 50 万円	予算 100 万円
1 位	ひび割れ補修（13 万円）	土瓦屋根葺き替え（69 万円）
2 位	バルコニー軽量化（20 万円）	既存壁補強（63 万円）
3 位	柱・土台付け替え（31 万円）	耐力壁追加（83 万円）

以上のケーススタディから、耐震補強に関する価値観の違いを評

価基準の重み付けや工事費の予算設定の違いとして反映させることにより、補強案の優先順位が異なることが明らかになった。

・まとめ

本研究で構築した意思決定支援手法は、耐震補強など一般に個人では何を行うべきかが分からない意思決定問題に対し、個人の価値観を反映させた問題解決の方針を提案する手法である。木造住宅の耐震補強を対象としたケーススタディから、評価基準の重みや工事費の予算など耐震補強に関する価値観の違いにより、補強案の優先順位が異なることが明らかになった。今後は、手法の一層の精度向上を図る予定である。

参考文献

- 1) 建設省住宅局 監修；増補版 木造住宅の耐震精密診断と補強方法，(財)日本建築防災協会，1995.
- 2) 日本木造住宅耐震補強事業者協同組合；耐震診断調査データ(平成14年8月29日発表)，<http://www.mokutaikyo.com/>
- 3) 建設省住宅局 監修；わが家の耐震診断と補強方法，(財)日本建築防災協会，1985.
- 4) 竹幸宏，大沼正昭，大芳賀義喜，志田正男，田中礼治；地域防災の世代継続を考えた耐震診断の促進対策に関する研究 その2 耐震診断教育マニュアルについて，日本建築学会大会学術講演梗概集，(2002)，pp.353-354.
- 5) 松本敏，井戸田秀樹，谷口仁士；在来木造住宅の自己耐震診断における精度と問題点，日本建築学会東海支部研究報告集，第41号，(2003)，pp.293-296.
- 6) 日本木造住宅耐震補強事業者協同組合；耐震補強の種類と優先順位，<http://www.mokutaikyo.com/>
- 7) 阿部正行；改訂 リフォーム工事の見積り，(財)経済調査会，2001.
- 8) 建築工事研究会；積算資料ポケット版 リフォーム・増改築編 2002-03年版，(財)経済調査会，2002.
- 9) 岡田成幸，高井伸雄；地震被害調査のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集，第524号，(1999)，pp.65-72.
- 10) 高井伸雄，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(2) 木造建物とRC造建物(解析編)，日本建築学会大会学術講演梗概集，(2002)，pp.27-28.
- 11) 建設省住宅局住宅生産課監修；木造住宅の耐震性向上リフォーム 基礎編，(財)日本住宅リフォームセンター，1996.