

# 集合住宅の構造性能改善によるBCP向上と資産価値評価 および住宅・地域の安全・安心向上への活用

大谷 恭弘<sup>1\*</sup>・穴井 佑希<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>神戸大学大学院工学研究科建築学専攻

キーワード： ライフサイクルマネジメント、リスクマネジメント、地震ハザード、耐震改修、不動産鑑定

現行の不動産鑑定評価では、地震に対するリスク評価において建物の損傷のみを考慮したPMLが使用・参照されている場合もあるが、建物被害がもたらす生活継続のために必要なコストは考慮されておらず、地震によってもたらされる被害損失の経済的評価が不十分であると思われる。本研究では新たな地震被害損失の経済的評価指標として、地震ハザード情報を活用した地震LCCを考え、既存不適格の集合住宅の改修に関してケーススタディを行い、地震LCCの有効性を検討する。

## 1. はじめに

地域の安全・安心は、当該地域固有の環境条件とハード面として地域を構成する個々の建物の安全性、及びソフト面としての地域のシステム、それらの相互関係の上にもたらされるものと考えることができる。そして、それらがもたらす価値は地域の不動産価値にも反映される。すなわち、個々の建物の安全性の向上や底上げによる価値向上は地域の価値向上につながり、再び個々の土地・建物の資産価値向上に反映されるループ構造を形作ると考えることができる。(図1)

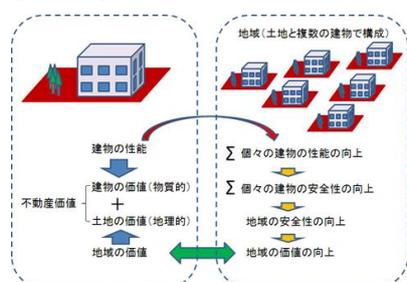


図1 建物性能の向上と不動産価値との関係

現在、地震等に対する既存建物の構造安全性を向上させる方向で耐震改修促進法が施行されているが、不特定多数の人が集まる建物以外で、特に集合住宅建物については耐震改修が十分進んでいるとは言い難い状況である。その原因の一つとして一般に耐震改修が「負担」として捉えられることが上げられる。

しかし、本研究グループが実施した過去のアンケート調査<sup>1)</sup>によると、耐震改修を資産価値向上の為の「投資」対象として社会的に位置づけることが可能となれば、積極的に耐震改修を検討する一般消費者の意識の傾向を見ることができた。

ところが、現状、不動産価値における建物構造性能の評価は、不動産鑑定士によって十分適切な評価が行われているとは言い難い。これは不動産鑑定士が建物構造に関する専門的知識を持

たないことにも起因すると考えられる。現在の不動産鑑定において、証券化対象建物に対しては地震リスクにおいて損傷被害額のみを評価したPMLが参照されている場合もあるが、耐震改修で使用された構法ごとに異なる改修建物の性能や、生活継続(住宅建物に対するBCP)のために必要なコストは考慮されておらず、地震リスクによってもたらされる被害損失の経済的評価が不十分であると思われる。

そこで、本研究では集合住宅に対して使用される耐震改修構法ごとに生活継続性(BCP)を考慮した地震被害損失を経済的評価するためのシステム構築を行ってケーススタディを行うとともに、構造性能を資産価値評価することの可能性や実現性について検討するため、不動産鑑定の実務者等にヒアリングを行った。そして、不動産鑑定において構造性能を資産価値評価する方法論の構築とその実用化の可能性、その場合の課題について調査・研究し、今後の建物構造性能の資産価値評価の実用化を模索するとともに、構造性能向上が「投資」として位置づけられ、それが持続的住環境にある地域の安全・安心の向上への動機付けとなるための方向付けについて検討する。

## 2. 建物の構造性能と資産価値

構造性能を建物の資産価値の一部として評価することは、建物の所有者にとって構造性能を向上・改善させる動機付けとなる可能性があり、例えば既存不適格建物の耐震改修促進や、建物の長寿命化につながり、安全で安心な持続的地域の構築につながることを期待できる。しかし、その様な社会システムの実現には少なくとも以下のことを明らかにしておくことが必要と思われる。

- ・建物所有者(区分所有者も含む)にとって、構造性能の資産価値評価が性能改善・向上への動機付けになり得るかどうか。
- ・構造性能を客観的に資産価値評価するにはどのようにすれば良いのか、また、可能かどうか。

前者については、先行して集合住宅の区分所有者に対してアンケート調査を行っており、構造性能の改修意欲と資産価値上昇と

の間で正の相関が見られることを確認している。後者については、土地と建物の不動産鑑定評価を担う不動産鑑定士の鑑定実務の現状を調査すると共に、鑑定士等に対してヒアリングを行い、構造性能の評価に関する現状と課題および方向性について調査を行った。以下の節ではそれらの内容について概説する。

## 2.1 改修意欲と構造性能の資産価値との関係

### 2.1.1 改修・建て替えに対する意識調査アンケート

2010年に大阪府下の分譲集合住宅において、改修・建て替えに対する意識調査アンケートを実施した。表1に示す3集合住宅に対して実施し、846世帯に配布し、210世帯から回答を得た。

表1 アンケート調査建物の概要

建物	築年	調査時 経年	構造	戸数	配布数	回答数	回収率
A住宅	1978	32	SRC	104	99	32	32.3%
B住宅	1973	37	RC	229	208	43	20.7%
C住宅	1974	36	SRC	569	539	135	25.0%
全体	-	-	-	-	846	210	26.0%

アンケート結果を分析し、構造性能を資産価値評価することが有効であるかを検討した。具体的には図2に示すように改修による資産価値の上昇度と、改修欲求度との間に正の相関性を示すことができれば、構造性能の上昇を経済評価することの有意性が議論できると考えた。

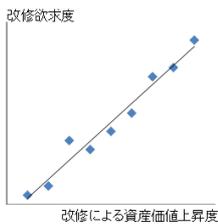


図2 資産価値上昇度と改修欲求度のイメージ図

アンケートにおける設問内容に「投入した費用に対してどのくらいの資産価値の上昇が妥当だと考えるか」という質問を行い、「1倍以下」と「1倍以上」とで線引きし、前者を「負担意識グループ」、後者を「投資意識グループ」として回答者を二分した。「1倍以下」と回答した「負担」グループに対しては「投入費用より多く資産価値の向上を見込むことができる可能性が示された場合、改修に賛成する意識はどの様に変化するか」という質問をおこなった。一方、「1倍以上」と回答した「投資」グループに対しては「投入費用ほど資産価値の向上を見込むことができない可能性が示された場合、改修に賛成する意識はどの様に変化するか」という質問をおこなった。そして各回答者の予想資産価値の逆転が、改修欲求度に与える影響度について検討した。

図3は上記で「1倍以下」の「負担」グループに対する「改修への欲求度の変化」についてのグラフである。

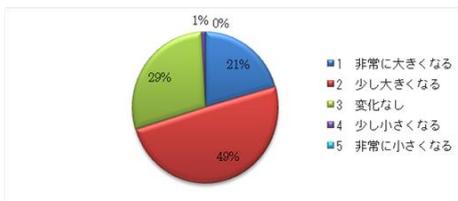


図3 「1倍以下」グループの改修への欲求度の変化図に示す通り、70%の人が『大きくなる』と回答している。これ

は資産価値上昇が改修に賛成する意識を促進させるといえる。一方、「1倍以上」の「投資」グループに対する「改修への欲求度の変化」についてのグラフが図4である。55%の人が『小さくなる』と回答している。

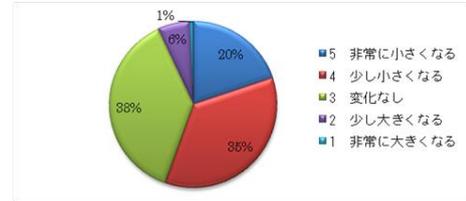


図4 「1倍以上」グループの改修への欲求度の変化

これらの結果より、半数以上の回答者において資産価値上昇度の変化と改修欲求度の変化の関係は、図2に示すように正の相関関係になっていることが予想される。構造性能を改善させた建物を適切に資産価値評価し、投入費用以上の資産価値の向上を見込むことができる可能性を示すことは改修欲求度を大きくする要素であることが分かった。

### 2.1.2 改修・建て替えへの影響要因

改修・建て替えに合意するか否かの決定に影響を与える要因について質問した。質問内容としては、「①外観の改善」「②居住性の向上」「③設備の向上」「④老朽化の度合い」「⑤耐震性の向上」「⑥資産価値の向上」「⑦補助金等による経済的支援」の7項目で、それぞれについて改修・建て替え時の合意形成における影響度を「5：非常に大きい」「4：大きい」「3：何とも言えない」「2：ほとんどない」「1：全くない」の5段階から選択する形式で実施した。図5は各住宅ごとに各項目の平均値をとったレーダーチャートである。

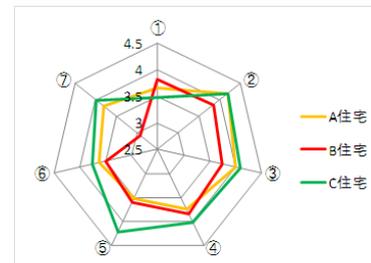


図5 住宅別、各項目平均値のレーダーチャート

図5を見ると、項目⑦においてB住宅が他の2住宅に比べ圧倒的に影響度が小さいことが分かる。これはB住宅が高齢化及び高齢化に伴う年金収入のみに基づく低年収化された住宅であることが要因であると考えられる。そこで、B住宅を除くA、C住宅において、7項目の要因を変数とし、影響度の評価（5段階）に関して多変量解析手法である因子分析をおこなった。その中でC住宅における、共通因子として3因子を抽出し、バリマックス法による回転後の因子負荷量を図6に示す。

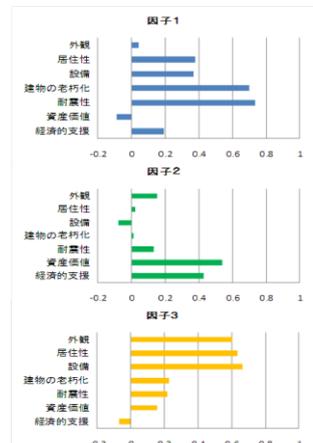


図6 C住宅における因子負荷量

因子1は、「④建物の老朽化」「⑤耐震性」において高い値を示しており『建物の構造的性能』についての因子と考えられる。因子2は、「⑥資産価値」「⑦経済的支援」において高い値を示しており、『経済的メリット感』についての因子と考えられる。因子3は、「②居住性」「③設備」において高い値を示しており、建物の『使用性』についての因子と考えられる。

図7は横軸に「因子2（経済的メリット感）の因子得点」を、縦軸は「1倍以下」の「負担」グループの「改修への欲求度の変化」をとってプロットし、近似直線を追加した散布図である。近似直線の傾きが正となっていることが分かる。因子2の因子得点は経済的要素についての意識の高さを示しており、因子得点が高い個人ほど小さな個人に比べて経済的メリット感を感じる場合に改修への欲求度の変化が「変化なし」に比較して「大きくなる」割合が大きいことを示している。すなわち、経済的要素の意識が高まるほど、経済的メリット感の与えるインパクトは大きくなるといえる。

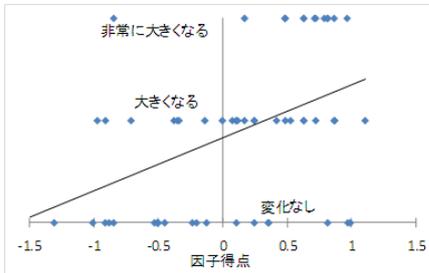


図7 因子2の因子得点と「1倍以下」グループの改修への欲求度の変化

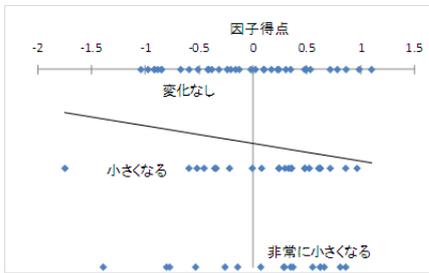


図8 因子2の因子得点と「1倍以上」グループの改修への欲求度の変化

一方、「1倍以上」の「投資」グループに対して同様に分析したものが図8であり、近似直線の傾きが負となっているのが分かる。因子2の因子得点が高い個人ほど小さな個人に比べて経済的メリット感の減少を感じる場合に、改修への欲求度の変化が「変化なし」に比較して「小さくなる」割合が大きいことを示している。経済的メリット感が減少すれば改修欲求は小さくなるので、資産価値の上昇を経済的メリット感であると仮定した場合には、図2に示すように改修欲求度と資産価値上昇度は正の相関関係になっているといえる。以上より、因子分析の結果からも図2に示すような正の相関正の傾向を見ることが出来た。

## 2.2 不動産鑑定実務における構造性能評価の現状

### 2.2.1 現状の不動産評価における建物構造性能の評価

不動産鑑定士が不動産の鑑定評価を行うに当たって、その拠り所となる実質的・統一的な行為規範として不動産鑑定評価基準が

定められており、その中で図9に示す3種類の鑑定の評価方式が定められている。

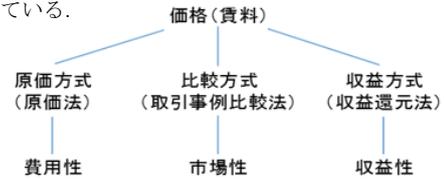


図9 不動産評価方式

建築構造分野に関連するものとしては、下記の評価事項が掲げられているが、その具体的な評価方法についての明確な記載はない。

- ・「土地及び建築物の構造、防災等に関する規制の状態」
- ・「洪水、地すべり等の災害の発生の危険度」
- ・「地勢、地質、地盤等」
- ・「耐震性、耐火性等建物の性能」
- ・「躯体・設備・内装等の資産区分及び修繕費用等の負担区分」

また、証券化対象不動産に対しては、消費者保護の観点からエンジニアリング・レポートの参照、あるいは不動産鑑定士による調査が求められており、建築構造分野に関連する事項については、そのいずれかで以下のことを行うことが求められている。

- ・「構造概要調査」
- ・「更新・改修履歴とその計画の調査」
- ・「地震リスク評価」
- ・「耐震性調査」

なお、「地震リスク評価」や「耐震性調査」に関しては、PML値や構造耐震指標等の参照が謳われているが、いずれの事項に関してもその具体的な評価方法についての明確な記載はない。

### 2.2.2 不動産鑑定実務者へのヒアリング

不動産鑑定評価基準における建築構造分野に関連する評価が、鑑定実務においてどのように行われているかを調査するため、鑑定士等にヒアリングを行った。既に2010年度に簡易なヒアリングを不動産鑑定士及び日本不動産鑑定協会に対して行っているが、その際は耐震性に関し既存不適格建築物の耐震補強後の建物の鑑定評価の取り扱いについて、「基準への明記はなく、対象とする委員会・論文の提出のいずれもないため、現場の不動産鑑定士による判断に任せられているというのが実状である」という回答であった。今回はその5年後の調査となる。ヒアリングの結果は、以下の通りであった。

- ◆ 現行の不動産鑑定において、建物の構造性能に関して評価されるのは現行の建築基準法への適合是非が主である
  - ◆ 建築基準法を上回るプラス側の要素は現状では評価されていない状況にある（一方、マイナス側は如実に反映される）
  - ◆ 鑑定士の多くは、土地部分に対する鑑定に従事して来っており、建物部分、さらにはその構造部分に関して評価を行う動きはまだない
  - ◆ 証券化対象不動産におけるエンジニアリング・レポート（ER）や、そこで掲げられている耐震性能に関する指標：PML（大地震での予想最大損失額率）について
    - ・ 取り扱える鑑定士・鑑定事務所は限定されている（機関鑑定事務所等）
    - ・ エンジニアリング・レポート利用の義務づけ以来、現時点では勉強段階にある
- ヒアリングの結果は、前回のヒアリングと比較して、大きな進

展はみられなかったが、関係団体の構造性能への意識は高まっているように思われた。

### 3. 建物構造性能における差異と生涯予想損失額

#### 3.1 地震ハザード情報

独立行政法人防災科学技術研究所がインターネット上で提供するサービスである「地震ハザードステーション (J-SHIS)」では、日本各地の地震についての各種情報を閲覧可能であり、今回の研究においては、地震ハザード情報を使用することとなるが全てここから入手したデータを用いることとした。ある地点における、50年間の工学的基盤面上での最大速度の超過確率は、地震ハザード曲線によって表現され、各震度階級の超過確率を読み取ることが可能である。今回利用する地震ハザードマップにおいては、工学的基盤面での最大速度を元に計測震度を算出している。工学的基盤面 (S波速度400m/s相当層) での最大速度を  $PGV_{b400}$  (cm/s) とすると、この値に表層地盤増幅率を乗じることで地表面における最大速度  $PGVs$  (cm/s) を導くことが出来る。地表面における最大速度  $PGVs$  と計測震度  $I_{INSTR}$  の間には、以下の関係式が成り立つ。

$$I_{INSTR} = 2.68 + 1.72 \log_{10} PGVs \quad (4 \leq I \leq 7) \quad (1)$$

工学的基盤面 (S波速度400m/s相当層) での最大速度  $PGV_{b400}$  (cm/s) から、この式を用いて計測震度を算出し、震度階級ごとの超過確率を算出したうえで、各震度階級の50年間での確率を算出する。(1)式は計測震度4以上の範囲においてしか使用できないが、後述する4章の「被害仮定」においては震度4で初めて被害が発生すると仮定しているため問題はないものと考えられる。

#### 3.2 生活継続性を考慮した地震LCC

##### 3.2.1 地震LCC

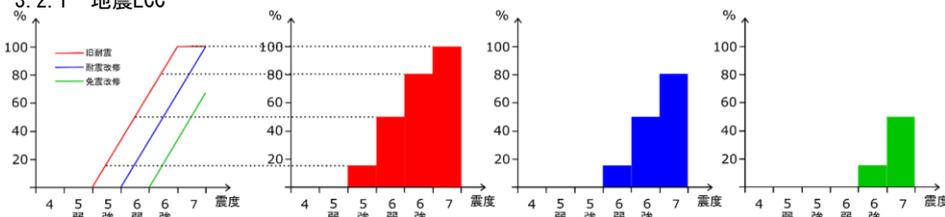


図 10(a) 建物被害の仮定

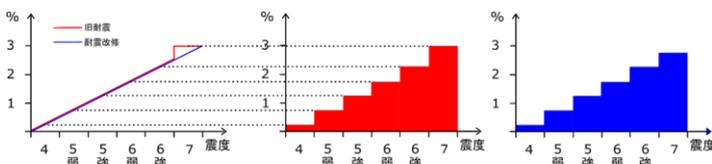


図 10(b) 什器被害の仮定

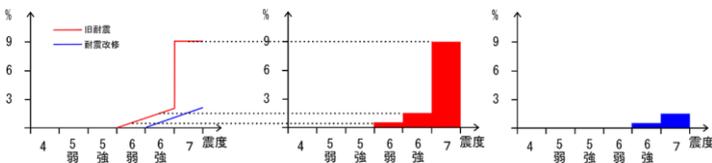


図 10(c) 賃貸費の仮定

地震 LCC の算出を次式で行う。

$$[\text{地震 LCC}] = \frac{\sum_{k=0}^7 P_k \times C_k + IC + MC}{RC} \quad (2)$$

(k=0, 1, 2, 3, 4, 5弱, 5強, 6弱, 6強, 7)

$P_k$ : 震度階級kの対象期間における発生確率

$C_k$ : 震度階級kでの損害額

IC: 改修にかかる費用

MC: 耐震性向上のための装置のメンテナンスコスト

RC: 再調達価格 と定義する。

##### 3.2.2 地震LCC算出モデル

本研究での設定条件は以下の通りとした。1981年以前に建設された旧耐震基準、10階建て50戸、部屋あたり70m<sup>2</sup>のファミリータイプの集合住宅 (マンション)。核家族4人での居住を想定し、一戸あたりの価格は3500万円とする。(m<sup>2</sup>あたりの価格は50万円) この3500万円が再調達価格となる。この集合住宅について「A. 旧耐震基準のまま何もせず」「B. 耐震改修を実施」「C. 免震改修を実施」の3つのパターンについて改修を終えた時点から、その後50年間での地震LCCを算出する。耐震改修、免震改修にかかる費用、免震装置のメンテナンスコストについては、建設会社教団にヒアリングしたうえで耐震改修には1戸あたり350万円、免震改修には1戸あたり700万円の費用が必要になると仮定した。

##### 3.3 生活継続性を考慮した被害仮定

地震動によって生じる損失と生活継続のために必要な費用を「建物被害」「什器被害」「賃貸費」「解体費」「移転費」と仮定した。なお、ここでは心身の被害等により発生する「医療費」は考慮しないこととした。

**建物被害・什器被害** 建物被害は、地震によって損傷した建物を元の状態に復旧するためにかかるコストを指し、「気象庁震度階

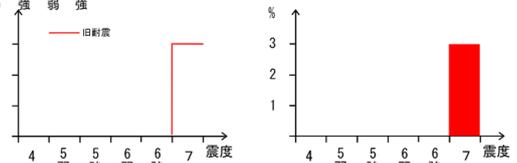


図 10(d) 解体費の仮定

表 2 移転費の仮定

	距離	参考	移動対象什器量					
			1	2	3	4	5	
			参考	单身 (荷物小)	单身 (荷物大)	2人家族	3人家族	4人家族
移動距離	~16km 未達	同市区町村程度	震度5弱	0.12%	0.16%	0.21%	0.28%	0.34%
	~50km 未達	同都道府県程度	震度5強	0.14%	0.18%	0.27%	0.32%	0.39%
	~200km 未達	同一地方程度	震度6弱	0.14%	0.21%	0.29%	0.40%	0.51%
	~500km 未達	近隣地方程度	震度6強	0.16%	0.25%	0.38%	0.48%	0.63%
	500km以上	遠距離地方程度	震度7	0.19%	0.30%	0.65%	0.78%	0.90%

級関連解説表」、日本免震構造協会「免震建物と非免震建物の揺れ方比較予想表」から震度と被害の関係を図10(a)に示すように仮定した。什器被害は地震が起きた際に予想される集合住宅居室内の什器が倒れたり、落ちたりすることによって破損した場合の被害額を指し、こちらについても同様の資料を用いて震度と被害の関係を図10(b)仮定した。

**賃貸費** 地震によって大きな建物被害が生じた場合、建物が復旧するまで他の物件に居住する必要があると考えられる。これを賃貸費として算入する。一方で建物が居住不可能となるほどの大きな地震が発生した場合、避難所が開設されることが考えられるので、最初の数か月はそちらを利用することとし、その期間が終わっても復旧出来ていない場合に、もともと居住していた部屋と同じ広さの部屋を借りるのに必要となる賃貸料を算出した。図10(c)

**解体費** 非常に大きな地震動においては既存不適格建物の場合、補修を行うことが出来ない程、損傷し解体して建て替えるということが想定される。この解体にかかる費用を解体費として算入する。

解体費に関しては、1世帯当たり105万円(延床面積に対して1m2あたり1.5万円で70m2)とする。(図10(d))

**移転費** 地震によって建物が被害を受けた場合、避難することが想定されるが、この避難の際に什器を移転させるのに必要な費用を移転費として算入する。移転費については以下の2つの仮定の下で考えることとした。(表2)

- a. 震度階級が大きくなるほど什器が破壊されるため、移動させるべき什器の量は減少していく。
- b. 震度が大きくなるほど遠方への避難が必要になる。

引っ越し費用の平均価格から、平均価格の表における移動人数を什器量に対応させうえて、什器量と移動距離の関係の表を作成し、移転費を仮定した。

以上の仮定をもとに各震度階級と被害の大きさを表すと図11のようになる。



図11 震度階級と被害

### 3.4 地震LCC算出結果と考察

地震ハザードマップから、地震確率を算出した結果を表3に示す。「神戸」は神戸市灘区のJR六甲道駅を、「東京」は東京都庁を、その他の都市は各市役所をそれぞれ含む一辺が約250mの区画内での地震ハザード曲線を使用して算出した。これをもとに地震LCCを算出した結果が図12である。この中でグラフの形が近い形状となったのはそれぞれ、大阪、東京、名古屋の3都市そして、

表3 各都市の地震確率

震度	大阪	東京	名古屋	広島	神戸	福岡	仙台	札幌
4	0.97%	0.00%	3.12%	3.35%	9.58%	15.46%	9.42%	65.96%
5弱	4.86%	2.35%	7.71%	19.38%	38.91%	46.52%	45.32%	25.80%
5強	25.41%	38.41%	31.00%	48.07%	43.52%	27.24%	36.35%	4.91%
6弱	50.68%	49.26%	46.27%	24.64%	7.39%	6.74%	8.14%	0.47%
6強	15.65%	9.98%	11.58%	4.27%	0.41%	2.72%	0.73%	0.03%
7	2.44%	0.00%	0.31%	0.29%	0.03%	1.30%	0.04%	0.00%

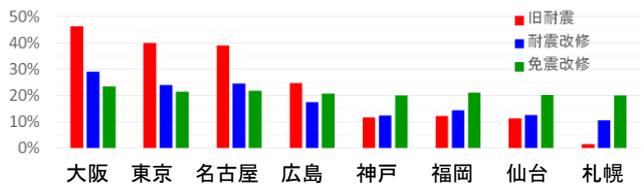


図12 地震LCC算出結果

神戸、仙台、福岡の3都市であり、札幌、広島については、他のどれとも異なる形状となったと言える。そこで、パターンA、B、Cの順に大きな値を示した大阪と、それとは逆の結果を示した中でも差が大きい札幌について地震LCCの内訳を比較する事とする。

図13と図14に地震LCCの内訳を示す。図中の「生活再建費」とは「什器被害」「賃貸費」「解体費」「移転費」を合計したものであり、建物の損傷以外での生活継続に関わるコストを表す。まず、非常に大きな値を示すのは改修費用であるのは共通している一方で、建物被害では差が大きい。これは、地震確率の大きな値を取るのがどの震度階級であるかによるものが大きく関係している。

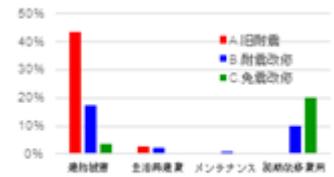


図13 震度LCC内訳(大阪)

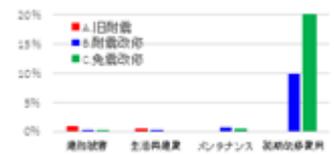


図14 震度LCC内訳(札幌)

次に、大阪と札幌での「建物被害」に対する「生活再建費」の割合を算出した結果が表4である。地震確率が大きな震度階級において大きい場合、生活再建費の影響はそこまで大きくは現れないが、それでもAとBにおいては、建物被害に対して1割前後の値を示している。一方で、地震確率が小さな震度階級において大きい場合は、生活再建費の影響が非常に大きくなり、特に、Bの場合は建物被害の4倍以上となっている。これは、室内での揺れについてはAとBでは差がなく、什器被害は変化しない一方で建物被害はAのほうが大きいという仮定による影響が大きいと考えられる。ただし、今回の仮定においては、人的被害については仮定していないためパターンAの場合の生活再建費はより大きくなるのが考えられる。

表4 建物被害に対する生活再建費割合

	A 旧耐震	B 耐震改修	C 免震改修
大阪	6%	12%	0%
札幌	43%	466%	0%

## 4. まとめ

建物の構造性能を資産価値として評価することで、建物構造の改良・改善への動機付けとなり得る可能性を確認するとともに、それを不動産価値評価に反映させるための手法について検討した。

### 参考文献

- 1) 甲斐啓司：建物の構造性能を考慮した資産価値評価と改修動機付けおよび合意形成への活用に関する研究，平成22年度神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程 修士論文(2011)
- 2) 穴井佑希・大谷恭弘：既存不適格建物の改修による構造性能の変化が生活継続性を考慮したLCC評価に及ぼす影響，平成27年度日本建築学会大会梗概集(2015)

