九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

既存文教施設を対象として行った耐震補強と加力実験に対する施設利用者の印象評価

志波，文彦
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

大木，啓義
九州大学大学院人間環境学府空間システム専攻

中原，浩之
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

元兼，正浩
九州大学大学院人間環境学研究院教育学部門

https://doi.org/10.15017/26746

出版情報：都市・建築学研究. 20, pp.53-60, 2011-07-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門
バージョン：
権利関係：

都市・建築学研究　九州大学大学院人間環境学研究院紀要　第20号，2011年7月
J. of Architecture and Urban Design, Kyushu University, No. 20, pp. 53 ~ 60, July. 2011

既存文教施設を対象として行った耐震補強と加力実験に対する施設利用者の印象評価

Impressional Evaluation of the Facility Users about Seismic Retrofitting Method and Damage Situation by Lateral Loading Test at Existing Educational Facilities

志波文彦*，大木啓義**，中原浩之*，元兼正浩***
Fumihiko SHIWA, Hiroyoshi OOKI, Hiroyuki NAKAHARA and Masahiro MOTOKANE

In this research, we aim to catch the impression of the facility users about the design of seismic retrofit braces and the hazard-recognizes from the buildings by reenacting damaged buildings through a cyclic force laterally in the Ropponmatsu campus at Kyushu University. In conclusion, we clarified the consideration for the visibility and lighting in the rooms, ease the pressure from their size or shape when set the braces. And it can be able to improve to adjust their colors. Cracks of the building makes strong influence for anxiety of the building users. Also anxiety for the secondary damage makes it except for damage to a part itself. Even if the damage is small, it makes a big influence on a judgment of continuation for the building uses.

Keywords *: educational facilities, real experiment, Impressional evaluation, facility user*
文教施設、実大実験、印象評価、施設利用者

1. 研究の背景と目的

H20 年度の「地震防災対策特別措置法」改正、「教育振興基本計画」の策定など、近年わが国における学校施設耐震化の取り組みは制度面でも急速な整備が進められている。さらに、文部科学省が公表する「公立学校施設の耐震改修状況調査」によると、H19 年度には 58.6%であった全国の公立小中学校の耐震化率が H22 年度には 73.7%にまで上昇するなど、学校施設耐震化は実態としても急激な伸びを見せていることがわかる。

このような取り組みが応急的なものに止まらず、補強後も当該施設が永く・快適に使い続けられるものとするためには、耐震補強によって建物の安全性が保障されると同時に、当該施設利用者の視点に立った耐震補強の配置やデザインの検討を行うことが極めて重要な課題である。加えて、災害時に地域の避難施設となる文教施設では、建物が受けた損傷の程度に関わらず、それが施設利用者の不安やストレスの要因となるものであってはならない。特に不特定多数の利用を前提とした文教施設において、施設の使用限界に係る当該施設利用者の印象を考慮することは極めて重要な施設整備上の課題であるといえる。

*　都市・建築学部門
**　大学院生
***　教育学部門

文科省が学校施設耐震化の取り組みを本格化させた H14 年度以降、RC 造文教施設に施される耐震補強については、鉄骨ブレースや耐震壁の挿入や柱への炭素繊維シート巻き付けによるものなど、様々な方式が提案されており、研究分野においても検証が進められている。しかしながらその大半は提案された耐震補強法の耐震性能に関する検証が主であり、都市景観を形成する機能や消費エネルギー効率に影響を与えるファサードとしての耐震ブレースの役割に着目してその効果の検証を行った岩田らの研究[1]など、一部で新たな展開を見せてはいるものの、耐震ブレース設置に対して当該施設利用者が抱く印象の客観的評価を行った研究は見られない。

ところで、文教施設の長期利用を考えたときには適切な耐用年数に基づく施設整備計画の策定が必要不可欠であるが、世界有数の地震国であるわが国では、その耐用期間内に震災被害を受ける確率も極めて高い。特に、建物が震災による被害を受けた際には、たとえその損傷が構造上致命的なものではなくても、施設利用者にとって継続利用が困難との判断がなされれば、改修もしくは除却が行われる傾向にある。このことは、構造限界より先に使用限界が到来することを示しており、この使用限界に係る当該施設利用者の印象を考慮した施設整備を行うことは、特に不特定多数をその利用対象とする文教施設において極めて重要な施設整備計画上の課題といえる。

本研究では、印象評価の対象として水平加力実験が行われた実在の 3 階建て文教施設を用いているところに特徴がある[2)]。3 層の RC 造建物の実大破壊実験としては、壁谷澤らの研究[3)]が挙げられるが、この破壊性状を施設利用者の心理的観点から検証するような研究は行われていない。すなわち、既往研究では損傷を受けた実大建物から当該施設利用者が受ける影響について未だに実証的な知見は十分に得られていない。

以上より、本研究では①既存建築物に施した耐震補強を被験者が観察し、その印象評価を行うこと。この印象評価をもとに、今後の耐震補強のあるべきデザイン性について考察すること。②水平加力実験により模擬的に再現された震災後の建物を被験者が観察し、その印象評価を行う。この印象評価をもとに震災を経験した建物の継続利用の可否を当該施設利用者がどのように判断するかについてデータを収集し、被災建物の補修や解体の判断基準策定に係る基礎的知見を得ることを目的とする。

2-1. 実験概要

本研究は、新キャンパスへの移転に伴い撤去予定の九州大学（以下、本学）旧六本松キャンパスで行われた水平加力実験[注1)]と、それによって再現された耐震補強後の建物の状態及び建物の損傷時の状態をもとに、新たに提案された耐震ブレース[注2)]から施設利用者が受ける印象の評価、建物の損傷に対し施設利用者が受ける印象の評価を目的として行った印象評価実験によって構成される。その他、詳細な実験の内容については表 1 にまとめる。

写真 1. 九州大学旧六本松キャンパス 3 号館（前方）、4 号館（後方）

2-2. 実験対象

本研究の実験対象は、福岡市中央区にある本学旧六本松キャンパスである。

本学は福岡市西区に新キャンパスを建設しており、現在、東区の箱崎キャンパスにあった工学部の大半と、中央区の旧六本松キャンパスにあった教養部の一部が移転を完了している。その後、旧六本松キャンパスは（財）都市再生機構に売却され、現在既存建物の解体工事が進められている。なお、解体工事に先立ち旧六本松キャンパスでは、既存校舎を利用した耐震補強による補強建物（3 号館）及び、無補強建物（4 号館）への水平加力実験が行われ、文教施設の耐震補強時及び震災時の建物の損傷状態が疑似的に再現された。

今回の印象評価実験の対象には、過去に一般教養の講義室、自然科学系の研究室・実験室等に使用されていた 3 号館（RC 造、地上 3 階建、1963 年建設）及び 4 号館（RC 造、地上 3 階建、1971 年建設）を設定した。そのうち 3 号館は耐震ブレース設置による耐震補強を施したうえで水平加力実験を実施したが、4 号館には特別な耐震補強等は施してはいない。なお実験期間中、同キャンパスは既に閉鎖後約 6 ヶ月を経ており、机や家具等の主要な備品は概ね撤去されていた。また、キャンパス内の施設はあらかじめ許可を得たものだけにその利用が制限されており、実験中も含め、対象エリア周辺の一般人の通行等は一切ない状態であった。

表 1. 実験概要

		九州大学　旧六本松キャンパス	
		3 号館	4 号館
建築概要	主構造	RC 造	RC 造
	階　高	地上 3 階	地上 3 階
	建築年次	1963 年	1971 年
	延床面積	2,638 ㎡	3,246 ㎡
実験概要	耐震補強の有無	あり（耐震ブレース設置）	なし（耐震ブレース非設置）
	実施日	H22 年 9 月 24 日（金）	H22 年 9 月 20 日（月）
	①水平加力実験	中廊下型の教室部分の 1 スパンを切り出して試験体とした。試験体には、1000kN 容量の油圧ジャッキ 2 機と、2000kN 容量の油圧ジャッキ 1 機を用いて桁行き方向に載荷を行った。まず、小振幅で正負交番繰返し載荷を行い、そののち大振幅の片振り載荷を行った。 なお、1000kN 油圧ジャッキは 2 階床に、2000kN 油圧ジャッキは 3 階床に設置しており、等分布荷重を模擬した加力実験を行った。	片廊下型の教室部分の 1 スパンを切り出して試験体とした。試験体には、1000kN 容量の油圧ジャッキ 2 機を用いて桁行き方向に正負交番繰返し載荷を行った。そののち 1000kN 容量の油圧ジャッキ 2 機をさらに追加して最大耐力の確認を行った。 なお、油圧ジャッキはすべて 2 階床に設置しており、1 階のみの加力実験を行った。
	実施日	H22 年 9 月 21 日（火）	H22 年 9 月 21 日（火）
	②印象評価実験	過去にキャンパス利用経験を持つ 18 名の学生を対象に、1）室内、室外から受ける印象と 2）耐震ブレースのデザインから受ける印象を耐震ブレースを構成する斜材部分、ジョイント部分別にその「大きさ」、「形状」、「色彩」に対して記入を行わせた。 なお、印象評価実験に用いた耐震ブレースは、構造耐力上特に影響のない部分に関しては特に手を加えない状態で設置したものである。	過去にキャンパス利用経験を持つ 18 名の学生を対象に、「壁面」、「柱」、「梁」、「床」の 4 つからなる主構造部別に、1）被験者が抱く危険性に対する認識と、2）その認識に基づいて行う判断、3）主体条件の違いによる評価の差異について記入を行わせた。 なお、実験は水平加力実験の非対象区域と対象区域とが同一室内で観測可能な教室内で行った。
建物の様子		 室内からの様子	 加力実験非対象区域
		 室外からの様子	 加力実験対象区域

※1 建築概要は H22 年度施設実態調査に基づく。
※2 数値はすべて H22 年現在のもの。

2-3. 水平加力実験の概要

印象評価実験の実施に先立ち、対象となる建物に対して水平加力装置による水平加力実験が行われた。

まず 3 号館では、中廊下型の教室部分の 1 スパンを切り出して試験体とした。試験体には 1000kN 容量の油圧ジャッキ 2 機と、2000kN 容量の油圧ジャッキ 1 機を用いて桁行き方向に載荷を行った。なお、実験に用いた耐震ブレースは構造耐力の実証を目的としているため、構造耐力上必要な寸法や形状以外の部分で、着色や加工等の処理は一切行われていない。

次に 4 号館では、片廊下型の教室部分の 1 スパンを切り出して試験体とした。試験体には 1000kN 容量の油圧ジャッキ 2 機を用いて、桁行き方向に正負交番繰返し載荷を行った。その後、1000kN 容量の油圧ジャッキ 2 機をさらに追加して最大耐力の確認を行った。なお、本実験に使用した 410 番講義室は水平加力実験を行った区域（以下、加力実験対象区域）とそうでない区域（以下、加力実験非対象区域）との境界に位置している。

2-4. 印象評価実験の概要

2-4-1. 実験対象エリアの概要

印象評価実験の実施にあたり、実験対象エリアとして 3 号館 1 階の物理学実験室、4 号館 1 階の 410 番講義室を設定した（図 1）。

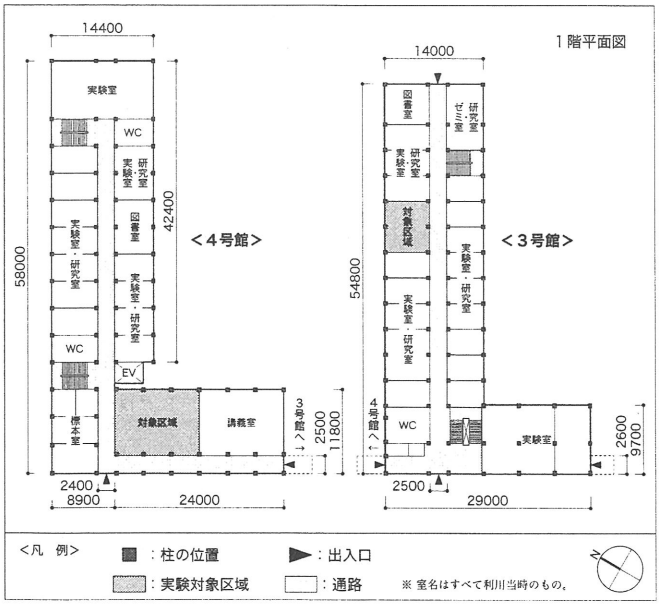

図 1. 印象評価実験対象エリア

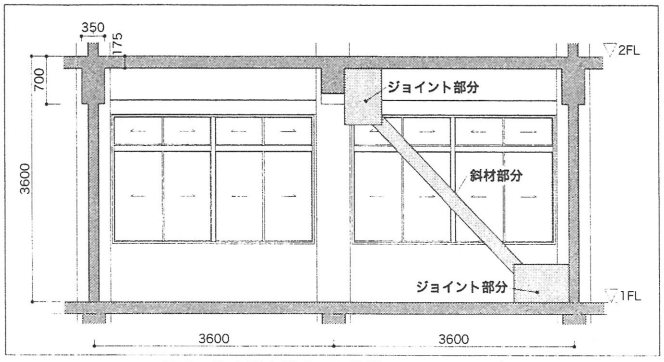

図 2. 物理学実験室（3 号館）断面イメージ

3 号館の物理学実験教室（7.2m×2.5m）の窓側には 1 スパン分の耐震ブレースが設置されており、一階部分に設置された耐震ブレースは斜材部分（断面：200mm×200mm）とジョイント部分（鋼板プレート PL6）により構成され、室内側に設置されている。本エリアの選定理由としては、耐震ブレース設置箇所に位置すること、同一室内で耐震ブレース設置箇所とそうでない部分の両方が観測できること、室の内外からの耐震ブレース観測が容易な位置にあることなどが挙げられる（図 2）。

4 号館の 410 番講義室（12.0m×8.3m）は、水平加力実験の対象区域と非対象区域の境界に位置し、室中央から長編方向北側が加力実験非対象区域、南側が加力実験対象区域となっている。印象評価実験の実施にあたり、水平加力実験によって建物が受ける損傷に対し、その二次的な被害に関しても観測可能なように壁面の窓ガラスや扉等の建具は撤去していない。本エリアの選定理由としては、同一室内で水平加力実験が行われた部分とそうでない部分の両方が観測できること、一般の文教施設における講義室と近い規模であること、避難経路として建物出口に近いことなどが挙げられる。印象評価実験において観測対象となった部分は図に示す（図 3）。

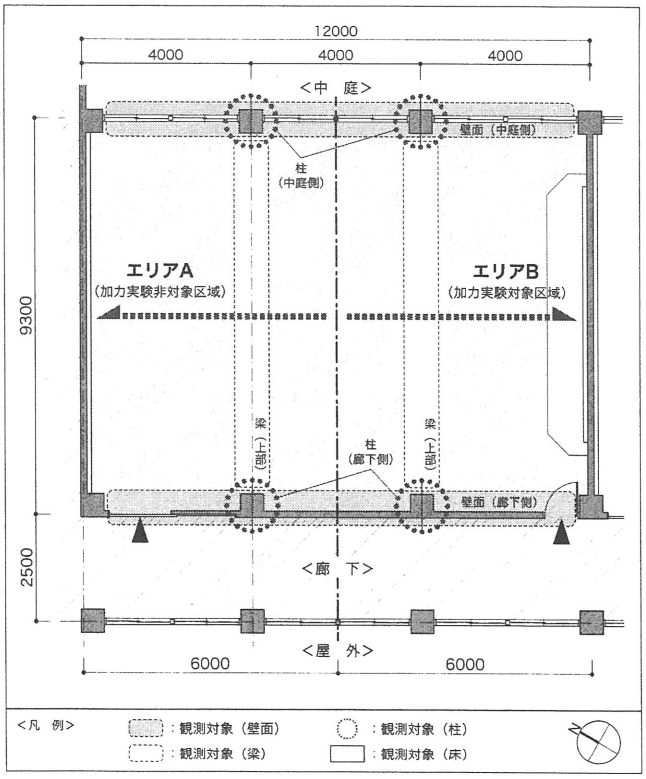

図 3. 410 番講義室（4 号館）平面イメージ

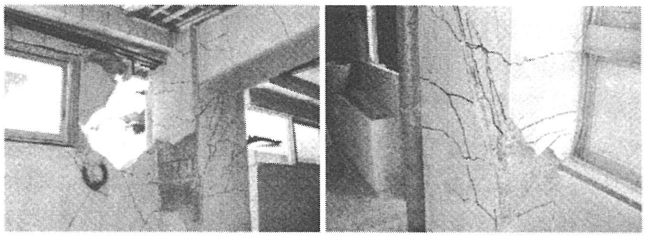

写真 2. 水平加力実験後の観察対象部分の様子：壁面（廊下側）、柱（中庭側）

2-4-2. 被験者の概要

印象評価実験の被験者には、九州大学六本松キャンパスの利用経験のある九州大学在校生 18 名（男性 10 名、女性 8 名、平均年齢 22.1 才）を選定した。なお、被験者は当該施設利用者の視点からみた印象をとらえる目的から、教育学系、心理学系、建築学系など幅広い専門領域より選定した。詳細な被験者の概要は表2、3にまとめる。

表 2. 被験者の概要

被験者数	18名
男女構成	男10名、女8名
平均年齢	22.1才
キャンパス利用経験者	18／18名（100%）

※ 数値はすべて H22 年度時点のもの。

表 3. 被験者リスト

	専門分野	性別 (m、f)	年齢 (才)	キャンパス利用経験
被験者 A	教育学系	m	20	○
被験者 B	教育学系	m	20	○
被験者 C	教育学系	m	23	○
被験者 D	教育学系	m	24	○
被験者 E	教育学系	m	26	○
被験者 F	経済学系	m	23	○
被験者 G	心理学系	m	22	○
被験者 H	文学系	m	24	○
被験者 I	建築学系	m	23	○
被験者 J	歯学系	m	21	○
被験者 K	教育学系	f	22	○
被験者 L	心理学系	f	21	○
被験者 M	心理学系	f	21	○
被験者 N	心理学系	f	22	○
被験者 O	文学系	f	21	○
被験者 P	文学系	f	21	○
被験者 Q	文学系	f	21	○
被験者 R	建築学系	f	22	○

※ 数値はすべて H22 年度時点のもの。

2-4-3. 実験の方法

印象評価実験の実施にあたり、まず現地に被験者全員を集め、加力実験の概要、加力実験後の建物の状況に関する説明を行ったうえで、はじめに 4 号館の対象エリアである 410 番講義室、次いで 3 号館の物理実験室内に入り、被験者全員に印象評価シートへの記入を行わせた。

印象評価の項目として、3 号館では対象エリアとなる物理実験室に設置された耐震ブレースから受ける印象の評価を室内・室外それぞれと、その部位別に対して行った。

4 号館では加力実験によって対象エリアとなる 410 番講義室が受けた損傷に対し被験者が受ける印象の評価を、主要構造部別に水平加力実験の対象エリア・非対象エリアそれぞれに対して行った。

2-5. 分析の方法

2-5-1. 耐震ブレースに対する印象評価（3 号館）

3 号館では、まず 1) 耐震ブレースに対する室内、室外からの印象を、耐震ブレースから受ける違和感の有無と具体的な理由から明らかにし、2) ジョイント部分、斜材部分別に、そのデザインに対する印象をとらえるために「大きさ」、「形状」、「色彩」に対する妥当性の評価と、具体的な対処法の提案に関する分析を行った[注3)]。

2-5-2. 建物の損傷に対する印象評価（4 号館）

4 号館では、まず「壁面」、「柱」、「梁」、「床」の主要構造部別に、水平加力実験により生じた損傷から被験者が受ける 1) 危険性に対する認識を明らかにした上で、自身が当該施設の利用者であった場合に行う 2) 危険性に対する認識に基づく判断をとらえ、さらには自身が当該施設の管理者であった場合、その 3) 主体条件の違いによる評価の差異に関する分析を行った[注4), 5)]。

3. 耐震ブレースに対する印象評価

3-1. 耐震ブレースの室内、室外からの印象

新たに提案された耐震ブレースに対する印象評価を行うにあたり、はじめに室内及び室外側から受ける印象について実験を行った（図 4）。なお、実験に用いた耐震ブレースは室内側に設置されている

まず、室外からの違和感については、「ある」（1 名）、「ややある」（7 名）が 18 名中 8 名、「ない」（3 名）、「ほとんどない」（6 名）が 18 名中 9 名と、意見が大きく分かれている。このうち「ある」、「ややある」と回答した被験者の意見として多く見られたのは、「何かがある」といった耐震ブレースそのものの存在に対するものであったが、その一方で、「柵や檻のようだ」といった耐震ブレースの斜材部分に対する意見も少数見られた。次に、室内側からの印象について、「ある」（4 名）と「ややある」（12 名）あわせて 18 名中 16 名の被験者がなんらかの違和感を抱いていることが明らかとなった。

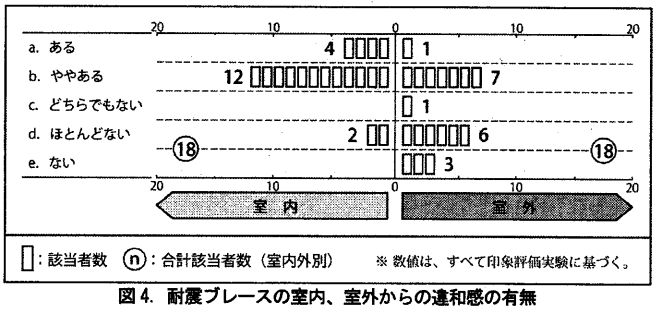

図 4. 耐震ブレースの室内、室外からの違和感の有無

これら被験者が受ける違和感の具体的な理由については、窓側に設置された「耐震ブレースによって窓の外への視線が遮られるため」（10）が最も多い。これは、「耐震ブレースによって影ができ、部屋が暗くなるため」(3) といった意見とあわせて、大規模な建築物であるがゆえに、一般に採光の面数や方角に制約を受けやすい文教施設において、限られた採光部分と耐震補強を施す部分との交錯が及ぼす影響によるものであるといえる。

さらに、「耐震ブレースの存在が威圧的であるため」(6) 及び「耐震ブレースの色が重いため」(3) といった理由に対しては、耐震ブレースそのものから受ける圧迫感を軽減するためのデザイン面での検討が必要であると考えられる（表 3）。

表 3. 被験者が抱く違和感の具体的な理由

具体的な理由	回答数（複数回答）
耐震ブレースによって窓の外への視線が遮られるため	10
耐震ブレースの存在が威圧的であるため	6
耐震ブレースによって影ができ、部屋が暗くなるため	3
耐震ブレースの色が重いため	3
耐震ブレースが普段見慣れないものであるため	1

※ 数値はすべて H22 年度時点のもの。

3-2. 耐震ブレースのデザインに対する印象

耐震ブレースから受ける圧迫感の要因として挙げられたデザイン面の課題に対して、より詳しい分析を行うために耐震ブレースを構成する部分別に「大きさ」、「形状」、「色彩」について、その妥当性を「適当である」（1pt）－「どちらでもない」（0pt）－「適当でない」（-1pt）の 3 段階の項目により評価し、それらを得点化したものの総和による分析を行った。

それによると、斜材部分では「大きさ」（8pt）、「形状」（5pt）、ジョイント部分では「形状」（5pt）に対する妥当性の評価が高かった一方で、斜材部分の、「色彩」（-14pt）、ジョイント部分の「大きさ」（-2pt）、「色彩」（-13pt）に対する妥当性の評価は低い結果となった（図 5）。

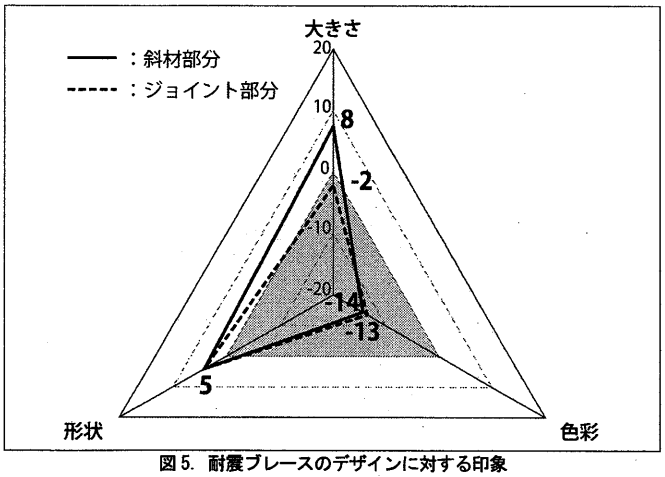

図 5. 耐震ブレースのデザインに対する印象

このうち、ジョイント部分の大きさに対しては「安心感はあるが大きいために違和感がある」といった意見が多く見られた。被験者より複数回答によって提案された具体的な対処法を見ると、「斜材部分と同じ大きさにする」（2）、「窓にかからない大きさにする」（2）などといった方法で、その大きさをより小さくすることが望まれていることが明らかとなった。その一方で、ジョイント部分に比べて斜材部分の大きさが小さいことに不安を感じるとの意見も少数見られ、その形状に関しては「×型にする」（2）や「ロ型にする」といった意見もあった。その他、斜材部分、ジョイント部分ともに「丸い形状にする」（2）との提案も見られた。特にジョイント部分に関しては大きさ、形状ともに斜材部分との統一感を求める意見が見られた。

次に色彩に関しては、今回の実験に当たり特別な仕上げを施していなかったため、斜材部分、ジョイント部分ともに妥当性の評価が低い結果となったが、被験者より複数回答によって提案された具体的な対処法を見ると、「壁面の色に合わせる」という意見が斜材部分（12）、ジョイント部分（11）ともに最も多く、具体的な提案としては「白色系の色にする」が最も多かった（表 4）。

表 4. 被験者より提案された具体的な対処法

		対処法	回答数（複数回答）
大きさ	斜材部分	より大きくする	1
	ジョイント部分	より小さくする	2
		斜材部分と同じ大きさにする	2
		窓にかからない大きさする	2
		梁に納まる大きさにする	1
形 状	斜材部分	丸い形状にする	2
		X型にする	2
		ロ型にする	1
		板状にする	1
	ジョイント部分	丸い形状にする	2
		斜材部分と同じ形状にする	1
色 彩	斜材部分	壁面の色に合わせる	12
		白色系の色にする	7
		明るい色にする	2
		暖色系の色にする	1
	ジョイント部分	壁面の色に合わせる	11
		白色系の色にする	6
		明るい色にする	2
		暖色系の色にする	1

※ 数値はすべて H22 年度時点のもの。

4. 建物の損傷に対する印象評価

4-1. 危険性に対する施設利用者の認識

建物の損傷に対する印象評価を行うにあたり、はじめにその危険性に対する認識ついて、水平加力実験の非対象区域（以下、エリア A）及び対象区域（以下、エリア B）それぞれにおいて、主要構造部別に「思う」（1pt）－「やや思う」（0.5pt）－「どちらでもない」（0pt）－「あまり思わない」（-0.5pt）－「思わない」（-1pt）の 5 段階の項目による評価を行い、それらを得点化したものの総和による分析を行った（図 6）。

それによると、水平加力実験を行ったエリア B において、特に「壁面」（12pt）、「柱」（14pt）に対して危険とする意見が特に多かった。これらの危険性に対する認識の原因として、各部に生じたヒビによるものを挙げたものがほぼすべての回答で見られたほか、「壁面」については窓枠が傾く、一部の窓ガラスが割れるなどの損傷があったこと、過去の内部改修時に廊下側に設置された無筋の内壁を貫通する穴が空いたことなどに対し、日常では「見慣れない」、「時間とともに他の部分にも崩壊が広がるのではないか」といった不安感を示す意見が多く見られた。特に「柱」に関しては、せん断破壊を起こしている部分のヒビやモルタルの剥離に対し「今にも倒れきそう」といった二次的な被害を不安視する意見が多く、せん断破壊によって生じた亀裂が、建物を支える部材として認識される柱の耐久性に対する不安感をより大きなものとしていることがうかがえた。また、「梁」（9pt）についても

危険とする意見が多く挙げられたが、その理由として端部に生じたヒビを挙げたものが大半であった。

一方で、床（-5pt）については危険と感じる意見は少なかった。これについては、水平加力実験による当該部分の損傷が極めて軽微であったこと、実験を行った教室が1階ということもあり、上階に比べ、床そのもののつくりが強固であったことなどがその要因として挙げられる。ただし、壁面から剥落したコンクリートや割れ落ちた窓ガラスが散乱するといった二次的な被害に対する危険性を挙げた被験者が複数いたことが評価を若干高める背景にあったと考えられる。

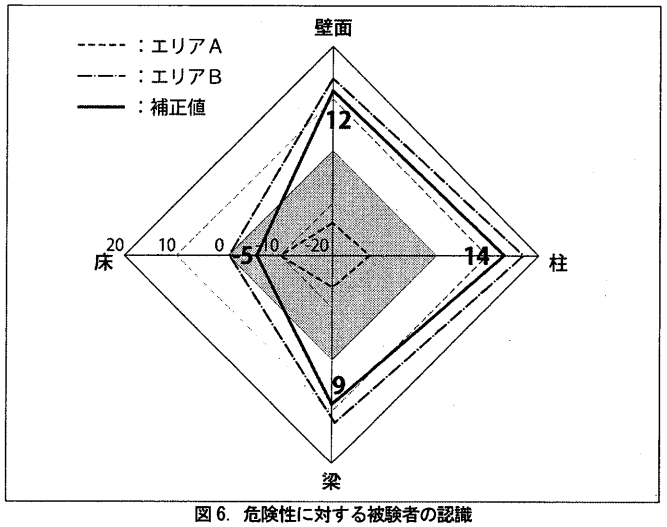

図6. 危険性に対する被験者の認識

4-2. 危険性に対する認識に基づく判断

次に、主要構造部別の危険性に対する認識と、それに応じて行う判断について、被験者が施設利用者の場合を想定した分析を行った（図7）。

それによると、エリアBにおいて、「壁面」、「柱」、「梁」に対して危険性を感じることが、後の避難行動に明確につながっていることがわかる。ただし、この中で「壁」と「柱」については「やや思う」も含め「思う」と回答した被験者と、「あまり思わない」も含め「思わない」と回答した被験者がエリアA、Bともに明確に分かれているのに対し、「梁」については「どちらでもない」がエリアAで2pt、エリアBで3ptと若干数存在していることから、水平加力実験により受けた損傷に対して、一部施設利用者にはその危険性を判断すること自体が困難であるという実態が明らかとなった。

一方、「床」については「避難する」（2pt）に対し「避難しない」（16pt）と、概ね「避難しない」とする傾向が強かったが、「やや思う」を含め「思う」と答えた被験者がエリアBにおいて9ptと多くなっている。一方で、そのうち7ptの被験者は「避難しない」と回答しているが、これには剥落したコンクリートや散乱するガラス片などに対する危険性をあげる被験者が多く、床そのものの損傷に対する危険性の印象ではないために避難行動へはつながらなかったものと思われる。

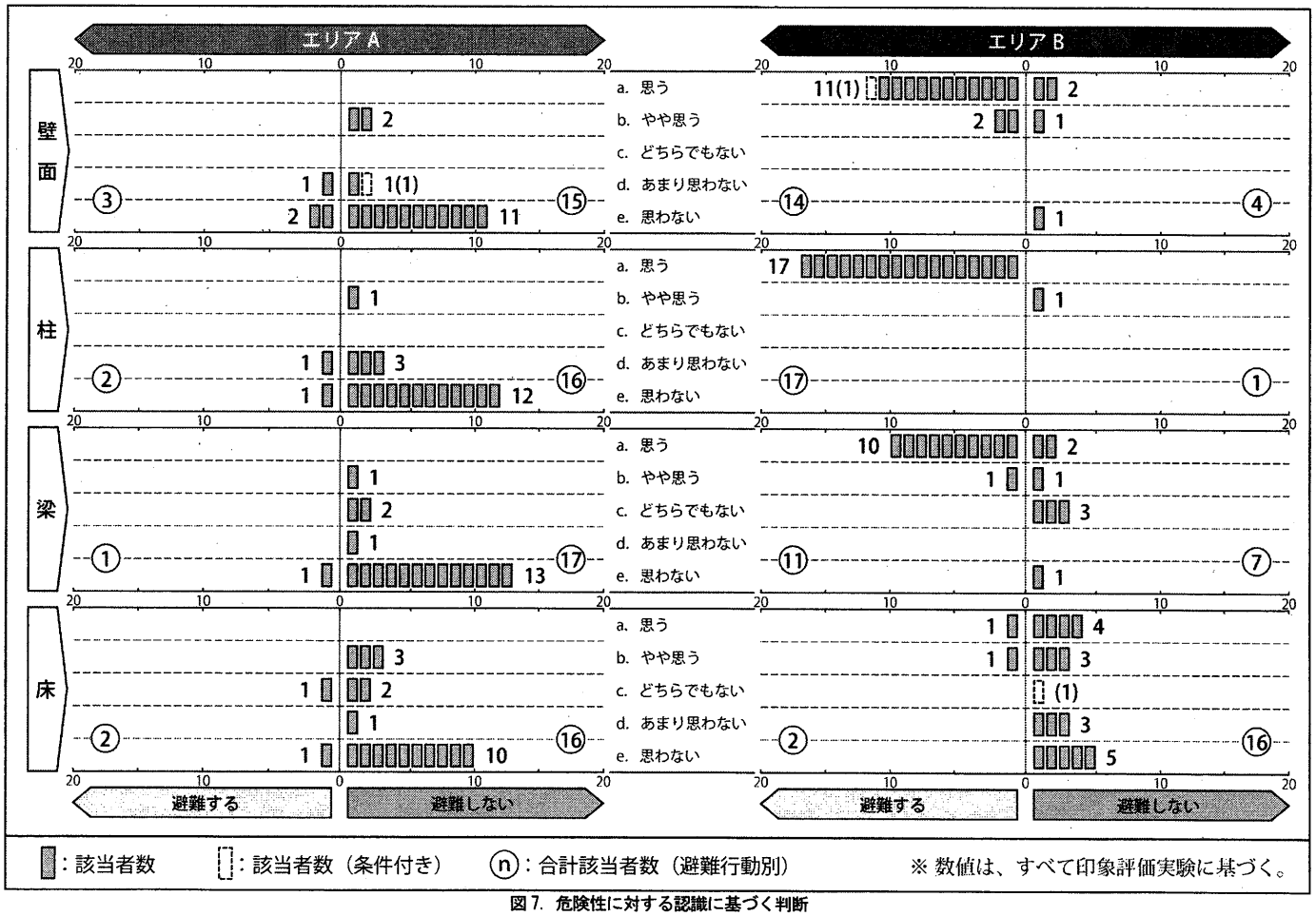

図7. 危険性に対する認識に基づく判断

表 4. 危険性の認識に関わる具体的な事項

	具体的な事項	回答数（複数回答）
壁面	ヒビがあるため	16
	崩れそうなため	4
	ガラスが割れているため	1
	穴が空いているため	1
	窓枠が斜めになっているため	1
	普段見慣れないため	1
柱	ヒビがあるため	17
	崩れそうなため	5
	崩れている部分があるため	2
梁	ヒビがあるため	11
	崩れそうなため	5
	横にずれているため	1
	万が一の場合を考えて	1
床	ガラスの破片が散乱しているため	9
	剥落したコンクリートが散乱しているため	5
	床のタイルが所々はがれているため	1

※ 数値はすべてH22年度時点のもの。

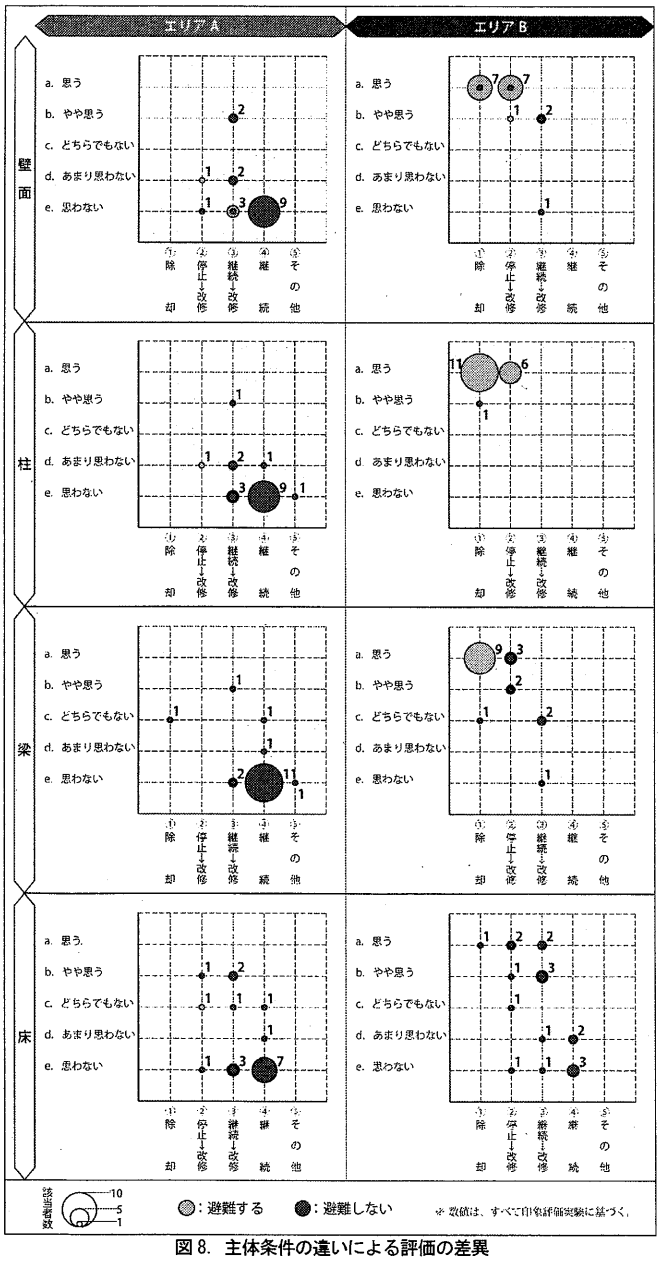

図 8. 主体条件の違いによる評価の差異

4-3. 主体条件の違いによる評価の差異

ここで、これまで得られた危険性に対する認識と判断について、被験者の主体条件の違いによる評価の差異をとらえるため、被験者が当該施設の管理者であった場合の行動ついて分析を行った（図 8）。

それによると、エリア A では「思わない」－「継続」（e-④）が、「壁面」（9 名）、「柱」（9 名）、「梁」（11 名）、「床」（7 名）と、それぞれ最も高い該当者数を占める一方で、「床」については、概ね（6 名中 5 名）除却（①）までは行わず、継続もしくは部分的な改修を行うことで対応する（②～④）とした意見が多い。

次に、エリア B では前述の通り、「壁面」、「柱」、「梁」において危険と「思う」が顕著であるが、被験者が当該施設の管理者である場合、「思う」－「除却」（a-①）と、「思う」－「停止→改修」（a-②）とに、その対処法が分かれている。これを被験者が当該施設利用者であった場合で見ると、「梁」に関しては、「除却」では「避難する」、「停止→改修」では「避難しない」とする傾向が見られるが、「壁面」と「柱」に関しては「除却」、「停止→改修」ともに「避難する」の割合が高い。このことから、建物が当該施設利用者にとって極めて危険性の高い損傷を受けた場合、梁については除却を行う傾向が強いのに対し、壁面と柱については除却、もしくは改修にその対応が分かれるという傾向が明らかとなった。

最後に、「床」については「思う」、「やや思う」と危険性に対する不安が大きい場合には、「停止→改修」、「継続→改修」と、除却にまでは至らないまでも何らかの改修を行うといった、危険性に対して抱く不安の大きさに比例した対応が見られる。　なお、当該施設利用者の場合を想定した判断は、ともに概ね「避難しない」が大きな割合を占めていた。

5. 総括

以上の分析より、まず耐震ブレースの印象評価に関して、1）一般に採光の面数や方位に制限を受けやすい文教施設への耐震ブレース設置の際は、窓の外への視線の抜けや、室内への影の影響等に配慮した設置が求められること、2）そのデザインについては、被験者に対し安心感を与える一方で、威圧感を与えないための大きさや形状であること、3）加えて、色彩の調整等によって不安感や威圧感などの緩和を行う必要があることが明らかとなった。

次に、建物の損傷に対する印象評価に関して、4）施設利用者が建物の損傷に対する危険性を認識する上で、建物に生じるヒビの存在そのものが、その大きさや構造上の重大性を超えて極めて大きくはたらくこと、5）特に柱や梁といった建物を支える上で重要ととらえられる部材への損傷に対してはその反応が極めて顕著であること、6）床については、部材そのものに対する損傷以外にも、

コンクリートの剥落やガラス片の散乱など、二次的な被害に対する不安も大きくはたらいていること、さらに、当該施設管理者にその主体条件が変化した際、7）壁面、柱、梁のように災害等の際に極めて大きな損傷を受ける部分については、損傷を受けた段階で除却、もしくは施設利用を停止して改修を行うという判断がとられる傾向にあること、8）床などのように損傷が軽微な部分では継続利用を行うといった判断がとられる傾向にあるが、特に二次的な被害の恐れのある部分では、損傷が軽微であっても、利用停止までは行われないまでも部分的な改修が行われる傾向にあることが明らかとなった。

なお、本研究によって得られた結論は被験者の回答傾向より類推された関係について述べたものであり、その因果性に関わる結論には至っていない。今後は、水平加力実験によって与える変形の度合いに応じて変化する損傷状態に対して当該施設利用者が抱く危機感の変化や、構造的な指標に基づく建物そのものの物理的な危険性と、建物が受ける損傷の度合いに応じて利用者が抱く心理的な危機感との対応関係をとらえること等を通して、より深い分析を行いたいと考えている。

謝辞

本研究は科学研究費助成金（挑戦的萌芽研究）及び九州大学人間環境学研究院（萌芽的学際研究）の助成によるものです。なお、本研究の遂行にあたり、九州大学の学生に多数のご協力をいただきました。ここに記して深謝いたします.

注

1) 水平加力実験の詳細に関しては別途、参考文献 1) を参照されたい。
2) 既存 RC フレームの補強のために、角形鋼管にコンクリートを充填して作成された CFT ブレース。3 号館の水平加力実験の実施に際し、1 階と 2 階に計 8 箇所設置された。なお、本耐震ブレースの詳しい性能に関しては別途、参考文献 3)，4) を参照されたい。
3) 3 号館では、耐震ブレースの設置作業に際し、カーテンボックスの除去、水平加力実験の実施に際し、腰壁へのスリット加工等、従前とは異なる室の状態とせざるをえなかった。そのため、被験者には耐震ブレース設置に伴い建物に行った上記加工がない状態で、教室内に当該耐震ブレースが設置された場合を想定させ実験を行ったが、3 号館の印象評価実験では、耐震ブレースそのものから受ける印象の評価を目的としているため妥当と考えた。
4) 加力実験の実施にあたり、4 号館では建物本体の切断、一部内壁の除去や柱と壁の間へのスリット開口等、従前の施設利用時とは異なる状態とせざるをえなかった。そのため印象評価実験の実施に当たっては、加力実験の対象区域と非対称区域が同一空間内で観測できる場所を設定し、特に危険性に関する印象の分析においては、加力実験の対象区域における数値を非対象区域で得られた数値によって補正することで分析データ精度を高めるよう努めた。
5) 危険性の認識に関する印象評価では、「壁面」、「柱」、「梁」、「床」に加え、「天井」に関する実験も行ったが、水平加力実験に伴う天井面の加工が大規模であったため分析対象からは除いている。

参考文献

1) 岩田衛, 山下哲郎, 彦根茂ほか：斜行配置座屈拘束ブレースによる耐震補強, 日本建築学会構造系論文集 第 634 号, pp.2215～2222, 2008.12
2) 中原浩之, 河野昭彦, 蜷川利彦ほか：実在 3 階建て文教施設の水平加力実験 その 1～6, 日本建築学会研究報告 九州支部, 第 50 号, pp.521～544, 2011.3
3) 壁谷澤寿海, 松森泰造, 金裕錫ほか：実大 3 層鉄筋コンクリート建物の振動実験, 日本建築学会構造系論文集 第 632 号, pp.1833～1840, 2008.10
4) 北島幸一郎, 中原浩之, 崎野健治：CFT 圧縮ブレースを用いた RC 造架構の耐震補強法に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.30, No. 3, pp.1573～1578, 2008.7
5) 中原浩之, 北島幸一郎, 崎野健治：RC 造建物を対象とした圧縮ブレース補強法の耐震性能改善効果に関する解析的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.30, No. 3, pp.1579～1584, 2008.7
6) 塩屋 晋一, 大川光雄ほか：圧縮ブレースを用いて耐震補強する既存 RC 造ピロティ架構の耐震性能の評価, 日本建築学会構造系論文集 第 632 号, pp.1823～1832, 2008.10
7) 五十子 幸樹, 吉富信太, 上谷宏二ほか：鋼構造ブレース付き平面骨組モデルのブレース配置に関する最適設計解特性, 日本建築学会構造系論文集 第 628 号, pp.899～905, 2008.6
8) 山川哲雄ほか：耐震補強された RC 造耐震壁の正負繰り返し水平加力実験と耐震性能, 日本建築学会構造系論文集 第 634 号, pp.2167～2174, 2008.12
9) 平石久廣, 稲井栄一ほか：鉄筋コンクリート造建築物の耐震規準における規定の意義とその合理化について, 日本建築学会構造系論文集 第 622 号, pp.163～168, 2007.12
10) 公立学校施設法令研究会編集：公立学校施設関係法令集, 第一法規, 2004 年
11) 社団法人文教施設協会：「学校施設づくりセミナー2006」安全・安心な学校施設づくりをめざす～学校施設の再生～, ボイックス株式会社, 2006 年

（受理：平成23年6月2日）