

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560737

研究課題名(和文)建物改修におけるファサード・レトロフィットの方法論的研究

研究課題名(英文)The Study of Facade Retrofit Methodologies of Architecture

## 研究代表者

今井 公太郎 (Imai, Kotaro)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：20262123

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、建物改修時における外壁部の改変、即ちファサード・レトロフィットにおいて、意匠・構造・環境・法規といった多様な与条件に適合する手法を構築するために、国内外の改修事例の調査およびそのデータベース化を通じて、計画課題を明らかにし、具体的な手法を整理・分析し体系化を試みるものである。特に、国内において需要が高まり続けている鉄筋コンクリート造の改修手法に比較的近い、国外の成熟した都市における組積造の改修事例を調査し、魅力的なファサード・レトロフィットの事例収集を行った。また一方で、文献調査により得た250程度の国内事例を基に、意匠や構造などの多角的な側面をもつデータベースを構築した。

研究成果の概要(英文)：This study explores the systematization of the building facade retrofit methodologies from viewpoints of design, structure, environment and regulation. Through analyzing the domestic and overseas examples and database construction, this study reveals the problems and organizes the realization methodologies of facade retrofit. Especially, the successful examples of the retrofitted masonry buildings in overseas are collected. Also the retrofit methodologies database is constructed by the approximately 250 Japanese examples.

研究分野：建築計画学

キーワード：改修 レトロ・フィット リファイン ファサード

1. 研究開始当初の背景

「スクラップ・アンド・ビルド」の時代は終わり、高度経済成長期以降多くつくられてきた、無名の建物の再利用が課題になっている。近年、メディアにおいて、「改修」、「建築再生」、「リノベーション」、「リフォーム」、「コンバージョン」、「リファイン」といった多種多様なコンセプトに基づいた改修事例の紹介が目立つようになり、今後も増加が予想される状況である。しかし、その具体的な方法の体系は未開発である。

2. 研究の目的

本研究は、建物改修時における外壁部の改変、即ちファサード・レトロフィットにおいて、意匠・構造・環境・法規といった多様な与条件に適合する手法を構築するために、国内外の改修事例の調査およびそのデータベース化を通じて、計画課題を明らかにし、具体的な手法を整理・分析し体系化を試みるものである。

ファサード・レトロフィットという国内において未開拓な研究をすすめていくにあたり、事例収集と、分析対象の明確化が最も重要な作業である。そのために設計上の問題点とそれをどのような手法とバランスで超手したのかという計画の実データを設計者から集めることが肝要である。まず、文献調査にはじまり、重要な事例に関しては、現地調査およびヒアリングが必要になる。その結果をデータベース化し、計画条件と解決手法の対応付けを行う。データベースの分析を通じて、これからのファサード改修に期待される具体的な方向性を示すことが目的である。

3. 研究の方法

国内において需要が高まり続けている鉄筋コンクリート造の改修手法に比較的近い、国外の成熟した都市における組積造の改修事例を調査し、魅力的なファサード・レトロフィットの事例収集を行う。また一方で、文献調査によりまとまった数の国内事例を収集し、データベースを構築する。これらのデータをもとに意匠・構造・環境・法規といった多角的な側面から分析を行う。

4. 研究成果

(1) 近年の国内事例を用いて改修手法のデータベース化を行った。2000年から2013年までに雑誌「新建築」上で掲載された建築作品(2839件)から、全ての建築改修に関する作品(399件)を抽出した。そのなかで、建築的操作が限定的であるインテリア改修事例、増築のみが為された事例を省いた221件の改修事例を対象とする(図1)。

歴史的建造物の保存から商業ビルの改装まで多様なあらわれをみせる建築改修手法の広がりを把握するため、「与条件に関する

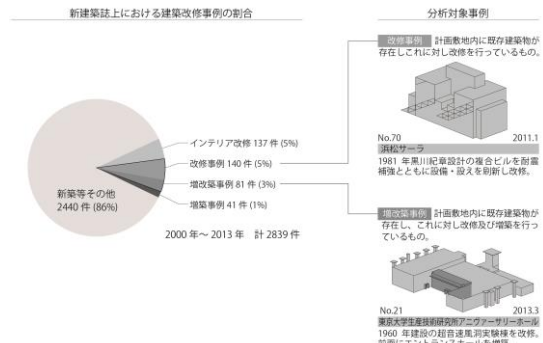
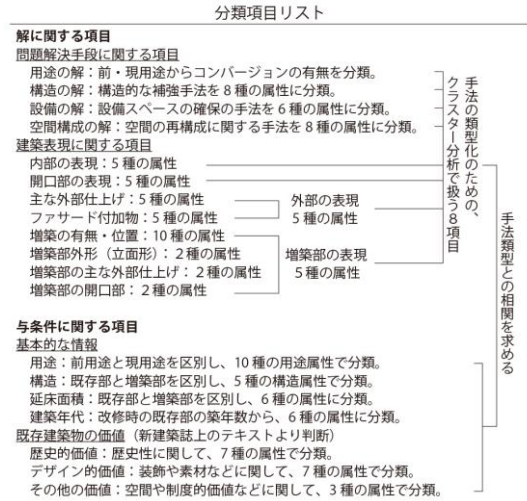


図1 新建築誌上の対象事例とその割合



- コンバージョンの有無  
1:コンバージョンあり 2:コンバージョンなし
- 構造の解  
a:内部補強 既存内部に、耐震壁・耐震ブレース・構造柱を追加した場合。  
b:外部補強 既存外部に、耐震壁・耐震ブレース・耐震フレームを追加した場合。  
c:既存躯体補強 既存壁体、既存柱内に耐震補強(炭素繊維巻き付け、コンクリート増し打ち、ブレース追加など)を施した場合。  
d:増築補強 既存構造と増築構造とを一体化させて剛性を確保した場合。  
e:減築 減床・耐力壁撤去などを行い軽量化、あるいは構造の偏心の解決することによって構造を成立させた場合。  
f:独立躯体 内部に独立した構造体を新設し、既存構造体に付加をかけた改修した場合。  
g:躯体交換 既存構造体の変化し一部、または全部を交換し改修した場合。  
h:免震化、制震化 既存に免震層を設けたり、制震化を施したりした場合。
- 設備の解  
a:スラブ上設備スペース 既存スラブ上に二重に床を設け、その間に設備スペースを確保した場合。  
b:設備露出 ダクト露出天井など、内部にダクトを露出させ設備スペースを確保した場合。  
c:スラブ下設備スペース 既存スラブ下に天井裏を設け、設備スペースを確保した場合。ルーバーなどを用いてダクトを被覆している場合もこれに含める。  
d:二重壁 既存壁体に対し二重に内壁を設け、設備スペースを確保した場合。  
e:外部設備スペース 既存建築の外部に設備スペースを増設した場合。  
f:その他不可視区域にダクトスペース 大規模な設備スペース新設の必要がなく、PS室の確保のみである場合。
- 空間構成の解  
a:外部→内部(外壁の内側化、中庭の内側化など) 増築や中庭の内側化などにより、外壁が内部化された場合。  
b:内部→外部 既存建築物が減築された場合。  
c:ヴォイドによる吹き抜け、トップライト 既存の床や屋根が一部撤去され、吹き抜けなど垂直方向に空間構成を変容させた場合。  
d:動線変更(エントランス位置変更など、平面、断面) エントランスの位置や、主要動線のルートが変更されたりした場合。  
e:内壁変更 内壁の位置や配列が変更された場合(入れ子に室が新設された場合は含めない)。  
f:増床 既存建築物内に増床が為された場合(増築による延床面積の増大は含めない)。  
g:入れ子 既存建築物内に入れ子に室が新設された場合。  
h:曳家、移設 敷地外にある建築物を曳家したり、既存を移設したりした場合。
- 内部、開口部、外部、増築部の表現

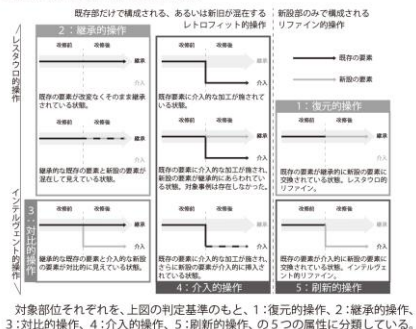


図2 分類項目リストおよび分類基準

項目「解に関する項目」の18項目を設定し、これらの分類項目それぞれに対し、「新建築」誌上の写真・図面・テキスト・データシートをもとに、判定を行った(図2)。

複数の、整理した「解に関する項目」の分類(図2)から「建築改修手法」の類型化を行う。類型化のため、整理した分類項目を用いて、各事例間の距離(比類似度)を定義した(図3)。ウォード法を用いてクラスタリングを行い、クラスターが9つの段階でA~Iの建築改修手法の類型を抽出した(図4)。以下に、それぞれの類型に与えた名称と解釈を示す。

事例間の距離(比類似度)の定義



図3 距離(比類似度)の定義

**A: コンバージョン・リファイン (13 件)** コンバージョンを伴い、既存建築の内外や開口部を大きく刷新させたもの。

**B: リファイン (32 件)** 既存の内外や開口部が大きく刷新されたもの。しかしAに比べて、既存の開口部は継承的に扱われたり、新設の開口部と対比的に扱われたりする割合が高い。

**C: 復元的レトロフィット (21 件)** 復元的操作や、継承的に新設部の挿入が為されたもの。一方で、既存に対比的・介入的に増築された割合が高い。構造補強が為され、特に免震化の割合が高い。また他の類型に比べて減築された割合が高い。

**D: 混在的レトロフィット (11 件)** コンバージョンを伴わず、既存の内外や開口部それぞれに対し、新旧を織り込みながら継承的・対比的・介入的な表現が為されたもの。

**E: 内外対比的レトロフィット (24 件)** コンバージョンを伴わず、既存の外部や開口部が継承的に扱われたもの。一方で、半数近くの事例では内部は刷新されていた。また、構造補強されない割合や、内壁が変更される割合が高い。

**F: 継承的レトロフィット(28 件)** コンバージョンを伴わず、既存の内外や開口部が継承的に扱われたもの。この類型は、空間構成を全く変えずに増築もされないものと、空間構成を変容させて増築されるものに大別することができる。

**G: 介入的レトロフィット(27 件)** 既存の開口部は継承的に扱われながら、内外に対し新旧を混在させて介入的に新設部が挿入されたもの。すべての事例で空間構成の変容がなされ、多くの割合で露出した設備スペースが設けられている。

**H: 継承的コンバージョン・レトロフィット(20 件)** コンバージョンの割合が高く、既存の内外や開口部が継承的に扱われたもの。一方で、既存に対比・介入的な増築の割合が高い。

**I: 空間介入的レトロフィット(26 件)** 増床や移築、入れ子上の空間再編など、抜本的な空間の再構成が為されたもの。表現にはばらつきがあるが、総じて、内部は新旧を織り交ぜる継承的・対比的な表現が多く、開口部は継承的な表現が多く、外部は復元的・継承的な表現が多い。

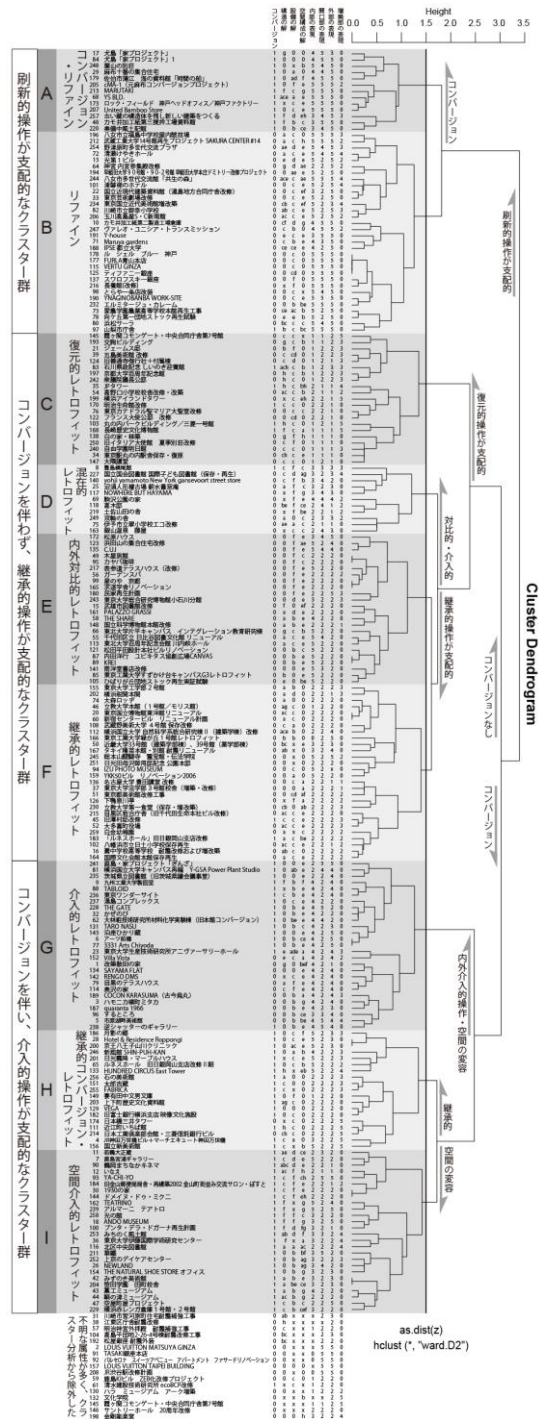


図4 クラスタリング結果

ここで得られたA~Iの改修手法と、前述の「与条件に関する項目」との相関を分析し、既存建築物の属性によって改修手法にどのような違いがあるか把握する。具体的には全事例を既存建築物の属性ごとに分類し、それぞれに選択された改修手法(前述のA~I)の割合を算出した。その一部を図5に示す。この分析によって以下の知見が得られた。

■歴史的価値との相関 歴史性の高い建築物ではC・Fの継承的手法が選択される割合が高く、逆に無名の建築物ではA・Bの刷新的手法が選択される割合が高い。また歴史性の属性ごとにみると、重要文化財など・著名な建築家・著名な公共施設ではC・Fの割合



が高いが、街並み・地域ではA・Bを除く様々な手法が実践されている。

■デザインの価値との相関 既存デザインに関する記述がある事例(59件)ではC・Fの割合が高い。そのうち装飾(25件)、素材(21件)、構成形式(14件)の順でこの傾向が強い。

■現用途との相関 教育系施設(29件)ではC・D・E・Fの継承的手法の割合が高く、商業施設(27件)ではA・Bの刷新的手法、展示施設(38件)ではG・H・Iの空間・用途を改変する手法の割合が高い。それぞれ、教育の場として考えを継承し他者と思考を同期させていくための空間、商業の場として新鮮さによって人を呼び込むための空間、展示の場として創造的かつ過去との対話に富んだ空間を達成する手法が選択されていると解釈できる。

■構造との相関 木造(57件)ではD・Iの空間を変容させる手法の割合が高い。またRC造(79件)では全手法がくまなく用いられ、改修の汎用性が高い構造といえる。

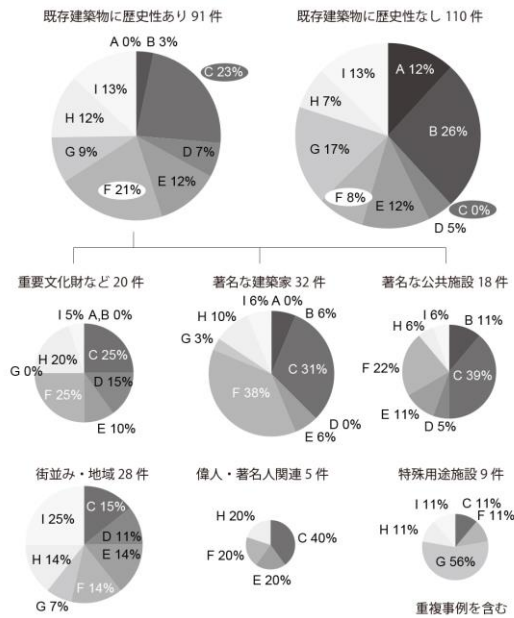


図5 歴史に関する項目の各属性の手法の割合

(2) スペイン・イタリアにおける魅力的な建築改修事例を収集し、国内事例調査から得た知見のもとに分析を行った。その一部を以下に示す。



図6

図6 Cultural Center Escuelas Pías (Spain)



図7

図7 Ribera Del Duero Headquarters (Spain)

図6は教会を図書館に、図7は既存建物をワイン本社のオフィスにコンバージョンしたレトロフィット事例である。左は既存の教会と同じレンガを用いて壁面が修復され、新

しく補われた壁面には立体的に傾きのある現代的な開口部が設けられている。一方右では、奥の既存建物から同じ石材の仕上げが彫塑的な形状で切り替わるように増築が為されているが、その一部に近隣の二つの教会から移設した様式的な開口部を埋め込んでいる。どちらも古い形式と新しい形式が一枚の立面のなかに同時にあらわれている。



図8

図8 Atrio Relais-Châteaux (Spain)



図9

図9 Fondazione Querini Stampalia (Italy)

図8は、街並み保護のため建物外周は既存の材料・ヴォリュームを保持したまま、内部空間に合わせた新設と既存の開口部のずれそのものをファサード表現としている。また外周部の扱いとは異なり、中庭では既存壁に白く細かい列柱状のファサードを新設し、新旧が共存する世界を作り出している。図9は、中世自治都市やファシスト政府が好んだ権威的な形式である庁舎建築を美術館へと改修した事例である。レリーフで覆われた古典的なオーダーのフレームと幾何学的なガラス面がオーバーレイしたファサードが、ミラノ市中心広場の一翼を担っている。

これら国外事例(図10)には構造や設備の解など不明な点も多いが、一方で、宗教系施設からのコンバージョンなど国内事例では見られない新しい解の発見が多くある。また比較した際、国外事例では歴史に対し積極的に介入する態度を示し、加えて開口部の扱いに関して多様な選択肢がある。総じて開口部を立体的あるいは層的に捉えることで、歴史との対話関係を構築していると結論できる。(写真は全て今井研究室撮影)

No	事例名	設計者	前用途	現用途	
1	Fundación Helga de Alvear	Mansilla + Tuñón Architects	住居	美術館	A
2	Teatrino	Tadao Ando	住居	シアター	
3	Punta della Dogana	Tadao Ando	税関	美術館	B
4	Atocha Station	Rafael Moneo	駅舎	駅舎	
5	Prado Museum	Rafael Moneo	美術館	美術館	C
6	Reina Sofia Museum	Jean Nouvel	美術館	美術館	
7	Community of Madrid Doc Center	Mansilla + Tuñón Architects	醸造所	図書館	
8	Matadero Contemporary Art Center	Various Architects	屠殺場	美術館	D
9	Pirelli RE Headquarters	Gregotti Associati	工場	オフィス	
10	Bank of Spain	Rafael Moneo	商業施設	商業施設	E
11	Toledo Congress Center	Rafael Moneo	城壁	シアター	F
12	Ribera Del Duero Headquarters	Estudio Barozzi Veiga	倉庫	オフィス	
13	Atrio Relais Chateaux	Mansilla + Tuñón Architects	住居等	ホテル	
14	Lingotto	Renzo Piano	工場	複合施設	G
15	Il Sole 24 Ore Headquarters	Renzo Piano	工場	オフィス	
16	Caixa Forum	Herzog & de Meuron	発電所	美術館	
17	Museo Nacional De Arte Romano	Rafael Moneo	遺跡	美術館	H
18	Cultural Center Escuelas Pías	Jose Ignacio Linazasoro	教会	図書館	

図10 国外事例リスト

(3) スペインホテルチェーン・パラドール(図11)を対象として、古城や修道院などの歴史的建造物を改修した事例の分析を行った。パラドールの魅力はその改修過程にあり、歴

史的建造物の全てが保存されず、元の建築の核になる要素が部分的に保存され、それを強化する様に空間が純化される場所がある。この研究では改修による空間純化を通じて、単なる保存／刷新の選択ではない、さらに高度な改修手法の展開を明らかにする。



図 11 パラドールの例（カセレス）

改修型パラドールの転用前の用途を整理すると、城塞、修道院、宮殿が殆どで、事例数はそれぞれ 15 軒、14 軒、10 軒となる。改修型パラドールでは、これらの元の建築用途から宿泊施設への用途変更に加えて、ホテルの運営効率を高めるために、増築による規模拡張が行われたり、法改正に伴ってバリアフリー化などのメンテナンスが行われたりし、複数の改修が重ねられてきた。しかし、その中には建築の核になる部分が保存され、元の歴史的建造物もつ魅力的な雰囲気が維持されている。

この研究では、改修型パラドール 44 軒のうち、アーカイブで保管される図面、設計者から入手した図面、参考文献の図版から改修の変遷を読み取ることができた計 9 件を対象とした。入手した改修前後の平面図を CAD 化し、分析に用いた。

まず改修過程における各平面図を重ね合わせ、改修過程を通して保存される壁（以下、残存壁）を抽出した。そしてその残存壁により作られる閉鎖領域のうち、建築空間であるもの（屋根が架かっているもの）を抽出する。その一例（図 12）を以下に示す。この重ね合わせから、残存する時間の長い壁で囲まれた空間を元の建築の核となる空間とし、事例ごとに設定（回廊、棟など）した。

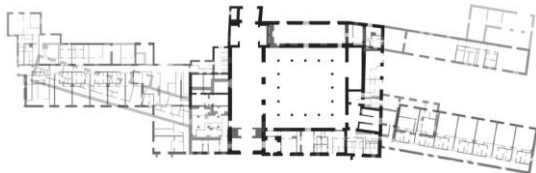


図 12 残存壁の重ね合わせの一例（グラナダ）

複数回行われた改修時の平面図をもとに、その空間内において、内壁の複雑度  $(C = L^2 / S)$  (L: 壁長、S: 面積)、図 13) および共有空間（ロビーなど）と占有空間（個室）の面積割合を算出した。結果、分析を行った 9 事例中 7 事例において内壁の複雑度は減少し、即ち既存の核となる要素は純化していることが明らかになった。また、9 事例

中 8 事例において共有空間の面積はほぼ変わらないかあるいは増加していた。図 14, 15 にその一例をそれぞれ示す。

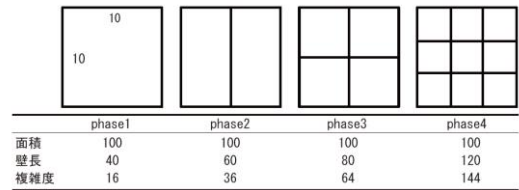


図 13 複雑度のモデル



図 14 基準形の複雑度の変遷（グラナダ）

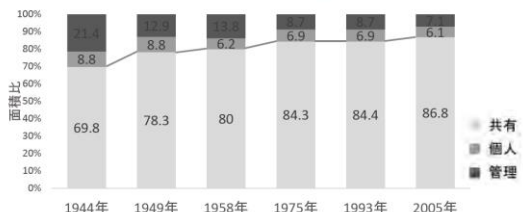


図 15 基準形の共有度の変遷（グラナダ）

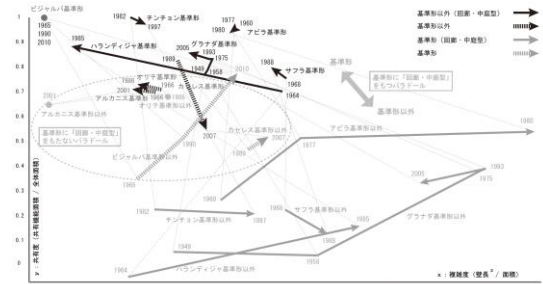


図 16 複雑度と共有度による基準形と基準形以外の比較

また、建築の核となる空間以外の空間に対し同様の計算を行い、建築の核となる空間との比較を行った（図 16）。その結果、内壁の複雑度が減少する空間のまとまりと、極端に増大するまとまりの存在を確認できた。これらの空間のまとまりは、前者は共有空間の面積割合が高く、後者は共有空間の面積割合が低いという傾向にあることが明らかになった。これらのことからパラドール改修においては、公共的な性格の強い空間において空間を純化（元の建築の核となる空間の再評価を行い、その特徴を強化する為に不必要な部分を除去すること）する態度と、その空間の純化の為に機能的な補完を公共的な性格の弱い空間において空間を鈍化（内壁を増加させ、必要な個室数やサービス・スペースを補完すること）する態度という二つの対比的な態度が、一つの建物（群）のなかで同時に行われているといえる。この事実は、魅力的な観光資源として建物を再生させる際の一つの評価軸となりうると考える。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計4件）

- ① 国枝歆、大井鉄也、今井公太郎、本間健太郎、市倉隆平、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その3 複合的な既存建築物の部分保存と新旧のファサードの関係性、日本建築学会学術講演梗概集2014、査読無、2014、2014、pp.907-908、<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009678844>
- ② 市倉隆平、大井鉄也、今井公太郎、本間健太郎、国枝歆、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その4 スペインホテルチェーン・パレードの増改築手法、日本建築学会学術講演梗概集2014、査読無、2014、2014、pp.909-910、<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009678845>
- ③ 大井鉄也、国枝歆、今井公太郎、本間健太郎、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その1 近年の国内の改修事例における「レトロ・フィット」の類型化、日本建築学会学術講演梗概集2013、査読無、2013、2013、pp.121-122、<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009891609>
- ④ 国枝歆、大井鉄也、今井公太郎、本間健太郎、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その2 既存部と改修部とのファサードの連続性について、日本建築学会学術講演梗概集2013、査読無、2013、2013、pp.123-124、<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009891610>

〔学会発表〕（計4件）

- ⑤ 国枝歆、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その3 複合的な既存建築物の部分保存と新旧のファサードの関係性、日本建築学会、2014/9/13、「神戸大学（兵庫県）」
- ⑥ 市倉隆平、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その4 スペインホテルチェーン・パレードの増改築手法、日本建築学会、2014/9/13、「神戸大学（兵庫県）」
- ⑦ 大井鉄也、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その1 近年の国内の改修事例における「レトロ・フィット」の類型化、日本建築学会、2013/9/1、「北海道大学（北海道）」
- ⑧ 国枝歆、「レトロ・フィット」建築に関する研究-その2 既存部と改修部とのファサードの連続性について、日本建築学会、2013/9/1、「北海道大学（北海道）」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今井 公太郎 (IMAI, Kotaro)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：20262123