

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2013

課題番号：21360298

研究課題名(和文) 地域文化を活かす歴史的街並群再生のための工学的アプローチ

研究課題名(英文) ENGINEERING APPROACH FOR REGENERATION OF HISTORICAL TOWN WITH REGIONAL CULTURE

研究代表者

野口 弘行 (Noguchi, Hiroyuki)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号：40062012

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円、(間接経費) 4,170,000円

研究成果の概要(和文)：街並再生は、意匠的な研究が中心に行われてきた分野である。しかし時代とともに変化する建物への需要を考えると、構造や環境の視点も取り入れればより理想的な手法が見つかるのではないかと考えが生まれた。そこで本プロジェクトが立ち上がり、意匠、構造、環境、材料の分野で研究を行ってきた。具体的な実施モデルを作成するには至らなかったが、一つの対象建物を多方向から検証していくことにより、他分野を考慮して研究を進める手法の一例を各々示すことが出来た。また、他分野を考慮することに対する課題も多く見つかった。この研究期間は、街並再生に必要な研究体制はこのようなものであるべきだという確信を得た有意義なものであった。

研究成果の概要(英文)：The regeneration project of old urban fabrics in Japan tends to be in the field of design studies. But it would be more powerful to engage structural and environmental viewpoints, to solve the changing needs for the buildings as time goes by. This is the first motive and the goal of this research project, and finally, design, structural, environmental, and material researchers joined together. This research has not reached to a real reconstruction project, but it was found that the research method of multifaceted viewpoints from different academic fields toward one building object was effective to clearly show the validity of collaborative research, and hence the new issues were also found in the collaborative process. Within this research project period, the participants were convinced that this research format was quite suitable for a typical comprehensive studies such as the regeneration of old urban fabrics.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：地域文化 歴史的街並 街並再生 町家 耐震改修 意匠 構造・材料 環境

### 1. 研究開始当初の背景

日本各地に残る歴史的街並・建物群は、建物そのものの取り壊しや近代化と称した安易な部分回収により、無味乾燥な表情を人々の前に晒している。その他、経済的もしくは行政的な理由から地域固有の文化としての街並・建物群を滅亡へ向かわせている事実がある。一方、伝統的な街並の中には、重要伝統的建造物群保存地区等の指定を受け、観光地として商業的には成功している例もある。しかしながら、全国の伝統的な地区すべてが観光地として成立する筈もなく、それらはあくまで人々の生活の一端として捉えるべきである。そのため、人々が誇りを持ちながら快適に住むことの出来る伝統的建物を残すことが重要となる。

歴史的街並に関する研究は数多く行われているが、それらは意匠や構造、それぞれが単独で行っているものが多い。しかし建物に関する需要は時代とともに変化し、快適に暮らすためにはこの需要を取り込んでいかなければならない。これらを考えていくことが果たして一つの分野内で可能なのだろうか。これより、建築に関わる多分野を網羅した研究プロセスが必要であると考え、本研究を行うに至った。

### 2. 研究の目的

これまで意匠的な研究が中心に行われてきた街並の保存に関して、材料、構造、環境の分野からも検討を行い、相互に関わり合いながら最終的に町家の改修計画のモデルを作成することを目的とする。また、手法を他の地域にも応用出来るものにする事で、全国の街並保存に貢献したい。

ここで述べる歴史的街並・建物群とは市街地域に立ち並ぶ町家形式の木造建物と、それらが作り出す景観を意味しており、対象地域として岡山県高梁市を選定している。

### 3. 研究の方法

#### (1) 構造分野 1

「町家の実測調査および住民への意識調査に基づく改修案の作成」

対象に選定した図1の町家の構造ディテールの把握を行った後、立体解析モデルを用いた耐震性能の検討を行う。この町家には、1階短辺方向に耐力要素の土塗



壁が1枚しか存在しないため、この方向に耐力壁を増設することが望ましい。その際、構造的に好ましくても住民が望まない箇所に耐力壁を配置するのは疑問であると感じ、耐震性の検討の前に住民にアンケート調査を行い、外壁および内壁に対する意識を確認するプロセスをとった。

図1: 対象町家(岡山県高梁市)

#### (2) 構造分野 2

「伝統的町家の耐震改修促進を目的とした耐震性能評価ガイドの提案」

典型的な既存の町家の耐震性能を耐震診断により確認し、さらに補強項目と補強量をパラメータとして補強設計例を作成した。この設計例の補強効果を、町家の床剛性を考慮した解析モデルを用いて地震応答解析により検証した。更にこれらの結果を踏まえ、設計者と住宅所有者がお互いに改修後の効果をイメージするためのガイドラインの作成を行った。

#### (3) 環境分野

「温熱環境改善手法の検討」

伝統的建築物の持つ特徴や価値を維持しながら最低限の環境維持エネルギーで快適となる改修手法の提案を行うことを目的とし、温熱環境実測と数値解析手法を用いて冬期断熱改修手法、夏期通風利用可能性について検討を行った。まず実在町家の夏・冬期の温熱環境の実測調査を行った後、断熱改修による温熱環境改善効果について定常の温熱環境解析手法を用いて検討を行った。また、夏期における通風利用可能性を検討するため、CFD解析手法を用いて風環境と改修検討町家の風圧係数分布の把握を行った。得られた風圧係数を用いて、夏期日中・夜間の通風利用可能性について検討を行った。さらに既存建物の内部を含んだ解析モデルを作成し、小領域の町家内部の通風性状を把握した。

#### (4) 材料分野

「長寿命・高耐用に配慮した土壁の材料選定および品質管理手法の検討」

景観構成に係わる土壁の現状を把握し、景観保全における土壁の要求性能の整理を行った。さらに、土壁建物の安全性の確保を前提とした上で伝統的な街並みを保全することを目的に土壁の品質確保に関して検討を行う。具体的には、まず土壁の諸性状の把握を行い、それらをもとにした因子分析から、土壁の品質管理に対する指針の提案を行い、今後の品質管理並びに品質改善のための基礎的資料の作成を行った。

#### (5) 意匠分野

「まとめり分布グラフによる景観構造の視覚化と街並み助成制度による修景効果の検証」

高梁地区の長年にわたる街並み調査結果からまとめた景観データベースを元に建物形式を類型化し、その後「特徴的景観要素」の集積を示した「まとめり分布グラフ」を定量的に視覚化することで、行政や住民が議論を共有できる概念的なプラットフォームを構築することを主要な目的とした。その結果、景観をコントロールするデザインガイドラインやそれに基づく街並み修景助成制度である「高梁市歴史的街並み保存地区整備事業(以下、街並み助成)」による街並み修景の効果を検証し、これらの方法論の有効性を具体的に示すプロセスをとった。

#### 4. 研究成果

##### (1) 構造分野 1

「町家の実測調査および住民への意識調査に基づく改修案の作成」

構造ディテールの把握

表 1: 構造ディテール

構造	土塗り壁による在来軸組構法建物
基礎	地下室はコンクリート・たたき土間、敷石あり
土台	金物なし
壁軸組	土塗り壁
床	野地板釘打ち
小屋組	和小屋、小屋梁：最大 300mm
屋根	瓦葺き、土葺きの可能性大
接合部	金物なし・込み栓あり
モジュール	910・955mm
柱の寸法	110・120mm角
梁の寸法（一例）	120・145 x 350・440mm
軒の出の長さ	910mm
1階床の高さ	500mm
階高	1階：3220mm、2階：3470mm

2007 年に行われた現地調査に追加して 2012 年度にも調査を行い、表 1 に示す構造ディテールを得た。

高梁市における意識調査



図 2: 1P

図 3: 4P

住民に図 2、3 のような壁幅を 1P ずつ変化させた写真を見せ、SD 法に基づく意識調査を行った。そのデータを統計解析ソフト SPSS を用いて主成分分析し、図 4 の結果を得た。

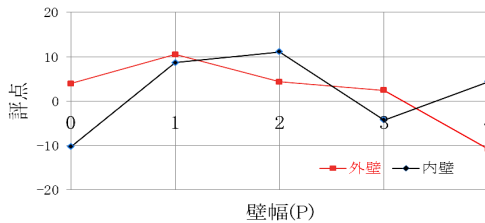


図 4: 壁幅 評点関係

外壁は 3P までが住民の許容出来るプラスの範囲である。内壁では 3P のみが許容範囲外となり、開放感と左右の対称性が評価されていることが窺える。

耐震性能の検討

意識調査で得た壁幅の許容範囲内で耐力壁増設を考える。十分な耐震性能の条件を「LV1 地震波で層間変形角 1/120rad. 以内」と設定し、時刻歴応答解析を行った。耐力壁の剛性は本学で行われた実験値を使用している。その結果、耐力壁の増設だけでは条件を満たすことは出来なかった。しかし併せて水平構面の補強(現状倍率 0.3 を 3.0 に補強)および屋根構面の軽量化を行うと条件の範囲内に収まる結果となった。

ここでは、構造分野であっても視野に入れておくべき住民意識を取り込んだ検討のあり方を探り、その手法の一例を示すことができたと考えている。

##### (2) 構造分野 2

「伝統的町家の耐震改修促進を目的とした耐震性能評価ガイドの提案」

JSCA 性能メニューを伝統木造住宅に適用することで、耐震改修を考える住宅所有者が設計者との話し合いの中で目標性能を設定し、改修前後の耐震性能の比較と補強の程度による性能の向上度の評価を、図表を用いて住宅所有者が視覚的に理解し、補強計画を立案するためのガイドを提案した。

状態表(表 2、図 5)

表 2 にて示す「状態表」では、地震災害後における建物の状態を「予想される被害の程度」、「機能維持の程度と人的被害」、「要する修復の程度」の 3 項目で表し、さらに耐震性能ランク毎に分かりやすく明示した。住宅所有者と設計者の話し合いの中でこの「状態表」を用いることにより、改修後の耐震性能の目標設定を行う。また損傷度の程度を説明する際、一般市民に対して「大破」や「小破」というような文章表記のみでは曖昧であるため、図 5 の損傷度がイメージできるものを製作した。

表 2: 耐震性能ランクによる建物状態表

耐震性能ランク	災害後の状態	予想される被害の程度	機能維持の程度と人的被害	
			機能維持の程度と人的被害	要する修復の程度
S	無被害	ほとんど損傷はありません。	居住空間への被害はありません。	外壁や屋根瓦など、若干の補修を必要とする場合があります。
A	小破	建物は若干の傾斜し、また外壁や基礎の一部に剥落や亀裂、或いは屋根瓦の一部が崩落する可能性があります。	外壁や屋根瓦等被害はありますが、居住空間としての機能に被害はありません。	直ちに補強・補修は必要ありません。小規模な補修により、当初の機能が完全に回復できます。
B	中破	ある階がかなり傾斜し、外壁や基礎に相当の損傷を受け、屋根瓦の崩落が目立ちます。	1・2階の柱・梁・壁の一部が破壊されていますが、内部空間を欠損するような被害はありません。	応急補強・補修を要しますが、中規模の修復により完全に機能回復が可能です。
C	大破	ある階が大きく傾斜し、大被害を被りますが、倒壊はしません。但し、余震により倒壊する可能性があります。	地震時に倒壊により人命が失われることはありませんが、地震後に立ち入ることは危険です。	大規模な補強・補修が必要になり、当初の機能の完全回復は困難になります。
D	倒壊	ある階もしくは建物全体が倒壊の危険性があります。	居住空間は失われ、重大な被害を負ったり、命を落とす危険性が高いです。	再使用は不可能になります。

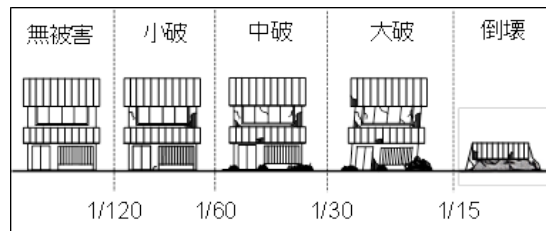


図 5: 伝統木造住宅の損傷度イメージ

耐震補強計画案作成表(表 3)

表 3 に示す「耐震補強計画案作成表」では、決定した耐震性能の目標値を満たす補強計画案の作成を行う。補強項目を壁、接合部、床、基礎の 4 つとして、各補強案で建物の仕様を表の通りに改善する。



表3 補強案とその仕様の例

1階壁配置図							
	接合部	ほぼ差しやかすがい打	平成12年建設省告示第1460号に適合する仕様				
床	杉板張	杉板張	合板張 <sup>1</sup>	合板張 <sup>1</sup>	杉板張	合板張 <sup>1</sup>	合板張 <sup>1</sup>
基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
案	補強前	補強案	補強案	補強案	補強案	補強案	補強案

(3) 環境分野

「温熱環境改善手法の検討」

実測結果から、冬期では住宅内の温度差が約15℃と大きく、ヒートショックを引き起こす危険性が高いことが明らかとなり、断熱性向上が急務であることを示した。現状から簡易に改善可能な断熱改修手法に関する解析結果から、既存の単板ガラスに断熱戸を使用する改修手法が最も効果的であることがわかった。

夏期通風に関する検討結果から、夜間は室内に多くの外気を直接流入させることで涼房効果を得られることがわかった。

大領域の計算結果をネスティングすることで、高梁市街地に流入する風を、周辺の山岳形状を考慮した解析が可能となった。これにより、小領域単体での計算時間が大きく短縮され、複数の開口開閉による通風性状の変化を確認することが可能となった(図6)。

室内を現状としたもの、構造分野から提案された耐震改修案と、構造案に開口を付加した2ケース、計4ケースについてCFD解析を行った(図7)。通風性状・換気回数等を比較した結果、プラン3が良好な結果となることが示された(図8)。また、これまでの結果を踏まえ、伝統的町家の特徴を活かし、通風効果を得るための改修案を提示した(図9)。

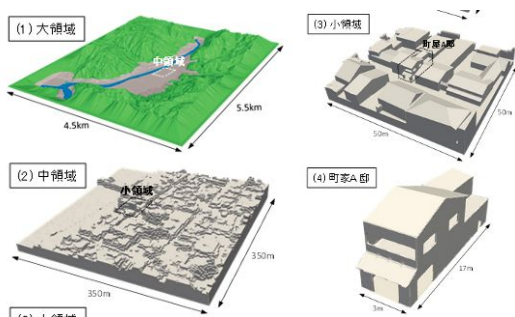


図6: CFD解析モデル

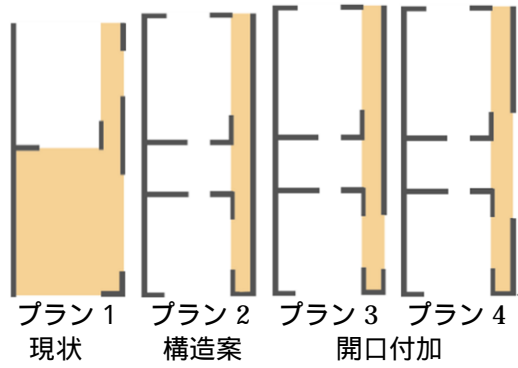


図7: 解析ケース

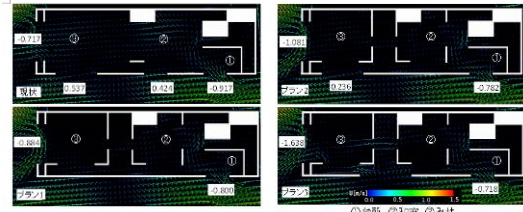


図8: 室内の通風性状の結果

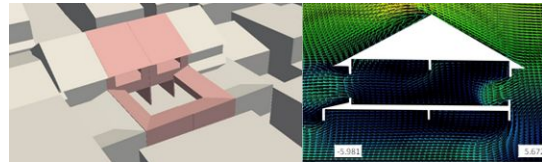


図9: 伝統的町家の特徴を活かした改修案

(4) 材料分野

「長寿命・高耐用に配慮した土壁の材料選定および品質管理手法の検討」

伝統的な街並みを保全することを目的に、土壁の品質管理について検討を行った結果、材料および仕様における各因子が品質に及ぼす影響をひび割れ、剥離・剥落に焦点を当て、表4の結果を得た。概ね土壁の品質においては、水原土比(W/C)による影響が大きい。試験間の関係性についてはどちらか一方の品質を把握することでもう一方の品質を予測することができ、品質管理の簡便化が可能である。また、本研究で得られた知見より最適な土壁の調合と仕様を以下に示す。水原土比は、施工性を損なわない程度に少なく調節する。繊維量は、施工性を損なわない範囲で混入量を多くする。塗り厚に関しては、薄塗がよい。下地にラスボードを用いる際は、従来のものより繊維混入量を多くするなどのひび割れ対策が必要である。

表4: 土壁の材料・仕様に関する結果まとめ

試験項目	測定項目	因子				試験間の関係性
		水原土比(W/C)	繊維混入率(F/C)	塗り厚	下地材料	
フレッシュ性状	フロー値			-	-	収縮率
	単位容積質量			-	-	
強度性状	曲げ応力	×	×	-	-	
	圧縮応力		×	-	-	せん断応力
	せん断応力		×	-	-	圧縮応力
乾燥収縮性状	収縮率			-	-	フロー値
ひび割れ性状	1本あたりの面積					
	全長	×	×	×	×	
	最大幅	×	×	×	×	
耐衝撃性状	剥離・剥落	×	×	×	×	

…単一因子で傾向が顕著に確認できたもの  
 …因子を複合化することで傾向が確認できたもの  
 ×…今回の分析では明確な傾向を確認できなかったもの

#### (5)意匠分野

「まとまり分布グラフによる景観構造の視覚化と街並み助成制度による修景効果の検証」

高梁地区の景観データベースを元に住宅形式を類型化し、まとまり分布グラフを描くことにより、景観構造の視覚化を行い、特にまとまりの高い地区・本町地区のデザインガイドラインを元にした街並み助成の修景効果の検証を行った。同種の住宅形式の集積状況から、高梁地区のような明確な都市構造の把握や、用途地域などの法制度による住宅形式の変化を読み取ることができた。

また、街並み助成の修景効果の検証について、今回使用したまとまり分布グラフという手法により効果計測を行った。住宅形式毎のまとまりを定量的に視覚化することで、全体的なまとまりは増加し、一定の効果は確認できたものの、確認申請時の外壁材料への規制により、街並み助成をしても「伝統継承型町家形式」は減少していくという皮肉な結果となった。今後の景観計画策定に向けた取り組みを軸に、行政・市民が意識を共有しながら、問題に取り組んでいくことが望まれる。

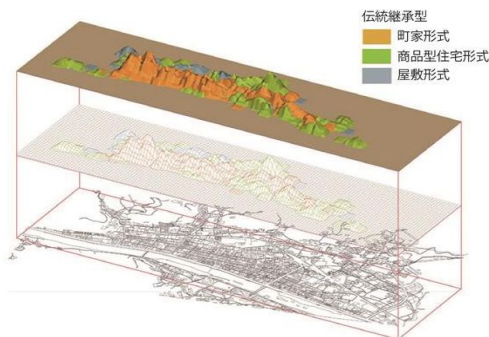


図 10: 伝統継承型全住宅形式まとまり分布グラフ

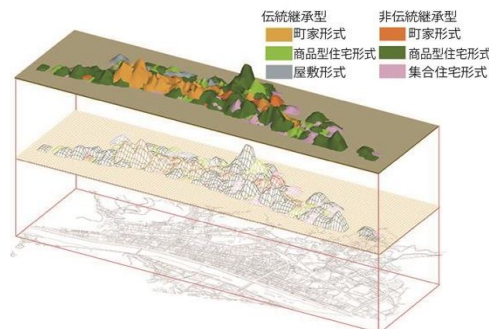


図 11: 全住宅型全住宅形式まとまり分布グラフ

#### (6)全体を通して

時代とともに変化する建物への需要を考慮、4分野で研究を行ってきた。

当初の目的であった、具体的な実施モデルを作成するまでには至らなかったが、一つの対象建物を多方向から検証していくことにより、他分野を考慮して研究を進める手法の一例を各々示すことが出来た。また、他分野を考慮することに対する課題も多く見つかった。この研究期間は、街並再生に必要な研究体制はこのようなものであるべきだという確信を得た有意義なものであった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

古市修、小林正美、泉山壘威、野口弘行、内山善明、街並み景観データベースを活用した歴史的街並み再生の方法論に関する研究、日本建築学会技術報告集、査読有、NO.673、2012、pp619-627

二村奈央子、小林正人、野口弘行、伝統的町家の耐震改修促進を目的とした耐震性能評価ガイドの提案、日本建築学会技術報告集、査読有、C-1、2011、pp101-106

野口弘行、梶川久光、渡辺康志、岡山県高梁市における江戸時代から昭和初期に建てられた伝統的木造住宅の耐震性能に関する研究、構造工学論文集、査読有、Vol.57、2011、pp349-362

〔学会発表〕(計34件)

Yasuaki Sumida、Koji Sakai、Hiroki Ono、A STUDY OF WIND PRESSURE COEFFICIENT AND ITS EFFECT ON CROSS VENTILATION - CFD WITH A REPRESENTATION OF MOUNTAIN UNDULATIONS、IBPSAconference, BuildingSimulation, 2013 .8.25, France

隅田泰章、酒井孝司、小野浩己、伝統的建築群の風圧係数分布と通風利用効果の検証(その3:町家の開口パターン変化による室内気流性状への影響)、日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会、2013.11.28、沖縄県市町村自治会館

高寄脩人、小林正人、荒川哲也、高減衰領域を対象とした応答スペクトルの減衰補正に関する研究(その4:免震建物モデルによる提案式の妥当性の検証)、日本建築学会大会、2013.8.31、北海道大学

喜多内美江、野口弘行、内山善明、小林正人、青松香苗、地域文化を活かす歴史的街並み再生のための工学的アプローチ(その5:多質点系に置き換えた歴史的町家の時刻歴応答解析による補強法の可能性に関する研究)、日本建築学会、2013.8.31、北海道大学

喜多内美江、野口弘行、内山善明、野城隆一、梶川久光、岡田由佳、岡山県高梁市における伝統的町家の構造特性に関する研究(その8:岡山県高梁市の伝統的町家モデルにおける高梁模擬波を用いた弾塑性解析)、日本建築学会、2012.9.12-14、名古屋大学

荒川哲也、小林正人、周期・高減衰領域を対象とした応答スペクトル法の減衰補正に関する研究、日本地震工学会大会、2012.11.9、東京・国立オリンピック記念青少年総合センター

Hiroki Ono、Koji Sakai、Hikaru Kawamura、Verification of Renovation Methods of Japanese Traditional Residence using Numerical Simulation、conference of HealthyBuildings, 2012.7.12, Australia

小野浩己、酒井孝司、野口弘行、内山善明、隅田泰章、特色ある地方都市の街並・建築群の保全・再生への環境工学的アプローチ(その4:周辺地形の影響を考慮したCFD)、日本建築学会、2012.9.12-14、名古屋大学

隅田泰章、酒井孝司、小野浩己、伝統的建築群の風圧係数分布と通風利用効果の検証(その2:街区モデルの改良と周辺地形の影響を考慮したCFD)、太陽/風力エネルギー講演、2012.11.9、北九州国際会議場

喜多内美江、野口弘行、内山善明、小林正人、酒井孝司、小林正美、地域文化を活かす歴史的街並群の再生のための工学的アプローチ(その3:岡山県高梁市に基づく町家の多角的評価に関する基礎的研究)日本建築学会、2011.8.23、早稲田大学

荒川哲也、並木昭和、小林正人、建物の減衰特性と地震応答指標に関する研究(その3:減衰仮定および地震動特性を考慮した地震応答解析)、日本建築学会、2011.8.23、早稲田大学

川村光、酒井孝司、小野浩己、野口弘行、特色ある地方都市の街並・建築群の保全・再生への環境工学的アプローチ(その2:伝統的建築群の風圧係数分布と通風利用効果の検証)、日本建築学会、2011.8.23、早稲田大学

野口弘行、渡辺康志、野城龍一、中里匡陽、梶川久光、小林正美、岡山県高梁市における伝統的町家の構造特性に関する研究(その1:研究をはじめるとにあたり)、日本建築学会、2010.9.9-11、富山大学

二村奈央子、小林正人、野口弘行、伝統的町家の耐震改修促進を目的とした耐震性能評価ガイドの提案、日本建築学会、2010.9.9-11、富山大学

川村光、酒井孝司、野口弘行、特色ある地方都市の街並・建築群の保全・再生への環境工学的アプローチ、伝統的町家の室内温熱環境把握に関する実測と縁側の改修手法、日本建築学会、2010.9.9-11、富山大学

松谷大樹、野口弘行、小林正人、内山善明、小林正美、耐震構造評価およびデザイン評価による岡山県高梁市における伝統的町家の総合評価に関する研究(その2:町家の構造評価および総合評価)、日本建築学会、2009.8.26-29、東北学院大学

藤田健児、姜性湖、小池博、小林正美、歴史的街並みにおける景観構成に関する研究 岡山県高梁市におけるケーススタディ、日本建築学会、2009.8.26-29、東北学院大学

石崎貴之、小山明男、野口弘行、特色ある地方都市の街並・建築群における壁土の性状に関する基礎的研究 繊維補強効果の検討、日本建築学会、2009.8.26-29、東北学院大学

佐川嘉郎、野口弘行、小山明男、内山善明、松谷大樹、石崎貴之、特色ある地方都市の街並み・建築群における木質土塗り壁のせん断挙動に関する研究 ワラスサの含有量について、日本建築学会、2009.8.26-29、東北学院大学

〔図書〕(計1件)

小林正美、エクスナレッジ、シャレットワークショップによる岡山県高梁市における実践的まちづくり 歴史的町並み再生のデザイン手法、2013.7、pp103

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

野口 弘行 (NOGUCHI, Hiroyuki)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号: 40062012

### (2) 研究分担者

酒井 孝司 (SAKAI, Kouji)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号: 40274691

小林 正人 (KOBAYASHI, Masahito)

明治大学・理工学部・准教授

研究者番号: 50373022

内山 善明 (UCHIYAMA, Yoshiaki)

明治大学・公私立大学の部局等・研究員

研究者番号: 50445839

小林 正美 (KOBAYASHI, Masami)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号: 70247146

小山 明男 (KOYAMA, Akio)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号: 90285099

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: