

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 25 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2015

課題番号：25303025

研究課題名(和文)リバースエンジニアリングとしての建築史学，古代ローマ遺跡のソースコードを読み解く

研究課題名(英文)Architectural History following a methodology of Reverse Engineering Reading hidden codes of Roman Architecture

研究代表者

堀 賀貴 (HORI, Yoshiki)

九州大学・人間・環境学研究科(研究院)・教授

研究者番号：20294655

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：古代ローマの三大都市遺跡であるポンペイ、ヘルクラネウムやオステアに見られる一般的な建造物群をリバースエンジニアリングの考え方をつかって読み解いた結果、以下のことが判明した。1) 建物の上下階で隔壁の位置を同じにしないと壁の荷重が偏り不安定となるが、ヘルクラネウムやオステアの多層階の建物では、多くがズレており、現在のような構造的な合理性は認められない。2) 部屋も正確に矩形のものは存在せず、壁は平行、直角とならないのが一般的で、むしろ完全に矩形のモザイクがその部屋の機能や格式を示していた。3) ポンペイでは荷車の交通に規制はなく、むしろ自由な往来の中での自己責任によって交通の秩序を保っていた。

研究成果の概要(英文)：This project was aimed at confronting: the analysis of Roman cities and buildings without prior suppositions applying laser scanning technology as below.

1) Reconstruction of upper structures and floors: The walls of the House of Painted Vaults at Ostia that partition the ground and first floors are not aligned with each other. This fact is in itself enough to doubt the uniformity of the whole structure. 2) Spatial structures around the floor mosaics: The mosaics of the Insula of Muse could have spatial relationships with the walls of the rooms they belonged. Their layout could link and visualize areas connected in function. 3) Traffic system of Roman cities; regularity and safety of urban life: In Pompeii, a two-way traffic was impossible except for limited arteries. The ruts remaining on the streets, which can provide the direction of the vehicles, reveal that carts were driven on the centre of the streets in both directions.

研究分野：西洋建築・都市史

キーワード：ポンペイ ヘルクラネウム オステア レーザー・スキャニング リバースエンジニアリング モザイク 交通規制

1. 研究開始当初の背景

本研究ではポンペイ、オスティアを対象に遺跡全体をスキャンし後に述べるリバースエンジニアリングとしての建築史学を実践した。

また、数多くの古代ローマ遺跡のなかでも情報の質、量ともに他を圧倒的に凌駕しているポンペイ・ヘルクラネウムとオスティアをフィールドとして。加えて、共和制から帝政初期のポンペイと共和制末期から帝政期のオスティアを比較研究することで古代ローマ都市文明の全貌に迫ることが可能となる。

古代ローマは世界最古といわれる集合住宅ディアナの家(オスティア)など現代都市文明の源流であり西洋文明というよりも世界文明の起源の一つととらえるべきであるという視点のもと、内燃機関や電力などの動力なしに高密度でコンパクトな都市を造り上げた過去の文明は古代ローマ以外にはなく現代社会が参考とすべき点は数多い。

本研究では精密な3次元データによって都市・建築の形成プロセスをリバースし、そのソースコードから都市文明に潜むリスクとその対応を読み解いた。

2. 研究の目的

研究の全体構想:建築史学は「美術史学」の一部であり「歴史学」とときには「考古学」の一部でもある。しかし本研究が目指すのは「工学」としての「建築史学」である。リバースエンジニアリングは図面が失われた製品の図面化と考えられる場合もあるが、本研究では、かつて工業製品の互換品を作るために行われた「機械を分解したり、製品の動作を観察したり、ソフトウェアの動作を解析するなどして、製品の構造を分析し、そこから製造方法や動作原理、設計図、ソースコードなどを調査する事」(Wikipedia)を指している。つまり、歴史的建造物を調査し図面に起こすスタンダードな建築調査の方法はまさに「リバースエンジニアリングそのもの」だからである。近年、非接触での3次元形状データ測定器(いわゆるレーザースキャナー)が飛躍的に進歩し、従来の図面や写真では表現されていないデザインや形状の微妙な変化をとらえることが可能となった。その形状データを用いて建築・都市の構築プロセスをリバースし設計思想や構成原理に迫る。

3. 研究の方法

ポンペイ、ヘルクラネウム、オスティアでの現地調査を行う。2mから120m程度の距離にある物体を数ミリ程度の誤差で立体的に計測できる中距離型レーザースキャナーと100mを越えて200mまで計測可能な中長距離型レーザースキャナー、および30cm程度の近距離にある対称物を0.5mm程度の誤差で計測できるオプティカル・スキャナーを併用し遺跡を精密かつ正確に実測する。実測結果は三次元座標をもつ点群の集まり(ポイント・クラウド、点群データ)として記述され、最終的には

すべてのデータを合成し、ひとつのポイント・クラウドとする。加えて、GPSを用いて、ワールド座標系に変換する。壁画・モザイクを含めた遺構全体について、色情報を含む点群データの集合として記述・ドキュメンテーションした上でデータを分析する。

4. 研究成果

本研究は、イタリアにおける3大ローマ都市遺跡、ポンペイ、ヘルクラネウム、オスティアにおいて、レーザースキャニング技術を通じて調査データを3次元化し、その密度、精度を飛躍的に向上させ、建築・都市遺構をリバースエンジニアリング的発想により、その設計、建築プロセスを復元、理解することを目的とした。具体的な成果は以下の四点であり、期待を上回る成果を得た。加えて、新しい課題の発券も含め、さらなる研究の発展が見込まれる。

1) 上部空間の構成原理

ポンペイに変えてより残存状況の良いヘルクラネウムにおいて調査を行った。地上階と上階の隔壁の配置を比較したところ古代ローマにおける一般的な住宅においては、初期の段階では、上階は増築に過ぎず、アクセスや床面の配置において有効利用を前提とするような設計は見られなかった(図1-1)。また、オスティアの三層と復元される住宅(二階床まで残存、3世紀)においても調査を行い、地上階の壁体配置と上階の壁体配置が鉛直線上にない、つまり上階の壁が地上階の壁の直上にないことを確認した(図1-2)。同時代を代表するコロッセウムやパンテオンなど大規模構築物における精緻かつ高度な構造技術とは異質と考えてよい。



図1-1 ヘルクラネウム「木製間仕切りの家」断面図(上階の床はつながっておらず、高さもまちまちであり、アプローチも1)街路から2)アトリウムから3)中庭から、と異なっている。)



図1-2 オスティア「描かれたヴォールト天井の家」の断面図、上下階で隔壁の位置がずれている。

加えて、ポンペイ・ヘルクラネウムでは地上三階までの建物しか確認されていないが、五階以上の建物が建設されたスティアでは、高層化に伴って、地上階の採光問題が顕在化したと考えられる。というのは、レーザー・スキャニング・データに基づいて、高層階の復元を行ったところ、地上階の各部屋で予想以上に「暗い」環境がシミュレーションされ、場合によっては、「通常の歩行」や「顔の判別」も難しい状態が予測された(次ページ, 図1-3)。もちろん、ランプなどの人工照明を使えば、利用は可能であるが、やはり生活環境としては著しく不便といえるだろう。今後は、より事例を増やして、採光環境の復元に取り組む必要がある。

それに関連して、オスティアでも最も高い大規模構造物であるカピトリウムの壁体(高さ12m超)のレーザー・スキャニングを行った結果、コールド・ジョイントと思われる継目が検出され、今後の研究課題としたい(図1-4)。

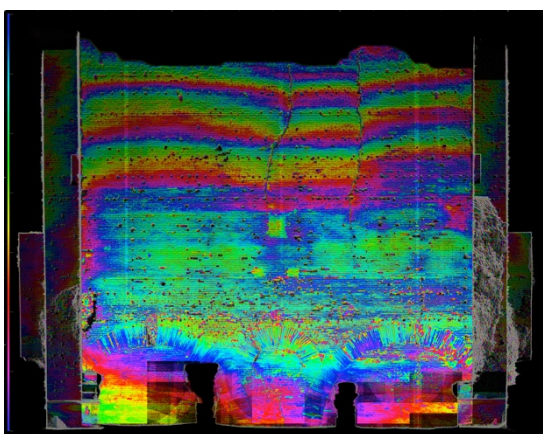


図1-4 カピトリウムの後背壁内側(表面の凹凸を4mのレンジで示している)

2) モザイクと建築空間の関連性

古代ローマにおいて後1世紀ころから急速に普及したモザイクには装飾性と耐水性などの機能が要求され、オスティアにおいては、装飾性と機能性を両立した幾何学的・パターン(幾何学模様)が一般化し多くの床にモザイクが敷かれた。これまでモザイクは芸術(工芸)品として、図像や構図が分析対象とされたが本研究ではその配置について、壁体の配置との関係性から分析を加えた。まず新たな実測図と現存する実測図を比較し、その精度について再評価し精密な分析には問題があることを示した(図2-1)。次にミューズの家の実測結果をもとに壁体の直交・平行関係を分析すると、4つのグループに分類できることを示した(図2-2)。

2) モザイクと建築空間の関連性

古代ローマにおいて後1世紀ころから急速に普及したモザイクには装飾性と耐水性などの機能が要求され、オスティアにおいては、装飾性と機能性を両立した幾何学的・パターン(幾何学模様)が一般化し多くの床にモザイクが敷かれた。これまでモザイクは芸術(工芸)品として、図像や構図が分析対象とされたが本研究ではその配置について、壁体の配置との関係性から分析を加えた。まず新たな実測図と現存する実測図を比較し、その精度について再評価し精密な分析には問題があることを示した(図2-1)。次にミューズの家の実測結果をもとに壁体の直交・平行関係を分析すると、4つのグループに分類できることを示した(図2-2)。

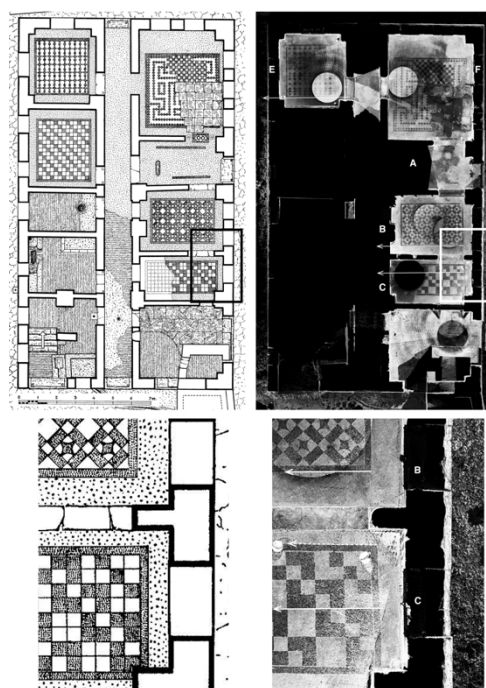


図2-1 描かれたヴォールト天井の家

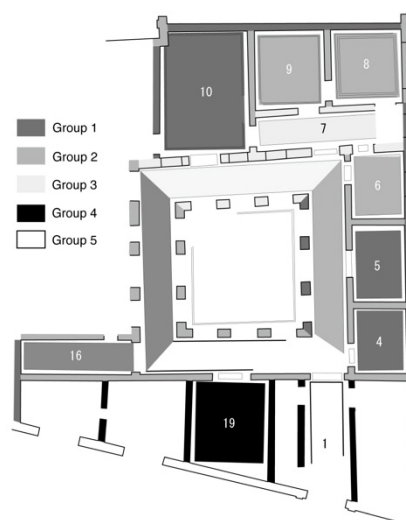


図2-2 「ミューズのインストラ」の壁体とモザイクの直交・平行関係

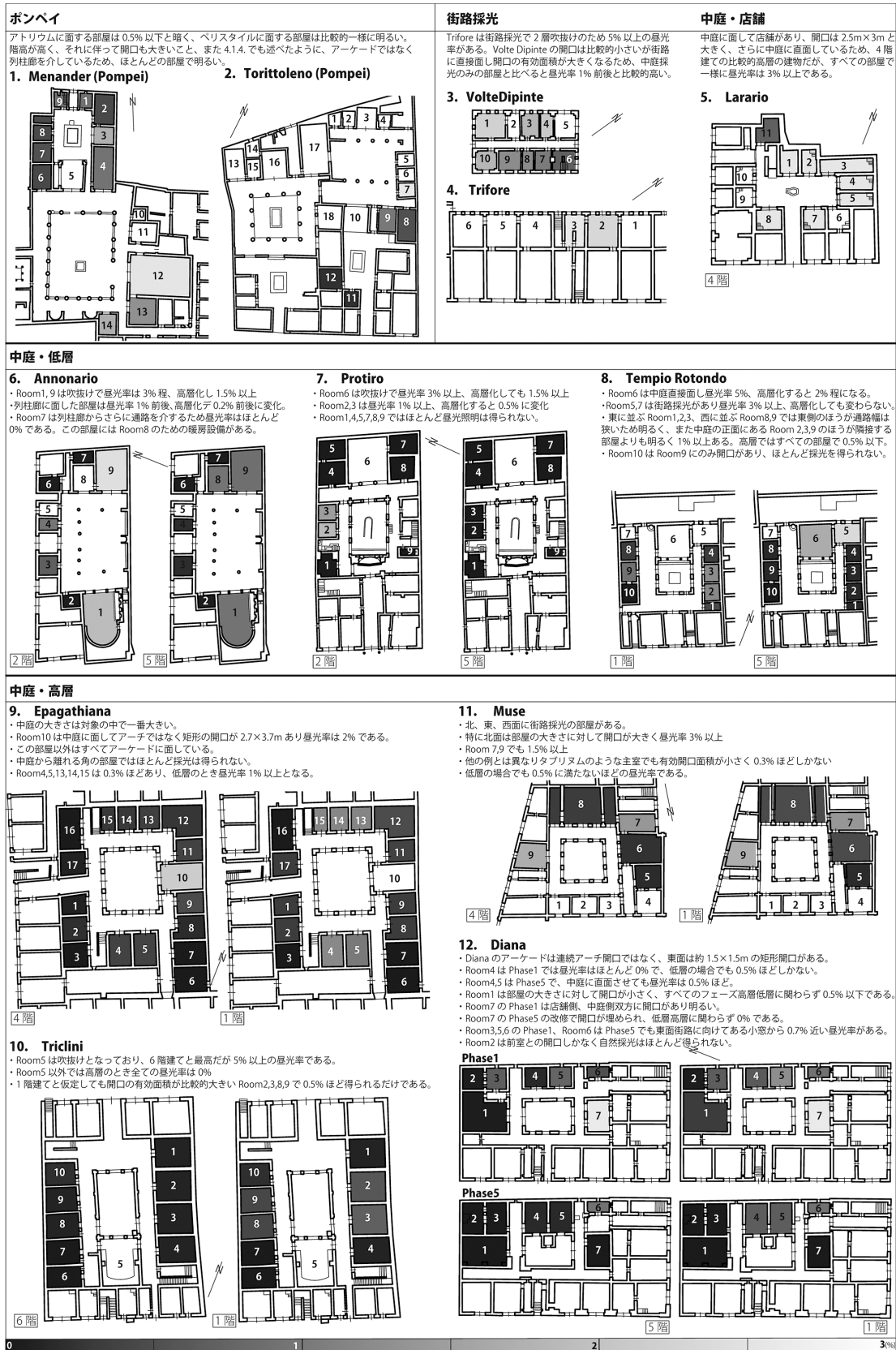


図1-3 昼光率分析表 scale=1:1000

昼光率の基準	顔の判別が可能
1.2-2%	長時間の視作業可能
1.0-1.5%	普通の視作業可能
0.5-1.0%	短時間の視作業可能
0.3-0.5%	通常の歩行が可能

さらに床モザイクの配置について、これらのグループと直交・平行関係を検討したところ同じように分類可能であることが判明した。その結果、モザイク床の配置が同住宅の機能別のグループを表象している可能性を指摘できた。本成果は建築学会の論文として発表済みである。

3) リスク管理空間としての都市

ポンペイの門を通過する道路の形状と街路に残された轍の分析から荷車の通行方向を推定した。轍の深さを精密に実測し、理論的に深さが深い方向が荷車の出口であることを説明した(図3-1)。また、門の内外に荷車の待避所として使えるスペースが存在することを指摘し、加えて、両面通行可能な街路でも待避所が存在することから、厳密な両面通行とは考えにくいこと(図3-2)。

さらに先行研究において存在が指摘された右側通行の規制に関して、街路の中央を双方向に走る荷車の存在が確認され(図3-3)、規制ほどの強い制限ではなく、通行慣行として「右折のために右側に寄って」走るといった程度の慣習であったと考えられる。むしろ自由な通行を許容しながら、通行量を規制するのが当時の交通システムであったことを示した。本成果は建築学会の論文として発表済みである。

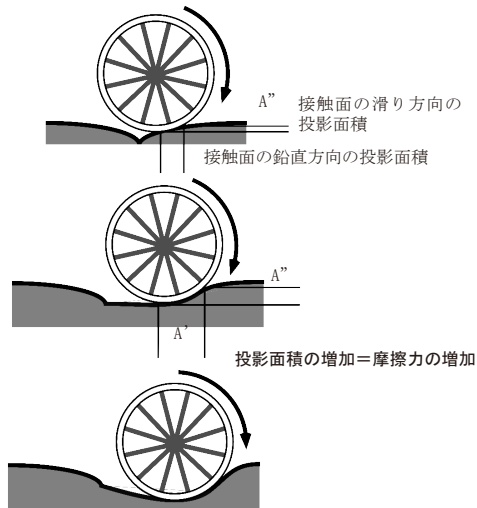


図3-1 轍の形成

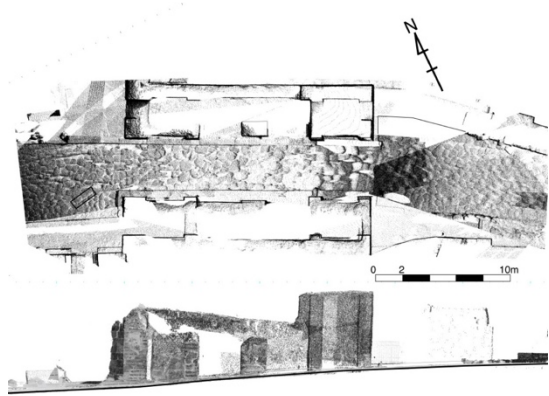


図3-2 エルコラーノ門内外の待避所

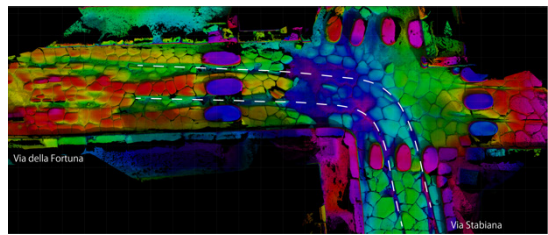


図3-3 スタビア通りとフォルトゥーナ通り交差点の轍(写真測量とレーザー測量の組み合わせによって生成された立体モデルの正投影図、紫から青への変化が5cmの深さを示す)

4) 国際シンポジウムの開催

2010年に開催された国際シンポジウム「ポンペイとオステティア」に続いて、2015年に本科研の成果発表を兼ねて、第二回国際シンポジウム「古代ローマの都市と建築 オステティアにおける都市、建築研究の最新動向」を開催した(図4-1)。2013年から15年までのポンペイ・ヘルクラネウムおよびオステティアでの調査について概報を発表するとともに、イギリスからグラエム・アール教授(サウサンプトン大学教授、イギリス隊によるオステティア・

ポルトゥス遺跡発掘プロジェクト主要メンバー), イタリアよりダレシオ・アレッサンドロ博士, マルコ・サンジョルジョ博士, オランダよりハンナ・シュティーター博士(ライデン大学, オスティア遺跡研究)にご講演頂いた。オスティア遺跡は, ヨーロッパでも最大の古代ローマ都市遺構にも関わらず, 日本ではその認知度が低く, 学術上の重要性とともに, 今後も紹介していきたい。

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 6 件)

①味岡 収, 堀 賀貴, オスティア遺跡, レギオ III, インストラ IX に関する 1950 年代の記録図面とその制作過程 記録者のフィルタリング および不作為による誤り, 日本建築学会計画系論文集 第 80 巻 第 717 号, 2671-2680, 2015 年 11 月 (査読有)

②M. Ikeguchi, 'The production and consumption of cereals in Roman Italy and the provinces', 『比較文化研究』49(2015), 1-19. (査読有)

③堀 賀貴, ポンペイにおける道路交通に関する考察(1), ポンペイ・都市機能研究 III, 日本建築学会計画系論文集, 第 79 巻 第 705 号, 2014 年 11 月, 2571-9. (査読有)

④堀 賀貴, オスティア, ミューズの家におけるモザイク・壁体配置と空間構成, オスティア・ローマ都市研究 II, 日本建築学会計画系論文集, 第 79 巻 第 705 号, 2014 年 11 月, pp.2563-70. (査読有)

⑤ Osamu AJIOKA, Yoshiki HORI, APPLICATION OF SFM AND LASER SCANNING TECHNOLOGY TO THE DESCRIPTION OF MOSAICS PIECE BY PIECE, in "The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5", ISPRS Technical Commission V Symposium, pp.23-28, Jun 2014. (査読有)

⑥Yoshiki HORI, Osamu OJIOKA, Laser scanning as a measuring tool: a practice in laser scanning at Pompeii for archaeology and architecture, in M. Piscitelli, ed. "Best practices in heritage conservation and management. From the world to Pompeii", pp. 276-283, Jun 2014. (査読有)

[学会発表] (計 2 件)

①Yoshiki HORI, Laser-scanning as a measuring tool a practice in Ostia for archaeology and architecture, 2016 年度日本建築学会大会学術講演会, 2016 年 8 月.福岡大学(福岡県・福岡市) (予定) .

②井桁 由貴, 堀 賀貴, 轍からみたポンペイ都市内の荷車交通に関する一考察, 日本建築学会九州支部研究報告 第 55-3 号, pp. 661-664, 2016 年 3 月. 琉球大学(沖縄県・中頭郡)

[図書] (計 3 件)

①Yoshiki Hori and L. Lavan, THE POTENTIAL OF LASER SCANNING FOR THE STUDY OF ROMAN BUILDINGS, in L. Lavan ed. "Field Methods and Post-Excavation Techniques in Late Antique Archaeology", Brill, 2015, pp.595-660.

②堀 賀貴, リバーズエンジニアリングとしての建築史学 考古学と建築学のあいだで, 豊田浩志編「モノとヒトの新史料学」, 勉誠出版, 2016 年 3 月, pp.144-59.

③池口 守「オスティアとポルトゥス - 首都ローマを支えた双子の港湾都市」本村凌二編『ローマ帝国と地中海文明を歩く』講談社, pp. 55-69, 2014.

[その他] 海外招待講演 (計 4 件)

①Prof Yoshiki Hori (Kyushu University, Japan), School of Archaeology and Ancient History in University of Leicester, School Research Seminar Series SPECIAL LECTURE, Virtual cities from laser scanning: bringing Pompeii and Ostia to Japan, 12th March 2013.

②Dr Yoshiki Hori (University of Kyushu), Using Laser Scanning to Analyze the Buildings of Ostia, The Roman Discussion Forum, Institute of Archaeology, University of Oxford Lecture Room, 24/04/13

③ Prof. Yoshiki Hori (Kyushu University), Understanding the Production of Mosaics through the Artisan's Mistakes, London Roman Art Seminar 2013, Institute of Classical Studies, Royal Holloway University of London and King's College London, 5th June 2013.

④Prof. Yoshiki Hori (Kyushu University), Laser scanning at Ostia and Pompeii, ACRG (Archaeological Computing Research Group) Seminar, University of Southampton, 04.06.2013.

ホームページ

<http://history.arch.kyushu-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀 賀貴 (Hori Yoshiki)

九州大学・大学院人間環境学研究院・教授

研究者番号: 20294655

(2) 研究分担者

池口 守 (Ikeguchi Mamoru)

久留米大学・文学部・准教授

研究者番号: 20469399

(3) 連携研究者

豊田 浩志 (Toyota Koji)

上智大学・文学部・教授

研究者番号: 20112162

加藤 磨珠枝 (Kato Masue)

立教大学・文学部・准教授

研究者番号: 40422521