

令和元年6月9日現在

機関番号：32408

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00718

研究課題名(和文)地域の歴史的文化を伝えるための景観シミュレーションシステム基盤構築

研究課題名(英文) Construction of a Landscape Simulation System Infrastructure to Transmit on the Historical Culture of the Region

研究代表者

川合 康央 (Kawai, Yasuo)

文教大学・情報学部・教授

研究者番号：80348200

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：一般的な地域の歴史的文化継承のため、過去の景観を再現することを目的とし、江戸末期の旧東海道宿場町を対象とした街路景観シミュレーションシステムの開発と評価を行った。さらに、浮世絵風レンダリングや時系列レンダリングといった応用発展システムを開発した。開発したシステムは、地域施設での常設展示や地域イベントを通じて、広く公開してきた。公開展示で得られた利用者からのフィードバックを受け、大規模なシステムアップデートを行い、より正確なものへと更新をはかった。また、様々な地域でも同様のシステムを開発可能となるライブラリの作成を行い、ライブラリの提供を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地域の歴史文化の継承は、都市化と過疎化によって、新たな課題となっている。長い年月によって培われてきた地域の一般的な歴史的文化は、価値が見いだされないまま喪失していく。現在、地域の歴史的文化を地域資源として戦略的に活用し、情報発信していくことが期待されている。

歴史的文化景観をデジタルで再現しようとする試みは、これまでも様々な場所で行われてきたが、これらは、有名な歴史的文化景観や独自システムを用いたものが多い。本研究は、一般的な地域の歴史的文化景観を対象に、ゲームエンジンを用いてわかりやすく可視化することによって、地域の歴史的文化を継承するための景観シミュレーションシステムを開発するものである。

研究成果の概要(英文)：For the purpose of reproducing the past landscape for the historical culture succession of the general region, street landscape simulation system for old Tokaido post station town in the end of Edo period was developed and evaluated. In addition, the application development system such as Ukiyoe style rendering and time series rendering was developed. The developed system has been widely opened to the public through permanent exhibitions at regional facilities and regional events. The feedback from the users obtained in the open exhibition was received, and the large-scale system update was carried out, and the update was attempted to be more accurate. And, the library which can develop the similar system in various regions was made, and the library was offered.

研究分野：デザイン学

キーワード：景観シミュレーション 景観計画 ゲームエンジン 仮想現実 空間構成要素 浮世絵 宿場町 江戸

## 1. 研究開始当初の背景

近年、地域の歴史文化の継承は、都市化と過疎化によって、新たな課題となっている。文化財保護法では、文化財や景観などが、類型ごとの特性に応じて保存措置が講じられてきた。しかし、長い年月によって培われてきた地域の一般的な歴史的文化は、文化財指定を受けることなく、価値が見いだされないまま社会に埋没し、喪失していく。そこで、文化庁は「歴史文化基本構想」を2007年に提唱し、地域に広く存在する文化財を、指定・未指定に関わらず幅広く捉え、周辺環境を含めて社会全体の中で総合的に継承し、これを活用するための方針を定め、その技術指針を2012年に取りまとめた。ここでは、歴史と文化の観点から、地域の特徴を活かした自律的で継続的な地域デザインが求められており、さらに、地域の歴史的文化を地域資源として戦略的に活用し、地域観光資源として情報発信していくことが期待されている。歴史的文化景観をデジタルで再現しようとする試みは、これまでも様々な場所で行われてきたが、これらは、有名な歴史的文化景観や独自システムを用いたものが多い。本研究は、一般的な地域の歴史的文化景観を対象に、ゲームエンジンを用いてわかりやすく可視化することによって、地域の歴史的文化を継承するための景観シミュレーションシステムを開発するものである。

## 2. 研究の目的

本研究は、地域の歴史的文化をわかりやすく伝えることを行うことを目的とした歴史的文化景観シミュレーションシステムを開発するものである。特に、有名な名所旧跡などの観光地ではない、一般的な地域の歴史的文化景観を都市レベルで再現し、地域に広く一般公開する。また、ゲームエンジンやオープンデータを活用し、様々な地域で活用可能なよう低コストでの開発を行うとともに、開発環境の特性を活かした様々な発展応用システムを開発する。さらに、一般展示を通じて、地域からの様々な情報を収集し、システムの大規模アップデートを繰り返すことで、より正確なシステムを市民とともに作り上げていくこととする。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究対象地区

本システムの対象地区を、旧東海道における江戸から六番目の宿場である藤沢宿（現在の神奈川県藤沢市）及びその周辺地区とした（図1）。藤沢宿は、正中2年（1325年）に創建された時宗総本山である清浄光寺（遊行寺）の門前町として栄えていた地域であり、慶長6年（1601年）に宿駅伝馬制度が制定された際に最初の宿場町のひとつとして指定された。東海道の起点である日本橋から十二里十八町（約50km）に位置し、天保14年（1843年）の時点で、本陣及び脇本陣が各1軒、旅籠は45軒あったとされている。江戸中期以降は、江の島道との分岐点として、江の島詣の旅客で賑わいを見せていた。その後、明治20年（1887年）に鉄道が開通すると、中心市街地は現在のJR藤沢駅周辺へと大きく南側へ移ることとなった。結果、旧藤沢宿街道は近代化に伴う大規模な開発を免れることとなったが、利便性の高い地域であるため、商業、住居などの開発が行われており、現在では宿場町としての面影はほとんど残っていない。本研究は、藤沢市郷土歴史課の協力を得て、浮世絵や文献資料をもとに、江戸時代末期における藤沢宿の街路景観シミュレーションシステムを開発したものである。当初開発したプロトタイプシステムでは、江の島一ノ鳥居、江の島道標、高札場などがある境川に架かる大鋸橋周辺を中心とし、北東部に位置する清浄光寺境内やそこに通じるいろは坂から、西部に位置する蒔田本陣とその周辺の商家までを再現した。また、システムの大規模アップデートにより、蒔田本陣以西の宿場町についても再現し、各街道への結節点を再現した。また、システムの応用発展として開発した浮世絵風レンダリングシステムでは、江の島（神奈川県藤沢市）を対象とした。

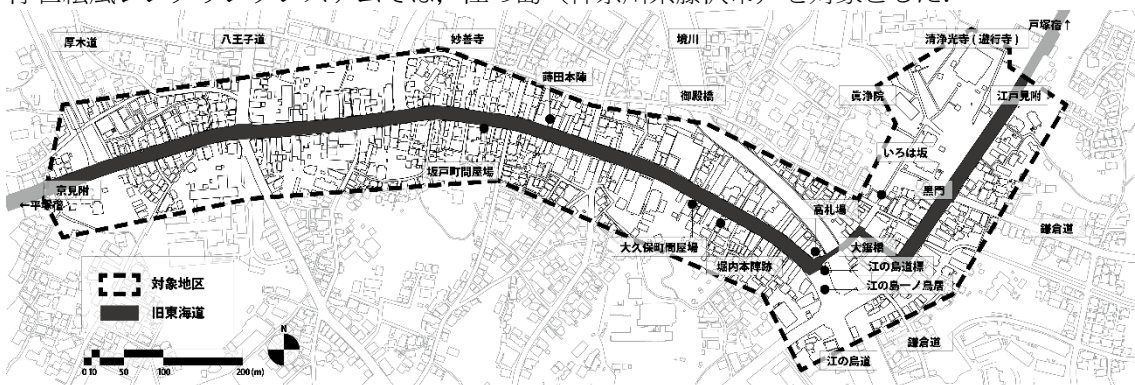


図1 研究対象地区：藤沢宿（神奈川県藤沢市）

### (2) 地域の歴史的文化を伝えるための景観シミュレーションシステムの開発

本システムは、統合開発環境であるゲームエンジンを開発環境として用いた。ゲームエンジンは、3次元モデルデータ等に対して、リアルタイムレンダリングによる描画と、様々なインタラクションを施すことが可能である。本研究では、プロトタイプシステムではゲームエンジン Unreal Engine を、応用発展システム及びアップデートしたシステムではゲームエンジン UNITY 採用することとした。本システムは、個々の空間構成要素モデルを3DCG制作環境で作成し、テクスチャ情報や法線情報を用意し、ゲームエンジンへと取り込むこととした。

資料をもとに、商家、寺院などの建造物、鳥居、高札場などの都市設置物、樹木や小物のモデリングを行った。浮世絵で表現されているオブジェクトは実在するものと異なることも多く、文献

資料等を参考にその精査を行った。これらの3次元形状モデルは個々のポリゴン数を抑えたとしても、街路全体としては高ポリゴンのもとなるため、パーツごとにモデルデータとテクスチャデータをゲームエンジンに読み込み、配置する。3次元形状データに合わせて作成されたテクスチャデータは、ベースカラーとともに、マテリアルマップとしてラフネスとノーマルマップを設定した。また、静的な空間構成要素とともに、注視を促す要素である動的な要素として、行動範囲が設定され、繰り返しモーションを持ったエージェントである人物モデルを配置した。当時の藤沢宿で生活を営んでいたと考えられる人々と、宿場町を訪れたであろう人々が、自律的にそれぞれのどのような行動をしていたのかを踏まえて行動する人物モデルを仮想空間上に配置し、実在感のある街路景観の再現を試みた。さらに、聴覚要素として、鳥や虫などの自然音をサウンドエフェクトとしてオブジェクトに組み込み、位置によって異なるサウンドスケープの形成を行った。寺社、商家からの生活音、環境音などをループ音源として作成し、位置情報と距離による音の減衰を持たせたサウンドスケープを構築した。本システムは、一人称視点で自由に行動可能なようなインタラクションを施した。基本となる視点の移動と回転は、一般公開において使用者へ特段の説明がなくても直感的な操作が可能なよう、ゲームパッドによる入力を実装した。さらに、各種アクションを設け、キーの割り当てを行い、条件に応じて異なるアクションを行わせることとした(図2)。

#### 4. 研究成果

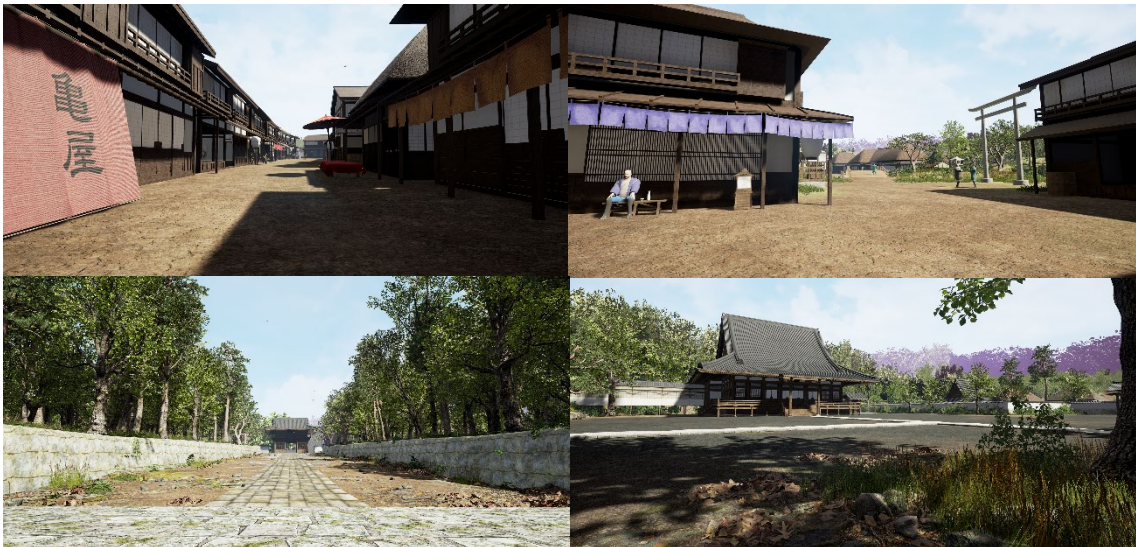


図2 景観シミュレーションシステムの動作画面(左上:旧東海道, 右上:大鋸橋周辺, 左下:いろは坂, 右下:清浄光寺)

#### (1) 地域の歴史的文化を伝えるための景観シミュレーションシステムの評価

本システムで再現された街路景観について、ユーザがどのような空間構成要素に注視しているのかを特定するとともに、これらを浮世絵と比較することとした。比較対象とした浮世絵は、いずれも歌川広重によって描かれた藤沢宿の浮世絵である。システム上で、これらの浮世絵の視点に近い位置にカメラを用意し、システム画像を取得した。但し、システム画像は透視投影であるが、浮世絵画像は平行投影であるため、必ずしも画像内の構成要素の比率が一致するものではない。システム画像と浮世絵を比較するためのWebシステムを作成した。ブラウザ上に対象となる画像を100等分した画像データを10×10に配列して表示し、各画像をクリックした際に呼び出される表示されないリンク先のアクセス履歴をカウントすることにより、クリック数を集計する。分割された画像は、各画像内の空間構成要素をpixel単位で比率を出すこととし、各分割画像への注視はこの比率に応じた空間構成要素に対するものとした。被験者には、ブラウザ上で画像をランダムに表示し、気になる個所をいくつかでもクリックするよう指示した。本実験の被験者は109名である。評価実験の結果、画像一枚当たり平均約6.10回の注視を得た。システム画像は平均約6.14回、浮世絵画像は平均約6.07回であり、両者に大きな注視数の違いは見られなかった。空間構成要素種別の平均注視数と画面占有率から、システム画像と浮世絵が表すイメージの違いについても検討した(図3)。

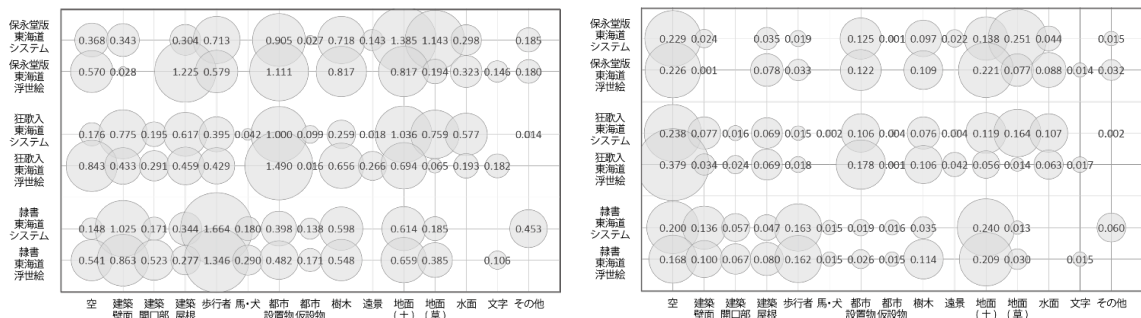


図3 景観シミュレーションシステムの評価(左:空間構成要素種別平均注視数, 右:空間構成要素種別画面占有比率)

## (2) 浮世絵風レンダリングシステムの開発

ゲームエンジンという開発環境を用いることで実現可能なシステムの応用発展として、浮世絵風レンダリングシステムを開発した。この浮世絵風レンダリングシステムは、江戸時代の江の島（神奈川県藤沢市）を対象とし、これを写実的なレンダリングとともに、浮世絵風にリアルタイムレンダリングすることで、浮世絵の世界を立体的に体験可能なものとした。本システムは、VR版とPC版の2種類作成することとした。VR版では一人称視点による浮世絵内のウォークスルーをHMDで再現するものとし、PC版では、三人称視点の切り替えも可能なものとした。対象地区の江の島は、神奈川県藤沢市にある相模湾へ突出した陸繋島である。古くより観光名所として栄え、浮世絵の題材としても多く取り上げられている名所である。今回は、島全体を一つのプロジェクトで扱うと容量が過大となるため、複数のシーンを用意し、スクリプトにより切り替えることとした。本システムで取り扱う浮世絵の範囲を、江戸時代後期(1797～1857年)のものとし、題材とする浮世絵師として、主となる建造物などの主たる景観要素については、歌川広重を、人物については歌川国貞、歌川国芳のものを対象とした。歌川広重と歌川国貞の合作した浮世絵として、「双筆五十三次(1854年)」がある。これは広重が風景を描き、国貞がそれに人物を添えたもので、人物と背景を異なる絵師が描いたものだが、本システムでも同様の手法を用いることとした。また、江戸時代後期から明治初期にかけて、怪異を描いた浮世絵が多く残されているため、資料を参考にし、浮世絵モードのみ化け猫、狐、狸を妖怪として実装した。浮世絵風レンダリングの再現方法として、まずオブジェクトのエッジを検出し、物体の枠線を強調させた。エッジの数値については、ユーザ評価による比較評価を通じて、より浮世絵らしいものを採用した。さらに、浮世絵風の質感を持たせるため、各オブジェクトにはマテリアル上で紙の質感を出した。GISデータには、国土地理院の基盤地図情報ダウンロードサービスを利用した。基盤地図情報を、表示ソフトウェア上によってDEM表示設定から連続段彩で表示した。これをハイトマップとして画像ファイルで保存してゲームエンジンへ読み込み、古地図を参照してモデルの修正を行って地形データを作成した。地形モデルの周辺には、繰り返しアニメーションを持つ波のモデルを配置した。開発したシステムは、浮世絵風のリアルタイムレンダリングによって、3次元表示される浮世絵風空間の再現を一定程度実現したと思われる(図4)。一方で、HMDを用いたVR版での酔いの発生が課題として明らかとなった。



図4 浮世絵風レンダリングシステムの動作画面(左:青銅島居周辺,右:江島神社辺津宮)

## (3) 時系列レンダリングシステムの開発

景観は、同じ都市空間であっても、時刻、季節や天候によって、その印象を大きく変化させる。時系列レンダリングシステムでは、これら経時的な種々の要素について、ユーザが自由に変更可能なものとするとともに、これら継時的な環境が自動で推移するモードも用意した。時刻の表現に関しては、太陽を表す平行光源の位置による表現を行った。藤沢宿の位置を、北緯35度20分、東経139度30分とし、光源の位置を設定した。太陽の位置は季節によって変動するため、後述する季節の表現と連動させ、月日によっても異なる時間表現とするものとした。また、夜間景観についても、新月時と満月時では夜間の明るさが大きく異なるため、月日のデータと連動させた。人物モデルは、夜間時には屋内に入り、街路上のモデル数を減らすとともに、歩行者に灯笼を携えたものも少数用意した。季節の表現については、時刻の表現で用いた太陽や月の月日データと連動させ、光源の設定を行うとともに、季節によって植栽のマテリアルを変化させることとした。光源の位置によって、影の落ち方とともに、建物などの物体の見え方が異なる。本システムでは、月日によって太陽の位置が異なり、同じ時間帯であってもその印象は大きく異なるものとなった。天候の表現としては、晴、曇、雨、雪の4つのパターンを用意した。雨雪時には、エフェクトを用いて、ステージ上部から雨や雪を表したパーティクルを作成し、上空から降らせるものとした。また、雨天時には、雷雨の表現としてフラッシュ光源とサウンドエフェクトを設置した。降雪時には、シェーダによって建築物や道路などのマテリアルを変更し、屋根や路面に積雪表現を行った。また、人物モデルは、天候の変化に応じて、傘をさす、雨宿りするなどの行動を持たせることとした。これらの継時的要素はTime Zone Select画面において、任意の時刻、季節、天候に変更できるものとした。また、Selectモードとは別途Autoモードを設け、1日を3分間で一周するものを用意した。このモードは展示を考えた結果、昼間時12時間(6～18時)を120秒、夜間時12時間(18時～翌6時)を60秒で繰り返し再生するとともに、天候がランダムで変化するものとなっている。

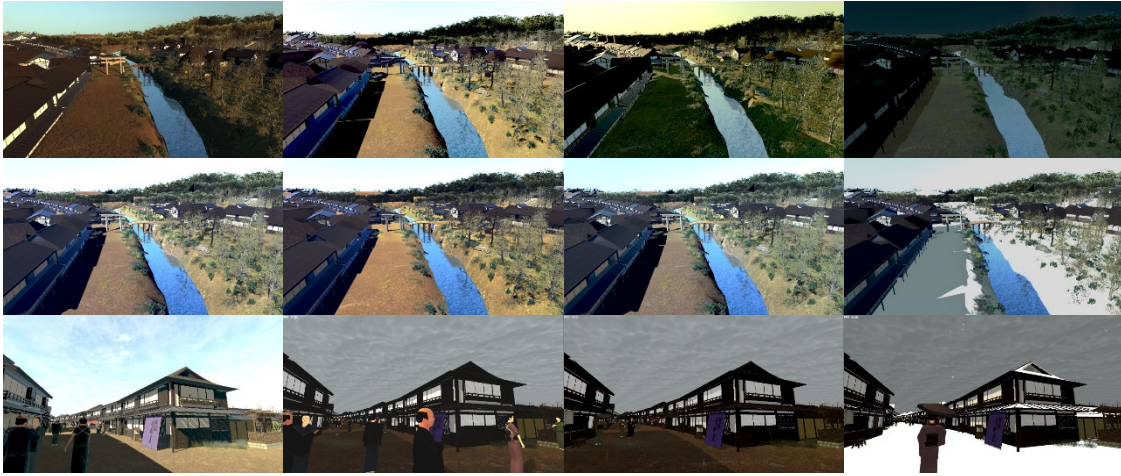


図5 時系列レンダリングシステムの動作画面（上段：時刻の表現，中段：季節の表現，下段：天候の表現）

#### (4) 地域の歴史的文化を伝えるための景観シミュレーションシステムの大規模アップデート

公開展示で得られた利用者からのフィードバックを受け、大規模なシステムアップデートを行うこととした。新たに提供された資料から、宿場町の旅籠や商店などの屋号とともに、旅籠以外の家屋を含んだ個々の民家の間口、部屋数などが明らかとなった。これを、旧町名と照らし合わせることによって、改めて建築物のモデリングを行い街並みの再構成を行った。これまでのシステムにおいて建築物モデルは、一棟ごとに用意したものをゲームエンジンに取り込んでいたが、今開発では、一間ごとに開口部、窓、壁など建材モジュールとして作成し、文献を参照して組み合わせパターンを変化させることによって、街道沿いの建物群を作成した。但し、遊行寺や蒔田本陣などの、特徴的な大型建築物については別途モデリングを行っている。また、外装ファザードとともに、内部空間についても再現を行い、本陣や店舗の屋内空間についても行動可能な範囲とした。さらに、街路の幅、川の深さ、樹木の高さなどについても、資料を基により正確なものへと変更を行った。静的空間構成要素とともに、人物などの動的空間構成要素についても、再度モデリングを行った。人物モデルはエージェントとして自律的に行動するようアルゴリズムを持たせるとともに、状況に応じて集団として発生させることで、大規模なエージェントの行動を処理している。



図6 大規模アップデートされたシステムの動作画面（左：旧東海道，中：大鋸橋周辺，右：清浄光寺）

#### (5) まとめ

本研究では、一般的な地域の歴史的文化継承のため、過去の実在した街路景観をゲームエンジンによって再現することを目的とし、江戸末期における旧東海道の宿場町である藤沢宿を対象とした街路景観シミュレーションシステムの開発を行った。さらにゲームエンジンを活用することで再現可能なシステムとして、景観の浮世絵風レンダリングや時系列レンダリングといった応用発展システムを開発した。これまでに開発したシステムは、藤沢市ふじさわ宿交流館での常設展示や地域イベントを通じて、市民に広く一般公開してきた。公開したシステムは、起動時の動作をハードウェアと連動させ、システム操作をゲームパッドで完結させるなど、取り扱いを簡易なものとした。結果、現在までに運用上大きな問題もなく、安定した動作をしている。また、公開展示で得られた利用者からのフィードバックを受け、大規模なシステムアップデートを行い、空間構成要素のモデル形状などについて検討を加え、より正確なものへと更新をはかった。また、建築物などの空間構成要素をモジュール化するとともに、人物などの動的な要素についてもパッケージを作成した。これらを組み合わせることで、様々な地域でも同様のシステムを開発可能となる自由に利活用可能なライブラリの作成を行い、いくつかの地域にライブラリの提供を行った。今後は、これらの手法を応用し、防災計画、交通計画などの社会の諸課題についてもシミュレーション可能なシステムへと発展させていくこととする。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計7件）

- ① 川合康央, 吉田周生, 小林夏美, 遠坂彩香: 景観イメージが経時的に移ろい行く歴史的文化景観シミュレーションシステムの開発, 情報処理学会インタラクション論文集, 査読有, 2019, pp. 879-884.
- ② Yasuo Kawai, Natsumi Kobayashi, Ayaka Enzaka: Historical Streetscape Simulation System that Reflects Changes in Weather, Time, and Seasons, SA '18 SIGGRAPH Asia 2018, Article No. 27, ACM, 2018, 査読有, 2018, 2p.
- ③ 川合康央, 大淵遥平, 土屋友梨夏, 二瓶翔子: 江戸時代末期の宿場町を対象とした歴史的街

路景観シミュレーションシステムの開発と評価, 情報処理学会インタラクティブ論文誌, 査読有, 2018, pp.690-694.

- ④ Yasuo Kawai: Creating a Regional and Historical Streetscape Simulation System, Entertainment Computing - ICEC 2017, Lecture Notes in Computer Science, vol. 10507, Springer, 査読有, 2017, pp.456-459.
- ⑤ Yasuo Kawai: Development of a Streetscape-simulation System to Support Regional and Historical Culture: Fujisawa-shuku Post-station Town on the Former Tokaido Road during the Late Edo Period, Proceedings of the 2017 International Conference on Culture and Computing (Culture Computing 2017), IEEE Press, 2017, 査読有, 2017, pp.123-124.
- ⑥ 川合康央: 都市空間シミュレーションシステムの開発と評価, 情報研究, 査読無, Vol.57, 2017, pp.1-13.
- ⑦ 川合康央, 土手光貴, 富樫尚繁, 鈴木隆太, 寺島雄大, 沼田和真, 藤井謙, 西野良祐: 江戸時代末期の旧東海道藤澤宿を対象とした街路景観シミュレーションシステムの開発, 情報処理学会インタラクティブ論文誌, 査読有, 2017, pp.726-731.

[学会発表] (計 13 件)

- ① 川合康央, 池田岳史, 益岡了: 地域の歴史文化継承のためのゲームエンジンを活用した街路景観シミュレーションシステム: 江戸時代末期の旧東海道宿場町藤澤宿を対象地区として, 2019 年度日本建築学会大会 (北陸), 2019.
- ② 川合康央, 池田岳史, 益岡了: 一般的な街並み景観のためのヴァーチャルヘリテージシステム: 天候と時刻による景観の印象変化の再現, 日本デザイン学会第 66 回春季研究発表大会, 2019.
- ③ 川合康央, 小林夏美, 吉田周生, 松場匠, 遠坂彩香, 吉川宏樹, 清川真純, 益岡了: 時系列による景観の印象変化を再現する歴史的街並み景観シミュレーションシステムの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2018, 2018.
- ④ 清川真純, 小林夏美, 遠坂彩香, 伊藤沙恵, 土屋輝恵, 鶴巣凌哉, 川合康央: 浮世絵風レンダリングによる歴史的的文化景観の再現, 日本デザイン学会第 65 回春季研究発表大会, 2018.
- ⑤ Yasuo Kawai, Yurika Tsuchiya, Youhei Obuchi, Shoko Nihei: Landscape Simulation System to Inherit the History of the Local Area, 2018 IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis), 2018.
- ⑥ 川合康央, 門屋博, 益岡了: 歴史的街並み景観シミュレーションシステムの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017, 2017.
- ⑦ 鶴巣凌哉, 小林夏美, 清川真純, 遠坂綾香, 伊藤沙恵, 土屋輝恵, 川合康央: 江戸時代後期の江の島を対象とした浮世絵風景観シミュレーション開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017, 2017.
- ⑧ 川合康央, 池田岳史, 益岡了: 景観計画のためのゲームエンジンを活用した景観シミュレーションシステム (3) 昼間時及び夜間時景観の再現と比較, 2017 年度日本建築学会大会 (中国), 2017.
- ⑨ 川合康央, 池田岳史, 益岡了: ゲームエンジンを用いた歴史的的文化景観シミュレーションシステム, 日本デザイン学会第 64 回春季研究発表大会, 2017.
- ⑩ 川合康央: 地域の歴史的文化を継承するための景観シミュレーションシステムの開発-旧東海道藤澤宿を対象として, 日本建築学会 2016 年度 (第 87 回) 関東支部研究発表会, 2017.
- ⑪ 川合康央, 土手光貴, 富樫尚繁, 鈴木隆太, 寺島雄大, 沼田和真, 西野良祐, 藤井謙: 旧東海道藤澤宿景観シミュレーションシステムの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016, 2016.
- ⑫ 高橋徹, 川合康央, 池田正典, 門屋博, 向坂文宏, 池田岳史, 益岡了: ゲームエンジンによる都市空間シミュレーションシステムの開発と評価 (3) - 景観計画のための昼間時・夜間時景観の再現と建築の状態変更を可能にするインタラクティブ, 日本デザイン学会第 63 回春季研究発表大会, 2016.
- ⑬ 川合康央, 土手光貴, 富樫尚繁, 鈴木隆太, 寺島雄大, 沼田和真, 西野良祐: ゲームエンジンによる旧東海道藤澤宿の街並み景観の再現, 日本デザイン学会第 63 回春季研究発表大会, 2016.

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

池田 正典 (Masanori Ikebe)

文教大学・情報学部・准教授 (10453440)

佐野 昌己 (Masami Sano)

文教大学・情報学部・教授 (70350999)

松本 修一 (Shuichi Matsumoto)

文教大学・情報学部・准教授 (60389210)

門屋 博 (Hiroshi Kadoya)

相模女子大学・学芸学部・教授 (80510635)

角田 千枝 (Chie Tsunoda)

相模女子大学・学芸学部・准教授 (50712337)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。