

景観イメージが経時的に移ろい行く 歴史的文化的景観シミュレーションシステムの開発

川合康央^{†1} 吉田周生^{†1} 小林夏美^{†1} 遠坂彩香^{†1}

概要：本研究では、地域の歴史的文化的継承のため、過去の実在した一般的な街路景観をゲームエンジンによって再現する景観のシミュレーションシステムを開発したものである。対象地区を旧東海道の宿場町である藤澤宿として、浮世絵や古文書、古地図などを参照し、システムの開発を行ったものである。本稿では、前開発の公開を受けて得られたユーザからのフィードバックの反映とともに、ゲームエンジンを用いることで可能となる特有の表現として、昼夜などの時間帯、春夏秋冬などの季節の再現、晴天、曇天、雨天などの天候表現について、変更可能なシステムを開発した。

1. はじめに

本研究は、地域のための歴史的街並み景観のシミュレーションシステムを開発したものである。近年、地域の歴史文化の継承は、都市化、過疎化、少子化、高齢化のため、我が国の各地において課題となっている。文化財保護法(昭和二十五年法律第二百四十四号)とその後の改正に基づき、有形文化財、無形文化財、民俗文化財、史跡、重要文化的景観、伝統的建造物群保存地区といった類型ごとの特性に応じた措置が講じられてきた。しかし、地域住民の生活の中で、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、文化財としての指定を受けることなく、その価値が見いだされないまま社会に埋没し、失われつつある。そこで文化庁は、2007年に「歴史文化基本構想」を提唱し、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、2012年にその技術指針を取りまとめた[1, 2]。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て活性化をはかるとともに、これらを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。本研究は、地域の一般的な歴史的文化景観に着目し、これを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研究である。

建築や都市の分野における3次元形状モデルによる視覚的なシミュレーションは、コンピュータグラフィックス技術の進化とともにその創成期から多くの研究がなされてきた[3]。歴史的文化的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。大滝らは、鎌倉市による国史跡永福寺に関する発掘調査をもとに、

MAYAを用いてコンピュータグラフィックスによる復元を行った[4]。影沢らは、現存する会津若松市の榮螺堂についてレーザレンジセンサを用いて3次元計測を行うとともに、奈良東大寺の大仏殿についても、距離画像を用いて測定し、現存する大仏のデジタルデータから、創建期の復元を3次元モデルで行った[5]。Callieriらは、パルテノン神殿を対象に、リアルタイムレンダリングによる仮想環境についての開発を行っている[6]。これらの研究は、著名な寺院などの建築物を対象とした精緻なモデル化を行っているが、建築物レベルでの再現である。都市レベルでの3次元化は、データ量が膨大となるといった課題があるが、都市規模での景観シミュレーションとしていくつかの先行的な試みもみられる。Dyllaらによるローマ再現プロジェクトでは、手続きモデリング手法を用いたバーチャルシティ再建を行った[7]。矢野らは、GISとVRを用いたヴァーチャル京都の開発を行い、過去と現在の都市景観の復元を試みている[8]。また、角田らは、MR技術を用いて飛鳥京の復元を行った[9]。これらは、インタラクティブな要素を持った過去の景観を都市レベルで再現したシミュレーションであるが、専用のシステムを用いることで、高コストのものとなる。本研究では、ゲーム開発に用いられる安価な開発環境を用いることで、有名な名所や観光地ではない一般的な地域においても、過去の街並み景観再現を可能とするシステムを開発するものである。

これまでの研究において、江戸時代後期の宿場町を対象とした歴史的文化的景観シミュレーションとして、リアルタイムレンダリングを行う街路景観シミュレーションシステムの開発と景観の評価[10, 11]や、オブジェクトのエッジ検出とその強調によるシェーダを用いた浮世絵風景シミュレーション[12]についての開発を行ってきた。開発したシステムは、地域の資料館において常設展示が行われ、地域住民に開放されており、現在も安定的にシステムの運用を

^{†1} 文教大学
Bunkyo University

継続している。

本研究は、システムの一般公開を経て得られた利用者からのフィードバックを受け、システムの大規模なアップデートを行ったことに関するものである。今回は、対象地区を旧東海道の江戸から六番目の宿場町である藤沢宿（現在の神奈川県藤沢市）（図 1,2）とし、より詳細な建築物の再現、人物モデルの配置とともに、特徴として時刻、季節、天候など、経時的な景観イメージの変化を可能とした表現が挙げられる。

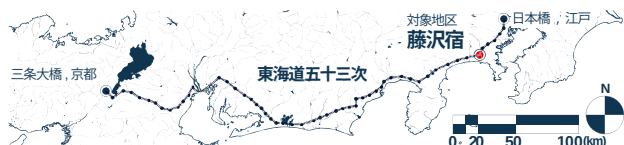


図 1 東海道五十三次における藤沢宿の位置

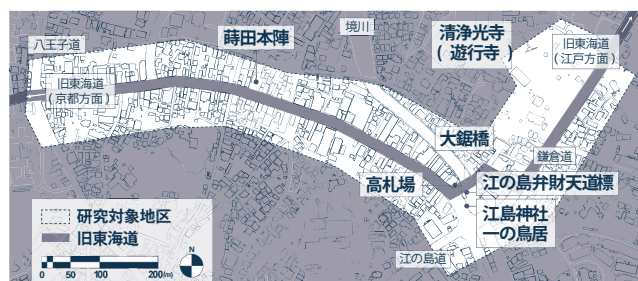


図 2 藤沢宿の都市要素配置図

2. システム開発

2.1 3次元形状モデリング

本システムの開発にあたり、統合開発環境であるゲームエンジン UNITY[13]を採用した。これまでに開発した歴史的文化景観シミュレーションシステムでは、開発環境としてゲームエンジン Unreal Engine[14]を用いていたが、今開発では、単なるウォークスルーではなく、経時的な景観イメージの変化などの、様々な要素を新たに追加するため、拡張性の高い開発環境を用いることとした。また、建築物などの3次元形状モデルは3DSMAX[15]で作成したものをBlender[16]に読み込み、ノーマルマップなどの設定を行ったうえで、ゲームエンジン上にパーツ単位で配置した。

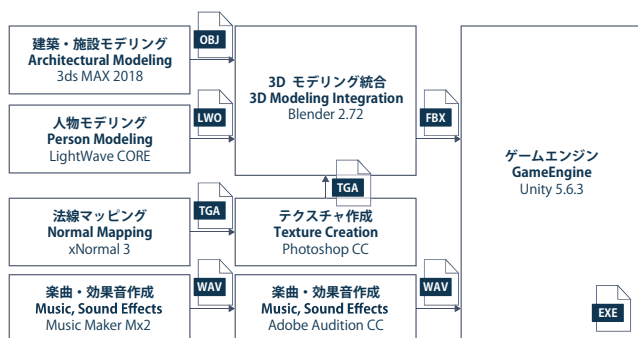


図 3 開発フローとデータフォーマット

人物モデルについては、Lightwave[17]によって作成したものを、Blender 上に読み込み、ボーンとアニメーションの設定を行ったうえでゲームエンジン上に取り込み、スクリプトで動作アニメーションを制御することとした（図 3）。

モデリングについては、まず建築物モデルの全面的な見直しを行った。当時の宿場町には、大名や武士など来街者が宿泊する本陣や脇本陣のほかに、武士や庶民が宿泊する旅籠があった。藤沢宿では、天保 14 年（1843 年）に、宿内人口 4,089 人（男 2,046 人、女 2,043 人）、総家屋数 919 軒が存在したとされ、本陣、脇本陣が 1 軒、旅籠が 45 軒と 49 軒、天保初年には 51 軒あったとされ、その規模は畳数 20～30 畳程度のものが約 60%，残りは 3～4 室程度の小規模なものであった。参勤交代など、大規模な宿泊客が宿場町を訪れた際には、旅籠などの宿泊施設による収容人数では賄えないため、実際には宿場町内の家屋にも宿泊させていたという記録もあった[19]。本資料では、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、部屋数などが記録されており、これを旧町名と照らし合わせることによって、今開発では、より史実に基づいた詳細な街並みの再現を行うこととした。また、間口については 2～3 間のものが多く見られ、宿場町の中心部は非常に高密度な景観となっていたことが明らかとなった。道路幅員についても、馬から荷物を積み卸ししている際に、横を人が一人通れる程度であったとされ、実際にはかなり細いものであったと考えられる。

樹木に関しても、モデルを大幅に変更することとした。浮世絵に描かれた景観は樹木がデフォルメされているものが多いことは指摘されていたが、資料では新たに樹種のおかるものもあった[20]。また、この地域における幕末期の古写真を参照すると、当時の街道沿いの樹木は現在の街路樹と異なり、樹齢が長いものも多くみられ、樹高が非常に高いものが多いことが分かった[21]。

人物についても、再度モデリングの全面改修を行った。これまでの研究で行われた景観評価において、建築物や都市設置物などの静的要素に比して、人物や車両などの動的な要素は高い注視を得る空間構成要素であることが明らかとなった [22]。本開発では、町人、農民、僧侶など、当時の藤沢宿に居住していたと思われる在住者と、武士、旅人など、宿場町を訪れたと思われる来街者について、当時どのような行動をしていたのかを考慮したうえで人物のモデルを作成した。これらの人物モデルは、定められた行動を繰り返すループアニメーションを持たせ、設定された範囲内に自動生成され、定められた目的地に向かって移動する。また、人物のモデリングについても、モデルの衣装や髪形などの精緻化を行うとともに、歩行モーションについても、和服を着用した人物の動きを検証し、歩行アニメーションを再作成した。人物モデルとともに、傘や籠、行灯など、人物に付随する空間構成要素についても、同様にモデリン

グし、専用のアニメーションを付すことによって、夜間には行灯を携え、雨雪時には傘をさすなどの動作モデルの実装も行った(図4)。これらの人物モデルは、自律的に行動するエージェントであり、朝になるとランダムな路面上に現れ、設定された目的地へと向かい、目的地到着後に消去される。また、雨天などの悪天候時には、エージェントは近くの建物で雨宿りするため屋内へ移動し、路上のエージェント数は減少する。また夜間時にもエージェント数を削減することとした。

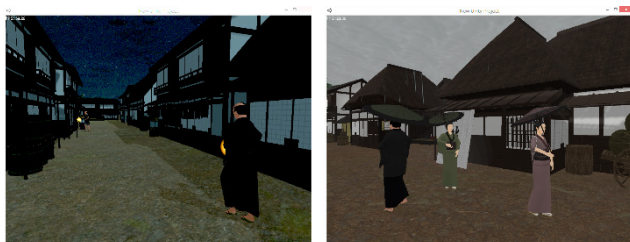


図4 夜間時に行燈を携える人物モデル(左)と雨天時に傘をさす人物モデル(右)

2.2 経時的变化

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[23,24]。本システムでは、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、これら経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、緯度35度20分、経度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、歩行者に行燈を携えたものも少数用意した。1862年の処暑(8月23日)における6時、12時、18時、24時を再現した画像を図に示す(図5)。

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材質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。1862年の春分(3月21日)、夏至(6月22日)、秋分(9月23日)、冬至(12月22日)の再現した景観を示す(図6)。

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材質を変更し、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。1862年の大寒(1月20日)における晴天時、曇天時、雨天時、積雪時の景観画像を示す(図7)。

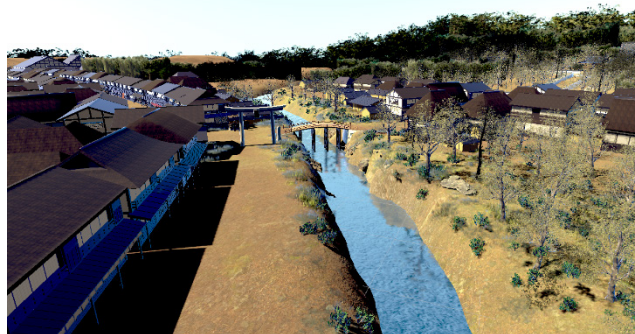


図5 時刻の表現。上から6時、12時、18時、24時(1862年8月23日)

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。

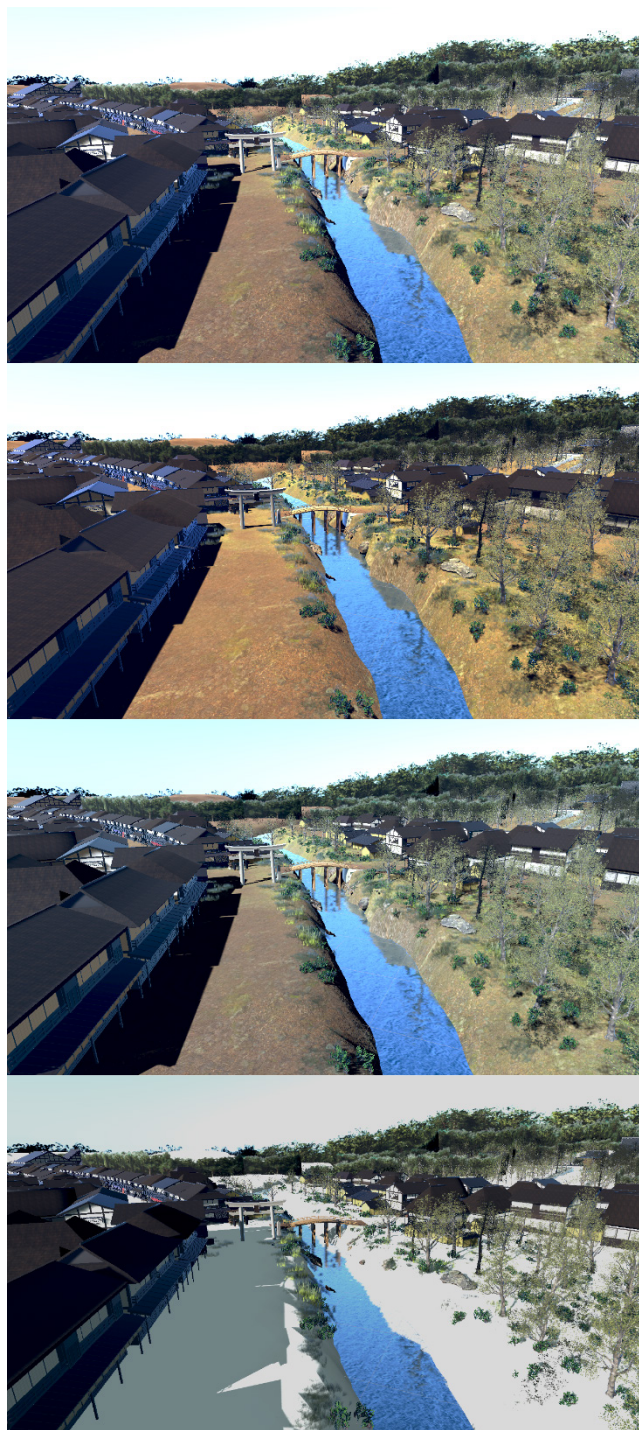


図6 季節の表現. 上から春分, 夏至, 秋分, 冬至
(1862 年 10 時)

2.3 インタフェース

本システムの入力インタフェースとして、キーボードとマウスでの操作とともに、ゲームパッドでのコントロールを用意した。前開発で子のインタフェースを実装、展示した結果、視点の移動や回転については、初めてシステムに触れるユーザであっても、特に問題なく扱えることができた。今開発においても、入力インタフェースとしてゲームパッドを採用し、Time Zone Select を Select Button に割り当てることとした (図 8)。

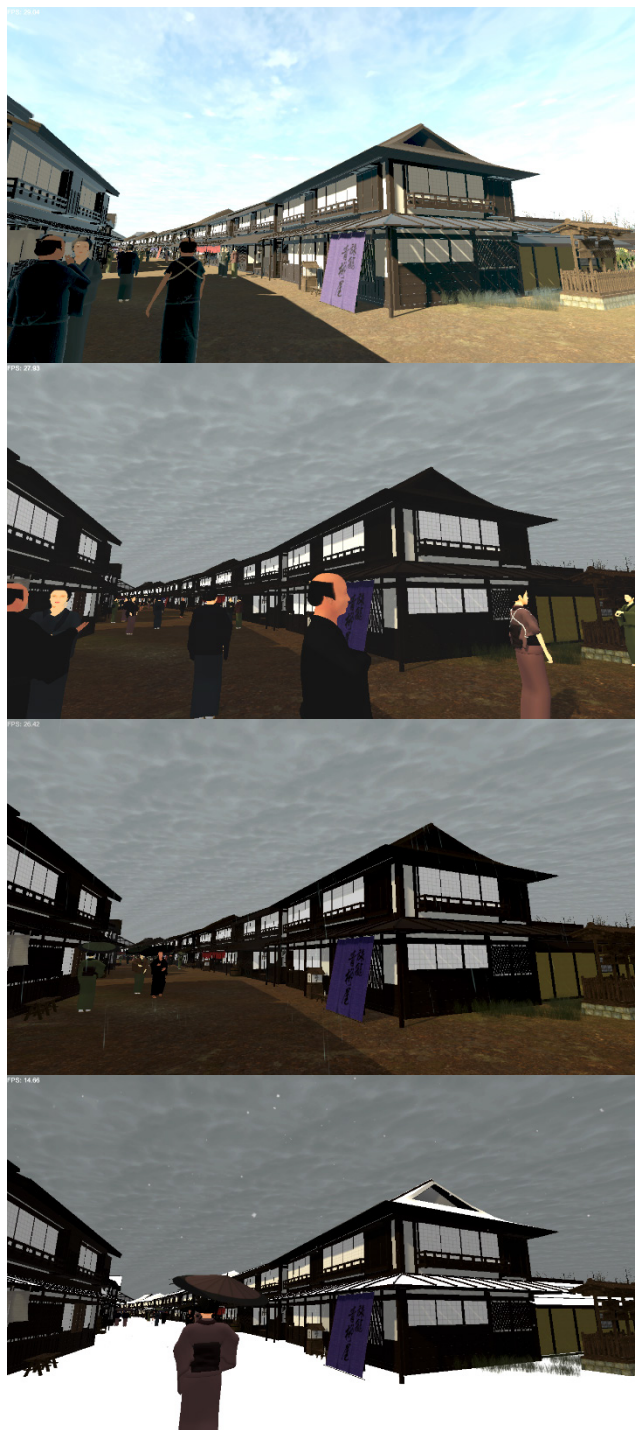


図7 天候の表現. 上から晴天, 曇天, 雨天, 積雪
(1862 年 1 月 20 日)

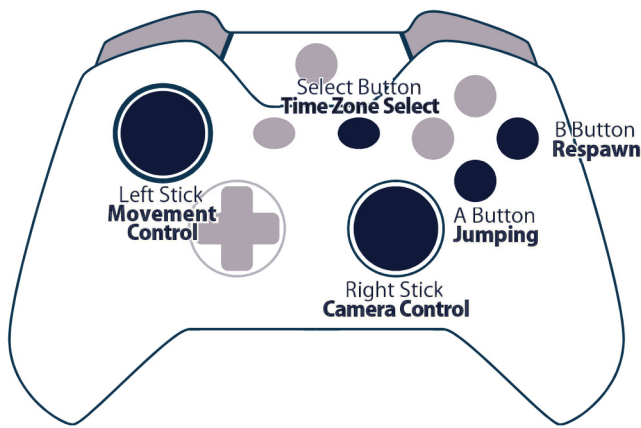


図8 ゲームパッドによるシステムの入力インタフェース

3. まとめ

本研究では、一般的な地域の歴史的文化的継承のため、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、浮世絵や古文書、古地図を用いて、旧東海道の宿場町である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を行ったものである。本稿では特に、ゲームエンジンを用いることで可能となる特有の表現として、昼夜などの時間帯、春夏秋冬などの季節の再現、晴天、曇天、雨天などの天候表現について、変更可能な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などの機会を通じて、市民に向けて広く一般公開されてきた。常設展示では、PCを接続した40inchディスプレイによる表示を行い、ゲームパッドでコントロールするものとした。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。今回、これらの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なり、景観の時系列デザインとともに、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。

今後は、展示という環境に応じたシステムの拡張として、様々な都市要素の説明や、現在の景観との比較などの機能を追加していく。建物モデルについては、点群データの活用や、テクスチャデータの経年変化などを行う。また、人物エージェントについても、考証に基づいた衣装や行動を持たせることとともに、モーションキャプチャによるリアルな動きの実装を図る。さらに、対象地区における歴史的文化的景観の再現で得られた知見をもとに、建築物や都市設置物のユニット化とライブラリ化などを通じて本システムを汎用化し、他の地域でも利用可能な歴史的文化的景観シミュレーションシステムのプラットフォーム化を行うこととする。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 No.16K00718 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] “「歴史的文化的景観基本構想」策定技術指針”.
<http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/rekishibunka/pdf/guideline.pdf>, (参照 2018-12-16).
- [2] “「歴史的文化的景観基本構想」策定ハンドブック”.
<http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/rekishibunka/pdf/handbook.pdf>, (参照 2018-12-16).
- [3] 山口重之. 建築におけるシミュレーション. テレビジョン学会誌, 1989, vol.43, no.1, p.15-20
- [4] 大滝由明, 長澤可也, 羽切孝昌, 草野友徳, 木野宏亮, 三ツ堀弘, 小林康幸, 江口達也, 福原廣志, 福田誠. コンピュータグラフィックによる永福寺の復原. 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境 (IS). 2005, vol.25 (2004-IS-091), p.127-134.
- [5] 影沢政隆, 大石岳史, 小野晋太郎, 池内克史. 歴史建造物の3Dモデル化(栄螺堂を事例の中心として). 生産研究, 2010, vol.62, no.6, p.583-588.
- [6] Callieri, M., Debevec, P., Pair, J., Scopigno, R.. A realtime immersive application with realistic lighting: The Parthenon. Computers & Graphics, 2006, vol.30, no.3, p.368-376.
- [7] Dylla, K., Frischer, B., Müller, P., Ulmer, A., Haegler, S.. Rome reborn 2.0: A case study of virtual city reconstruction using procedural modeling techniques. Computer Graphics World, 2008 vol.16, no.6, p.62-66.
- [8] 矢野桂司, 中谷友樹, 磯田弦, 高瀬裕, 河角龍典, 松岡恵悟, 瀬戸寿一, 河原大, 塚本章宏, 井上学, 桐村喬. Virtual Kyoto: 4D GIS comprising spatial and temporal dimensions. 地学雑誌, 2008. Vol.117, no.2, p.464-478.
- [9] Kakuta, T., Oishi, T., Ikeuchi, K.. Development and evaluation of asuka-kyo mr contents with fast shading and shadowing. In International Conference on Virtual Systems and MultiMedia, 2008, p.254-260.
- [10] 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ショナル2017 論文集, 2017, p. 726-731.
- [11] 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ショナル2018 論文集, 2018, p. 690-694.
- [12] 清川真純, 小林夏美, 遠坂彩香, 伊藤沙恵, 土屋輝恵, 鴛巢凌哉, 川合康央. 浮世絵風レンダリングによる歴史的文化的景観の再現. デザイン学研究. 研究発表大会概要集, 2018, no.65, p.456-457.
- [13] “Unity”. <https://unity3d.com/>, (参照 2018-12-16).
- [14] “UNREAL ENGINE”. <https://www.unrealengine.com/>, (参照 2018-12-16).
- [15] “3ds Max”. <https://www.autodesk.co.jp/products/3ds-max/>, (参照 2018-12-16).
- [16] “blender”. <https://www.blender.org/>, (参照 2018-12-16).
- [17] “LightWave2018”. <http://www.dstorm.co.jp/lw2018/>, (参照 2018-12-16).
- [18] 児玉幸多校訂. 近世交通史料集 四 東海道宿村大概帳, 吉川弘文館, 1970, 182p.
- [19] 藤沢市文書館. 藤沢宿惣別書上帳, 藤沢市史料集, vol.14, 藤沢市文書館, 1990, 91p.
- [20] 福原高峰, 長谷川雪堤. 相中留恩記略, 相中留恩記略刊行会, 1967, 179p.
- [21] 横浜開港資料館. F.ベアト幕末日本写真集. 横浜開港資料普及協会, 1987, 199p.

- [22] Kawai, Y.. Development and Evaluation of Urban Landscape Simulation System using Game Engine. Proceedings of 11th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, 2016, p. 1468-1473.
- [23] 小林亨. 景観の移ろい効果に関する基礎的研究. 造園雑誌, 1986, vol.50, no.5, p.263-268.
- [24] 川合康央, 材野博司. 都市景観に於ける注視要素と空間評価に関する研究: その 2・昼夜間における注視要素の役割について. デザイン学研究. 研究発表大会概要集, 1999, no.46, p.124-125.