

## 【研究・技術ノート】

## 地理教育における利活用を考慮した時空間情報システム

牧野隆平\*・山本佳世子\*\*

## Spatio-Temporal Information System for Use in Geography Education

Ryuhei MAKINO, Kayoko YAMAMOTO\*\*

**Abstract:** This study outlines the design, development, operation and evaluation of a spatio-temporal information system, and proposes its use in geography education. Specifically, the system aims to support users in learning geography, history and culture, and efficiently obtaining various regional information in the operation target area. The system was operated around Tokyo Station for three weeks, with a total of 62 users. Based on the results of a web questionnaire survey to users, the usefulness of the system was highly rated, and the functions of social media mapping and reproduction of Edo-period Tokyo received mainly good ratings. The results of access analysis of users' log data during the operation show that the system was used according to the purpose of this study. Furthermore, based on these results, methods were proposed to utilize the system as materials for geography education in high schools.

**Keywords:** 時空間情報 (spatio-temporal information), 仮想現実 (virtual reality: VR), 拡張現実 (augmented reality: AR) ソーシャルメディア (social media), 地理教育 (geography education)

## 1. 序論

## 1. 1. 研究の背景と目的

空間情報に経年変化等の時間情報を加えた時空間情報は、現代の空間情報だけでなく過去の空間情報も含まれるため、空間情報科学以外にも幅広い分野で時空間情報を利活用した研究が盛んに行われるようになった。著者らは2015年度から、Web-GIS等を用いて、運用対象地域の過去（江戸時代）と現代の街並みを3次元デジタル地図で再現し、ソーシャルメディア上の情報を集約化して表示する時空間情報システムを構築した（牧野, 2017）。本システムは、江戸時代の出来事や現代のソーシャルメディア上の投稿情報等をデジタル地図上に可視化して表示することで、GISに関する知識や技術を身に付けるだけでなく、地理・歴史や文化を学ぶこと、多様な地域情報を効率的に取得することを支援する点においても、利活用されることが期待できる。

一方、地理教育に関しては、高等学校の地理は、2022年度から導入される学習指導要領の改定方針において、GIS、グローバル化、防災、ESD (Education for Sustainable Development) で現代的要請に応える課題解決型学習に重点を置いた「地理総合」に再編されることになった。しかし高校の地理歴史科担当教員のうち地理教員は非常に少なく、特に授業におけるGISの利用については、情報技術を日常的にあまり利用しない教員には不安が大きいことが従前から指摘されている。このため学校教育分野での情報化が推進されている現状では、通信環境が確保できるならば、本システムを用いることにより、教員の過度な負担なしにGISを利活用した地理教育を行うことが期待できる。本研究は以上の背景を踏まえ、時空間情報システムの設計、構築、運用、評価までの一連の研究成果について紹介し、本システムの地理教育における利活用を提案することを目的とする。

\* 学生会員 電気通信大学大学院情報理工学研究科 (University of Electro-Communications, Tokyo)  
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1 E-mail : m1730096@edu.cc.ucc.ac.jp

\*\* 正会員 電気通信大学大学院情報理工学研究科 (University of Electro-Communications, Tokyo)  
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1 E-mail : k-yamamoto@is.ucc.ac.jp

## 1. 2. 関連分野の先行研究と本研究の位置付け

本研究は、地理・歴史や文化を学ぶこと、多様な地域情報を効率的に取得することを支援する時空間情報システムを構築するという観点から、(1) 3次元デジタル地図による景観再現、(2) 古地図とICTを用いた地域学習支援、(3) Web-GISとソーシャルメディアを統合した観光支援システムの構築の3つの分野の研究に関連している。関連分野の近年の代表的な先行研究を列挙すると、(1)に関する研究として、矢野ら(2006)は京都の歴史的町並みを3次元デジタル地図により仮想空間に再現した。さらに矢野ら(2008)はGISと仮想現実(Virtual Reality: VR)を用いて、京都の平安時代以降の各時代と現代の都市景観を仮想空間に再現し、インターネットで配信するシステムを構築した。山村ら(2012)は3次元都市モデルの自動生成手法を用いて、東日本大震災の津波被災地の復興計画における街並みシミュレーションを行った。

(2)に関する研究として、工藤ら(2009)は盛岡市を対象とし、古地図と古写真をGoogle Mapsを用いて提供する地域学習支援を行った。前川(2012)は上田市と横浜市を対象とし、古地図と古文書等をデジタルアーカイブとタブレットPCを用いて提供する地域学習支援を行った。塚本ら(2013)は鳥取市を対象とし、古地図を用いた地域学習支援アプリケーションを開発した。

(3)に関する研究として、Fujita et al. (2016)はWeb-GISとソーシャルメディア(Social Networking Services(SNS)とTwitter)、推薦システム、拡張現実(Augmented Reality: AR)を統合し、PC、携帯情報端末、AR端末(スマートグラス)を用いて、平常時と災害発生時に目的地を動的に変更可能なナビゲーションシステムを構築した。Zhou et al. (2016)もほぼ同様な設計のシステムを構築し、上記3種類の端末を用いて、各利用者の嗜好に合った観光スポットを推薦し、関連情報を示すシステムを構築した。Mizutani et al. (2017)はWeb-GISとソーシャルメディア(TwitterとFacebook)、推薦システムを統合し、状況により変化する観光時のニーズを即時反映可能な観光スポット推薦システムを構築した。

以上の先行研究では、(1) 3次元デジタル地図による景観再現、(2) 古地図とICTを用いた地域学習支援、(3) Web-GISとソーシャルメディアを統合した観光支援システムの構築がそれぞれ個別に行われているものの、一つのシステムでこれら全てを行うことは不可能であった。そこで以上で列挙した先行研究の技術や知見を参考に、次章で詳述するように必要な情報システムと情報技術を統合し、本研究の目的に合致した新しいシステムを構築する。このことにより、ソーシャルメディア上の位置情報付きの投稿情報をデジタル地図上に集約化して表示することにより、多様な地域情報を効率的に取得可能なこと、3次元デジタル地図を用いたVRによって、江戸時代と現代の街並みを比較することで時代変遷を視覚的に把握できること、VRとARを用いて地理・歴史教育等の諸分野において利活用可能なシステムを構築することの3点において、本研究の独自性を示す。また本システムは以上の3点の独自性を持つため、本システムを用いることにより、GISを中心とした情報システムと情報技術を多面的に利活用した地理教育を効果的に行うことが期待できる。

## 2. システムの設計

### 2. 1. システムの特性

本システムは図1に示すように、SNS、Web-GIS、ソーシャルメディアコンテンツ、ギャラリーによって構成され、Web-GISにはVR、ギャラリーにはARを用いる。本システムの最大の特性は、Web-GISでは3次元デジタル地図を用いたVRにより江戸時代と現代の街並みを再現し、ギャラリーのデジタルテキストではARにより携帯情報端末画面上に関連した画像や動画を映し出すことができる点である。ARの利活用については、第3章の3.1節でシステムのフロントエンド、3.3節でインタフェースについて詳述する。

また本システムでは、ソーシャルメディア上の投稿情報を含む様々な情報をWeb-GISの2次元デジタル地図を用いて可視化することによって、利用者が効率的に取得することを支援する。さらに関連する詳細情報や画像をデジタルテキストやスライド

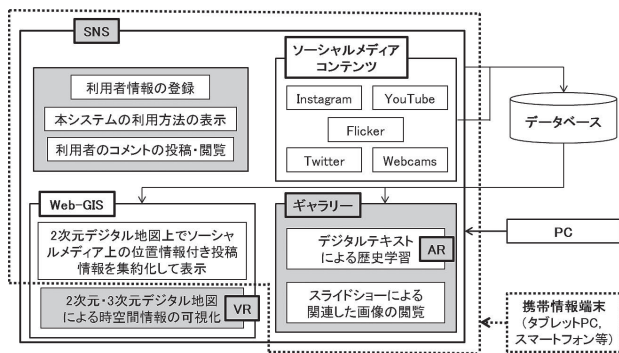


図1 システム設計

注) 灰色部分は本研究で独自に構築する部分を示す

ショーといったギャラリーで提示することで、利用者の知識・情報の効果的な習得を支援する。加えて著者が独自に設計するSNSにより、利用者間のコミュニケーションが可能となる。

本システムでは図1に示したシステム設計を行うことにより、時空間情報として空間情報と歴史情報を統合してデジタル地図上に効果的に可視化することと、異なるシステム間であっても関連部分同士を相互にリンク付けすることにより、他のシステム内の関連情報も容易に参照することができる。そのため本システムは、利用者に対して、地理・歴史や文化の学び、多様な地域情報の効率的な取得を支援することを目指すことが可能になる。

## 2. 2. 対象とする情報端末

本システムは図1に示すようにPC、携帯情報端末からの利用を想定し、どちらの端末からもほぼ同様な機能を利用することが可能である。PCは基本的に室内での利用を想定し、全ての機能が利用可能である。携帯情報端末(タブレットPC, スマートフォン等)は室内外での利用を想定し、特に室外での利用時にはソーシャルメディア上の投稿情報の2次元デジタル地図上での表示を最適と想定している。また携帯情報端末では、3次元デジタル地図を用いたVRによる高グラフィックなシーンの閲覧はできない想定としている。

## 2. 3. システムの動作環境

本システムは、Webサーバ、データベースサー

バ、GISサーバを利用して運用する。WebサーバとデータベースサーバはHerokuを利用して用意した。HerokuとはSalesforce社が提供しているPlatform as a Service (PaaS)であり、Webアプリケーションを稼働させるプラットフォームを提供している。GISサーバはArcGIS Onlineを利用する。本システムで構築したWebアプリケーションは、PHPとJavaScriptを主要言語として実装した。

## 2. 4. システムの構成物の設計

### (1) SNS

SNSは利用者間のコミュニケーションを活性化するため、様々な機能を実装することができる。本研究ではSNSを独自に設計し、利用者の登録、コメントの投稿・閲覧の機能を持たせる。後者の機能により、開発者からの情報提供だけでなく、利用者もコメントを投稿・閲覧できるようになり、利用者間のコミュニケーションにつなげることが期待できる。コメント投稿機能で公開する情報は、利用者のニックネーム、任意で登録したプロフィール画像のみとし、性別や年齢等の個人が特定される可能性がある情報は公開しない。投稿されたコメントは時系列順に表示され、全利用者が他の利用者が投稿したコメントに返信することもできる。

### (2) ソーシャルメディアコンテンツ

ソーシャルメディアコンテンツには多くの種類があり、利用目的や利用状況によってコンテンツを選ぶ必要がある。本研究ではソーシャルメディアコンテンツの世界中から投稿された位置情報付きの投稿情報を収集し、2次元デジタル地図に集約化して表示する。しかしソーシャルメディアは種類によってはサポートされていない国や地域もあるため、本研究では世界的に普及率が高い5種類のソーシャルメディアコンテンツ (Instagram, Twitter, Flickr, YouTube, Webcams) を用いる。

### (3) Web-GIS

Web-GISには様々な種類があり、利用目的や利用状況によって最適なWeb-GISを選定する必要がある。特別なソフトウェアをインストールすることなく、ブラウザ上でインターネットを通じて操



作可能なシステムであることが望ましい。本研究ではこのような観点から、ソーシャルメディアコンテンツ表示用としてESRI社が提供するArcGIS API for JavaScriptを用いて構築したWeb-GIS (2次元デジタル地図)、時空間情報表示用として同社のArcGIS Proを用いて構築したWeb-GIS (江戸時代の古地図をベースマップとした2次元・3次元デジタル地図)を利用する。

#### (4) ギャラリー

本システムは、デジタルテキスト及びスライドショーというギャラリーを用いて、関連する詳細情報や画像を利用者にわかりやすい形式で提供する。ギャラリーの作成にはJavaScriptを使用した。まず必要な詳細情報や画像を収集・精査した後、デジタルテキストやスライドショーを表示させるためのjQueryプラグインを用意して読み込ませる。次にHerokuサーバにこれらを展開し、公開する。

### 3. システムの構築

#### 3. 1. フロントエンド

##### (1) 利用者登録機能

本システムにアクセスすると、利用者が利用者登録を行っていないければ、利用者登録ページへまず遷移する。利用者登録ページでは利用者情報としてニックネーム、プロフィール画像(任意)、性別、年齢、メールアドレス、パスワードを登録する。登録が終了すると利用者登録確認ページへ遷移し、利用者は登録内容に誤りがないか確認する。確認が終了すると登録完了ページに遷移し、その後ログインページで本システムへログインする。利用者は2回目以降のログインでは、初期画面のログインページからログインし、時空間情報システムのトップページ(コメント投稿・閲覧機能が利用可能)に遷移する。

##### (2) 利用方法とギャラリーの表示機能

利用者はトップページの「利用方法とギャラリー」をクリックすることにより、この機能のページへ遷移する。ここでは本システムの利用方法が表示され、ギャラリーのうちスライドショーでは本システムに掲載された画像に関連する観光情報、引用元の情報を閲覧することができる。

##### (3) コメント投稿・閲覧機能

トップページでは利用者はコメントを投稿・閲覧するとともに、自身のコメントに限り削除することができる。この機能を用いることにより、利用者間でコミュニケーションを取り、より便利に楽しみながら本システムを利用していただくことを目指す。

##### (4) ソーシャルメディアマッピング機能

利用者はトップページの「ソーシャルメディアマッピング」をクリックすることにより、この機能のページへ遷移する。「レイヤー」で表示させたいソーシャルメディアにチェックを入れることで、2次元デジタル地図上に選択したソーシャルメディア上の位置情報付きの投稿情報が表示される。第4章で詳述するように本システムの運用対象地域が東京駅周辺であるため、初期画面のデジタル地図はこの地域が中心になるように設定されているが、利用者が自由に地図を移動させることで、ソーシャルメディアコンテンツの世界中の位置情報付きの全投稿情報を取得できる。InstagramとTwitterは、利用者個人のアカウントでサインインすることで、デジタル地図上にこれらのソーシャルメディア上の投稿情報を表示することができる。

2次元デジタル地図上に表示された投稿情報は、クリックすることで詳細を閲覧すること、検索語句や表示させたい投稿情報の期間を設定することで、取得したい情報だけを表示することが可能である。さらに室外での携帯情報端末からの閲覧時には、GPSで取得した位置情報に基づき、デジタル地図は利用者の現在地が中心になるように表示される。これにより、利用者は現在地周辺のソーシャルメディア上の投稿情報を瞬時に取得することもできる。

##### (5) 江戸・現代名所再現機能

利用者はトップページの「江戸・現代名所再現機能」をクリックすることにより、この機能のページに遷移する。この機能はPCからの閲覧のみを想定している。ここでは3次元デジタル地図を用いたARにより、運用対象地域の東京駅周辺における街並みを再現しており、利用者がマウスを操作することで角度を調整すること、有名な名所の画像を関連地点に表示させることができる。また2次元デジタ

ル地図を用いて、江戸時代の大火等の出来事を可視化して表示している。さらに利用者は「レイヤー」で表示させたいレイヤーにチェックを入れることで、そのレイヤーを画面に表示させることができる。この機能では、ベースマップタブによるベースマップの切り替え、日光タブによる昼と夜の切り替え、共有タブによる Web 上で表示したシーンのソーシャルメディア上での共有化もできる。

#### (6) 歴史学習機能

利用者はトップページの「歴史学習」をクリックすることにより、この機能のページに遷移する。ここでは江戸・現代名所再現機能で表示する出来事やその時代背景をまとめたデジタルテキストが表示される。デジタルテキストには、運用対象地域周辺に関連する詳細情報や画像をまとめて掲載している。ページの端をクリックすること、あるいはカーソルキーを押すことで、アニメーションでページがめくられる。また利用者は画像下にある説明から引用元のリンク先へ遷移し、情報を閲覧することができる。さらにデジタルテキストでは、画面に携帯情報端末をかざすと、ARにより携帯情報端末画面に関連した画像や動画を映し出すことができる。

### 3. 2. バックエンド

#### (1) ソーシャルメディアコンテンツからの情報取得

本システムでは、前節で選定した5種類のソーシャルメディアコンテンツから、位置情報付きの投稿情報を収集する。そのためには、各ソーシャルメディアのAPIを用いて情報を取得する。InstagramとTwitterのAPIとの認証のみにはOAuthを用いる。取得できた位置情報を基にポイントのグラフィックを作成し、その属性値に各ソーシャルメディアのアイコンや画像のIDを持たせることで、投稿情報と2次元デジタル地図上の位置との関連付けを行う。また検索語句や表示させたい投稿情報の期間を設定することで、取得する投稿情報を制限することが可能となる。

#### (2) 利用者の登録情報と投稿情報の管理

管理者は、利用者の登録情報と投稿情報をpgAdminで管理する。利用者のこれらの情報

は、Herokuのアプリと接続したPostgreSQLデータベースのテーブルごとに保存される。pgAdminはGraphic User Interface (GUI) であり、HerokuのPostgreSQLデータベースに接続できる。

### 3. 3. インタフェース

本システムのインタフェースは2種類あり、利用者のPC画面・携帯情報端末画面、管理者のPC画面である。江戸・現代名所再現機能以外の機能については、PC画面と携帯情報端末画面でほぼ同様である。図2～5に主な機能の画面を示す。図3、4に示すように江戸再現機能画面と現代名所再現機能では、3次元デジタル地図を用いたVRにより江戸時代と現代の街並みを再現し、有名な名所の画像を関連地点にそれぞれ表示することができる。図5に示す歴史学習機能画面のデジタルテキストに携帯情報端末をかざすと、ARにより携帯情報端末画面に関連した画像や動画を映し出すことができる。ARについては、著者らの研究室の時空間情報システムのウェブサイトにも利活用の実例を動画で掲載しているため、参照されたい。管理者のPC画面では全利用者の利用者情報を一覧で確認することができる。またGUIを用いた利用者管理の簡略化により、管理者のITリテラシーに左右されることなく、不正利用者の削除等の管理ができる。

## 4. システムの運用

### 4. 1. 運用対象地域の選定

本システムの江戸・現代名所再現機能は、3次元デジタル地図を用いて江戸時代と現代の街並みを再現しており、3次元化した建物が増えるに伴ってデータ量が多くなってしまいうため、レイヤーを作成する範囲を限定する必要がある。そのため本システムの運用対象地域として、東京中心部の千代田区日本橋地区(東京駅周辺)を選定した。選定理由としては、(1)江戸時代から江戸の庶民街として繁栄していたこと、(2)近代化によって街並みが大きく変わったこと、(3)特に現在の皇居周辺には江戸城が立地していたため、この周辺では歴史的に重要な出来事に関連地点が狭い範囲に密集していること、(4)江戸



時代から続く有名な名所が複数あることがあげられる。以上の4点の選定理由のうち、特に(2)により、この地区では江戸時代と現代の空間利用・土地利用を比較すると明確な差異が確認できるため、地理教育を実施するうえで適切であると言える。

#### 4. 2. 運用結果

東京駅周辺を運用対象地域とし、運用対象地域内外の人々を対象に、本システムを2017年1月5日～25日間の3週間運用した。著者らの研究室のウェブサイトやソーシャルメディアアカウントからの広

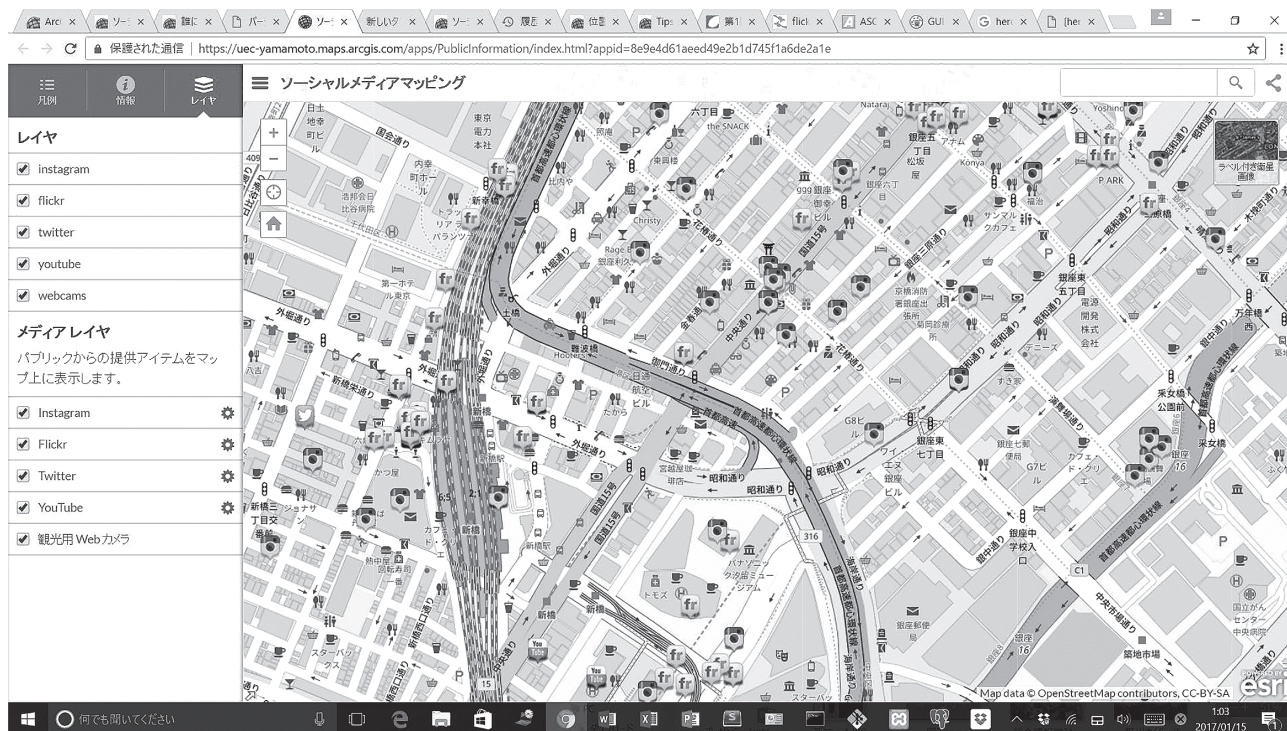


図2 ソーシャルメディアマッピング機能画面 (2次元デジタル地図, PC画面・携帯情報端末画面の両方)



図3 江戸再現機能画面 (3次元デジタル地図, PC画面のみ)



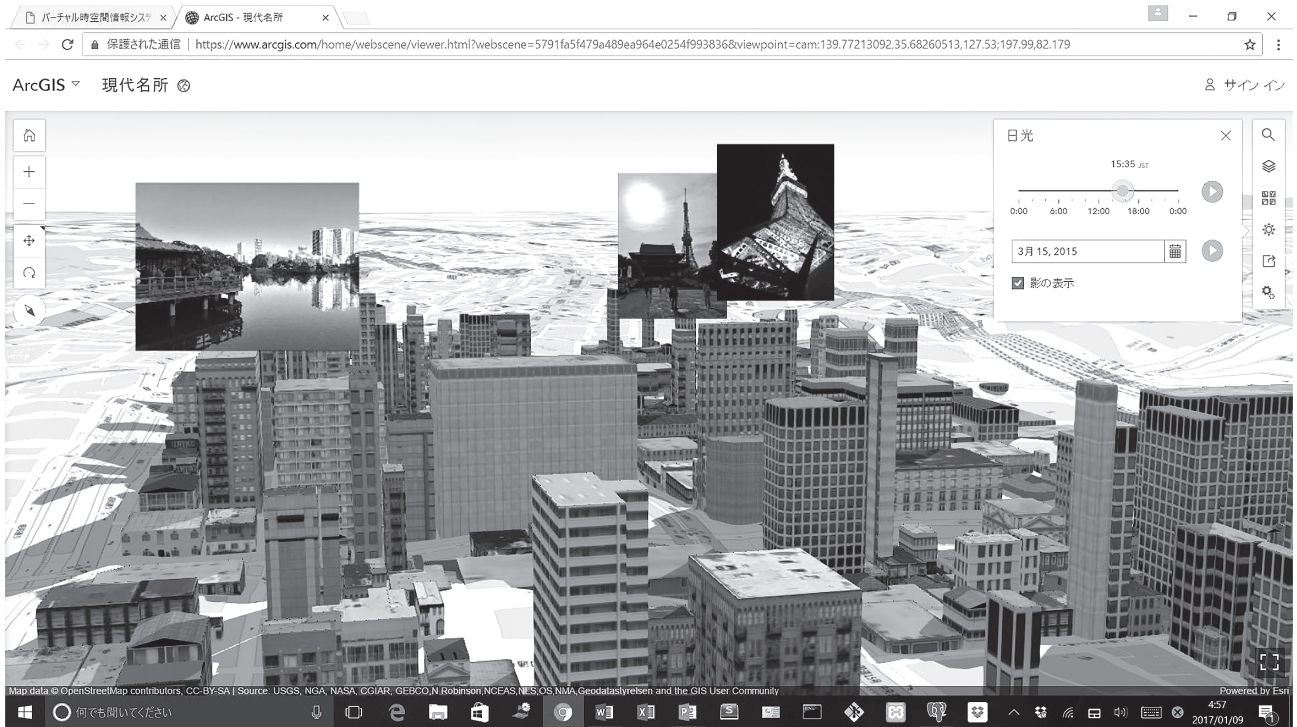


図4 現代名所再現機能画面 (3次元デジタル地図, PC画面のみ)

徳川家綱の復興・・・1657年の明暦の大火により、江戸城天守閣が焼失した。天守閣の役割は江戸の町を軍事的に守る役割がある。それにより、家臣たちは家綱に天守閣再建を進言したが、家綱はそれを拒んだ。「天守閣再建には莫大な資金がかかる。その資金を江戸の町を整備するために使おう。これからは平和に街づくりをする時代だ。」このことにより、人の日常生活を大事に考えるという思想が生まれた。

家綱と両国橋・・・当時、墨田川を境として西が武蔵国、東が下総国であった。橋がないと敵は攻めにくい。防衛上墨田川には千住大橋しかかけられていなかった。明暦の大火の際、人々是对岸へ渡ることができず被害が大きくなってしまった。家綱は二度と同じことが起きないように人々を危険から守るために、防衛上架けられてこなかった隅田川を渡る橋を、二つの国にかかる橋「両国橋」として建設した。防災という思想が広まった契機の一つである。

家綱の政策と日本の国技・・・家綱は橋の周りに、火が広がるのを防ぐための火除地を設けさせ、橋の周辺に建物を建てることを禁止させた。システムの古地図を見て確認してみよう。しかしある一定の条件、それは簡単に取り壊せるものに限り、建ててよいという条件があった。そのため、屋台はもちろ

国会図書館データベース『江戸城天守櫓図』2,3

国会図書館データベース『東都両国ばし夏景色』

3

56

図5 歴史学習機能画面 (PC画面のみ)

報, チラシの配布によって, 本システムの利用を呼びかけた。運用の概要について表1に示す。利用者は男性32名, 女性30名の計62名であり, 同程度の男女比率となった。利用者の年代別の割合では, 20歳代が約69%と最も多く, 次いで40歳代が約10%, 10歳代が約8%であった。コメントの投稿数は24件であった。

## 5. システムの評価

運用終了後には本システムの評価を行うために, 利用者に対するアンケート調査と利用者のアクセスログデータの解析を行った。

### 5. 1. アンケート調査に基づく評価

#### 5. 1. 1. アンケート調査の概要

システム及び各機能の評価を行うために, 利用者に対してアンケート調査を実施した。アンケート調査は, 運用開始1週間後からウェブサイト上で行った。表1にはアンケート調査の概要についても示している。表1に示すように, 利用者62名のうち32名から有効回答を得ることができ, 有効回答率は約52%となった。また各機能と本システム全体に関する質問では, アンケート調査回答者に最も該当する選択肢を選定していただいた上で, 自由回答欄を設けて意見やコメントを気軽に記述していただけるように, アンケート調査を設計した。

表1 利用者の内訳

利用者の年代 (歳代)	10	20	30	40	50	60	合計
システムの利用者数 (人)	5 (2)	43 (22)	4 (2)	6 (3)	2 (1)	2 (0)	62 (30)
アンケート回答者数 (人)	3	30	1	3	1	0	32
有効回答率 (%)	60.0	69.8	25.0	50.0	50.0	0.0	51.6

### 5. 1. 2. 各機能と本システム全体に関する評価

各機能と本システム全体の操作性に関する評価結果を図6に示す。各機能ともに「とても良好」「良好」は80%以上であり, 特に「ソーシャルメディアマッピング機能」「江戸再現機能」では「とても良好」が約76%と非常に評価が高かった。この理由としては自由回答欄の記述から, 前者については5種類のソーシャルメディア上の投稿情報を2次元デジタル地図上に集約化して表示していることを興味深いと受け取っていただいたこと, 後者については3次元デジタル地図を用いたVRにより江戸時代を間接体験できること, 現代の街並みと容易に比較可能なこと, 江戸時代の出来事が2次元デジタル地図上で表示されて理解しやすいことがあげられる。

しかしながら, 利用方法とギャラリーの表示機能と歴史学習機能では約3%, 現代名所再現機能では約5%のみではあるが, 「あまり良好ではない」という回答があった。これらの点については自由回答欄の記述から, 利用方法とギャラリーの表示機能では利用方法をトップページ等に表示した方が良く, 歴史学習機能では長文の解説が多いため工夫が必要なこと, 現代名所再現機能ではスマートフォン等の携帯情報端末での利用が想定されていないことが明らかになった。またコメント投稿・閲覧機能については自由回答欄の記述から, 気軽にコメントしやすいこと, 投稿したコメントが即時反映されることを高く評価していただいたことが明らかになった。

本システム全体に関しては, 「とても良好」「良好」のみの回答であり, 高評価を得ることができた。この点については自由回答欄の記述から, 本システムのフロントエンドの各機能の操作性に加えてインタフェースの見やすさを高く評価していただいたこと, 江戸・現代名所再現機能では3次元デジタル地図を用いて各建物の位置関係をわかりやすく表示したこと, 江戸時代と現代の街並みの比較が容易にできるように表示したことを高く評価していただいたことが明らかになった。



## 5. 2. アクセスログ解析に基づく評価

### 5. 2. 1. アクセスログ解析の方法

本システムの利用状況の傾向を明らかにするために、運用中の利用者のアクセスログデータを解析した。本研究では、Google社が提供するWebアクセス解析サービスであるGoogle Analyticsを利用して解析する。まずGoogle Analyticsで作成した解析用コードを記述したPHPプログラムを作成する。次にアクセス解析の対象のWebサイト内の各ページのプログラムに、このプログラムを読み込ませることで、利用者のアクセスログデータを取得することができる。

またArcGIS Onlineのサービスであるアクセスレポートは、本システムの時系列ごとの利用状況を識別することができる。しかしHTML形式でなく、Google Analyticsによるトラッキングコードの直接追加ができないページもあるため、ArcGIS Onlineのアクセスレポートも参考にした。

### 5. 2. 2. 評価結果

本システムへのアクセス手段として利用された情報端末は、運用期間中の総セッション数255のうち、PCが約64%、携帯情報端末が約36%となった。このようにPCからのアクセスが多い理由は、本システムの設計で江戸・現代名所再現機能はグラフィック性能の高さを考慮し、PCからの閲覧のみを想定したためであると考えられる。各機能のページへの運用期間中のアクセス数を表2に示す。コメント投稿・閲覧機能は約23%、江戸再現機能は約22%、ソーシャルメディアマッピング機能は約20%となっており、これら3つの機能が多く利用されていた。

以上のことから、本システムへのアクセス手段としてPCが主に用いられ、利用者は江戸再現機能やソーシャルメディアマッピング機能を主に利用し、知識・情報を取得したことがわかる。またコメント投稿・閲覧機能については、投稿数よりも閲覧数が多いことから、利用者はコメントを投稿するよりも閲覧する傾向が強かったことがわかる。したがって、このような本システムの利用状況の傾向は、利用者に対して、地理・歴史や文化を学ぶこと、多様な地

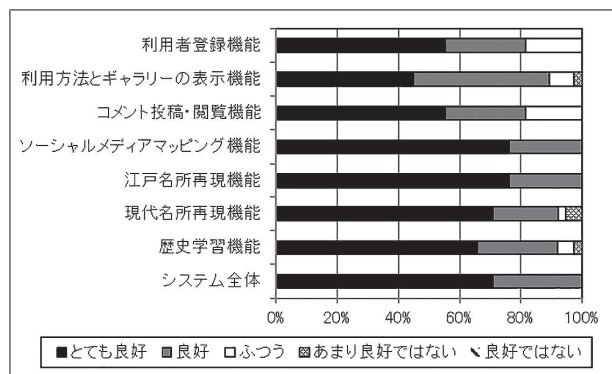


図6 各機能と本システム全体の操作性の評価

表2 各機能へのアクセス数

機能名	ページ別 訪問者数	割合 (%)
利用方法とギャラリー機能	39	10.2
コメント投稿機能	(投稿総数) 24	23.3
コメント閲覧機能	(閲覧総数) 89	
ソーシャルメディアマッピング機能	75	19.6
江戸再現機能	85	22.3
現代名所再現機能	47	12.3
歴史学習機能	47	12.3
合計	382	100.0

域情報を効率的に取得することを支援するという本システムの目的と一致していたと言える。

## 5. 3. 課題の抽出と改善策の提案

アンケート調査とアクセスログ解析の結果を基に抽出した今後の運用時のシステムの課題を以下にまとめる。

### (1) 江戸・現代名所再現機能に関する課題

本システムの江戸・現代名所再現機能は、PCからの閲覧のみを想定していた。しかし本システムの運用期間中のアクセス手段は、PCと携帯情報端末での利用割合が約64%：36%であり、江戸・現代名所再現機能のページ別訪問者数の割合は合わせて全体の約35%と高かった。そのためESRI社が提供するWeb App builder for ArcGIS等の導入や、江戸・現代名所再現機能に関連したレイヤーを小分けにすること等により、携帯情報端末での閲覧を可能にすることが必要である。

## (2) 歴史学習機能に関する課題

利用者は本システムを用いて運用対象地域の歴史について学ぶことができるが、知識・情報が取得できても自身の身に付いたか確認することができない。そのため、知識・情報の定着度を測定するためのテスト機能を実装することが考えられる。

## 6. 結論と今後の研究課題

本研究では時空間情報システムの設計と構築を行った上で、運用と評価までを行った研究成果を紹介し、本システムの地理教育における利活用を提案した。本研究の結論は、以下の2点に要約することができる。

(1) SNS, ソーシャルメディアコンテンツ, Web-GIS, ギャラリー, VRとARを統合し、時空間情報システムを設計・構築した。これにより、利用者に対して、地理・歴史や文化の学び、多様な地域情報の効率的な取得を支援することを目指した。また運用対象地域として東京駅周辺を選定し、設計・構築したシステムの運用・評価までを行った。

(2) 本システムは3週間運用し、運用対象地域内外の利用者が62名であった。本システムの評価を行うために、運用後に利用者を対象としたアンケート調査を行い、各機能と本システム全体の操作性について高評価が得られた。またアクセスログ解析により、本システムの利用状況の傾向は本システムの目的と一致していたことが明らかになった。

今後の研究課題として、まずは5.3節の成果に従って本システムを改善することがあげられる。さらに高校の地理総合におけるGIS教材として、空間情報と時間情報の両方を2次元・3次元デジタル地図で表現する本システムの利活用を提案することができる。本システムはGIS教材としてもともと開発したものではなく、利用者が地理・歴史や文化を学び、多様な地域情報を効率的に取得することの支援を目指して構築したものである(牧野, 2017)。しかしながら本システムを地理教育におけるGIS教材として捉えると、本システムを用いることにより、空間

情報を扱う地理を基盤として時間情報を扱う歴史の学習も進めることができる。つまり、地理は空間軸、歴史は時間軸に基づいて事象を扱う教科であり、両方を生徒が同時に学ぶことには大きな意義があり、本システムを用いることによりこのことが可能になる。

また第1章で述べたように、高校では地理教員は非常に少なく、特に授業におけるGISの利用について不安を持つ教員もいる。このことに対して歴史教員の場合には、本システムを用いることにより、歴史的な事象の空間分布を地理の授業で扱うことが提案できる。例えば、歴代の名城や戦場、宿場町や門前町、絵画や文芸作品に関連した場所等の空間分布を自由に追加して、本システムのコンテンツを拡充することも可能である。

さらに地理総合では、GISだけではなく、グローバル化、防災、ESDで現代的要請に応える課題解決型学習が重視されている。この点では本システムの江戸・現代名所再現機能で実現しているように、江戸時代と現代の土地利用を比較して地域の変遷や脆弱性を知ることにより、防災やESDに関連した課題解決型学習を行うことができる。またソーシャルメディアマッピング機能を用いることにより、外国人の投稿情報や人気の場所の地理的特性、日本人の投稿傾向との地理的差異等を把握することができるため、グローバル化を意識した課題解決型学習も期待できる。

## 謝辞

本研究では時空間情報システムの利用とアンケート調査において、多くの方々に多大なご協力を賜った。この場を借りて厚く御礼申し上げます。本研究は科学研究費基盤研究(B)「地理・環境・防災教育においてGIS利用を拡大するAR搭載システムの開発と活用」(代表者：伊藤悟)の成果の一部である。

## 時空間情報システムウェブサイト

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻山本佳世子研究室 時空間情報システム

<https://login-history.herokuapp.com/login.php>



## 参考文献

- 牧野隆平 (2017) GIS を用いたバーチャル時空間情報システム構築に関する研究. 学士論文, 平成 28 年度電気通信大学情報理工学部総合情報学科.
- 矢野桂司・磯田弦・中谷友樹・河角龍典・松岡恵悟・高瀬裕・河原大・河原典史・井上学・塚本章宏・桐村喬 (2006) 歴史都市京都のバーチャル時・空間の構築. 「E-journal GEO」, **1**, 12-21.
- 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 (2008) バーチャル京都: 時空間を取り入れた 4 次元 GIS. 「地学雑誌」, **117**(2), 464-478.
- 山村浩之・安東正純・満福講次・平部敬士・塚本章宏・磯田弦・仲田晋・田中覚・矢野桂司 (2012) 津波被災地域における復興支援のための 3 次元都市モデル自動生成ツールの開発. 「情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集」, 253-254.
- 工藤彰・窪田諭・市川尚・阿部昭博 (2009) まちの変遷を考慮した住民向け地域学習支援システムの開発. 「情報処理学会第 71 回全国大会講演論文集 (コンピュータと人間社会)」, 707-708.
- 前川道博 (2012) ICT を活用した地域間交流学習モデル - 「日本シルクロード学びあい講座」 -. 「日本教育情報学会年会論文集」, **28**, 142-145.
- 塚本章宏・柴田祐・来見田博基・高橋徹・鳴海邦匡 (2013) 古地図とモバイル端末を用いた地域学習支援アプリケーション - 近世後期の鳥取城下町を題材に -. 「2013 年日本地理学会春季学術大会発表要旨集」, 113.
- Zhou J. and Yamamoto K. (2016) Development of the System to Support Tourists' Excursion Behavior Using Augmented Reality. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, **7**(7), 197-209.
- Fujita J. and Yamamoto K. (2016) Development of Dynamic Real-Time Navigation System, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, **7**(11), 116-130.
- Mizutani Y. and Yamamoto K. (2017) A Sightseeing Spot Recommendation System That takes into Account the Change in Circumstances of Users. *International Journal of Geo-Information*, **6**(10), 303; doi:10.3390/ijgi6100303.
- (2018年2月10日原稿受理, 2018年5月4日採用決定, 2018年12月27日デジタルライブラリ掲載)

