

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25280131

研究課題名(和文) 拡張可能なスマートデバイスを用いた生涯学習向け天文教育プラットフォームの開発

研究課題名(英文) Development of Astronomy Education Platform for Lifelong Learning Using Extensible Smart Device

研究代表者

安田 孝美 (Yasuda, Takami)

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：60183977

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、天文教育とデータサイエンスの融合による新たな生涯学習プラットフォームの開発を行い、フィールド実験によりその有効性評価を行った。

クラウドネットワーキング技術と拡張可能なスマートデバイスの活用により、科学館等での屋内での活用のみならず、屋外学習の機会においても開発システム・コンテンツが天文学習を行う利用者に広く受け入れられ、また有効に機能することを確認した。多様な場面における情報技術の適切な利活用が今後の科学教育・生涯学習において重要であると考える。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have developed a new lifelong learning platform through the integration of astronomy and data science. We have also evaluated its efficiency through a range of experiments.

We can confirm that the developed systems and applications in which cloud networking and extensible smart device technology have been applied and widely accepted by the users. The platform we have developed was effective in studying astronomy outdoors as well as indoors and helped enhance the users' learning experience at the Science Museum. Appropriate utilization of information technology in a variety of situations is important in science, education and lifelong learning.

研究分野：メディア情報学

キーワード：デジタルミュージアム ヴァーチャルミュージアム 天文教育 ワークショップ オープンデータ

## 1. 研究開始当初の背景

天文分野における新たな発見や知見,あるいは大学や研究機関などから出された専門性の極めて高い研究成果を,広く一般に還元する社会的責任が増大している. インターネットや携帯端末の普及は, 時間や場所を問わず情報提供が可能な点で有効である一方, 学習者・閲覧者に対し効果的な教材として加工・制作し適切に配信可能な生涯学習システムの構築が求められている. 国内外の一般学習者向け天文教材に着目すると, 様々なデジタルコンテンツが日々開発・公開されているが, 単なる観測データの提供や科学的根拠に基づかない教材も多く存在する. また近年注目されるソーシャルメディアも相互学習を促進する有効な手段として注目を集めている.

## 2. 研究の目的

前述の背景を鑑み, 本研究では以下に示す点を研究目標とし遂行することを目的とする.

### (1) 相互共有を可能とする分散共有型ストア技術の開発

蓄積データの分散共有や科学技術計算の負荷分散を実現するクラウドシステムの開発を RDF (Resource Description Framework) ストア技術を用いて開発し, 複数の組織間における即応性・可用性の高い情報共有手法のあり方を解明する.

### (2) 天文教育用データベースの設計・構築

天文学資源の蓄積や蓄積情報の即時的な利活用を可能とするオンライン型データベースの開発を行うことにより, 収集データに基づく適応的な新教材開発を実現するデータベース共通化手法やデータベースの基盤技術を開発する.

### (3) 効率的なウェブアプリケーション開発を可能とする API 開発

インターネット上に複数分散するデータベースの情報をマップアップしアプリケーションを開発するための API (Application Protocol Interface) の開発を行うことにより, 天文教育とデータサイエンスを融合する際の具体的な手法と中長期的な学習を可能とする効果的手法を明らかにする.

### (4) 天文教育のためのクロスプラットフォーム対応アプリケーションの開発

次世代 3DCG 技術を想定した生涯学習向け 3次元天文教育教材の開発を行う. PC やタブレット端末など異なるプラットフォーム上で活用可能な天文教育用アプリケーションを構築し, 屋内外での多様な学習環境における生涯学習教材の有効性を明らかにする.

### (5) 実証実験の実施と評価

開発したデバイス・システム・アプリケーションが実社会において適切かつ効果的に利用されているかどうかを実証実験によ

って評価する. 以上により本研究が目指す天文教育とデータサイエンスを繋ぐ生涯学習プラットフォームの有効性を明らかにする.

## 3. 研究の方法

2章における研究目的の達成のため, 具体的な方法として以下の調査および開発・実証試験を実施した.

- (1) クラウドシステム設計・開発とデータベース試作・評価 (平成 25 年度)
- (2) API 設計開発とアプリケーション試作開発および評価 (平成 25 年度)
- (3) 天文教材データベースの構築と運用 (平成 26 年度)
- (4) 天文教育のためのオンラインアプリケーションの開発 (平成 26 年度)
- (5) 開発システム・コンテンツ調整と屋外における実証実験の実施および評価 (平成 27 年度)

上記, (1)~(5)を具体的に実践するプロジェクトとして, 主に下記 A~C について報告する.

- A. 天文教材開発のための各種の要素技術開発
- B. 名古屋市科学館モバイルガイドシステムの開発
- C. 峰の原高原星空観察会の実施

## 4. 研究成果

上記 A~C のプロジェクトについての詳細を以下に記す.

### A. 天文教材開発のための各種要素技術開発

#### 《概要》

フィールド: 名古屋市科学館雑居ゼミ  
内容: 天文教材開発のための各種要素技術の開発と実証  
実証内容: サイエンスミュージアムにおける情報基盤プラットフォーム構築のためのデータ利活用基盤に関する施策と検討, 深度センサを活用した天文学習インタフェース技術の開発, 展示コンテンツにおけるタッチパネル式ユーザインタフェースの開発

本プロジェクトでは, 名古屋大学を中心とする愛知県内の大学教員らが名古屋市科学館に集まり, 月に 1 度開催している「雑居ゼミ」において名古屋市科学館学芸員らと交え, 以下に示す天文教材開発とその各種要素技術の開発を目的とし実施した.

## ○科学館におけるオープンデータ推進とその基盤技術およびコンテンツ開発

近年、政府や地方公共団体などが主体となり、行政が行う事業の透明性の向上や官民連携を目的とした、オープンデータの取り組みが活発化している。なかでも科学館などの公共性の高い施設におけるオープンデータ推進は、地球規模での情報共有が日常的に行われている天文分野との親和性が高いといえる。一方国内におけるオープンデータ推進の現状は政府および地方公共団体の情報政策担当窓口を中心とした取り組みが主であり、より広範かつ市民との接点が多い組織における実施が一層求められている。

そこで本プロジェクトでは名古屋市科学館をフィールドとし、国内の科学館として初めてオープンデータの公開を行い、かつ以下に示す公開情報を活用した情報配信のための策定協力と要素技術・各種コンテンツの開発を実施した。

- ・名古屋市科学館におけるオープンデータ公開指針の策定協力と適切なライセンス付与に関する取組み (図1左)
- ・名古屋市科学館屋上設置の星空ライブカメラのオープンデータ (CC-BY) による公開
- ・外部オープンデータプラットフォーム (LinkData) を併用した名古屋市科学館オープンデータの公開
- ・公開オープンデータを活用した ISS 通過予測アプリケーションの開発 (図1右)

本取り組みは名古屋市科学館ホームページに公開され、学会等でも公表された。また公開コンテンツの一部にはオープンデータでないCCBYND (表示・改変禁止) なども採用され、学芸員が適切かつ正確に情報伝える上で、必ずしも公開情報をオープンデータとしない場合もあり得るなど、コンテンツのライセンスのあり方に関する多くの知見を得ることができた。



図1 名古屋市科学館が公開するオープンデータ (左) と、公開オープンデータを活用したISS通過予測コンテンツ (右)

## ○星座の立体天体ビューアの開発

本研究では科学館等の展示物として活用できる天文教材のための要素技術を開発した。

まず、立体CG映像を用いて星座の三次元構造を直感的に学ぶことができる立体天体ビューアを開発した (図2)。星座は天空上の二次元的な配置で近い星同士を線で結んだものだが、実際には地球からの距離が様々な星によって構成された三次元的な構造となっている。立体天体ビューアでは三次元CG空間に星座を構成する星を配置して、星座を地球以外の様々な場所から仮想的に観察することができる。そして、立体天体ビューアのCG映像表示のために運動視差立体視CGシステムを開発した。このシステムはKinectを用いて観察者の視点を追跡しながら、視点に応じたCGをリアルタイムで生成することで、様々な位置から運動視差による立体映像を観察することを可能にする。これにより、立体天体ビューアでは、星座を構成する星が空間中に三次元的に配置されて、観察者自身が様々な位置に移動しながら星座を立体的に観察することが可能となった。また、立体天体ビューアは月食における太陽・地球・月の位置関係を立体的に学ぶコンテンツにも応用した。立体天体ビューアは名古屋市科学館で展示実験や月食特別イベントでの展示を行い、来館者から良好な評価を得た。今後常設展示のための改良を行っていく。

また、科学館の来館者に天体などに関する映像に興味を持ってもらうことを目的として、椅子座面に映像を投影するシステムの開発を行った。このシステムでは天井に設置したプロジェクタで自由に移動できる椅子座面に映像を投影する。ここではKinectを用いて椅子を検出するとともに、椅子の並べ方を認識することで、椅子の並べ方の変化に応じて椅子座面に投影する映像も変化させることが可能である。例えば、複数の椅子を個別に配置した場合には各椅子座面に惑星の映像を投影するが、椅子を円形に接合した場合には接合された椅子座面全体に銀河系の映像を投影する。また、列上に接合した場合には彗星の映像を投影する。来館者は椅子を動かしながら様々な天体映像を楽しむことが可能であり、今後はシステムの実用化に向けてコンテンツを充実させていく。



図2.立体天体ビューア

## ○名古屋市科学館デジタルタイムカプセルの改良

名古屋市科学館の展示物のひとつに「デジタルタイムカプセル」がある。この展示は、建て替えのために解体された理工館と天文館の展示資料や来館者の思い出を写真やCGで記録し、再現するシステムである。本展示物は、2011年の新館開館以来、天文館5階に展示されている。本展示物の最大の特徴は、「来館者の思い出」を扱った点である。来館者が科学館で「何を学んだか」だけではなく、何を感じ、何を体験したのかを表現している。しかし、多くの来館者が閲覧しているが、調査により以下3点の課題が浮き彫りになってきた。

- 1：デジタルタイムカプセルで何を伝えるのかホーム画面から把握できない。
- 2：タッチパネルでないため操作に戸惑う。
- 3：文字が多く直感的な操作ができない。

これらの課題に取り組むため、デジタルタイムカプセルのデザインを全く新しいものに変えた(図3)。詳細を下記に述べる。

- 1：目次(グローバルメニュー)を作成し、ナビゲーションをシンプルにするとともに、情報に優先順位をつけ、見てもらいたい情報を画像やアニメーションで目につくようにデザインした。
- 2：科学館内のデジタル解説版の大半がタッチパネル式であることから、本展示物をタッチパネルだと勘違いし、マウスパッドに気づかず操作できない閲覧者が多く見受けられた。そこで、27インチのタッチパネル式のPCに移行した。
- 3：デジタルタイムカプセルは、1画面に対し、文字情報が非常に多かった。そのため、読んでから次の情報を探さなければならなかった。さらにタッチパネル式になったことから、タッチするアイコンはある程度の大きさが必要となった。そこで、1~2クリック目の階層には画像や映像など視覚的な情報を掲載し、文字情報(中でも詳細な情報)は、3クリック目以降の階層に置くように新たにデザインした。

2015年度に来館者調査を行い、その結果、滞在時間が10秒以下の閲覧者を32%から13%に大幅に減らすとともに、60秒以上の閲覧者を17%から26%に増やすことができた。また、「分かりやすい」「操作しやすい」などの評価を得ることができた。



図3.「デジタルタイムカプセル」の「展示」

## B. 名古屋市科学館モバイルガイドシステムの開発

### 《概要》

フィールド：名古屋市科学館

内容：名古屋市科学館モバイルガイドシステムの開発

実証内容：Bluetooth技術によるプッシュ配信を活用した名古屋市科学館モバイルガイドシステムの開発

天文教育では一般に、時期によって異なる天文現象に対応した教育プログラムを提供することが重要視されている。一方、科学系博物館の展示は据え付けのパネルによって情報が提供されており、時期ごとに重要な天文知識を来館者に提供する点で工夫が必要である。本研究では時期ごとにコンテンツが変化しても適切に案内が可能なモバイル端末向けの館内ガイドシステムを構築し、Bluetoothを用いたプッシュ通知により展示室内での学習を効率化する方法を検討した。



図4.名古屋市科学館モバイルガイド

これまで開発してきた従来のモバイルガイド(図4)を拡張し、プラネタリウム企画と連動した誘導画面の開発を行った(図5)。本誘導画面では、名古屋市科学館天文フロア設置した8機のBluetoothビーコンを活用し、来館者がプラネタリウム上映後に展示室で関連する展示物のプッシュ通知による効果的な観覧を実現することを目的としている。



図5.プラネタリウム企画と連動した誘導画面の開発

Bluetooth による館内の自動誘導がなぜ博物館教育において有用であり、そのためにどのようなインタフェースを構築することが必要なのかについて評価検討を行った。通知には展示に対する新たな気づきや注目をもたらす機能があり、そしてその体験を支えるためのインタフェースとして、没入感に注目したグラフィカルな地図画面を提案した。結果として、その画面を含めた通知機能に対して実験による評価により有効性を実証した。

名古屋市科学館での2度に渡る実証実験では、主に Bluetooth ビーコンによるプッシュ通知の機能が展示室での観覧に良い影響を与えているかどうかの設問に対し、約6割の参加者が必要と回答している一方、その通知タイミングの評価については参加者が求めるタイミングよりも実際の通知が遅くなる傾向にあった。今後の研究課題とし引き続き機能改善に努める予定である。

### C. 峰の原高原星空観察会の実施

#### 《概要》

フィールド：須坂市峰の原高原  
 内容：星空観察会における開発システムの活用と評価  
 実証内容：開発技術およびコンテンツの屋外活用と実証試験の実施、観光振興を考慮したサイエンス教材の活用

これまで科学館等での利用を中心に開発を行ってきた各種のデジタルコンテンツおよびシステムを、屋外の観望会等の場で活用した。同時に地域の観光振興への展開を考慮することにより、デジタル教材の応用可能性についての評価を行った。

実証実験は、長野県須坂市峰の原高原を会場とし、3回の星空観望会において実施された。具体的なイベント内容、参加者および活用教材は以下の通り。

- 1回目：満点の星空と流れ星(参加者 18名)
  - ・メインイベント：ペルセウス座流星群
  - ・天文学習教材：星座図鑑，国際宇宙ステーション予報，衛星情報システム，望遠鏡，その他市販アプリケーション
- 2回目：中秋の名月とお月見だんご(参加者 21名)
  - ・メインイベント：中秋の名月
  - ・天文学習教材：月に関するお話（科学館ホームページより），月をかんじよう，星座図鑑，手作り望遠鏡，その他市販アプリケーション
- 3回目：秋の星空散歩(参加者 38名)
  - ・メインイベント：星空観望
  - ・天文学習教材：簡易型 VR プラネタリウム，月をかんじよう，星座図鑑，望遠鏡，その他市販アプリケーション

各回におけるイベントでは、前半の40分間で屋内でのレクチャーやワークショップを行ったのち、屋外に移動して観察会を行った。



図6.峰の原高原星空観察会の実施

屋内レクチャー(右)と屋外での観察会(左)

観察会終了時に行ったアンケートにおいて、とくに自由記述にてイベントで一番印象に残った内容について問うたところ、最も多かった意見は、天文学習教材の技術に対する感心の声であった。適用技術のみでなく、学習内容に対する関心を高めるための工夫が必要であるとの知見を得た。また計3回の星空観察会について、同一の設問によるアンケート評価を実施した。図7に結果の一例を示す。

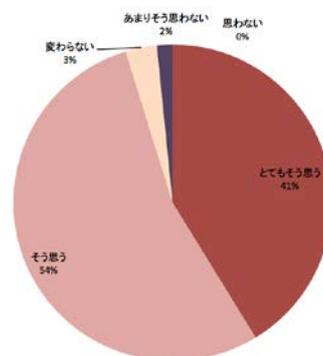


図7.アンケート評価結果例

(設問：イベント参加によって、より空を見ようと感じましたか?)

3回にわたる観察会は全日程において好天に恵まれたが、本実証実験ではこれまでの経験を活かし、屋内でのプログラムを一部導入することで、雨天曇天による突発的な事象にも柔軟に対応することが可能となった。また、地域の観光資源や観光協会との連携により事前知識のない参加者に配慮した観察会実施時における多くの知見を得ることができた。今後も継続的に屋外における開発システム・コンテンツの活用を進めてゆく予定である。

## 《全体の考察》

本研究では、天文教育とデータサイエンスの融合による、新たな生涯学習プラットフォームの開発と応用を目的としている。中でも、本研究の柱となるクラウドネットワーキング技術の活用は近年急速に普及が進む情報通信技術であるが、必要とされる機能や実社会での利活用の場面においては、より一層の教材としての可能性の検討と試作・実証実験に基づく検証が求められている。

本研究の成果として、膨大かつ情報更新の頻度の高い天文学情報を効果的に収集・蓄積し、これらを天文教材として配信可能な分散型クラウドネットワークシステムを基盤とした生涯学習プラットフォームを開発したほか、目的を共有する学習者間のコミュニケーションによって学習効果を高める各種の調査・アプリケーション構築・評価実験によってその有効性を評価した。これらの研究成果は今後のサイエンスミュージアムにおけるビッグデータ活用などへの応用が期待される。

さらに本研究では実証実験の実施を自治体や地域のコミュニティと連携して実施することにより、開発システム・コンテンツの評価を実際のフィールドで行うことの重要性を浮き彫りにした。一方で当初予測し得なかった有効な知見を多数得ることができた。本研究を実施する上で協力を頂いた自治体や地域のコミュニティとの連携は今後も継続して行ってゆく予定である。

## 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 11 件)

- ① George Moroni Teixeira Batista, Mamoru Endo, Takami Yasuda, Mayu Urata, Katsuhiro Mouri : Using Science Museum Curator's Knowledge to Create Astronomy Educational Content, *International Journal of Advanced Computer Research (IJACR)*, Vol.5, No.20, pp.284-297, 2015.09 (査読有)
- ② S. Mizuno, M. Tsukada, Y. Uehara : Developing a Stereoscopic CG System with Motion Parallax and Interactive Digital Contents on the System for Science Museums, *Springer International Journal of Multimedia Tools and Applications*, DOI: 10.1007/s11042-015-3236-7, pp. 1-19 2016.2 (査読有)
- ③ 浦田真由, 長尾聡輝, 加藤福己, 遠藤守, 安田孝美 : 地域観光を支援するためのフォトラリーシステムの開発, *情報文化学会誌*, 査読有, 21 巻 2 号 (頁:11-18), 2014 年 (査読有)

[学会発表] (計 36 件)

- ① George Moroni Teixeira Batista, Mayu Urata, Mamoru Endo, Katsuhiro Mouri, Takami Yasuda : Using Patterns to Guide Teachers and Teaching Materials Evolution, *The Seventh International Conferences on Pervasive Patterns and Applications (2015.3.22-27)*, Nice (France)
- ② 中根貴和, 浦田真由, 遠藤守, 安田孝美, 毛利勝廣, 浜谷卓美: 「VRscope」を用いた星空仮想体験システムの提案, 第6回社会情報学会中部支部研究会・第1回芸術科学会中部支部研究会 合同研究会, *SSICJ2015-2-11*, pp.39-42, 2015.12.26 (名古屋大学)
- ③ 黒川響子, 兼松篤子, 浦田真由, 遠藤守, 安田孝美, 中貴俊, 岩崎公弥子, 毛利勝廣: 観光イベント支援を目的としたタブレットによる天文学習教材の活用に関する実践と考察, *観光情報学会*, 第12回研究発表会, pp.9-12, 2015.11.27 (静岡県立大学)
- ④ 工藤智祥, 小原直輝, 浦田真由, 遠藤守, 安田孝美, 毛利勝廣, 浜谷卓美: プラネタリウムと連携した科学系博物館における鑑賞支援システムの開発, *電子情報通信学会*, *信学技報*, vol.115, no.125, *MVE2015-16*, pp.51-56, 2015.07.02 (東京大学)

[その他]

ホームページ等  
<http://zakkyo.com>

## 6. 研究組織

- (1)研究代表者  
安田 孝美 (YASUDA, Takami)  
名古屋大学・情報科学研究科・教授  
研究者番号: 60183977
- (2)研究分担者  
遠藤 守 (ENDO, Mamoru)  
名古屋大学・情報科学研究科・准教授  
研究者番号: 90367657
- (3)岩崎 公弥子 (IWAZAKI, Kumiko)  
金城学院大学・国際情報学部・教授  
研究者番号: 50345427
- (4)水野 慎士 (MIZUNO, Shinji)  
愛知工業大学・情報科学部・教授  
研究者番号: 20314099
- (5)浦田 真由 (URATA, Mayu)  
名古屋大学・大学院国際開発研究科・助教  
研究者番号: 70634947