

「中学校 - ミュージアム」連携による高速通信回線を利用した天体教育の実践と評価

岩崎公弥子 安田孝美* 横井茂樹

名古屋大学 大学院人間情報学研究科 情報文化学部*

本論文は、IT を活用した教科教育の新しい形態として、ミュージアムと学校を連携したデジタル教材の開発、及び、その授業ならびに社会見学での利用実験について述べる。特に、今後、急速にインターネットの回線速度の向上が期待されることから、高速通信回線を利用した動画や Web3D 技術によるデジタル教材のあり方とその学習効果を明らかにした。本研究は、2000年7月～2001年3月に電力会社によって実施された名古屋市瑞穂区内の一般家庭1000軒を対象とした光ファイバー実験の環境を利用し、同区内の瑞穂ヶ丘中学校で評価実験を行った。中学一年理科の「天体」の単元を具体的教材とし、高速通信回線の長所を生かす、ビデオストリーミング、Java3D、XML などの Web 技術を活用したデジタル教材を中学校教師 - 科学館学芸員 - 大学研究者の3者間のコラボレーションで開発した。開発したデジタル教材は、実際の授業プログラムの中で利用され、さらに名古屋市科学館への社会見学とも連動させて活用した。今回の高速通信回線環境下での「中学校 - ミュージアム」連携によるデジタル教材を利用した教科教育について、教師、生徒、学芸員各々に対してアンケート調査を行い、各々の立場から、その有効性を明らかにした。

An experiment and an evaluation of learning "Astronomy" by "connecting junior high school with museum" by using optical fiber

Kumiko Iwazaki Takami Yasuda* Shigeki Yokoi

Graduate School of Human Informatics, Nagoya University
School of Informatics and Science, Nagoya University*

This paper deals with a development of digital teaching materials and a way of using them in a class room and in a museum. It also describes the experimental result of developed digital teaching material in a school and a museum connected Internet with optical fiber. We experimented at Mizuhogaoka junior high school (first year) and Nagoya City Science Museum. We developed the teaching material "Astronomy" for students by using rich contents such as video streaming, Java3D, XML technologies to effectively use the high performance of optical fiber. We also gathered information on collaboration of "school teachers - curators - university scholars" through a questionnaire and we clarified benefits of the collaboration.

1 はじめに

現在，IT（Information Technology）を活用した教育が注目され，多くの教材がオンライン上で公開されている．しかし，その大半は，「総合学習の時間」を想定した「調べ学習」に力点が置かれたものである．そこで，本実験では，実際のカリキュラムに即した教科教育の重要性に着目し，教科教育におけるデジタル教材の有効性について明らかにする．

また，教科教育における教材の開発には，教師をサポートする体制作りが不可欠であることから，今回，「中学校」-「企業」-「科学館」-「大学」の「連携」によって理科の授業を実施した．具体的には，電力会社が提供する高速通信回線の環境下で，瑞穂ヶ丘中学校1年生の理科「天体」の授業を筆者らが開発した「オンライン教材」を利用して実施した．そして，後日，生徒等は，名古屋市科学館プラネタリウムへの社会見学を行った．このような学校とミュージアムの組み合わせによる授業は，アンケート調査で約7割の生徒が「役立った」と述べるように，非常に学習効果が高く，学習への強い動機付けをもたらすことが明らかになった．

本研究では，学校とミュージアムの「連携」による新たな授業を提案するとともに，その可能性について考察を加える．また，本実験は，瑞穂ヶ丘中学校に引かれた光ファイバーを利用して教材の提供を行った．高速通信回線を利用したデジタル教材の可能性についても検討を行う．

2 デジタル教材の開発方針

2.1 教科教育における教材開発

現在，学校，企業，自治体，ミュージアム，研究機関が開発した教材がオンライン上で数多く公開されている．各々の例として，港川小学校の「沖縄の紹介」[1]，小学館の「どらネット」[2]，石川県の「石川新情報書府」[3]，琵琶湖博物館の「電子博物館」[4]，早稲田大学の「学術・研究活動デ

ータベース」[5]があり，各々の資料や教授のノウハウをいかした教材開発が行われ，実際の授業に活用されている．

しかし，これらの教材の多くが「調べ学習」を想定して開発されたものであり，授業においても「総合学習の時間」でコンテンツを利用する機会が多い．

一方，欧米諸国では，イリノイ州立博物館の「At Home in the Heartland Online」[6]やエクスポラトリウム「Auroras」[7]などすでに学校カリキュラムを意識した有益な教材が多く公開されている．しかも，これらはミュージアムが提供する事例であり，日本でこのように学校カリキュラムに即した教材の提供をネットワークを用いて行っているミュージアムは，極めて少ない．

そこで，筆者らは，本来，学校教育の基礎を形成する「教科教育」にこそコンピュータがもたらす学習効果を活用すべきだと考え，理科の授業に利用できる教材の開発を名古屋市科学館プラネタリウムと共同して実施した．

また，上記の欧米諸国のミュージアム教材では，来るべき高速通信回線環境下で有効なストーリーミング，Java3Dなどの技術を利用した開発が行われていないため，これらを活用した教材開発を目指した．

2.2 「学校」「ミュージアム」「企業」「大学」による「連携」

本実験では，光ファイバー実験環境下で，筆者らが開発したオンライン教材を瑞穂ヶ丘中学校の理科の授業で利用し，後日，同生徒が名古屋市科学館プラネタリウムへ社会見学に行った際に番組内で同教材を利用し更に学習を深めるというプロジェクトを実施した．教材の開発にあたっては，事前に教師，学芸員等と数回にわたってミーティングを行い，授業やプラネタリウムで利用しやすい教材開発を目指した．

諸機関の「連携」による効果は，すでに筆者ら及び毛利氏の研究[8][9]で明らかになっているが，多くの異なる特徴を持つ組織が連携をすることによって，今までミュージアムが個別に保有してい

た資料を教師の指導経験を生かして、優れた教材として活用させたり、企業が保有する固有の技術を企業博物館などの展示品としてのみではなく、学校教育や社会（生涯教育）のための教材として提供をすることが可能になる。一方、大学の有する最新技術は、目標とするデジタル教材開発には不可欠である。

2.3 「個別性」を重視した利用者別教材の開発

本実験で利用した「オンライン教材」には、利用者によって理科の教科書の表示を切り替える「利用者別教材」が含まれている。ここには、「黒板」「単語説明」「教科書」等のモードが用意され、例えば、「黒板」は教師が解説に利用する図や重要単語のみ、「教科書」は教科書本文が全て表示される仕組みになっている。

このような切り替えによって、教材を利用者の必要に応じてカスタマイズでき、生徒は教師の進行に合わせて、また、個々のレベルに合わせて自動的に取捨選択した情報のみを見ることができる。

このような利用者の「個別性」を重視した仕組みの意義は、既に筆者らの研究によって提案されているが[10]、今回、実証実験を通じて、その有効性を明らかにした。

2.4 高速通信回線利用の意義

本実験で利用された光ファイバーによって、100Mbpsのデータの送受信ができ、映像や音をスムーズにネット上で閲覧することが可能になった。

大容量のデータの送受信が可能なおかげで、圧縮率の低い高精細な映像を閲覧することが可能になり、細かい部分や動きを説明するのに非常に有効になる。本実験では、学習の理解を助けるため、「オンライン教材」でアニメーションや動画を数多く利用するとともに、名古屋市科学館天文館の展示物の映像を提供し、見学前の事前学習に利用する事を目指す。

3 開発教材の具体的特徴

3.1 オンライン教材の構成

本実験では、理科の「天体」の単元についての教材を開発し、授業で利用した。今回、「天体」を選択したのは、以下の理由による。

1. 「天体」に関する授業時間数の減少に対処するための、ITを活用した方策が求められている。
2. 「天体」は黒板など2次元上では教えるににくいという教師の指摘があり、3次元CGで天体の動きを表現する意義がある。
3. 筆者等の研究室では1993年以来名古屋市科学館プラネタリウムと共同で3DCGによる天文現象を可視化する研究を継続実施中であり、天体教育へ応用可能なデジタル教材を有している。
4. 実験期間中に名古屋市科学館プラネタリウムへの社会見学が予定されている。

また、本実験では更に以下の項目を達成することを目指した。

1. Java3DによるCG、映像、動画などマルチメディアを使った、わかりやすい教材の開発
2. 教室内の授業と科学館などへの社会見学を連携する仕組み作り
3. XMLを活用した状況に応じて提供教材を変えられるインターフェースの開発
4. 科学館の展示物を映像を交えて分かりやすく紹介する機能の開発
5. 生徒が授業内容を予習、復習できる教材の開発

以上の点から、本実験で利用した「オンライン教材」は、以下の5つの教材から構成している。

1. <利用者別教材>：教科書に即した理科「天体」の教科書を動画や映像、Java3Dなどを利用して開発したデジタル教科書。また「利用者別」のモードを用意している。
2. <名古屋市科学館>：見学の事前学習教材で、名古屋市科学館天文館の展示物を映像と写真で紹介したページ
3. <単語帳>：理科「天体」の教科書で学習

した重要単語を一覧で見ることができるページ

4. <生徒用サーチ, 先生用サーチ> : 予め, 理科の2分野に資料として利用できるWebページを登録し, その中から, キーワード検索によって見たいページを探すことができるデータベース
5. <練習問題> : 「天体」をクイズ形式で復習することができる練習問題

実際に本実験で利用したものは, 上記1, 2, 3の教材である. また, 「利用者別教材」の金星の満ち欠けを解説する際に利用したJava3Dによる教材は, 教科書や黒板のような平面では説明しにくい惑星の動きを立体的に表現し, マウス操作によって惑星の動きや視点を変化させることができる教材である[11]. 本教材は, インタラクティブ性に富み, 惑星の動きを立体的に分かりやすく表現しているため, 中学校の授業とプラネタリウムの番組内の両方で, 利用した.

3.2 利用者別教材

本教材は, 図1のように左右2つのフレームから構成され, 左側は操作を行うメニューバー, 右側はコンテンツを表示するウィンドウになっている. 左側のメニューバーには「黒板」「単語説明」「教科書」「指導手引き」のモードがあり, 切り替えることによって, 右側のウィンドウ内の表示内容が変わる. また, 右ウィンドウに表示されるコンテンツは, アニメーションを多用して, 分かりやすい工夫をしている.



図1 : オンライン教材

以下に各々のモードについて説明する(表1).

表1 : 利用者別教材のモード説明

モード名		説明
生徒用	黒板	図や基本単語のみを表示する.
	単語説明	更に詳しい単語説明や参考資料を付加する. この参考資料には, ミュージアムの資料や他の Web ページへのリンクも含まれる.
	教科書	教科書本文全てを表示する.
教師用	指導手引き	教師がどのように生徒に指導したらよいかの指導手引きを表示する.

尚, 本教材は, XML (eXtensible Markup Language) を利用して開発した. そのため, 予め利用するコンテンツに利用者別(教師用, 生徒用)や内容別(黒板, 教科書, 単語説明)に基づいたタグ付けをXMLで行い, スタイルシートを複数用意するだけで, XMLファイルから自動的に利用者の要求にあわせたWeb画面を複数作成することができる(図2).

また, 今回, 教材内で表示されるコンテンツは, 教科書に関するXMLファイルとミュージアムが保有する資料に関するXMLファイルの2つから情報を引き出し, 表示している(図2). このように学校の資料とミュージアムの資料を電子的に「連携」させ, 一つの教材として提供することは, 科学館と連携した授業において, 非常に有効であると考えられ, 4章における実際の教育現場での利用と5章におけるアンケート調査により, その有効性を示した.

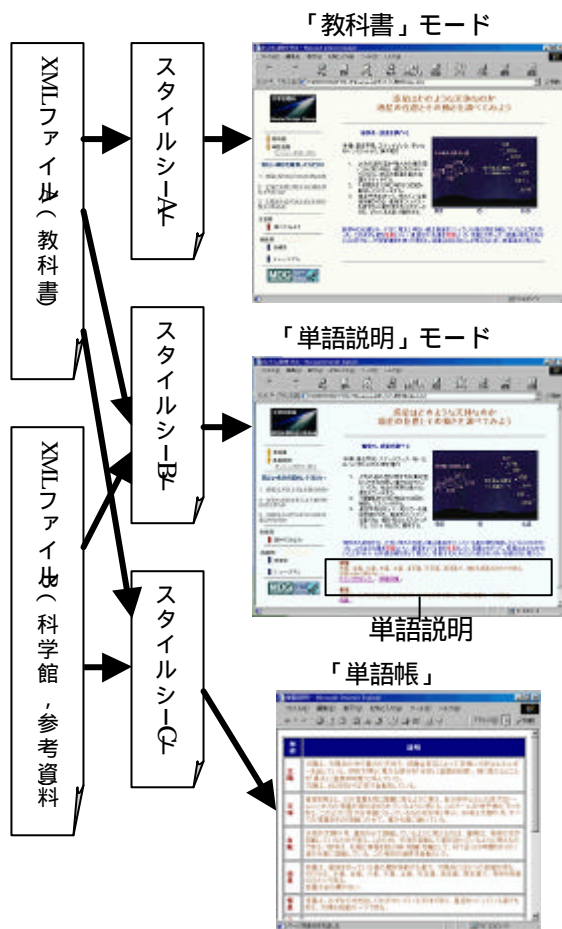


図2：「利用者別教材」と「単語帳」の構成

また、重要な単語に関しては、「利用者別教材」とは別に「単語帳」から一覧表で見ることができるようになっている。ところが、これは表示する内容は「利用者別教材」と同じファイルでスタイルシートによって表示方法を変えているだけである(図2)。

このようにXMLを利用することによって、学校教材もしくはミュージアムのデータから必要な部分だけを取捨選択して「連携」させ、スタイルシートによって、利用者の目的にふさわしいデザインで表示させることが可能である。

3.3 Java3D による「金星の満ち欠け」

「金星の満ち欠け」は「利用者別教材」からリンクされている金星の動き方と見え方に関する教材でJava3Dによって開発されている。Web3D

技術であるJava3Dによって開発することで、複数の機能が混在する教室においても共通に天体を3次元表現し、しかもマウス操作で見たい時間や視点をインタラクティブに設定することができる。

操作方法は左側にあるコントロールエリアで時間を制御し、右側ウィンドウ上に惑星と太陽との位置関係を表示する。また、左下側のウィンドウには一般の教科書に掲載されるような地球から見た金星の形や大きさを同時に表示する(図3)。

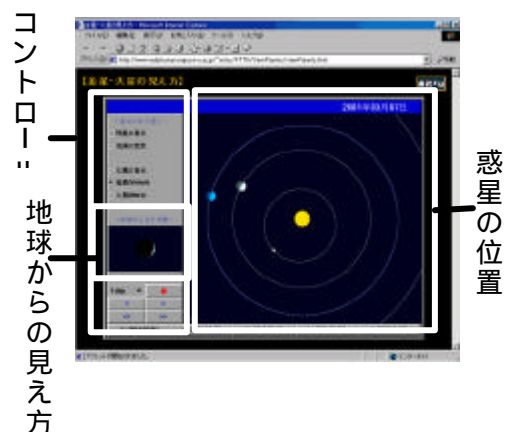


図3：Java3D「金星の満ち欠け」

本実験では、本教材を中学校の授業で利用するとともに名古屋市科学館プラネタリウムの番組内でも同様に利用し、生徒の金星に関する理解を深めるのに活用した。

4 授業および科学館での利用

4.1 瑞穂ヶ丘中学校での利用

2001年1月10日、瑞穂ヶ丘中学校で、一年生理科2分野「天体」の授業を「オンライン教材」を利用して実施した。授業は同学校岩田教諭が担当した。

授業はコンピュータ室で行われ、1クラス40名弱の学生が出席した。また、1年生は3クラスあることから、3回同じ授業を繰り返した。

コンピュータは、2人で1台使用するが、実際に光ファイバーに接続されているコンピュータは5台のみであった。そこで、教師は、光ファイバ

ーに接続されているコンピュータの画面をプロジェクタでスクリーンに大きく投影し、光ファイバーでしか対応できない映像等は、スクリーンで全員が閲覧できるようにした。

授業は、45分授業で、授業内容は下記の通りである。

1. 太陽の日周運動
2. 惑星とは何か
3. 金星の満ち欠け
4. 科学館展示物の説明(天文館の展示物「太陽望遠鏡」「ケプラーの法則」の映像をオンラインで解説)

「オンライン教材」の中で上記1～3は、「利用者別教材」を利用し、教師は必要に応じて生徒に「黒板」モードや「単語帳」モードの切り替えを指示して授業を進めた。また、上記3に関しては、Java3D「金星の満ち欠け」の教材を利用して学習した。

上記4は、「名古屋市科学館」を利用して、名古屋市科学館天文館にある展示物を授業内で事前に紹介し、知識を深めた。授業で解説したものは「ケプラーの法則」の展示物の映像で、小さな銀色のボールが中心に向かって円を描きながら動く様子を解説するものである。

これは、光ファイバーだからこそ受信することができた高精細な映像で、生徒はボールの動きを詳しく見ることができた。高速通信回線が可能なした画期的な事例と考えられる。

そして、生徒は、1月12日に名古屋市科学館プラネタリウムに訪れ、授業で使った教材を再び利用しながら、プラネタリウムの番組の中で更に詳しい学習を実施した。

4.2 名古屋市科学館プラネタリウムでの利用

2001年1月12日、名古屋市科学館の社会見学が催された。瑞穂ヶ丘中学校一年生が全員参加し、プラネタリウムでは以下の内容が解説された。

プラネタリウムの解説を担当したのは、毛利学芸員で1時間の番組である。

1. 太陽の日周運動

2. 地球の自転、公転について
3. 惑星とは何か
4. 金星の満ち欠け
5. パワーズ・オブ・テン(1月のプラネタリウムのテーマ)

上記1～4の内容は、「利用者別教材」で学習した内容に即して解説が行われ、上記4の金星の満ち欠けは、授業で利用したJava3D「金星の満ち欠け」をプラネタリウムで投影し、金星の動きとともに解説を加えた。

プラネタリウム終了後、展示室にて太陽望遠鏡とケプラーの法則に関する展示物の見学を実施した。

5 アンケート評価

5.1 利用者別教材の検討

実験終了後、教師と生徒(94名)にアンケート調査を実施した。

「コンピュータを使った授業では、「単語説明」「黒板」「教科書」の選択によって違う内容が表示されます。これによって見たい内容だけを見ることができます。いつも使っている教科書と比べてどうでしたか?」の問いについて、「分かりやすかった」が85%、「どちらでもない」が11%、「分かりにくかった」が4%という結果がでた(図4)。

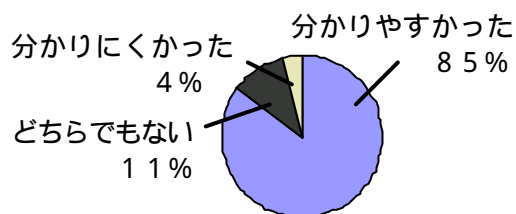


図4：利用者別教材に関するアンケート結果

「分かりやすかった」理由として「知りたいものの内容がすぐに調べられるから」「見たい内容だけ見られるから」「要点がしっかりと頭の中に印象づけられる」等の理由が挙げられた(自由筆記)。また、教師に対して同様のアンケートをとったところ「クリックひとつで解説が出るのが便利」

という評価を得た。この結果から、利用者の必要に応じた内容のみの表示が利用者に非常に便利であるという事が明らかになった。

その他、本教材では天体を説明するのにアニメーションを多く用いたが、これに関しては、81%の生徒が「分かりやすかった」と答え、インタラクティブ機能を有するJava3D「金星の満ち欠け」の教材に対しては99%の生徒が「分かりやすかった」と回答した。高速通信回線の時代が到来すると、更に大容量の動画や映像を利用したオンライン教材を提供することができる。その意義は大きいと思われる。

5.2 ミュージアムの資料を学校教育に活用する効果

実験終了後、教師と生徒に対して次のアンケートを同様に実施した。

「科学館へ行く前に、学校で同じ金星の教材を使って満ち欠けについて勉強しました。これは、プラネタリウムで説明を聞くのに役立ちましたか？」の学生に対する問いについて「役立った」が68%、「どちらでもない」が22%、「役立たなかった」が7%、「その他」が2%という結果になった(図5)。

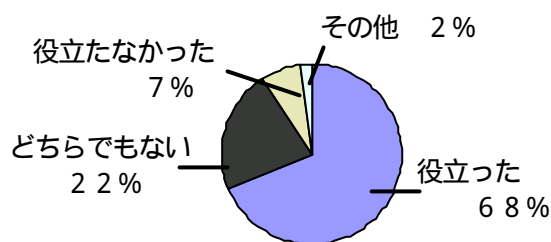


図5：学校とミュージアムの連携に関するアンケート

「役立った」の理由として「学校で勉強した事を思い出しながら説明などを聞いたから」「更によくわかったから」「事前に調べるのはやっぱり必要だと思った」等の理由が挙げられた(自由筆記)。また、教師に自由筆記で同様の質問をしたところ「予備知識ゼロよりも1時限でも予習しておいた方がスムーズにプラネタリウムの内容に入っ

ていけると思います」という回答を得た。

この結果から、学校とミュージアム間で学習内容に連携を持たせる必要性和その効果を検証することができた。

6 学校とミュージアムの連携への考察と課題

6.1 「連携」と「個別性」の意義

本実験は、高速通信回線の意義を明らかにするとともに、筆者らが以前から研究を行っていたミュージアムの新たな志向である「連携」と「個別性」の役割と意義を実践によって明らかにするものになった。

確かに、学校がミュージアムと連携して学習を行う事例は以前から多くみられている。平成11年度版『博物館白書』によると、「授業の一環として児童や生徒が来館すること」は、92.7%のミュージアムで実施している。しかし、一方では「引率の教師や学芸員との話し合いの中で、教育的に利用する形をほとんど取っていないのが、現状であろう」[12]と指摘されており、実際にミュージアムに足を運ぶが、授業や学習の中でどれ程、ミュージアムが生徒の学習の助けになっているか明らかではない。

生徒により深い知識の取得と学習への動機付けをミュージアムの「連携」の中で目指すならば、生徒が館へ行くという物理的な事項だけで満足するのではなく、生徒の知識とミュージアムが持つ資料を深く結びつける必要がある。

このような状況のなか、本実験で示したように予め学校で活用する教材やミュージアムの資料をネットワークで公開し、共有することができれば、授業の内容とミュージアムの資料を結びつけて考えることができ、学校にとっては分かりやすい教材の提供、ミュージアムにとっては事前授業の提供と互いを位置付けることができ、非常に学習効果は高まる。

また、「利用者別教材」で示したように、利用する側に必要な情報のみを教科書およびミュージア

ムの資料から取舍選択して提供する効果も明らかになった。今後、オンラインミュージアムの整備によって、「個別性」が強調され、本実験で実施したように利用者の必要に応じて資料が提供されるようになるだろう。また、提供される内容も、ミュージアムの資料と教科書が「連携」するなど、新たなコンテンツになると思われる。

6.2 オンラインミュージアムの今後の展望と課題

本実験で、ミュージアムと学校教育(教科教育)の「連携」と教材の「個別性」の重要性を明らかにした。本実験で実施したように、学校とミュージアムが連携することによって、教科書だけにとどまらず、強い学習への動機付けと知識を与えることが可能であるということが分かった。また、科学館側から見ても、見学をする際の事前学習にもなり、見学時における学習効果を高めることにもつながったと思われる。

しかし、まだ、本教材は、教師、学芸員、開発者(筆者ら)のミーティングを通じて開発されたものである。今後は、本実験で得た評価をいかして、オンライン上で項目の選択などにより必要な資料を両者が取りだし、自動的に教材を作成するツールキットを開発したいと考えている。

7 おわりに

本実験は、光ファイバーの環境下で、瑞穂ヶ丘中学校と名古屋市科学館プラネタリウムと名古屋大学が共同して実施した。本実験により、学校とミュージアム、企業が連携することによって、より分かりやすく充実した授業が実施されることが明らかになった。

本研究は、中学校理科「天体」の単元を対象として、中学校と科学館の連携による高速通信回線を使った新たな教育を提案するものであるが、本方法は利用性が高く、他の多くの教科、単元への適用が可能である。

今後、日本は、インターネットを「教科教育」

に積極的に利用できるように様々の機関と連携をしながら、教材の開発、整備を行う必要がある。

謝辞

本研究は、(株)中部電力「光ネットビジネス実証研究会」の光ファイバー環境下で実験を実施した。(株)中部電力 ならびに 本実験に協力してくださった 瑞穂ヶ丘中学校 石黒幸人教諭、岩田哲司教諭、名古屋市科学館 毛利勝廣学芸員に感謝の意を表する。

また、Java3D「金星の満ち欠け」の教材を開発した寺澤光芳氏ならびに教育サブゼミFTTHプロジェクトチームの諸氏に感謝する。

なお、本研究の一部は(財)東海産業技術振興財団の助成による。

文献

- [1]<http://www.ii-okinawa.ne.jp/people/minator/index.htm>
- [2] <http://www.doranet.ne.jp/>
- [3] <http://www.pref.ishikawa.jp/shofu/>
- [4] <http://www.lbm.go.jp/index.html>
- [5] <http://www.waseda.ac.jp/acdb.html>
- [6]<http://www.museum.state.il.us/exhibits/athome/index.html>
- [7] http://www.exploratorium.edu/learning_studio/auroras/index.html
- [8]杉山公弥子, 安田孝美, 横井茂樹:“ インターネットを活用したデジタルミュージアムの新たな役割”, 情報文化学会論文誌, Vol.6, No.1, pp.39~ 48 (1999)
- [9]毛利勝廣, 鈴木雅夫, 安田孝美, 横井茂樹:“ 天文教育におけるコラボレーションによる3次元C.G.教材の制作と活用”, 教育システム情報学会誌, Vol.17, No.3, pp.425~ 434 (2000)
- [10]杉山公弥子, 安田孝美, 横井茂樹:“ オンラインミュージアムと教育の電子的連携による新しい教育環境の形成に関する考察とXMLを利用したオンライン教材の試作”, 教育システム情報学会誌, Vol.17, No.3, pp.475~ 480 (2000)
- [11]寺澤光芳, 毛利勝廣, 安田孝美, 横井茂樹:“ Web3D 技術とネットワークを利用した天体軌道可視化システムの開発”, 信学技報告, CQ2000-88, MVE2000-104 (2001-02)
- [12]加藤有次, 鷹野光行他:“ 博物館機能論”, 雄山閣出版, p91, 2000