

情報メディア最先端な技術を用いた教育支援システムの構築

Computer Aided Education System by the Advanced Technology of Information and Media studies

周 欣欣, 杉原 健一^{※)}
Xinxin ZHOU, Kenichi SUGIHARA

本文は最新の情報メディア技術を利用したコンピュータ支援教育システムの構築について述べる。本システムは、インターネットとCG, AR, 3Dプリンターなどの手段を利用し、教育内容の充実化と学生の勉強意欲の向上を狙う。本文では、提案システムの枠組み及び使用した技術を説明し、著者らの情報メディア学科における過去5カ年の実験成果を示す。なお、研究作品の一部は本学の教育活動の間に得られたものである。本文では、単調になりがちな歴史教育を例にとりて、提案システムによる歴史教育の新しいやり方を具体的に示す。これらの教育実践から、情報メディア学科における最新の研究を一般的教育に応用する本研究のアプローチが有効と考えられる。

In this paper, we present our recent research works that aims to integrate the advanced technologies of information and media studies into current education activities. The proposed system uses the rich resources for education via internet and 3D computer graphics, augmented reality, and 3D printing to enhance the motivations of the students. This paper describes the outline of the proposed system with the details of such new methodologies, and shows the research progresses of the authors within the last five years. Some examples showed in this paper were real education practices in author's university. As the prototype application based on this system, we show a new approach for history education that was unpopularity in Japan. Those results and successful experiences showed the efficiency and usefulness of our approach that applies the research progresses of information and media studies to general educations.

キーワード：仮想現実感, 拡張現実感, 歴史教育支援システム

Virtual Reality, Augmented Reality, Computer Aided History Education

1. はじめに

本学情報文化学科（現在情報メディア学科）設置以来14年が経過した。著者は主に2次元画像処理及び3DCG関連の科目を担当してきた。研究として学生と

一緒にCGの応用について考え、様々な重要文化財のCGを試作し、また学外との共同研究で古代の現存する建物と現存しない建物の3DCGモデルの自動生成による歴史教育支援システムを開発した。

^{※)} 岐阜経済大学経営学部

古代の建物の3DCGモデルで歴史教育を支援する目的は以下の三つである。(1)歴史教科書にある挿絵や地図などは、2次元のものが殆どであり、デザインが悪い場合、分かりにくい。著者らはそれを3次元のものにしたい。(2)共同研究者は3次元都市モデルを研究しており、現代の建物(屋根などの形が異なる)を生成するプログラムが実現されている¹⁾。それを改変して古代の建物を作成可能である。(3)類似する歴史教育支援システムが報告されていない。過去の歴史的町並みの写真がないため、歴史教育の3D(Three Dimensional)コンテンツの作成が困難と思われるからである。

そこで、本研究では、発掘調査地図に基づいて古代建築物の3Dモデルを自動的に生成する歴史教育支援システムを開発した²⁾⁻⁹⁾。

現在3DCGの技術は進んでおり、人々の生活の中に浸透している。映画やテレビコマーシャルの中で3DCGの利用が常識である。CGソフトウェアが普及し、CGの作成がしやすくなりつつある。有名人の3DCGを一般の方が趣味で作ってインターネット上に公開する時代である。

本システムでは、CG生成アルゴリズムを研究した上でプログラミングによって建築物の自動生成を実現した。

2. システム概要

本システムでは、以下のことが実現されている。

- 1) 電子地図と遺跡データから建物の3Dモデルを自動的に生成する。
- 2) 歴史教科書では、建築物の模型や写真など使われているが、しかしこれらはどこにあるかわからない。本研究では、教科書に記述されている古代の遺跡などを3DCGで復元を行い、GoogleEarthに結合させることに成功した。本システムを用いて古代の建物モデルの外観を生成し、周辺の地理環境と合成して様々な角度から観察することができる。
- 3) AR(Augmented Reality)技術を利用して、Webカメラや携帯のカメラで撮影した実写映像に3Dモデルを表示するプログラムを作成し、歴史教科書の図(写真やイラスト)の上に3Dモデルを立体的に表示する機能を開発した。学習者へ教科書の内容に応じて3次元空間を表示するようにした。
- 4) パソコンで自動生成した3Dモデルのデータに基づいて、3Dプリンターで実際の建築物の模型を造形した。学習者は模型を試作することで、学習内容の理解が更に深められると期待できる。

本研究によって、復元した古代の3Dモデルを現在の地理環境に有機的に合成することにより、学習者は建物と周囲の位置関係や地理環境を把握でき、歴史学習に役立てることができると考えられる。復元した古代の建築物などを歴史教科書の上にリアルタイムで表示し、更に古代の建築物のミニチュアが作成可能であることを確認した。

3. 処理方法

処理の流れは、①電子地図を用いて、汎用地理情報システム(GIS)で電子地図の建物の輪郭線を抽出し、建物ポリゴンとして蓄積・管理を行う。②GISのソフトウェア部品を、開発したプログラムで大まかな3次元の建物を生成する。③CGモジュールでは、専用CGソフトウェア3dsMax¹⁰⁾をコントロールするMaxScriptを利用して窓を作成した後、テクスチャマッピングを行い、リアルな建物の3Dモデルに仕上げる。④Google SketchUp¹¹⁾を用いて、3dsMaxの出力した3Dモデルのポリゴン数などを低減し、Google Earthにアップロードする。⑤同時にARToolKit(拡張現実)ライブラリ¹²⁾を利用して、建物の3次元CGモデルを実写に合成して表示する。

4. 遺跡の復元例

本システムを用いて国の特別史跡である多賀城政庁と重要文化遺産美濃国分寺の復元を行った。

多賀城は8世紀に宮城に建てられ、東北蝦夷(えみし)へ政権勢力を拡大したときの拠点であった。

美濃国分寺は奈良時代中期に建てられた。

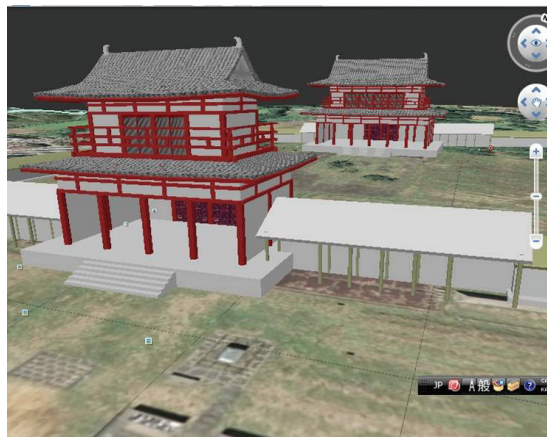


図1 多賀城政庁の復元結果

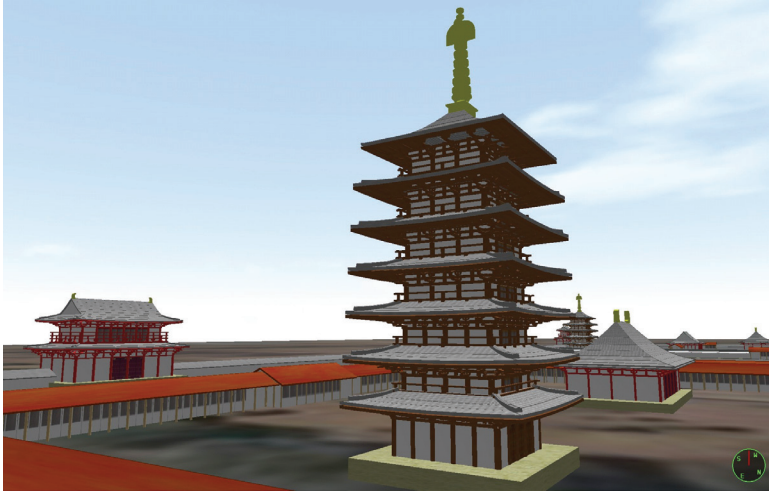


図2 美濃国分寺の復元結果



図3 多賀城政庁の復元及び現実の地理との融合

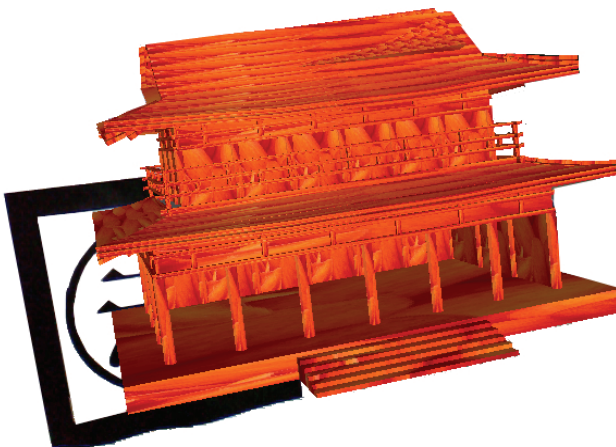
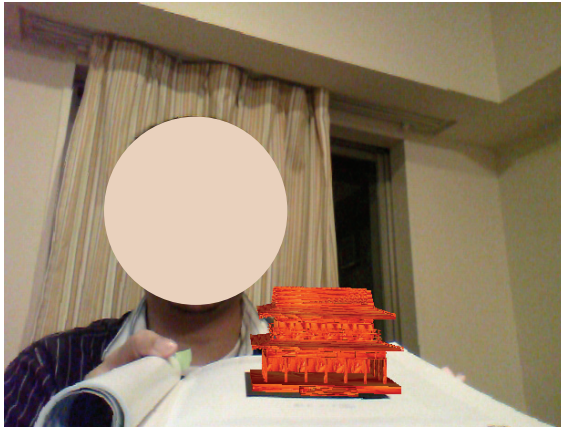


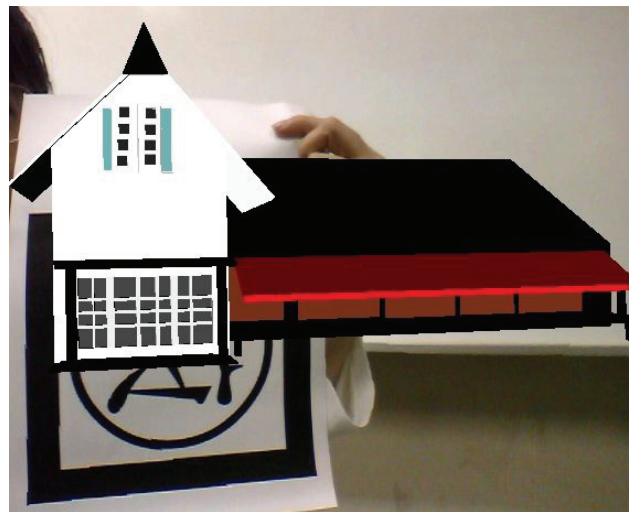
図4 多賀城政庁正殿のCGと実写との合成



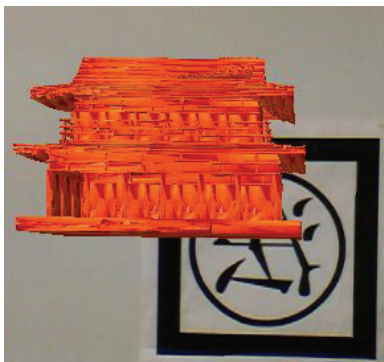
(a) AR による仮想建物の表示



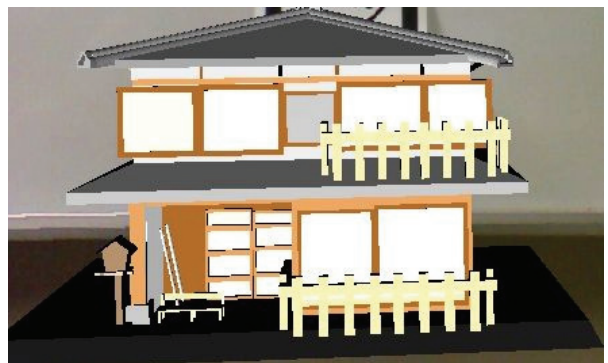
五重の塔



サツキとメイの家



多賀城政庁



小栗家住宅

(b) Web カメラによる実写映像に CG を合成した結果



銀閣寺



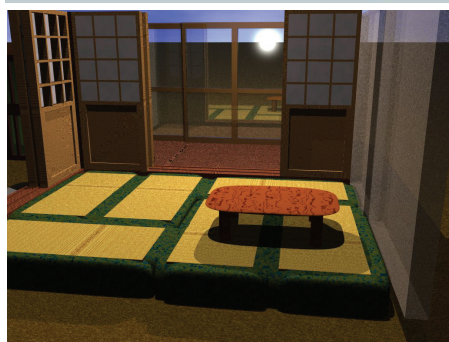
白川郷



彦根城



原爆ドーム



サツキとメイの家



五重の塔

(c) 重要文化財の CG

図5 AR 拡張現実感の実験結果

5. 古代遺跡の Google Earth 上の表現

図3は Google SketchUp を経由して多賀城政庁の3Dモデルを Google Earth へアップロードした結果を示す。

本システムでは、3dsMax を用いてリアルな古代の建物モデルを生成した。古代の建物の3Dモデルを現在の地理環境の風景に合成するために、Google Earth の衛星写真を利用した。

歴史教育のコンテンツとして いつでもどこでも観察可能である現地の地図の中で、視覚的に歴史の建築物を確認・理解しやすい教材となっている。

このコンテンツを情報メディア学科2年生52名に利用してもらってアンケートした結果、87%の学生から歴史教育に役に立つという結果をえた（表1）。

表1 歴史教育コンテンツのアンケート結果

非常に役に立つと思う	役に立つと思う	わからない	あまり役に立つと思わない
11名	34名	4名	3名

6. AR 技術を用いた CG と実写の合成

歴史教科書の古代地図は2次元のものが多く、本研究ではその2次元の地図を3D地図で置き換えることで、教科書をより分かり易くすることができると考えられる。更に、AR 拡張現実感技術を利用して、歴史教科書の難解な部分の3D付加情報を携帯端末で提示したい。即ち、携帯或いはPCのカメラで歴史教科書に設置したマーカを撮影すると、2D地図の上に3Dモデルが現れるようなプログラムを実現する。

教科書にマーカを設置して、PCのカメラから撮影したマーカの画像をプログラムで認識し、自動的にマーカの位置に3Dモデルを合成した。

図4は多賀城政庁正殿のCGとマーカの実写に合成表示を行った結果である。これを実現するために、ARToolKitのライブラリを用いた。画像処理にはOpenCV、CG生成にはOpenGLを用いた。図5は他の作例を用いて開発したARプログラムによるCGと実写の合成結果を示す。

- (a) 歴史教科書の2D図面から3Dモデル表示することで、教科書に3次元モデルを付加情報として加える。
- (b) 重要文化財のCGと実写との合成結果である。
- (c) 重要文化財のCG試作例である。

7. 3D造形

古代建築のミニチュアを試作した。

3Dプリンターを用いて五重の塔のミニチュアを試作した。利用した3Dプリンター¹³⁾の外観を図6に示す。

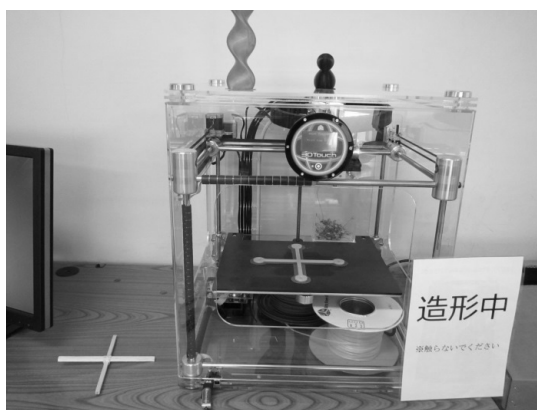


図6 3Dプリンター（3D Touch[®]）

実験手順は予め造形用に図7（左）の五重の塔の3DCGを作成しSTL形式でエクスポートした。このモデルの土台は5cm×5cm、塔の高さは14cmである。試作したミニチュアの概要を表1に示す。五重の塔の造形結果を図7（右）に示す。

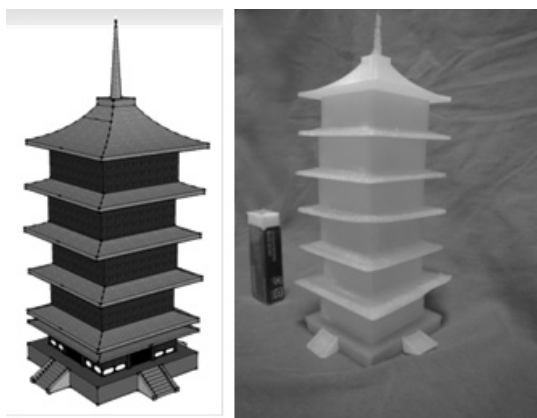


図7 五重の塔の3DCGとミニチュア造形結果

表2 古代建築ミニチュアの試作

モデル	五重の塔
サイズ	5 cm × 5 cm × 14cm
データ形式	STL
造形時間	8 時間
材料費	1,000円

本研究で用いた3DプリンターはABS樹脂を使用し

た熱溶解積層法方式を採用している。造形の時間と材料費を節約するために、本研究では建築物を図8のパーツに分解し、パーツ毎に造型を行った。パーツの組立によって模型を完成する。造形に要した時間は約8時間、材料費は約千円である。

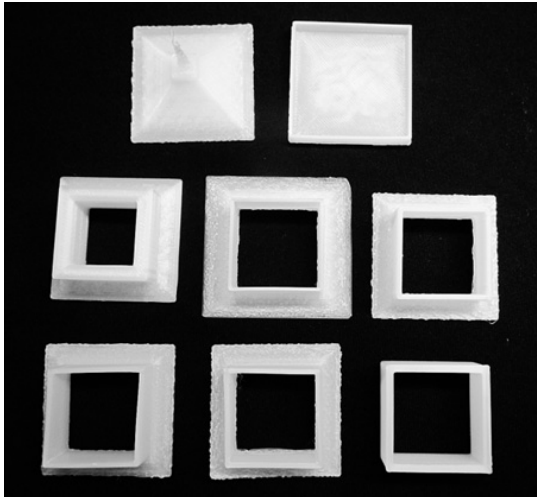


図8 五重の塔ミニチュアのパーツ

実験により以下のことが判明した。

- 1) 3D造形には、シンプルな形がよい。
- 2) 複雑な形、0.5mm以下の造形は難しい。
- 3) 細かい部品の造形ほど誤差が大きい。

また、五重の塔を分割して造形することで時間の短縮に繋がった。本教育支援システムでは、プログラムによって古代の建築物の細部までCGで再現しているが、実際に3D造形を行う場合、3Dプリンターの最大印刷サイズや解像度を考慮して形を調整する必要がある。図9と図10に3Dプリンターによる造形の一部を示す。

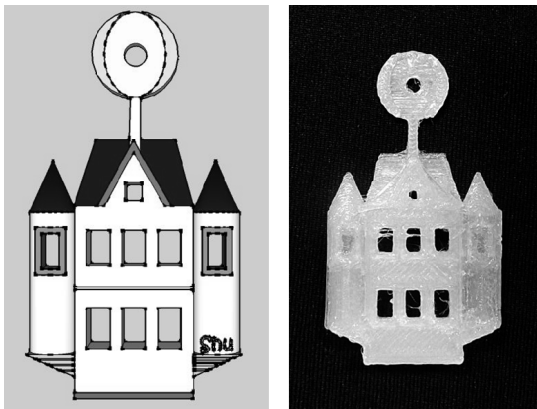


図9 お城の3DCGと造形結果

す。

- | | |
|---------------|------------------|
| 1階窓 4mm × 7mm | 2階窓 4mm × 6mm |
| 天窓 3mm × 3mm | 左右枠付き窓 3mm × 6mm |
| 上部円の内孔直径 4mm | 楕円形の凹み 1mm |

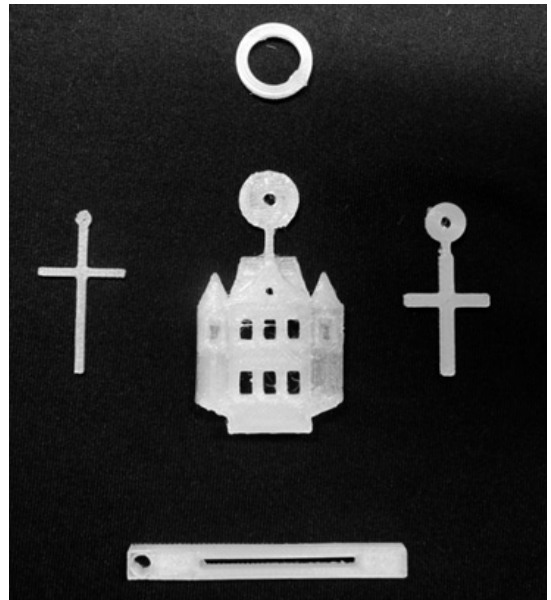


図10 お城の分割された造形例

- 上：指輪 (直径20mm 断面 3mm × 3mm)
- 左：十字架細 (長40mm 幅22mm 円直径 4mm
内孔直径 2mm 直方体断面 2mm × 2mm)
- 右：十字架太 (長45mm 幅22mm 円直径10mm
内孔直径 4mm 直方体断面 3mm × 3mm 頸部幅1.5mm)
- 下：スティックネックレス (長70mm 幅 7mm
奥ゆき 5mm
孔直径 5mm 溝幅 3mm)

8. 今後の課題

本研究では、学生と重要文化財の3DCGの作成や、プログラムによる古代建築の自動生成、ARを用いたCGと実写の合成を実現した。今後の課題としては、人物の3DCGの自動作成が挙げられる。

有名なアメリカ映画の「アバター」は主人公が3DCGである。3メートル10等身のキャラクターは俳優よりも綺麗で多くの人々に感動を与えた。「観るのではない、そこにいるのだ。」がキャッチフレーズで、監督が構想14年、製作に4年以上の歳月を費やして完成さ

せた大作である。

今後教育支援システムはアバターのような臨場感を
目指したい。学生が参加可能な教育支援システムの構
築を目指したいと考えている。これには二つの意味が
ある。一つは、教育支援システムは見るためだけのも
のではなく、学生が参加出来るようなものにしたい。
もう一つは学生と一緒に開発することである。

情報メディア学科のカリキュラムの中でパソコンの
ハードウェアの学習内容を増やすことを提案したい。
具体的には工学部で学ぶ電気工学と情報工学の基礎理
論科目および基礎実験科目を研究したうえで本学のカ
リキュラムに取り込むべきと考える。情報メディア学
科情報システムコースの学生のプログラミングによる
システム開発能力を上げていく。

9. おわりに

本研究では CG を応用して歴史教育支援システムを
構築した。このシステムはプログラミングで古代の建
物を自動生成しているため、短時間で多くの建物を生
成できる。また作成された古代の建物を Google Earth
の地理環境の中で閲覧したり、古代の建物を歴史教科
書の上に表示し、3D プリンターで造形を行うことが
可能であることを確認した。

これらの最新技術を活用して、仮想的な建築物と現
実の風景、教科書の3D 付加情報、及び実物の模型を
有機的に融合することにより、歴史を学ぶ学生にいつ
でも、どこでも、わかり易い教育支援システムを実現
した。

本学では、3DCG の技術に関する講義が開講されて
いる。受講生に学んだ知識を利用して歴史の学習に役
に立つような歴史的建造物の三次元モデルを作成して
もらい、更に樹脂による3D 造形を行うことで、教育
支援システムを作る学生と使う学生も各自の学習内容
に対する理解を深めることができる。

謝辞

本研究を進めるに当たり同僚から有益な助言を頂き
ました。また本学の学生に CG を作成してもらいまし
た。ここで感謝します。

参考文献

- 1) Kenichi SUGIHARA: “Automatic Generation of 3D
Building Models with Various Shapes of Roofs”, ACM
SIGGRAPH ASIA 2009, Sketches, Visualization, 16-

19 DEC, (2009)

- 2) 周欣欣, 杉原健一, 村瀬孝宏: “仮想現実感と3D
造形を併用した歴史教育支援システム”, 計測自
動制御学会 (SICE), 教育工学論文集, 36, pp.50
-52.(2013)
- 3) 周欣欣, 杉原健一, 村瀬孝宏: “CG 教育の新た
な展開ー仮想から現実へー”, JSiSE 第38回全国
大会講演論文集, pp. 49-50,(2013)
- 4) 杉原健一, 周欣欣, 村瀬孝宏: “Straight Skeleton 手
法による屋根付き建物の3Dモデルの自動生成”,
Visual Computing / グラフィクスと CAD 合同シンポ
ジウム, (2013)
- 5) 周欣欣, 杉原健一, 村瀬孝宏, 田科: “AR 拡張
現実感技術を利用した古代歴史教育支援システム
の開発”, 計測自動制御学会 (SICE), 教育工学論
文集, 35, pp.47-49 (2012)
- 6) 周欣欣, 杉原健一, 村瀬孝宏: “VR/AR 技術によ
る歴史教育支援システムの構築”, JSiSE 第37回
全国大会講演論文集, pp. 38-39, (2012)
- 7) Kenichi Sugihara, Xinxin Zhou, Takahiro Murase:
“Automatic generation of 3-d building models from
orthogonal building footprint”, Proceedings of
SPIE, IS&T/SPIE Electronic Imaging, 3D Imaging,
Interaction, and Measurement, 7864, pp.78640 T1 -
T9, (2011)
- 8) 周欣欣, 杉原健一, 木村寛之, 村瀬孝宏: “発
掘地図に基づく古代の建築物の3Dモデルの自動
生成と歴史教育への応用”, 教育システム情報学
会 (JSiSE), 第36回全国大会講演論文集, pp.210-
211 (2011)
- 9) 周欣欣, 杉原健一, 村瀬孝宏: “古代の建物の3D
モデルによる歴史教育を支援するシステムの開
発”, 教育システム情報学会 (JSiSE), 第35回全
国大会講演論文集, pp.75-76 (2010)
- 10) [http://www.autodesk.co.jp/products/autodesk-3ds-
max/overview](http://www.autodesk.co.jp/products/autodesk-3ds-max/overview) (2013/11)
- 11) <http://sketchup.google.co.jp/product/gsu.html>
(2013/11)
- 12) <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- 13) [http://www.bitsfrombytes.com/content/3dtouch-3d-
printer](http://www.bitsfrombytes.com/content/3dtouch-3d-printer) (2013/11)

