

# 滅失建築文化遺産のVR復元と色情報制御方式

稲垣 充廣 村田 計之 石田 亨 松原 正隆  
(財) ソフトピアジャパン 研究開発部 e-mail:inagaki@softopia.pref.gifu.jp

**概要.** 近年のVR技術の進歩に伴い、将来の世代のために、文化遺産をデジタル保存しようとする機運が高まっている。この保存過程においては、「文化遺産の構築時に使用する色やパターンを、経年変化を考慮しつつ、いかに忠実に再現するか」が一つの重要な課題となる。この課題を背景に、岐阜県とドイツ・ハイテクリサーチセンター（WISTA）との間で「滅失建築文化遺産のVR復元と色情報制御方式」をテーマとした共同研究を行った。

本稿では、滅失した文化遺産のVR仮想再建築プロセスと、より忠実な再建築のための色情報制御手法、およびその成果について報告する。

キーワード：文化遺産、VR復元、色情報、デジタルアーカイブ

## A Color Management Approach for the Virtual Restoration of Lost Cultural Heritage Sites

Michihiro Inagaki, Keishi Murata, Akira Ishida, Masataka Matsubara  
*Softopia Japan Foundation, R&D Dept., e-mail:inagaki@softopia.pref.gifu.jp*

**Abstract.** In recent years, with the development of virtual reality (VR) technology, there has been an increasing trend to digitally preserve cultural heritage sites for future generations. However, one problem that exists in this endeavor is how to faithfully reproduce the colors and patterns used in the site's construction, since these may have deteriorated over time. With that, Gifu Prefecture and the Berlin-Adlershof Science and Technology Center (WISTA) began a collaborative research project into "A Color Management Approach for the Virtual Restoration of Lost Cultural Heritage Sites."

In this paper, we will present the process of virtually restoring lost structures, the color management methods used to create more faithful reproductions, and their results.

Key Words: Cultural Heritage Site, VR Restoration, Color Information, Digital Archives

### 1. はじめに

近年、世界遺産建築物のアーカイブ化や都市空間をインターネット上に実現する様なバーチャルリアリティ（VR）を用いたコンテンツ制作が一般的になりつつある。3次元処理ソフトウェアを利用することにより、建築物のVRデータ作成やアーカイブ化は容易になってきているものの、VRによる建築文化遺産の復元というテーマに

においては、国や地域の文化的背景要素、時代の経過など、きめ細かな要因が完成度に大きく影響する。

デジタルアーカイブの視点には、実在コンテンツのデジタル化と消滅したコンテンツをデジタル復元する2つのアプローチがある。前者は保存がテーマとなるのに対し、後者は再現がテーマとなる。本提案は後者の再現における最重要課題であるリアリティ生成に取り組んだものである。この取り組みの背景には、岐阜県とドイツ・ベルリンハイテクリサーチセンター（WISTA）<sup>脚注1</sup>における相互交流の一環として「日独相互に滅失した文化遺産をVR技術により再建築する」プロジェクト<sup>脚注2</sup>がある。

滅失した文化遺産を復元・再生する際にリアリティ生成を行うための色情報制御に着目し、主要課題として、①色情報がない場合の着色推定方法、②時間経過により変色した現在の色から当時の色を推定する方法、③ドイツおよび日本の各国環境に依存した微妙な色の調整処理の方法を確立し、今後、同様の文化遺産の修復・再生に役立てることを想定した。

本稿では、VR復元の概要と色情報制御で採用した類似建築物情報の利用、文化背景の異なる国での相互復元・評価による差異の考察、色情報を再利用するためのデータベース構成技術等、新しい試みとその成果について述べる。

## 2. VR復元の課題と色情報制御の考え方

### (1) 相互に相手国で初期VRコンテンツを制作する手法の採用

残された設計図面のみならず、その歴史的、文化的、地域的、地理的な背景を考察する必要があるが、リアリティを事前には知らされていない相手国で初期制作した後、背景を理解している自国で修正する方法を用いることで、その変更度合いから一般則を導く手法がとれると考えた。VR復元のための3次元ソフトウェアについては、両国において共通化を図ると共に、データ交換と利用のための全体のデータ量、利用する色情報素材などの条件の共有化と交換条件を設定した。

これにより、文化的背景の全く異なる2つの国において、建築物の復元という同一の目的でプロジェクトを進めることにより研究を進めるだけでなく、相互の手法の意見交換や文化交流など側面的な効用を得る効果をも期待している。

### (2) 自国の文化的背景の色情報への反映

色情報に関しては、RGBの視点、HSVの視点、模様視点、白色化の視点等から考察を行う必要があるが、まずは、復元・再生結果をより実物に近いものにするため、自国内の歴史的建築物と比較・検証、時間的推移による影響を考慮し、自国独自の色情報等に関する評価を優先する。

すでに劣化・滅失した有形、無形の素材を設計図等に基づき復元・再生することは可能であるが、色情報については資料が残っていないため、実物に近づけることは非常に難しい。従って、各国の建築物の特徴を明らかにし、色情報の復元方法を確立することは、過去の文化遺産の修復・再生作業に大きく寄与するものと考えられる。このため、建築物の記録や類似建築様式で現存する建築物の情報を最大限に活用することとした。

### 3. 滅失建築文化遺産のVR復元

ドイツ側文化遺産として「ベルリン城」、日本側文化遺産として「信長居館」を選定し（表1）、互いに相手国の滅失文化遺産を自国が保有する最新のVR技術を利用して制作する。

評価手順としては、相手国側が作成したVRコンテンツに関し、色情報に関する検証およびコメント提示を行う。次に、提示したコメントに基づいて修正した内容を相手国側から入手する。当該コメントおよび修正内容はすべて履歴データとして残し、色情報データベースにより蓄積・管理する。

補正手順としては、色情報に関する相手国側コメントをもとに、VRコンテンツの修正を行う。当該コメントおよび修正内容はすべて履歴データとして残し、色情報データベースにより蓄積・管理する。次に、作成した改版データを相手国側に送付し、再度色情報に関するコメントを依頼する。更に、相手国側からのコメントがあった場合には、修正およびコメント依頼を繰り返す。

表1 再建築対象となる文化遺産

国名	対象文化遺産	説明
日本	信長居館	岐阜金華山の麓にあった織田信長の邸宅。 1569 織田信長が建築。 1601 関ヶ原合戦で織田秀信敗れ廃城。
ドイツ	ベルリン城	ベルリン市街にあるドイツ皇帝の邸宅。 1443 建築開始。 1951 第二次世界大戦時に損傷を受け、取り壊される。

#### (1) ベルリン城のVR復元<sup>1,2)</sup>

日本側では、WISTA側から提供された素材データに含まれる設計図データ（図1）をもとにして、正確な寸法付けを行ったモデリング基準線を含むCAD図面を作成し、モデリングツールを利用して、外壁、玄関、屋根形状等のモデリングを行った。

次に、各建築部位にWISTA側から提供された類似建築物の素材データに含まれる写真から抽出したテクスチャ（図2）を貼り付けて、VRコンテンツを作成した（図3）。このVRコンテンツに対するドイツ側での評価は「修正不要」であり高品質となった。

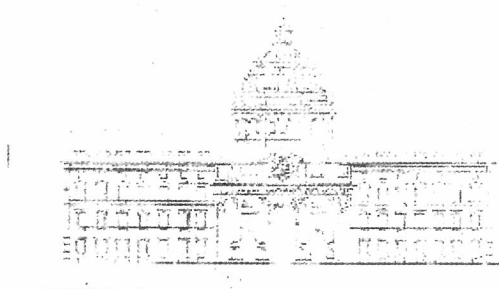


図1. ベルリン城設計図



図2. 外壁部分のテクスチャ

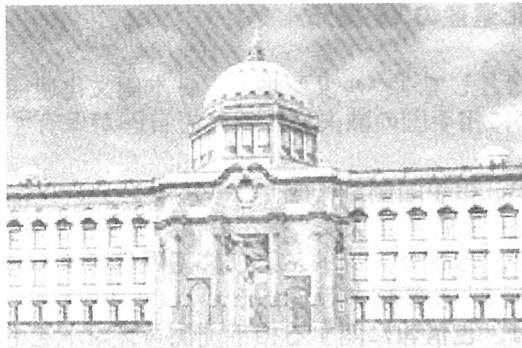


図3. ベルリン城 VR コンテンツ

## (2) 信長居館の VR 復元

信長居館はWISTA側の初期制版に日本側でコメントし修正したが、この時に歴史的、文化的、地域的な背景を考察・反映した。イエズス会の司祭ルイス・フロイスの残した当時の岐阜の記録<sup>[3]</sup> から開放的な住宅建築かつ楼閣建築であり京都の鹿苑寺金閣や慈照寺銀閣のような建物であったと推定し、素材データとして類似建築物のカラー写真(図5)を、信長居館設計図(図4)とともにWISTA側に提供した。また、岐阜市歴史博物館にある信長居館に関する資料等も参考にした。

その結果、外壁、棟および畳等の各部位で適切でない色が使用されており(図6)、微妙なニュアンスではあるがコメントし、相手側の修正に加え、日本側でも修正して最終データを制作した(図7)。



図4. 信長居館設計図

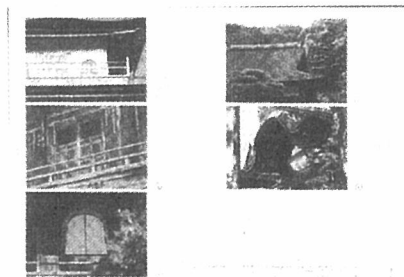


図5. 類似建築物のカラー写真



図6. 信長居館 VR コンテンツ (初版)



図7. 信長居館 VR コンテンツ (最終版)

#### 4. 色情報制御方式と評価

##### (1) 色情報推定手順

設計図がモノクロデータの時、色情報を推定する方法は概ね次の手順で行っている。

- ①対象建築物に関連する文献等の資料を調査し、その背景から色情報を推定する。
- ②文献等でも色情報が判明しない場合は、類似する現存建築物を推定し部分的な素材データを利用する。
- ③建築物の各部位に使用される素材や色は、まず現存するものを用い、建築当時の色を推定する。

##### (2) 色情報の分析と評価

色情報データを各部位毎に分析することにより、建築物の主な特徴を抽出する<sup>[4,5]</sup> (表2)。ここでRGB情報の値は各部位の大部分を占める代表値(目安値)であり、実際は各部位の表面に模様があるのが一般的であるため一律な値ではない。

信長居館 VR コンテンツの修正前と修正後の色情報の比較を行った結果、「○: 変更なし」、「△: 微調整」を含めた、約80%の部位の色情報初期推定が比較的良好な結果を得た(表3)。このことより、関連文献等の調査を行い、かつできうる限り正確に類似建築物から推定することが、色情報推定に当たっての重要な要素になることが検証できたと考える。

表2. 建築物の色の特徴

国名	建築物部位名称	使用材料	色	R	G	B	補足
ドイツ	屋根	銅	緑青色	170	200	180	使用材料の銅は湿気にさらされると酸化して緑青とよばれる防食性皮膜をつくる
	窓	すりガラス	白色	230	230	230	
	外壁	石材	白桃色	100	80	60	
	柱			~			
	フェンス						
	レリーフ			220	200	180	
日本	柱	木材	黄かっ色	190	150	110	信長居館の場合、その権力を誇示するため、鹿苑寺金閣を模した可能性が高いので、金色と推定。
	板間						
	階段						
	杉戸						
	廊下	木材	金色	120	90	50	
	外壁						
	舞良戸						
	縁持ち送り						
	下見板張り						
	火灯笼	茅葺き	こげ茶色	60	40	30	
	高欄						
	屋根						
	土壁						
	畳	い草	緑青色	170	210	210	

表3. 信長居館の色情報制御

項番	建築物部位名称	修正前				修正後				制御状況	比率
		色	R	G	B	色	R	G	B		
1	棟	こげ茶色	60	40	30	灰色	180	180	180	×	20%
2	下見板張り	緑色	20	80	70	金色	120	90	50	×	
3	火灯窓	白色	130	120	110	金色	120	90	50	×	
4	柱	こげ茶色	60	40	30	黄かつ色	190	150	110	△	40%
5	土壁	灰色	130	120	110	白	255	255	255	△	
6	杉戸	こげ茶色	60	40	30	黄かつ色	190	150	110	△	
7	畳	黄緑色	140	120	90	青緑色	170	210	210	△	
8	板間	こげ茶色	60	40	30	黄かつ色	190	150	110	△	
9	廊下	肌色	180	150	100	黄かつ色	190	150	110	△	40%
10	屋根	こげ茶色	60	40	30	こげ茶色	60	40	30	○	
11	屋根軒裏	金色	120	90	50	金色	120	90	50	○	
12	外壁	金色	120	90	50	金色	120	90	50	○	
13	縁持ち送り	金色	120	90	50	金色	120	90	50	○	
14	舞良戸	金色	120	90	50	金色	120	90	50	○	
15	高欄	金色	120	90	50	金色	120	90	50	○	

【記号の説明】

○:変更なし。△:微調整。×:全面変更。

ここで上記分析・評価に対し、以下に考察する。

- ① 色分類については、きめ細かな分類を行うよりも、全体バランスおよび人間の直観に合う調整を重視することが有効と考え、さらに必要であればきめ細かさを導入することとした。従ってテクスチャを選定し決定した後は、その代表的なピクセル群の色情報で評価を代表させることにしている。
- ② 色情報の評価においては、「人間の行った色分類結果と領域分割結果に基づいた色空間の評価比較」<sup>[6]</sup>の様に、色情報推定方法の比較・評価と利用例の検討が必要であるが、本評価の目的からして、人間の直観・感性に合わせることを重要と考えたことから、単純なRGB評価法を用いている。ただし、色修正の段階において、明度を上げる修正が木造部分で多くなったことからHSV系での評価も有効と推定される。この点については、経年による色変化と合わせた検討課題と考えている。

また、日本のVRコンテンツ（信長居館）で色の修補正が必要であり、ドイツのVRコンテンツ（ベルリン城）で修補正が不要であった理由を以下に考察する。

- ① 日本側から提供した類似建築物のテクスチャを用いたが、この時にスキヤニング精度およびカラー調整を事前に行えなかったことがある。
- ② これらのテクスチャをより精密にした素材を利用しつつも、全体のバランスからその明度調整が必要となっている。素材をいったん選択すると、各部位間のバランス上、白色系への調整が有効となったことがあげられる。

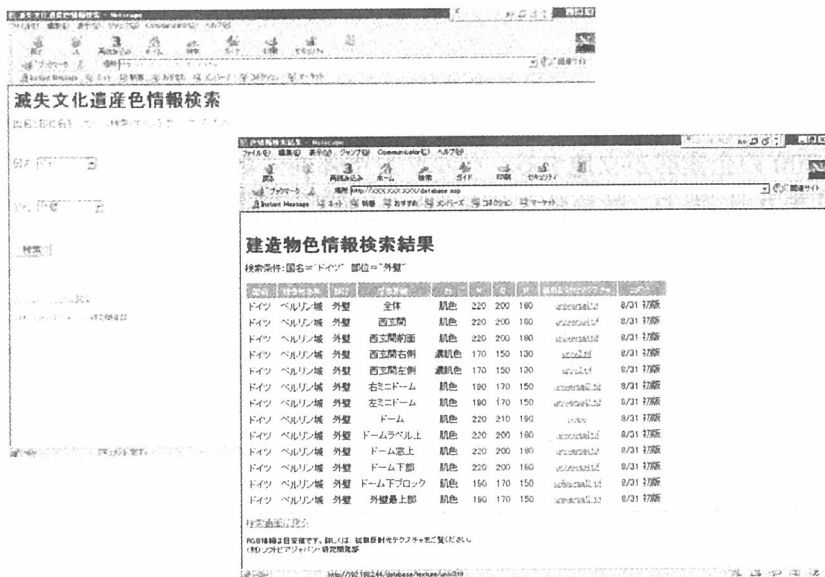


図8. DB検索条件指定画面と検索結果表示画面

### (3) 色情報データベースの構築

情報の共有化の観点から、色情報データベース化とインターネットからの検索システム(図8)を実装し、今後、同様のプロジェクトへ反映する環境整備を行った。補正した色情報、テキスト等をインターネット上から閲覧でき、建築物の特徴が参照・再利用できる。

色情報制御データベースは、国識別子、建築物名称、建築物部位、RGB色情報、テキスト内容、色情報の改版回数、およびコメント内容の各項目で構成されている。

## 5. 今後の研究課題

本検討結果については、日独双方の国内において、そのコンテンツや成果をCD-ROMとして制作したり、コンテンツビジネス事業へ展開する等文化面・社会面で役立っている。実際にドイツ側で検討されていることであるが、当時の建築物を現実に再建するような時のアセスメントに利用できるなどの効用が考えられる。

今後の課題として、経年変化に関する一般的傾向を考察し、建築から滅失までの時間経過に伴う色彩・色調変化を推定する方法、および芸術性の高い復元データを製作する方法を検討する必要がある。

最後に、本研究にご協力いただいた、(株)VRテクノセンター 武内代表取締役専務、大日コンサルタント(株) 矢島課長、竹林舎建築事務所 木岡代表、岐阜市歴史博物館 土山学芸員、WISTA Alfred Iwainisky 教授、Jan Jordan氏、Anne Griepentrog 女史に深く感謝いたします。

## 脚注

1. WISTA とは、ドイツ・ベルリン州政府が出資して設立されたサイエンスパークであり、州政府およびドイツ政府からの財政支援のもと、14 の公的研究機関および約 200 の企業群が立地する、ベルリン市郊外にある研究開発拠点である。
2. 平成 10 年 5 月 26 日、岐阜県と WISTA との間で「情報技術分野における相互の交流・連携に関する覚え書き」が締結された。これに基づき、WISTA 側から岐阜県側に、文化に関するプロジェクトの提案があり、「文化遺産的価値を有する建築物を WISTA とソフトピアジャパンの共同研究として、VR 技術を用いて再現するプロジェクトに挑戦する。このため、双方が協力して、政府の支援獲得につとめる」ことが了解された。

## 参考文献

- [1]三宅理一著「ドイツ建築史」(相模選書) January 1981.
- [2] Interkulturelle digitale Rekonstruktion eines umstrittenen Bauwerkers(INFO'99 October 1999).
- [3]ルイス・フロイス著「日本史 1~5」(東洋文庫) October 1963.
- [4]大塚常雄著「建築材料読本」(理工学社) July 1967.
- [5]大森健二著「社寺建築の技術」(理工学社) August 1998.
- [6]高橋、松浦、杉山、阿部「人間の行った色分類結果と領域分割結果に基づいた色空間の比較評価」(MIRU2000 July 2000).