

遺跡の3次元モデルをガイドにした写真検索・閲覧手法の提案

門林 理恵子

独立行政法人情報通信研究機構

古川 亮

広島市立大学情報科学部

遺跡を対象としたデジタルアーカイブに含まれる大量の写真の閲覧と大規模な3次元モデルの操作を効率的、効果的に行なうための閲覧手法を提案する。写真と3次元モデルは、遺跡の3次元座標を元に、関連づけることが可能である。そして、写真を撮影したときのカメラの視点、つまりカメラの位置と向き、と3次元モデルを描画するときの仮想カメラの視点を比較することで、類似した視点の写真を検索したり、3次元シーンを描画することが可能となる。本稿では、これらの“3次元シーンによる写真閲覧”手法と“写真による3次元シーン指定”手法について議論するとともに、試作システムについて紹介する。

Using 3D Models of Archaeological Site as Guide for Retrieving and Browsing Images

Rieko Kadobayashi

National Institute of Information
and Communications Technology

Ryo Furukawa

Hiroshima City University

In this paper, we propose new methods to achieve effective and efficient browsing of digital archive contents. These are “browsing by 3D scene” and “rendering by photographs” based on viewpoint-based approach. The idea is that by linking the 3D models and photographs via the spatial information, “viewpoint” in particular, we can use them as a reference for each other when browsing photographs or walking through the 3D scene. The prototype system is also introduced.

1 はじめに

文化財のデジタル化への関心は年々高まりつつあり、数多くの機関が、デジタルアーカイブを作成し、公開するようになってきている。例えば、博物館などが館蔵品を紹介するデジタルアーカイブ([1]等)や、地域の団体が、その地域に存在する文化的資産をデジタルアーカイブ化し、街づくりに活用しようとする地域デジタルアーカイブ([2]等)など、様々な団体がそれぞれの目的に応じてデジタルアーカイブ作成を進めている[3]。

また、博物館の収蔵品だけでなく、遺跡や歴史的建造物などを対象としたデジタルアーカイブの作成も行なわれるようになってきた。特に近年では、レーザースキャナなどを用いて、3次元形状をデジタル計測する技術が進歩し、3次元CGモデルを含むデジタルアーカイブの事例が増えつつある。(たとえば[4, 5, 6]などの国際会議を参照)。著者らも、これまでに、国内外の

遺跡を対象とした3次元計測を実施し、遺跡の3次元モデルを含むデジタルアーカイブの作成に取り組んできている[7, 8]。このうち、リキア地方ビザンティン遺跡調査団[9]と共同で進めている、トルコ共和国ゲミレル島遺跡のデジタルアーカイブ作成においては、これまでに第二聖堂、第三聖堂と名付けられたビザンティン時代の教会跡のレーザー計測を行ない、3次元CGモデルの作成を行なっている。また、調査団による10年以上におよぶ調査期間中に撮影された30,000枚を超える写真のうち、約半数の15,000枚あまりをデジタル化し、キーワードを付与して、検索できるようにしている[10]。図1は、アーカイブに含まれる第三聖堂の写真と作成した3次元モデルの例である。

デジタルアーカイブには、様々な種類のものがあるが、本研究の対象とするのは、遺跡を対象としたデジタルアーカイブ(以後、遺跡アーカイブと呼ぶ)である。遺跡アーカイブは、同じ対象物について、多くのかつ異なる写真を含むことや、対象が大規模になるが

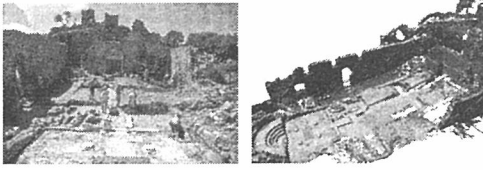


図 1: 遺跡とその 3 次元モデルの例

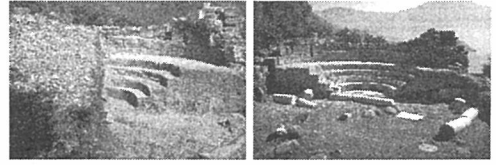
ゆえに 3 次元モデルのデータサイズも大きくなる傾向があることなどが特徴である。

一般に、写真を検索する場合には、キーワード検索、類似画像検索、感性検索などの画像検索手法を用いることができる。しかし、遺跡アーカイブの写真の検索には、“暖かい”や“清々しい”といった感性語を用いる感性検索は適していない。また、遺跡の場合、同じ対象でありながら調査が進むにつれ、周囲の状況や形状が変わっていくのが常であり、色や形状などの内容に基づく類似検索も適用しにくい。キーワード検索の場合は、利用者が検索したい対象の名称を知っている必要があるが、未知のものを閲覧するときに、そのような仮定をおくのは難しい。また同じ対象物を含む写真が数多くあるため、キーワードの指定の仕方によっては、数多くの写真が検索されてしまい、閲覧時の負担になる。このように、従来の画像検索手法では、遺跡アーカイブの写真を効率的、効果的に検索し、閲覧するのは困難である。

次に、3次元モデルに関しては、美術工芸品などと比較するとサイズが大きくなる傾向にあるため、対話的操作が困難になるという問題がある。たとえば、著者らがこれまでに作成した事例では、図 1 に示す第三聖堂の全体モデルの場合、600 万ポリゴンを超える。これは、詳細に見たときに数 cm 角程度のほぞ穴を確認できる精度が欲しいという要求に合わせた結果である。ポリゴン数を削減すれば操作性は向上できるが、表現能力は落ちる。

そこで、本稿では、デジタルアーカイブのコンテンツの効果的、効率的閲覧を支援するための手法として、“3次元シーンによる写真閲覧”と“写真による3次元シーン指定”を提案する。基本的なアイデアは、3次元モデルと写真を空間情報、つまり遺跡の3次元位置座標を元に結び付け、互いに参照情報として用いるというものである [11]。

具体的には、写真を閲覧する場合は、まず 3 次元モ



(a) 見目が異なる場合



(b) 視点が異なる場合



(c) 状況が異なる場合

図 2: 対象が同じで、見目、視点、状況が異なる写真群の例

デルを閲覧し、興味のあるシーンに出会うまで操作する(またはウォークスルーする)。システムは、利用者が指定した 3 次元シーンを問い合わせとして解釈し、似たような視点の写真を検索する。この際の検索手法として、視点ベースの検索方法を提案する。3次元モデルを任意の視点で容易に表示するためには、写真を参照情報として使用し、利用者が選択した写真と同じような視点から 3 次元シーンを描画する。ここで、視点とは、写真を撮影したときのカメラの位置と向き、そして 3 次元シーンを描画するときの仮想カメラの位置と向きのことである。

以下、第 2 節では、遺跡アーカイブの事例を紹介し、特徴について述べる。第 3 節で提案手法について議論し、第 4 節では、試作システムについて述べる。そして課題について第 5 節で議論し、第 6 節でまとめる。

2 遺跡のデジタルアーカイブ

本節では、著者らの事例を通して遺跡アーカイブの特徴を概観する。特に、写真データベース構築時のキーワード付与作業における問題点と写真そのものの特徴について議論する。

著者らは、日本の研究者のグループであるリキア地方ビザンティン遺跡調査団とともに、トルコ共和国のゲミレル島にあるビザンティン時代の遺跡のデジタルアーカイブ作成に取り組んでいる。調査は1991年に開始され、1995年からは、第三聖堂と名付けられたバシリカ様式の聖堂跡の発掘調査も始まり、これまでに床面のかなりの部分が発掘され、床を飾るモザイクなどが発見されている [12]。10年以上にわたる調査によって、ゲミレル島遺跡およびその他のトルコ国内の遺跡などで撮影された写真の総数は30,000枚を越える。このうち、約半分をデジタル化し、それぞれに複数のキーワードを付与して、写真のアーカイブを作成した [10]。

すでに指摘されている通り、膨大な数の写真に、正確で詳細なキーワードを付与することは非常に手間のかかる作業である。統制されたキーワード集を作成すること、そしてどのようにキーワードを付与するかという規則を定めることは、一般的にも非常に困難な作業である。それに加えて著者らの事例では、次のような問題が生じた。調査団のメンバーは異なる専門分野の研究者たちから構成されているため、キーワードの統制が困難であったこと、長期間におよぶ調査のため写真の内容について理解できる人が限られ、作業に従事できたのが歴史学と考古学の研究者一名ずつであり、キーワード付与作業に十分な時間をかけられなかったこと、そのため、キーワードの統制やキーワード付与規則を定めることができなかったこと等である。専門分野の違いによるキーワードの違いは、たとえば、考古学者の場合、“発掘前”、“完掘後”といった、発掘調査の段階を示す用語をキーワードとして採用したのに対し、歴史学者は、フレスコ画やモザイクなどのテーマそのものに関心を示し、それらを区別するキーワードを採用した点などに表れている。したがって、モザイクで飾られた床が被写体の写真の場合、“完掘後”というキーワードがつく場合と、“花束”というテーマを示すキーワードがつく場合があった。

この他に、遺跡調査における写真アーカイブに特徴的なことは、同じ対象物について多くのかつ異なる写

真が含まれるということである。これは、考古学研究の特徴、特に研究の根幹となるデータ取得のための手法が発掘調査による、という特徴に起因する。通常、遺跡の発掘調査は複数年次に渡り、繰り返し行なわれる。発掘調査が徐々に進められるため、調査によって出現する遺構や遺物も、その姿を一度に完全に表すのではなく、徐々に表すことになる。そして、調査の途中段階においても記録のための写真が撮影されることから、同じ対象物であっても、表面に出ている形状が異なる写真や、回りの状況（たとえば木々、盛土など）が異なる写真が数多く存在することになる。さらに、発掘調査の様子自体も記録の対象となるため、発掘や測量などの種々の作業を行なう人々の様子も、遺跡の特定の対象領域とともに写真に記録されることになる。

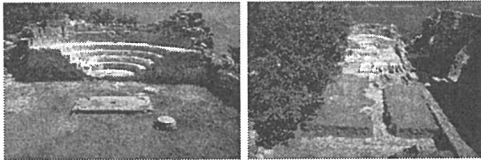
このような理由で、同じ被写体でありながら、見た目の印象が大きく異なる写真が数多く存在することになる。図2は、中心となる被写体が同じで、見た目が異なるものの例を示す。ここに掲載した写真はいずれも、第三聖堂のアプシスと呼ばれる部分を撮影したものである。(a)は、発掘調査の段階の違いによるアプシスの見え方の違いを示す。(b)は、撮影方向が異なる場合である。(c)は、アプシスだけでなく、作業者も一緒に写る例である。このような写真群に、その違いを識別できるような適切なキーワードを付与するのは容易ではない。

結果として、作成した写真アーカイブには、主たる被写体は同じだがキーワードは異なる写真群、あるいは主たる被写体が少し異なる見え方、写り方をしているがキーワードは同じという写真群が存在する。このような違いのため、遺跡についてよく知っている調査団メンバーでも、キーワードによる検索では希望の写真をうまく検索できない可能性がある。

3次元モデルに関しては、これまでに二つの聖堂跡について、レーザースキャナによる3次元計測結果を基にしたモデルを作成している。第二聖堂は、平面プランがおおよそ20 x 10 m、第三聖堂は、平面プランがおおよそ30 x 15 mの大きさであり、建築史の専門家が必要とした詳細度のモデルは、第二聖堂で約2,560,000ポリゴン、第三聖堂で約6,300,000ポリゴンのデータとなった。このようなサイズのモデルは現在一般的に使用されているPCでは、表示することも難しい。そこで、Cortona VRML client [13] で表示、操作が可能なように、第三聖堂のモデルを300,000ポリゴン程度にまで削減し、VRML形式で保存したモデルを作成し



(a) 例示画像として与える3次元シーンの例



(b) 上位に検索される写真の例

図3: 3次元シーンによる写真の検索・閲覧の例

たが、品質は極めて悪い。

3 提案手法

3.1 3次元シーンによる写真閲覧

本稿で提案する写真閲覧手法の基本的なアイデアは、遺跡の3次元モデルを表示したシーンを例示画像として使用すること、カメラの位置と向き、すなわち視点情報を用いた“視点ベース”の検索をすることである。これによって、同じ被写体が似たような視点から撮影された写真は、色や形などの見た目が異なっても検索し、ひとまとめにして提示しようというものである。こうすることで、大量の写真から、希望する写真を素早く閲覧することが可能になる。従来のキーワード検索や類似画像検索は、このような検索・閲覧には適していない。

たとえば、第三聖堂の3次元モデルを閲覧中に、図3の(a)に示す場面になったとする。このとき、利用者が左側のシーンを指定すれば、システムはこのシーンを描画するのに使用した仮想カメラの視点情報をもとにして、画像データベースを検索し、たとえば(b)の左に示すような写真(群)を上位にランクづけて利用者に提示する。また、右側のシーンを指定すれば、(b)の右に示すような写真(群)を上位にランク付けて提示する。

この場合、どちらの写真も第三聖堂のアプシスとベ-

マと呼ばれる部分を撮影したものであるが、右の写真のほうがより広い領域を含んでいる。遺跡アーカイブの利用者が、このような、似ているが少し違う写真が存在するかどうかを知っている保証はない。仮にこのような写真群の存在を知っていても、キーワードでどのように違いを指定するかがわかるとは限らない。たとえば、右下の写真を検索する場合、遠景というキーワードをいれるとよいのか、それとも南壁や身廊というキーワードをいれるとよいのかはわからないだろう。左下の写真の検索の場合はより難しい。アプシスとベーマが写っているが、南壁と身廊が写っていないものといった指定が必要になる。そして、そのような検索を可能にするためには、アーカイブ作成段階で適切なキーワードを付与しておく必要がある。

さて本手法の特徴は、図3の(a)の左の3次元シーンが指定されたときに、図2の(a)で示したような発掘途中での写真も検索し、提示することが可能である点である。しかし、同じアプシスが写った写真でも、図2の(b)の右のような視点がほぼ反転しているような写真は、上位にはランクづけない。

なお、本手法では、3次元シーンを例示画像として用いているものの、類似画像検索[14, 15, 16]ではなく、視点ベースの検索を行なう点に注意されたい。類似画像検索は、遺跡アーカイブの写真検索には、次のような理由で不十分であり適していない。

まず、3次元シーンそのものを写真と直接比べることはできない。形状だけでなく、色情報を取得できるかどうかは、レーザースキャナの機種に依存し、色情報が取得できない場合、作成された3次元モデルは、色情報がないものとなる。さらに、3次元モデルを作成するときには、通常、記録の対象のみをモデル化する。たとえば遺跡の場合、建造物はモデル化するが、周囲の木々、遺跡に設置された機器、作業者などはモデル化しない。しかし、写真の場合は、現実の世界をそのまま記録することになるため、モデル化されないものも写真には写っている。

次に、第2節で述べたように、発掘調査によって出土する遺跡の“見た目”は、調査が進むにつれ変化するという点が挙げられる。また、作業風景の写真では研究者らの姿も写っている。人間の場合、このような写真でも、同じ部分が写っていると判断するのは容易だが、コンピュータでは困難である。

さらに、類似画像検索の場合は、色、形、構図などを指定するために、通常例示画像を必要とする。様々な

ユーザインタフェースが提案されているものの、利用者が適切な例示画像を構成するのはやはり困難である。

一方、本稿で提案する視点ベースのアプローチでは、3次元空間をウォークスルー中に遭遇した3次元シーンを例示画像として問い合わせに用いるため、利用者にとっては容易な問い合わせ作成といえる。この方法では、利用者の知識レベルや作図能力への依存度が低い。また、視点ベースの検索であるため、同じ対象物が異なった見た目になっている場合も検索可能である。つまり、提案手法は、色、形、テクスチャなどの画像の特徴量の変化にロバストな検索手法と言える。

なお本手法では、あらかじめ各写真に撮影時のカメラ位置と向きの情報が与えられている必要がある。またこのときの座標系が、3次元モデルの座標系と同一のものである必要がある。これは、座標が既知の点を6点与えて、カメラキャリブレーションを行ない、写真の外部パラメータ(位置、姿勢)を求めることで得られる。これによって、写真撮影時のカメラの視点(位置、向き)と3次元モデルを描画するときに使用される仮想カメラの視点とを比較することができるようになる。カメラパラメータを求めるのは、3次元モデルデータと共通する点を最低6カ所指定すればよいだけであり、対象についての知識がなくてもできるため、キーワード付与作業に比べてコストが低くてすむ。

3.2 写真による3次元シーン指定

視点ベースのアプローチは、3次元モデルを閲覧するときにも使用できる。通常、3次元モデルを操作し、任意のシーンを得ることは容易ではない。3次元モデルの詳細度が増し、それに伴ってデータ量が増えると、対話的操作性が落ち、一層操作が困難になる。したがって容易なユーザインタフェースの提供も必要である。そこで、利用者が写真を選択すれば、システムが自動的に、その写真に似た視点で3次元シーンを描画する方法を提案する。

図3は、3次元シーンをもとに写真を検索し、閲覧する手法の例であったが、“写真による3次元シーン指定”は、まさにこの例の反対の処理を行なう。つまり、図3の(b)に示される写真が選択されると、(a)の3次元シーンを描画するというものである。

先述のように、遺跡デジタルアーカイブの場合、多方向から撮影した写真があるので、その中のどれかを

選ぶことで、3次元モデルの描画の向きを指定できるようにすればよい。システムが、写真のカメラパラメータを参考に、自動的に3次元シーンを描画するためのカメラパラメータを決定するので、利用者は容易に“見た目”が違う3次元シーンを得ることができる。そのあとで、ウォークスルーを行えば、容易に効果的に3次元モデルを閲覧することが可能となる。

ところで、本手法では、利用者選択した写真をそのまま利用して3次元シーンを描画するのではない。3次元シーンを描画するための視点を指定する直感的な操作方法として、写真を選択させるのである。

4 試作システム

試作システムは、JavaScriptとRuby[17]を用い、Webブラウザベースのシステムとして実装した。利用者は、Webブラウザ(現在はInternet Explorerのみ対応)を介してシステムを利用する。ブラウザには、3次元モデルのビューワーとして、Cortona VRML Clientが組み込まれており、VRML形式のモデルを表示し、操作することができる。

4.1 データの前処理

今回利用した写真は、2002年に実施した3次元計測の際に高精細デジタルカメラで撮影したもので、第三聖堂を撮影したものの中から302枚の写真を選び、解析処理を行なった。

まず、各写真の外部カメラパラメータ、つまり位置(X, Y, Z)と向き(ω, ϕ, κ)を得るために、カメラキャリブレーションソフトを作成した。このソフトは、3次元計測に使用したリーグル社[18]のレーザースキャナのカラー画像と、デジタルカメラの写真の両方を表示し、利用者に対応点を指定させるようになっている。6点以上の対応点が入力されると、カメラキャリブレーション処理を行ない、カメラパラメータをファイルに出力する。

最終的な解は、文献[19]に紹介されたカメラキャリブレーションの線形解法で得られた外部パラメータを、非線形最適化によって改良することで得た。非線形最適化によって最小化する関数としては、各参照3次元点を変数である外部パラメータと事前のキャリブレーションによって求めた内部パラメータによって画像平

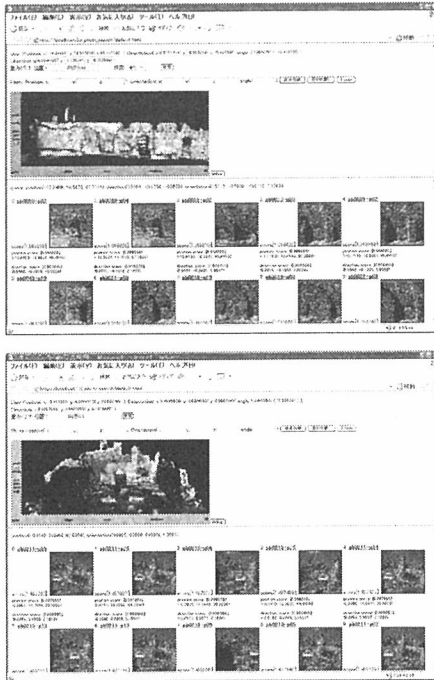


図 4: 3次元シーンによる写真閲覧の実行例



図 5: 3次元シーンによる写真閲覧の別の実行例

面に投射した点と、対応する2次元点との誤差の二乗の和を利用した。非線形最適化にはニュートン法を用いた。

3次元モデルに関しては、600万ポリゴン以上あったものを約30万ポリゴンにまで削減したモデルを作成した。何とか操作できるものの、表現力は極めて低い。

4.2 3次元シーンによる写真閲覧

試作システムで、3次元シーンをもとに写真検索を行なった例を2組、図4に示す。Webブラウザの上半分には、利用者の入力を受け付けるためのボタンとダイアログボックス、および3次元モデルのビューワーがある。下半分は、写真の一覧表示部分である。検索された写真が、視点の一致度のスコアの高い順に並べられて表示される。スコアは、カメラの位置と向きのベクトルを比較して求める。まず位置ベクトル同士の比較を行ない、その値に重みをかけて、位置のスコア

とする。同様に向きのスコアも求める。位置スコアと向きスコアを足したものが一致度のスコアである。

検索・閲覧方法は非常に単純である。利用者は、まず、ビューワーに表示される3次元シーンを閲覧し、興味のあるシーンになるまでウォークスルーする。関心のあるシーンになったときに、“検索”ボタンをクリックすると、システムが検索を開始する。ブラウザ下部のサムネイル画像表示部分に表示される写真の枚数は、一致度のスコアの閾値ではなく、ユーザーが指定する枚数によって決まる。

位置と向きを指定して写真を検索する場合、数値入力や2次元の図面への矢印の記入などのインタフェースが考えられるが、3次元シーンで指定するほうがより直感的である。遺跡についての予備知識を持たない人にとっても容易である。このようにして、利用者は、興味のある写真を容易に検索し、閲覧することができる。

図4の2つの検索結果の例では、表示されている上位10件の写真はいずれも指定された3次元シーンと非



図 6: 写真による 3 次元シーン指定の例

常によく似ている。なお図の上側の検索結果例では、3次元シーンでは南壁の南側のほぼ全体が表示されているが、写真は南壁をいくつにも分割して撮影したものしかないので、それらの写真が上位に検索されている。

図 5 では、第三聖堂の同じ部分 (アプシスと呼ばれる部分) が異なる視点から表示されたときの検索結果を示している。上側は、西からアプシスを見たものであるのに対し、下側は東からアプシスをみたものである。検索結果が視点の違いを反映しているのがわかる。この検索例では、利用者は、東西といった方角を指定する必要がない。単に、3次元シーンの視点を変更するだけですむ。

4.3 写真による 3 次元シーン指定

図 6 は、提案手法による 3 次元シーンの描画例である。現在のインターフェースは、3 次元シーンからの写真閲覧と同じものを使用する。利用者は、サムネイル

画像の中から、興味のある写真を一枚選択して、ブラウザの上側にある“視点移動” ボタンをクリックするとシステムは、その写真に事前に付与されたカメラパラメータ情報を取得し、それをもとに 3 次元シーンを描画するための仮想カメラのパラメータを設定する。そして 3 次元モデルビューワー中に、3 次元シーンを描画する。この例で示すように、同じ対象物が被写体になっていても、わずかに写り具合が違う写真の差が、描画された 3 次元シーンの違いにもうまく反映されている。

5 課題

これまで述べてきたように、視点ベースの検索に基づく“3次元シーンによる写真閲覧”と“写真による3次元シーン指定”は、大量の写真の効率的、効果的閲覧にも、3次元モデルの操作にも効果的と考えられる。しかしながら、試作システムについては以下に挙げるような点を改善し、その後ユーザビリティについての評価を行なう必要がある。

ユーザインタフェースの改善 まず、3次元モデルのビューワーのインターフェースの改善が必要である。データ形式は VRML のままで、ビューワーだけをより操作性のよいものに変更することだけでなく、XVL[20]などの Web3D 技術を用いて、3次元モデルのデータ形式を変換することや、ポリゴンベースではなく点群ベースのモデリング、レンダリング技術 [21, 22, 23] の採用なども含めて検討する必要がある。

扱える写真と 3 次元モデルの増加 今回の試作システムでは、一つの遺跡の 3 次元モデルと 302 枚の写真を使用してテストをしている。これらの写真は、同じ時期に撮影されたものなので、発掘調査の進展による対象の見え方の変化は生じていない。これまでにデジタル化した 15,000 枚あまりの写真の中には、発掘調査開始前から発掘が完全に終わった段階のものまで、異なる段階の写真が含まれている。次のステップとしては、これらの写真に“視点”のメタデータを付与して、閲覧できるようにし、本手法がこれらの古い写真にたいしても有効であることを示す必要がある。

位置と向きの制御 現在の試作システムでは、利用者は位置と向きのパラメータの重みを任意の値に設定できる。しかし、設定した値と検索結果の関連は明らかではない。より直感的なインタフェースの開発が必要である。さらに、利用者がある3次元シーンを選んだとき、どのような写真が検索されると、満足度が高いのかという点についても研究が必要である。直感的には次のような例を考えるとわかりやすい。第三聖堂には、東西方向で約30mの長さの南壁がある。この壁を、表と裏から、それぞれ端から順に少しずつずらして写した写真があったとする。利用者が南壁の西側の端の3次元シーンを選んだとき、どのような写真を望んでいると解釈すればよいだろうか？たとえば、南壁を端から順に、同じ向きで撮影した写真群を、反対の端になるまで提示するのがいいのだろうか？あるいは、同じ南壁を撮影しており撮影位置も近いが、向きがまったく反対の場合、つまり、壁の表側と裏側の写真を見せるのがよいのだろうか？これは閲覧目的に依存すると考えられる。

6 おわりに

写真だけでなく3次元モデルも含むデジタルアーカイブは今後益々増加していくだろう。そして、コンテンツの検索と閲覧が容易にできるユーザーインタフェースが一層求められるようになるだろう。本稿では遺跡デジタルアーカイブを対象に、遺跡の3次元CGモデルを参照情報として使用することで大量の写真の中から適切なものを選択し、閲覧することが可能な“3次元シーンによる写真閲覧”手法とアーカイブ中の写真を選択することで、3次元モデルを表示するときの視点指定できる“写真による3次元シーン指定”手法について提案した。これらの手法を実現するために、視点ベースの検索手法についても提案した。さらに、Webブラウザベースの試作システムについても述べた。

このように写真と3次元CGモデルという異なるメディアを相補的に使うことで、デジタルアーカイブの使い勝手を高めることができると考える。今後は、試作システムの改良だけでなく、他のメディアを使うことも含め、より洗練されたユーザーインタフェースの開発を目指したい。

謝辞

資料の提供にご協力頂いたりキア地方ビザンティン遺跡調査団のみなさまに深謝の意を表する。

参考文献

- [1] 東京国立博物館: <http://www.tnm.go.jp/jp/>
- [2] Wonder 沖縄: <http://www.wonder-okinawa.jp/>
- [3] デジタルアーカイブ推進協議会: デジタルアーカイブ白書 2004, 2004.
- [4] Proc. of the 4th International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling, IEEE Computer Society, 2003.
- [5] Proc. of the CIPA WG 6 International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording, CIPA, 2002.
- [6] Proc. of the ISPRS Workshop on Vision Techniques for Digital Architectural and Archaeological Archives (ISPRS XXXIV-5/W12), ISPRS, 2003.
- [7] Kadobayashi, R.: 3D digitizing and modeling of Japanese Stone Burial Chamber Using Two Types of 3D Laser Scanners, Proc. of the First International Conference on Information Technology and Applications (ICITA 2002), CD-ROM, 2002.
- [8] 門林 理恵子: レーザースキャナと RTK-GPS を用いた遺跡の3次元計測, 情報処理学会研究会報告 (人文科学とコンピュータ研究会 CH 58-10), Vol. 2003, No. 59, pp. 73-80, 2003.
- [9] リキア地方ビザンティン遺跡調査団: <http://www.jttk.zaq.ne.jp/sfuku239/lycia/>
- [10] Kadobayashi, R.: Creating 3D Digital Archive of Byzantine Ruins in Turkey, Proc. of the Electronic Imaging and the Visual Arts (EVA 2004 Florence), pp. 238-243, 2004.
- [11] Kadobayashi, R. and Furukawa, R.: Combined Use of 2D Images and 3D Models for Retrieving and Browsing Digital Archive Contents, Proc. of the IS&T/SPIE 17th Annual Symposium on Electronic Imaging Science and Technology (to appear).
- [12] S. Tsuji ed.: The Survey of Early Byzantine Sites in öldeniz Area (Lycia, Turkey), Osaka University, Vol. 35, 1995.
- [13] Cortona VRML client: <http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/>
- [14] Flickner, M. et al: Query by Image and Video Content: The QBIC System, IEEE Computer, Vol. 28, No. 9, pp. 23-32, 1995.
- [15] Smith, J. R. and Chang, S.-F.: VisualSEEk: a fully automated content-based image query system, Proc. of ACM International Conference on Multimedia, pp. 87-93, 1996.
- [16] Assfalg, J. and Para, P: Querying by Photographs: A VR Metaphor for Image Retrieval, IEEE MultiMedia, Vol. 7, No. 1, pp. 52-59, 2000.
- [17] Ruby: <http://www.ruby-lang.org/ja/>
- [18] <http://www.riegle.com/>
- [19] Faucher, O. D: Three-Dimensional Computer Vision: A Geometrical Viewpoint, MIT Press, 1993.
- [20] <http://www.xv13d.com/ja/index.htm>
- [21] Pfister, H. et al: Surfels: Surface Elements as Rendering Primitives, SIGGRAPH 2000 Proceedings, pp. 335-342, 2000.
- [22] Rusinkiewicz, S. and Levoy, M.: QSplat: A Multiresolution Point Rendering System for Large Meshes, SIGGRAPH 2000 Proceedings, pp. 343-352, 2000.
- [23] Rusinkiewicz, S. and Levoy, M.: Streaming QSplat: A Viewer for Networked Visualization of Large, Dense Models, Proc. of Symposium for Interactive 3D Graphics, 2001.