

# パノラマ画像による仮想 3 D 空間基盤の構築

池田 隼<sup>†</sup> 國島 丈生<sup>††</sup> 横田 一正<sup>††</sup>

<sup>††</sup> 岡山県立大学 情報工学部 情報通信工学科 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

<sup>†</sup> 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

E-mail: †{ikedakunishi,yokota}@c.oka-pu.ac.jp

あらまし 近年デジタルカメラの性能向上と編集ソフトの充実により、パノラマ画像は一般に普及している。携帯電話のカメラ機能により撮影した動画からパノラマ画像を作成することも可能である。我々はこのようなパノラマ画像を組み合わせウォークスルー可能な仮想 3 D 空間を構築するシステム PasQ を研究開発している。本稿では、PasQ と投稿型 DB により、仮想 3 D 空間基盤を構築するシステムを提案する。PasQ ではパノラマ画像に位置情報と方位情報を与えることにより、手動でのオーサリングが不要な 3 D 空間を漸次的に自動構築することができる。複数の画像は提示時に動的に関連付けを行うので、仮想空間の大きさは効率に悪影響を与えない。カメラや携帯デバイスで撮影した画像を Web 経由で投稿、格納することにより、仮想空間を漸次的に成長させることが可能になる。位置・方位情報については、画像解析等による補正を行うことで空間の精度を保つ必要がある。Google Maps 等の地図システムと連動することにより、博物館紹介、地域観光、都市の記録等様々な応用に用いることが可能となる。

キーワード Web とインターネット, マルチメディア DB, 問合せ処理, 時空間 DB, ユーザインタフェース

## Constructing Virtual Spaces Based on Panorama Images

Shun IKEDA<sup>†</sup>, Takeo KUNISHIMA<sup>††</sup>, and Kazumasa YOKOTA<sup>††</sup>

<sup>††</sup> Okayama Prefectural University, Faculty of Computer Science and System Engineering 111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

<sup>†</sup> Okayama Prefectural University, Graduate School of Systems Engineering 111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

E-mail: †{ikedakunishi,yokota}@c.oka-pu.ac.jp

**Abstract** In late years, by the performance enhancement of the digital cameras and substantiality of the editing software, the panorama images have been widely used. Panorama images are also produced from the movie photographed by the camera function of the mobile telephone. We research and develop a system, PasQ, which we put such panorama images together, and build the virtual 3D space where we can walk through. In this paper, we propose a system building virtual 3D space based on PasQ and submission-type DB. We can build 3D space in PasQ automatically progressively by giving each panorama image position information and direction information, where the authoring by the manual operation is unnecessary. Because panorama images are dynamically connected at the time of the presentation, the size of the virtual space does not give efficiency bad influence. By submitting images which are photographed with a camera and a mobile device via Web, a virtual space is progressively brought up. About a position / the direction information, it is necessary to keep precision of the space by performing revision by the image analysis. We can use the system for digital museums, regional sightseeing, the record of the city, and other various applications by linking map systems such as Google Maps.

**Key words** Web and Internet, Multimedia DB, Query Processing, Spacio Temporal DB, User Interface

### 1. はじめに

デジタルカメラの性能向上と普及に伴い、個人でも手軽に高解像度の写真撮影が行える。デジタルカメラより普及率の高い、携帯電話のカメラ機能についても性能向上が著しく、よ

り手軽に撮影できる。更に、デジタルカメラには画像編集ソフトウェアが付属していることが一般的であり、360 度円筒パノラマ画像の作成は容易に行えると言える。又、360 度レンズを用いることでも簡単に撮影することが可能である。

しかし、撮影した画像については、個人の Web ページにて

公開したり、yahoo 等のフォトアルバムに登録することで閲覧できるようにする事が多く、画像自体が持つ写実性や資料性を十分に活用できていないことがあると考える。

現在、Google により研究開発されている Google Maps [1] の API が公開されている。Google Maps API を用いることで、地図画像さえあれば屋内を表示することが可能であり、屋内外を問わず 2 D 空間が表現できる。

我々の研究室では、単体のパノラマ画像を小規模の空間として捉え、それらを複数組み合わせることで仮想空間を構築するシステム PasQ(Panorama sQuare)(パスキュー) [2] の研究、開発を行っている。本稿において仮想空間とは、実空間をパノラマ画像を用いて Web 上に再現した空間とする。

本稿では PasQ における仮想空間の概念を拡大し、情報社会における仮想 3 D 空間基盤として構築することを提案する。又、仮想 3 D 空間基盤として共有、利用するため、パノラマ投稿型データベースによる空間構築を提案する。我々は仮想 3 D 空間を「インターネットにおける 3 D 空間による情報基盤」として捉え、パノラマ画像を用いた 3 D 空間である PasQ 空間と 2 D 地図である Google Maps とを統合した空間を仮想 3 D 空間と定義する。

仮想 3 D 空間の特徴は以下の 4 点にある。

- 特徴-1 仮想 3 D 空間内での自由なウォークスルーが可能。
  - 特徴-2 空間の広がり方が空間構築のコストに対して影響がない。
  - 特徴-3 位置情報と方位情報を付加したパノラマ画像のみを用いた仮想空間構築。
  - 特徴-4 地図上にマルチメディアコンテンツを配置することでユーザに提示。
- これらの特徴を持った仮想 3 D 空間を構築するシステムの提案を行う。

本稿において 2 章では関連研究を述べる。そして、3 章で仮想 3 D 空間について説明する。4 章では仮想 3 D 空間構築システムの実現について説明し、5 章で投稿型データベースによるコンテンツ収集について述べる。最後に 6 章で結論と今後の課題を示す。

## 2. 関連研究

### 2.1 パノラマ仮想空間 PasQ

PasQ とはズームングによって複数のパノラマ画像の自動的な切替えを行うことで、自然なウォークスルーを実現できる仮想空間を構築するシステムである。以下、仮想空間構築手法とパノラマ画像自動切替、システム概要について述べる。

#### 仮想空間構築手法

PasQ では個々の画像に撮影時の位置情報と方位情報を付加することで地図上に配置し、配置の状況から関係を生成している。本稿における関係とは個々のパノラマ画像間の距離と周囲の画像が存在する方向を表す。図 1 に地図上にパノラマ画像を配置する例を示す。図においてパノラマ画像と地図とを結び直線がパノラマ画像に付加する位置情報による両者の関連を表している。また、個々のパノラマ画像は独立しており、明示的に関係情報を付加する必要がないことを示している。配置されたパノ

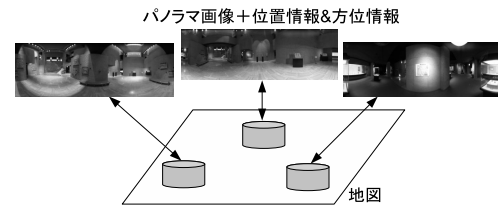


図 1 パノラマ画像と地図の関係

ラマ画像について、個々の画像間の距離と方向を基に自動切替に必要な演算を行い、結果を基に画像の切替えを行うことで仮想空間全体をウォークスルーしていると感じることができる。

既存のパノラマ画像を用いた仮想空間手法としては、個々のパノラマ画像に対してハイパーリンクを持たせることで関連付けを行う手法 [3] や、地図上に撮影地点をマッピングし、各点においてパノラマ画像へのハイパーリンクを設定する手法 [4] 等が存在する。前者の手法の問題点としては、個々のパノラマ画像に対して明示的にハイパーリンクの設定を行う必要があるため、空間が広がるほどに構築のコストが増大する点があげられる。また、一度構築した仮想空間に対しパノラマ画像を追加、削除したい場合、そのパノラマ画像が関係するすべてのハイパーリンクについて変更を行う必要があることも問題点のひとつである。後者の手法では地図上で見たい画像を選択するため、個々のパノラマ画像内でのウォークスルーは可能であるが、画像内でのズームング等の操作によってパノラマ画像が切り替わらないために仮想空間全体をウォークスルーしている感覚に乏しいことが問題である。PasQ ではパノラマ画像に位置情報と方位情報を与え、動的に関係生成を行っている。そのため、パノラマ画像の追加と削除について、他の手法に対して優位性があるといえる。

仮想空間構築のためにパノラマ画像を用い、地図上に配置するという手法を用いる利点として、以下の事柄が挙げられる。

- 空間構築のコストを抑えられる
- 空間の追加、削除を単純化できる
- 空間構築に専門的な知識を必要としない

これらの利点から、PasQ では位置情報と方位情報による仮想空間構築を行う。

#### パノラマ画像自動切替

静止画はズームイン、ズームアウトによって遠近を表現できる。したがってパノラマ全周囲画像では、全方向に対して遠近の表現ができることから、小規模の空間と考えることができる。本稿ではパノラマ画像を図 2 のように撮影点を中心とした円筒の範囲を表現する空間として扱い、空間内のウォークスルーを表現していく。PasQ におけるパノラマ画像のパラメータは、視野角、パン角、チルト角である。視野角はズームングと対応した値であり、空間の中心からの視点を水平方向に変化させることをパン、垂直方向に変化させることをチルトと呼ぶ。

パノラマ画像の切替えについて、図 3 のように平面上にパノラマ画像 A、B を配置されているとする。仮想空間内で、現在 A に位置しており B の方向を向いているとする。このまま B 方向に前進した場合、領域 A ∩ 領域 B を通り、領域 B へ移動

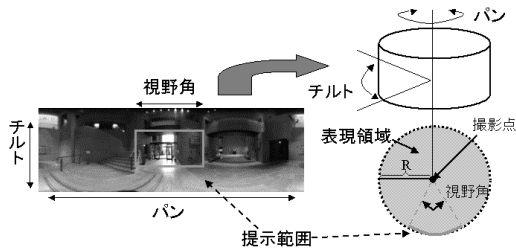


図2 パノラマ画像が表示する円筒空間

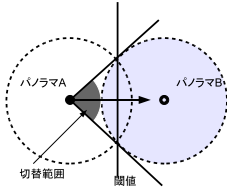


図3 パノラマ画像自動切替

できればよい。領域の変化に伴い、表示するパノラマ画像も A から B へ切り替えれば大きな空間でのウォークスルーが表現できる。パノラマ画像の切替え判定について、画像のパン角と視野角を用いることにする。これは前進を視野角を狭めることで表現しているためであり、切替え判定には AB 間の距離で決まる閾値との比較で行うこととする。また画像のパン角については、AB 間の距離によって決まる切替範囲との比較で行うこととする。パノラマ画像を切り替える際、視野角やパン角を考慮し切替え先のパノラマ画像の視野角とパン角を決定する。

#### システム概要

次に PasQ の全体像について述べる。図 4 に PasQ の構成を示す。PasQ はパノラマ画像と地図、情報を提示する表示部と各種

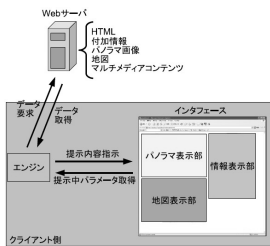


図4 PasQ の全体図

演算処理を行うエンジン、データの格納と提供を行う Web サーバによって構成されている。表示部は HTML と Java Applet で構成されており、パノラマ画像と地図の表示には Java Applet を用いている。パノラマ画像の表示部では、現在表示しているパノラマ画像のパラメータをエンジンに提供し、これらの値を用いてパノラマ画像の切替判定を行う。エンジンは JavaScript で実装されており、入力データから仮想空間の構築のための演算や Web サーバと表示部とのデータのやりとり、パノラマ画像の切替判定などを行う。Web サーバにはパノラマ画像やマルチメディアコンテンツのデータが格納されており、エンジンからの要求によりデータの提供を行う。

## 2.2 Google Maps

Google Maps は Google によって開発されているダイナミック且つインタラクティブな地図ソフトウェアである。Ajax を取り入れた事により、ダウンロードを待つことなくマウスドラッグや矢印キーを用いて広範囲に移動することが可能である。また、Google Maps を用いて地域情報の検索をすることも可能である。通常用いる Google Maps に加え、地図表示のためのタイルを任意の画像に変更することで、屋内外問わず表現することが可能である。

## 3. 仮想 3 D 空間の概要

パノラマ画像と Google Maps を用いた仮想 3 D 空間について、仮想 3 D 空間に対する要件とシステムに求められる機能、仮想 3 D 空間モデルについて説明する。

### 3.1 要件

我々はこれまで、パノラマ画像の写実性と作成の簡易化に注目し、画像の有効利用の一例としてパノラマ仮想空間 PasQ の研究開発を行ってきた。しかし、PasQ はあくまで、一個人による仮想空間の Web 公開を目的としたシステムであり、不特定多数による空間拡張という概念を持ちえていなかった。そこで、我々は PasQ と投稿型 DB による仮想 3 D 空間基盤を構築するシステムを提案する。仮想 3 D 空間において、Google Maps と連動し地理ベースの情報発信についても考慮する。又、投稿型 DB を用いることで不特定多数による仮想空間拡張や充実化が可能となる。

仮想 3 D 空間の要件として以下のものが挙げられる。

- (1) 地図とパノラマ画像の連動
- (2) 仮想 3 D 空間の拡張性
- (3) 仮想 3 D 空間における実空間の再現
- (4) 仮想 3 D 空間内での多種情報提示

以上の要件を満たすためのアプローチを述べる。

#### 地図とパノラマ画像の連動によるウォークスルー

まず、パノラマ画像には位置情報が付加されている。提案システムにおいても、前章で紹介した PasQ と同様に配置状況を用いて関係生成を行い、パノラマ画像の自動切替を行う。このとき、切替え後のパノラマ画像位置を中心とするよう Google Maps を移動させる。反対に、地図操作においても Google Maps の移動に連動し、中心の近傍に存在するパノラマ画像を自動的に表示する。地図操作とパノラマ 3 D 空間での操作がシームレスに連動することによって、全体で仮想 3 D 空間としてウォークスルーできる機能が求められる。

#### パノラマ画像とマルチメディアコンテンツの投稿

仮想 3 D 空間は、特定の個人に依存しない空間である。よって、空間の構成部品であるパノラマ画像は、誰もが簡単に投稿できなければならない。よって誰でも簡単に空間拡張、つまりパノラマ画像投稿ができる必要がある。又、後述のマルチメディアコンテンツによる仮想 3 D 空間の充実化も考慮し、マルチメディアコンテンツの投稿も同様に行える必要がある。

#### 位置情報の修正

仮想 3 D 空間は位置情報と方位情報を付加したパノラマ画像

によって構成されている．よってこれらの情報が誤っていた場合、実空間と仮想 3 D 空間との差異が現れてしまう．しかし、要件 (2) にて、誰もが簡単に投稿できることが求められている．そのため、GUI のような分かりやすいユーザインタフェースや補助ツール等を用いた、簡単且つ効果的な修正方法が求められる．

#### マルチメディアコンテンツ提示

仮想 3 D 空間は、実空間をリアリティのある簡易的な空間として Web 上に再現することを目的の一つとしている．これを用いて、観光案内やデジタルミュージアム、都市の景観保存等、様々な用途で使われることを考えている．そのため、仮想 3 D 空間内でのマルチメディアコンテンツの提示は重要な機能のひとつである．仮想空間の様々な用途を考えた場合、マルチメディアコンテンツを提示できることは重要な機能のひとつである．例としては、観光地を再現した場合の名所紹介やデジタルミュージアムを再現した場合の展示品解説、都市景観保存の場合の時代背景等、多目的な提示方法が考えられる．

### 3.2 仮想 3 D 空間モデル

本稿にて提案する情報基盤としての、仮想 3 D 空間モデルについて説明する．仮想 3 D 空間とは図 5 に示すように、地図レイヤ、パノラマレイヤ、マルチメディアコンテンツレイヤによって構成されている．地図レイヤとは、広域を Google Maps で、建物やアミューズメント施設等を見取り図や案内図、その他古地図や道路地図、鉄道地図など全ての地図により表現した地理ベースの空間である．パノラマレイヤとは、位置情報と方位情報を持ったパノラマ画像の集合である．パノラマレイヤは更に、時間軸について複数のレイヤを持ち、ユーザの指定により時間軸の移動を可能とする．マルチメディアコンテンツレイヤとは、位置情報と有効範囲を持ったマルチメディアコンテンツの集合である．これらを統合し、パノラマレイヤと、マルチメディアコンテンツレイヤの一部を PasQ の仮想空間内で提示、地図レイヤと、マルチメディアコンテンツレイヤの一部を、後述のユーザインタフェースの地図表示部にて提示する．

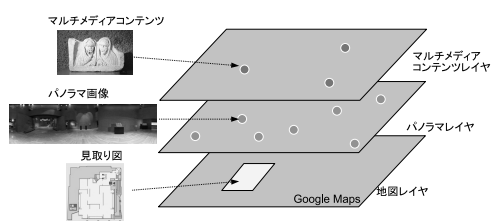


図 5 仮想 3 D 空間の概念図

仮想 3 D 空間はパノラマ画像の追加やマルチメディアコンテンツの追加により、簡単に空間の広域化と充実化が行える．この時、PasQ 空間の構築手法から、複数のパノラマ画像は動的に関連付けを行うので、仮想空間の大きさは構築の効率に悪影響を与えない．よってパノラマ投稿型 DB による空間拡張によって、仮想 3 D 空間はより充実していくと考えられる．

## 4. 仮想 3 D 空間構築システムの実現

### 4.1 地図と 3 D の連動によるウォークスルー機能

パノラマ画像による PasQ 空間と地図操作との連動を行うこ

とが求められる．システムが扱うパノラマ画像には、固有のパノラマ ID、位置情報、方位情報が付加されている．又、パノラマ画像を表示する際、パノラマ ID を用いて画像を指定している．パノラマ ID から位置情報を取得できることから、これを用いて位置情報を Google Maps API に渡すことで、その位置を中心とした地図を表示できる．パノラマ画像を切替える毎に位置情報を渡すことで、PasQ 空間と地図の連動が可能となる．

又、Google Maps での地図操作から、表示範囲を検索条件としてパノラマ画像の検索を行う．表示範囲の中心座標の近傍に存在するパノラマ画像を提示することを考える．このとき、パノラマ画像の情報は JavaScript で扱う際、DOM ツリーとして保持する．このため、表示範囲によっては検索結果が非常に多くなることが考えられる．よって、パノラマ画像の検索としては、中心座標近傍を優先し更に検索結果を DOM ツリーに格納する限度数を設定する必要がある．

### 4.2 パノラマ画像とマルチメディアコンテンツの投稿機能

大量のパノラマ画像を一個人が撮影、作成することは時間的、地理的制約により困難である．よって、本システムではパノラマ投稿型 DB を用いることで、個人だけでは困難である、仮想空間の大規模化、精細化を行う．この方法を用いる最大の理由は、PasQ 空間の拡張性の高さにあるといえる．2 章で述べたように、PasQ 空間はパノラマ画像により構成されており、位置情報と方位情報を用いた動的な関係生成を行っている．このため、パノラマ画像の増加が構築コストに大きく影響することはない．つまり、多くの投稿者によってパノラマ画像が投稿されるにつれて、自動的に仮想空間の大規模化、精細化が行われていることになる．この機能を実現する投稿型 DB については 5 章で述べる．

パノラマ投稿型 DB を用い、誰でも簡単に登録できる枠組みを提供することで、地域に密着した社会情報基盤としての仮想 3 D 空間の構築が可能である．地域住民が主体となって、空間の精細化、広域化を行うことにより、閲覧者は単なる観光案内や地図を一瞥することに比べ、撮影場所の季節感や雰囲気といった、はるかに多くの情報を読み取る事が可能となる．

### 4.3 位置情報の修正機能

投稿フォームにおいて、パノラマ画像の撮影位置を位置情報として登録するのだが、全てのユーザが GPS 等の位置情報取得ツールを所持しているとは考え難い．又、GPS の内、ディファレンシャル GPS による高精度の位置情報取得であれば、位置情報補正はあまり重要ではないが、携帯電話等の GPS 精度であれば位置情報補正は必要であるといえる．つまり、パノラマ画像の投稿者にとって、位置情報を正確に知ることは困難であり、又、位置情報補正はできるだけ簡単に行えるのが望ましい．

パノラマ画像投稿時、投稿者によって記述された位置情報は正確ではないことが考えられるので、位置情報の補正を行う．図 6 に位置情報補正の概要を示す．まず、パノラマ画像中のランドマークを三箇所指定し、地図上にて対応する三点 (点 A、点 B、点 C) を指定する．パノラマ画像の特徴として、画像の長辺は 360 度と対応している．つまり、パノラマ画像中のランドマーク三点を指定することで、撮影位置とランドマークの角

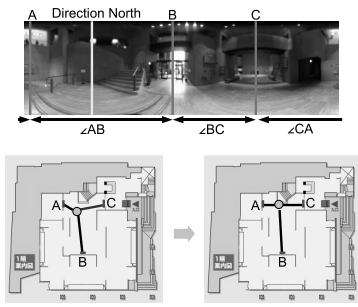


図 6 位置情報修正

度が求められる．この角度が三点と撮影点との正確な値であるので，パノラマ画像の位置情報と指定したランドマークの位置によって求められる角度と比較し，位置情報を補正することが可能である．

別のアプローチとして，SONY 製の GPS-CS1K [5] 等のツールを用いた位置情報補正が考えられる．GPS-CS1K は，常に位置情報を取得し続けるツールであり，パノラマ画像の撮影時間と対応付けることで位置情報が取得できる．位置情報を連続で取得し続ける事により，位置情報の正確さについても一定の品質が見込めると考えられる．ランドマークを用いた修正と組み合わせることで，より効果が得られる．

#### 4.4 マルチメディアコンテンツ提示機能

仮想 3 D 空間構築システムにおいて，ユーザインタフェースにて提示するマルチメディアコンテンツを以下に挙げる．

**静止画** パノラマ画像上に表示されているコンテンツの詳細画像を提示するとともに，それに関する詳細な情報を同時に提示する．又，本来はパノラマ画像上に存在しないコンテンツを，位置情報に基づいてパノラマ画像上に貼り付けた形で提示することもでき，閲覧者との距離関係により表示されるサイズを変化させることで，仮想空間の奥行きを再現することができる．  
**テキスト** テキストに位置情報を与えてコンテンツとすることで，ウォークスルー時に周辺状況や配置コンテンツなどについての情報を提示することができる．

**音声** ある音楽を特定の範囲において BGM として利用したり，展示物に隣接して配置することで音声による展示物の紹介をすることもできる．

その他の形式 動画や Flash，他サイトへのリンクもコンテンツとして扱う．ただし，仮想 3 D 空間上で提示するのではなく，リンクをクリックすることでそれに応じた動作をさせる．動画による風景の紹介や，Flash を用いた展示物の演出機等の利用を考えている．

マルチメディアコンテンツの提示については，図 7 に示すようにコンテンツ毎に位置情報を持たせ，有効範囲と発火イベントの設定を行うことで対応する．発火イベントには，コンテンツ一覧表示への追加や地図上でのコンテンツ位置の強調表示，コンテンツの精細画提示などが考えられる．図 7 では，パノラマ A では静止画 D とテキスト E の有効範囲内であることが見て取れる．この時静止画 D には，コンテンツ表示部にてサムネイルと簡易説明を提示する，というイベントを設定していた場

合，このイベント条件を満たしているのでパノラマ A 閲覧時には静止画 D のサムネイルと簡易説明が提示される．同様にテキスト E には，空間情報表示部にてテキストの内容を表示する，というイベントを設定していた場合，パノラマ C では有効範囲外であるのでイベントは発火しない．

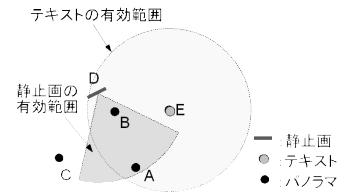


図 7 コンテンツ有効範囲例

又，コンテンツ提示について，閲覧者とコンテンツの位置関係から優先順位を決定する．この優先順位が上位であれば，コンテンツ一覧表示の際，強調して提示する．優先順位の決め方については

- (1) 閲覧者の視野角内に存在
- (2) 閲覧者位置に近い

を考慮して決定する．図 8 に優先順位の例を示す．先ず，閲覧

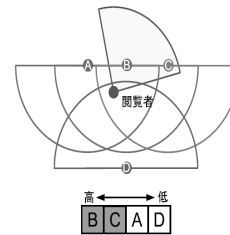


図 8 コンテンツの優先順位

者から見えているコンテンツ B, C が上位となり，閲覧者との距離が近い B がより優先される．閲覧者からは見ることができない A, D については閲覧者との距離により A が上位となる．その結果，優先順位は B, C, A, D となる．又，閲覧者の視野角の範囲内に存在するコンテンツ B, C については，提示可能なコンテンツ一覧上で背景の色を変えて強調して表示されるようにする．この手法を用いることで，複数のコンテンツが近接して存在する場合でも，位置関係を視覚的に捉えることができる．

図 9 にマルチメディアコンテンツの提示例を示す．図 9 では，

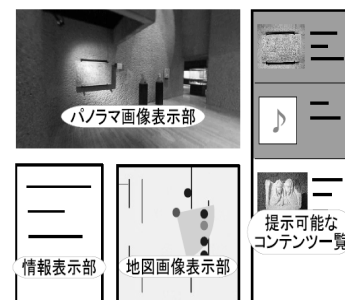


図 9 コンテンツの提示例

視野角内に存在するコンテンツである壁画と音声が強調表示されている。又、配置されているが視野角内に存在しない彫刻は、優先順位が低く設定されている。

#### 4.5 経路案内機能

仮想空間を提示するシステムとして、空間内の経路案内機能が必要であると考えられる。これはデジタルミュージアムや観光案内において有効であると考えられる。ユーザインタフェースにおいて、移動経路を指定することで、経路案内を実現する。

パノラマ画像が配置された地図において、移動したい経路を指定する。移動経路の情報はエンジンに渡され、現在の仮想空間において実現可能な経路として再構築する。

実際にパノラマ画像表示部において表示するためには、移動経路付近に存在するパノラマ画像を用いるかを決定する必要がある。まず、移動経路の初期点との距離が最短のパノラマ画像を初期パノラマ画像として用いる。パノラマ画像が決定した後、移動経路上でパノラマ画像の有効半径内に存在する点について、現在のパノラマ画像から移動可能なパノラマ画像との距離を計算する。全ての点について計算した後、最短距離であったパノラマ画像を移動先のパノラマ画像とする。図 10 に例を示す。図では初期パノラマ画像 A の有効範囲内で、移動経路上であるようなポイントをいくつか設定している。各ポイントについて周囲のパノラマ画像との距離を計算し、最短であったパノラマ画像 B を次のパノラマ画像として選択している。

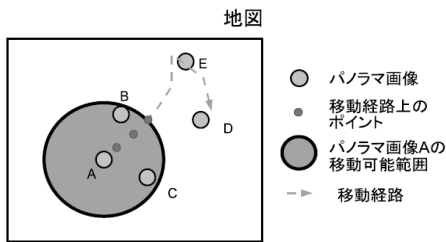


図 10 パノラマ画像の選択

全ての点での距離がある閾値よりも長い場合は、該当パノラマ画像が無い状態であるので、再度移動経路の指定を行う。この操作を順に行い、移動経路の終点との距離が最短のパノラマ画像までの経路を決定する。単体のパノラマ画像内では直線的な動きしか表現できないため、選択したパノラマ画像を直線で結んだものが再構築した移動経路となる。

図 11 に指定した移動経路と、再構築した移動経路の例を示す。

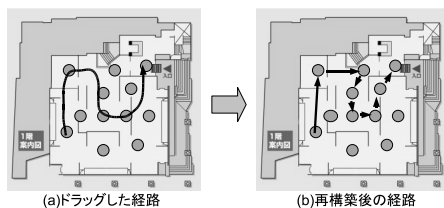


図 11 指定する移動経路と再構築後の移動経路

#### 4.6 システムの全体像

本稿で提案する仮想 3D 空間構築システムについて、空間構築に必要な情報について述べる。

PasQ における仮想空間構築に用いる情報は表 1 に示す 3 つの情報であり、このうちパノラマ情報と地図情報は必須項目である。提案システムでも PasQ と同様の情報が必要である。パノラマ画像の収集にはパノラマ投稿型 DB を用いて行う。又、パノラマ情報の詳細については、5.2 節にて説明する。地図情報については、屋外では主に Google Maps を用いる事とする。建物内部やアミューズメント施設など、通常の Google Maps で表現しきれない部分については、別途地図画像を用意する必要がある。見取り図や案内図などは地図 DB に格納し、空間提示の際必要に応じて読み込みを行う。マルチメディアコンテンツについてはコンテンツ投稿型 DB に格納し、空間オーサリングツールにて登録、配置、編集を行うものとする。空間オーサリングツールとは、使用するパノラマ画像の選択や、マルチメディアコンテンツの DB への登録、位置情報による配置、内容編集を行うツールであり、現在研究開発を行っている。

表 1 空間構築に用いる情報

	説明
パノラマ情報	仮想空間を構築するためのパノラマ画像と地図へ配置するための情報
地図情報	パノラマ画像やマルチメディアコンテンツを配置するための地図の情報
コンテンツ情報	仮想空間内で利用するためのマルチメディアコンテンツとその配置の情報

次に、仮想 3D 空間構築システムの構成を図 12 に示す。本

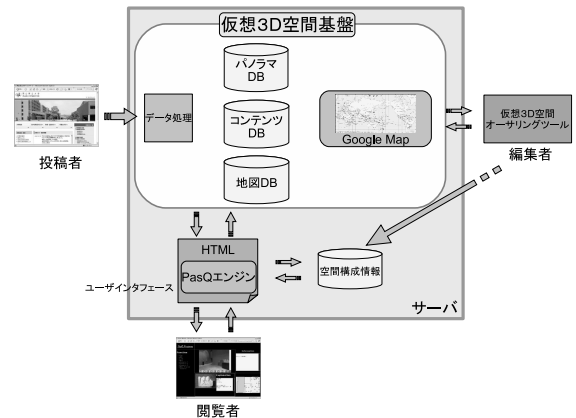


図 12 システム構成

システムは図に示すように、必要な情報を配置する Web サーバとこれらの情報を取得し仮想空間として提示するクライアントで構成されている。クライアント側では、インタフェース部分は HTML で記述しており、パノラマ表示部は Java Applet で、地図表示部は Google Maps を用いて表示を行なう。情報の解析処理や提示パノラマの切替指示、各種 DB へのアクセスを行うエンジン部分は JavaScript によって実装しており、Web ブラウザ上で仮想空間の閲覧を行なうことができる。

仮想空間構築の際、システム内部ではパノラマ画像とそのメタデータは DOM ツリーとして保持する。パノラマ画像の切替に伴い、切替え後のパノラマ画像について、近傍に存在するパノラマ画像とそのメタデータを DOM ツリーに保持する。パノラマ画像の近傍とは、切替える可能性のあるパノラマ画像であり、Google Maps に表示されている範囲とする。パノラマ画像数の限界値についてはユーザにより変更可能とする。図 13 にパノラマ画像を格納する条件を示す。図 13(a) では全てのパノ

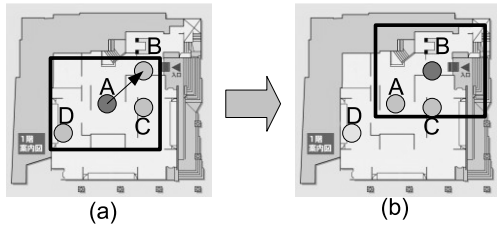


図 13 DOM ツリーに格納するパノラマ画像群

ラマ画像が DOM ツリーに格納されている。仮想空間の移動に伴い (b) に示すようにパノラマ B が表示されたとき、近傍から外れたパノラマ画像 D については DOM ツリーから削除することで、メモリのオーバーフローを防ぐことが可能となる。

本システムの利用者は仮想空間の作成者と閲覧者の二種類に分けられる。作成者はさらに二種類に分類でき、パノラマ画像や配置マルチメディアコンテンツの登録を行う投稿者と、実現したい仮想空間構築に必要なパノラマ画像やマルチメディアコンテンツを編集し、実際に仮想 3 D 空間を製作する編集者である。仮想 3 D 空間の閲覧としては、投稿されたパノラマ画像とマルチメディアコンテンツ全てから作られた空間を閲覧する場合と、ある編集者によって用いるパノラマ画像やマルチメディアコンテンツを指定することで作成した空間を閲覧する場合が存在する。編集者がパノラマ画像の選択やマルチメディアコンテンツの詳細設定を行うことで仮想空間をカスタマイズし、空間構成情報を保存しておくことで独自の空間を公開することも可能である。

図 14 に PasQ のユーザインタフェースを示す。ユーザインタフェースはパノラマ画像表示部と地図表示部、コンテンツ情報表示部、空間情報表示部により構成されている。



図 14 ユーザインタフェース

パノラマ画像表示部では、パノラマ画像のビューアとして、Java Applet で作成された PTViewer [6] をカスタマイズして用いている。ここではマウス及びキーボード操作によってパノラマ

画像を閲覧することができる。

地図表示部では、インラインフレームを用いて Google Maps を表示している。Google Maps API ではパノラマ画像の位置情報を GMarker メソッドを用い、マーカーで表示する。

コンテンツ情報表示部では、仮想 3 D 空間内で配置されたマルチメディアコンテンツについて詳細を表示する。配置したコンテンツの詳細画像や説明等の情報を表示する。

空間情報表示部では、パノラマ画像投稿時に付加したテキストや、仮想 3 D 空間に配置したマルチメディアコンテンツのテキストを表示する。

## 5. 投稿型データベース

仮想 3 D 空間構築システムで用いるパノラマ投稿型 DB とコンテンツ投稿 DB について、以下で投稿の流れとデータベースのスキーマ、各種検索について述べる。

### 5.1 投稿の流れ

パノラマ画像とマルチメディアコンテンツについては、Web 上の投稿フォームから後述の必要項目を入力することで投稿型 DB に格納される。このとき、パノラマ画像の位置情報と方位情報について、4.3 節で述べた機能を用いて修正を行う。マルチメディアコンテンツの位置情報と有効範囲については、必須項目ではないため修正を行わない。

### 5.2 パノラマ画像とマルチメディアコンテンツのメタデータ

パノラマ画像とマルチメディアコンテンツには Dublin Core [7][8] (メタデータの国際標準セット) に準拠したメタデータを付加する。Dublin Core のメタデータについて表 2 に示す。ただし、Dublin Core の基本要素である資源識別子 (Identifier) には、投稿時にユニークな値を設定するものとする。

表 2 Dublin Core のメタデータ

要素名	ラベル	説明
タイトル	Title	名前
作者	Creator	内容に関して責任を持つ人や組織
主題	Subject	内容トピック
内容記述	Description	内容説明
公開者	Publisher	情報資源に対して責任を持つ組織
寄与者	Contributor	情報資源に対して寄与した人物、組織
日付	Date	作成日時
形式	Format	データ形式
資源識別子	Identifier	識別するための番号 (PK)
情報源	Source	情報資源への参照
言語	Language	内容を表している言語
関係	Relation	他の関連情報への参照
権利管理	Right	情報資源に関わる権利に関する情報

パノラマ画像の投稿フォームでは、表 2 に示す項目に加えて、表 3 に示す独自のメタデータについて記述する。表 2, 3 において、必須項目であるのが作者、公開者、情報源、権利管理、位置情報、方位情報である。配置地図とは、緯度、経度によって指定が困難である建物内などで、パノラマ画像を配置する場合用いる地図画像への参照を設定する。このとき、位置情報には地図画像における座標である、X 座標、Y 座標をピクセ

ル単位で設定する。タイトル、日付、形式については、情報源により参照しているリソースのファイル名、撮影タイムスタンプ、データフォーマットを設定する。その他の項目についてはデフォルト値として NULL 文字を設定する。

表3 パノラマ画像のメタデータ

位置情報	Coordinate	緯度・経度に関する情報
方位情報	Direction North	パノラマ画像内の北方向を示す情報
配置地図	BaseMap	パノラマ画像を配置した地図への参照

マルチメディアコンテンツの投稿フォームでは、表2に示す項目に加えて、表4に示す独自のメタデータについて記述する。表2において、必須項目であるのが作者、公開者、情報源、権利管理である。配置地図とは、緯度・経度によって指定が困難である建物内などで、コンテンツを配置する場合用いる地図画像への参照を設定する。博物館の収蔵品のように、配置する地図画像が決定している場合、配置地図を指定しておくことで検索が容易となる。このとき、位置情報には地図画像における座標である、X座標、Y座標をピクセル単位で設定する。タイトル、日付、形式については、情報源により参照しているリソースのファイル名、作成日時、データフォーマットを設定する。その他の項目についてはデフォルト値として NULL 文字を設定する。位置情報や有効範囲情報はあくまでデフォルト値であり、

表4 マルチメディアコンテンツのメタデータ

位置情報	Coordinate	緯度・経度に関する情報
有効範囲情報	Effective Range	コンテンツの有効範囲情報
配置地図	BaseMap	パノラマ画像を配置した地図への参照

空間編集者により任意の値を設定することが可能である。このとき、DBの内容を変更するのではなく、空間構成情報として保存しておくことで、編集者の作成した空間を公開することが可能となる。

今回提案する仮想3D空間構築システムでは、各種データの格納にはリレーショナル型データベースを用いている。データセットの項目について大きく変更することが考えがたく、複数のデータベースを連結した問合せが行えるからである。

### 5.3 パノラマ画像検索

編集者が仮想空間を編集する際、又は閲覧者が任意の仮想3D空間を閲覧したい時、パノラマ投稿型DBへの問合せが必要となる。パノラマ画像の問合せでは、位置情報による問合せ、時間情報による問合せ、撮影者名による問合せ、パノラマ画像の解像度による問合せが考えられる。これらの単一もしくは複数の組み合わせによりパノラマ画像を検索し、オーサリングによって編集、あるいは直接閲覧することが可能である。

位置情報による問合せの場合、ユーザが地図上にて範囲指定することでクエリを生成し、それをを用いて検索を行う。今回はGoogle Maps APIを用いているので、地図の四隅の座標をgetBoundsLatLng()メソッドを用いて取得し、クエリを生成する。又、時間情報による問合せの場合、先ず時間軸上にパノラ

マ画像のマッピングを行い、ユーザに示す。ユーザは時間軸の範囲指定を行うことでクエリを生成し、それをを用いて検索を行う。撮影者名による問合せの場合、先ずユーザに対してDB内のパノラマ画像のCreator属性の一覧を示す。ユーザがCreator属性から撮影者名を選択すると、撮影者名をクエリとして検索を行い、ユーザにパノラマ画像の一覧を示す。要求に合致していればパノラマ画像を配置し、仮想空間として編集、閲覧することが可能とする。そうでない場合、再度撮影者名を選択し、同様の動作を繰り返す。パノラマ画像の解像度による問合せの場合、ユーザによる最低限度の解像度を指定することで、その解像度以上のパノラマ画像というクエリを生成し、空間を構築する。

## 6. おわりに

本論文では、情報社会における仮想空間の基盤として、パノラマ仮想空間PasQと投稿型DB、Google Mapsによる仮想3D空間基盤と、それを構築する仮想3D空間構築システムの提案を行った。

投稿型DBを用いることで、仮想3D空間の大規模化、精細化に対応可能であることを示した。パノラマ画像の位置情報と方位情報修正を考慮し、誰もが投稿できる枠組みの中においても、仮想3D空間の品質低下を防ぐことができることを示した。又、Google Mapとの連携によって、様々な情報発信に用いる事が可能な仮想3D空間となることを示した。

今後は仮想3D空間の存在意義についての検証や、投稿型DBによる空間拡張の妥当性について検証することを考えている。そのためにも、空間構築を補助するオーサリングツールの実装を行い、多数のユーザに使用してもらうことが必要である。

## 謝 辞

本研究の一部は(独)科学技術振興機構「シーズ発掘試験」のサポートによるものです。ここに記して謝意を表します。

## 文 献

- [1] Google Maps  
<http://www.google.co.jp/help/maps/tour/>
- [2] 池田隼, 國島丈生, 横田一正  
『パノラマ画像を用いた仮想空間構築』  
日本データベース学会 Letters Vol.5, No.1 pp.97-100  
<http://grape.mis.ous.ac.jp/pictdb/>
- [3] HotMedia  
<http://www.ibm.com/jp/>
- [4] PanoramaStudio  
<http://www.zenkei.net/pro/pro.html>
- [5] GPS-CS1K  
<http://www.sony.jp/products/Consumer/Peripheral/GPS/GPS-CS1K/>
- [6] PTViewer.  
<http://www.fsoft.it/panorama/ptviewer.htm>
- [7] Dublin Core Metadata Initialive  
<http://dublincore.org/>
- [8] 杉本重雄  
『Dublin CoreMetadata Element Set に関して』  
デジタル・ドキュメント 18-2