

パノラマ画像の4次元配置による仮想空間の拡張

田村 晃一[†] 池田 隼^{††} 國島 丈生[†] 横田 一正[†]

[†] 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

^{††} 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: †{ktamura,ikedada,kunishi,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。我々が研究開発を行っている複数のパノラマ画像を組み合わせた仮想空間構築システム PasQ では、個々のパノラマ画像に位置（経度・緯度）と方位情報をもたせ、それらを地図上に配置し、画像間の関係を自動的に生成している。本稿では、高さ情報と時間情報を付け加えることで、パノラマ画像の4次元配置を提案する。PasQ では、複数の画像間でのズームと画像の自動切替えによりウォークスルーが可能であるが、これは4次元配置の場合にも拡張できる。また、意図しない切替えを制限するためにパノラマ画像のグルーピングを行う。グルーピングにより、パノラマ画像のデータ取得範囲を限定でき、スムーズな切替えが可能となる。そして、時間情報によって配置するパノラマ画像を切替えることで、異なる時間帯での仮想空間に移動することが可能である。

キーワード パノラマ画像，ウォークスルー，仮想空間構築

4th Dimensional Extension of Virtual Space Consisting of Panorama Images

Koichi TAMURA[†], Shun IKEDA^{††}, Takeo KUNISHIMA[†], and Kazumasa YOKOTA[†]

[†] Okayama Prefectural University, Faculty of Computer Science and System Engineering 111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

^{††} Okayama Prefectural University, Graduate School of Systems Engineering 111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

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

Abstract In late years, panorama images have become more popular by the performance enhancement of the digital camera and substantiality of the editing software. We research and develop a virtual space construction system, PasQ, where a virtual space is automatically constructed from multiple panorama images with position (longitude / latitude) and direction information. We can walk through a PasQ space by zooming a panorama image, and replacing an image by another, where relations between neighbor images are automatically computed. In this paper, we propose 4th dimensional extension of a virtual space by giving height and time information to each panorama image. We describe how to walk through also an extended PasQ space: i.e., how to move upwardly and forwardly, and how to transport to another space with different time zone. In addition, I introduce a grouping concept of panorama images for restricting unexpected walk-through.

Key words Panorama Image, Walk Through, Virtual Space Construction

1. はじめに

現在ではデジタルカメラの性能向上と普及に加え、画像編集ソフトや撮影機材の充実に伴い、個人利用においても手軽にパノラマ画像を作成、撮影することが可能となってきている。また、PCの性能向上とブロードバンドの進展に伴いWeb上での静止画だけでなくパノラマ画像を用いた仮想空間提示も行われている。

我々は、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(パスキュー)[11]の研究、開発を行っている。PasQはズームによって複数のパノラマ画像間で自動的な切替移動を行うことで、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。PasQではパノラマ画像に位置情報と方位情報を持たせ、地図上に配置することで関係を自動的に生成する方法を用いている。この手法を用いることで、パノラマ画像同士に明示的に関係を設定する必要が無くなる。そのため、パノラマ画像の追加や削除が容易に可能となり、仮想空間の構

築だけでなく大規模化や変更における作業コストも抑えることができる。

本稿では、さらにパノラマ画像に高さ情報と時間情報を付け加えることで、パノラマ画像の4次元配置を提案する。提案する4次元配置によりPasQの拡張を行う。まず、高さ情報を持たせることにより、撮影点の高さが異なるパノラマ画像を配置することができる。そして、高さ情報によるパノラマ画像のグルーピングを行う。移動可能なグループ関係を指定することで、天井や床を無視するような意図しない自動切替えを行わないようにする。また、パノラマ画像間の関係生成時に、現在閲覧しているパノラマ画像のグループとそのグループから移動可能なグループのパノラマ画像データのみを読み込むことにより処理の高速化が図れ、スムーズな切替えが行える。次に、時間情報を持たせることで、特定の時間帯に撮影されたパノラマ画像を使用して仮想空間を構築することができる。そして、閲覧したい時間帯の時間情報を持ったパノラマ画像へ切替えることで、異なる時間帯での仮想空間に移動することが可能である。

本稿は以下のように構成される。2章でパノラマ画像を用いた仮想空間構築システムPasQの現状と問題点を述べ、3章で提案するパノラマ画像の4次元配置を考慮したPasQの仮想空間モデルを述べる。4章で提案したモデルを実現する仮想空間構築システムについて説明する。5章で関連研究について述べ、6章で結論と今後の課題を述べる。

2. パノラマ仮想空間 PasQ

本章ではパノラマ画像を用いた仮想空間構築システムPasQの概要、空間モデル、問題点について述べる。

2.1 概要

本稿では、実空間をパノラマ画像を用いてWeb上に再現した空間を仮想空間としている。PasQでは、地図上にパノラマ画像を配置し、その近傍のパノラマ画像との関係を生成する。本稿における関係とは、個々の画像間の距離と周囲の画像がある方向をあらわす。また、本稿では位置情報、方位情報が正確に得られることを前提としている。

配置されたパノラマ画像について、個々の画像間の距離と方向をもとに自動切替えに必要な計算を行い、その結果をもとに画像の切替えを行うことで仮想空間のウォークスルーを表現している。ウォークスルーとは、仮想空間内において人間の視点で歩くように提示する表現手法である。

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とる利点として、以下の事柄が挙げられる。まず、単純な関連付けによって空間構築が行えるので、構築におけるコストを抑えられる。また、個々のパノラマ画像を独立して扱うことができるので、空間の追加、削除を単純化できる。

提示においては生成した関係を基にしてパノラマ画像間の切替えを自動的に行うことで、閲覧者の操作に応じた自由なウォークスルーが可能である。

2.2 円筒パノラマ画像を用いた空間モデル

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ので、パノラマ全周囲画像においては、小規模の空間と考

ることができる。PasQでは単体パノラマ画像を図1のように円筒形の空間として扱い、空間内のウォークスルーを表現している。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。

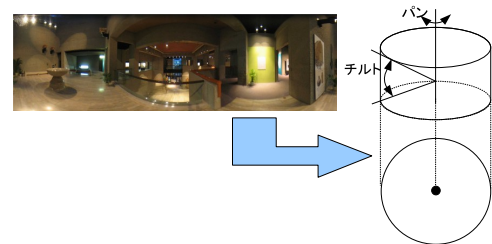


図1 円筒パノラマ画像の空間としての扱い

図1における視野角は円筒パノラマ画像の拡大率と対応しており、視野角の増減により拡大縮小を行っている。閲覧者の操作に応じてこの空間におけるウォークスルーを表現することで、パノラマ画像を仮想空間として提示する。

PasQでは前述した単位空間内のウォークスルーを表現するために以下の操作を可能としている。

- 前進および後退
- 上下左右への視点変更

さらに、複数の単位空間によって大きな空間を表現するために、PasQでは水平方向に配置されたパノラマ画像間の自動切替えを行っている。3次元配置の場合に拡張した手法については3.3参照。

2.3 マルチメディアコンテンツの提示

前述した仮想空間において、空間自体の提示だけでなく静止画像、音声、テキストなどのマルチメディアコンテンツの提示も可能としている。マルチメディアコンテンツに対してもパノラマ画像と同様に位置情報を設定することで、地図画像上に配置する。そして、パノラマ画像との関係を自動的に生成し、これを基にしてパノラマ画像内へのコンテンツ表示の有無を切替えている。ここでの関係とはパノラマ画像同士の場合と同様、コンテンツとパノラマ画像との距離と方向を示している。ここでコンテンツの表示の有無の切替えに関しては、付加された有効範囲内にあるかどうかで決定している。上述のコンテンツ提示の方法以外に、パノラマ画像に直接コンテンツを付加することも可能としている。PasQにて扱うコンテンツの詳細および配置のための付加情報については4.2で詳しく述べる。

2.4 問題点

現在のPasQでは円筒パノラマ画像を利用しているため真上や真下を見ることができない。そのため、円筒パノラマ画像を利用した仮想空間では、吹き抜けといった特徴的な建物を仮想空間化する場合には向いていない。球形パノラマ画像は撮影のコストが高いため円筒パノラマ画像等の混合を考えたい。また、地図画像上での座標(X座標、Y座標)による2次元のパノラマ画像配置しかできないため、撮影された高さがそれぞれ異なるパノラマ画像の利用を考慮していない。そして、高さが考慮されていないため、一つの建物において一階、二階といった階

層の異なる仮想空間を構築するためには、現状では複数の PasQ 空間が必要である。さらに、例えば四季の変化や博物館における展示物の配置変えなどといった、同一地点ではあるが時間によって異なる空間が構築可能な場合においても、複数の PasQ 空間を構築する必要がある。

3. 4次元配置を考慮した PasQ 仮想空間モデル

本章では、現在の PasQ を拡張した仮想空間モデルについて説明する。球形パノラマ画像においても円筒パノラマ画像と同様に仮想空間構築が可能であること、そして4次元配置を行うにあたって導入した情報、およびその情報を考慮した空間内の移動について述べる。

3.1 PasQ の球形パノラマ画像への応用

現在の PasQ では円筒パノラマ画像を用いているが、球形パノラマ画像への応用も可能である。ここでは PasQ に球形パノラマ画像を利用した場合の空間モデルについて述べる。

3.1.1 PasQ 空間への適用

球形パノラマ画像では真下や真上も見ることができるので、さらに広範囲な視点移動ができる。それにより、円筒パノラマ画像と比べて仮想空間の表現能力を向上させることができる。

球形パノラマ画像を図2に示すような球形の空間として扱う。図1と同様に、視野角は球形パノラマ画像の拡大率に対応しており、視野角の増減により拡大縮小を行う。

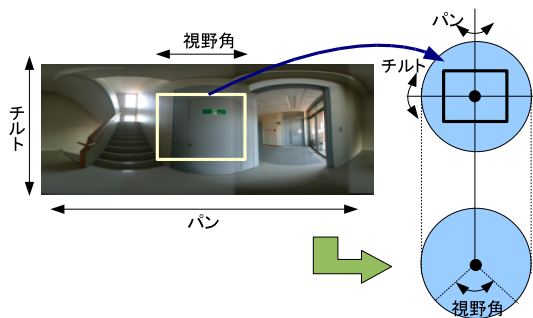


図2 球形パノラマ画像の空間としての扱い

次に、ウォークスルーを表現するために、前進および後退、上下への視点変更、旋回について述べる。図3に示すように、前進および後退を実現するため、撮影位置のほかに仮想的な閲覧位置を導入する。水平方向への前進、後退は提示しているパノラマ画像の視野角を狭める、広げる動作で表現している。球形パノラマ画像における垂直方向への移動も同様に視野角を変化させることで表現する。上下への視点変更はチルト角の変更で表現する。旋回はパノラマ画像のパン角と視野角の変更で表現する。旋回の際、仮想的な位置が中心に位置する場合、視野角については変更を行わない。仮想的な位置が中心でない場合、仮想的な位置において表示すべき範囲を表示するためには、パン角と視野角についての補正が必要である。図4にパン角と視野角の補正の一例を示す。

3.1.2 画像間の移動

円筒パノラマ画像の場合と同様に、球形パノラマ画像においても3.1.1で述べたズームングによる移動に加えて、パノラマ

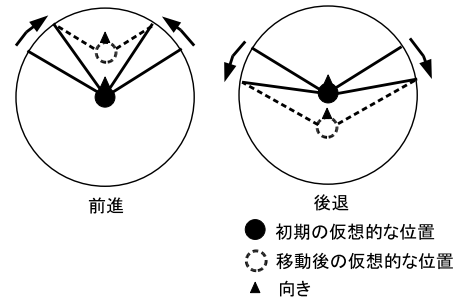


図3 パノラマ画像内での前進、後退の表現

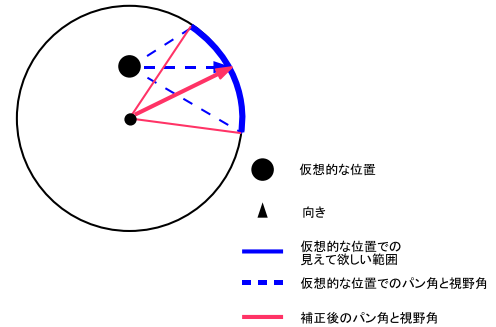


図4 旋回時のパラメータ補正

画像の切替えによる移動が可能である。また、撮影された高さの異なるパノラマ画像を用いて仮想空間を構築する場合、円筒パノラマ画像でも上下方向への移動が行えるが、球形パノラマ画像では真上や真下を見ることができるのでより自由度の高い仮想空間の構築が可能である。その上下方向への移動の実現のために、パノラマ画像に高さ情報を持たせる。

球形パノラマ画像と円筒パノラマ画像が混在する PasQ 空間における画像間の移動については円筒パノラマ画像のチルト角の限界により、自然な切替えの行えない場合がある。しかし、円筒パノラマ画像においてはチルト角の補正を行うことで切替え自体は可能とする。本稿では球形パノラマ画像もしくは円筒パノラマ画像のみで空間を構築する場合を考えることとする。

3.2 パノラマ画像の4次元配置

ここではパノラマ画像の4次元配置に必要な情報の導入について述べる。

3.2.1 高さの導入

現在の PasQ では撮影点の高さが異なるパノラマ画像を配置することができない。そのため、階段や坂道がうまく表現できない。そこで、パノラマ画像に地図平面上の位置情報に加えて高さ情報を持たせる。本稿で述べる高さ情報とは、平らな場所においては撮影点における地面からの高さとし、坂道や階段においては基準点を設け、その基準点からの高さとする。このように定める理由は、海拔何 m といった絶対的な高さ情報を得ることは現実的には困難であると考えられるからである。

高さの導入により、高さの異なるパノラマ画像を図5のように地図上に配置することができる。

3.2.2 画像間の移動の制限

複数の階層を持った建物を仮想空間化することを考えた場合、階層それぞれに地面が存在するため、地面からの高さ情報だけでは空間構築に用いる情報として不十分である。また、階層に

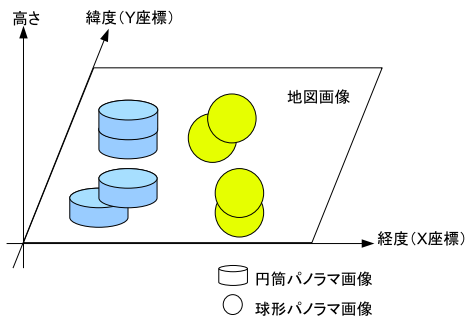


図5 パノラマ画像の3次元配置

応じた高さ情報の補正だけでは天井や床を無視した自動切替が行われてしまう。この問題を解決するために、パノラマ画像のグルーピングを行う手法と障壁情報を用いる手法について述べる。

グルーピングは一階や二階といった建物内における階層に加え、階段や吹き抜け等の自動切替の制限が必要な範囲ごとに行う。自動切替の制限が必要な場合とは、グループ間で自動切替が行われてしまうと、建物内の天井や床などを無視した不自然なウォークスルーとなってしまう場合のことである。このようなグルーピングを行い特定のグループ間同士でのみ自動切替による移動を行うことでスムーズなウォークスルーが可能となる、3.3.2 参照。また、グルーピングによって移動可能なパノラマ画像群が限定できるので、関係生成時の計算量の軽減にもつながる。

グルーピングを行う手法では、パノラマ画像が増えるごとにそのパノラマ画像のグルーピングを行う必要があるため、空間作成者の作業コスト増加が問題である。そこで、障壁情報を用いることで意図しない自動切替を行わないようする手法も考えられる。パノラマ画像間に障壁が存在する場合は、その障壁を超えるような自動切替を制限することで、意図しないパノラマ画像間の移動を行わないようにできる。

本稿では、拡張した PasQ の実装には時間的制約からグルーピングによる手法を使って空間構築を行っている。

3.2.3 時間の導入

屋外における四季の変化や博物館における展示物の変更といった、同一地点であるが時間帯によって異なる空間を仮想空間化する場合、現在の PasQ では時間帯ごとに異なる仮想空間を構築しなければならない。

このような時間帯が異なる複数の仮想空間を一つの PasQ 空間で表現するために、パノラマ画像に時間情報を持たせる。パノラマ画像の撮影日時の情報を得ることは容易である。その時間情報を利用して、特定の時間帯の時間情報を持ったパノラマ画像で構成される仮想空間を構築することにより、ユーザは一つの PasQ 空間内で異なる時間帯での仮想空間への移動が可能となる。

また、同一地点において時間帯の異なる複数の仮想空間の構築を行う場合、すべてのパノラマ画像を撮影し直すことは手間がかかる。そこで、時間帯によって変更する必要のないパノラマ画像に関しては、時間情報を持たせないことで時間帯に依存

しない画像として構築に利用できるようにする。そうすることで画像の再利用が可能となり、撮影の手間も軽減できる。

3.3 グルーピングされたパノラマ画像間の移動

3.3.1 グループ内移動

円筒パノラマ画像は撮影点を中心とした図6の実線部のような形と見ることができる。円筒パノラマ画像の扱いとして、図6の破線部分を補い、球と仮定することで球形パノラマと同様に扱うこととする。

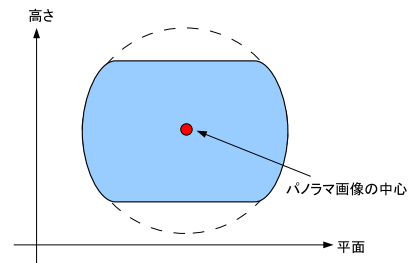


図6 円筒パノラマ画像の扱い

まず、高さを考慮したパノラマ画像間の移動は次のように行う。図7のようにA、Bという球形パノラマ画像が配置されているとする。パノラマ画像を配置するために、個々の画像に位置座標と、配置時に方位を統一するための方位情報を設定する。

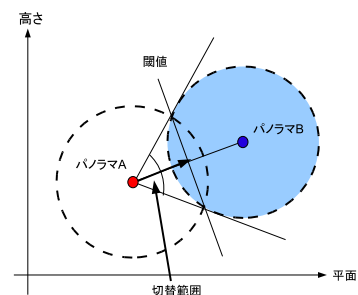


図7 高さの異なるパノラマ画像間の移動

仮想空間内で、ユーザはAの中心に位置しておりBの中心方向を向いているとする。仮想的な位置がAからBの方向へ移動した時に表示するパノラマ画像をAからBへ切替えることでパノラマ画像間のウォークスルーが表現できる。そこで、高さを考慮した地図上の配置位置の状況から関係を自動的に生成し、切替判定を行う。切替判定には仮想的な位置の閾値と切替範囲を用いる。

閾値は図7中のパノラマAとパノラマBのように、周囲のそれぞれのパノラマ画像の中心点とその線分に対する垂直二等分面を用いる。これを境界面として閲覧者の前進操作中における空間内の仮想的な位置がこの閾値を越えることで移動先のパノラマ切替えて提示する。移動先のパノラマは垂直二等分面を求めた相手のパノラマ画像である。仮想的な位置は視野角と対応づけて扱うため閾値は視野角として保持する。

切替範囲は図中のパノラマAとパノラマBの中心間の距離に応じて求められる角度によって決める。求められた角度を相手の

パノラマ画像の方向とともに切替範囲として保持する．このように現在閲覧しているパノラマに対する周囲のパノラマの関係から切替範囲を求め、この切替範囲と移動先のパノラマとの閾値を切替判定に用いる．

上述の手法によって自動的なパノラマ画像の切替えが可能となるが、単純に提示するパノラマ画像を切替えただけでは空間としての繋がりが不自然になってしまい、自然なウォークスルーとならない．そこで、パノラマ画像間の移動後の提示において補正を行う．パノラマ画像を切替える際、切替え前の視野角やパン角を考慮し切替え後のパノラマ画像での視野角とパン角を決定する．切替え先のパノラマ画像の視野角は、切替え先の初期視野角+(切替え前の初期視野角 - 閾値)として設定する．パン角については次のようにして求めることにする．図8にパノラマCから矢印方向へ移動した場合のパノラマDへの切替と補正の例を示す．

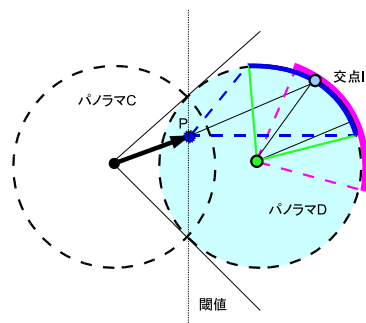


図8 切替え時のパラメータ補正

図8のように現在ユーザはパノラマCの中心に位置しており、P方向に前進するとする．Cでの視野角が閾値に達したとき仮想的な位置はPである．このときパノラマ画像を切替えてDを表示すればよいのだが、Cでのパン角をそのままDでのパン角とした場合、図8のように表示すべき範囲と表示される範囲にずれが生じるため補正を行う．まずCでのパン角とDの有効半径との交点Iを求める．Dの中心点から交点Iへの方向をDでのパン角として用いることで、実際に表示される範囲(補正後)と表示すべき範囲が対応する．

チルト角においては球形パノラマ画像を利用する場合には補正は行わず現在の角度を保持する．しかし、円筒パノラマ画像を利用する場合には、チルト角の限界が存在するため補正が必要である．そこで、チルト角が表現できる限界を超える場合は、表現可能な範囲までチルト角を水平方向へずらすことで補正を行う．そのため、球形パノラマのような自然な切替を行うことはできないが、切替え自体は可能である．

3.3.2 グループ間移動

図9にグループ間移動の例について示す．一階、二階、階段と三つのグループに分け、一階 ↔ 二階、二階 ↔ 階段をお互いに移動可能なグループとすることで、一階からは階段への自動切替え、階段からは一階と二階への自動切替え、二階からは階段への自動切替えしか行わないようにする．そうすることで、一階から二階へ自動切替えでの移動を行うためには、階段を経

由しなければならず、天井や床を無視した切替えを制限することができ、仮想空間の自然なウォークスルーが可能となる．

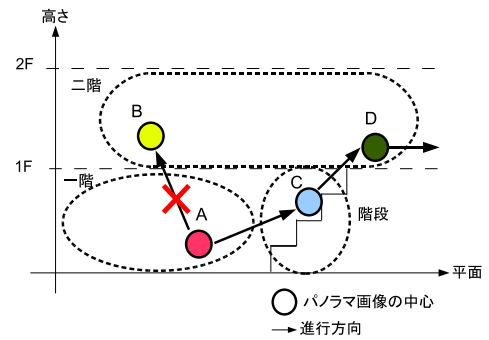


図9 グループ間移動

3.4 時間の移動

図10のように、パノラマ画像に高さ情報、階層情報に加えて時間情報を持たせることで、一つのPasQ空間で同一地点における時間帯のそれぞれ異なる仮想空間を構築することが可能となる．また、特定の時間帯の画像のみを利用して仮想空間を構築するだけでなく、時間帯に依存しない場所の画像などは再利用も行えるようにする．

構築した複数の時間帯の異なる仮想空間間の移動に関しては自動切替えを行うのではなく、ユーザインタフェース上で移動する時間帯を指定する操作を行うことで切替えることとする．

どのような時間帯で仮想空間を構築するかは空間作成者が任意に決めることとし、ユーザは用意された時間帯の異なる複数の仮想空間を移動することができる．

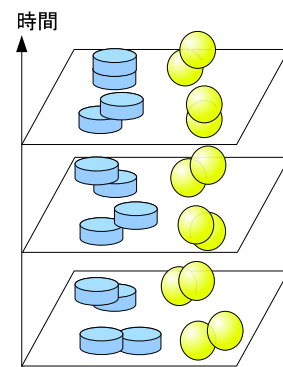


図10 パノラマ画像の4次元配置

4. 拡張したPasQの実現

4.1 システムの全体像

本稿で提案する拡張したPasQの詳細な構成と動作について述べる．図11にシステムの構成を示す．システムはパノラマ画像と地図、情報を提示する表示部と各種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．

現在のインタフェースはJavaScript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．

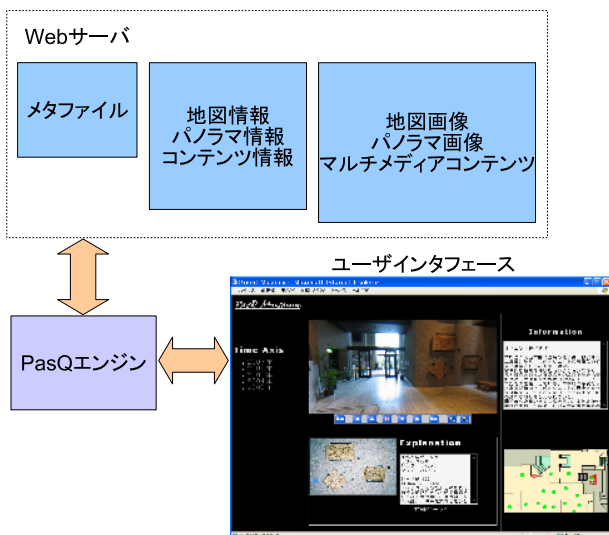


図 11 システムの全体図

パノラマ画像のビューアとして、Java Applet で作成された PTVIEWER [9] をカスタマイズして用いている。パノラマ表示部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。また操作によってパラメータが変更したとき、エンジンにパラメータを提供する。パラメータとは

- 視野角
- パン角（水平方向）
- チルト角（垂直方向）

であり、これらの値によってパノラマ画像の切替え判定を行う。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え判定などを行う。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。

4.2 仮想空間構成に用いる情報

ここでは PasQ エンジンで処理するために必要な情報について述べる。

4.2.1 地図情報

地図画像の XML データ (BMD ファイル) で、次のような情報を記述する。

- 地図画像の識別子
- 地図画像のファイル名
- 地図画像上の距離と実距離の比情報
- 地図に関連する情報

地図画像上の距離と実距離の比情報は scale で表す。例として scale " (300,600) " と与えた場合、地図画像における距離 300 ピクセルが実距離に換算すると 600m であるということを表している。この情報はパノラマ画像情報、コンテンツ情報にも指定し、既存の空間の再利用と、視野角と実距離の対応のために用いている。

4.2.2 パノラマ画像情報

高さを考慮して地図上に配置するために、個々のパノラマ画像に対して地図上の位置情報と方位情報を与える。ここで位置情

報とは、経度、緯度、地面からの高さあるいは地図画像上の X, Y, Z 座標のことである。また、方位情報とは複数のパノラマの方向を統一するための情報である。パノラマ画像の付加情報としてマルチメディアコンテンツを用いる場合、パノラマ画像ごとにどの位置でどのような動作をするかを設定する。パノラマ画像群の XML データ (PCD ファイル) で、次のような情報を記述する。

- 配置する地図における、距離と実距離の比情報
- パノラマ画像の識別子
- パノラマ画像のファイル名
- パノラマ画像のサイズ
- 位置情報 (x, y, z)
- 方位情報
- 付随するコンテンツ情報
- 時間情報
- グループ名
- 移動可能グループ名

4.2.3 マルチメディアコンテンツ情報

マルチメディアコンテンツ群に関して、位置情報、高さ情報、時間情報を指定することで、パノラマ画像と同じく 4 次元配置が可能である。また、地図上のどの地点に配置するかをコンテンツの位置情報として、コンテンツが影響する範囲を有効半径情報として指定する必要がある。コンテンツの XML データ (CCD ファイル) で、次のような情報を記述する。

- 配置する地図における、距離と実距離の比情報
- コンテンツの識別子
- コンテンツの種類
- コンテンツの内容
- 位置情報 (x, y, z)
- 時間情報
- グループ名
- 有効半径情報
- 有効範囲情報

4.2.4 メタファイル

メタファイルは上述の 3 つの必要情報ファイルのアドレスを記述した XML ファイルである。これは、PasQ エンジンに必要情報を与えるために利用する。上述の BMD, PCD, CCD ファイルにはそれぞれのファイル中にて使用している座標と実距離との比情報を付加している。これを用いることによって縮尺やサイズが異なる地図画像に対して配置を行った既存 PCD ファイルや CCD ファイルを組み合わせることが可能である。これにより一度作成した仮想空間の再利用を行うことができる。さらに、PCD ファイルや CCD ファイルを複数関連付けることも可能である。またメタファイルには、対応を取るための基準点を持たせる。領域が重なっている二つの地図の比情報と地図内の対応点を指定することで、位置情報を地図にあわせて変換することができる。

4.3 パノラマ画像間の関係生成

エンジンではまず、XML データで指定された初期パノラマ画像について入力された XML データをもとに、位置情報から

周囲のパノラマ画像との距離と方向を計算することで仮想空間の構築を行う。

現在閲覧しているパノラマ画像と同じグループ内におけるデータ取得範囲は、グループ名と現在閲覧しているパノラマ画像の位置情報によって限定する。グループ名が一致し位置情報と高さ情報の差がある一定範囲内である画像を関係生成に用いる。また、異なるグループのデータ取得範囲は、移動可能グループ名と現在閲覧しているパノラマ画像の位置情報によって限定し、移動可能グループであり位置情報の差がある一定範囲内である画像に対して関係生成を行う。

パノラマ画像 A, B について A の位置情報, 高さ情報を (x_1, y_1, z_1) B の位置情報, 高さ情報を (x_2, y_2, z_2) とすると AB 間の距離 dis は式 (1), 地図平面上における A から B への方向 $dir1$ は式 (2), A が存在している平面上から B を見たときのなす角 $dir2$ は式 (3) のようにそれぞれ求められる。

$$dis = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (1)$$

$$dir1 = \tan^{-1} \left(\frac{x_1 - x_2}{-(y_1 - y_2)} \right) \quad (2)$$

$$dir2 = \tan^{-1} \frac{z_1 - z_2}{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}} \quad (3)$$

ただし、方向については式 (2) の値のみでは一意に定まらないので、A, B の位置情報を考慮して求める必要がある。

同様に、パノラマ画像とマルチメディアコンテンツについても距離と方向の計算を行う。

位置情報を付加したパノラマ画像とマルチメディアコンテンツについて関係を生成した後、XML データで指定されたパノラマ画像がエンジンからの命令に従い、パノラマ画像表示部により提示される。指定されたパノラマ画像について、付随するマルチメディアコンテンツが存在する場合はユーザインタフェース上にて提示を行う。

現在提示中のパノラマ画像について、ユーザの操作によるズームや旋回によってパラメータが変更された場合、エンジンでパノラマ画像の切替え判定を行う。条件を満たす場合、切替え先のパノラマ画像を提示するようにパノラマ画像表示部に命令する。また、ユーザインタフェース上でのマウス操作またはキーボード操作により提示時間帯の切替えが可能である。

4.4 パノラマ画像の切替手法

パノラマ画像の切替え判定には、画像の視野角、パン角、チルト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、切替え判定には画像の中心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、チルト角については、画像の中心間の距離と方向によって決まる切替範囲との比較で行うこととする。

視野角の閾値は、現在提示しているパノラマ画像（以下 CP）と周囲のパノラマ画像との距離によって設定する。このとき、仮想的な位置が 3.3.1 で述べた手法から得られる平面上になる視野角を閾値として用いる。切替えるパン角とチルト角の範囲は、現在提示しているパノラマ画像と周囲のパノラマ画像との

距離と方向によって設定する。

複数の切替え先の候補が存在する場合、閾値と切替範囲の設定を次のように行う。

まず CP の周囲に移動可能なパノラマ画像が存在するかどうかを調べる。パノラマ画像間の距離を用い、一定以上の距離である画像を除いた画像が移動可能であると判断することとする。距離が一定以上のパノラマ画像を除く理由は、個々の画像に対して視野角を狭めることで前方への移動を表現していることから、画像の精細度に限界があるためである。しかし、地図表示部に表示されていて同じ階層内のパノラマ画像であれば移動は可能とする。

次に移動可能なパノラマ画像に対し、それらが CP から地図上の位置においてどの方向に存在しているかを取得する。移動可能なパノラマ画像について、視野角の閾値と切り替える範囲を設定する際、CP に近い画像を優先するため以下のような手法を用いる。

- (1) 一定範囲内に配置されたパノラマ画像間の関係を求める。
- (2) 距離の遠いものから順に閾値と範囲を求める。
- (3) 切替範囲の重なりが生じた場合は、距離の近いほうを優先する。

図 12 に高さを考慮した切替え手法の例を示す。ここでは、A, B, C のパン角の切替範囲は同じとする。まず、距離の遠いものからパノラマ A, C の順に切替範囲を求める。ここまでは切替範囲に重複はないが、パノラマ B への切替範囲を求めると、パノラマ A, B のチルト角の切替範囲が重なってしまう。このとき、重なっている範囲を領域 D とする。ここでは、CP との距離が短いほうが優先されるので、領域 D の範囲においてはパノラマ B への切替えが優先される。

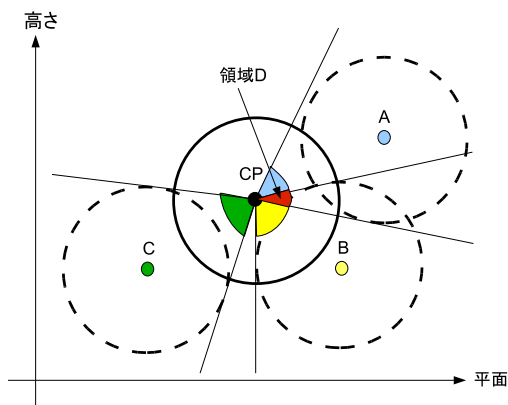


図 12 高さを考慮したパノラマ画像切替設定

5. 関連研究

パノラマ画像を利用して仮想空間を構築するシステムとして様々な試みが行われている。パノラマ画像を用いた仮想空間の例としては、QuickTimeVR [1] を用いた MapSaVR [2] や、SimpleWalker [3][4]、Tourweaver [10] といったシステムが挙げられる。

MapSaVR ではパノラマ画像は独立した画像の提示と同様の扱いであり、パノラマ画像間のウォークスルーが考慮されていない。SimpleWalker ではウォークスルーのためには連続写真を用いて道を設定する必要がある。また、この道に用いられる画像はパノラマ画像ではないため、移動中の視点変更ができない。さらに、MapSaVR、SimpleWalker は仮想空間構築手法において、仮想空間の構築や出来上がった仮想空間の変更などの作業は容易ではない。Tourweaver ではパノラマ画像間のウォークスルーを行うためには予め設定しておく必要があるため、自動切替による自由なウォークスルーができない。そのため、ウォークスルーを行うには空間の大規模化に伴い作業コストが増大してしまうと考えられる。

6. 結論

本稿では、パノラマ画像を用いた仮想空間構築システム PasQ を拡張し、パノラマ画像の 4 次元配置による仮想空間構築について提案した。

まず、現在の PasQ では空間構築に円筒パノラマ画像を用いているが、それでは見ることのできなかった真上や真下をみる事ができる球形パノラマ画像を利用した PasQ の拡張について述べた。

次に、パノラマ画像に持たせる情報として、位置情報と方位情報だけでなく、高さ情報と時間情報を持たせることで、4 次元配置を行った。さらに、パノラマ画像のグルーピングを行うことにより、天井や床を無視するような意図しない自動切替の制限を行った。このグルーピングにより異なる階層への自動切替を行わないようにすることができ、自然なウォークスルーを表現することが可能となる。さらに、データ読み込みの効率化も図ることができ、スムーズな切替を行うことができる。ま

た、時間情報によって配置するパノラマ画像を切替えることで、異なる時間帯での仮想空間への移動について述べた。

今後の課題として以下のものが挙げられる。

- コンテンツ配置を考慮した空間構築と検証

今回提案した 4 次元配置の手法を利用して実際に空間構築を行う。その中でコンテンツ配置も行い、今回提案した手法の有効性検証を行っていく。

- 意図しない自動切替の制限

今回は意図しない自動切替の制限をする方法としてグルーピングを行ったが、これは空間作成者が行わなければならないため手間がかかるといった問題点が存在する。そのため、今後はグルーピングの自動化手法についても考えていく。また、障壁情報を用いる方法についても述べたが、障壁情報を具体的にどのように定めるかについても検討していく。

- 円筒パノラマと球形パノラマの混在

球形パノラマ画像と円筒パノラマ画像の混在する PasQ 空間の構築を考えた場合、以下のような問題点がある。例えば、球形パノラマ画像から目標物へ向かってズームングを行い、円筒パノラマ画像へ自動切替が行われたとする。しかし、円筒パノラマ画像のチルト角の限界により目標物の写った画像が部分が欠落している場合がある。今後はこのような問題解決方法についても検討していく。

- 位置情報と方位情報の補正

本稿では位置情報、方位情報が正確に得られることを前提としたが、GPS や人手による位置情報や方位情報取得には誤差が発生する。今後はこれらの誤差をいかに抑えるかについても検討していく。

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] QuickTime VR, <http://www.apple.com/jp/quicktime/products/qt/overview/qtvr.html>
- [2] MapSaVR, <http://www.smgvr.com/mapsavr/>
- [3] SimpleWalker Official Site, <http://www.ryobi.co.jp/kenkyu/walker/>
- [4] 三宅新二, 楠 浩, 神谷朋範, 岡部一光, 鳥越秀知, 横田一正, “ 簡易 3D 機能を利用した観光地案内 ”, DEWS2003, 4-P-02, 2003.3
- [5] D-Cubis Official Site, <http://alpha.c.oka-pu.ac.jp/D-Cubis/>
- [6] 江本守, 石崎勝俊, 大河内久貴, 国島丈生, 横田一正, “ 利用者指向デジタルミュージアムの共有化とモジュール化 ”, 日本データベース学会 Letters, Vol.3, No.1, pp.137-140, 2004.6
- [7] HotMedia, <http://www.ibm.com/jp/>
- [8] Panorama Studio, <http://www.zenkei.net/pro/pro.html>
- [9] PTViewer, <http://www.fsoft.it/panorama/ptviewer.htm>
- [10] Tourweaver, <http://www.easypano.com/jp/products/TW.htm>
- [11] 池田隼, 難波公一郎, 粟田智子, 国島丈生, 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, 2006.