

パノラマ画像の4次元配置による 仮想空間の拡張

4th Dimensional Extension of Virtual Space Consisting of Panorama Images

田村 晃一* 池田 隼†
國島 丈生‡ 横田 一正‡

Koichi TAMURA Shun IKEDA
Takeo KUNISHIMA Kazumasa YOKOTA

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。

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.

* 学生会員 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
博士前期課程 koichi-t@is.naist.jp

† 岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士前期課程
ikeda@c.oka-pu.ac.jp

‡ 正会員 岡山県立大学情報工学部情報通信工学科
{kunishi, yokota}@c.oka-pu.ac.jp

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より、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)[1]の研究、開発を行っている。PasQではパノラマ画像に位置情報（経度・緯度）と方位情報を持たせ、それらを地図上に配置することで、画像間の関係を自動的に生成している。そして、ズームによって提示するパノラマ画像を自動的に切替えることで、仮想空間内での自然な移動を表現している。

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次元配置を行い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。

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、パノラマ全周囲画像を用いて実空間をWeb上に再現した空間を仮想空間としている。PasQでは、図1のように地図上にパノラマ画像を配置し、その周囲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。そのパノラマ画像間の関係を用いて自動切替えに必要な計算を行い、閲覧者の操作に応じて画像の切替えを自動的に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、単純な関連付けで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こと、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や削除を単純化できることが挙げられる。

また、空間自体の提示だけでなく画像、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。こ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。

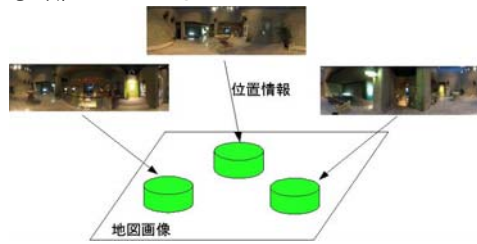


図1 円筒パノラマ画像と地図の関係

Fig.1 Relation of cylindrical panorama images and a map

2.2 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。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、坂道や階段がうまく表現できない。そして、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。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、円筒パノラマ画像よりも広範囲な視点移動ができる。それにより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。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。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。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。

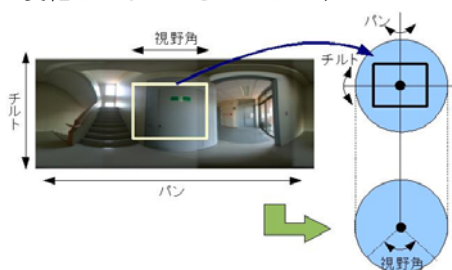


図2 球形パノラマ画像の空間としての扱い

Fig.2 Spherical panorama image's treatment as space

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。

ここでは単体のパノラマ画像内での移動について述べたが、パノラマ画像の切替えによる移動については3.3.1で述べる。

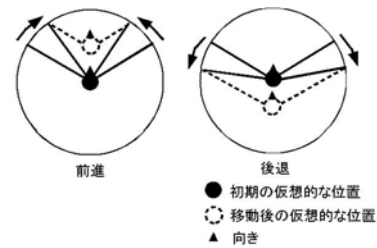


図3 パノラマ画像内の前進、後退の表現
Fig.3 Forward and backward representation

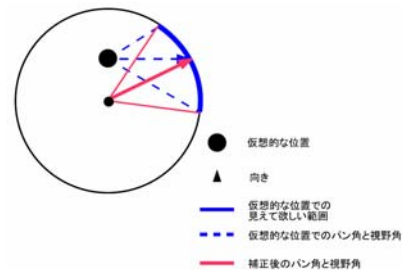


図4 旋回時のパラメータ補正
Fig.4 Parameter correction for rotating

3.2 パノラマ画像の4次元配置

3.2.1 高さの導入

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ことで、階段や坂道を表現可能とする。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。また、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である。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。

3.2.2 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えが行われてしまう。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えの制限が必要な範囲ごとに行う。自動切替えの制限が必要な場合は、グループ間で自動切替え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に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え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。このグループ間移動については3.3.2で詳しく述べる。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。

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の空間への移動が可能となる。

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

グループ内での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5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。

仮想空間内で、閲覧者は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、移動に伴い提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を表現する。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5のパノラマAとパノラマBのように、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仮想的な位置がこの閾値を越えるとパノラマAからBへと切替える。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。そして、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まる角度によって決める。

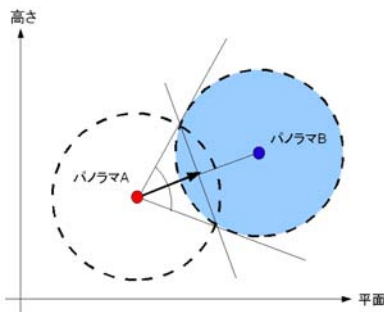


図5 高さ情報を持つパノラマ画像間の移動

Fig.5 Movement between panorama images with height information

3.3.2 グループ間移動

図6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、一階と階段、階段と二階を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ない、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。

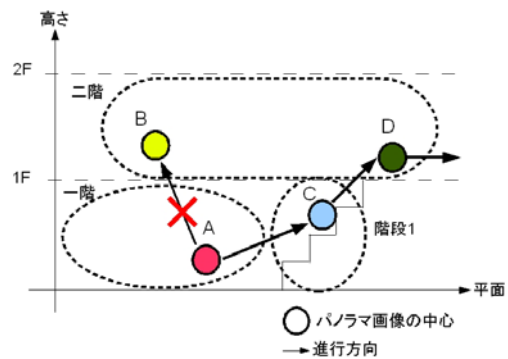


図6 グループ間移動

Fig.6 Movement between groups

3.4 時間の移動

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。

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、閲覧者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。

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の構成と動作について述べる。図7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。

インタフェースはJavaScriptとJava Appletで構成されている。パノラマ画像と地図の表示にはJava Appletを用いており、パノラマ画像表示部として、Java Appletで作成されたPTViewer[6]をカスタマイズして用いている。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の閲覧を行い、エンジンへ切替判定に必要な情報を提供する。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。

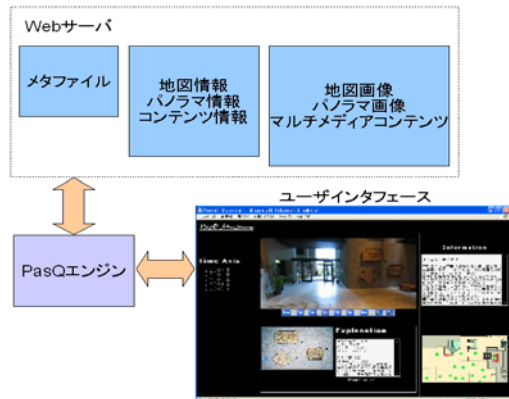


図7 システムの全体図
Fig.7 Overview of the PasQ system

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。データの記述にはXMLを用いている。

(i) 地図情報

地図画像のXMLデータには、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を記述する。

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。

(ii) パノラマ画像情報

パノラマ画像のXMLデータには、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を記述する。

(iii) マルチメディアコンテンツ情報

コンテンツのXMLデータには、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、有効範囲情報を記述する。

4.3 パノラマ画像間の関係生成

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。距離の遠いものから順に閾値と範囲を求め、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。現在提示中のパノラマ画像について、ユーザの操作により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も行う。

5. 結論と今後の課題

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、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、高さ情報と時間情報を加えることで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に加え、データ読み込みの効率化が行えた。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、コンテンツ配置を考慮した空間構築と検証、グルーピングの自動化、障壁情報の導入、円筒パノラマと球形パノラマの混在、位置情報と方位情報の補正などが挙げられる。

【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]池田隼, 國島文生, 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.
- [2] QuickTimeVR, <http://www.apple.com/jp/quicktime/products/qt/overview/quicktime.html>
- [3] MapSaVR, <http://www.smgvr.com/mapsavr/>
- [4] HotMedia, <http://www.ibm.com/jp/>
- [5] Panorama Studio, <http://www.zenkei.net/pro/pro.html>
- [6] PTVIEWER, <http://www.fsoft.it/panorama/ptviewer.htm>
- [7] Tourweaver, <http://www.easypano.com/jp/products/TW.htm>

田村 晃一 Koichi TAMURA

奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程在学中。2007 岡山県立大学情報工学部情報通信工学科卒業。日本データベース学会学生会員

池田 隼 Shun IKEDA

岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士前期課程在学中。2006 岡山県立大学情報工学部情報通信工学科卒業。パノラマ仮想空間PasQの研究・開発に従事。

國島 文生 Takeo KUNISHIMA

岡山県立大学情報工学部情報通信工学科准教授。XMLとその応用、データベースシステムの研究に従事。情報処理学会、電子情報通信学会、人工知能学会、日本ソフトウェア科学会、日本データベース学会、ACM、IEEE各会員

横田 一正 Kazumasa YOKOTA

岡山県立大学情報工学部情報通信工学科教授。データベースシステムの研究・開発に従事。情報処理学会、電子情報通信学会、人工知能学会、日本データベース学会、ACM、IEEE等正会員