

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	キュービックパノラマを用いた画像ベース仮想環境
Author(s)	荒屋 真二
Citation	福岡工業大学研究論集 第43巻第1号 P11-P19
Issue Date	2010-9
URI	http://hdl.handle.net/11478/1045
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher

Fukuoka Institute of Technology

キュービクパノラマを用いた画像ベース仮想環境

荒	屋	真	二 (情報工学科)
三	宅	芳	博 (情報工学科)
粟	井	康	全 (株)ゼンリン)
天	野	完	二 (三菱電機情報ネットワーク(株))
大	神	慶	久 (日本コムシス(株))

Image-Based Virtual Environments Using Cubic Panoramas

Shinji ARAYA (Department of Computer Science and Engineering)
 Yoshihiro MIYAKE (Department of Computer Science and Engineering)
 Yasumasa AWAI (ZENRIN Co., Ltd.)
 Kanji AMANO (Mitsubishi Electric Information Network Corp.)
 Yoshihisa OGAMI (Nippon COMSYS Corp.)

Abstract

Recently, panorama-based virtual environments have rapidly grown larger in the Web by emergence of the Google Street View service. Until then studies of Web panoramas have been paid little heed. This paper takes up VRML-based cubic panoramas and describes text annotation, voice annotation, map-based navigation, navigation by search, inter-panorama navigation and related development tools. Three kinds of panorama switching methods are proposed and implemented, and the experimental evaluation was also performed using test subjects.

Key words: *panorama, cubic panorama, annotation, navigation, virtual environments, VRML*

1. まえがき

仮想環境にはモデリングとリアルタイムレンダリングからなる3次元CGをベースにした仮想環境と、360度パノラマ(全方位画像)を用いた画像ベースの仮想環境とがある。我々は大学キャンパスを対象にして3次元CGベースの仮想環境を構築したが[30]、最近パノラマ画像ベースの仮想環境の研究を行っている[1]-[19]。そして200以上のパノラマからなる仮想環境“FITパノラマ”を開発し、Webに公開している[20]。

近年、Web上のパノラマ仮想環境は急増している。特にGoogle社が世界中のストリート上のパノラマを閲覧できるようにするという壮大な計画を実行に移し、自動車および自転車で搭載したデジタルカメラでパノラマを精力的に撮影・収集している[25]。また、米国Microsoft社も類似の

Webパノラマを公開したと発表した[26]。Webパノラマ普及の要因としては、デジタルカメラの高解像度化、低価格化、メモリの低価格化、インターネットの広帯域化なども考えられる。

Webパノラマの増加とともに、そのユーザインタフェースの研究の重要性が増大している[12]。初期段階ではズームイン、ズームアウトによる疑似的な前進・後退と視線の回転による向きの変更など、一つのパノラマ内でのナビゲーションインタフェースに限定されていた[23]。しかし我々は、一定領域内のパノラマの数が増大するにつれて、あるパノラマから別のパノラマに切替えるパノラマ間ナビゲーションのインタフェースの研究が重要になってくることを主張した[6]。また、パノラマ画像を眺めるだけでは建物の色や形はわかるが、その建物が何であるのか、その名称や用途はわからない。そこで各被写体が何であるのかを示すアノテーションの必要性も主張してきた[1]。テキストアノテーションを利用すればパノラマを被写体レベルで検索可能になり、強力なユーザインタフェースになるこ

とを示した[2]。また、音声アノテーションを利用すれば、詳しいガイド付きのオートナビゲーションシステムを構築できることを示した[19]。

本論文は我々がこれまでに行ってきたパノラマベース仮想環境のユーザインタフェースに関する研究をまとめたものである[1]-[19]。次章では我々が対象としたキュービックパノラマの特徴と VRML による作成方法について述べる[21]。3章ではパノラマアノテーションとしてテキストによるものと音声によるものについて述べる。4章でパノラマにおけるナビゲーションを概観したのち、マップによるナビゲーションを5章で、検索によるナビゲーションを6章で、画像内クリックによるナビゲーションを7章で、それぞれ詳述する。8章はまとめと今後の課題である。

2. キュービックパノラマ

2.1 概要

360度パノラマはその投影方法によって大きく三つに分けられる[24]。

- (1) 円柱型パノラマ
- (2) 球型パノラマ
- (3) キュービックパノラマ

円柱型パノラマは円柱の内部の側面に全方位画像を投影したものであり、上面と底面部に画像の欠落が生じる。球型パノラマは球の内面に、キュービックパノラマは立方体の内面に全方位画像を投影したものであり、真上や真下にも画像がある。これら3種類のパノラマの中でキュービックパノラマが最も実際に近く自然な感じがすると言われている。キュービックパノラマの概念図を図1に示す。

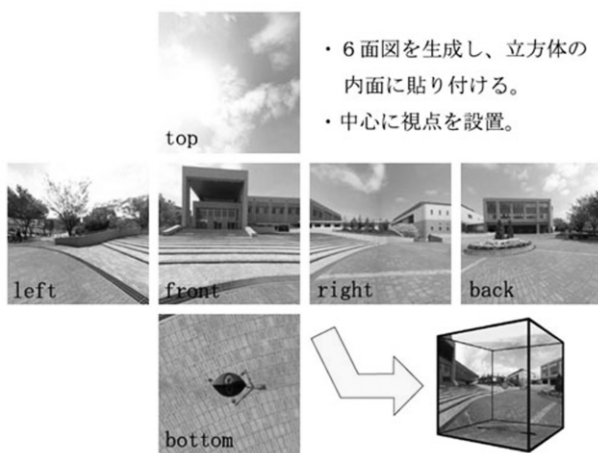


図1 キュービックパノラマの概念図

2.2 VRML ベースキュービックパノラマ

キュービックパノラマを Web に公開する方法としては次の四つがある。

- (1) Quick Time

- (2) Flash
- (3) VRML
- (4) Java Applet

Java Applet 以外は Web ブラウザの専用のプラグインが必要であるが、最初に一度だけインストールすればよい。Java Applet はプラグインのインストールは不要であるが、利用するたびにパノラマビューアをダウンロードする必要があり、起動時間に難点がある。

我々はインタラクティブ Web3D の国際規格である VRML97 を利用することにした[21], [27]。VRML では図2のような記述で簡単にキュービックパノラマを作成することができる。

```
Background {
  frontUrl  [front.jpg]   #立方体の-z面に貼る画像
  backUrl   [back.jpg]   #立方体の+z面に貼る画像
  leftUrl   [left.jpg]   #立方体の-x面に貼る画像
  rightUrl  [right.jpg]  #立方体の+x面に貼る画像
  topUrl    [top.jpg]    #立方体の+y面に貼る画像
  bottomUrl [bottom.jpg] #立方体の-y面に貼る画像
}
```

図2 VRML の Background ノードの記述法

2.3 写真撮影と画像変換

ここでは Background ノードで使用する6枚の画像を作成する方法について述べる。デジタルカメラに180度をカバーする魚眼レンズを装着し、カメラを180度回転させながら2回の撮影を行う(図3)。このときに注意すべき点は、カメラを正確に180度回転させることと、露出を固定することによって2枚の写真の繋ぎ目を目立たないようにすることである。我々は180度正確に回転できる専用の雲台とマニュアル撮影可能なデジタルカメラを使用した(図4)。図3の2枚の画像から立方体内面に貼り付ける6枚の画像(図1)を生成することは幾何学的な画像変換により簡単にできる[28]。



図3 魚眼レンズで撮影した2枚の写真例



図4 パノラマ写真撮影機材

3. パノラマアノテーション

3.1 概要

従来のパノラマは画像とは別に説明文やマップを添えることが多かった。しかし、個々の被写体と説明文との対応をとる作業は大きな負担であり、画像を見ながら各被写体が何であるかが分かることが望ましい。そこで我々はパノラマ画像にアノテーションを付与することを考えた。ただし、画像に直接テキストを描き込むことは本来の画像を損ない、画面が煩雑になり、メンテナンスが大変になること等を考えて避けることにした。

3.2 テキストアノテーション

VRML には Text ノードがあり、3次元空間内にテキストを自由に配置することが可能である[1]。これを利用すればキュービックパノラマの視点(3次元仮想空間の原点)から被写体を見たときに適切な位置と向きにテキストを配置することが可能である。この方法には次のような利点が存在している。

- (1) アノテーションが邪魔な時にはそれを非表示にし、原画像だけを表示することが可能である。
- (2) テキストにタッチセンサを付与し、テキストをクリックすると詳しい説明を表示するようになり、後述する音声アノテーションを流したりすることができる。
- (3) テキストにアンカーを付与することにより、被写体に関連するホームページや別のパノラマに飛ぶことが可能である。
- (4) テキストを利用して被写体レベルのパノラマ検索が可能である[2], [7], [8]。

3.3 テキストアノテーション付与ツール

パノラマの個々の被写体に対し、パノラマの中心から見たときに適切な位置と傾きでテキストを配置する作業は手間がかかる。そこでパノラマ画像を実際に見ながらあ

もテキストを画像上に描き込む感じで使用できるテキストアノテーション付与ツールが重要になってくる[4],[5]。



図5 アノテーション付与ツールの画面例

本ツールでは立方体の内側に透明の大きな球を配置し、それにタッチセンサを付与している。パノラマ画像上のテキストを描き込みたいところでマウスをクリックすると、タッチセンサからその球上の点の3次元座標が入手できる。テキストの位置はこの3次元座標とし、向きはテキストが原点(ユーザ視点)を向くようにすればよい。図5は開発したアノテーション付与ツールの画面例であり、パノラマを回転しながら任意の場所にテキストを配置することが可能である。この例ではテキスト入力欄に“Text”を入力したところであり、文字のサイズや色を選択できるようになっている。

3.4 音声アノテーション

テキストアノテーションのテキストにタッチセンサを付与し、クリックすると音声合成で詳しい説明を読み上げるものである。音声アノテーションには次のような利点がある。

- (1) テキストを読まなくても説明が分かるので、画像に集中できる。
- (2) テキストを表示する必要がないので画像が煩雑になることがない。
- (3) テキストを音声合成により読み上げるのでデータ量が少なくて済む。

3.5 キャラクタエージェント

音声アノテーションにキャラクタエージェントを利用することができる。我々は Microsoft から無償で配布されている MS エージェントを利用した[22]。MS エージェントはテキストの読み上げだけでなく、キャラクタの出現・消滅、位置の移動、各種ジェスチャが可能である。キャラク

タは1体だけでなく2体を同時に出現させ、相互に会話をさせることも可能である(図6)。また、日本語だけでなく英語にも対応可能である。



図6 合成音声で対話するMSエージェント

4. パノラマにおけるナビゲーション

4.1 概要

パノラマにおけるナビゲーションは、従来は次節で述べるパノラマ内ナビゲーションとほぼ同義であった。つまり一つのパノラマ内での視点にまつわる制御を意味していた[23]。最近では携帯電話でもVRパノラマが利用可能になってきたが、こちらでもまだパノラマ内ナビゲーションの段階にとどまっている[29]。我々は大学キャンパス内の200以上のパノラマからなるシステムを開発し、Webに公開した[20]。ここではパノラマ間の距離が比較的短く、パノラマの密度が高いため、パノラマを切替えながらキャンパス内を見て回るという新しい使用形態が重要性を帯びてきた[6]。これが4.3節で述べるパノラマ間ナビゲーションである。その後、Googleのストリートビューが出現し[25]、パノラマ間ナビゲーションが注目されるようになった。しかし、パノラマ間ナビゲーションに関する研究は我々の一連の研究[6]、[11]-[13]、[16]-[18]以外には報告されていないのが現状である。

4.2 パノラマ内ナビゲーション

パノラマ内ナビゲーションの機能のうち、VRMLビューアに付属しているインタフェースだけですぐに利用できるものとしては次の三つがある。

- Examineモードでマウスを左右にドラッグする、または左右の矢印を押す：画像を水平方向に回転させ、右を見たり、左を見たりする。

- Examineモードでマウスを上下にドラッグする、または上下の矢印を押す：画像を垂直方向に回転させ、上を見たり、下を見たりする。

- Align：傾いた仮想環境を水平に戻す。

パノラマ内ナビゲーション機能のうち次の機能はちょっ

としたプログラミングが必要となる。

- 拡大・縮小（ズームイン、ズームアウト）

VRMLのBackgroundノードでは背景を貼り付ける立方体の大きさは無限大であり、視点を動かしても背景画像は全く変化しない。ゆえに、パノラマ画像の拡大縮小はViewpointノードのfieldOfViewフィールドの値を変化させて実現する。すなわち、拡大する時にはfieldOfViewの値を小さくして望遠レンズにし、逆に縮小する時にはfieldOfViewの値を大きくして広角レンズとする。fieldOfViewの値を直接変化させる機能はナビゲーションインタフェースにはないので、自分でプログラミングする必要がある。

4.3 パノラマ間ナビゲーション

3次元CGによる通常の仮想環境ではウォークスルーやフライスルーによって連続的に移動することができる。しかしパノラマベース仮想環境ではパノラマ撮影地点が離散的であるため、連続的な移動は不可能である。パノラマ間ナビゲーションで使用可能な方法としては次の三つが考えられる。

- (1) パノラママップによるナビゲーション
- (2) パノラマ検索によるナビゲーション
- (3) パノラマ内クリックによるナビゲーション

以下の章ではこれら3種類のパノラマ間ナビゲーション方式について順次取り上げて議論するが、ここではそれらの基本的考え方について述べる。

上記(1)のパノラママップとは、パノラマを撮影した領域のマップを準備し、その中のパノラマ撮影地点にマークを付与したものである。マークにはそこで撮影したパノラマにリンクが張られており、クリックするとそのパノラマが表示される。このナビゲーション方式はもっとも古くから使用されており、現在でも他方式と併用されている。Googleストリートビューも一種のパノラママップを併用しており、マークの代わりに道路の色が変わっており、そこに人形アイコンをドラッグすることでパノラマが表示される。

上記(2)のパノラマ検索によるナビゲーションとは、キーワード検索（テキスト検索）の結果の中から適当なパノラマを選択することによってパノラマを見て回る方式である。マップのどこに何があるかが分からない状況では有効なナビゲーション方式である。

上記(3)のパノラマ内クリックによるナビゲーションとは、通常の仮想環境におけるウォークスルーやフライスルーに近い形で、パノラマベース仮想環境を見て回ろうとする方式である。一般にはあるパノラマAに隣接するパノラマBの撮影地点はパノラマAの画像に写っていることが多く、そこにマークを配置してそれをクリックするとパノラマBに切り替わるようにする。すなわち隣接するパノラマを切替えながら仮想環境を跳び跳びに移動することになる。その際に単に瞬時にパノラマ切替えるのではなく、少

しでもスムーズな連続的な移動感を出すための工夫が重要になってくる。そのために本稿では第7章において3種類のパノラマ切替え方式を提案し、実験的に評価する。

5. パノラママップによるナビゲーション

5.1 階層的なクリッカブルマップ[5]

パノラママップはパノラマをどこで撮影したかを表示したマップであり、撮影地点に何らかのマークが付与されている。そのマークをクリックするとマップとは別の領域にパノラマが表示されるクリッカブルマップとなっている(図7)。マーク以外にもクリック可能な場所がいろいろ存在し、それらをクリックするとマップ自体が切り替わり、新しいマークが表示される。例えば、マップ上部の矢印アイコンをクリックすると今まで隠れていたマップ上部のマップが表示される。あるいはマップ内の建物をクリックすると、その建物のフロアマップに切り替わる。さらに、フロアマップの上部にはルーズリーフのインデックスのような表題が書かれたタブが付いており、これによってフロアマップを切替えることが可能である(図8)。



図7 パノラママップの例
(建物をクリックするとフロアマップに切替る)

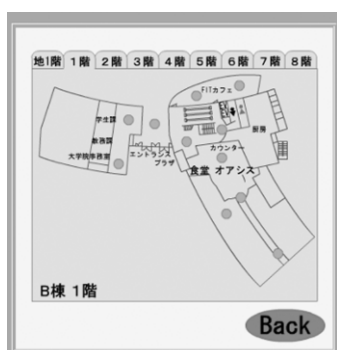


図8 タブ付きフロアマップの例
(地1階から8階がタブ、丸印がパノラマ撮影地点)

5.2 撮影地点推定ツール[3], [10]

マップの作成に当たっては収集した多数のパノラマの撮影地点をマップ上に記入する必要がある。GPSを使って撮影地点の緯度経度情報を求める方法は、建物内部では使えないことが多いし、使える場合でも精度上の問題がある。通常はマップ片手に撮影時に撮影地点を記入することが多いが、かなり直感的である。そこで我々はパノラマ画像から撮影地点を推定する支援ツールを開発し(図9)、評価を実施してその有効性を示した(図10)。

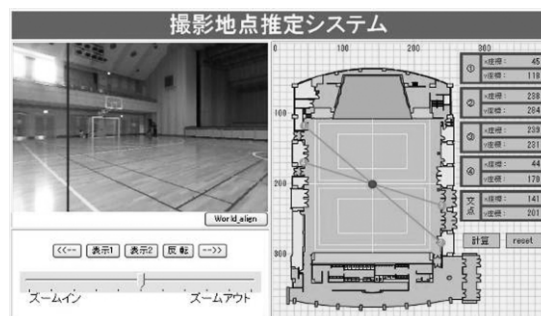


図9 撮影地点推定システムの画面例
(2直線の交点として撮影地点が求まる)

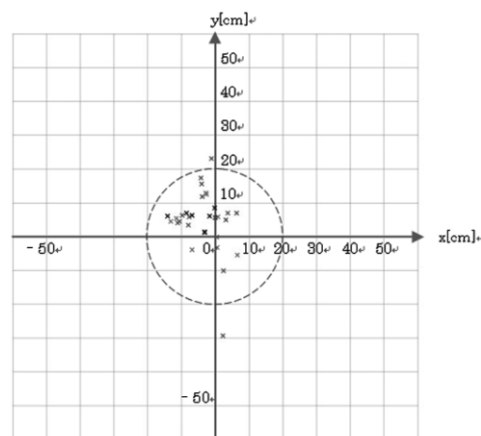


図10 撮影地点推定誤差の分布

6. パノラマ検索によるナビゲーション

6.1 概要

パノラマ検索によるナビゲーションとは、キーワード検索の結果の中から適当なパノラマをユーザが選択することによってパノラマを見て回る方式である。マップのどこに何があるかが分からない状況では有効なナビゲーション方式である。また、類似のものを全てもれなく見ることができるといった利点もある。

パノラマ検索は単に自分が見たい被写体を含むパノラマを表示するだけでなく、その被写体を画面の中央に表示する。後者はパノラマ内検索と呼ばれており、検索に用いた

キーワードと同じテキストアノテーションをパノラマ画像内から探し出し、それが画面中央に来るように視線方向を制御する。このパノラマ内検索はパノラマ検索に引き続いて自動的に実行される。ユーザがパノラマを手動で回転させて被写体を探す手間が省け、効率的なナビゲーションが実現できる。

図11はパノラマ検索画面であり、図中③のテキスト入力欄に見たい被写体に関連するキーワードを入力する。検索ボタンを押すと図中④の領域に検索結果の一覧が表示される。その中から最も興味のあるものを一つ選択すると、図中①の領域にそのパノラマが表示され、かつキーワードと一致したテキストアノテーションが画面中央にくる。それと同時に、図中②のマップ表示領域のマップがそのパノラマを含むマップに切替る。

6.2 パノラマ検索の実現方法

本検索方式では、FIT パノラマの起動時に Web サーバから検索処理を行うために JavaScript で記述した検索エンジンと検索に使用するキャッシュファイルをあらかじめ閲覧者のパソコン（クライアント側）にダウンロードする。サーバ側では検索処理を行わず、クライアント側と相互通信も行わないため、検索処理は極めて高速である。また、本検索方式では開発者はキャッシュファイルを書き換えるだけで迅速にシステムの更新を検索結果に反映させることができる。



図11 パノラマ検索画面の一例

同義語の存在が予想されるキーワードに対しては、あらかじめ同義語を用意しておき、テキストアノテーションで使用しているキーワードに書き換える。これにより、検索キーワードがテキストアノテーションに存在するキーワードの同義語であった場合、パノラマ検索時にキーワードの変換を行い、テキストアノテーションに存在するキーワードに変換することで検索効率を高めている。

6.3 実験による比較評価

ここではパノラママップによるナビゲーションとパノラマ検索によるナビゲーションとを FIT パノラマを利用して実験的に比較考察する。被験者はマップのどこに何があるかを大体知っている学内者15名と、ほとんど知らない学外者15名の計30名である。

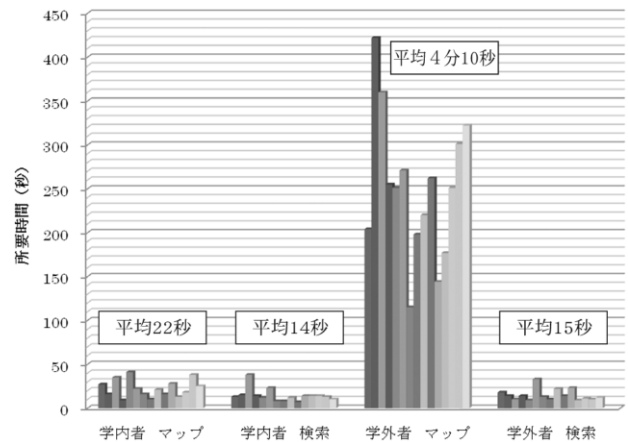


図12 食堂オアシスカウンターの探索時間の比較

図12は食堂オアシスカウンターが写っているパノラマを探してそれを画面正面に表示するという課題を達成するのに要した時間を表している。マップベースナビゲーションでは学内者に比べ学外者は多くの時間を要しているが、検索によるナビゲーションでは大きな差は見られない。学外者は食堂オアシスカウンターがマップ上のどこにあるのかわからないため、いろんな建物をクリックしてフロアマップレベルで探し回る必要があり、それが時間のかかる要因であった。この他にもいろいろな被写体を探してもらったが、学内者でもごく一部の人きり行かないような認知度の低いターゲットほど検索によるナビゲーションが有効であることが確かめられた。

7. パノラマ内クリックによるナビゲーション

パノラマ内クリックによるナビゲーションとは、通常の仮想環境におけるウォークスルーやフライスルーに近い形で、パノラマベース仮想環境を見て回ろうとする方式である。ゆえに、空間的に高密度でパノラマを撮影し、ある一つのパノラマを見たときに、それに隣接するパノラマの撮影地点が写っていることが前提となる。

7.1 拡大切替え方式[6]

パノラマを拡大してゆくとその方向に移動したような感じを受ける。この性質を利用したのがこの拡大切替え方式である。すなわち、最初のパノラマを徐々に拡大し、次のパノラマとスケールが同じくらいになったときに次のパノラマに切替えるようにする。ただし、拡大と移動は本質的

に違い、これまで隠れて見えていなかったものが移動によって見えるようになったり、逆に今まで見えていたものが見えなくなったりする。ゆえに、本切替え方式にはどうしても不連続感が残ってしまう。また、拡大によって画質が低下する点も自然な切替えを阻害する要因になっている。

7.2 拡大・透明化切替え方式[13]

前節で述べた拡大切替え方式の欠点である不連続感を少しでも減少させようとして考案したものがこの拡大・透明化切替え方式である。最初の画像を徐々に拡大して次の画像に切替える点は拡大切替え方式と全く同じである。異なる点は、2枚の画像を瞬時に切替えるのではなく、1枚目の画像を徐々に拡大するだけでなく透明度を徐々に上げていき、2枚目の画像が徐々に見えてくるようにする(図13)。

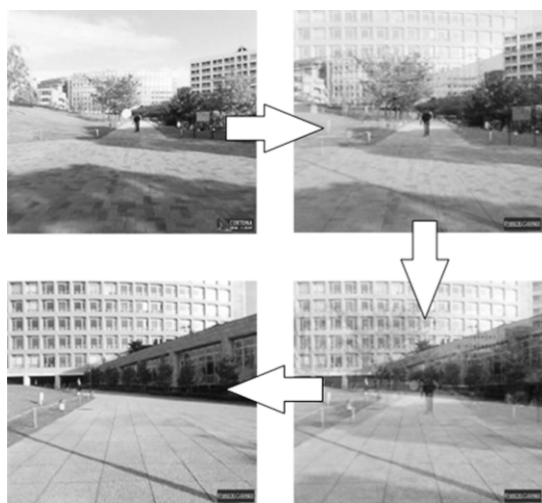


図13 拡大・透明化切替え方式における画像の変化

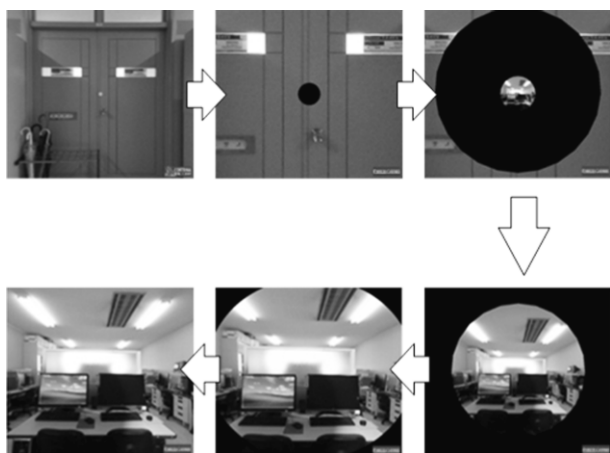


図14 トンネル通過型切替え方式における画像の変化

7.3 トンネル通過型切替え方式[17]

前節で述べた拡大・透明化切替え方式は、1枚目の画像と2枚目の画像に共通点がある場合にはかなり有効である。しかし、1枚目の画像と2枚目の画像の間にドアや建物の壁などの遮蔽物が存在している場合には共通点がほとんどなく大きな不連続感が生じてしまう。そこで考案したものがトンネル通過型切替え方式である。

本方式でも1枚目の画像は拡大され、遮蔽物にぶつかる直前で暗いトンネルに突入する。どのくらい拡大するか、トンネルの長さをいくりにするか、トンネル通過時間をいくりにするかなどで感じ方が微妙に変化する。図14はドアの前の廊下でのパノラマをドアの中の実験室のパノラマに切替える際のアニメーションを示している。

7.4 パノラマ切替え方式の比較に関する実験

上述した3種類のパノラマ切替え方式のうち、どの方式がユーザに最も好まれるかを調べるための実験を行った。表1は実験を行った5種類のパノラマ切替え状況を説明したものである。状況1および2は遮蔽物がない場合、それ以外は遮蔽物がある場合である。ただし状況5の遮蔽物は透明なガラスドアであり、内部が透けて見えている。

実験では各状況に対して3種類の切替え方式を納得がいくまで使用してもらい、どの切替え方式が自分の好みに最も合うか、最も自然で良いと思う方式はどれかを選んでもらった。被験者は本学の学生や教員30名である。実験結果を図15に示す。

表1 実験を行った5種類のパノラマ切替え状況

	状況の説明
状況1	屋外の通路から屋外の通路へ
状況2	屋内の通路から屋内の通路へ
状況3	廊下から不透明なドアを通過して部屋へ
状況4	屋外から遮蔽物を通過して屋内へ
状況5	屋外から透明な遮蔽物を通過して屋内へ

全ての状況において拡大・透明化方式のほうが単なる拡大方式よりも好ましいという結果が得られた。特に、遮蔽物がない状況1および2ではその傾向は顕著であり、遮蔽物があってもそれが透明である場合には好まれた。不透明の遮蔽物がある状況3および状況4ではトンネル切替え方式が最も好まれた。以上の点から、パノラマ切替え方式は状況に応じて変えたほうが良いことが分かった。

7.5 パノラマ撮影間隔に関する実験

パノラマベース仮想環境を構築する場合、パノラマをどのくらいの距離間隔で撮影しておくのが良いのか、という基本的な問題がある。ここではパノラマを切替えながら仮想環境をナビゲーションするときの自然さという観点から

この問題にアプローチしてみた。

図16は横軸がパノラマの撮影間隔、縦軸がそのパノラマ撮影間隔の時の切替えが最も自然で好ましいと感じた被験者の数である。被験者は30人である。最も人気のあったパノラマ間隔は10m、2位は20mであり、この両方で全体の83%を占めている。5mは接近しすぎていて変化が感じられない、100m進むのに20回もクリックしなければならず面倒である、などの理由で敬遠された。パノラマ間隔が40m以上の場合には移動の連続感がなくなるため敬遠された。

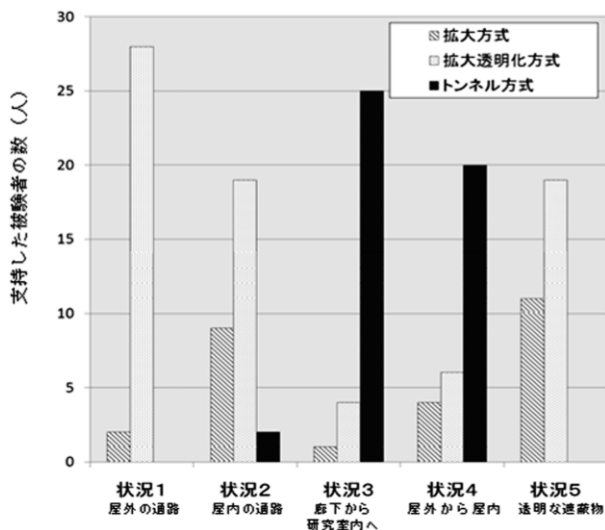


図15 切替え方式の好みに関する実験結果

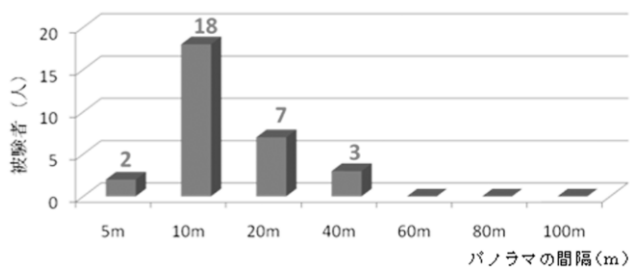


図16 パノラマ撮影間隔の好みに関する実験結果

8. あとがき

これまで等閑視されてきたパノラマベース仮想環境について、テキストアノテーション、音声アノテーション、マップベースナビゲーション、検索ベースナビゲーション、パノラマ切替え方式などについて我々の研究成果を中心に述べてきた。Google ストリートビュー[25]や Microsoft ストリートサイド[26]の出現はこの分野の研究を活発化する契機になると思われる。

今後の課題としては、VRML ベースの FIT パノラマを普及が進んでいる Flash へ移植すること、パノラマ切替え

方式のパラメータの最適化を図ること、パノラマの最適配置計画を総合的な観点から研究することなどである。

参考文献

- [1] 粟井康全, 佐藤誠司, 荒屋真二: キュービックパノラマにおけるアノテーション, 第58回九支連大, 12-2A-03 (2005.9).
- [2] 天野完二, 粟井康全, 荒屋真二: キュービックパノラマにおける検索機能の実装, 第59回九支連大, 11-2P-02 (2006.9).
- [3] 粟井康全, 天野完二, 荒屋真二: キュービックパノラマにおける撮影地点推定システム, 第59回九支連大, 11-2P-03 (2006.9).
- [4] 天野完二, 粟井康全, 三宅芳博, 荒屋真二: イメージベース仮想環境のアノテーションとその応用, 信学技報, ITS/IE/ITE-CG/ITE-HI/ITE-ME, ITS2006-57, pp. 83-87 (2007.2).
- [5] 粟井康全: マップベースキュービックパノラマシステムの開発, 福岡工科大学院工学研究科修士論文 (2007.2).
- [6] 増原隆博: 画像の拡大縮小を利用したパノラマ写真間連続的遷移, 平成18年度福岡工大卒業研究発表会予稿集, <http://www.fit.ac.jp/~araya/yokou/H18/masuhara.pdf> (2007.2).
- [7] 天野完二, 王キン, 荒屋真二: キュービックパノラマのためのパノラマ内検索, 第60回九支連大(2007.9).
- [8] 三宅芳博, 天野完二, 粟井康全, 荒屋真二: ラベル付キュービックパノラマシステム, 信学論 D, Vol. J90-D, No.10, pp.2936-2939 (2007.10).
- [9] 天野完二: 検索機能を持つ Web ベースキュービックパノラマシステムの開発と評価, 福岡工科大学院工学研究科修士論文 (2008.2).
- [10] 荒屋真二, 天野完二, 粟井康全: キュービックパノラマシステムのための撮影地点推定法, 福岡工大研究論集, 第40巻, 第2号, pp.193-197 (2008.3).
- [11] 大神慶久, 吉田直樹, 三宅芳博, 荒屋真二: Web ベースキュービックパノラマシステムの開発とその評価, 信学技報, 第12回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, pp.29-30 (2008.7).
- [12] 大神慶久, 吉田直樹, 三宅芳博, 荒屋真二: 大規模パノラマシステムのためのユーザインタフェースの評価, 第61回九支連大, 02-2P-10 (2008.9).
- [13] 野口顕太郎: 360度パノラマ画像間の疑似的ナビゲーション方法, 平成20年度福岡工大卒業研究発表会予稿集, <http://www.fit.ac.jp/~araya/yokou/H20/noguchi.pdf> (2009.2).
- [14] 三宅芳博, 大神慶久, 荒屋真二: Web ベースパノラマシステムのためのパノラマ検索システムの評価, 福岡

- 工大研究論集, 第42巻, 第1号, pp.7-10 (2009.9).
- [15] 三宅芳博, 大神慶久, 吉田直樹, 荒屋真二: Web ベースパノラマシステムのための音声ガイド付オートナビゲーション, 第62回九支連大, 08-2P-01 (2009.9).
- [16] 大神慶久, 吉田直樹, 三宅芳博, 荒屋真二: パノラマ画像ベース仮想空間における疑似ナビゲーション, 第62回九支連大, 08-2P-02 (2009.9).
- [17] 大神慶久: パノラマベース仮想環境のためのパノラマ間ナビゲーション, 福岡工大工学研究科修士論文 (2010.2).
- [18] 大神慶久, 吉田直樹, 三宅芳博, 荒屋真二: パノラマ画像ベース仮想空間における疑似ナビゲーション, 信学技報, 画像工学研究会, Vol.109, No.469, IE2009-187, pp.47-52 (2010.3).
- [19] 三宅芳博, 大神慶久, 吉田直樹, 荒屋真二: 360度パノラマシステムのための音声ガイドによるオートナビゲーション, 信学技報, 画像工学研究会, Vol.109, No.469, IE2009-189, pp.59-63 (2010.3).
- [20] FIT パノラマシステム: <http://www.fit.ac.jp/~araya/FITPanorama/top/index.html>
- [21] VRML とキュービックパノラマ: <http://www.fit.ac.jp/~araya/vrml20/sample/CubicPanorama/index.html>
- [22] VRML と MS エージェントの連携: <http://www.fit.ac.jp/~araya/vrml20/sample/VRML-MSAgent/index.html>
- [23] S. E. Chen : QuickTime VR: An Image-Based Approach to Virtual Environment Navigation, SIG-GRAPH95 (1995).
- [24] C. Jacobs : Interactive Panoramas, Springer-Verlag (2004.6).
- [25] Google : Google ストリートビュー, <http://www.google.co.jp/help/maps/streetview/>
- [26] Microsoft : Streetside Photos, <http://www.bing.com/maps/explore/>
- [27] Web3D Consortium : <http://www.web3d.org/>
- [28] Easypano : Panoweaver, <http://www.easypano.com/jp/>
- [29] W. Hurst and S. Wittmer : Navigating VR Panoramas on Mobile Devices, 13th International Conf. on Information Visualization, pp.203-209 (2009.7).
- [30] 谷脇良也, 荒屋真二: VRML と HTML を融合したマルチメディア・キャンパス・ガイド・システムの構築, 情処学第55回全大 (1997.9).