

# 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システムのための撮影地点推定法
Author(s)	荒屋 真二
Citation	福岡工業大学研究論集 第40巻第2号 P193-P197
Issue Date	2008-2
URI	<a href="http://hdl.handle.net/11478/948">http://hdl.handle.net/11478/948</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher

Fukuoka Institute of Technology

# 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

荒 屋 真 二 (情報工学科)  
天 野 完 二 (情報工学専攻)  
粟 井 康 全 (株式会社ゼンリン)

## Camera-Position Estimation for Cubic Panorama Systems

Shinji ARAYA (Department of Computer Science and Engineering)

Kanji AMANO (Graduate School of Communication and Computer Engineering)

Yasumasa AWAI (ZENRIN Co., Ltd.)

### Abstract

We have developed and published on the Web the “FIT panorama system”. It is a virtual campus that consists of VRML-based cubic panoramas and Flash-based electric maps. Several camera positions corresponding to each panorama are usually marked on the maps by some means or other. This paper proposes a method that estimates the camera position of a certain panorama from both the panoramic photograph and the map which includes the camera position and the objects in the photograph. A tool is also developed that allows the user to estimate the camera position only by clicking the corresponding points on the panorama and the map. Experiments examine the precision of the proposed estimation method and show the usefulness.

Keywords: *cubic panorama, omni-directional image, camera-position estimation, map, VRML*

### 1. まえがき

現在、多くの大学がポリゴンモデルを用いたバーチャルキャンパスを Web 上に公開している。最近では、Google Earth 上にも大学の建物が増えてきた[9]。しかし、ポリゴンモデルは制作に手間がかかる割にはリアルさが不十分であり、ナビゲーション操作も非熟練ユーザには容易ではなかった[1]。そこで我々は実写画像から簡単に構築できるキュービックパノラマと、ベクタ形式の階層マップを連携させたバーチャルキャン

パス “FIT パノラマ” を開発・公開した[2]。これにより、一般ユーザもリアルな仮想環境を簡単に閲覧できるようになった。キュービックパノラマを提供する場合、マップ上にマークを付与し、それをクリックするとそこから見たパノラマが表示されるようにする機会が多い[3]。また、撮影位置だけでなくパノラマと連動したビューボリュームをマップ上に表示し、ユーザの利便を図ることも多い[4]。

これらを実現するには、パノラマ画像を撮影した正確な位置をマップ上で表示することが必要である。パノラマを撮影しようと決めたマップ上の地点と実際に撮影した地点とを正確に一致させることは一般には困難である。なぜならば、キャンパスマップや建物のフ

ロアマップなど、パノラマで通常使用するマップには緯度経度などの位置を表す目盛りが付与されていないからである。またGPSなどの位置計測システムも精度が不十分であるし、室内など電波の届かない場合もある。そこで、本研究では位置計測器を使わずに、既に撮影されたパノラマ画像と関連マップだけから、マップ上の撮影地点を推定する方法を提案する。また、実験によって提案した推定手法の精度を調べ、十分実用性があることを示す[5]。

## 2. キュービックパノラマとは

無限大の立方体の六つの内面に背景画像(図1)を貼り付け、その立方体の中心(原点)に視点を設定することにより画像ベースの3次元仮想環境を簡単に実現することができる(図2)。この3次元仮想環境を

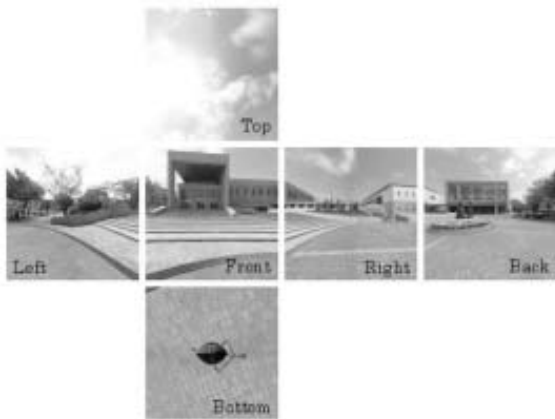


図1 6枚の背景画像  
Fig. 1 Six background images.

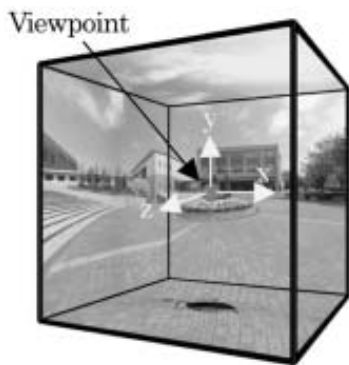


図2 キュービックパノラマのイメージ図  
Fig. 2 An image of the cubic panorama.

「キュービックパノラマ」と呼ぶ。6枚の背景画像は、魚眼レンズで撮影した2枚の画像から既存ソフトを使って簡単に作成できる[4]。同様の仮想環境は半径無限大の球の内面に画像を貼り付けることによっても構築することができる[6]。しかし、国際標準であるVRMLやX3DのBackgroundノードは前者のキュービックパノラマを採用しているので[7]、本論文でもこれを取り上げる。ゆえに、キュービックパノラマは一般的なWebブラウザと無償のVRML/X3Dプラグイン[8]があれば閲覧可能である。

## 3. 撮影地点推定法

本章では、既に撮影されたパノラマ画像と撮影地点を含むマップの二つだけからそのパノラマの撮影地点を推定する方法を提案する。

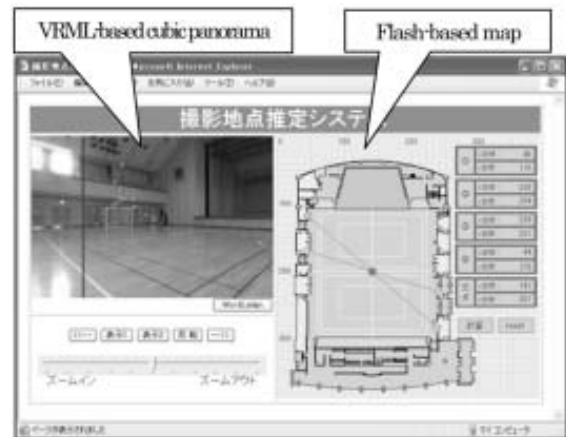


図3 撮影地点推定システム  
Fig. 3 A camera-position estimation system.

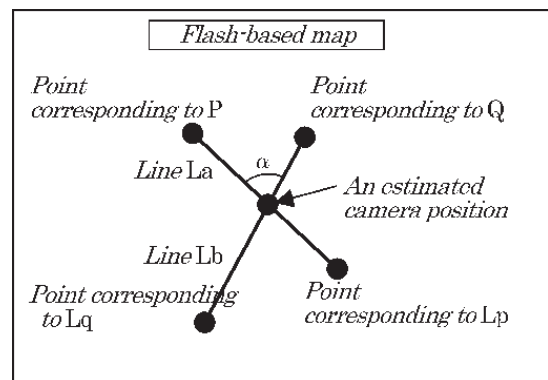


図4 マップ上の2直線 La と Lb  
Fig. 4 Two lines of La and Lb on the map.

撮影地点の推定は、HTML 文書に埋め込まれた VRML ベースのパノラマ画像と Flash ベースのマップの二つを用いて行われる(図3)。パノラマ画像上における、ドアの中心や建物の角など目立ちやすい点を P とする。この点 P と原点に関して180°反対のパノラマ画像上の点を通る  $xy$  平面に垂直な直線を  $L_p$  とする。同様に、もうひとつの点  $Q(\neq P)$  と原点に関して180°反対の点を通る  $xy$  平面に垂直な直線  $L_q$  を考える。これらの直線  $L_p$  及び  $L_q$  は、それぞれ P 及び Q から自動的にパノラマ画像上に描画することが可能である。

次に、パノラマ画像上の点 P と直線  $L_p$  に対応するマップ上の2点を結ぶ直線を  $L_a$  とする(図4)。同様に、点 Q と直線  $L_q$  に対応する2点を結ぶ直線を  $L_b$  とする。これら2直線  $L_a$  と  $L_b$  の交点がパノラマの撮影地点の推定値となることは明らかである。ただし、これら2直線を決定するためには人間がマップ上の対応する点を指定してやる必要がある。つまり、図3の撮影地点推定システムを使い、キュービックパノラマ上に表示された点 P と直線  $L_p$  に対応するマップ上の2点をユーザがマウスでクリックする。同様に、点 Q と直線  $L_q$  に対応するマップ上の2点をユーザがマウスでクリックする。

#### 4. 提案推定法の精度

本章では、提案した撮影地点推定法を使用した推定支援システムを実際に試作し、実験によって推定精度を調べる。

##### 4. 1 実験環境

実験で使用したパノラマ画像は次の2種類である。

(1) FIT アリーナの内部(図3)

(2) FIT キャンパス(図7)

これらを選んだ理由は、設計図面より起こした正確なマップが存在し、かつマップ上にはっきりした目印があるため厳密な撮影地点を簡単に知ることができるからである。また、(1)は閉ざされた小さな空間であるため比較的縮尺が小さく、一方(2)は(1)とは対照的に開かれた大きな空間であり、縮尺が大きいからである。

##### 4. 2 実験方法

実験では2直線  $L_a$ ,  $L_b$  のなす角  $\alpha$  (図4参照)がおよそ次の値になるようにパノラマ画像上の点をク

リックする。

$$\alpha = k\pi/8 \quad (k=1, 2, 3, 4)$$

これは2直線のなす角度  $\alpha$  が推定精度に与える影響を調べるためである。

また、パノラマ画像とマップを人間がマウスでクリックすることによるばらつきの発生が予想されるので、それぞれの角度に対して8回ずつ操作を行うことにした。ゆえにデータの総数は  $4 \times 8 = 32$ 個となる。

#### 4. 3 実験結果と考察

##### (1) FIT アリーナの場合

図5は正しい撮影地点を原点とした座標系において実験によって得られた32個の位置推定値をプロットしたものである。ただし、重なるケースが2箇所あるの

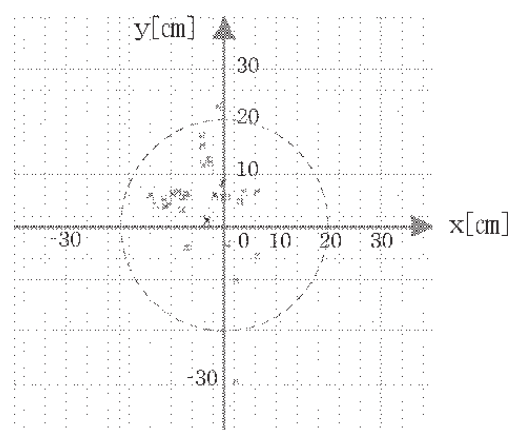


図5 推定誤差の分布 (FIT アリーナ)

Fig. 5 Distribution of estimation errors (FIT arena).

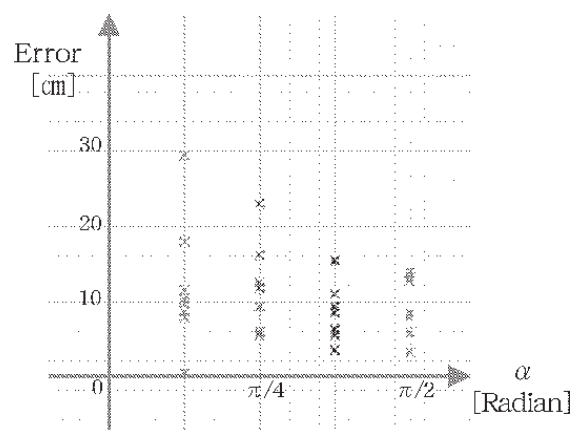


図6  $\alpha$  と推定誤差 (FIT アリーナ)

Fig. 6 Estimation errors vs.  $\alpha$  (FIT arena).

でプロット数は30個になっている。誤差は、一番小さなもので0.3cm、一番大きなもので29cmであり、2個を除き半径20cmの円内に入っている。以上よりキュービックパノラマの撮影地点の推定は極めて高精度で行えることが確かめられた。

図6は位置推定に使用した2直線のなす角 $\alpha$ 毎の誤差(原点から推定地点までの距離)をプロットしたものである。 $\alpha$ が小さいほど誤差のばらつきが大きくなるという傾向が読み取れる。つまり、提案した撮影地点推定法は、2直線のなす角度がなるべく $\pi/2$ に近いほうが、推定精度が良いことが確かめられた。

次に、実際に使用する際にどのぐらいの推定誤差であれば有効といえるのかについて考察する。図3のマップを描画しているFlash座標系における1目盛を実世界の距離に換算すると約18.56cmとなる。これは、既知のバスケットコートの大きさから計算できる。よって、実世界での20cmという推定誤差は、Flash座標系では約1.08となる。図3においてFlashの座標系ではマップの左上を(0, 0)、右下を(400, 400)としている。また、スクリーン座標系におけるマップ領域のサイズは400×400ピクセルであるから、マップの縮尺が図3の状態ではFlash座標系の1目盛とスクリーン座標系の1ピクセルとが対応している。ゆえに、実世界での20cmという誤差は、スクリーン座標系では約1.08ピクセルのズレとなる。誤差の大部分は実世界で20cm以下であるから、スクリーン座標系ではズレが1.08ピクセル以下ということになり、視覚的には問題



図7 FITキャンパス内のパノラマ  
Fig. 7 A panorama in FIT campus.

ないと言える。

(2) FITキャンパスの場合

推定誤差の分布を図8に、 $\alpha$ と推定誤差の関係を図9に示す。図8より、推定誤差は2個を除き半径6mの円内に入っており、FITアリーナの場合に比べ30倍に増大している。しかし、FITキャンパスのパノラマ画像には広い領域が写っているのでマップも広範囲となり、マップの縮尺はFITアリーナに比べてずっと小さくなる。Flash座標系における1目盛を実世界の距離に換算すると約149.9cmとなる。これは、建物D棟の

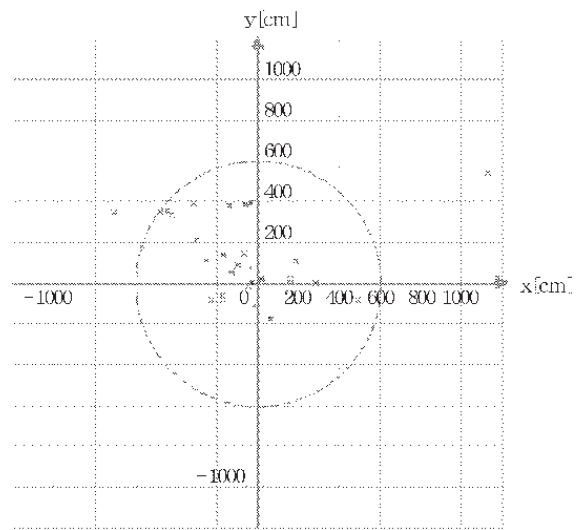


図8 推定誤差の分布 (FITキャンパス)  
Fig. 8 Distribution of estimation errors (FIT campus).

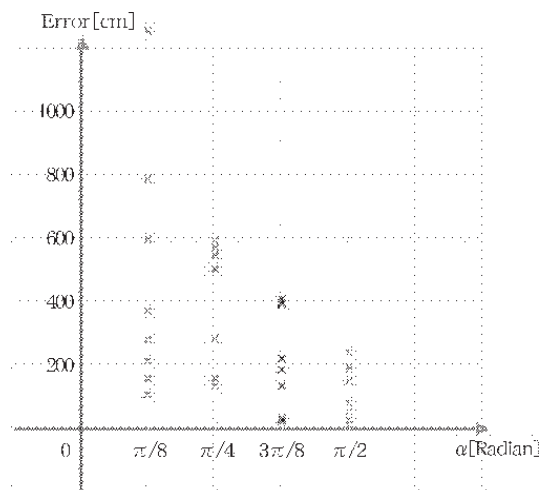


図9  $\alpha$ と推定誤差 (FITキャンパス)  
Fig. 9 Estimation errors vs.  $\alpha$  (FIT campus).

大きさから計算できる。よって、実世界での600cmという推定誤差は、Flash座標系では約4.0となる。Flashの座標系ではマップの左上を(0, 0)、右下を(400, 400)としている。また、前述のようにスクリーン座標系におけるマップ領域のサイズは400×400ピクセルであるから、Flash座標系の1目盛とスクリーン座標系の1ピクセルとが対応している。ゆえに、実世界での600cmという誤差は、スクリーン座標系では約4ピクセルのズレとなる。誤差の大部分は実世界で600cm以下であるから、スクリーン座標系ではズレが4ピクセル以下ということになり、室外においても視覚的には問題ないと言える。また、図9より、 $\alpha$ が小さいほど誤差のばらつきが大きくなるという傾向もFITアリーナの場合と同様である。

## 5. むすび

本研究では、パノラマ画像とマップから撮影地点を推定する方法を提案し、実験によりその有効性を示した。しかし、試作した撮影地点推定システムのこれまでの使用経験では、パノラマ画像上の点とマップ上の点との対応がとりづらい場合が存在することも明らかになった。すなわち、対応するマップ上の点のところに目印となるようなオブジェクトがない場合には、目算によって決定せざるを得ない。これは推定誤差を増大させる要因になるので、何らかの解決策が必要であり今後の課題である。また、今回はマップ上の4点から撮影地点を求めたが、原理的には3点と視点とのなす角度から撮影地点を計算できるはずである。これも今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 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, 情報処理学会第55回全国大会, 1997.
- [2] バーチャルキャンパス “FIT パノラマ”: <http://www.fit.ac.jp/~araya/FITPanorama/top/index.html>
- [3] 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回電気関係学会九州支部連合大会, 12-2A-03, 2005.
- [4] 例 えば <http://www.easypano.com/jp/GalleryTW.htm>
- [5] 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回電気関係学会九州支部連合大会, 11-2P-03, 2006.
- [6] Corinna Jacobs: Interactive Panoramas – Techniques for Digital Panoramic Photography, Springer-Verlag, 2004.
- [7] Web3D Consortium: <http://www.web3d.org/>
- [8] 例 えば Cortona VRML Client: <http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/>
- [9] <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>