

# モデルへのテクスチャマッピングにおける平行投影の影響

## The Error of Texture Mapped Model Using Parallel Projection

○島貫正治, 佐藤寛幸, 瀬戸秀晴, 赤塚孝雄

Masaharu Shimanuki, Hiroyuki Sato, Hideharu Seto, Takao Akatsuka

山形大学工学部

Faculty of Engineering, Yamagata University

キーワード: テクスチャマッピング (texture mapping), 平行投影 (parallel projection), 透視投影 (perspective projection), 3次元モデル (3D model)

連絡先: 〒992 山形県米沢市城南4-3-16 山形大学 工学部 電子情報工学科 赤塚研究室  
赤塚孝雄, Tel.: (0238)26-3323, Fax.: (0238)26-2082, E-mail: tak@eat.yz.yamagata-u.ac.jp

### 1. はじめに

近年, 仮想空間の利用の急速な広まりとともに, そのリアリティを高めるなどの目的で, 3次元モデル, 特に顔モデルへの観測画像のマッピング (テクスチャマッピング) が, 広く使われるようになってきている. 6, 7) 観測画像のマッピングの際, 一般にはカメラを撮像されるオブジェクトから十分離して撮像する事により, 平行投影であるとの仮定を行ってマッピング位置を決定することが多い. このような仮定により, 平行投影にかかる変換は線形変換であるので, カメラの外部パラメータのキャリブレーションが簡素化できるなど, マッピング位置の決定の計算が非常に楽になるが, 実際の撮像の現場を考えると, カメラを十分遠くに設置するのは, 撮像スペースやカメラの性能の面で問題を生じる.

一方, よりリアリティの高い, 質の高いテクスチャマッピングを施そうとした場合, 実際のカメラ

と同様に透視投影によりマッピング位置を決定する事が望ましい. しかし, 透視投影にかかる変換は非線形な変換であるので, その取り扱いが面倒となる. 3, 2) 特に, 球のようなオブジェクトの場合, 透視投影では撮像距離に応じた隠れの問題もあり, よりいっそう平行投影と透視投影のギャップが生じる.

そこで今回は, 顔モデルを対象とし, 平行投影と透視投影でマッピング位置を決定した場合, 両者の間にはどの程度の差があり, 平行投影でも十分と見なせる撮像距離の検討を行った.

### 2. 球モデルによる検討

はじめに顔モデルを完全な球モデルと仮定し, 撮像距離との関係を検討した. 球モデルを実際のカメラで観測した場合, Fig. 1 に示すようなカメラと球の距離に応じた隠れが生じる.

ここで, 球の半径を  $r$ , 球の中心からカメラの主点までの距離を  $l$ , とすると, カメラと球との距

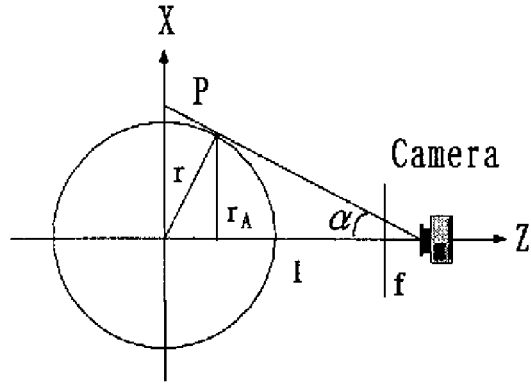


Fig. 1 球で生じる隠れ.

離に応じた実際に観測される見かけの球の半径  $r_A$  は、次式のようになる.

$$\begin{aligned} r_A &= r \cos \alpha \\ &= r \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、オブジェクトに対するカメラの仰角を  $2\alpha$  とすると、 $\sin \alpha = r/l$  である.

まずはじめに、この見かけの半径  $r_A$  に対し、観測画像のどの位置に球上の点 P が観測されるかを計算した. Fig. 2 の点 P ( $r \cos \theta, r \sin \theta$ ) に示す点が、観測されるとき、その観測画像中心から観測された点までの距離  $r'_\theta$  と観測された見かけの半径  $r'_A$  の比 (正規化した観測画像での位置)  $r'_\theta/r'_A$  は、次式のように表される.

$$\frac{r'_\theta}{r'_A} = \frac{\sin \theta \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2}}{1 - \frac{r}{l} \cos \theta} \quad (2)$$

一方、これに対し、平行投影である場合には、観測画像でのその比 (半径で正規化した観測位置) は、単純に  $\sin \theta$  である.

この違いを  $\theta$  を 15 度, 30 度, 45 度, 60 度, 75 度と変え、球の半径に対する撮像距離の比  $l/r$  に対する点 P の観測位置をグラフ化したのが Fig. 3

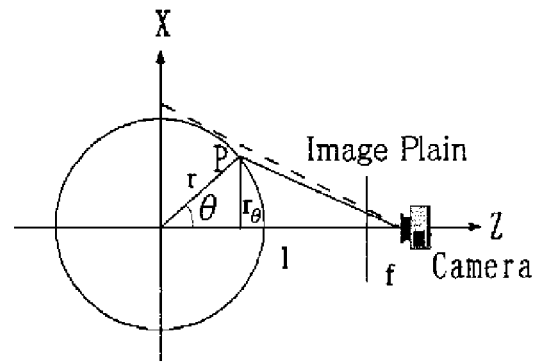


Fig. 2 球上の点 P の観測.

である. ここで透視投影の場合の点 P の観測位置は、観測される球の半径で正規化している. ある撮像距離  $l$  での点 P の観測位置を正規化する球の半径は、その撮像距離で観測される、先に述べた式で算出した見かけの半径である. Fig. 3 において、実線が透視投影による観測位置、破線が平行投影による観測位置を表している.

Fig.3 に示すように撮像距離に近くなるほど、平行投影との投影される位置のずれが大きくなっていくことがわかる. また、透視投影による点 P の観測位置が撮像距離によらず、ほぼ一定となるには、球の半径の 20 倍程度の撮像距離が必要であることがわかる.

### 3. 実際のテクスチャマッピングを行った頭像での検討

次に、Fig. 4 に示すような頭像を準備し、それをカメラに対し正面に向け、カメラとの撮像距離を変えて撮像を行い、実際にテクスチャマッピングを施して検討を行った. この頭像は、コンピュータ上で作製した頭の CG モデルをそのまま実物化できる装置を用いてオブジェクト化し、実際の顔

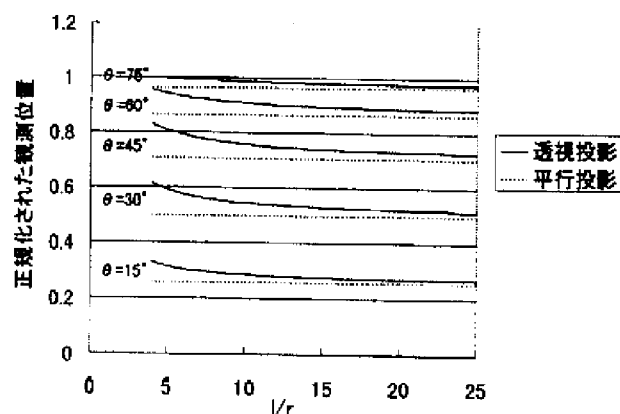


Fig. 3 正規化された観測位置.



Fig. 4 頭像.

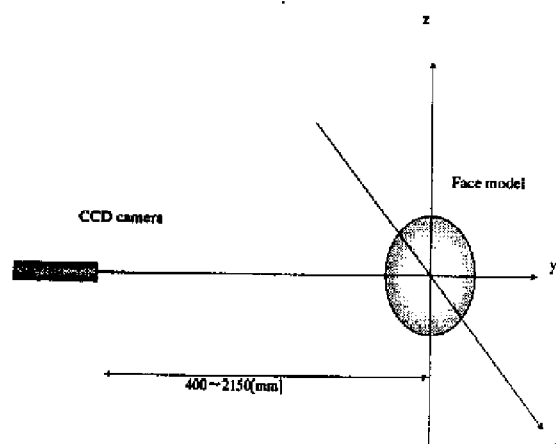


Fig. 5 撮像ジオメトリ.

らしくするため、目と口の部分を着色したものである。頭部のCGモデルは、VRMLファイル形式<sup>8)</sup>にし、観測画像をマッピングする3次元モデルとした。このため、撮像時のジオメトリが既知であるため、透視投影を用いた観測画像のマッピングでは正確な位置決めが行える。

観測画像は、実物化した頭像とカメラの距離を400mmから2150mmまで適宜変え、撮像した。カメラはCCDカメラを使用し、焦点距離6mm、撮像した画像サイズは、640x480である。今回用いた頭像は、横幅、高さとも約200mmである。撮像の際、カメラのレンズの中心線をほぼ頭像の中心になるように調整した。ちなみに、このときのカメラから見たオブジェクトの仰角は、約2.3度から14.0度である。テクスチャマッピングは、キャリブレーション<sup>1)</sup>を行ったあと、撮像ジオメトリ通りに観測画像に透視投影並びに平行投影を行いマッピング対応位置を決定し、その両者の違いを検討した。検討を行うデータファイルはすべてVRML形式とし、表示にはWindows95用のVRML Viewrを用いた。オブジェクトからの距離をそれぞれ400mm, 700mm, 1000mm, 1300mmで撮像し、それぞれに



Fig. 6 平行投影による観測画像のマッピング (撮像距離 400mm) .

対して平行投影による観測画像のマッピングを行い表示したものが, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 である.

また, 400mm の撮像距離で透視投影でマッピングし表示したものが, Fig. 10 である.

これらを見比べると, 400mm の撮像距離の場合などは, 見た目にもかなり異なっており, 特に, 眼の部分では違いが大きく見受けられる. それが, 1000mm となると, その違いもほとんどなくなり, 見た目にはほとんど変わらなくなってくる.

そこで, 平行投影を透視投影の両者を表示した画像上での, 左目の目尻の位置の差を測定したのが, Fig. 11 である. これをみると, 2000mm 程度ではほぼ両者が近づいていることがわかる.

また, 平行投影と透視投影の両者の間の相関をとったのが, Fig. 12 である. この図からも 1000mm 程度ではほぼ両者の相関値が距離によって不変になっていることがわかる.



Fig. 7 平行投影による観測画像のマッピング (撮像距離 700mm) .



Fig. 8 平行投影による観測画像のマッピング (撮像距離 1000mm) .



Fig. 9 平行投影による観測画像のマッピング (撮像距離 1300mm).

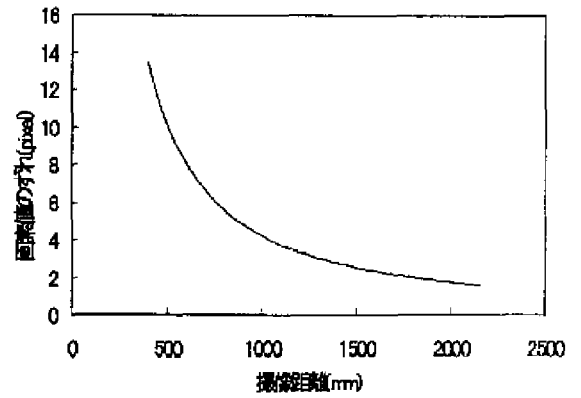


Fig. 11 平行投影と透視投影のずれ.



Fig. 10 透視投影による観測画像のマッピング.

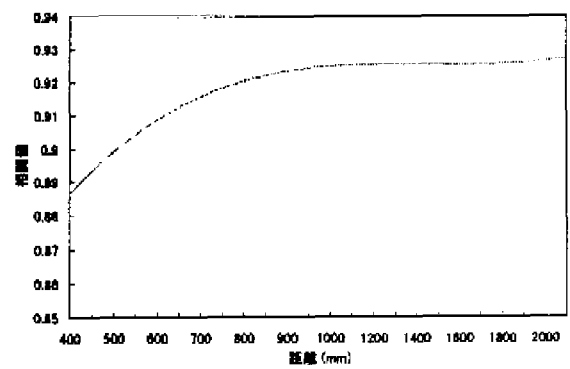


Fig. 12 平行投影と透視投影の相互相関.

## 4. まとめ

観測画像をマッピングする際、あるオブジェクトに対し、どの程度の撮像距離をとれば、その投影は平行投影とみなせるかの検討を頭像を実験に用い、その撮像距離を様々変えることにより行った。

その結果、平行投影として扱える撮像距離として、顔のようなオブジェクトの場合、今回のような解像度での実験においては、オブジェクト半径の20倍の距離で撮像を行えば、両者の位置のずれはほとんどなくなることがわかった。しかし、実際の見た目には、オブジェクト半径の10倍以上の撮像距離をとれば、透視投影を行った場合とほぼ同じとなることもわかった。

今後の平行投影を用いて、目的とした観測画像のマッピングを行う際の実際の人物像などの撮像の目安としたい。

## 参考文献

- 1) 武田常広, 福井幸男, 飯田健夫, "3次元オブジェクト III(TOD III)の開発とその応用," 計測と制御, Vol.31, No.8, pp.909, Aug. 1992.
- 2) Gang Xu and Zhengyou Zhang, "Epipolar Geometry in Stereo, Motion and Object Recognition," Kluwer Academic Publishers, 1996.
- 3) 出口光一郎, "画像と空間," 昭晃堂, 1991.
- 4) 氏原真代, 田島伸浩, 波田野浩, 福田賢一, 福田寛, "画像数学入門," 東洋書店, 1995.
- 5) 島貫正治, 赤塚孝雄, "VRMLモデルへのテクスチャマッピング," 情報処理学会東北支部, 1996年度第4回研究会, 資料番号96-4-10, Mar. 1997.
- 6) 長谷川修, 森島繁生, 金子正秀, "「顔」の情報処理," 信学論 (D-II), Vol.J80-D-II, No.8, pp.2047-2065, Aug. 1997.
- 7) 向川康博, 中村裕一, 大田友一, "複数の顔画像の組み合わせによる任意方向・任意表情の顔画像の生成," 画像の認識・理解シンポジウム, pp.25-30, July 1996.
- 8) Andrea L. Ames, David R. Nadeau, John L. Moreland, "THE VRML SOURCEBOOK," John Wiley & Sons, Inc., 1996.