

全天周映像作成のための、簡易ドームマスター生成手法について

三浦 昭^{*1}

A Simple Method to Create Dome Master for Full Dome Visualization

MIURA Akira^{*1}

概 要

全天周映像向けのフォーマットとして広く普及しているドームマスター形式の映像を様々なレイトレーシングソフトウェアでレンダリングするための、カメラオブジェクトと鏡面オブジェクトの簡易な組み合わせについて述べる。この手法は、ドームマスター形式に対応していないレイトレーシングソフトウェアにおいても適用可能なものである。

キーワード: ドームマスター, レイトレーシング, 鏡面, 回転楕円体

Abstract

The dome master format is widely used to film scenes for full dome theaters. This paper describes a simple combination of a camera object and a mirror object, which enables various ray tracing applications to render scenes suitable for the dome master format. This method is applicable for ray tracing applications that are not equipped with functions to render scenes for the dome master format.

Keywords: Dome Master, Ray Tracing, Mirror, Spheroid

1 まえがき

近年、全天周スクリーン用デジタル投影机 [1][2][3] の普及により、各地のプラネタリウム施設等で全天周映像番組が上映できるようになってきた。これらの全天周映像用のフォーマットとしては、ドームマスター形式 [4][5] が広く普及している。全天周映像としては、魚眼レンズなどを用いた実写映像の他に、レイトレーシング [6] ソフトウェア等で作られた CG 番組も多く提供されている。係る CG ソフトウェアも、ソフトウェア本体でドームマスター形式に対応したものや、ドームマスター形式に対応させるためのプラグイン等を用いるもの等が提供されている [7]。

一方で、ドームマスター制作の初心者、もしくは今後ドームマスターを習得するであろう予備軍を対象として考えた場合、彼等が使用していると思われる CG ソフトウェアは多様であり、必ずしも全ての CG ソフトウェアがドームマスター形式に対応しているとは限らない。そのような環境下で初心者向けのドームマスター制作講習

等を行おうとした場合、全ての受講者がドームマスター制作に対応した CG ソフトウェアを持ち寄れるかどうかは、保証の限りではない。さりとて、講習者側が画一的な CG ソフトウェアを用意して講習を行うことは、受講者としては、不慣れな CG ソフトウェアを用いた講習となる可能性が高く、そのようなケースではソフトウェアの操作自体の習熟に多くの時間を費やさねばならないというデメリットがある。

簡易のドームマスター制作手法としては、カメラの視線を一旦球体の鏡面に反射させることでドームマスターに近い映像をレンダリングする手法が提案されている [8]。また Bourke はポリゴンの法線方向を工夫することにより、ポリゴンの組み合わせでありながら滑らかなドームマスター映像を制作できる鏡面のモデルを提案している [9]。前者については、カメラと球体の組み合わせにより撮像系が構成できるため、講習会等の導入として取り扱える程度に単純である。しかしながら前者は真のドームマスターとの誤差は少なくない。また後者については、レンダリング精度の向上は期待できるが、構成

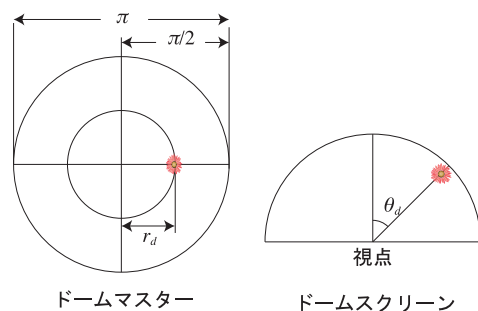


図 1: ドームマスターの模式図

左: ドームマスター, 右: ドームスクリーン上の投影

が複雑であり, 様々な CG ソフトウェアに対応させるためには, 相応の技術力が必要であると考えられる.

そこで本稿では, ドームマスター制作初心者向けの講習等においても, 受講者手持ちの CG ソフトウェア上で簡易にドームマスター制作を体験できるようにすることを目指して, カメラからの視線を一旦回転楕円体の鏡面に反射させることでドームマスターを模擬した画像をレンダリングする手法について述べる.

この手法は, 球体の鏡面に反射させる手法と同様に, 撮像系を構成するオブジェクトは単純かつ少数である. 同時に, オブジェクトの形状や配置を工夫することによりレンダリングの精度向上も期待されるものである.

2 検討する手法の概要

2.1 全天周映像におけるドームマスターの概略

全天周映像制作におけるドームマスターとは, 半球状のドームスクリーン面に描く映像を正距方位図法で円形に投影したものである [4]. ドームマスターの中心がドームスクリーン面の中心位置に相当し, ここを極点に例えると, 緯度に換算して赤道から極までの 90 度 ($\pi/2$) の範囲が描かれる. 模式図を図 1 に示す. ドームマスターの中心からの距離は, ドームスクリーン面上の対応する点と極点との緯度差に比例する. ここで, ドームスクリーンを構成する球の中心を視点とした場合に, 視点から見てレンダリングされるオブジェクトと極点とのなす角を θ_d とし, これに対応するドームマスター上の点の, 中心からの距離を r_d とする. ドームマスターの半径を $\pi/2$ で表すとすると, 式 1 の関係が成り立つ.

$$r_d = \theta_d \quad (1)$$

ドームマスターの例として, 球状の経緯線 (図 2) と, その中心に視点を置いてドームマスターで描いた結果

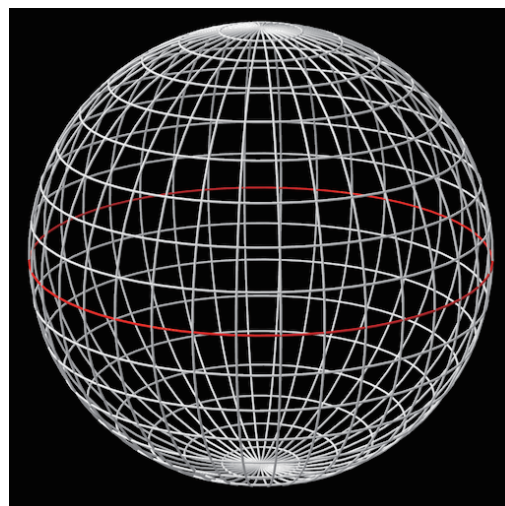


図 2: 経緯線の例 (経度, 緯度共に 10 度間隔)

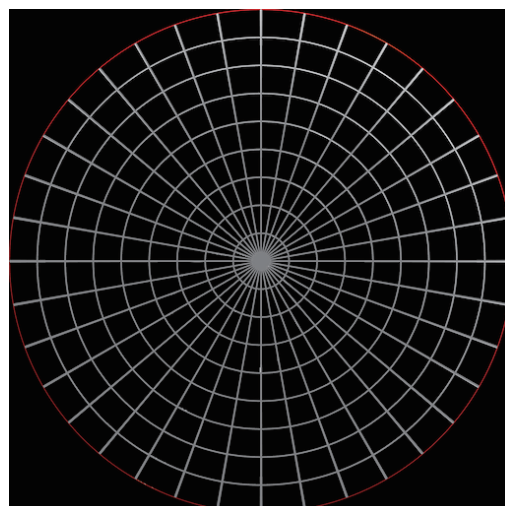


図 3: ドームマスターの例

(図 3) を示す. 両図中の赤線は, 赤道の位置を表している.

2.2 鏡面反射を用いたドームマスターの模擬

本稿においては, 全天周映像制作にあたって, ドームマスターのフォーマットを模擬するために, 回転楕円体の鏡面とカメラオブジェクトを組み合わせた撮像系を構成する. 概略を図 4 に示す. ここで, 描くべきオブジェクトは, 係る撮像系から十分遠くにあると仮定する. 図中の視線と仮想スクリーンが交わる点には, カメラの視線が鏡面に反射した先にあるオブジェクトが描かれると仮定する.

以後, 本稿においては, 鏡面反射を用いて生成するドームマスターについては, 「模擬ドームマスター」と称

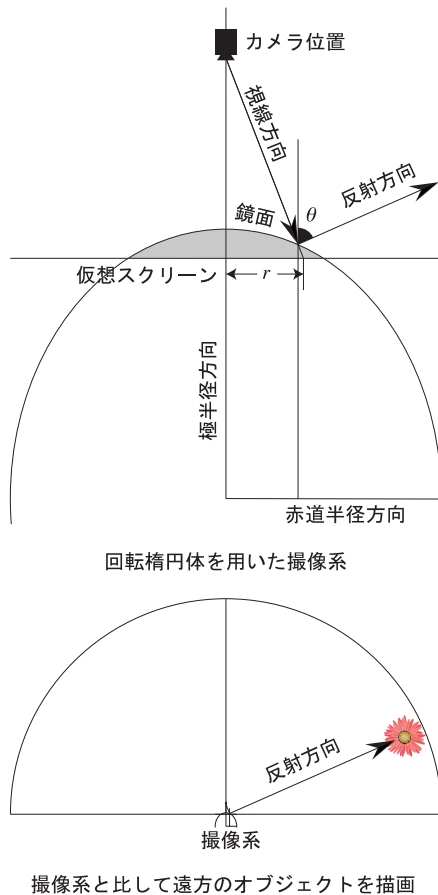


図 4: 鏡面反射を用いたドームマスターの模擬

することにより、歪の無い真のドームマスターと区別する。模擬ドームマスターの精度を上げるためには、図 4 中の θ と r が式 1 のような比例関係に近似できるような条件を求める必要がある。その計算の詳細は、3 節以降に示す。

2.3 本手法の適用範囲

本稿で検討する手法は、真球や回転楕円体を扱えるレイトレーシングソフトウェア一般に適用可能である。自由曲面等で球等を近似するソフトウェアへの応用も可能であるが、そのような場合、本手法におけるレンダリング結果の精度は、次節以降で求める誤差に加えて、係る CG ソフトウェアの曲面近似精度にも依存する。

2.4 本手法の制約

本稿で検討する手法は、鏡面反射を用いる結果として、幾つかの制約が生じる。

透明度 (α 値) 半透明オブジェクトや、オブジェクトが存在しない範囲等を識別するために、レンダリングされた画像に透明度 (α 値) を保存する場合があるが、本稿で述べた手法では常に鏡面オブジェクトの反射が描かれるため、適切な透明度を保存することができない。

鏡面オブジェクトの影 撮像系を構成する鏡面オブジェクトの影が、他のオブジェクトに現れることがある [9]。撮像系の鏡面オブジェクトは、影を落とさない設定にする必要がある。そのような設定の無い CG ソフトウェアにおいては、光源やオブジェクトと撮像系との位置関係に配慮する必要がある。

鏡面オブジェクトの写り込み 撮像系を構成する鏡面オブジェクトが他の鏡面反射に映り込む場合がある。撮像系の鏡面オブジェクトは、他のオブジェクトにおける反射に写り込まないように設定にする必要がある。そのような設定の無い CG ソフトウェアにおいては、他のオブジェクトと撮像系との位置関係に配慮する必要がある。

像の反転 模擬ドームマスターにおいては、鏡面における反射が 1 回あるため、得られる像は反転したものになる。そのため、オブジェクト配置もしくは撮像系のパラメータを予め反転させるか、後処理としての像反転が必要となる。

ただし、これらの課題の多くは、オブジェクト配置やパラメータ等の工夫によって解決可能であり、初心者向けの講習やドームマスター映像制作の習得用途としては、致命的な問題になることはないと考えられる。

2.5 図式等の簡略化

一般に円柱座標 (r, λ, z) と直交座標 (x, y, z) とは式 2、式 3 のような関係で表される。

$$x = r \cos \lambda \quad (2)$$

$$y = r \sin \lambda \quad (3)$$

ここで鏡面となる回転楕円体の中心を原点に置き、極を Z 軸上に置くとする。併せて視点、注視点を Z 軸上に置くとなると、鏡面反射に係る計算は、角度 λ の値によらず、円対称に扱うことが可能となる。以降、本稿における図・式等については、円対称に扱うことができる配置を用いて、円柱座標系における λ 方向の表記を省略し、X, Y 方向の 2 次元直交座標系を用いて撮像系を表現することとする。

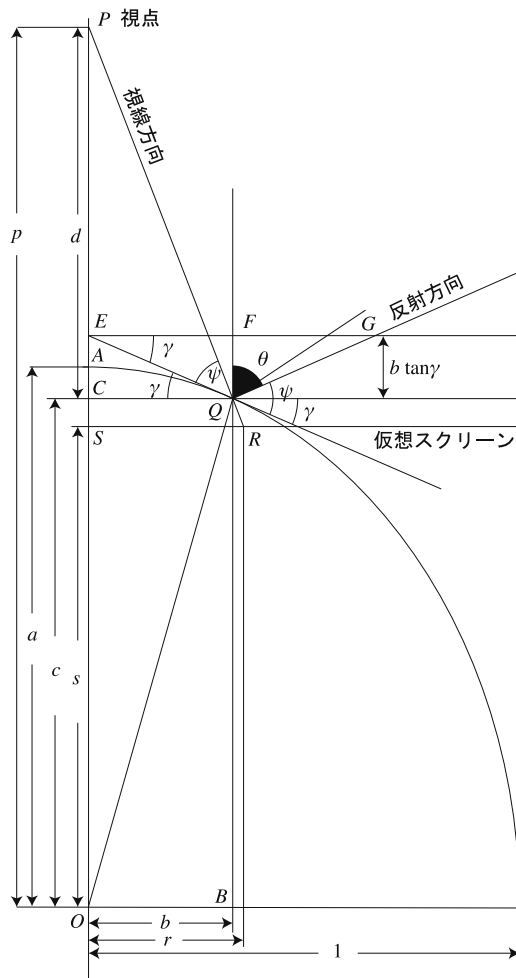


図 5: 模擬ドームマスター (透視投影)

3 透視投影を用いる場合

3.1 位置、角度等の定義

本稿においては原点 O に対して、図 5 に示すような各位置、角度等を、次のように定義する。

- 鏡面となる回転楕円体は、原点 O を中心として、水平方向 (X 軸方向) に赤道半径、鉛直方向 (Y 軸方向) に極半径を設定する。ここで赤道半径は 1、極半径は a とする。このとき、 Y 軸正方向の極点 A の座標は、 $(0, a)$ となる。
- 仮想スクリーンは、原点から s 離れた水平面上に置き、スクリーンの中心 S を $(0, s)$ とする。
- 視点 (カメラ位置) P は原点 O から鉛直正方向に置き、原点との距離を p とする。視点 P の座標は、 $(0, p)$ となる。
- 注視点は、仮想スクリーンの中心 S に置く。

- 視点 P から発する視線と鏡面との交差する点を Q とする。 Q から X 軸に垂直に引いた線と X 軸の交わる点を B とし、その座標を $(b, 0)$ とする。 Q から Y 軸に垂直に引いた線と Y 軸の交わる点を C とし、その座標を $(0, c)$ とする。これにより、点 Q の座標は (b, c) と表される。
- 線分 PC の長さは d と表す。
- 直線 PQ と仮想スクリーンが交差する点を R とし、その座標を (r, s) とする。
- 点 Q における鏡面との接線が Y 軸と交わる点を E とする。 E を通り X 軸に平行な直線が、直線 BQ と交わる点を F とする。
- 直線 PQ (視線) が点 Q において鏡面反射して生じる直線が、直線 EF と交わる点を G とする。
- 視線方向と直線 EQ がなす角を ψ と表す。 ψ は、鏡面上の点 Q における視線の入射角を表すと同時に、出射角とも等しくなる。
- 角 FEQ を γ と表す。図 5 中では、互いに平行な直線 EF と直線 CQ に係る、角 FEQ の同位角・錯角も、同様に γ と表している。
- 角 FQG を θ と表す。

以上の定義は、視点 P に関連する定義を除いて、次節以降も共通に使用する。

また、これらの定義より、 ψ , γ , θ の関係は、式 4 で表される。

$$\psi - \gamma = \frac{\pi}{2} - \theta \quad (4)$$

線分 CP の長さ d は、式 5 で表される。

$$d = b \tan(\psi + \gamma) \quad (5)$$

以上の諸条件から、 θ , r を求める式を導き出す。

3.2 球 (円) における関係式を用いた計算

ここで図 5 を Y 軸方向に $1/a$ 倍した図 6 を考える。図 6 において、鏡面は球 (図上では円) となる。図 5 の各点の位置や角に対応する点や角を表すために、添字 ' n ' を用いることとする。図 6 中で、添字の付いた各点、角等は、図 5 中の、添字 ' n ' の無い各点、角等に対応している。

また、三角形 BOQ_n について、角 BOQ_n を α と表し、角 OQ_nB を β と表す。 α , β は、互いに余角の関係であり、式 6 が成立する。

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad (6)$$

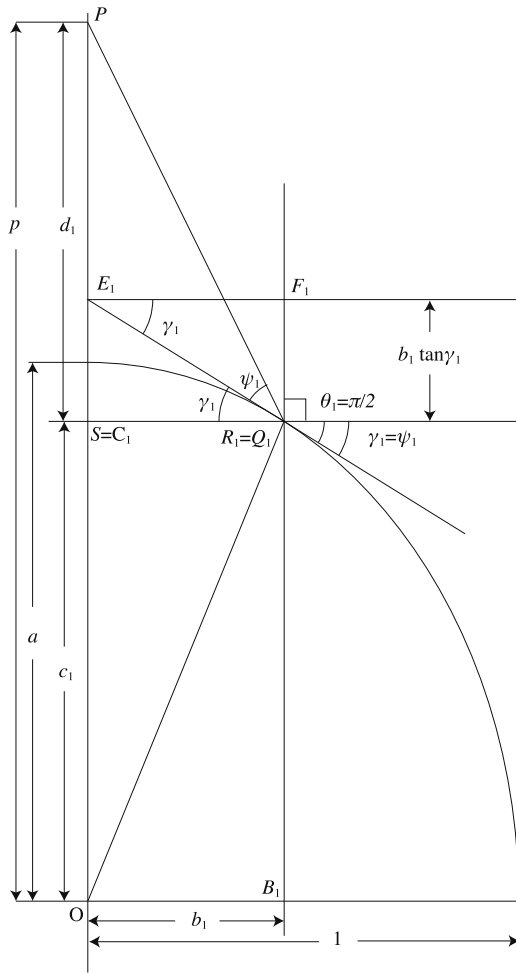


図 7: 模擬ドームマスター (透視投影, エッジ部分)

ここで $a \tan \beta_1$ が 1 となる場合は, 平行投影図法に相当する. 平行投影については, 4 節で述べることにし, 本節では透視投影が成り立つ範囲について述べる.

原点 O から視点位置 P までの長さ p は, 式 19, 式 22 を用いて, 式 23, 式 24 のように求まる.

$$p = c_1 + d_1 \quad (23)$$

$$= a \cos \beta_1 + b_1 \tan \{2 \tan^{-1}(a \tan \beta_1)\} \quad (24)$$

以上で, 角度 β_1 を定めた際の, 模擬ドームマスターのスクリーン位置と視点位置を求めることができた.

3.4 模擬ドームマスターのエッジ以外の計算

続いて, 図 5 において, 視線とスクリーンが交差する点 R の位置を求める. 点 Q の位置は, 式 10, 式 12 より, $(\sin \beta, a \cos \beta)$ と表されるので, これを用いて直線 PQ とスクリーン面が交差する位置 R の X 座標 r を求める.

線分 PC の長さ d は式 25 で与えられる. これと式 12 より式 26 が得られる.

$$d = p - c \quad (25)$$

$$= p - a \cos \beta \quad (26)$$

三角形 CPQ と三角形 SPR は相似形であるため, 線分 CQ の長さ b と線分 SR の長さ r の比は式 27 で表される. これより r の値は式 28 となり, 式 10, 式 26 と併せて式 29 が求まる.

$$\frac{r}{b} = \frac{d_1}{d} \quad (27)$$

$$r = \frac{bd_1}{d} \quad (28)$$

$$= \frac{d_1 \sin \beta}{p - a \cos \beta} \quad (29)$$

ここで, 仮想スクリーン上の模擬ドームマスターにおいても, 図 1 と同様に, 半径 $\pi/2$ となるように正規化することとする. 式 20 で得られた, スクリーンの中心からエッジまでの長さが $\pi/2$ となるように, 式 30 にて, r_d を定義する. これはスクリーンのエッジにおいては, 式 31 となる.

$$r_d = \frac{\pi}{2b_1} r \quad (30)$$

$$r_{d1} = \frac{\pi}{2b_1} b_1 = \frac{\pi}{2} \quad (31)$$

式 30 と式 20, 式 29 から, 式 32 が求まる.

$$r_d = \frac{\pi}{2 \sin \beta_1} \frac{d_1 \sin \beta}{p - a \cos \beta} \quad (32)$$

次に, θ を求める. 式 4 より, θ は式 33 で表される.

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \psi + \gamma \quad (33)$$

また ψ については, 式 5 から式 34 が得られる.

$$\psi = \tan^{-1} \frac{d}{b} - \gamma \quad (34)$$

式 33, 式 34 から θ を求めると, 式 36 が得られる.

$$\theta = \frac{\pi}{2} - (\tan^{-1} \frac{d}{b} - \gamma) + \gamma \quad (35)$$

$$= \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{d}{b} + 2\gamma \quad (36)$$

これに式 10, 式 16, 式 26 を適用すると, 式 37 が求まる.

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{p - a \cos \beta}{\sin \beta} + 2 \tan^{-1}(a \tan \beta) \quad (37)$$

このようにして求められた θ と r_d の差が小さいほど, 模擬ドームマスターのレンダリング結果は, 真のドームマスターに近くなると考えられる.

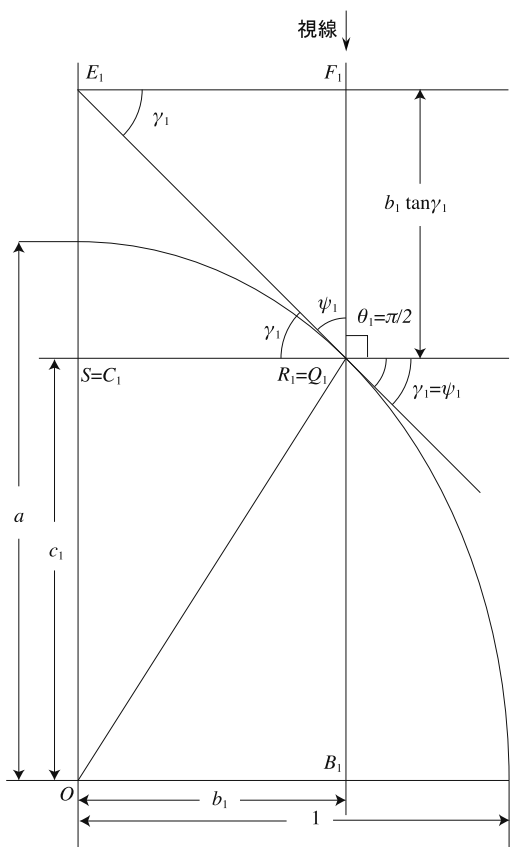


図 8: 模擬ドームマスター (平行投影, エッジ部分)

4 平行投影を用いる場合

平行投影図法を用いた場合、模擬ドームマスターのエッジにおいて、図 8 の関係が成り立つ。視線は常に Y 軸に平行となる。ここで、視点位置 P が関与しない式については、本節と 3 節とで共通である。

θ_1 についても、3 節と同様に、式 17 を適用する。その結果、 γ_1 , ψ_1 は、共に $\pi/4$ となり、式 16 より、式 38, 式 39 が求まる。

$$a \tan \beta_1 = 1 \quad (38)$$

$$\beta_1 = \tan^{-1} \frac{1}{a} \quad (39)$$

式 20 より、式 40 が求まる。

$$b_1 = \sin \tan^{-1} \frac{1}{a} \quad (40)$$

エッジ以外においては、図 9 の関係が成り立つ。ここで ψ と γ は、式 41 の関係になる。

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \gamma \quad (41)$$

よって、式 33 は式 42 のように変形できる。

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\pi}{2} - \left(\frac{\pi}{2} - \gamma \right) + \gamma \\ &= 2\gamma \end{aligned} \quad (42)$$

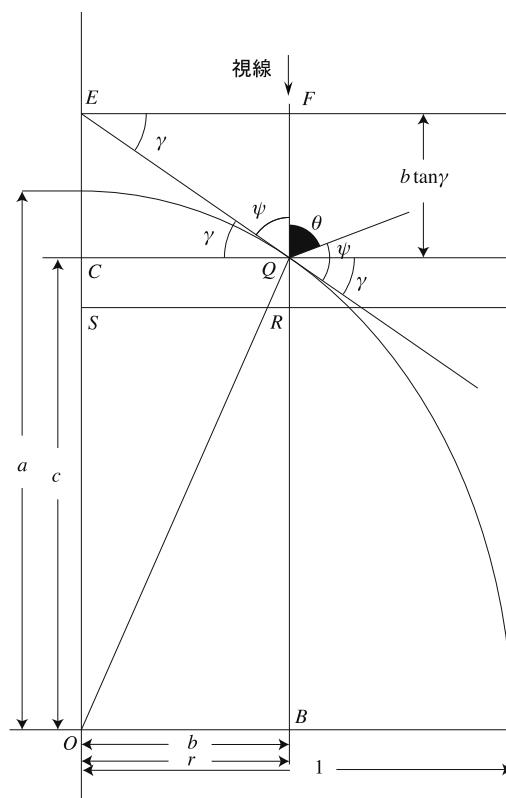


図 9: 模擬ドームマスター (平行投影)

式 16 より、式 43 が求まる。

$$\theta = 2 \tan^{-1}(a \tan \beta) \quad (43)$$

また平行投影図法においては、 r と b は等しいので、式 10 を用いて、式 44 が求まる。

$$r = \sin \beta \quad (44)$$

このとき、式 30 の定義と式 40 より、 r_d は式 45 のようになる。

$$r_d = \frac{\pi}{2 \sin \tan^{-1} \frac{1}{a}} \sin \beta \quad (45)$$

5 評価

3 節で述べた透視投影及び 4 節で述べた平行投影による各手法について、模擬ドームマスターと真のドームマスターとの誤差を評価する。

5.1 透視投影

図 10 に透視投影を用いた場合の誤差の計算結果を示す。横軸は、鏡面の赤道半径に対する極半径の比 (a) を表す。縦軸に表された誤差は、以下の手法で求めたものである。

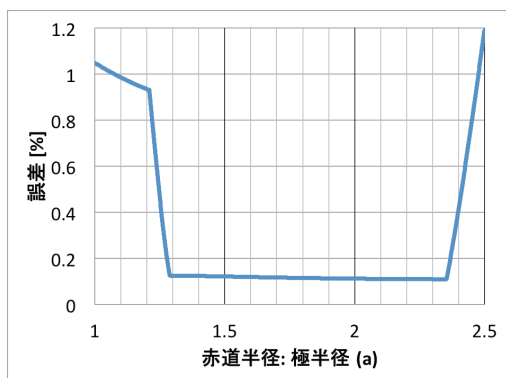


図 10: 透視投影における誤差 (全体)

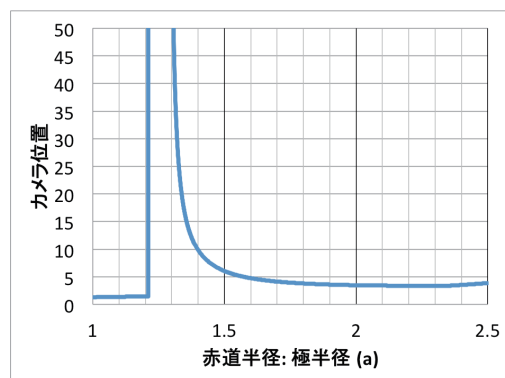


図 12: 透視投影におけるカメラ位置 (全体)

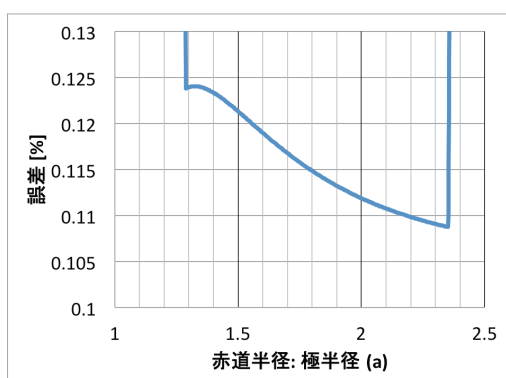


図 11: 透視投影における誤差 (拡大)

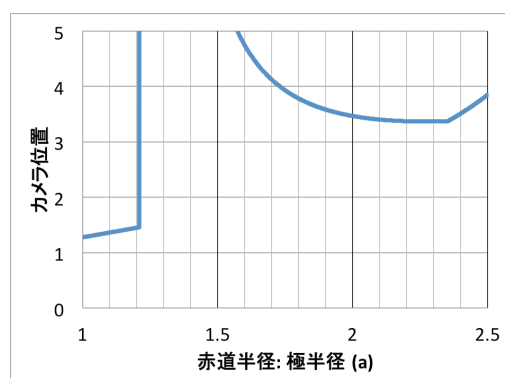


図 13: 透視投影におけるカメラ位置 (拡大)

- 与えられた a に対して、 $0 < a \tan \beta_1 < 1$ の範囲内にある β_1 について、次の計算をする。
- $0 < \beta < \beta_1$ の範囲内にある β について、 a と β から求まる θ と r_d の差の絶対値を計算する。
- θ と r_d の差の絶対値の内、最大となるものを、その a , β_1 の組み合わせにおける最大誤差とする。
- a , β_1 の組み合わせにおける最大誤差の内、 $0 < a \tan \beta_1 < 1$ の範囲内において最小となるものを、 a における誤差とする。

この図より、比が 1.3 付近から 2.35 付近までの誤差が一様に小さくなっていることがわかる。図 11 に、係る範囲の誤差の拡大図を示す。誤差が最小となるのは、比が 2.35 の付近となった。ここでの誤差は約 0.11% となった。これは、4K (4,096 ピクセル× 4,096 ピクセル) のドームマスターフォーマットに換算して、2 ピクセル程度となる。ドームスクリーンに投影された映像において 2 ピクセルの誤差を目視で判別することは事実上不可能であり、この範囲の誤差は十分実用レベルにあると考えられる。

図 10 における誤差を得たときのカメラ位置 p を図 12

に示す。同様に、その拡大図を図 13 に示す。 a が 1.2 付近から 1.4 付近の範囲では、カメラが鏡面から大きく離れており、1.2 付近から 1.3 付近の範囲では、事実上平行投影となっている。一方、図 11 で誤差最小を示していた $a = 2.35$ 付近ではカメラ位置も鏡面に近づいており、現実的な撮像系を構成できると期待される。

また、球 ($a = 1$) で鏡面を構成した場合のカメラ位置は 1 に近くなっている。球の半径 1 を差し引くと、カメラ位置と鏡面の距離は短い。図 10 によると、この時の誤差は 1% 余りあるが、球を鏡面に用いることは、撮像系をコンパクトに構成できるメリットがあると考えられる。

各 a について、誤差最大となる角度 (r_d) を図 14 に示す。図中では、角度をラジアンではなく度 (°) に換算して表している。誤差最大となる角度は、概ね 30 度付近と 75 度付近に現れている。この 2 箇所誤差が最大となるケースでは、それぞれの角度付近における誤差は、ほぼ同一となった。

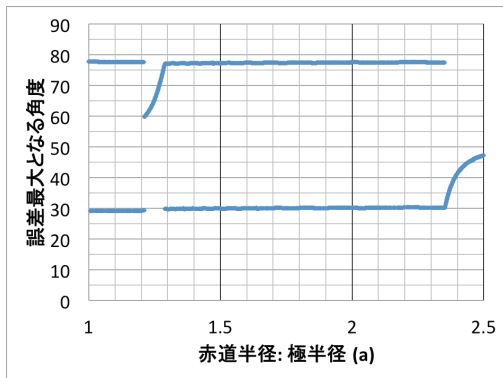


図 14: 透視投影における誤差最大となる角度

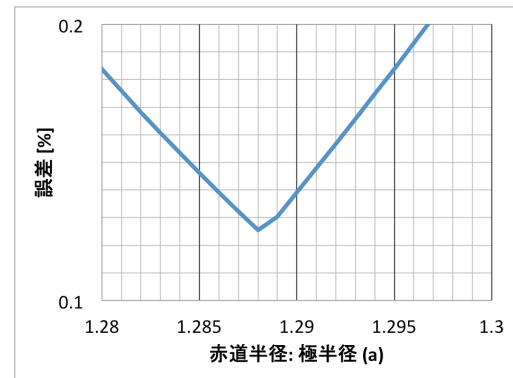


図 16: 平行投影における誤差 (拡大)

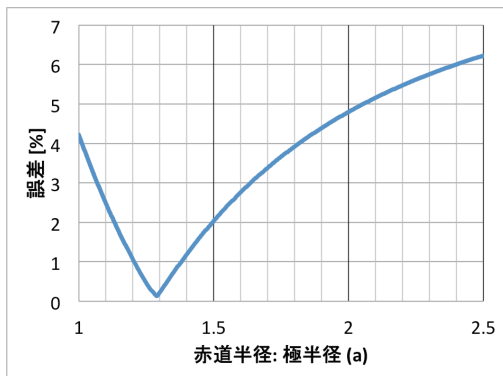


図 15: 平行投影における誤差 (全体)

5.2 平行投影

平行投影における誤差を、図 15 に示す。縦軸に表された誤差は、以下の手法で求めたものである。

- 与えられた a に対して、 $a \tan \beta_1 = 1$ となる β_1 について、次の計算をする。
- $0 < \beta < \beta_1$ の範囲内にある β について、 a と β から求まる θ と r_d の差の絶対値を計算する。
- θ と r_d の差の絶対値の内、最大となるものを、その a における誤差とする。

誤差が最小となる付近の拡大図を、図 16 に示す。平行投影においては、 $a = 1.288$ 付近が最も誤差が小さくなる。この付近における誤差は、約 0.13% となった。これは 4K のドームマスターフォーマットにおいて 3 ピクセル未満の誤差となる。平行投影の場合、カメラ位置を鏡面の直近におくことができるため、撮像系をコンパクトに構成することができる。平行投影に対応した CG ソフトウェアであれば、十分実用的な設定である。

以上の結果は、2.5 節で述べたように、円柱座標系 (r, λ, z) の角度 λ によらず、模擬ドームマスター形式の任意の角度方向に対して同様に適用できるものである。

表 1: 撮像系を構成するパラメータ

	投影	a	$s (c_1)$	p	誤差 [%]
(1)	平行	1.288	1.017	N/A	0.13
(2)	透視	1	0.930	1.277	1.04
(3)	透視	2.350	2.235	3.374	0.11

5.3 撮像系の構成例

以上の結果より、撮像系を構成するパラメータを選定する。候補を表 1 に示す。ここでは、(1) 平行投影にて良好な結果が得られる、 $a = 1.288$ のときの値、(2) 透視投影と球 ($a = 1$) の鏡面反射にて良好な結果が得られる値、(3) 透視投影と回転楕円体の鏡面反射にて良好な値が得られる $a = 2.350$ のときの値を例示した。いずれにおいても、撮像系を構成するカメラの画角調整はソフトウェア毎に設定方法が異なると考えられるが、それ以外に考慮すべき位置やサイズは、2 つ乃至 3 つのパラメータで表すことができる。(1), (2), (3) のいずれも、講習等で提示するパラメータ数としては、無理の無い範囲に収まっていると考えられる。

(1) は平行投影であるため、視点と鏡面の距離を短く設定でき、撮像系がコンパクトになる。(2) は球を鏡面として用いるため、扁平率を設定する必要がない。また視点と鏡面の距離も比較的短くなる。(3) は、計算上は最も高精度であると期待されるパラメータ設定である。前 2 者と比べて、考慮すべきパラメータが 1 つ増え、視点位置は鏡面から若干遠くなる。

なお実際に撮像系を構成する場合には、仮想スクリーン面下の不要な鏡面を視点から隠すための平面を、仮想スクリーンの位置に配置すると、ドームマスターとして描くべき範囲外の領域を隠すことができる。

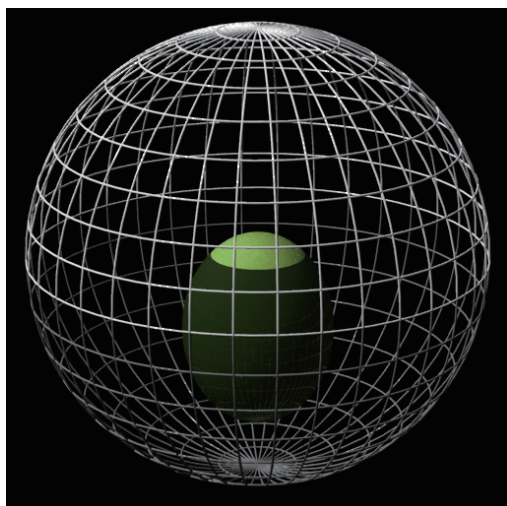


図 17: 経緯線レンダリングの模式図 (例示)

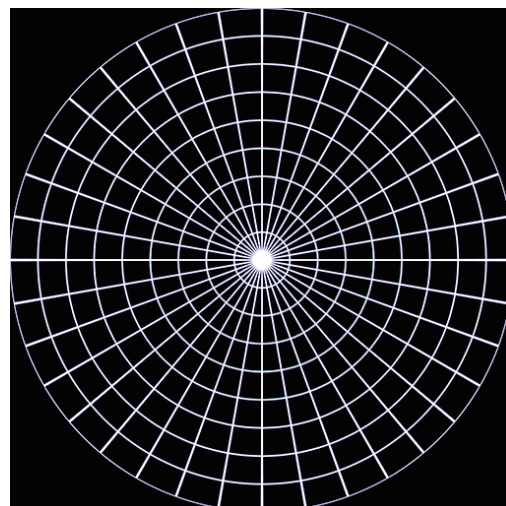
5.4 近景の歪

本稿においては、オブジェクトは撮像系に対して十分遠方にあると仮定したが、実際のシーンを構成するにあたっては、カメラ直近にオブジェクトが置かれる可能性もある。そのようなケースでは、歪の許容範囲を考慮しながら撮像系を構成する必要がある。

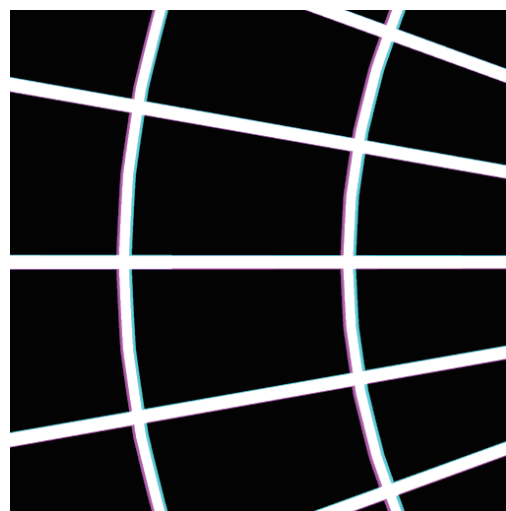
歪評価のためのレンダリングに用いたシーンの模式図を図 17 に示す。中央の黄緑に彩色した部分が鏡面を表し、周囲のグリッドが、10 度間隔の経緯線を表す。暗色の部分は、仮想スクリーン下にあり、ドームマスターとして表現される範囲の外にある部分である。なお、この図は例示であり、鏡面の形状が分かり易くなるように各オブジェクトの彩色やスケールを施している。後述のレンダリングに用いた鏡面は反射率 100% であり、経緯線と鏡面のサイズ比は、其々の図に示した通りである。

具体的な歪の例を図 18 から図 20 に示す。いずれも撮像系を表 1 における (1) の配置として描いたものである。これらの図においては、赤線が真のドームマスターにおける経緯線、水色の線が模擬ドームマスターで表現した経緯線となっている。白色の部分は、両者が重なっている部分である。

図 18 は撮像系の回転楕円体の赤道半径に対して 100 倍の半径の経緯線をレンダリングしたものである。真のドームマスターとの誤差は僅少であるため、誤差が大きくなる付近の拡大図を併せて示す。この誤差は 4K (4096 ピクセル) のドームマスターフォーマット換算で 3 ピクセル程度であり、オブジェクトが十分遠くにあると仮定した計算における誤差と大差ない。図 19 は同じく 10 倍の半径、図 20 は 1 倍の半径の経緯線をレンダリングしたものであり、それぞれ 4K のドームマスターフォーマット換算で 10 ピクセル、80 ピクセル程度の誤差となった。



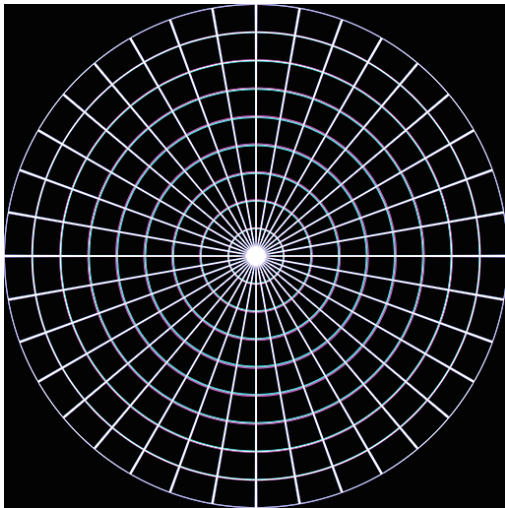
全体



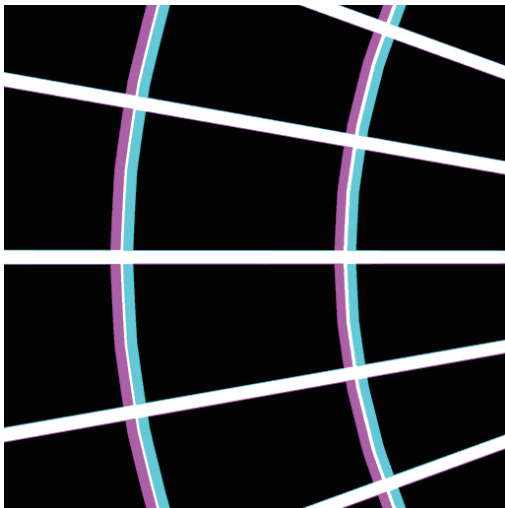
拡大 (8 倍)

図 18: 経緯線の遠近による誤差 (距離 100 倍)

このように、撮像系のサイズに対して、シーン内のオブジェクトを十分大きく、遠方に配置する (もしくは、シーン内のオブジェクトに対して撮像系を十分に小さく構成する) ことは、歪を抑える方法として有効である。一方で、レイトレーシングに用いられる浮動小数点演算の精度によっては、オブジェクトサイズの極端な不均衡はレンダリング結果に誤差を生じる可能性がある。そのような誤差が見受けられる場合は、撮像系に起因する誤差と、浮動小数点演算に起因する誤差とのトレードオフが必要となる。



全体



拡大 (8 倍)

図 19: 経緯線の遠近による誤差 (距離 10 倍)

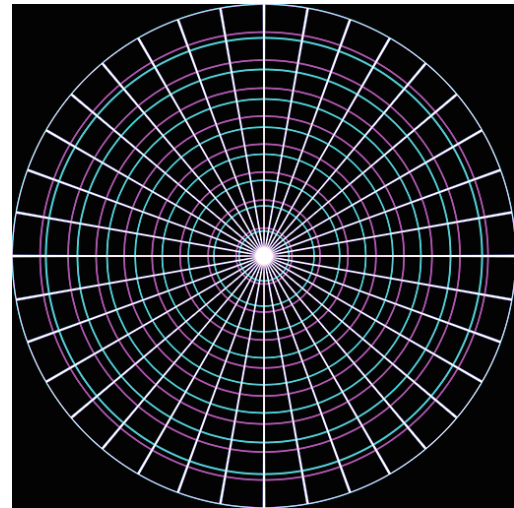


図 20: 経緯線の遠近による誤差 (距離 1 倍)

までには、若干の試行錯誤が必要となる。またシーンの中に撮像系と近接するオブジェクトがある場合のトレードオフについては、課題として残されている。

6 あとがき

全天周映像制作の初心者念頭に置いた、ドームマスター制作の模擬手法について述べた。本手法は、球体や回転楕円体の鏡面反射をサポートした CG ソフトウェアであれば共通に適用できる簡易的な手法である。また本手法は、ドームマスター制作において事実上問題の無い精度でのレンダリングが可能であることが明らかになった。

本稿においては、撮像系を配置するための設定を幾つか示したが、いずれも設定すべきパラメータ数は少なく、初心者向けの講習等での導入も容易であると考えられる。ただし撮像系を構成するカメラの画角の設定方法は CG ソフトウェアによって差があるため、適切な画角を得る

参考文献

- [1] コニカミノルタプラネタリウム株式会社, ‘プラネタリウム製品,’
<http://www.konicaminolta.jp/planetarium/>, (2016 年 9 月 参照)
- [2] 株式会社五藤光学研究所, ‘プラネタリウム,’
<http://www.goto.co.jp/planetarium/> (2016 年 9 月 参照)
- [3] 有限会社大平技研, ‘スーパープラネタリウム「MEGASTAR (メガスター)」シリーズのオフィシャルサイト,’
<http://www.megastar.jp/about/> (2016 年 9 月 参照)
- [4] Immersive Media Entertainment, Research, Science & Arts (IMERSA), ‘IMERSA | Standards,’
<http://imersa.org/standards/standards-forum> (2016 年 9 月 参照)
- [5] ORIHALCON Project, ‘全天周映像 (ドーム映像) の作り方,’
<http://orihalcon.jp/documents/domemaster-how-to.html> (2016 年 9 月 参照)
- [6] Wikipedia, ‘Ray tracing (graphics),’
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_\(graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_(graphics)) (2016 年 9 月 参照)
- [7] Jason Fletcher, ‘Fisheye & Spherical Collection: Supported Render Engines,’
<https://thefulldomeblog.com/2013/06/28/fisheye-lens-shader-options/> (2016 年 9 月 参照)
- [8] Paul Bourke, ‘Computer Generated Angular Fisheye Projections,’ May 2001,
<http://paulbourke.net/dome/fisheye/> (2016 年 9 月参照)
- [9] Paul Bourke, ‘Direct rendering technique for fisheye projection,’ Sep. 2000,
<http://paulbourke.net/dome/mirrorrender/> (2016 年 9 月参照)