

POV-Rayにおけるヘアーの表現について

釧路工業高等専門学校 情報工学分野

竹田 光

2021 年 2 月 7 日

指導教員 柳川和徳

目 次

1	はじめに	2
2	球面上でのヘアーの群生	3
2.1	等角度分割	3
2.2	等間隔分割	4
3	植毛マクロライブラリ	5
3.1	ライブラリファイル	5
3.2	シーンファイル	6
3.3	他のプリミティブへの対応	8
4	おわりに	9

1 はじめに

POV-Ray とは、ソースコードが一般に公開されているオープンソースソフトウェアの 3D レンダリングソフトウェアの一つである。拡張版を自由に作成、配布できるという性格から、学術的な新技法の試験実装にもよく用いられている。また、POV-Ray では、ガラスや金属などの無機質な物体の質感を忠実に再現し高品質な 3DCG 画像を作成することができる。しかし、動物の毛皮や植物の群生などの有機的な物体の表現は苦手としている。そこで本研究では、平面、円柱、球面でも均一にヘアーを群生できるようなマクロライブラリを作成し、シーンファイル内でパラメータ記載を行うだけでより様々なヘアーの群生を目指す。図 1 は、POV-Ray でレンダリングされた高品質な画像の例である。



図 1: POV-Ray でレンダリングした 3DCG 画像

2 球面上でのヘアーの群生

本研究にて力を入れたものは、動物の頭部を模した球面上でムラなく植毛を行うことである。POV-Ray では、写実的な 3DCG のレンダリングを可能にするために、デフォルトのプリミティブにおいて、三角形や四角形で作られる面ポリゴンを用いないため、従来の 3DCG 業界で利用されるヘアーの群生法は使用できない。そのため、今回の研究では後述する 2 つの手法を利用し、球面上でムラの少ないヘアーの群生を追求した。

2.1 等角度分割

等角度分割法は、緯度 (θ) と経度 (ϕ) で等角度に分割し、ヘアーの群生位置を設定する手法である。式 1 は三次元極座標を三次元直交座標で表現した関係式である。[1] この式を利用した素朴な手法では、球体の極で密に、反対に赤道では疎となりムラが発生する。図 2 は、球に等角度分割でヘアーを群生させたレンダリング画像である。

$$\begin{cases} x = r \sin \theta \sin \phi \\ y = r \cos \theta \\ z = r \sin \theta \cos \phi \end{cases} \quad (0 < \phi < 2\pi, 0 < \theta < \pi) \quad (1)$$

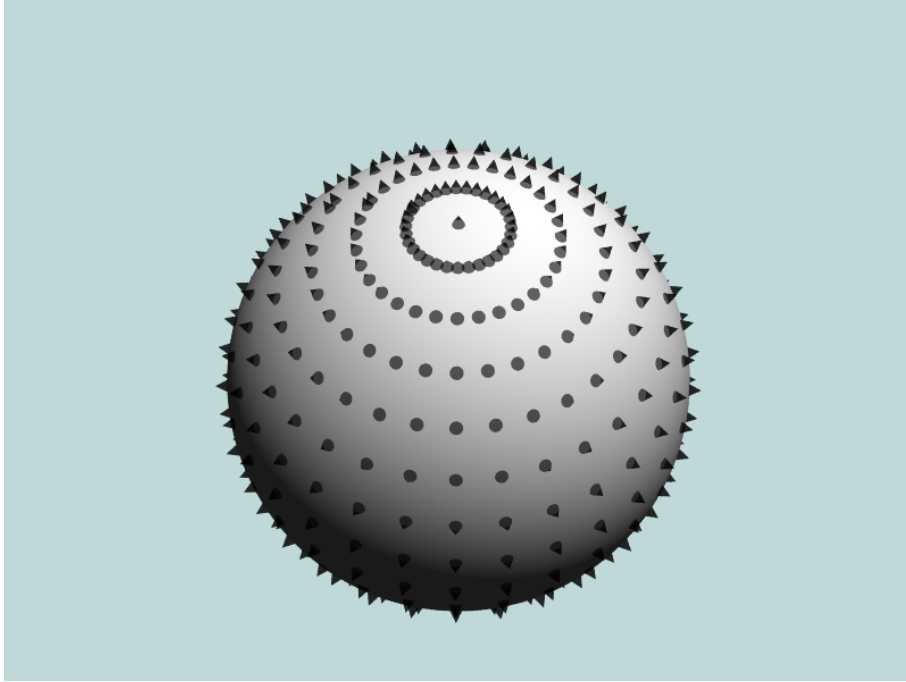


図 2: 等角度分割法

2.2 等間隔分割

等角度分割にて発生する問題を抑えるべく、式 2 を用いて等間隔な分割を提案する。まず、式 2 の緯度方向の間隔 D_θ を経度方向の間隔の目標とする。しかし、緯度 θ の値が変わると、経度方向の円周の長さが変わってしまうので D_θ に完全に等しくは分割できないが、できるだけ揃えられるように、緯度の円周を D_θ で分割できる最大値 N_ϕ を用いて、経度方向の間隔 $D_\phi(\theta)$ を決められる。以上により、球体の等間隔分割を近似的に実現できると考えられる。図 3 は、球に等間隔分割でヘアーを群生させたレンダリング画像である。

$$\begin{cases} D_\theta = \frac{\pi R}{N_\theta} \\ N_\phi = \text{int}\left(\frac{2\pi R \sin \theta}{D_\theta}\right) \\ D_\phi(\theta) = \frac{2\pi R}{N_\phi} \end{cases} \quad (2)$$

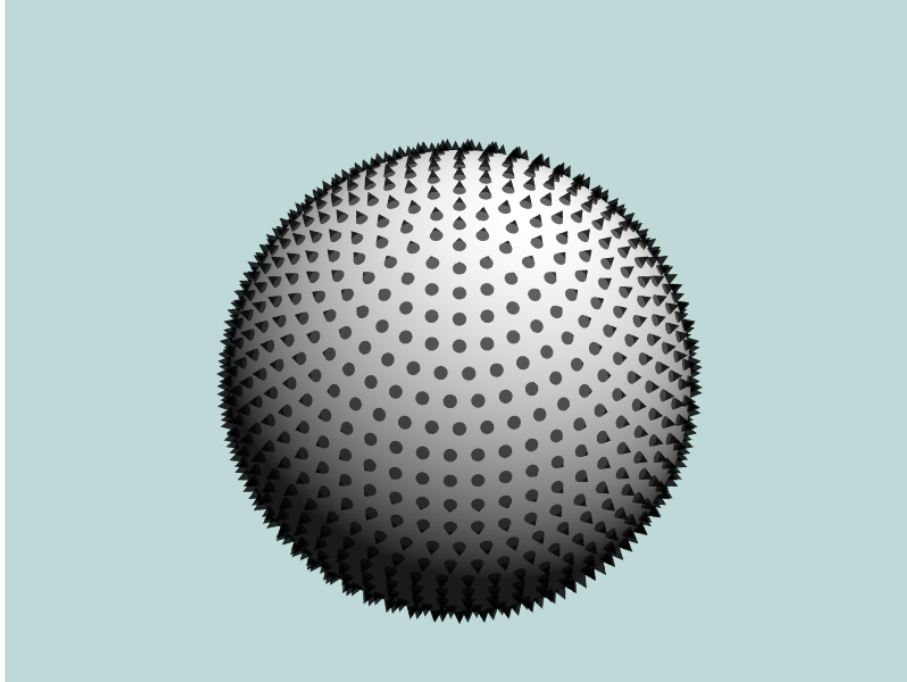


図 3: 等間隔分割法

3 植毛マクロライブラリ

本研究では、ユーザーが手軽にヘアーの群生を行えるようにするため、なおかつ本手法の再利用性を確保するため、ヘアーの配置や生える方向を自動生成させるライブラリを作成した。

3.1 ライブラリファイル

このライブラリでは、群生させたいヘアーの方向や位置などの配置情報を規則的に自動生成し、配列に格納できる。ソースコード 1 は、マクロライブラリ内で円柱でのヘアー群生マクロを定義したものである。

ソースコード 1: マクロライブラリ記載例

```
1 //円筒面へのマクロ
2 //R:円柱の半径, W:植毛領域のサイズ, D:植毛の間隔, Pos:毛根の位置ベクトル (配
   列), Dir:毛の方向ベクトル (配列), N:毛の最大本数
3 #macro GenFurDisk(R, W, D, Pos, Dir, N)
4     #local I = 0;
5     #for (Theta, 0, 2*pi, D)
6         #for (Z, -W, +W, D)
7             #declare X = R*cos(Theta);
8             #declare Y = R*sin(Theta);
9             #declare Pos[I] = <X, Y, Z>; // 毛根の位置
10            #declare Dir[I] = <X, Y, 0>;
11            #declare I = I + 1; // 毛の番号(1～
12
13         #end
14     #end
15     I // 生成した毛の本数 return (I);
16 #end
```

3.2 シーンファイル

シーンファイルでは、自動生成された配置情報を利用して、多数のヘアーから成る毛皮モデルを簡単に定義することが可能である。ソースコード 2 は、ヘアー用オブジェクトの定義の記載例、ソースコード 3 は、ヘアーを群生させる際のパラメーター設定、ソースコード 4 は、マクロを呼び出し、円柱にヘアーを群生させる記載例である。そして図 4 は、円柱に今回作成したマクロを利用して、ヘアーを群生させた画像である。

ソースコード 2: シーンファイルでのヘアー用オブジェクトの定義

```
1 // 毛の形状
2 // R: 毛の太さ (半径), L: 毛の長さ, Dir: 方向ベクトル
3 #macro Hair(R, L, Dir)
4 cone {
5     <0, 0, 0>, R, L*Dir, 0
6     //open
7     pigment { color Green transmit 0.4 }
8 }
9 #end
```

ソースコード 3: シーンファイルでのパラメーターの記載例

```
1 //パラメータ設定
2 #declare HairNum = 10000; // 毛の最大本数
3 #declare HairNum2 = 10000;
4 #declare HairPos = array [HairNum]; // 毛根の位置の配列
5 #declare HairDir = array [HairNum]; // 毛の方向の配列
6
7 #declare W = 2.0; // 植毛領域のサイズ (width)
8 #declare D = 0.2; // 植毛の間隔 (distance)
9
10 #declare R = 0.05; // 毛の半径
11 #declare L = 0.1; // 毛の長さ
12
13 #declare RS = seed(0); // 乱数の種
14 #declare RD = 0.2; // ランダムな変位の割合
15
16 //円柱にヘアーを群生
17 #declare N = GenFurDisk(diR, W, D, HairPos, HairDir, HairNum);
18 union {
19
20     #for (I, 0, N-1, 1)
21         object { Hair(R, L, HairDir[I]) translate HairPos[I]
22     }
23     #end
24     translate<0,3,0>
25 }
```

ソースコード 4: シーンファイルでのヘアーの群生例

```
1 //円柱にヘアーを群生
2 #declare N = GenFurDisk(diR, W, D, HairPos, HairDir, HairNum);
3 union {
4
5     #for (I, 0, N-1, 1)
6         object { Hair(R, L, HairDir[I]) translate HairPos[I]
7             }
8     #end
9     translate<0,3,0>
10 }
```

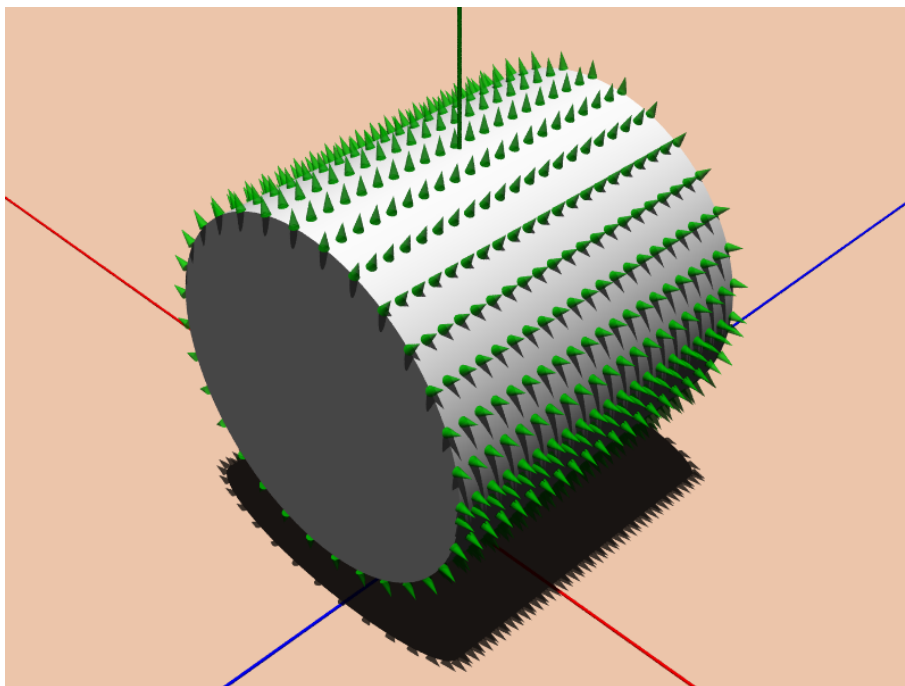


図 4: 円柱への植毛

3.3 他のプリミティブへの対応

今回作成したライブラリでは、マクロの定義次第で球体に限らず、円柱や平面などでも利用できる。図 5 は、平面上に楕円形状でヘアーを群生させた出力画像である。

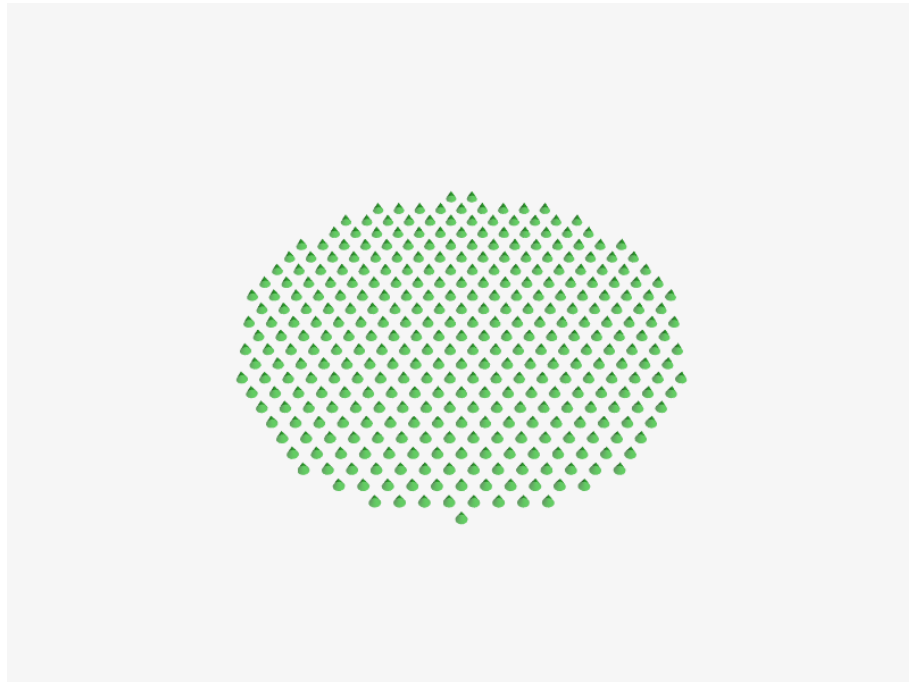


図 5: 平面上でのヘアーの群生

4 おわりに

現状として、球面上でのヘアーの群生のムラを抑えることができたように見える。しかし、理論的にヘアーのムラが完全になくなってはいない点や、あらゆる曲面に対応していないなど改善点が残った。今後は、よりムラの少ないヘアーマクロの開発や、より有機的な物体を表現できる多角形ポリゴンでのヘアーの群生をしていきたい。

参考文献

- [1] 難波博之, 三次元極座標についての基本的な知識, 高校数学の美しい物語,
<https://mathtrain.jp/rthetaphi>