

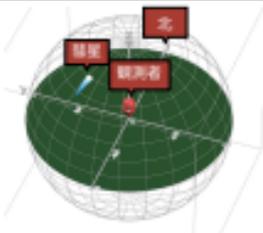
# 彗星の尾シミュレータの作成

## 1. 研究目的

実行できる計算量に限りのあるグラフアプリで、複雑な彗星の運動のシミュレータを作ることができるのか検証する。

## 2. シミュレータの概要

Desmos というグラフ描画アプリを使用する。(緯度、経度、時刻)を入力すると地球上のその地点から見た彗星の位置を天球上に描画できる。



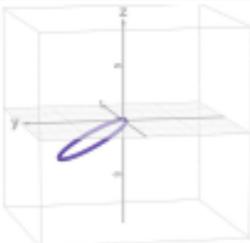
## 3. シミュレータ作成の流れ

### 【①軌道作成】

ハレー彗星の軌道要素をもとにして、軌道を描画するための関数をつくる。彗星は楕円軌道を描いて太陽一つの焦点として回っているので、軌道の離心率や角度を決めれば軌道が描画できる。

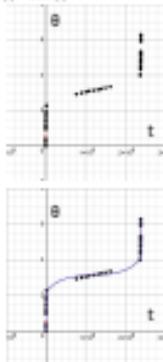
$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\Omega)(\cos(\omega) - e) \\ \sin(\Omega)(\cos(\omega) - e) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\Omega)(\cos(\omega) - e) + \cos(\Omega)(\sin(\omega)\cos(\theta) + \cos(\omega)\sin(\theta)) - \sin(\Omega)(\sin(\omega)\cos(\theta) + \cos(\omega)\sin(\theta)) \\ \sin(\Omega)(\cos(\omega) - e) + \sin(\Omega)(\sin(\omega)\cos(\theta) + \cos(\omega)\sin(\theta)) + \cos(\Omega)(\sin(\omega)\cos(\theta) + \cos(\omega)\sin(\theta)) \\ \sin(\omega)\sin(\theta) + \cos(\omega)\cos(\theta) \end{pmatrix}$$



### 【②運動制御】

次に、運動を制御する関数を近似的に割り出す。ステラナビゲータ 11(アストロアーツ)から時間  $t$  と角度  $\theta$  に関するデータをプロットし、それらの点を滑らかにつなぐ関数をつくる。近似関数ができたら、それが周期関数になるように変更を加える。



### 【③太陽を中心としたシミュレータ作成】

必要なベクトルをすべて時間の関数で表す。彗星の尾(イオンの尾)は常に太陽と反対方向を向いていることを利用して尾の終点に向けたベクトルも作る。

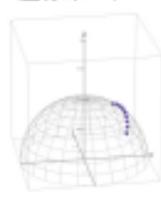
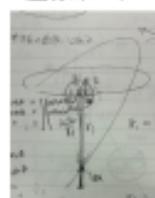


### 【④地球中心化】

太陽中心の座標系 A から地球中心の座標系 B に変更する。地球の自転や公転の影響による見え方の変化を考慮して、回転行列を利用して、地球中心の座標系でのシミュレータをつくる。緯度、経度、地軸の傾き、自転を表す 4 つの回転行列をかけあわせて 1 つの回転行列を作り、その逆行列を求める。逆行列を彗星のベクトルにかけることによって、彗星の位置が描画できる。

座標系 A ↓

座標系 B ↓



## 4. 結果、結論

- ・行列式によって座標を変換することはおおむねできた。
- ・低緯度の観測地からのシミュレーションは正しくできなかった。
- ・ハレー彗星に限定したシミュレーションしかできなかった。

## 5. 考察、今後の課題

- ・行列式も入力に対して出力を返す一種の関数なので、関数に強い Desmos と相性がよかったため、座標変換ができたと考えられる。
- ・緯度を小さくしたときに正しくシミュレーションできない原因は不明であるので、原因解明が今後の課題である。
- ・ハレー彗星以外の彗星のシミュレーションをするためには、【②運動制御】の関数を一般化する必要がある。

## 6. 参考文献

ステラナビゲータ 11(アストロアーツ)  
二訂版ニューステージ地球図表(浜波書店)

作成したシミュレータを  
体験できます!

