宇宙物理・数理科学研究室　　Astrophysics & Mathematical Sciences

惑星間飛行を含めた太陽系シミュレータ

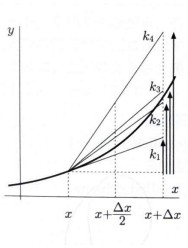
卒業研究中間報告　C20-057　杉原圭亮

概要

実際の惑星の運動を追跡できる太陽系シミュレーターを作成した。太陽と各衛星からの万有引力をニュートンの運動方程式を用いて解いている。副産物としてケプラーの法則の視覚化、太陽自体の運動(太陽系の重心まわりの章動)も観測することができる。

システムの構成

惑星の位置の3次元座標と初期ベクトルをデータとして保存
↓
微分方程式を解いて位置と速度を更新
↓
Unityを用いて描画



微分方程式(4次のRunge-kutta法)

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$
$$k_1 = \Delta t f(t_n, y_n)$$
$$k_2 = \Delta t f\left(t_n + \frac{\Delta t}{2}, y_n + \frac{1}{2}k_1\right)$$
$$k_3 = \Delta t f\left(t_n + \frac{\Delta t}{2}, y_n + \frac{1}{2}k_2\right)$$
$$k_4 = \Delta t f(t_n + \Delta t, y_n + k_3)$$

$$\begin{cases} \frac{dx_i}{dt} = v_i \\ \frac{dv_i}{dt} = -\sum_j \frac{GMm_i}{x_{ij}^2} \end{cases}$$

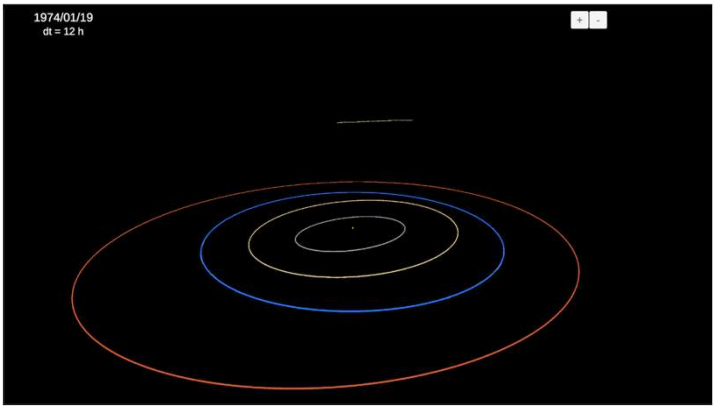
実装機能

・初期速度、初期位置に正確なデータを使用
・惑星の軌道に線を引くことで軌道が楕円形であることを視覚的に理解できる
・キーボードで視点の位置と向きを操作し、観察しやすくする。
・時間の進み方Δtをデフォルト12時間から途中で変更できる
・スウィングバイなどで距離が近くなると自動でステップを小さくして計算の精度を上げる
・Δtの数値を0以下にすることで過去に戻ることができる

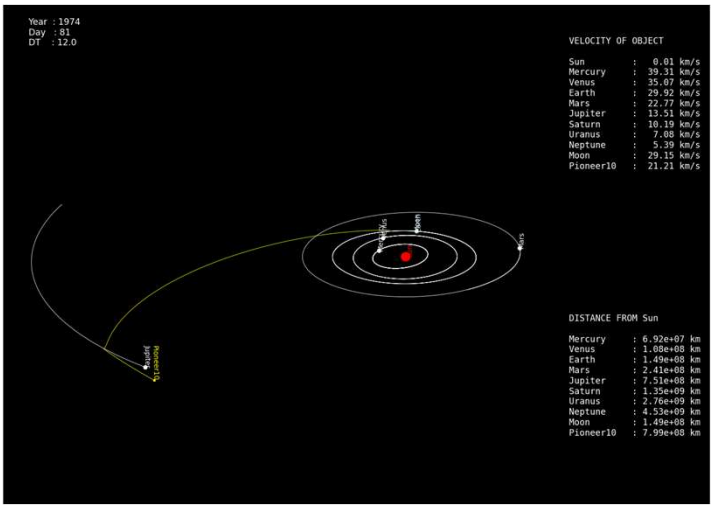
今後の予定

・ゲームのように宇宙船を操作できる合体や着陸のシミュレータを作成する
・画面上に惑星の速度などを画面に表示することで得られる情報を充実させる

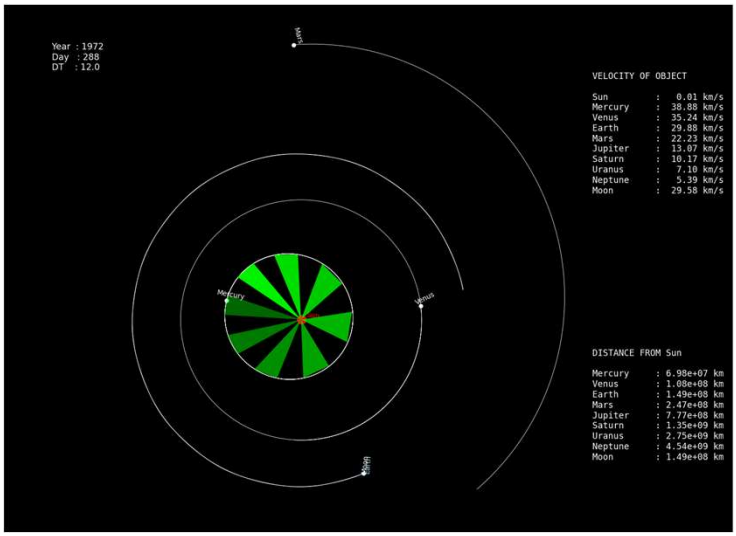
実際のサイズで実装した太陽系とその軌道



パイオニア10号によるスイングバイの再現



ケプラー第2法則の可視化(水星5.5日ごとの面積速度を表示)



参考資料(実際の惑星データの取得先)

・NASA Solar System Dynamicshttps://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/app.html#/