

# 視点誘導と軌道パラメータ変更が可能なインタラクティブ惑星系シミュレータ<sup>‡</sup>

中西 靖典      高関 和樹      岡本 卓也      曾我 真人<sup>†</sup>  
和歌山大学大学院システム工学研究科\*

## 1. はじめに

本稿では、三次元仮想空間に構築した惑星系シミュレータについて述べる。特徴としては、学習者が個別学習において、教師なしで能動的にシミュレータを操作しながら学習を進めることを前提として、学習支援機能を組み込んだことである。

太陽系や宇宙の大規模構造を仮想空間に構築する試みは、既に、いくつかの事例がある[1-5]。しかし、学習者が自習形式でシミュレータを使って学ぶことを前提として学習支援機能を組み込んだシミュレータの構築事例はない。

## 2. 天文学習用のシミュレータに必要とされる学習支援機能

太陽系をドメインとした天文シミュレータを学習支援に用いる場合、そのシミュレータが満たすべき仕様は、次の2つであると考えられる。ひとつは、地球上から観察される天文現象について、太陽系空間の中の適切な場所に視点を置いて観察することにより、その現象にかかわる天体と、その位置関係から、その天文現象の原理を立体的に理解するための支援機能がサポートされていることである。もうひとつは、惑星の運動についての法則を理解するために、仮想実験環境としての機能がサポートされていることである。

そこで、本システムでは、前者の機能として、視点誘導機能をサポートしている。一方、後者の機能として、惑星の軌道パラメータの変更機能をサポートし、仮想実験環境として利用できるようにしている。

## 3. 視点設定機能と視点誘導機能

### 3.1 視点設定機能

天文現象を理解するためには、適切な位置に視点を置く必要がある。まず、汎用的な、学習者の能動的な視点設定機能として、視点惑星固定モー

ドと目標惑星固定モードの二つがある(図1)。視点惑星固定モードでは、視点となる惑星と、ターゲットとなる惑星を指定し、視点惑星から見た目標惑星が表示される。その後、視点惑星を固定したまま、目標点を好きな方向に連続的に変えることができる。一方、目標惑星固定モードでは、ある惑星の周りをあらゆる角度から自由に視点を連続的に変えて見ることができる。

さらに、磁気センサ IsotrakII を接続すれば、任意の位置に直感的に視点を持って行くことが可能である。

いずれの場合も、画面の右下に小さく表示される惑星系の平面図上で、視点から、見ている範囲を金色の扇形で表示することができ、惑星系全体の中で、どの範囲を学習者が見ているかを容易に知ることができる。

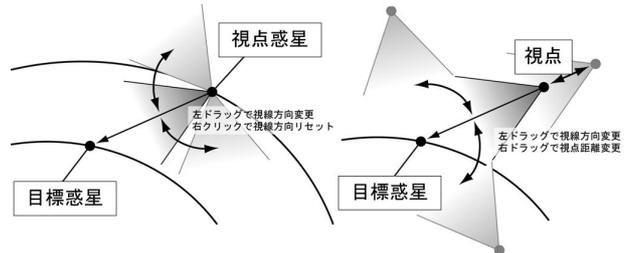


図1. 視点設定機能(視点惑星固定モード(左)と目標惑星固定モード(右))

### 3.2 視点誘導機能

特定の天文現象(日食、満ち欠けと内外惑星の関係、土星環消失など)を理解するためには、特定の位置に視点を置く必要がある。これを、初学者に行わせるのは、天文現象の原理を理解していない段階では困難である。そこで、システムが学習者の視点を誘導する視点誘導機能を用意している。視点誘導機能は、二種類用意している。ひとつは、あらかじめ現象を理解するのに有効な視点系列を組み込み、アニメーション形式で現象を理解させる受動的誘導機能であり、もうひとつは、

<sup>‡</sup>An Interactive Planetary Simulator with View Point Guide and Orbit Change for Astronomy Education

<sup>†</sup>Yasunori Nakanishi, Kazuki Takaseki, Takuya Okamoto, Masato Soga

\*Graduate school of Systems Engineering, Wakayama University

システムは視点位置のガイドを提示し、学習者自ら視点を操作して、現象を理解する能動的誘導方法（図2）である。

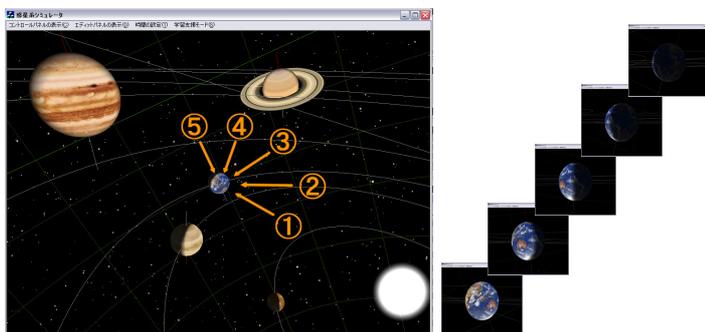


図2. 能動的視点誘導機能（視線ベクトルの提示（左）とその視点から観察される天文現象（右））

#### 4. 仮想実験環境

仮想実験環境としては、惑星の4つの軌道パラメータ、すなわち、軌道離心率、軌道傾斜角、近日点引数、昇交点黄経を、パネル上のスライダーで自由に変更し（図3）、ケプラーの法則に従ってシミュレーションすることができる。

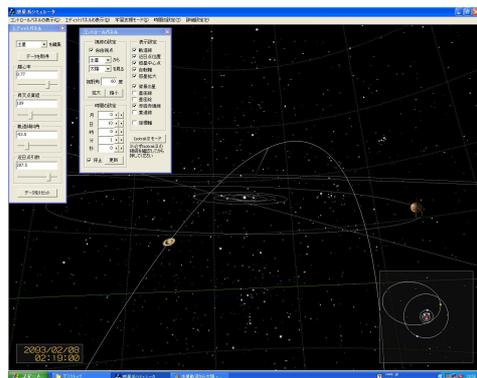


図3. 惑星の軌道変更（土星の軌道を変更）

この仮想実験環境は、他の太陽系シミュレータにはない特徴である。このモードは、学習支援の立場から、次のような使い方が可能である。

(1) 4つの軌道パラメータに対応するスライダーを動かすと、リアルタイムにその変更結果が表示されるので、それぞれの軌道パラメータの意味を学習することが可能である。特に、近日点引数、昇交点黄経の概念は、専門家以外には理解が困難であるが、本システムを使うと、直感的に把握することができる。

(2) ある惑星の離心率を小さくし、細長い楕円軌道にした後に、シミュレーション機能により、その惑星の動きをシミュレートすることにより、ケプ

ラーの第二法則（面積速度一定の法則）を直感的に確認することができる（図4）。

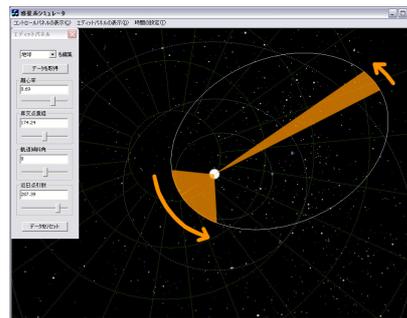


図4. ケプラーの第2法則シミュレーション例

(3) 外惑星の離心率や軌道傾斜角を大きく変更すると、周期彗星の軌道と同じような軌道を作ることができる。そして、視点設定機能で、その惑星に視点を設定し、目標点を太陽に固定すると、その惑星から見た太陽の動きをシミュレーションできる。これにより、離心率が大きい惑星では、近日点付近で太陽が高速で星座間を移動すること、軌道傾斜角の大きい惑星では、他の惑星の見かけ上の軌道は、黄道から大きく外れることを学習できる。これは、裏返して考えることにより、我々の地球から太陽と惑星を観察したとき、太陽がほぼ一定の速度で星座間を運動する理由や、他の惑星の軌道が黄道に沿っていることの原因を考察の手がかりになる。

#### 5. おわりに

今後は、システムのユーザビリティと学習支援効果について、評価を行う。

#### 参考文献

- [1] 国立天文台：4次元デジタル宇宙プロジェクト；  
<http://yso.mtk.nao.ac.jp/~4d2u/NEWS/news.html>
- [2] 科学技術館：ユニバース；  
<http://universe.chimons.org/about.html>
- [3] 株式会社五藤光学研究所：バーチャリウム；  
<http://www.goto.co.jp/products/virtuarium-j.html>
- [4] 廣瀬、葛岡他，スケーラブルVRコンテンツ生成・共有技術の研究開発最終報告書  
<http://www2.nict.go.jp/is/t822/105/h16finalrpt/svrfinalrpt.pdf>
- [5] 株式会社アストロアーツ：ステラナビゲータ；  
<http://www.astroarts.co.jp/products/stlnav7/>