

## 第26回衛星設計コンテスト

### アイデア概要説明書

応募区分 ジュニアの部

#### 1. 作品情報・応募者情報

作品名 衛星軌道可視化 MR システム「MOVE」			
作品名 副題			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	上野 若夏那 (ウエノ ワカナ)	長崎県立長崎西高等学校 普通科	2年
代表者(副)	中島 瑠南 (ナカシマ ルナ)	長崎県立長崎西高等学校 普通科	1年
メンバ1	西村 樹 (ニシムラ タツキ)	長崎県立長崎西高等学校 普通科	1年
メンバ2	福田 隼士 (フクダ ハヤト)	長崎県立長崎西高等学校 普通科	1年
メンバ3	山口 凜 (ヤマグチ リン)	長崎県立長崎西高等学校 普通科	1年
メンバ4	藤井 歩希 (フジイ アユキ)	長崎県立長崎西高等学校 普通科	1年
メンバ5			
メンバ6			
メンバ7			
メンバ8			

#### 2. アイデアの概要

複合現実 (Mixed Reality:MR) 技術を用いて、実物の地球儀の周囲に、コンピュータグラフィックス (CG) の衛星軌道を表示し、軌道を体感しながら理解できるシステムを提案する。実物の地球儀を回すと、MR ゴーグル越しの人工衛星の位置が変化し、高度の時間変化と地球の自転の関係を簡単に理解できる。このシステムで、人工衛星を運用する上での軌道計算や実際の軌道をイメージすることが容易になり、軌道についての関心や理解を深めることができる。

#### 3. 目的と意義

##### (a) 目的

本研究は、教育と研究の両方に使用できる軌道表示システムの構築を目的としている。実物の地球儀の周囲に CG の軌道を合成することで興味・関心を持たせるとともに、肉眼で見ることのできない衛星の軌道を上空に大きく出現させることができれば子供に感動を与え、ISSをはじめとする人工衛星に興味をもってもらうことができる。また、2行軌道要素形式 (Two Line Element: TLE) を読みこむ機能を備えることで、研究用途にも十分使用でき、軌道計算の補助的な役割も果たすことができる。

##### (b) 重要性・技術的意義等

本システムは、仮想現実 (Virtual Reality:VR) と拡張現実 (Augmented Reality:AR) を組み合わせた、複合現実 (Mixed Reality:MR) 技術を使用する。複合現実とは、現実世界と仮想空間が共存した状態において、仮想空間を操作することができる状況のことを指す技術である。本研究では、プログラミング言語「Processing」と AR マーカーを用いて、カメラで写した地球儀の周囲に衛星軌道の CG を重ねて表示させる技術の実現を目標とする。また、実物である地球儀を回すことで時間の経過を表現し、回転に合わせて地球儀の周囲に表示する CG を変化させることができる MR システムを構築する。

#### 4. アイデアの概要

人工衛星ミッションにおいては、バス機器やミッション機器の選定が大切であるが、軌道の選定も同様に大切である。人工衛星の運用が、どのような軌道が実現可能で、どのような軌道は実現不可能なのかを事前に理解しておくことも、人工衛星ミッションの計画段階において必要不可欠な知識であると考えた。

衛星の軌道は、低軌道の円軌道だけでなく、準天頂軌道、モルニア軌道、静止軌道など、目的に合わせて様々なものが考えられている。そこで、本研究では、透過型ゴーグルを用いて、実物の地球儀の周囲にCGの衛星軌道を表示し、その軌道面や高度変化が確認できるようなシステムの実現にむけて、PCとWebカメラを用いたARシステムの構築を目標とした。さらに、実物である地球儀を回すことで仮想空間の操作を可能とすることができれば、軌道上の人工衛星の位置変化を観察できるMRシステムの構築ができると考えた。

##### システムの構成

プログラミング言語には、グラフィック機能に優れ、AR開発環境も整っている「Processing」を用いる。このプログラムはWindowsPC上で動作し、ARマーカを認識するためのWebカメラが接続されている。Webカメラで地球儀手前のARマーカを認識すると、衛星および軌道が実物の地球儀の周囲に合成され、PCの画面上に表示される(図1)。衛星が地球儀の裏に回り込み隠れる表現(オクルージョン)は、地球儀と同型のCG球体を同位置に作成し、クロマキーの手法を応用することで行う。(参考文献[1][2])

地球儀を1回転させると、CGの衛星も24時間分移動するようにした。地球儀の回転の検出は、ワイヤレスマウスのホイールを地球儀に接触させることで行い、地球儀の回転がマウスホイールの回転としてPCへ届き、地球儀の回転量を知ることができる(図2)。このアイデアにより、実物である地球儀の自転に合わせて、CGの時間を経過させることができるため、静止衛星の公転の角速度を地球の自転と一致させる等の表現が可能となる。

また、本研究は、TLEから軌道を可視化することも目標としている。TLEからを入力することで、軌道要素を自動計算して軌道を表示することはもちろん、地表からの衛星の高度をリアルタイムに計算し、画面に表示することもできる。(参考文献[3][4][5])

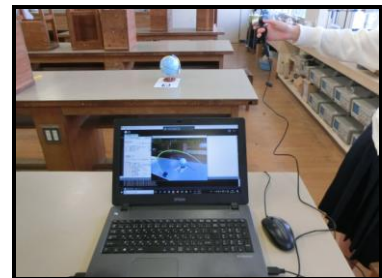


図1：地球儀の周囲にCGの軌道が表示

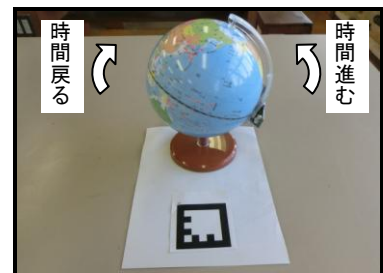


図2：自転軸が時間ダイヤルを兼ねる

##### システムの特徴

TLEをもとに軌道計算を行い、地球の自転と衛星の運動の位置関係および衛星の速度変化を確認することができる。本システムは、オートとマニュアルの2つのモードで動作する。

オートモードでは、時間が自動的に経過し、衛星は軌道上を自動で動く。このとき、地球儀の位置に同じ大きさのCGの地球が描かれ、このCGの地球は一定の角速度で回転し、その周囲を衛星が運動する(図3)。衛星の日周運動をおおまかに確認するのに適したモードである。

マニュアルモードでは、地球儀を回すことで時間が経過し、衛星は時間経過に応じた量だけ軌道上を動く。地球儀を回転することで時間を進めたり戻したりすることができ、地球儀を1回転させる間に、24時間が経過する。地球儀の回転に応じて時間が経過し、地球儀を止めると衛星も止まるため、衛星の通過位置や次の可視パスを確認するのに適したモードである(図4)。地球儀(=実物)を触ることでCG(=仮想空間)が変化するため、この部分がMRシステムであるといえる。

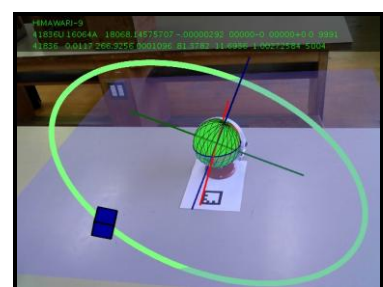


図3：オートモードは地球がCG

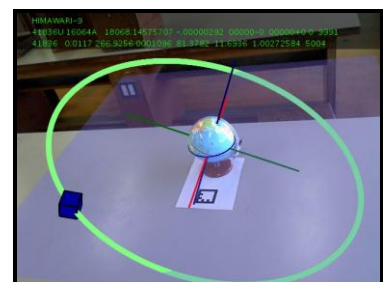


図4：マニュアルモードは地球が実物

どちらのモードも、画面に軌道要素や衛星高度を表示できるため、軌道設計など幅広い用途で使用することができる。地球の自転と衛星の運動の関係性がよく見えるため、地上局からの衛星の見え方や可視パスなどが容易にイメージできることに加えて、架空の TLE の衛星軌道も可視化できるため、衛星打ち上げの際の軌道の選定にも使用できる。

#### 使い方と動作イメージ

- ① MR ゴーグルをかけて電源を入れると、自作 TLE を使うのかプリセットされた衛星を使うのかを選択する画面が表示される。また、それぞれに対してオートモードかマニュアルモードかを選択する。
- ② MR ゴーグルを通して地球儀を見ると、地球儀の周囲に緑色の衛星軌道と衛星が表示される。低軌道の円軌道衛星（ISS）、準天頂衛星（みちびき）、静止衛星（ひまわり）等の特徴的な軌道をもつ衛星の TLE がプリセットされている。特徴的な軌道を表示することで、幅広い年代、分野の人に人工衛星に興味を持ってもらうことができる。ISS は高度 300~400 km という低軌道で、軌道自体が地表すれすれに表示され、はっきりと見ることは難しいが、そのこと自体もリアリティという面でメリットであると考えられる。

#### 5. 得られる成果

- ・ 地球儀という「実物」を使うことで、よりリアルなイメージをつかむことができる。
- ・ 一般の人に興味を持ってもらい、ISS や気象衛星などの用語について「なんとなく聞いたことがある」を「知ってる！」に変えていくことができる。
- ・ TLE を専門家だけのものにするのではなく、より身近に、わかりやすく可視化することができる。

#### 6. 主張したい独創性または社会的な効果

- ・ 宇宙と MR 技術の融合は、これまでほとんど前例がない。
- ・ MR 技術はフル CG ではないため、「実物」を使用でき、より現実感がわく。
- ・ 軌道を可視化することで、従来よりも軌道のイメージが湧きやすい。特に、TLE だけでは直感的に判断できない近地点や遠地点の高度がよくわかる。
- ・ 将来的には android や iOS 向けに移植することで、MR ゴーグルやタブレット端末のみで AR マーカーの認識および CG 表示ができるようにしたい。アプリ化することで、より多くの人に利用してもらいたい。（図 5 はそのイメージ画像）
- ・ 上空への可視パス表示機能も実現したい。この機能が実現すれば、自分が CG の外側にいるのか内側にいるのかどちらともいえない感覚を味わうことができる。また、普段は見えていないだけで、人工衛星は上空を毎日飛行しているということに気付いてもらうきっかけにもなる。子供や一般の方に人工衛星について興味関心を持ってもらえるため、宇宙教育という面での効果は大きいと考えている。（図 6 はそのイメージ画像）

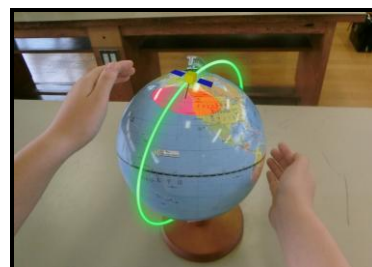


図 5：MR ゴーグル使用イメージ



図 6：上空への可視パス表示イメージ

#### 7. 参考文献

- [1] 橋本 直『AR プログラミング -Processing でつくる拡張現実感のレシピ-』オーム社
- [2] 『AR を作ろう - こくぶん研究室』<https://kkblab.com/make/processing/ar.html>
- [3] 『筑波大学「結」プロジェクト』<http://yui.kz.tsukuba.ac.jp/>
- [4] 半場 稔雄『惑星探査機の軌道計算入門』日本評論社
- [5] 『CALSAT32 のからくり』[http://jr1huo.my.coocan.jp/jr1huo\\_calsat32/Calsat32Karakuri.htm](http://jr1huo.my.coocan.jp/jr1huo_calsat32/Calsat32Karakuri.htm)

以上