

## 第28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 My 宇宙望遠鏡
副題 ～「国家に一台」から、「一家に一台」～
学校名 長崎県立長崎西高等学校 物理部

#### 2. ミッションの概要

本研究は、宇宙望遠鏡の個人利用の実現を目的としている。個人利用が実現すれば、宇宙分野に興味を持つ人が増え、宇宙開発事業が進むため、宇宙教育の充実にも貢献できる。「My 衛星」の議論がなされている今、「国家に一台」から、「一家に一台」を目標に、大量生産が可能で安価な超小型衛星である「My 宇宙望遠鏡」をスマートフォンのアプリから操作できる未来を、来たるべき「My 衛星時代」における可能性の一つとして提案する。

#### 3. 目的と意義

##### (a) 目的

本研究は、宇宙望遠鏡のシステムの構築を目的としている。宇宙望遠鏡は大変魅力的だが、個人にはとても手が届くものではない。だが、本研究では、超小型人工衛星を用いることで、誰もが持っているスマートフォン（以下、スマホ）やタブレット端末で手軽に地球や月、太陽、銀河を撮影できるようになることを可能とする「My 宇宙望遠鏡」システムの構築について提案する。

国家プロジェクトであった宇宙望遠鏡は、「My 衛星時代」の到来により、誕生日プレゼントとして渡すことができる状況すら考えられるほど身近になり、個人利用が促進することで、宇宙に関心を持つ子供たちが増え、宇宙に関する研究や教育に大きな役割を果たすことができる。

##### (b) 重要性・技術的意義等

宇宙望遠鏡は、莫大な費用をかけて研究目的で製作されるため、個人で所有できるほど一般的ではない。そこで今回考案した宇宙望遠鏡は、低コストで作成できる 1U サイズ（一辺 10cm の立方体）で打ち上げる衛星を考えた。また、一般の人々の使用を前提としており、専門的な知識を持たない人でも撮影が可能であることを念頭に設計した。以上のことから、本研究では、極力費用を抑えた宇宙望遠鏡の設計を軸とし、また、超小型人工衛星の中に必要な機能をどれほど搭載できるかに挑戦した。

#### 4. アイデアの概要

本研究の目標は、星座や銀河、月、太陽、地球を軌道上から手軽に撮影できる衛星システムを構築することである。衛星に搭載する撮影用カメラについては、高性能な専用のもを新たに開発するのではなく、スマホに使用されている既存のカメラ技術を参考にした。また、撮影の指示を出したり、撮影した写真を受けとるときは、スマホアプリを利用する。

## ■人工衛星の仕様

1辺が10cmの小型人工衛星を用いる。軌道は、国際宇宙ステーション（ISS）と同じ高度400kmの低軌道とする。バス部としてバッテリー、太陽光パネル、姿勢制御のためのリアクションホイールと磁気トルカ、通信のアンテナを備え、ミッション部として2つのカメラと、望遠鏡として利用するための2枚の反射鏡（主鏡と副鏡、副鏡はカメラ1の裏側）を持つ（図1）。

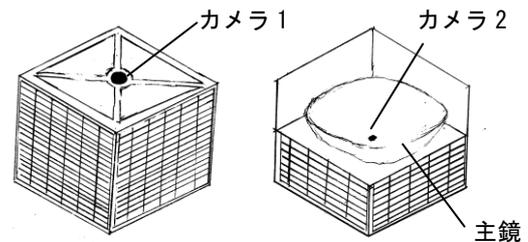


図1：人工衛星の外観

## ■カメラについて

最新のスマホは、複数のカメラを搭載したものが主流となりつつある。その理由は、光学ズームやF値の変更が機構的にできないスマホ用のカメラで、撮影できる倍率の種類を増やすためである。それぞれのカメラのF値は固定されており、倍率を割り当てられたそれぞれのカメラを自動的に使い分けることで、遠くや近くのような様々なサイズの対象物を1台のスマホで撮影することができるようになってきている。この仕組みを小型人工衛星のカメラにも取り入れることで、大小様々な大きさの天体を撮影する機構を小さなスペースに詰め込めないと考えた。

本衛星のカメラはスマホをモチーフにしており、1つの衛星に2台のスマホ用カメラを搭載している。F値が1.8で広角撮影を担当するカメラ1と、F値が2.4で望遠撮影を担当するカメラ2を図2のように配置した。カメラ1は宇宙を直接写すカメラ、カメラ2は反射鏡を通して望遠撮影をするカメラである。2つのカメラの光軸は一致させて固定してあるため、人工衛星の姿勢が変化しても、2つのカメラは常に同じ方向を向き、1つの対象を2通りの倍率で同時撮影することができる。

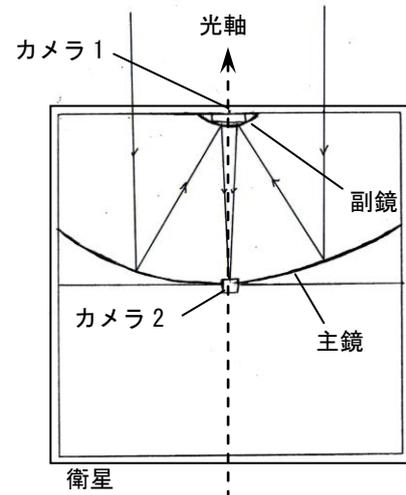


図2：人工衛星内部の光学系

カメラ1は、衛星上面の正方形の中心に設置されている。主に地球や星座を撮影するための倍率1倍の広角カメラで、宇宙での視界をそのまま切り取ったような画像を撮影できる。カメラ1は、地球側に向けたときは地球全体の様子が撮影でき、宇宙側に向けたときは1つの星座がすべて入るようなサイズの撮影ができる。

カメラ2は、衛星内部の2枚の反射鏡を通して撮影をする反射望遠鏡である。内部の放物曲面の口径は約10cmで、放物曲面が反射した光はカメラ1の裏にある副鏡でさらに反射してカメラ2に入る。このときの集光の様子を表したものが図2であり、これにより倍率50倍を得ることができる。カメラ2は、主に月や銀河の撮影ができる。

スマホのカメラは、手ブレ補正の機能も向上しており、夜間モードでの撮影では、自動で連続撮影した複数の写真をずらして重ね合わせるといった仕組みで、かなり優秀な手ブレ補正を行うことができる。図3は、スマホの広角カメラで5秒間の夜間モード撮影中にスマホをわずかに回転させたものの、手ブレ補正が適用されて星や月がはっきりと点になって写った写真である。図4のようにわざと手ブレを起こさせるためには、撮影に5秒間の静止が必要な夜間モードでの撮影中に、スマホ本体を5度以上回転させる必要があった。このことから、軌道上の人工衛星における撮影でも、1[deg/s]未満の角速度であれば手ブレをおこさずに撮影ができると考えられる。



図3：手ブレ補正が適用された写真



図4：手ブレした写真

### ■姿勢制御について

人工衛星の姿勢制御方法には、リアクションホイールや磁気トルカ、スラスタなどがある。本衛星には、リアクションホイールと磁気トルカを用いる。カメラを地球側や宇宙側に向けたりする速い姿勢制御に対してはリアクションホイールを用い、1U という限られた衛星のスペースの中で、効率よく姿勢制御を行う。アンローディングには磁気トルカを用いる。前述の通り、手ブレを起こさないためには1[deg/s]以下の精度での姿勢制御が必要なので、十分な精度を得ることができる。

### ■スマホアプリについて

My 宇宙望遠鏡はスマホやタブレットのアプリで操作する。図5～図7は、「My 宇宙望遠鏡アプリ」を開いたときの画面である。アプリには2つのモードを用意しており、アシストなしに自分自身で衛星を操作したい人向けのマニュアルモードと、手軽に写真を撮りたい人向けのオートモードである。使用者は図5のような画面を経由して、自身の衛星の名前や使用モードなどを設定して衛星操作画面に入る。図6は衛星の撮影時刻や方向などを自分で設定することができるマニュアルモードで、専門知識や技術が必要となる。図7は気軽に写真が撮れるオートモードで、カタログから使用者が選択した天体を自動で撮影する。この2つのモードは一般層とマニア層の両方のニーズに応えることができる。



図5：ログイン画面



図6：予約画面（マニュアルモード）



図7：予約画面（オートモード）

### ■通信方法について

本衛星は国際宇宙ステーション（ISS）からの放出を考えているため、近くにISSが見えているときはISSを経由してインターネットに接続する。衛星が撮影した写真は、ISSにデータを送信後、インターネットを通じて個人のスマホアプリに送信される。撮影の予約は、スマホアプリから逆の操作を行う。

衛星がISSとの通信が出来ない場合は、日本の地上局の上空を通過するときに通信を行う。この場合、地上局との通信機会は最短でもおよそ12時間おきに1度で、10分～20分である。その際に、撮影予約の送信や撮影画像の受信を行うと考えると、アプリで撮影予約をしてから撮影した画像を受信するまではおよそ2日ほどかかると予想されるが、この待ち時間のワクワク感も本システムの醍醐味のひとつであると考えたい。

また、他の「My 衛星」間や最接近している通信衛星間でデータをリレーする共通の規格を整えば、そのとき地上局の上空を通過しているMy 衛星や通信衛星がデータを送信すればよい。そうすることで、地上局との通信機会や時間を増やすことができ、「My 衛星」コミュニティの活性化にもつながる。

## 5. 得られる成果

My 宇宙望遠鏡は、天候に左右されずに軌道上から異なる倍率での同時撮影ができるシステムである。本校の物理部員で思いついただけでも、次の①～⑥のような使い道や楽しみ方が考えられる。

①七夕の当日が雨でも、その日の天の川の写真が撮れる。②月と地球が同時に1枚に収まった写真が撮影できる。③ランダムに撮られた地球や星空の写真を使って、写っている国や星座を当てる。④望遠レンズと広角レンズで同時に撮った2枚の画像を使ってクイズを出題。⑤日食のときに月が地球の地表に落とす影の撮影というマニアックな使い方ができる。⑥地理と地学の成績が上がりそう。etc…

## 6. 主張したい独創性または社会的な効果

- ・ 来たるべき「My 衛星」時代や、「一人一衛星」時代のモデルケースを提案することができた。
- ・ 実現すれば、宇宙望遠鏡を個人や学校が教育目的で独占利用できる時代が来る。
- ・ スマホのカメラを使用することで、低費用でのMy 衛星開発の実現可能性が高まる。
- ・ スマホで手軽に星座、銀河、月、太陽、地球の撮影予約や閲覧ができ、宇宙を身近に感じられる。
- ・ 自分専用の衛星を持つことは子どもにとっての夢で、今後の宇宙開発の人材育成に影響を与える。

以上