

第20回衛星設計コンテスト

事務局使用欄
受付番号

年 月 日

アイデア概要説明書

1. 応募区分 ジュニアの部

2. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内）			
宇宙太陽光発電技術実証衛星 STEPs			
作品名 副題（これは公式文書では省略する場合があります）			
宇宙太陽光発電の不可能を可能に			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	ヤマカワ マイコ 山川 真以子	私立四天王寺高等学校英数Ⅱコース	2年
代表者(副)	ミカミ タクロー 三上 拓朗	奈良工業高等専門学校 電子制御工学科	2年
メンバ1	ハラ ユウシン 原 勇心	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	3年

3. アイデアの概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

今日では、宇宙開発は急速に発展しており、人工衛星や大型の宇宙構造物が月近郊や地球軌道上で活躍する時代がすぐそこまで来ている。しかし、現時点ではロケットの積載容量が限られていることや、太陽光パネルの大きさが制限されることから、衛星のサイズや性能を縮小せざるを得ない。そこで、我々は宇宙太陽光発電を行うことを提案する。我々の衛星 STEPs は宇宙太陽光発電に必要な技術実証を行い、それを不可能から可能へと変えるものであり、人類をニューフロンティアへと誘う新宇宙時代への第一歩となる。

4. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的

今日では宇宙開発が急速に進んでいる。

今後、地球軌道上や月近郊で活躍する衛星の数が増えていくだろう。しかし、ロケットに搭載することのできる衛星の重量・大きさは決まっているため、高性能な機器が載せられないことがある。より高性能な機器を載せるには、衛星の他の部分を軽量化すればよい。そこで、衛星の性能を落とさずに軽量化するために太陽光パネルを積まないようにすることを考えた。しかし衛星を動かすには電力が必要なため、太陽光パネル以外の給電方法が必要である。

その解決策として、宇宙太陽光発電所を建造し、そこで発電した電力を他衛星に送電する、“電力ネットワーク”を提案する。

しかし、宇宙空間でのエネルギー送電技術は確立されておらず、今後どのような問題が発生するかが不明であり、また、宇宙太陽光発電所のような大規模構造物の打ち上げはロケットの打ち上げ能力を考えるとそのサイズゆえに困難である。また、宇宙太陽光発電所は長時間の運用が求められるが、衛星に回転駆動部が多いと、その部分が故障する可能性が高まることが分かっている。

宇宙太陽光発電所に関するこれらの課題を解決するための技術実証を宇宙太陽光発電技術実証衛星 STEPs の目的とする。

(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由、他にない技術など)

宇宙で太陽光発電を実施する際にいくつかの問題点が考えられる。

1、大規模構造物の打ち上げは、ロケットの打ち上げ能力を考えるとそのサイズゆえに困難であり、また、宇宙での大規模構造物の展開技術は未発達である。

2、宇宙太陽光発電所は、長い年月にわたる運用が求められるが、衛星に回転駆動部が多いと、

その部分が故障する可能性が高くなるため、複数構造物の一体型運用は困難である。

3、宇宙空間におけるエネルギー送電技術は確立されておらず、今後どのような問題が発生するかが不明である。

これらの問題を解決するために以下のことを実証する。

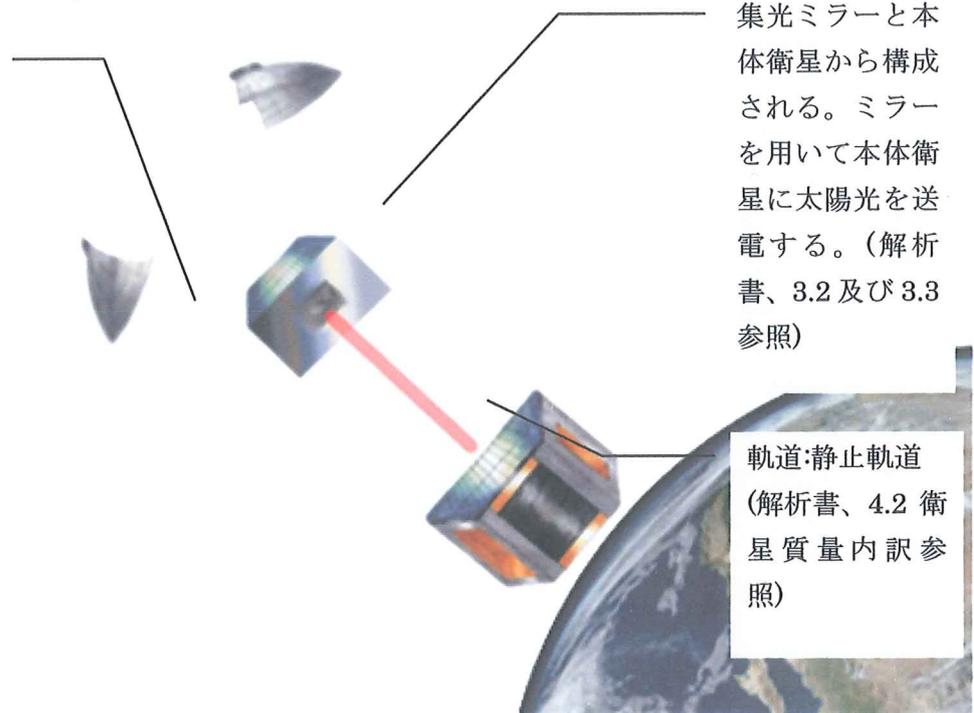
- 1、集光ミラーの展開を通じた大規模宇宙構造物の展開技術
- 2、衛星本体と太陽光集光ミラーの編隊飛行制御による長期運用方法
- 3、分離衛星へのエネルギー送電と宇宙空間でのマイクロ波の量関係。

5. アイデアの概要

※ミッション全体の構成・ミッション機器の形状・質量・機能・運用軌道など、図を使用するなどして分かりやすく説明して下さい。

- ・集光ミラーの展開
- ・編隊飛行制御
- ・マイクロ波送電実験

主に3つのミッションを行う。(解析書第3項参照)



6. 得られる成果

4(b)で行うミッションを提示した。ここではその成功の可否基準を設ける。

1、ミラー展開

展開に成功した段階で成功である。

2、編隊飛行制御

編隊飛行制御の運用時間が試験開始後1年間行えれば技術実証達成とする。

3、マイクロ波送電実験

本体衛星から子衛星への宇宙空間でのエネルギー送電実験である。これは、子衛星にマイクロ波を送電し、パルス波が地上に送信され検出されれば成功とする。

7. 主張したい独創性または社会的な効果

我々の考える衛星では、子衛星を人工衛星に見立て、「マイクロ波送電による、各衛星への送電」という新たな試みの技術確立の検証を行う。また、本衛星と低軌道に投入した子衛星間のマイクロ波による送電を行うことで、「マイクロ波送電による、動点への送電の技術確立」を行う。

この技術実証を経たのち、宇宙太陽光発電所が実現され電力ネットワークを構成されれば衛星のミッション部分のペイロード増加・高性能化につながる

宇宙太陽光発電技術実証衛星STEPs

—宇宙時代への第一歩—

山川 真以子【私立四天王寺高等学校】 三上 拓朗【国立奈良工業高等専門学校】
原 勇心【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. はじめに

今日では宇宙開発が急速に進んでいる。今後、地球軌道上や月近郊で活躍する衛星の数はさらに増えていくだろう。しかし、ロケットに載せられる衛星の大きさや重さは制限されており、そのために載せられる機器の技術レベルを落とさざるを得ないことがある。より高性能な機器を載せるには、衛星の他の部分を軽量化すればよい。そこで、衛星の性能を落とさずに軽量化するために太陽光パネルを積まないようにすることを考えた。しかし衛星を動かすには電力が必要なため、太陽光パネル以外の給電方法が必要である。その解決策として、“宇宙太陽光発電所を建造し、そこで発電した電力を他衛星に送電する電力ネットワーク”を提案する。

しかし、宇宙空間でのエネルギー送電技術は確立されておらず、今後どのような問題が発生するかが不明であり、また、宇宙太陽光発電所のような大規模建造物の打ち上げはロケットの打ち上げ能力を考えるとそのサイズゆえに困難である。また、宇宙太陽光発電所は長時間の運用が求められるが、衛星に回転駆動部が多いと、その部分が故障する可能性が高まることが分かっている。

宇宙太陽光発電所に関するこれらの課題を解決するための技術実証を宇宙太陽光発電技術実証衛星STEPsの目的とする。

2. ミッションの概要

2.1 ミッション概要

ミッション全体の流れを以下に示す。ミッションは、以下の通りである。

- ・形状記憶合金を用いた傘式展開方式 (cf.3.3 展開方法) によるミラー展開
- ・太陽輻射圧を用いたミラーの編隊制御
- ・分離衛星への送電試験

2.2 ミラー展開方法

我々はミウラ折りと折り畳み傘 (図1) を参考にした展開方法を考えた。ミラーは衛星側面に畳んではめ込まれた状態でうちあげられる。衛星本体が静止軌道上に設置された後、ミラーは衛星本体から切り離され、錘の遠心力によって第一次展開をする。その後、形状記憶合金で作られた折り畳み部分のばねによってミラーは第二次展開を行い、パラボラ型となる (図2)

2.3 ミラー制御

本衛星では、コスト削減のため、ミラーを使用する。従来考えられてきた宇宙太陽光発電衛星では、ミラーと本体衛星の間に回転駆動部が設けられていることが多かった。しかし、軌道上の衛星の駆動部は、摩擦や急激な温度変化による劣化が想定される。これは、宇宙太陽光発電所のような長期間運用する衛星において、故障の可能性を高める重大な要因である。そこで、STEPsではミラーを本体衛星から独立させ、太陽輻射圧を利用した編隊飛行制御によって位置関係を維持する。この際、軌道方向の太陽光圧はイオンエンジンによって打ち消すものとする。

2.4 分離衛星へのマイクロ波送電実験

本衛星は、発電した電力をマイクロ波送電技術を用いて、各インフラへ送電する。しかし、実際

に送電した場合どのような問題が生じるのかは不明である。

本衛星には受電装置を備えた、小型衛星(以下子衛星とする)が備わっており、これは自律した動きをすることが可能である。

そこで、子衛星を人工衛星に見立て、「マイクロ波送電による、各衛星への送電」という新たな試みの技術確立の検証を行う。また、衛星の熱設計(特にマイクロ波による熱影響に対する対策)を確立する。

静止軌道上であれば、位置関係をほぼ固定することができるため、送電自体は容易である。

しかし、静止軌道以外では、本衛星と子衛星の相対位置は、時間に依存して異なってくる。

この本体衛星から子衛星への送電には、ビーム指向制御を用いる。

これは、送電部の向きを変えることなく、マイクロ波の向きを調整する技術である。

本衛星と子衛星間のマイクロ波による送電を行うことで、「マイクロ波送電による、動点への送電の技術確立」を行う。

なお、子衛星の受電の判定は、受電している間だけ、一定のパルス波を出し、それを地上で受信することによって行うものとする。

また、同時に、子衛星に搭載した測定器によって、マイクロ波がどの程度減衰・拡散しているかを測定する。

3. 衛星概要

3.1 発電部と受電部

今回、分離衛星に搭載するパルス波の発生装置を動かすために100Wの電力が必要であることから発電量を見積もった。よって、本衛星では、年間

$$100\text{W} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} = 876000\text{Wh}$$

の電気需要を想定する。今回のミッションでは、太陽光パネルと集光ミラーを併用する。

876000W 全てと発電衛星を動かすための電力を発電するために必要なミラー面積 A は、太陽定

数を $1.37\text{kW}/\text{m}^2$ 、使用する太陽光パネルの変換効率を 43.5%、マイクロ波による送電効率を 0.50、集光ミラーの集光効率を 0.80 としたとき、 1.0 m^2 と求められる。(式1)

送電には、マイクロ波を使用する。マイクロ波は電磁波なので、真空中でも送電が可能である。また、長時間大出力での送電ができ、環境による影響も少ないことが分かっている。

3.2 衛星質量内訳

本衛星の重量内訳を以下の表に示す。

表1 衛星データ詳細

本体寸法(mm)		図4 参照	
質量 (kg)	衛星全体	26kg	
	衛星内訳	電源系	2.5kg
		通信系	1.0kg
		姿勢制御系	4.5kg
		(イオンエンジンの燃料、及びデータ処理系を含む)	
		構体系	3.1kg
分離衛星	10kg		
ミラー	2.4kg		
軌道	静止軌道 (ただし分離後の子衛星は低軌道)		
姿勢制御	三軸姿勢制御 ゼロモーメント方式		

4. ミッション採点基準

ここではその成功の可否基準を設ける。

1、ミラー展開

展開に成功した段階で成功である。

2、編隊飛行制御

編隊飛行制御の運用時間が試験開始後1年間行えれば、技術実証達成とする。

3、マイクロ波送電実験

本体衛星から子衛星への宇宙空間でのエネルギー送電実験である。これは、子衛星にマイクロ波を送電し、パルス波が地上に送信され検出されれば成功である。

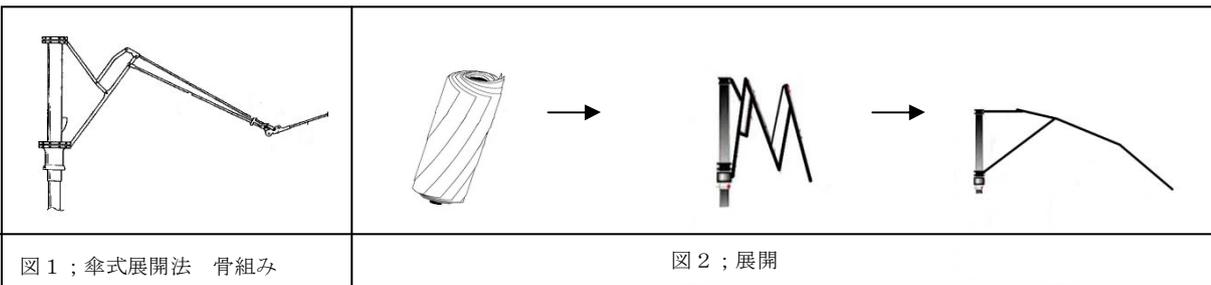
5. まとめ

私達が考える衛星では、子衛星を人工衛星に見立て、「マイクロ波送電による、各衛星への送電」という新たな試みの技術確立の検証を行う。また、本衛星と子衛星間のマイクロ波による送電を行うことで、「マイクロ波送電による、動点への送電の技術確立」を行う。

この技術実証が経たのち、宇宙太陽光発電所が実現され電力ネットワークを構成されれば衛星のミッション部分のペイロード増加・高性能化につながる。

参考文献

小田 光茂、“宇宙エネルギー利用システムの研究：太陽発電衛星のシステム形状”、宇宙航空研究開発機構研究開発資料、JAXA-RM-04-011



(式1)

$$A = 250 \text{ W} / (1370 \text{ kW/m}^2 \times 0.435 \times 0.5 \times 0.8)$$

$$= 1.0 \text{ m}^2$$

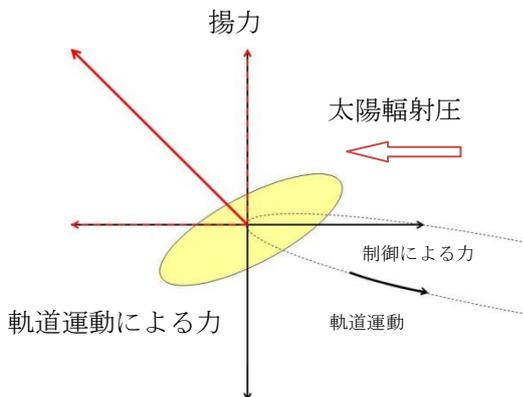


図3 太陽輻射圧を利用した制御

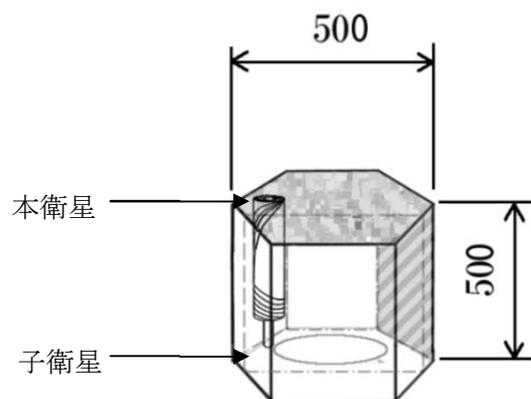


図4 本体寸法