

第23回衛星設計コンテスト

事務局使用欄

受付番号 2727

年 月 日

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（20文字以内）			
熱電発電モジュールを用いた標準プラットフォームの開発			
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） 人工衛星・探査機の未来を切り開く新しいデザイン			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	野崎信吾(ノザキシング)	岡山県立倉敷天城高等学校理数科	高1
代表者(副)	永山龍那(ナガヤマリュウナ)	岡山県立倉敷天城高等学校理数科	高1
メンバ1	中村友哉(ナカムラユウヤ)	岡山県立倉敷天城高等学校理数科	高1
メンバ2	川上幸起(カワカミコウキ)	岡山県立倉敷天城高等学校理数科	高1
メンバ3	小西悠斗(コニシユウト)	岡山県立倉敷天城高等学校理数科	高1
メンバ4			
メンバ5			
メンバ6			
メンバ7			
メンバ8			

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

宇宙での人工衛星・探査機の利用は惑星探査から、地球の気象観測まで幅広く使われている。その中でも、宇宙での発電方法・コストダウンが課題となっている。また、宇宙では修理不能のため機器の簡素化が求められている。そこで、人工衛星や探査機として使えるデザインの、新しいプラットフォームを提案する。これはペルチェ素子によるゼーベック効果を利用した熱電発電を電力源としていて、今よりさらに多様な宇宙探査ができると考える。

3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的（今回考えたアイデアを何に利用するか等）

このアイデアは、今までにないプラットフォームを開発することで、新しい人工衛星のデザイン・技術を創造することを目的としている。本研究では、基本形としてアイデアを提案し、自由度の高いプラットフォームを制作することで、人工衛星として惑星・衛星探査機として幅広く利用されることを目標としている。

(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)

現在の宇宙での人工衛星はJAXAやNASAだけでなく、中小企業も開発・運用を進めている。また、宇宙での発電方法としては、ほとんどが太陽光パネルを用いた発電に頼っていて、発電方法が限られているのが現状である。このことより、単位面積当たりの発電効率で優れているゼーベック効果を利用した熱電発電が有効であると考えた。また、四角錐から展開できる形にすることで、ロケット内での格納器の小型化やパネルでの太陽光反射の制御が期待できる。そして、電源部が太陽電池と固定されていた今までの人工衛星のスタイルに、熱電発電という新しい電源部としての選択肢が加わることで、新しいプラットフォームのスタイルとして確立されると考えている。

4. アイデアの概要

<集光システム>

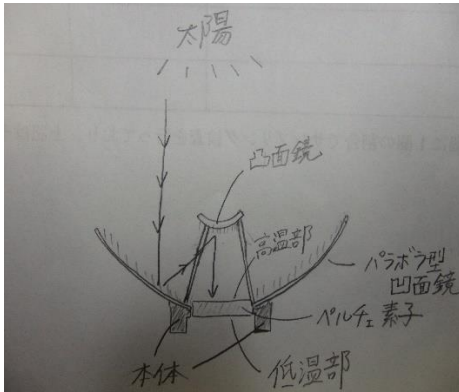


図1、熱電発電システム全体



図2、パラボラ収納時



図3、パラボラ展開時

<材料>

・反射鏡(アルミミラー)

アルミ仕様の鏡は、比較的軽量で低価格で購入することが可能である。これは、ガラスミラーと比べて軽量で割れないことが長所である。また、アルミニウムを使用した鏡以外に、アクリルミラー、フィルムミラーを使うことが可能だと考えている。

反射鏡として、人工衛星などを覆っているサーマルブランケットの表面で太陽光を反射させることで、代替品として使えると考えている。サーマルブランケットは、ポリイミドフィルムと網目状のナイロンを交互に重ねることで、宇宙空間の温度差から人工衛星を守る役割をしている。これに使われているポリイミドフィルムの種類の中には白色ポリイミドフィルムがあり、この反射率は約85%で、長年宇宙空間で使用されているので安全性も高いので使用することができる。

・ペルチェ素子

この標準プラットフォームではペルチェ素子は、太陽電池の代替品として使用する部品である。そこで、太陽電池とペルチェ素子の性能を表に表す。

表1、ペルチェ素子と太陽電池の比較

	動作温度	質量当たりの発電量	面積当たりの発電量	発電効率
太陽電池	-100℃~ 120℃	12.727w/kg(140.05w/kg)	0.015w/cm ² (0.05w/cm ²)	20% (37%)
ペルチェ	~250℃	25.00w/kg	1.000~0.550w/cm ²	10%

※かつこの中は、宇宙用太陽電池の値である

この表によると、近年、太陽電池の分野が盛んになっているので太陽電池のほうが質量あたり発電効率や発電効率においてペルチェ素子を上回っている。しかし使用温度の範囲は、二つの導体の組み合わせを変えることで、使用温度に合わせて変えることができる。そして、面積当たりの発電効率としては、太陽電池を上回っている。また、ペルチェ素子を使用した発電の長所としては、可動部がないので振動がなく長寿命で信頼性が高いことが挙げられる。一方で短所としては、出力電圧が温度差と比例するので、補助電気回路が必須となることや、出力電圧が太陽電池に比べて低いため、直列結合した複雑な構造になることがあげられる。

そして、この人工衛星がどれだけ発電できるのかを求めた。そのために以下の式で置いて考えた。

$$(太陽定数 \times \pi r^2) / \pi r'^2 = mc \Delta t$$

※ここでの太陽定数=1366w/m²、rはパラボラ半径(cm)、r'凸面鏡半径(cm)、mはペルチェ素子につける絶縁体(アルミナセラミック)の質量(g)、cは絶縁体の比熱(J/kg)、Δtは温度(℃)とする。

そして、rを求めたい値とすると、r'=5、m=115.2(アルミナセラミックの密度×体積より、3.6×32)、c=800、Δt=200を代入して計算でき、r≒20となる。また高温部の温度が200℃になるので、温度差と開放電圧の比例関係(文献より引用)より、25℃のときは開放電圧が0.9vになる。そして使用するペルチェ素子の抵抗は1.5Ωなので流れる電流は、オームの法則より4.8Aとなる。よって1個で34.56Wの発電量になるので、合計の発電量は、4(個)×34.56より138.24Wとなる。比較として、発電率37%の太陽電池を使うときに、138,24Wを発電するためにはおよそ2540cm²のパネルが必要とされる。このことから、人工衛星本体に接触する熱電発電システムの面積は、太陽電池の面積の約1/40となる。

<排熱システム>

排熱方法としては、MLI や ORS (熱制御ミラー) などの、人工衛星の断熱に利用されている素材を冷却面に貼り付けることを考えている。これは、石英やホウケイ酸ガラスの裏面に Al や Ag を蒸着したものである。例えば、MLI は人工衛星の表面に貼られているもので、現在も使われているものである。そのため、使用するときの信頼性があり、使うときにとても便利である。また、太陽光の入熱阻止と人工衛星自身の放熱をすることができるので、排熱方法としては、効果があり、一定の温度を保つことができると考えている。

<回路システム>

回路は、図3のような形にした。この回路では、書かれていないが、熱電発電モジュールである、ペルチェ素子は、四つを直列で接続することで、ペルチェ素子の欠点である、一つあたりの発電量が少ないことを補おうと試みた。

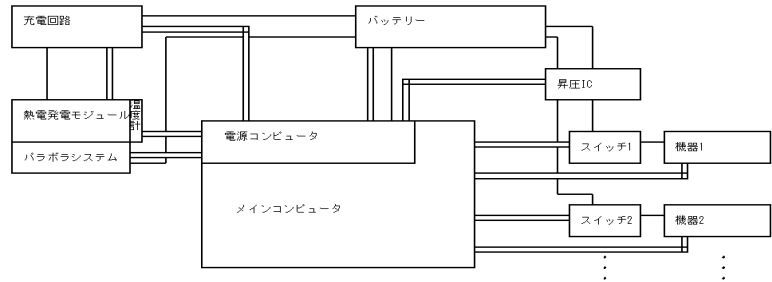


図4、システム回路

5. 得られる成果

- ・今までの宇宙では、熱電発電は原子力電池が主流だったので、ペルチェ素子を使うことで、ロケットでの発射がより安全になり、万が一事故が起きても原子力で汚染される心配がなくなる。
- ・この新しいプラットフォームは今までより軽量・低コストなので、観測機器や道具よりさらにしっかりしたものや、今の観測機器に加えてさらに新しい観測機器・道具を積んで宇宙で運用できる。
- ・今の太陽電池の代わりに、反射鏡を使って集光・集熱することで以前よりさらに回路や必要となるものが簡素化されて、破損することが少なくなる。
- ・人工衛星の内部のスペースを観測・実験に使うなどして有効活用できるので、教育の教材としてさらに幅広く使われる。
- ・ペルチェ素子は可動部がないので、振動が全くないので他の回路や機器に影響を与える心配がない。またペルチェ素子は、ゼーベック効果・ペルチェ効果の両方を使うことができるので、通電方向を制御することで、機器を加熱や冷却などの両方を利用することが可能である。
- ・人工衛星の電源部の選択肢が増えることで、人工衛星をデザインするうえでの自由度が向上する。

6. 主張したい独創性または社会的な効果

今まで、自然エネルギーでの発電は、社会一般ではソーラーパネルだけが家庭での自家発電に利用できるとされている。しかし、この人工衛星を打ち上げ、運用することで熱電発電が注目を浴びて、家庭用の新しい発電モジュールが普及するかもしれない。また、この人工衛星で使っている熱電発電方法によってソーラーパネルでの発電電力よりさらに性能の良い発電モジュールが開発されることを期待している。

参考文献

- ・ <http://jp.mitsuichem.com/techno/develop/pi/other.htm> ・ <http://www.kelk.co.jp/news/090128.html>
- ・ 化合物多接合太陽電池の高効率化と応用 (http://www.sharp.co.jp/corporate/rd/n39/pdf/107_08.pdf)
- ・ 2. 熱電変換について-プラズマ・核融合学(http://www.jspf.or.jp/Journal/PDF_JSPF/.../jspf2011_12-818.pdf)
- ・ <http://www.kyocera.co.jp/solar/pvh/prdct/econoroots-type-r/detail.html#ta>
- ・ <http://www.hidekenka.net/hidekenkaseihin/frig/plinciple.htm> ・ <http://www.ntecmo.co.jp/custama/perutie.htm>
- ・ 人工衛星をつくる 設計から打ち上げまで 宮崎康行著 (書籍)
- ・ http://www.setsunan.ac.jp/~shikama/GraduationStudyAbstract/13EOSL/summary_shigemura.pdf
- ・ 宇宙用熱制御材料の太陽光吸収率の入射角依存性と半球放射率の温度依存性に関する測定データ

以上