

## 電力ハーネス焼損ガスによる推力の計測

Measurement of the thrust due to the gases generate from burned electric power cable harness

衛星推進技術グループ

長田泰一、後藤大亮、梶原堅一

Spacecraft propulsion engineering group

Taiichi NAGATA, Daisuke GOTO, Kenichi KAJIWARA

## ABSTRACT

As the investigation into the cause of the defect on ADEOS-II, the thrust due to the gases generated from burned electric power cable harness were measured by laboratory experiments. The specific impulse was also estimated. These results showed that the burned cable harness in the container with an orifice could generate the thrust.

## 1. はじめに

本研究は、ADEOS-II の軌道上不具合原因究明の一貫として、電力ハーネス焼損時の発生ガスによる推力を実験により計測し、推力発生を確認することを目的として、平成15年度に衛星推進系試験設備において実施した。

軌道上不具合の原因として、電力ハーネスの一部が何らかの原因で短絡/焼損したことが考えられている。これを裏付ける事象として、ADEOS-II 衛星自身の異常な姿勢変化が観測されており、ハーネス焼損時に発生したガス（被覆の燃焼ガス等）が MLI（Multilayer Insulator, 多層断熱材）に空いた穴からある方向に噴出することにより推力が発生したものと考えられている。しかし、実際のハーネスが焼損する際の発生ガスによる推力を測定した例はなく、衛星の姿勢変化をこのハーネス焼損による推力によるものであることを裏付けるために必要な推力や比推力などの情報は不十分であると言える。まずは、ハーネスが放電して焼損した際に、推力が発生するのかどうかを確認する必要がある。

そこで本研究では、密閉容器内に設置された実際に衛星で使用されている電力ケーブルハーネスを、真空槽中で意図的に短絡・燃焼させることによりガスを発生させ、容器の壁面に空けたオリフィスから噴出する際の推力を測定した。なお、ハーネス短絡・焼損に至る過程に関しては本研究の範囲外とする。

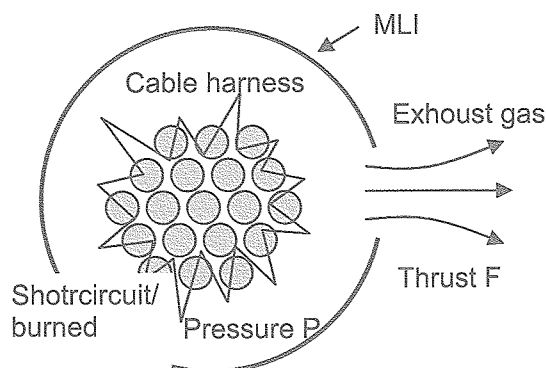


Figure 1 Schematics of the thrust due to burned electric power harness.

## 2. 研究の概要

### 2.1. 電力ハーネスの短絡／燃焼方法の検討

電力ハーネス焼損ガスによる推力を測定するためには、まずハーネスを短絡／燃焼させる方法を確立することが必要である。ADEOS-II 不具合原因を考慮して、ハーネスは同じ物、短絡は被覆を炭化させることにより導通させるという方法を再現した。

図2に電力ハーネスの短絡セットアップを示す。8本のハーネスをツイストして束ねて固定する。ツイスト線の先端部分から20mm程度を、隣接するハーネス間の抵抗値が所定の値になるまでバーナーで炙り被覆を炭化させる。

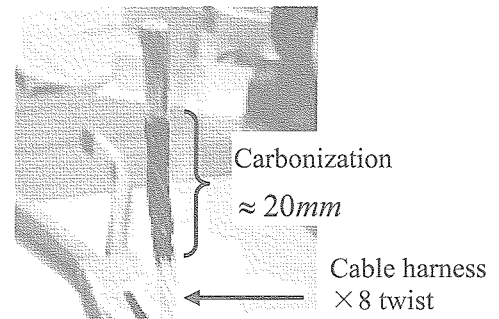


Figure 2 Setup of electric power harness short-circuits and picture.

### 2.2. 焼損ガスによる推力の計測

ハーネスの束を密閉容器内に入れ、2.1項の方法により短絡／燃焼させることによりガスを発生させ、容器壁面に空けたオリフィスからの噴射されることによって発生する推力を測定した。

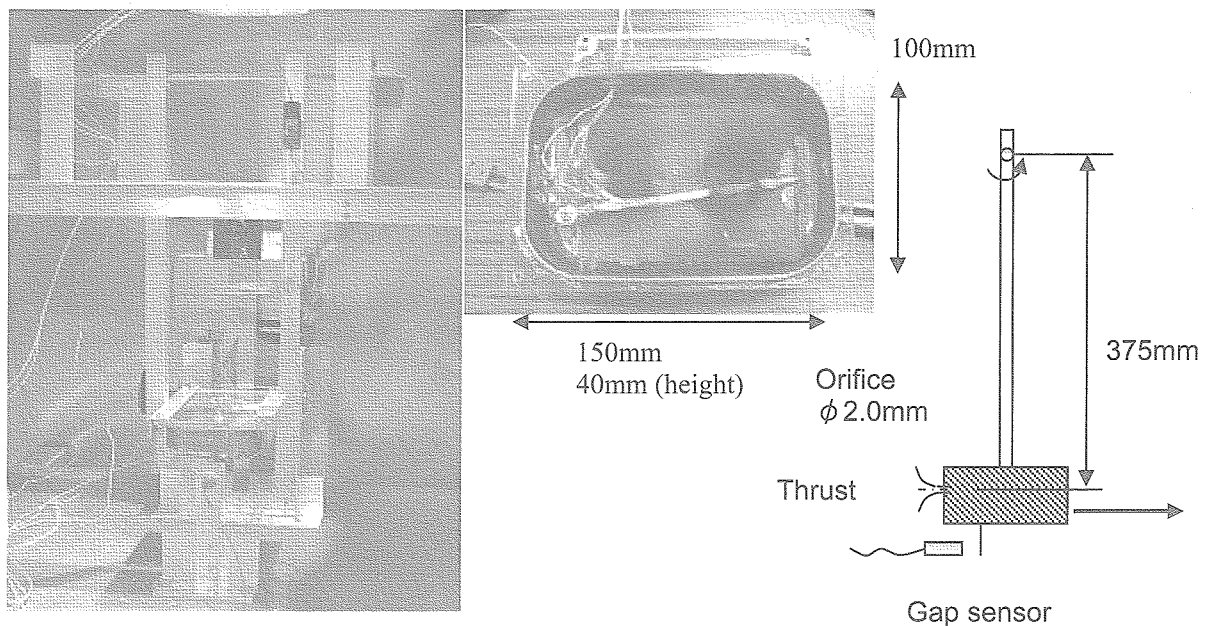


Figure 3 Experimental setup.

## 3. 結果の概要

図4にハーネス短絡／燃焼時および燃焼後の様子を示す。ガスが発生している様子が観察された。炭化した被覆を介して電流が流れることがトリガーとなり火花放電が発生し、ハーネスが高温になることにより被覆がガス化・燃焼する、また銅線そのものも溶け落ちる。この溶け出した銅が落ちずに隣接したハーネスがつながって、ハーネスどうしが完全に導通するまでこの火花は持続する。燃焼後は、被覆がなくなり、銅線の一部も溶けてなくなっている。

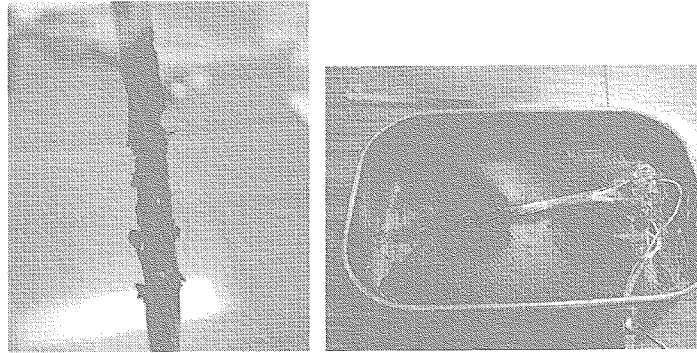


Figure 4 Pictures of burned out harness.

図5にハーネス焼損ガスによる推力の測定結果を示す。上段が(a)推力,下段が(b)電流の時間変化である。放電の開始とともに、推力が発生し、真空度も下がっている。これは、放電とともにガスが発生し、容器内圧力が上昇、ガスがオリフィスより噴射していることを示しており、ADEOS-II で考えられている推力発生状況を良く再現していると言える。

推力の測定結果から、力積  $I$  [N]を見積もり、燃焼前後でのハーネス質量の変化  $\Delta M$  [kg]から比推力  $Isp = I/\Delta Mg$  [sec]を算出した。ここで、 $g$  [m/s<sup>2</sup>]は重力加速度である。

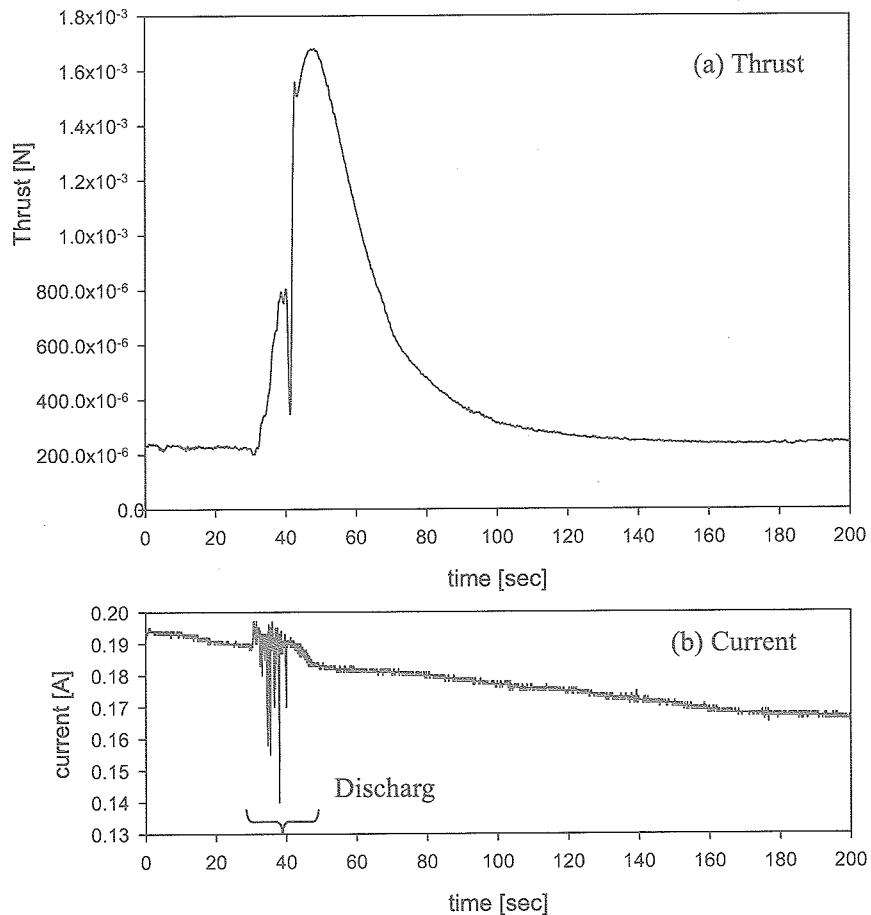


Figure 5 Time evolutions of thrust and current.

結果を表1に示す。再現性について調べる目的で、同様の条件、つまり装置およびハーネスの本数を同じにして計5回実施した。ばらつきは大きいものの、比推力は平均7[s]程度であることがわかる。

Table 1 Specific impulse

Test No.	Specific Impulse Isp[s]	Burn out harness mass $\Delta m$ [g]
①	9.535	0.084
②	3.572	0.071
③	12.809	0.153
④	5.544	0.092
⑤	6.800	0.064
Ave.	7.652	0.093

#### 4. まとめ

ハーネスが容器内で燃焼する際に推力が発生することが確認された。

今後、このデータをもとに、ADEOS-II 軌道上不具合原因の究明のための評価を行っていく予定である。