

新点火システムの開発

○植草康之 (IHI エアスペース)
森田泰弘、羽生宏人 (ISAS/JAXA)
田中直浩、神澤匠 (IHI エアスペース)
名出智彦 (IHI エアスペースエンジニアリング)
藤原暉雄 (翔エンジニアリング)

1. はじめに

低コストロケットシステム研究の一環として、ロケット用点火システムの軽量・低コスト・高信頼性、および自動・自律点検機能の確立などを狙った開発検討を行っている。

システムとしての小型軽量化および運用を含めたトータルでのコスト低減を実現させるため、無線による点火方式の基礎確認と評価用モデルの製作から開発を始め、昨年度は、コンデンサ充電式点火回路と点検機能とを一体化することで、従来は専用の集中装置として搭載していた点火電源、点火制御装置、点火用スイッチなどの機能部品を火工品毎に持たせた「分散型点火装置」を提案した。

今年度は、昨年度の提案を元に詳細設計を行い、点火電源に電気二重層コンデンサを採用し、充電電圧、イニシエータ抵抗及び回路動作の健全性計測を目的とした自己点検機能を組み込んだ試作を開始した。本稿では、コンデンサ特性試験結果の概要および試作の進捗概要を報告する。

2. 分散化方式の概要

火工品回路の分散化方式の概要について以下に説明する。

(1) システムの概要

従来、点火用電源や点火用スイッチ類などを、それぞれまとめて BOX 内に収納していた「集中化方式」に対して、点火器、点火電源、点火制御、点火スイッチ、及び点検機能を点火ユニットに統合して「分散化方式」とした。システム概要図を図 2.1 に示す。

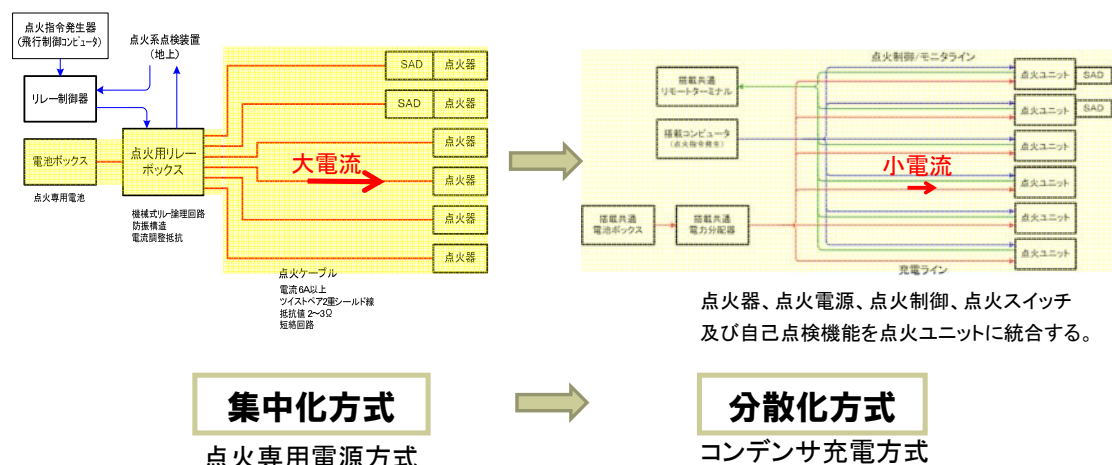


図 2.1 分散化方式のシステム概要図

(2) 分散化によるメリット

分散化とコンデンサ充電方式を組み合わせ、かつ有線により火工品外部から電源を供給することにより、以下のようなメリットを期待できる。

- ① 共通の電池ボックスから有線により電力分配するため、火工品側の内部に電池等の電源を常に持つておく必要がなくなる。
- ② 共通の電池ボックスから有線により供給される電源は、点火電源用コンデンサにゆっくり（十数秒）充電されるため、流れる電流が小電流（十数mA）であり細い電線（軽量）で対応可能となる。
- ③ 上記電源はゆっくりと充電されてゆくため、共通電池ボックスの電圧変動や電源ラインの電圧・電流の変動も少なくなり、ノイズ発生が少ないばかりでなく外来ノイズにも強くなる。従ってこの電源ラインのシールドが不要となる。（軽量・低コスト）

3. コンデンサの特性試験

点火エネルギー充電用コンデンサの候補として、コンデンサの体積に対する容量比が非常に大きい電気二重層コンデンサに着目し、特性試験を行った。主要諸元を表 3.1 に示す

表 3.1 電気二重層コンデンサ主要諸元

静電容量	5,440~10,200 μ F (@25°C)
定格電圧	15V
最大ESR	0.6 Ω (@1KHz, @25°C)
使用温度	-20°C~+70°C

(1) 電気二重層コンデンサの放電特性試験

放電試験の結果を図 3.1 に示す。内部抵抗の影響を受け、急峻な点火電流に対して電圧ドロップを生じている。また、0°Cと 25°Cの時の電圧降下量を比較すると低温時の方が大きくなっている。しかし、このコンデンサは容量が非常に大きいため、点火エネルギーを十分確保でき、点火用電源として使用出来る可能性がある。

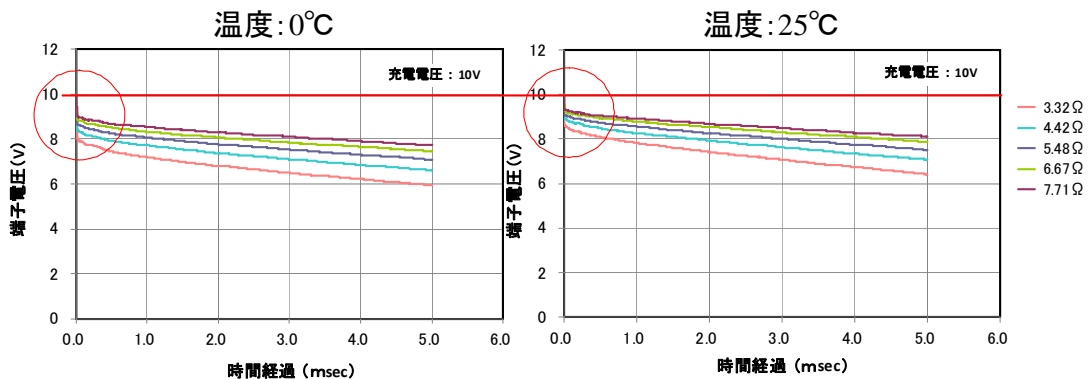


図 3.1 放電特性の温度影響

(2) 他のコンデンサとの比較

点火用コンデンサには、瞬時に大電流（4A×4mS以上）を放電できることが要求されている。前述の要求を満足した上で、小型化・軽量化に適したコンデンサのトレードオフを実施した。トレードオフ項目として、耐圧、内部抵抗値、コンデンサの体積に対する容量比について整理した。（表 3.2 参照）

結果、大電流の要求を満足するためのコンデンサバンク（複数のコンデンサで構成）として小型化・軽量化を図るには、体積容量比が大きい電気二重層が有利であることが判る。今後、他のコンデンサを含め点火用コンデンサとしての適正を評価してゆく。

表 3.2 コンデンサの比較

コンデンサの種類	容量	定格電圧	内部抵抗	サイズmm	体積容量比 $\mu\text{F}/\text{mm}^3$
電気二重層	6800 μF	15V	500m Ω	20×15×5.8	3.91
固体電解	470 μF	16V	9m Ω	ϕ 10×12.5	1.20
タンタル	68 μF	16V	700m Ω	7.3×5.8×3.5	0.46

4. 自己点検回路の組み込み

ロケットの射場における火工品点検作業の簡略化を目的に、本装置では点火回路内に以下の点検機能を設けた。

(1) 点火経路の健全性点検機能

イニシエータの不発火電流以下となるように調整した微小電圧を回路内で発生させ、点火系を構成する各スイッチの ON-OFF に応じて、その印加電圧がどこまで伝わるかを計測する。この結果により、点火系スイッチの健全性、経路の導通、イニシエータの健全性（断線、ショート、劣化の有無）を点検する。

(2) 点火用コンデンサの健全性点検機能

定電流回路により点火用コンデンサを充電し、充電電圧の時間変化からコンデンサの容量変化を含めた健全性を点検する。

(3) 充電、放電機能の点検機能

点火系を構成する各スイッチを全て OFF にした状態で、コンデンサ充電回路を起動させ、充電時間、充電完了電圧、放電電圧の時間変化を測定することにより、充電・放電の機能を点検する。

(4) 点検機能の組み込みメリット

点火回路内部に点検機能を組み込むことにより以下のメリットを期待できる。

（人が火工品に直接触れる作業の削減）

- ① 遠隔操作により点火回路の健全性を確認出来るため、人が火工品に直接触れる点検作業が削減できる。
- ② いつでも、短時間で点検可能となり、射場での作業時間短縮を図れる。

5. 機能確認モデルの試作

今まで検討して来た、電気二重層コンデンサや自己点検回路を盛り込んで試作回路を製作し、外部からの指令による点火機能および点検機能の確認試験を行った。外観及び内部概要を写真 5.1、5.2 に示す。



写真 5.1 外観 110*110*32(mm)

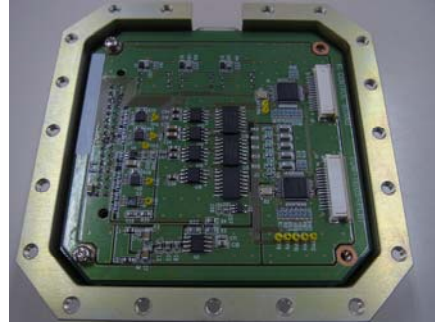


写真 5.2 内部

6. 今後の方針

今まで開発・検討してきた成果を踏まえ、今後も実用化を目指して研究開発を進めて行きたい。

- ① 評価結果を反映して点火回路、自己点検回路を改良する。
- ② 制御信号伝送は有線と無線を並行して開発してゆく。
- ③ 新点火システムと既存火工品の結合方式およびロケットへの実装方式について検討し、実機モデルを試作・評価してゆく。
- ④ 技術実証を積み重ねるため、観測ロケットの実証実験等への応募などを調整する。

参考文献

1. 平成 23 年度 宇宙輸送シンポジウム講演集 STCP-2011-008 「新点火システムの開発」