

次世代パワーデバイス適用に向けた宇宙機電源システムの研究

Study of Spacecraft Power System for Utilization of Next Generation Power Devices

岩佐 稔 内藤 均 艸分 宏昌
 Minoru IWASA Hitoshi NAITO Hiroaki KUSAWAKE

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 研究開発部門
 Research and Development Directorate, Japan Aerospace Exploration Agency

1. はじめに

人工衛星には、その目的に応じて様々なミッション機器が搭載されており、例えば、地球観測衛星では各種センサーやカメラが、通信衛星ではアンテナや通信機器がミッション機器となる。一方、人工衛星には、軌道上において、その運用を行うために必要不可欠な基本共通機器（バス機器）を搭載しなければならない。電源機器、熱制御機器、姿勢制御機器等が主なものである。これらの機器が全体質量に占める割合は大きく、例えば、電源機器が占める割合は全体質量の 15~20%にも達する。バス機器は人工衛星の運用を支える機器ではあるが、限られた打ち上げ能力や打ち上げコストを考慮すると、できる限りミッション機器の搭載比率を増加させることが求められており、バス機器の小型軽量化が期待されている。

本稿では、近年実用化されつつある次世代パワーデバイスである GaN パワーデバイスに着目し、GaN パワーデバイスの宇宙機への適用に向けた研究について報告する。

2. 宇宙機電源の小型軽量化

図 1 はバス機器の 1 つである電力制御器 (PCU) の質量出力比 (kg/kW) のトレンドを示している。図中の青い点が JAXA 開発衛星、赤い点が欧米の衛星を示しており、2010 年頃までは日本が欧米に対して大きく後れを取っていたことが分かる。そこで、JAXA では、周回衛星バス用 50V および静止衛星バス用 100V 電源制御器を開発し、従来機器から質量半減を達成した^[1]。図中の 2014 年の青い点が該当する。これは新たな制御アーキテクチャの適用によるものだが、パワーデバイスの性能向上も大きく貢献している。現在は、更なる小型軽量化を目指し、2020 年頃に質量出力比 3kg/kW を目標に開発を進めている。

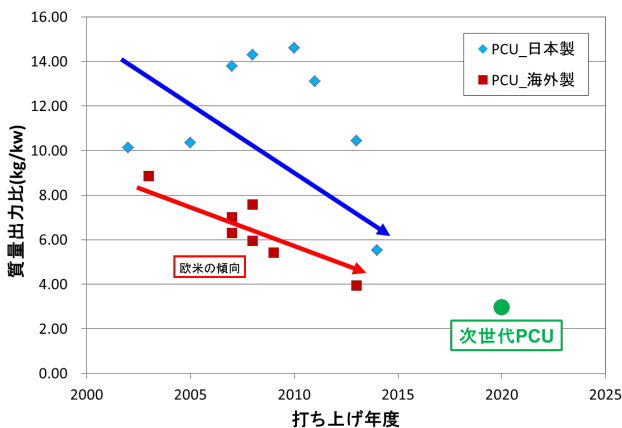


図 1. PCU の質量出力比トレンド

3. 次世代パワーデバイスの適用

宇宙機への適用には耐放射線性が確保されていることが最も重要であり、パワーデバイスとして優れた特性を有していても放射線によって機能を喪失するようなデバイスは使うことができない。そこで、JAXA では、宇宙での使用が適しているかどうかの判断として、地上での放射線照射試験を実施している。次世代パワーデバイスの中でも GaN デバイスは耐放射線性に対して有利なデータが取得されており^[2]、GaN デバイスを適用した電源システムの検討を開始したところである。

GaN デバイスは Si デバイスに対して、オン抵抗 (Rds) が優れているだけでなく、ゲート容量 (Qg) が小さいことから高速スイッチングに適している。MHz 級のスイッチング電源が適用できれば、フィルタ回路の大幅な小型化が可能になり、電源全体として飛躍的な小型軽量化が期待できるが、宇宙機での制約として、EMC 規格がある。中でも CE01 は高周波側のノイズの制約が厳しく、図 2 に示すように周波数特性が従来の数 kHz~100kHz のピークに対して、MHz 帯にシフトすることが想定され、規格を逸脱する可能性がある。これを回避する 1 つの方法として、従来の集中制御型の電力システムから負荷側の機器に直接給電する分散協調制御の適用を検討しており、その実現性について試作評価を実施する予定である。

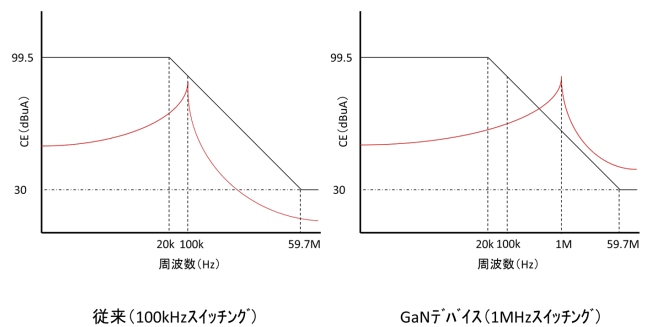


図 2. 宇宙機 EMC 規格 (CE01) に対する周波数特性

文献

- [1] M. Iwasa, H. Kusawake, S. Shimada, A. Ishii, Y. Kikuchi, K. Aoki, J. Shimizu, and T. Ito, LIGHTWEIGHT POWER CONTROL UNITS AND POWER DISTRIBUTION CONTROL UNIT FOR SATELLITES, the journal of space technology and science, vol.28, no.1, pp.30-36, 2013.
- [2] E. Mizuta, M. Tomitaka, S. Kuboyama, A. Takeyama, S. Onoda, T. Ohshima, and K. Suzuki, Single-Event Effects evaluated by heavy ions on a normally-off AlGaIn/GaN Heterojunction Gate Injection Transistor, proc. 11th RASEDA, November 2015.