

## 論文要旨

区分	甲	氏名	中村 創一郎
論文題名	宇宙衛星エネルギーシステムの研究		
論文の要旨	<p>人工衛星に搭載される装置は重量および体積に対する打ち上げ費用が非常に大きく、すべての装置において小型軽量化が求められる。しかしながら、従来の電源システムではアナログ方式によるシャント制御またはシリーズ制御の二つが主流であるため、電源システムの小型軽量化が進んでいない。そこで現在、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）では、電源システムの小型軽量化を図るため、デジタル制御スイッチング電源による多機能高効率電源を次世代型電源システムの技術として位置づけ、電源システムの小型軽量化によってバス機器の重量を減らしミッション機器を多く搭載することを目標として研究を行っている。具体的には、現行の電源システムでは重量対電力比 40kg/kW のところを、次世代機では 30kg/kW を目指している。</p> <p>従来の電源システムにおける第一の問題点は、現在の人工衛星では、そのエネルギー源である太陽電池に対して最大電力点追跡 (MPPT) 制御を行っていないことである。通常、太陽電池には最大電力点が存在し、この動作点で動作させなければ太陽電池の能力を最大限に引き出せず、さらに、この最大電力点は、日射量などの環境変化にともなって変動する。したがって、一般に太陽電池には、常に最大電力点で動作させる MPPT 制御が必要である。しかし、従来の人工衛星では、信頼性の観点や人工衛星で必要とされる高速な MPPT 制御の実現が非常に困難なことから MPPT 制御を行っていない。そこで本研究では、これまで不明であった高周波制御周波数領域における MPPT 制御の解析手法を確立し、その解析手法に基づいて従来の MPPT 制御では高速化が根本的に困難であることを明らかにした。さらに、その結果に基づいて人工衛星でも十分対応できる新しい高速 MPPT 制御方法を独自に開発した。提案している MPPT 制御方法は、従来の方法より数十倍から百倍程度高速に動作し、人工衛星自体が自転するスピン型の人工衛星にも十分応用できる。</p> <p>次に、第二の問題点は、人工衛星に搭載されているバッテリーの重量が非常に大きいことである。太陽電池から得られた電力は、一旦バッテリーに蓄電され、その後バッテリーから負荷に供給される。現在のシステムでは、このバッテリーは負荷に必要な電力に対して十分なマージンを持って電力供給ができるように大きなバッテリーが使用されており、さらに、事故補償のため二重化されている。したがって、バッテリーの総重量は人工衛星全体の重量の大きな割合を占めており、このバッテリーの軽量化が実現できれば、人工衛星の軽量化に大きく貢献できる。そこで、本研究では、エネルギーシステムを分散化しデジタル協調制御させることにより、バッテリー総重量の軽量化が可能なシステムを提案した。この方法によれば、バッテリーの負荷に対するマージンを減少させることができ、かつ、事故補償のための二重化も不要となる。</p> <p>現在 JAXA では、本研究を基に人工衛星に搭載するための新しい電源システムの研究開発を行っている。</p>		

以下に本論文の構成を示す。

第1章は人工衛星及び電源系についての概要であり、歴史的な背景から人工衛星の種別や搭載する電源を取り巻く環境、制御方法などを述べ、人工衛星の課題である太陽電池の制御方法と電源系の構成について述べる。

第2章は試験環境の説明である。

第3章はMPPT制御の高周波制御領域についての安定性解析について述べる。これまで全く不明であった制御周波数を高周波化した場合の安定性を解析する手法を確立し、その手法を従来法のMPPT制御に適用することにより、従来法では高周波制御領域では不安定になり高速化が困難であることを明らかにした。

第4章は新しい高速MPPT制御方法を提案している。ニュートン法を用いることにより、第3章で明らかになった不安定性を克服できることを解析、シミュレーションと実験によって明らかにした。さらに、提案方法を用いれば従来法と比較すると非常に高速にMPPTを行うことが可能であるため、従来法では行うことが困難であった変動し続ける太陽電池の最大電力点に対して追従できることを明らかにした。

第5章はデジタル協調型分散エネルギーシステムの検討について述べる。従来の回路構成ではバッテリー、充放電制御用電力変換装置と分電盤、そして負荷のためのDCDCコンバータという構成であったが、本章では、バッテリーを分散化させデジタル協調制御を行うことによって、従来の機能はそのままにしてシステム構成要素を減らすことを可能にした新しい制御技術を提案している。この結果、予備バッテリーなどの補償数を同等に保ちながら、総重量を減らすことができるということを明らかにした。

第6章は総括を行い、残された課題について言及した。