

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04365

研究課題名（和文）太陽光発電用パワーコンディショナを不要とする衛星用電力制御システムの試作評価研究

研究課題名（英文）Prototype evaluation of power control system for satellites without power conditioner for solar power generation

研究代表者

岩佐 稔（IWASA, Minoru）

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・研究開発部門・主任研究開発員

研究者番号：50836294

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：太陽光発電には安定・効率的な発電を行うため、パワーコンディショナ等の電力変換装置が必要であり、人工衛星では、シャントと呼ばれる電力変換装置が搭載されている。本研究では、シャントを不要とする電力制御システムを考案し、回路シミュレーションと試作機による試験検証により、シャントがなくても安定・効率的な発電ができることを確認した。本成果は人工衛星の電力をコントロールしている電力制御器の小型軽量化に寄与し、従来機器より半減を可能とするものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工衛星にはバス機器（電力供給、軌道制御、通信など、人工衛星の基本的な機能や動作に必要な機器）が搭載されており、電力制御器もバス機器の1つである。衛星の打ち上げには、1回で打ち上げられる大きさが決まっており、バス機器の小型軽量化によって空いたスペースにミッション機器（観測センサやカメラ、通信機器など）を増やすことができる。または、1回で複数の衛星を打ち上げることができるようになり、ミッションの多様化やコスト削減が期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to generate stable and efficient power in solar power generation, a power conversion unit such as a power conditioner is required, and satellites are equipped with a power conversion unit called a shunt. In this study, we devised a power control system that does not require a shunt, and confirmed that stable and efficient power generation can be achieved without a shunt by circuit simulation and test verification using a prototype. This result contributes to the miniaturization and weight reduction of the power control unit that controls the power of satellites, and makes it possible to reduce the size by half compared to the conventional unit.

研究分野：電力工学（人工衛星の電力制御）

キーワード：電力制御 人工衛星 小型軽量化 シャント パワーコンディショナ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

太陽光発電には安定・効率的な発電を行うため、パワーコンディショナ等の電力変換装置が必要であり、人工衛星では、シャントと呼ばれる電力変換装置が搭載されている。商業衛星の筆頭である通信・放送衛星では、ミッションペイロードの搭載率向上及び通信機器のハイスループット化のため、電気推進化及び大電力化がトレンドとなっており、国際的な開発競争の中で、電源機器の小型軽量化と低コスト化が急務である。

2. 研究の目的

電源機器の小型軽量化と低コスト化に向けて、本研究では、シャントを不要とする電力制御システムを提案する。従来技術では、シャントがなければ、バス電圧が上昇し、衛星の全損に繋がるが、これを双方向 DC/DC コンバータのみで、太陽電池出力及びバス電圧制御を行う新たな電力制御手法にて解決する。制御アルゴリズムを確立し、回路シミュレーション及び試作試験にて提案システムの実現性を示す。これにより、小型軽量化と低コスト化を同時に実現し、商業衛星市場における我が国の競争力強化に寄与する。

3. 研究の方法

提案システムの制御イメージを図1に示す。太陽電池出力に対し、バス機器及びバッテリーを並列に接続し、各バッテリーに双方向 DC/DC コンバータ (BCDR) を具備し、システム全体の電力管理を行う統合コンピュータにより、バス電圧及びバッテリー SOC を常時監視する。バス電圧が一定の範囲内になるよう、統合コンピュータから BCDR 及び SADM に制御モードの指令を出力し、複数の動作モードを適切に切り替えることで電力制御を行う。

本提案システムを回路シミュレータ PSIM 上に構築し、回路シミュレーションにより、衛星軌道上で想定される運用モードにおいて、動作確認を行い、バス電圧が一定範囲に制御できることを確認する。シミュレーションで確認された制御プログラムを試作機に実装し、動作確認を行う。

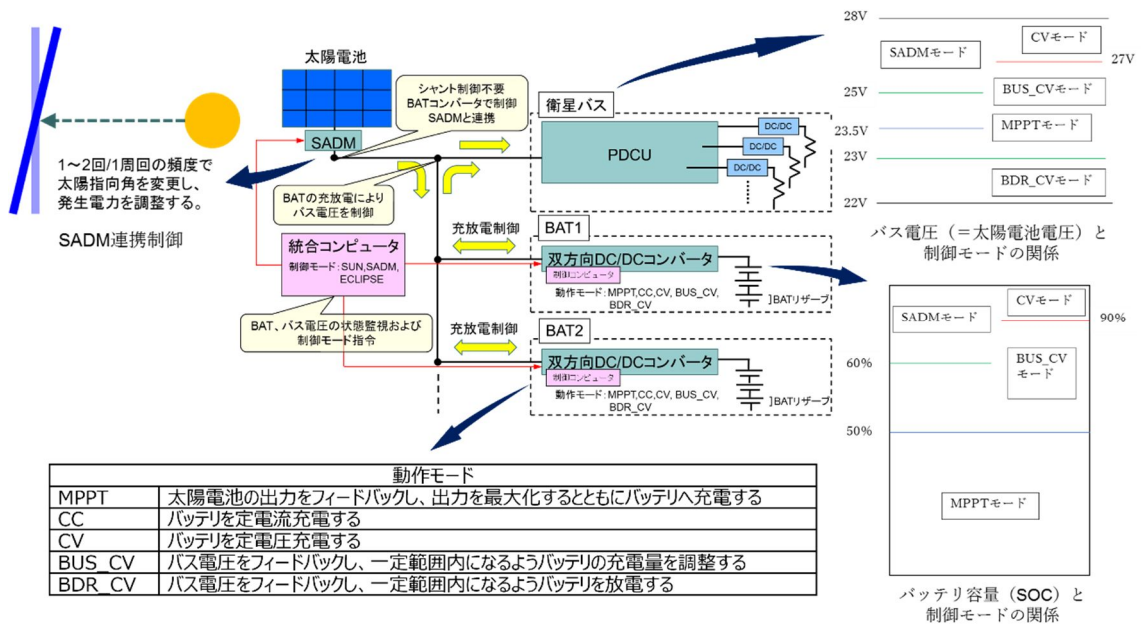


図1. 制御イメージ

4. 研究成果

提案システムによって、シャントがなくとも、衛星軌道上で想定される運用モードにおいて、バス電圧を一定範囲に制御できることを回路シミュレーション及び試作機によって確認した。

図2に構築した回路シミュレーションの構成図を、図3、4にシミュレーション結果の一例を示す。図3は日照時のバス電圧制御のシミュレーション結果であり、バッテリー充電が進行すると共に制御モードを適切に切り替えることで、バス電圧が一定範囲に制御されていることが確認できる。図4は、日照日陰サイ

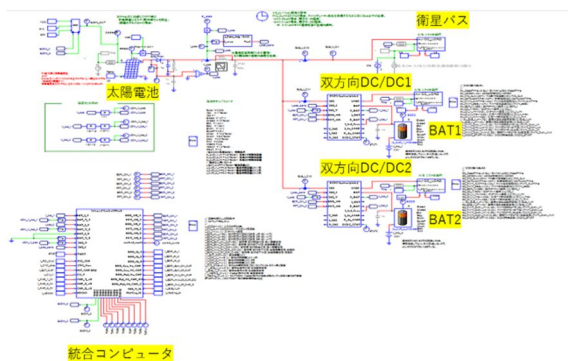


図2. シミュレーション回路

クル及び日照放電モードのシミュレーション結果であり、日照日陰に伴うバッテリー充放電制御の切替や負荷増大に対する日照放電制御が適切に行われていることが確認できる。

図5に試作機の写真を示す。試作機では、統合コンピュータ及び双方向 DC/DC に PIC マイコンを実装し、回路シミュレーションによって構築した制御プログラムを書き込んで、動作確認を実施した。図6に試験結果の一例を示す。左図はMPPTモードからBUS_CVモードに遷移した瞬間の波形であり、負荷急減によるバス電圧上昇にตอบสนองし、DC/DC2がBUS_CVモードに遷移して、バス電圧が制御されていることが確認できる。右図はMPPTモードからBDRモードに遷移した瞬間の波形であり、負荷急増によるバス電圧の下降にตอบสนองし、DC/DC1がMPPTモードで発電電力の最大化を行いながら、DC/DC1がBDRモードに遷移して、BAT1から放電を行い、バス電圧を制御していることが分かる。

本研究成果の適用により、PCUの約5割を占める「シャント+BCR」及び周辺機器を削減可能であり、別途実施しているMHzスイッチング電源をBCDRに適用することで、25kWクラスで1kW/kgを実現すれば、現行から100kgもの軽量化が可能となる。今後は本システムの実用化に向けて、軌道上実証の検討を進める。

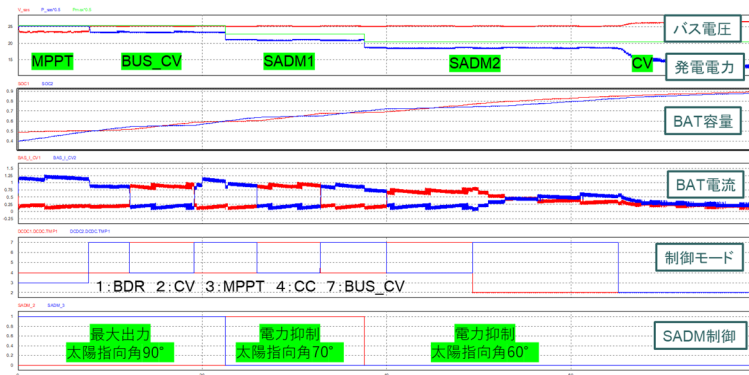


図3. シミュレーション結果 (日照動作)

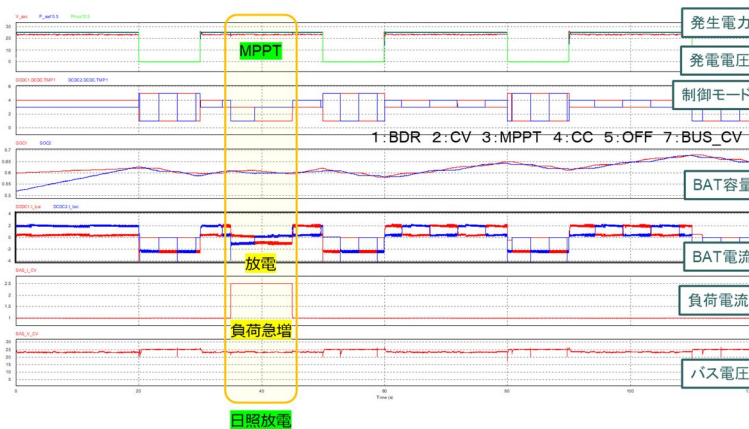


図4. シミュレーション結果 (日照日陰サイクル)

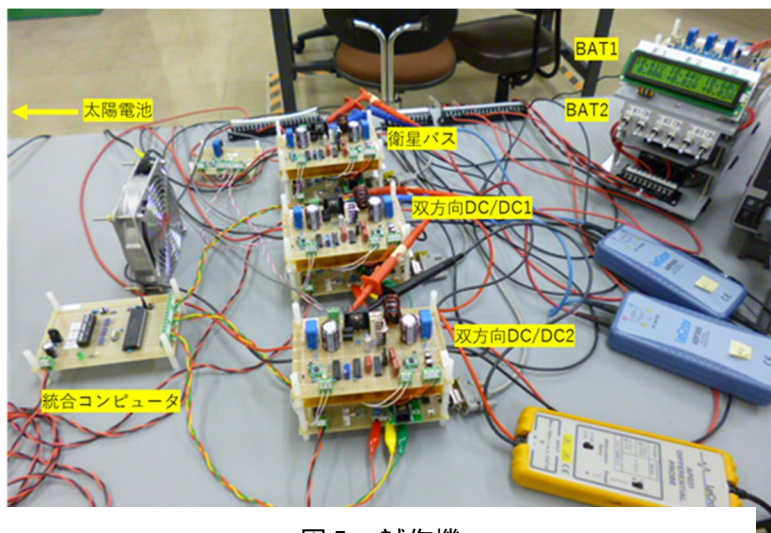


図5. 試作機

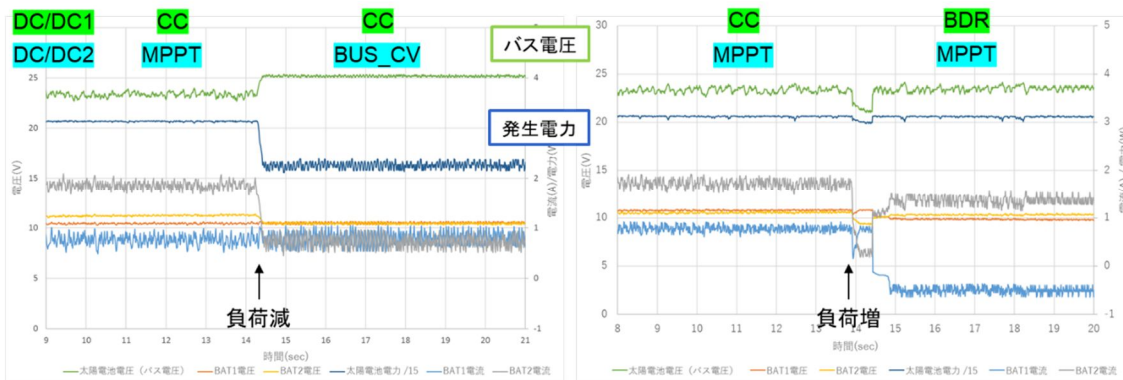


図6. 試作機試験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岩佐 稔
2. 発表標題 シャントレス電力制御による人工衛星用電源の小型軽量化
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 電力制御システム	発明者 岩佐 稔	権利者 宇宙航空研究開発機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-164286	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	近藤 大将 (KONDO Hiromasa) (40837283)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・研究開発部門・研究開発員 (82645)	
研究分担者	黒川 不二雄 (KUROKAWA Fujio) (20140808)	長崎総合科学大学・新技術創成研究所・学術教授 (37301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------