

Recent activities for SSPA on the USEF*

Shoichiro MIHARA, Takashi SAITO, Yutaro KOBAYASHI, Hiroshi KANAI

Institute for Unmanned Space Experiment Free Flyer (USEF)

2-12 Kanda-Ogawamachi, Chiyodaku, Tokyo, 101-0052 Japan

Abstract

USEF has initiated SSPS research for a year in FY2000 with a support of METI (Ministry of Economy, Trade and Industry). Furthermore USEF has studied SSPS feasibility under the contract of METI for two years from FY2001 through FY2002. The study was conducted by the activity of working committee.

In FY2003, additional study has conducted by the Study Working Team with experts from the aerospace industries and the universities, focusing on the feasibility of the optional concepts in the following fields. 1)Space System Attitude Stability (static and dynamic) 2)Methods and Feasibility of Construction on orbit 3)On Orbit Operation 4)Economical Aspect 5)Development Scenario and Roadmap.

In FY 2004, the feasibility study of wireless power transmission for the promotion of solar power energy has initiated. The application of wireless power transmission on the ground usage has been studied in this period. As the safety and environmental assessment is a key factor to realize wireless power transmission, it has to be carried out until realization of the SSPS system.

In FY 2004, the integration performance of two developed active phased array panels was tested and evaluated. The prototype active array panels had been developed and tested during 2001 and 2003.

In FY2005, microwave reflection and emission from rectenna will be evaluated.

The SSPS could supply stable electricity regardless of weather conditions or time of day and reduce the amount of CO₂ emission in generating electricity. In this sense, application of the SSPS will make a contribution to global environmental problems and energy security problems in Japan and also in the world. For commercial use of the SSPS, proper assessments will be required for the application of the SSPS regarding the environmental impact for surrounding ecosystems and the reliability as electricity supply system. Most importantly, public acceptance would be indispensable to realize SSPS. Continuous study, R&D and step-by-step demonstration should be carried out to realize the practical space solar power system for humankind in the future.

* Presented at the 8th SPS symposium, 16-17 September, 2005

最近の SSPS に関する USEF の取り組み^注

三原 荘一郎 (みはらしょういちろう)、齊藤 孝 (さいとうたかし)

小林 裕太郎 (こばやしゆうたろう)、金井 宏 (かないひろし)

財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構

〒101-0052 東京都千代田区神田小川町 2-1-2

1. はじめに

財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構 (USEF) では経済産業省および同省関連団体からの委託を受けて宇宙太陽発電システムに関連する調査研究を行ってきた。これらの調査研究プロジェクトの概要と活動の状況について紹介する。(図 1 参照)



図 1 USEF の活動状況

2. SSPS 全般調査および実用化技術調査 (平成 12 年—平成 14 年)

2.1 概要

平成 12 年度は SSPS 全般に関する調査[1]を実施し、平成 13、14 年度は実用化技術調査 (「宇宙太陽発電システム実用化技術調査研究」[2] (経済産業省より受託)) として経済、環境及び技術面から SSPS の実用化に向けての検討を行うとともに、要素技術についての試作の実施、実証実験システム及び実用段階での SSPS の具体案についての検討を行った。[3][4]

「宇宙太陽発電システム(SSPS)実用化技術検討委員会」(茅陽一委員長 [(財) 地球環境産業技術研究機構 副理事長/研究所長]) および「宇宙太陽発電システム(SSPS)専門委員会」(佐々木進委員長 [航空宇宙研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究本部教授]) を設置して検討を行った。

2.2 検討結果：実用型 SSPS モデル

専門委員会では従来の実用型 SSPS の概念にとらわれず、新しい発想での実用 SSPS の概念を生み出すことを試み、巨大な平面状の送電一体型パネルとこの上方の遠く離れたバス部とを複数のテザーによって結合した単純な構造で、現実的な技術的可能性をもった実用型システムについて検討を行った。この送電一体型パネル

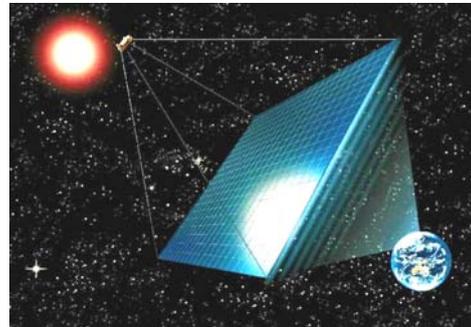


図 2 SSPS 構想図

^注 第 8 回 SPS シンポジウム、帝京大学八王子キャンパスにて 2005 年 9 月 16 日-17 日開催

は上面が太陽電池セル、下面がフェーズドアレイアンテナと太陽電池セルから構成されているもので、イラストを図 2 に示す。 [5],[6]

図 3 左に地上での最大電力 1.6GW、平均電力 1GW 級のベースライン型システムを示す。

本ベースラインモデルであると発電量は時間変動し、太陽電池面を太陽指向制御した場合の 64%の電力が平均電力として取得できる。反射鏡により太陽をトラッキングして発電パネルに反射させて平均発電量を 95%程度に改善する派生型の構想についても検討を行った。(図 3 右)

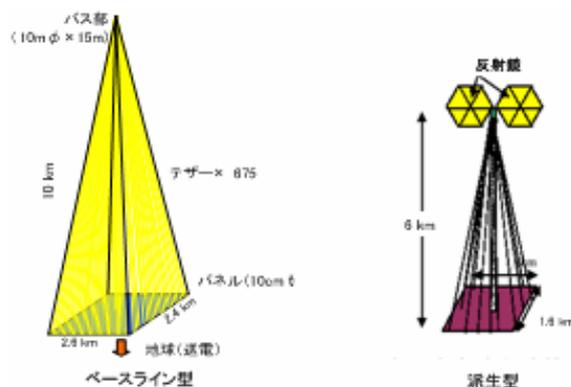


図 3 ベースライン型および派生型

3. SSPS 構造システム検討 (平成 15 年)

3.1 概要

平成 15 年度は「SSPS 構造システム検討委員会」(樋口健委員長: JAXA 宇宙科学研究本部助教授) を結成し、構造システム、SSPS システムの姿勢安定、軌道上建設、軌道上運用等を検討した。 [7],[8],[9]

3.2 検討結果

経済性: 経済性モデルを用いて、発電事業として SSPS を構築する場合の採算性を評価した。

その結果、システムの建設費に占める輸送コストの割合が大きく発電単価の上昇につながることから、SSPS の実用化を実現するためには輸送コスト(打上げコスト)を現在の 1/100 以下に抑えることが必要である。また宇宙機システムの総質量が建設費に直接効くことから総質量の軽量化が重要である。この観点からシステムの軽量化に寄与する高効率太陽電池、反射鏡(発電パターンの均一化)の採用を前提とした派生型案についても評価を行った。(図 4)

名称	ベースライン	派生型 1G-1	派生型 1G-2
発電規模(地上)	1GW	1GW	1GW
イメージ図			
特徴	・太陽電池電力比電力400W/m ² ・衛星質量32000 ton	・太陽電池比電力600W/m ² ・衛星質量約23000ton	・太陽電池比電力600W/m ² ・反射鏡利用 ・衛星質量約15000 ton
初期建設費(億円)	17,000	13,000	9,800
発電単価(円/kWh)	13	10	8
発電価格(円/kWh) @ IRR=10%	26	19	15

図 4 実用 SSPS 案の経済性比較

・ライフサイクル CO₂ 排出量: 化石燃料発電に比べて極めて少なくほぼ原子力発電並みであることが明らかとなった。

・制御性評価: 本システムでは、重力傾斜安定をベースにして復元力を利用した姿勢制御(ロール軸/ピッチ軸)を行うことが可能であるが、派生案においては太陽輻射圧による姿勢変動を能動的に制御することが必要であることが判明した。 [10]

・軌道上建設: ランデブードッキング(RVD)、パネル部の展開・組立、テザー張架など、全般にわたって実用型 SSPS の建設方法を検討した。

4. 要素試作および試験（平成 13-16 年）

平成 13-14 年においては、位相同期システムと送電用フェーズドアレイパネル (AIA#1) [11]、平成 15 年においてはレトロディレクティブフェーズドアレイアンテナ (AIA#2) [12]の試作と評価を行った。[13] 16 年度は組み合わせ試験を「マイクロ波技術委員会」(川崎繁男委員長[京大生存圏研究所客員教授]) の指導の下に実施した。[14] 図 5 に組み合わせ試験の状況を示す。

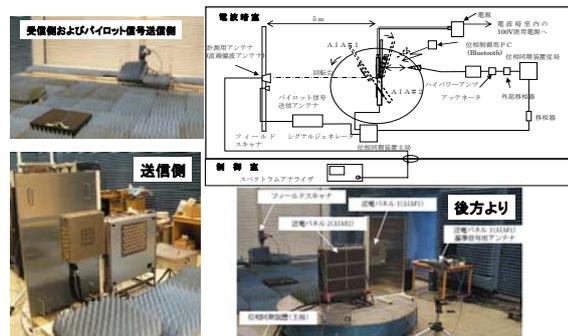


図 5 組み合わせ試験状況図

5. 太陽光発電利用促進技術調査（平成 16-17 年）

5.1 概要

平成 16 年度-平成 17 年度は「太陽光発電利用促進技術調査」[15]を実施中である。調査では、太陽光発電を新エネルギーの有力な候補としてとらえ、それを有効活用するための無線送受電技術の検討を行い、発展的応用分野として宇宙太陽光発電を位置づけている。

5.2. 技術面の検討（送電小委員会）

平成 16 年度の検討では、無線送受電技術の応用として地上無線送受電システムの検討を送電委員会(賀谷委員長[神戸大学教授]) の指導の下に行った。図 6 に検討したシステム案を示す。平成 17 年度は更に地上無線送受電系のビーム制御系についての検討を進める。

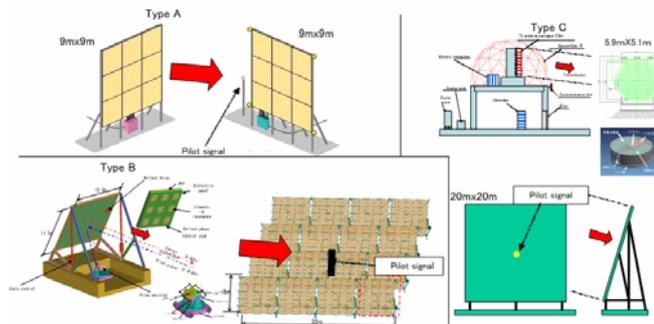


図 6 地上無線送受電システム案

5.3. 安全性・環境面の検討（アセスメント小委員会）

地上の無線送電から宇宙太陽発電 (SSPS) に至るまで、実現のためには技術的問題のほかにも、無線送電規模の各段階に応じた解決すべき諸問題 (環境影響、安全性など) がある。こうした諸問題について更なる検討を行なうとともに、最新時点での研究動向の把握等を行なうなど、無線送受電システムのアセスメントに向けた調査を実施する。検討においては、宇宙航空研究機構 (JAXA) と合同の委員会 (USEF: アセスメント委員会 (佐々木進委員長 [JAXA 宇宙科学研究本部教授])、JAXA: ワーキンググループ 14) により進めている。平成 17 年度は、受電系のレクテナからの反射および高調波放射に関する試験を電磁環境試験として実施する。

5.4. 経済面・社会面の検討（利用推進小委員会）

要素技術の将来動向も含めた地上無線送受電システムのコスト概算を行った。（地上無線送電システム）また、将来の SSPS 発電事業の経済性／事業性を検討するうえでの事業環境についても考察した。また、山間部・離島などの離隔地を含む国内の電力供給の現状を調査した。また無線送受電システムの適用可能性とシステムが具備すべき条件などを検討した。利用推進小委員会（工藤勲委員長[北海道大学教授]）によるレビューを受けた。

6. おわりに

SSPS は、地上における太陽エネルギー利用と異なり昼夜や天候に左右されることなく電力の供給が可能であること、電力供給時の CO₂ の排出はゼロであること等の極めて優れた特徴を有しており、将来の実用化が期待されている。

今後、実用化のためには、各種の課題の認識と対策を行い、その上で有効性・実現性を地上での検証、更には宇宙での実証を通じて確認しステップアップしていく必要がある。また、環境・安全に関するアセスメントも進め、パブリックアクセプタンスを獲得できるシステム構築が必要である。

参考文献

- [1]平成 12 年度宇宙太陽発電に関する調査研究報告書、USEF、(社) 日本機械工業連合会、平成 13 年 3 月
- [2]宇宙太陽光発電システム実用化技術調査研究平成 13 年度中間報告、USEF、平成 14 年 3 月
- [3] Kobayashi T., et al., Space Solar Power System (SSPS) Study for Realization of the Terrestrial Power Utilities, IAC-02-R.1.04, Oct 2002
- [4]宇宙太陽光発電システム実用化技術調査研究報告書、USEF、平成 15 年 3 月
- [5] Sasaki S., et al., Tethered Solar Power Satellite, ISSN1349-1113, JAXA RR-03-005E, 2004
- [6] Ohmura M., and Sasaki S., et al. SSPS Engineering and Experimental Demonstration System, IAF-03-R-3, Oct 2003
- [7] 小林裕太郎, 斉藤孝, 金井宏 : USEF における宇宙太陽発電関連 1B02、宇科連、平成 16 年 11 月
- [8] Kobayashi Y., et al., Space Solar Power System for Terrestrial Power Utilities, SPS'04/WPT5, June 2004
- [9] 宇宙太陽発電システム (SSPS) 構造システム検討委員会 SSPS 実用システム案の検討報告書、USEF、平成 16 年 3 月
- [10] 泉田啓, 石村康生, 高井伸明 : 宇宙太陽発電システム (SSPS) 実用型モデルのシステムダイナミクス検討・解析、2004 年 3 月
- [11] T.Kimura, et al., Development of Highly Efficient Active Integrated Antenna, Proc. Of SPS'04,2004
- [12] 水野他、PLL ヘテロダイナ方式ハードウェアレトロディレクティブアンテナの開発、2004 宇科連講演集, pp98-102,平成 16 年 11 月

[13] マイクロ波による情報通信・電力伝送用電源・アンテナ一体型パネルの開発に関するフィージビリティスタディ報告書、USEF、(財) 機械システム振興協会、平成 16 年 3 月

[14] 超遠隔マイクロ波送電および通信技術の開発に関するフィージビリティスタディ報告書、USEF、(財) 機械システム振興協、平成 17 年 3 月

[15] 平成 16 年度太陽光発電利用推進技術調査成果報告書、USEF、平成 17 年 3 月