

Overview of Studies on Large Structure of Space Solar Power Systems (SSPS)

Tatsuhito Fujita, Yasuyuki Fukumuro and Susumu Sasaki

Advanced Mission Research Group, Innovative Technology Research Center,
Aerospace Research and Development Directorate Japan, Aerospace Exploration Agency(JAXA)
7-44-1 Jindaiji Higashimahi, Chofu, Tokyo 182-8522, Japan

Abstract:

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) has studied Space Solar Power Systems (SSPS) using laser and microwave beams for years since 1998. In this system, the space solar energy is converted into other optical energies in the geostationary orbit, and optical energies are transmitted to the earth without depending day and night. Therefore, this system is expected as a means to solve energy and environmental problems in the future.

Critical technologies for realizing SSPS are gathering of solar light, thermal control, phased array antenna, amplifier and generator of laser, convertor from sun light to laser and assembling of large structure. Assembling of large structure on orbit is not matured technology. It is the problem how to establish this technology.

In SSPS large structure of km size must be assembled on orbit. Now we study how to assemble structure of 100m size on orbit. Various styles of large structure for SSPS were suggested until now. We try to select the best style of large structure for SSPS.

This paper shows how to study on large structure of SSPS in JAXA as we just start to study.

宇宙エネルギー利用システム (SSPS)における大型構造物の検討

藤田 辰人、福室 康行、佐々木 進

(独) 宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 未踏技術研究センター 高度ミッション研究グループ
〒182-8522 東京都調布市深大寺東町 7-44-1

1. はじめに

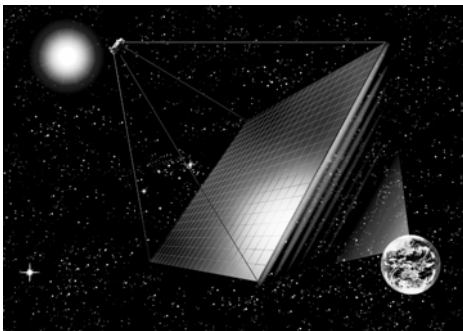
宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は、エネルギー・環境問題を解決する手段として、太陽光エネルギーを宇宙空間で収集し、地球にエネルギー伝送し、地上で電力利用、水素製造などを行う宇宙太陽光利用システム (SSPS: Space Solar Power Systems) の研究開発を進めている^[1,2]。

SSPS の研究開発を進める上で、クリティカルな技術として太陽光集光技術、熱制御技術、フェーズドアレイ技術、レーザー増幅・発振技術、レーザー/光電変換技術、光触媒水素製造技術、大型構造物組立技術などが挙げられる。この中で、大型構造物組立技術は、未だ実現していない技術であり、今後、どのようにこの技術を確認していくかというのも大きな課題である。

現時点では、SSPS 用大型構造物の検討に着手した段階であるので、本稿では、検討の進め方について示すこととする。

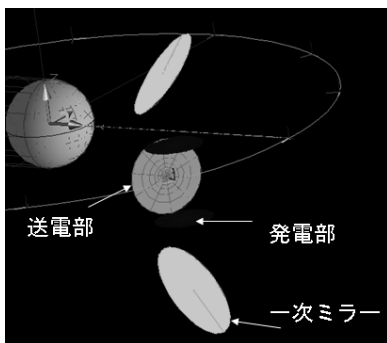
2. SSPS 検討モデルについて

SSPS は高度 36,000km の静止軌道上において、太陽光エネルギーを収集し、マイクロ波やレーザーに変換し、地球にエネルギー伝送する宇宙機システムと伝送されたエネルギーを電力や水素に変換する地上利用システムより構成される。JAXA 等では、従来から 1 GW 級の SSPS の軌道上モデルについて検討を行ってきた。以下に過去に検討されたモデルで、大型構造物を構築するための目標とする 3 つのモデルのイメージと主な仕様を示す。



- 太陽非追尾マイクロ波型
- 発電機一体型パネル 2kmx1.9kmx(2-10)cm
- テザー(5-10km)による重力安定
- 100mx100m パネルのユニット構成
- マルチバス方式
- 総重量 20,000 トン

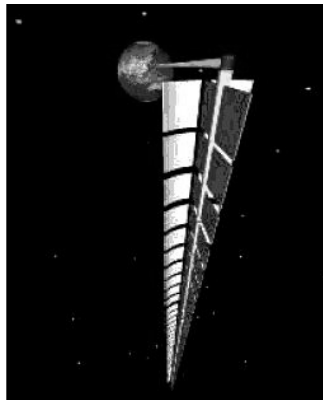
図1 Basic Model のイメージ (左) と主な仕様 (右)



- 太陽追尾マイクロ波型
- ミラー (反射鏡) : 2.5 km x 3.5 km,
- 1000 トン x2 式、100~300g/m²
- ミラーはフリーフライヤー
- 発電部 : 直径 1.25km
- 集光倍率 : 4 倍
- 送電部 : 直径 1.8 k m
- 総重量 : 10,000 トン以下 (目標)

図2 Advanced Model のイメージ (左) と主な仕様 (右)

*第 11 回 SPS シンポジウム, 慶応義塾大学, 2008 年 8 月 17, 18 日開催



- 太陽追尾高集光レーザー型
- 1 モジュール：10MW、50 トン
- ミラー（反射鏡）：100mx100mx2 式
- ラジエーター：100mx100m
- 二次光学系、レーザーモジュール：120m
- 集光倍率：数百倍
- システム：100 モジュール接続、12 k m
- 総重量：5,000 トン（目標）

図3 Laser Model のイメージ（左）と主な仕様（右）

3. 大型構造物の検討方針

前項で示したように、SSPS では、軌道上に km 級～100 m 級の大きさの構造物を組み立てる必要がある。従来の検討では、km 級の構造物の組立方法や適用可能な技術の要素試作を中心に行ってきた。既存の大型構造物の技術レベルと SSPS で必要とする技術レベルには、まだギャップがあり、この間を埋めるための検討の進め方が課題であった。

2008 年度からの検討方針は、図4に示すように、途中段階に 100 m × 100 m 級の平板構造物の組立技術軌道上実証を目標として設定した。この目標に向けて検討を進める上では、構造様式のトレードオフが重要であると考えて、現在、その作業を進めているところである。

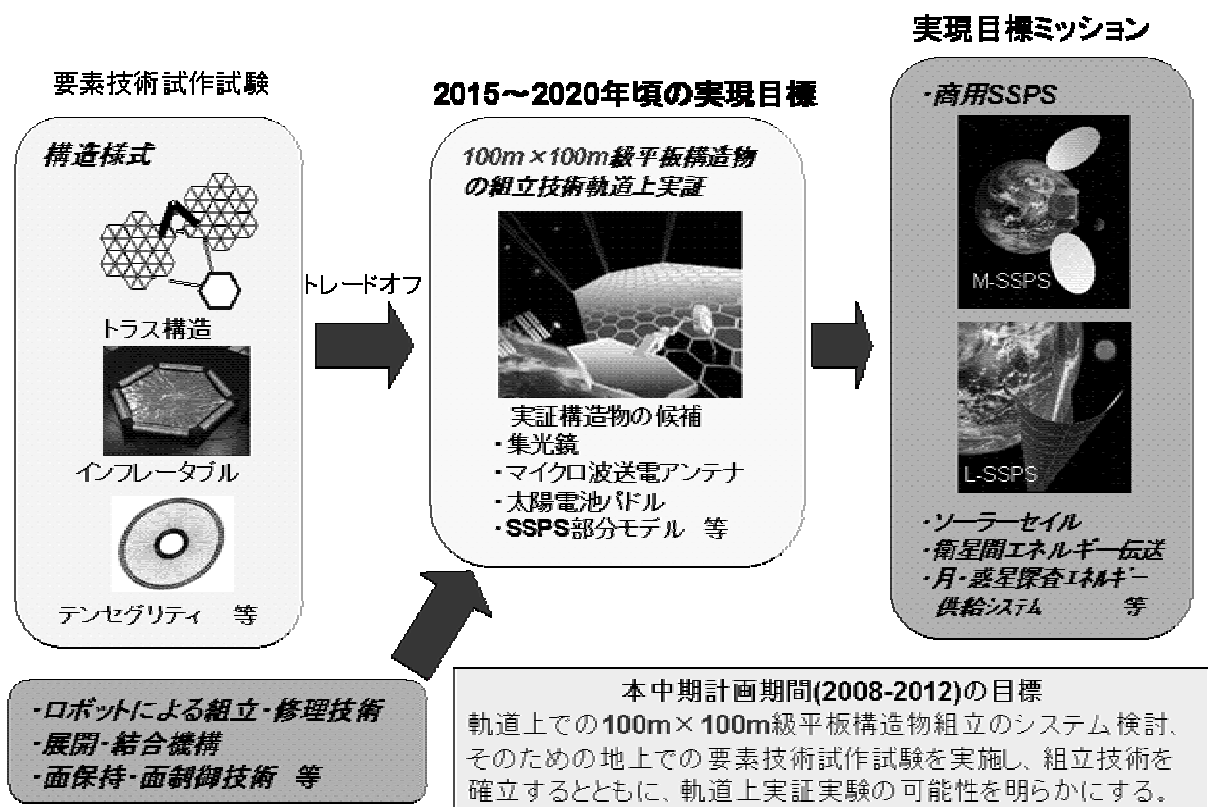


図4 SSPS 大型構造物の検討方針

4. 構造様式のトレードオフ

構造様式をトレードオフするには、対象となる構造物を定義する必要がある。トレードオフの対象として、まずは、発電電一体型パネルと反射鏡を設定した。これは、同じ平板構造でありながら、前者はある程度の厚みのある構造に対して、後者は鏡に薄膜を使用した構造であるため、構造に対する要求が異なるからである。

現在は、対象物のミッション要求と、トレードオフをする際の評価項目を設定している段階である。図5に100m×100m級サイズの発電電一体型パネルのイメージ図を示す。

トレードオフの対象となる構造様式は、衛星の太陽電池パネルに使用されて実績のあるリジッドパネル、フレキシブルパドル、ETS-VIII(きく8号)の大型アンテナに使用された展開トラス構造と、将来の新しい構造として、インフレータブル構造、テンセグリティ構造を考えている。

これらの構造様式について、対象とする構造での実現性について検討を行い、評価項目に照らし合わせて、トレードオフを行うこととしている。

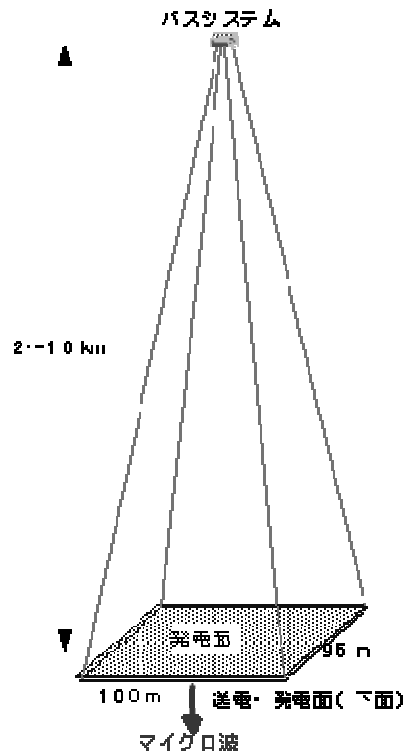


図5 発電電一体型パネルのイメージ図

5. 要素試作試験

大型構造物に関する要素試作試験として、現在、トレードオフに必要な特性データ(重量、剛性等)を抽出するための、構造モデルの試作、実験を行っている。図6は、2007年度に(株)サカセ・アドテックに委託して試作、展開実験を行ったインフレータブル構造物である。

6. 今後の予定

現時点では、構造様式のトレードオフとトレードオフに必要な特性データ抽出のための要素試作試験を2009年度まで続ける予定である。その作業を行った上で、構造様式および構造物の組立方式等を選定し、大型構造物の軌道上実証ミッションの検討およびそのための地上実証実験を2012年度までに実施することを目指している。

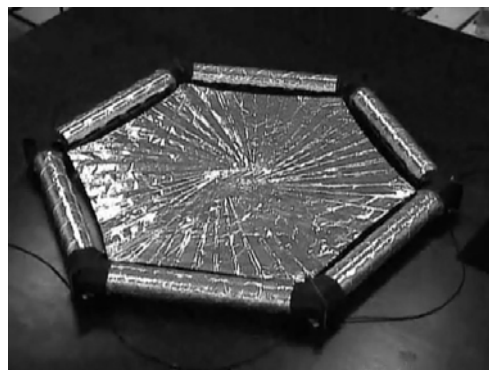


図6 試作したインフレータブル構造物(反射鏡を想定)

参考文献

- [1] Y. Saito, T. Fujita and M. Mori, 57th International Astronautical Congress, IAC-06-C3.1.04, (2006)
 - [2] T. Fujita, M. Mori, Y. Hisada and Y. Saito, 57th International Astronautical Congress, IAC-06-C3. 3.08, (2006)
 - [3] H.Suzuki, T.Fujita, M,Mori and M, Niino, 11th SPS Symposium, (2008)
- “Overview of Studies on Space Solar Power Systems (SSPS) of Japan Aerospace Exploration Agency”