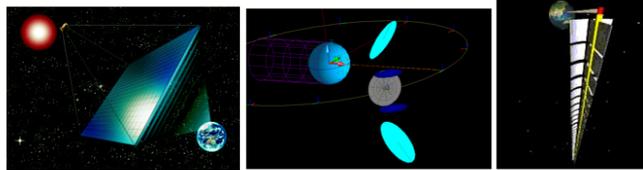


小型衛星及びJEM/ISSを用いた太陽発電衛星技術の実証実験計画

佐々木進(宇宙研、研開本部)、田中孝治(宇宙研)、高度ミッション研究グループ(研開本部)

日本のSSPSシステム代表的設計例(1GW級)



Basic Model

Advanced Model

Laser Model

太陽非追尾マイクロ波型
 発電一体型パネル2kmx1.9kmx(2-10)cm²
 テザー(5-10km)による重力安定
 100m-1000mパネルのユニット構成
 マルチバス方式
 総重量2万トン
 単純、低い電力効率(64%)

太陽追尾マイクロ波型
 ミラー(反射鏡)2.5km x 3.5km,
 1000m²x2式、100³300g/m²
 ミラーはフーライザー
 発電部直径125km
 集光倍率4倍
 送電部直径1.8km
 総重量:10,000トン以下(目標)
 複雑、高い電力取得効率

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):100m²x100m²式
 レジエーター:100m²x100m²
 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、12km
 総重量:5,000トン(目標)
 複雑、システムが小型、雲の影響

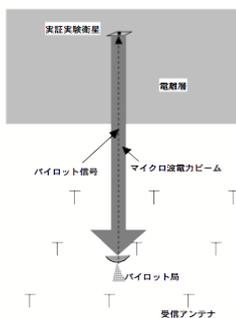
軌道上実証実験の目的

主目的

- (1) マイクロ波ビーム制御能力実証(軌道上のアンテナからのマイクロ波ビームが地上からのパイロット信号に追従する能力の実証)
- (2) マイクロ波の電離層通過実証(電離層との非線形相互作用の解明)

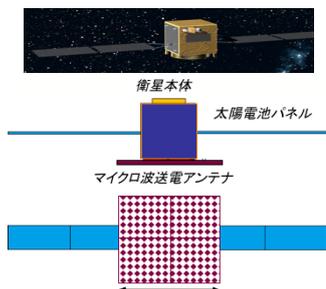
副目的

- (3) マイクロ波送電電の電力効率評価(実験と解析)
- (4) 不要波の抑圧レベル評価(既存の通信インフラに対する電磁適合性の実証)



SPS小型実証実験の構想

- ミッション期間: 1年程度で実証目的を達成する
- 実験プラットホーム: 小型衛星または国際宇宙ステーションJEM
- 想定ミッション重量: 200kg~500kg
- 構成: 送電パネル(0.8m²x0.8m²(0.02~0.1)m²、4~9枚、制御・電源部、観測機器)
- 送電電力規模: 3kW~10kW(4枚パネル~9枚パネル)
- 電力供給: 発電一体型またはバスからの電力供給。マイクロ波放射時の高電力はバッテリー(ミッションまたはバス)から供給。発電一体型の場合は薄膜太陽電池(CIS又はアモルファスシリコン)をパネル片面に取り付ける。
- 姿勢制御: 衛星本体の3軸制御。スペースステーションの場合はパネル面の90度回転制御。
- 姿勢制御精度: ±1°以内
- 軌道維持: 小型衛星の場合スラスター(3N)による維持
- 送電周波数: 5.8GHz帯(周波数認可による)
- マイクロ波回路: 半導体構成(地上での実証済み技術の使用)
- マイクロ波制御: 搭載CPU制御及び地上からのパイロット信号によるレトロ方式
- 観測器: プラズマ計測器、電子エネルギー分析器、波動受信機、モニター-TVカメラによる画像(パネル展開モニター)
- 軌道: 小型衛星の場合は370kmの準回帰軌道、国際宇宙ステーションの場合はその所定軌道
- 実験場所(送電場所): 日本での1kW級S帯アップリンク局のある場所(種子島射撃場、内之浦射撃場、NICT鹿島等が現段階の候補)。外国でも、共同研究が設定され、周波数免許の取得ができた場合は国際的なキャンペーンとしての実施も考慮。
- アンテナ部1500W/m²(最大)
- 地上電力密度: 136μW/m²(最大)(9枚パネル、8.6kW出力の場合)
- 直径: 約20km
- パイロット信号UPLINK局(1kW級)(実験局)
- 受信アンテナレイ(分散アンテナによるビームパターン及びEMCの計測、送電周波数及び高調波)
- 追跡管制局(JAXA局)
- 受信局上空で約4分間マイクロ波放射実験を行う(kWレベルの高出力放射は約16秒間)
- 飛行運用: 搭載CPU制御モード(搭載側でビーム方向制御)
- ビーム制御モード: 誘導電波制御モード(地上からのパイロット信号でパイロット局へのビーム方向制御)



小型衛星実験



JEM/ISS実験

実証実験の基本的考え方

1. 目的

マイクロ波無線送電技術がSSPSに適用可能であることを実用条件に近いコンフィギュレーションで実証(マイクロ波ビームを軌道上から地上の規定点に正確に指向させる技術の実証、及び、高電力密度マイクロ波の電離層通過実証)。

2. 規模

実験プラットホームは小型衛星(ミッション重量200kg)または国際宇宙ステーション(JEM)(ミッション重量500kg)を前提。

3. 時期

地上実証実験の次のステップの研究としてできるだけ早期に実施(3-4年後からプロジェクトスタート、その後4年程度で実証完了)

4. 適用技術

地上実験等で確立(実証)された技術を用いて軌道上実証実験を実施。

5. 体制

JAXAが主導的な役割を果たすが、All Japanの体制で実施することを前提。

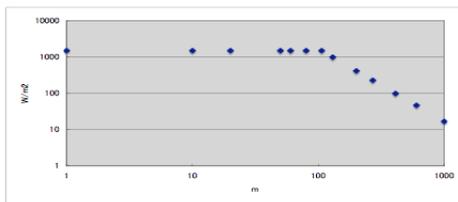
6. その他

規模的にWレベル以上の電力を地上で取得することは無理ではあるが、SPSを目指した実験として有意義な実験であると認知されるような内容を目指す。

軌道上実証実験の規模とマイクロ波電力密度

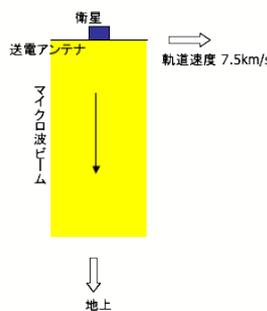
マイクロ波送電実験の意義の観点からは、アンテナの大きさ及び送電電力規模が高いほど望ましく、また非線形相互作用を研究するためには実用電力密度レベルのは1000W/m²が必要。現在の地上実証実験の送電システムは20W/kg程度なので、軽量化を考慮しても200kg~500kgのミッション重量では放射電力は5~10kW程度。地上実験をベースに、一例として0.8m x 0.8m、960W/パネル、9枚パネル構成(全体で2.4m x 2.4m)とした場合のマイクロ波の電力密度(ビーム中心)は以下のとおり(5.8GHz)。

出力	8.64 kW、1.5kW/m ²
JAXAモデルの強度(1000W/m ²)	130 mまで
NASAモデルの強度(230W/m ²)	270 mまで
100W/m ² の強度	410 mまで
地上の電力密度	136 μW/m ²



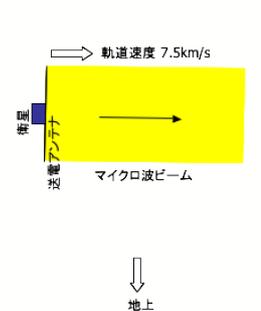
小型実証実験の実験コンフィギュレーション

モード A



地上局側に放射

モード B



速度ベクトル方向に放射

	フェーズ	所要期間	小型衛星	国際宇宙ステーション
運用	打ち上げ	—	小型衛星打上用ロケット(イプシロン)	HTV
	初期運用	約1週間	初期チェックアウト、パネル展開、システムチェックアウト	
	定常運用	約1年	1日約3バス実験運用 3日に1回の地上局真正上バスにおいてモードA(地上局への放射)実験 他のバスではモードB(プラズマ相互作用)実験	1日約3バス実験運用 7日に1回程度の地上局近接バスにおいてモードA(地上局への放射)実験 他のバスではモードB(プラズマ相互作用)実験
姿勢			太陽指向(非送電実験時) 3軸制御(送電実験時、モードA,B)	地球指向(ステーション本体) パネルは実験局及び軌道ベクトルに対し制御(モードA,B)
搭載観測			プラズマプローブ(ラングミュアプローブ、インペダンスプローブ): 電子密度計測範囲 10 ¹⁰ -10 ¹¹ /cc、電子温度計測範囲500-5000°K、応答1ms 電子エネルギー分析器: 計測範囲5eV-100eV、応答1ms プラズマ波動受信機: 100kHz-10MHz、1kHz-30kHz(ワイドバンド)	
地上観測			電界強度計: パイロット送信局を中心にビーム内数十点程度、ビーム外数点程度 周波数分析器: パイロット送信局付近数点程度	