

京都大学におけるSPS研究の 取り組みと今後

京都大学生存圏研究所
篠原真毅



宇宙太陽発電所SPSの技術課題/波及効果

・狭義には「宇宙空間で太陽光発電」し、「静止衛星軌道から」「マイクロ波で地上へ無線電力伝送し」「地上でその電力を利用する」発電所
 ・様々な設計が存在するが、概ね100万kWを地上で利用するために数km角オーダー、1万トン以下の衛星システム
 ・CO₂フリーで大規模な発電所として、「エネルギー安全保障」と「環境経済」に貢献大
 ・2040年以前の実現を目指す
 ⇒ 切迫する地球環境問題・エネルギー問題を経済成長と矛盾なく解決
 イノベーションによる新たな景気刺激と新産業・雇用の創出
 閉塞感に満ちた世界の若者へ宇宙という新たなフロンティアを提示

・キーテクノロジー
 ・京都大学に研究拠点



京大RISHのマイクロ波送電応用実験



室内システム

屋外緊急時システム

建物内マイクロ波配電システム(2005-現在)

電気自動車無線充電システム(2000-現在)

定点間無線送電(1994-95)

飛翔体への無線送電(1992)

新産業 無線電力伝送

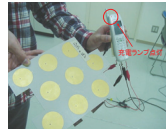
- 低消費電力デジタルデバイス(IC, LED, 有機EL等)への**ユビキタス電源**の実現
- 2005年頃より世界中で研究発表が増加している「**Energy Harvesting** (微弱分散電源)」へのインパクト
- キーテクノロジーはSPS研究が推進してきた「**レクテナ**」
- 電気自動車等への大電力無線充電も可能

[関連国内活動]

- 電子情報通信学会宇宙太陽発電時限専門委員会 (2002-)
- 日本機械学会マイクロエネルギー研究会 (2007-)
- ワイヤレス研究会 (2008-) 東大・埼玉大・京大有志
- JST, 「希薄分散エネルギー活用技術」に関する科学技術未来戦略ワークショップ報告書, CRDS-FY2007-WR-13, 2007
- (財)機械振興協会経済研究所, “ユビキタスネット向エネルギー変換デバイスにおけるわが国技術の有望性”, 機械工業経済研究報告書H19-2-1A, 2007 等

[関連国際活動]

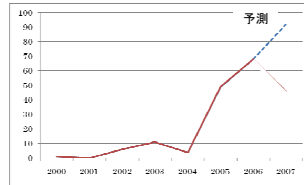
- IEEE RWS2009 Energy Harvesting Organized Session
- IEEE MTTs Kansai Chapter Workshop 'Wireless Power Transmission' 2009.8.29
- IEEE IMSWorkshop2010 'Wireless Power Transmission' proposed



携帯電話の無線充電



電気自動車の無線充電



「Energy Harvesting/Scavenging」というキーワードが使われる論文の発表数推移 (2007調査)

無線送電/充電への期待

2007.3.26

2009.5.4

2009.8 単行本

2009.10

新産業 フェーズドアレー

フェーズドアレー = 複数のアンテナでビーム方向制御を行う技術

[現状]

- 現在はレーダー技術(軍用・リモートセンシング用)に利用 (軍用数千素子, リモートセンシング用 100素子以下)
- 民生用はWillcom(PHS)の基地局として4-8素子のアダプティブアレー(フェーズドアレーの簡易版)が導入されているのみ

[問題点]

- 費用対効果(導入によるメリットと費用の比較)の薄さ = フェーズドアレーはあればいいが、なくても他の手法でシステムが成立

[SPSによるインパクト]

- 低コスト高効率フェーズドアレーの開発
- スピンオフ: 携帯基地局、車載レーダー、様々な電波センサー等

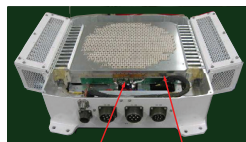
[国内の既存技術例(写真)]



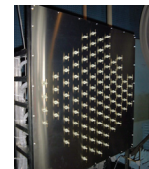
きく8号衛星搭載



だいち衛星搭載



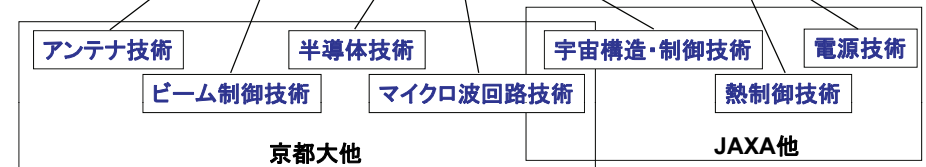
ヘリ搭載用衛星通信装置



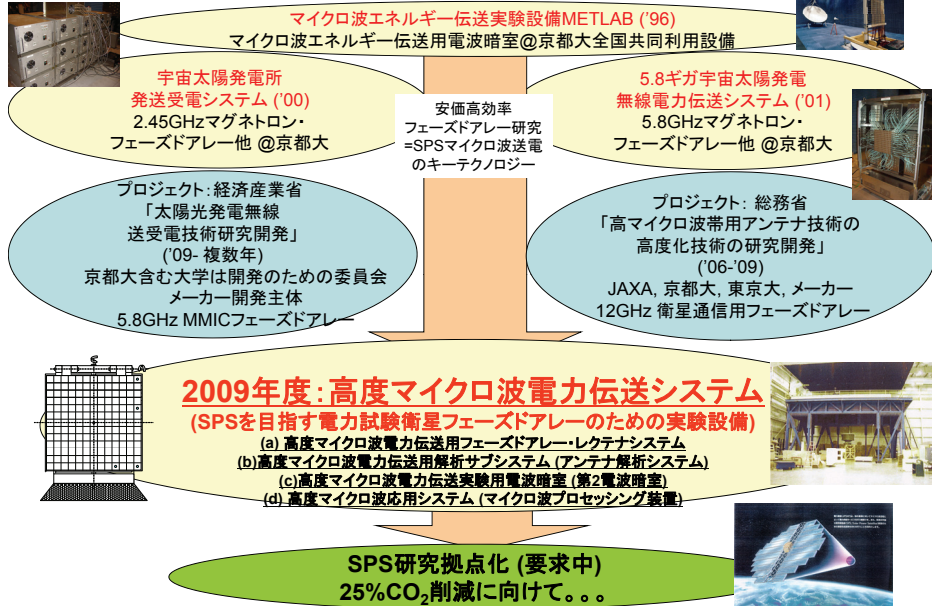
無線送電用(京大)

マイクロ波送電システム=フェーズドアレーの高効率化・軽量化
宇宙システム (構造・制御・熱・電源他)の高効率化・軽量化

1. 高効率・高周波対応FET (HAP用、ドライバ用)開発 (GaN等)
2. 開発したFETを用いたF級高効率HPA開発
3. 開発したFETを用いた(F級)高効率ドライバアンプ開発
4. 1)-3)でMMIC化して高効率 -> 高効率化と1チップ化で軽量化
5. 低損失高精度位相制御方法の開発 (低損失スイッチング素子開発含む)
6. 無線位相同期の発展
7. 1)-6)を材料レベルでも並行して検討し、軽量化
8. 高効率化で軽量化が可能な放熱回路の更なる軽量化
9. 高圧の電源回路開発による給電回路の軽量化
10. マイクロ波送電回路+太陽電池の展開構造としての軽量化(システムによる軽量化と材料軽量化)
11. 他方式(マグネトロン等)と常に比較検討
12. 半導体+回路の高効率化によるマイクロ波受電整流素子レクテナの高効率化

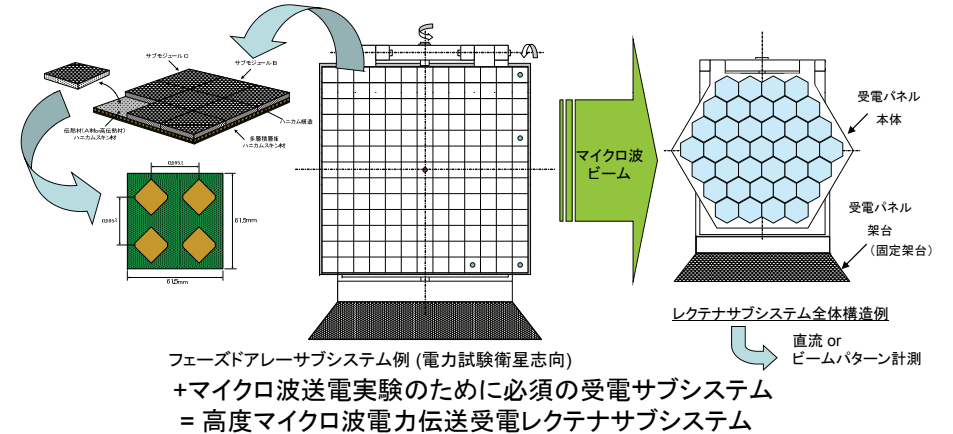


SPS研究拠点:京大生存圏研究所



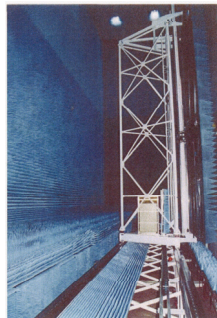
最大10mφフェーズドアレーにつながるシステム
(a)高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・受電レクテナシステム

- 現在の最高の宇宙マイクロ波送電技術を用いた宇宙実証実験用フェーズドアレーにつながるサブシステム
- スケール等は以後の研究につながる十分なサブシステム
- 次のフェーズドアレー研究に用いることができる汎用研究設備

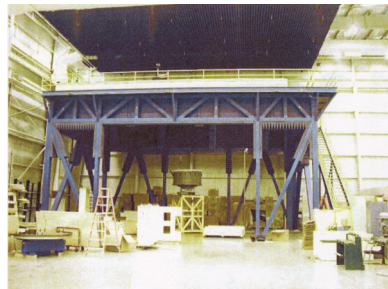


最大10mφフェーズドアレーが測定可能なシステム(1/2)
(b)高度マイクロ波電力伝送用解析システム

- 10mφフェーズドアレーが測定可能
=遠方界(アンテナ直径に対して十分遠い距離)で測るのがベストであるが、2.45GHzでは800m以上となるので、通常の手法では測定不能
= 近傍界測定システム(12m角程度)が必須
- 最大10kWの放射電力を計測可能
= 専用の測定システム必須



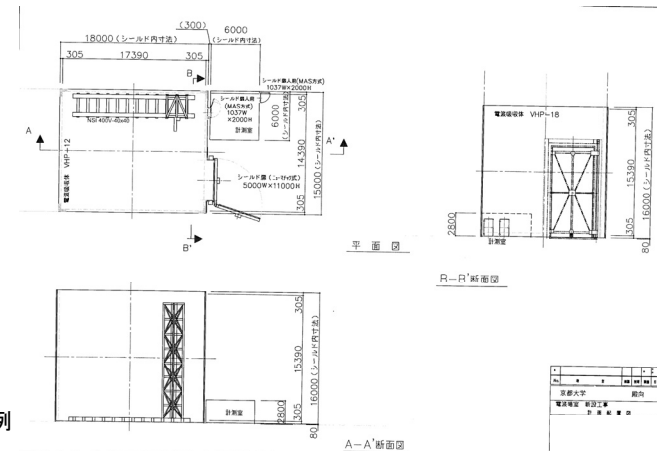
(例) 垂直型近傍界測定システム18m x 12m



(例) 水平型近傍界測定システム12.2m x 6.7m

最大10mφフェーズドアレーが測定可能なシステム(2/2)
(c)高度マイクロ波電力伝送用解析システム

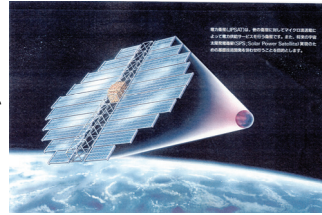
- (b)が収納/測定可能なサイズの電波暗室+宇宙用アンテナ実験のため同暗室をクリーンブース化
- (b)+(c)で世界唯一の大型宇宙用アンテナ測定装置



設計例

SPS実験炉 – 電力試験衛星 -

- H-IIA 1基で打ち上げ想定
 - 高度400km程度の低軌道 (周回90分程度)
 - **フェーズドアレー**によるマイクロ波送電
 - 考える宇宙実証実験
 - 宇宙-地上間もしくは宇宙-宇宙間送電実験
 - 高精度ビーム制御実験
 - 宇宙プラズマに関する実験
 - 大型アンテナ展開実験
 - 高圧太陽電池に関する実験
 - これまでのマイクロ波送電実験、ロケット実験を越えた「**サプライズ**」を重視
 - 周波数やアンテナ径、プラットフォーム等を柔軟に検討
- 等



イメージ図

新産業 マイクロ波プロセッシング(加熱)応用

大電力(エネルギー)マイクロ波技術

【マイクロ波プロセッシング(加熱)の特徴】

誘電加熱: 熱伝導を必要としない内部加熱方式、加熱速度は材料定数(誘電率)に依存

- 加熱ムラが少ない → 高品質材料(均一品質、高密度等)への期待
- 選択加熱が可能 → 新素材生成への期待
- 加熱時間が短い → 省エネへの期待

マイクロ波加熱の再注目

