

METLAB 全国国際共同利用専門委員会

1. 共同利用施設および活動の概要

生存圏研究所ではこれまで宇宙太陽発電所 SPS(Space Solar Power Satellite/Station)とマイクロ波エネルギー伝送の研究を長年行ってきた。SPS は太陽電池を地球の影に入らない静止衛星軌道(36,000km 上空)に配置し、雨でもほとんど吸収されないマイクロ波を用いて無線で地上に電力を伝送しようという発電所構想である。マイクロ波による無線エネルギー伝送は、SPS だけでなく、携帯電話の無線充電や電気自動車の無線充電にも応用可能で、近年急速に産業化が進んでいる技術である。生存圏研究所ではマイクロ波エネルギー伝送技術を中心として研究を進め、世界の SPS とマイクロ波エネルギー伝送研究の中心となっている。

本共同利用設備は平成 7 年度にセンター・オブ・エクセレンス (COE) による先導的研究設備経費として導入されたマイクロ波無線電力伝送実験用及び生存圏電波応用実験用電波暗室及び測定機器で構成される「マイクロ波エネルギー伝送実験装置 METLAB (Microwave Energy Transmission LABoratory)」と、平成 13 年度に導入された宇宙太陽発電所研究棟(略称 SPSLAB)、及び平成 22 年度に導入された「高度マイクロ波エネルギー伝送実験装置 A-METLAB(Advanced Microwave Energy Transmission LABoratory)」(図 1(a))及び「高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・レクテナシステム」(図 1(b))が中心となる。

METLAB は高耐電力電波吸収体(1 W/cm^2 以上)を配した $7\text{m} \times 7\text{m} \times 16\text{m}$ の電波暗室で、ターンテーブルと X-Y ポジショナを設置してある。その横の計測室にはスペクトラムアナライザやネットワークアナライザ、パワーメータ等の各種マイクロ波測定器を備える。暗室には、 2.45GHz 、 5kW のマイクロ波電力をマグネトロンで発生させ、直径 2.4m のパラボラアンテナから電波暗室内部に放射することが出来る設備も備えている。

SPSLAB は、平成 12 年度に導入された研究設備「宇宙太陽発電所マイクロ波発送受電システム」SPORTS2.45(Space POver Radio Transmission System for 2.45GHz)の一部として導入された近傍界測定サブシステムが設置されている 100dB シールドルームをはじめ、 30dB シールド実験室や実験準備室等を備え、マイクロ波エネルギー伝送及び宇宙太陽発電所の研究を発展させることができる。

平成 22 年度に導入された A-METLAB は $34.0\text{m(L)} \times 21.0\text{m(W)} \times 9.97\text{m(H)}$ の建物(建築面積 714.00 m^2 、述べ床面積 824.72 m^2)の内部に設置された $18\text{m(L)} \times 17\text{m(W)} \times 7.3\text{m(H)}$ の電波暗室と、 $10\text{m}\phi$ 、 10t 、 10kW のフェーズドアレーを測定可能な plane-polar 型の近傍界測定装置で構成される。暗室には 1W/cm^2 に耐える電波吸収体を備え、class 100,000 のクリーブースとしても利用できるようになっているため、将来のマイクロ波エネルギー伝送を行うための人工衛星(最大 $10\text{m}\phi$ 、 10t 、 10kW のフェーズドアレー衛星を想定)を測定することが出来る世界唯一の実験設備である。

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は世界最高性能を持つマイクロ波エネルギー伝送用フェーズドアレーとレクテナアレーである。フェーズドアレーは256素子のGaN FETを用いたF級増幅器(7W, >70% (最終段))と同数のMMIC 5bit移相器で構成され、5.8GHz、1.5kWのマイクロ波を放射・制御可能である。レトロディレクティブ、REV法、PAC法、並列化法他の目標推定手法とビームフォーミング手法を備えている。レクテナアレーは1mW入力時に50%以上の変換効率を持つレクテナ256素子で構成され、再放射抑制用FSS(Frequency Selective Surface)や負荷制御装置を備えた実験設備である。本設備は、様々なビームフォーミング実験、目標追尾アルゴリズム実験、制御系を利用したアンテナ開発研究、アンテナを利用した回路開発研究、レクテナ実験、無線電力伝送実験等が可能な実験設備である。

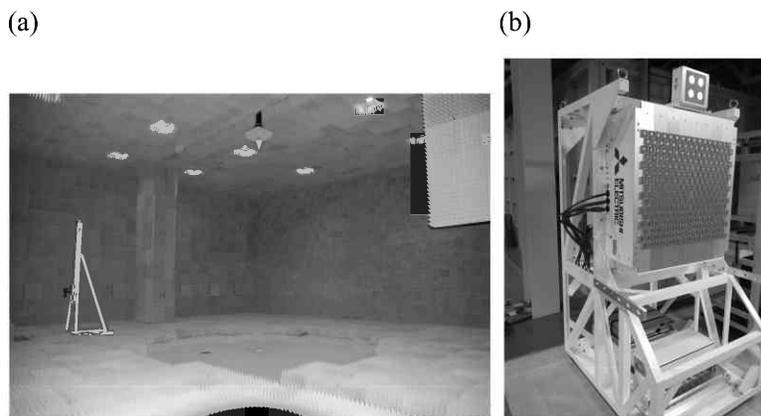


図1：(a) A-METLAB 暗室 (b) 高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレーシステム

A-METLAB 及び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の披露会およびデモ実験が、2011年9月28日に宇治キャンパスにおいて行われた(図2)。当初は本研究所が2011年5月に共催した国際学会2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011)の前日に実施予定であったが、震災の影響により延期したものである。当日は、松本紘 総長の式辞の後、澤川和宏 文部科学省研究振興局学術機関課長、佐々木進 宇宙航空研究開発機構研究開発本部高度ミッション研究グループ長(宇宙科学研究所教授)、本城和彦 IEEE MTT-S Japan Chapter Chair・電気通信大学教授から祝辞があり、篠原真毅 生存圏研究所教授による研究装置の紹介を行った。デモ実験では、導入された近傍界測定装置を用いて高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレーによるマイクロ波エネルギー伝送実験の測定を行い、直径10メートルの擬似電力試験衛星の披露も行った。披露会には140名を超える関係各位のご参加をいただき、SPSや無線電力伝送の現在の研究や、将来の構想について熱心に見学して頂いたほか、テレビ・新聞・web等のマスコミでも以下のように広く取り上げられた。

- ・ '11.9.28 KBS 京都「京プラス」

- ・ '11.9.28 ABC テレビ「NEWS ゆう+」
- ・ '11.9.29 日経新聞
- ・ '11.9.29 web 日経新聞
- ・ '11.9.29 京都新聞
- ・ '11.9.29 web 京都新聞
- ・ '11.9.29 日経 BP web Tech On!
- ・ '11.10.30 日経新聞
- ・ '11.11.11 ロシア国営テレビ
- ・ '11.11.19 TBS 「報道特集」
- ・ '11.12.22 テレビ東京「宇宙ニュース」
- ・ '12.1 日経サイエンス
- ・ '12.1.7 朝日新聞
- ・ '12.1.8 BS フジ 「ガリレオ X」
- ・ 他 Yahoo!ニューストップ, 2ちゃんねるスレッド等

(a)

(b)



図 2 : A-METLAB 及び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の披露会およびデモ実験 (a) 松本京大総長による式辞 (b) デモ実験見学の様子

2. 共同利用研究の成果

毎年年度末には共同利用の成果を元にシンポジウムを実施しており、毎年電子情報通信学会通信ソサイエティ無線電力伝送研究会との共催で実施されている。これまでの採択課題から研究課題を大まかに分けて示すと、次のように多彩な方面で利用されている。「無線送電関係」: バッテリーレスセンサネットワークの基礎研究、F級負荷装荷レクテナの開発、マイクロ波エネルギー伝送駆動による火星飛行探査機の研究、移相器電力損失を考慮したフェーズドアレイアンテナの位相最適化による宇宙太陽発電所送電システムの高効率化、宇宙太陽光発電におけるフェーズドアレイアンテナのビーム最適化手法に関する研究、マイクロ波無線電力伝送システムに関する研究、GaNを用いたレクテナの開発、宇宙太陽発電

用マイクロ波エネルギー伝送に関する研究、SPS用薄型送電パネルの評価試験、他。「アンテナ関係」：地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発、固体惑星内部探査用レーダ試作モデルの性能評価実験、多偏波共用平面アンテナの開発、電波天文用広帯域フロントエンドの開発、他。「その他」：マイクロ波加熱機構の解明－電波暗室を使った低バックグラウンド下の周波数分解と分子振動の観測－、他。

その一例として地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発を取り上げる。本共同利用研究は、「地上衛星共用携帯電話システム (STICS)」の実現を目指して直径 30m クラスの反射鏡アンテナを衛星に搭載する研究を進めているものである。そのために開発したフェーズドアレー給電部と反射鏡 (メッシュ鏡面) 組み合わせたパターン測定試験を実施し、設計結果と測定結果を比較し、マルチビーム形成の研究を実施することを目的としてきた。本共同利用研究は A-METLAB の近傍界測定装置を利用してアンテナパターン測定を行った。アンテナ径が 3m 程度メッシュ反射鏡と送受信系の組合せ試験を今後実施するため、一次放射ホーンと組み合わせた予備測定を実施した。

3. 共同利用状況

表 1 : METLAB 共同利用状況

年度 (平成)	16	17	18	19	20	21	22	23
採択 課題数	8	12	10	16	14	9	9	14
共同利用 者数 *	45	52	69	112	69	54	49 (学内 14 学外 35)	73 (学内 19 学外 54)

** 研究代表者および研究協力者の延べ人数

4. 専門委員会の構成及び開催状況 (平成 23 年度)

- ・佐々木 進 (JAXA/ISAS, 教授)
- ・高野 忠 (日本大学理工学部電子情報工学科, 教授)
- ・藤野 義之 (NICT新世代ワイヤレス研究センター 宇宙通信ネットワークグループ, 主任研究員)
- ・野木 茂次 (岡山大学大学院 自然科学研究科, 教授)
- ・多氣 昌生 (首都大学東京大学院理工学研究科 電気電子工学専攻, 教授)
- ・大平 孝 (豊橋技術科学大学 情報工学系, 教授)
- ・臼井 英之 (神戸大学大学院 システム情報学研究科, 教授)
- ・川崎 繁男 (JAXA/ISAS, 教授)
- ・北野 正雄 (京都大学大学院工学研究科電子工学専攻, 教授)

- ・佐藤 亨 (京都大学大学院 情報学研究科通信情報システム専攻, 教授)
- ・宮坂 寿郎 (京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻, 助教)
- ・渡邊 隆司 (生存圏研究所 バイオマス変換分野, 教授)
- ・山本 衛 (生存圏研究所 レーダー大気圏科学分野, 教授)
- ・篠原 真毅 (委員長) (生存圏研究所 生存圏電波応用分野, 教授)
- ・小嶋 浩嗣 (生存圏研究所 宇宙圏電波科学分野, 准教授)
- ・橋口 浩之 (生存圏研究所 レーダー大気圏科学分野, 准教授)
- ・三谷 友彦 (生存圏研究所 生存圏電波応用分野, 助教)
- ・Tatsuo Itoh (国際委員 (アドバイザー)) (TRW Endowed Dept. of Electrical Engineering, UCLA, Chair)

平成 23 年度は平成 24 年 3 月 16 日に専門委員会を開催した。あわせて第 11 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会を実施し、共同利用成果の発表を行なった。

5. 特記事項

本共同利用設備は特に開発結果を測定に来る利用方法であるために、随時申請を受け付け、審査を行っている。また後期に利用が集中する傾向にある。また、実験型の運用であるため、実験補助員は必須であるが、現状では研究所スタッフがこれを勤めており、今後は実験補助員の充当が必要である。