

## METLAB 全国国際共同利用専門委員会

委員長 篠原 真毅 (京都大学生存圏研究所)

### 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送ろ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( $1 \text{ W/cm}^2$  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、 $2.45\text{GHz}$ 、 $5\text{kW}$  のマイクロ波電力をマグネトロンで発生させ、直径  $2.4\text{m}$  のパラボリ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送受電システム」SPORTS2.45(Space POver Radio Transmission System for  $2.45\text{GHz}$ )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  $100\text{dB}$  シールドルームをはじめ、 $30\text{dB}$  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  $714.00 \text{ m}^2$ 、述べ床面積  $824.72 \text{ m}^2$ )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、 $10\text{m}\phi$ 、 $10\text{t}$ 、 $10\text{kW}$  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  $1\text{W/cm}^2$  に耐える電波吸収

体を備え、class 100,000 のクリーブスとしても利用できるようになってきているため、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 10mφ, 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。

(a)



(b)

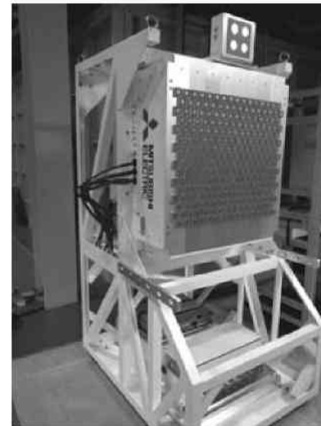


図 1 : (a) A-METLAB 暗室

(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

平成 25 年度にメディアで取り上げられた成果は以下のとおりである。

[新聞]

1. '13.5.2 (17 面) 日刊工業新聞 「ワイヤレス電力伝送実用化へ」
2. '13.5.2 (朝刊 21 面) 京都新聞 「ワイヤレス電力伝送 実用化主導へ団体設立」
3. '13.5.2 (夕刊 1 面) 日経新聞 「車・スマホ 電波で充電」
4. '13.6.6 (南京都版朝刊 31 面) 朝日新聞 「やましろ発見伝! 宇宙発電 無限の可能性に挑む」
5. '13.6.6 (朝刊 11 面) 日経産業新聞 「無線給電普及へ新指針」
6. '13.6.29 (朝刊 9 面) 朝日新聞 「ワイヤレス給電新方式」

7. '13.7.1 (2面) 電波新聞 「WP+M コンソーシアムが総会」
8. '13.7.2 (5面) 化学工業日報 ワイヤレス給電新方式実用へ コンソーシアム始動」
9. '13.7.23 (1面) 電波新聞 「直流共鳴方式ワイヤレス給電 ITAC が標準化の動き加速」
10. '13.11.25 (10面) 日経産業新聞「宇宙太陽、地上に無線送電、京大、大規模施設で実験、産業応用も視野(テクロフロンティア 20XX)」

## 2. 共同利用研究の成果

平成 25 度の共同利用採択テーマは以下の通りである。

- 1) バッテリーレス無線端末のための給電・通信スケジューリング  
京都大学・大学院情報学研究科・教授・守倉正博
- 2) 高効率RF-ID用マイクロ波受電素子の開発  
京都大学・生存圏研究所・教授・篠原真毅
- 3) 高次の球面波合成を用いた実効的大開口径を持つ小型アンテナの基礎研究  
京都大学・生存圏研究所・特任教授・石川容平
- 4) 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  
九州工業大学・大学院工学研究院継続機械知能工学研究系宇宙工学部門・教授・米本浩一
- 5) 宇宙太陽光発電におけるフェーズドアレーアンテナのビーム制御に関する研究  
京都大学・大学院工学研究科・博士課程2年・石川峻樹
- 6) ICタグシステムの通信距離を延ばすタグ用及びリーダー・ライタ用小型アンテナ  
愛媛大学・大学院理工学研究科・講師・松永真由美
- 7) 電波天文用広帯域フロントエンドの開発  
国立天文台 水沢VLBI観測所・所長・川口則幸
- 8) マイクロ波無線電力伝送システムに関する研究  
株式会社IHIエアロスペース 基盤技継続術部 電子技術室・主任・藤原栄一郎
- 9) マイクロ波誘電体共振器を用いたワイヤレス電力伝送  
宇部興産株式会社 化学生産・技術本部新規機能品開発センター 機能品開発第二部・電子部品開発グループ・藤山義祥
- 10) 月惑星ローバへの無線電力伝送  
宇宙航空研究開発機構 大槻真嗣
- 11) マイクロ波送電システムの産業応用実証試験  
三菱電機株式会社 通信機製作所 本間幸洋

### 2.1 学術雑誌に公表された論文

- Shinohara, N., Beam Control Technologies With a High-Efficiency Phased Array for Microwave Power Transmission in Japan, Proceeding of IEEE, vol.101, Issue 6, 10.1109/JPROC.2013.2253062, 0020-SIP-2012-PIEEE, pp. 1448-1463, 2013.
- Miyasaka, J., K. Ohdoi, M. Watanabe, H. Nakashima, A. Oida, H. Shimizu, K. Hashimoto, N. Shinohara, and T. Mitani, Control for Microwave-Driven Agricultural Vehicle - Tracking System of Parabolic Transmitting Antenna and Vehicle Rectenna Panel -, Engineering in Agriculture, Environment and Food (EAEF), Vol. 6, No. 3, 2013, pp. 135-140.
- Shinohara, N., Rectennas for Microwave Power Transmission, IEICE Electronics Express, Vol.10, No.21, 2013, pp.1-13.
- Imoto, N., S. Yamamashita, T. Ichihara, K. Yamamoto, T. Nishio, M. Morikura, and N. Shinohara, Experimental investigation of co-channel and adjacent channel operations of microwave power and IEEE 802.11g data transmissions, submitted to IEICE Trans. Commun, Jan. 2014.
- Yamashita, S., N. Imoto, T. Ichihara, K. Yamamoto, T. Nishio, M. Morikura, and N. Shinohara, Implementation and feasibility study of co-channel operation system of microwave power transmissions to IEEE 802.11-based battery-less sensors, submitted to IEICE Trans. Commun, Jan. 2014.
- 篠原真毅, 無線電力伝送の送電距離に対する理論と技術, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J96-B, No.9, pp.881-893, 2013.
- 齋藤孝、三原荘一郎、中村修治、伊地智幸一、本間幸洋、佐々木拓郎、小澤雄一郎、藤原暉雄, マイクロ波によるエネルギー伝送技術の研究開発, 電子情報通信学会論文誌 C Vol. J96-C No.9 pp.213-220, 2013.

## 2.2 受賞

- Iwashimizu, M., IEEE MTT-S Kansai Chapter Best Young Presentation Award, for “Study on a Direction Detection Technology in a Microwave Power Transmitting System for a Mars Observation Airplane”, 2013.6.29.
- Matsumuro, T. Thailand Japan Microwave 2013 (TJMW2013) Best Presentation Award, for “Spherical Dielectric Resonator As a Accurate Source of High-order Mode Spherical Wave”, 2013.12.2-4.

## 2.3 著書

- Shinohara, N., Wireless Power Transfer via Radiowaves (Wave Series), ISBN 978-1-84821-605-1, ISTE Ltd. and John Wiley & Sons, Inc., Great Britain and United States, , 2014.1

篠原真毅, 小紫公也, ワイヤレス給電技術—電磁誘導・共鳴送電からマイクロ波送電まで (設計技術シリーズ), ISBN978-4-904-77402-1, 科学技術出版, 2013.2.

堀越智(監修, 著), 篠原真毅, 滝澤博胤, 福島潤 (共著), “マイクロ波化学—反応、プロセスと工学応用—”, ISBN978-4-7827-0696-1, 三共出版, 2013.12.

篠原真毅, 第12節 ワイヤレス充電技術と携帯電話・スマートフォンへの適用の現状, 「スマートフォン・タッチパネル部材の最新技術便覧」, 技術情報協会, 2013, pp.414-418.

### 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	24	25
採択 課題数	8	12	10	16	14	9	9	14	20	11
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)	89 (学内 31 学外 58)	61 (学内 25 学外 36)

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 4. 専門委員会の構成および開催状況

#### 4.1 専門委員会の構成

臼井英之 (神戸大学・大学院システム情報学研究科)

大平孝 (豊橋技術科学大学・情報工学系)

川崎繁男 (JAXA/ISAS)

高野忠 (日本大学・理工学部電子情報工学科)

多氣昌生 (首都大学東京・大学院理工学研究科)

田中孝治 (JAXA/ISAS)

藤野義之 (東洋大学・理工学部)

藤森和博 (岡山大学・大学院自然科学研究科)

松永真由美 (愛媛大学大学院・理工学研究科)

和田修己 (京都大学大学院・工学研究科)

佐藤亨 (京都大学大学院・情報学研究科)

宮坂寿郎 (京都大学・大学院農学研究科)

渡邊隆司 (京都大学・生存圏研究所)

山本衛 (京都大学・生存圏研究所)

篠原真毅 (京都大学・生存圏研究所)

小嶋浩嗣 (京都大学・生存圏研究所)

橋口浩之 (京都大学・生存圏研究所)

三谷友彦 (京都大学・生存圏研究所)

Tatsuo Itoh (国際委員 (アドバイザー) , TRW Endowed Dept. of Electrical Engineering  
UCLA)

#### 4.2 専門委員会の開催状況

平成 26 年 3 月 14 日に専門委員会を開催した。あわせて第 13 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、大学の方針により設備維持費が大幅に減額されており、今後の共同利用の適切な運用に影響がでている。