

# マイクロ波によるワイヤレス電力伝送の研究

製品・機能評価課 奈須野雅明、室 慧悟\*1

## 1. 緒言

マイクロ波帯の電波を用いる空間型ワイヤレス電力伝送は、数メートル離れた IoT・ICT 等のセンサモジュールに給電することが可能となる。現在、関連法令の整備により、920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯において空間伝送型のワイヤレス電力伝送が登録した無線局構内で使用可能となったり。開発や実証試験が進められており、近い将来、IoT/ICT 機器等の有線フリー、バッテリーフリーが実現し、幅広い分野での普及が期待される。

本研究では空間型ワイヤレス電力伝送の周波数帯域でマイクロ波を受電し直流電力を出力するレクテナ(整流回路付きアンテナ)の試作開発や、効率よくマイクロ波を送る送電システムの開発を行う。本報では、壁や天井に設置する送電用のアンテナの開発に 2.4GHz 帯のマイクロストリップアンテナ(MSA)を複数試作し、それらをアレーに配置<sup>2)</sup>して移相を変えて放射特性を比較した結果報告する。

## 2. 実験方法及び結果

### 2.1 送電アンテナ用 MSA の試作

MSA は裏面給電型とした。MSA は、電磁界シミュレータを用いて 2.45GHz で共振するよう設計した。基板は両面銅箔の低誘電率プリント基板(日本ピラー社製 NPC-H220、比誘電率 2.17 基板厚み 3.15mm 銅箔厚=35 $\mu$ m)を使用した。基板を 60mm $\times$ 65mm 角に切断し、受電部分を CNC による切削加工で行った。給電点の部分に貫通孔を設けて、裏面から SMA コネクタを接続した。試作した MSA の寸法と外観を Fig. 1 に示す。MSA を 4 個(MSA1~MSA4) 作製し、MSA のリターンロス値(|S<sub>11</sub>)を VNA(Agilent 社製 E5071C)で測定した結果を Fig. 2 に示す。特性に多少の個体差はあるがこれらを一アレーに配置して 2.2 の実験を行った。

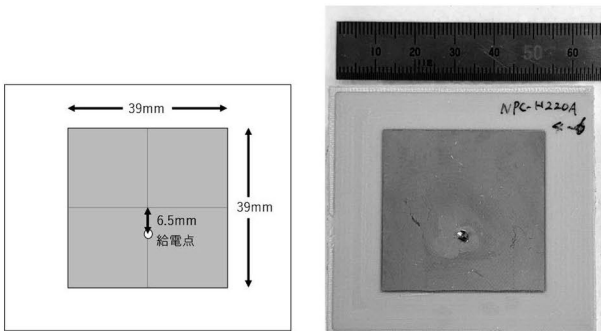


Fig. 1 MSA design and appearance

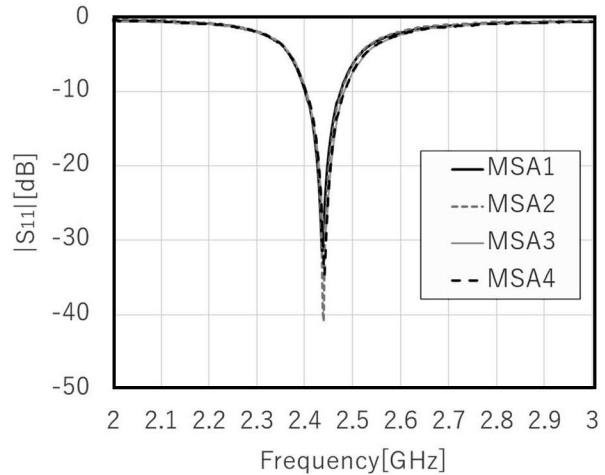


Fig. 2 |S<sub>11</sub>| measurement of MSA

### 2.2 アレーアンテナの放射特性評価

Fig. 3 にアレーアンテナの構成を示す。MSA、移相器及びパワースプリッタで構成し、信号発生器を用いて給電を行った。MSA は等間隔 73mm(真空中の 2.45GHz の波長  $\lambda$  の約 0.6 倍)に配置した。アンテナ間の移相差は、4 分配のパワースプリッタの次段に電気長を調整した伝送線路を挿入して行った。MSA に供給する信号の移相条件は Table 1 に示す 4 条件で行った。条件(d)については、MSA を単体(MSA3 を 1 個、パワースプリッタ、移相器なし)の測定を行った。信号発生器の周波数は、2.45GHz、入力電力は -10dB とした。放射特性の測定の様子を Fig. 4 に示す。また、使用した機器構成<sup>3)</sup>は table 2 に示す。アンテナの測定距離は 3.0m、設置高さは 1.0m とした。

Fig. 5 にアンテナの放射特性の測定結果を示す。放射角は、アレーアンテナの中心から受電アンテナ(ホーンアンテナ)方向を 0°とし、右回りをプラス方向、左回りをマイナス方向とした。グラフ中の(a)~(d)は Table 1 の位相条件を示す。グラフの縦軸は、条件(a)の最大利得を基準とした相対値である。条件(a)のアンテナ利得は標準ダイポールと比較して算出したところ 10.8dBi となった。条件(a)と比べ条件(b)はメインローブが右に 23°シフトし、条件(c)は 21°左にシフトした。また、単体の MSA である条件(d)と比較すると、(a)~(c)のアレーアンテナは、それぞれメインローブの放射角が狭くなり、利得も 4~5dB 上がり指向性が高まっていることが確認できる。条件(b)と条件(c)においては、偏りが見られるが、MSA の個体差、配置、

\*1 現 商工労働部

移相の精度が影響していると考える。今後、これらの結果を電磁界シミュレート等と比較して検証しながら、用途に合わせて指向性や利得を調整し、平面型のアレーアンテナ及び移相器の試作に取り組む。

Fig. 3 Schematic diagram of array antenna

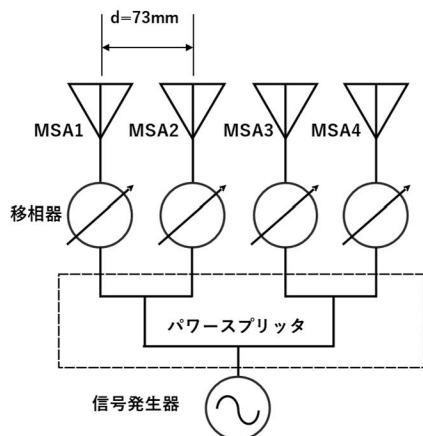


Table 1 MSA of phase-shift conditions

条件	MSA1	MSA2	MSA3	MSA4
(a)	0°	0°	0°	0°
(b)	0°	-90°	-180°	-270°
(c)	0°	90°	180°	270°
(d)	-	-	0°	-

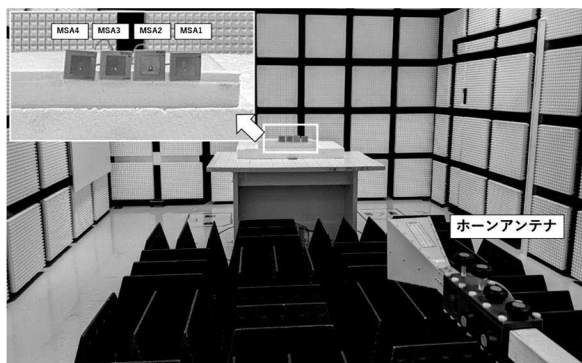


Fig. 4 Experimental setup for radiation

キーワード：マイクロ波、WPT、アレーアンテナ、放射特性

## Development of Microwave-based Wireless Power Transfer System

Product and Function Evaluating Section; Masaaki NASUNO, Keigo MURO\*<sup>1</sup>

Microwave wireless power transmission (MWPT) is a technology that wirelessly transmits microwave energy in space. MWPT can effectively solve the problem of energy supply for IoT devices. A prototype microstrip antenna was fabricated. Four of them were lined up and their radiation characteristics were evaluated by changing the phase shift. The maximum antenna gain of the prototype was 10.8 dBi, shifted by about 20 degrees with a phase difference of 90 degrees.

Table 2 Radiation measurement equipment

種類	メーカー	型名
信号発生器	KEYSIGHT	N5171B
ホーンアンテナ	Schwarzebeck	BBHA9120B
スペクトラムアナライザ	ROHDE&SCHWARZ	FPL1007
標準ダイポール	Anritsu	MA5612B4

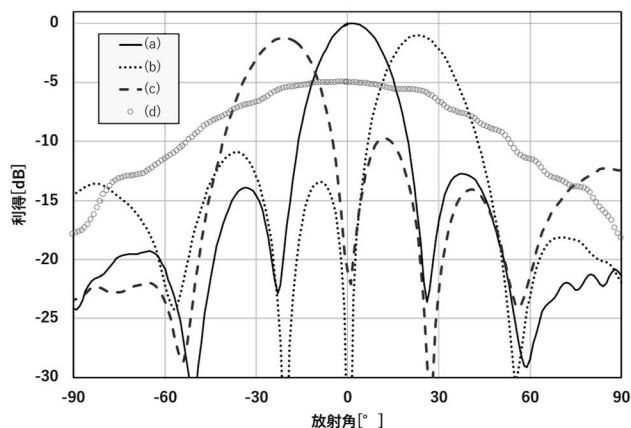


Fig. 5 Radiation pattern of MSA array

### 3 結言

MSA アンテナを試作し、アレーアンテナの実験を行った。本実験下では、MSA4個で最大利得10.8dBiとなった。アンテナ間の位相差90°で約20度シフトした。今後、送電用のアンテナを作製し、レクテナに接続したIoT/ICTと合わせて実証試験を進めていく。

### 参考文献

- 1)総務省 情報通信白書令和4年度版 第4章第3節
- 2)電子情報通信学会[知識の森データベース]4群-2編-7
- 3)令和5年度(第36回)若い研究者を育てる会研究発表会研究論文集 PP.8-14