

## 面状媒体を用いた高効率ワイヤレス 電力伝送法の検討

板井裕人<sup>†</sup> 手塚謙一<sup>†</sup> 浅村直也<sup>†</sup> 張兵<sup>††</sup>

本稿では、二次元通信を用いて高効率にワイヤレス電力伝送する方法を検討した。二次元通信シートに 6W 供給したところ受電モジュールでは 1W 程度の電力が得られることがわかった。

## A Study of High Efficiency Wireless Power Transmission Using planate medium

Hiroto Itai<sup>†</sup>, Ken-Ichi Tezuka<sup>†</sup>, Naoya Asamura<sup>†</sup>  
and Zhang Bing<sup>††</sup>

We propose a method of high efficiency wireless power transmission for using two dimensional communication technology. We received 1W as a result of supplying 6W for two dimensional communication sheet.

### 1. はじめに

我々は、薄いシート状媒体内を伝搬する電磁波を用いて通信や電力供給を行う二次元通信<sup>1)</sup>という技術の研究開発を行っている。通信機器やセンサノードは、このシート状媒体上の任意の場所に近接させることによって、それと電氣的に非接触に接続され高速通信や電力供給を可能とするシステムの確立を目指している。

本稿では、二次元通信技術を用いて高効率にワイヤレス電力伝送を行う方法について検討した。この結果、二次元通信シートへ 6W を供給すると、受電モジュールで 1W を取得できることが分かった。

### 2. 二次元通信の概要

二次元通信技術は、1 ルームサイズの近距離での通信に特化した技術である。この技術は、薄いシート状媒体、つまり二次元通信シート内に電磁エネルギーの大半を局在させ、そこにアンテナに相当する近接カプラを近接させることにより通信と電力供給を同時に実現するものである。この技術を用いたアプリケーションとして、卓上の機器の相互接続や LAN 通信、高速データ転送、RFID タグ等が検討されている。通信機器や RFID タグなどのセンサノードは、通信媒体と電氣的に非接触に接続される。

図 1 に二次元通信シートの構造を示す。

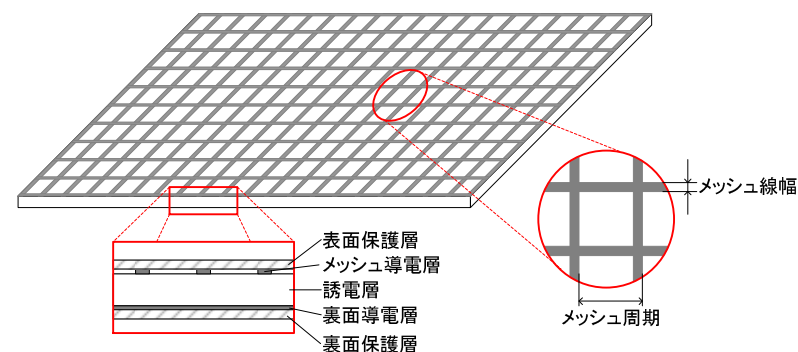


図 1 二次元通信シートの構造

<sup>†</sup> 株式会社セルクロス  
Cellcross Co., Ltd.

<sup>††</sup> 独立行政法人情報通信研究機構  
National Institute of Information and Communications Technology

二次元通信シートは、[メッシュ導電層]-[誘電体]-[導電体]からなる。メッシュ導電層や裏面導電層は、アルミなどの安価な素材によって実現可能である。また、誘電層も、発泡体や樹脂板など身近にある安価な素材によって実現可能である。

二次元通信シートと通信機器は、近接カプラを用いることにより高効率に電磁エネルギーの授受が実現可能となる。我々は、これまでに幾つかの周波数帯に適用可能な近接カプラを実現している。図 2 にこれまでに開発した近接カプラの一例を示す。これは、二次元通信シートの上に置いて使用するタイプのものである。

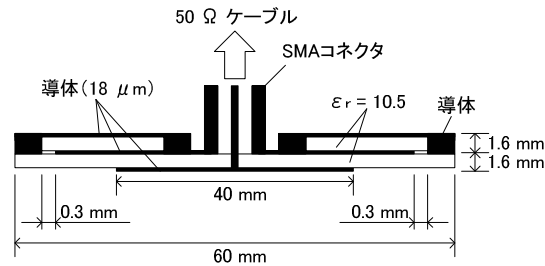


図 2 これまでに開発した近接カプラの一例

以下では、二次元通信技術を用いた、高効率なワイヤレス電力伝送法の検討を行い、実験によって効率よく受電できることを確認した。

### 3. 高効率電力伝送システムの検討

提案する電力伝送システムの概観を図 3 に示す。

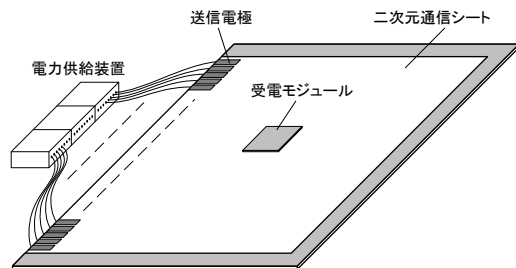
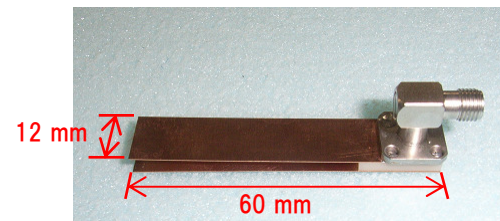


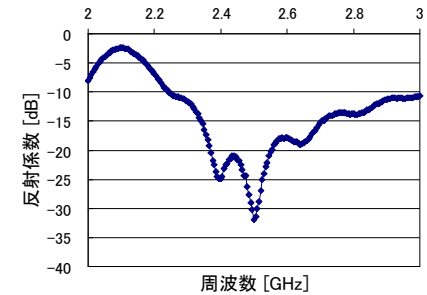
図 3 電力伝送システムの概観

図 3 で提案する電力伝送システムは、電力伝送装置、送信電極、二次元通信シート、受電モジュールから構成される。二次元通信シート上に配置された送信電極には、位相可変な 2.4GHz 帯、最大 1W 出力の発振器を 24 個接続し、位相を調整して集束ビームを生成する。

送信電極は、二次元通信シートを挟むようにして使用する近接カプラである。図 4 に作製した送信電極の概観と、その反射係数を示す。これは、2.4GHz 帯で使用可能な特性を有している。



(a) 送信電極



(b) 同心電極の反射係数

図 4 送信電極とその反射係数

また、図 5 に送信電極を配置した二次元通信シートの様子を示す。

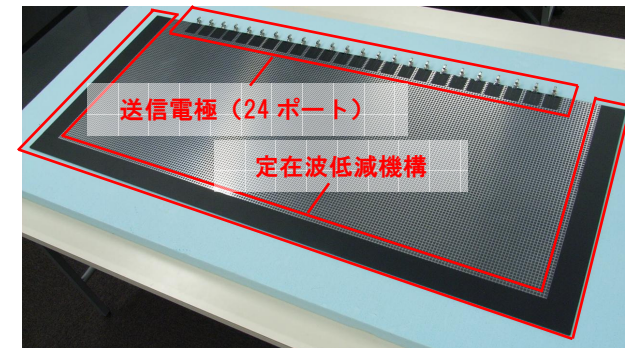


図 5 二次元通信シート

表 1 に使用した二次元通信シートの仕様を示す。

表 1 二次元通信シートの仕様

項番	項目	仕様	
1	寸法	1500 mm × 640 mm	
2	表面 / 裏面保護層	厚さ	250 μm
3		比誘電率	2.3
4		誘電正接	0.0005
5		厚さ	9 μm
6	メッシュ導電層	導電率	$5.8 \times 10^7$ S/m
7		メッシュ周期	7 mm
8		メッシュ線幅	1 mm
9	誘電層	厚さ	2 mm
10		比誘電率	1.4
11		誘電正節	0.0002
12	裏面導電層	厚さ	9 μm
13		導電率	$5.8 \times 10^7$ S/m

送信電極から二次元通信シートに電磁波を印加したとき、二次元通信シートの端部では反射が生じる。これにより二次元通信シート内には、定在波が生じる。送信電極から印加された電磁波を特定の場所に効率よく集束させるためには、定在波を低減することが必要である。そのために、二次元通信シートの端部には、帯状の定在波低減機構を具備した。定在波低減機構は、電磁波吸収体から構成されており、タケチ社製電磁波吸収体 ES-88 (0.5mm 厚) を用いた。図 6 に二次元通信シート端部に定在波機構を配置した断面図を示す。定在波低減機構は、二次元通信シート端部に載せただけの簡単な構造である。

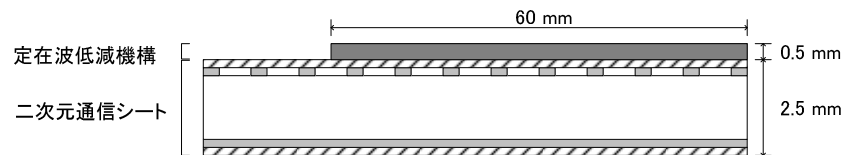
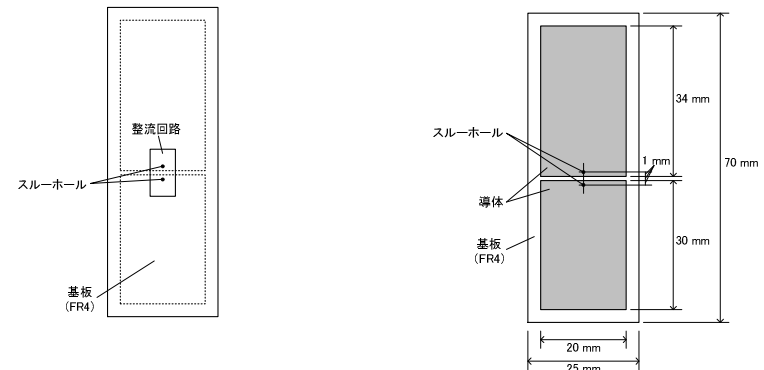


図 6 二次元通信シート端面での定在波低減機構の配置

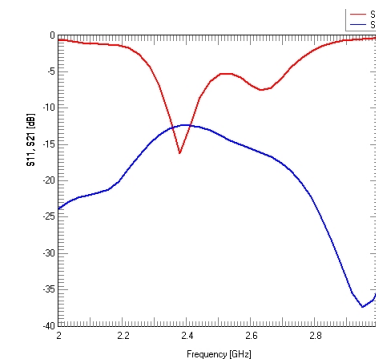
受電モジュールは、いわゆるアンテナに相当する受電コネクタ (二次元通信シート

上に配置する近接コネクタ) と、受電コネクタで受信した電磁波を高効率に直流に変換する整流回路から構成されている。これは、二次元通信シート内を伝搬する電磁波を効率よく吸収し、高効率に直流に変換する機能を有する。実用的には、これ以外にも軽量であったり小型であったりすることも求められるため、今回は、受電モジュールは、軽量、小型、高効率なものを開発した。シミュレーションした受電コネクタの概観およびシミュレーション結果を図 7 に、作製した受電モジュールの様子を図 8 に示す。



(a) モデル (正面図)

(b) モデル (背面図)



(c) 反射係数 S11 と透過係数 S21 のシミュレーション結果

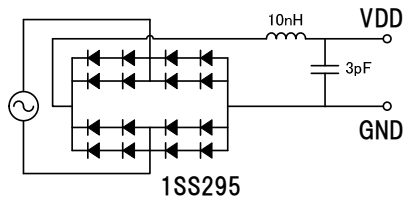
図 7 受電コネクタのシミュレーション結果

( S11 = -12.7 [dB], S21 = -12.2 [dB] @2.4GHz )

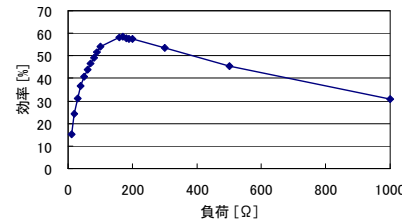


図 8 受電モジュール

受電コネクタ上に配置した整流回路には、2直列2並列ブリッジ回路を用いた。この回路図と変換効率を図 9 に示す。この整流回路は、1W の入力に対し、その出力端子 VDD-GND 間に 170Ω の負荷を接続したとき最大効率がおよそ 60%となるものである。



(a) 整流回路図



(b) 整流回路の変換効率

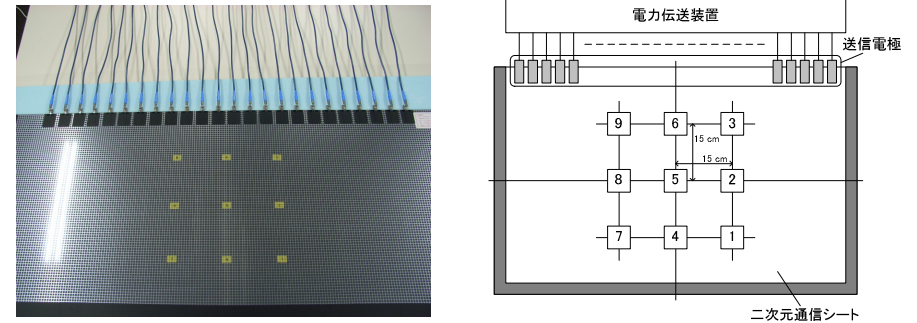
図 9 整流回路図

これらを用いて図 3 のような電力伝送システムを構成し、二次元通信シート上の 9 箇所において受電量を計測した。この結果を次節で示す。

#### 4. 実験

図 10 に示す 9 箇所にて電力を集束させた。これら 9 箇所のうち電力を集束させたい場所における集束電力が最大になるようにそれぞれの発振器の位相値を計算し、実際にその場所に受電モジュールを配置し、その値を用いて発振器から電力を出力したとき、受電モジュールにおける出力電力が最大になるように位相値、送信電極間隔、送

信電極数の調整を行った。



(a) 電力集束箇所

(b) 電力集束場所の間隔

図 10 電力集束場所

まず、電力集束場所における集束度を計算する。図 11 に示す線分 A1B1 と線分 A2B2 を考える。これら線分を通過する電力量の比  $P$  を計算し、 $P$  が最大になる送信電極間隔と送信電極数を決定した。 $P$  は、式(1)によって求めた。このようにして求められた関係を表 2 に示す。

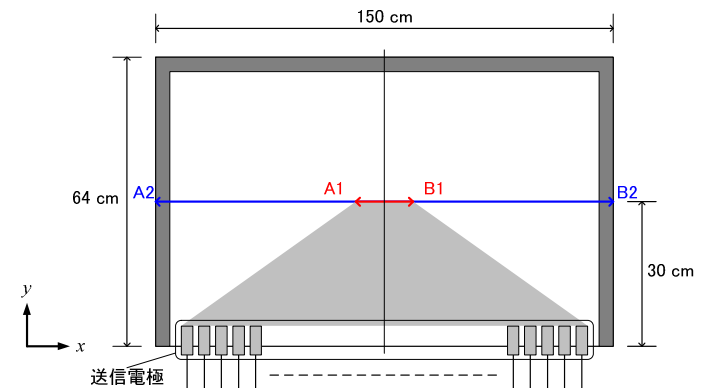


図 11 集束電力の算出条件

$$P = \frac{\text{線分}A1B1\text{を通る電力}}{\text{線分}A2B2\text{を通る電力}} \times 100[\%] \quad (1)$$

表 2 送信電極数および送信電極間隔と集束度の関係

項番	送信電極数	送信電極間隔 [cm]	集束度 [%]
1	2	4	17
2	4	4	41
3	6	4	58
4	8	4	67
5	10	4	73
6	11	4	69
7	12	4	77
8	13	4	76
9	14	4	73
10	12	5	72
11	12	6	70

この結果から、12 個の送信電極を用いてその間隔を 4cm にしたときに集束電力が最大になることがわかる。以下では、この間隔で送信電極を配置して実験を行った。それぞれの発振器からは周波数 2.4GHz、出力電力 500mW の電磁波を出力した。

次に、各電力集束場所での出力電力について示す。図 10 に示す 1~9 の電力集束場所のそれぞれに図 8 に示す受電モジュールを配置した。受電モジュールの出力端子には負荷  $R[\Omega]$  として、 $70\Omega$  を接続し、この両端に発生する電圧値  $V[V]$  から式(2)により出力電力  $P_{out}[W]$  を算出した。

$$P_{out} = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

表 3 出力電力

	計測場所								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V[V]$	7.4	8.3	8.9	8.2	8.6	8.5	7.8	8.0	8.2
$P_{out}[W]$	0.8	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0

この結果から、12 個の送信電極を使用して、それぞれの発振器から 500mW を出力したとき、電力集束場所 1~9 において受電モジュールの出力端子で 1W 程度の電力を得られることがわかった。

また、図 12 に提案したシステムでの各コンポーネントにおける効率を示す。

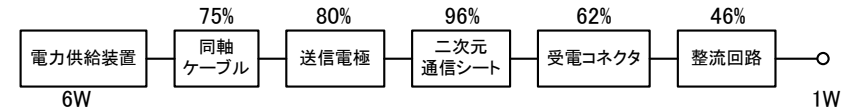


図 12 提案したシステムにおける各コンポーネントでの効率

## 5. まとめ

本稿では、二次元通信という新しい物理層を用いて、高効率なワイヤレス電力伝送法の検討を行った。この結果、電力集束場所 1~9 のどこにおいても二次元通信シートに 6W を供給したとき、受電モジュールにおいて 1W 程度の電力を得られることがわかった。今後の課題として、受電コネクタと整流回路の効率の改善を行うことが挙げられる。

## 参考文献

- 1) 篠田裕之, “素材表面に形成する高速センサネットワーク,” 計測と制御, Vol.46, No.2, pp.98-103, 2007