

## 国際学会 APMC2022 で 講演発表・受賞して

湯川 一樹

Kazuki YUKAWA

電子情報学専攻修士課程 2022 年度修了

### 1. はじめに

2022 年 11 月 29 日から 12 月 2 日に横浜市パシフィコ横浜で開催された Asia-Pacific Microwave Conference 2022 に参加した。この学会で、私は「Development of Two-Dimensional Measurement Equipment for Evaluating Beam Convergence of Retrodirective System」という題目で講演発表を行った。発表は、12 月 1 日に現地対面参加で、英語による口頭発表を行った。

### 2. 発表概要

近年、再生可能エネルギーの普及を促進するため、洋上マイクロ波電力伝送システムの研究が行われている（図 1）。このシステムは洋上風力発電で得たエネルギーをマイクロ波によって陸上に送電するシステムである。大電力のマイクロ波電力伝送では、他のシステムへの干渉を避けるために、マイクロ波ビームの漏洩を抑制することが重要である。また、ビームの収束が不十分な場合、伝送効率の低下につながる。これらの問題を解決するために提案されたのが両側レトロディレクティブシステムである。レトロディレクティブはビームフォーミング技術の一つであり、送られてきたパイロット信号の到来方向に送信ビームを向けることができる。両側レトロディレクティブシステムは、送電アンテナと受電アンテナ両方にレトロディレクティブを搭載しており、両側でレトロディレクティブ動作をさせることでマイクロ波ビームが収束する。シミュレーションではビームが最適な状態に収束することを確認している。

この効果を実験で確認するために 3 次元システム

をそのまま構築すると、数百ものアンテナ素子と RF モジュールが必要になる。そのため、巨大なシステムとなり、莫大なコストがかかる。そこで、平行平板導波路で動作させる 2 次元の実験システムを考えた。評価システムを 2 次元化することで、アンテナや RF モジュールの数を大幅に削減することができ、低コストでの実験が可能となる。

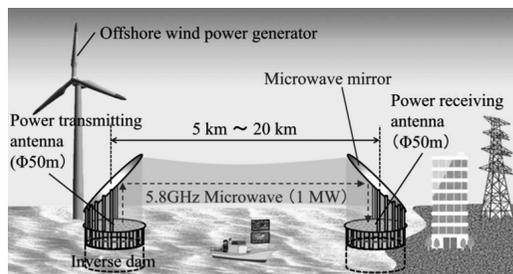


図 1 洋上マイクロ波送電システム

本研究の目的は平行平板導波路を伝搬する電界分布と伝送効率を明らかにすることである。そして、最終目標は、2 次元実験システムを用いてビーム収束技術の有効性を評価する方法を確立することである。

### 3. 二次元ビーム特性

近傍界を含む伝送効率  $\eta_0$  は以下の式で表される。

$$\eta_0 = 1 - e^{-\tau^2} \quad (1)$$

ここで  $\tau^2$  は自由空間におけるフリスの伝搬公式で計算される。

$$\tau^2 = \frac{\lambda^2 G_t G_r}{(4\pi D)^2} = \frac{A_r A_r}{(\lambda D)^2} \quad (2)$$

フリスの伝搬公式は、自由空間において点波源から放射された電磁波が球面状に拡散し、球の表面積に応じて減衰する場合の計算公式である。

平行平板導波路では、アンテナは二枚の導体板で挟まれている。類推すると、平行平板導波路において電磁波は円形に拡散し、伝搬式は以下のように表される。

$$\tau' = \frac{L_t L_r}{\lambda D} \quad (3)$$

ここで  $L_t$  と  $L_r$  は線アンテナの長さである。式 (1) のパラメータである  $\tau^2$  は平行平板導波路の 2 次元伝搬の場合、 $\tau'$  に置き換えられる。

#### 4. 実験と結果

図 2 に作成した導波路を示す。長さ 1,000 mm、幅 300 mm の銅板を使用した。片側の銅板には電界測定のために直径 4.2 mm の穴を 20 mm 間隔であけた。直径は 5.8 GHz の半波長に対して十分に小さいので、測定に影響はない。また、導波路の周囲には電波吸収体を配置し、不要な反射を抑えている。

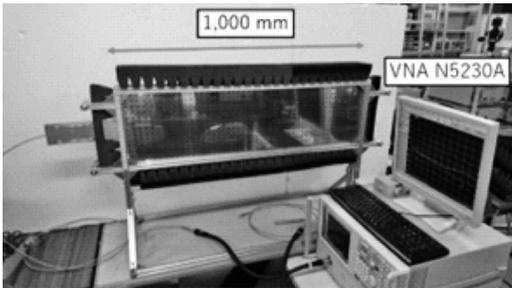


図 2 作成した平行平板導波路と実験環境

作成したアンテナと電界プローブを用いて電界分布の測定を行った。図 3 に測定結果とシミュレーション結果の比較を示す。ビームパターンは良く一致した。遠方では電界強度が縞状になっている。これは導波路に取り付けた電波吸収体が電磁波を吸収しきれず反射したために定在波が発生したからと思われる。

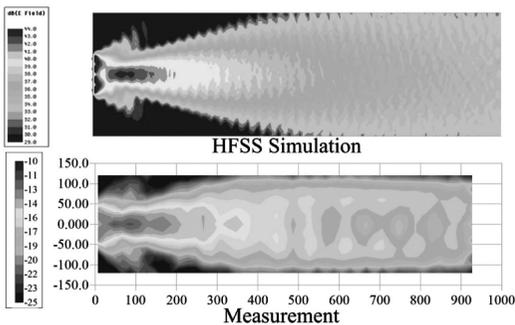


図 3 電界分布

図 4 は伝搬効率の測定結果である。理論式による効率とシミュレーション値、実測値をそれぞれ比較している。実測値は理論式、シミュレーションとよく一致した。多重反射が影響してリップルが発生している。

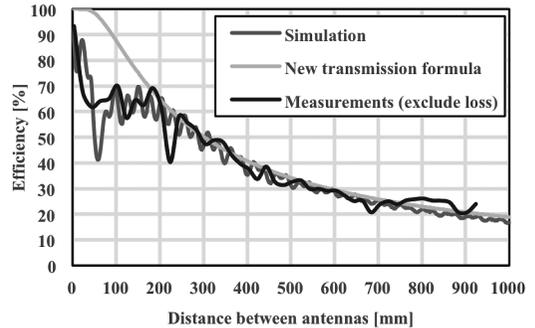


図 4 伝送効率の測定結果と比較

#### 5. おわりに

本講演発表は、研究内容の斬新さとこれまでの努力が認められ、APMC Prize を受賞することができた (図 5)。今後も研究の進展に最善の努力を尽くしたいと思う。



図 5 APMC Prize 授賞式

最後にご指導頂きました石崎俊雄教授、株式会社 ATR 波動工学研究所の松室克之様、海洋インバースタム協会会長の石川容平様に深く感謝します。

#### 発表論文

[ 1 ] APMC2022 Proceedings Proc. TH-2-F5-4