

スマートデバイスモジュールを用いた双方向  
ワイヤレス電力・情報同時伝送システムの  
研究開発(135003001)  
平成25年度～平成26年度

2015年 10月 7日

電気通信大学

研究代表者 本城和彦

研究分担者 高山 洋一郎、石川 亮、齊藤 昭

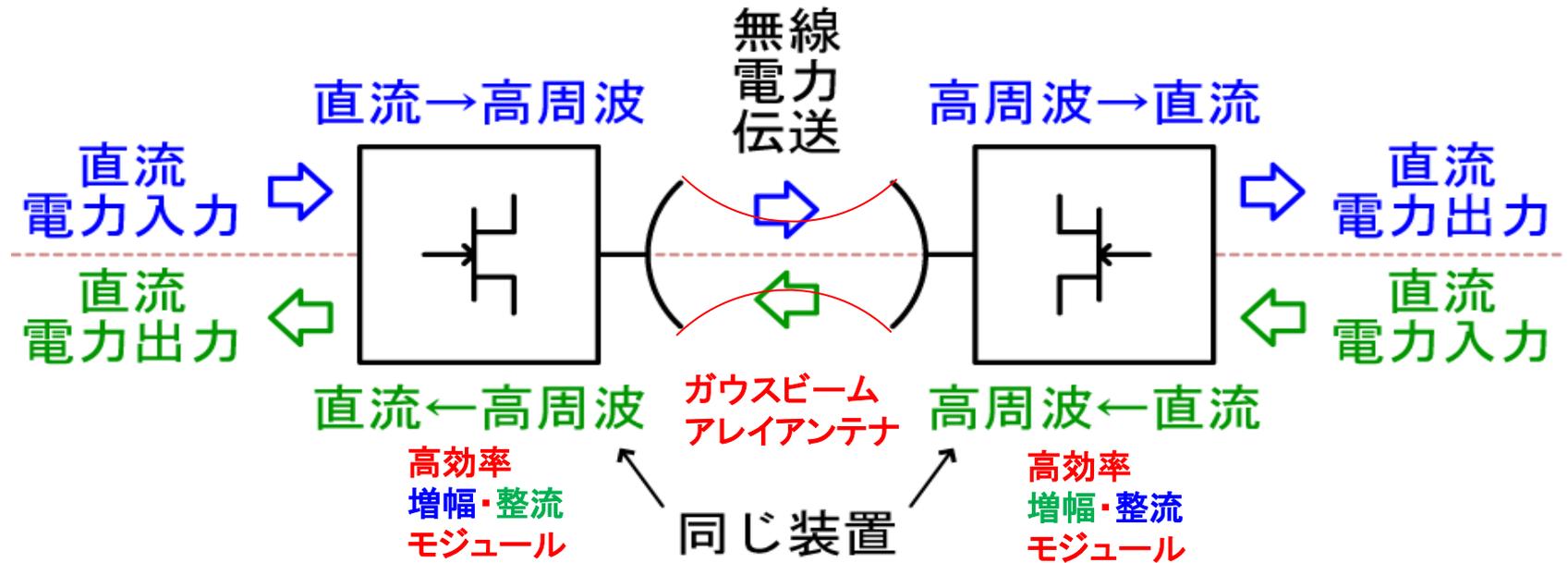
# 研究の背景と目的

大規模災害時も途切れない電力・情報伝送システム

## 本研究の目的

○災害に強い無線で、電力・情報両方を伝送する  
経済的高効率伝送システムを提案・実証

災害停電時も+電力・情報を無線で伝送  
送受可能な機器で経済的



# 電力の マイクロ波⇔DC 高効率変換

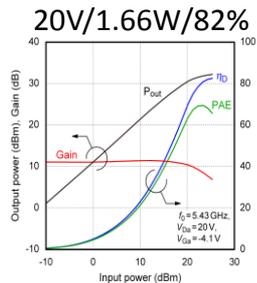
## 電力増幅・整流兼用モジュールの高出力高効率化

### 増幅・整流兼用モジュール

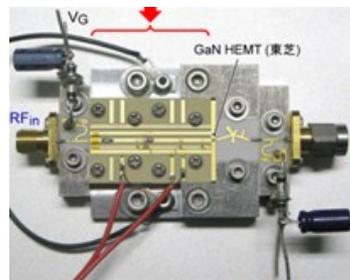
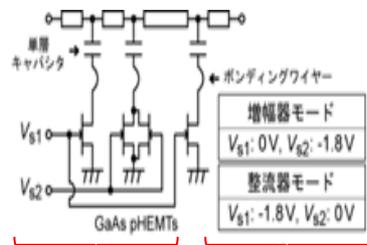
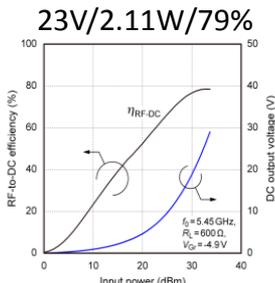
“時間反転双対原理”をR級増幅器に適用し、  
高効率な増幅・整流兼用モジュールを実現

増幅特性

整流特性



双対  
効率同等



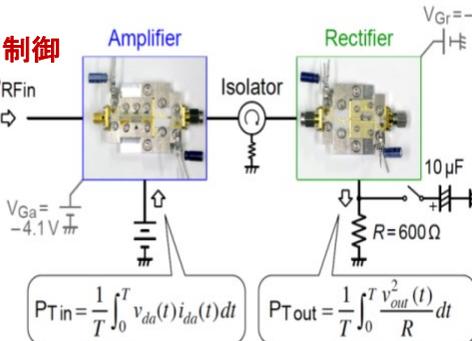
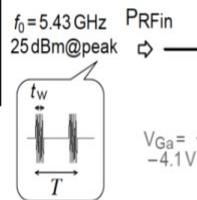
入力側回路  
機能に応じ  
SWで切替

出力側回路  
共通

### パルスバイアス 電力伝送モジュール

伝送電力制御  
パルス変調(通信)

伝送電力制御



$$P_{T\text{in}} = \frac{1}{T} \int_0^T v_{da}(t) i_{da}(t) dt$$

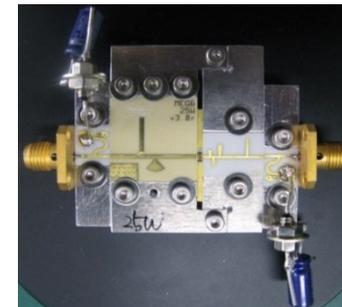
$$P_{T\text{out}} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v_{out}^2(t)}{R} dt$$

### 増幅器・整流器の高出力化



5.8GHz帯GaN-HEMT増幅器

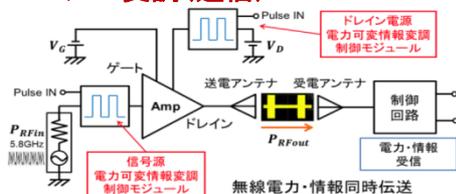
効率69% / 飽和出力27.5W



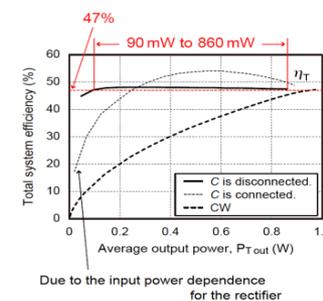
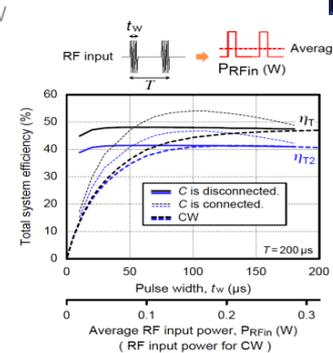
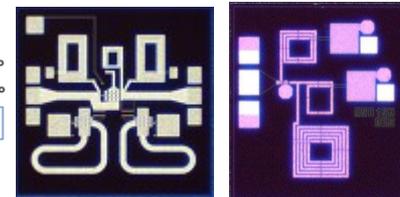
5.8GHz帯GaN-HEMT整流器

効率50% / 飽和出力13.8W

### パルス変調(通信)



### 試作したパルス変調用MMIC SW MMIC 発振器 MMIC



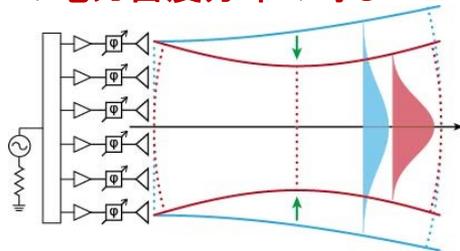
Due to the input power dependence for the rectifier

# 無線で遠方に高効率電力伝送

## ガウスビームをアレイアンテナで高効率に送電

○不要輻射の小さいガウスビーム電力を、伝送距離に応じて、絞って高効率に送電

○送受・受電兼用にできるよう、送受電アンテナ上の電力密度分布の等しいビームを作製

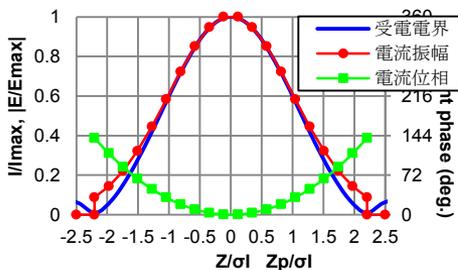


〔理論〕 ガウスビームの給電理論確立：  
励振電流分布と電流位相を制御

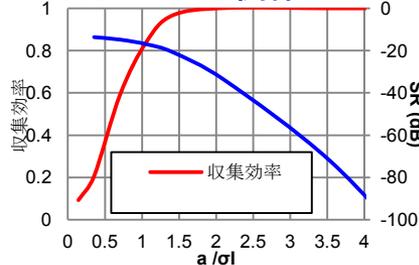
$$I(z) = C' \exp\left\{-\frac{z^2}{2\left(\frac{r_p}{k\sigma}\right)^2}\right\} \exp\left(j\frac{kz^2}{2r_p}\right) \rightarrow E(x_p, z_p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{z_p^2}{2\sigma^2}\right\}$$

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{\lambda r_p}{2\pi}} \quad \lambda: \text{電力伝送波の波長} \quad r_p: \text{伝送距離}$$

送受電アンテナ上の分布



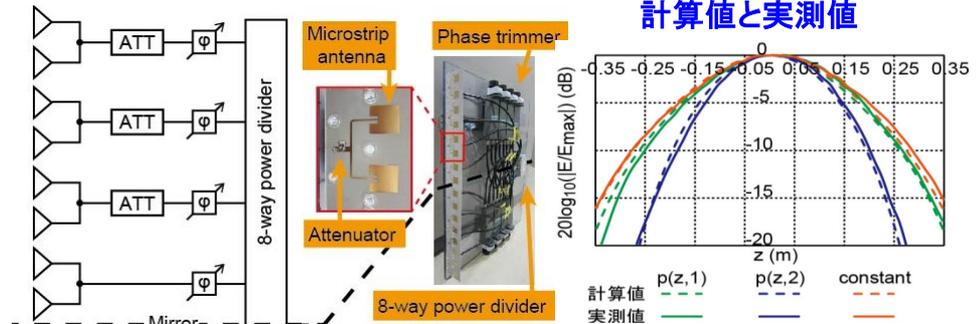
アンテナサイズ・収集効率・サイドローブの関係



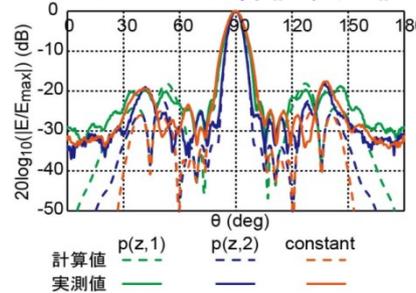
〔試作評価〕 スケーリング則を用い、伝送距離500mを電波暗室内2mにスケーリング

16素子ガウスビーム送電モジュール試作品

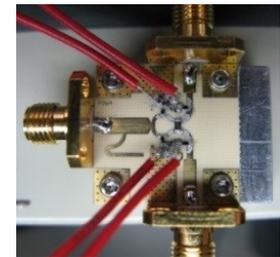
メインビーム幅の計算値と実測値



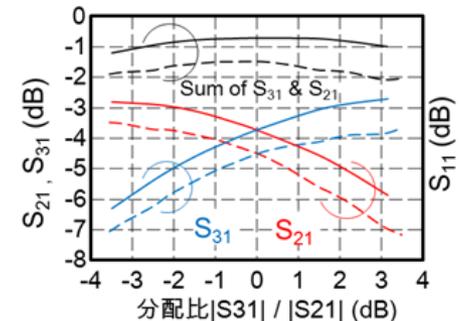
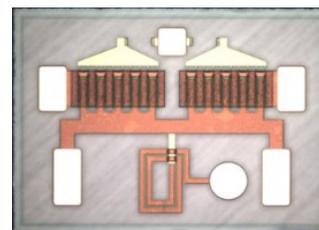
サイドローブ計算値/実測値



可変電力分配器試作品



可変移相器GaN-MMIC試作品



# 今後の研究開発成果の展開 波及効果創出への取り組み

## 研究開発成果の展開

- 開発した高効率増幅器は、無線通信の低消費電力化に有効であり、その実用化を進める
- 山間部・離島への電力・情報の伝送、災害時のバックアップ給電システム、宇宙太陽光システム等の応用に関して、実用化の検討を継続  
(今後の電波法の改正が必要)

## 波及効果創出への取り組み

高い動作周波数が高い特徴を生かし、超小型高効率DC/DCコンバータに展開

従来のDC/DCコンバータ    ~200MHz

R<sup>2</sup>級DC/DCコンバータ    >5GHz