



ハイパワー無線電力伝送のための 高密度レクテナアレー技術

高密度レクテナアレー

☆狭幅素子・円形素子を用いた高密度レクテナDCアレー

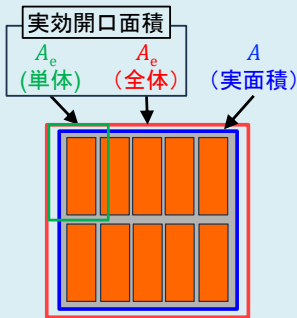
- ✓ 狭幅素子を用いることにより同一基板上により多くの素子を搭載
- ✓ 円形素子と正六角形接地導体を用いて最密配置することで受電ビームにフィットしたアレーを実現
- ◇ 開口比の向上によりレクテナDCアレーの高出力化を実現

高密度アレーアンテナ

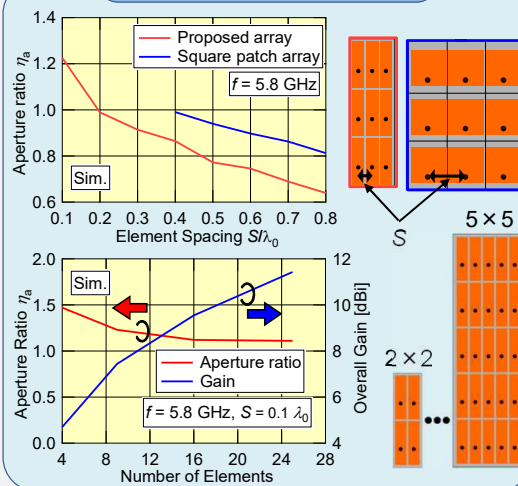
- ・ アンテナ素子を高密度に配置することにより開口比を20%向上

評価指標

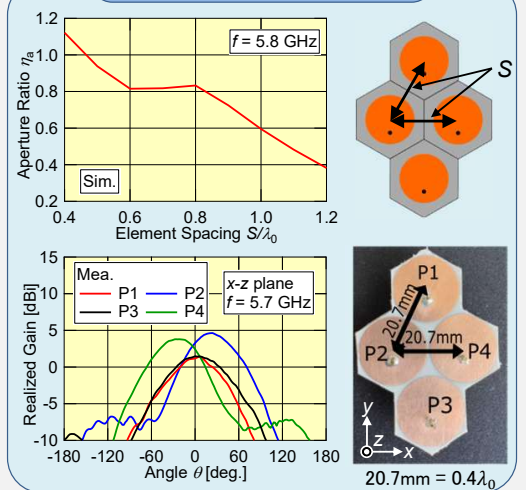
$$\eta_a = \frac{A_e}{A} = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_0^2 G_i}{4\pi A}$$



狭幅素子アレーアンテナ



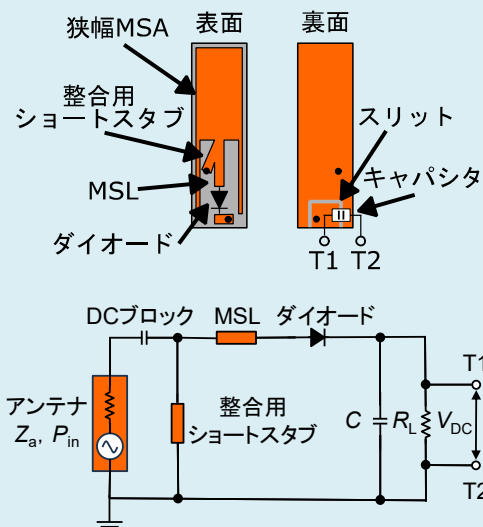
円形素子アレーアンテナ



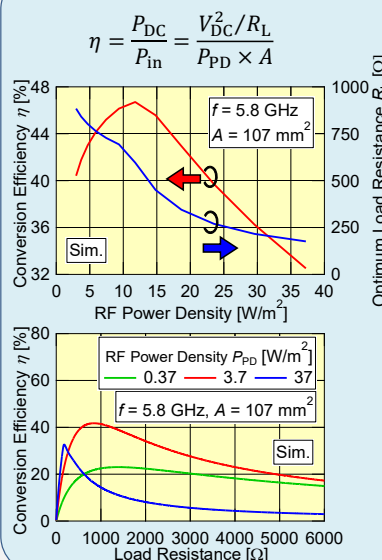
狭幅素子を用いた高出力レクテナアレー

- ・ 多数のレクテナユニットを同一面積に配置することにより高い電力密度帯での出力電力を向上

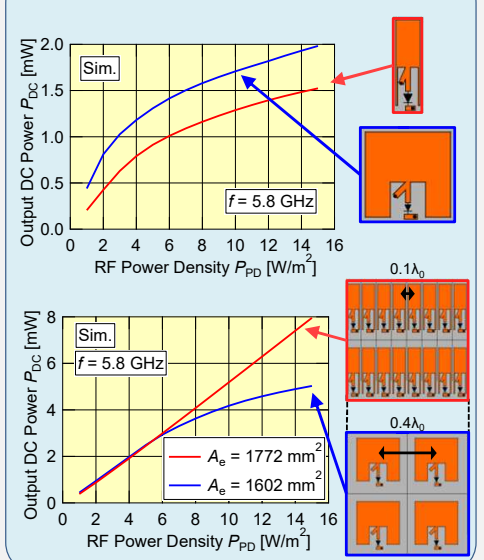
レクテナユニットの構造と等価回路



変換効率



出力電力





量子アニーリングによる 大規模アンテナ配置設計技術

量子アニーリングを用いたアンテナ最適配置

★量子アニーリングを用いた大規模アレーアンテナの配置最適化

- ✓ アンテナ単体の電磁界解析の結果を用いてアンテナ配置問題を組合せ最適化問題として定式化
- ✓ 簡易な車両モデルを用いて受信電力を最大化するアンテナ配置を検証
- ◇ 車載MIMOアンテナ等の高速配置最適化を実現

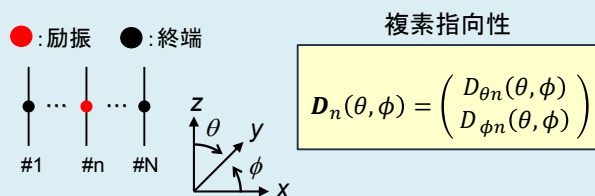
受信電力を最大化するアンテナ配置設計法

- 各アンテナの放射パターンから受信電力を最大化するハミルトニアンを構成

STEP 1

・複素指向性の計算

電磁界解析によりN本の各アンテナの複素指向性を計算



STEP 2

・バイナリー変数を用いた合成電界の導出

バイナリー変数により励振アンテナを選択
複素指向性とバイナリー変数を用いて合成電界を表現

合成電界

$$E_\theta(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^N D_{\theta n}(\theta, \phi) q_n$$

($q_n = 1$: 励振, $q_n = 0$: 非励振)

STEP 3

・ハミルトニアン構成

受信電力を最大化するQUBO形式ハミルトニアンを構成
励振アンテナ数(N_e)を指定する制約項を追加

Hamiltonian (QUBO形式)

$$H = - \sum_{m=1}^{360} |E_\theta(80^\circ, \phi_m)|^2 + \lambda \left\{ \left(\sum_{n=1}^N q_n \right) - N_e \right\}^2$$

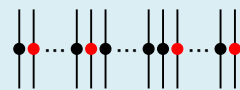
STEP 4

・量子アニーリングによる計算

ハミルトニアンを最小化し、受信電力を最大化するアンテナの組み合わせを高速に算出



最適な組み合わせ



簡易車両モデルを用いた計算例

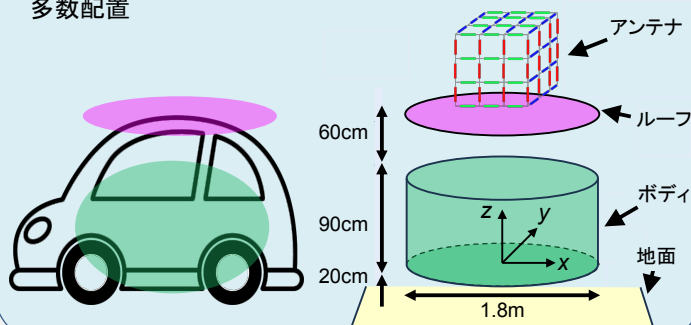
[1] D-Wave Japan Official Website: <https://dwavejapan.com/system/>

- 簡易車両モデルを用いて計算し、従来のアンテナ理論と一致することを確認

簡易車両モデルとアンテナ配置

自動車を簡易な円筒形車両モデルで表現

ルーフ上にx軸, y軸, z軸方向に沿ったダイポールアンテナを多数配置



アンテナの組合せとハミルトニアン

垂直偏波の場合、ハミルトニアンが小さいほどz軸に沿ったアンテナが多く使われることを確認

