

## 研究背景・目的

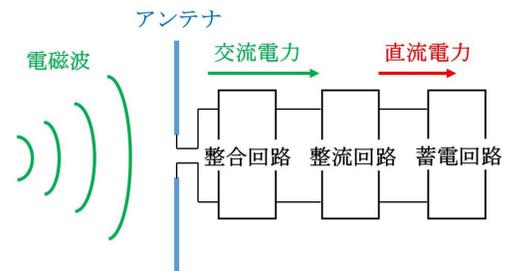
近年、建造物の保守管理や人の健康状態のモニタリングのための無線センサネットワークが大きな注目を集めている。バッテリー付きの無線センサをセンシング対象領域に広くかつ大量に設置した場合、バッテリーの交換に膨大な労力がかかる。そこで、環境中の電磁波を電力に変換する機器である電波型エネルギーハーベスターに関する研究が盛んに行われている。

➡ FDTD法による電磁界解析に基づき、電波型エネルギーハーベスター用アンテナの最適設計を行う。最適化にはパラメータ最適化とトポロジー最適化の二通りの手法を用いている。また、得られたアンテナを試作し、その特性を実験的に測定し、それら特性の比較検討を行う。

## 電波型エネルギーハーベスターの構造

電波型エネルギーハーベスターは、環境中の電磁波を受信するアンテナと、受信した交流電力を直流電力に変換する整流回路、受信した電力を蓄える蓄電回路から成る。加えて、アンテナから回路へと効率よく電力が送られるように、アンテナと整流回路の間に整合回路を設ける。

高効率な電波型エネルギーハーベスターを開発するためには、アンテナと回路の両方を適切に設計する必要があるが、本研究では、そのアンテナに焦点を当てる。



## トポロジー最適化

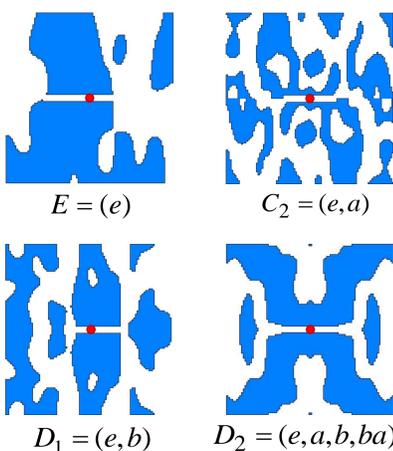
### アンテナの形状表現

電波型エネルギーハーベスターは、様々な場所に設置されることが予想されるため、アンテナに対する環境中の電磁波の偏波面を予測することが難しい。したがって、アンテナは無指向性であることが望まれる。そこで、アンテナ形状に以下の群で示される対称性を与える。

$$E = (e), C_2 = (e, a), D_1 = (e, b)$$

$$D_2 = (e, a, b, ba), C_4 = (e, a, a^2, a^3)$$

群  $C_n, D_n$  において、 $e, a, b$  はそれぞれ恒等操作、アンテナの中心に対して平面を  $360/n$  度反時計回りに回転する操作、アンテナ中心を通る水平線を軸として  $180$  度回転する操作を表す [1]。

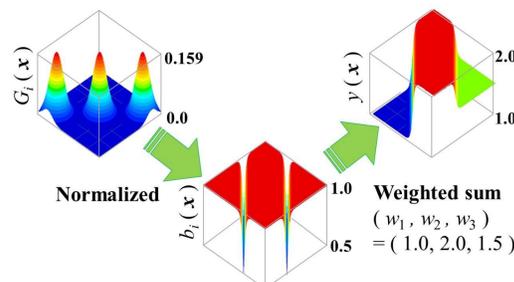


### 最適化手法

トポロジー最適化では、正規化ガウス関数ネットワーク (NGNet) [2] の出力  $y(x)$  を用いてアンテナ形状を表現する。NGNet は正規化ガウス関数の重ね合わせであり、各 FDTD セルの状態  $s_e$  は、FDTD セルの重心を  $x_e$  とすると、以下のように決定される。

$$y(x) = \sum_{i=1}^N w_i \frac{G_i(x)}{\sum_{k=1}^N G_k(x)}$$

$$s_e = \begin{cases} \text{conductor} & y(x_e) \geq 0 \\ \text{air} & y(x_e) < 0 \end{cases}$$



ここで、 $w_i$  は正規化ガウス関数の結合の重みであり、この  $w_i$  を micro genetic algorithm ( $\mu$ GA) を用いて変化させることで最適化を行う。

## パラメータ最適化

パラメータ最適化では、方形スパイラルアンテナ (PSA) [3] に 8 つのパラメータを与え、そのパラメータを  $\mu$ GA を用いて変化させることで最適化を行う。

