

# 中山間地域の地理的特徴を考慮した単純な LPWA ネットワーク設計

東野 哲也<sup>1</sup> 本田 和博<sup>2</sup> 飴井 賢治<sup>2</sup> 堀田 裕弘<sup>3</sup>

富山大学工学部<sup>1</sup> 富山大学学術研究部(工学系)<sup>2</sup> 富山大学学術研究部(都市デザイン学系)<sup>3</sup>

## 1. はじめに

近年、低出力無線で遠距離通信を実現できる通信方式として LPWA (Low Power Wide Area) が注目されている。LPWA はその扱いやすさから、通信環境の厳しい中山間地域の通信インフラとして期待されているが、無線通信であるために地形の影響を受けてしまう。しかし、現状では中山間地域での LPWA ネットワークを最適化設計する方法は見当たらない。本研究では、中山間地域における効率的な LPWA ネットワークの運用を援用するための基礎検討として、単純化した LPWA ネットワークの設計システムを検討する。

## 2. 提案システム

本システムは、電波伝搬の簡易的なシミュレーション結果をもとに、遺伝的アルゴリズム (GA) を使って基地局配置の最適化を行う。

### 2.1. 電波伝搬簡易シミュレータ

本シミュレータは国土院の標高タイル[1]を使用し、基地局とフィールドの全地点を結ぶ見通し範囲を算出することで、直接波の受信可能なエリアを可視化するものである。図1に本シミュレータの流れ図を示す。なお、計算コストを削減するために、本実験ではシミュレーションのフィールドサイズを 256×256 メッシュと仮定する。なお、図中の数字は処理の流れを示す。

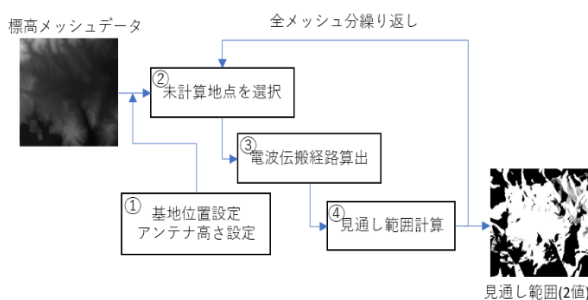


図1 シミュレーションの流れ

単純な形状をした障壁をフィールド内に仮想的に設置し、電波が遮蔽されることによる未到達エリアの発生を調べた。基地局はフィールドの中央とし、障壁は高さ 1m、幅 11 メッシュ、厚さ 1 メッシュの直方体とした。また、障壁を基地局から 64 メッシュ離れた位置に設置し、図2に示すようにアンテナの高さを左からそれぞれ 0.1m, 1.0m, 2.0m, 3.0m として検証した。図では未到達エリアを黒で表現している。図の結果より、簡単な条件設定ではあるが、想定された結果が得られている。

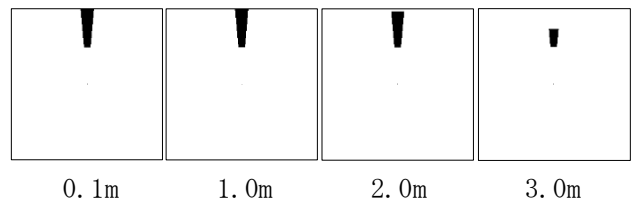


図2 遮蔽による未到達エリアの発生の様子

### 2.2. GA による基地局配置の最適化

GA は遺伝子による生物の進化の仕組みを模倣した最適化アルゴリズムである[2]。

本システムでは、単純化のために2つの基地局を使用することを想定し、このペアの基地局の位置座標の評価を行うことで、最適解の導出を目指す。以下に本システムで適用する GA に関する条件を示す。

- 1) 遺伝子の表現方法
  - 2 つの基地局の位置座標を整数として表現する。
- 2) 初期集団
  - 10 個の遺伝子を、乱数を使って生成する。
- 3) 評価関数について
  - 2 つの基地局の見通し範囲を評価値とする。
- 4) 選択淘汰・突然変異
  - ランキング選択法を使用する。評価値が最も優秀なものをエリートとして残す。また交叉のために評価値が 8 位までの遺伝子と、突然変異の操作として乱数を用いて生成した遺伝子を 1 つ加えた、9 遺伝子も残す。
- 5) 交叉

エリートを除く 9 個の遺伝子のうちペアを 4 組ランダムに決定し、1 点交叉を行う。余った 1 つの遺伝子は交叉の操作から除外する。

Simple LPWA network design considering geographical features of hilly and mountainous areas

<sup>1</sup> Tetsuya Higashino, School of Engineering, University of Toyama

<sup>2</sup> Kazuhiro Honda, Kenji Amei, Faculty of Engineering, University of Toyama

<sup>3</sup> Yuukou Horita, Faculty of Sustainable Design, University of Toyama, horita@sus.u-toyama.ac.jp

### 3. 実験方法

前項で説明したシステムを用いて2種類のフィールドで実験を行った。いずれも初期集団を10組ランダムに生成し、100世代まで計算を行った。以下にそれぞれのフィールドの条件を示す。

#### 3.1. 単純なフィールドによる実験

図3に示すように、フィールド中央を通るx軸線上に高さ1m、半径32メッシュの地形に見立てた円錐を2個設置した。アンテナ高さは0.1mとし、最大高低差は1.1mである。

#### 3.2. 中山間地域の標高タイルによる実験

図4に示すように、中山間地域の標高データとして、ズームレベル12(約6km四方)の平均標高が1160.73mのデータを使用した。これは富山県利賀村水無付近のデータである。アンテナ高さは5mとした。

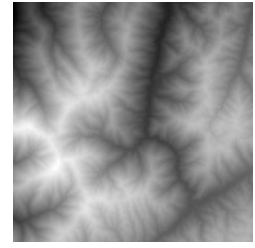
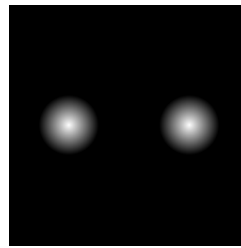


図3 単純なフィールド 図4 中山間地標高タイル

### 4. 実験結果

GAを実行した2種類のフィールドの、世代ごとの最高評価値の推移を図5、図6にそれぞれ示す。なお、評価値はエリアの電波未到達率として表している。また、シミュレータに各実験で最優秀であった遺伝子(100世代後)を与え、電波到達範囲を白として可視化した結果を図7に示す。

図5の単純なフィールドでの結果は、おおむね1~20世代の範囲ではすべてのケースで活発に進化しているが、20世代以降で進化のペースが落ち込んでいるケースが目立つ。これは、世代が新しくなるにつれて局所最適解に収束しているためだと考える。検証の段階で円錐の頂点に基地局を設置することが最適解であると確認しているが、最優秀な遺伝子では最適解と比べ約2%の差となった。

図6の中山間地域の場合でも、上記のような現象が認められるが、標高の高低差が大きいため評価値が遺伝子の数値的な変化に大きく作用され、世代ごとの評価値の変動も大きくなっていると考える。

今回の実験では単純化のために基地局の数を2としたが、図4のような高低差が大きい地形では基地局の数をより多くして最適化する必要がある。

### 5. おわりに

本研究では、単純なLPWAネットワークの設計システムを構築した。

結果からGAによる進化が確認できたが、地形によっては基地局の数も考慮する必要があることがわかり、今後の課題となった。

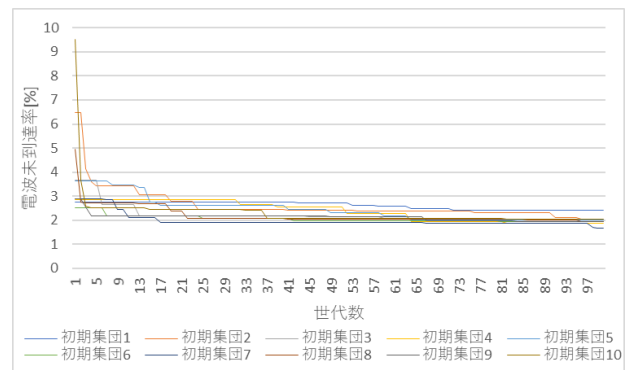


図5 最高評価値の推移(単純なフィールド)

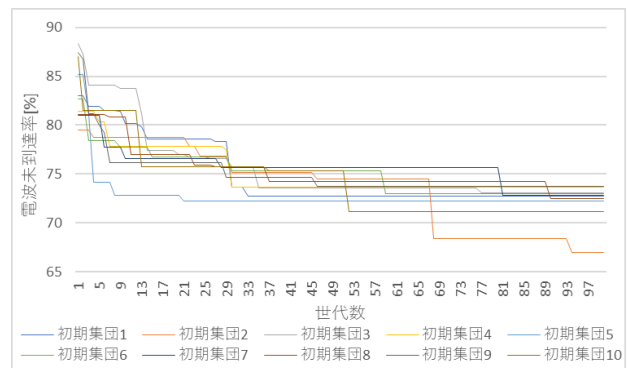


図6 最高評価値の推移(中山間地域)

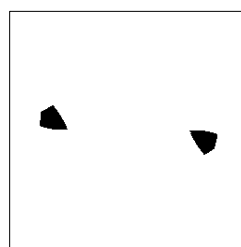


図7 最優秀な遺伝子の見通し範囲  
(左:単純なフィールド)  
(右:中山間地標高タイル)

#### 参考文献

[1] 国土地理院, 地理院タイル  
<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>  
 [2] 荒屋真二 著, 人工知能概論(第2版), 共立出版, 2004年, p. 131-139