

地震防災から考える V・UHF 帯無線周波数における電波伝搬特性

八戸工業高等専門学校 正会員 ○杉田尚男

1. はじめに

地震災害時に住民の自主的な通信を確保する手段として、デジタル移動無線局の周波数に注目している。大規模な地盤崩壊や橋梁崩落の際、孤立した地域でアマチュア無線家が被害状況を報告し、人的被害の拡大を防いだ事例がある。本稿では、情報通信における自助、共助、公助の活動として、VHF・UHF 帯の電波伝搬を予測し、通信手段としての有用性を紹介する。デジタル移動無線局、ドローンの制御や画像伝送の陸上移動無線では、回折モデルなどの単一経路損失モデルを用いて経路損失を個別に推定することができる。回折モデルは、伝搬路が一様な場合は、従来のパスロス推定方法を使用し八戸圏域の伝搬解析を行った。

2. 東日本大震災における情報通信の遮断

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災においては、地震や津波の影響により、通信ビル内の設備の倒壊・水没・流失、地下ケーブルや管路等の断裂・損壊、電柱の倒壊、架空ケーブルの損壊、携帯電話基地局の倒壊・流失などにより、通信設備に甚大な被害が発生した。また、商用電源の途絶が長期化し、蓄電池の枯渇により、サービスが停止した。固定通信網については、NTT 東日本の固定電話で、加入電話と ISDN 合わせて最大約 100 万回線が不通となるなど、NTT 東日本・KDDI・ソフトバンクテレコム の 3 社で約 190 万回線が被災した。復旧活動の進捗や、電力の復旧等により、不通回線数は減少したが、4 月 7 日に発生した最大震度 6 強の余震により、一時的に不通回線数が増加した。その後、各社、一部エリアを除き、4 月末までにほぼ復旧した。

3. 青森県内 V/UHF 電波伝搬特性と電波経路探索

本研究では携帯電話等の公衆回線が機能しないような災害時において、山間部や市街地において、実際に通信ができるかどうか、またその通信可能範囲を事前に予測できるか。シミュレーション実験の結果を総合的に考察することで、V/UHF 帯電波が防災減災活動での利用において実用に耐え得るかを検討する。今回



図 1 電波伝搬経路想定図

は、青森県内の代表的な山岳と山岳の 2 地点間の電波伝搬シミュレーションを行った。図 1 の電波伝搬経路想定図に示す階上岳-釜山①区間、折爪岳（岩手県二戸 852.2m）— 釜臥山を②区間、折爪岳 — 岩木山を③区間、岩木山 — 釜臥山を④区間、階上岳 — 岩木山を⑤区間と定義した。計算で使用する標高は国土地理院三角点補正標高ではなく、自動車などで行ける場所、例えば駐車場、展望台などの標高を国土地理院標準地図から導き、標高が高い山岳間計算は、直接波が支配的になるので ITR-R（国連国際電気通信連合通信規則）に基づく計算式、対流圏錯乱損失は、除外している。ただし、フレネルゾーン計算から山岳にリッジがある場合は、リッジ損失計算を行っている。

4. 地上波伝搬水平見通し距離

直接波と地表波との区分は、計算による見通し距離により判定する。式(1)を用いて計算を行った。

$$d = 4.12 \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right) \cdots (1)$$

d: (km)

h1: 送信点の標高+アンテナ高さ

h2: 受信点の標高+アンテナ高さ

5. 自由空間伝搬損失 L0

空間を伝搬するときに損失する値であり、基本的に見通し判定に関わらず損失される値である。

Key Words: 地震防災, デジタル簡易無線, 電波伝搬, 山岳回折, 電波経路探

$$L_0 = 32.45 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \dots (2)$$

L_0 : (dB)

f : 周波数 (MHz)

d : 図上距離 (km)

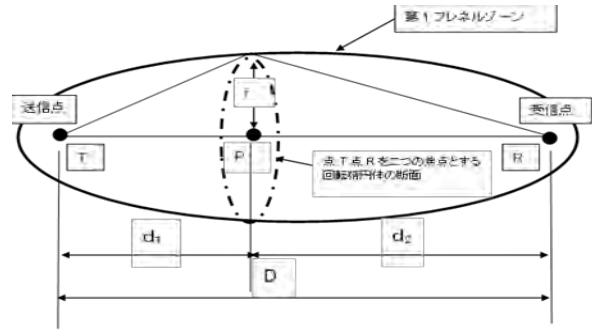


図2 フルネルゾーン

6. リッジ付加損失 L1

リッジ抽出は、事前に設定したメッシュにより標高データを取得して見通し線を妨害する地物を損失として抽出を行う。抽出したリッジは、再度、送信点として再設定を行い、受信点との見通しとの間にリッジ判定を行う。リッジが複数点存在する場合は頂点を送信点と仮定して、改めて受信点との間にリッジを式(3)と式(4)を用いて計算を行った。リッジ付加損失がない場合は、1波長減衰 22dB を計上した。

① 回折パラメータ v は、

$$v = h \sqrt{\left(\frac{2}{\lambda}\right) \cdot \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right)} \dots (3)$$

λ : 波長 (m)

h : リッジ高 (m)

d_1 : 送信点からリッジまでの距離 (m)

d_2 : 受信点からリッジまでの距離 (m)

リッジ付加損失がない場合は、1波長減衰 22dB を計上した。

7. フルネルゾーン

図2に示すようにフレネルゾーンは、無線通信を行うときによく使う「見通し」を示すゾーン（空間）のことをいう。無線通信では「見通しが良い」ということは、単にお互いのアンテナが見えるという意味ではなく、フレネルゾーンに障害物がない状態を示す。式(5)を用いて計算を行った。

$$r = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \dots (5)$$

λ : 波長 (m)

d_1 : 送信点からリッジまでの距離 (m)

d_2 : 受信点からリッジまでの距離 (m)

8. 解析結果

理論見通し距離は電波伝搬は、地形に強く依存するが、各想定区間におけるシミュレーションでは、理論見通し距離は 280km、電波損失 150dB と良好に通信可能である。表⑤区間では、山岳回折があるので代替えを③区間(折爪岳—岩木山)とし、折爪岳山頂から計算を行ったが、リッジ付加損失がないルートと比較しても同程度の伝搬損失であった。

9. 都市部電界強度図(八戸市)

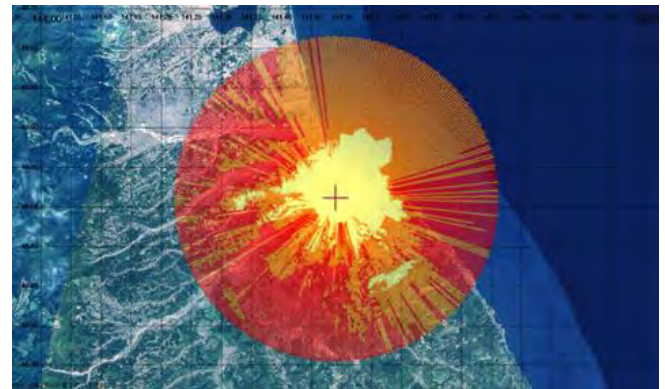


図3 電界強度図 180dB (八戸市)

図3に示すように扇状地の部分で回折が起きていると思われる電波遮断の可能性がある。

10. おわりに

山岳間においてV・UHF帯の電波伝播予測を行った。地形によって損失がなければ 200 km 程度の通信が可能であると言える。図3に示すように青森市、弘前市など都市部や市街地での伝搬状況シミュレーションと実証実験を行う必要がある。

参考文献

特殊無線技士「無線工学」、「無線法規」標準教科書
一般財団法人情報通信振興会,令和元年9月