

920MHz帯簡易無線の電波伝搬特性に関する研究

山間部におけるフィールド試験結果と考察

Research on the propagation characteristics of 920MHz band digital convenience radio

Field test results and consideration in mountainous areas

(エネルギー応用研究所 お客さまネットワークG 情報通信T)

920MHz帯の簡易無線は到達性がよく山間部における伝送路構築手段の1つとして期待ができる。

実フィールドにおける電波伝搬特性を評価するため約1年間測定を実施し知見を得たので紹介する。

(Information and Communication Team, Customer Supply Network Group, Energy Applications Research and Development Center)

920MHz band convenience radio with its high signal propagation would be expected as one of the transmission path in mountainous areas. We carried out a field test for about one year in order to evaluate 920 MHz band radio wave propagation characteristics. We describe the study results of wave propagation characteristics in field test.

1 背景・目的

電力会社で扱う通信回線は電力の安定供給に必要な情報を伝送しており、通信設備の効率的構築や保守の効率化が課題となっている。一方、920MHz帯の無線は法改正（平成24年7月）により手続きが容易な簡易無線局として250mWまで出力可能となった。高出力により電波の到達距離が長くなることから、監視、制御等のセンサーネットワークをはじめとした各分野への適用が期待されている。

そこで、920MHz帯・250mWの無線は山間部における伝送路構築手段の1つとして有益と考えられることから、山間部での電波伝搬特性の知見を増やすため、フィールド試験を行った。



第1図 無線機の設置場所と取付状況

2 測定概要

フィールド試験エリアは、樹林や山陰が混在し、樹木や季節変化の影響など特性を評価するのに適しており、当社で標準的な環境である岐阜県関市洞戸の板取川流域全長約10kmとした（第1図（ア））。

河川流域のコンクリート柱に無線機（取付場所は地上高6m）を設置する前提で、シミュレーションと現地調査を行った。その結果をもとに、ダム事務所分を含め合計22台の無線機を設置した（第1図（ア）＝無線機の設置場所、（イ）＝取付状況）。環境および季節によりRSSI*およびPER*の変動があると考え測定期間を約1年間とした。

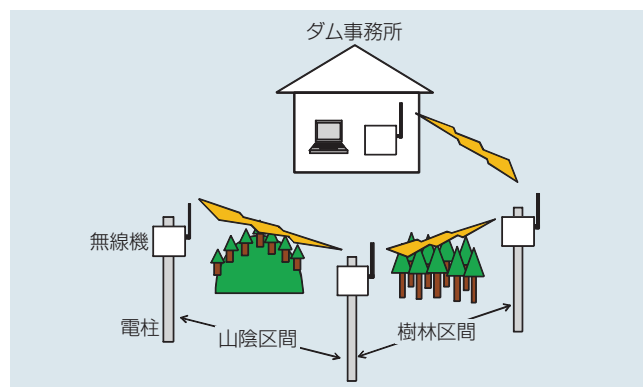
環境の特徴としては、常緑針葉樹が大半を占めており落葉樹は少ない。山陰区間の山の高さは約15～108m、無線機の間隔は約210m～1170mとした。無線機諸元ならびにネットワーク構成イメージは次の通りになる（第1表、第2図）。

このような環境に無線機を設置しRSSIとPERを定期的に自動収集した。

※RSSI：受信信号強度、PER：送信パケット数に対しエラーとなり受信でなかったパケットの割合

第1表 無線機諸元

項目	内容
周波数	920MHz
送信出力	250mW (23.98dBm)
アンテナ特性	無指向性 (2.14dBi)



第2図 ネットワーク構成イメージ

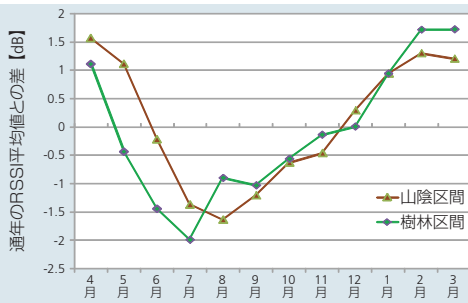
3 測定結果と分析

フィールド試験で得た測定データについて、季節変動を確認するため樹林区間と山陰区間を分類し分析した。

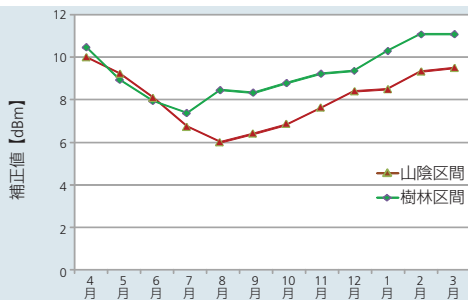
RSSIは年間で変動しており、3月頃が高く7月頃が低い傾向があることを確認できた（第3図）。次に、RSSIの変動分布は正規分布となっており、樹林区間と山陰区間の標準偏差はそれぞれ $\sigma=3.21\text{dB}$ 、 $\sigma=2.65\text{dB}$ であった。通年のRSSI変動傾向および標準偏差から現地での実測時の補正が可能となる（第4図）。

RSSIとPERの関係は樹林区間と山陰区間は特性に違いがないことが分かった。一方、フィールド試験データと無線機の実測データには違いがあり、PERの悪化開始点に差があることが分かった。その原因はフェージング*によるものと考えられる（第5図）。これらのことから、RSSIからPERを推定するには樹林区間や山陰区間の考慮が不要であることが分かった。また、装置特性が分かればRSSIとPERの関係を推定することが可能であると思われる。

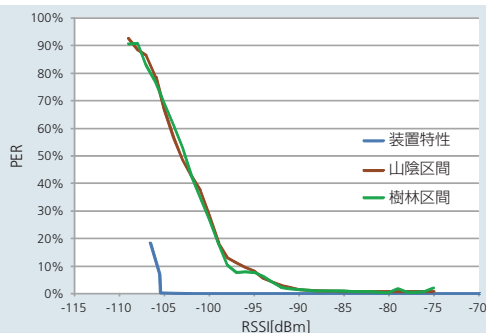
*フェージング＝干渉等の原因で電波強度が変動する現象



第3図 RSSI年間変動傾向



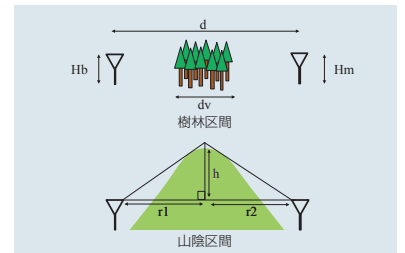
第4図 RSSI実測時の補正值 (3σのとき)



第5図 山間部におけるRSSIとPERの関係

4 電波伝搬推定式の提案

従来の電波伝搬損失算出方法には山間部への適用は言及されていない。そこで、収集した樹林区間および山陰区間のRSSIについて重回帰分析*を用いて、電波伝搬損失推定式を作成した。式の変数は環境の特徴を反映させ、かつ簡単に扱えるようにした（第6図）。



第6図 樹林区間および山陰区間の変数

*重回帰分析＝複数の変数で1変数を予測する統計処理

・ 樹林区間の電波伝搬損失提案推定式

$$L' = 30.79 \log(d) - 6.17 \log(H_b) + 32.13 \log(H_m) + 17.1 \left[1 - \exp \left(\frac{-0.41 d_v}{17.1} \right) \right] + 88.84$$

d：送受信距離 (km)、 H_b ：送信アンテナ高さ (m)、 H_m ：受信アンテナ高さ (m)、 d_v ：樹林深さ (m)

・ 山陰区間の電波伝搬損失提案推定式

$$L' = 12.37 \log(r_1) - 15.26 \log(r_2) + 26.29 \log(h) + 72.49$$

r_1 、 r_2 ：水平距離 (km) ただし $r_1 \geq r_2$ 、 h ：山の高さ (m)

それぞれの提案推定式の決定係数は1に近いことから標準誤差は小さく推定精度は良好といえる（第2表）。

第2表 提案推定式の推定精度

	決定係数	標準誤差
樹林区間	0.88	2.80dB
山陰区間	0.98	1.07dB

5 おわりに

今回のような環境のフィールドで、本研究の成果で得た提案推定式や年間変動および環境変動要因を活用することで、簡易無線システムの経済的設計が容易になる。

平成27年度は山間部エリアでの適用性を確認するとともに、提案推定式のさらなる精度向上のため、針葉樹エリアに加え広葉樹エリアを選定し試験を行っている。

また、無線機を設置する電柱などの支持物が伝送路上で遮蔽物となり電波伝搬に影響を与える事も考えられるため、設置位置による損失を明らかにする。さらに、得た知見を元に現場で活用可能な高出力マルチホップ無線*で伝送路を構築する設計手法を確立していきたい。

*マルチホップ無線＝複数の無線装置を経由し、リレーのようにデータを送る技術を用いた無線。障害に強く信頼性が高いなどの特長がある。

文献

- (1) 降幡智、原田義久、野崎正典、久保祐樹、西村弘志、山間部における920MHz帯電波伝搬フィールド試験結果 電気通信情報学会CMN-14-039、pp1-4(2014)
- (2) 降幡智、原田義久、山北誠、野崎正典、久保祐樹、西村弘志、山間部における920MHz帯電波伝搬フィールド試験結果 (その2) 電気通信情報学会CMN-15-016、pp1-4(2015)



執筆者／田中弘生