

パターンアンテナを用いた近距離センサノードの電波伝搬の研究

—水面反射と大地反射の理論的考察—

Study of short-range radio wave propagation of sensor nodes using the pattern antenna -Theoretical study of ground and water surface reflection-

山根 諒平, 濱崎 利彦

Ryohei Yamane, Toshihiko Hamasaki

広島工業大学情報学部情報工学科

Email: b111131@cc.it-hiroshima.ac.jp

Abstract— Recently, near field wireless sensor network advanced miniaturization by a $\lambda/4$ antenna and a pattern antenna, and is expanding to environment monitor systems. But, transmitted signal strength is kept below 10 mW in general in order to achieve low power consumption, therefore optimum setting is difficult to general users. This paper assumes that construct network (2.4GHz and 920MHz) on rivers and lakes surface, and consider radio wave propagation on water face of between terminals having pattern antenna.

I. はじめに

近年、近距離ネットワーク用センサ端末は、 $\lambda/4$ アンテナさらにはパターンアンテナの利用により小型化が進み、環境監視システムに展開している。一方、低消費電力化のため発信電波強度は 10mW 以下に抑えられることが多く、一般利用者にとって電波減衰を考慮した最適な端末設置は困難である。また、一般的な電波伝搬において設置環境によるマルチパス伝搬をモデル化することは非常に困難であり今日においても研究が行われている。

本研究は低消費電力センサ端末間距離を最大数十メートル程度に設置した場合の電波伝搬簡易モデルの作成をすることを目的としている。

本稿では農・水産業等への応用として河川・湖沼を含む地形において構築するネットワーク(2.4GHz 及び 920MHz)を想定し、パターンアンテナを搭載した端末間の水面上電波伝搬の減衰特性を考察する。

II. 実験装置

本研究では小型のセンサノードを利用したシステムを想定し、周波数による電波伝搬の差異を確認するために 2.4GHz 帯と 920MHz 帯のパターンアンテナを使用した。実験装置の概要を表 I に示す。

表 I 実験装置のスペック

型番	NEC H001-000013-005	NEC ZB24TM-E2036
使用周波数	920MHz	2.4GHz
送信出力	1mW 以下	3mW 以下
アンテナ	パターンアンテナ (SRR 構造)	パターンアンテナ (SRR 構造)

III. 実験

本実験では、水面反射における RSSI への影響を調査するために、受信機位置を固定し送信機を水面に浮かべた状態で 20cm 間隔で 1~25m まで各点で 100 回測定を行いその平均値をデータとして利用する。送信機高は静水面から 20cm で一定とし、受信機高は 155cm, 90cm, 20cm の 3 条件の測定を行った。また、比較対象として地面においても同条件の実験を行った。

典型例として 2.4GHz と 920MHz の送信機高 20cm, 受信機高 155cm の測定結果を示す (図 1, 図 2)。

測定結果から見て取れるように、10m 以内では地面と水面に大きな差異が見られる。しかし、10m 以遠では、水面のほうが不安定ではあるが地面と水面との大きな差は見られない。

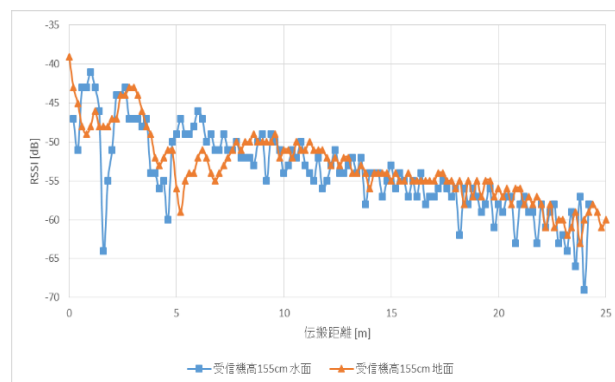


図 1. 2.4GHz 受信機高 155cm 測定結果

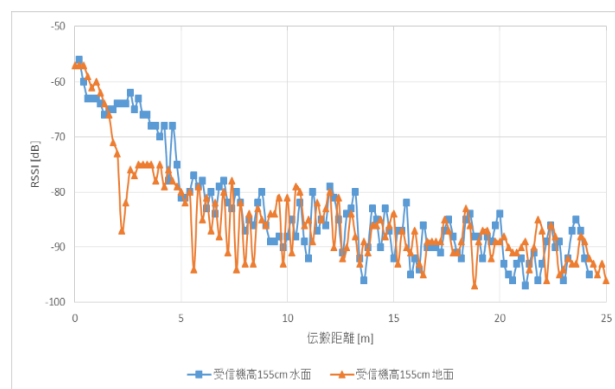


図 2. 920MHz 受信機高 155cm 測定結果

IV. 実験に対する考察

平面波が異なる媒質の境界を通過する際に反射を生じる^[1]. 平面波の入射面に対する電界成分の向きから垂直偏波と水平偏波の2種類に分類される. それらは角度に対する反射係数 R の特徴が異なっており, それぞれ, 下記の式(1)(2)で表すことができる^[2]. ここで, ϵ_r は反射面の比誘電率, θ_i は入射角である.

$$R_{\perp} = \frac{\sin \theta_i - \sqrt{\epsilon_r - \cos^2 \theta_i}}{\sin \theta_i + \sqrt{\epsilon_r - \cos^2 \theta_i}} \quad (1)$$

$$R_{\parallel} = \frac{-\epsilon_r \sin \theta_i + \sqrt{\epsilon_r - \cos^2 \theta_i}}{\epsilon_r \sin \theta_i + \sqrt{\epsilon_r - \cos^2 \theta_i}} \quad (2)$$

本稿では, 地面をローム土, 水を淡水と仮定し下記の表の比誘電率を使用する.

表 I 媒質の定数^[2]

	比誘電率
水	81
地面	4

送信機高 20cm, 受信機高 155cm の場合の距離による反射係数の絶対値を下記の図 3 に示す.

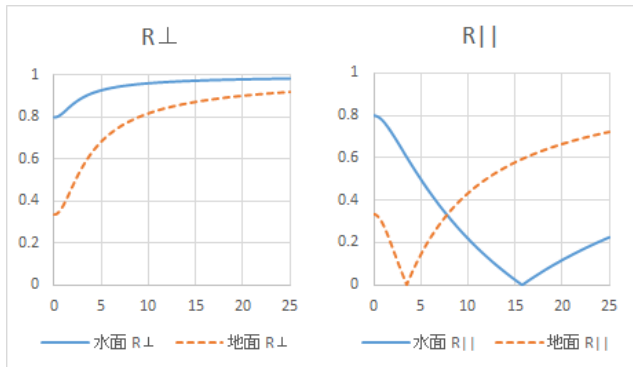


図 3. 反射係数の絶対値の比較

本実験は, 垂直偏波を受信しやすいように受信機アンテナを反射面に対して水平に設置して行った.

図 3 から垂直偏波に関して水面は地面と比較して反射されるエネルギーが高く, 反射による影響が強く現れることが分かる. そこで, 直接波と反射波の 2 波モデルを当てはめることでより精度の高い RSSI の予測をすることが出来ると考えられる. 2 波モデルの比較を図 4, 図 5 に示す. また, 2 波モデルには下記の式(3)を使用した. ここで, k は波数, Δl は直接波と反射波との経路差である.

$$\text{RSSI}[\text{dB}] = 20 \log \left(\frac{\lambda}{2\pi d} \left| \sin \frac{k\Delta l}{2} \right| \right) \quad (3)$$

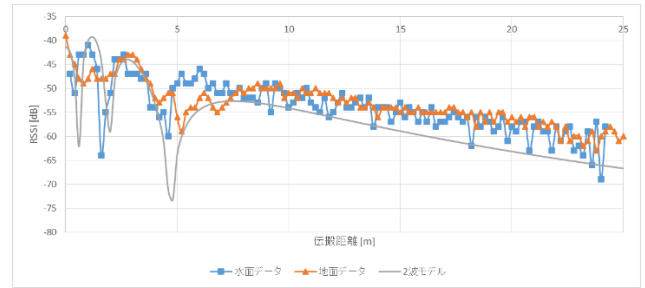


図 4. 2.4GHz における 2 波モデルとの比較

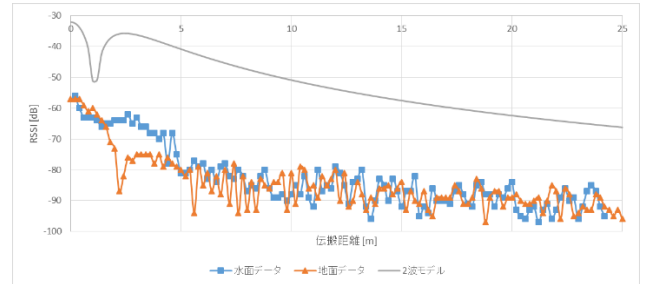


図 5. 920MHz における 2 波モデルとの比較

2.4GHz に関して, 10m 以遠では地面, 水面共に 2 波モデルによる予測は多くの点で 5~10dB 程度の高い精度で行えている. また, 10m 以内であっても RSSI の谷の位置などから判断して水面では高い精度の予測となっていることが分かるが, 反射係数の小さい地面では予測値と実測値の差が大きくなり低い精度予測になることが分かる.

920MHz では予測値が大幅に高い値になっており, また, RSSI の谷に関して予測と異なっていることが確認できる. 予測値との大幅な違いに関しては全ての距離に対して変化が非常に小さくほぼ一定の差となっていることからアンテナ損失やハードウェア回路系の損失など使用した機材による影響が強いと考えられる. しかし, RSSI の谷に関しては, 地面では同様の傾向が確認できるが水面では確認できなかった. このことから, 920MHz では地面, 水面共に 2 波モデルによる予測は高い精度のものとはいえなかった.

V. おわりに

今回の実験により水面反射を考慮する伝搬の予測には 2.4GHz 帯では 2 波モデルを適用することで高い精度の予測を得られることが分かった. また, ある距離を越えると地面, 水面共に, 同程度の RSSI が得られることが確認できた. しかし, 920MHz 帯では 2 波モデルによる RSSI 予測をすることは出来ず, 更なる検討が必要といえる.

参考文献

- [1] 鹿子嶋 憲一, 光・電磁波工学 コロナ社
- [2] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles And Practice Second Edition, Prentice-Hall

問い合わせ先

〒731-5193

広島市佐伯区三宅 2 丁目 1-1

広島工業大学 情報学部 情報工学科 濱崎研究室

山根 諒平