

海中における kHz 帯アンテナの伝送特性

Transmission Characteristics of kHz-Band Antennas In Seawater

竹村大幹†

Hiroki Takemura

佐藤弘康††

Hiroyasu Sato

陳強††

Qiang Chen

† 東北大学 工学部

School of Engineering, Tohoku University

†† 東北大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Tohoku University

1 まえがき

海中通信はダイバーや潜水機との通信、センサーネットワークの構築などに期待されている。本報告では、海中において kHz 帯の電波を伝送するアンテナ特性と伝送特性の関係を数値的に解析した結果を報告する。

2 最大伝送係数

図 1 に示した送受アンテナの 2 端子対等価回路において、送受アンテナの内部インピーダンスをそれぞれ Z_s , Z_L とし、入射電力 P_{inc} , 負荷 Z_L における消費電力を P_L とすると、伝送係数は

$$\frac{P_L}{P_{inc}} = \frac{1}{1 - |\Gamma_S \Gamma_{in}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22} \Gamma_L|^2} \quad (1)$$

で表される。送受アンテナが共に共役整合条件 $\Gamma_S = \Gamma_{in}^*$, $\Gamma_L = \Gamma_{out}^*$ を満たすとき (1) 式は

$$\tau = \frac{1}{1 - |\Gamma_S|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22} \Gamma_L|^2} \quad (2)$$

となり最大伝送係数 τ を表す [1]。本稿ではアンテナ構造を変化させたときの S パラメータを FDTD (Finite Difference Time Domain) 法解析により求め、最大伝送係数 τ を評価した。

3 伝送係数のアンテナ形状及び偏波依存性

アンテナの解析モデルを図 2 に示す。無限海水空間における送受アンテナ間の距離を $d=2\text{ m}$ とする。シミュレーションでは海水の比誘電率 $\epsilon_r=80$, 導電率 $\sigma=4\text{ S/m}$, シースの比誘電率 $\epsilon_r=80$, 導電率 $\sigma=0.01\text{ S/m}$ とし、シースの厚みは 10 cm とした。5 つのモデルの最大伝送係数 τ の周波数特性を図 3 に示す。低周波ではループがダイポールに比べて τ が大きい。これはループの場合は磁界結合が現れたものと考えられる。また、シースがあることによりダイポール、ループ共に τ が増加した。これはアンテナ導体に励振された電流が海水により減衰しないためと考えられる。偏波依存性については、ダイポールの場合は X-X 配置に比べ H-H 配置の方が τ は大きく、ループの場合は X-X 配置が H-H 配置よりも τ が大きいものの、その差は 9 dB 以下であった。

4 まとめ

海中における送受ダイポールおよび送受ループの最大伝送係数について、偏波及びシースの有無に対して評価した。その結果、近距離通信ではループアンテナの偏波依存性がダイポールアンテナに比べて小さく、100 kHz

以下における最大伝送係数はループアンテナがダイポールアンテナに比べて高いことがわかった。

参考文献

- [1] H. Sato, et.al, "Dipole Antenna With Sheath-Cover for Seawater Use," International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2017), 1376, pp.1-2, Phuket, Thailand, Oct. 2017.

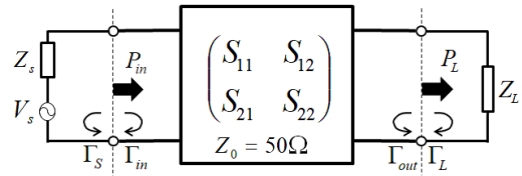


図 1 送受アンテナの 2 端子対等価回路

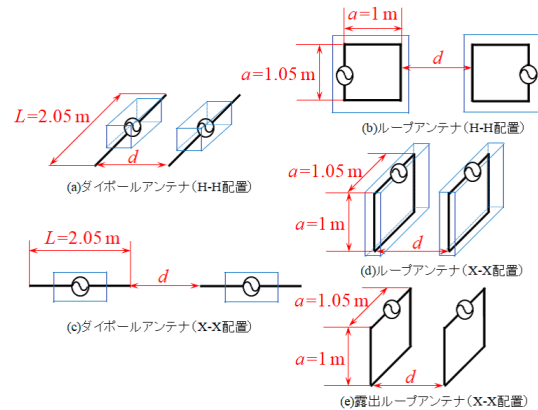


図 2 シミュレーションモデル

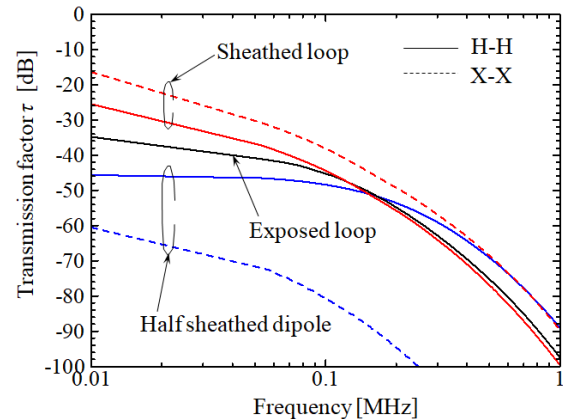


図 3 最大伝送効率 τ の周波数特性