

海中微露出シースダイポールアンテナの理論解析

Theoretical Analysis of Slightly Exposed Sheath Dipole Antenna for Seawater Use

佐藤 弘康 許 双悦 陳 強
 Hiroyasu Sato, Shuangyue Xu and Qiang Chen
 東北大学大学院工学研究科
 Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. はじめに 海中通信用高効率アンテナが期待されている。アンテナ導体と給電回路を海水から絶縁するシースにおいて、線状導体を完全にシースで囲むよりも線状導体をシースから露出させた方が、送受アンテナ間の伝送係数が大幅に改善できることを示した[1, 2]。理論的検討にあたり、本報告では微露出シースダイポールアンテナの入力インピーダンスの近似式を導出した結果を述べる。

2. 理論解析 海中シースダイポールアンテナの構造を図 1 に示す。領域 1, 2 はそれぞれ誘電体シースと海水であり、内外の比誘電率が等しくてもシースの導電率が海水より十分小さければ各領域の波数 k_1, k_2 について $|k_1| \ll |k_2|$ が成り立ち、シース内部の z 方向に伝送するモードが存在し得る。軸対称な TM01 モードの電磁界成分 E_z, E_ρ, H_ϕ について、円柱座標系で表された波動方程式の一般解に境界条件を適用することにより分散関係式

$$k_{r1}\epsilon_2 \frac{J_0(k_{r1}b)N_0(k_{r1}a) - J_0(k_{r1}a)N_0(k_{r1}b)}{J_1(k_{r1}b)N_0(k_{r1}a) - J_0(k_{r1}a)N_1(k_{r1}b)} = k_{r2}\epsilon_1 \frac{H_0^{(1)}(k_{r2}b)}{H_1^{(1)}(k_{r2}b)} \quad (1)$$

が得られる。ここで $H_0^{(1)}, H_1^{(1)}$ は第 1 種ハンケル関数、 J_0, J_1 は第 1 種ベッセル関数、 N_0, N_1 は第 2 種ベッセル関数であり、 k_{r1}, k_{r2} は径方向の波数である。細線近似及び $|k_1| \ll |k_2|$ を式(1)に適用することにより無限長シース線路に沿う波数 k_L は

$$k_L = k_1 \sqrt{1 + \frac{H_0^{(1)}(k_2 b)}{k_2 b H_1^{(1)}(k_2 b) \ln(b/a)}} \quad (2)$$

と求められる。ここで、線状導体がシースの外部にわずかに露出した場合 ($\delta > 0$) の入力インピーダンスは、先端が海水に短絡された線路とみなすことにより

$$Z_{in}^s = j2Z_{ca} \tan k_L L \quad (3)$$

として求められる。ここで Z_{ca} はシース線路の特性インピーダンスである。一方、線状導体がシースの内部にわずかに挿入された場合 ($\delta < 0$) の入力インピーダンスは[3]、先端が開放された線路とみなすことにより

$$Z_{in}^o = -j2Z_{ca} \cot k_L L \quad (4)$$

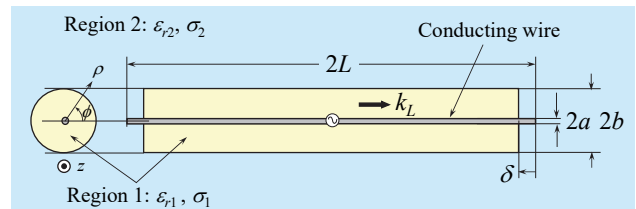
として求められる。入力インピーダンスの計算結果を FDTD 解析結果と共に図 2 に示す。理論解析結果は FDTD 法による解析結果と概ね一致し妥当性が確認された。また、微露出構造の有無により入力インピーダンスが大幅に変化することが理論的に示された。

4. まとめ 海中微露出シースダイポールアンテナの入力

インピーダンスの理論解析を行い有効な近似式を得た。

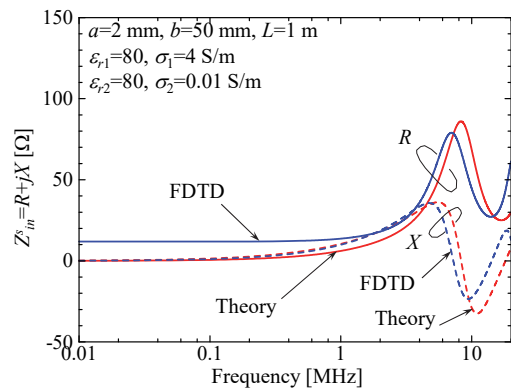
参考文献

- [1] H. Sato, et al., "Dipole Antenna With Sheath-Cover for Seawater Use," 2017 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP 2017), 1376, pp.1-2, 30 Oct.- 2 Nov. 2017, Phuket, Thailand.
- [2] S. Xu, et al., "Design of Sheathed Dipole Antennas for Seawater Use," IEICE General Conf., ABS-1-13, pp.24-25, Sept. 2019.
- [3] R. King, "Theory of the terminated insulated antenna in a conducting medium," IEEE Trans. on Antennas and Propag., vol.12, Issue 3, pp.305-318, 1964.

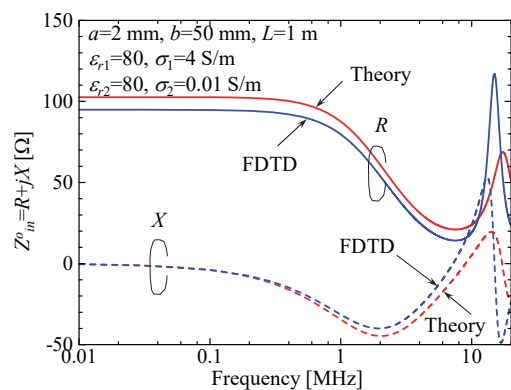


$a=2$ mm, $b=50$ mm, $L=1$ m, $\epsilon_1=80, \sigma_1=4$ S/m, $\epsilon_2=80, \sigma_2=0.01$ S/m

図 1 海中シースダイポールアンテナの構造



(a) 露出した場合 ($\delta > 0$)



(b) 露出がない場合 ($\delta < 0$)

図 2 入力インピーダンス