

船上における送受信アンテナ間の誘導電圧について

梅 園 茂・阿 部 茂 夫

On Inductive Voltage between Sending and Receiving
Antennas on Ship

Shigeru UMEZONO and Shigeo ABE

On the training ship "Nagasaki-Maru", the inductive voltage on the receiving antenna caused by the transmitted electric waves was extremely high. The inductive voltage resulted from the construction of ship with the restricted length of sending and receiving antennas.

Since such an extremely high inductive voltage was harmful to wireless service on a medium wave and a 4 MHz wave, the inductive voltage was measured and a preventive method therefore was devised. When the sending and receiving antennas were stretched in parallel, the induction to the receiving antennas was extremely high. And when antennas Nos. 2 and 3 were used as receivers and antenna No. 1 as a transmitter, the inductive voltage was higher on antenna No. 3 in case a condenser was infixed to antenna No. 2.

Therefore, in order to meet the demands of the times, a whip-typed receiving antenna is thought to be desirable.

長崎丸は船体構造上、送受信用アンテナの展張に制約をうけ、受信アンテナに対する送信電波の誘導が著しい。そのため中波および4 MHz 帯においては種々の弊害がおきた。これらの弊害対策を得るため、送信電波が受信アンテナに及ぼす誘導電圧を測定し、防止法を検討したので、その結果を報告する。

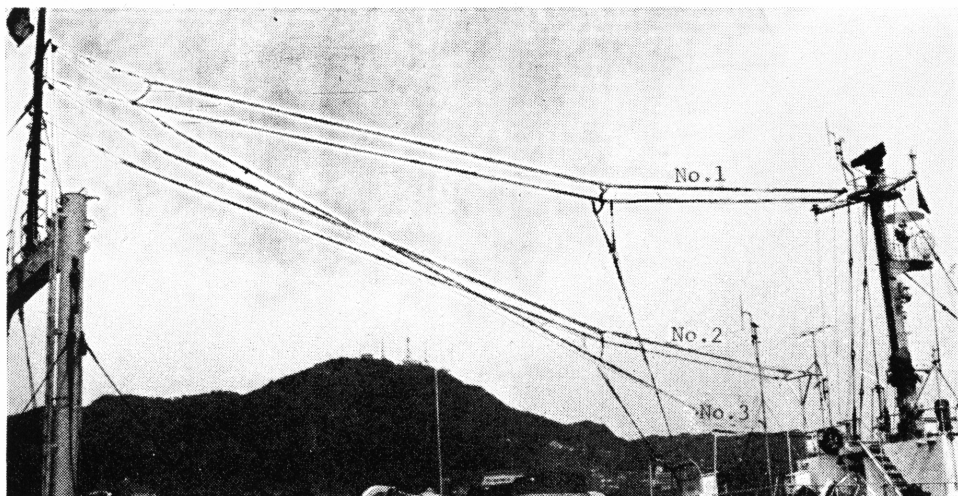


Fig. 1. State of antenna.

測 定 方 法

長崎丸 (563G/T) の送信用アンテナ No. 1 および受信用アンテナ No. 2 および 3 の展張状態を Fig. 1 に示す。No. 1 および No. 2 アンテナはともに T 形, No. 3 は約 30 度傾斜形である。アンテナの長さは No. 2 は 29.5m, No. 3 は 26.5m である。測定器は真空管電圧計 M-316A 形を用い, 測定周波数は中波および短波とし, 測定点は誘導防止器の入力点とした。なお送信機は NSD-239 に より中波は 400W, 短波は 1KW の出力で発信して誘導電圧値を測定した。また使用コンデンサーは 10P・F・3KW である。

結果および考察

長崎丸においては, No. 1 アンテナと No. 2 および No. 3 アンテナとは構造上, ほとんど平行に展張せざるを得ない状況である。そのため受信アンテナに対する送信電波の誘導がひどく, 誘導防止器や周波数切替碍子の焼損がたびたび起きた。そこで No. 2 アンテナにコンデンサーを挿入しない場合と挿入した場合の誘導電圧を測定し, 理論値と比較してみた。

ヘルツ双極子においては, 半径 γ , θ , ϕ のポイントベクトル電力 (電力密度) S は

$$S = 30\pi \frac{|I|^2}{\lambda^2} \frac{\ell^2}{\gamma^2} \sin^2 \theta \quad (1)$$

であることが知られている。ところで全放射電力 P は,

$$P = \int_0^{2\pi} d\phi \cdot \int_0^\pi S \gamma^2 \sin \theta \cdot d\theta = \frac{30\pi |I|^2 \ell^2}{\lambda^2} \int_0^{2\pi} d\phi \cdot \int_0^\pi \sin^3 \theta \cdot d\theta$$

$$\therefore P = \frac{30\pi |I|^2 \ell^2}{\lambda^2} \cdot 2\pi \cdot \frac{4}{3} = 80\pi^2 \frac{\ell^2}{\lambda^2} \cdot |I|^2 \text{ [W]} \quad (2)$$

ここに I = 双極子電流 ℓ = 双極子間長 λ = 使用周波数の波長である。ここで $P = R_r \times I^2$ の形と比較すると放射抵抗 $R_r = 80\pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2$ と言えるから, 垂直, 逆 L, T 形アンテナについては $h_e < \frac{\lambda}{4}$ の条件にあれば, 接地アンテナの放射はヘルツ双極子の場合と誤差はあまりないものと考えてよく, なおまた

$h_e \doteq h + V + D$ と考えても支障はない (h = 水平長, V = 垂直長, D = 引込長)。

ところで, 放射抵抗 R_r については, ヘルツ双極子の場合 $R_r = 80\pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2$ であるから

$$P' = |I|^2 R_r = I^2 80\pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2 \quad \because \ell = 2h_e$$

$$P' = I^2 80\pi^2 \frac{4h_e}{\lambda} \text{ となるが, } P' = \frac{1}{2}P \text{ である。}$$

$$I^2 R'_r \text{ (接地アンテナの場合)} = \frac{1}{2} I^2 80\pi^2 \frac{4h_e^2}{\lambda^2}$$

$$\therefore \text{ 接地放射抵抗 } R'_r = \frac{160\pi^2}{\lambda^2} \cdot h_e \quad (3)$$

となる。

受信最大有効電力 P は $P = I^2 (Z_{in} + Z_{out})$ であるから最大入力は, $Z_{in} = Z_{out}$ 時で Fig. 2 のごとく, $P = I^2 \times 2Z = \frac{V^2}{4Z}$ の時と考えてよい¹⁾。

アンテナ誘導電圧 V は, $V = E_0$ (電界) $\times h_e$ (アンテナの長さ) であるから, Fig. 3 の V をあらわすことになる。Fig. 3 のような場合に, E であらわされる送信誘導電圧は, 受信アンテナの持つ放射インピーダンス, 負荷の持つインピーダンスによって決定される。誘導電圧を E とすると, $E = \frac{V}{Z_{in} + Z_{out}} \cdot Z_{out}$ (4)

$$\text{であるから, } h_e < \frac{\lambda}{4} \text{ の条件にある長, 中波アンテナでは } E = \frac{E_0 h_e \text{ (実効高)}}{160 \left(\frac{\pi}{\lambda} h_e\right)^2 + 200\Omega} \cdot 200\Omega \quad (5)$$

$$\text{したがって中波では } E = \frac{200h_e}{160\pi^2 \frac{h_e^2}{\lambda^2} + 200} \cdot E_0 \quad (6)$$

短波帯においては中波と異なった半波ダイポールと考えた方がよいようである。

$$R_r = 30 \left\{ C + \log(2n\pi) - Ci(2n\pi) \right\} (\Omega) \quad (7)$$

ただし, $L = \lambda/2$ の n 倍の時, $\therefore C = \text{オイラー定数} = 0.5772 = \log(1.7811)$. $Ci = - \int_x^{\infty} \frac{\cos v}{v} \cdot dv$

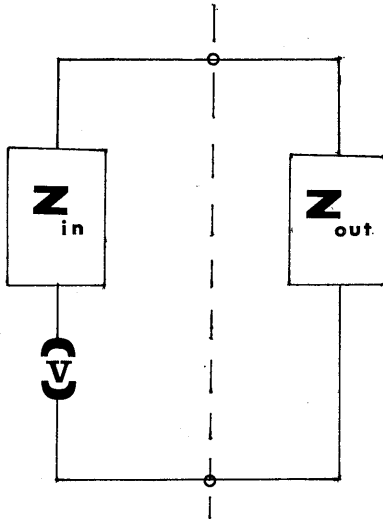


Fig. 2. Equivalent circuit of antenna.

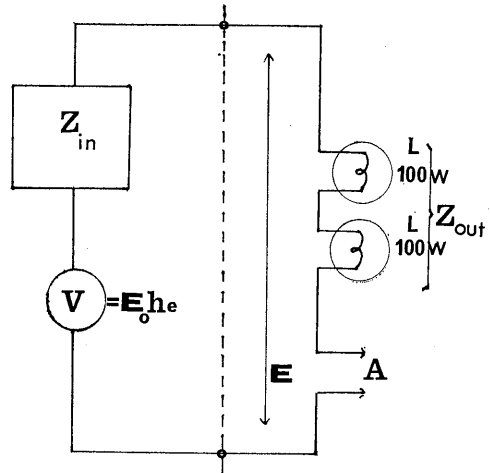


Fig. 3. Induction preventive circuit.

計算値は Table 1 のように次第に増加していく。ただし, これは半波ダイポールであるから, 接地アンテナではインピーダンスはそれぞれ $\frac{1}{2}$ になる。この放射抵抗から考えると誘導電圧はすべて大きくなるが, No. 3 アンテナでは 6MHZ および 12MHZ 付近で急激に減少することが判明した。この状態を Fig. 4 にて縦軸に誘導電圧を, 横軸に発信周波数をもって示した。これによると, AおよびBはそれぞれ No. 2, No. 3 アンテナにコンデンサーを使用しない場合で, ともに約2000Vで同軸線が焼損し測定不能となり, Cは No. 2 アンテナにコンデンサーを挿入した時の誘導電圧値であり, Dはその時の No. 3 アンテナの誘導値を示したものである。このことは $\lambda/2n$ 付近で電圧き電のため上昇するインピーダンスが, コンデンサーによって, なお強調されたためと考えられる。

Table 1. Calculated value by model No. 7.

λ	$R\gamma$	$R\gamma/2=R$
1/2	73.1	36.5
1	93.4	46.7
3/2	105.5	52.75
2	114.1	57.05
5/2	120.8	60.04
3	126.2	63.1

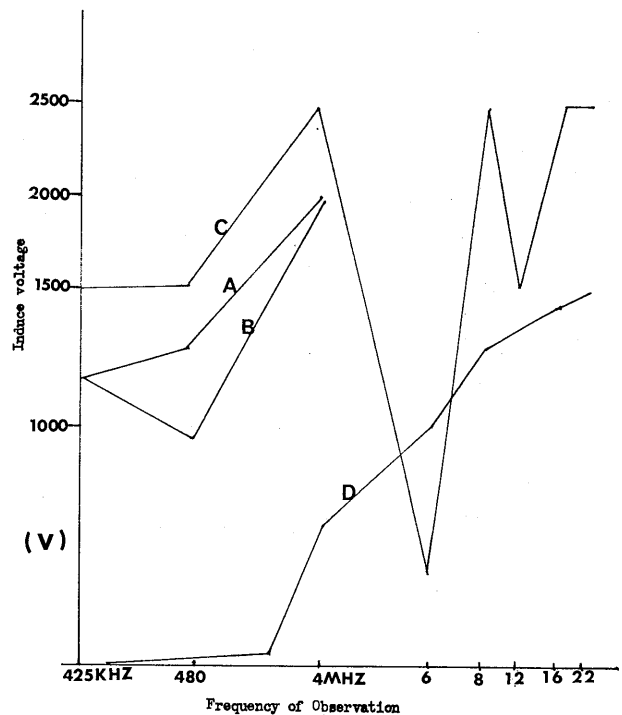


Fig. 4. Actual value of inductive voltage

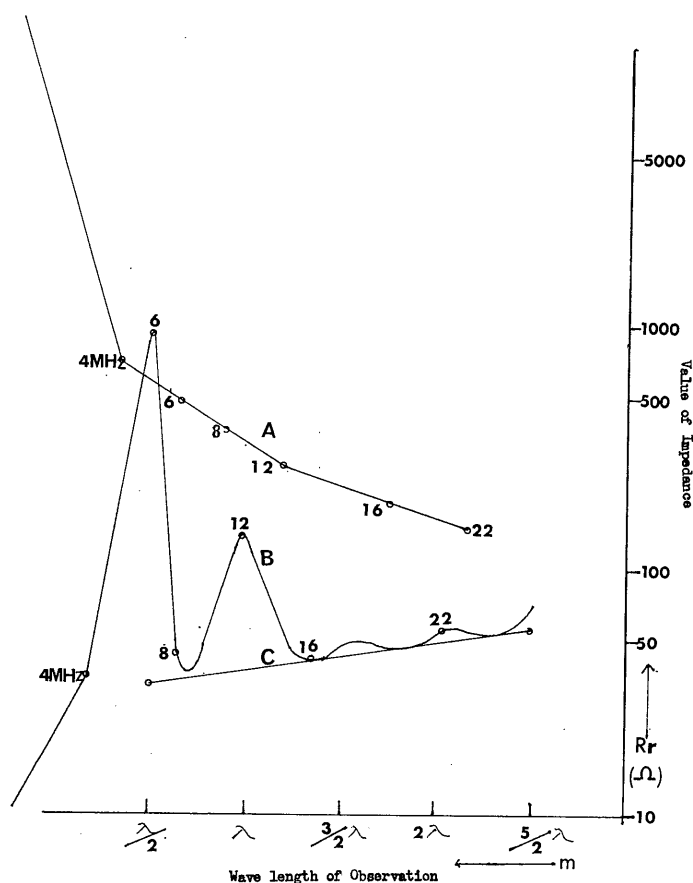


Fig. 5. Actual and theoretical value of impedance.

Fig. 5 の A および B は No. 2 アンテナにコンデンサーを挿入した時の No. 3 と No. 2 アンテナのインピーダンスの実測値であり、C はその時の理論上の平均値である。これはコンデンサーを使用することにより、6 MHz と 12 MHz 帯でインピーダンスは上昇し感度は弱まるが、現在のように高感度の受信機を装備すれば、實際上受信には支障はない。

最近、送受信を同時におこなう SSB 通信のような二重通信が急速に発達している。もし No. 3 アンテナを 6～8 m ホイップとして送信アンテナより理論上は 50 m 以上距離をとれば、二重通信も可能になる。しかしながら長崎丸は船体の長さ 48 m であり、現在のままでは採用することが出来ないで、二重通信は不適當である。

また誘導電圧をおそれて、No. 2 アンテナを非接地形とすれば、開放点で電圧最大、電流最少²⁾となるが、高い周波数帯ではスパークを生じ危険である。

要 約

送受信アンテナを平行に展張した際の受信アンテナへの誘導が非常に高い。また No. 2 および No. 3 アンテナを受信用にし、No. 1 アンテナで送信した場合、No. 2 アンテナにコンデンサーを挿入すれば、No. 3 アンテナの方が誘導電圧は上昇する。したがって時代に即応するためには、受信アンテナのホイップ化が望ましい。

おわりに測定に関し御協力いただいた矢田殖朗船長に対し衷心より謝意を表する。

文 献

- 1) 岩井陸路：解説アンテナの基礎，東京大学出版局，東京（1970）
- 2) 鈴木一雄：アンテナと電波の伝わり方，オーム社，東京（1964）