

放射電力/位置の新測定法と精度

鈴木 力

The New Measurement Technique of Radiation Power/Position and their Accuracies

Chikara SUZUKI

In order to determine the radiation power and position of the electromagnetic or sound wave source, generally, so-called base line technique which needs the sharp directional antenna is used.

In this paper the new technique is presented for determining the radiation power and position, independently, from the receiving power and the time differential coefficient by the receiver with the omnidirectional antenna on the vehicle.

1 ま え が き

電磁波又は音波を放射している波源の放射電力や位置を離れた場所で測定したい場合がある。このような場合、波の進行方向に概ね直角に基線をとって、指向性の鋭い空中線で到来方向を測定して波源の位置を求め、次に、受信位置から波源までの距離と受信電力から波源の放射電力を求めるのが、普通である。しかし、空中線の指向特性や地形等の制約のため、三角測量が困難な場合、放射電力の測定を主とし、位置の測定は副次的な場合等がある。

本論文では、航空機等の移動体に搭載された無指向性の空中線をもつ受信装置によって、波源の放射電力及び/又は波源の位置を測定する方法について述べる(この方法の特徴の一つは、波源の放射電力と位置を独立に求めることが出来ることである)。以下電磁波の場合について述べるが、音波の場合も同様である。

2 測 定 原 理

送信電力 P_t (W), 送信空中線利得 G_t (放射電力 $P = P_t G_t$ (W)) の波源から放射された波長 λ (m) の電磁波を、距離 r (m) の位置にある空中線利得 G_r の受信装置で受信する場合について考える。

放射電力をパラメータとして、距離に対する受信電力を求めると、図-1 に示すような曲線群が得られ、又、その曲線上で、 $dp_r/dr = (dPr/dt)/(dr/dt) =$ 一定の点を連ねると、同じ図に示

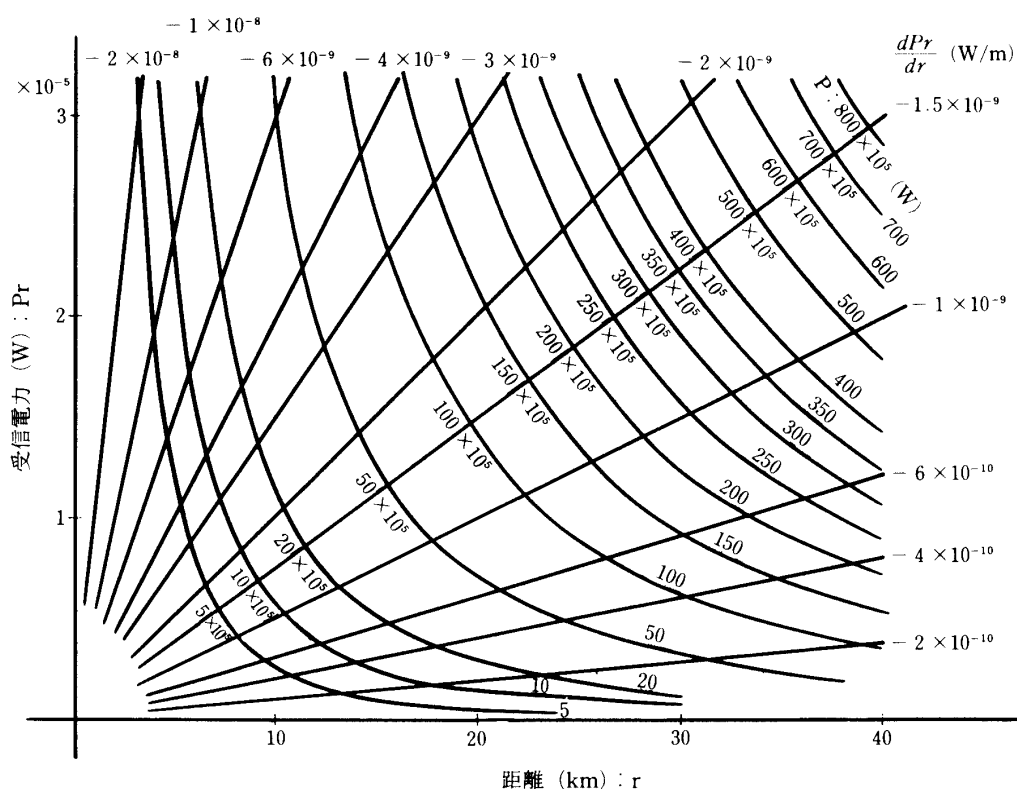


図-1 受信電力 (P_r) と距離 (r) の関係 パラメータ：放射電力 (P) 及び受信電力の距離に対する変化率 ($P_r/dr = (dP_r/dt)(dr/dt)$)

す直線群が得られる。したがって、受信電力とその時間変化率から（受信装置と波源の間の距離の時間変化率が既知であれば）図上の一点が定まる。

これを数式で表わすと次のようになる。すなわち、受信電力は、

$$P_r = PGr\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \frac{1}{r^2} \tag{1}$$

で、又、受信装置の搭載されている移動体と波源の間の距離が、 dr/dt で変化している場合、受信電力の時間変化率は、

$$\frac{dP_r}{dt} = -2PGr\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \frac{1}{r^3} \frac{dr}{dt} \tag{2}$$

で与えられる。(1)、(2)式から r を消去すると、

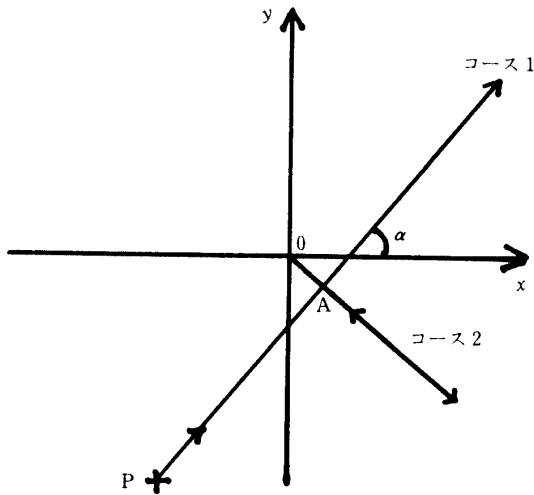
$$P = (4P_r^3) / \left[Gr\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \left\{ \left(\frac{dP_r}{dt} / \frac{dr}{dt} \right) \right\}^2 \right] \tag{3}$$

が得られ、 P を消去すると、

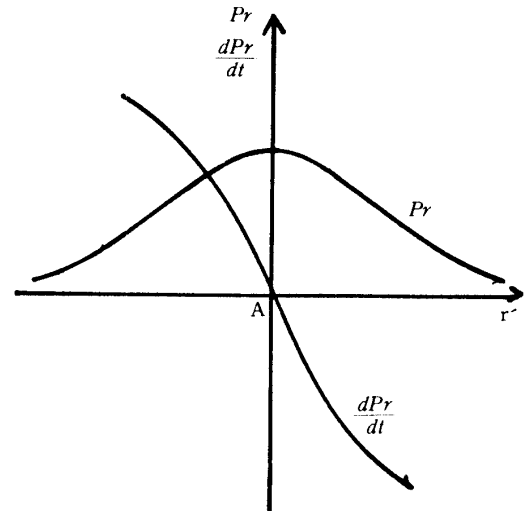
$$r = -(2P_r) / \left\{ \left(\frac{dP_r}{dt} \right) / \left(\frac{dr}{dt} \right) \right\} \tag{4}$$

が得られる。図-1及び上の二つの式は、移動体と波源の間の距離の時間変化率が既知の場合、受信電力と、受信電力の時間変化率を測定すれば、放射電力と波源までの距離を独立に求めることが出来ることを示している。

今、波源を原点とする任意の直交座標を考える(図-2)。任意の点Pにある受信装置が、任意の方向(x 軸との角 α)に速度 v (m/s)で直進しているとする。この場合、図-3に示すよう



図一 2 波源と受信装置の位置関係



図一 3 受信装置の移動距離と受信電力及びその時間変化率との関係

に、受信装置が波源 0 に最も近づいた点 A で、受信電力 P_r は最大となり、 dP_r/dt は、符号を正から負に変ずる。このとき、波源は、A 点において、コース 1 と直角の方向にあることは明らかである。したがって、次に A 点において、最初のコース (コース 1) と直交するコース 2 に沿って受信装置を移動すれば、(3)、(4) 式において $dr/dt = v$ (v : 受信装置の移動速度) と置けるから、放射電力と、波源までの距離を求めることが出来る。

3 シミュレーション

3. 1 諸 元

(1) 波源

送信電力 $P_t = 100\text{KW}$
 空中線利得 $G_t = 100$ (20dB)
 (放射電力 $P = P_t G_t = 10^4\text{KW}$)
 周波数 $f = 10\text{GHZ}$
 ($\lambda = 0.03\text{m}$)

(2) 受信装置

空中線利得 $G_r = 1$ (0 dB)
 移動速度 257.2m/s
 (500ノット)

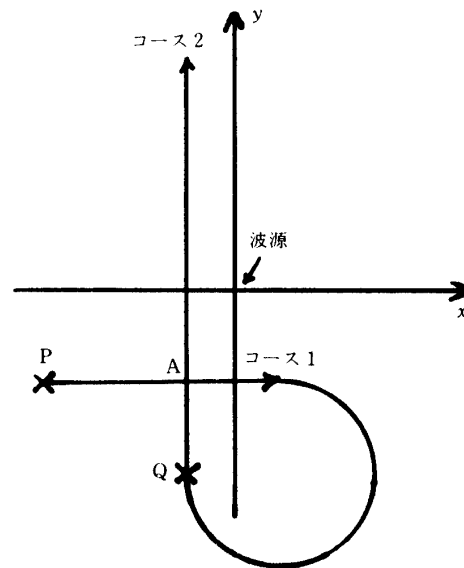
測定間隔 1秒

受信電力測定誤差 10%

受信電力時間変化率測定誤差 10%

3. 2 シミュレーションの実施

図一 4 において、受信装置を点 P (x_1, y_1) より x 方向に、速度 v (257.2m/s) で移動させ、 dP_r/dt



図一 4 シミュレーション

dt の符号が正から負に変化する点 $A(x_2, y_2, y_2=y_1)$ の座標を求め、次に最初のコースに直角に点 $Q(x_3, y_3 : x_3=x_2)$ より速度 v で移動させる (波源が進行方向にあるか、逆方向にあるかは、 Pr の増減、又は dPr/dt の符号で判断出来る)。

3. 3 シミュレーションの結果

P点 ($x_1 = -20\text{km}$, $y_1 = -20\text{km}$) よりシミュレーションをスタートさせたとき、A点の座標は、 $x_2 = 0.195\text{km}$, $y_2 = -20\text{km}$ となった。

次に、この結果に基づいて、コース2をQ点 ($x_3 = 0.195\text{km}$, $y_3 = -45.720\text{km}$) より、コース1に垂直に選定し、受信装置を速度 v (257.2m/s) で移動させた。

コース2の上で、波源からの距離20km → 10kmの間における放射電力の測定誤差は40%、距離の測定誤差は13%であった。

4 精度の検討

(3), (4)式において、 Pr と dPr/dt を独立変数として、 P 及び r の全微分を計算し、それぞれ両辺をもとの式で割り、絶対値をとると次式が得られる。

$$\left| \frac{dP}{P} \right| \leq 3 \left| \frac{dPr}{Pr} \right| + 2 \left| \frac{d(dPr/dt)}{(dPr/dt)} \right| \quad (5)$$

$$\left| \frac{dr}{r} \right| \leq \left| \frac{dPr}{Pr} \right| + \left| \frac{d(dPr/dt)}{(dPr/dt)} \right| \quad (6)$$

上の式は、受信電力及びその時間変化率が10%の誤差で測定されると、放射電力は、50%、波源までの距離は20%程度の誤差で求められることを示している。

1 結 論

以上電磁波又は音波の受信電力とその時間変化率を測定することによって、波源の放射電力と波源までの距離を求めることが出来ることを明らかにした。シミュレーションでは、現在の技術レベルを考え、受信電力とその時間変化率の測定誤差をそれぞれ10%としたため、放射電力及び波源までの距離の誤差がやや大きくなった。この程度の精度でも実用上の目的を達成できる応用範囲は極めて広いと考えるが、受信電力とその時間変化率の測定精度の改善は十分期待できるので、本測定法の精度の向上は可能であると考ええる。

参 考 文 献

- 1) R. G. Willy : Electronic Intelligence : The Analysis of Radar signals. Artech House 1982.
- 2) 鈴木 力, 沢田道弘 : 輻射電力距離測定方法, 特許公報 昭58-31550.