

点波源による水面波の特性

東京電機大学理工学部 桜井 明

水中あるいは上空での色々な位置におかれた点波源によつて生じ、同心円状に拡がって行く水面波の強さ η_m (単位距離における最大振幅) を問題とする。この強さは波源の位置 z によつて変わるが、その様子は極めて特異である。(1) まず波源が水中 ($z > 0$) で非常に深いところにあるときはその強さ η_m は小さいが、上に行くに従つて強くなり、ある深さ z_0 で極大になるが、それ以上に浅くなると、かえつて減りはじめる。ところが水面附近 $z = z_0 \sim 0$ で異常なほど急に高くなり、第 2 の極大を作るが、水面 $z = 0$ になると急に減少してしまふ。ここでは、このような特性の起る原因について考える。

まず、水中に波源がある場合の造波機構は、源から生じた気泡が表面で破れて出来る水面の孔から波が出発することによると考えられる。従つて気泡の膨張が最大るとき丁度、水面に達するようなら出来る波はその極大となるはずである。このことは観測の結果とも一致し、実際、気泡の最大半径は大體において上の z_0 となる。次に波源が空中にあれば、大部分のエネルギーは空中に行くので小さな波しか生じないことは明かである。そこで、何故、水面近くの波源から大きな波

が生じうるかが主な問題となる。

そこで、波源が水面近くにあるならばそれが直接に水を押すことによる運動量入力があることに注目し、これによつて起る波を考える。まづ、このような運動量入力は波源が水面近くにあるときだけ存在し、波源が完全に水中にあるならば、それは対称性から消えるわけだから、このことは η_m が表面近くで鋭い極値を持つことの説明を与える。次に、実際はこの入力によつて生じる波の最大振幅 η_m を計算して実測値と比較して見る。

さて、一般に、時間 $t=0$ において与えられる disturbance によつて発生する波の伝播の問題はその波高 η が小さい近似、それは普通は波源から十分遠いところで満足されるが、
 て、ある調和関数 ϕ で 水面 $z=0$ での条件

$$-\phi_z + \eta_t = 0, \quad \phi_t + g\eta = 0, \quad g: \text{重力定数}$$

$$\text{また、水底 } z=h \text{ での } \phi_z = 0$$

を満足するものを求めることに歸着する。この解は初期条件によるが、とくに運動量入力として、 $\eta(r, t)$ の大さな r, t に対する漸近形は

$$\eta(r, t) \sim \frac{I_0 R^{\frac{1}{2}}}{\rho g^{\frac{1}{2}} r} A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda} \right), \quad \rho: \text{密度}$$

となる。(2) ここで I_0, R はそれぞれ運動量入力の大

きさ、および有効広がり ϵ 、また A, T, λ はそれぞれ、
振中、周期、波長をあらわすが、これらは Γ の定つた関
数である。この式において A のある Γ についての最大値

を $A_m(\Gamma)$, $A_m(1) \equiv A_m$ とすれば

$$\eta_m \Gamma = \frac{I_0 R^{\frac{1}{2}}}{\rho g^{\frac{1}{2}}} A_m(\Gamma) , \quad \eta_m = \frac{I_0 R^{\frac{1}{2}}}{\rho g^{\frac{1}{2}}} A_m$$

となる。実際の波源について、その運動量入力 η_m が最大となる
場合の I_0, R の値で計算した η_m はその場合の実測値
と大体においてよい一致を示した。(1)

また、泉状の運動量入力の場合、これによる完全流体の初
期の運動はある種の相似解によつてあらわされ、これによつて
水面は時間の $1/4$ 乗に比例して変化する。一方、実測によつ
ると、その値は $0.27 \sim 0.30$ となつて大体一致する。(3)

以上のことから、泉波源による水面波の波源の位置による
異常な特性は大体において説明できると考えられる。

文献

- (1) M. Holt : Annual Review of Fluid Mechanics,
Vol. 9 (1977) pp. 187-214
- (2) H. C. Kranzer and J. B. Keller : J. Applied Physics,
Vol. 30 (1959) pp. 398-407
- (3) A. A. Deribas and S. I. Pokhozhar :
Soviet Physics, Doklady, Vol. 7 (1962) pp. 383
- 384