

不規則波引起折射

分析不規則波折射，有利用[能量平衡方程式](#)及成分波重疊法等2種方法，首先說明重疊法。

1. 成分波重疊法

將[方向波譜](#)依週頻率及方向分成多個成分波，分別計算各成分波的折射，爾後再對折射波組合其波譜。[永井](#)於1972年導得不規則波折射係數 K_r 基本式如下

$$K_r = \left\{ \frac{1}{m_{so}} \int_0^\infty \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} w(f, \theta) k_s^2(f) k_r^2(f, \theta) d\theta df \right\}^{1/2}$$

$$m_{so} = \int_0^\infty \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} w(f, \theta) k_s^2(f) d\theta df$$

$w(f, \theta)$ 為方向波譜， $K_s(f)$ 為各週頻率微小振幅波的淺化係數， $K_r(f, \theta)$ 為各成分波的折射係數。

2. 能量平衡方程式

[Karlsson](#)於1969年認為在水深變化海域，波譜密度除為週頻率、方向的函數外，應受位置、風及海底影響，將波能量密度以 $S(x, y, f, \theta, t)$ 表示。在 (x, y, f, θ) 空間內，能量密度輸送速度為 V 時，[保存法則](#)為之

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \nabla \cdot (SV) - Q = 0$$

$$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial f}, \frac{\partial}{\partial \theta} \right)$$

Q 表示能量傳遞。

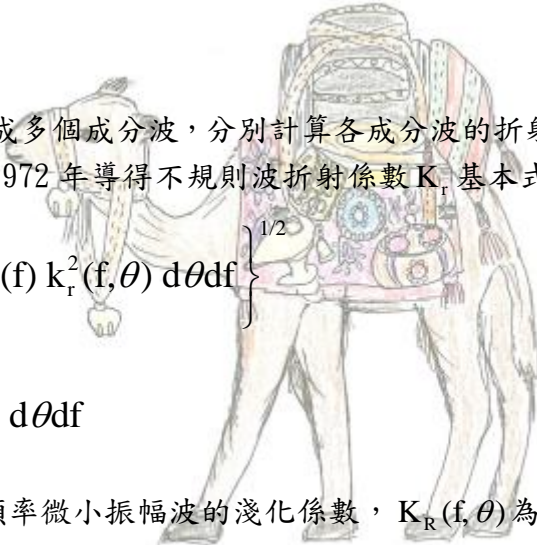
$Q=0$ 時，表示週頻率間無能量傳遞，對時間考慮為定常時，不規則波能量平衡方程式可以下式表示

$$\frac{\partial}{\partial x}(SV_x) + \frac{\partial}{\partial y}(SV_y) + \frac{\partial}{\partial \theta}(SV_\theta) = 0$$

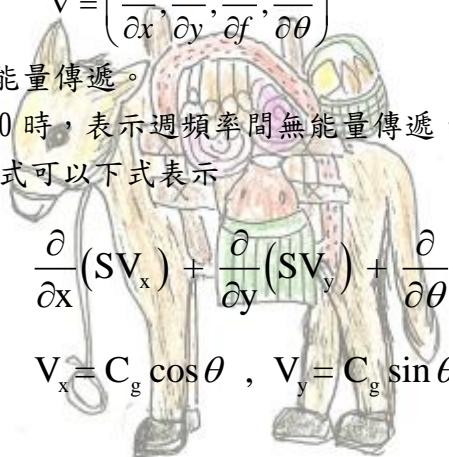
$$V_x = C_g \cos \theta, \quad V_y = C_g \sin \theta$$

$$V_\theta = \frac{C_g}{C} \left\{ \frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right\}$$

C_g 為群速度， C 為波速。



戴滿珠寶的駱駝



阿拉丁神燈