



曳き波について

1. はじめに

航走する船の後方に伝わる八字型の波は良く知られております。この波は仲々減衰せず、船のはるか後方に伝っていき、いろいろと悪戯をすることが知られています。釣船やボートが揺れたり、岸に係留されている船が揺れて貨物の積卸しに支障が生じたり、養殖筏が壊れたり等々があり、曳き波の少ない船をという要望が強くなっています。本稿では、曳波の原因である船の波の発生について簡単に紹介します。

2. 船の作る波

水は非圧縮性で非粘性、運動は渦なし、十分に深い水深で、波長に比べて波高が低い微小波高という条件の下で、流体運動の式、自由表面の満す式、船体表面の条件等から、線形波の式(1)が得られます。これは船という攪乱が移動しながら、時々刻々と出す円型の波が重なり合っ、目に見える波を作ることを示しています。ごく簡単な波ですと図-1のように描くことが出来ますから試してみてください。式の中のP、Qは振幅関数といふ夫々の船の作る波の特性を示しています。船の作る波を等高線図で示したのが、図-2です。このような波のパターンは船型が与えられれば、比較的容易にパソコンによって求められます。

しかしながら、⁽¹⁾ 計算した波は実船の作る波とどの程度合うか、⁽²⁾ どのように減衰して行くのかを知らないと、曳き波を評価したことになります。(1)については曳航水槽で計測した波についての評価があります。図-3はその例ですが、船型や速力により、評価はいろいろですが、この程度は合うものと考えてください。しかし、一般に曳航水槽幅は模型船長の2倍程度ですから、どうあがいても、船から、 $\frac{1}{2}$ 船長程度が評価に耐える波のデータが得られる限界と言えるでしょう。

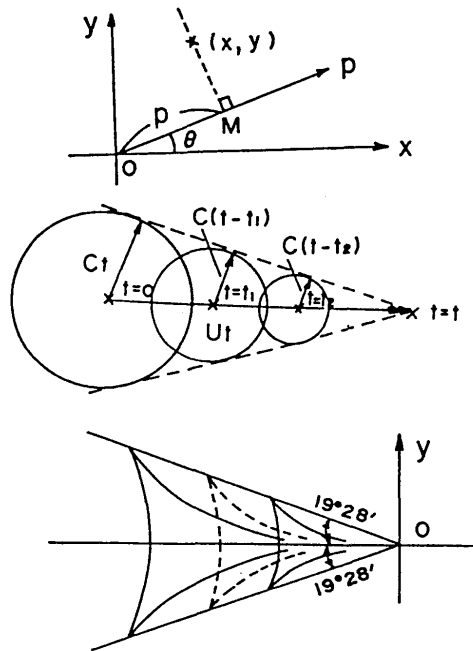
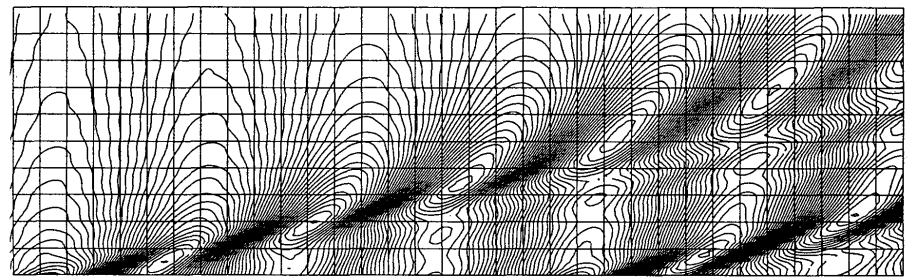


図-1 2次元波の重ね合わせ (Kelvin波)

$$\zeta = \frac{4K_0}{U} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \{P \cos(K_0 p \sec^2 \theta) + Q \sin(K_0 p \sec^2 \theta)\} \sec^3 \theta d\theta \quad (1)$$

$$p = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$K_0 = g/U^2$$



船首側

図-2 波高等高線 (例)

船体後方

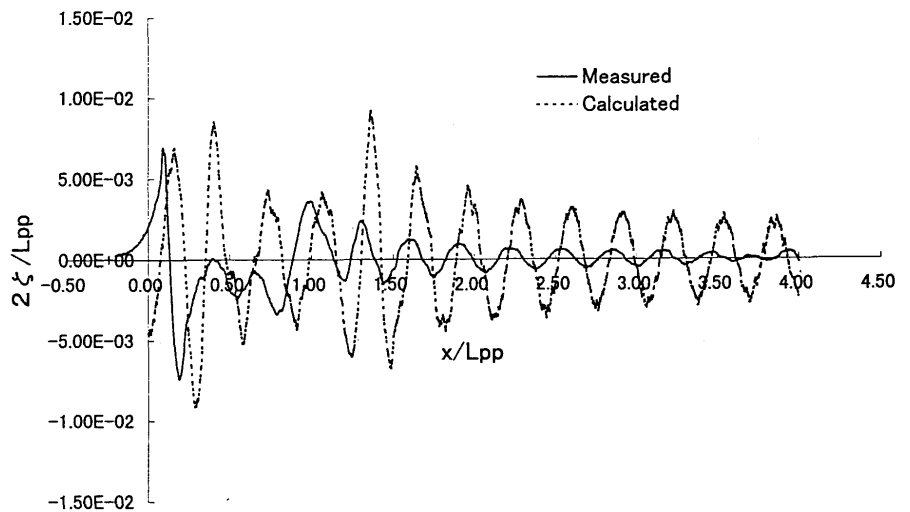


図-3 模型船の計測波形と計算による波形比較例
位置 - 船体中心線より y/L=0.2

3. 波の伝播について

曳き波が問題とされるのは、例えば、比較的岸の近くを走る船の作る波ですが、それでも、大型船では船長の数倍、数百米はありますし、又、小型船が養殖筏の近くを走ったとしても、数十米は離れていると思われまゝ。すなわち、船長の4~5倍程度の位置と考えて良いでしょう。理論では、波高は無限遠の彼方では0となるような条件となっていますし、現実にもそうなっていますが、問題となる範囲で、どのような事がおきるか考えてみましょう。まず、水深が岸まで十分に深く、周囲は波に影響を与えるような地形ではないとします。波の伝播途上において、波形が急に変化するような事はないと考え、船の近くで見られた波の特性を持って、船長の4~5倍の位置に伝わって来ると考えられます。そのような波の形を図-4に示します。八字形の波のカスプにあたる高い波がどんと来て、低い波が続くうちに船が遠ざかって、波も低くなるという現象です。波の発生場所では水深は深くとも、岸に近付くと浅くなるというのが通常です。定性的な表現で言えば、伝播する波は水深の影響を受けて、波高を増して来ます。SRC News No.40にて紹介したように、分散的な深水波から非分散的な浅水波へと波の性質を変えていきますが、その様子は海岸の波のミニチュア版と考えれば良いでしょう。地形によっては非線型波となつて、ソリトン崩壊が見られるかもしれませんが、その他に周囲の地形の影響もありますが、反射によってエネルギーを失いますから、実用上は、考えなくとも良いでしょう。

以上のような波を受けると、どのような問題が生じるかは、ケースによって異なりますが、例えば係留された船や筏があります。係留浮体の運動を推定するこ



図-4 船の作る曳き波例

とは、簡単とは言えませんが、一般に行われています。

4. 曳き波対策

これには、船の発生する波を小さくすることですから、一般には造波抵抗の小さい船とするか、速力を落として波を小さくするかです。しかしながら、滑走型高速艇のように、あまり高くない速力で波が大きいというひねくれた船もありますから要注意です。伝わって来る波を低くする対策については、いろいろな消波装置が考えられますが、あまりお金を掛けないとなると正直、妙案はありません。今後の勉強課題です。

5. 簡易推定式

船の寸法、馬力と速力を与えて曳き波の波高を与える式を以下に紹介します。

$$H = \left(\frac{L}{100}\right)^{1/3} \sqrt{\frac{E_{HPw}}{2.2LV_k}}$$

ここで、

H = 波高 (m)

L = 船の長さ (m)

V_k = 船の速さ (ノット)

E_{HPw} = 造波馬力 = $E_{HP} - E_{HPf}$

E_{HP} = $0.6 S HP_m$

HP_m = 最大軸馬力

E_{HPf} = $\frac{\rho}{2} S V^2 C_f \cdot V / 75$ 摩擦馬力

V = 船の速さ (m/s)

S = 船の浸水面積 (m²)

C_f = 摩擦抵抗係数

6. おわりに

曳き波は古くて新しい問題です。簡単なようでも、関連する項目は多く、深く考えれば、自然の現象の基本的な研究課題が、次々と出て来そうですが、現在知られている事を紹介するのに止めました。