

1. はじめに

1993年7月に発生した北海道南西沖地震津波では、奥尻島の海岸線に沿って、打ち上げ高の高い地域と低い地域が交互に観測された。これは、奥尻島で津波が捕捉(トラップ)された可能性を示している。

津波のような長周期波が島によってトラップされることは従来から知られていたが、これまで十分な考察がなされていなかった。そこで、斜面による屈折の効果と島の有限の大きさを考慮したモデル地形に正弦波が入射した場合の定常(周期)的なトラッピングの理論解を求め、島まわりの津波の挙動を調べる。

海底形状は、同心円状の等水深線をもち、どの方向にも勾配が一定で、島の大きさは有限とする。すなわち、水深 h は、 $h=m(r-r_0)$ で表される。ただし、 m は勾配(一定値)、 r_0 は島の海岸線の半径である。また、 $r>r_1=r_0+r_2$ は水平床で、水深を $h_1(mr_2)$ とする。このような地形の模式図を図-1に示す。

2. 理論解の概要

入射する正弦波の角周波数を σ ($=2\pi/T$, T は周期) とすると、現象は周期的と仮定しており、また水位変動 η は θ に関して 2π を周期とする周期関数とおくことができるので、

$$\eta(r, \theta, t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} R_n(r) e^{i(n\theta - \sigma t)} \quad (1)$$

とおける。ただし、座標は島の中心を原点とし、入射波の進行方向が $\theta=0$ と一致するようにとってある。上式を線形長波理論に代入してまとめると、 n 番目の成分 R_n に対しての支配方程式が得られる。

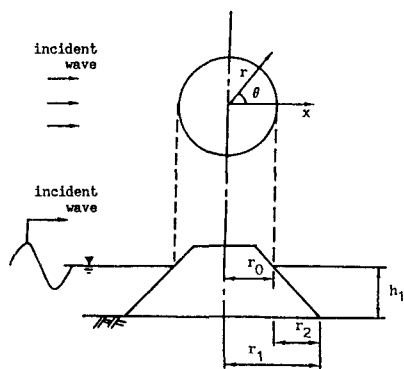


図-1 地形の模式図

水平床部分($r>r_1$)における R_n の解は、 n 次の第1種、第2種ベッセル関数の組み合わせで与えられる。斜面部分($r<r_1$)では、支配方程式に2個の確定特異点($r=0, r_0$)と1個の不確定特異点($r=\infty, 1/2$ 級)が存在するため、解を初等関数で表すことは困難である。そこで、級数解を組み合わせる手法により解を求めた。斜面上の解の詳細については発表時に述べる。なお、斜面上の支配方程式をRunge-Kutta法で数値的に解くことも可能である。上述の級数解とRunge-Kutta法による数値解は良好に一致する。

最後に、 $r=r_1$ において、水位と流量が連続するように斜面上の解と水平床上の解を接続する。これにより、円形島によるトラッピング理論の解を得ることができる。

3. 理論解による空間波形

理論解から計算した空間波形の経時変化の例を図-2～3に示す。図中、実線は正の水位のコンター、点線は負の水位のコンターを示しており、図中の数字は水位変化量と入射波振幅との比である。

図-2は周期が長く、トラッピングによる波高増幅機構があまり効かない場合である。汀線に沿って波が進行する様子が分る。また、汀線における波高は波の入射してくる方向($\theta=\pi$)で大きく、島影($\theta=0$)で小さい。

図-3は、トラッピングのため島近傍で波高が大きく増幅した場合で、汀線に沿って打ち上げ高の高い場所と低い場所が明確に現れている。すなわち、汀線付近において、波が汀線に沿って進行せず、重複波的に振舞っている。島固有のトラッピング周期と入射した波の周期が近いと、このように入射波が大きく増幅され、重複波的な挙動を示すと考えられる。なお、理論的には、 $r=2r_0$ の円内に入った波向き線は必ず汀線まで達するので、この地形では、島模型上に入射する波はすべて汀線まで達することになる。これが、このケースで波高増幅率が大きい原因のひとつである。

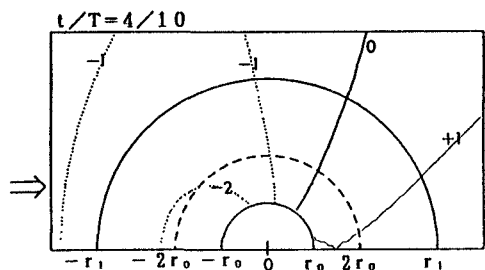
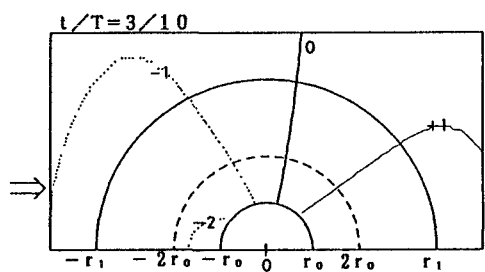
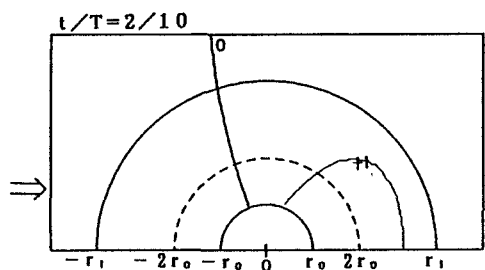
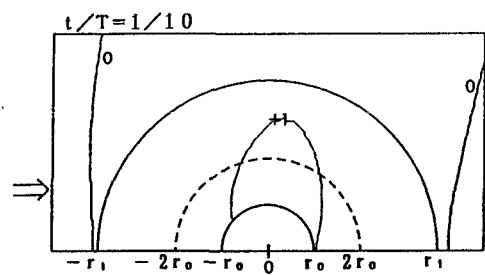
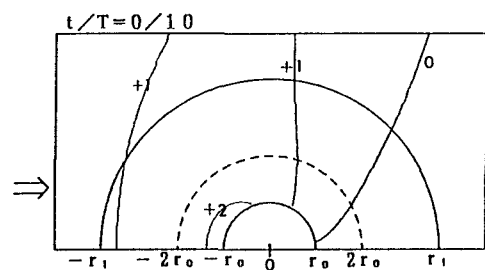


図-2 空間波の経時変化

($r_0=0.45\text{m}$, $r_2=1.20\text{m}$, $h=0.3\text{m}$)
($m=0.25$, $T=2.5\text{s}$, $\beta=1.21$)

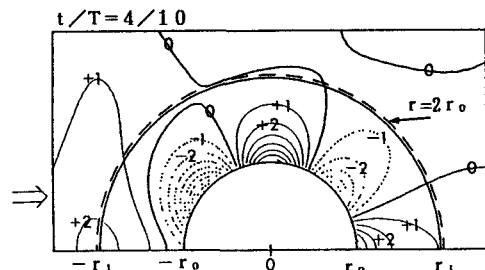
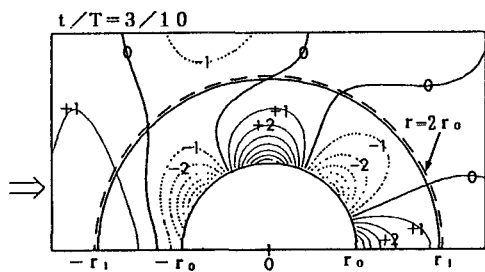
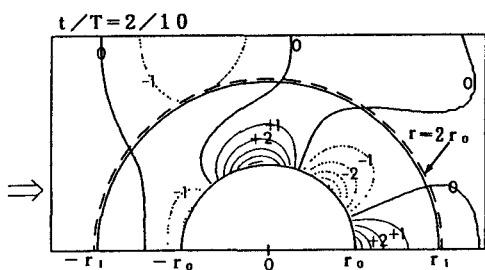
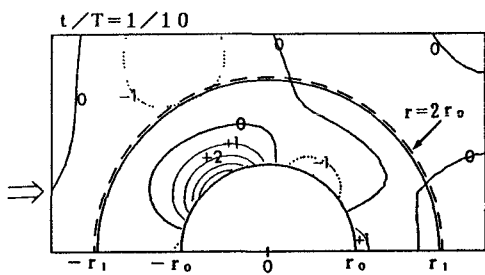
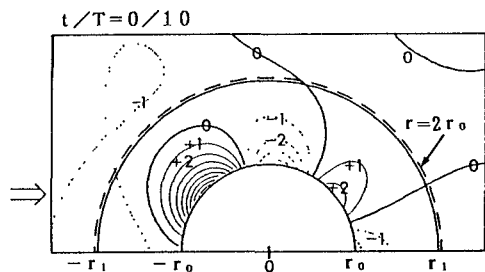


図-3 空間波の経時変化

($r_0=0.84\text{m}$, $r_2=0.81\text{m}$, $h=0.2\text{m}$)
($m=0.25$, $T=2.0\text{s}$, $\beta=3.71$)