

波源形成速度を考慮した津波の指向性と 波源形状の関係

防衛大学校 学生員 藤田博之
正員 藤間功司
正員 正村憲史
正員 重村利幸
正員 林建二郎

1. はじめに

津波のエネルギーは、一般的に、主として波源の短軸方向に伝播する。しかし、波源の形状によって津波の指向性は大きく異なる。また、地滑りによって生じられる津波は、地滑りの規模や速度によって波源形成の所要時間が異なっているため、津波の指向性と波源形状の関係はより複雑になる。そこで、本研究においては、長波近似を用いて、一様水深海域における大規模な地盤変動によって発生する津波の波形を求める。そして、波源の長軸、短軸の長さで代表される波源形状と津波の関係を定量的に評価するとともに、波源形成速度がどのような効果をもたらすのかを考察する。

2. 計算方法

一様水深において $A \times B$ の長方形部分が、一様に等速で隆起するモデルを使用する。ただし、 A は長方形の短軸方向の長さで、 B は長方形の長軸方向の長さを表している。ここでは、 $B = A$ 及び $B = 5A$ の 2 種類の波源を用いた。

このモデルにおける理論解は、梶浦¹⁾によって求められている。梶浦理論によると、一般解は次式で表される。

$$\zeta = (\eta_1 - \eta_2) / (2\pi cT) \dots\dots\dots (1)$$

$$\eta_i = \int_s (D / \sqrt{\tau_i^2 - r_0^2}) H[\tau_i - r_0] ds \quad (i = 1, 2) \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau_1 = ct, \tau_2 = c(t - T) \dots\dots\dots (3)$$

ただし、式(2)の積分は点 P を波源端部とした半無限領域に対して実行し、その理論解を組み合わせて長方形波源に対する理論解が求められる。 T は波源形成時間、 t は時間、 D は海底の隆起量、 ζ は水位の変化量、 τ は無次元時間、 c は波速、 r_0 は観測点から波源端部 P までの距離、 H は階段関数を表している。

また、エネルギーフラックスを次式を用いて定義することができる。

$$E_f = \rho g \int_0^\infty \zeta^2 c dt \dots\dots\dots (4)$$

ここで ρ は海水の密度、 g は重力加速度を表している。

このような梶浦理論による解析例を図1に示す。ただし、 X は観測点と波源の最短距離である(図2参照)。図1から、 $B = A$ の場合、観測点が津波から遠いと津波水位がかなり小さくなることが分かる。しかし、 B/A が大きいと観測点が遠くても津波水位が小さくならない。このように、波源の長軸短軸比の違いによって、波源から離れた地域における津波が大きく異なることが分かる。

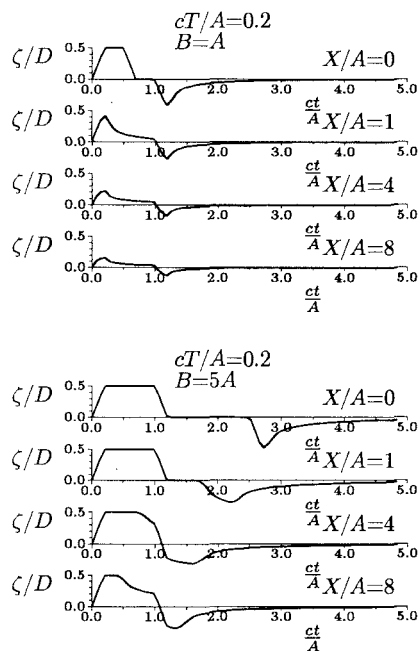


図1 波源形成速度による波形の変化

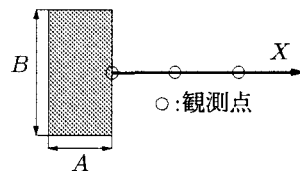


図2 波源と観測点

キーワード：津波、波源形状、指向性

〒239-8686 横須賀市走水1-10-20 TEL0468-41-3810 (内線3524) FAX 0468-44-5913

3. 結果及び考察

図3は最高水位と波源形成速度の関係を表したものである。 ζ_{max} は波源形成時間が長いほど減衰している。しかし、 $B = 5A$ の場合、 ζ_{max} は波源形成時間がかなり長い $Tc/A = 1$ 程度まで減衰しない。一方、 $B = A$ の場合、波源形成時間が比較的短い時間において ζ_{max} が減衰し始める。すなわち、波源の長軸短軸比が大きいと、観測点からの距離が長くなっても ζ_{max} の減衰が少ない。

図4は半周期 t_{dur} と波源形成速度の関係を表す。ただし、 t_{dur} は、水位変動が最初にゼロから立ち上がった時刻と次にゼロになった時刻の差に c/A を乗じた無次元量である。これは、津波の主要な継続時間のようなものを意味する。 t_{dur} は、波源形成時間の増加に伴って増大している。これは、波源形成時間が長いと地盤が変動している間に津波がかなりの距離を伝播するため、波長が長くなることが原因であると考えられる。しかし、長軸短軸比が小さいと t_{dur} はそれほど変化しない。

図5はエネルギーフラックスと波源形成速度との関係を表す。 Tc/A が小さい領域では、 E_f は波源の形成時間の増加に対し、ほぼ直線的に減少している。 $B = 5A$ の場合においては、 E_f は伝播距離に対してあまり減衰しないが、 $B = A$ の場合、 E_f は波源からの距離が大きくなると著しく減少する。これは、図1からもわかるように波源の長軸短軸比が長い方が伝播距離に対する波高の持続性が高いためである。

4. まとめ

以上をまとめると、波源の長軸短軸比の影響及び波源形成時間の影響は以下のようにまとめられる。

1 $B = A$ の場合と $B = 5A$ の場合を比較すると、波源の長軸短軸比が大きい方が ζ_{max} 、 E_f などの値そのものが大きく、伝播距離に対する波高減少の度合いが少ないことがわかった。

2 波源形成時間が長くなるにつれ、 ζ_{max} 及び E_f はそれぞれ減衰するが $B = 5A$ の場合、 ζ_{max} は $Tc/A = 1$ 程度まで初期水位と同じ高さを維持する。

3 t_{dur} は、波源の形成時間とともに長くなるが、長軸短軸比が小さい場合には変化が小さい。

参考文献

- 1) Kajiura, K. (1970): Tsunami Source, Energy and the Directivity of Wave Radiation, BULLETIN OF THE EARTH-QUAKE RESEARCH INSTITUTE, Vol.48, pp.835-869.

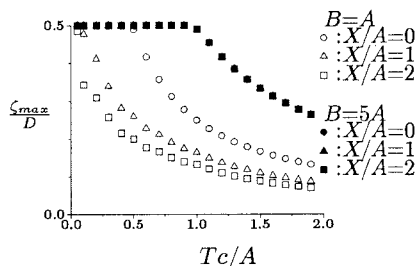


図3 波源形成速度による最大波高の変化

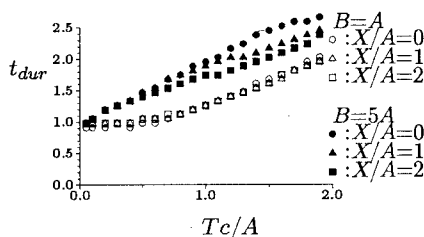


図4 波源形成速度による半周期の変化

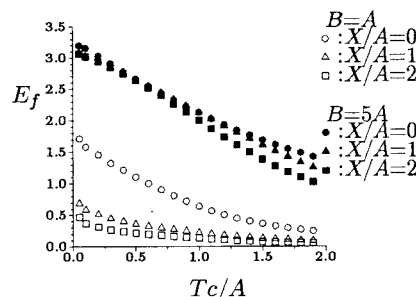


図5 波源形成速度によるエネルギーの変化