Ⅱ－43

津波屈折計算の精度

東北大学大学院　学生員　○李　昊俊
東北大学工学部　正　員　首藤伸夫
東北大学工学部　正　員　今村文彦

1.　はじめに

現在、津波数値計算では、適切な初期波形と格子間隔を選べば、所要の精度が得られると言われている。しかし、格子間隔に関して言えば、１波長の分解能からの選定基準はあるものの、地形に関した基準は未だ確立していない。一方、1993 年北海度南西沖地震津波の奥尻島の例にあるような、島回りの伝播計算では、精度の高い屈折計算が必要であると言われている。そこで、本研究では、格子間隔に関係した島回りの屈折計算の精度を検討し、所要の精度を得る条件を調べることを目的とする。

2.　基礎理論

長波の屈折計算には、以下の式で示される波法線方程式が用いられる。

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{C}[\sin\theta\frac{\partial h}{\partial x} - \cos\theta\frac{\partial h}{\partial y}]\frac{\partial C}{\partial h} \quad (1)$$

ここで、θは波伝播方向、s は波向き線、h は水深、C は伝播速度、t は時間。一般に、任意の地形を対象として（１）式の解析解を求めることは出来ない。しかし、対象地形をある関数で近似出来れば、（１）式中の水深と水深勾配の項は解析的に求まり、時間に関する１階の常微分方程式を数値的に解けばよいことになる。水深勾配の項に数値誤差が入らないために、（１）式を直接に数値計算する場合に比べて精度が高いことが分かる。

3.　楕円型地形の例

（１）式において，水深に解析関数を用いた場合（解析近似解と呼ぶ）と（１）式を直接にある格子間隔で離散化した値を用いた場合（離散解）とを比べる。水深分布を離散化する事により、格子内での水深は一定値となる。本研究では、最終的に奥尻島への適用を考えているため、まず、図－１に示すような楕円形の島回りの地形を考える。解析関数は$h = \frac{3}{500}x^2 + \frac{1}{500}y^2$であり、数値は水深の値を意味する。　解析近似解による結果の一例を図－２に示す。入射角が 25 度で島の下部の方向へ伝播する例である。これは、北海道南西沖地震津波が奥尻島青苗地区に来襲した例を想定している。図－２より、水深分布により島回りに津波が回り込む様子がわかる。この結果と格子間隔で離散化した解とを比較する。図－３はその結果を示す。縦軸は波法線の長さに関して解析近似解に対する離散解の相対誤差を、横軸は波法線を示している。島を回り込む量が少ない a 付近の波法線の誤差は小さく、島の裏に回り込むような d の誤差は大きいことが分かる。このように波法線と島の位置関係により屈折が変わり誤差も変化する。所要の誤差と注目する場所を決めれば、必要な分割数（格子間隔）が分かる。

4.　奥尻島を対象とした例

実際の地形を想定すると図－１で示した純粋な楕円形では近似が悪い場合がある。奥尻島も同様であるため、ここでは、解析関数中の係数を変えることにより、地形近似を上げることを試みる。結果を図－４に示す。この地形の特徴は図面右下部分の直線的であり、島下部では鋭角な曲がりあることが分かる。図－２と同様な波法線の変化を図－５に示し、誤差解析結果を図－６にまとめる。誤差と格子間隔の関係は図－３の結果とほぼ同様であるが、島下部では鋭角な曲がり付近で、誤差が増加している。ここでの屈折率が大きく、離散化による影響がでたものと思われる。

5.　おわりに

長波の屈折計算の精度を波法線方程式を基礎に、理論近似解と離散解を比較することにより検討した。地形を表現する解析関数を工夫することにより、実際地形に近いものを再現でき、精度検討の範囲を広げること

が可能である。本研究で、特に島回りの鋭角的に変化する場所での誤差が大きく、格子間隔の選定に注意が必要である。

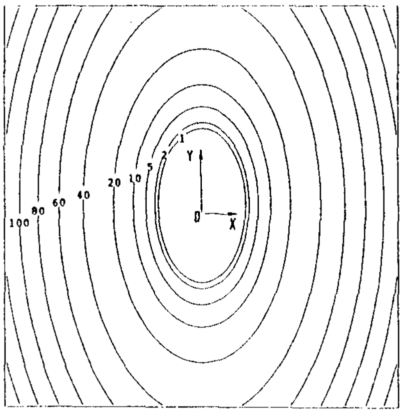

図- 1 Sea bottom topography around an elliptic island.

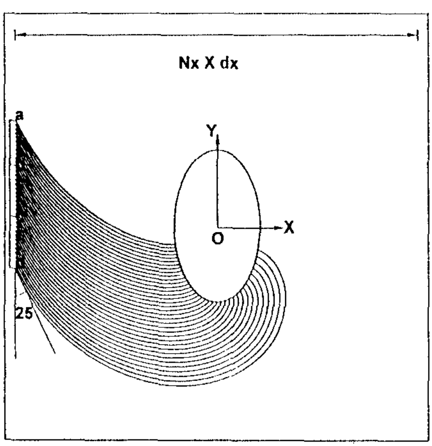

図- 2 Refraction of wave ray around the elliptic island

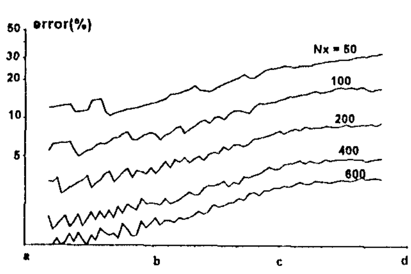

図- 3 Refraction errors with varied spatial grid size in the elliptic case

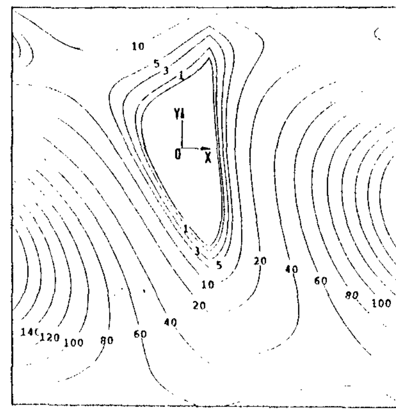

図- 4 Mathmatically defined sea bottom topography of Okushiri Is.

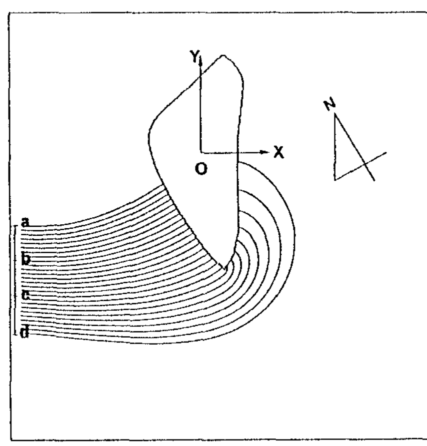

図- 5 Refraction of wave ray around mathmatically defined Okushiri Is.

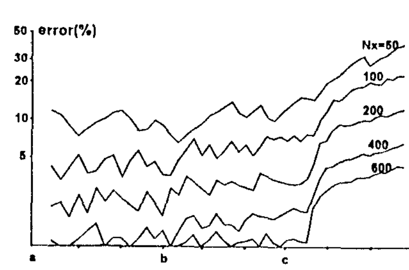

図- 6 Refraction error with varied spatial grid size around Okushiri Is.