

## インド洋津波における環礁島での挙動と波数分散効果に関する検討

嶋原 良典\*

## 1. はじめに

2004 年インド洋津波では、震源に近いインドネシアやタイだけでなく約 1,500km 離れたスリランカ、モルディブ、そして 4,000km 離れたアフリカ東岸に到達し、各地で大きな被害を及ぼした。今回の津波に関しては衛星画像・ビデオ映像などのデジタルデータや、現地調査による津波遡上高など様々な物理データが残されているが、その中でもモルディブに代表される環礁島では津波来襲時の潮位が各地で記録されており、数値計算からこれらのデータの整合性を議論することはインド洋津波の全体像の解明に重要であるだけでなく、今後の津波防災に貴重な資料と成り得るといえる。本研究では、環礁島（モルディブ・Seenu 環礁）を対象とした津波数値計算を行い、インド洋津波計算での観測記録の再現性について議論した。また、今回の津波では外洋を長距離伝播することで生じる波数分散効果が波形の変形に大きな影響を及ぼしたと考えられるが、どの段階から波数分散性を考慮すべきかといった基準は不明である。そこで、線形分散波理論による計算からインド洋津波における波数分散性の津波波形に及ぼす影響について検討した。

## 2. 数値計算方法

計算領域は東経 65 度～105 度、南緯 20 度～北緯 23 度の範囲とした。空間格子は 1 次領域を 1 分格子、2 次領域を 30 秒格子、そしてモルディブ・Seenu 環礁周辺を 3 次領域（6 秒格子=180m）とし、これらを領域接続して計算した。なお 1, 2 次領域には GEMCO

Digital Atlas を、3 次領域は海図を利用して地形データを作成している。支配方程式は地球座標系に基づく計算モデルを用い、大領域は線形分散波理論（Shigihara ら, 2006）を、中領域は線形長波理論式を使用し、小領域では非線形長波理論式を使用した。支配方程式は Staggered Leap-Frog 法によって差分化した。また、境界条件として大・中領域においては岸側を完全反射、沖側境界を透過条件とし、小領域では沖側で遡上を考慮した。時間ステップは 0.6 秒、再現時間を 6 時間とした。波源モデルは Kowalik ら（2005）による静的モデルを利用し、この断層パラメータを基に Mansinha and Smylie の方法により初期水位を与えた。

## 3. 数値計算結果

## (1) 深海域での波数分散効果

各地域での分散効果として、線形長波理論に対する線形分散波理論の最高水位の減衰率を比較した。線形分散波理論と線形長波理論の計算結果から、波源付近での水位の時刻歴を比較した（図-1）。波源東側では波形の差は見られないが、波源西側では線形分散波理論の第 1 波峰で水位が減衰し、短周期成分が後続波として生成されている。次に計算対象領域の全地点において最高水位の減衰率を求め、波数分散性が大きく寄与する地域を明らかにした（図-2）。特に波源西側から南西に伝播する津波の水位の減衰率が大きく、スリランカ東岸で 20%、ディエゴ・ガルシア付近では 40～50%となる。一方波源付近とアングマン海や波源長軸方向の減衰率は小さい。また、スリランカ西岸やインド南端付近、モルディブ西側では分散効果よりも屈折・散乱・反射などの地形効果による影響が相対的に大

\* 防衛大学校システム工学群建設環境工学科

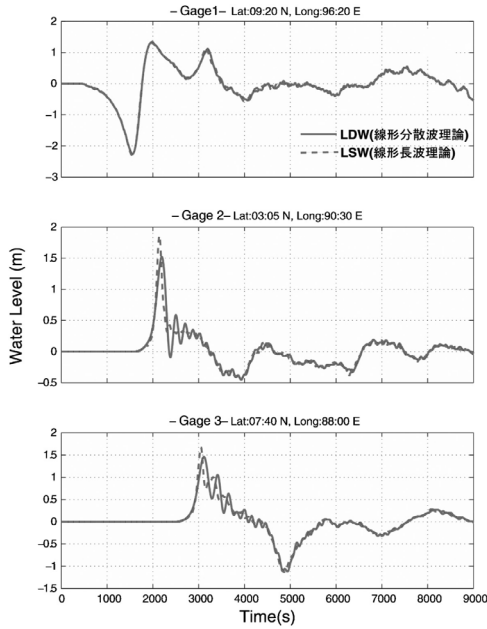


図1 波源付近での水位の時刻歴変動 (上段：波源東側，中・下段：波源西側)

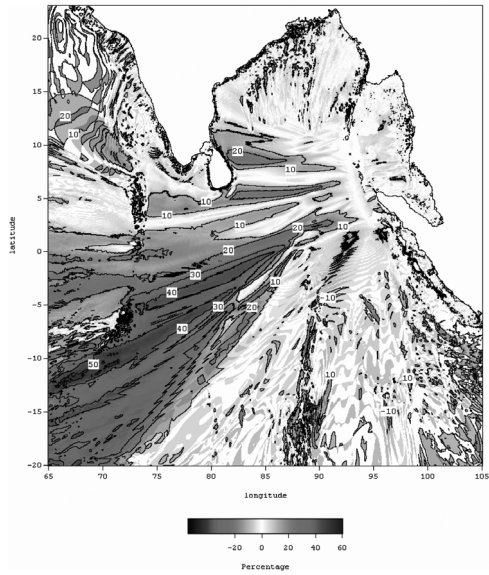


図2 線形長波理論に対する線形分散波理論の最高水位の減衰率 (%)。赤が濃いほど分散波理論の水位減衰率が高いことを示す。

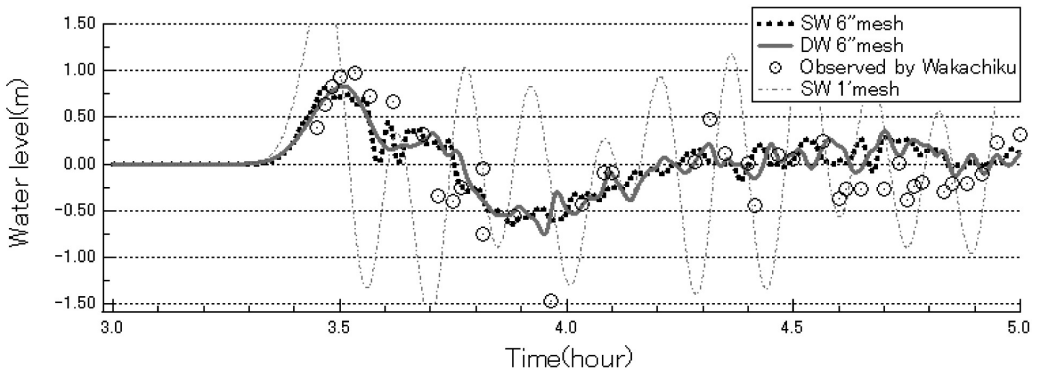


図3 Seenu 環礁内における潮位記録と数値計算結果の比較 (DW：線形分散波理論を大領域から接続，SW：線形長波理論を大領域から接続，SW1'mesh：1分格子の結果をそのまま出力，丸印：潮位記録)

きくなるため減衰率は小さくなる。

(2) 数値計算による Seenu 環礁での津波挙動と観測記録の再現性

数値計算結果から，Seenu 環礁に到達した津波は環礁内外において島間の水路を通じて流入出が生じ，環礁内外での津波到達に時間差が生じることがわかった。図-3より，6

秒の空間格子で環礁の地形を詳細に再現することにより，1分格子によりそのまま出力した計算結果よりも環礁内での潮位記録を良好に再現することができている。津波波高は大領域から線形長波，線形分散波どちらのモデルから領域接続しても同程度になるものの，波形は分散性を考慮することで短周期成分が遅れによって平滑化され，線形長波理論より

も潮位記録の位相に近づき精度良い結果を得ることができる。

### おわりに

今回の数値計算により、波源付近のインドネシアや東側のタイ・ミャンマーでは津波伝播による波数分散効果の寄与は小さく、波源西側では特にモルディブ南側やチャゴス諸島において波高減衰が大きいことがわかった。また、スリランカ・インド東側でも波数分散効果が無視できないことが示されたが、この領域では北側の断層での影響を大きく受けるため、破壊伝播速度の考慮の有無など今後の波源の修正によって大きく変わる可能性がある。

### 参考文献

- Shigihara, Y., Fujima, K., Homma, M. and Saito, K. Numerical Model of Linear Dispersive Wave Equation for the Practical Problem, Proc. of Third International Conference on Asian and Pacific Coasts, pp. 998-1009, 2005.
- Kowalik, Z., Knight, W., Logan, T. and Whitmore, P. Numerical Modeling of the Global Tsunami: Indonesia Tsunami of 26 December 2004, Science of Tsunami Hazards, **23** (1), pp. 40-56, 2005.