

線形分散波理論による小笠原諸島を対象とした津波数値解析

防衛大学校 正会員 ○嶋原 良典
防衛大学校 正会員 藤間 功司

1. 背景および目的

現在、我が国における津波の被害推定は、近地津波を想定した日本沿岸に対する予測が主である。しかし2004年に発生したスマトラ沖地震津波において、震源から約1500km離れたスリランカやモルディブで甚大な被害を被った例から、津波波源を挟んで日本列島と反対側にある小笠原諸島などに代表される離島は地理位置関係が酷似しているといえる。そのため、それに即した津波被害想定は早急を要する。さて、津波の変形は百～千km以上の距離を伝播することにより波数分散現象が無視できなくなる。特に深海域での分散効果は、津波第1波の水位減衰や波長の伸長、分散波列の生成として現れ、沿岸域での共振特性や浅海域でのソリトン分裂など津波の増幅現象や継続時間などに大きな影響を及ぼす。そのため、遠方で津波の影響を受ける地域では、線形分散波計算による予測が必要である。そこで本研究では、想定東南海・南海地震津波に関して線形分散波理論による数値解析を行い、小笠原諸島に伝播する津波の挙動特性について検討した。

2. 支配方程式と数値解析方法

本研究の支配方程式は Boussinesq 型の線形分散波理論式（後藤，2003）である。Staggered-Leapfrog 法により連続の式は陽的に、運動の式を陰的に差分化し、SOR 法による逐次代入によって解く。

3. 1次元問題における理論解との比較

想定南海地震（Table1 中 Fault3 参照）の津波波源短軸方向に対し1000km伝播させる1次元計算を行い、線形長波計算と線形分散波計算の数値解を微小振幅表面波の Fourier 変換による数値解と比較した（Fig.1）。なお、海底地形は水深 $h=4000\text{m}$ の水平床としている。線形長波計算（Case1,2）は分散効果がないため Case0 と一致していない。一方、線形分散波計算による結果を比較すると、Case4 は Case3 に比べ数値分散誤差の影響があるものの両者とも Case0 に一致しており、 $L/dx=50$ 程度の波長分割数でも、十分な精度の数値解を得ることができている。

4. 現地適用（2次元問題）

4.1 計算対象領域と計算条件

計算対象領域は Fig.2 に示す小笠原諸島を含んだ太平洋側の海域とする。計算条件として、空間格子間隔を $dx=dy=1600\text{m}$ 、時間ステップ $dt=2\text{sec.}$ とし、再現時間を6時間とした。沖側境界条件は透過条件とともにスポンジ層を設ける。津波初期水位は、中央防災会議にて設定された東南海・南海地震の連動型モデルを断層パラメータとして与えた（Table1）。計算結果としては断層から150km地点（P1）、硫黄島（P2）および父島（P3）での時刻歴波形を出力した。

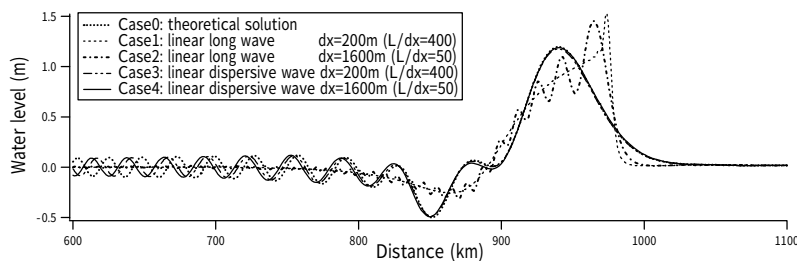


Fig.1 想定南海地震を初期波源とした水平床上での津波の空間波形（1次元問題）

Table1 想定東南海・南海地震断層パラメータ

	Fault parameters								
	N(°)	E(°)	d(km)	θ(°)	δ(°)	U(m)	λ(°)	L(km)	W(km)
Fault1	33.9	138.13	3	245	24	6	113	150	100
Fault2	33.4	136.15	10	250	20	5.6	124	150	70
Fault3	33.4	134.57	1	220	20	7	90	140	80
Fault4	32.3	133.57	1	240	20	13.9	90	60	80

キーワード 津波 線形分散波理論 小笠原諸島

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校システム工学群建設環境工学科 TEL046-841-3810

E-mail shigi@nda.ac.jp

4.2 計算結果

Figure3 に各地点での水位の時刻歴変動を示す。逆断層によって発生する津波初期水位分布の特性から、初動は押し波から始まることが分かる。地点 P2 と P3 では、両者とも分散効果により波長の伸長が現れているのに対し、P1 では支配方程式による違いは現れない。このことから、長距離伝播による分散現象を考慮する必要があることが分かる。また、P2（硫黄島）では特に主峰の差が大きく、分散効果が特に顕著である。この地点は、津波初期波源の短軸方向上に位置しているため、波の主要なエネルギーの伝播方向が直接硫黄島に向いていること、また、伝播する過程で四国海盆が平坦な地形であることにより、津波の変形に対し地形効果よりも分散効果が大きく現れてくると考えられる。一方、P3（父島）では、伊豆・小笠原海溝での地形の影響により屈折や回折などの複雑な現象が混在し、津波の挙動は長距離伝播による分散効果とともに地形効果に大きく支配される。

次に硫黄島(P2)での津波到達直後から 20 分毎の時刻歴波形に対するスペクトル分布を示す(Fig.4)。線形長波理論の場合、最初の 20 分ですでに 100、200 秒の卓越周期成分が到達するのに対し、線形分散波理論では、分散現象により 200 秒周期の波の遅れが顕著に認められ、500 秒周期成分とともに 20～40 分の時間帯で現れる。また、500 秒周期は成分自体も大きくなっていることが分かる。ゆえに、線形分散波理論計算により津波の卓越周期成分の到達時刻が変化し、また時間帯によって振動特性も異なるといえ、このことは、沿岸での津波の共振や増幅などを評価する上で重要な情報となりうるということが期待できる。

5. おわりに

小笠原諸島を対象に線形分散波理論による津波数値解析を行い、数百～千 km 程度の伝播距離では波数分散現象が必要であることを示した。また、線形長波理論との比較から、分散性の影響により卓越周期成分の到達・振動特性に違いが現れることを明らかにした。

参考文献

後藤智明 (2003)：2 段階混合差分法を用いた線形分散波理論式の数値計算における打ち切り誤差、津波工学研究報告 20, pp.13-22.

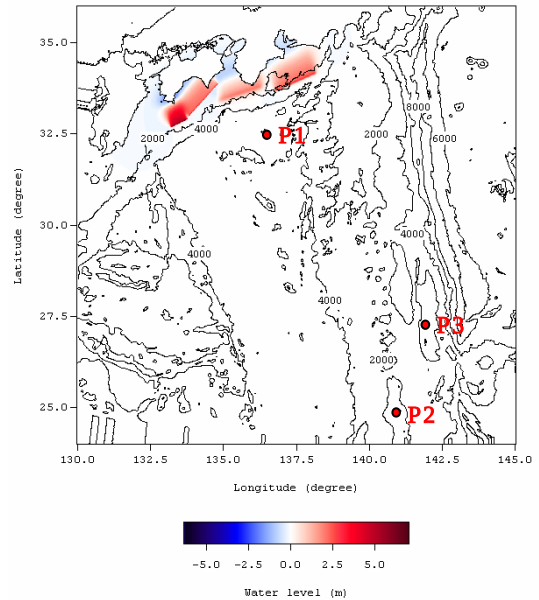


Fig.2 計算対象領域および津波初期水位

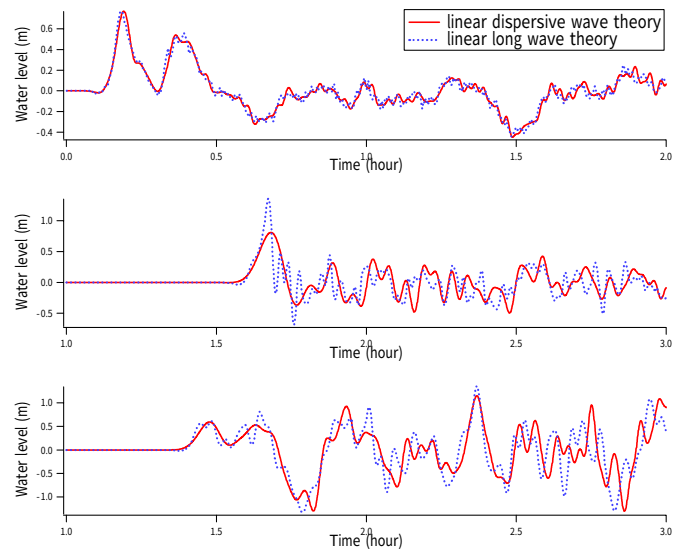


Fig.3 水位の時刻歴変化（上から P1,P2,P3）

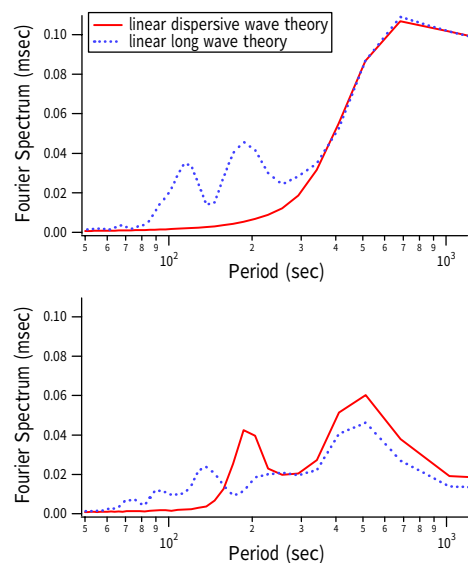


Fig.4 P2 でのスペクトル分布（上図：津波到達直後～20 分，下図：20～40 分）