

震源断層の動的な特性が津波の外力特性に及ぼす影響

奥村 与志弘*, 越村 俊一**, 河田 恵昭***

1. 緒論

地震津波の数値解析の初期条件として用いる初期水位分布の推定は、断層運動による海底地盤の永久変位が「瞬時」に初期水位分布を形成すると仮定し、Mansinha and Smylie (1971) や Okada (1985) の理論を用いて、海底地盤変動を静的に求める方法が一般的であった。実際、マグニチュード 8 クラス以下の地震では、海底地盤の静的な変位の推定精度が正確であれば、津波高さは誤差 10% 以内で求められることが確認されている。しかし、2004 年スマトラ島沖で発生した地震の本震はマグニチュード 9 以上といわれ、1000 キロ以上にも及ぶ断層運動の最も大きな特徴は、断層すべりが 10 分近くかけて終了したことである。このような場合、海底地盤変動は瞬時に終了しないため、海底地盤の静的な変位を利用した従来の津波計算法では、インド洋沿岸の津波到達時間や観測された津波の周期を説明できない問題が確認されている。本研究の目的は、数分以上継続する海底地盤変動の動的な特性が津波の発生過程に与える影響を明らかにすることである。

2. 解析手法

海底地盤の動的な変動を考慮するために、従来の静的解析により得られる海底地盤の永久変位を Mansinha and Smylie の方法を用いて求め、震源過程の動的なパラメータである断層破壊進行速度（震源を起点とする断層破壊が断層面全体に波及する速さ）とライズタ

イム（断層面上のある局所部分のずれが終了する時間）を用いて破壊過程を単位時間で分割し、逐次海面変動に反映させる方法を考える。この場合、ある時間 t の海面では、その瞬間に発生した海底地盤変動が与える海面変動と、前の時間に既に発生した水面変動により伝播する津波が同居することになる。津波の計算には線形長波理論を基礎式とする差分法を採用した。図-1 は、ライズタイム 10 分、断層破壊進行速度 ∞ km/s（断層面全体が同時に破壊し始めることを意味する）とした場合の海底地盤変動と海面変動を本手法で計算し、その結果をスナップショットで示したものである。ここでは、水深 4000m、断層の幅 100km、断層の深さ 10km、傾斜角 25 度、すべり方向 90 度、すべり量 6m として、2次元モデルで解析した。

3. 津波外力に及ぼす震源断層の動的な特性の影響

まず、本手法の妥当性を検証するため、ライズタイムの違いにより生ずる津波エネルギーの減衰率を、長波波速 \times ライズタイム / 断層の空間スケールの無次元値で整理した KAJIURA (1970) の理論解と比較する。

次に、様々な震源過程パラメータのパター

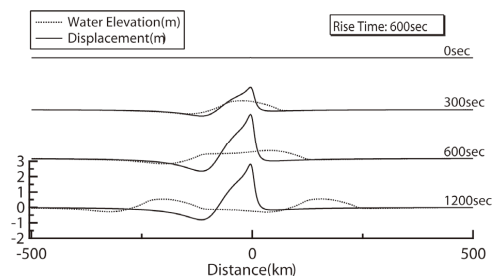


図-1 地盤変動と海面変動のスナップショット

* 京都大学大学院情報学研究所社会情報学専攻

** 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター

*** 京都大学防災研究所

		破壊伝播速度(km/s)			
		∞	3	2	1
ライズタイム⑤	0	1.00	0.93	0.89	0.80
	60	0.96	0.88	0.85	0.76
	120	0.88	0.81	0.78	0.70
	300	0.69	0.66	0.64	0.58
	600	0.40	0.40	0.39	0.39
	1200	0.18	0.18	0.18	0.17

		破壊伝播速度(km/s)			
		∞	3	2	1
ライズタイム⑥	0	1.00	1.20	1.20	1.20
	60	1.00	1.20	1.20	1.20
	120	1.20	1.20	1.20	1.20
	300	1.20	1.20	1.20	1.20
	600	1.50	1.50	1.50	1.50
	1200	2.00	2.00	2.00	2.00

表-1 断層の動的特性が津波高さ（左）及び卓越周期（右）に及ぼす影響
（出力点は-500km（岸側））

ンで発生する津波の卓越周期や津波高の変化特性について、断層破壊速度、ライズタイムの関連で整理し、基礎的な検討を行う。

最後に、本手法を2004年スマトラ島沖地震津波に適用し、破壊伝播速度とライズタイムがインド洋沿岸の津波波形に与える影響を考察する。

4. 結論

得られた結論を以下に列挙する。

(1)海底地盤変動の動的な特性を規定する断層破壊速度とライズタイムを用いて、津波発生初期水位分布を動的に求める手法を開発した。本手法により求めた結果はKAJIURA (1970) の理論解と整合し、本手法の妥当性が示された。

(2)津波発生過程の特性を考察するため、断層幅 100km、水深 4000m と固定し、断層破壊進行速度を 1, 2, 3, ∞ km/s、ライズタイムを 0, 1, 2, 5, 10, 20 分とした場合の津波高さと卓越周期の変化特性を求めた (表 1)。その他の条件は、図-1 のスナップショットを計算した場合と同様である。ここでは短軸方向の破壊伝播に着目し、断層深部から浅部へ進行させる。津波発生に与える影響は、短軸方向の断層破壊進行速度の効果よりもライズタイムの影響の方が大きいことが分かった。

(3)また、津波発生に与えるライズタイムの影響が水深等によってどのように変化するかを考察するため、断層の幅を 10km, 50 km, 100km, 150km, 水深を 400m, 1200m,

4000m とした場合についても検討した。そして、ライズタイムによる影響は、断層の幅が小さい程、水深が大きい程大きくなることも明らかとなった (図-2)。静的な破壊を仮定した場合の津波の周期が短い程、ライズタイムの影響が大きくなることを示している。

(4)さらに、本手法を2004年スマトラ島沖地震津波の発生過程に適用した結果、ライズタイムを 20 分程度とすれば、津波の卓越周期が増大し、従来の静的な予測結果と大きく異なることが確認できた。ライズタイムを考慮することにより、特に津波周期が従来よりも数倍程度変化することが分かった (図-3)。また、ライズタイムの違いによる津波周期への影響は断層の短軸方向に対して顕著であることが分かった。

参 考 文 献

- Kajiura, K., 1970 : Tsunami source, energy and the directivity of wave radiation, Bulletin of Earthquake Research Institute, Vol.48, pp.835-869.
- Mansinha, L. and D. E. Smylie, 1971 : The displacement fields of inclined faults, Bulletin of Seismological Society of America, Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- Okada, Y., 1985 : Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bulletin of Seismological Society of America, Vol.75, No.4, pp.1135-1154.

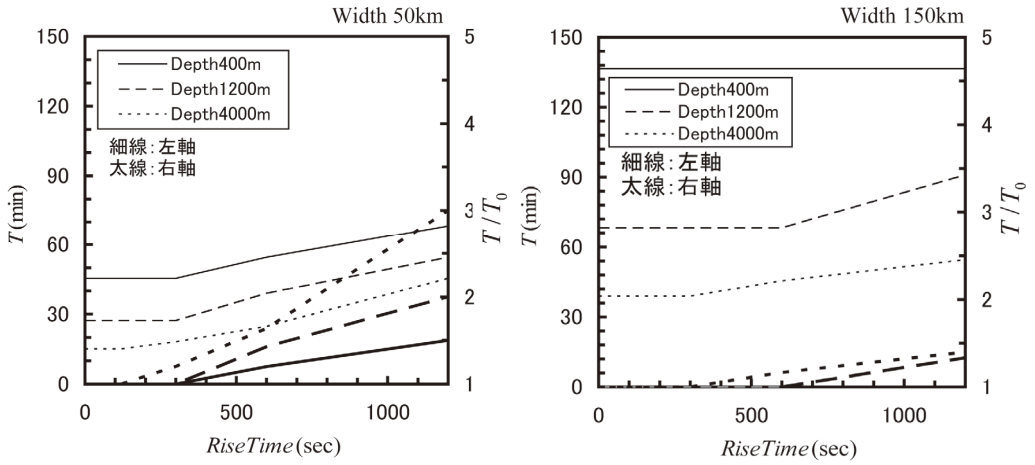


図-2 断層の幅・水深とライズタイムが卓越周期に与える影響の関係
(出力点は-500km (岸側), T は卓越周期で添え字 0 はライズタイム 0s の場合の意)

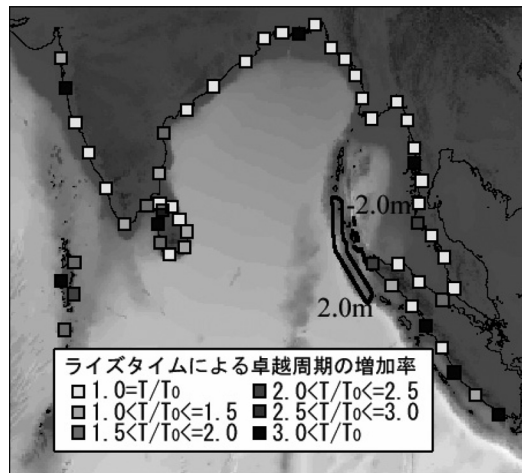


図-3 2004年インド洋大津波におけるライズタイムが卓越周期に与える影響 (ライズタイム 1080s の場合)