

地震による地震波・津波・海洋音響波の励起：S-net 記録の理論合成

防災科学技術研究所 齊藤 竜彦

はじめに

津波即時予測アルゴリズムの性能を過大評価することは、被害を生む原因となる。性能を適正に評価するためには、合成記録を利用したブラインドテストが有効である。S-net などを利用した即時津波予測の場合、海面波高ではなく、海底圧力変化が観測量となる。しかし、巨大地震発生時の海底圧力変化の理論合成方法に対してコンセンサスは得られていない。多くの研究では、海面波高の変化に起因する静的な水圧変化のみを取り扱い、海洋音響波や海底の加速による動的な海底圧力変化が考慮されていない。また、線形弾性理論を使用すれば、動的な圧力効果を含めて計算出来るが、津波の非線形性・浸水過程を再現出来ない。本研究では、津波発生場における海底水圧計記録の合成と津波浸水域の計算を両立する地震津波波形記録の理論合成法を提案する。

手法

地震時の海底圧力変化へ寄与する力は、(1) 海面上昇による荷重、(2) 海底上昇（水深減少）による減圧、(3) 海底が加速度的に上昇するときに発生する力、(4) 媒質（海水・地殻）の変形に伴い発生する弾性力、の4つの力に分類できる。(1)と(2)の力は、重力に関係する力であり、静水圧関係式を使って記述できる。これらの圧力変化は非圧縮流体を仮定する通常の津波方程式（例 Satake 1995 など）で再現出来る。一方、重力が無くとも運動に伴って発生する(3)と(4)の力は、動的効果として現れる。これらは、通常の地震波方程式（自由表面境界条件と弾性体の運動方程式、例 Aki and Richards 2009 など）を使って再現できる。

地震発生時の海底圧力の時空間変化を理論合成するために、二段階法を提案する。第一段階として、断層運動による地震波および海底変位分布の時空間変化を、通常の地震波方程式に基づきシミュレートする（図 1 a）。第二段階として、第一段階で計算された海底変位分布の時空間変化を境界条件として、非線形の津波シミュレーションを行い、海面変位および浸水域を計算する（図 1b）。その後、第一段階の線形地震波シミュレーションで計算した運動に伴って発生する海底圧力と、第二段階の非線形津波シミュレーションで計算した荷重で発生する海底圧力とを併せて考え、静的効果・動的効果を重複することなく取り入れた海底圧力を合成する。

結果

例として、断層すべり量を 50 m とした場合の、海底に永久変位が現れる震源域内の波形記録を示す。図 2a に海面の上下変位を示す。地震発生時に急激に上昇し、15m 程度海面が持ち上がる。直後に急激に減少し、200 秒程度経過するとゆるやかに減少する。1000 秒以降で海面

変位がゼロに戻る．図 2b に，静的な圧力変化成分のみの時間変化を示す．静的な圧力変化は地震発生時に現れない．時間が十分経つと上下変位した分 (10 m) だけ水圧が減少する．実際には，動的な圧力変化がさらに加わる (図 2c, d)．動的な圧力変化の値は大きく (静水圧関係で津波波高に換算すると 500 m 以上 相当)，静的な圧力変化を隠してしまう．また，バンドパスフィルターなど単純なフィルターでは，津波成分を残して動的な圧力変化のみを除去することはできないことに注意が必要である (Saito 2015 JPGU)．

今回合成した海底圧力波形記録は，従来の静的な効果のみを考慮した合成海底水圧記録に比べて現実的である．これを用いれば即時津波予測手法をより实际的に評価することが出来る．

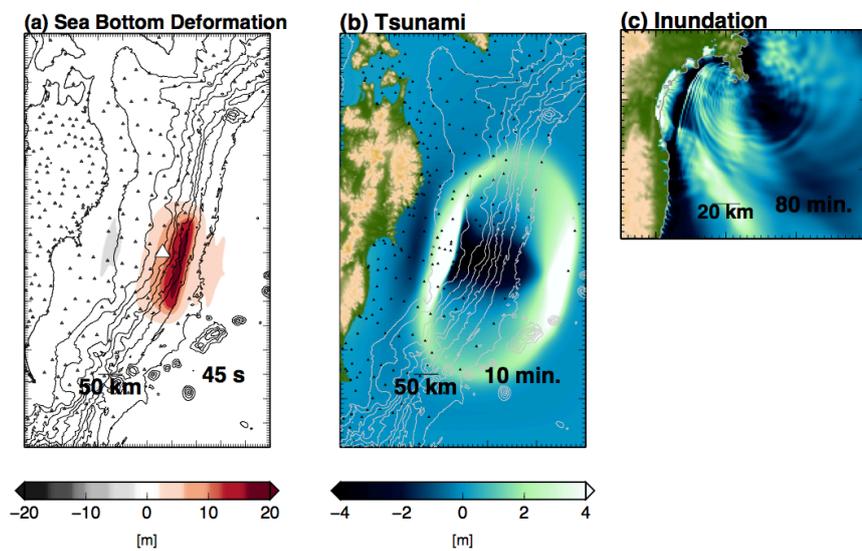


図 1 海底水圧記録と津波浸水域合成のための二段階シミュレーション法．(a) 地震波伝播の線形シミュレーション．(b) 津波発生伝播の非線形シミュレーション．(c) 仙台平野への浸水．

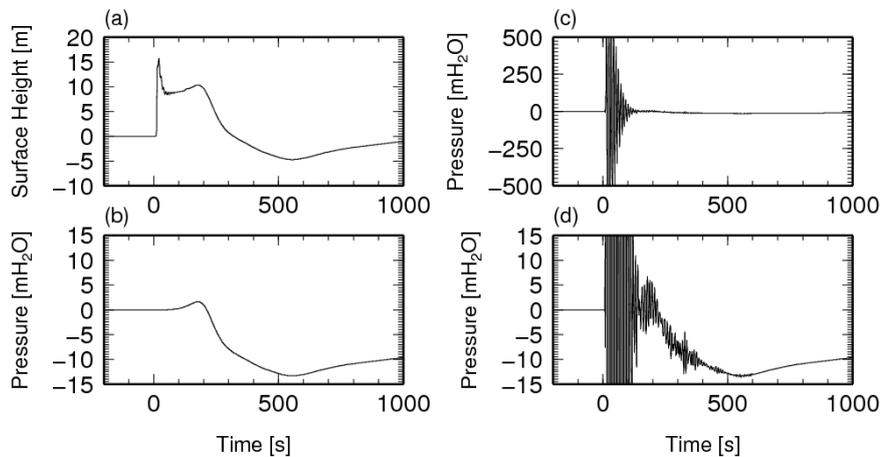


図 2 震源域内に設置された水圧計 (図 1a の△印) での合成記録．(a) 海面の上下変位．(b) 海底水圧変化の静的な成分．(c) 合成された海底水圧記録 (動的な成分と静的な成分の両方を含む)．(d) (c) の拡大図．