

ロジックツリー手法に基づく確率論的津波ハザード解析

Probabilistic tsunami hazard analysis based on logic-tree approach

安中正 [1]; 佐竹 健治 [2]; 榊山 勉 [3]; 柳沢 賢 [4]; 首藤 伸夫 [5]

Tadashi Annaka[1]; Kenji Satake[2]; Tsutomu Sakakiyama[3]; Ken Yanagisawa[4]; Nobuo Shuto[5]

[1] 東電設計(株)技術開発本部; [2] 産総研 活断層研究センター; [3] 電中研・流体科学領域; [4] 東京電力; [5] 日本大学総合研究大学院

[1] Advanced Eng. Dep., TEPCO; [2] Active Fault Research Center, AIST, GSJ; [3] CRIEPI; [4] TEPCO; [5] ARISH, Nihon University

確率論的津波ハザード解析は、津波高さ推定に関する各種の不確定性を系統的に処理し、工学的判断のための資料を提供するものであり、解析結果は津波ハザード曲線(津波高さと超過確率の関係)として表示される。確率論的津波ハザード解析は、沿岸に立地する重要建造物の津波に対するリスクの定量的評価や、設計津波の超過確率を把握するために有用と考えられる。そこで、評価モデルおよび評価手順の検討を行うとともに、東北日本太平洋側を対象に試算を行った。ただし、日本近海では地震に起因する津波が支配的であることから、火山活動に伴う山体崩壊や海底地すべりなどに起因する津波は対象外とし、地震による津波のみを対象とした。

確率論的方法では、2種類の不確定性(偶然的な不確定性と認識論的不確定性)を区別して議論することが一般的になっている。偶然的な不確定性は地震発生や津波発生に関するランダムな性質による不確定性、認識論的不確定性は地震発生や津波発生に関する不十分な知識や不十分なデータによる不確定性として区別される。実際のハザード曲線の評価では、1本のハザード曲線は偶然的な不確定性に関して積分することにより求められる。このような形で積分される偶然的な不確定性として、地震の位置、発生する地震の規模、発生時刻、同じ位置で同じ規模の地震が発生した場合の地震動強さや津波高さの分布がある。一方、認識論的不確定性は、不確定なモデルパラメータをロジックツリーの分岐として表現することによりモデル化され、結果として多数の評価モデル(多数のハザード曲線)が得られる。

津波ハザード評価のためのモデルは、津波発生域モデルと津波高さ推定モデルから構成される。津波発生域モデルとして、日本近海(日本海溝沿いおよび千島海溝(南部)沿い海域、南海トラフ沿い海域、日本海東縁部海域)および南米西岸沖海域を対象として検討した。大きな津波を発生させる地震は規模の大きな地震に限定されることから、各海域の大きな地震のみを対象とし、固有地震が繰り返し発生するとしてモデル化した。地震のマグニチュードスケールは、発生する津波との相関が最も高いと考えられるモーメントマグニチュード(MW)を用いた。地震発生の時間モデルとして、長期間の平均的なハザードを評価する場合はポアソン過程を、現時点でのハザードを評価する場合はBPT分布による更新過程を用いた。ロジックツリーの分岐の例を Figure 1 に示す。

地震ハザード評価では地震動強さの推定に経験式を用いるのが一般的であるが、津波高さの推定においては海底地形や海岸線の形状などの影響が非常に大きいので、経験式を用いた場合には誤差が大きくなる。そのため津波高さの中央値の推定に数値計算を用いた。数値計算に用いる標準的な断層モデルの設定は確定論的な評価方法(土木学会原子力土木委員会津波評価部会「原子力発電所の津波評価技術」, 2002年2月)に準拠した。数値計算により推定した中央値の回りの分布は打ち切りのある対数正規分布によりモデル化した。対数正規分布の標準偏差の分岐では、エルゴード性が成立するとして空間的なばらつきに基づき時間的なばらつきを設定した分岐とともに、エルゴード性が成立しない可能性を考慮した分岐も設定した。なお、今回の検討例では近地津波 540 ケース、遠地津波 75 ケースの数値計算を行った。

上記の2つのモデルを結合することにより多数の津波ハザード曲線が計算される。ただし、それぞれのハザード曲線が「将来的に正しいもの」である可能性は同じではない。この違いを表現するのがハザード曲線の重みであり、その曲線が得られるロジックツリーの経路に沿った分岐の重みの積として与えられる。分岐の中で主に判断の違いに基づく分岐に関しては、アンケート調査(地震・津波の専門家を含む35人)により重みを設定した。また、主にデータによる推定誤差に基づく分岐(平均発生間隔に関する分岐)に関しては推定誤差に基づき重みを設定した。ロジックツリーの経路の総数があまり多くない場合は全経路に対しハザード曲線を計算し、それぞれに重みを与えることが可能である。しかし、経路の総数が多くなりすぎると全経路のハザード曲線の計算・統計処理が困難になる。今回の検討例では経路の総数が10億以上になることから、モンテカルロ手法により必要な数のハザード曲線のサンプルを作成する方法を用いた。結果はフラクタルハザード曲線と算術平均ハザード曲線で表示される。フラクタルハザード曲線は、多数のハザード曲線を統計処理したものであり、ハザード曲線全体の等超過確率レベルを示している。具体的な例として、岩手県の山田を対象にした場合を検討し、近地津波と遠地津波を合わせた長期間平均のハザード(Figure 2)と現時点から今後50年間のハザードを評価した。

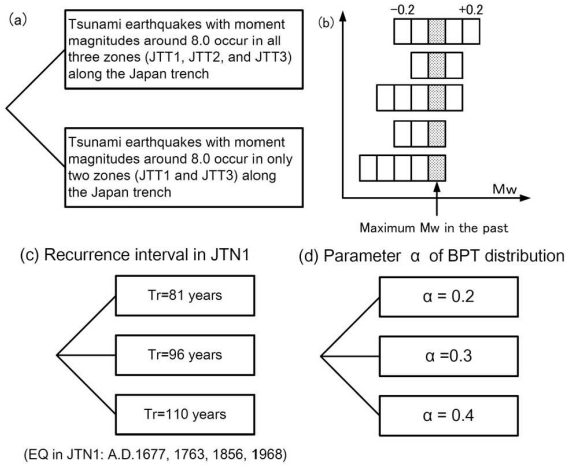


Figure 1. Examples of nodes in the logic tree

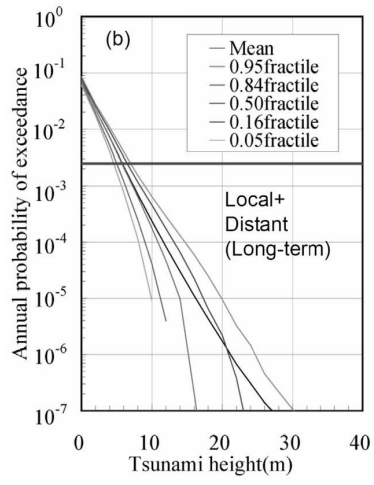


Figure 2. Example of tsunami hazard curves