

多変数フラジリティ曲線の変動がシステム損傷確率に与える影響検討

Study on Quantitative Impact Analyses of Vector-valued Fragility Curves' Variation on System Failure Probability

*中島 正人¹

¹電力中央研究所

対数正規分布を用いたフラジリティ曲線モデル化に関して一考察を行うと共に拡張可能性を検討する。

キーワード：フラジリティ曲線，変動，システム損傷確率，測度，中心極限定理

1. 緒言

従来，外力（ハザード）に対するフラジリティ（脆弱性）曲線は対数正規分布で仮定され，その傾きおよび変動を表すパラメータの数値は，数値解析および既往研究成果に基づき設定される事例が多い。対数正規分布は中心極限定理[1]に基づき平均値を基本とした表現であり工学問題においては非常に有用である。一方，中心極限定理が成立しないケース等を対象にフラジリティ曲線に関する代替モデルの検討も必要である。

2. フラジリティ曲線モデルに関する数学的検討

2-1. 対数正規分布の特徴

対数正規分布 (lognormal distribution) は正規分布と共に工学問題においてよく用いられる連続分布である。その理論的根拠は中心極限定理であり，サンプルサイズが十分大きい現象では対数正規分布が試験結果との適合性が高いことも示されている。或いは脆弱性に関する直接的な定量的検討が難しい場合でも，成立を仮定し条件付き損傷確率の巨視的な変化に着目することでリスク評価上は十分なモデリングとされてきた。

2-2. 代替モデルの検討

一方，中心極限定理が強く成立しないケース（不安定あるいは不連続な破壊現象，分布の裾野が破壊規範を支配する現象）に対する脆弱性を表現するための特性を対数正規分布は備えていない。その場合，(i)対数正規分布よりも適合度が高い他の理論確率分布を用いる，あるいは(ii)古典的な理論確率分布に限定せず新しい確率モデル（例えば[2]）を部分的にでも採用・導入することが考えられる。

2-3. 多変数に対するフラジリティモデル

前項での検討結果に基づき，二種類の外力（外部ハザード）が作用する場合のフラジリティモデルについて検討した。重畳ハザードに対する機器・構造物のフラジリティ評価に関して多変数の同時確率分布における裾野の取り扱いについて改良を図ったプロトタイプを提案する。

3. フラジリティ曲線変動のシステム損傷確率への影響検討

簡易プラントシステムを対象に，仮想サイトを対象とした地震ハザード結果を用いて前項の検討結果がリスク定量化に与える計算・分析結果を紹介する。

4. 結論

フラジリティ曲線モデリングおよびその影響について検討した。高度化のためには詳細検討が必要である。

参考文献

[1] Cramer, H.: Mathematical Methods of Statistics (18th printing), Princeton University Press, 1991. (Published in 1946) [2] 明出伊類似・尾畑伸明:量子確率論の基礎, 数理情報科学シリーズ 21, 牧野書店, 2003. [3] Resnick, Sidney I.: Heavy-Tail Phenomena -Probabilistic and Statistical Modeling-, Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, Springer, 2010.

*Masato Nakajima¹, ¹Central Research Institute of Electric Power Industry