

動的PRAの必要性と工学的展開

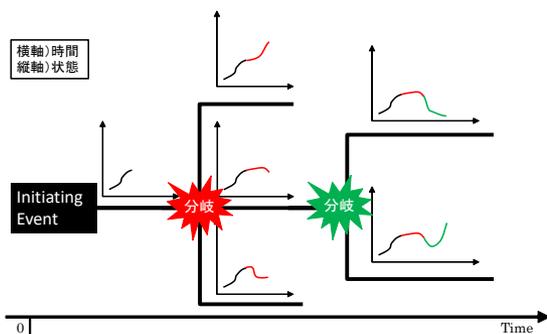
堀 友洋（修士課程 2017.4ー）

2016 ー



キーワード

動的PRA, 動的イベントツリー, 確率論的リスク評価, 工学システム



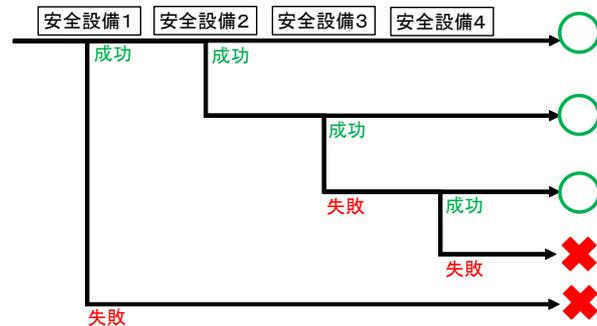
研究概要

確率論的リスク評価（以降PRAと示す）は複雑な工学システムにおいて極めて稀にしか起こらない事象を組織的にモデル化し、リスク解析を行う手法で、様々な分野で用いられてきた。しかし従来のPRAはシステムの動的挙動を考慮しないため、工学システムのリスク解析をおこなう上で不十分である。そのような静的PRAの課題を克服するために開発されているのが動的PRAである。本研究では、簡易モデルを通じて動的PRAの静的PRAに対する優位性を考察する。

研究背景

背景

- 従来の静的PRAはシステムの動的挙動、すなわち事象の発生時刻と順序を考慮せずに、事象の組み合わせに着目した手法
- 人間がシナリオ制御に関与するような工学システムにおいて静的PRAでは不十分
- 動的PRAが適用できれば、より実現象に即した詳細なリスク解析が可能となるばかりか、実際に事故が起きた場合のリアルタイムでの復旧対応にも利用可能である



静的イベントツリーの概略図

既往研究

動的PRAに関する研究はそもそも数が少なく、また体系化した研究も少ない
多くの研究が手法に着目したものとなっている

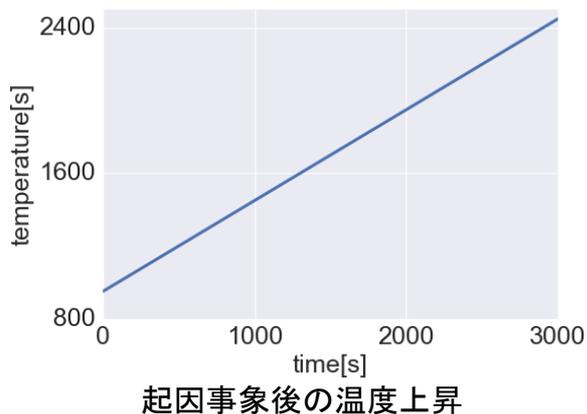
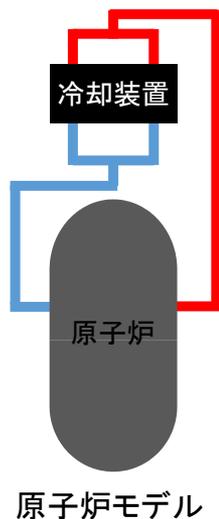
本研究の目的

動的PRAの手法の一つである動的イベントツリー解析を用いて被災した原子炉システムの簡易モデルを解析し、動的PRAの静的PRAに対する優位性を考察する

モデル・手法

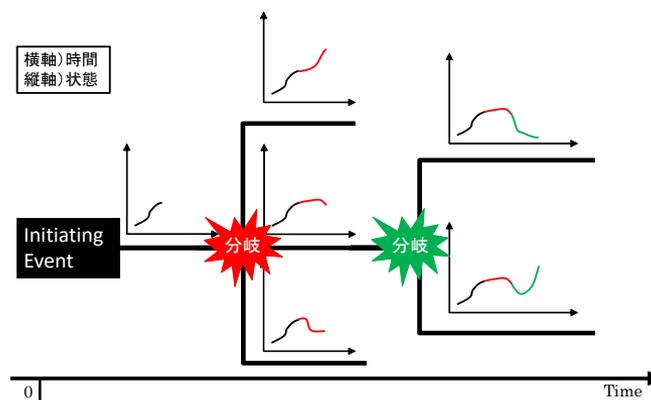
モデル: 原子炉システムの簡易モデル

1. 燃料棒と被覆管のみから構成される
2. 時刻 $t=0$ で起因事象が発生し、冷却装置が故障
3. 被覆管が融点を迎えた場合に原子炉は損傷
4. 一つだけ冷却装置が存在し、損傷後に修理可能

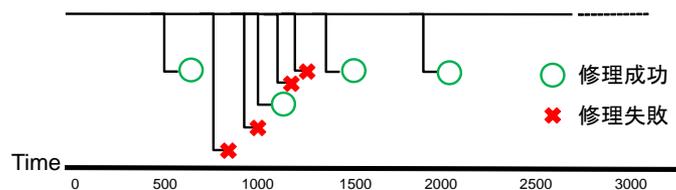


手法: 動的イベントツリー解析

事象の発生タイミングおよび進展が明確に表されたイベントツリー解析。分岐の条件を事前に決定したうえで、シミュレーションを行い、起因事象から始まる事故進展の様子を時間軸に沿って表す。



動的イベントツリーの分岐の様子



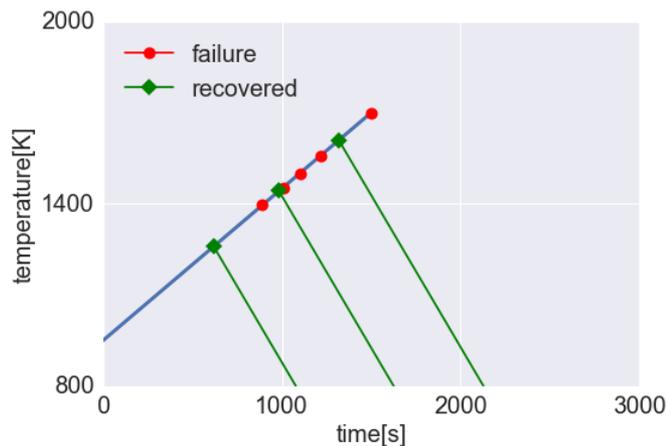
動的イベントツリーの例

結果

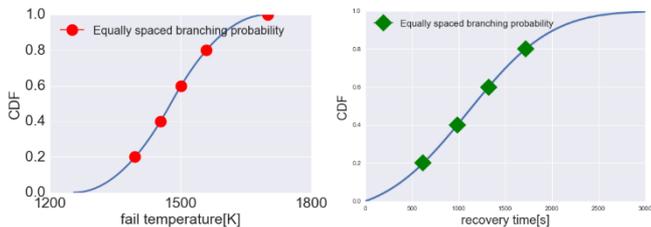
動的PRA: 修理成功率は $\frac{6}{11} = 0.55$ となる。

(10,000回試行のモンテカルロシミュレーションでは0.47)

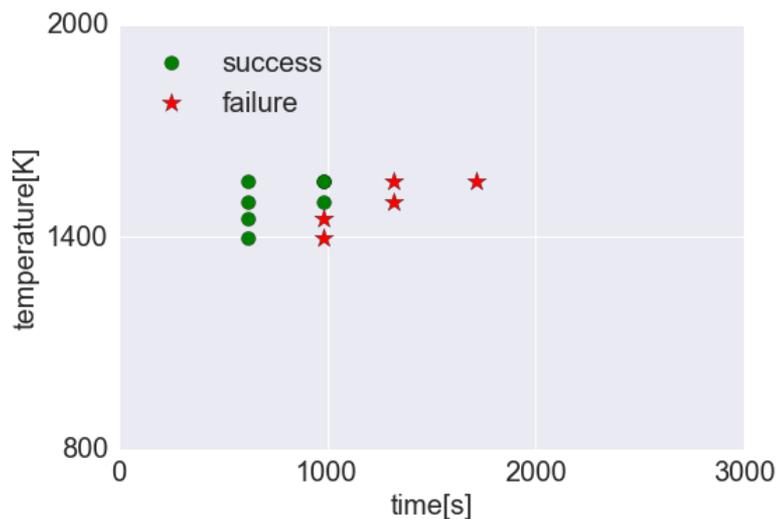
静的PRA: 時間的進展を考慮しないため修理および被覆管の温度上昇を扱えず、そもそもこのようなシナリオを扱えない



イベントツリーの分岐



CDFにおけるイベントツリーの分岐条件



修理成功および失敗のシナリオ

緑の○(修理成功シナリオ)と
赤の☆(故障シナリオ)

それぞれの数から成功確率を算出