

シミュレーションの信頼性確保に関する取り組みの現状と課題

**(1) シミュレーションの信頼性確保に関する  
ガイドラインの発行**

日本原子力学会2017年春の年会 計算科学技術部会企画セッション  
2017年3月27日

**(株) 東芝 中田耕太郎**

© 2017 Toshiba Corporation

## 目次

---

1. シミュレーションの信頼性確保に関するガイドラインの発行
2. ガイドラインの概要
3. 普及活動
4. まとめ

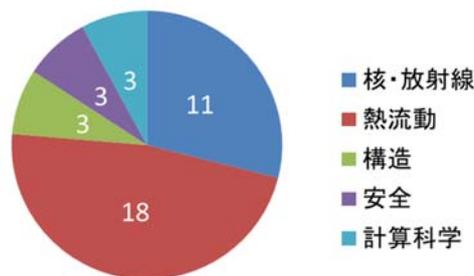
# シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン

## ◎「シミュレーションの信頼性に関するガイドライン：2015」を2016年7月15日に発行

- シミュレーション技術の進歩に伴う信頼性確保が課題
- 原子力学会福島第一原子力発電所事故報告書での提言
  - 最先端計算機性能を活用した数値計算技法の活用
  - 安全評価技術の課題や限界の正しい認識
- 10年に及ぶシミュレーションの信頼性に関する活動がベース
  - 2002年 計算科学技術部会の設立
  - 2002年 「計算結果評価法」研究専門委員会
  - 2009年 シミュレーションの信頼性検討タスク
  - 2010年 シミュレーションの信頼性ワーキンググループ
  - 2012年 シミュレーションの信頼性分科会 (A2SC)

## シミュレーションの信頼性分科会でのガイドライン策定

- 目的
  - 原子力分野におけるシミュレーションの信頼性に対する方法論についての学会標準の策定
- 分科会活動
  - 核・熱流動・構造などを専門とする学識経験者、学術研究機関、電力会社、製造業、エンジニアリング会社の技術者
  - ガイドラインの適用可能性を評価するため、技術分野ごとの適合性を調査
  - 8回の分科会審議と3回のタスク活動
  - 12回の専門部会／標準委員会での審議
  - 120件の公衆審査コメント対応
  - 2016年7月15日にガイドライン発行



分科会委員の構成

# 目次

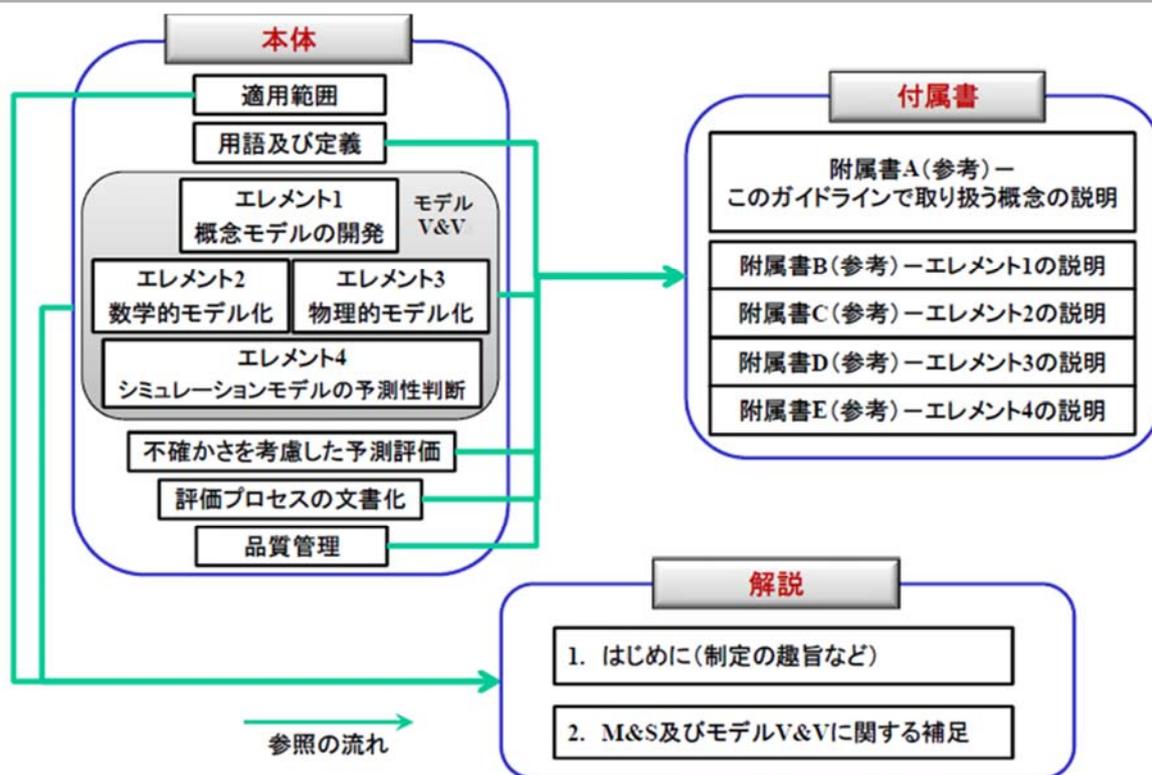
## 1. シミュレーションの信頼性確保に関するガイドラインの発行

## 2. ガイドラインの概要

## 3. 普及活動

## 4. まとめ

## シミュレーションの信頼性確保に関するガイドラインの構成



# 適用範囲

このガイドラインは、外部環境に関する所定の条件の下で、原子力関連施設の設計、建設及び運転に適用される

- 核
- 放射線
- 熱流動
- 化学反応
- 構造分野
- 並びにこれらの複合分野

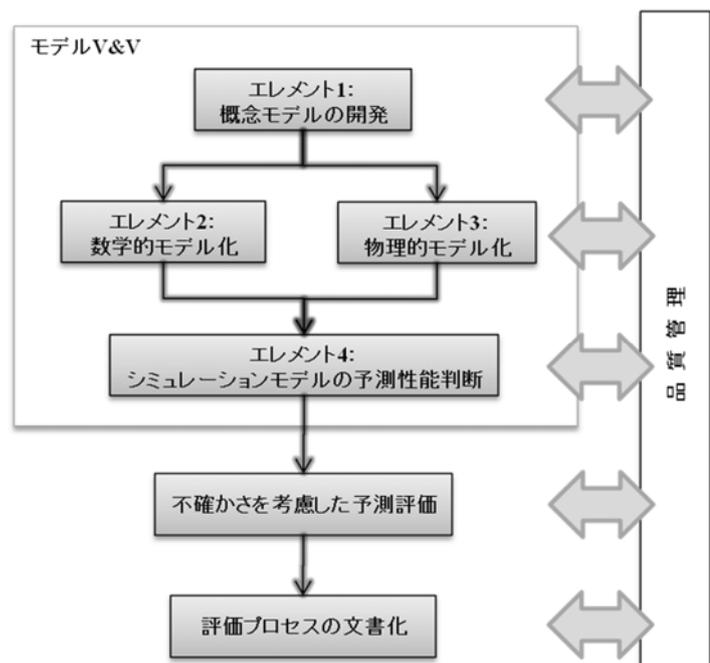
におけるモデリング&シミュレーションを実施するときのシミュレーションの信頼性を確保するための基本的な考え方を示すものである。

# シミュレーション信頼性確保のための基本的な考え方

- モデリング&シミュレーション（M&S）におけるモデルV&Vの手順として、4つの要素（エレメント）から、所期の利用目的に照らして、シミュレーションモデルの予測性能が要求を満たすか否かを判断する基本手順。

- エレメント1：概念モデルの開発
- エレメント2：数学的モデル化
- エレメント3：物理的モデル化
- エレメント4：シミュレーションモデルの予測性能判断

- さらに以下の3つの要素を追加M&Sに必要とされる要件を完備
  - 不確かさを考慮した予測評価
  - 評価プロセスの文書化
  - 品質管理



# シミュレーションの信頼性とは

---

- **シミュレーションの信頼性の定義（2.用語及び定義）**
  - シミュレーションによる計算結果が、予測性能に関する所期の利用目的に即した判断基準の範囲内にあること
- **モデリング&シミュレーションとこれを構成するモデルV&Vの実施目的**
  - システムに対するシミュレーション結果が信用できること（credibility）の向上にある
- **Credibilityの構成要件（解説1.5）**
  - 検証，妥当性確認，入力の来歴，結果の不確かさ，結果のロバストネス，シミュレーションモデルの使用状況，M&Sの管理，M&Sの関係者の人的資質

\* NASA, Standard for Models and Simulations, 2008, NASA-TD-7009, National Aeronautics and Space Administration: Washington, DC (2008).

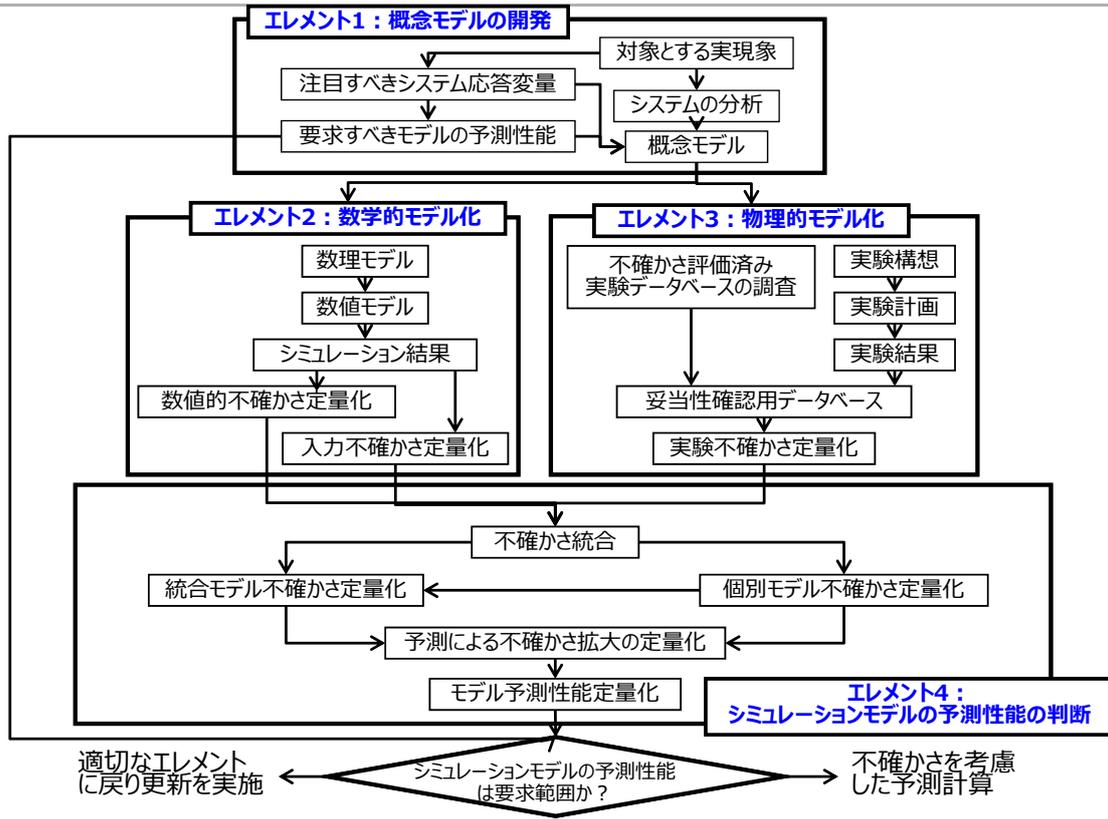
---

# シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン：2015

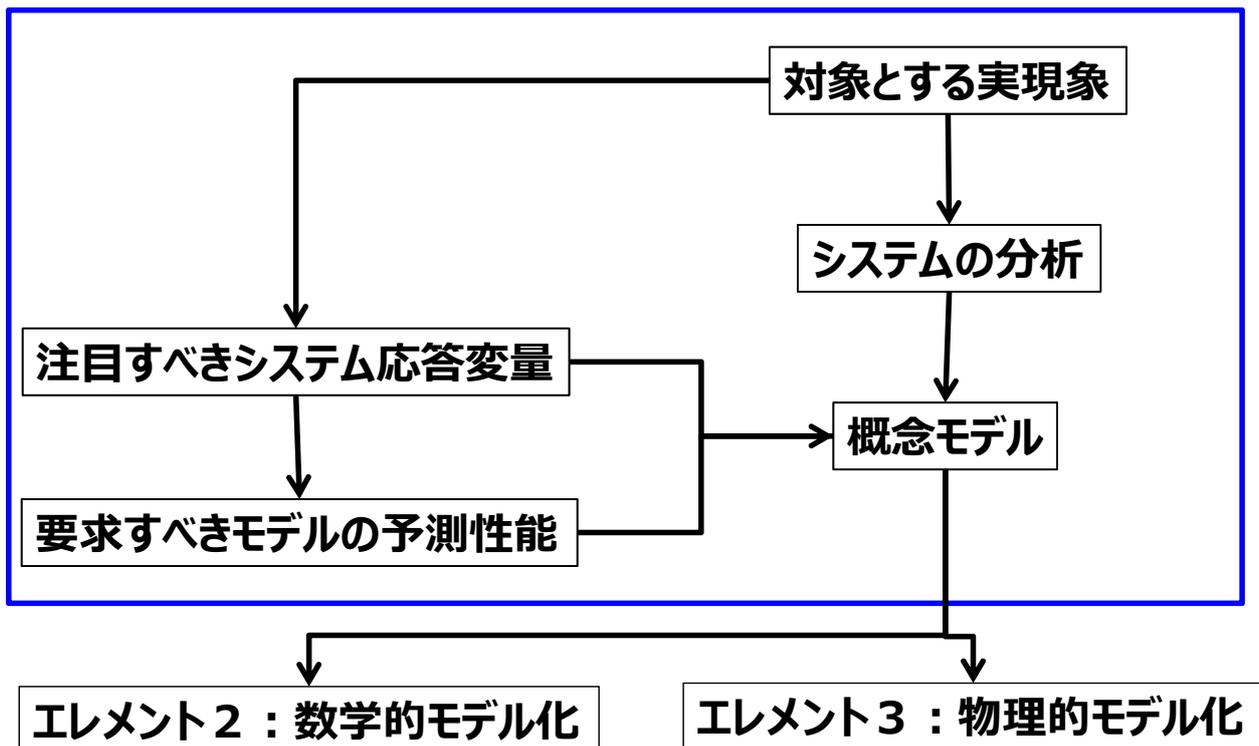
---

- **ガイドラインの位置づけ**
  - 現象のモデリングに焦点を当てたシミュレーションの信頼性確保のための方法論の考え方
  - このガイドラインの考え方に従って分野ごとの方法論（個別の実施基準＝標準）を規定
  - V&V（Verification & Validation：検証と妥当性確認）と結果の不確かさ評価

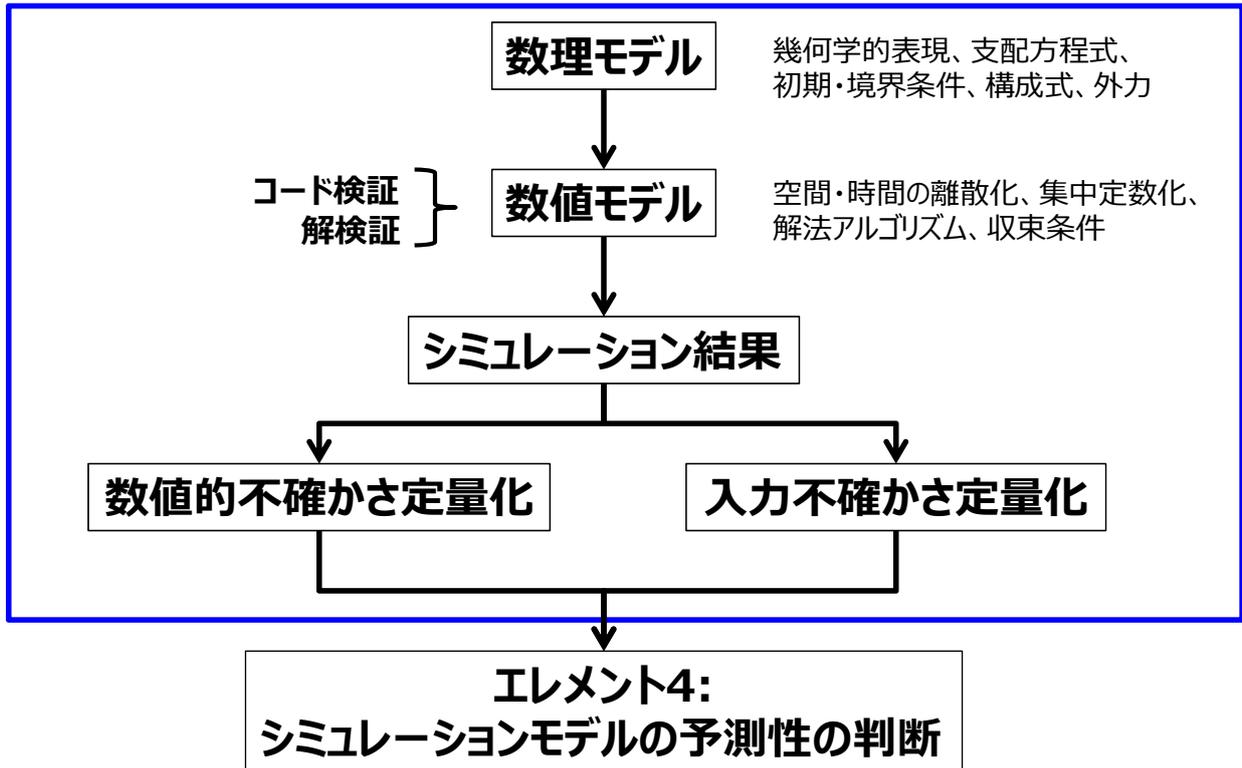
# 原子力学会ガイドラインのモデルV&V



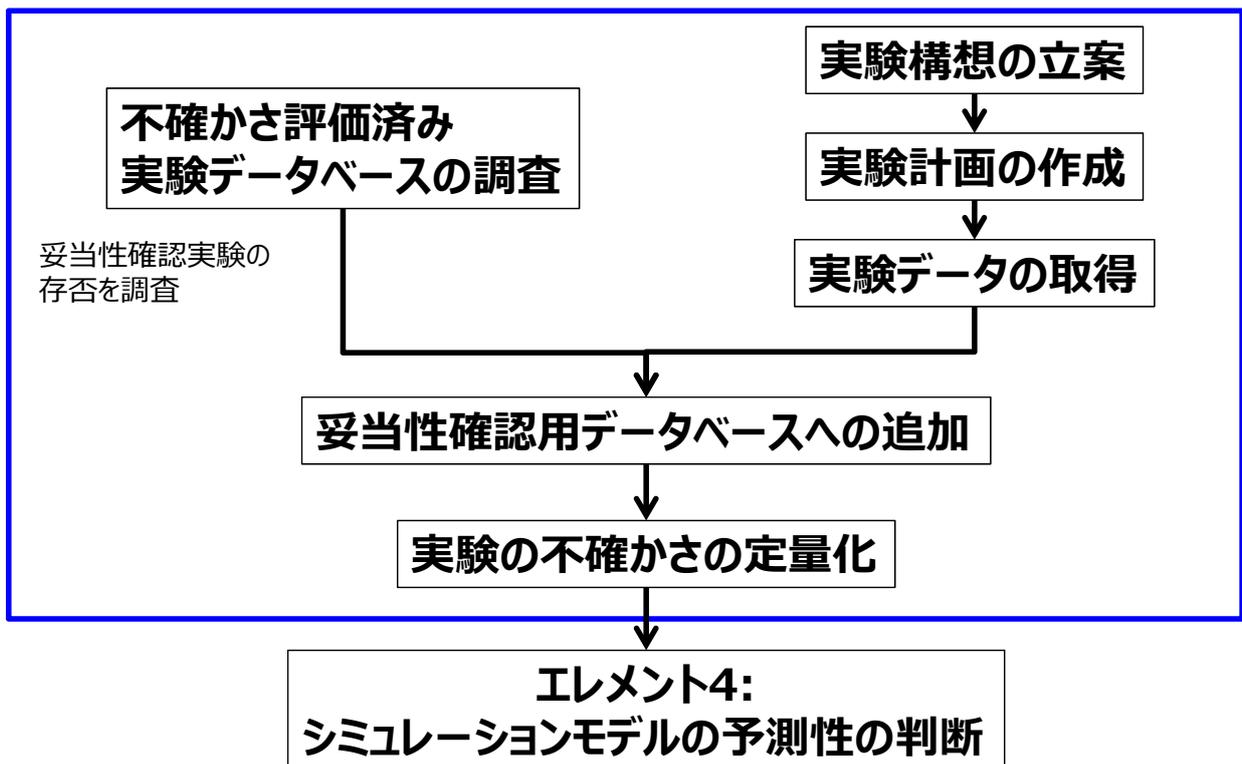
## エレメント1：概念モデルの開発



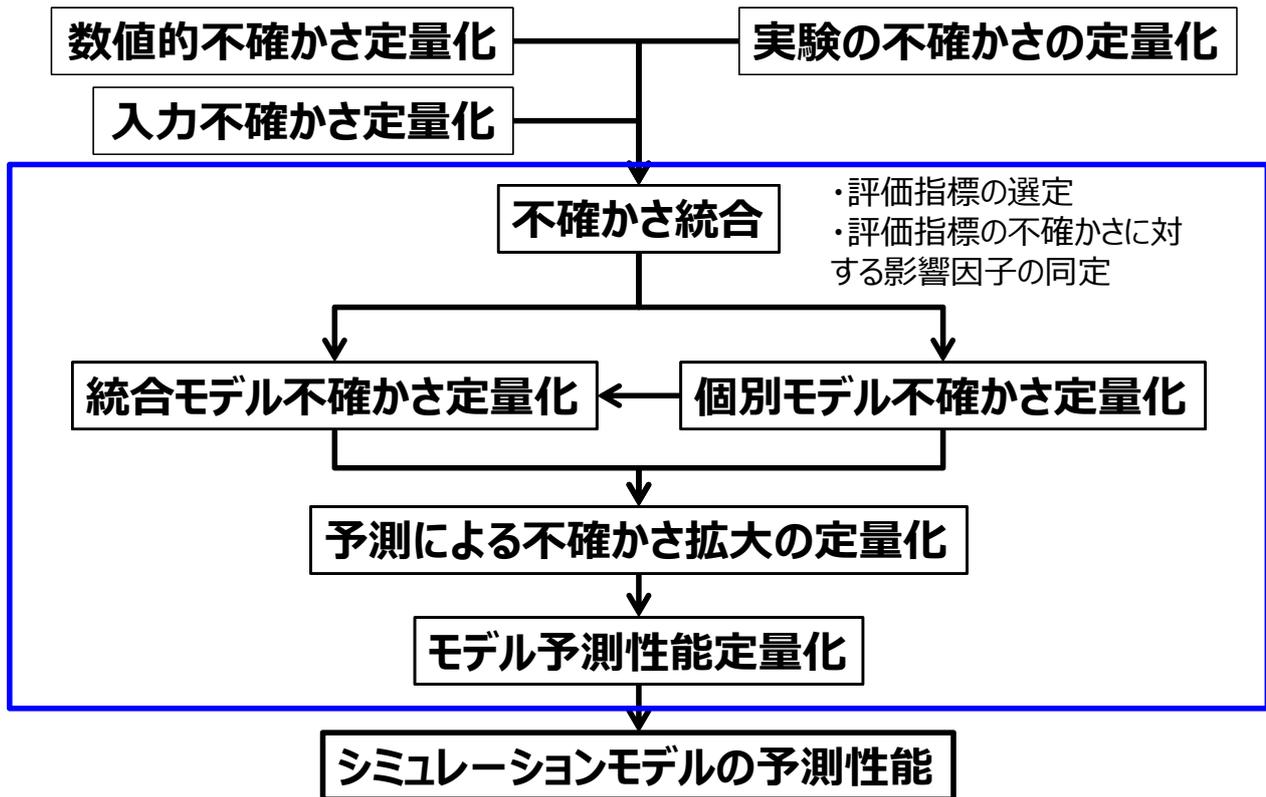
## エレメント2：数学的モデル化



## エレメント3：物理的モデル化

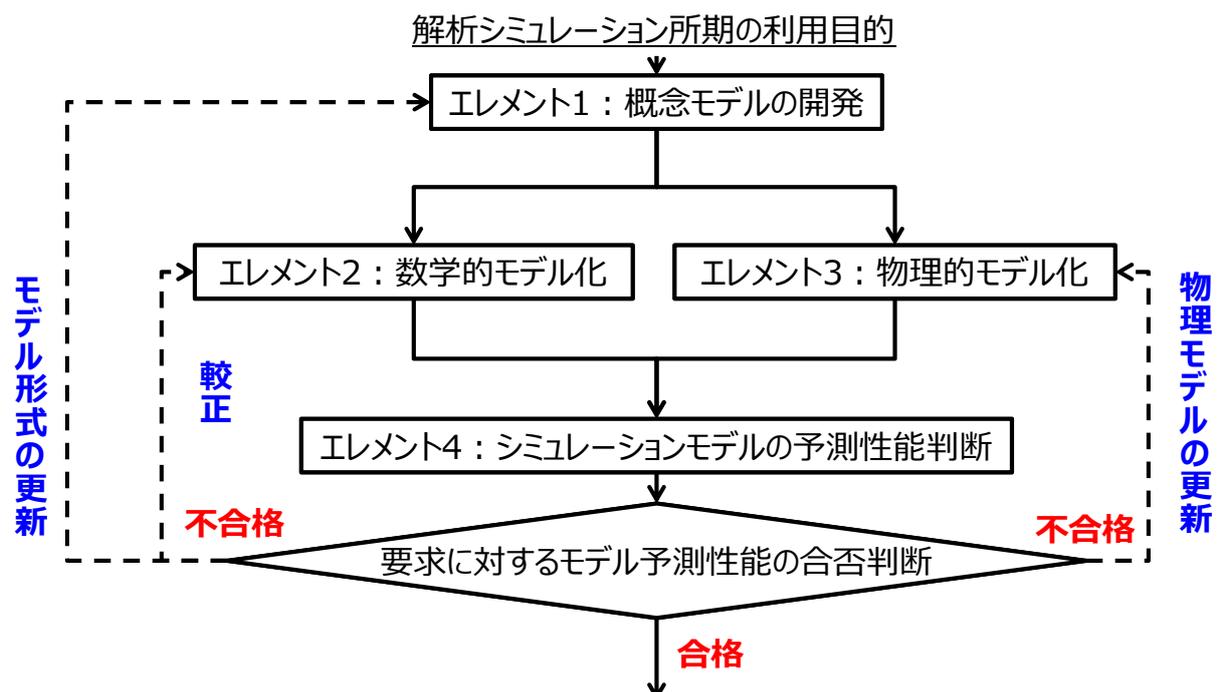


# エレメント4：シミュレーションモデルの予測性能の判断



## モデル更新の考え方

要求に対して不合格と判断された場合、シミュレーションの所期の利用目的に沿う範囲で、適切なエレメントに戻って必要な実施プロセスを反復する。



# 評価プロセスの文書化と品質管理

---

- **評価プロセスの文書化**

- モデリング&シミュレーションの効果的な運用のため、各実施プロセスの入出力及び実施内容を文書化することが重要である。文書化に当たっては、これらの文書化対象についての実施プロセスへの適合性及び対応状況が追跡可能となるようにすることが必要となる。

- **品質管理**

- モデリング&シミュレーションの各構成要素，すなわちエレメント1からエレメント4の各手順，不確かさを考慮した予測評価，及び評価プロセスの文書化は，いずれも優れた品質管理の下で実施し，これに十分な文書及びその一部としての品質記録を作成することが重要である。
- シミュレーションモデルに対し，適否判断及びこれらに基づく総括不確かさの定量化が実施されていない場合においても，優れた品質管理の下でシミュレーションモデルの開発が実施されることを前提として，関連文書及びその一部としての品質記録の提供を要求できるようにすることが重要である。
- モデリング&シミュレーションの実施に当たっては，これにかかわる解析者，コード開発者，実験者及び全体設計者の緊密な連携体制を構築するとともに，これらの技術者の力量についても管理し記録することが重要である。

---

## 目次

### 1. シミュレーションの信頼性確保に関するガイドラインの発行

### 2. ガイドラインの概要

### 3. 普及活動

### 4. まとめ

# ガイドラインの普及活動

## ● ガイドラインの理解促進を目的とした講習会を開催

- 1月16日（月） 東京会場（聴講者23名）
- 2月13日（月） 大阪会場（聴講者18名）

## ● 講義内容

- ガイドラインの講義
- V&Vの考え方の変遷・動向
- 海外の最新動向

## ● 個別分野でのV&Vに関連する事例紹介

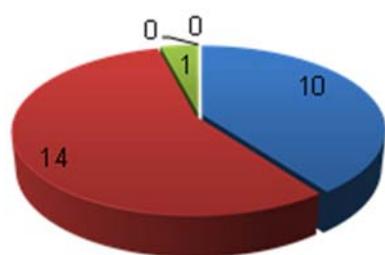
核計算・熱流動・構造・環境影響



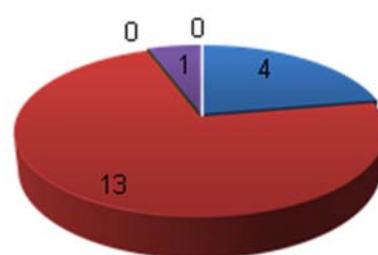
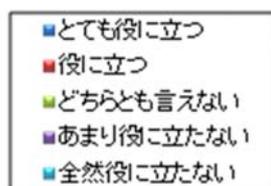
東京会場での講習会の様子

## 講習会でのアンケート結果（1）

### Q. 今回の標準講習会は今後の役に立つと思いますか？



（東京会場）



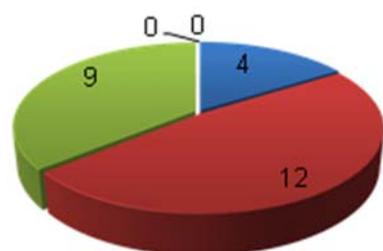
（大阪会場）

### 【主なご意見】

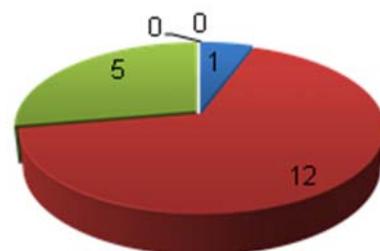
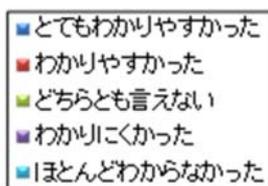
- ・V&Vの考え方を総合的に理解するのに良い機会
- ・今後の自分自身が行う解析業務に活かせる
- ・今後どう使っていくのか（効率的、有効的に）が重要。
- ・コードの体系化、整備、実験拡充等のコスト面での心配がある
- ・話の主体がコード開発にあり、解析コードのユーザの立場での内容が薄い

## 講習会でのアンケート結果 (2)

### Q. 今回の講習はわかりやすかったですか？



(東京会場)



(大阪会場)

### 【主なご意見】

- ・個別事例などがあり理解の助けとなりました。
- ・講演者のみなさん、とても丁寧に説明して下さい、分かり易かった。
- ・事例紹介に関して、専門外の分野には難しい内容であった。
- ・事例紹介に関する情報は有益、後日、振り返って資料を見直したい。
- ・V&V自体が概念的で理解しにくい。

## 講習会からのフィードバック

### ■ 意見、感想、本ガイドラインへの期待等

#### □ 実施基準・個別分野のガイドライン

- ・実施基準の作成が進むような活動をして欲しい。
- ・個別分野のガイドラインを策定して頂くと産業界全体が利用できると思う。

#### □ 適用事例の充実

- ・本ガイドラインの適用事例集などが整備されると、より利用しやすくなる。
- ・個別事例紹介について、エレメント1～4に基づいたものにして欲しい。
- ・具体的適用事例、ベストプラクティスのテーマを拡充して頂きたい。

#### □ スケーリング・予測評価

- ・不確かさを考慮した事例評価の具体例、スケーリングの考え方、予測評価に関する講習会を要望します。

#### □ V&Vの考え方の啓蒙

- ・若手技術者には、V&Vの考え方を習得できる討論的な場や機会があるとよい。
- ・実験をメインとする人々にも聞いてもらうのが大事と思う。

# 目次

---

1. シミュレーションの信頼性確保に関するガイドラインの発行

2. ガイドラインの概要

3. 普及活動

4. まとめ

## まとめ

---

◎ 原子力学会としてシミュレーションの信頼性に関するガイドラインを  
発行（2016年7月15日）

- 核・熱流動・構造などを専門とする委員による分科会活動
- モデリング&シミュレーションにおけるモデルV&Vの考え方に基づき、シミュレーションモデルの予測性能が要求を満たすか否かを判断する基本手順。
- 不確かさを考慮した予測評価へ拡張。
- ガイドラインの普及活動として講習会（東京、大阪）を実施