

数値解析技術と標準

(3) 数値解析の信頼性に関する標準

平成24年9月21日

原子力学会 2012 秋の大会

標準委員会セッション5(基盤・応用専門部会)

独立行政法人 原子力安全基盤機構

原子力システム安全部

堀田 亮年

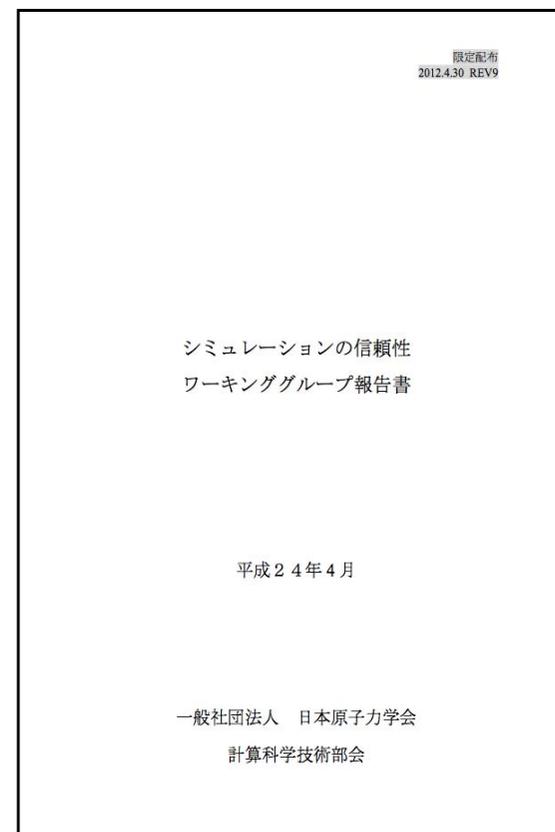
シミュレーションの信頼性WG報告書の構成

📖 本文(118頁): V&Vの構造案
解説

- A) V&V構造の歴史的変遷
- B) V&V定義の変遷
(モデルV&VとソフトウェアV&Vの区別)
- C) V&Vプロセスの説明
- D) ASME V&V 10との対応
- E) 品質管理の問題
- F) 用語定義

📖 添付(333頁): 原子カプラント設計専門家、商用コードベンダー等による各分野のV&Vに関する関連情報。

- ・ V&V動向、導入における課題、炉心設計、計算流体力学、構造力学、熱流動、安全評価、計測・実験における不確かさ評価、商用コードにおけるV&V取り組み等。



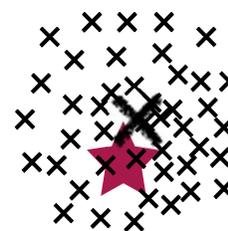
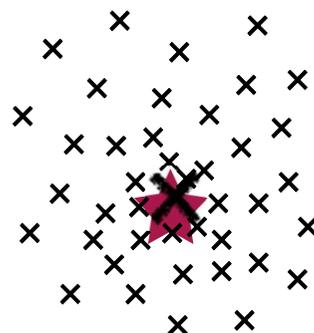
シミュレーションコードの予測性能

正確度 (Accuracy) : その値が「真値」に近い値であることを示す尺度である。系統誤差の小ささを言う。

精度 (Precision) : 複数回の値 (複数回の測定又は計算の結果) の間でのばらつきの小ささの尺度である。ランダム誤差 (不確かさ) の小ささを言う。

★ 真値

× 予測値の平均



★
正確度が不十分
系統誤差が大きい

×
精度が不十分
ランダム誤差が大きい

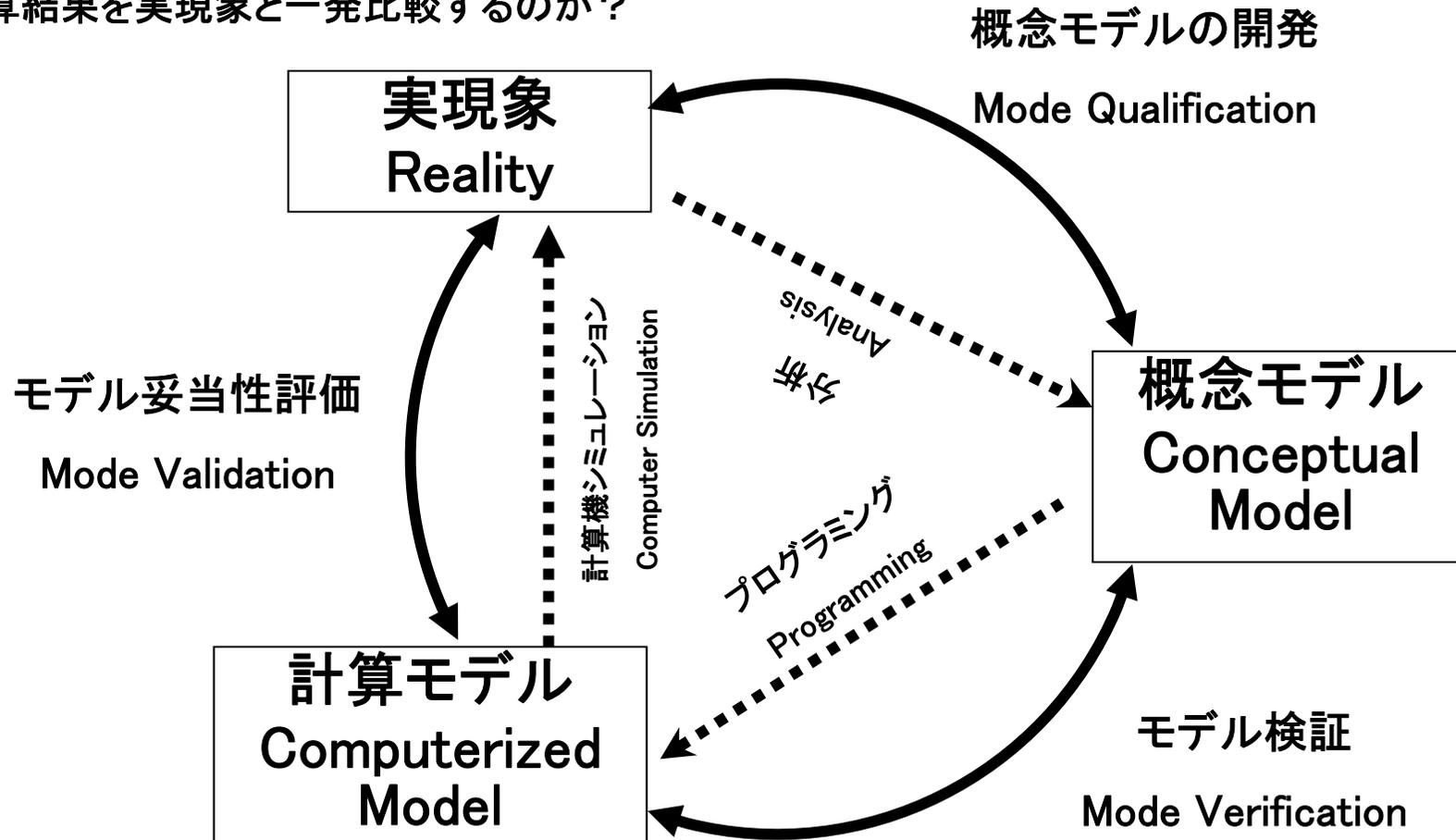
×
正確度、精度共に十分

Schlesingerによるリング型M&S

概念モデルから直接計算モデルが導かれるのか？

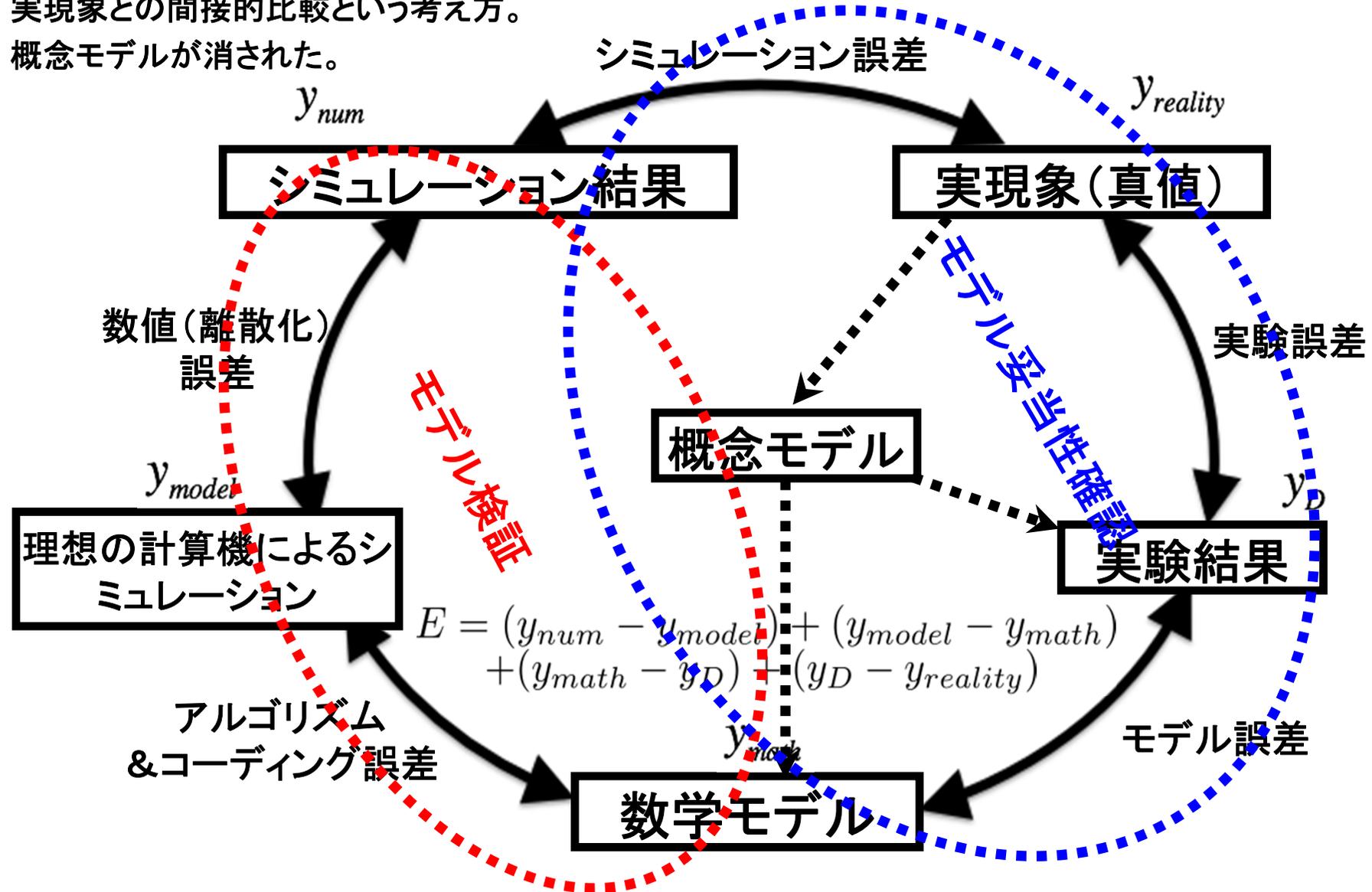
M&S=Modeling & Simulation

計算結果を実現象と一発比較するのか？

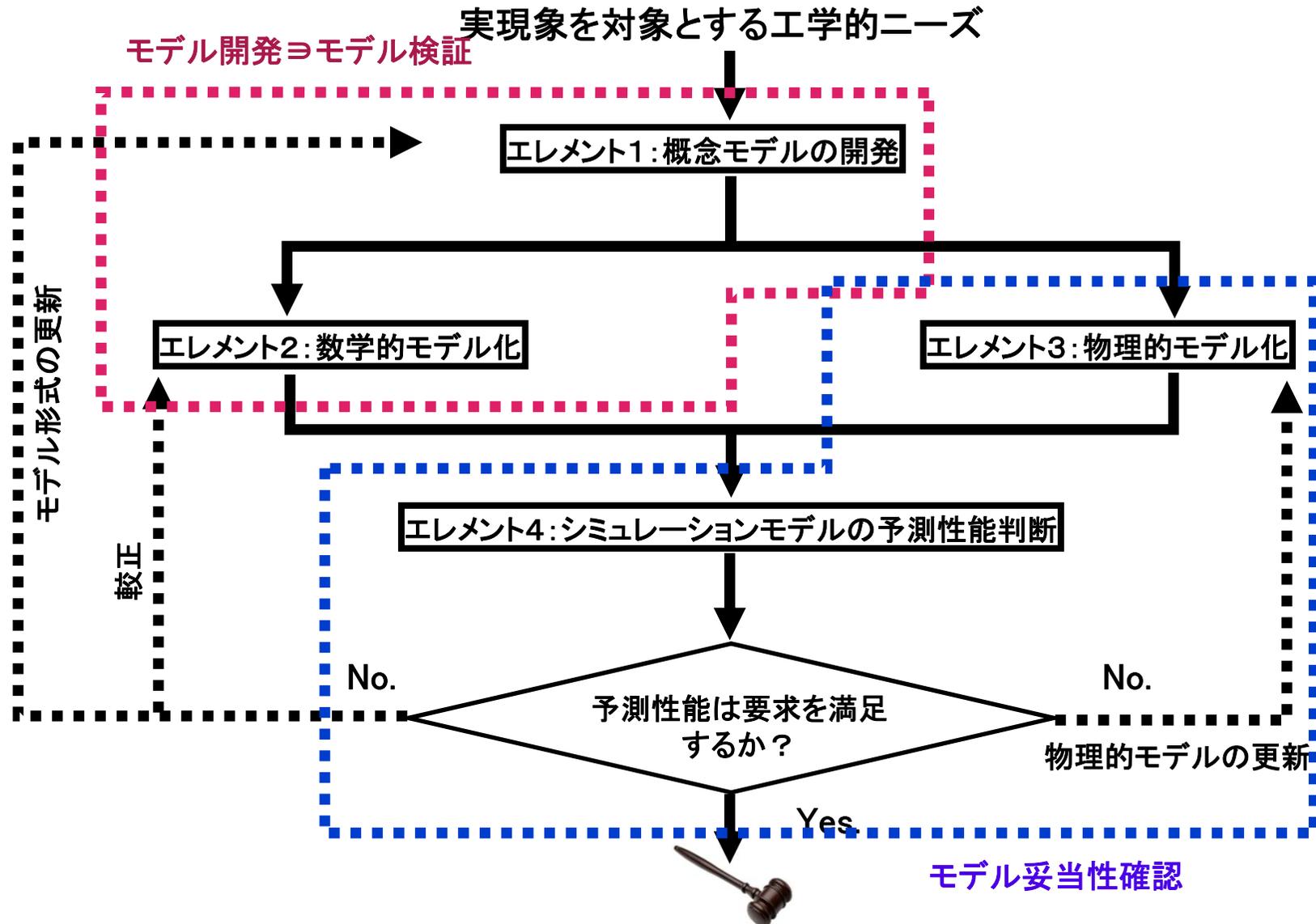


Oberkapmf & Royによるリング型M&S

実現象との間接的比較という考え方。
概念モデルが消された。

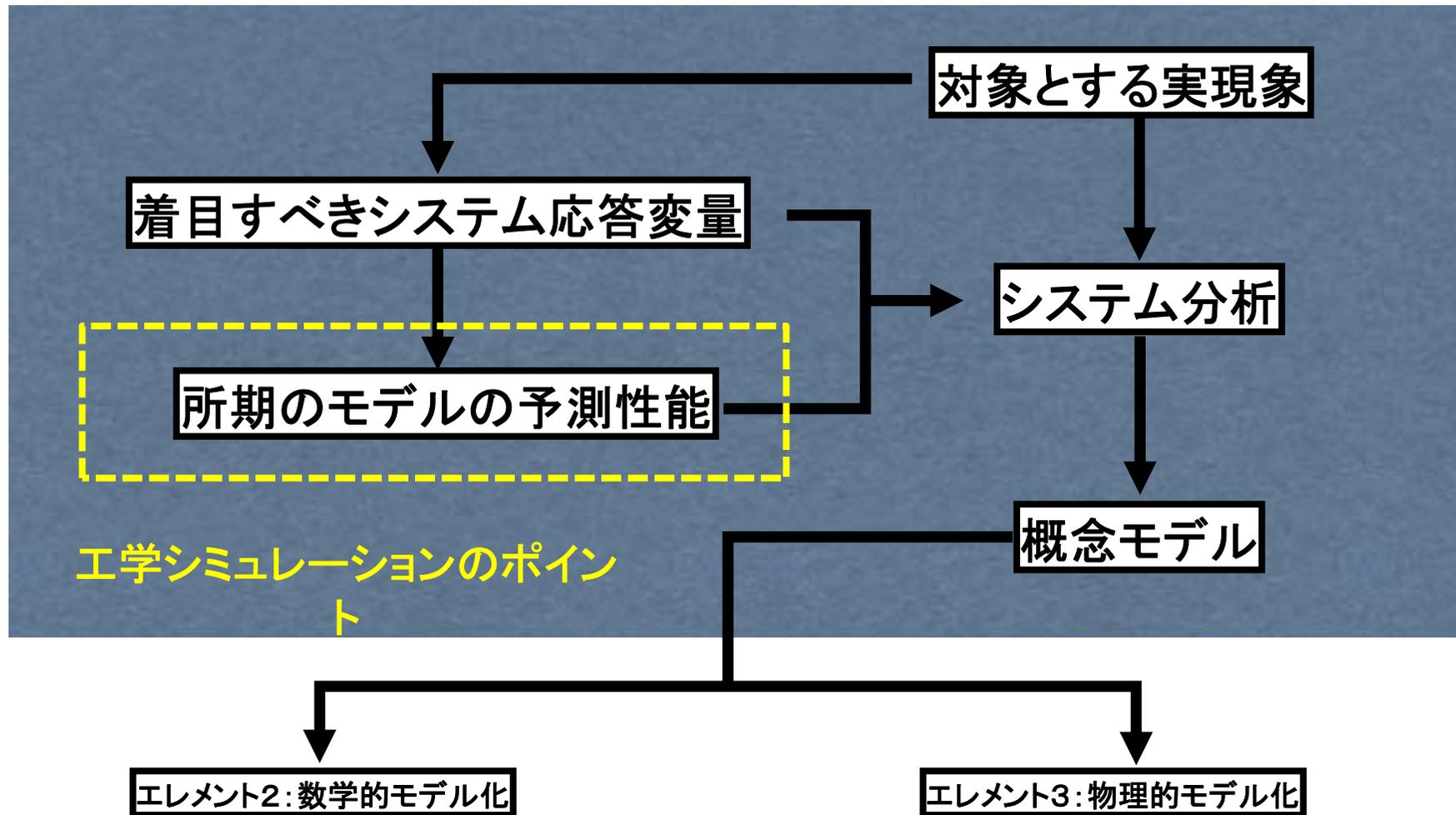


ASME等によるフロー型M&S



原子力設計のM&S: 概念モデルの開発

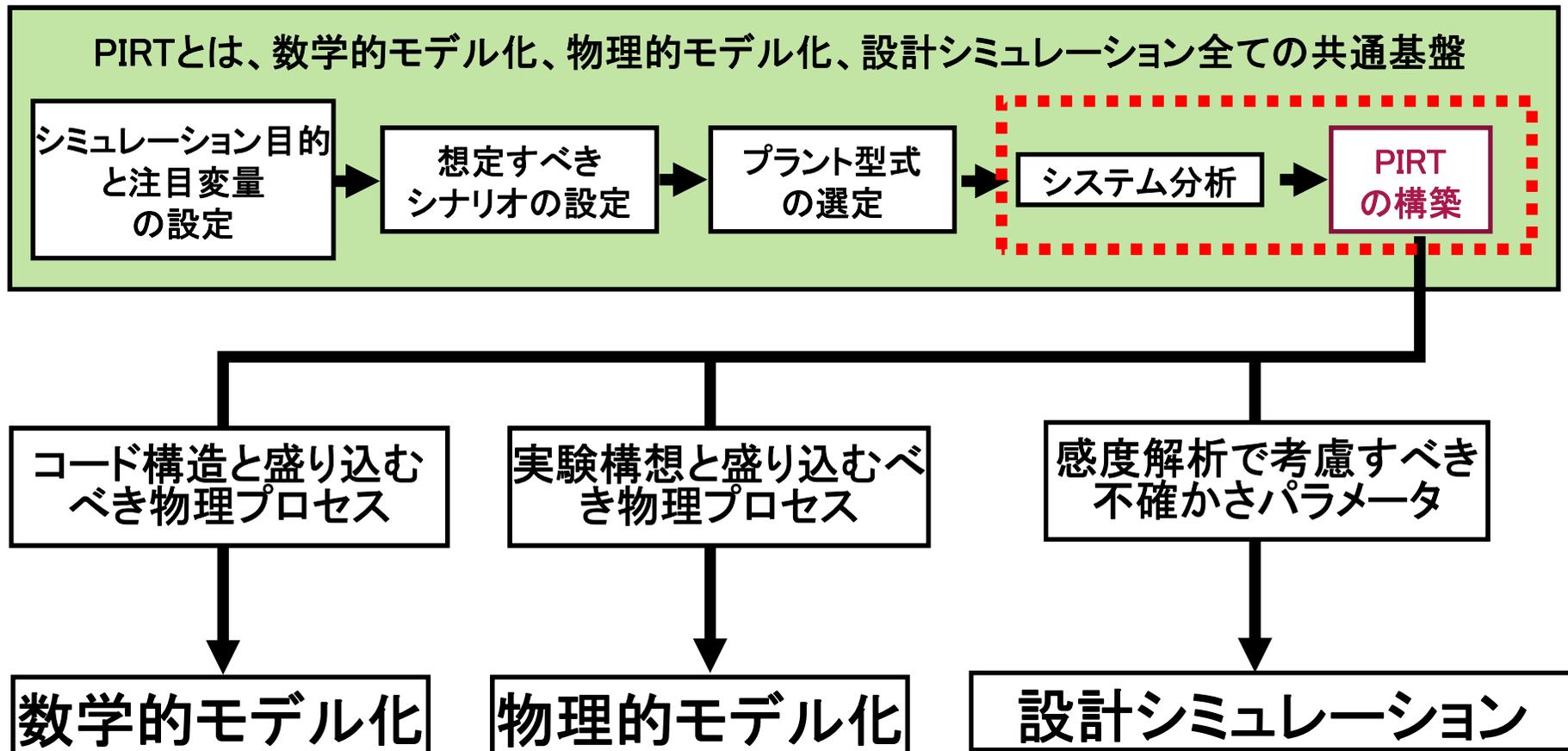
エレメント1: 概念モデルの開発



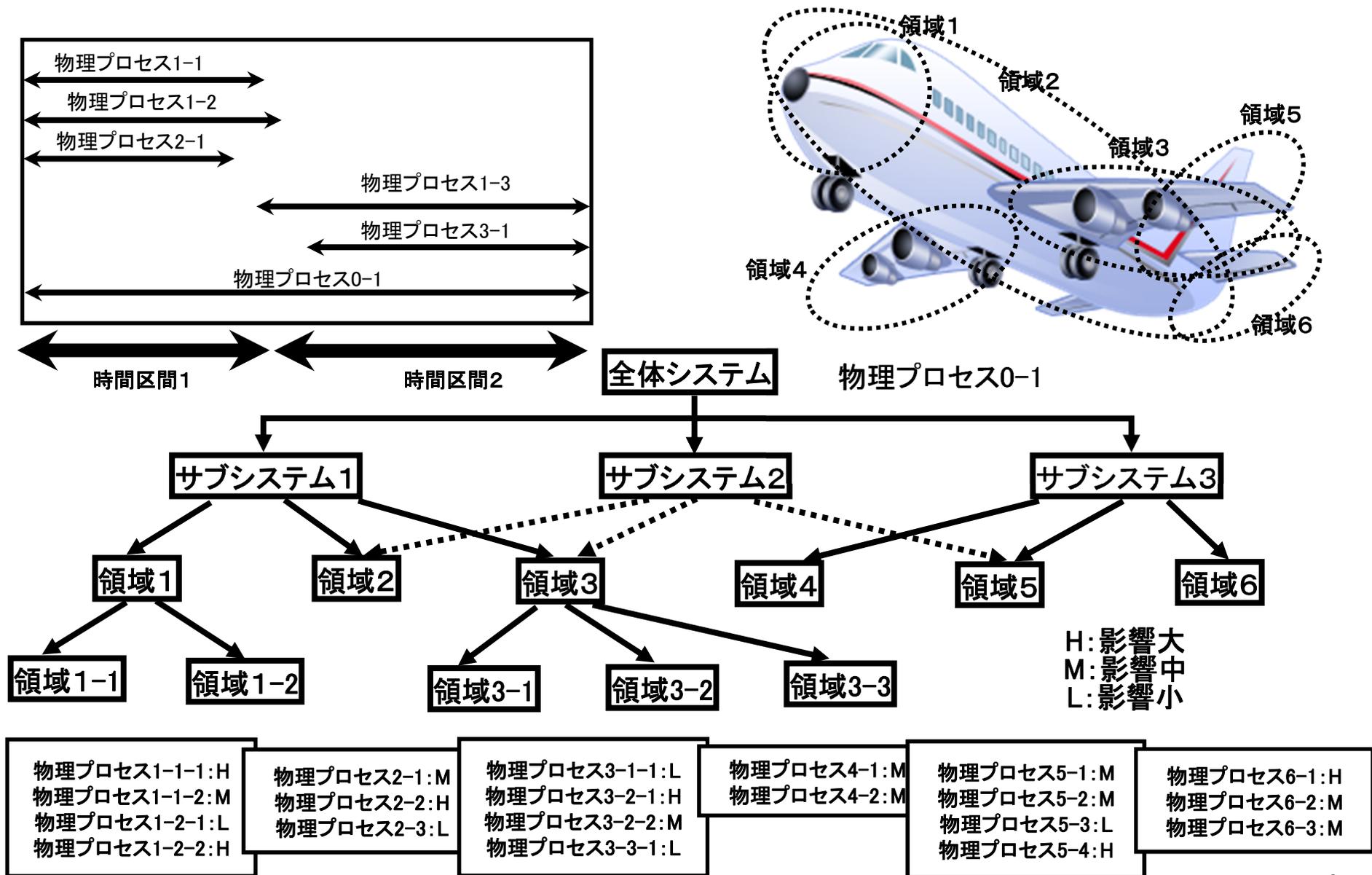
階層化システム分析及びPIRTによる概念モデル

PIRT: Phenomena Identification and Ranking Table

重要な物理プロセスを、領域毎に抽出し、注目パラメータへの影響度を定量化(ランク付け)したもの。

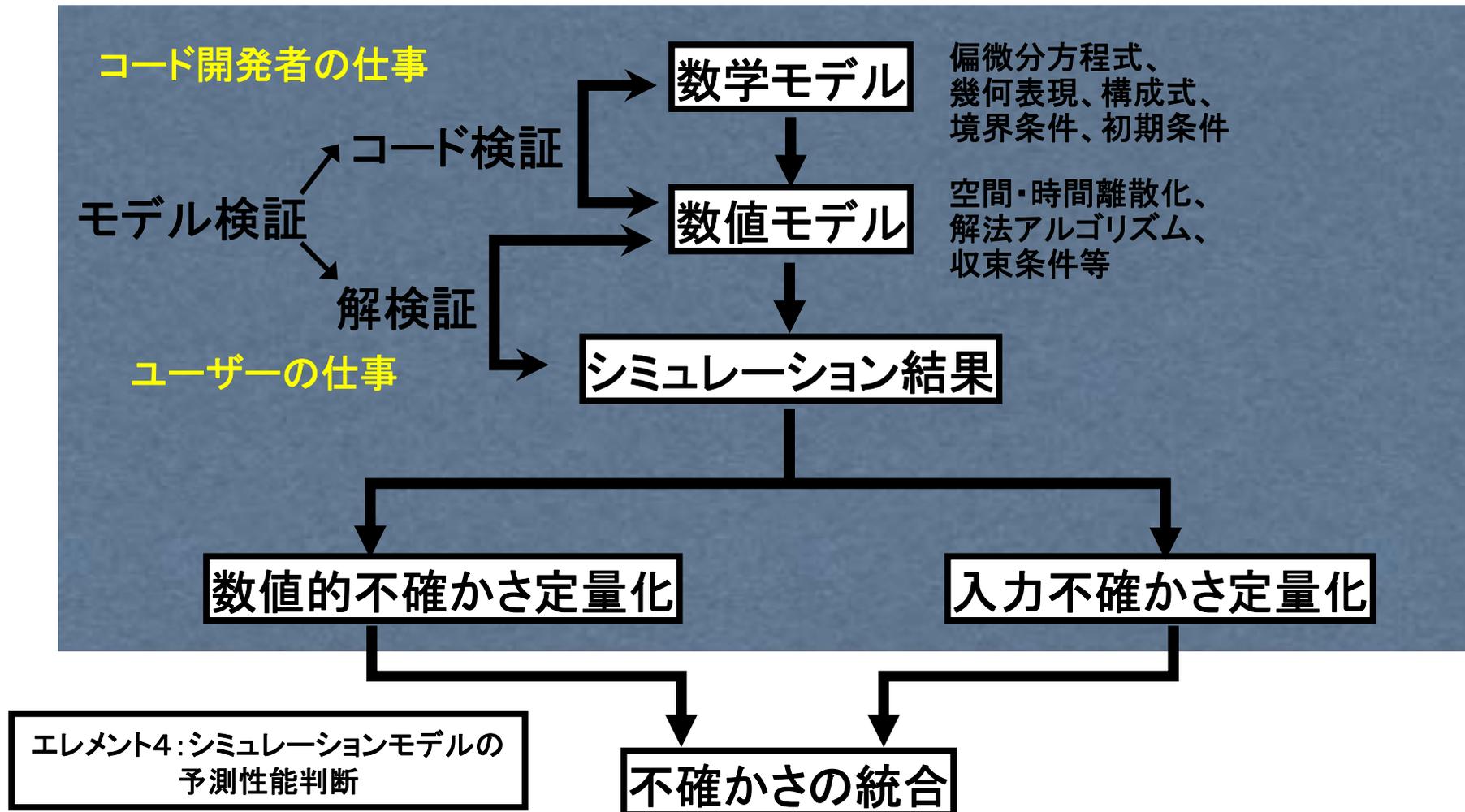


階層化システム分析+PIRTの例



原子力設計のM&S: 数学モデル化

エレメント2: 数学的モデル化

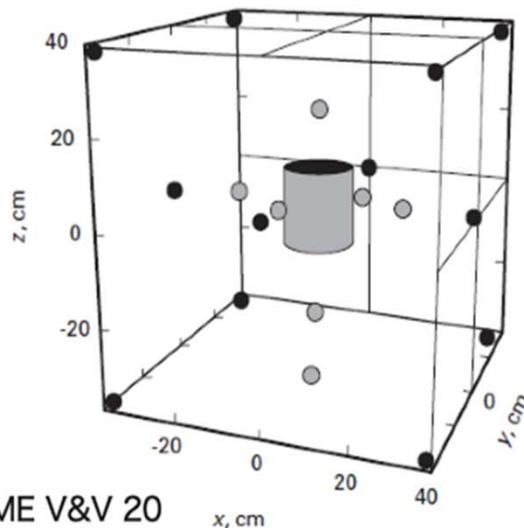


解検証

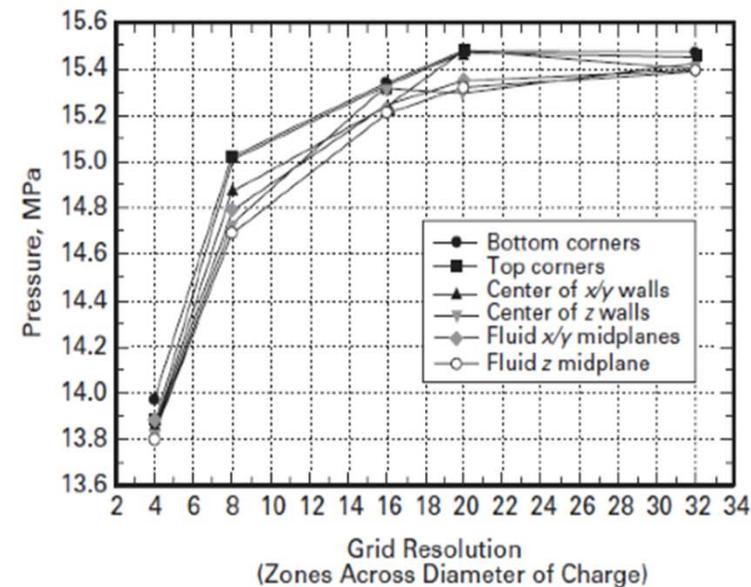
解検証の目標は、離散化に伴う数値誤差を推定することである。階層化システム分析を行う場合には、全階層の数値モデルに対して解検証を行う必要がある。

ユーザーの仕事

Location of Variable	Corner	Wall	Fluid
Observed order p	1.7	1.5	1.02
GCI value (%)	1.2	1.6	3.6
Value $\pm U_{num}$	15.34 ± 0.18 MPa	15.23 ± 0.24 MPa	15.24 ± 0.55 MPa
Value $\pm u_{num}$	15.34 ± 0.16 MPa	15.23 ± 0.21 MPa	15.24 ± 0.48 MPa
Fine grid prediction	15.47 MPa	15.40 MPa	15.39 MPa

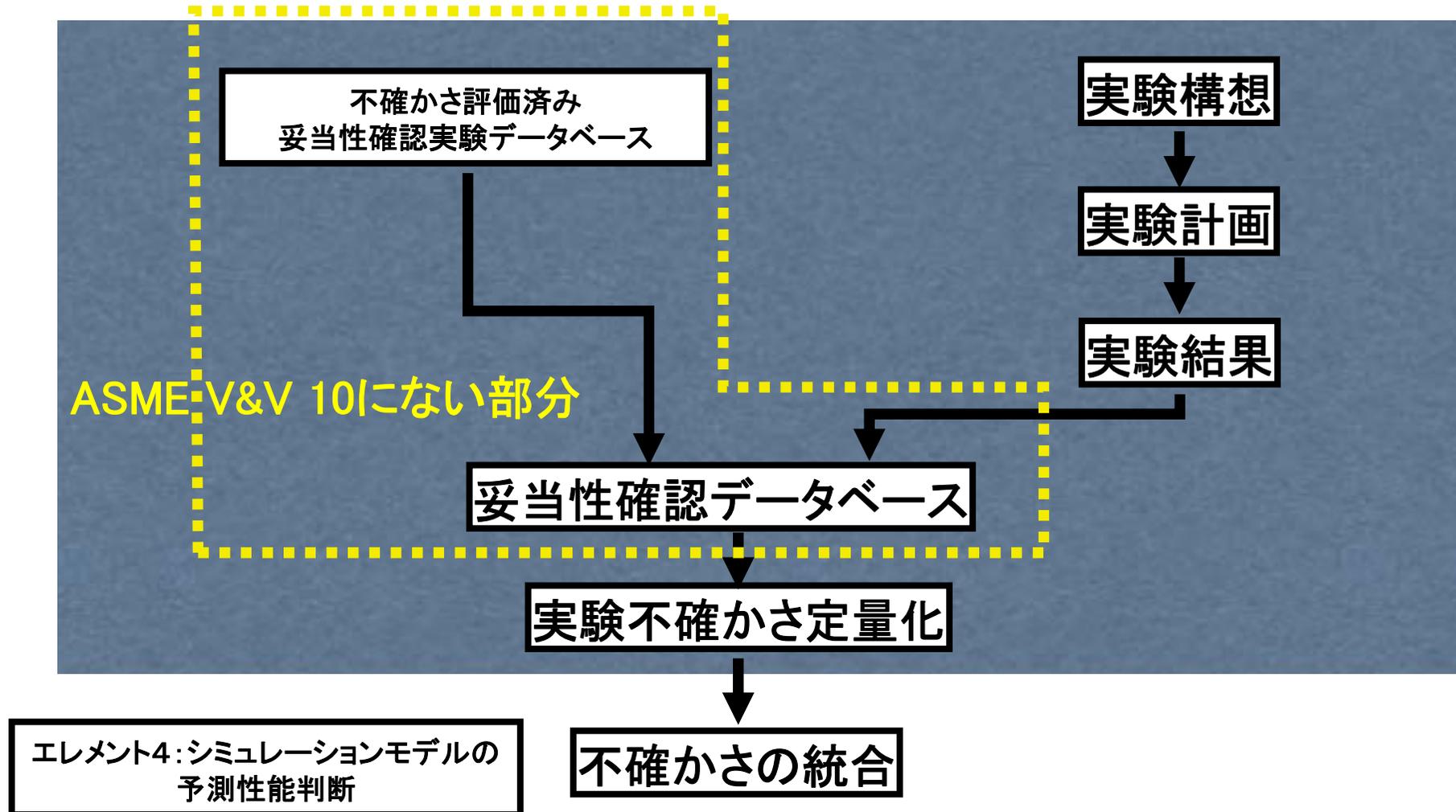


出典：ASME V&V 20

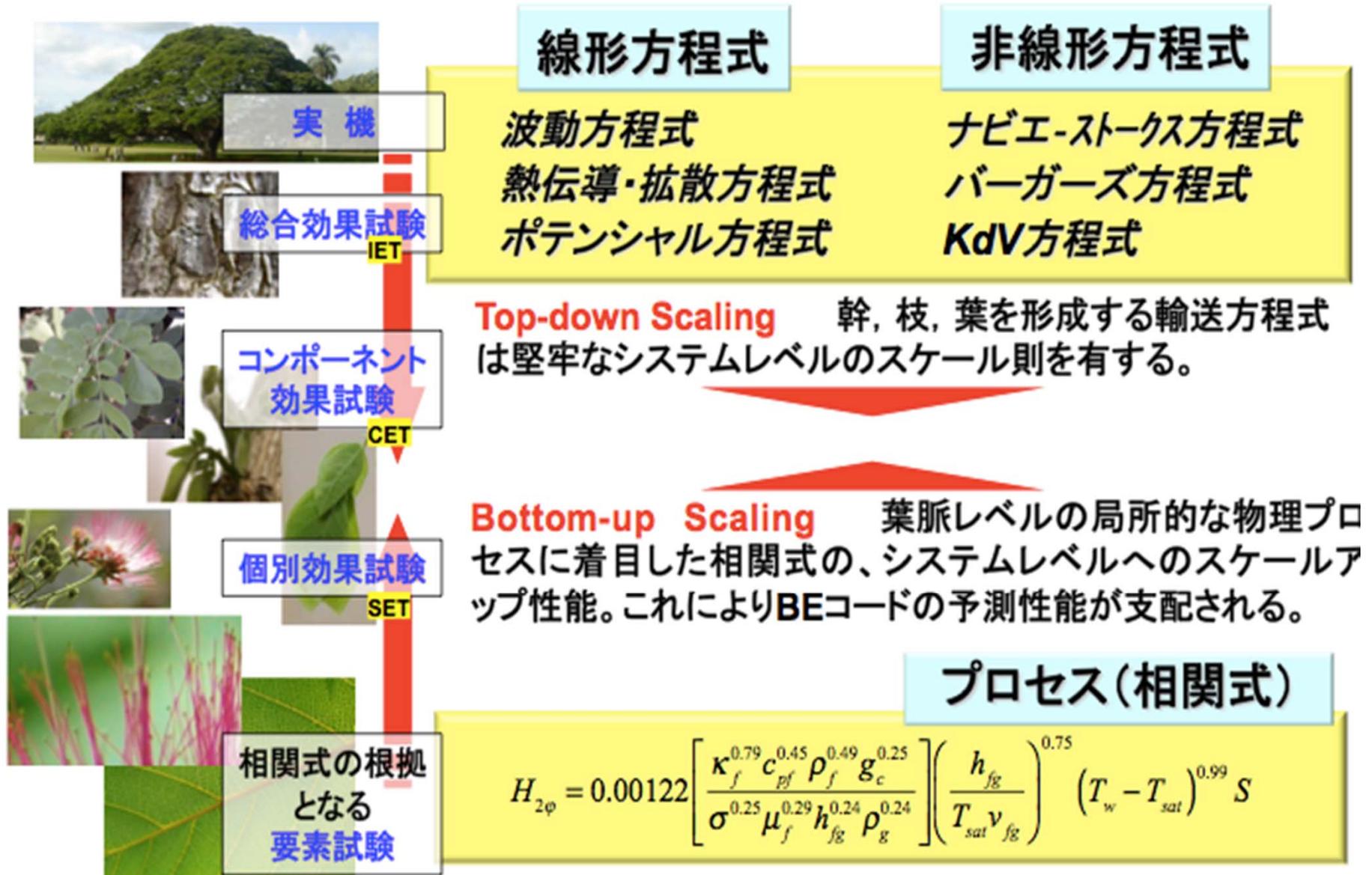


原子力設計のM&S: 物理的モデル化

エレメント3: 物理的モデル化

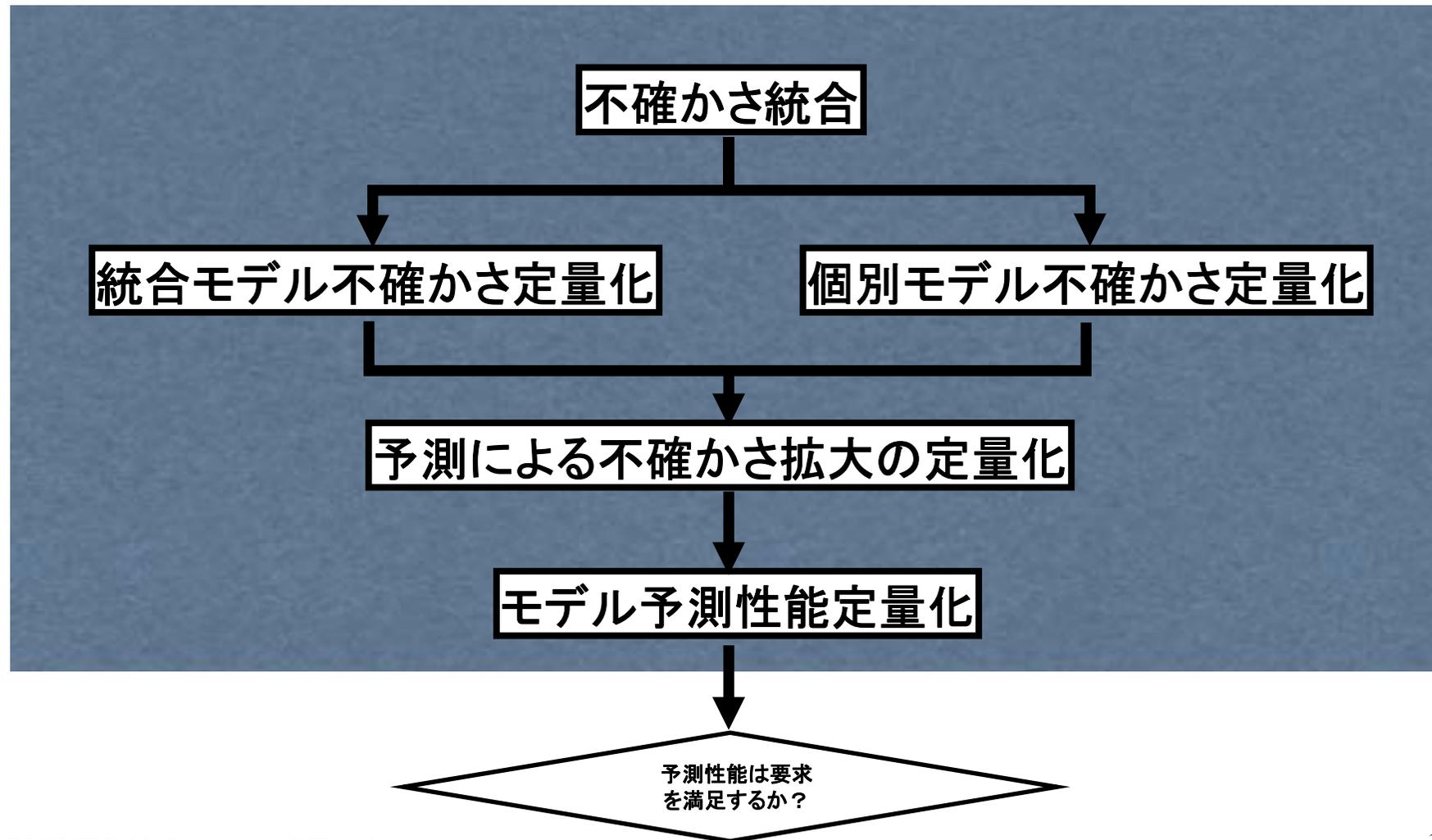


個別効果と積分効果



原子力設計のM&S: 予測性能判断

エレメント4: シミュレーションモデルの 予測性能判断

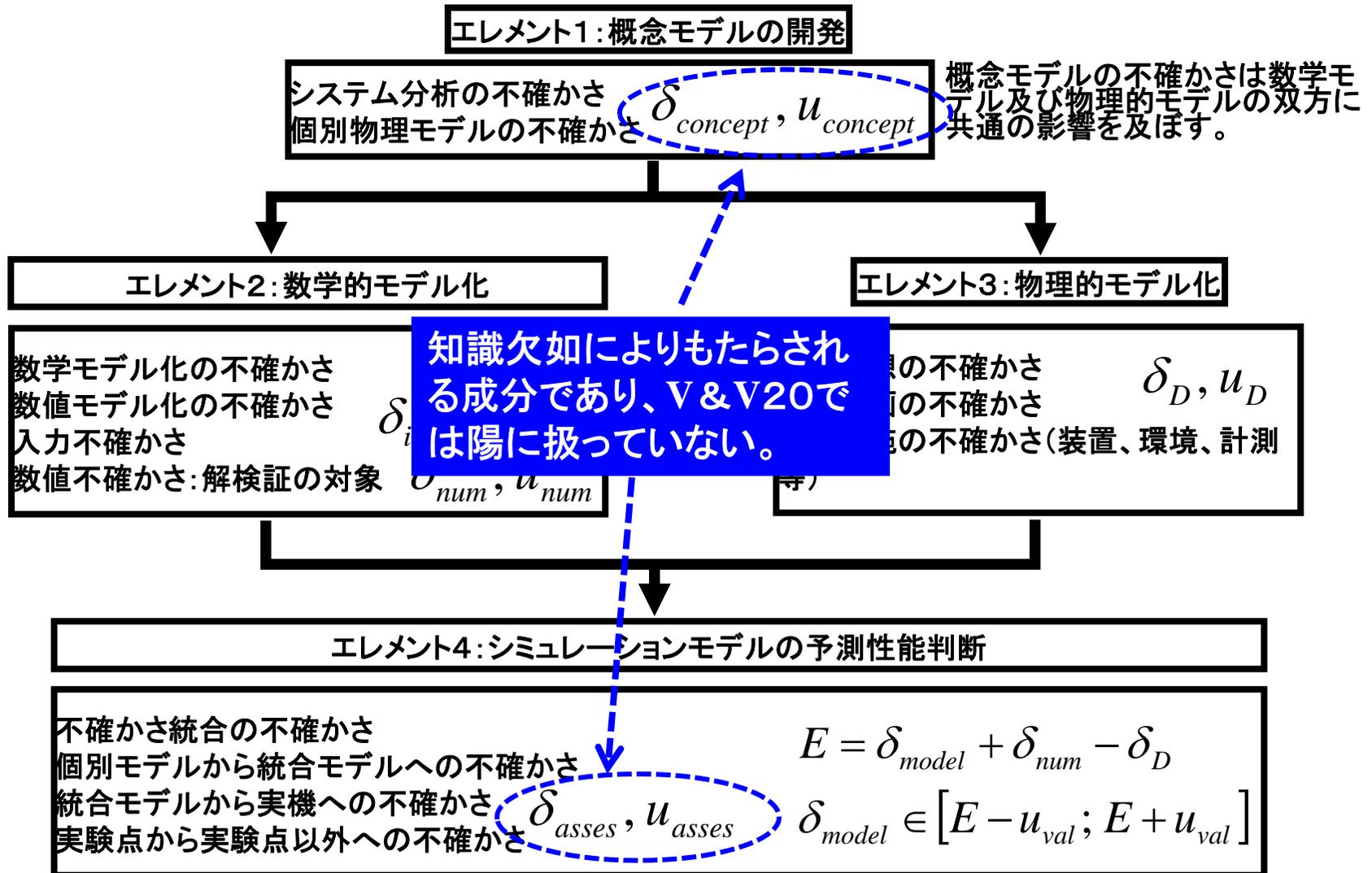


誤差と不確かさ定義

V&V 20=PTC19.1(Test Uncertainty)

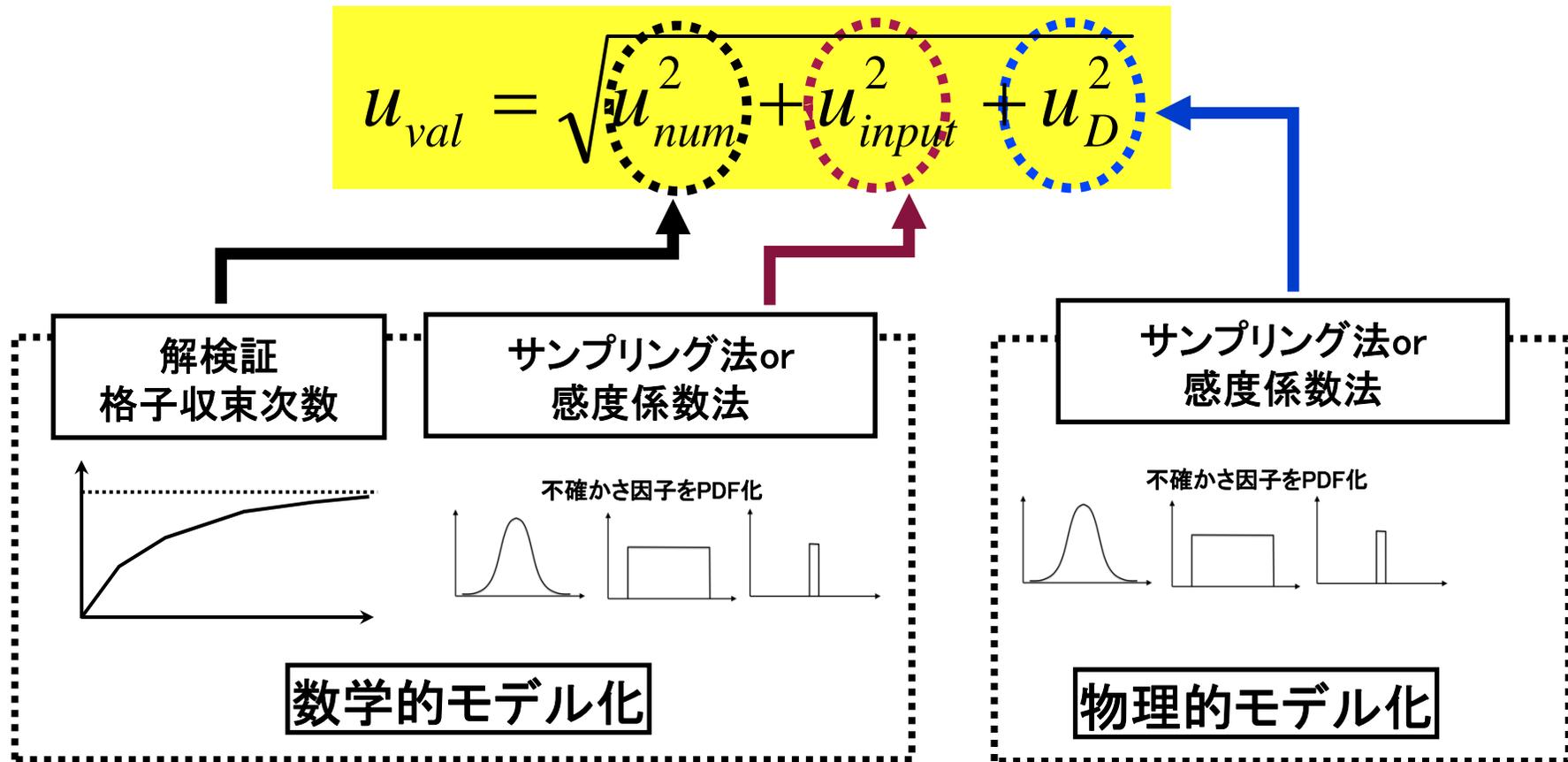
- ◇ 誤差 δ とは、測定結果から真値を差し引いた結果である。
- ◇ 不確かさ u とは標準不確かさに相当し、誤差 δ が単一の実現値となるような母集団の標準偏差 σ に相当するものである。

フロー構造に基づく不確かさ統合

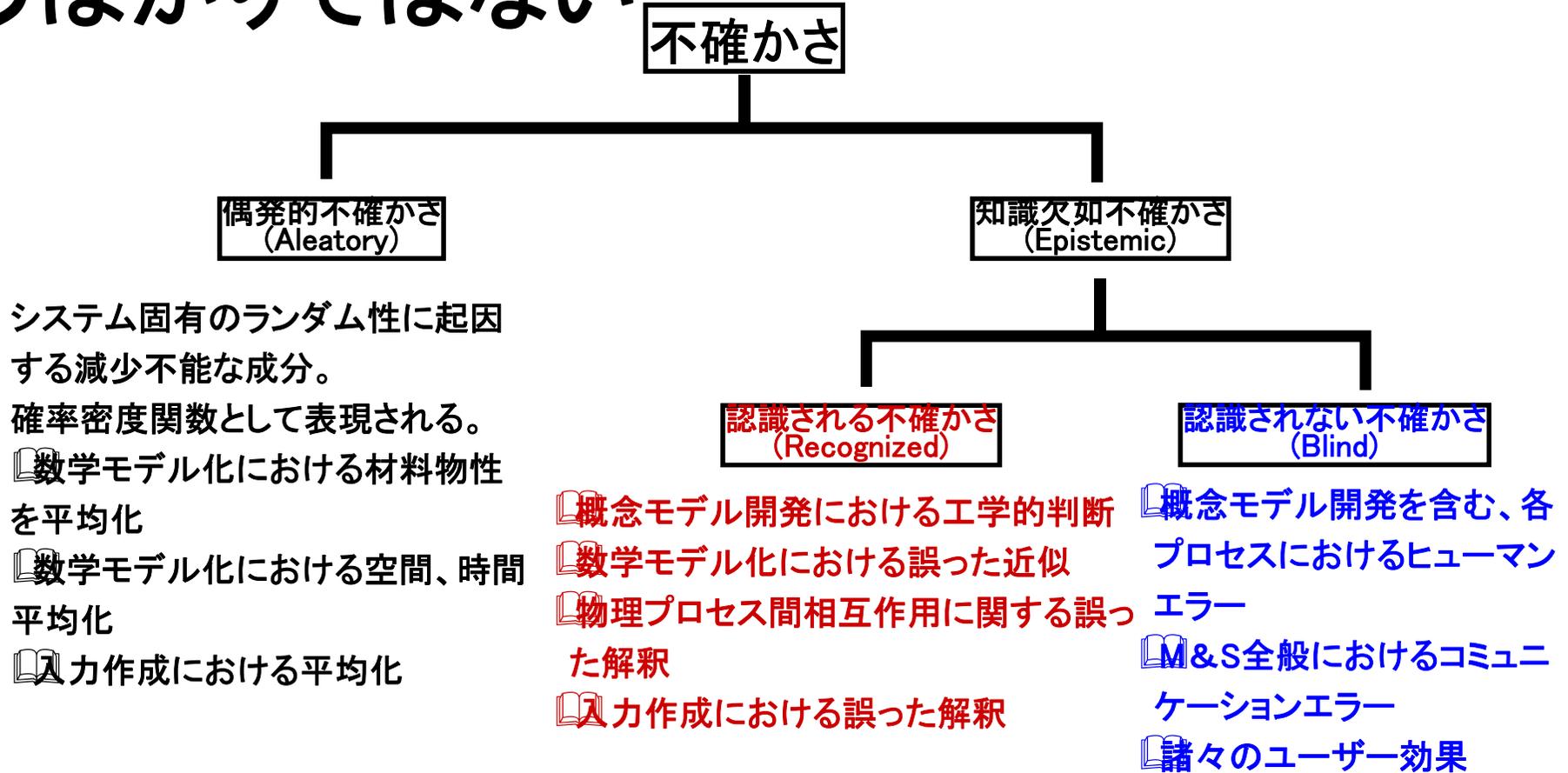


ASME V&V20の統合(Colemann & Steele)

ここでは、誤差及び不確かさを、モデル ($\delta_{\text{model}}, U_{\text{model}}$)、入力 ($\delta_{\text{input}}, U_{\text{input}}$)、数値 ($\delta_{\text{num}}, U_{\text{num}}$)、そして実験 (δ_D, U_D) の4成分に分類。各不確かさは、以下のように数学的に統合できる。

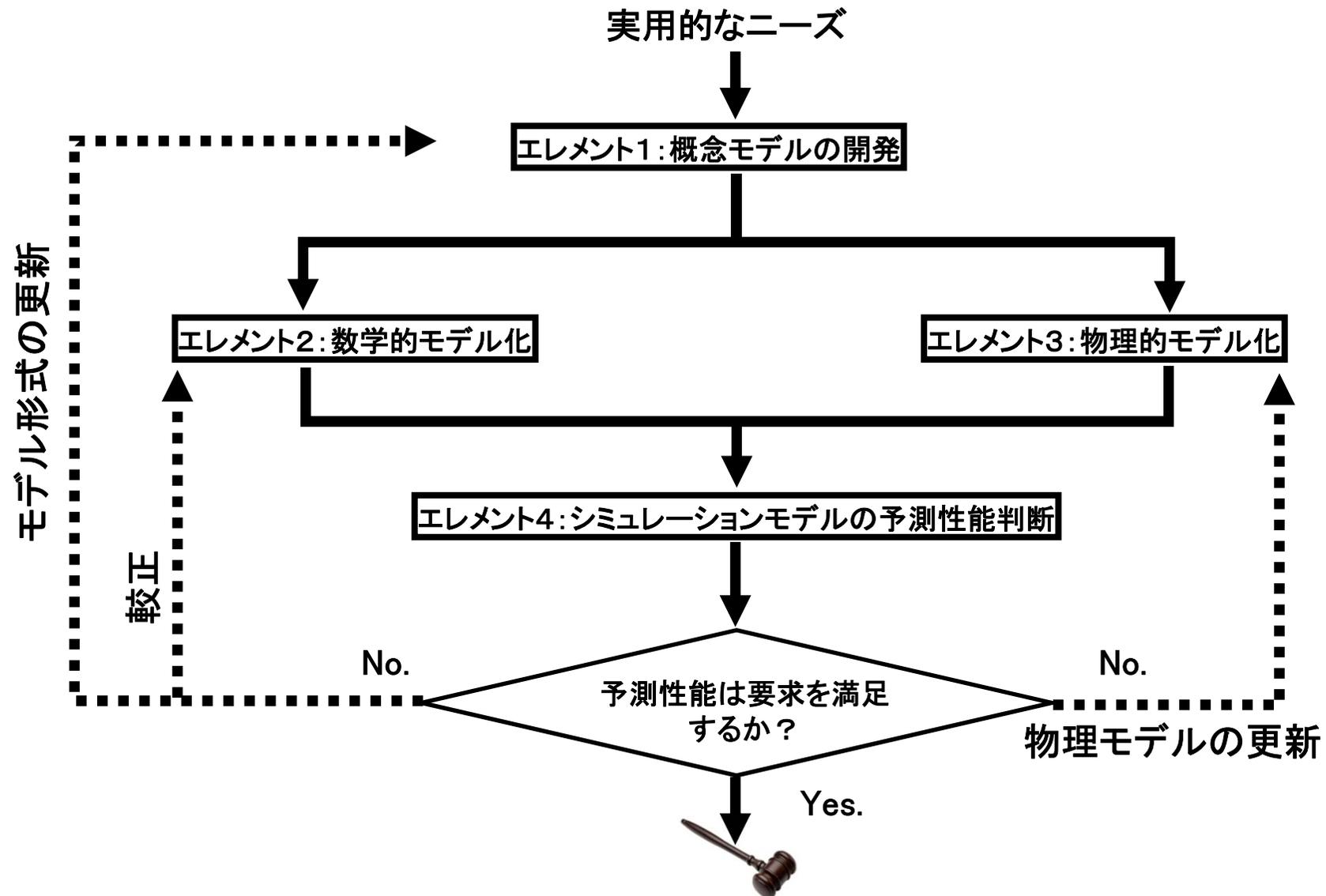


不確かさは数学的に一義に定義できるものばかりではない



全ての不確かさ因子に対してPDFを一義的にアサインする理論がある訳ではない。特に**朱記**・**青記**の因子は確率密度関数として表しにくい。

予測性能判断不合格の場合



ご清聴ありがとうございました。

But....

M&S及びV&Vは、予測性能の向上を実現するための継続的
活動であって、一過性の活動ではありません。

シミュレーションを行う者は、確認された予測性能に基づき、シ
ミュレーション結果を正しく活用することを考え、その適用条件や
限界を利害関係者に適切に伝える必要があり、そのことに役立
つ標準が必要です。