

マルチフィジックスシミュレーション 技術について

日本原子力研究開発機構
高田 孝

発表内容

- はじめに
- 数値シミュレーション技術に求められるもの
 - ✓ 設計研究の合理化(新しいアプローチ)
 - ✓ コードV&V*、不確かさ評価
 - ✓ その他(私的感想)
- まとめ

* Verification & Validation

はじめに

マルチフィジックスを含め数値シミュレーション技術は我が国の原子力開発技術の維持、発展において重要であり、自身の業務経験も踏まえ、今後必要とされる課題について考察する

数値シミュレーション技術に求められるもの

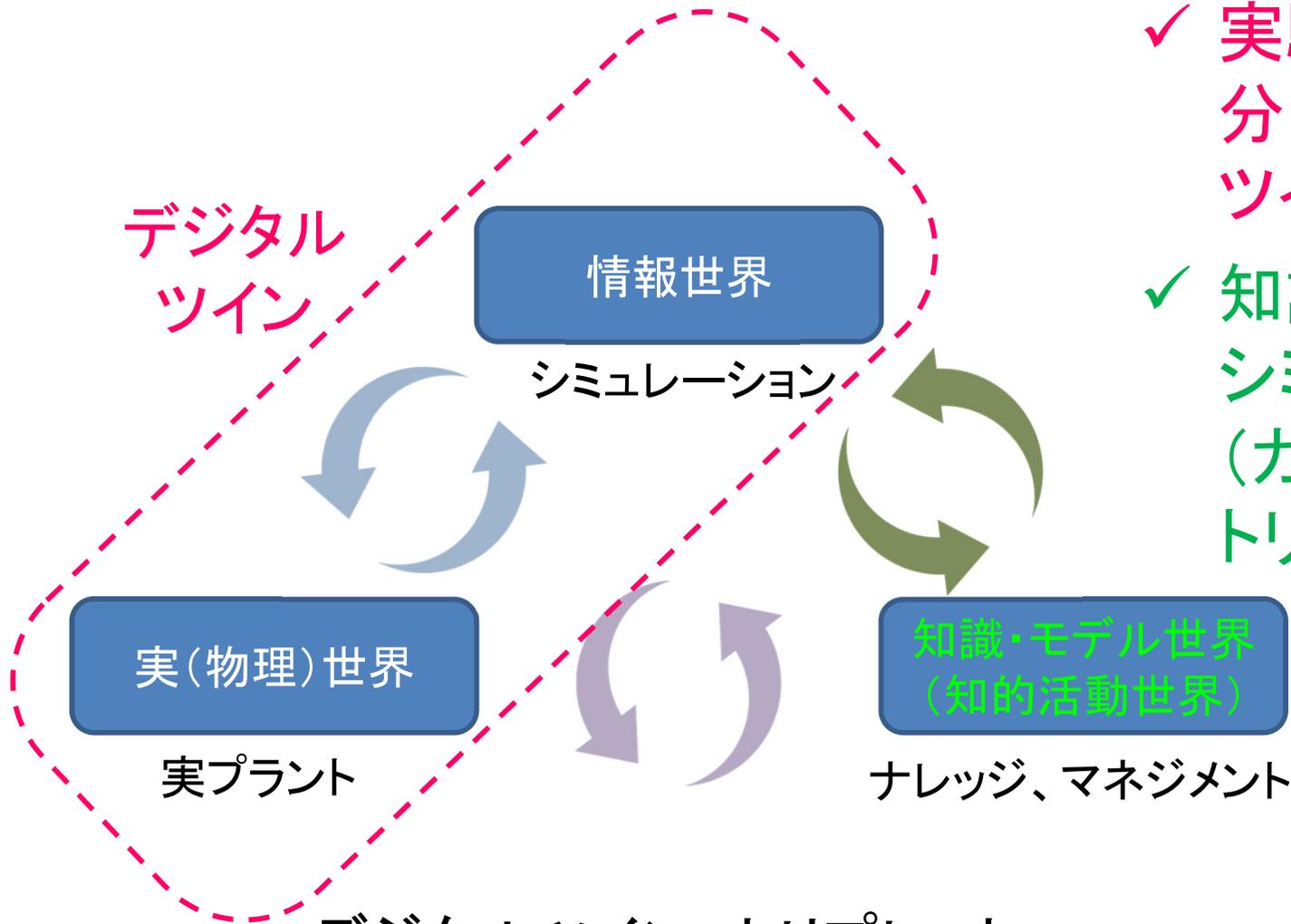
- 設計研究の合理化(新しいアプローチ)
 - ✓ デジタルツイン、デジタルトリプレット
 - ✓ 実験研究との棲み分け(合理化)
(実験研究の排除ではなく、効果的な進め方)
- コードV&V、不確かさ評価
 - ✓ 妥当性確認の定量化(客観性の確保)
 - ✓ 不確かさを考慮した最適評価(BEPU*)、パラメータ間の相関
- その他
 - ✓ 教育用シミュレータ
 - ✓ 既存技術の老朽化

* Best Estimate Plus Uncertainty

設計研究の合理化(新しいアプローチ)

➤ デジタルツイン、デジタルトリプレット

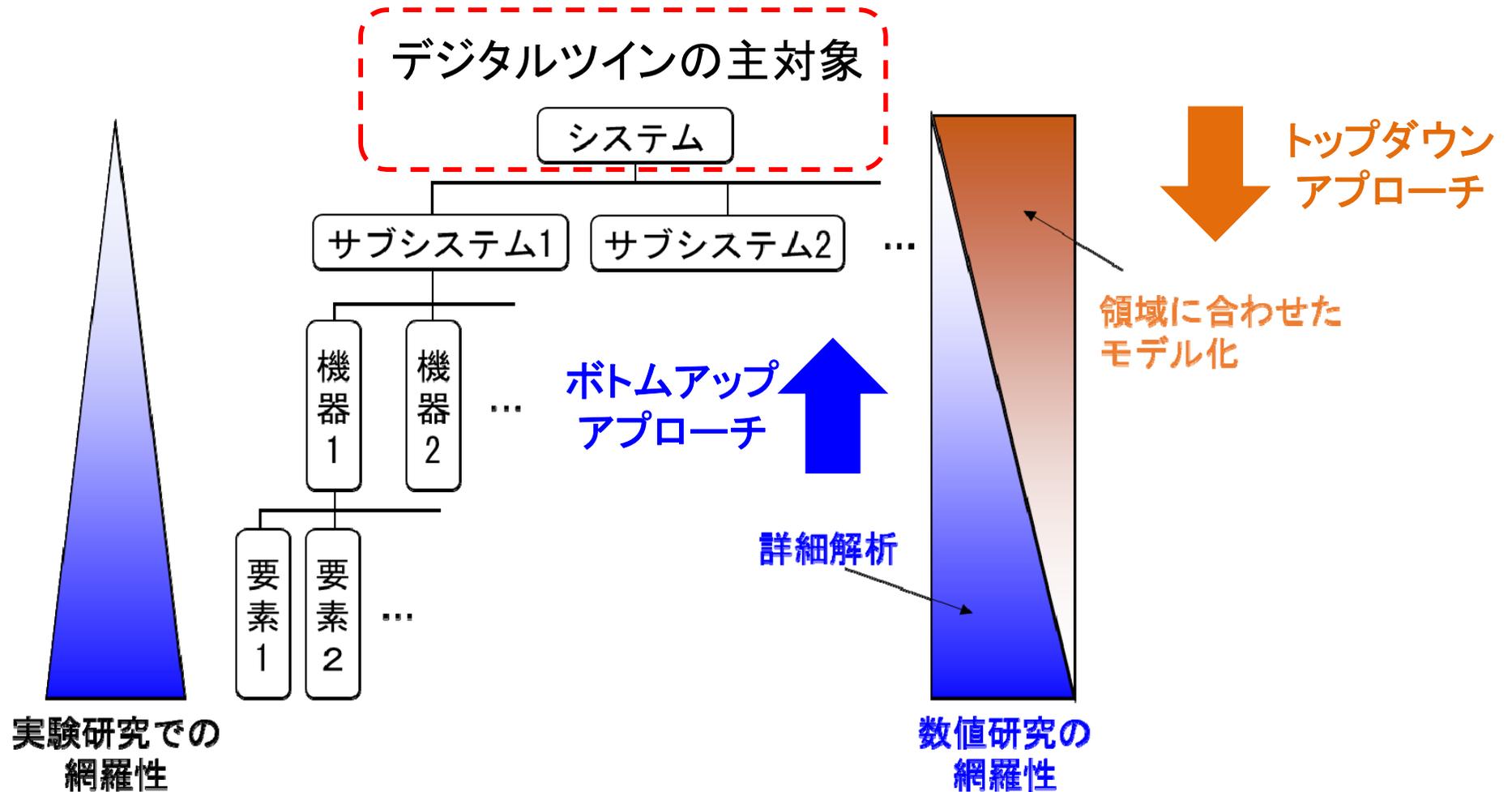
設計段階からの積極的なシミュレーション技術の活用



- ✓ 実験、実プラントとの棲み分け、合理化【デジタルツイン】
- ✓ 知識データ(ナレッジ)とシミュレーションとの融合(カップリング)【デジタルトリプレット】

実験研究との棲み分け(合理化)

シミュレーション技術は、目的に応じたモデル化により、その網羅性がカバー可能



ボトムアップアプローチ

詳細な物理モデル群を融合し、解析対象を拡大させシステム全体を評価(従来のシミュレーション技術の方向性)

- 個々の物理モデル評価手法については国際優位性を確保
- 短期的には社会実装は難しいが、将来技術としての基盤整備は必須



- マルチフィジックスとしての共通基盤(プラットフォーム)整備
- 物理現象で異なるタイムスケールの効果的な融合
- 高性能計算機資源(富岳等)の有効活用
- データ量増大に伴う解析結果の有効活用、可視化

トップダウンアプローチ

システム全体の特性を効率的に評価
(目的に応じた評価レベル)

- 国際的な優位性は低い(例: RELAP5, MAAP, MELCOR)
- リスク評価への適用を含め短期的にも社会実装は重要



- 革新炉も含め、最新知見を踏まえた技術開発
 - ✓ 革新炉に対する確立された技術はなく、国際的貢献は高い
 - ✓ R02年度採択テーマも上記内容
- ボトムアップアプローチとの組み合わせ
- 環境影響*評価等も含めたシステムの拡張

* 事故時の放射性物質の環境への放出、
拡散に伴う周辺への影響の評価。リスク評価上重要

コードV&V

- コード検証 (Verification; solve equation right.)
支配方程式の離散化の過程や誤差チェックが主であり、評価はある程度確立されている
- コード妥当性評価 (Validation; solve right equation.)
目的に応じた支配方程式が用いられているかが主なチェックであり、ベンチマーク、コード間比較が行われる。



妥当性評価は実施者の
主観的判断が主

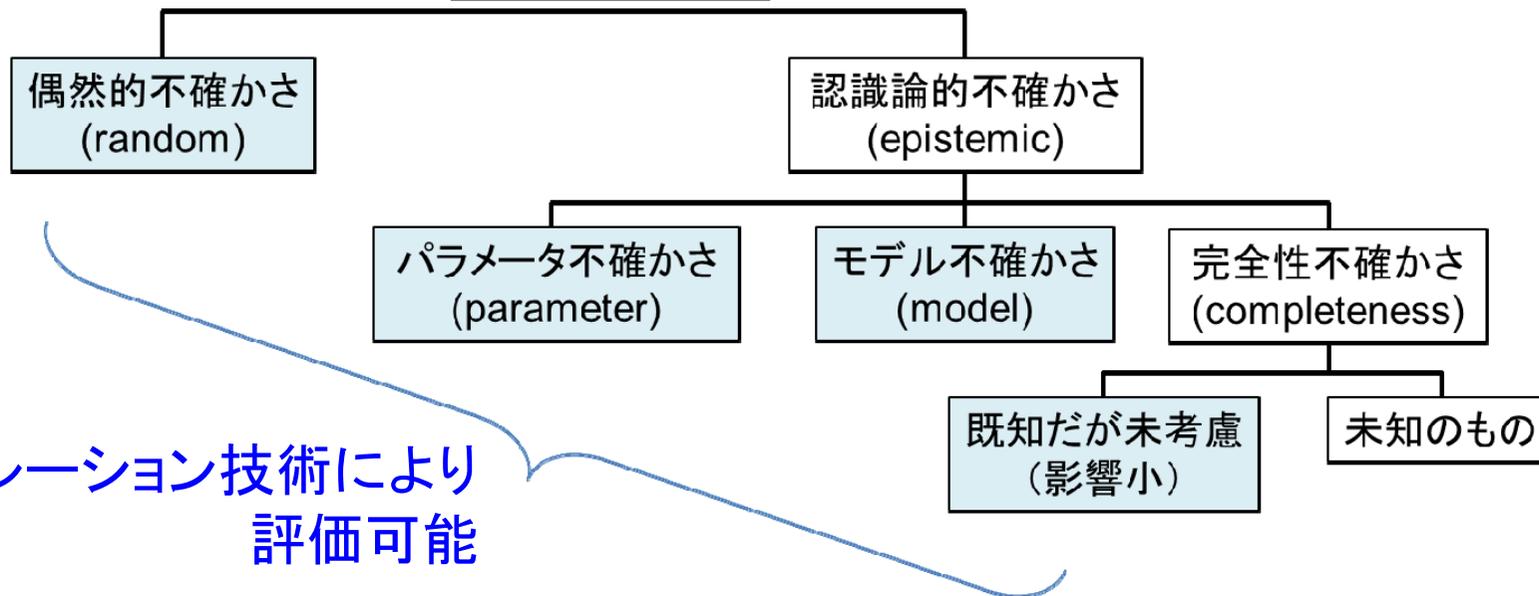
- 妥当性確認の定量化 (客観性の確保)
 - ✓ 客観的妥当性評価指標の確立
 - ✓ 空間的、時間進展的妥当性評価
(実験ではデータが限られている)
 - ✓ スケール効果に関する妥当性評価

不確かさ評価

現象は不確かさを有するものであり、その定量化はリスク評価においても重要で、シミュレーション技術の有効活用の一つ

不確かさの分類*

* NUREG1855より



- 効果的なサンプル数の与え方 (特にボトムアップアプローチ)
- パラメータ間の相互依存の体系化、定量化
- ✓ リスク評価におけるState-of-knowledge correlation (SOKC)とのリンク

その他

直接公募応募テーマとはならないかもしれないが、関連業務の関係から気になっているもの

➤ 教育用シミュレータ

- ✓ 訓練用は電力事業者を含め充実
- ✓ 教育用については国内で確たるものが見当たらない
 - IAEAではPCTRAN等の教育、訓練用シミュレータが開発されている
 - 個別大学での開発例は見受けられるが人材育成の観点からも共同利用可能なシミュレータの開発は有効

➤ 既存技術の老朽化

- ✓ JAEA高速炉分野での主要なツールは開発時期が古い
- ✓ 最新知見も含め新規ツールの開発が技術伝承の観点からも有効

まとめ

マルチフィジックスを含め、数値シミュレーション技術の今後の課題について考察した

- ✓ 設計研究の合理化(新しいアプローチとしてのデジタルツイン、デジタルトリプレット)
- ✓ 数値シミュレーション技術としてのボトムアップ、トップダウンアプローチ
- ✓ 妥当性評価(コードV&V)、不確かさ評価

本公募を活用した様々な数値シミュレーション技術の開発、高度化、将来的な社会実装が望まれる

ご静聴、ありがとうございました