



V&Vはなんのために

(復習、予備知識)

清水建設 技術研究所
櫻井英行

-1-

V&Vの二つの流れ

モデルV&V(本質的)

- ・実現象に対するモデルの信頼性確立
- ・正確度の要件を満足していることの確認
- ・ASME V&Vシリーズ, NASA Standard

品質V&V(業務的)

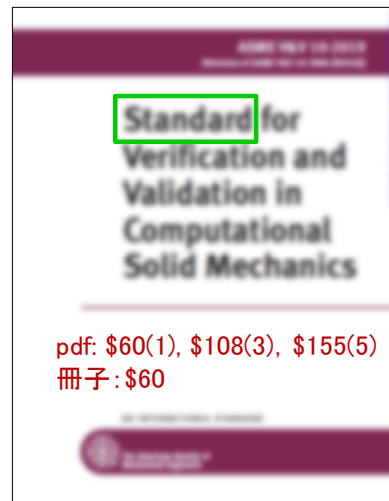
- ・顧客への品質保証(ISO9001)
- ・要求事項を満足していることの確認
- ・日本計算工学会標準, 英NAFEMS



-2-



ASME V&V 10-2019

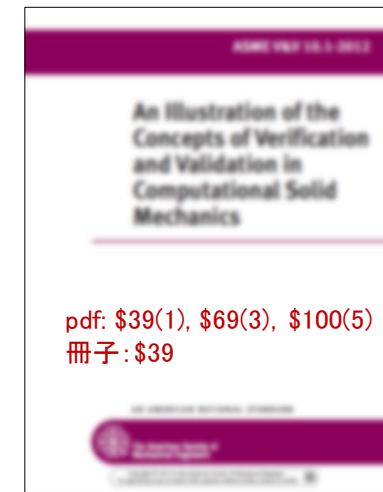


V&Vの
基本理念
数式なし

-3-



ASME V&V 10.1-2012



pdf: \$39(1), \$69(3), \$100(5)
冊子: \$39

ASME V&V シリーズ

ASME V&V 10-2006: **Standard** for V&V in *Computational Solid Mechanics*

ASME V&V 10.1-2012: An **Illustration** of the Concepts of V&V in *Computational Solid Mechanics*

ASME V&V 10.2~10.x-Draft: V&V 10の解説書

ASME V&V 20-2009: **Standard** for V&V in *Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer*

ASME V&V 20.1~20.2-Draft: V&V 20の補足

ASME V&V 30-Draft: **Standard** for V&V of System Analysis and Computational Fluid Dynamics Software for *Nuclear Applications*

ASME V&V 40: **Assessing Credibility** of Computational Modeling and Simulation Results through V&V : Application to Medical Devices *Medical Devices*

V&V 50: V&V of Computational Modeling for *Advanced Manufacturing*

V&V 60: V&V of Computational Modeling in *Energy Systems*

-5-

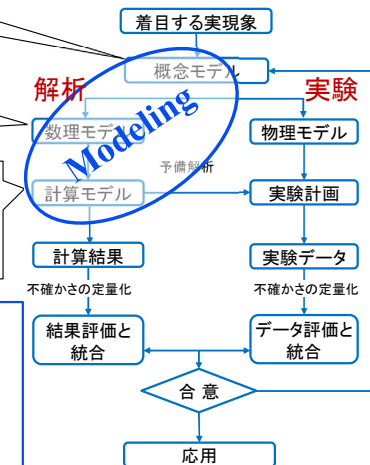
Modeling モデル化

概念モデル(Conceptual model)
重要な物理過程、仮定、着目する物理量

数理モデル(Mathematical model)
微分方程式、境界・初期条件、荷重、構成式(応力-歪み関係)など

計算モデル(Computational model)
FEMや差分法等による離散化とプログラム開発、コンピュータへの実装。(商用ソフトと解析オプション等の選択)

1. 着目する実現象
2. **Intended Use of Model**
所期の利用目的
3. 着目する応答値
4. 正確度の要件



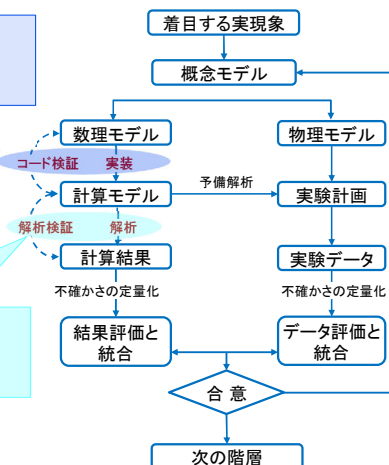
Verifications 二つの検証

コード検証(Code verification)

- ・解析ソフトの誤りの除去
- ・コードの性能・特徴の把握

解析検証(Calculation verification)

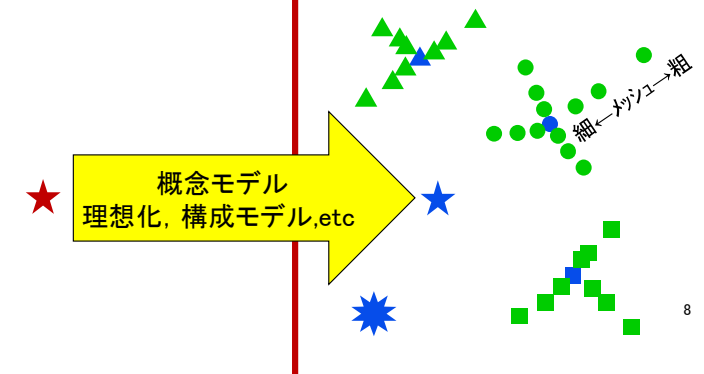
- ・入出力データの確認
- ・数値誤差の推定



Code verification コード検証

Reality of Interest
着目する 実現象

数理モデル 微分方程式, 構成式, etc
計算モデル



コード検証

プログラムに誤りがないこと
格子収束性と正確度の確認

支配方程式 $L(u)=0$

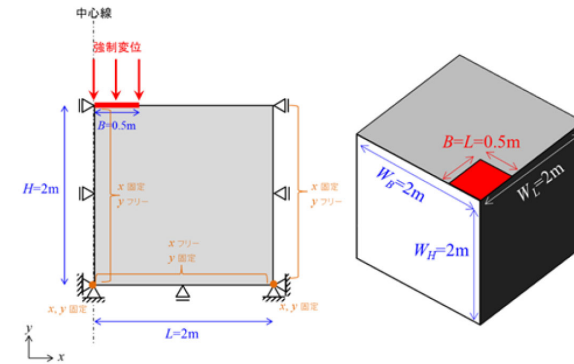
創成解 $u_m \rightarrow L(u_m)=f_m$

新問題 $L(u)=f_m \rightarrow \text{FEM} \rightarrow u_{\text{FEM}} \text{ vs. } u_m$

理論解 創成解

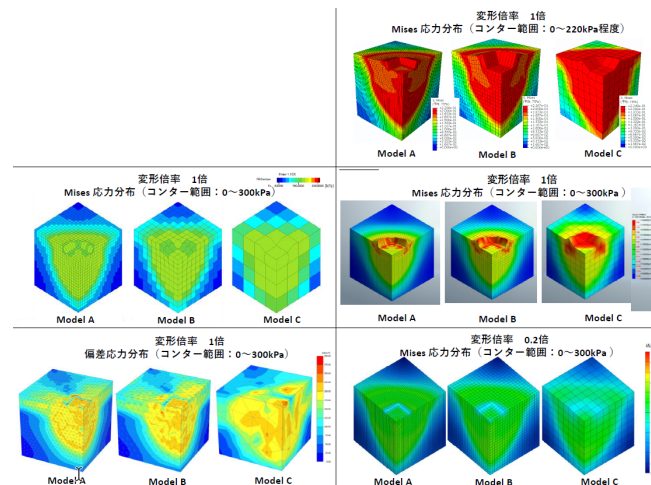
Code-to-Code照査

Code-to-Code照査 地盤支持力問題



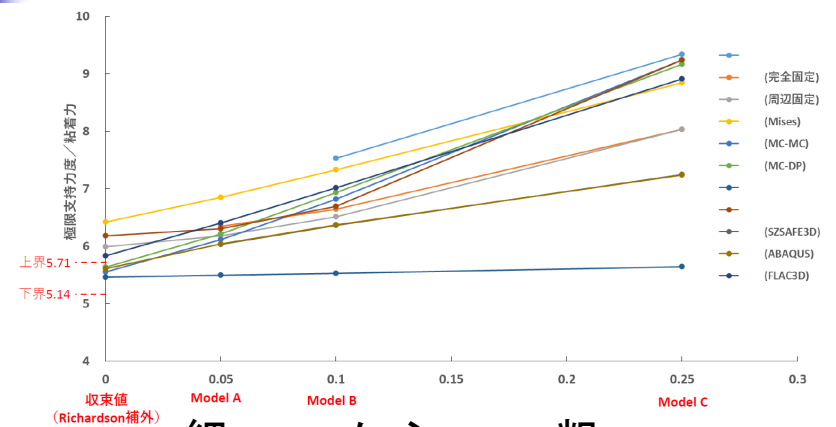
10

Code-to-Code照査



11

要素サイズ収束性



細 ← メッシュ → 粗

12

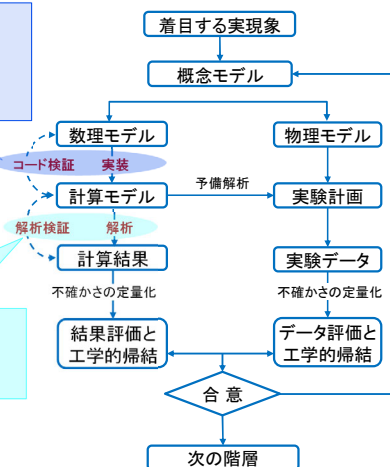
Calculation Verification 解析検証

コード検証 (Code verification)

- ・解析ソフトの誤りの除去
- ・格子収束性と精度確認
- ↑ 古典的理論解／創成解

解析検証 (Calculation verification)

入出力データの確認.....
数値誤差の推定

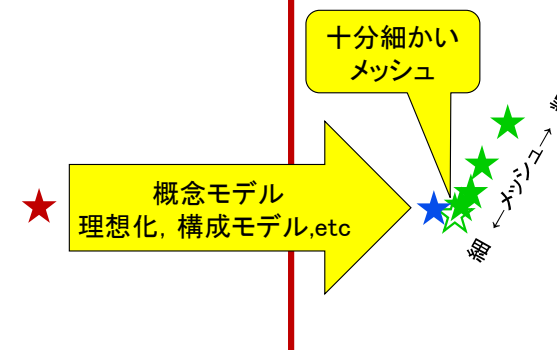


Calculation Verification 解析検証

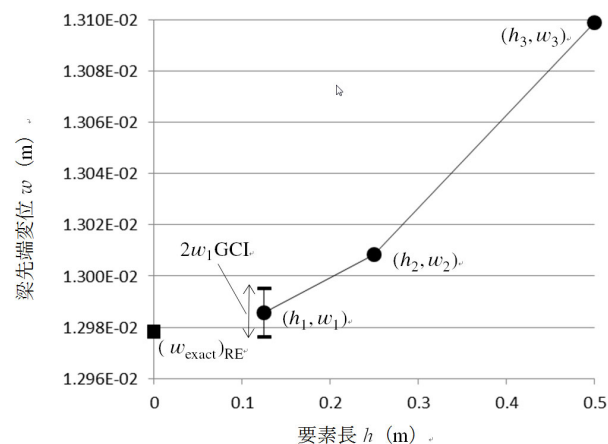
Reality of Interest
着目する 実現象

数理モデル

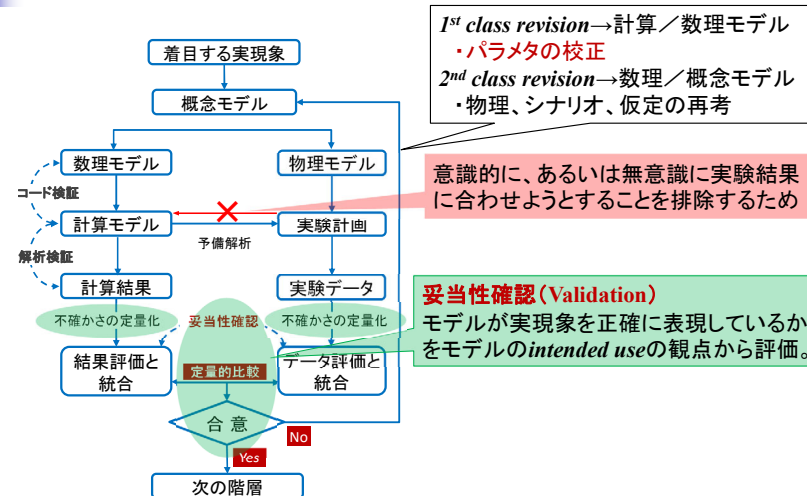
計算モデル



GCI 格子収束指標



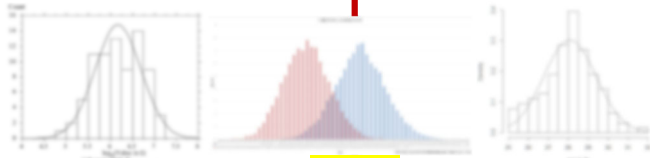
UQ Validation 不確かさの定量化 妥当性確認



Uncertainty Quantification *UQ*

Reality of Interest
着目する実現象

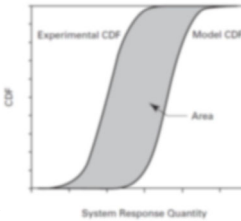
数理モデル
計算モデル



誤差



妥当性確認→予測性能



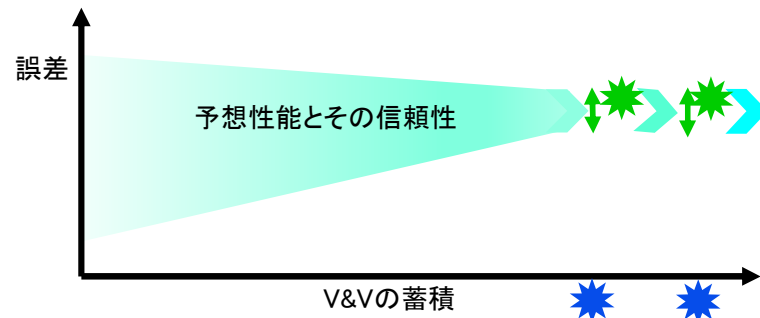
$$M^{SRQ} = \frac{1}{|W^{exp}|} \int_{-\infty}^{\infty} |F_{w^{mod}}(y) - F_{w^{exp}}(y)| dy$$



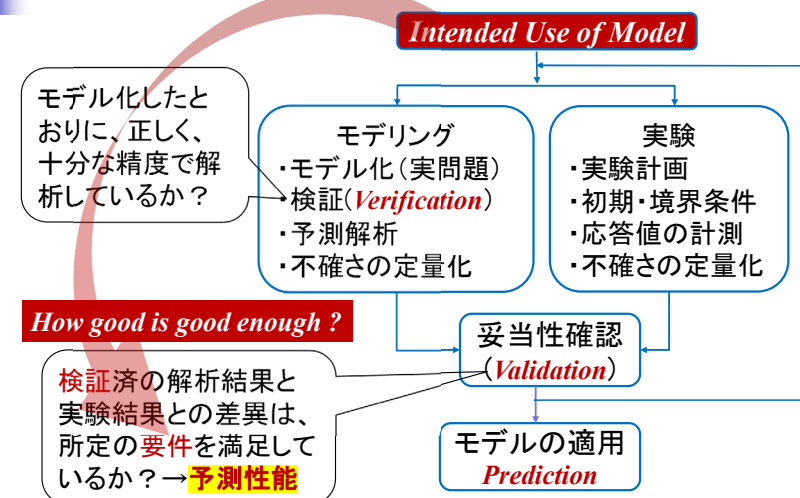
V&Vはなんのために

妥当性確認ができない問題はどうするんだ！

そのためのV&V



ASME V&V10の考え方



つくりたいもの

レシピ

つくったもの

-21-

コンクリート工学誌 Vol.56, No.9 (2018年9月号)
「構造革新に向けたV & Vとトポロジー最適化の試行」

コンクリート工学誌 Vol. 59, No.11 (2021年11月号)
「食べてみなければ分からない」

機械学会誌 Vol.123, No. 1222 (2020年9月号)
「特集 V&V—シミュレーションの信頼性確保のために—」

2/4：地盤・構造物の非線形解析法の検証と妥当性確認の方法 -ガイドラインとその実践事例- (1/22ページ切)

6/1-6/3：第27回計算工学講演会 (2/3要旨ページ切)

地盤・構造物の非線形解析法の検証と妥当性確認の方法
-ガイドラインとその実践事例-
に関する報告会

日時：2月4日(金) 9:20～17:00
会場：Zoom
参加費：6,200円 (テキスト代含む)
申し込み締め切り：1月22日(土)

地震工学委員会
地盤・構造物の非線形地震応答解析法の妥当性確認/検証方法の
体系化に関する研究小委員会

応用力学委員会
土木分野の数値解析におけるV&Vに関する小委員会

第27回計算工学講演会 @秋田+オンライン

会期：6月1日(水) - 6月3日(金)
講演申込：4月14日 - 2月3日(木) 200字の要旨
論文投稿：4月1日(金)
参加費：14,000円(土木学会委員) 12,000円(正会員)

OS

シミュレーションの品質保証とV&V、UQ
マルチステージ破壊シミュレーション
社会・環境・防災シミュレーション
地盤力学における数値解析
高性能計算とその産業応用：自動車・土木・建築・航空, etc.
き裂・き裂進展解析や構造健全性評価に関する数値解析
深層学習、機械学習と計算工学

・
・
・