

研究背景

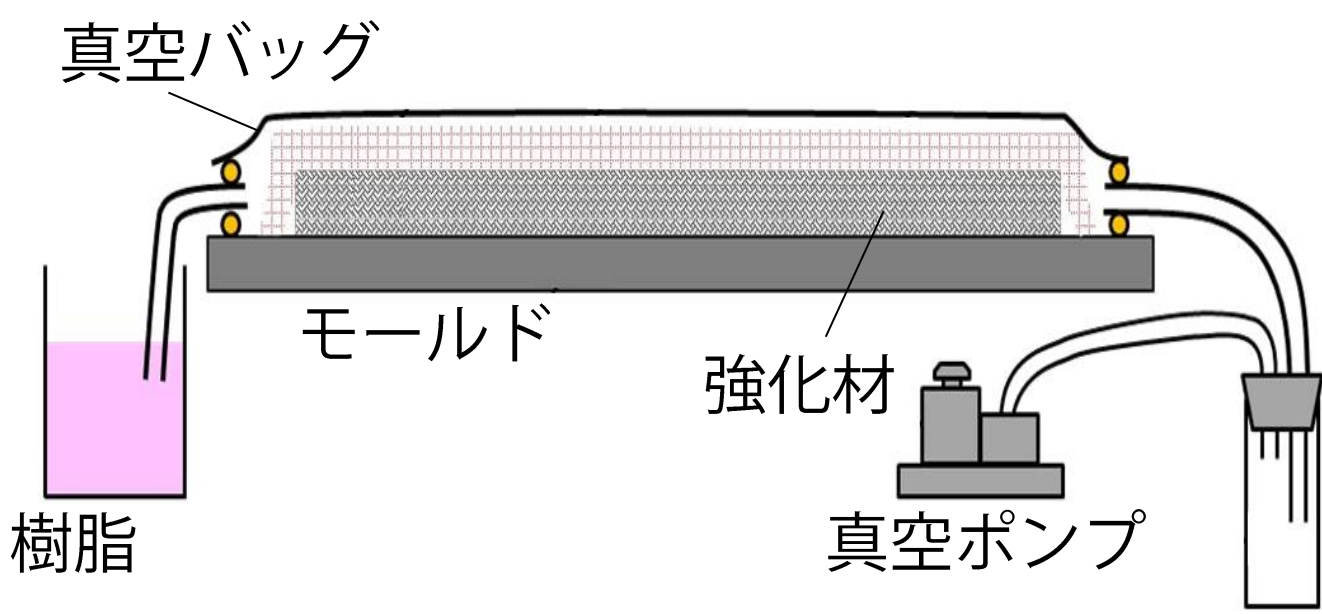
Vacuum assisted Resin Transfer Molding (VaRTM)

繊維強化プラスチック (FRP) の成形方法

- ✓ 低コスト

✓ 高生産性

✓ 高ドレープ性



➤ 成形不良の発生



フローモニタリングが必要

➤ 既存のフローモニタリング手法

● 二次元

✗ 三次元

研究目的

三次元的なフローモニタリング手法の提案

提案手法



➤ 数値シミュレーション

- ✓ Darcy則

✓ 連続の式

✓ 浸透係数

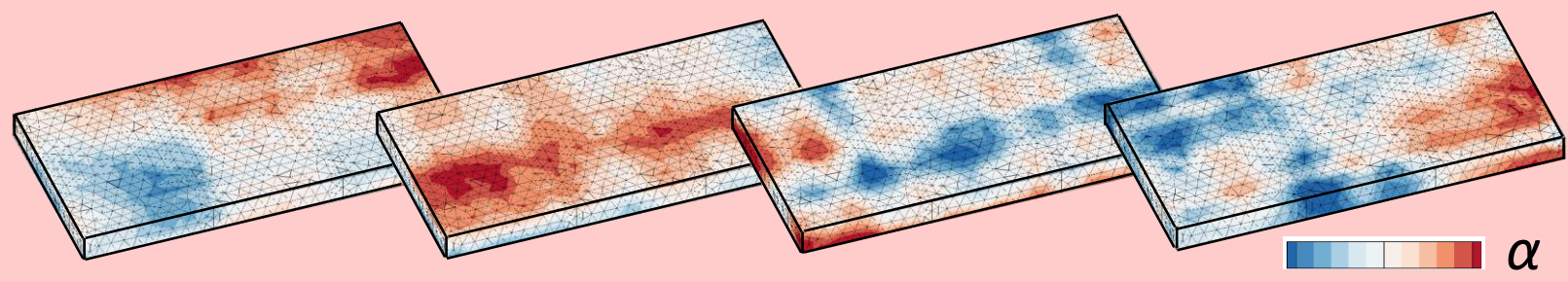
$$\mathbf{u} = -\frac{\mathbf{K}}{\phi\mu}(\nabla P - \rho\mathbf{g})$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

$$\mathbf{K}(\mathbf{x}) = \mathbf{K}(\alpha(\mathbf{x}))$$

確率変数

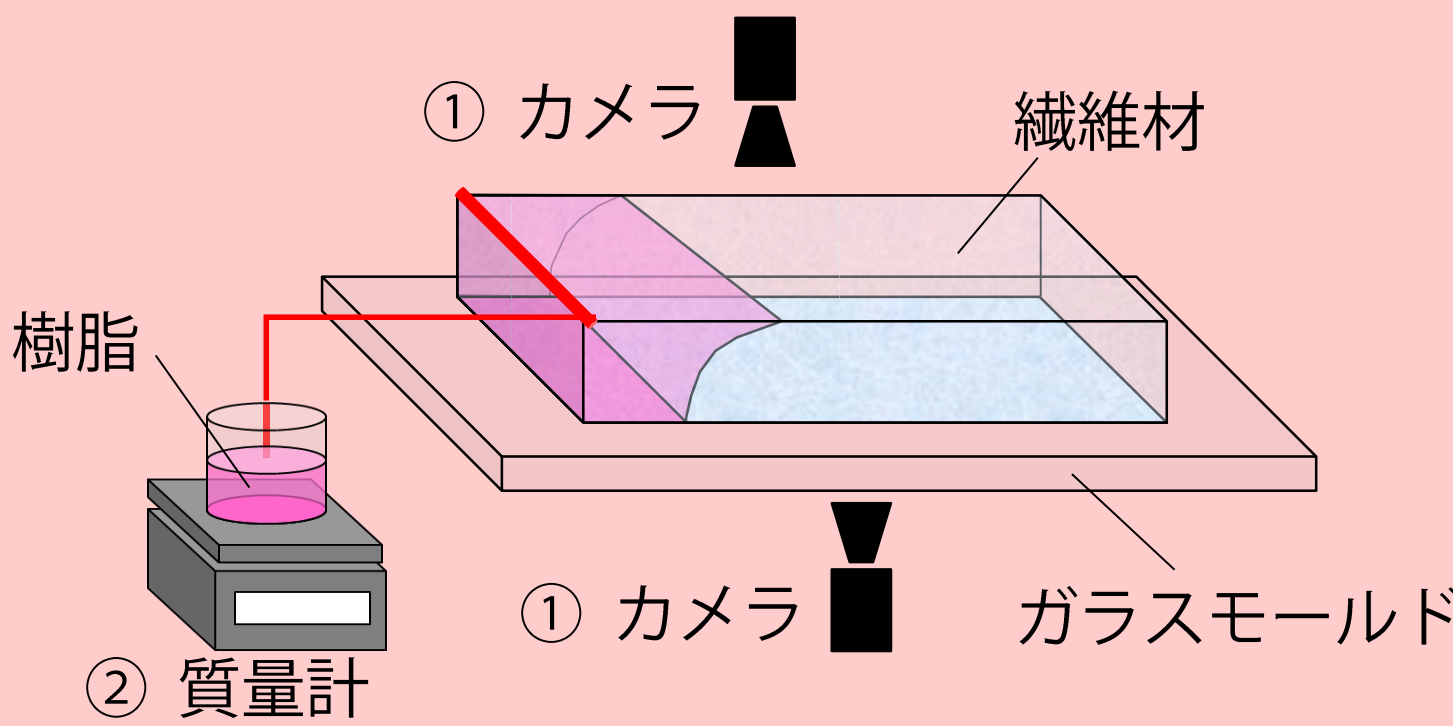
▷ 不確実性不均一性



➤ 樹脂含浸挙動測定

- ① 樹脂含浸距離

② 樹脂質量減少量 を測定



➤ データ同化

- ✓ シミュレーションによる観測データの補間

✓ 観測値による数理モデルの修正

✓ Four-dimensional asynchronous ensemble square root filter (4DEnSRF) の実装

平均部分

$$\bar{\mathbf{x}}_t^{est} = \bar{\mathbf{x}}_t^f + \mathbf{G}_t(\mathbf{y}_t - \mathbf{H}_t\bar{\mathbf{x}}_t^{f(l)})$$

摂動部分

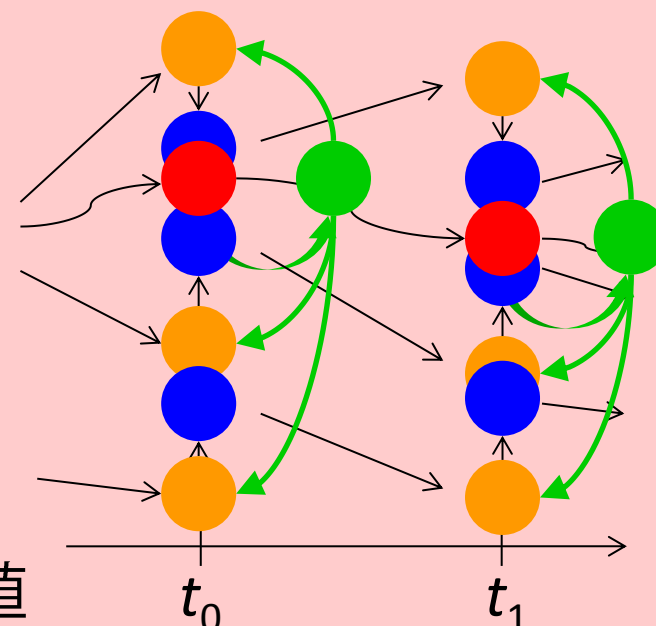
$$\delta\mathbf{X}_t' = -\mathbf{c}_t^* \mathbf{G}_t \mathbf{H}_t \mathbf{X}_t'^f$$

● 真値

● 予測値

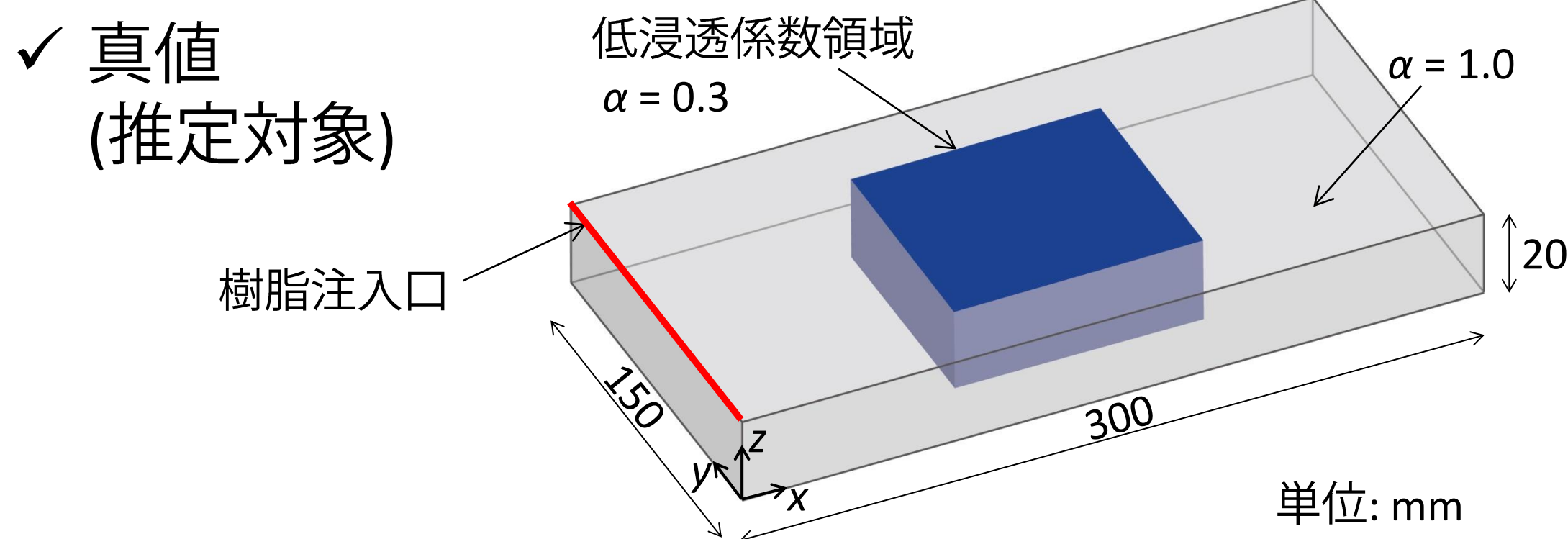
● 解析値

● 観測値



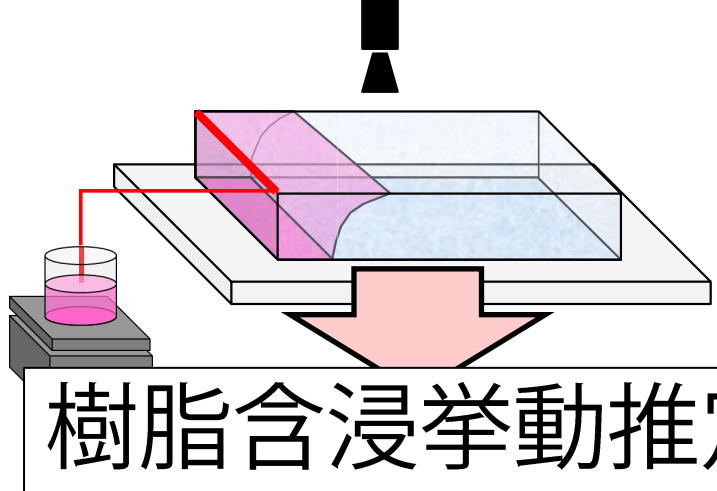
数値実験による検証

➤ 数値シミュレーションで実験を模擬



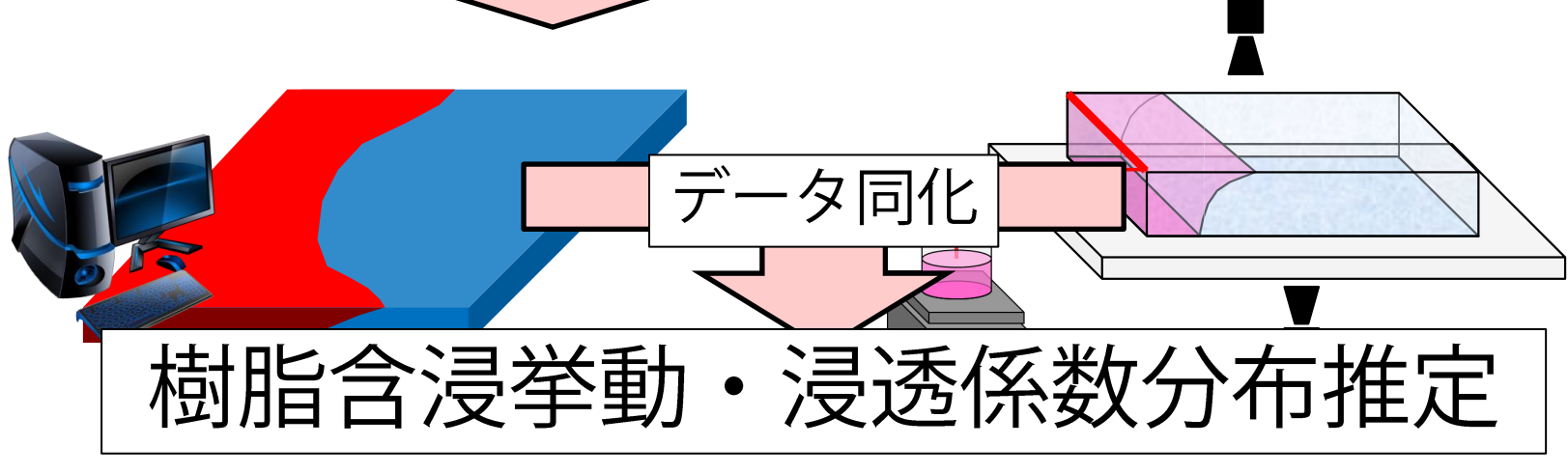
➤ 真値の樹脂含浸挙動の推定

- ✓ 従来手法 (Tikhonovの正則化法)

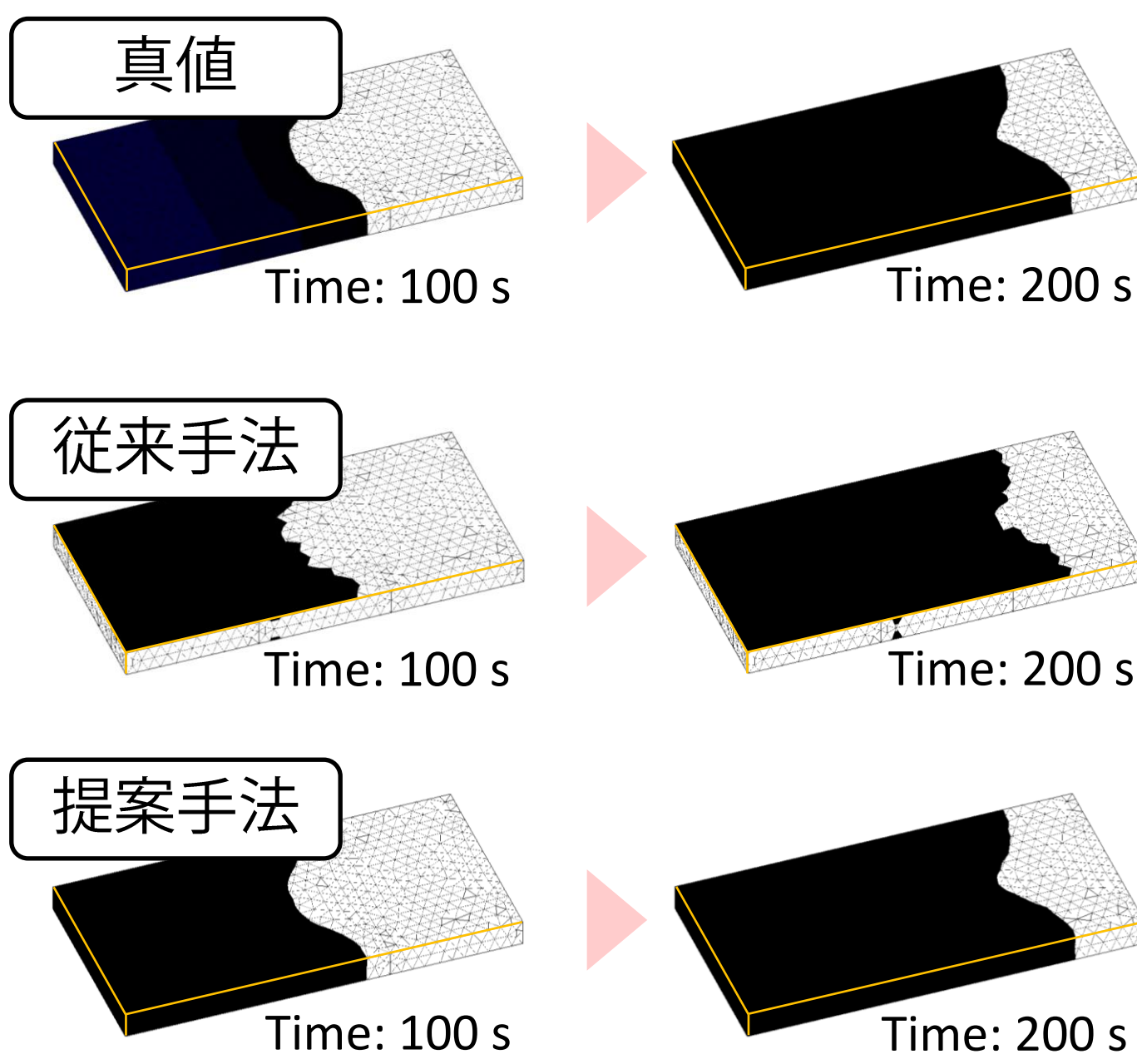


比較

- ✓ 提案手法 (4DEnSRF)

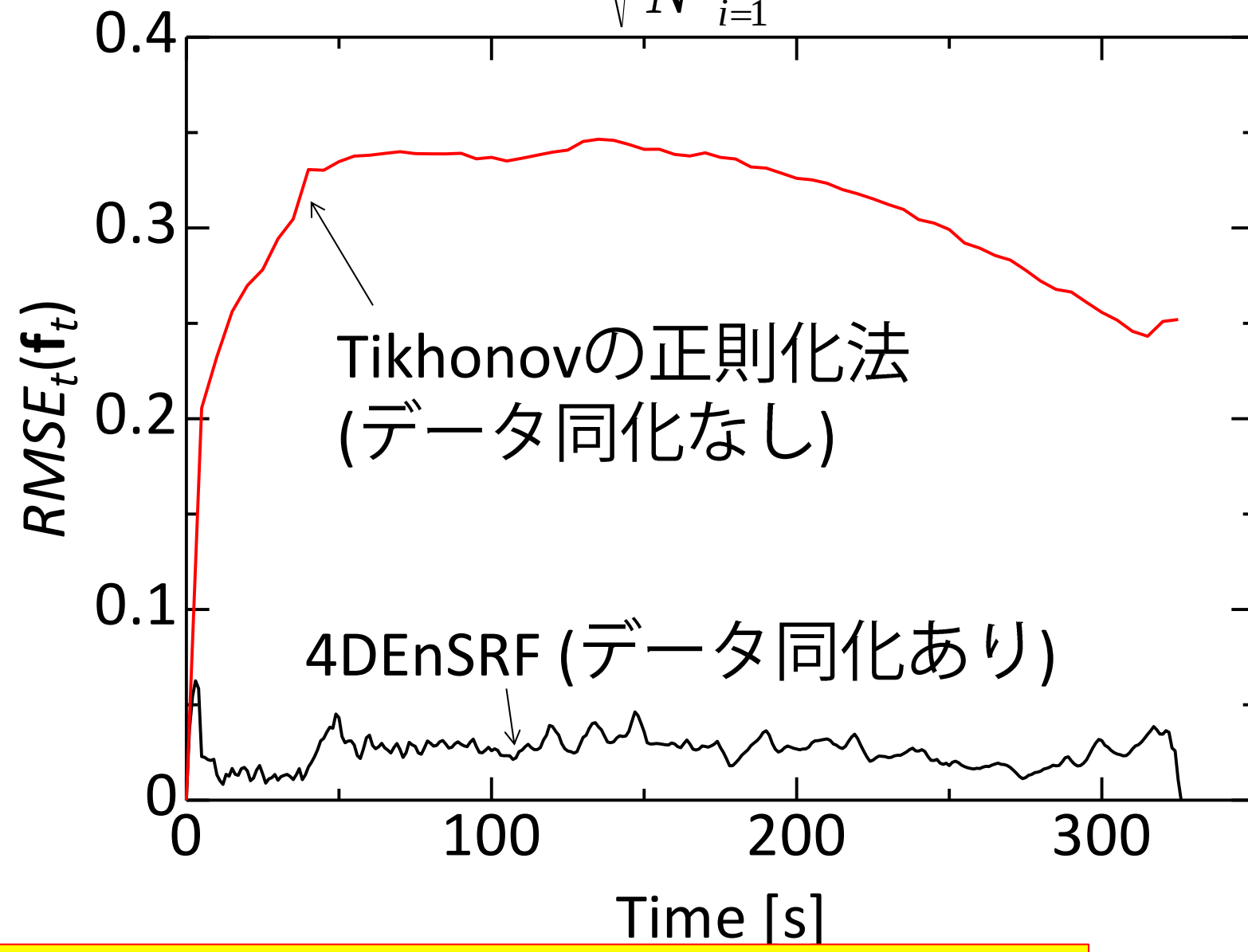


➤ 樹脂含浸挙動推定結果



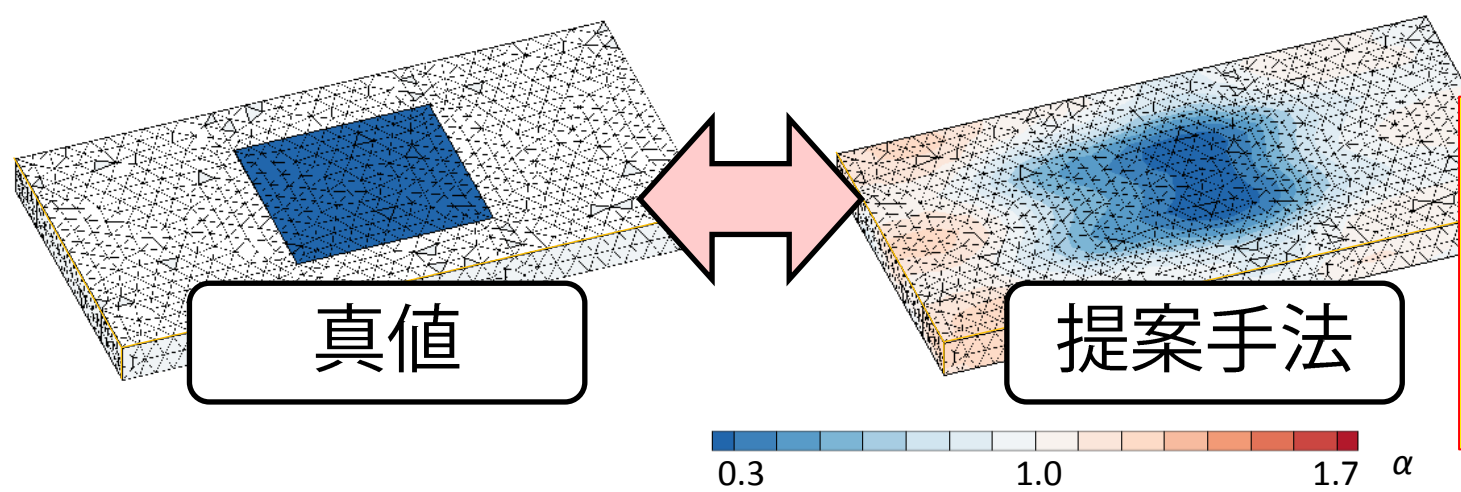
✓ 含浸度 (樹脂含浸挙動) の推定誤差

$$RMSE_t(\mathbf{f}_t) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{f_i^{true}(t) - f_i^{est}(t)\}^2}$$



データ同化により含浸挙動の誤差を低減

➤ 浸透係数分布推定結果 (従来のフローモニタリングでは推定困難)



推定困難な浸透係数分布も推定可能