

大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

発電用プラント配管における溶接熱影響部の余寿命推定に関する検討

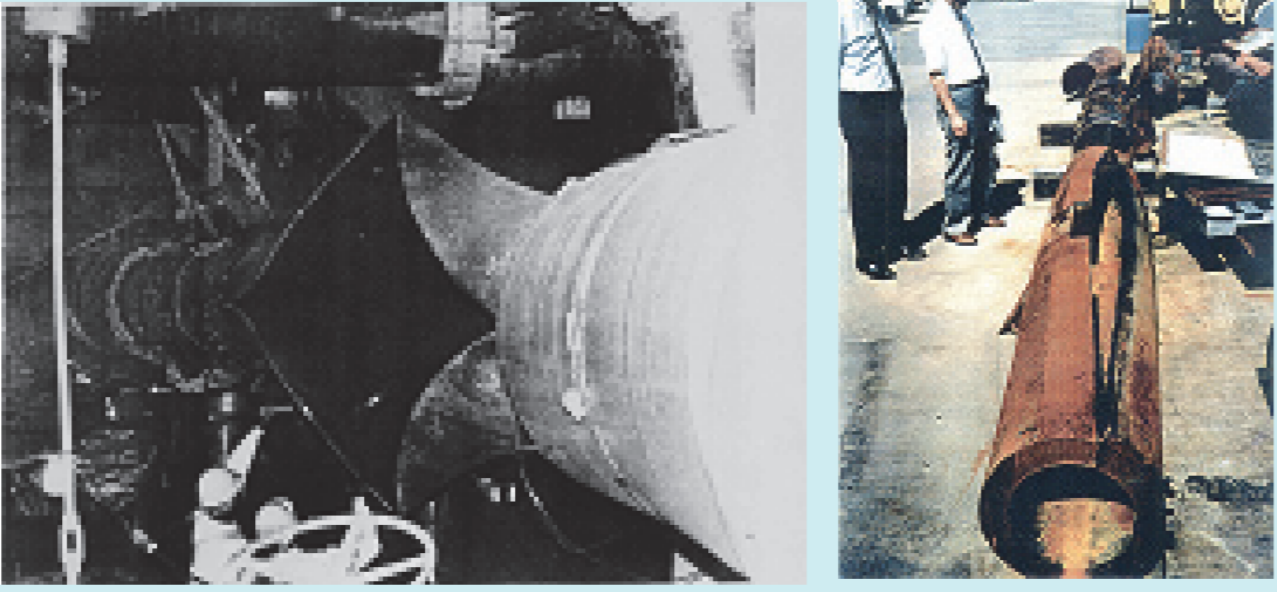
大阪公立大学
中国電力株式会社
東京理科大学

山内 悠暉, 木谷 悠二, 市川 亮大, 生島 一樹, 柴原 正和
西田 秀高
荒井 正行

研究背景・目的

火力発電
調整のために起動・停止を繰り返す
配管に作用する荷重の変化が損傷につながる

米国 Mohave 2号高温再熱蒸気管 (1985年事故)



米国 Mount Storm 1号主蒸気管 (1992年事故)

坂田 文裕ら, クリープ損傷により劣化した大径管溶接部を現場で延命化させるための再生熱処理技術, 三菱重工技報 Vol.46 No.2 (2009) 発電技術特集, P61

溶接熱影響部を中心に配管全体の損傷状態を知る必要

現状: 計測結果を完全に再現できない→実現と乖離

配管の状態を精度良く再現する方法の確立が急務

本研究の目的

変動する荷重を受ける配管の損傷状態を再現できるデジタルツインシステムの開発

デジタルツイン技術の活用

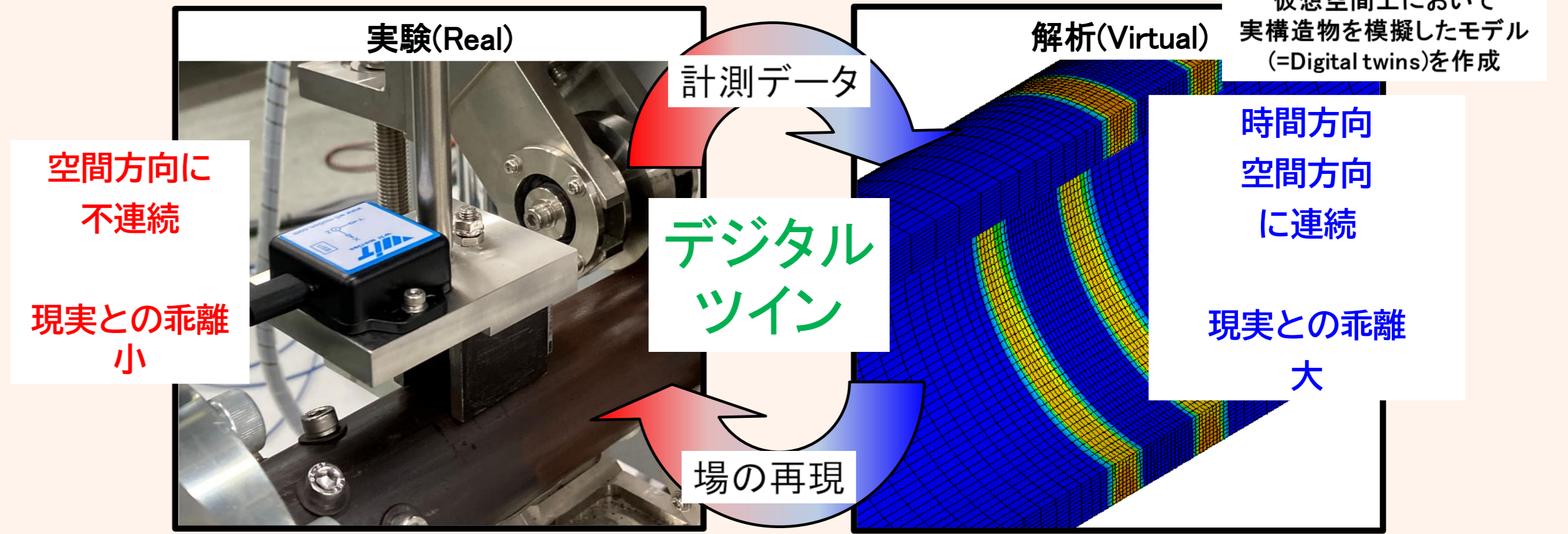
配管の内部状態を知る

変位・温度・ひずみ
各種計測データ

シミュレーション上で
力学場の再現

発電プラントの保全

- ・ハザードマップの作成
- ・余寿命の推定
- ・メンテナンス時期の予測

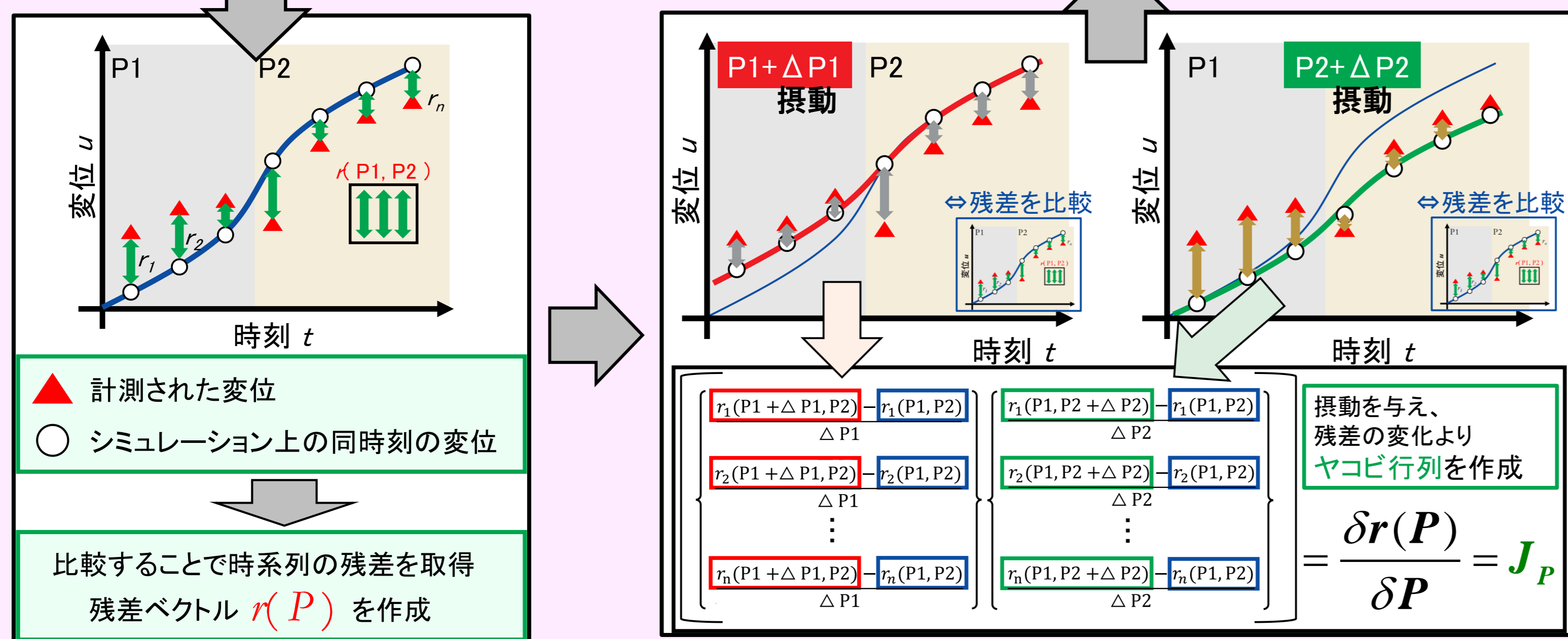


デジタルツイン技術を発電プラントの保全に応用する

提案手法

求めたヤコビ行列によって全てのパラメータを更新

$$P^{new} = P^{old} - (J_P^T J_P)^{-1} J_P^T r(P^{old})$$



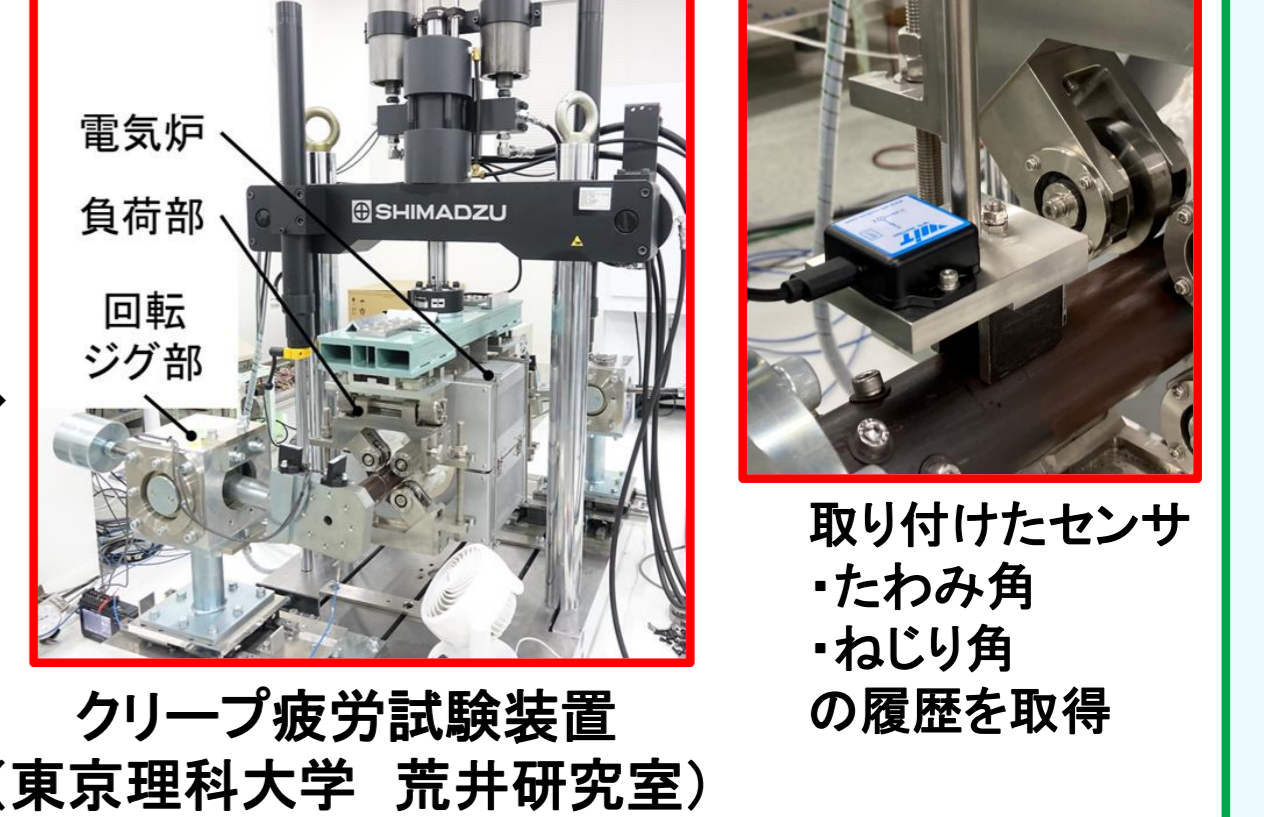
本研究: 変位と荷重(2種類)による場

残差が小さくなるまで繰り返す → 変位 u の時刻歴データ → 変動前荷重 P_1 推定を通じて 変動後荷重 P_2 → 力学場の再現

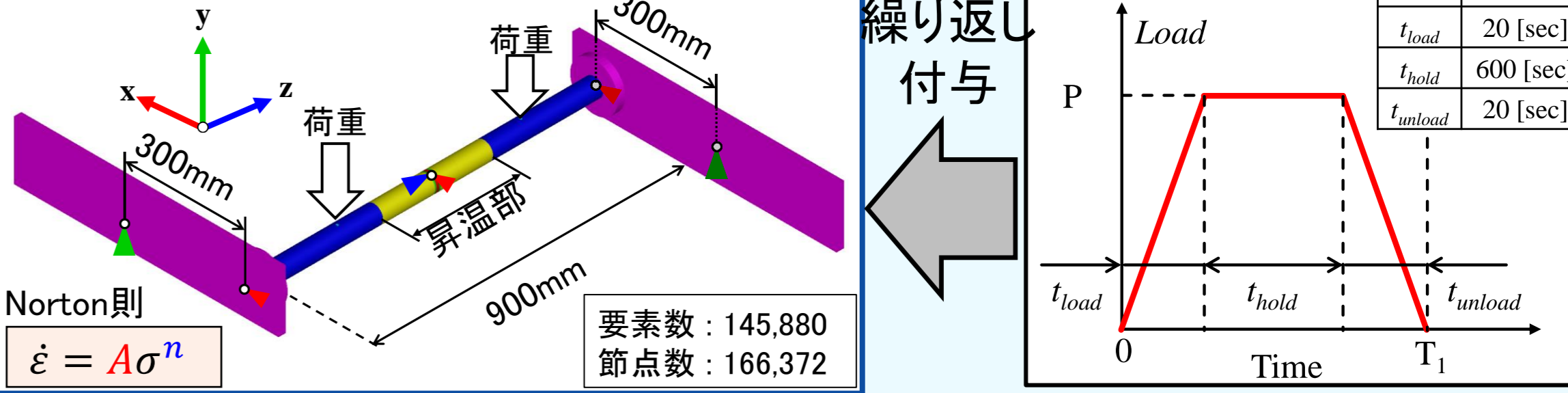
高温配管への適用

適用対象について

発電プラントの実機配管は数百mに及ぶ
全体配管の一部を実験室レベルでモデル化



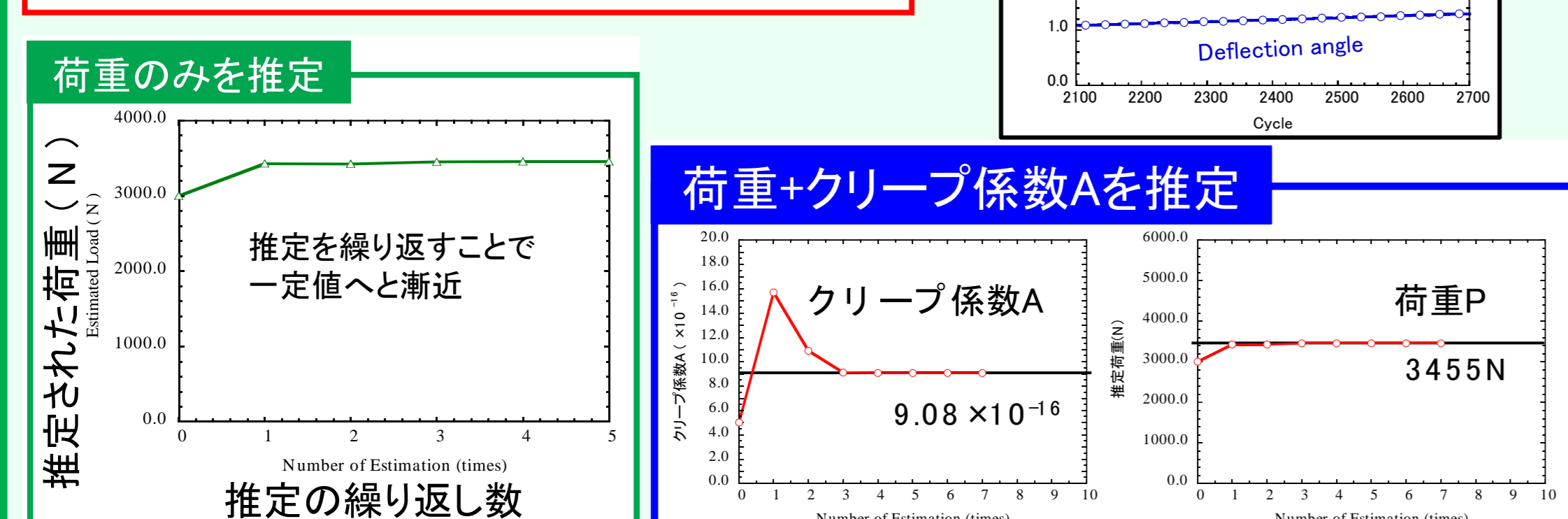
有限要素モデル



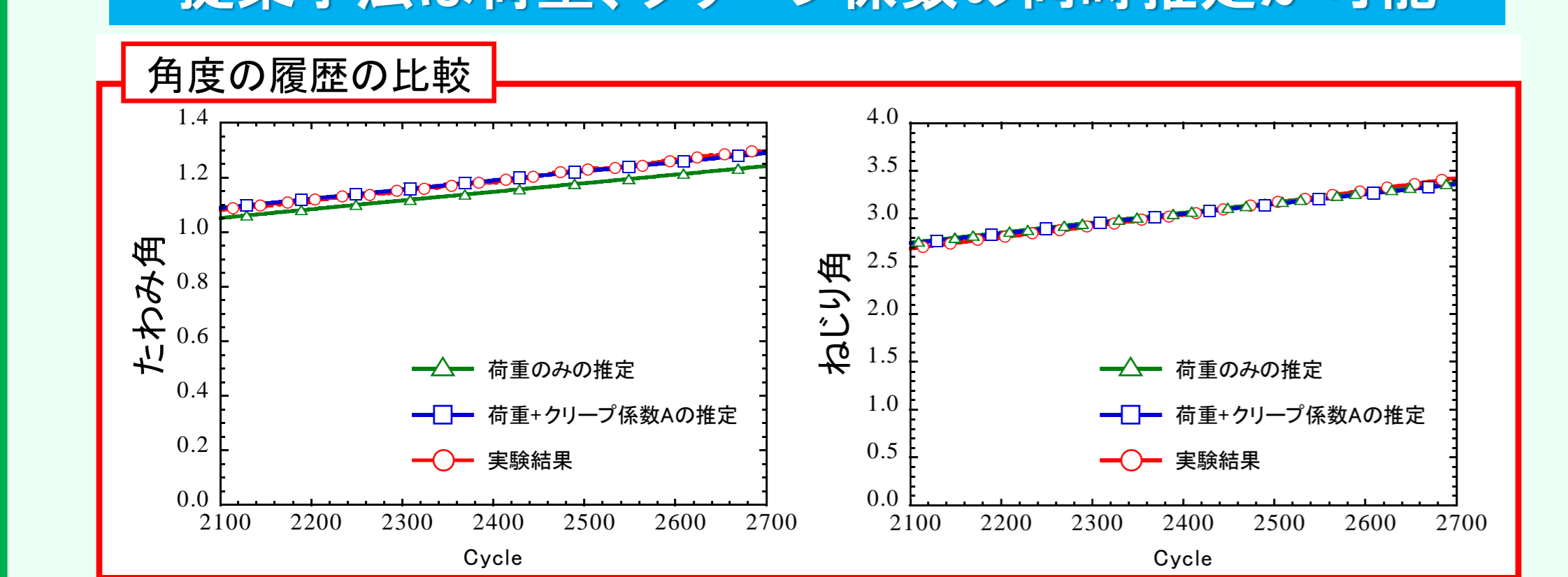
一定荷重・変動荷重のそれぞれで計測データ・たわみ角・ねじり角の履歴を得る → 提案手法を用い・作用する荷重・クリープ係数を推定 → 配管内の応力場・変位場の再現

提案手法の妥当性の検証: 一定荷重の場合

提案したデジタルツインシステムを用いて
・荷重
・クリープ係数
の同時推定が可能かどうかを検証する



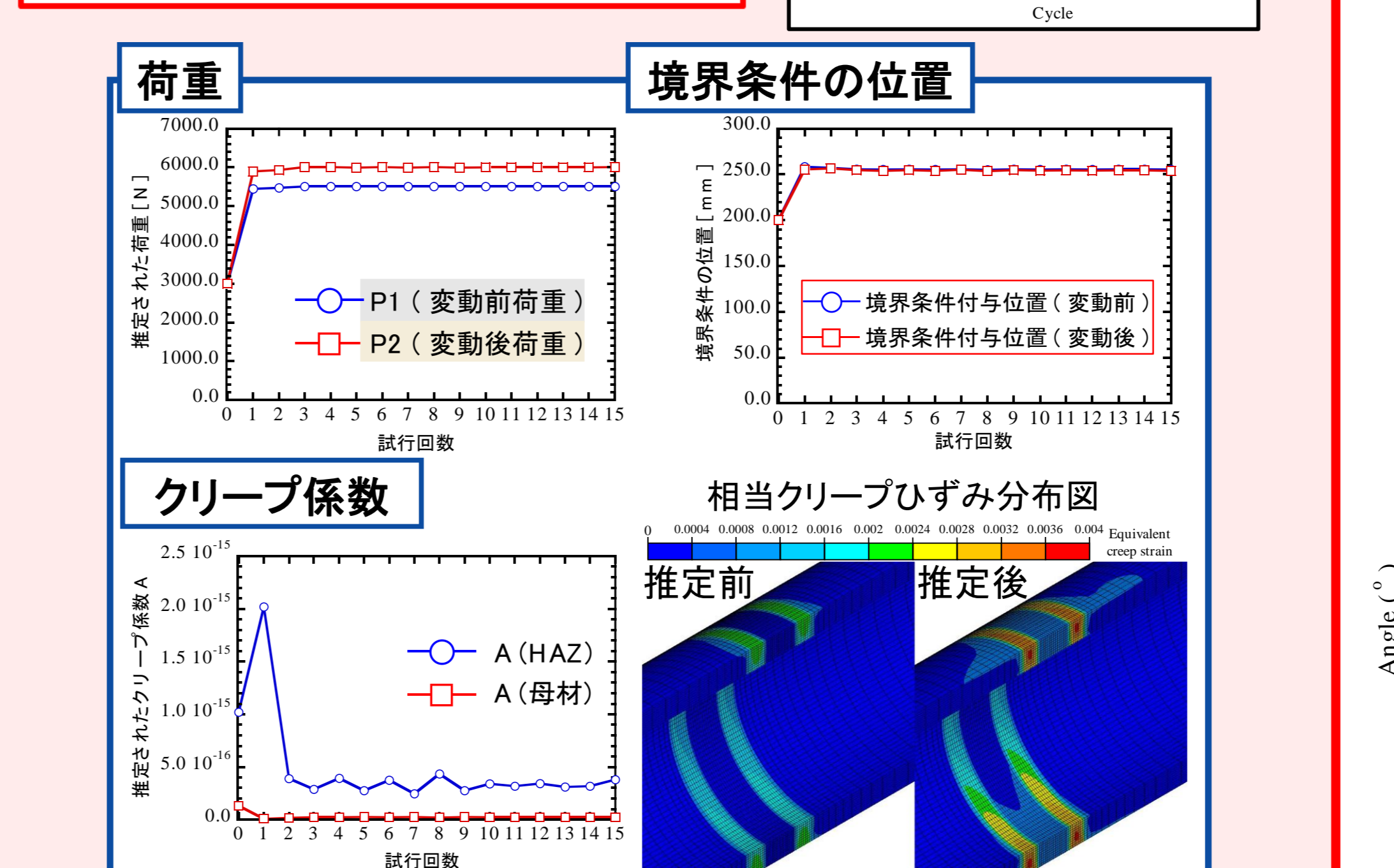
提案手法は荷重、クリープ係数の同時推定が可能



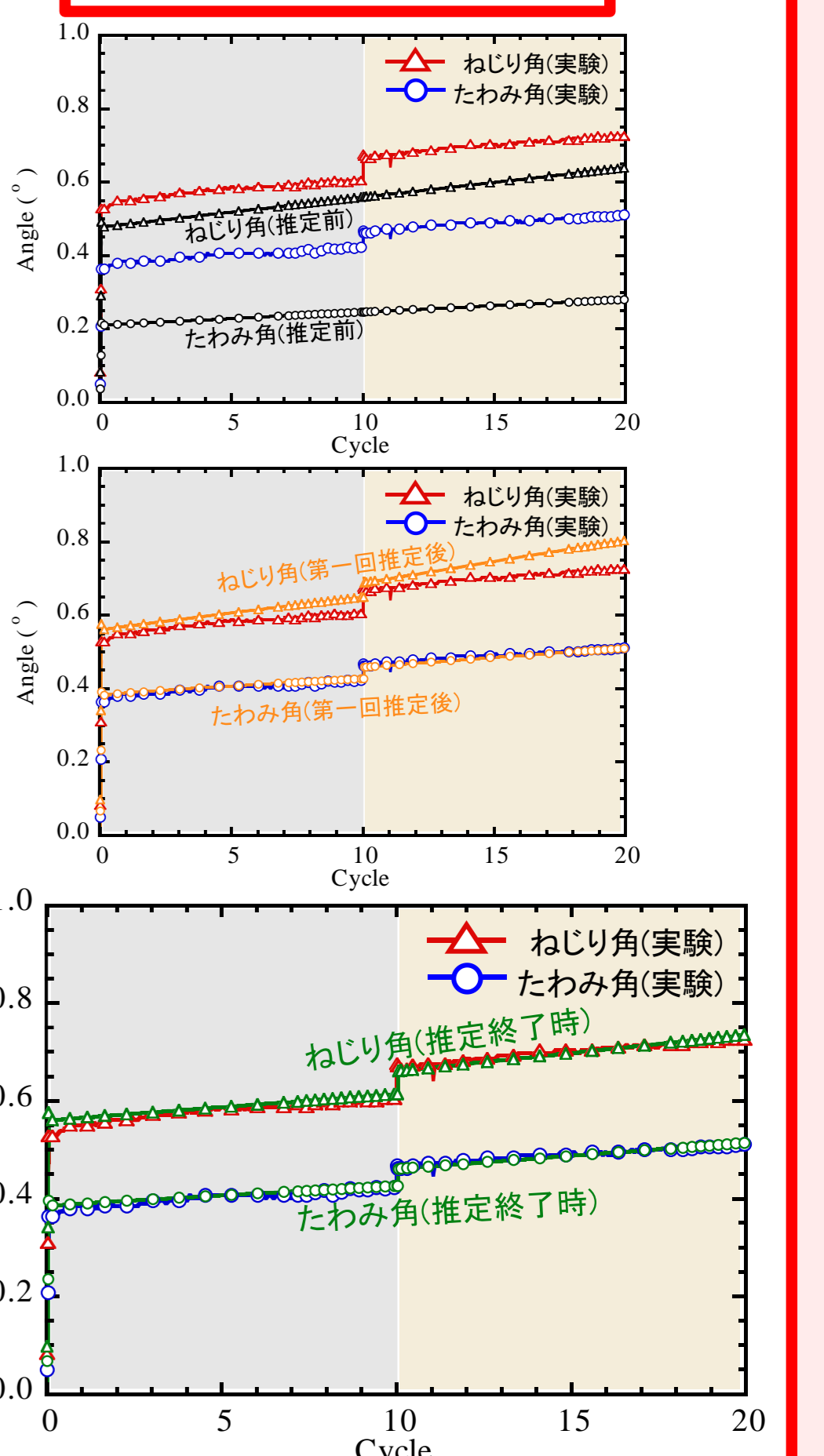
荷重に加え、クリープ係数Aを同時推定する事でデジタルツインシステムの精度が向上

提案手法の妥当性の検証: 変動荷重の場合

提案したデジタルツインシステムを用いて
・変動荷重 (P_1, P_2)
・クリープ係数
・境界条件の付与位置
を同時推定し、角度の履歴を再現



角度の履歴の推移



変動荷重やクリープ係数を同時に推定可能 → 変動荷重時の角度の履歴を再現

デジタルツインシステムを確立した

結言

- 一定荷重試験において提案手法を適用し、推定対象とした荷重が一定の値に収束することを確認した。
- 一定荷重試験において本手法を適用するにあたり、荷重のみを推定した場合よりも、荷重並びにHAZ部のクリープ係数を推定した場合の方がたわみ角およびねじり角の再現度が向上した。
- 変動荷重試験において本手法を適用した結果、変動前後の荷重並びに境界条件の位置を推定した。推定結果は実験の角度の履歴を良好に再現した。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP16002)の結果得られたものです。