新技術

FEMへのアンサンブルデータ同化の適用

❶概要

様々な試験データとCAEの摺り合わせを行う場合、試験データの計測誤差やバラツキとCAEのモデル化手法・材料特性や境界条件による不確かさが課題となります。試験とCAEで摺り合わせを行う方法として、CAEでパラメータスタディを行い、最適解を見出すことが考えられます。この最適化の一つとして、近年では気象・海洋分野で発展してきたアンサンブル統計やベイズ推定を用いたデータ同化技術が注目されており、工学分野のシミュレーション精度の向上にも活用されています。

ここではこのアンサンブル統計を用いたデータ同化技術に着目し、塑性加工・構造解析への適用を行いました。対象とする試験は金属板材の単軸引張試験であり、FEMによる応力解析に用いる加工硬化特性をデータ同化により求めました。

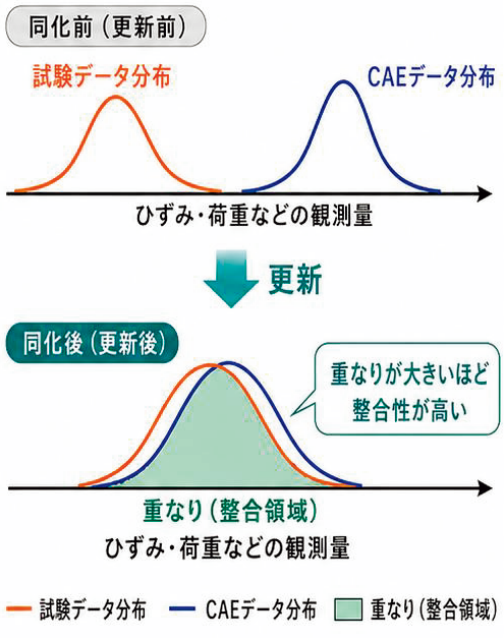
❷技術の特徴

単軸引張試験から金属材料の加工硬化特性を求める場合、一般的には公称応力ー公称ひずみ関係から求めることになりますが、局所くびれなどが発生するとそれ以降のデータは信頼性が低くなります。そこで、加工硬化特性をSwift硬化則やVoce硬化則などで表し、パラメータをデータ同化で求めることで、高ひずみ領域までの加工硬化特性を推定しました（図２）。試験データとしては、荷重ストロークデータや画像相関法（DIC）により取得されたひずみ分布を用いることができます。

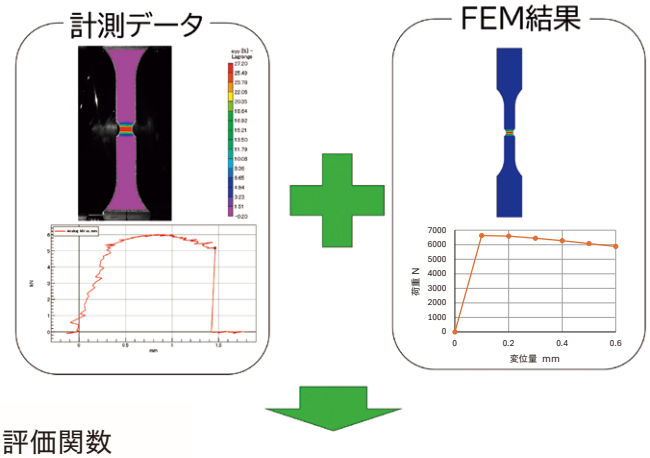
CAEは市販の汎用FEMソフトAbaqusを用い、当社計算システム内にデータ同化システムを構築してインプット作成、計算実行、計算結果評価などを自動で実行しています。使用する硬化則のパラメータ数によりますが、数十～数百の計算ケースを実行することでデータ同化結果が得られます。ここではアルミ合金板材を対象に100℃、200℃での単軸引張試験を行い、Abaqusを用いてデータ同化による加工硬化特性の推定を行いました。従来の手法よりもやや低い加工硬化を推定することで試験とCAEの整合性が取れる結果となっています（図３）。

開発したシステムを用いれば様々な課題に展開可能であり、別のFEMソフトや異なる分野（例えば、流体現象や振動現象など）でも適用することができます。

■図１　データ同化のイメージ



■図２　単軸引張試験でのデータ同化事例



評価関数

$$J(\boldsymbol{\theta}) = \frac{1}{N}\mathbf{r}(\boldsymbol{\theta})^{\mathrm{T}}\mathbf{r}(\boldsymbol{\theta}) = \frac{1}{N}\left(\mathbf{d}_{\mathrm{obs}} - \mathbf{g}(\boldsymbol{\theta})\right)^{\mathrm{T}}\left(\mathbf{d}_{\mathrm{obs}} - \mathbf{g}(\boldsymbol{\theta})\right)$$

■図３　アルミ合金　100℃、200℃　推定された加工硬化特性

