

画像相関法を用いた応力可視化手法

京都大学 大学院工学研究科 材料工学専攻
助教 朴 明駿

2022年2月17日

従来技術とその問題点

材料は応力集中により予想されぬ破壊に至ることが多く、応力の集中場所・応力集中量を特定することは構造物の設計の上で極めて重要である。

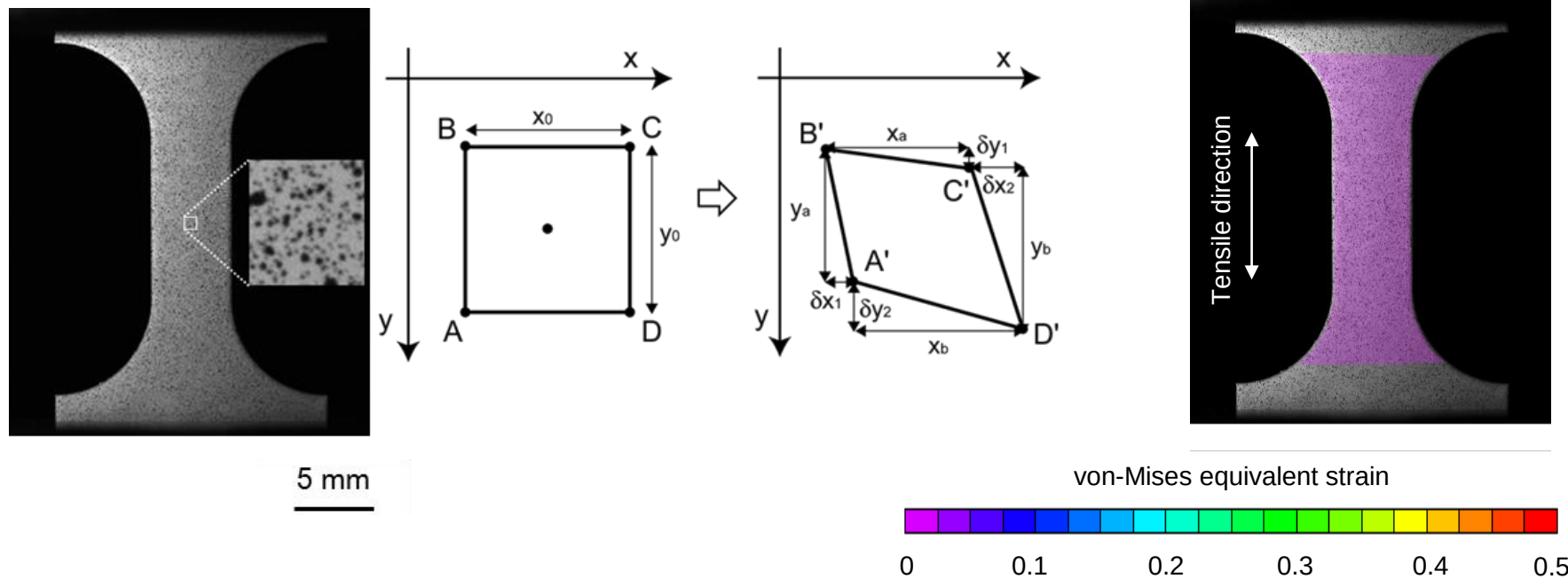
しかしながら、材料に生じる応力は目に見えるものではなく、応力集中場所の予想は計算に依存しているのが現状であり、こうした計算シミュレーションは、膨大な計算量・計算コストを要している。

本技術では簡単でかつ制度の高い応力測定を画像相関法という実験により求める手法を紹介する。

画像相関 (Digital Image Correlation; DIC) 法

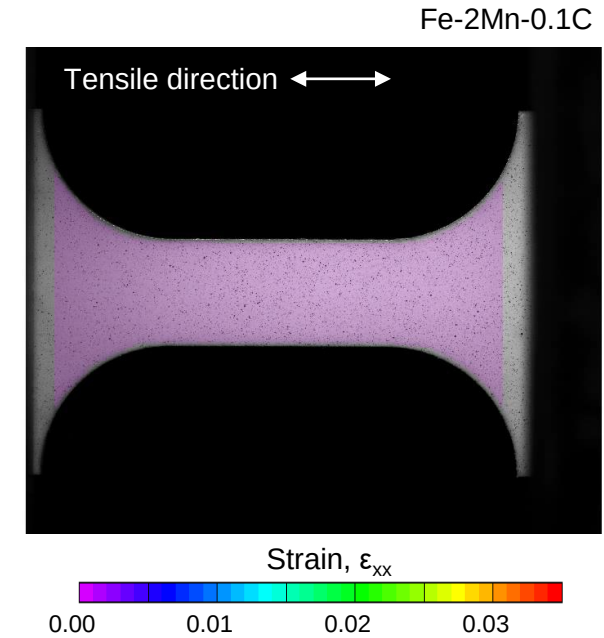
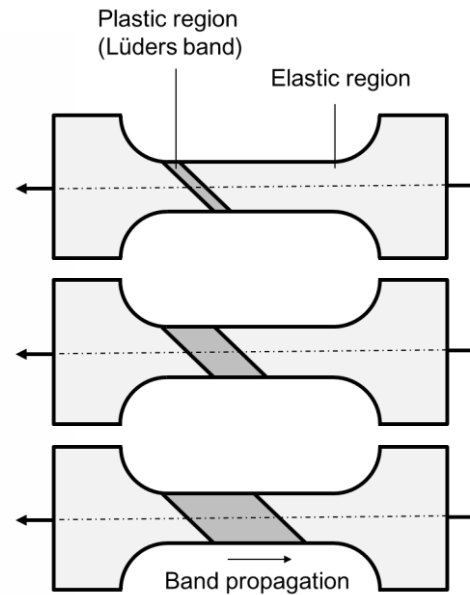
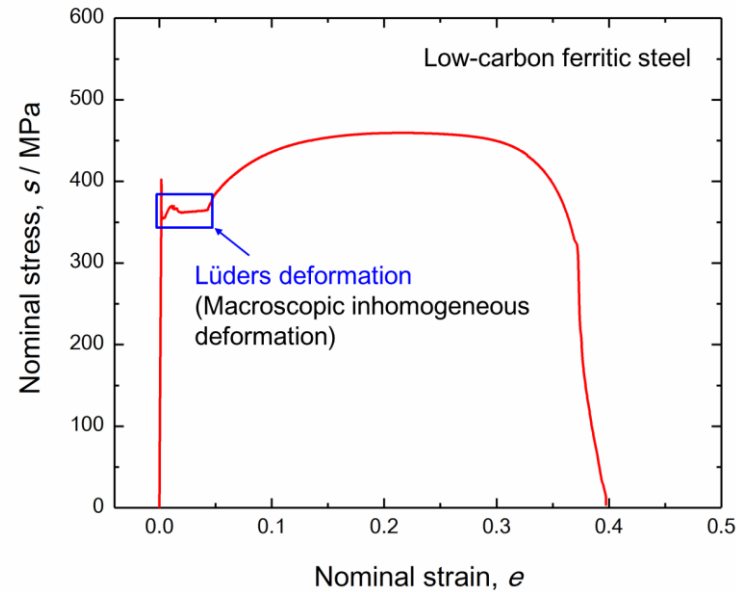
- ・ 材料表面の変形挙動を解析する手法の一つであり、デジタルカメラ等を用いて撮影された表面画像より変形量を定量的に計測
- ・ 変形前の画像から変形後の画像とよく似たパターンの場所を追跡することで各場所における変位量およびひずみを計算 → ひずみ分布
- ・ 不均一変形記述に特に有効

Dual phase (Ferrite + Martensite) structure



画像相関法によるひずみ解析例

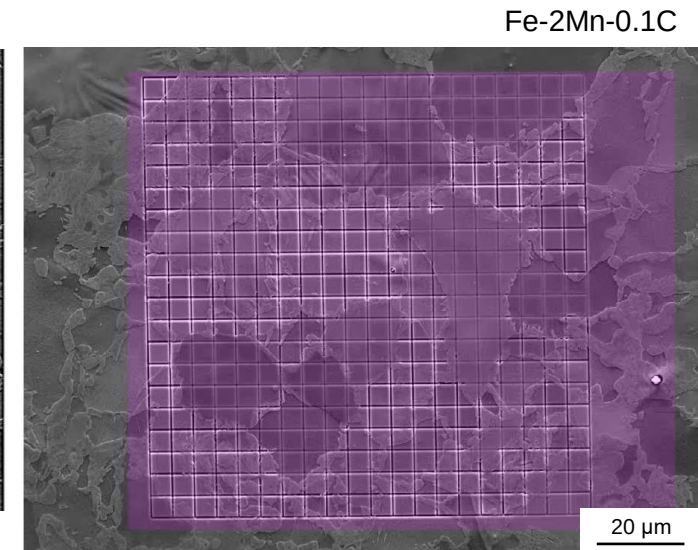
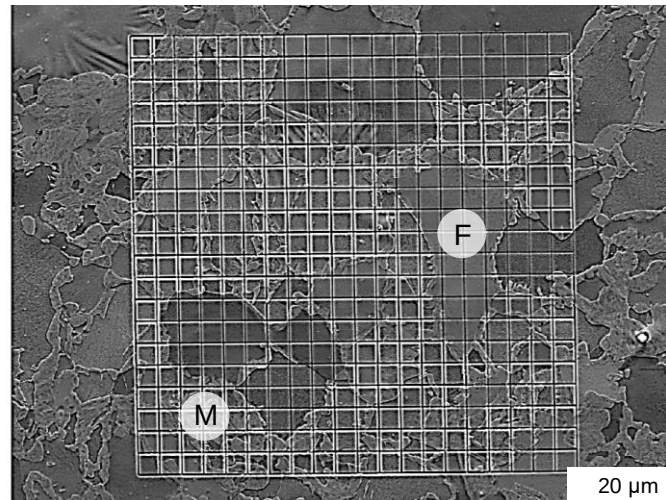
巨視的不均一変形
(フェライト鋼におけるリュードス変形)



微視的不均一変形
(DP鋼における各相のひずみ)

F : Ferrite (soft phase)
M : Martensite (hard phase)

Tensile direction $\longleftrightarrow$



応力の求め方

■ 画像相関(DIC)法は実験的に変位およびひずみを求めるもの

〔 ひずみ - 形の変化

〔 応力 - 力の釣り合い → 実験で応力を求めることは困難

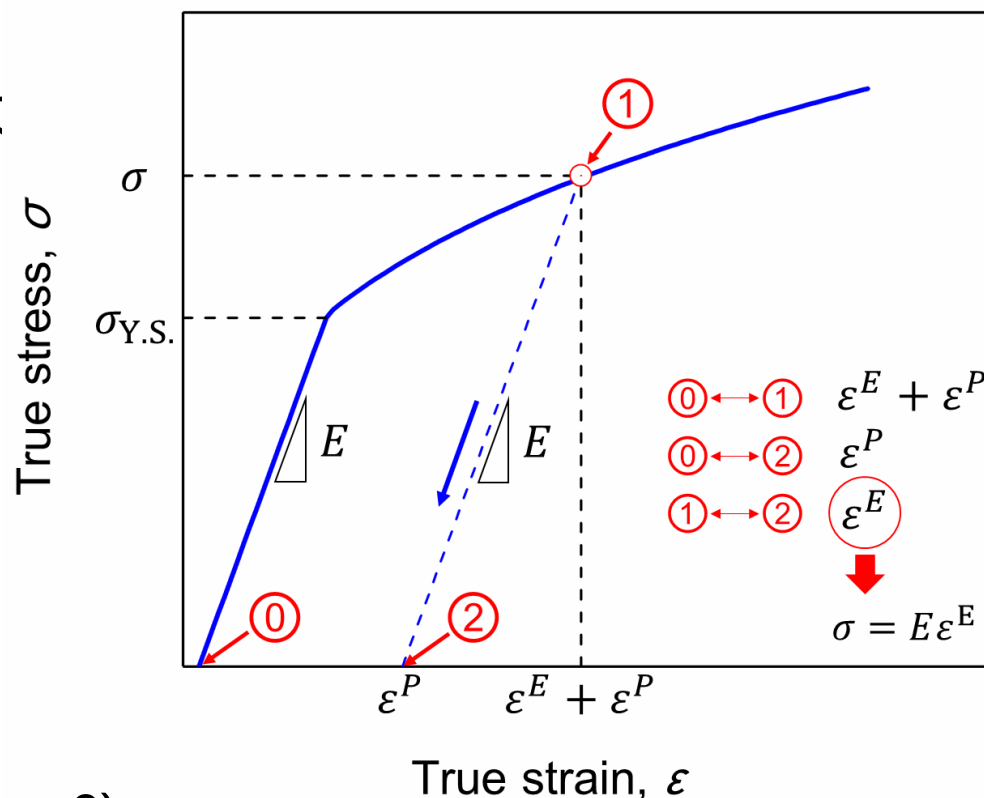
考え方

負荷中、除荷後のひずみの差分は
弾性ひずみに対応

弾性ひずみが測定できれば
応力計算可能

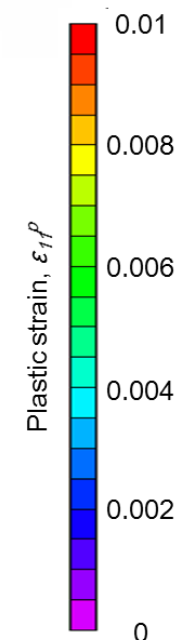
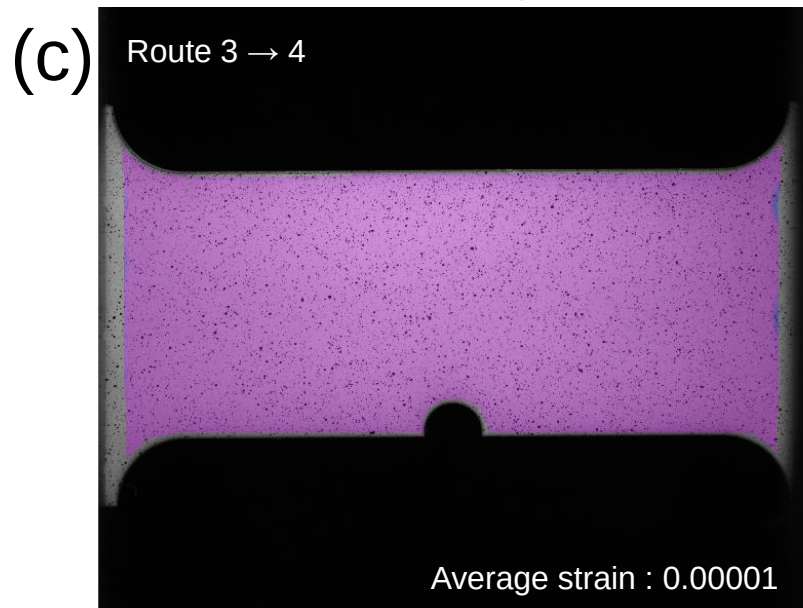
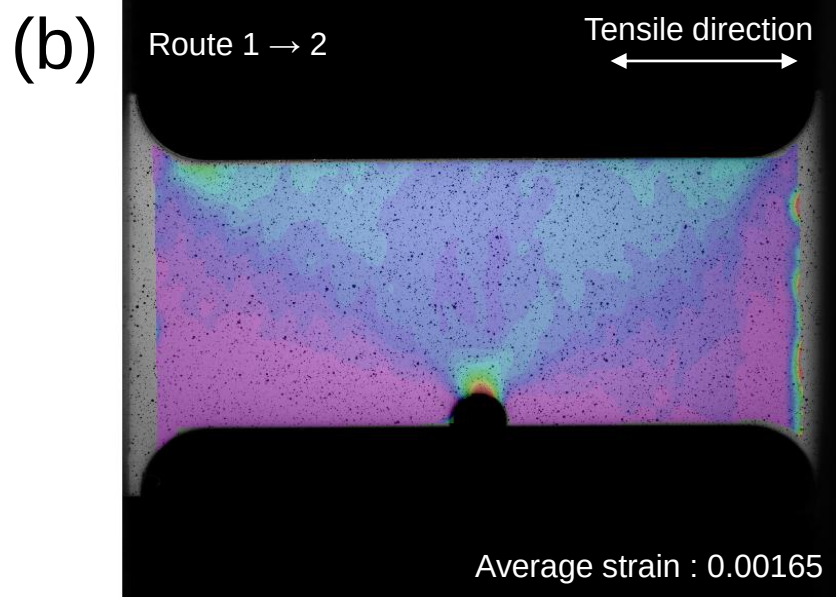
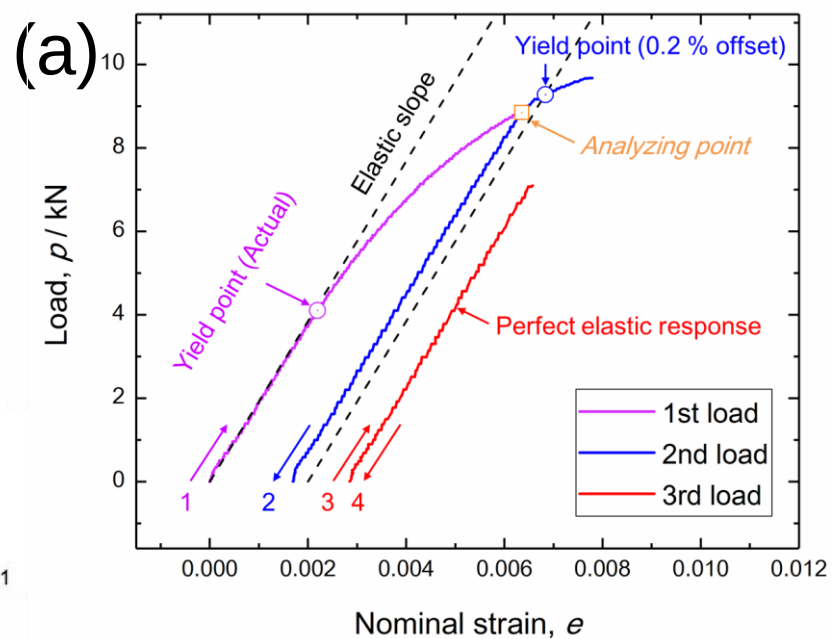
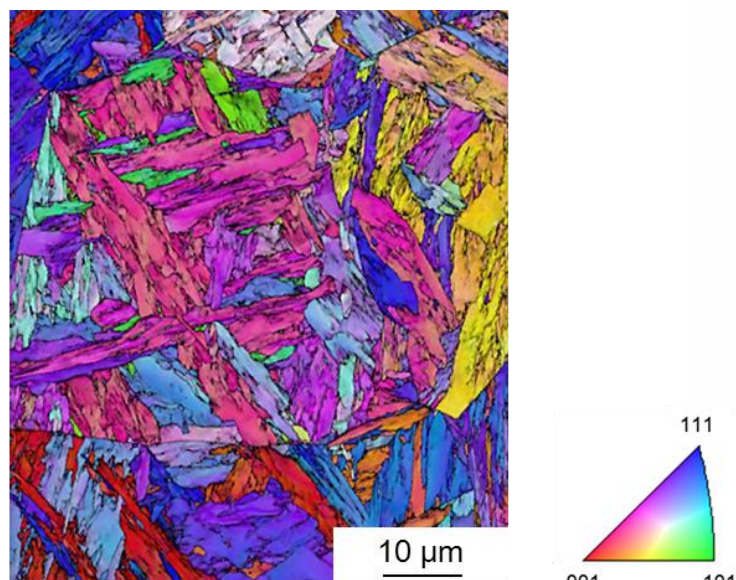
$$\sigma_{11} = \frac{E}{1 - \nu^2} (e_{11} + \nu e_{22})$$

(Plane stress boundary condition; $\sigma_{33} = \tau_{13} = \tau_{23} = 0$)

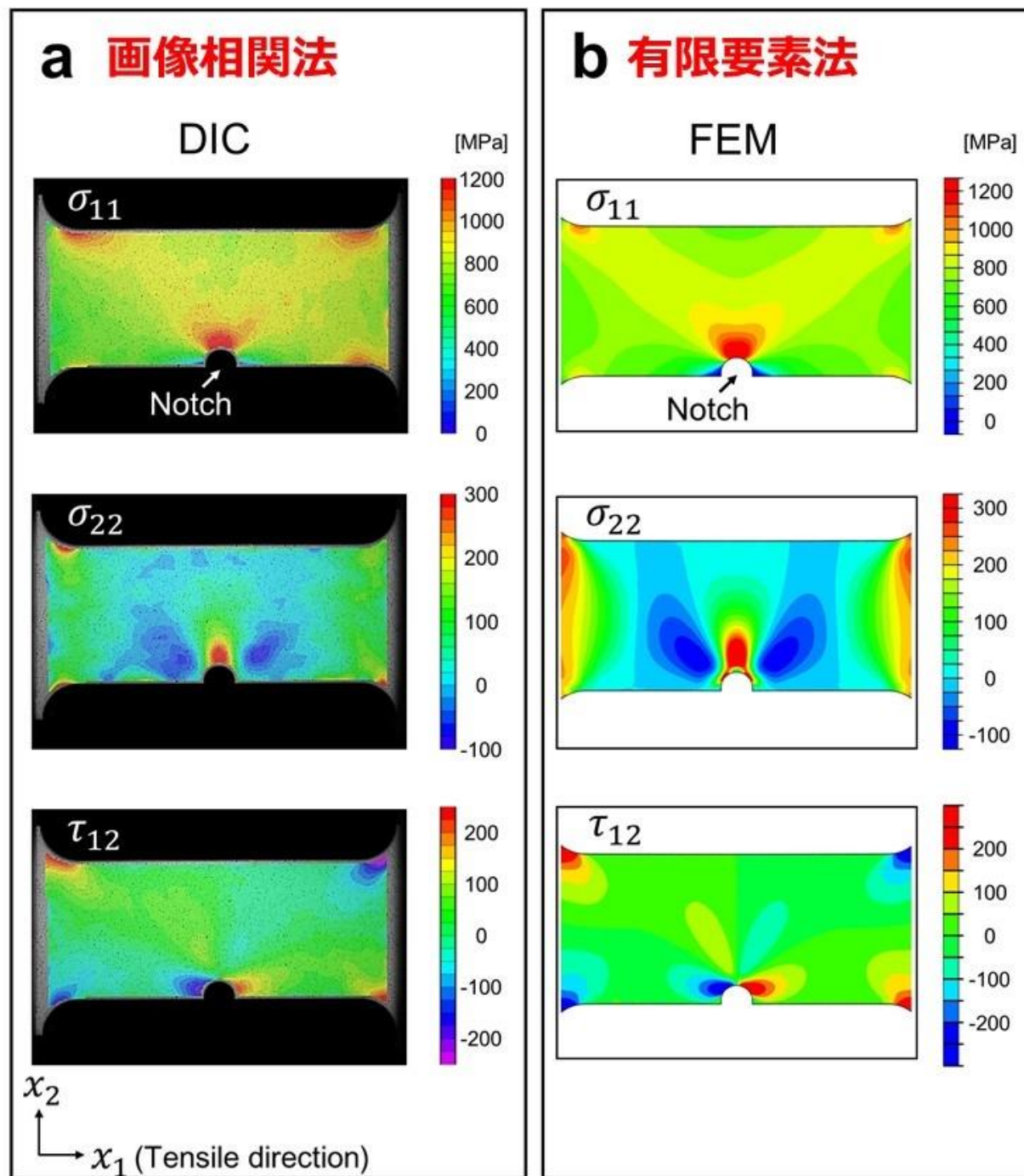


応力の求め方

Fe-8Ni-0.1C



画像相関法による応力可視化例 (マクロ)

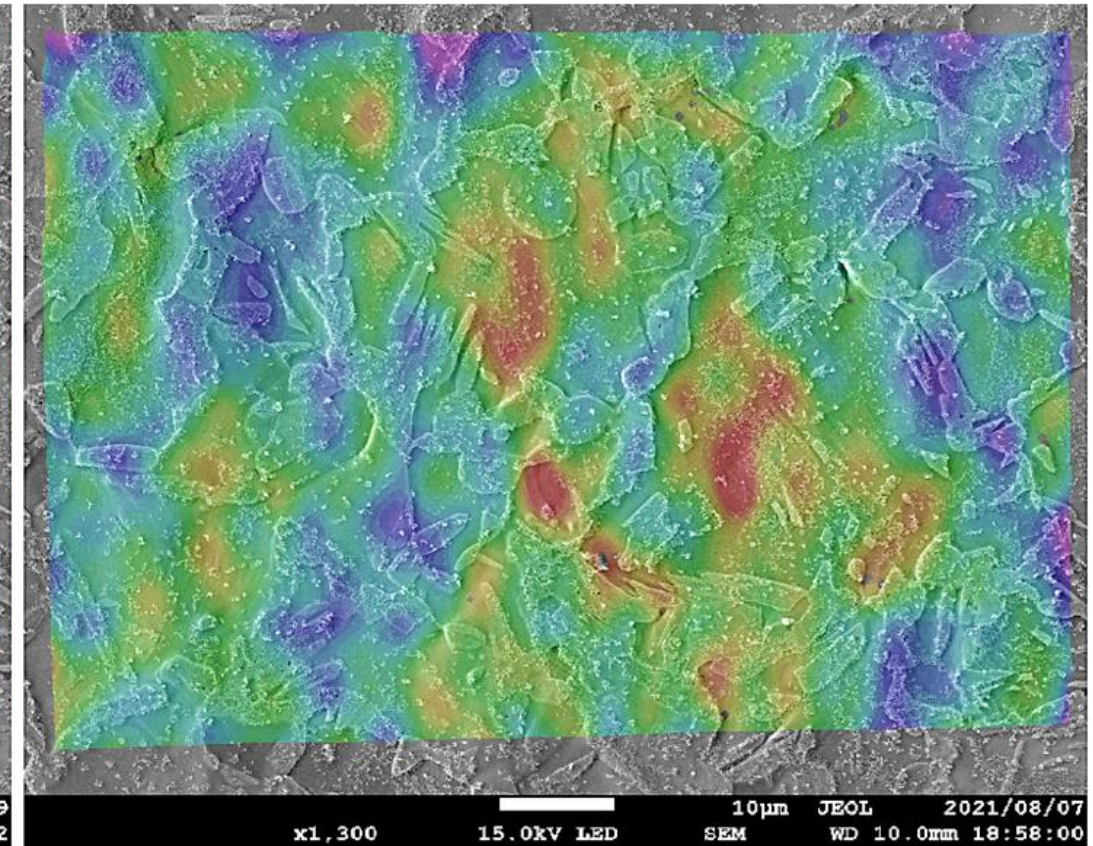
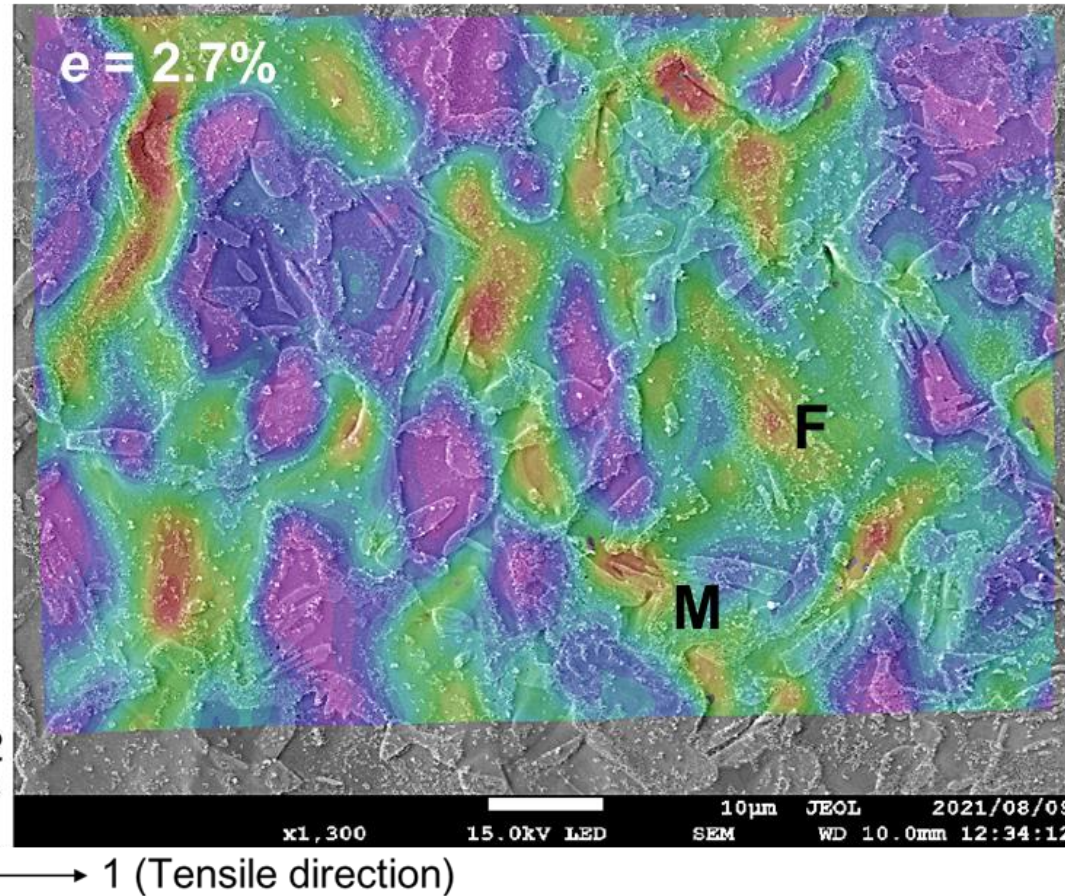


画像相関法による応力可視化例 (ミクロ)

Strain distribution

Stress distribution

F : Ferrite
M : Martensite



Strain, ϵ_{11}

Stress, σ_{11} / MPa



新技術の特徴・従来技術との比較

- 材料の弾塑性力学の基礎をそのまま応用したため、専門知識がなくても簡単に操作可能
- 従来の計算シミュレーションより計算時間が早くリアルタイムで応力集中場所が特定可能であるため、品質マネジメントに特化

想定される用途

- 力学特性の正確な評価

計算に依存せず材料そのものを測定するため信頼性が担保できる。

- 産業分野の品質管理

応力集中度・欠陥有無を事前に判定することにより品質管理に有効に活用できると考えられる。

実用化に向けた課題

- 現在、画像相関法による応力可視化手法についてマクロ解析が十分に可能なところまで開発済み。しかし、ミクロ応力解析では結晶の弾性異方性を考慮しなければならない。
- 今後、結晶方位実験データを取得し、弾性異方性を考慮したミクロ組織の応力可視化を測定する予定である。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称: 応力およびひずみ量分布表示方法、装置およびプログラム
- 出願番号 : 特願 2019-118848、PCT/JP2020/023458
- 出願人 : 国立研究開発法人科学技術振興機構
- 発明者 : 朴 明駿

お問い合わせ先

国立研究開発法人科学技術振興機構

知的財産マネジメント推進部 知財集約・活用グループ

TEL 03-5214-8486

e-mail license@jst.go.jp