

純鉄の熱間加工内部組織変化の測定と定量化

東京大学大学院工学系研究科 機械工学専攻 柳本研究室

Chair of Engineering Materials
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
Yoshitoki Takatori and Prof. Dr.-Eng. Jun Yanagimoto



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

序論

鉄鋼材料の熱間加工温度の低温化を実現するためには、 α （フェライト）+ γ （オーステナイト）二相組織の内部組織制御が必要である。そのためには、材料ゲノムと呼ばれる、動的回復速度、加工硬化係数、動的再結晶粒径、動的再結晶速度といった材料データが必要である。 γ 単相の材料ゲノムの取得は比較的進んでいるものの、 α 単相の材料ゲノムの取得は未だ進んでいないことから、本研究では炭素量の非常に少ない純鉄の材料ゲノムを取得した。

高温単軸圧縮試験と逆解析

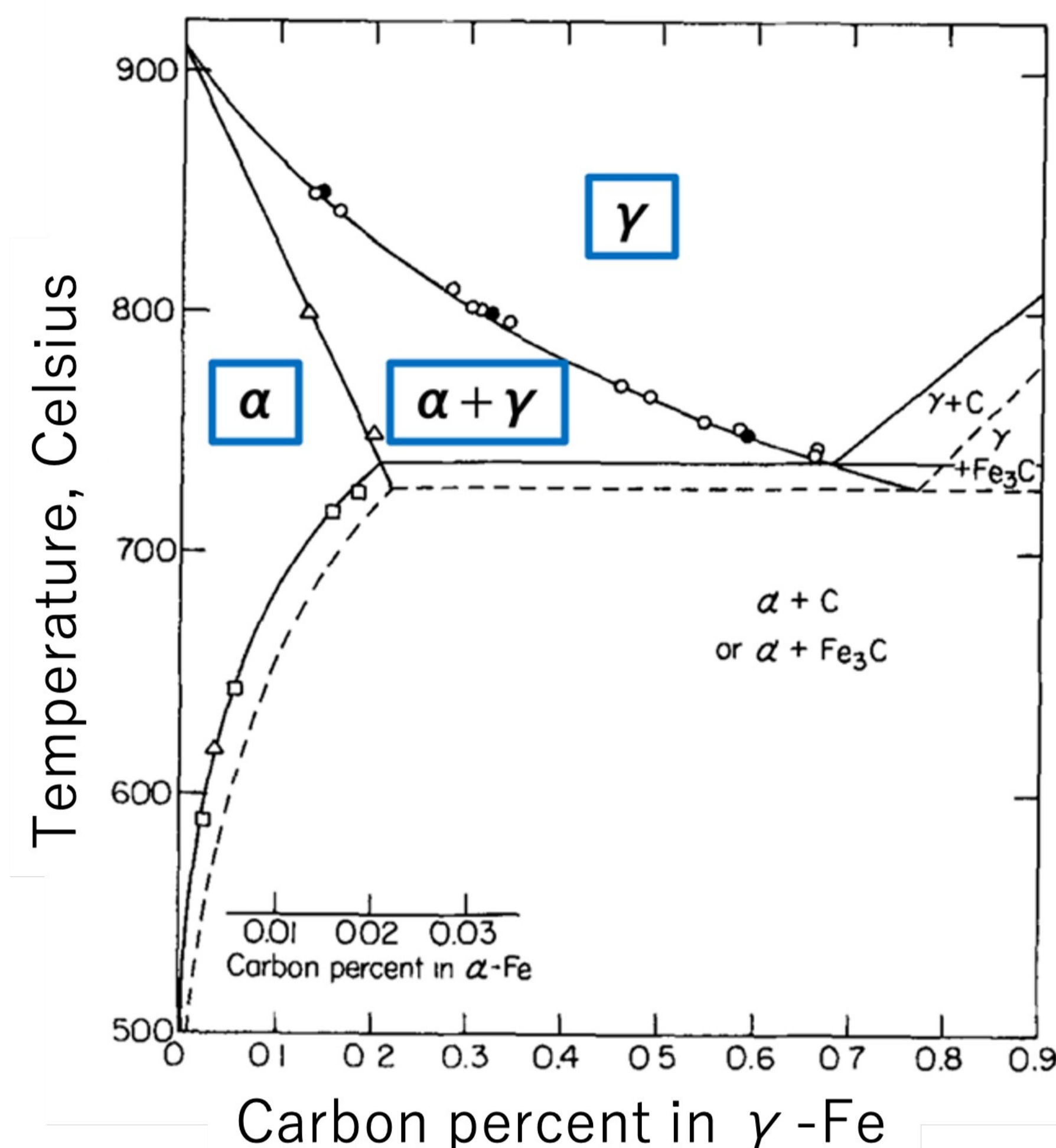
高温単軸圧縮試験を行い、荷重-変位曲線を測定した。試験から得られた曲線に対して逆解析を実施し、流動応力を同定した。

【試験条件】

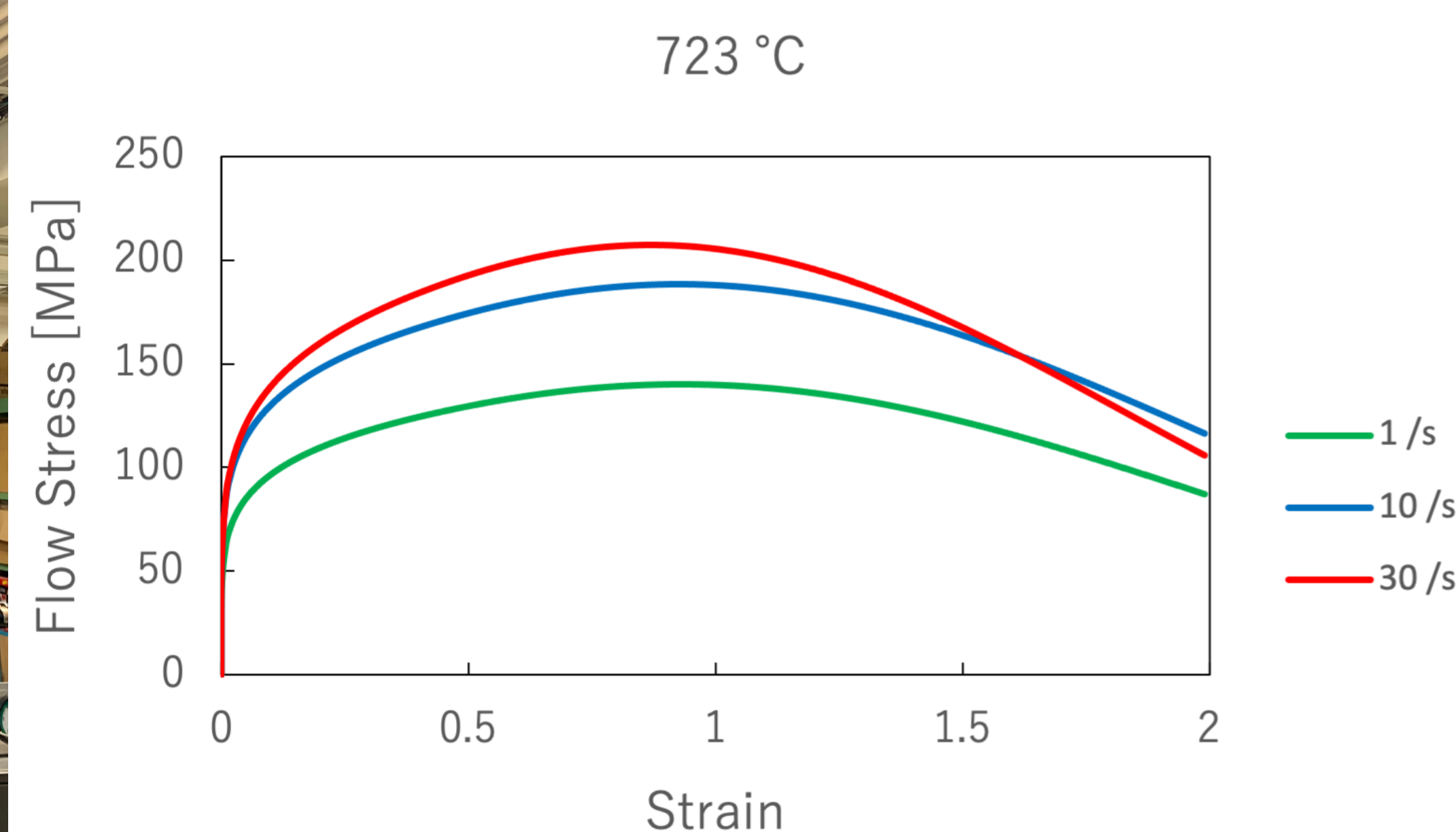
- 試験機：高ひずみ速度付与試験装置 (THERMECMASTOR_Z)
- 試験片：純鉄 (SUY-1)
- 寸法： $\phi 8 \times 12$ mm
- 圧下率：76%
- 温度：723 °C, 773 °C, 823 °C
- ひずみ速度設定値：1 /s, 10 /s, 30 /s (温度3通り, ひずみ速度3通りの9条件)



THERMECMASTOR_Z



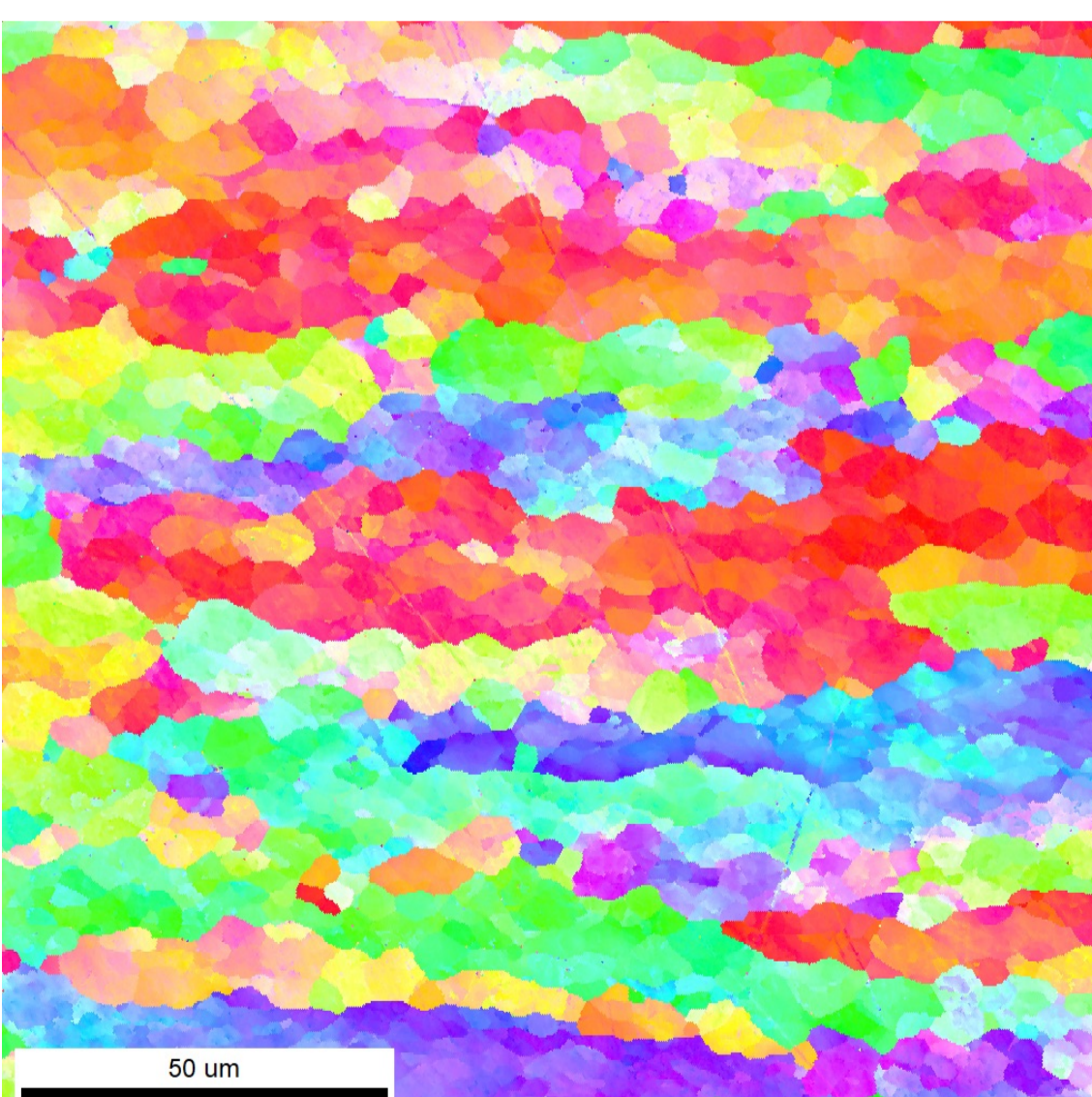
鉄-炭素系平衡状態図



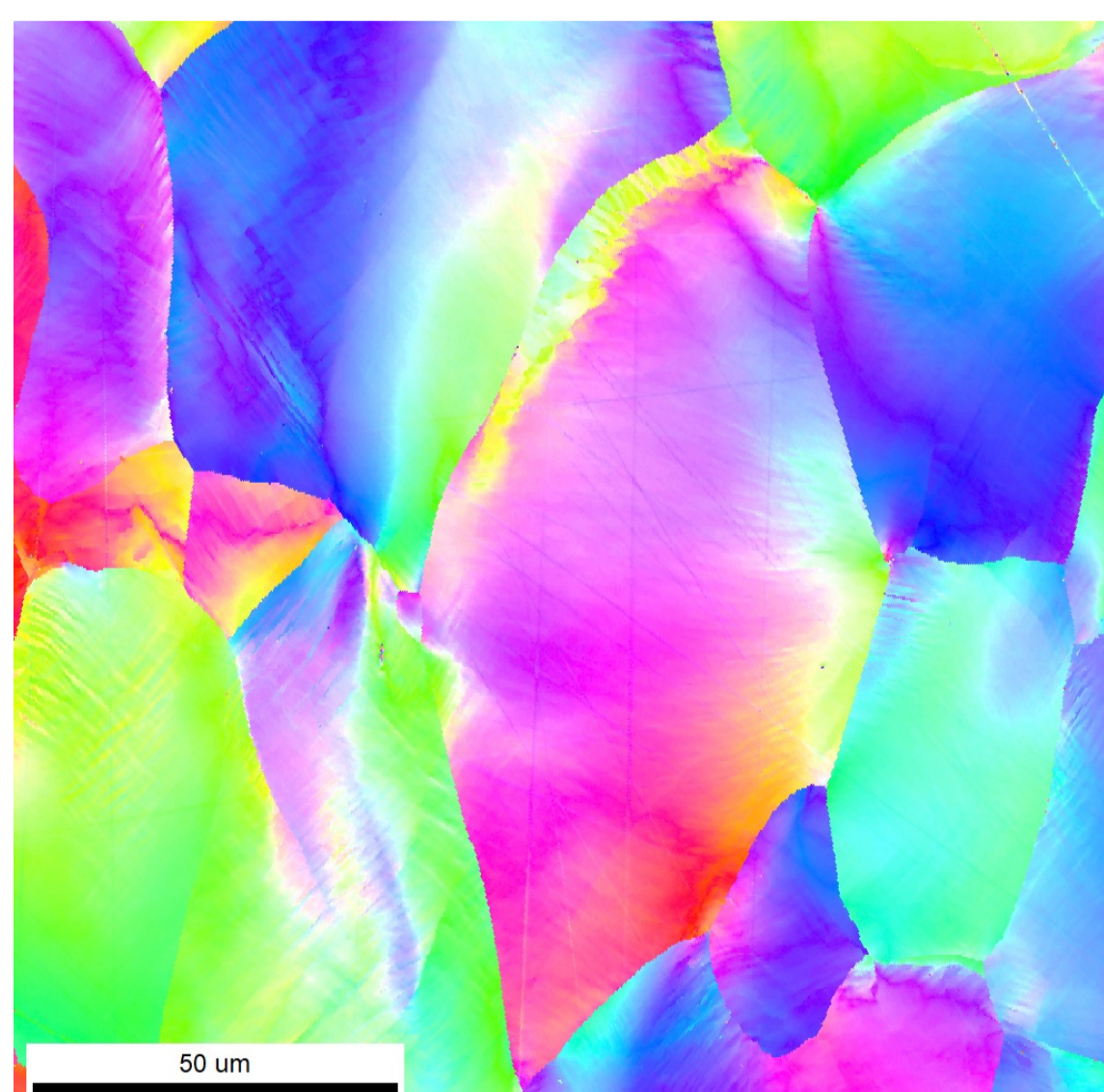
得られた流動応力 (723 °Cの場合)

純鉄の材料ゲノムの同定結果

電子顕微鏡を用いたEBSD解析によって圧縮試験後の試験片の内部組織観察を行い、各加工条件における結晶粒径を取得した。回帰分析を実施し、材料ゲノムを同定した。



823 °C, 1 /s



加工前

純鉄の材料ゲノム

動的回復速度	$b^D = 2.29 \times 10^{-2} \dot{\epsilon}^{1.00} \exp\left(\frac{-1.57}{T}\right)$
加工硬化係数	$c = 1.39 \times 10^3 \dot{\epsilon}^{2.47 \times 10^{-1}} \exp\left(\frac{9.99 \times 10^3}{T}\right)$
動的再結晶粒径	$d_{DRX} = 9.61 \times 10^1 Z^{-9.47 \times 10^{-2}}$
動的再結晶速度	$G = 6.94 \times 10^{-1} \dot{\epsilon}^{-1.00 \times 10^{-4}} \exp\left(\frac{1.00 \times 10^{-1}}{T}\right)$
活性化エネルギー	$Q = 3.30 \times 10^2$ kJ/mol

結論

純鉄の高温単軸圧縮試験を行い、荷重-変位曲線の逆解析により流動応力を同定した。また、EBSD解析により試験片の内部組織観察を行い、動的回復速度、加工硬化係数、動的再結晶粒径、動的再結晶速度、活性化エネルギーを材料ゲノムとして取得した。