

焼入れ、焼戻し、納入時の鋼材のディープラーニングによる金属組織の識別

1. はじめに

特殊鋼には構造用鋼（S-C、SCr など）、工具鋼（SK、SKD など）、特殊用途鋼（SUS、SUJ など）がありますが、その中では構造用鋼が最も多く使われています。今回は、機械構造用炭素鋼 S50C と機械構造用合金鋼 SCM435 について、納入時、焼入れ後、焼入れ焼戻し（調質）後の金属組織をディープラーニングで認識させました。この実験は令和2年7月に行ったものです。

2. 実験

機械構造用炭素鋼 S50C（大きさ□19mm×厚さ 20mm）と機械構造用合金鋼 SCM435（大きさ φ19mm×長さ 20mm）について、表1のように納入状態、焼入れ、焼入れ焼戻しの三種類の試料を作製しました。

表1 試料の熱処理

鋼種	熱処理
S50C	納入状態
	焼入れ 850°C×15分保持後水冷
	焼入れ焼戻し 850°C×15分保持後水冷、600°C×1時間保持後水冷
SCM435	納入状態
	焼入れ 850°C×15分保持後油冷
	焼入れ焼戻し 850°C×15分保持後油冷、600°C×1時間保持後水冷

これらの試料について、端面を鏡面研磨および腐食（HNO₃ 5ml、エチルアルコール 100ml）後、各試料につき 100 枚ずつ金属組織を撮影しました。全ての金属組織は同一倍率で撮影し

ました。熱処理にはヤマト科学（株）製 F0410 を用いて、金属組織の撮影にはオリンパス光学工業(株)製の BX-60M-53MB に付属するデジタルカメラを用いました。

各試料について撮影した金属組織画像を学習用（train）の画像 80 枚と検証用（validate）の画像 20 枚に分け、学習済みモデル VGG16 を用いて転移学習および検証を行いました。入力画像のサイズは 224×224 ピクセルです。学習に用いた画像は表 2 の条件で水増しを行いました。

表 2 画像の水増しの設定

設定項目	設定内容
画像の回転	0~40deg
水平・垂直方向反転	あり

3. 実験結果

各試料の金属組織を図 1~6 に示します。図 1~3 は S50C の金属組織です。図 1 はフェライトとパーライト組織、図 2 はマルテンサイト組織、図 3 は焼戻しマルテンサイト組織になっています。図 4~6 は SCM435 の金属組織です。図 4 はフェライトとパーライト組織、図 5 はマルテンサイト（白）とベイナイト組織（黒）¹⁾、図 6 は焼戻しマルテンサイト組織になっています。

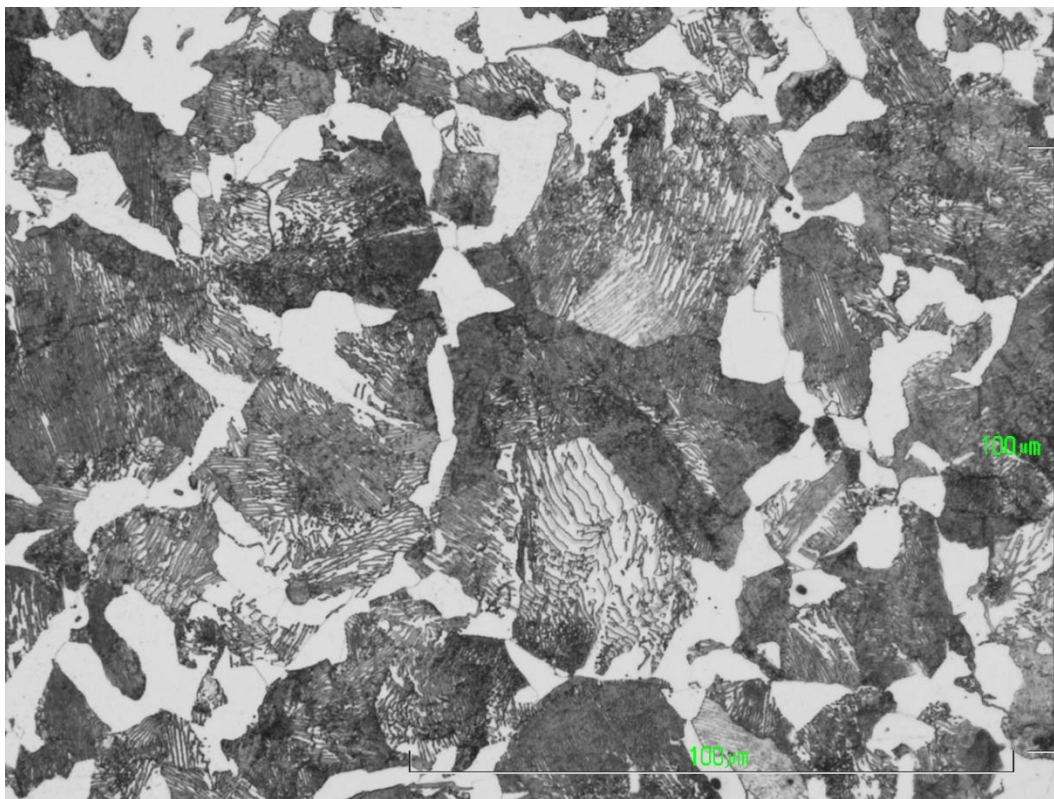


図 1 S50C 納入状態

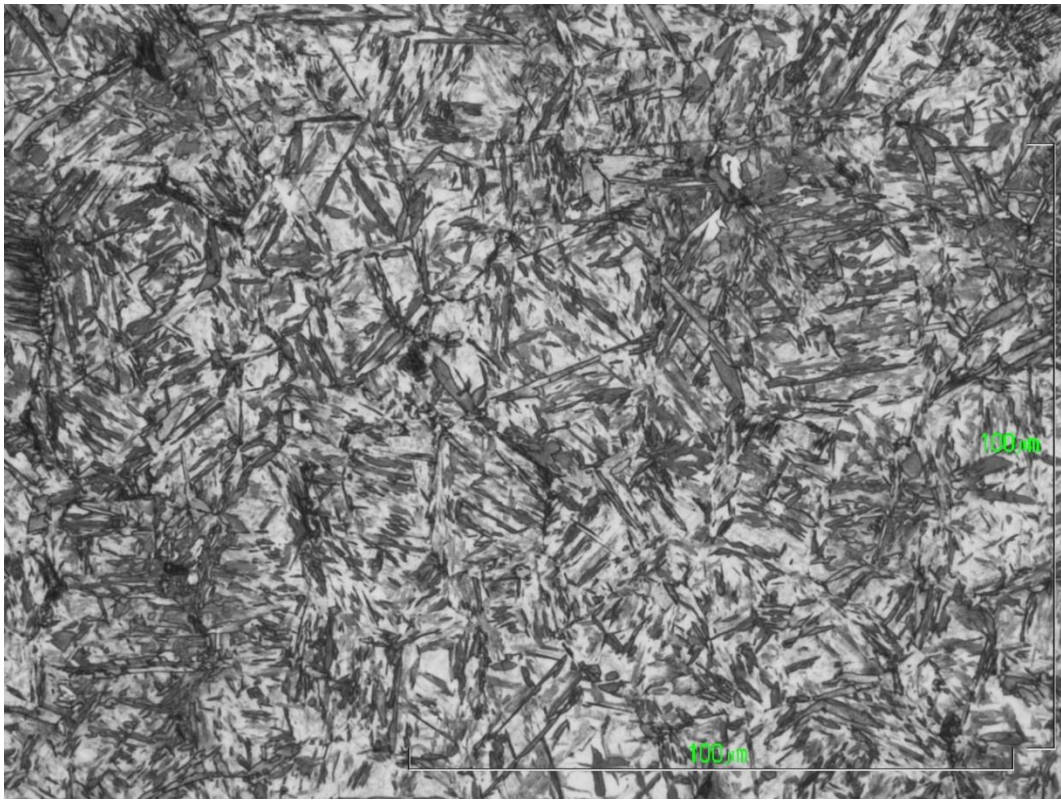


図2 S50C 焼入れ

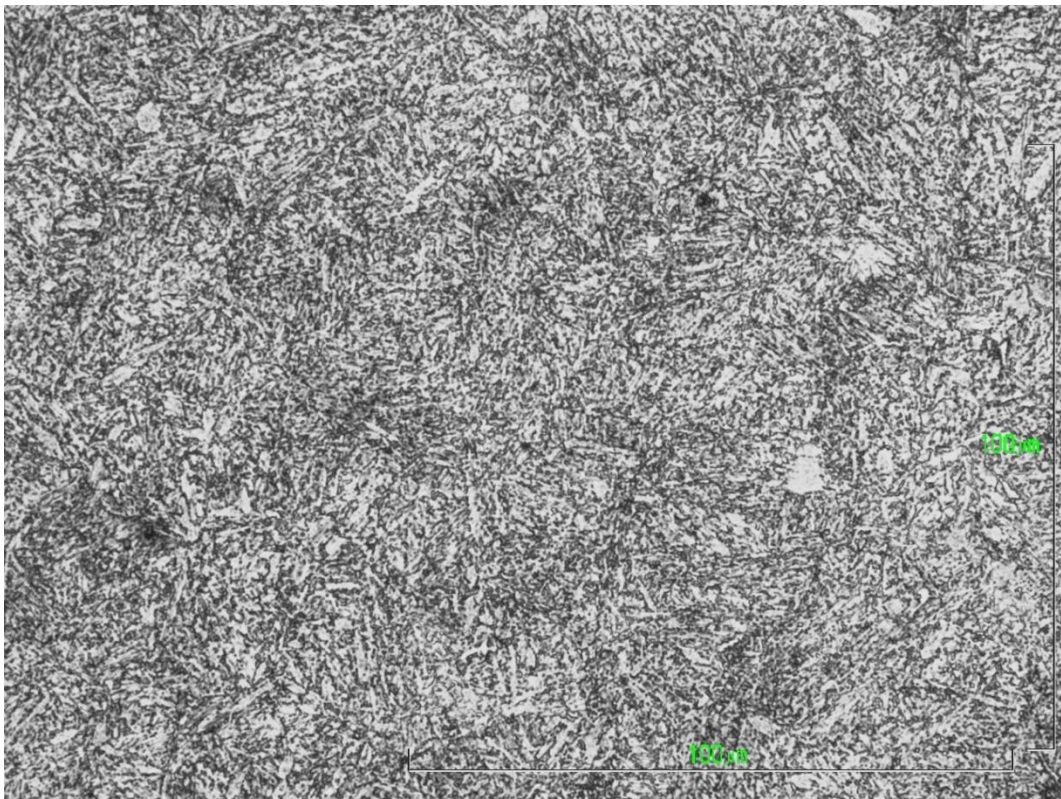


図3 S50C 焼入れ焼戻し

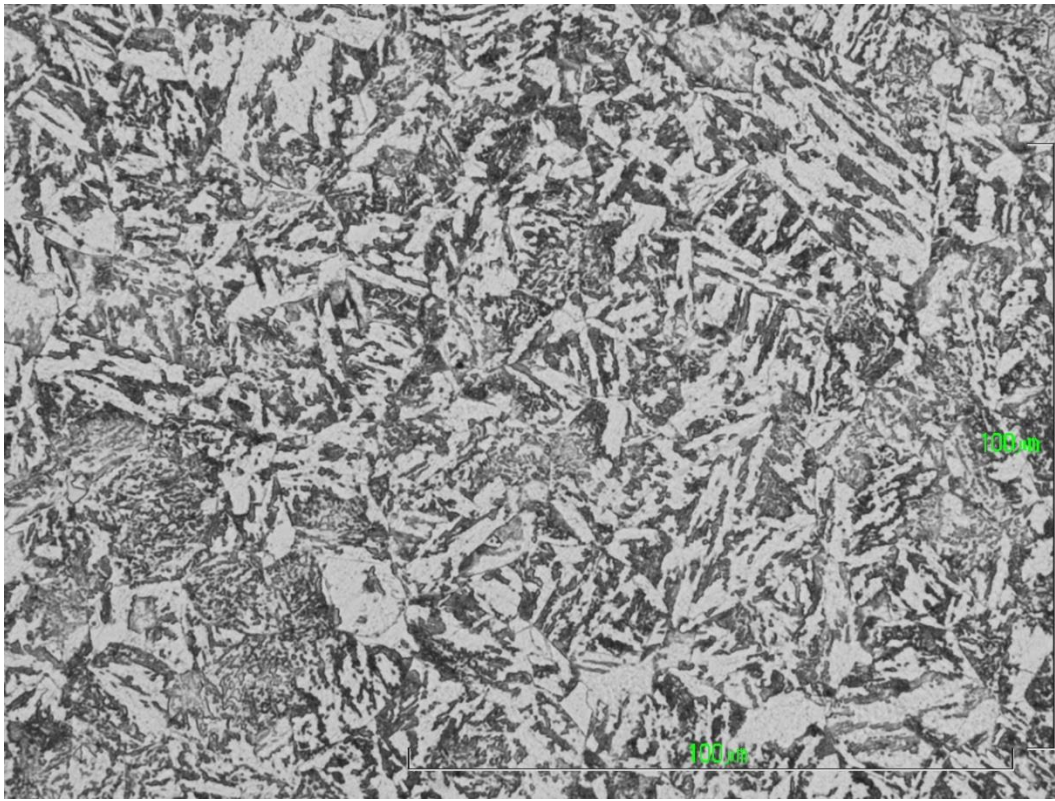


図4 SCM435 納入状態

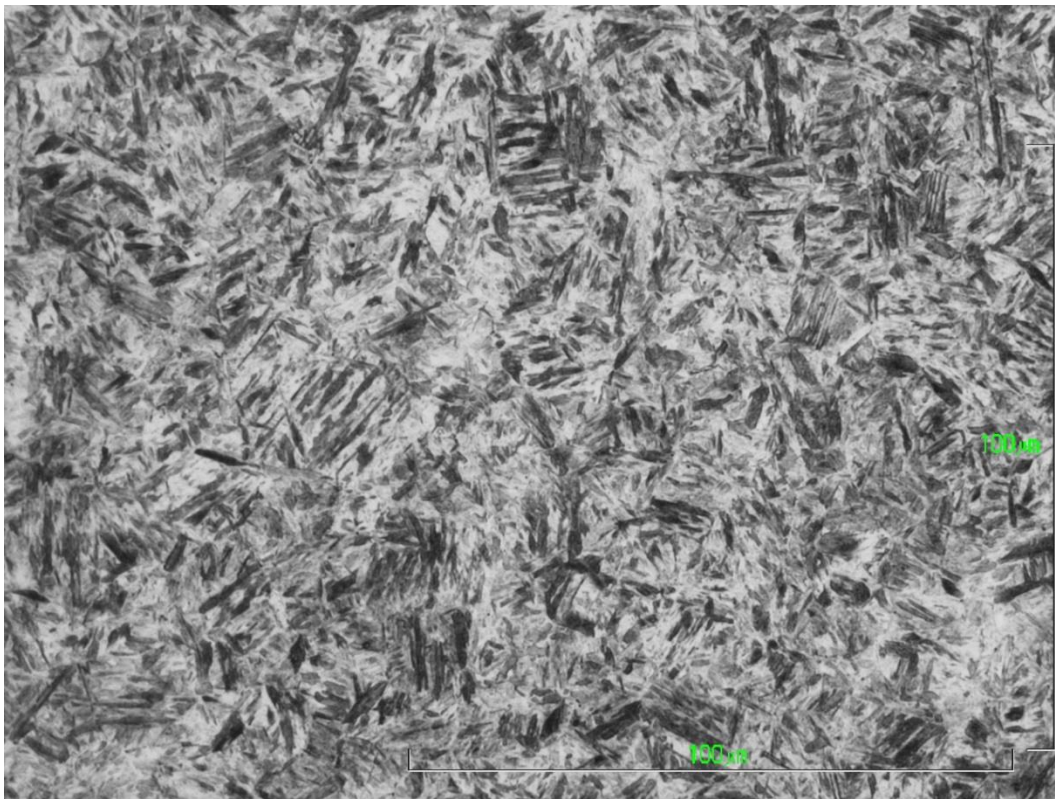


図5 SCM435 焼入れ

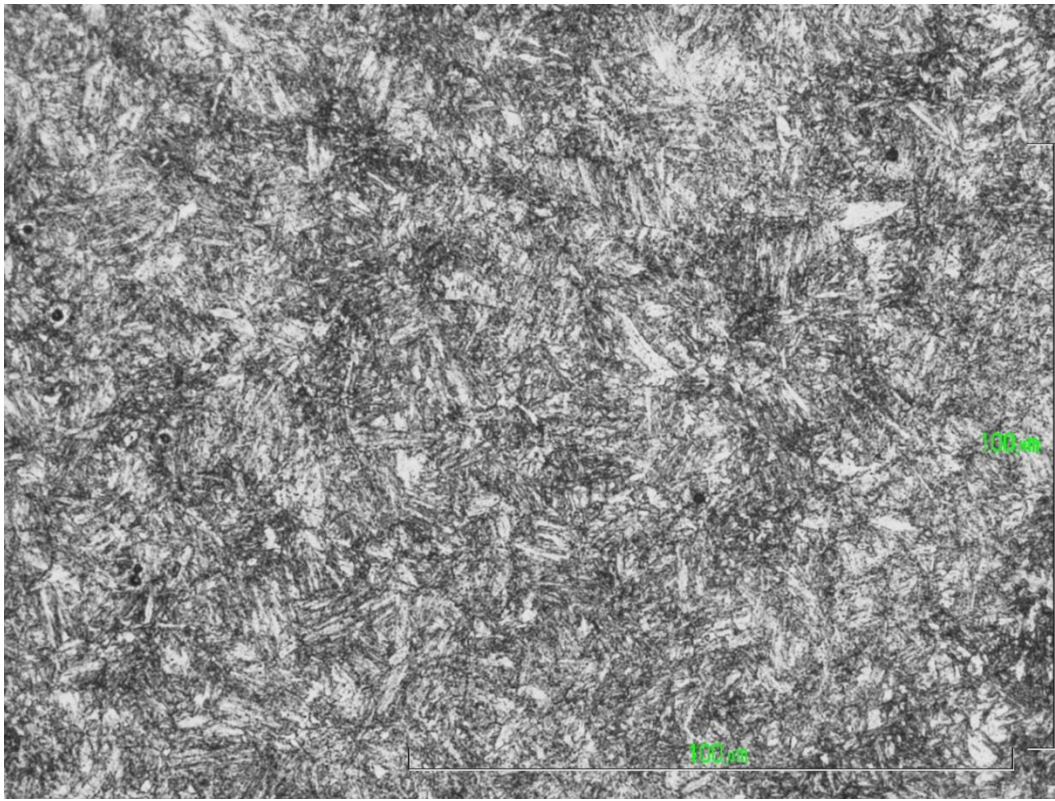


図6 SCM435 焼入れ焼戻し

これらの金属組織について、学習用のデータで繰り返し学習させながら、各学習回数において学習データおよび検証データを使って6種類の金属組織を認識させたときの正解率を図7に示します。学習回数が進むにつれて、学習データは98~99%の正解率に達し、検証データは95~98%の正解率に達することが分かります。

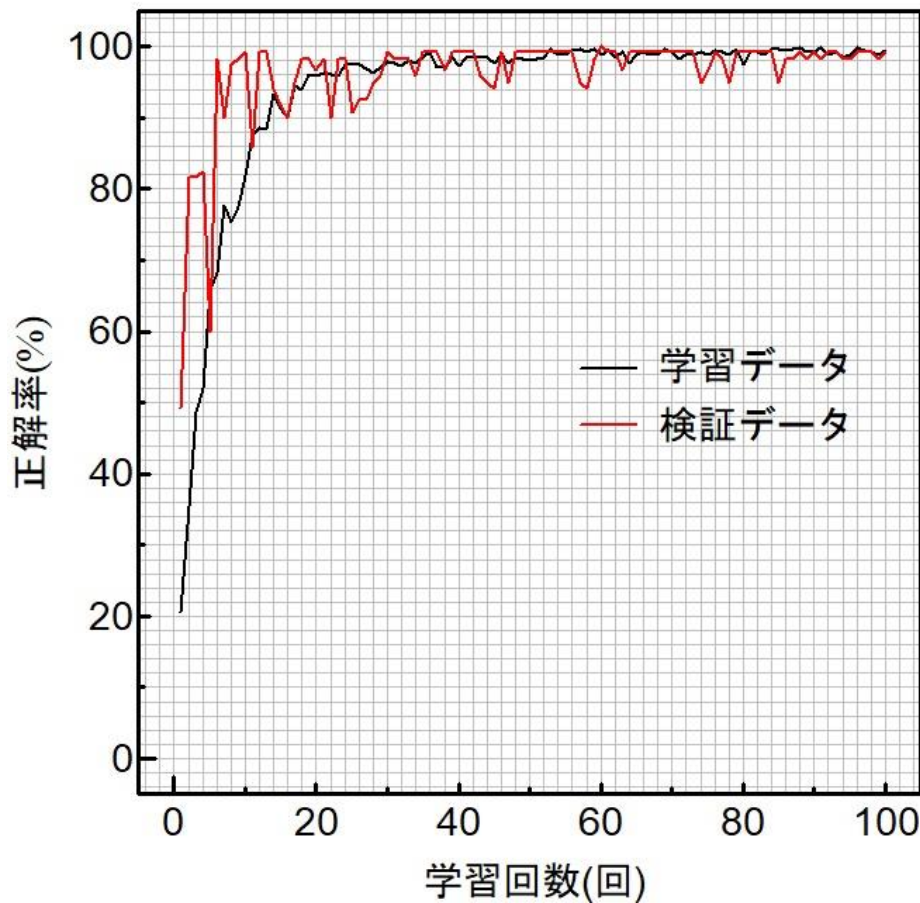


図7 画像認識の正解率

参考文献

- 1) 佐藤知雄編, 改訂増補版 鉄鋼の顕微鏡写真と解説, 1973 年, 114~115 ページ, 丸善.

問い合わせ：新潟県工業技術総合研究所

中越技術支援センター 斎藤 雄治

TEL：0258-46-3700 FAX：0258-46-6900