

焼入れ焼戻した炭素鋼のディープラーニングによる金属組織の認識

1. はじめに

焼入れした鋼の金属組織は焼入れ温度が高いほど粗くなります¹⁾。ふつう、鋼は焼入れ後に焼戻しを行います。焼戻し後の金属組織も焼入れ温度が高いほど粗くなります。金属組織が粗いとじん性（耐衝撃性）が低下するため、適正な温度での焼入れが大切です。

さて、前回¹⁾では、4種類の温度で焼入れ後の炭素鋼の試料について、金属組織（4種類）をディープラーニングで認識を試み、正解率約90%で認識させることができました。今回は、上記の試料を600°Cで焼戻しを行った後の金属組織（4種類）をディープラーニングで認識を試みました。この実験は令和2年8月に行ったものです。

2. 実験

前回¹⁾用いた850、950、1050および1150°Cでそれぞれ焼入れした機械構造用炭素鋼S50Cの試料について、600°Cで1時間保持後に水冷の熱処理を行ったものを試料としました。これらの試料について、端面を鏡面研磨および腐食（硝酸エタノール溶液：HNO₃5ml、エチルアルコール100ml）後、100枚ずつ金属組織を撮影しました。撮影した100枚の組織画像を224×224にトリミングおよびリサイズ後、学習用80枚、検証用20枚に分けて実験に用いました。

ディープラーニングによる学習と検証は表2の条件で行いました。表において、VGG16モデルは学習済みのパラメータを用いて、転移学習（出力層のみ学習）とファインチューニング（最後の畳込み層以降を学習）の二通りの学習を行いました。画像の水増しは、画像の回転および水平・垂直方向反転を行いました。

表2 計算の条件

入力画像サイズ	224×224
モデル	VGG16
プーリング	Maxpooling
活性化関数	Relu, Softmax
最適化アルゴリズム	Adam
誤差関数	多クラス交差エントロピ
学習率	10 ⁻⁴ (転移学習) 10 ⁻⁵ (ファインチューニング)
ドロップアウト率	0.5
バッチサイズ	32
学習回数	100

3. 実験結果

各試料の金属組織を図1~4に示します。焼入れ温度が高くなるにしたがい、焼戻し後の金属組織も粗くなる傾向が見られます。ただし、図3と図4はこの観察倍率では区別が付きにくくなっています。

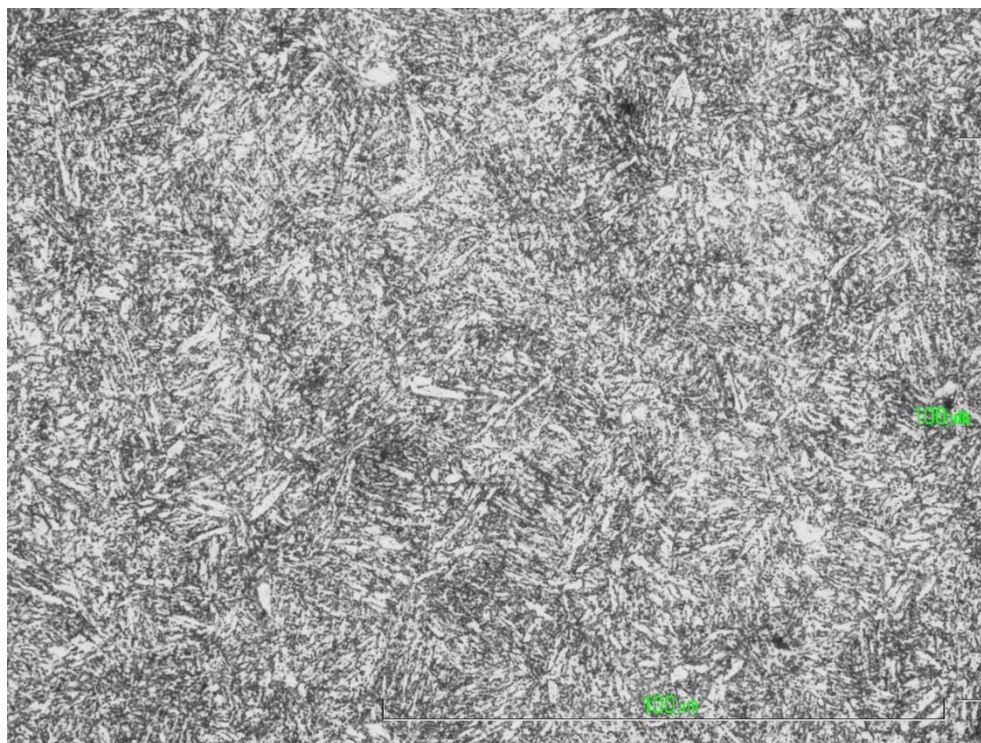


図1 焼入れ 850°C焼戻し 600°C

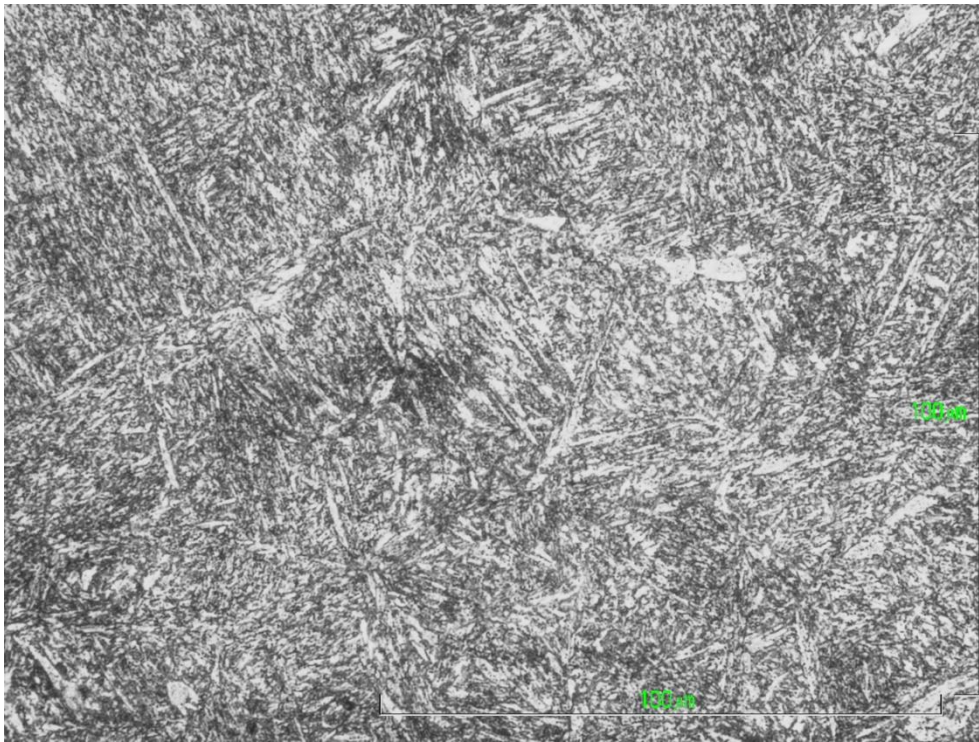


図2 焼入れ 950°C焼戻し 600°C

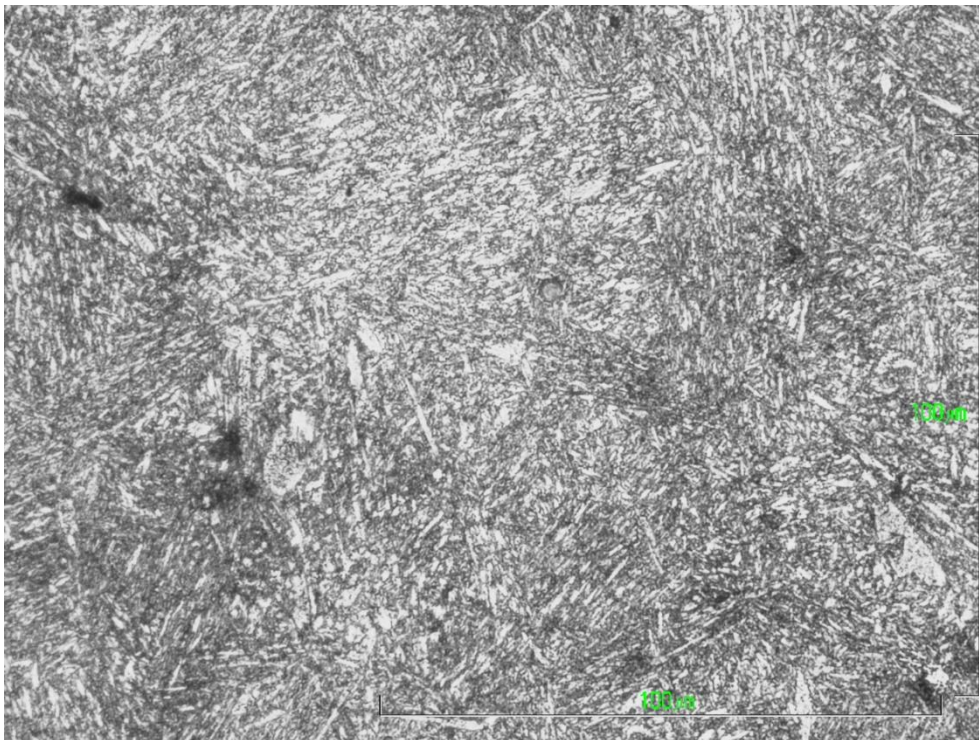


図3 焼入れ 1050°C焼戻し 600°C

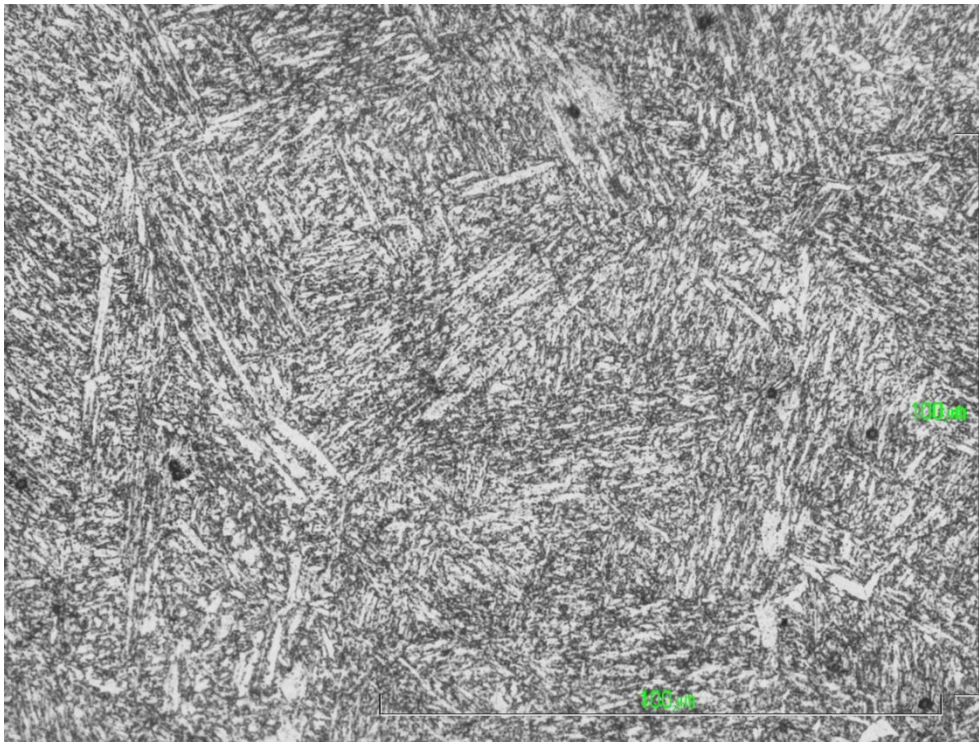


図4 焼入れ 1150°C焼戻し 600°C

学習・検証それぞれのデータを使って4種類の金属組織を認識させたときの学習回数と正解率の関係を図5と6に示します。図5が転移学習の結果で、図6がファインチューニングの結果です。転移学習では約80%程度の正解率であったものが、ファインチューニングにより約90%の正解率に上昇していることが分かります。

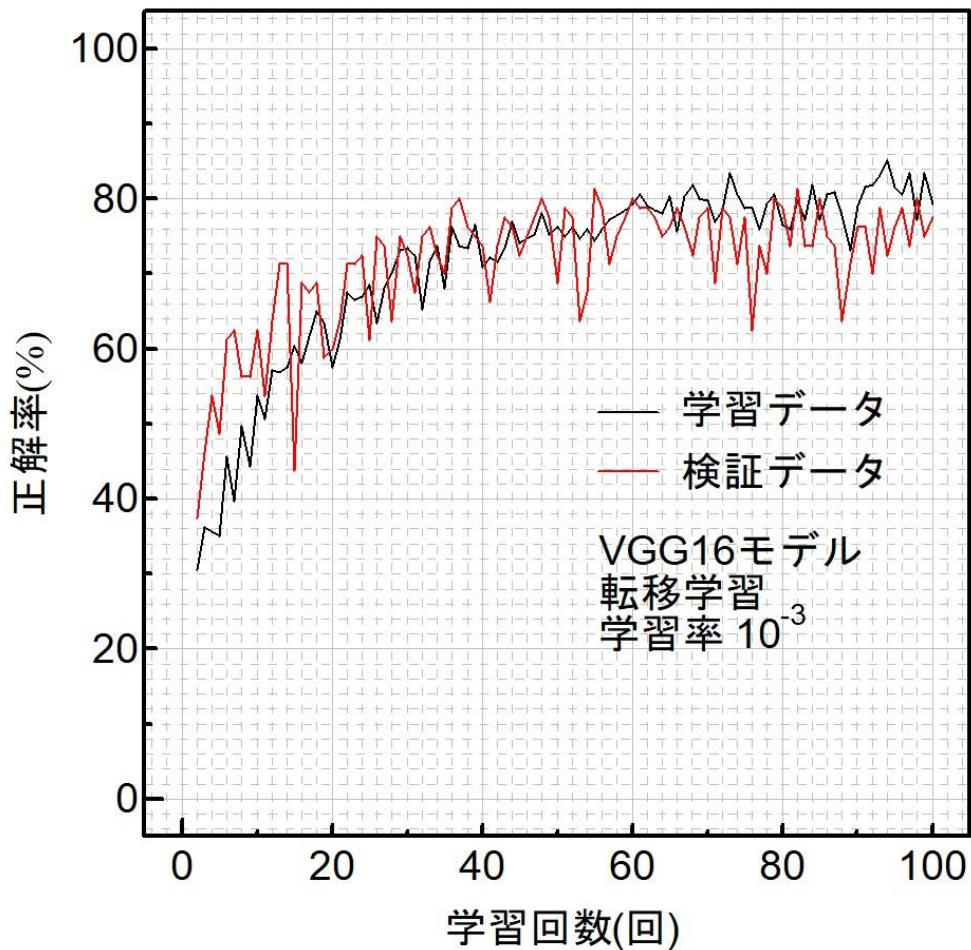


図5 画像認識の正解率 (転移学習)

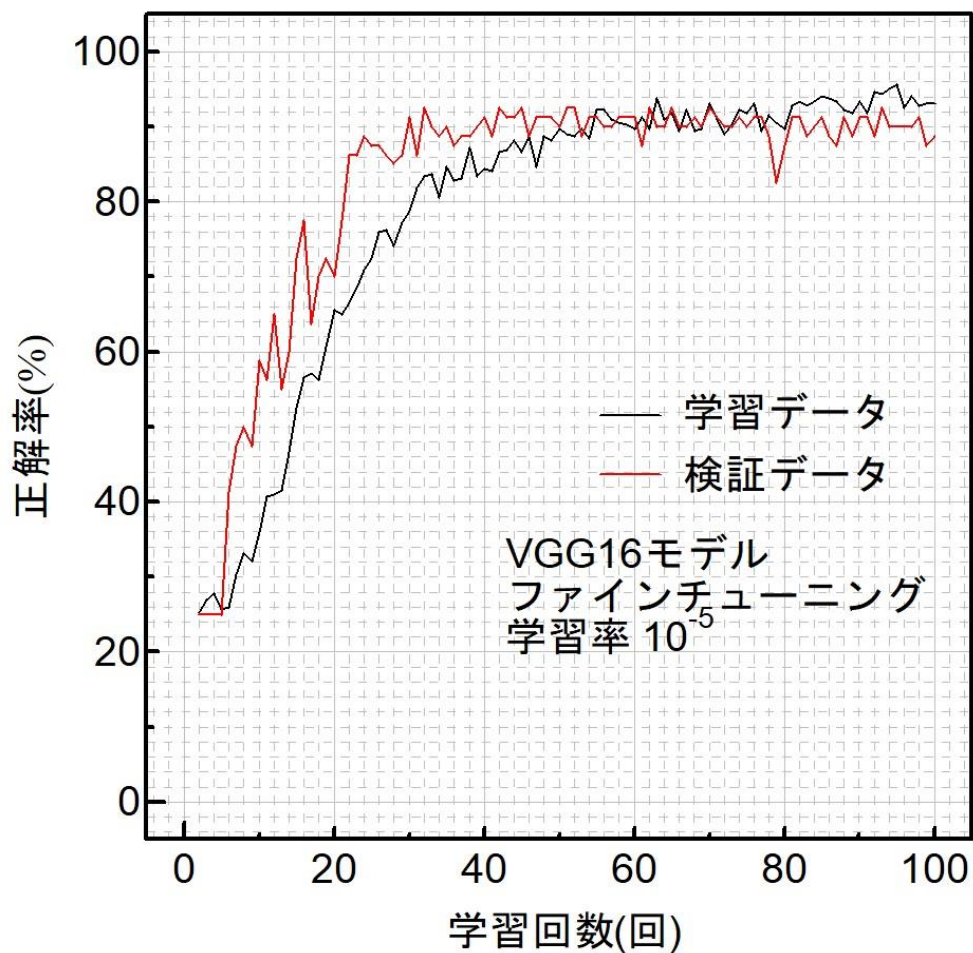


図6 画像認識の正解率 (ファインチューニング)

参考文献

- 1) 焼入れ温度が異なる炭素鋼のディープラーニングによる金属組織の認識

<http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/R2/2kin8.html>

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 齋藤 雄治

TEL：0258-46-3700 FAX：0258-46-6900