

Lobe による鋼の結晶粒度の測定 (結晶粒界の見え方による推論結果の違い)

1. はじめに

前回¹⁾は、マイクロソフト社の機械学習アプリ Lobe による鋼の結晶粒度の測定について紹介しました。その時に学習に用いたのは結晶粒界が明瞭な組織画像（図1左のような画像）ですが、実際は結晶粒界が不明瞭な組織画像（図1右のような画像）もしばしば観察されます。このため今回は、次の三種類の画像

- ①結晶粒界が明瞭な組織画像（例：図1左）
- ②結晶粒界が不明瞭な組織画像（例：図1右）
- ③上記の①と②

について Lobe で学習させたモデルを作成しました。さらに、それらのモデルによる推論結果を JIS G0551 (2020) 鋼—結晶粒度の顕微鏡試験方法²⁾（以下 JIS）から求めた結果と比較しました。この実験は令和2年12月に行ったものです。

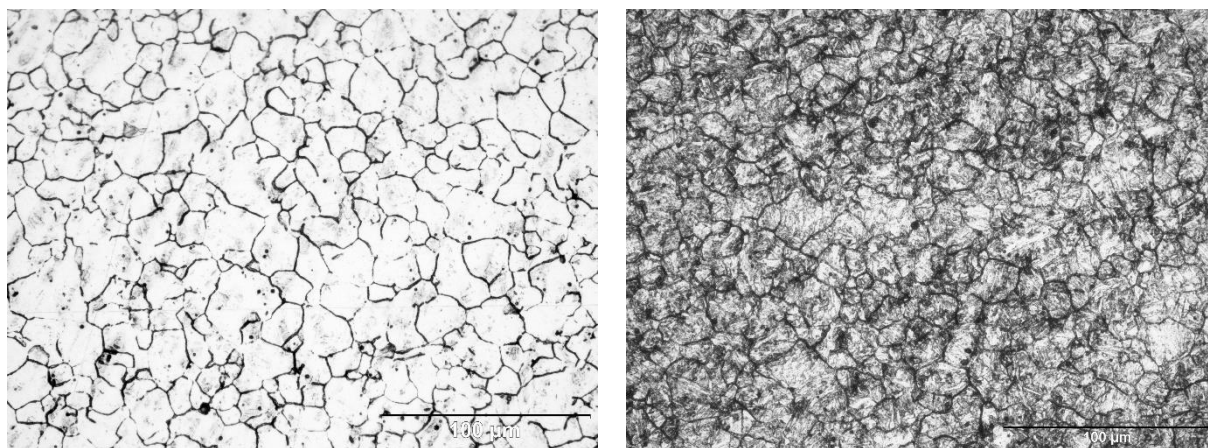


図1 結晶粒界の見え方の違い（左：SCM435 焼入れ材、右：SCM435 焼入れ焼戻し材）

2. Lobe による結晶粒度の測定

上記①～③の画像について Lobe へのインポートおよび学習を行い、次のモデル①～③を作成しました。

- モデル①（学習に用いた画像の結晶粒界：明瞭）
- モデル②（学習に用いた画像の結晶粒界：不明瞭）
- モデル③（学習に用いた画像の結晶粒界：明瞭および不明瞭）

ここで、モデル①は SCM435 の焼入れ材（各結晶粒度につき 100 枚ずつ）の組織画像を用いて前回¹⁾作成したモデルです。モデル②は SCM435 の焼入れ焼戻し材の組織画像（各結晶粒度につき 100 枚ずつ）を用いて前回¹⁾と同様な方法で作成したモデルです。モデル③はモデル①と②の組織画像（各結晶粒度につき 200 枚ずつ）を用いて作成したモデルです。いずれのモデルも最適化まで行いました。

各モデルの正解率を図 2～図 4 に示します。図 2 はモデル①、図 3 はモデル②、図 4 はモデル③の結果です。各モデルとも結晶粒度に対して正解率が大きくばらついていますが、11 種類の結晶粒度における正解率の平均値はモデル①とモデル②は 83%、モデル③は 77% となり、いずれのモデルも平均値で 80% 前後の正解率が得られています。

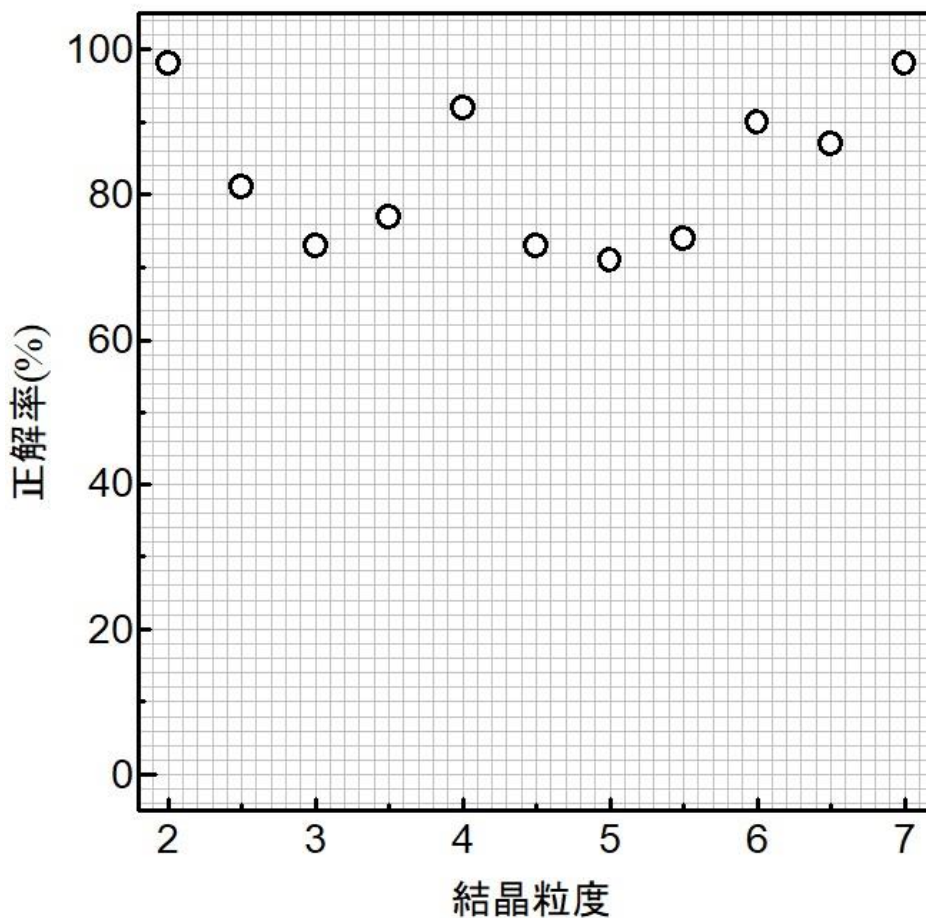


図 2 各結晶粒度に対する正解率（モデル①¹⁾）

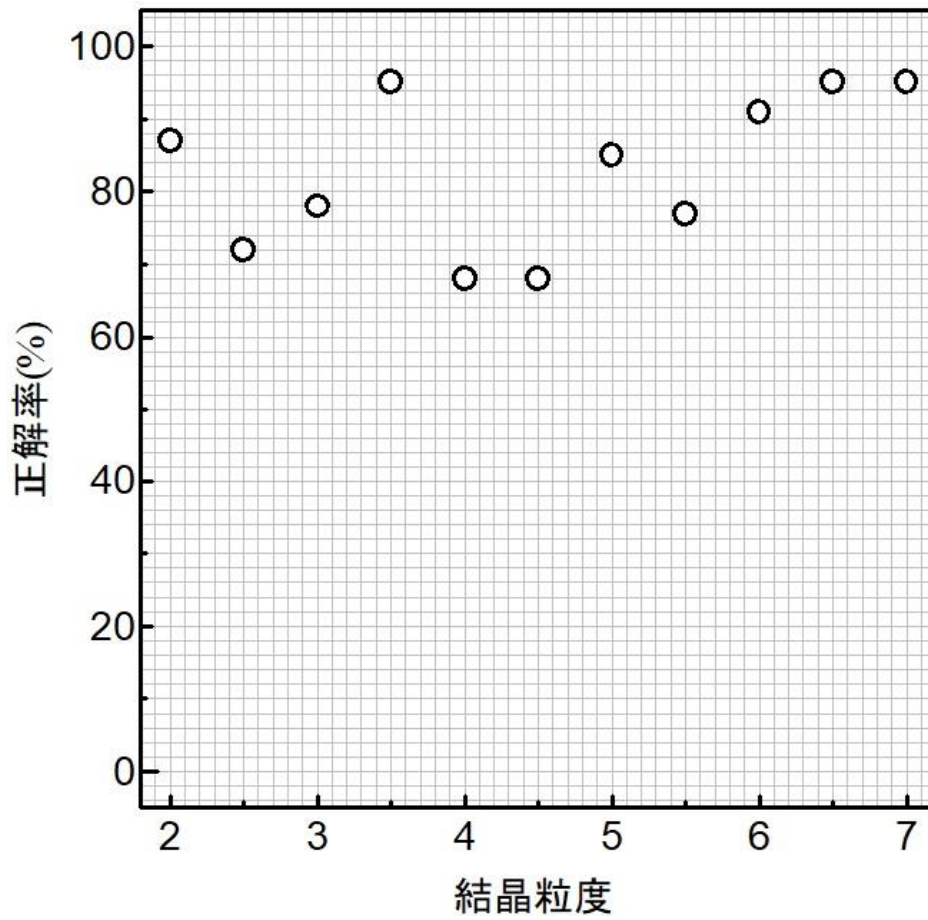


図3 各結晶粒度に対する正解率 (モデル②)

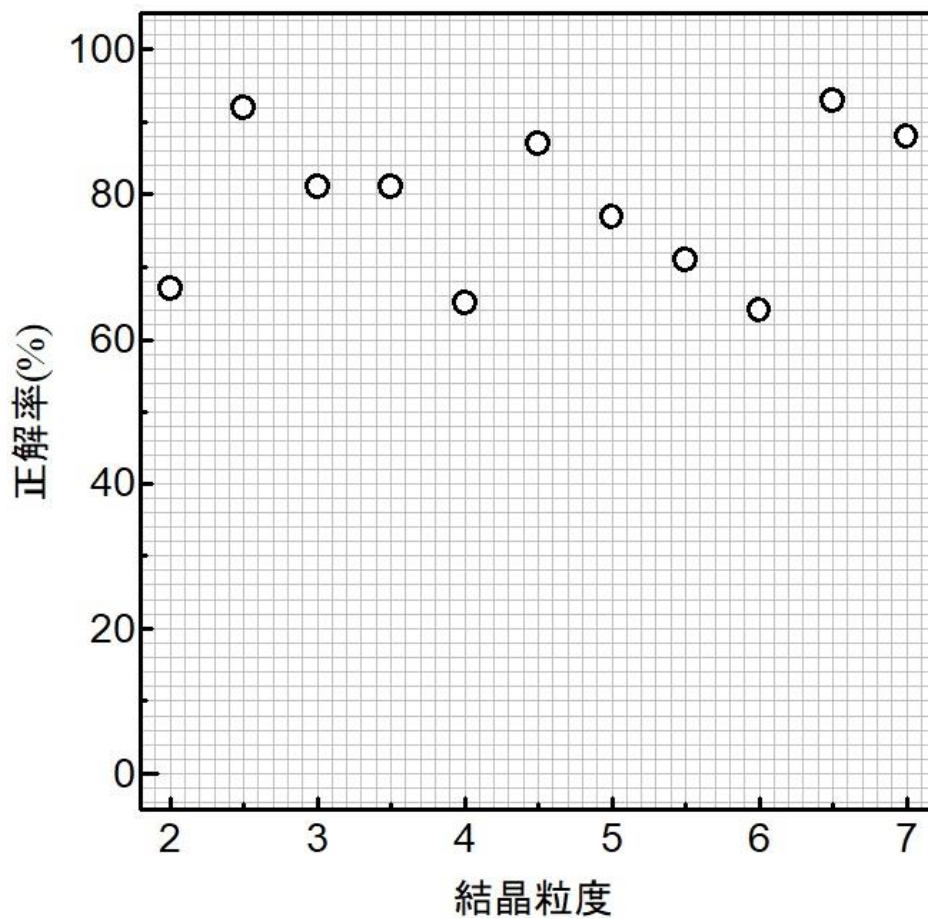


図4 各結晶粒度に対する正解率 (モデル③)

続いて、JISの方法（比較法、切断法）とLobeの推論から結晶粒度を求めて比較しました。比較に用いた画像は、結晶粒界の見え方が明瞭な組織（SCM435 焼入れ材）と不明瞭な組織（SCM435 焼入れ焼戻し材）を倍率500倍で撮影した組織画像です。Lobeの推論には上記のモデル①～③を用いました。

表1に結果を示します。表において、JISの比較法とモデル①～③は10枚の画像の平均値と標準偏差を示し、JISの切断法は5枚の画像による平均値を示しています。また推論については、倍率500倍における値を倍率100倍の値に換算するため、推論結果にJISの換算値4.6を加えた値を記載しています。

まず、JISの比較法と切断法の結晶粒度を比較すると、結晶粒界の見え方が「明瞭」・「不明瞭」いずれの画像に対しても標準偏差の範囲で一致していることが分かります。

次に、JISの比較法と切断法の結晶粒度をLobeの推論による結晶粒度と比較すると、モデル①は「明瞭」、モデル②は「不明瞭」、モデル③は「明瞭」「不明瞭」の結晶粒度がJISの比較法や切断法の結果とよく一致していることが分かります。このことから、学習に用いる画像と推論を行う画像で結晶粒界の見え方が同じ場合、JISの方法に近い結晶粒度が得られることが推察されます。

実際の結晶粒度の測定においては、結晶粒界が明瞭・不明瞭いずれの画像に対しても対応可能であることが求められるため、これらの組織画像を学習させたモデル③が最も実用的と考えられます。

表1 JISの方法とLobeの推論から求めた結晶粒度

画像の結晶粒界の見え方	明瞭			不明瞭		
JISの比較法	9.6±0.2			10.0±0.4		
JISの切断法	9.4			9.8		
Lobeの推論	モデル①	モデル②	モデル③	モデル①	モデル②	モデル③
	9.3±0.3	9.0±0.4	9.3±0.3	11.4±0.4	10.0±0.4	9.7±0.3

3. 終わりに

今回は、Lobeによる推論値をJISによる測定値と比較しました。推論を行う画像と同様な画像を学習することにより、JISによる測定値に近い推論値が得られました。しかし、現時点では図2～図4に示したように結晶粒度によって正解率が大きくばらつくため、今後は正解率の向上に取り組むたいと考えています。

参考文献

- 1) Lobe による鋼の結晶粒度の測定
<http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/R2/2kin24.html>
- 2) 日本規格協会, JIS G0551 (2020) 鋼－結晶粒度の顕微鏡試験方法
- 3) 画像処理による鋼の結晶粒度の測定について
<http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/R2/2kin16.html>
- 4) 画像処理による鋼の結晶粒度の測定について (計数結果の訂正機能の付加)
<http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/R2/2kin17.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