

生成 AI を用いた結晶粒界推定・可視化の試み

1. はじめに

金属材料の結晶粒度は、材料の機械的性質や熱処理状態などを評価するうえで重要な組織情報の一つです。結晶粒度を評価するためには、金属組織画像から結晶粒界を判別する必要があります。結晶粒界が明瞭に現れている画像では比較的容易に判別できますが、材料や熱処理、エッチングの状態などによっては、粒界と粒内組織の区別が難しい場合があります。また、画像処理によって粒界を自動抽出する場合には、粒内の模様や析出物、研磨傷などを粒界として誤検出することがあります。

さて、近年、画像を認識できる生成 AI が急速に普及しています。生成 AI は画像全体の特徴を考慮して対象を認識できるため、従来の二値化などとは異なる方法で結晶粒界を判別できる可能性があります。そこで今回は、いくつかの金属組織画像を生成 AI に読み込ませ

「結晶粒界を赤色で示してください」

と指示し、生成 AI がどの程度結晶粒界を推定・可視化できるか試してみました。

2. 結晶粒界が明瞭な画像

はじめに、結晶粒界が比較的明瞭に現れている SUS304 鋭敏化材の金属組織画像について試しました。この組織画像を図 1 に示します。

図 1 の画像を生成 AI に読み込ませ、結晶粒界を赤色で示すよう指示した結果を図 2 に示します。図 1 の画像には研磨傷や双晶も認められますが、結晶粒界に沿って、おおむね赤色の線が描かれていることが図 2 から分かります。このように、結晶粒界が明瞭な画像では、生成 AI によって粒界と考えられる部分を比較的良好に推定・可視化できることが確認できました。

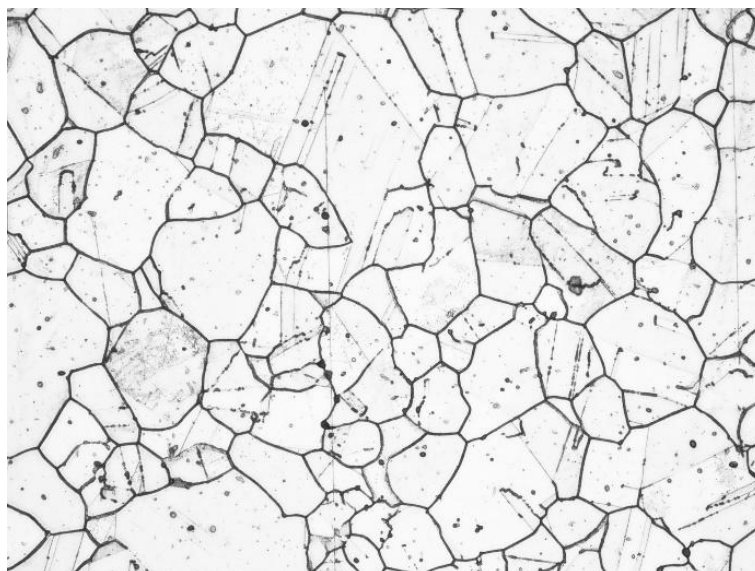


図1 SUS304 鋭敏化処理材の金属組織画像（視野幅 284 μ m）

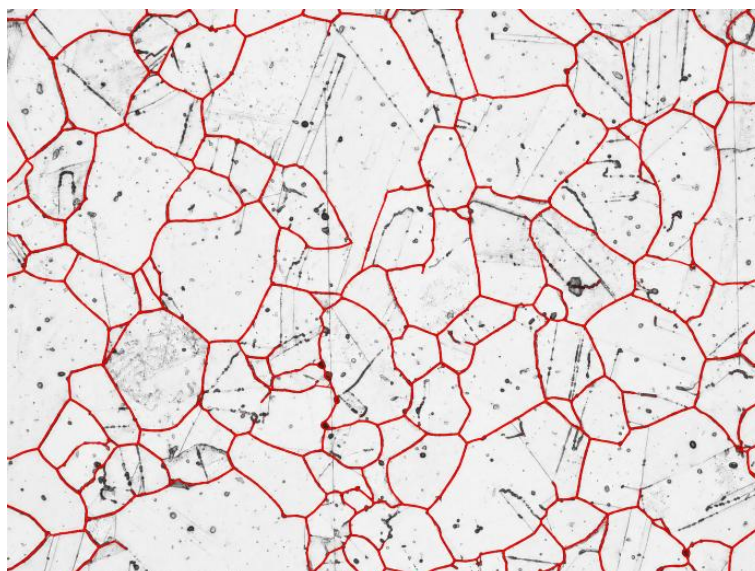


図2 生成 AI による結晶粒界の可視化結果

3. 焼入れ材

次に、SCM435 焼入材の金属組織画像（腐食液には AGS を使用）について試しました。この組織画像を図 3 に示します。旧オーステナイト結晶粒界が明瞭に認められますが、粒界がつながっていない部分もあり、また粒内には若干の腐食が見られます。

生成 AI に旧オーステナイト結晶粒界と考えられる部分を赤色で示すよう指示した結果を図 4 に示します。粒内の腐食部分とは区別して、比較的連続した境界に沿って赤色の線が描かれていることが分かります。また、図 3 で粒界が途切れている箇所についても、その前後の境界から粒界と考えられる位置を推定して線が描かれています。

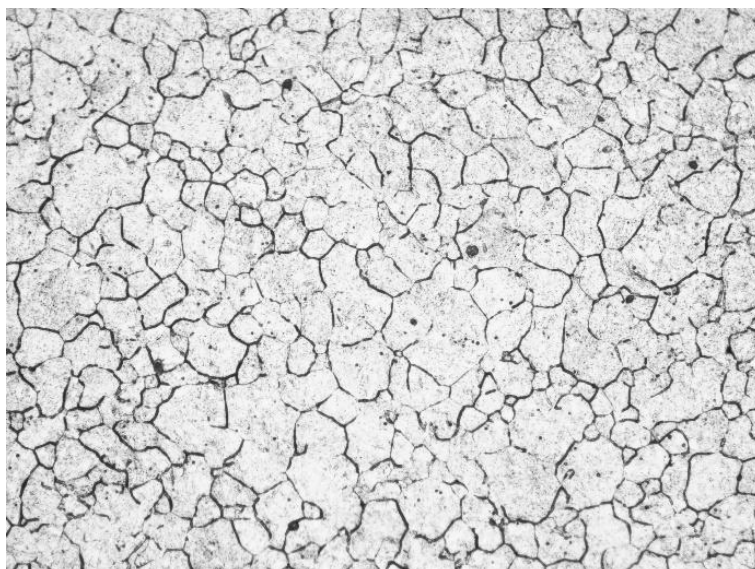


図3 SCM435 焼入材の金属組織画像（視野幅 $284\mu\text{m}$ ）

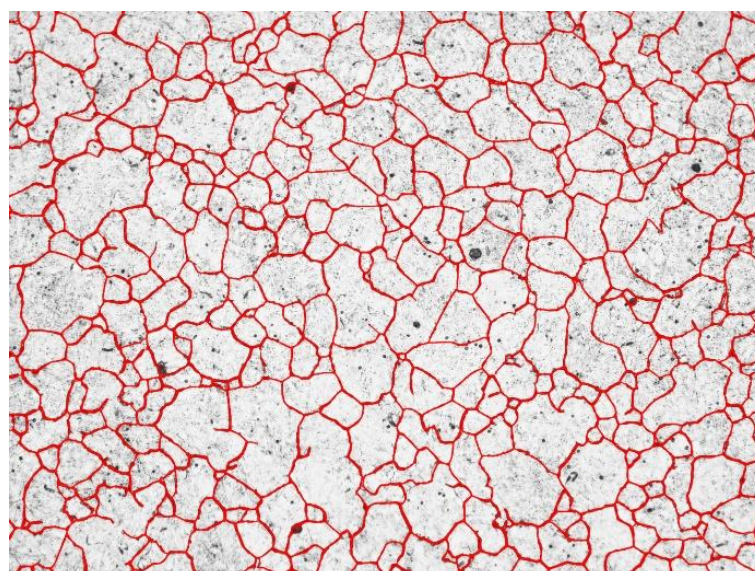


図4 生成 AI による結晶粒界の可視化結果

4. 焼入焼戻材

次に、SCM435 焼入焼戻材の金属組織画像（腐食液には AGS を使用）について試しました。この組織画像を図5に示します。図3に比べて旧オーステナイト結晶粒界がやや不明瞭になり、粒内の腐食も進んでいます。

生成AIに旧オーステナイト結晶粒界と考えられる部分を赤色で示すよう指示した結果を図6に示します。粒内に腐食が見られる画像についても、結晶粒界と考えられる部分が赤色の線で可視化されていることが図6から分かります。

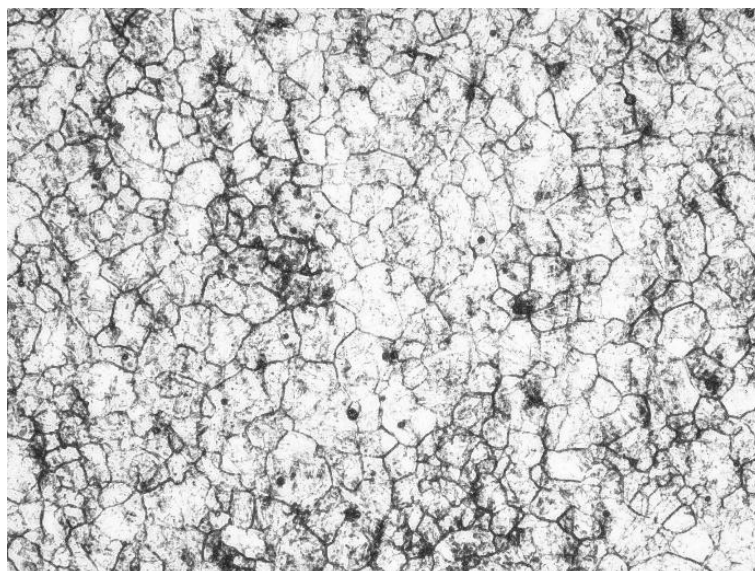


図5 SCM435 焼入焼戻材の金属組織画像（視野幅 284 μ m）

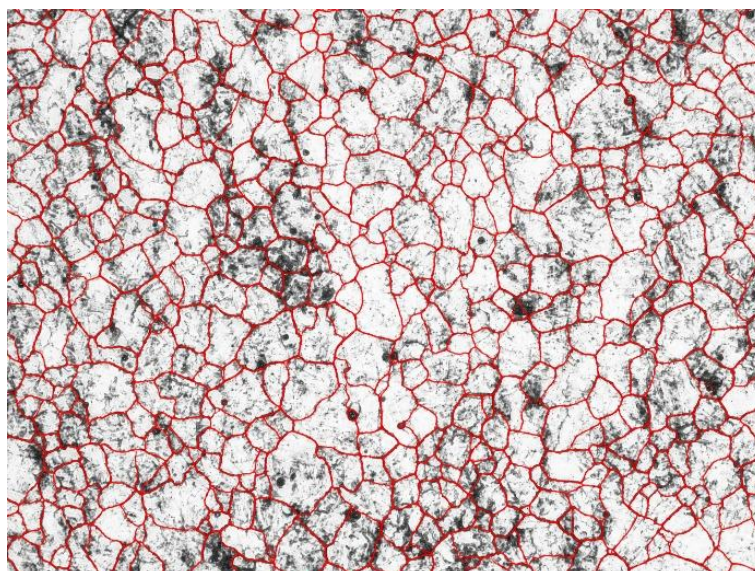


図6 生成 AI による結晶粒界の可視化結果

5. 生成 AI による粒界検出の特徴

今回試した範囲では、生成 AI による結晶粒界の可視化には、次のような特徴が見られました。

- ・結晶粒界が明瞭な画像では、粒界と考えられる部分を比較的良好に推定できる
- ・粒内に模様が存在する画像でも、粒界と考えられる連続した境界を推定できる場合がある
- ・目視では追跡しにくい境界についても、粒界として推定する場合がある
- ・特別な画像処理プログラムを作成しなくても、画像と指示文だけで試することができる

従来の画像処理では、しきい値やフィルタ処理などの条件を画像ごとに調整する必要があります。これに対して生成 AI では、画像の濃淡だけでは説明しにくい粒界の推定結果も見られました。特に、腐食などによって粒界が部分的に不明瞭な箇所についても、その前後の境界から粒界

と考えられる位置を推定して線が描かれる例が見られました。これらの結果から、生成 AI は単純な濃淡情報だけでなく、周囲の組織形態や粒界の連続性なども考慮して粒界を推定している可能性があります。ただし、その判断根拠については明らかではなく、今後さらに検討が必要です。

6. 利用上の注意点

今回の方法を利用する際には、重要な注意点があります。

生成 AI が赤色で示した線は、画像解析によって元画像の画素を厳密に分類した「粒界検出結果」とは限りません。生成 AI による画像生成・編集では、元画像を基にして粒界と考えられる位置を推定し、赤色の線を描画しています。このため

- ・実際には存在しない粒界を生成 AI が補完する
- ・実際の粒界を見落とす
- ・元画像の粒界位置と赤線の位置がずれる
- ・同じ画像でも処理するたびに結果が変化する

などの可能性があります。

したがって、現時点では、生成 AI による可視化結果をそのまま結晶粒度の評価に用いるのではなく、結晶粒界を推定・可視化する手法として利用することが適切と考えられます。今後、画像処理と組み合わせることで、結晶粒度の定量評価へ展開できる可能性があります。

7. まとめ

今回は、生成 AI を利用して金属組織画像から結晶粒界と考えられる部分を推定・可視化する方法を試しました。結晶粒界が明瞭な画像だけでなく、粒内に腐食などの複雑な模様が存在する画像についても、結晶粒界と考えられる部分をある程度推定できることが確認できました。

一方、生成 AI による結果には、実際には存在しない粒界の補完や粒界の見落とし、元画像との位置ずれなどが生じる可能性があります。このため、現時点では生成 AI による結果をそのまま結晶粒度の測定結果として扱うのではなく、結晶粒界を推定・可視化する手法として利用することが適切と考えられます。

今後は、生成 AI によって可視化した結晶粒界を OpenCV などの画像処理によって抽出し、粒数や粒径などを定量化する方法について検討する予定です。さらに、従来の方法によって求めた結晶粒度番号と比較することで、生成 AI と画像処理を組み合わせた結晶粒度評価への適用可能性について検討していきます。

問い合わせ：新潟県工業技術総合研究所
技術統括センター 斎藤 雄治
TEL：025-247-1320