

## 画像処理による黒鉛球状化率判定試験について

### 1. はじめに

JIS G5502 (2001) の球状黒鉛铸铁品の 12.試験において、12.6 黒鉛球状化率判定試験というものがあります。これは、金属組織中の黒鉛の形状が円に近いものの存在割合を求める試験です。具体的には、観察された個々の黒鉛について、G5502 の図 4 (黒鉛粒の形状分類図) の V と VI に分類される黒鉛数を求めて全黒鉛数に対する割合 (%) を算出します。ここで、G5502 では黒鉛球状化率の算出を画像処理で行ってもよいとしていますが、V と VI に分類される黒鉛の選定方法については記載がありません。

そこで今回は、画像処理による V と VI の黒鉛形態の選定および黒鉛球状化率の算出を試みました。この実験は令和2年1月に行ったものです。

### 2. 画像処理による V と VI の黒鉛形態をもつ黒鉛の選定

黒鉛形態の選定には、JIS G5502 (1986) (旧規格) と G5502 (2001) (現行規格) の黒鉛粒の形態分類と、旧規格に参考値として載っている各黒鉛形態の面積率を利用しました。ここで、黒鉛粒の形態については、旧規格は 1～5 の形態に分類され、現行規格は I～VI の形態に分類されています。表 1 に、旧規格と現行規格の黒鉛形態を比較した結果を示します。表においては、同程度の黒鉛形態を同列に整理しています。表より、現行規格の V は旧規格の 3 と同程度であることが分かります。ここで、表の下段には、旧規格に掲載されている各黒鉛形態の面積率を示します。これより、旧規格のクラス 3 の面積率の最小値は 40% であることが分かります。以上のことから、ここでは面積率 40% 以上の黒鉛を現行規格の V と VI として選定することとしました。

表 1 JIS G5502 の現行規格と旧規格における黒鉛形態の分類の比較

現行規格の分類	I	II	III	IV	V		VI
旧規格の分類	1		2		3	4	5
面積率 (%)	～20		20～40		40～70	70～80	80～

### 3. 画像処理のプログラム

ここでは、作成した画像処理のプログラムについて説明します。プログラムは Python (バージョン 3.7.4) で作成し、画像処理には OpenCV (バージョン 4.1.2) を用いています。

プログラムでは、まず画像ファイルをグレースケールで読み込み、それを白黒反転で二値化して黒鉛の輪郭を検出します。そして、小さすぎる ( $15\mu\text{m}$  未満) 輪郭や縁に掛かる輪郭を取り除いた後、各輪郭の面積と最小外接円の面積を求め、それらの比から面積率を計算します。さらに、面積率が 40 以上の黒鉛を数えて、次式から黒鉛球状化率 (単位%) を求めます。

$$\text{黒鉛球状化率} = \text{面積率 40 以上の黒鉛 (輪郭) の数} \div \text{黒鉛 (輪郭) の総数} \times 100$$

なお、作成したプログラムでは、黒鉛球状化率などの数字をテキスト表示するほか、白黒反転した二値化後の画像と、元画像に輪郭や最小外接円を重ね書きした画像を画面に表示することにより、画像処理の良否を確認できます。

プログラムの実行結果を以下に示します。球状化率の算出に用いた画像 (元画像) を図 1 に示し、プログラムの実行結果を図 2~図 4 に示します。図 1 の元画像は幅 88mm に表示したときに倍率 100 倍の大きさとなります。

図 2 は図 1 の元画像をグレースケールで読み込み、白黒反転の二値化を行った結果です。図 1 と図 2 を比較すると、黒鉛の形状に沿って白黒反転して二値化されていることが分かります。

図 2 の元画像に、黒鉛の輪郭とその最小外接円、面積率 40%以上の黒鉛に“+”を重ね書きした結果を図 3 に示します。図において、赤線が抽出された輪郭、青線が輪郭の最小外接円です。黒鉛の形状に沿って輪郭が抽出されていることが分かります。

図 4 はテキスト表示された結果で、ファイル名、現行規格 (G5502 (2001)) および旧規格 (G5502 (1995)) の黒鉛球状化率が出力されています。ここで、現行規格による球状化率は旧規格の球状化率に比べて 10%程度大きくなることが知られています。

今回は画像処理を用いた球状黒鉛鋳鉄の黒鉛球状化率の算出方法について紹介しました。VとVIの黒鉛形態の選定方法については、ここで紹介した方法が正解ということではないため、あくまで選定方法の一つとしてご理解ください。

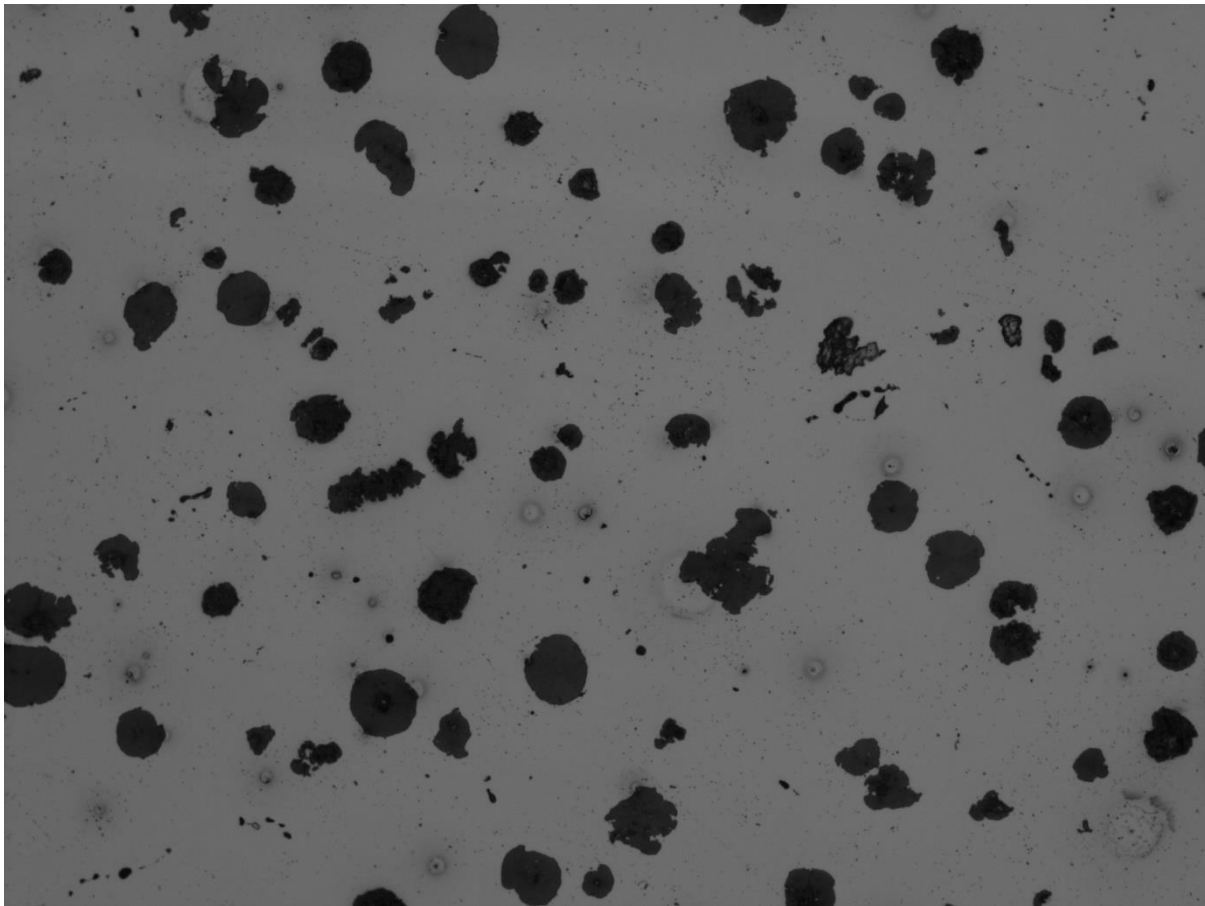


図1 球状化率の算出に用いた画像（元画像）

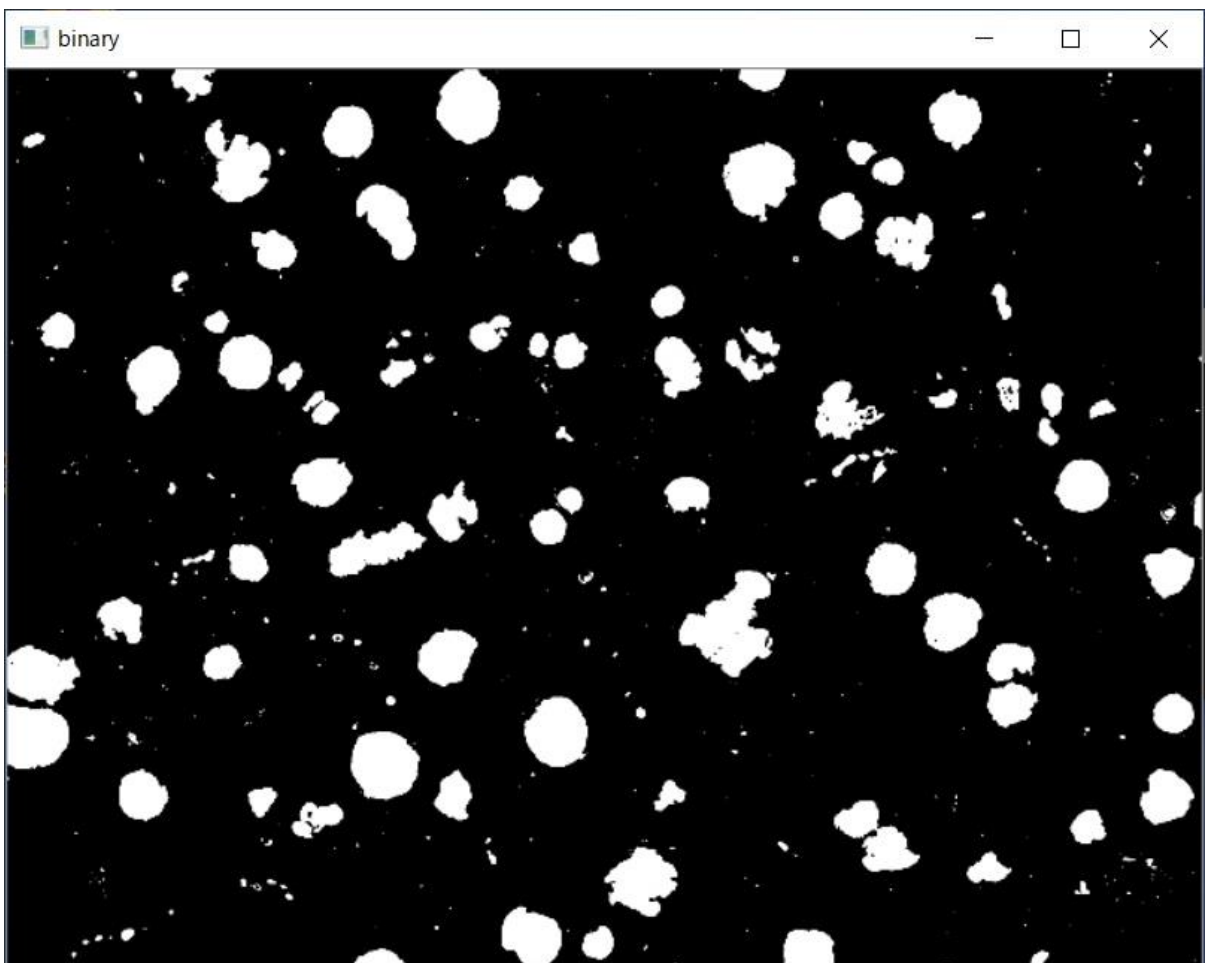


図2 白黒反転の二値化処理後

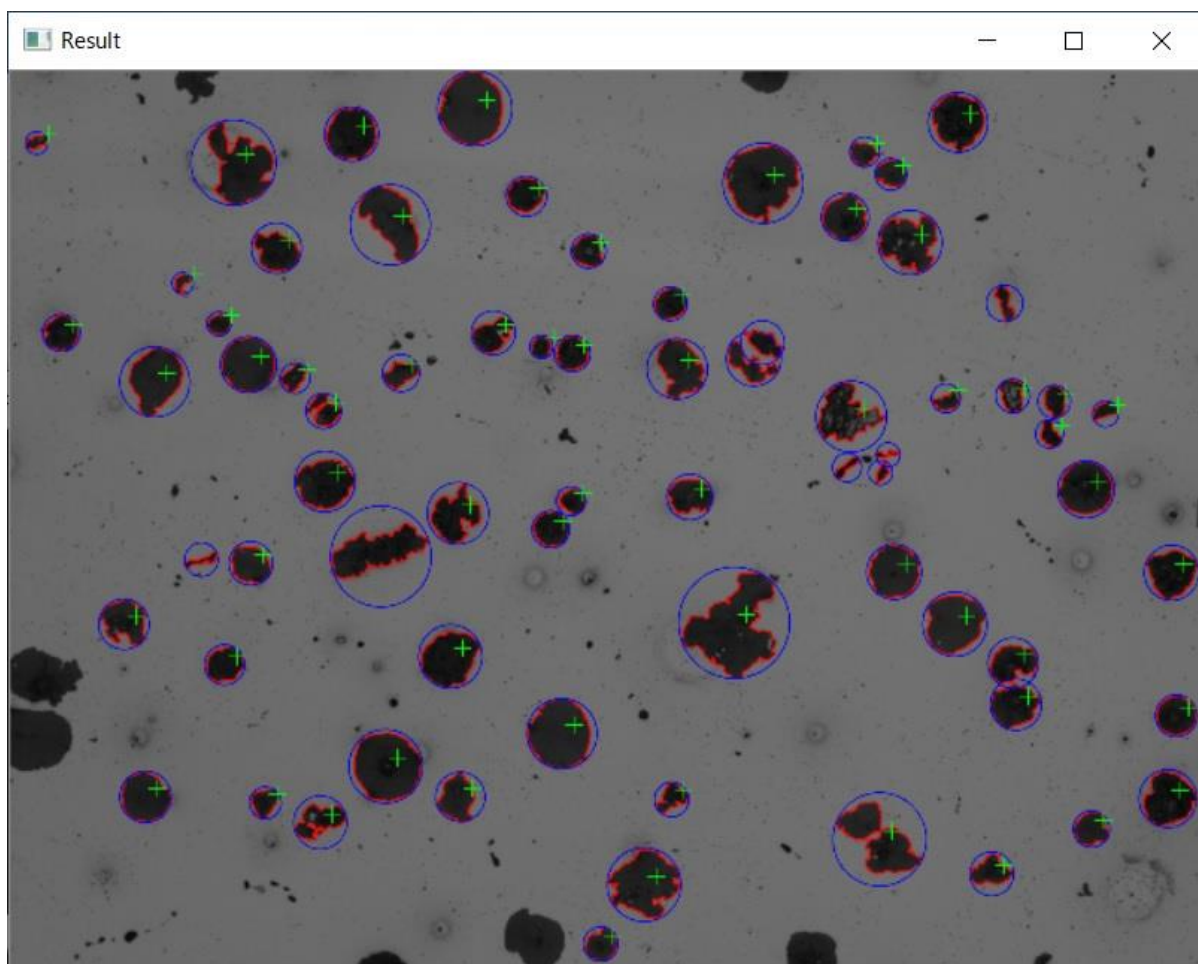


図3 黒鉛形態の判定後

```
Anaconda Powershell Prompt (Anaconda3)
(base) PS C:\>python> python graphite.py
ファイル名 : C:/Data/Test.JPG
黒鉛球状化率 G5502:88.7% (63個/71個) , 旧G5502 (NIK法) :77.2%
(base) PS C:\>python>
```

図4 黒鉛球状化率の算出結果

## 文献

- (1) 日本規格協会, JIS G5502 (1986) 球状黒鉛鑄鉄品.
- (2) 日本規格協会, JIS G5502 (1995) 球状黒鉛鑄鉄品.

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