

モルフォロジー演算を用いたエアロゲルの貫入孔画像に対する形状推定と体積計算及びその評価

池田 愛大^{†1} 園家 俊^{†1} 佐藤 慎也^{†2} 竹渕 宥仁^{†1} 矢口 勇一^{†3} 奥平 恭子^{†4} 出村 裕英^{†4}

たんぽぽ計画チーム^{†5}

会津大学^{†1} 会津大学大学院^{†2} 会津大学情報システム学部^{†3}

会津大学 CAIST/宇宙情報科学クラスター^{†4} 東京薬科大学^{†5}

1. はじめに

宇宙探査におけるサンプルリターンミッションは盛んであり、一例として JAXA のたんぽぽ計画がある[1]。この計画ではシリカエアロゲルによる粒子の捕集実験が行われている。エアロゲル中の試料の摘出前には、試料が入ってきた時の形（貫入孔）の写真とそのスケールを保存しておく。ここから貫入物の持つエネルギーを推定したいと考え、その一要素として貫入孔の体積を求めることにした。そのために本研究では、モルフォロジー演算を用いて貫入孔の形状の推定と区分求積的手法による体積の算出、その評価を行った。

2 モルフォロジー演算

2. 1 膨張処理（8近傍）[2]

つながっている対象を複数に切り離す処理。白いドットを一回り大きくする。任意のドットを1つ選択し、その隣接する周囲8方向に白ドットがあれば、選択したドットを白にする。

```
for x = n-1 to n+1
  for y = m-1 to m+1
    if dot[x][y] == white and dot[x][y] !=
dot[n][m] then
      dot[n][m] = white
    end if
```

2. 2 縮退処理（8近傍）[2]

離れている対象を結合させる処理。黒いドットを一回り大きくする。任意のドットを1つ選択し、その隣接する周囲8方向に黒ドットがあれば、選択したドットを黒にする。

```
for x = n-1 to n+1
```

```
  for y = m-1 to m+1
```

```
    if dot[x][y] == black and dot[x][y] !=
dot[n][m] then
```

```
      dot[n][m] = black
```

```
    end if
```

2. 3 モルフォロジー演算

2. 1、2. 2の処理を行い、複数の対象を結合させる処理をクロージング処理、ある対象を複数に分ける処理をオープニング処理という。

3. 実験

エアロゲルに対する貫入孔の写真から面積を求め、その面積から区分求積的に体積を求める。その際に使用する写真は、スケールのわかっているもので、粒子が貫入が侵入してきた方向に対して垂直な向きかつ、貫入孔の直径が最も太くなる部分の断面図写真を採用する。今回画像はPGM形式に変換したものをを用いた。なお、画像はNASAのSTARDUST計画でのものである[3]。

今回の手法の核となるモルフォロジー演算以外にも、前段階の処理として画像の二値化や余白の削除、メディアンフィルタを用いたノイズの除去、画像の明るさによっては白黒反転を行う。

前段階の処理を行ったあと、画像の貫入孔部分の形を推定していく。元画像から二値化画像に落とし込んだ際に、貫入孔の輪郭の破綻が起きることが多く、この部分をオープニング処理とクロージング処理のモルフォロジー演算により推定していく。今回は8近傍と4近傍の2つのアルゴリズムを用いた。最後に、面積を求めるために画像中の貫入孔内部を空洞になっていると仮定し白色に塗りつぶす。その後、1行のうちに連続している部分をそれぞれ円柱形として区分求積的に堆積を求める。

以下に全体の流れを表した図、計算結果、手法を適用した画像を示す。計算結果は、マニュアルで作成した正解例画像、二値化のみでモルフォロジー演算を行わないものと比較する。

The shape estimation for images of impact holes in aerogel by morphology operation and volume computation and evaluation for the shape

^{†1}Akihiro Ikeda ^{†1}Takashi Sonoke ^{†2}Shinya Sato

^{†1}Yuji Takebuchi ^{†3}Yuichi Yaguchi ^{†4}Kyoko Okudaira

^{†4}Hirohide Demura ^{†5}Tanpopo mission team

^{†1}University of Aizu - undergraduate

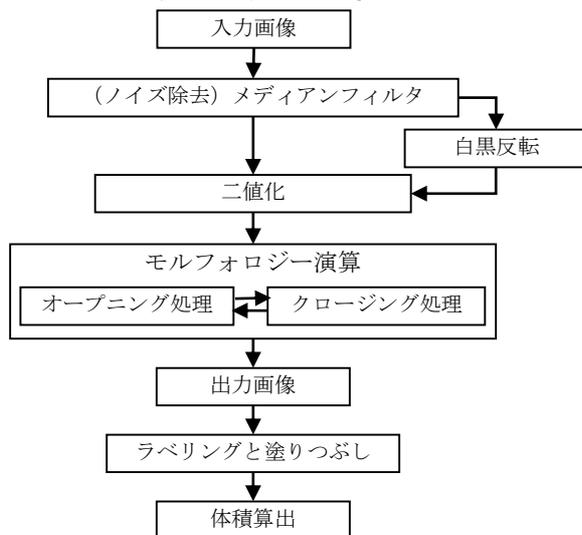
^{†2}University of Aizu - graduate

^{†3}University of Aizu - Division of Information Systems

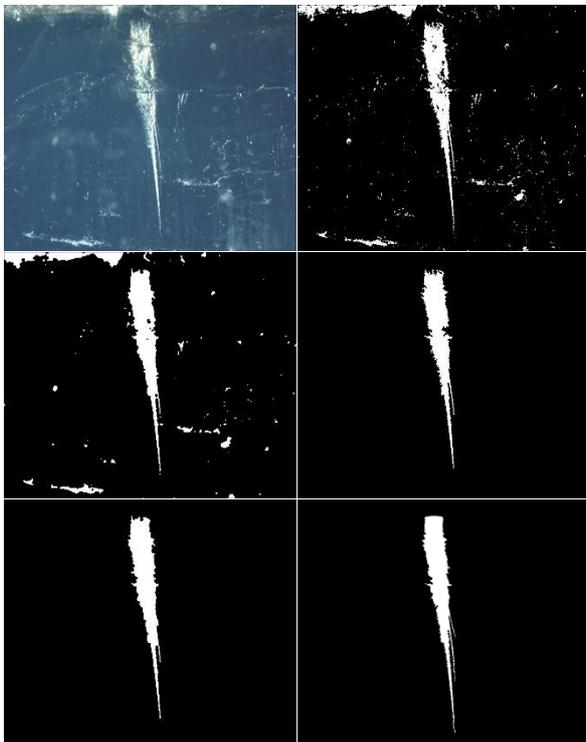
^{†4}University of Aizu - Research Center for Advanced Information and Technology (CAIST) ARC-Space

^{†5}Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences

全体の流れは次のようになる。



また、実験結果は以下のようなになる。



左上：元画像
 右上：左上を PGM 形式で閾値を 65 として二値化
 左中：右上にモルフォロジー演算適用後
 右中：右上の二値化画像を塗りつぶし処理したもの
 左下：左中に塗りつぶし処理したもの
 (今回の手法による完成形)
 右下：正解例の画像

計算結果

今回使用した画像のサイズは 863 ピクセル×732 ピクセルである。また、正解画像において貫入孔の長さは 6.5mm とわかっている。正解画像の長さのピクセル数は 644 ピクセルなので、ここか

ら 1 ピクセルの一边の長さを 0.0101mm として計算する。

	右中	左下	右下
長さ(ピクセル)	593	604	644
長さ(mm)	5.99	6.10	6.50
面積(mm ²)	1.68	2.13	2.09
F 値	0.869	0.937	1
体積 (mm ³)	0.570	0.870	0.763
体積/体積(右下)	0.75	1.14	1
体積の誤差(%)	-25	+14	0

4. 評価

F 値で白い部分の形を比較すると、今回の手法を適用させた画像は、二値化しただけの画像より 0.068 ポイント値が高い。また、今回 F 値は白い部分(貫入孔)の形がどれだけ近いかわかるものであるが、そのことより輪郭の近さについても評価でき、手法適用後の画像の貫入孔部分は正解例画像に近づいていると言える。

正解例の画像と本論文の手法を用いて作成した画像の体積を比較すると 14%の誤差が出ている。このことから今回の手法により出てきた値をそのまま貫入孔の体積として使用するには誤差が大きいため、他の手法との組み合わせや、アルゴリズムの改善などが必要だといえる。

一方、今回の手法を用いないで二値化しただけの画像から求めた体積と比較した場合、誤差が 10%以上軽減している。このことは、本論文の手法でより正確な体積を求めうる貫入孔の輪郭の作成には成功していることを表している。

以上より今回の手法はある一定の有用性があると考えて良い。

5. 今後の課題

現在はラベリングと塗りつぶし以外の処理をすべての手動で行っているため自動化かつ、人が目で見て判断するより正確な貫入孔の形状をを推定し、より正確な体積を求めることのできるような判定条件やアルゴリズムの考案が今後の課題と言える。

謝辞

本研究では、NASA の STARDUST 計画での貫入孔画像を利用させて頂いた。

参考文献

[1] <http://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2014/pdf/2934.pdf>
 [2] http://compsci.world.coocan.jp/OUJ/2012PR/pr_10_a.pdf
 [3] <http://curator.jsc.nasa.gov/stardust/index.cfm#>