

# 光学顕微鏡断層撮影に基づくシリカエアロゲル中にできた孔の3D形状復元

佐藤 慎也<sup>†1</sup> 矢口 勇一<sup>†2</sup> 奥平 恭子<sup>†3</sup> 出村 裕英<sup>†3</sup> たんぽぽ計画チーム<sup>†4</sup>

会津大学大学院<sup>†1</sup> 会津大学情報システム学部門<sup>†2</sup> 会津大学 CAIST/宇宙情報科学クラスター<sup>†3</sup>  
東京薬科大学<sup>†4</sup>

## 1. はじめに

3D 復元ではレーザースキャンや赤外線、X 線トモグラフィーなどを用いた特殊なデバイスを用いる手法[1][2][3]が主流だが、可視光による3D 復元[4]も可能である。レーザーや X 線を用いた3D 復元は可視光による3D 復元より精度がよく、信頼性が高いが、対象物が熱変性したり、X 線による被ばくで対象物の変質したりする恐れがある。しかし、可視光による3D 復元は物体に対する影響が少ないため、可視光による3D 復元の研究は宇宙生物学などといった、できるだけ汚染したり、変質をさせたりしたくない物質を扱う分野で3D 復元をするために重要な研究である。本論文では可視光による3D 復元の手法について扱う。

今回の研究は宇宙生物学の実験であるたんぽぽプロジェクト[5]で得られるサンプルに対して適用することを目的としている。このプロジェクトでは、シリカエアロゲルという半透明、超低密度の物質を用いて、宇宙空間上の地球外や地球由来の無機物、地球由来の有機物を捕獲する実験を行う。シリカエアロゲルを一定期間、宇宙空間上に曝露することで宇宙塵をシリカエアロゲルに貫入させ捕獲する。

この実験では捕獲した物質の分析が目的であるが、捕獲した際の物質の貫入孔からも衝突方向や速度などの物理情報が分かるので、貫入孔の分析も重要な研究である。そのため、私たちは捕獲後のシリカエアロゲルを3D 復元し、貫入孔の形状情報を保存することで、試料帰還後の分析に貢献できると考えている。また、貫入孔を3D 復元することで、試料から試料小片の切り出しの位置や角度を決めることができ、今回、たんぽぽ計画で開発している切り出しマシンの

開発に貢献することができる。たんぽぽ計画で利用を考えて、本研究では光学顕微鏡断層撮影を用いた3D 形状復元を提案する。

## 2. 提案手法

提案手法では、以下の手順で3D 復元を試みた。

### ① 光学顕微鏡での撮像

貫入孔自体とても小さいので双眼顕微鏡で撮影をする。まず、顕微鏡でゲルの表面に焦点を合わせ撮影する。その後一定間隔で焦点の位置を遠ざけて撮影していく。シリカエアロゲルは半透明で内部の状態が見えるので、焦点距離を遠ざけて撮影することで貫入孔の入り口の輪郭だけでなく、ゲル内の特定の地点の貫入孔の輪郭も撮影することができる。これによって、貫入孔の始点から終点の輪郭の画像を撮影する。

### ② エッジ画像群の作成

画像中から貫入孔の輪郭だけを取り出すため、ハイパスフィルターをかけて特定の周波数以上の高周波数成分だけを残す。高周波成分は画像中の輝度変化の大きい部分、つまり、貫入孔の輪郭に相当するので、画像中に貫入孔の情報だけが残る。作成後の画像をエッジ画像群として保存する。

### ③ 3次元上への配置

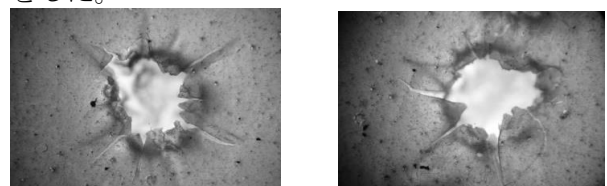
生成したエッジ画像群から、エッジを点群として取り出し、撮影したゲルの位置情報をつかって、点群を3次元上に配置していく。

### ④ メッシュ生成

配置された点群に対し、ドロネー三角形分割によってメッシュを張り、貫入孔の3D 復元を実現する。

## 3. 実験

今回は双眼顕微鏡でシリカエアロゲル中の孔を3箇所撮影し、撮影した画像を使用して実験をした。



3D shape reconstruction of holes in silica aerogel based on optical microscope tomography

Shinya Sato<sup>†1</sup>, Yuichi Yaguchi<sup>†2</sup>, Kyoko Okudaira<sup>†3</sup>, Hirohide Demura<sup>†3</sup>, Tanpopo mission team<sup>†4</sup>

<sup>†1</sup>University of Aizu – graduate

<sup>†2</sup>University of Aizu - Division of Information Systems

<sup>†3</sup>University of Aizu - Research Center for Advanced Information and Technology (CAIST) ARC-Space

<sup>†4</sup>Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences

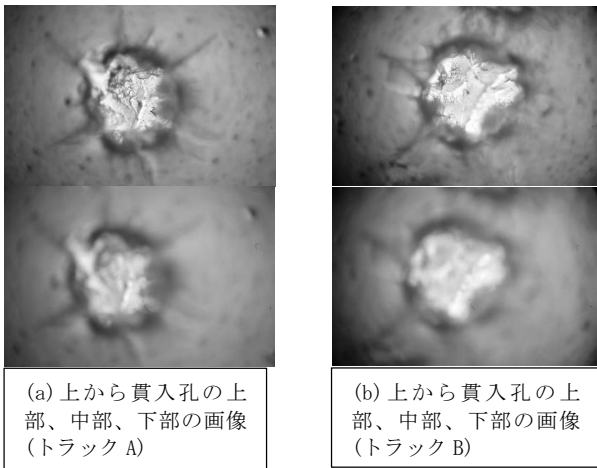


図1 2箇所貫入孔を撮影した画像 (グレイスケール)

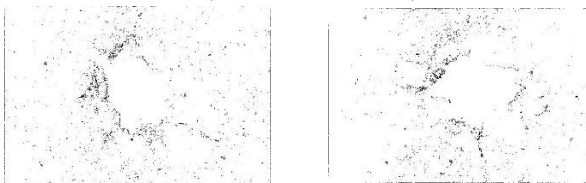


図2 各貫入孔のエッジ画像の一例 左:トラック A 右:トラック B

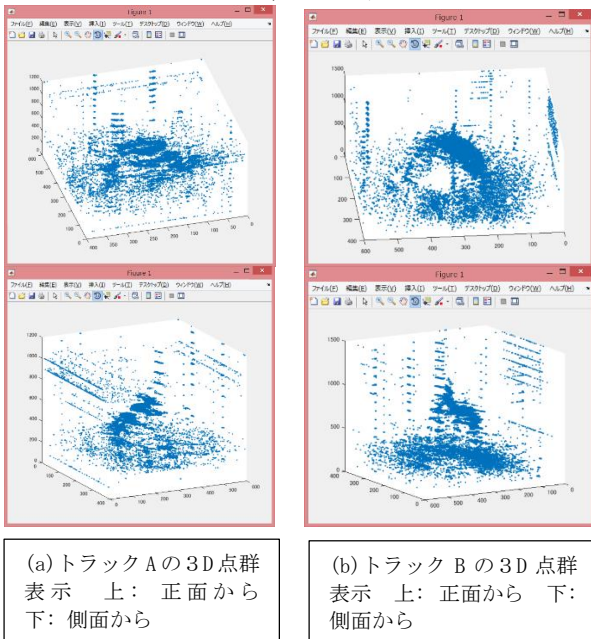


図3 各貫入孔の3D点群表示

図2にエッジ画像の例を示す。図3に3次元配置後の画像、図4に3D復元後の画像を示す。

図2の結果から画像中から貫入孔の輪郭の抽出はできていると考えられる。しかし、貫入孔の輪郭の点群以外の点群も同時に抽出されてしまっている。図3では貫入孔の形状が分かるような結果になったが、図2の結果と同様に、不

要な点群が目立つ結果になった。最終的な結果である図4では、不要な点群の抽出の影響で、図4のような不要なメッシュが多くなる結果になってしまった。

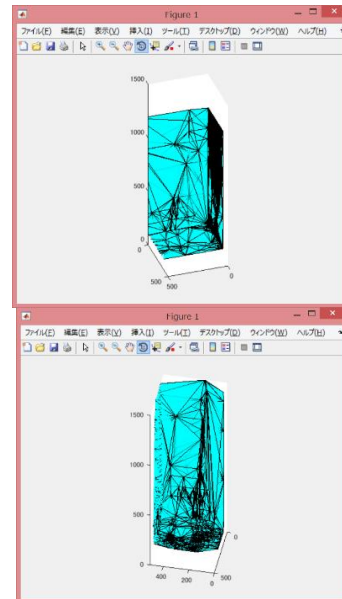


図4 メッシュ生成後の3D復元画像 上:トラック A 下:トラック B

#### 4. おわりに

当初の想定通り、エアロゲル内に焦点を合わせて撮影することでエアロゲル内の貫入孔の輪郭を取得することが可能であった。しかし、現状の貫入孔のエッジ抽出だと、エッジの点群でないものも含んでしまい、メッシュ生成の際に影響を与えてしまったので改良の必要性がある。また、メッシュ生成の際に意図しないところにメッシュを張られてしまう箇所があったので、今後は、ドローネー三角形分割の際の制限条件の考案が課題である。

#### 参考文献

- [1]井下 智加 ほか, “単一散乱からの半透明物体の形状推定”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011), 2011.
- [2]F. Palacios et al. “3D image reconstruction of transparent microscopic objects using digital holography,” Optics Communications, 2005.
- [3]D. Miyazaki et al. “A method to estimate surface shape of transparent objects by using polarization raytracing method,” The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2005.
- [4]M. Yamazaki et al. “3D reconstruction of specular and transparent objects using stereo cameras and phase-shift method,” Information Processing Society of Japan, 2008.
- [5] H. Yano et al. “Tanpopo experiment for astrobiology exposure and micrometeoroid capture onboard the ISS-JEM exposed facility,” 45th Lunar and Planetary Science Conference, 2014.