

研究ノート

極微小資料の光学顕微鏡撮影による3次元デジタルアーカイブ化 —中間報告—

野村正弘*・井上智史*・住田功太郎**・
宇梶勝雄**・白石行広**

【要旨】 社会では3次元表示によって楽しむ、臨場感を与えるという流れがあり、3次元表示による情報提供は、教育や研究の分野でも効果があることがわかっている。本研究では、顕微鏡で観察するサイズの資料について3次元化を行い、提供する方法を確立することを目的に研究を行ってきた。今回は、現在までの進展について報告する。

【キーワード】 デジタルアーカイブ、3次元、光学顕微鏡、撮影、微小資料

1. はじめに

従来の3Dテレビは左目用と右目用の2つの映像を高速で連続して表示することで、見る人の脳内で立体的な映像を再現させるフレームシーケンシャル方式である(大田原2011)。一方、裸眼3D対応テレビは、角度が異なる多数の光を出すことで、専用のメガネがなくても脳内で立体的な映像を再現することができるインテグラルイメージング方式を採用している(高木2011)。しかし、どちらも脳内で3D化して見ているのあり、“バーチャル空間内”に立体物が存在しているわけではない。

2010年、SONY社が開発した「RayModeler」という360度の立体映像を表示することが可能なディスプレイの試作品が、アメリカで開催された「SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies」で展示された。同社は、このディスプレイで表示する映像を撮影するために、特殊な撮影方法も考案している(http://www.youtube.com/watch?v=yS0_3Sql-5E)。また、ゲーム機でも2011年に、任天堂3DSが発売され裸眼3Dのゲームが人気を博している。

このように、エンターテイメントを中心に、3

次元表示によって楽しむ・臨場感を与えるという流れが存在する。

野村は独立行政法人科学技術振興機構の「地域科学館連携支援事業」に採択され、科学巡回展示「ミクロの世界」(<http://rika.jst.go.jp/chiiki/18/18.html#05>)を行ったことがある。この事業の展示の中に、低真空型の走査型電子顕微鏡が入っており、大型モニターに映し出された身近なものの拡大画像に、児童・生徒の反応はきわめて良く、科学へ

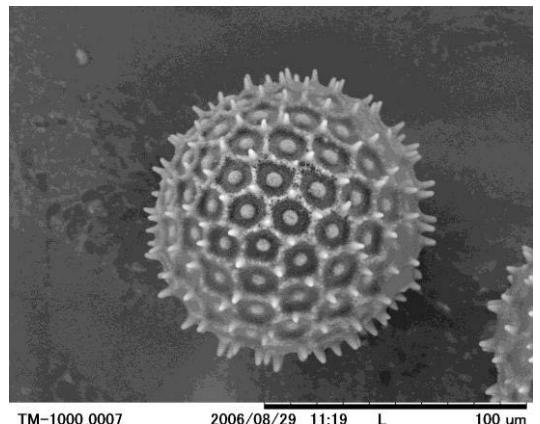


図1 アサガオの花粉の走査型電子顕微鏡写真

の興味付けに有効であることがわかった(金井ほか2007)。しかし、図1(アサガオの花粉)のような画像については、球状体ではなく平面円盤であると認識する児童がいたことも事実である。走査型電子顕微鏡の利点である写真撮影における深い被写界深度(奥行きのあるものでもほとんどに全面にピントが合う)が、逆に仇になってしまった結果とも言える。非日常的な微小空間における空間認識は難しいということがわかった。

一方、研究者でも、肉眼で見ることが不可能な微小物体は、電子顕微鏡写真から3次元画像が作成され、立体的に見ることができるといえるメリットは大きい。そのため研究が進められている(http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/pdf/2012/2012_07_p12.pdfなど)。また、3次元データを防災に生かそうという試みもある(内山ほか2014)。

立体物を3次元データ化することのできる装置は3Dスキャナと呼ばれ、据え置き型からハンディ型まで多種の装置が市販されている。しかし、顕微鏡で観察するサイズの資料に対して直接スキャン可能な装置は存在しない。そこで、複数の静止画から3次元データを生成するための装置やソフトウェア、手順を検討し、博物館展示や教育等に適用していくことを目的に、科研費を得て平成26年度より今回の研究を開始した。

2. 試料ステージのカスタマイズ

まず、基礎となる静止画を撮影するために、顕微鏡ステージに改良を加えた。

限られた時間で、低価格かつ高精度のステージを製作する必要があること、博物館等の現場に適用することを考慮してできるだけ安価に入手可能な装置にしなければならないという条件を設定したところ、ゼロから開発することは困難であると判断した。そこで、高井精機株式会社製のRIS4-20をベースに改良を加えた。

製作は高井精機に依頼し、設計等の打ち合わせは、すべて電話と電子メールで行った。設計図に

ついては、PDFファイルを電子メールで送付して確認を行った。完成品を図2に示す。サイズは、W60mm × L40mm × H50mmである。

両側へ90°の傾斜ができるようになっており、ボールプランジャーを入れて-90°と+90°、0°の位置にクリックストップがついている。ステージは両方向無制限に回転できるようになっており、回転角が確認できるように5°刻みのメモリを入れてある。使用に当たってはX-Yステージの上にボルトで固定することになるので、ベース板には貫通穴を空けたが、ボルトの頭が作業時の邪魔にならないようにザグリ穴とした。さらに、電子顕微鏡用の試料台を流用できるように、傾斜ステージにM4のボルトを立て、ねじ込みで交換可能にした。

また、試料台も製作した。一般に電子顕微鏡用の試料台は円筒であるため、比較的広い試料搭載面積が確保されている。しかし、今回は1点の試料を傾斜および回転させて撮影するため、傾斜時の照明を考慮し、試料搭載面が直径2mmの円錐形とした(図3)。これによって、比較的容易に回転軸上に試料が搭載できるようになっている。

これら一連の作業は2014年度前半で終了している。ステージを実際に顕微鏡に取り付けた状態

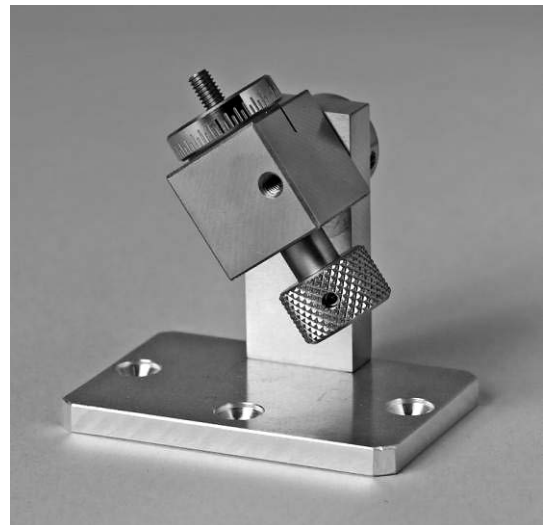


図2 製作した傾斜・回転ステージ



図3 円錐形試料台



図4 ステージを実体顕微鏡に取り付けた状態を図4に示す。

3. LED 照明装置のカスタマイズ

撮影が通常と異なるため、照明装置も特注製作した。こちらも、性能を確保しつつ、開発時間を短縮するために、既存の製品をベースにカスタマイズを行った。カスタマイズのベースとして株式



図5 製作したトリプルアームLED照明装置

会社しおかぜ技研製のSTF-1を選択し、カスタマイズ作業も同社にお願いした。

要件としては、トリプルアームであること、アーム長が45cm以上あること、白色光であること、光源先端の直径をできるだけ小さくすること、1素子あたりの光量が25ルーメン以上あることとした。アーム長が長くなるため、STF-1よりも台座を少し大きくしなければならないとの連絡があったが、この仕様変更は全く問題にならないため了承した。また、STF-1に使用しているLEDは集光角度が140°であるが、顕微鏡に使用するのであれば集光角度35°の同等品LEDが良いのではないかとこの提案をいただき、これを受け入れて作業を進めた。

以上のすべての要件を満たし、完成した照明装置を図5に示す。このカスタマイズ作業は2014年度秋で終了している。

4. 3次元化プログラムの検討

本研究では、3次元モデルの形状復元技術・撮

影位置推定技術として、Structure from motion (以下、SfM) 及び Scale-invariant feature transform (以下、SIFT) などの画像処理をベースとした技術を用いることにした。極微小資料を対象として光学顕微鏡カメラを用いて撮影した複数の2次元画像から、SfM技術を用いて3次元形状とカメラ撮影位置の同時復元を可能とする。SfMの一般的な処理手順は以下の通りである。

- A. 対象物を撮影した複数画像から特徴点を抽出し、画像間でその特徴点群の対応関係を得る。
- B. 対応関係を記述した行列を生成し、因子分解することで各特徴点の3次元座標とカメラ位置を推定する。

4.1 検証環境

SfMの処理を実行できるオープンソフトウェアとプラットフォームは、以下の通りである。

- ◆ OS : Windows7-32bit
- ◆ CPU : Intel Core i5-3320M 2.60GHz
- ◆ メモリ : 4.00GB
- ◆ VisualSfM_windows_v0.5.25 (Latest 2013/3/1 by Changchang Wu) : 特徴抽出、マッチング、バンドル処理
- ◆ CMVS (Latest 2011/3/27 by Yasutaka Furukawa) : 密な点群生成 (VisualSfM との組み合わせ)
- ◆ MeshLab_v1.3.3 (Latest 2014/4/2 by Visual Computing Lab) : 点群表示、編集

4.2 検証手順

VisualSfMを用いて2次元画像の取り込みを行ない、抽出された点群からMeshLabを用いて表示・編集を行なった。また、VisualSfMで抽出される点群は疎であるため、より密な点群を得たい場合はCMVSで得たデータを用いることとした。具体的な手順は以下の通りである。

- ① 点群データの作成 (Windows上)
- ①-1 VisualSfMにjpg画像を取り込み、点群データ(.ply)を生成
- ①-2 (必要に応じて)CMVSで密な点群デー

タ(.ply)を得る

- ①' 点群データの作成 (Linux上)
- ①'-1 Bundlerにjpg画像を取り込み、点群データ(.out)を生成
- ①'-2 PMVSで密な点群データ(.ply)を得る
- ② MeshLabに①又は①'で得たplyファイルを取り込み、立体キャストの表示及び編集

4.3 ハンドサイズ資料での検証

顕微鏡写真で検証を行う前にライティングが容易に変更でき、撮影も容易なハンドサイズの資料で検証を行った。資料は焼き物のマグカップである。1灯ライティングと2灯ライティングで何パターンか複数セットの撮影を行ったが、ここでは1灯ライティングによるマグカップ横倒し13枚セットでの検証を記す。

撮影したままの元画像では、アプリケーションダウンやメモリ不足といったエラーによって形状復元を行なうことができなかった。この現象の原因は画像サイズにあると推測されたため、画像の圧縮を行なった上でデータの検証を行なった。

これまでの検証ではデフォルト設定で「Failed to find two images for initialization」といったエラーログが発生していた件を考慮し、あらかじめ2枚のペアでイニシャライズしてモデル化を試みた。VisualSfMを実行したLogは以下の通りである。

```
[VisualSfM Log]-----  
Set initialization pair for the next model:  
11 [IMG_1557]and 12 [IMG_1558]  
Number of putative matches = 103  
Number of inlier matches = 78  
Oops, two-View reconstruction is missing  
-----
```

初期値に使用した1557.jpgと1558.jpgのペア画像からソフトウェアが推定した対象点を図6に示す。上記ペアを初期値として設定し、モデル化を行なった結果の点群データを図版1に示す。

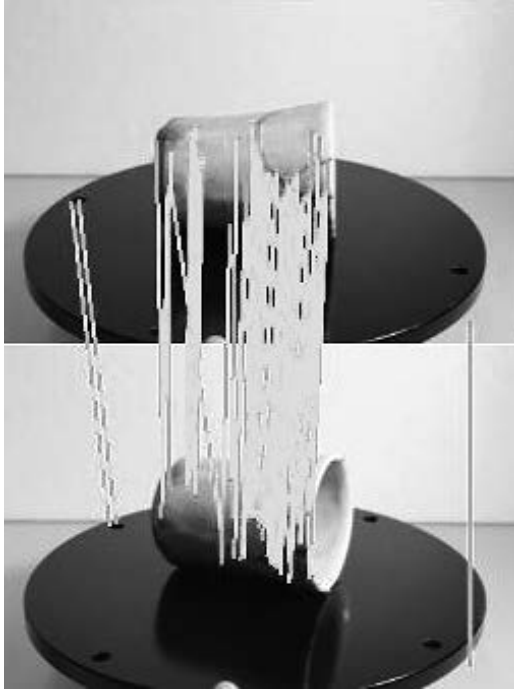


図6 初期値に使用した画像からソフトウェアが推定した対象点

4.4 検証結果

サイズ・解像度を圧縮した画像を用いてモデル化を行なったところ、画像加工を行なう前よりも形状復元の精度は向上し、円卓による歪み等も見受けられない。しかし、完全にモデル化できていない箇所も認められ、撮影枚数や撮影方法（カメラ位置やライティングなど）、データの圧縮方法などに起因するものと考えられ、さらなる検討をすることがわかった。

5. 今後の方向性

ハードウェアの検討はほぼ終了しているので、撮影や処理の方法を検討していくことになる。図版2に示したように、実体顕微鏡下における高倍率カラー撮影においては、倍率色収差 (<http://www.nikon-instruments.jp/jpn/learn-know/microscope-abc/learn-more-microscope/about-aberration/>)

が発生する。この処理をどう進めるかが課題である。これをクリアした後、データ形式、表示形式を検討し、表示ソフトウェア環境等の検討を経て、コンテンツ作成に入っていくことになる。コンテンツは可能な限り、試用を行い、より良いものにしていく予定である。

引用文献

- 金井英男・野村正弘・松本功・小出祥弘（2007）
触れる昆虫標本の製作と走査型電子顕微鏡を活用した博学連携授業の試み. 群馬県立自然史博物館研究報告, No. 11, 115-124.
- 大田原一成（2011）第4回応用2：偏光方式3Dディスプレイ（講座 誰にでもわかる3D）. 映像情報メディア学会誌：映像情報メディア 65（4）, 459-466.
- 高木康博（2011）第5回基礎3：裸眼3Dディスプレイ（講座 誰にでもわかる3D）. 映像情報メディア学会誌：映像情報メディア 65（5）, 654-659.
- 内山庄一郎・井上公・鈴木比奈子（2014）SfMを用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用の可能性に関する研究. 防災科学技術研究所報告, 81, 37-60.

謝辞

本研究を進めるにあたり、ステージの設計・製作にご対応いただいた高井精機株式会社、LED照明の製作にご対応いただいた株式会社しおかぜ技研には、記して感謝申し上げます。

なお、本研究はJSPS科研費26350388の助成を受けたものです。（This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 26350388）.

*駿河台大学メディア情報学部

**富士通エフ・アイ・ピー株式会社

The three-dimensional digital archiving of the microscopic material by the optical microscope photography — Interim Report —

by Masahiro Nomura*, Satoshi Inoue*, Kotaro Sumida, Katsuo Uukaji**, Yukihiro Shiraishi****

*Faculty of Media and Information Resources, Surugadai University

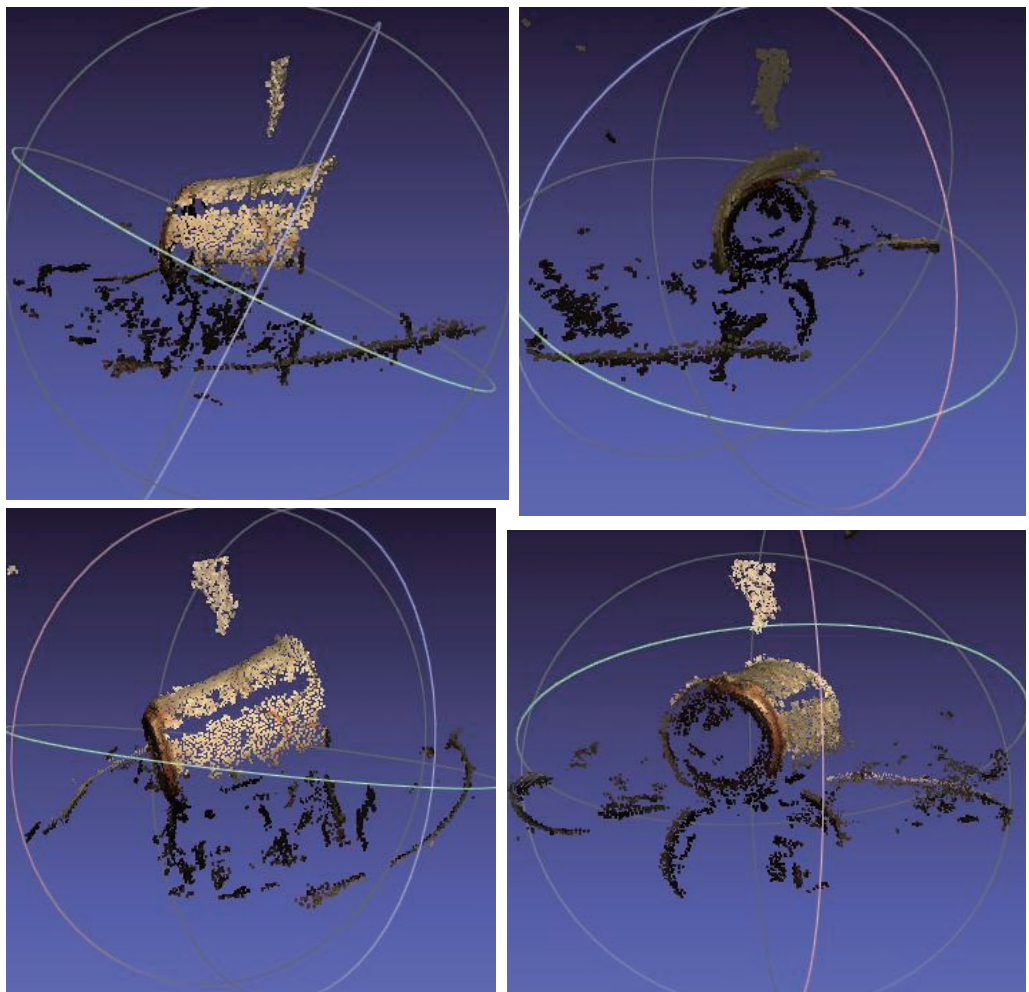
**Fujitsu FIP Corporation

[Abstract] The trend which enjoys itself and sense of reality by three-dimensional display exist in society. The presentation of information by three-dimensional display is recognized also that the field of the education and the study is effective. This study has been advanced for the purpose of establishing the way to become three-dimensional indication about a sample with the size observed by a microscope in this research and offer it. Study results until present will be reported this time.

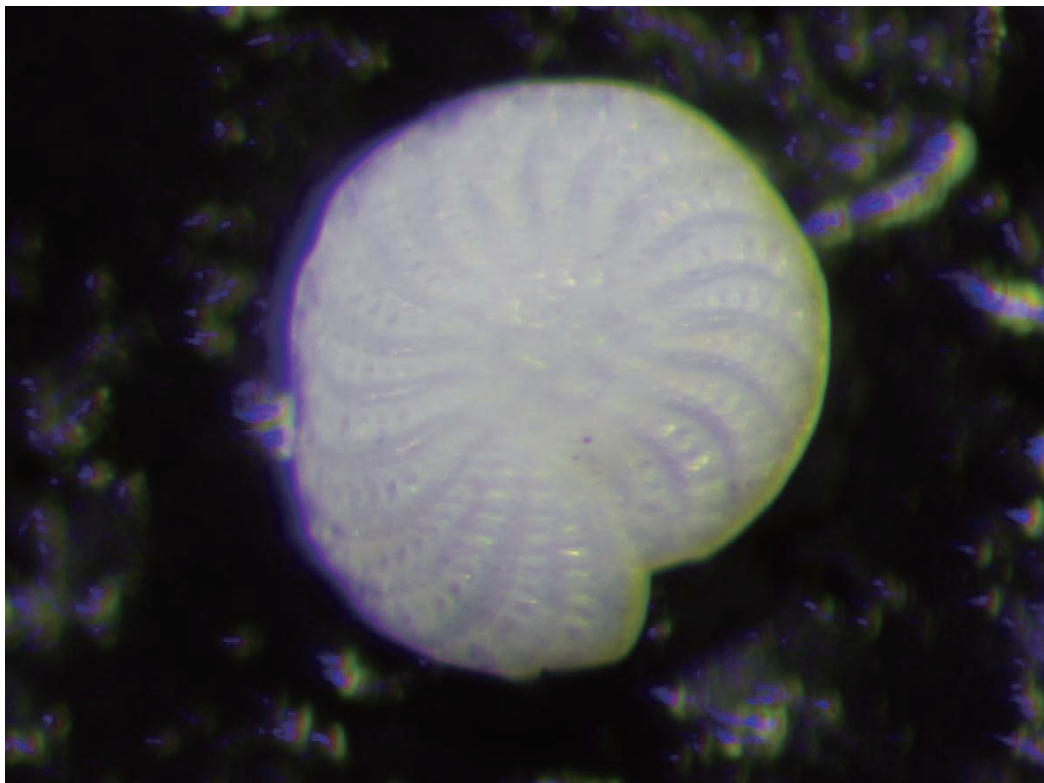
[KeyWords] Digital archive, three-dimensional, optical microscope, microphotography, microscopic material



	イニシャライズしたペア														
	1546 1547	1547 1548	1548 1549	1549 1550	1550 1551	1551 1552	1552 1553	1553 1554	1554 1555	1555 1556	1556 1557	1557 1558	1558 1559	1559 1560	1546 1560
putative matches	40	28	41	38	91	40	60	43	64	① 100	47	② 103	53	47	30
inlier matches	19	19	20	26	66	21	40	27	42	83	25	78	30	23	12



図版1 1557.jpg と 1558.jpg を初期値として設定し、モデル化を行なった結果の点群データ



図版2 倍率色収差が出現した微小資料の撮影例