

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：32411

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350388

研究課題名(和文) 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に関する研究

研究課題名(英文) Study on 3D digital archiving by light microscopy photography microfine specimen

研究代表者

野村 正弘 (NOMURA, Masahiro)

駿河台大学・メディア情報学部・教授

研究者番号：30469879

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、非日常的な微小空間の認識をサポートするために、光学顕微鏡で撮影した写真をもとに、3次元化が可能になるようにし、特殊なハードウェア・ソフトウェアに依存せず、実資料の付加情報や博物館展示・研究、科学教育分野への適用などにも適用もできことを目指した。内容は以下の3点である。

(1) 軽微なハードウェア変更による顕微鏡写真撮影方法の確立するため、既存のステージおよび試料台を小改良を行った。(2) 標準的な形状体を複数用意し、パソコン上で形状を微修正することで3次元形状が作成できるようにした。(3) 3次元形状に表面情報を貼付し公開する手法の確立と最新Web技術への適用を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, in order to support recognition of unusual microspaces, we made it possible to three-dimensionize based on photographs taken with optical microscope, do not rely on special hardware / software, additional information on actual materials is also aimed to be applicable, application to museum exhibitions / research, science education. The contents are as follows.

(1) In order to establish a microscopic photographing method by minor hardware change, existing stages and sample stands were made small improvements. (2) A plurality of standard shape bodies are prepared, and a three dimensional shape can be created by slightly modifying the shape on a personal computer. (3) Establishment of a method for affixing surface information to three dimensional shape and disclosure, and application to the latest web technology.

研究分野：博物館学

キーワード：微小資料 光学顕微鏡 デジタルアーカイブ

## 1. 研究開始当初の背景

研究着手当時、映画・テレビ・携帯電話・ゲーム機など、画像の3D化がブームとなっており、エンターテインメントを中心に、3D化によって楽しむ・臨場感を与えるというトレンドが存在した。

研究代表者の野村は群馬県立自然史博物館勤務時代に、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」を行っている。この展示の中に、走査型電子顕微鏡実機が入れてあり、大型モニターに映し出されたミクロの世界に、児童・生徒の反応はきわめて良く、科学への興味付けに有効であることがわかった。しかし、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複数いたことも事実で、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。これと同時期には、肉眼で見ることが不可能な微小物体の拡大3次元表示は、研究者でもメリットは大きいため研究が進められていた。2014年には、裸眼で3次元観察ができる電子顕微鏡が発表されている。

また、野村は3D映像展示物の開発・公開も行っている。「3D図鑑 ヒトとサル」の進化」というパソコンを使った展示物で、3次元スキャナーを使って、ヒトおよびサルの頭蓋骨をデータ化し、パソコン上でポリゴン化された形状情報に、試料表面のテクスチャをマッピングするという方法で表示するものである。

3D 図鑑の開発と小学校での展示公開の体験をもとに、一般になじみのない電子顕微鏡ではなく、光学顕微鏡で撮影した写真複数枚からポリゴンを生成し、表面テクスチャを貼付した表示ができれば、博物館事業だけでなく教育全般に寄与できると考えたのである。

## 2. 研究の目的

非日常的な微小空間の認識をサポートするために、光学顕微鏡で撮影した写真をもとに、3次元化が可能になるよう、手法をパッケージ化することが大きな目的である。また、特殊なハードウェア・ソフトウェアに依存せず、利用可能にすることで、博物館資料の付加情報としてや博物館展示・研究、科学教育分野への適用などにも適用もできるようにする。さらにWeb上でも利用可能にすることで、特定の人でなく一般でも容易に利用できるような公開方法の検討も行うこととした。

## 3. 研究の方法

本研究では主に次の3点にである。

- (1) ステージ作製等のできるだけ軽微なハードウェア変更による顕微鏡写真撮影方法の確立
  - (2) 6方向から撮影した写真から、3次元形状を構成する技術の確立と経験値テーブルによる高速化
  - (3) 構成された3次元形状に表面情報を貼付し公開する技術の確立と最新Web技術への適用
- これらの確立し、博物館のデジタルアーカイブ化の新たな方向を見いだす。一連の検討は、以前ポリゴンを使った3次元展示システムの開発経

験者とともに進め、高いクオリティを確保し、開発期間短縮を図ることとした。

## 4. 研究成果

### (1) 試料ステージのカスタマイズ

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。まずは、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ぬという条件を設定した。ゼロから開発することは困難であると判断し、高井精機株式会社製の RIS4-20 をベースに改良を加えることにした。完成した試料ステージは両側へ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。また、両方向へ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。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。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。



自由な傾斜・回転が可能な試料ステージ

### (2) LED 照明装置のカスタマイズ

撮影が通常の顕微鏡撮影と異なるため、照明装置も特注製作した。こちら、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、安定した白色光であること、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。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提案をいただき、これを受け入れて作業を進めた。



フレキシブルアームで自由度の高いLED照明装置

### (3) 3次元化プログラムの検討

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で撮影した複数の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が可能となるように検討した。しかし、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。そこで、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モデル化は可能になったものの、最終的に使用できる精度には達しないことが判明した。さらに、SfMやSIFTを利用することを前提に、表面情報の枚数を6枚から15枚等増やすことで形状の特徴点を高精度で確保できるか検証したが、望ましい結果は得られなかった。理由としては、極微小資料は撮影に利用する光学顕微鏡レンズの厚みより小さく、被写体画像がレンズを通る際に光学特性からプリズム効果や光学上被写界深度が浅い等の問題でピントが取りにくく特徴点や特徴面を抽出できないことであった。

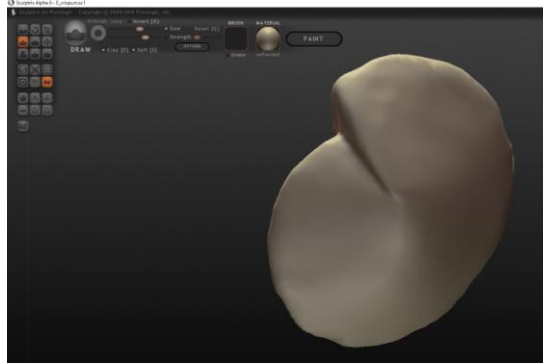
### (4) 新たな3次元化手法の検討

新たな検討として、事前に立体形状モデルを準備し、光学顕微鏡で撮影した6枚以上の表面情報をモデルに張り付ける方式の検討を行った。

### (5) 本研究の結論と今後

作成した極微小資料情報(3Dモデリング情報)を一般に公開する場合は、3DプリンターやWindows10標準で利用でき、各3次元ソフトウェアでも標準的に利用できるWavefront形式(Obj形式)を採用することにした。

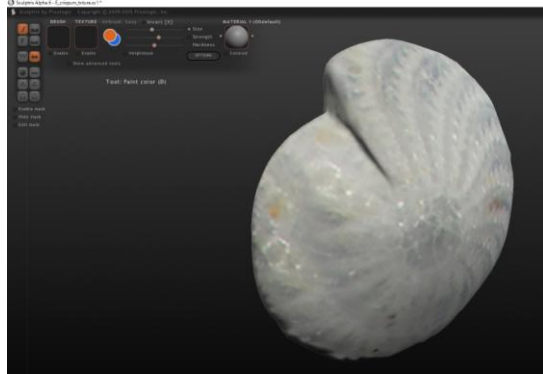
## ① 3Dモデリング



フリーソフトウェア Sculptris で作成した 3D モデル

顕微鏡を利用した極微小資料の3次元化は、実際の形状物と類似したモデル群(3次元形状ライブラリー)を作成し、若干の形状変更を加えた上で、実際の撮影情報をテクスチャーとして立体物に貼り付けることで行うことにした。本作業で問題はモデル群の作成になるが、マウス操作だけで粘土をこねるようにキャストを作成できるフリーソフトウェア Sculptris を採用することで対応した。

## ② 公開情報作成



Sculptris で表面情報を貼った状態

Sculptris の Obj 形式は、自ソフトウェアだけの取り扱いとなるため、OBJ(オブジェクト)ファイルとテクスチャー情報だけの管理となってしまふ。そのため、完全な Wavefront 形式に変換する処理が必要となる。本処理は、Sculptris で作成した形状情報及びテクスチャー情報を読み、欠如しているマテリアル情報を作成できるフリーソフトウェア blender を採用した。これにより、3Dプリンター出力や WebGL としてインターネット公開も行えるようになった。

## ③ 今後

光源の影響を受けない電子顕微鏡を利用した場合には、極微小資料の全体の形状を鮮明に記録できるため SfM や SIFT 方式を利用することが可能となると考えられる。ただし、電子顕微鏡においては、カラーによる資料表面画像の撮影が出来ないため、光学顕微鏡の併用利用が必要である。電子線及び可視光線両方で同一資料の撮影が可能な機器や手法の確立が必要となる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

野村 正弘、井上 智史、住田 功太郎、宇梶勝雄、白石 行広、極微小資料の光学顕微鏡撮影によるデジタルアーカイブ化—中間報告—、メディアと情報資源:駿河台大学メディア情報学部紀要、査読無し、第22巻第1号、2015、35-42、<http://doi.org/10.15004/00001433>

[学会発表](計 2件)

野村 正弘、井上 智史、住田 功太郎、宇梶勝雄、白石 行広、極微小資料の光学顕微鏡撮影によるデジタルアーカイブ化、日本教育メディア学会第22回年次大会、2015年10月18日、日本大学(東京都世田谷区)

野村 正弘、井上 智史、住田 功太郎、白石行広、宇梶 勝雄、極微小資料の光学顕微鏡撮影によるデジタルアーカイブ化(その2)—作成手順とデータ形式の検討—、日本教育メディア学会第23回年次大会、2016年11月17日、奈良教育大学(奈良市)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

野村 正弘(NOMURA, Masahiro)  
駿河台大学・メディア情報学部・教授  
研究者番号:30469879

### (2)連携研究者

井上 智史(SATOSHI, Inoue)  
駿河台大学・メディア情報学部・助教  
研究者番号:00711136

### (3)研究協力者

住田 功太郎(SUMIDA, Kotaro)  
富士通エフ・アイ・ピー株式会社

白石 行広(SHIRAISHI, Yukihiro)  
富士通エフ・アイ・ピー株式会社

宇梶 勝雄(UKAJI, Katsuo)  
富士通エフ・アイ・ピー株式会社