

# 壁画用非接触式自動マイクロ撮影装置の開発

## Development of Contactless and Automatic Micrographic Device for Mural Paintings

宮下 明珠

Mitsumi, MIYASHITA

### 要旨:

フレスコ壁画研究センターでは、非接触3次元デジタイザによる壁画面の3次元計測を行うと同時に、絵具(顔料)の粒状性や色の塗り重ね、さらには筆触(タッチ)や筆勢などをミクロン単位で「描画法」という視点からダイナミックに分析・研究するために、デジタル・マイクロスコープの移動撮影装置の開発に取り組んでいる。現在までに完成している装置では、自由に設定した40cmほどの軌跡を記憶して移動し、動画として撮影した顕微鏡画像を自動記録する。装置としてはまだ開発段階にあるが、研究室でのテスト段階を過ぎ、すでに壁画調査のフィールドにおいて一定の成果を上げることができたので、その開発プロセスについて報告する。

キーワード: デジタル・マイクロスコープ, 顕微鏡撮影, 自在トレース記憶, 壁画描画法

### Abstract:

We, Research Center of Italian Mural Paintings, are developing a new automatic micrographic device for studying color recoating and granularity of paint pigments, rhythms and dynamics of the brushstrokes in micro scale from the viewpoint of drawing techniques as well as contactless measurements by three-dimensional digitizer. In this moment, the device can record 40cm of trajectory set free and move microscope during taking movies. The device is still in development, but it has already made some results in the field studies. In this chapter, we will introduce its process of development.

Keywords: microscope, contactless, automatic, mural paintings, movie

### 1. はじめに

漆喰壁の上に描画された壁画の調査には、一般的に写真撮影という手段がある。描画面の調査には目的に応じた光線(拡散光や斜光、または紫外線や赤外線照明など)を照射すればよく、各種収差の抑えられたマイクロレンズと高解像度デジタルカメラが登場してきた現在では、すでに研究上のニーズは充たされている観がある。接写以上の拡大倍率が必要なら、描画層の一部をサンプリングして、試料を電子顕微鏡で研究することも可能である。しかし、本学チームの抱える問題は別の所にあった。中世壁画のデジタル・アーカイブの形成のみならず、描画技法の研究から忠実な模写によるアナログ記録もプロジェクトのテーマに掲げるからである。そのためには現在のマクロ撮影以上の拡大率が必要であるが、かといって試料を拡大する電子顕微鏡では高倍率すぎると、サンプリングでは描画層における観察ができない。しかも、非破壊調査に徹する本学チームにとって、壁画の一部をサンプリングすることは許されない。いずれにしても、電子顕微鏡では高倍率すぎて画家の筆触(タッチ)や筆勢などに関わる描写法の研究にはかえって不向きなものと、実際の描画面から一部をサンプリングして調査する方法では顔料組成分析ならともかく、生きた描写を研究するには適当ではない。つまり、私たちは描写における筆の動きや、(電子顕微鏡レベルではない)絵具としての顔料の粒状性を見たいのである。また、試料断面の電子顕微鏡写真が上下の階層で示すような、単純な色面の塗り重ねではなく、細く並行に引かれた線の下層から反射してくる別の色面が結果的に透明感

のある色調を生んでいたり、色面の微妙なグラデーションとなるような描画テクニックが知りたいのである。

最近、おそらく小中学生の理科研究に役立てようと開発されたのではないかと思われるが、手頃な倍率で小型軽量のデジタル・ツールとしてデジタル・マイクロスコープなるものが急激に普及してきた。これが本学チームが求めている特殊なニーズに応じてくれるかもしれないと思いつき、実際にテスト撮影してみると、今まで見たことのない、描画法研究には適度な倍率の新鮮な静止画や動画が簡単に撮影できた。同時にパソコンにデータがワイヤレスで記録でき、フィールド調査には最適なツールであることがわかった。

こうなると欲が出るもので、せっかく動画として撮影できるマイクロスコープなら、壁面に描かれた画家の筆の流れをトレースするようにカメラの動きをコントロールできたら、これまでのマクロ映像とはまったく異なるダイナミックな壁画面の可視化できるのではないかと考え、その開発に取り組むことになった。

### 2. 第1号機の製作

試作品として考案したものは、長さ40cmの自在曲線定規を2つの滑車で挟みこみ、その上にデジタル・マイクロスコープを固定できるような台車モデルであった。この装置は、あらかじめ自在曲線定規を曲げてトレースしたいカメラの軌跡を定め、その定規をいわばモノレールとして台車を動かす。手動ではあるが、直截のフリーハンドで動かすよりはるかに安定した軌道で、移動撮

影（動画）を可能にするものであった。台車の上部には、デジタル・マイクロスコープに付属していたスタンド用ホルダーを固定することにした。まず、台車の横に渡した2枚のパネルに穴を開け、そこに長いネジを通し、ホルダーと接続した。台車の下面には、Fig.1のように2つの滑車を向かい合わせに並べて固定し、両側からチューブに入れたバネで固定する工夫により、自在曲線定規を挟み込む際のあそびをつくりつつも、撮影で動かす際にはしっかりと定規を挟むことができた。また、台車を自在曲線定規に沿って動かす際には、滑車を支点に回転するわけだから、小型軽量とはいえ、デジタル・マイクロスコープの重さで、あらかじめ設定しておいた曲線のカーブ通りに曲がらないこと（オーバーステア現象）を懸念して、台車の前方と後方にスポンジ片を貼り付けた。さらに、台車の壁面と向き合った下面部は、滑車やバネなどを含む金属シャーシ部分が剥き出しになっていたため、壁面を保護するために下面部を薄いスポンジシートで被覆した。

この台車を使用することにより、（曲線直線を問わず）自由に設定したライン上でデジタル・マイクロスコープが移動し、動画としての顕微鏡撮影が可能となった。しかし、この方法では自在曲線定規を固定する人間と装置を動かす者の2人が最低限必要であるということと、手動で動かすため、なかなかカメラの移動速度を一定に維持することが難しいということがわかった。さらに問題だったのは、この装置による撮影が完全な「非接触」ではなく、壁面に接触する調査法であり、本学調査チームの理想とする非破壊、非（微）接触の原則の立場からはさらに改良を進めなければならなかった。

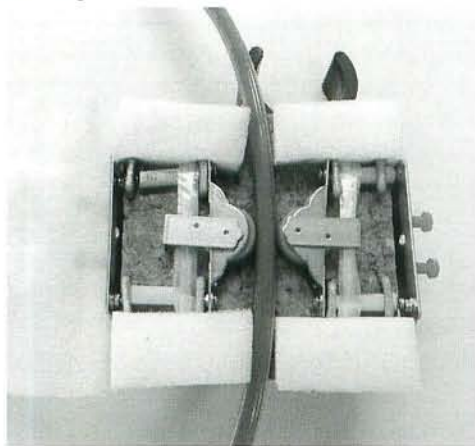


Fig.1 1号機台車下面の構造

### 3. 2号機の開発

移動速度を一定にするために装置を自動化する必要性があり、独自開発に限界を感じ、企業との共同開発に踏み切った。私たちが協力を求めたのは、医療機器や分析装置などの設計から製造までを一貫して手がけるライオンパワー株式会社（本社：小松市）であったが、それは同社がプリント基板の製造に関わる機器開発を行っており、基板の決められた箇所にはネジを止めたり、回路を作成する際のアームを動かす装置のノウハウを応用すればデジタル・マイクロスコープ移動装置の開発も可能なのではないかと考えたからである。

ここで再設計された2号機（Fig.2）は、高さ40cm、幅50cmの四角いジュラルミン製フレームに、デジタル・マイクロスコープ

を動かすためのゴムベルトとモータが縦方向と横方向に取り付けられた装置である。なお、2号機の装置には「記録」と「運転」の2つのモードがある。記録モードでは20秒間に動かしたデジタル顕微鏡の軌跡曲線を、ゴムベルトと連動している距離センサが読み取り、それをXY座標系での位置移動に変換する。運転モードでは、設定した3段階（低速：5mm/s、中速：10mm/s、高速：20mm/s）の速度の中から1つを選択し再生することで、記録した軌跡曲線を一定速度で動かすことができる。この改良型移動撮影装置によって、高倍率のために撮影範囲が狭かったデジタル・マイクロスコープの画像（画角フレーム）が、調査したい描写ラインに沿って連続（動画）記録することが可能になった。静止画像からは伝わってこない、あるいは読み取れない色面の塗り重なりや画家の筆勢が動画によってダイナミックに可視化されるなど、今後はその新型調査機器の可能性と実際的な利用法について実験を重ねるつもりである。

### 【2号機のスペック】

- ①撮影機：デジタル・マイクロスコープを装着し、撮影範囲を移動させる部分
- ②制御部：経路の演算を行って撮影軌道を記録し、速度調節を行う部分
- ③脚部：フレームを支えて高さを調節する部分（撮影範囲高は680~1543mm、支柱は40cm、重さは9.7kg）

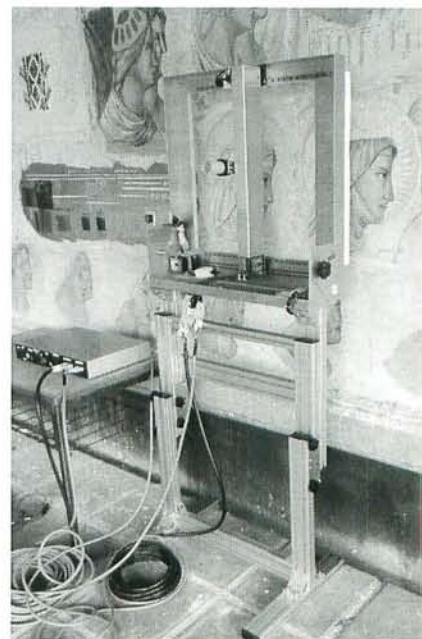


Fig.2 2号機の外観

### 4. 今後の課題

動画撮影時でもデジタル・マイクロスコープの焦点が常に合うようにするため、移動速度の改良、より明るいカメラ内蔵型ライトの工夫、（いくつかの収差が大きくなって）パンフォーカスレンズをカメラに組み込めないかなど、過酷なフィールドでも効果を発揮する3号機の開発にむけて研究を進めなければならない。