

光学部品

の

正しい手入れ方法

クリーニング、取扱い、保管、運搬

光学部品  
の  
正しい手入れ方法

クリーニング、取扱い、保管、運搬

Robert Schalck

訳／河合 滋

# 目 次

まえがき

## 1 イントロダクション

1.1 安全について

1.2 光学材料：ガラス、コーティング、プラスチック、赤外用材料

1.3 いつクリーニングすべきか？

## 2. クリーニングツールと作業エリア

2.1 光学部品をクリーニングするためのツール

2.1.1 作業台

2.1.2 クリーンベンチ

2.1.3 照明

2.1.4 照明の種類

2.1.5 圧縮空気とガス

2.2 クリーニング用ツールのリスト

2.2.1 クリーニング用ツールの概要

2.2.2 柔らかいブラシ

- 2.2.3 手袋と指サック
- 2.2.4 クリーニング用の溶剤と材料のリスト
- 2.2.5 溶剤用ディスペンサ
- 2.2.6 溶剤
- 2.2.7 個人的な保護用品：手袋、指サック、マスク、帽子、白衣
- 2.3 塗布用具
  - 2.3.1 綿製および発泡性塗布用具の使い方
  - 2.3.2 折り畳んだレンズ用ティッシュ
  - 2.3.3 折り畳んだティッシュやワイプの使い方

### 3 光学部品の検査

- 3.1 汚れの種類
- 3.2 スクラッチ&ディグ（歴史）
- 3.3 肉眼を用いた視覚的な方法
- 3.4 ルーペを用いる方法
- 3.5 低倍率ノマルスキー顕微鏡を用いる方法
- 3.6 汚れマップの作成法（肉眼およびデジタル方法）
- 3.7 ミラーのコーティング
- 3.8 反射防止膜
- 3.9 デジタル顕微鏡

### 4 小型および大型光学部品のクリーニング技術

- 4.1 小型光学部品
- 4.2 大型光学部品
  - 4.2.1 手作業
  - 4.2.2 大きなレンズ
  - 4.2.3 大きなミラー
  - 4.2.4 大きなウィンドウ
  - 4.2.5 赤外光用光学部品（透過型および反射型）

### 5 特別なクリーニング工程

- 5.1 ドラッグ法
- 5.2 剥離コーティング法
- 5.3 プラスチック光学部品のクリーニング
- 5.4 チョーク法
- 5.5 炭酸ガス法
- 5.6 超音波洗浄
- 5.7 カーボン・チップ法
- 5.8 スピン法
- 5.9 自動クリーニングシステム（参考）

### 6 光学システムと光学器械のクリーニング

- 6.1 光学器械のクリーニング技術
  - 6.1.1 光学器械を検査する方法
  - 6.1.2 標識法（識別）
  - 6.1.3 工具
  - 6.1.4 クリーニング
- 6.2 光学器械のウィンドウと覗き窓
  - 6.2.1 光学器械の分解
  - 6.2.2 屈折望遠鏡
  - 6.2.3 反射望遠鏡
  - 6.2.4 反射屈折光学系
  - 6.2.5 双眼鏡と単眼鏡
  - 6.2.6 顕微鏡
  - 6.2.7 接眼レンズ
  - 6.2.8 カメラ（一眼レフカメラとビデオカメラ）
- 6.3 車とビルの窓（参考）
  - 6.3.1 金属光学部品
  - 6.3.2 光学器械のカバー
  - 6.3.3 CCD および CMOS センサ
  - 6.3.4 顕微鏡のスライドのクリーニング

### 6.3.5 メガネ（参考）

## 7 秘訣

### 7.1 縁のクリーニング

#### 7.1.1 表面の保護

#### 7.1.2 木製スティック工具

#### 7.1.3 石鹼と洗剤

#### 7.1.4 息の吹きかけと皮膚の脂

### 7.2 縁の黒染めのための黒色塗料とインク

#### 7.2.1 レンズ・ウィンドウ・プリズムの縁の黒染め

#### 7.2.2 非光学面の黒色塗装

#### 7.2.3 回転テーブルを用いた縁の黒染め

### 7.3 RTV シリコーンゴムの取り外し

#### 7.3.1 光学表面上で硬化した接着剤の除去

#### 7.3.2 エッチング液を用いたアルミコーティングの除去（参考）

#### 7.3.3 灯台のレンズ（その歴史：参考）

## 8 光学部品の取り扱い

### 8.1 ピンセットと止血鉗子

### 8.2 特殊なピンセット

### 8.3 吸盤とバキュームカップ

### 8.4 トレイの利用

### 8.5 保管箱とキャビネットの種類

## 9 光学部品の保護方法

### 9.1 ティッシュ

### 9.2 葉包紙

### 9.3 保管容器

## 10 光学部品の保管

### 10.1 短期間の保管

### 10.2 長期間の保管

## 11 光学部品の輸送

### 11.1 段ボール・プラスチック・PETG 樹脂の箱

### 11.2 段ボールの輸送容器

### 11.3 クラムシエルの輸送容器

### 11.4 その他の輸送容器

## 12 研究開発用クリーニングキット

## 13 屋外での光学部品のクリーニング

### 13.1 屋外のクリーニングキット

### 13.2 屋外でのセットアップと準備

### 13.3 屋外の照明

### 13.4 屋外の作業領域

## 14 製品の供給元

### 14.1 一般的なクリーニング製品のメーカー

### 14.2 クリーニング工具のメーカー

### 14.3 保管用具のメーカー

### 14.4 輸送関連メーカー

関連団体

参考文献

関連文献

クリーニングのクイックリファレンス

索引

# まえがき

人間の全ての感覚の中でも、視覚はもっとも優れたものである。人間の脳は、視覚的な刺激という形で多くの情報を受け取っており、光学部品は、それらの情報の伝達に重要な役割を果たしている。例えば、デジタルカメラを使ってグランドキャニオンで写真を撮る時のことを考えてみよう。まず、人間は目によって(場合によっては、メガネやコンタクトレンズ、サングラスなどをつけているかもしれないが)その情景を認識する。太陽からやって来る光子(光)は、深い溪谷の壁の色素に反射、もしくは吸収される。反射された光子は、写真レンズの表面に当たり、中にある光学レンズで何度か屈折する。たくさんの光子は撮像素子の表面に集光・記録される。そして、コンピュータに取り込んだり、紙に印刷したりできるようになる。コンピュータを使ってその映像をディスプレイに表示させれば、画像を観察したり、加工したりすることができる。さらにその画像を別の機器に送り、光学部品を使って印刷したり投射したりすることもできる。画像を電子的に送るには、光ファイバケーブルが使われる。

私たちは、朝起きてから夜寝るまで、毎日光学部品を使用している。

- ・目覚まし時計の時間表示は、レンズとLEDを使っている。
- ・風呂場に鏡があるなら、反射を利用して自分自身を見ることができる。
- ・車のヘッドライトとテールライトには、レンズと反射鏡がついている。
- ・街をドライブする時には、反射鏡が正しい道を教えてくれる。
- ・信号は交通を整理し、街灯は暗い道を照らし、ビデオカメラは街を監視して

いる。

- ・会議の時にはプロジェクタを使用し、コンピュータのディスプレイではさまざまな情報を表示し、劇場の照明にはフレネルレンズが使われ、顕微鏡を使えば微生物を見ることもできる。

この本では、光学部品のメンテナンスを行っているプロの専門家や技術者が利用している、クリーニング法、取り扱い方、保管法などを紹介する。初めて光学部品のクリーニングをやるようとしている人から、古くから使われている秘訣を探しているベテランの技術者まで、幅広い層の方々に愛読していただけたらと思う。光学部品のクリーニングにはさまざまな方法があり、先人の経験や失敗に基づいて、今の技術が確立している。しかし、それらの技術が、自分たちが学んできたことと違い、疑問に思う人は少ない。光学部品のクリーニングのやり方は、いつも手探りで行われ、議論の種でもあった。インターネットで検索すれば、「最善の方法である」と主張する何百もの記事や動画が出てくることであろう。

クリーニングは、光学機器を最高の状態で保っておくための一つ方法である。ほこりや指紋、汚れなどは、最高の光学システムであっても性能を低下させる原因になり、結果として不十分な像しか得られなくなる。また、適宜正しい方法で汚れを除去しないと、光学部品やコーティングにダメージを与えることになる。光学部品のクリーニングは単純な作業の連続で、簡単に行うことができる。もっとも大事なことは、それらのクリーニングの手順に関する知識を十分に身につけた上で、こまめにそれらを実行することである。

クリーニングの技術は、1960年代に、航空宇宙やレーザー用の高精度な光学部品の製造が始まるとともに進歩した。表面の品質仕様は厳しいものとなり、いわゆる「営利目的」は時代遅れのものとなった。現在では、スクラッチ・ディグの範囲は、40-20から10-5の範囲が一般的である。しかし、実際には、画質や重要な電子部品へのダメージを避けるために、あらゆるゴミを取り除かねばならない。部分的な単純な汚れでさえ、コーティングの性能や接着力を損なう可能性がある。そのような新しい需要に応えるために、新しい材料や手法が開発された。

光学部品や光学システムの保管場所は、光学表面をきれいに保つために非常に需要である。光学部品がマウントされた場合とされていない場合の正しい保管方法について述べる。ビデオカメラやフィルムカメラなどの複雑な光学機器までは

カバーしていないが、同様の手法で保管することができる。光学機器の取り扱いは、クリーニング、保護、保管に限られるが、輸送、組立、分解などの作業についても解説する。

私の両親である Robert & Carol Schalck、これまでの私の活動を通して、励まし支えてくれた、John Young、Richard Luce、James Kent、Joe Linke、Robert Smith、Paul Zurakowski、William Humphrey 博士、さらに今日まで共に仕事をすることができた多くの技術者、専門家の方々へ心より感謝の気持ちを伝える。

最後に、私は、この本を、献身的で親愛なる我が妻 Mary Catherine と素晴らしい息子 Jonathan、そして私の天文仲間へ捧げる。

*Robert E. Schalck*  
*North Bend, Oregon*  
2013年2月

## 第 1 章

# イントロダクション

### 1.1 安全性

光学部品をクリーニングする前に、まず関連する安全データシート（SDS：Safety Data Sheet）を読む必要がある。これは、一般に化学物質安全データシート（MSDS：Material Safety Data Sheet）として知られており、化学物質の危険性について記されている。これには、クリーニングと光学材料の安全な使い方、保管の仕方、処分の仕方などが説明されている。また、溶剤、化学物質、その他化学材料を使用している間は、必要に応じて個人を守る保護衣（PPE：Personal Protective Equipment）を身に着ける必要がある。保管容器には、溶剤や化学物質の種類についてのラベルを付けるべきである。

有毒な化学物質、溶剤他、さまざまなクリーニング用の物質を安全に取り扱うために、自分の会社の方針を理解して、それに従いなさい。

米国では、労働安全衛生局（OSHA：Occupational Safety and Health）が、危険有害性周知基準（HCS または HazCom：Hazard Communication Standard）と呼ばれている化学物質の安全な使用に関するガイドラインを提供している。化学物質に関する情報は、ウェブですぐに入手することができる。メーカー、販売会社、科学者や技術者の組織が、SDS と同様に、それらの使用に関する詳細な情報や安全条件に関する最新情報を提供している。国際的には、国際連合欧州経済委員会（UNECE：United Nations Economic Commission for Europe）が、化学物質の分

類と表示に対する新しいガイドラインを提唱している。この新しいプログラムは、化学品の分類および表示に関するグローバル調和システム（GHS：Globally Harmonized System）と呼ばれている。前述の OSHA は、この GHS プログラムに合うように HCS プログラムを修正したものである。詳細は、OSHA または GHS のウェブサイトを参照のこと。

保管は、作業スペースから離れた場所にする必要がある。クリーニングの際に作業台から光学部品が落ちないように、作業スペースでは不必要な動きをすべきではない。光学部品は、倒れるのを防ぐため、常に平らな場所に置くか、固定しなければならない。また、光学部品の上に身を乗り出してはいけない。光学部品の上に物が落ちるのを防ぐため、上着のポケットからペンや鉛筆などを出しておくべきである。作業場の中で光学部品を移動させる時は、それにカバーをかけなければならない。また、ティッシュなどの下に光学部品が置いてある可能性があるということに注意すべきである。破損を防ぐために、必要に応じてティッシュにラベルを付けなさい。ただし、ティッシュからはみ出さないように、また光学部品に直接触れないような表記方法が必要である。

作業スペースを構築する際、人間工学的な手順に関して、会社の方針に従いなさい。持ち場は快適で近づきやすく、作業台は適当な高さにすべきである。

特に、水場の近くで、照明や電気機器を使用する場合には注意が必要である。作業スペースに置かれるコードやワイヤーは、事故を防止するために固定する必要がある。空間を組織化しなさい。清掃用具はすぐ近くになければならない。毎日あるいは毎週使用するものは、引き出しを活用するとよい。保管用キャビネットは、特別に使用するもののために使うべきである。キャビネットは、廊下のような人が頻繁に行き来する場所を避け、暗く湿気のないところに置きなさい。

## 1.2 光学材料：ガラス、コーティング、プラスチック、赤外用材料

ガラスは、以下のように、とりわけ素晴らしい材料である。

- さまざまな放射線から我々を保護する。
- 電球やランプの中のフィラメントをカバーする。

- 窓ガラスとして使用すると、我々は夏涼しく冬暖かい。
- ソーラーパネルとして使用すると、太陽光を電気に変えたり、温水を作り出す。
- 食べ物を調理したり、皿として使用したり、保存する。
- 美術品の保護や、芸術的なメディアとして使用できる。
- TV、コンピュータ、スマートフォンのディスプレイとなる。

この本で扱っているガラスは、レンズ、ミラー、プリズム、ウィンドウなどに使われる光学ガラスに関するものである。光学ガラスは、望遠鏡、顕微鏡、精度なウィンドウなどに使われている。

建物や乗り物に使われているガラスは、ソーダガラス、板ガラス（磨きガラス）またはフロートガラスなど呼ばれている。これらは光学ガラスよりも大量に作られる。乗り物に使われているガラスでは、プラスチックフィルムが張り合わされている。これは、安全のため、ガラスが割れた時に小さな部分に砕けるようにするためである。

光学ガラスは、いくつかの種類に分けることができる。例えば、クラウンガラスとフリントガラスは、屈折型の光学部品に使われている。これらに化学物質や希土類元素を合成することにより、その光学特性や性能を変えることができる。これらのガラスは、その長い歴史の間に、環境的に危険な物質は、光学特性の変化しない安全な物質へ取って代わられている。このことは光学設計の分野でも周知され、もはやオリジナルの光学ガラスが必要なくなっている。

光学ガラスは、多くの国で製造されている。中でも、アメリカ合衆国、日本、ドイツ、英国、フランス、東ヨーロッパ、インド、中国が有名である。

これらの屈折型光学ガラス材料は、プリズム、レーザー窓の他、小型ミラー、反射屈折型光学部品などの反射型光学部品にも使われている。これらを製作する過程において、屈折型光学ガラスは、気候、アルカリ、酸、熱、寒さ、水（湿気）などの環境条件に強く反応する。

軟質のガラスは、クリーニングや取扱いにおいて特に注意が必要である。軟質

ガラスへのコーティングは特に難しく、簡単に損傷を受けるので、クリーニングの際に問題となる。

反射型光学ガラスには、熱膨張係数（CTE：Coefficient of Thermal Expansion）の低い材料が用いられる。これらの中には、ホウケイ酸ガラス、石英ガラス、熔融石英、陶器などが含まれる。反射型光学ガラスは、屈折型よりも硬く、多少の取り扱いミスには耐えることができる。しかし、表面にコーティングされている反射金属膜は非常に薄く（ナノメートルオーダーの厚さ）、柔らかくて、簡単に損傷を受ける。誘電体膜のコーティングは、金属膜よりもわずかに強い。

光学部品として使われるプラスチックは、ポリカーボネート、アクリル、ポリプロピレンなどである。これらは非常に柔らかく、特に、取り扱いや洗浄液に注意しなければならない。損傷の影響を抑えるには、プラスチックにハードコーティングすればよい。

赤外線（IR）を透過させる光学部品は、防衛産業、商業用途や科学用途で使われている。これらのアプリケーションとして、兵器（火事）の制御、無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）、暗視、海洋関係、セキュリティ、自動車関係、消防、サーモグラフィなどがある。赤外用光学部品は、シリコン、ゲルマニウム、硫化亜鉛、セレン化亜鉛、フッ化カルシウム、弗化マグネシウム、サファイヤなど、さまざまな半導体や結晶材料を用いる。

シリコン、ゲルマニウム、サファイヤは、典型的な赤外用光学部品である。これらには、一般的なガラスのクリーニング方法を適用できる。

これらの赤外用光学部品のクリーニング、取扱い、取り付け時には、特別な注意が必要である。これらの材料やコーティングは、柔らかく、もろく、水溶性で熱に弱いため、簡単に損傷を受ける。また、赤外用材料を取り扱う際には、その物理的性質を理解しておくことが重要である。クリーニングや取扱いの際には、それらの販売者や製造者に対して、取扱い事項に関連した SDS または GHS について確認しなさい。

ほとんどの赤外用材料は、結晶を成長して作られる。それらの共通プロセスとして、ブリッジマン・ストックバーガー（Bridgman-Stockbarger）法、チョクラルスキー（Czochralski）法、キロポラス（Kyropulos）法またはベルヌイユ（Verneuil）

法まどがある。例えば、チョクラルスキー法は、ロッドに接続された材料の種結晶から始める。溶融した材料が入ったるつぼの中にロッドを浸し、ゆっくり回転させて取り出す。材料がなくなった時にプロセスは終了している。この時、インゴットまたはブールと呼ばれる大きな円筒形の形となっている。インゴットは、ガラスと同じように、要求仕様にしたがって、検査、切断、加工される。

### 1.3 いつクリーニングすべきか

表面が損傷を受けたり、汚れによりシステムの性能に障害が出た時に、クリーニングが必要である。光学部品をクリーニングする前に、汚れの度合いや種類を特定しなければならない。すなわち、クリーニングが必要かどうか、どのような方法を用いるべきかということを決めることになる。ほこりや糸くずなどの汚れは、性能が大きく劣化することがなければ、光学表面上では許容することができる。

光学表面に触れる際には注意が必要である。表面をいつクリーニングすべきかということを知ることにより、不必要かつ時間を無駄にするシステムの分解をせずに済む。適当な照明の下で光学部品を検査することにより、汚れの程度とタイプを知ることができる。対物レンズ、集光面、像面、接眼レンズ上の汚れを肉眼で確認できる場合もある。

高価な光学部品をクリーニングする前に、アクロマートレンズ、ミラー、コーティングされたプリズムなどの予備の光学部品を使って練習することは賢明である。この本で述べる方法は、通常、大部分の光学部品に適用できる。しかし、特別なガラスや光学薄膜に対して損傷を引き起こす可能性がある。

何をクリーニングしようとしているのかを理解し、そのプロセスに目を通しなさい。クリーニング方法を習得するまで練習しなさい。

## 第2章

# クリーニング用工具と作業エリア

この章では、光学部品をクリーニングするために必要な道具に対する要求と、ツールについて詳しく説明する。これらツールの開発は、洗練され、完全なものになるまで数十年の月日を要した。その過程の多くの情報は秘密にされたか、トレーニングの中で使われたか、単に研究所内部の知識として扱われてきた。それらの一部は、雑誌、本、論文やウェブサイトの中の短い記事の中で見出すことができる。しかし、その情報は、十分な説明がなく、簡単なフレーズや画像のみに限られている場合が多い。この章を読むと、これらのことを理解することができる。

この章に現れるツールは、光学の産業分野、大小の会社、大学、天文台、研究所、スタジオなどで幅広く使われている。また、これらの道具の選択は、ここでリストされているものに限られる訳ではない。各節では、光学部品をクリーニングするために必要な最小限のツールについて詳述する。塗布用具だけでなく、作業台、照明、圧縮空気、人間工学に基づいた個人用の道具がカバーされる。

### 2.1 光学部品をクリーニングするための工具

最新の光学関連の工場や研究所では、次の道具が使われている。

**作業台：**光学部品をクリーニングするためのスペースを確保する。その位置と使いやすさが重要である。

**照明：**汚れを強調する照明を選びなさい。作業台には2～3種類の違った照明が必要である。

**工具の取扱い：**人間工学的な観点は非常に重要である。作業台の上の工具の位置は、どちらの手で光学部品を取り扱うか、どちらの手でクリーニングするかということに依存する。どちらの手で作業するとよいか、サンプルを使って試してみることは有意義である。光学部品をどれくらいの力で持てばよいのか、汚れを見るためにどのような角度で見たらよいのか、工具を置く位置の参考となる。

**クリーニング用工具：**工具のリストを眺めて、汚れの種類によって工具を選びなさい。ティッシュやワイプは、綿よりよいのか？ 全体をクリーニングしなければならないのか、部分的でよいのか？ どの工具が適切で、どのくらいの力を加えたらよく、どのくらいの量の溶剤を使ったらよいのか？

**洗浄液：**汚れの種類によって、どの洗浄液を使ったらよいのか調べなさい。どのような溶剤が使われなければならないのか？ 単純な石鹼や水ではだめなのか？ SDSは利用できるのか、そして、安全基準のHazComやGHSに追っているのか？

**保管と輸送：**クリーニングした光学部品をどのように包装し、保存しなければならないのか？ どのような方法と材料で、光学部品をは包まなければならないのか？ 光学部品を長期で保存するのか、短期でよいのか？ どこに保存するのか？ どのようなサイズの輸送用ボックスを用いるのか？ どのようなラベルを付けるのか？

### 2.1.1 作業台

作業台は、清潔で換気がよく、暗く、湿度50%、温度20℃くらいに制御されている場所に置くことよ。作業台を置くスペースは、クリーニングのための道具や照明を使うのに十分広く、表面は平らで清潔でなければならない。汚れを取るために、流しと温水が使える環境が必要である。

光学部品は、保護のため、厚さ7mmくらいの発泡性マットの上に置きなさい。小さな光学部品の場合は、その上に。コンピュータのマウスパッドと数枚のティッシュを置くとよい。大きな光学部品の場合は、洗濯した綿のタオルを使うことができる。

光学部品に空気を吹きつける際には、湿気を防ぐために、タンクまたはコンプレッサからの乾燥した空気が必要である。金属ノズルは、光学部品への損傷を防



図 2.1 光学部品クリーニングのための作業台のレイアウト

ぐために、先端がゴムで覆われていなければならない。

クリーニング用の工具は、使い勝手の良いところに置かれなければならない。光学部品の表面を適度に照明するために光源を置きなさい。作業台の典型的なレイアウトを図 2.1 に示す。

### 2.1.2 クリーンベンチ

クリーンベンチは、フィルタを通すことによりクリーンな空気を循環させ、ほりなどをカットする。クリーンベンチの背面から正面へ気流が流れるように作られている。クリーンベンチは、作業台上に並べられた多数の部品に対して一括で作用するので、クリーニングや組立の速度を上げることができる。

空気は、2～3段のフィルタによって循環されている。空気は、粗いフィルタ、2段目のフィルタ、HEPA（高性能微粒子除去）フィルタによって処理される。

クリーンベンチは、オンオフできる内部頭上の照明を備えている。

クリーンベンチは、定常的に大量の気流が必要であるため、換気のよい部屋に置かなければならない。また、暖かい、乾いた空気を作り出すので、部屋は過熱を防ぐために冷やす必要がある。

空気は静電気を帯びるため、ゴミが光学部品の表面に付着しないように注意すべきである。

箱入りファンと粗いフィルタを用いたクリーンベンチもある。一般に、ファンは、二段階の粗いフィルタと細かいフィルタを備えている。簡単な塗装ブースを使うこともできるが、塗装ブースは吸引するように作られているので空気の流れる方向が逆である。また、単純なファンは、光学部品の表面にほこりや他の有害物質を付着させてしまうので、よくない。

ほこり多い部屋で無塵のテーブルが必要な場合、クリーンベンチはよい選択肢ではない。というのは、フィルタの交換や保守が馬鹿にならないからである。ベンチは、よく保守された、ほこりの少ない場所に置くべきである。もう一度よく考えなさい。

### 2.1.3 照明

作業スペースの照明は重要である。照明の種類とそれをどこに置くかということは、システムの中の光学部品の位置に依存する<sup>1,2</sup>。例えば、望遠鏡の場合と十字線の場合では異なる。照明の種類も、クリーニングする光学機器の中の部品に依存する。

さまざまな種類の照明を使うことができる。拡散しているか集光しているか、低出力か高出力か、ファイバ光学系を使うか、など。理想的な照明のタイプは、使いやすさで決まる。拡散照明、蛍光灯または標準的な40～60Wの電球が、透過や反射の作業で使われる。このタイプの照明は、一般的なクリーニングに最適である。光学部品を動かしたり傾けたりすることにより、その反射光によってどの部分が汚れているのかがわかる。

指紋などの汚れは、コーティングしてあってもなくても確認できる。ほこり、綿ぼこり、糸くずなどは、白または黒く強調される。

焦束した光(顕微鏡用ランプ)や高出力のファイバ光源は、表面が小さかったり、厳密な評価をしたりする場合に有効である。研磨の際の非常にわずかな表面粗さなども厳密に評価できる。しかし、これらの光では、汚れと研磨の欠陥を区別することが難しい。レチクルや接眼レンズの中の視野レンズなどのように、像面に置かれる光学部品の表面を観察する場合には、この種の照明を必要とする。しかし、通常、拡散照明から始めて、評価の必要に応じて焦束された照明を使うことが望ましい。

### 2.1.4 照明の種類

**標準的な拡散照明 (40W) :** この種のランプは、表面の品質検査のために使われる。電球は、後側を遮蔽するように取り付けられる。ランプヘッドは、光学部品の上の好きな位置に動かせるようにしなければならない。ランプは、作業台の中央または端に置くべきである。しかし、この種の電球は時代遅れになっているので、他のタイプの照明をお勧めする。小さな蛍光灯、ハロゲンランプ、LEDを使うと、この種の電球と同等の明るさが得られるようになっている。

**拡散照明:** 15Wの単管または二重チューブの蛍光灯が、光学部品の検査やクリーニングによく用いられる。ランプは、通常、光学部品より300～500mm上の位置に置かれる。また、ランプは、光学部品の上で自由に動かせなければならない。

**収束照明:** この種の照明は、光出力を調整でき、フィラメントの像を光学部品の表面に結ぶことができる。その強い光は、ちりや汚れを鮮明にする。また、研磨面の表面品質を知ることができ、欠陥もわかる。コリメートされたタンゲステン光源からの光は、例えばレーザー用部品、その他研磨の精度が必要とされる光学部品の表面の検査に用いることができる。

**光ファイバ:** この種の照明は、映写用電球から出た光を、屈曲する二本または単体の光ガイドに入力させる。集光レンズを光ガイドの端に置くことができ、収束光に近い光を作り出すことができる。

**LED:** この種の照明は、技術開発が進み、タンゲステン光源や蛍光灯の置き換

えとして使われつつあるが、これらをいかに使うかというガイドラインのようなものはない。LEDを電球と比較すると、LEDを使うと電球よりも汚れが目立つため、電球の置き換えに問題はない。ただし、低出力のLEDだけを使いなさい。

**補助照明：**収束照明やLED照明は、光学部品の縁を見るためのものであるが、この種の照明は、表面のちりやガラス内部の泡や欠陥を強調する。

**懐中電灯：**現場や研究所で使われるフィラメントまたはLED照明。明るく、集光できなければならない。

**レーザー：**レーザーは、種類や出力に関係なく、決して照明用光源として使うてはならない。眼に対して危険であり、光学部品へ損傷を及ぼす可能性がある。その光ビームは、汚れを観察するにはあまりに小さくて、明るい。常に、レーザーの安全ガイドラインを復習して、それに従いなさい。

### 2.1.5 圧縮空気とガス

乾いた窒素ガスは、純度が高く、湿気を伴わないため、一般的に用いられる。圧縮ガスは、溶接/ガス供給会社から容器に入れて購入するか、現場で生成される。容器は、クリーニング作業スペースの近くに置き、固定しなければならない。その他詳細は、自分の会社の安全ガイドラインに従いなさい。減圧弁は、ガス圧を調節するために使われる。圧力は、ノズルの場合に20 psi以下でなければならない。ノズルの上の手動の弁は、ガスの流量を調整するのに用いられる。ノズルの先端は、光学部品への損傷を防ぐため、ゴムで覆われていなければならない。

圧縮空気を使うこともできるが、乾いていて、油を含んでいないことが重要である。インラインの空気フィルタによって、あらゆる湿気とコンプレッサの油を除去すべきであるが、時々点検する必要がある。詳細については、施設の責任者に相談しなさい。

ガスダスタあるいは缶入りエアダスタは、電子機器や写真機器においてちりを取り除くのに使われている。フッ化炭素ガスを使って液体に圧縮されている。これらの使用は、圧縮ガスが近くにない時に限定して使用すべきである。その場合でも、光学部品の表面に影響がないかどうか、テストしてから使用すべきである。缶入りエアダスタは、光学部品の表面や手の届かない部分に使うとよい。その際、

容器の中の液体が光学部品の上に垂れないよう、ノズルを容器の下にして保持しなければならない。そうすれば、万一のことがあっても光学表面に影響を及ぼさない。

## 2.2 クリーニング用工具のリスト

以下のリストは、クリーニング工程と作業台に関係する基本ツールである<sup>1,2</sup>。

### 工具：

- ・静電防止剤：缶入りエアダスタ、イオン化装置
- ・塗布用具：さまざまなサイズの綿または合成布
- ・歯ブラシ
- ・洗顔用ティッシュ
- ・ハンドブラシ
- ・ハンドパフ：ラクダの毛のブラシが付いたものやそうでないもの
- ・止血鉗子
- ・柔らかいブラシ
- ・大きな（非羽タイプ）はたき
- ・マイクロファイバクロス：小さいものと大きいもの
- ・オレンジウッドのスティック
- ・ピックアップ工具：携帯型
- ・単刃のかみそり
- ・小さいはさみ
- ・柔らかいブラシ
- ・スパナ
- ・ティッシュワイプ：紙、布、綿、合成繊維
- ・舌圧子
- ・ピンセット：金属、プラスチックまたは木製
- ・木のスティック：さまざまなサイズ
- ・真空吸着器：手動、真空システム、曲がった柄や真っ直ぐな柄)
- ・木製のトンガ

**包装：**

- ・予めカットされた包装用の紙：茶色または白色

**個人の防具：**

- ・マスク
- ・手袋と指サック：パウダーフリービニール、ニトリル、ラテックス
- ・白衣：レーヨン、ナイロン、タイベック、使い捨てタイプ
- ・保護メガネ

**作業スペース：**

- ・浄化された空気へのアクセス
- ・さまざまな種類のブラシ
- ・エアダスタ：小型・大型ボトル、タンク
- ・携帯型テーブル
- ・トレイ：成型されたプラスチック、アルミニウム、木、ガラス繊維
- ・ホルダスタンド（垂直方向と水平方向）：木、金属、プラスチック
- ・マット（黒色）：発泡材、マウスパッド、フェルト、ダンボール
- ・ペーパーカッター
- ・プラスチックスプレー缶
- ・プラスチックのスクイーズボトル：さまざまなサイズ
- ・回転式テーブル：卓上型、「Lazy Susan（英国で使われる回転式テーブル）」
- ・流し：研究所対応
- ・保管箱：成型されたプラスチック、アルミニウム、ダンボール、ガラス繊維
- ・ツールボックスまたはキャビネット：ホイール付のものとなしのもの
- ・超音波洗浄器：小型または中型のもの

**2.2.1 クリーニング用工具の概要**

**静電気防止、イオン化装置：**乾燥した空気を負イオンにする。

**塗布用具：**溶剤を塗って、汚れを除去する。

**クリーニングブラシ：**非光学表面をきれいにする。

**乾燥空気：**光学表面のちりを吹き飛ばす。

**マスク：**光学部品に唾が飛び散るのを防ぐ。

**手袋と指サック：**手を覆い、指の汚れを防ぐ。

**手で持てるサイズのピックアップ工具：**光学部品や小型部品の取り扱い。

**止血鉗子：**薬包紙、光学部品、機械部品を保持する。

**ホルダスタンド：**大型の光学部品をクリーニングの間保持する。

**白衣：**服の汚れを粒子レベルで防ぐ。

**大きなぞうきん：**広い範囲でちりを除去する。

**マイクロファイバ布：**汚れの中の小さい粒子を拾う。

**ブロワの付いた柔らかいブラシ：**光学表面を拭いてちりを吹き飛ばす。

**保管箱：**短期間または長期間、光学部品を保管して保護する。

**トレイ：**光学部品を扱ったり運んだりする際に用いる。

**ピンセット：**小さい光学部品や機械部品を取り扱う。

**真空吸着器：**光学部品のピックアップと移動に用いる。

**ワイブ：**溶剤を塗って、汚れを除去する。

**木のスティック：**より大きな塗布用具を作ったりや接着剤の除去に用いる。

**2.2.2 柔らかいブラシ**

柔らかいブラシは、光学表面上のちりやゴミを取り除くのに用いられる。これは、クリーニング工程で最初に必要とされるステップである。いくつかの柔らかいブラシ（図 2.2）があるが、その中でもっとも一般的なものは、木の柄が付いたラクダかヤギの毛のブラシである。これらの非常に軟らかいブラシは、光学部品に対して非常に効果的である。その他、格納式のもの、静電防止機能が付いているもの、光学部品をクリーニングしている間、空気を吹き付けるためのバルブを備えているものなどがある。これらのブラシは、25 mm 以上の大きさの光学部品に対して適している。より小さな光学部品には、美術用のブラシがよい。

ブラシを用いる時には、最初に、堅い部分でブラシを軽くたたく。この用途に作業台の端が最適であるが、ブラシをもった腕を勢いよく振ってもよい。このことにより、ブラシに付いているちりや汚れを取り除くことができる。ただし、ブラシが光学部品から十分離れていることを確認する必要がある。光学部品は、指で挟むかテーブルマットの上に置き、ブラシで軽く全体を撫でなさい。ブラシの毛への圧力は、その長さが 10 ~ 25 % 程度曲がるくらいの柔らかさでなければ



図 2.2 大型のものから小型のものまでブラシのコレクション

ならない。光学部品の表面を見ながら、必要に応じて繰り返し、ゴミがほとんどなくなったらやめなさい。2～3回繰り返したら、もう一度ブラシを軽くたたきなさい。残ったゴミは、圧縮空気またはワイプを使って取り除きなさい。

### 2.2.3 手袋と指サック

クリーニングの際には、手袋または指サック（図 2.3）を使わなければならない。これらの道具は、光学部品を油やゴミ、指紋から保護するのに必要である。汗は、光学表面に損傷を与えることもある。手袋または指サックの材料は、使用前に溶剤に対する耐性を試験しなければならない。また、必ず漏れやピンホールがないかどうかチェックする必要がある。

手袋や指サックを使うかどうかということは、クリーニングのレベルを考えて個々に決めることである。手袋は、皮膚を溶剤から保護し、誤って光学表面に触



図 2.3 手袋と指サック

れるのを防ぐ。長く着用すると、発汗と不快感を引き起こす可能性がある。しかし、光学部品のクリーニングについて学んでいる時と、重要な光学部品を扱っている間は、手袋は着けなければならない。これまでの経験で、指サックの方が好まれるかもしれない。それらは、指の先端に付けるだけであり、光学部品の保持とクリーニングは、両手の中央の3本の指と親指だけで済むことが多い。

油や汚れが指サックの先端に付着していると、光学部品の上で二次汚染を引き起こすので、クリーニングの間、手袋や指サックをチェックしなさい。溶剤とワイプを使って2～3回拭くと、きれいになる。もしもクリーニングしている間に、汚れが移るようであれば、手袋や指サックを交換しなさい。これらの汚染を減らすには、溶剤に触れる機会を制限しなさい。

## 2.2.4 クリーニング用の溶剤と材料のリスト

以下のリストは、店や研究所で取り扱っている標準的な一般クリーニング用材料と溶剤のリストである<sup>1,2</sup>。これらの材料や溶剤は、可能な限りもっとも高い等級のものを使いなさい。

### 溶剤：

3M™ Novec™

アセトン

エタノール（200 プルーフ）

イソプロピルアルコール（70～99%）

メタノール（限定使用、2.2.6 節参照）

メチル・エチル・ケトン（MEK：非推奨品 2.2.6 節参照）

トルエン（非推奨品 2.2.6 節参照）

キシレン（非推奨品 2.2.6 節参照）

[溶剤の等級：工業、試薬、分析用試薬、製薬、高性能液体クロマトグラフィー（HPLC）、研究所、分光]

### 水：

脱イオン水（ボトル入りまたは現地製造）

蒸留水（ボトル入りまたは現地製造）

濾過水（インラインまたはプレフィルタリング）

### 石鹼、洗剤、クリーニング液：

Alconox™

アンモニア水溶液（限定使用）

ベビーシャンプー（透明または黄色）

柑橘類ベースのクリーナー（限定使用）

洗浄液（脱イオン水・アルコール・石鹼の混合液）

洗剤（pH 調整済）

軟石鹼

液体石鹼

粉末石鹼

Simple Green™

### 研磨剤・研磨粉：

重曹

炭酸カルシウムまたはチョーク

酸化マグネシウム

標準的な光学研磨剤：セリウム、ジルコニア、アルミナ

### 特別なクリーニング品：

アルコールワイプ

ディスククリーニングパッド（アルコール分 90%）

過酸化水素

包装されたクリーニングパッド

剥離剤

超音波洗浄

### 潤滑油（接着剤除去のために使用）：

家庭用マシン油

鉱油

オリーブオイル

WD-40®

## 2.2.5 溶剤用ディスペンサ

図 2.4 に示すように、いくつかの溶剤用ディスペンサがある。一般的な清浄用途として、ステンレスのポンプの付いたガラスまたはプラスチックの容器がある。このディスペンサは、ポンプによって決められた量の液体を出すことができる。必要な量の溶剤をポンピングして、ティッシュ、ワイプ、その他塗布用具を湿らすか、それらの上に直接注ぎなさい。

重要なクリーニングでは、スクイーズボトルや点眼器が用いられる。ただし、ボトルを絞ると、不定量の液体が出るので、少なすぎたり多すぎたりしないよう



図 2.4 スプレーボトル、広口瓶、ポンプ式ボトル、点眼器、スクィーズボトルなど  
溶剤容器

に注意しなければならない。点眼器は、一定量の溶剤を出すことができる。

スプレーは、さまざまな光学部品に対応することができる。ただし、光学部品のマウントや作業台にまで溶剤がかからないように、注意しなければならない。少量の液体が必要な場合は、溶剤をティッシュ、ワイプ、その他の塗布用具にスプレーするとよい。蓋に小さな穴が開いている密閉式の溶剤格納瓶は、美術用ブラシを用いて小さな光学部品をクリーニングする際に便利である。

### 2.2.6 溶剤

この節では、産業分野で一般的に使われている溶剤をリストアップする。どれを選択するかということは、光学表面からどのような汚れを除去するのかによる。いくつかの質問を想定する。

- 溶剤はどこで使うのか？ 研究室か、クリーンルームか、生産現場か、屋外か？ 場所の違いにより、自ずと使用する溶剤の種類も変わって来る。
- どのようなタイプのディスペンサが必要か？ 例えば、ポンプ式のものよりスクィーズ式のものより良い。多くの場合、汚れの洗浄に大量の溶剤を必要としない。
- どのようなタイプの汚れであるか？ 指紋、軽油、ゴミの場合、まずアルコールを試してみるべきである。重油、グリース、ワックス、研磨ピッチ、ブロッキングピッチ、ペンキを除去するには、アセトン、メタノールまたは両方の混合液を使う。汚れの種類がわからなかったり、他の溶剤で除去できなかったりする場合には、ハイドロフルオロエーテル（HFE）を用いるとよい。

どんな溶剤を使う場合にも、安全上の必要条件を確認しなさい。SDS、PPE、OSHA、GHS のガイドラインと会社の方針に従いなさい。いくつかの溶剤は非常に危険なので、ラベルの注意書きや貯蔵に関するガイドラインに注意すべきである。

最初にアルコールで試してみて、それでだめな場合は、例えばアセトンのようなより強い溶剤を使うべきである。どんな溶剤を使う場合でも、常に、光学部品のサンプル、マウント、ハウジングなどの上などで試すべきである。いくつかの溶剤（例えば、アルコール、アセトン、メタノール）は湿気を嫌うので、表面の水性ステインなどを取り除く時には、その量に注意する必要があり、塗布用具やワイプを湿らせる程度にし、濡らしてはならない。アセトンで柔らかいコーティングを洗浄する時には注意が必要である。アセトンは切削液にもなるので、数回拭いただけで、コーティングにダメージを与える可能性がある。

溶剤は、特性、純度、製造工程によって等級が分けられている。メーカーは、溶剤が完全な仕様を満たすように、分析を行っている。最も低い等級のものは、通常、大量に使われる場合や初期の洗浄に用いられる。試薬用は、塗布用具やワイプを使って、光学検査や一般的な用途で表面を洗浄する際に用いられる。この等級のものは、工場、検査エリア、研究所などで一般的に用いられている。分析用は、これよりも高い等級で、回転クリーニングや、ドロップアンドドラッグクリーニング法などで使われている。

さらに高い最高級の純度のものは、ライフサイエンス、クロマトグラフィ、分光用として使われる。この等級は医薬として知られていて、HPLC、研究所、分光学用途で使われている。これらの溶剤は、コーティングする前の光学部品や重要な光学部品（例えば、レーザーまたは航空宇宙用）をクリーニングするのに用いられる。これらは、最終的なクリーニングの間、ほとんど残留物がない。この等級のものも、回転クリーニング法や、ドロップ&ドラッグクリーニング法で使われる。

以下は、推奨される溶剤である。

- **水**：水も溶剤に分類される。例えば、塩は水の中で解け、鉄は錆びる。
- **イソプロピルアルコール (70 ~ 99 %)**：光学部品を洗浄する際、(水以外で) もっとも一般的に使われる溶剤で、材料にダメージを与えない。しかし、一方で十分にきれいにならなかったり、すべての油や指紋を除去することができず、別の溶剤が必要な場合もある。分光等級のものは、重要な光学部品（少しの残留物もなく）に用いられる。また、反射防止、迷光防止、HEBBAR™、誘電体、保護、強化用の最新のコーティングや光学フィルタに用いられている。洗浄液として、アルコールは、蒸留水や脱イオン水と混ぜたり、マイルドな水石鹼と混ぜたりすることができる。
- **アセトン**：2番目によく使われる溶剤で、油、指紋などの汚れを除去するのに用いられる基本的な洗浄液である。アセトンを使った後、わずかな残留物を除去するために、アルコールやメタノールを使うことは珍しくない。この時、メタノールを 1:1 または 1:2 の割合で混合する。

アセトンは、プラスチックの光学部品や材料に対して使ってはならない。表面が侵されるからである。このことは、光学アセンブリの際に重要なことである。アセトンは、光学部品を保持する接着剤、プラスチック製のマウント、長く接着された部品やカナダバルサムなどによって固定された顕微鏡スライドを分解する。

- **メタノール**：3番目によく使われる溶剤で、速く蒸発する。このことは、油などの汚れを除去するのに適している。しかし、使用は研究所に限定され

るべきで、製造時に用いるべきではない。メタノールは非常に危険で、可燃性である。プラスチックに使用する場合は、サンプルでテストすべきである。

- **3M™ Novec™**：これは HFE である。主要成分はメチル・ノナフルオロブチルエーテルで、不燃性かつ毒性が低い。この溶剤の主要な用途は、蒸気脱脂による電子回路基板のクリーニングであるが、光学部品からワックス、油、ラッカーなどを除去するのにも効果的である。HFE は使いやすく、他の溶剤が機能しない時の最適の選択である場合がある。速く蒸発し、ドロップアンドドラッグ法、マウントした光学部品や機器のクリーニングに用いることができる。HFE は、金属、プラスチック、多くの種類のゴムに対応できる。ただし、この溶剤は高価である。
- **エタノール (200 プルーフ)**：この溶剤は、一般に、製造現場よりも研究施設で使われている。非常に速く蒸発し、最終的なクリーニングステップにおいて用いられる。
- **メチルエチルケトン (MEK)**：この溶剤は、かつて多くの工場で一般的であったが、安全性の問題（非常に危険かつ可燃性である）から使用量が減少し、アセトンと入れ替えられた。研究所では使用を制限され、製造現場での使用は推薦されていない。
- **トルエン**：この溶剤は、ペンキや接着剤など、産業用のクリーニング剤として使われる。ただし、研究所では使用を制限され、製造現場での使用は推薦されていない。トルエンは非常に危険かつ可燃性である。
- **キシレン**：この溶剤はトルエンに似ており、ペンキ、インク、接着剤、さらに、着色や樹脂の除去に用いられる。しかし、研究所では使用を制限され、製造現場での使用は推薦されていない。キシレンは非常に危険かつ可燃性である。

### 2.2.7 個人的な保護用品：手袋、指サック、マスク、帽子、白衣

保護衣 (PPE) を使うということは、もっとも重要な必要条件の一つである。これは、人を保護するだけでなく、クリーニング工程において光学部品を損傷から保護する。

### 手袋と指サック：2.2.3. 節を参照

**マスク：**マスクは唾や鼻水の拡散を防止する。使用が推奨されるが、必ずしも必要ではない。マスクを付けるかどうかという判断は、クリーニングのタイプに依存する。マスクが必要な作業は、コーティングの前の最終的なクリーニング、光学部品の組み立て、大きな光学部品を取り扱う時などである。もし、大型の光学部品や重要な光学部品をクリーニングしている間に会話が必要な時は、マスクを付けることは重要である。

**帽子：**帽子は、クリーンベンチの下、大きな光学部品の上、光学系内部でのクリーニングの際に有用である。

**白衣：**白衣は、作業中に作業者の衣服を保護するために使われるだけでなく、衣服の繊維や汚れを光学部品に付けない働きもある。作業中、コートが光学表面に触れないように、ぴったりとしたサイズでなければならない。袖口は、手首より上におよそ 50～100 mm たくりあげなければならない。白衣は、クリーニング物質への接触を制限して二次汚染を防ぐため、ボタンを掛けたり紐で縛らなくてはならない。また、光学表面の上で作業するような大型の光学部品をクリーニングする場合、ポケットから表面にものが落ちないように、すべてのものを出しておきなさい。

## 2.3 塗布用具

塗布用具は、洗浄液、溶剤、石鹼、水などを使ったすべてのクリーニングに使われる<sup>1,2</sup>。塗布用具には二つの機能がある。一つは材料をクリーニングすること、もう一つは、汚れを光学表面から吸収して除去することである。クリーニングの手順、サイズ、クリーニング対象によって塗布用具を選ぶことは重要である。図 2.5 にいろいろな塗布用具を示す。

綿棒は、非常に用途が広い。通常、狭い部分のクリーニングと、最終的なクリーニングの際の部分的な手直しに使われる。スティックは、木、厚紙またはプラスチックからできている。綿は、合成物質からできていることもある。重要なクリーニングにもっともよく使われる。先端は、繊維が丸いか、平らか、とがったか、

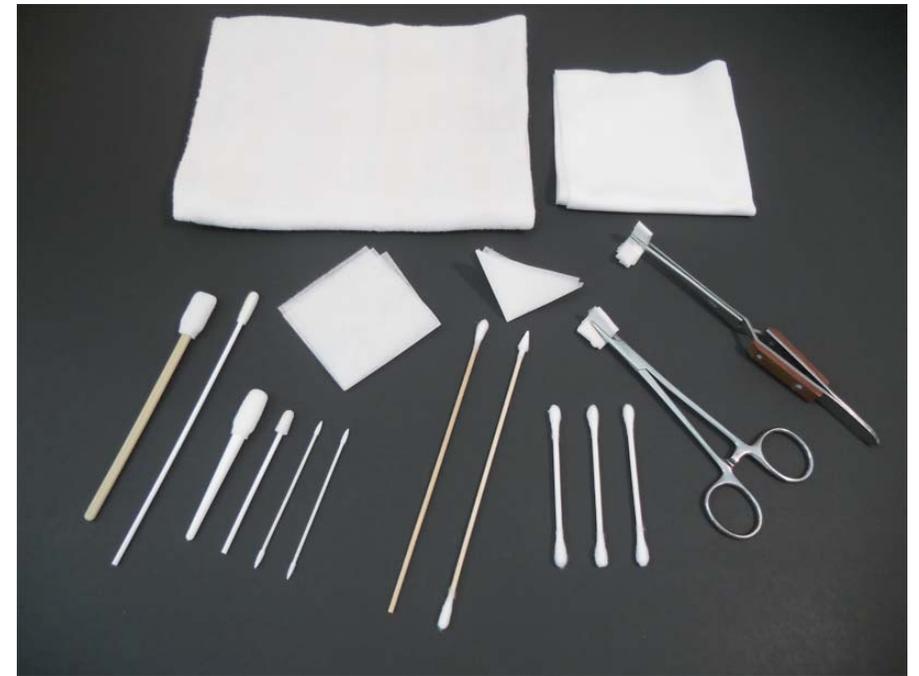


図 2.5 クリーニング塗布用具：ワイブ、ティッシュ、綿棒（木・紙・プラスチック製のスティックと発泡材・綿製の異なった先端をもつ）、薬包紙を保持するピセットや止血鉗子

ゆるく編まれたか、固く編まれた形状をしている。先端が合成セーム革でできたものは有用である。

ワイブは、紙、綿布または合成物質からできた織布である。ティッシュは、幅と長さが 25～300 mm のサイズで作られている。一般的なクリーニングでは、レンズ用ティッシュがもっともよく使われる。ワイブは、広い範囲をクリーニングするには四角形、狭い範囲をクリーニングするには三角形に折られる。カメラ/メガネレンズ用ティッシュ（小さいサイズ）は、止血鉗子に適合するように折ることができる。

塗布用具を使う際、拭いた後に溶剤を蒸発させたままにしておくのがちょうどよい程度に湿らせる（塗布用具の幅の1/4～1/2）ことが重要である。表面を拭いた時に溶剤が残ると、汚れが残る。

### 2.3.1 綿製および発泡性塗布用具の使い方

正しい手作業の方法を身に付けることにより、光学表面から汚れを取り除いてきれいにするができる<sup>12</sup>。クリーニングの専門家になるには、練習が必要である。

- ・木の柄が付いた綿棒は、光学部品をクリーニングする際の一般的なツールである。紙の棒でできたものは、一般的なクリーニングに用いられる。綿棒はリントフリー（ごみがでない）でもある。
- ・発泡材の塗布用具は、さまざまな大きさや形のものがあり、柄はプラスチックでできている。このような塗布用具は、小さくて重要な光学部品を扱う時によく使われる。クリーンルームでも使用できる。

汚れを識別し、洗浄液を選んだら、汚れを取りやすいように光学部品を回転させなさい。ディスペンサから溶剤を出し、塗布用具の先端を湿らしなさい。自分と光学部品から離れた位置で塗布用具の先端を振り、余分な溶剤を取り除きなさい。先端を表面の上の汚れた部分の向こうわずかに持って行き、ゆっくり先端を降ろしなさい。表面を観察している間、軽いタッチで自分の方へ先端を動かしなさい。溶剤が乾くまでの間、トレールのような跡が残る（図2.6）。溶剤の跡が汚れになるようであれば、クリーニング液の量が多過ぎる。少量で繰り返しなさい。

最後の汚れを取り除くために、塗布用具で光学部品を拭いている間、指で拭いている部分と反対方向に用具を回転させなさい。この動作により、塗布用具のきれいな部分を露出させることができる。先端を上へ上げ、端から持ち上げなさい。汚れを確実に除去するため、周辺部の外側でクリーニングしなさい。クリーニング後に観察し、必要であれば繰り返し、さらに必要であれば塗布用具を新しいものと交換しなさい。大きなティッシュを折り畳んだものは、一般的な表面のクリーニングの最終段階で用いられる。止血鉗子で挟んだレンズ用ティッシュを塗布用具として用いることもできる。

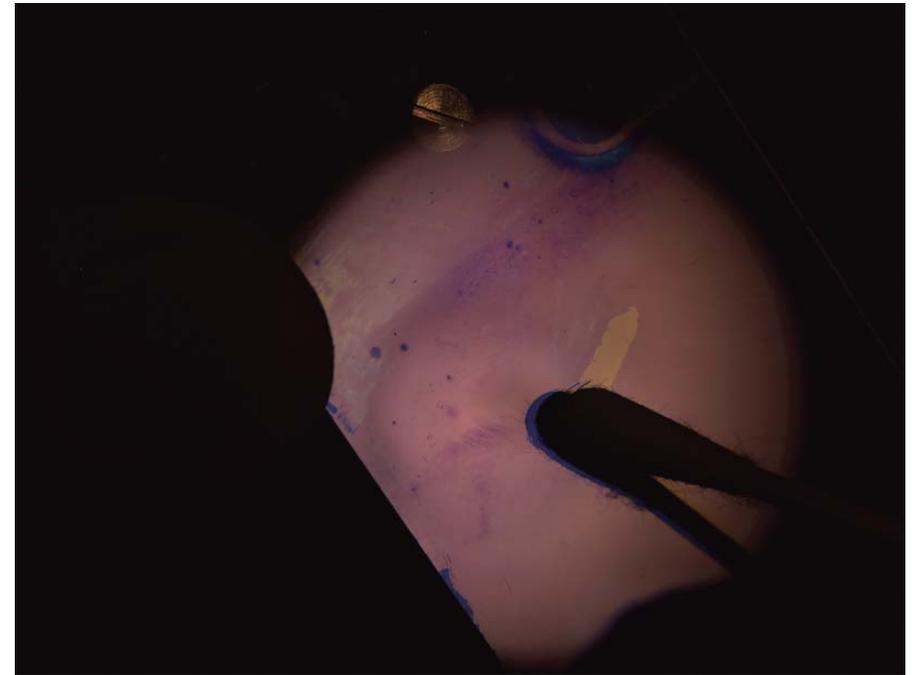


図 2.6 塗布用具での拭き跡（適切な量の溶剤を使用した場合）

### 2.3.2 折り畳んだレンズ用ティッシュ

折り畳んだレンズ用ティッシュやワイブは、折り紙のようである。これらを折ることによって、クリーニングツールとして形作ることができる。両手でティッシュを持ち、長辺を半分に折りなさい。もう一度折ると、元の大きさの四分の一になる。もう一度半分に折りなさい。これで準備完了である（図2.7参照）。

止血鉗子で使う場合には、さらにもう一度折りなさい。ティッシュを再度利用する場合には、きれいな面を露出させるために、最後に折り込んだ部分をひっくり返しなさい。小さな光学部品や隅をクリーニングする場合には、レンズティッシュを三角形に折りなさい。両手で予め折られたティッシュを持ちなさい。反対側の隅を持って来て半分に折ると、準備完了である（図2.8参照）。もっと小さいサイズが必要であるならば、もう一度半分に折りなさい。

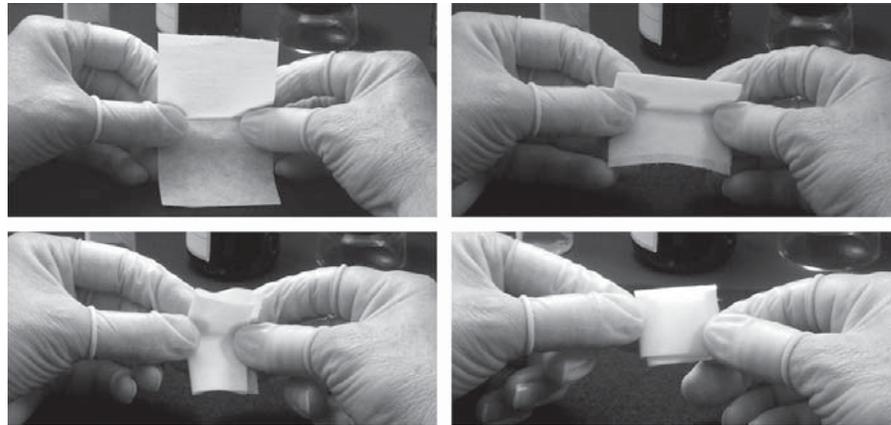


図 2.7 ティッシュを数回半分に折り畳む方法



図 2.8 四角いティッシュを三角形に折り畳む方法

### 2.3.3 折り畳んだティッシュやワイプの使い方

折り畳んだティッシュやワイプは、光学表面をクリーニングするための最高のツールである<sup>1,2</sup>。手の油がワイプに付くのを防ぐため、手袋や指サックを装着すべきである。それらの折り畳み方は 2.3.2 節を参照のこと。

折り畳んだ三角形のワイプは、マウントした光学部品や光学基板の隅をクリーニングするのに用いられる。先の尖った部分は、光学表面や非常に小さな光学部品のクリーニングに役立つ。

クリーニングを始める際、まず光学部品の縁をクリーニングしなさい。このことにより、縁の部分の汚れが表面に拡がるのを防ぐことができる。照明の下で汚

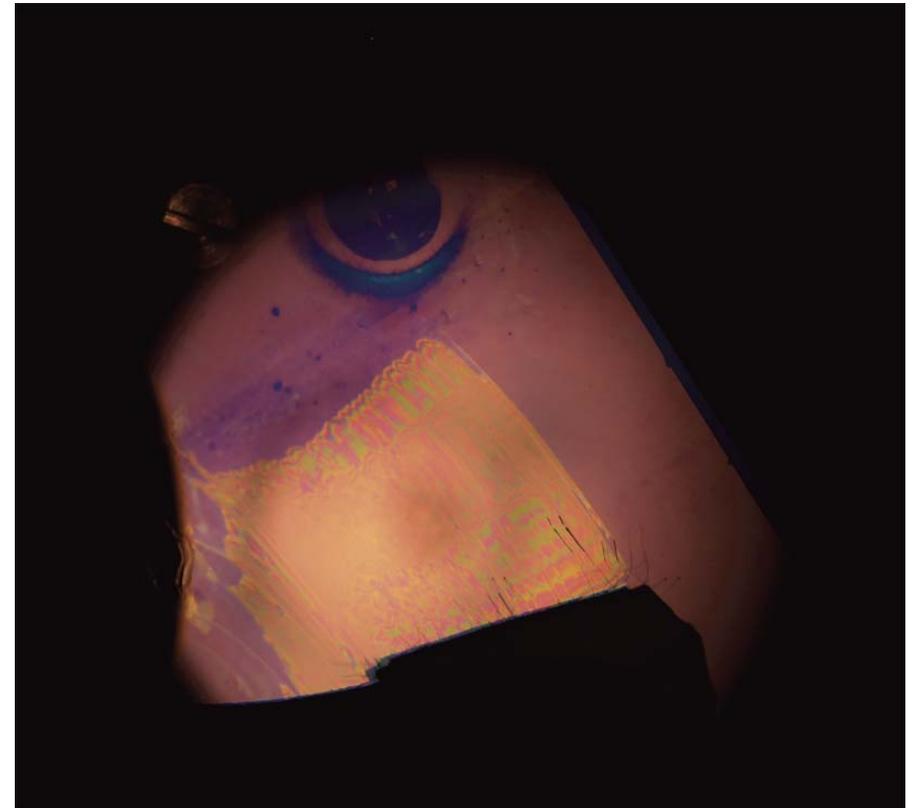


図 2.9 ティッシュの拭き跡はこのようになるべき（適量の溶剤を使用）。ワイプの端は図の下。

れが見えるようにし、クリーニングする部分を自分の方へ傾けて光学部品を置きなさい。指先でワイプを広げて持ちなさい。こうすることにより、表面上でワイプを一定の圧力で移動させることができる。ワイプに適当な圧力が加わらないと、汚れを広げることになる。

ディスペンサから溶剤をポンプアップしてワイプの端を湿らせなさい。この際、溶剤を控えめに使いなさい。汚れを見つけ、表面へワイプを降ろしなさい。軽くワイプの端で表面に触れ、自分の方へゆっくりワイプを引きなさい。表面の端に接近したら、ワイプを上へ上げ、表面から離しなさい。具体例については図 2.9

を参照のこと。この方法は、汚れが広がるのを防ぐ。よく観察し、畳んだワイブを広げ、新しい部分を出して、必要であれば工程を繰り返さない。

## 第3章

# 光学部品の検査

この章では、視覚と画像による光学部品の検査の必要性について述べる。検査でまず重要なことは、クリーニングが必要であるかどうかということである。第2章で述べたように、クリーニングの方法や技術は、トレーニングの間中は先輩から、その後は、作業指示書や資料によって学ぶことになる。この章で示す情報は、多くの光学部品に対して使われる基本的な検査技術である。ほとんどの技術に関して、ある研究所で教えられ、学ばれている方法は、別の場所のものとは、わずかに異なる。ここで示す方法は、何十年もの間、多くの会社や研究所によって使われて来た基本的な技術である。

今日の電子画像システム装置を用いた光学部品の検査は、従来の方法と比べて改善されている。器材はより入手可能となり、光学表面はディスプレイ上に表示することができる。そして、その画像は、チェックや強調のために記録することができる。しかし、ビジュアル（顕微鏡）であるか、電子カメラシステムを使うかということに関わらず、汚れの識別と解釈は同じでなければならない。

光学部品を検査するというプロセスは、単にそれを見るということ以上のことをする。すなわち、クリーニングが必要であるかどうかということ判断する<sup>1,2</sup>。クリーニングステーションとして、作業台の端を使いなさい（図 3.1 参照）。まず、拡大せずに、縁と表面に汚れや油がないかどうか調べなさい。

クリーニングの前に、光学表面を保護しなさい。製造工程で残った艶出剤、グリース、オイルを簡単に除去しなさい。光学部品に、例えば、欠け、割れ、やけなどの製造欠陥がないか調べなさい。縁と側面がきれいであることを確認した後、