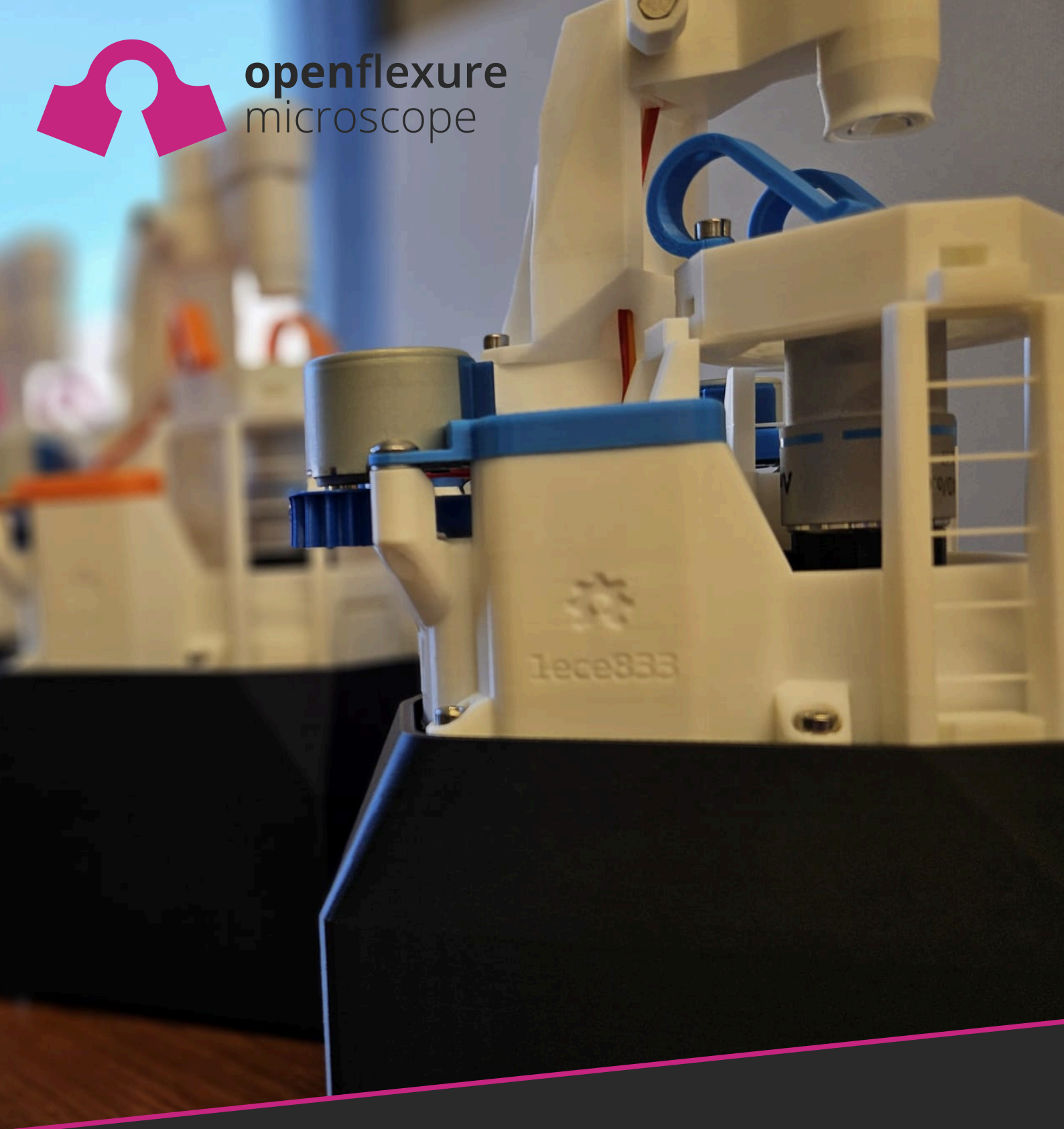




openflexure
microscope



OpenFlexure 顕微鏡ハンドブック

2026年10月

顕微鏡：v7.0.0-beta5
ソフトウェア：v3.0.0-beta1

日本語版について：本書は OpenFlexure Microscope Handbook（2026年10月版）を株式会社フィールドワークスが日本語に翻訳したものです。原著と同じく CC BY-SA 4.0 で提供します。ソフトウェアの画面は英語表示のため、ボタン名・タブ名・メニュー名は英語のまま記載しています。

このハンドブックの対象バージョン：

顕微鏡ハードウェア：v7.0.0-beta5

ライセンス：CERN OHL v2 Strongly Reciprocal

ソース：<https://gitlab.com/openflexure/openflexure-microscope>

ソフトウェア：v3.0.0-beta1

ライセンス：GNU General Public License v3.0

ソース：<https://gitlab.com/openflexure/openflexure-microscope-server>

本マニュアルのソース：

<https://gitlab.com/openflexure/microscope-handbook>

2026 © OpenFlexure. CC BY-SA 4.0 ライセンス
contact@openflexure.org

目次

1. はじめに	1
1.1. クイックスタート	2
1.2. このハンドブックについて	2
2. セットアップ	4
2.1. SDカードへの書き込み	4
2.2. Connect のインストール	5
2.3. ステージと対物レンズの中心合わせ	7
2.4. 照明の中心合わせ	7
2.5. 顕微鏡の接続	8
2.6. SDカードの取り扱い	8
3. 初めての使用	9
3.1. キャリブレーションウィザード	9
3.1.1. 照明の調整	9
3.1.2. カメラのキャリブレーション	11
3.1.3. 試料の設置	11
3.1.4. ピント合わせ	12
3.1.5. カメラ・ステージ・マッピング	13
3.1.6. カメラの設定	13
3.2. 再キャリブレーションの時期	14
4. 顕微鏡の使い方	15
4.1. 操作 (Control)	15
4.1.1. 操作 (Control)	15
4.1.2. 画像の撮影	17
4.2. スライドスキャン (Slide Scan)	17
4.2.1. 背景検出 (Background Detect)	19
4.2.2. スキャンの終了	20
4.3. ギャラリー (Gallery)	21
4.4. 設定 (Settings)	22
4.4.1. カメラ (Camera)	22
4.4.2. ステージ (Stage)	22
4.4.3. カメラ・ステージ・マッピング	23
4.5. ログ (Logging)	23
4.6. 情報 (About)	24
4.7. 電源 (Power)	25
4.8. 顕微鏡の構成変更	25
4.8.1. 対物レンズの交換	26

5. メンテナンス	27
5.1. 送りねじの注油	27
5.2. SDカードの更新	27
5.3. 持ち運びの準備	28
5.4. 移動後の点検	28
6. トラブルシューティング	30
6.1. ステージ、スキャン、オートフォーカス	30
6.1.1. ステージが正しく動かない	30
6.1.2. 違うモーターが動く	30
6.1.3. カメラ・ステージ・マッピングに失敗する	31
6.2. カメラ、照明、画質	31
6.2.1. 試料にピントが合わない	31
6.2.2. 画像が暗い、ムラがある、色かぶりがある	32
6.3. 接続、電源断、ソフトウェア	32
6.3.1. Connect に顕微鏡が表示されない／IPアドレスが分からない	32
6.3.2. フォールバックサーバー	32
7. 早見表	34
7.1. 移動とピント合わせ	34
7.2. 画像を1枚撮影する	34
7.3. スライドのスキャン	34
7.4. データの管理	35
7.5. 再キャリブレーション	35
7.6. 終了するとき	35
8. 索引	36

1. はじめに

本書は OpenFlexure Microscope Handbook です。OpenFlexure 顕微鏡の使い方と保守の手引きとしてまとめました。OpenFlexure 顕微鏡は、オープンソースの協働によって顕微鏡観察を誰もが利用できるものにした、世界的に知られた取り組みです。OpenFlexure プロジェクトは、エンジニア、医師、生物学者、ホビイスト、研究者、ソフトウェア開発者のネットワークであり、予算や地域、経歴に左右されずに顕微鏡を使える未来をめざしています。

本書が扱うのは、組み立て済みの高解像度顕微鏡の使い方と、顕微鏡をできるだけ長く快適に使い続けるためのトラブルシューティングです。ハードウェアと組立手順は更新が頻繁なためハンドブックには収録していませんが、**openflexure.org** で常に最新の状態に保たれています。本書は、オンラインの組立手順が終わったところ、つまり組み立てが済んで試験と使用を始められる状態から説明を始めます。

顕微鏡本体やソフトウェアをはじめとするすべてと同じく、この文書もオープンであり、今後もずっと無料です。貢献や提案、修正を歓迎します。フォーラムからご連絡いただくか、ハンドブックのリポジトリに直接修正を提案してください。

コミュニティへのご参加、ありがとうございます！

1.1. クイックスタート

OpenFlexure 顕微鏡を初めて使う方へ。最初の画像を得るまでの最短の手順は次のとおりです。

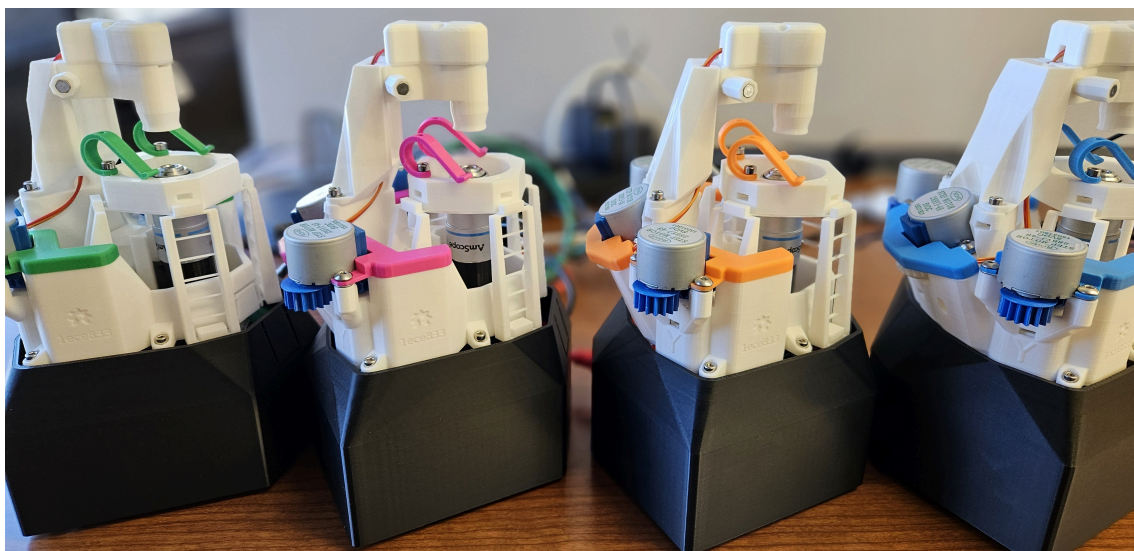
1. **SDカードに書き込む**：<https://openflexure.org/projects/microscope/install> から最新のソフトウェアを入手して書き込み、顕微鏡に挿入します（4ページ）。
2. **ステージと対物レンズの中心を合わせ**、照明アームを対物レンズの上におおまかに合わせます（7ページ）。
3. Ethernet で接続し、OpenFlexure Connect を開きます（ブラウザで <http://microscope.local:5000> を開いても可。5ページ）。
4. **キャリブレーションウィザードを実行**します。照明の調整、カメラのキャリブレーション、ステージの対応付けを順に案内します（9ページ）。
5. **試料を下向きに置き**、Page Up/Page Down でピントを合わせ、Autofocus をクリックします（17ページ）。
6. Control タブまたは Slide Scan タブから試料を**撮影またはスキャン**します（17ページ）。

以降の章では、これらの手順をそれぞれ詳しく説明し、トラブルシューティングと保守の方法も紹介します。

1.2. このハンドブックについて

本書の各章は、顕微鏡のライフサイクルの各段階に対応しています。

- **セットアップ**：ソフトウェアの書き込みと、使い始めるのに必要な物理的な接続を扱います。
- **初めての使用**：キャリブレーションウィザードと、最初の試料の置き方を説明します。
- **顕微鏡の使い方**：OpenFlexure Connect ソフトウェアの画面を一通り解説します。
- **メンテナンスとトラブルシューティング**：対物レンズの交換、よくある不具合とその診断方法を扱います。



ヒント！

本書のあちこちにこのような枠があります。作業を少し速く、楽にするためのアドバイスが書かれています。

2. セットアップ

OpenFlexure 顕微鏡の組み立て、おめでとうございます！ 3Dプリント、市販部品、一般的な電子部品を組み合わせで素晴らしいものを作り上げた数千人の仲間に、あなたも加わりました。

各節を順番に読む必要はありません。顕微鏡は直感的に使えるように作ってあるつもりです。気になるところから自由に読んでください。では始めましょう。

2.1. SDカードへの書き込み

まだの場合は、<https://openflexure.org/projects/microscope/install> から最新版のソフトウェアをダウンロードしてください。このソフトウェアは顕微鏡に読み込まれ、モーターやカメラから WiFi 接続まで、すべてを制御します。ダウンロードしたこのソフトウェアを「イメージ」と呼びます。OS とすべてのソフトウェアがインストール・設定済みの状態で記録された、ディスクの完全なスナップショットです。

顕微鏡にソフトウェアを読み込むため、また顕微鏡の画像をすべて保存するために microSD カードが必要です。容量は16GB以上、規格は最低でも A1、できれば V30 または U3 を推奨します。そうすれば画像の保存、読み込み、共有が速くなります。カード内のファイルはすべて消去されるので、不要な microSD カードを使ってください。

microSD カードをコンピュータに挿します（おそらくアダプタが必要です）。<https://www.raspberrypi.com/software/> から Raspberry Pi Imager をダウンロードします。これは Raspberry Pi 公式の、SDカードにイメージを書き込むためのソフトウェアです。このソフトウェアを起動してください。

バージョンに関する注意

Raspberry Pi のカスタムOSの扱いが変更されたため、Pi Imager 1.9.6 の使用を推奨します。入手先：<https://github.com/raspberrypi/rpi-imager/releases/tag/v1.9.6>

ソフトウェアを起動すると、CHOOSE DEVICE、CHOOSE OS、CHOOSE STORAGE の3つの選択肢が表示されます。CHOOSE DEVICE は変更不要です。

CHOOSE OS では一番下までスクロールして「Use custom」を選び、ウェブサイトからダウンロードしたソフトウェアのファイルを選択します。

CHOOSE STORAGE では、顕微鏡で使う microSD カードを選びます。選択を誤らないよう注意してください。間違ったドライブを消去しないよう、できればほかの USB ドライブは外しておくで安心です。

NEXT をクリックすると、EDIT SETTINGS（設定の編集）を選べます。これをクリックして、ユーザー名、パスワード、ホスト名を設定します。ホスト名は顕微鏡の名前になります。WiFi の設定、SSH キー、ロケールも設定できますが、必要と分かっている場合だけ変更してください。可能であれば、WiFi ではなく Ethernet ケーブルで顕微鏡とコンピュータをつなぐことを推奨します。速く、安定していて、問題の切り分けも簡単です。

YES をクリックすると、この設定で処理が進みます。イメージファイルが書き込まれ、検証されます。終わったらSDカードを取り外し、顕微鏡に挿入します。

ホスト名の決め方

スペースや特殊文字を含まない、短く覚えやすいホスト名にしてください。たとえば microscope や lab-ofm-1 などです。この名前でネットワーク上の顕微鏡を見つけます。顕微鏡が複数台ある場合は、それぞれ別の名前を付けてください。

2.2. Connect のインストール

顕微鏡の操作には OpenFlexure Connect の使用を推奨します。https://openflexure.org/projects/microscope/install からダウンロードできます。お使いのコンピュータにインストールすると、ローカルネットワーク経由で顕微鏡を操作できます。

OpenFlexure Connect を起動すると、アクセスできる顕微鏡が一覧表示されます。そこから顕微鏡に接続して使います。顕微鏡ごとに新しいウィンドウが開くので、複数の顕微鏡を同時に使えます。ソフトウェア

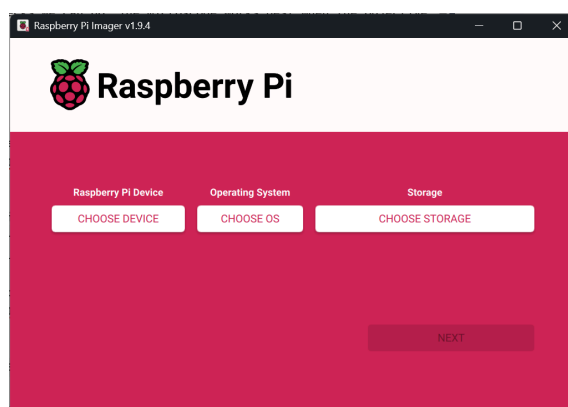


図2：Raspberry Pi Imager。顕微鏡のSDカードにソフトウェアを書き込むのに使います。

の動作とデータ処理はすべて顕微鏡本体で行われるため、置き場所さえあれば何台でも接続できます。コンピュータは操作に使うだけです。

OpenFlexure Connect を使わない場合は、代わりにウェブブラウザも使えます。その場合は、Raspberry Pi Imager で設定した顕微鏡のホスト名が必要です。設定しなかった場合も心配いりません。既定値は `microscope` です。

顕微鏡の電源が入り接続されていれば、ウェブブラウザで `http://hostname.local:5000` を開きます。hostname の部分は設定した名前に置き換えます。既定のままなら `http://microscope.local:5000` です。うまくいかない場合は、ネットワークが `.local` を扱えない可能性があるので、`http://hostname:5000` も試してください。それでもだめなら、OpenFlexure Connect で顕微鏡の IP アドレスを確認し、そのアドレスで接続します。なお、顕微鏡の IP アドレスは WiFi と Ethernet で異なる点に注意してください。

図3は Connect の画面です。この例では、顕微鏡はホスト名 `microber2`、IP アドレス `169.254.65.185` でネットワーク上に表示されています。したがって、ブラウザからこの顕微鏡に接続するには次のどのアドレスでも使えます。

- `http://microber2.local:5000`
- `http://microber2:5000`
- `http://169.254.65.185:5000`

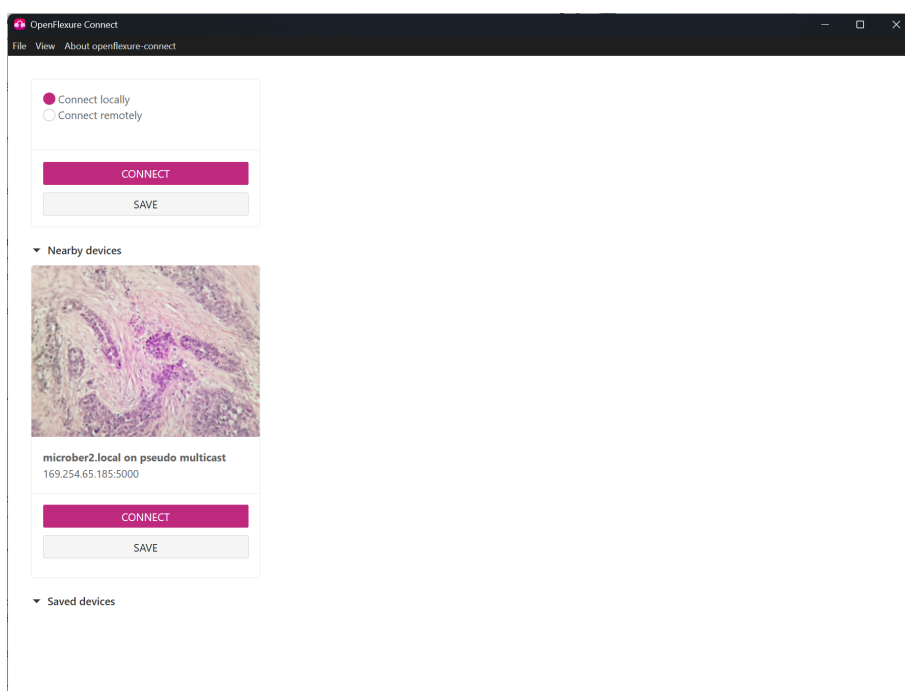


図3：OpenFlexure Connect の画面

Ethernet と WiFi

可能な限り Ethernet を強く推奨します。WiFi は日常的な利用には便利ですが、電波が弱いと撮影が遅くなったり、プレビューが遅延したりします。WiFi を使う場合は、顕微鏡をルーターの近くに置いてください。

2.3. ステージと対物レンズの中心合わせ

顕微鏡の電源を入れる前に、確認しておきたいことがいくつかあります。顕微鏡は、対物レンズがステージの中央にあり、アクチュエータのナットが正しい位置にあるときに最もよく動作します（図4参照）。対物レンズがどこかの壁に触れそうになっている場合は、該当するモーターのねじを外して軸のギアから切り離し、対物レンズが中央に来るまでギアを手で回してください。

また、対物レンズの先端はステージ上面よりわずかに低くしておきます。これで対物レンズと試料の間に必要なすき間ができます。

中央に戻る

顕微鏡の起動後、Configure メニューで現在のステージ位置を (0, 0, 0) に設定できます。以後は (0, 0, 0) に移動すれば、いつでもすぐにステージ中央へ戻れます。4.1.1節の Control の説明を参照してください。

2.4. 照明の中心合わせ

LED を保持する照明アームは、対物レンズの真上に来よう中心を合わせる必要があります。完璧に合わせる必要はありません（次の節で扱います）。ただし、照明がおおよそ対物レンズの方を向いていれば、

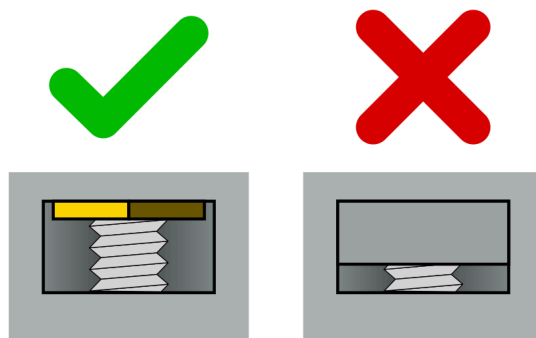


図4：顕微鏡を起動する前のアクチュエータ柱のナットの位置。ナットが完全に見える、または完全に隠れている場合は、ギアを回してこの位置に合わせます。モーターとギアの下にある穴から確認できます。

初めて起動したときに真っ暗な画面ではなく、像が見える状態になります。

照明が中心から大きくずれているように見える場合は、zモーターの上にある2本のねじをゆるめます。すると照明を横方向に動かせるので、LED が対物レンズの真上に来るまで動かし、ねじを締め直します。

2.5. 顕微鏡の接続

いよいよ顕微鏡の電源を入れます。電源は、Sangaboard を使っている場合は Sangaboard に、使っていない場合は Raspberry Pi に、5V の USB-C 電源をつなぐだけです。データ通信は、WiFi を設定していなければ Ethernet ケーブルを使います。ノートPC やコンピュータに Ethernet ポートがない場合は、さまざまなメーカーから販売されている USB-Ethernet アダプタを使ってください。

電源の定格

定格 5V・3A 以上の電源を使ってください。容量不足の電源では Raspberry Pi が自ら性能を抑え、動作が遅くなったり、長時間のスキャン中に突然シャットダウンしたりします。

Raspberry Pi の起動完了にはおよそ30～60秒かかります。準備ができると、コンピュータ上の OpenFlexure Connect（直接接続している場合はブラウザの再読み込み）で利用可能と表示されます。2分たっても何も表示されない場合は、SDカードが奥まで挿さっているか、Raspberry Pi の電源ランプが点灯しているかを確認してください。Ethernet で接続している場合は、顕微鏡の Ethernet ポートが緑とオレンジに点灯しているかを確認します。

2.6. SDカードの取り扱い

SDカードは、顕微鏡の電子部品の中で最も壊れやすい部分です。次のような簡単な習慣で良い状態を保てます。

- **シャットダウンせずに電源を抜かない**（4.7節参照）。突然の電源断は、SDカード破損の最も多い原因です。
- Scan List タブで**不要になったスキャンを削除する**。SDカードが満杯になると新しいスキャンを実行できません。
- カードが破損した場合は、上と同じ手順で書き込み直せます。データは失われるため、書き込み後にキャリブレーションウィザードを再実行してください。
- SSH を使う上級者は、大量のデータを顕微鏡から取り出すのに SCP や WinSCP の利用を検討してください。

3. 初めての使用

3.1. キャリブレーションウィザード

顕微鏡を初めて使うときは、設定が未登録のためキャリブレーションウィザードが起動します。ここで照明、カメラ設定、ステージのキャリブレーションをすべて行います。

この章を読まなくてもウィザードは進められます。ただし、トラブルシューティングや、内部で何が起きているかを詳しく知りたい場合は、この節を読んでください。

ステージの操作

キャリブレーションウィザードを開いている間も、矢印キー、Page Up／Page Down、マウスのスクロールホイールで通常どおりステージを操作できます。

3.1.1. 照明の調整

光が対物レンズの中心に当たるよう、照明は丁寧に調整する必要があります。片側にずれていると、試料がぼやけたり、色がおかしく見えたりします。顕微鏡の電源を入れてソフトウェアを開き、像の見え方を確認しながら調整するのが最も簡単です。付箋程度の大きさの紙があると、さらに調整しやすくなります。

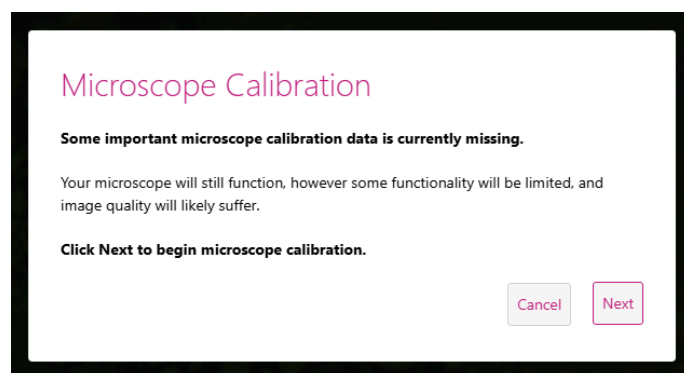


図5：顕微鏡を初めて読み込んだときに表示されるポップアップ。いったん閉じて後で戻ること
も、キャリブレーションを手動で行うこともできます。いずれかの方法で必ず実行してくださ
い。実行しないと一部の機能が使えません。

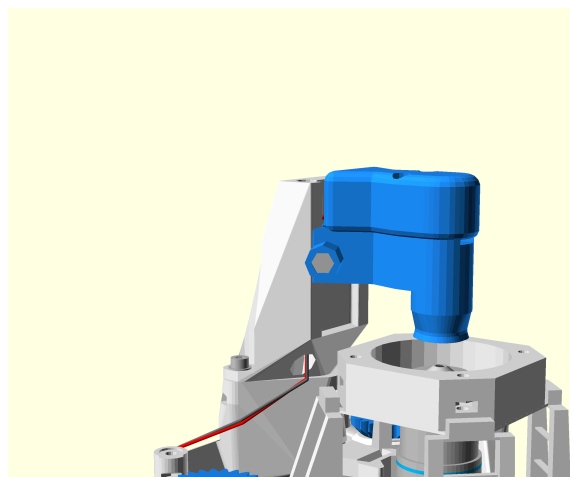


図6：照明は対物レンズから約1cm離し、対物レンズの真上で中心を合わせます。こうすると、大きく広がったりずれたりせず、小さくまとまった光のスポットになります。

zモーター（中央）の上にある2本のねじは、照明を横方向に固定しています。照明スタンドの側面から突き出たねじは、照明を現在の高さに固定しています。

まず3本のねじをすべてゆるめ、光が対物レンズの中心を向くまで照明を横に動かして、xy方向をおおまかに合わせます。次に紙をステージの上に置き、紙に映る光の輪ができるだけ小さくなるまで照明を上下させます。目安は紙から約1cm上ですが、顕微鏡ごとに異なります。

輪が最も小さくなったら、zのねじを締めて固定します。紙をステージから取り除き、光が対物レンズの中心に来るよう xy 位置を微調整します。Connect 上では、像が最も明るく、均一に照らされた状態がこれに当たります。

照明の調整が終わったら、ずれないようにねじを締め直してください。

照明がうまく合っているときのサイン

照明が正しく合っていると、視野全体が明るく均一に写り、中央だけが明るかったり周辺が暗かったりすることはありません。片側だけが明るく見える場合は、LED が中心からずれています。

3.1.2. カメラのキャリブレーション

キャリブレーションで画質が上がります

カメラのキャリブレーション後は、何もない視野が明るい灰色で均一に見えるはずで
す。そうならない場合は、照明を動かす、LED とカメラの間にほこりや汚れがないか確
認するなどしてから、もう一度キャリブレーションしてください。

カメラのキャリブレーションは、キャリブレーションウィザードから、またはソフト
ウェアの Settings → Camera から、必要なときにいつでもやり直せます。

キャリブレーションは、できれば試料の何もない部分で、カバーガラス越しに行うのが理
想です。撮像している範囲に何もないことを必ず確認してください。何かあると、以後の
画像にアーティファクトが現れることがあります。適当な空き領域がない試料の場合は、
試料を完全に取り外し、何もない状態でキャリブレーションしても構いません。

照明の位置が適切なことを確認し、Full Auto-Calibrate をクリックします。キャリブレ
ーションの全工程が自動で実行され、15秒ほどで終わります。

これらの工程で、露光時間（明るさ）、カラーバランス、レンズシェーディングが設定さ
れます。終わると、何もない領域は均一で明るく見え、もっと面白いものを撮影する準備
が整います。対物レンズの交換や照明の移動など、この調整に影響しそうな作業をした後
は、カメラのキャリブレーションをやり直してください。画像が明るすぎる、暗すぎる、
色がおかしいといった場合も、カメラのキャリブレーションを再実行します。

3.1.3. 試料の設置

照明を合わせ、カメラをキャリブレーションしたら、次はピントを合わせる対象が必要で
す。顕微鏡の電源を入れて接続し、照明の調整とキャリブレーションが済んだ状態で、ス
ライドを顕微鏡のステージに置き、サンプルクリップで固定します。v7 OpenFlexure のよ
うな倒立顕微鏡では、スライドのカバーガラスを顕微鏡のカメラと対物レンズの側に向け
る必要があります。つまり、スライドは試料面を下にして置きます。

向きを逆にするとピントを合わせることはほぼ不可能なので、必ず確認してください。試
料は対物レンズと照明の延長線上に来るよう中央に置きます。OpenFlexure Connect 上
では、ピントの合い具合に応じて、少なくとも試料の色のかたまりくらいは見えるはず
です。

試料の向き：最も多い間違い

OpenFlexure 顕微鏡は**倒立型**の顕微鏡です。つまり、対物レンズは上面を見下ろすのではなく、スライドを下から見上げます。スライドは必ず**カバーガラスを下**にして、対物レンズの方に向けて置いてください。均一な色しか見えず、z軸をどれだけ動かしてもピントが合わない場合は、まずスライドの向きを確認してください。

初回の使用に適した試料

生物染色を施したプレパラート（ヘマトキシリン・エオシン染色の組織切片など）は、オートフォーカスやカメラ・ステージ・マッピングに使える特徴が豊富なので、初回のセットアップに最適です。透明なスライドガラスに油性マーカーで点を打ったものも、手軽なテスト対象になります。

3.1.4. ピント合わせ

試料にピントを合わせるには、Z軸を調整します。電動の v7 顕微鏡では、ソフトウェアの Control タブで Z 軸の移動先をモーターのステップ数で指定します。Z 軸が上下に動くにつれて、顕微鏡のライブ映像のピントが近づいたり離れたりするのが分かるはずです。

モーターのステップ数は顕微鏡起動時の Z 軸の位置を基準にした相対値なので、Z 軸のステップ値が負になることもあります。

試料にピントを合わせるのに、おおむね +12000 ~ -12000 ステップを超えて動かす必要はないはずです。ただし、正確な量は光学モジュールの取り付け高さによって変わります。

顕微鏡の Z 軸が焦点にある程度近づいたら（試料が色のかたまり以上に見えるようになったら）、**Autofocus** で微調整し、ピントの合ったシャープな像にします。Page Up、Page Down、マウスのスクロールホイールで、Z 軸の高さを手動で調整することもできます。

ピントを合わせるのに非常に大きな移動（12,000 ステップ超）が必要な場合は、取り付けねじをゆるめて光学モジュール全体を上下に動かし、対物レンズの高さを調整することもできます。組立手順の「Mount the optics」を参照してください。

3.1.5. カメラ・ステージ・マッピング

先に試料のピントを合わせる

このキャリブレーションには、ピントの合った試料が必要です。理想的な試料は、特徴が比較的密で、少なくとも数ミリメートルの広がりがあるものです。そうすれば、どの方向に少し動かしても変化がすぐ分かります。

このキャリブレーションをしないと、1視野分の移動やクリックによる移動など、OpenFlexure 顕微鏡の便利な機能の多くが使えません。

カメラ・ステージ・マッピングは、ステージとカメラの間の換算係数を2次元の行列として求めます。試料を見ながら短い移動を何度か行い、そのたびに像がどれだけ変化したかを調べ、それを使ってモーターの1ステップをピクセルに換算します。x軸とy軸で挙動が異なる場合に備え、両方の軸について行います。

組み立ての段階で、対物レンズの先端はステージ上面よりわずかに低くなっているはずです。ステージに試料を**試料面を下にして**置き、ソフトウェアのプレビュー画面を確認します。カメラ・ステージ・マッピングを行うには、試料にピントが合っていて、しかも特徴の多い領域を見ている必要があります（図7参照）。矢印キーと PgUp/PgDown で移動とピント合わせを行ってください。

試料にピントが合ったら、**Begin Calibration** をクリックします。顕微鏡はまずy方向に一連の移動を行い、カメラとステージの対応関係をフィッティングします。成功すると、続けてx方向で同じ手順を繰り返します。

3.1.6. カメラの設定

キャリブレーションはいつでも再実行できるほか、一部の設定は手動で調整することもできます。設定項目の一覧は4.4節を参照してください。

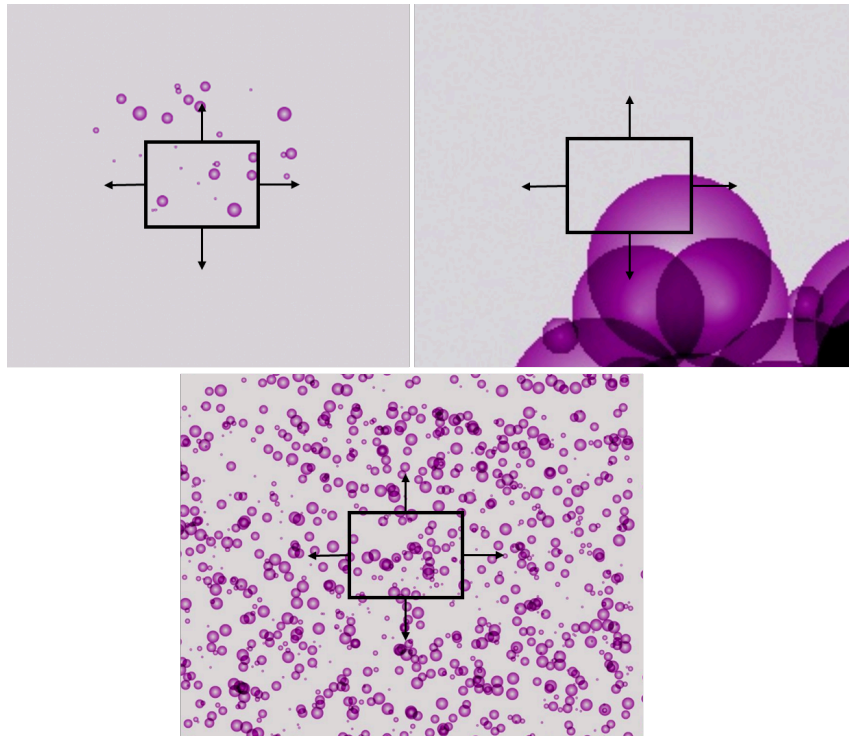


図7：カメラ・ステージ・マッピングの開始位置の3つの例。黒い四角は顕微鏡の視野を示します。上の2つは、位置を検出するのに十分な情報がない状態でカメラが動くため不適切です。下の開始位置は理想的で、どの方向にも固有の情報が豊富にあります。

3.2. 再キャリブレーションの時期

キャリブレーションは一度きりではありません

下の表は、各キャリブレーションをいつやり直すべきかをまとめたものです。

キャリブレーション	再実行するタイミング
照明の調整	照明アームを動かした、ねじをゆるめた、または像にムラが出たとき。
カメラのキャリブレーション	対物レンズを交換した、照明を動かした、または像が明るすぎる／暗すぎる、色がずれているとき。
カメラ・ステージ・マッピング	モーターを調整・交換した、対物レンズを交換した、またはクリック移動やスキャンが正しく動かなくなったとき。

4. 顕微鏡の使い方

本機はロボット顕微鏡なので、ソフトウェアから試料上を移動し、オートフォーカスをかけ、画像を撮影できます。顕微鏡には Connect またはブラウザから接続します（詳しくは 2.2節の OpenFlexure Connect を参照）。

GUI にはいくつかのタブがあり、ウィンドウ左側のボタンで切り替えます。既定のタブは View で、試料のプレビューをウィンドウ全体に表示します。

4.1. 操作 (Control)

4.1.1. Control

Control タブでは、試料上を移動したり、画像を1枚ずつ撮影したりできます。3つの **Position** ボックスに位置を入力すると移動します。値は x、y、z で、単位はモーターのステップです。1ステップの物理的な大きさは組み立てによって異なりますが、50～200 nm の範囲に収まります。バージョン3の新機能として、移動中に **Cancel** で止められるようになりました！ たいしたことではないように思えるかもしれませんが、進みたい方向に大きな移動量を入力しておき、十分進んだところで止められるのは本当に便利です！

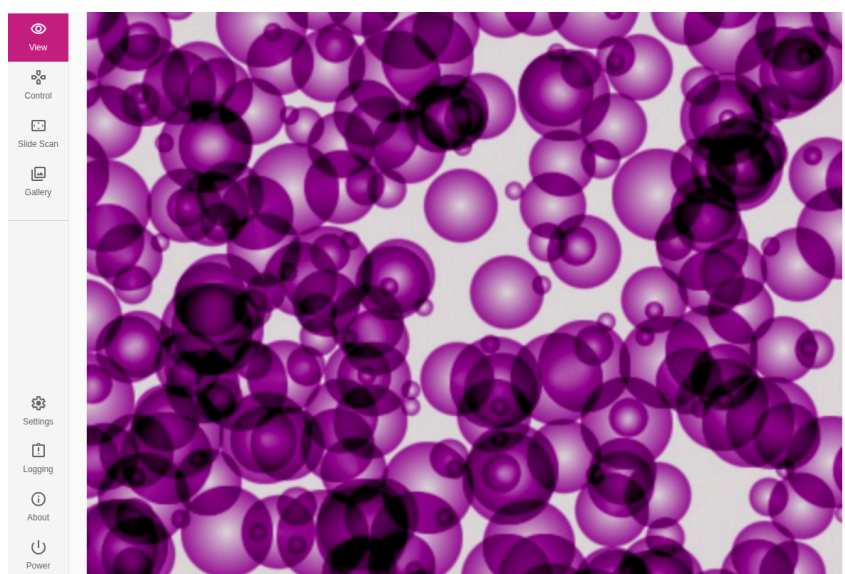


図8：OpenFlexure ソフトウェアのホーム画面

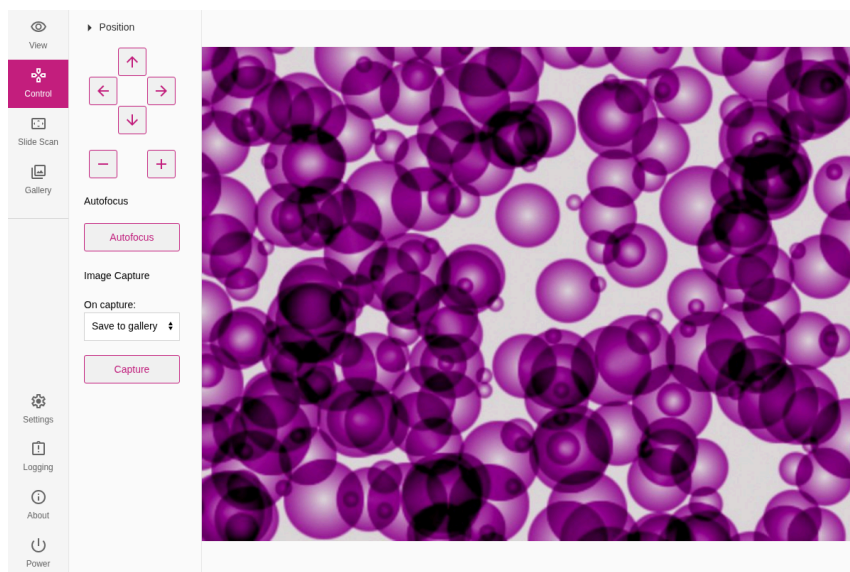


図9：Control タブ。移動と撮影に使用します。

キーボードの矢印キーで試料上を移動し、Page Up／Page Down でピントを調整することもできます（Mac では fn+↑ と fn+↓）。キーを押したときの移動量は **Configure** メニューで設定できます。ここではステップ量の設定、軸の反転、現在のステージ位置を (0, 0, 0) にする操作ができます。対物レンズをステージ中央に動かしたときに便利です。中央は通常スキャンの開始位置に適しており、(0, 0, 0) に戻ればよいと覚えておくのも簡単です。

カメラ・ステージ・マッピングのキャリブレーションを済ませていれば、画面上の移動したい場所をダブルクリックして試料上を移動することもできます。面白いものを見つけて、センサー中央の最も画質の良い領域に持てきたいときに便利です。

Pg Up／Pg Down キー、z座標の入力、マウスのスクロールホイールで手動でピントを合わせることもできますが、**Control** タブでは顕微鏡のオートフォーカスも使えます。**Autofocus** ボタンをクリックするか、キーボードの A を押すと実行されます。

オートフォーカスは、現在位置から上下それぞれ1,000ステップ（約50マイクロメートル）の範囲を走査しながら像のシャープさを測定し、最もシャープだった高さに移動します。この範囲は ±1000 ステップなので、試料はあらかじめおおよそピントが合った状態にしておく必要があります。大きくずれている場合は、まず手動でおおよそ合わせるか、オートフォーカスを続けて何度か実行するのがよいでしょう。

キーボードショートカット一覧

キー	操作
← → ↑ ↓	ステージをX/Y方向に移動
Page Up / Page Down	ステージをZ方向に移動（ピント）
fn + ↑ / fn + ↓	Mac でステージをZ方向に移動
A	オートフォーカス
画像をダブルクリック	その点を中央に移動（CSM キャリブレーションが必要）

4.1.2. 画像の撮影

このタブでは画像を撮影することもできます。保存先は、操作に使っている機器か、顕微鏡のギャラリーを選べます。操作機器に保存する場合、ダウンロードはその機器側で処理されます。顕微鏡に保存する場合は、**Gallery** タブに画像と撮影情報が表示されます。

画像のファイル形式

1枚ずつ撮影した画像は JPEG ファイルとして保存されます。今後、撮影モードを増やす予定です。

4.2. スライドスキャン (Slide Scan)

このタブでは、試料の自動スキャンを設定して実行します。設定項目が多数あるため、以下ではまず既定で表示される項目を説明します。

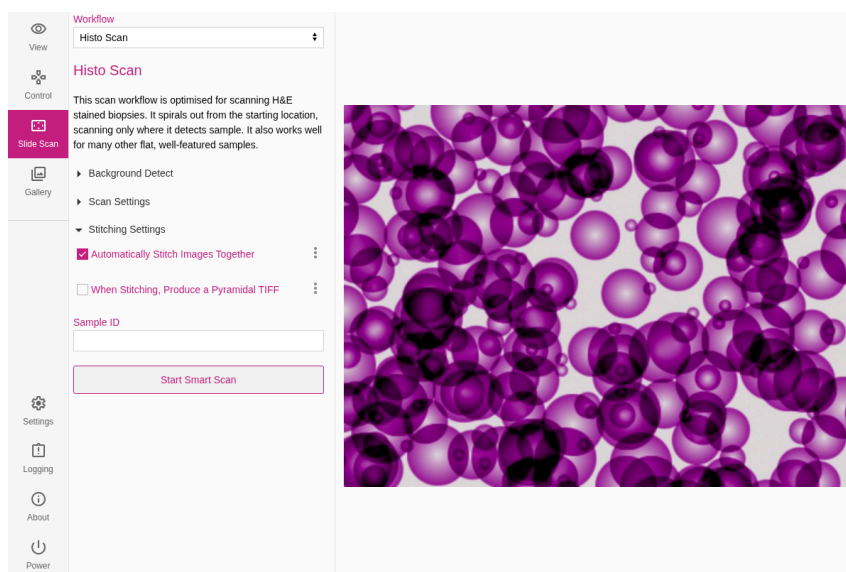


図10：Slide Scan タブ。スキャンの実行と監視に使用します。

Detect and Skip Empty Fields を有効にすると、背景検出を使い、各視野を判定しながらスキャンします。この設定を外すと背景検出を行わず、判定せずにすべての画像を撮影します。

Automatically Stitch Images Together を有効にすると、スキャンの最後に全画像をつなぎ合わせ、高解像度の合成画像を作ります。既定では JPEG 画像と DZI ファイルが作られます。JPEG は **Scan List** タブからダウンロードでき、DZI を使うと同じタブで合成画像を高解像度で閲覧できます。そのぶん1回のスキャンにかかる時間は長くなります。撮影が終わった後に **Cancel** をクリックするとスティッチングが中止されます。つなぎ合わせていないスキャンは、後から **Scan List** タブでスティッチングできます。

Sample ID はスキャンに付ける任意の名前で、フォルダ名と合成画像の名前になります。同じIDを使い回せるよう、名前の末尾には一意の番号（0001から順に増加）が付きます。空欄の場合は `scan` という名前になります。

Start でスキャンを開始します。顕微鏡は視野に移動して、そこに試料があるかを判定し、あればピントを合わせて連続撮影を行い、最もシャープな1枚を自動で選んで記録します。スキャンを進めながら経路を更新・調整し、できるだけ多くの試料を、できるだけ速くデジタル化します。

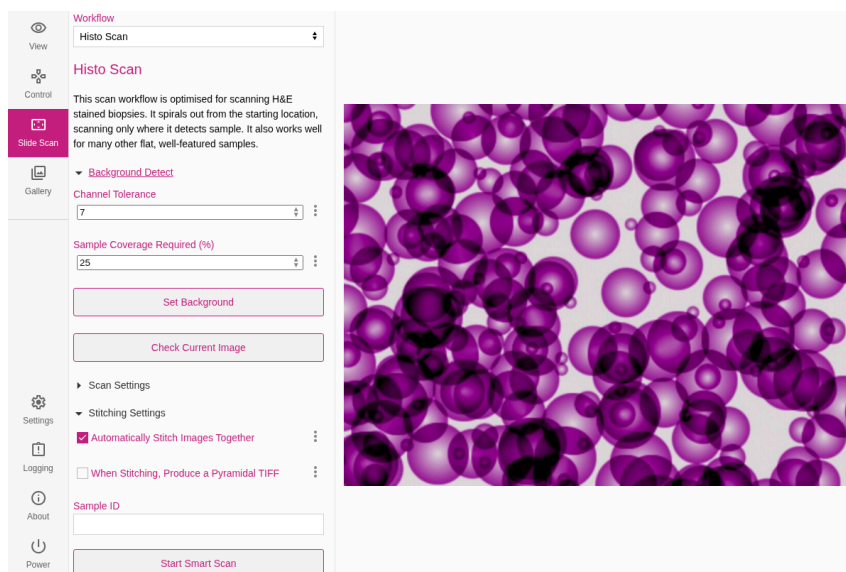


図11：Background Detect の設定。顕微鏡が試料と何もない部分をどれだけ正しく区別できるかを設定・確認します。

4.2.1. 背景検出 (Background Detect)

ユーザーが無効にしない限り、スキャン中は各視野に試料があるかどうかを判定します。これにより、何もない領域を飛ばし、試料全体を撮り終えたら自動でスキャンを終了できます。そのためには、避けるべきもの、つまり背景がどのように見えるかを顕微鏡が知っている必要があります。

既定の設定は、試料と背景のコントラストがはっきりした試料ではうまく機能します。ただし、まばらな試料やコントラストの低い試料では調整が必要な場合があります。す。**Background Detect**を展開すると、背景検出を調整する2つの設定が表示されます。

Tolerance は、画像が試料とみなされるために背景とどれだけ異なる必要があるかのしきい値です。値を大きくすると背景とみなされる領域が増え、スキャンで撮影される画像は少なくなります。背景の画像が多く含まれすぎる場合はこの値を上げてください。逆に試料の一部が抜ける場合は、背景とみなす範囲を狭める必要があるので、**Tolerance**を下げます。

Sample Coverage は、画像が試料とみなされるために、視野のうち試料が占める必要がある割合です。値を高くすると、試料の縁がスキャンされないことがあります。低くすると、画像の位置を確実に決めるだけの試料がない場合に、ステッチングでアーティファクトが生じることがあります。

背景検出の設定がうまく働くかは、**Check Current Image** ボタンで確認できます。**Check Current Image** をクリックすると背景検出が実行され、現在の設定で今の視野が試料と背景のどちらと判定されるかが表示されます。試料上、特に縁やまばらな領域を移動しながら、正しく試料または背景と判定されるかを確認してください。なお、スキャンでは隣り合う画像が重なるため、試料の縁が背景と判定されても、その領域が撮影されないとは限りません。隣の画像で撮影されるはずです。

Check Current Image は、現在の視野のうち背景と判定される割合も返します。試料のさまざまな場所でこの確認を行えば、設定が試料と背景を正しく見分けているかを判断できます。視野のおよそ半分が試料になる場所に移動して試すのが有効です。このとき顕微鏡は50%に近い値を返すはずです。

背景検出のトラブルシューティング

- **何もない領域を撮りすぎる場合**：Tolerance を上げるか、Sample Coverage のしきい値を上げます。
- **試料の一部が抜ける場合**：Tolerance を下げるか、Sample Coverage のしきい値を下げます。背景検出の基準画像を、試料の背景だけが写るようにして撮り直してください。背景検出を無効にして、全視野を撮影することも検討してください。

スキャン時間の見積もり

スキャンにかかる時間は、試料の大きさ、スティッチングの有無、SDカードの速度、そして対物レンズの選択によって変わります。スティッチングは後から Scan List タブで実行できるので、撮影が終わったらすぐ次のスキャンを始められます。

4.2.2. スキャンの終了

スキャンはいくつかの方法で終了できます。スキャン中はいつでも Cancel をクリックして終了できます。また、顕微鏡が可動範囲を超えないよう、スキャンには最大半径が設定されています。この範囲内に撮影する領域がなくなると、スキャンは終了します。さらに、背景のスキップが有効な場合は、つながった試料領域がなくなった時点でスキャンが終了します。

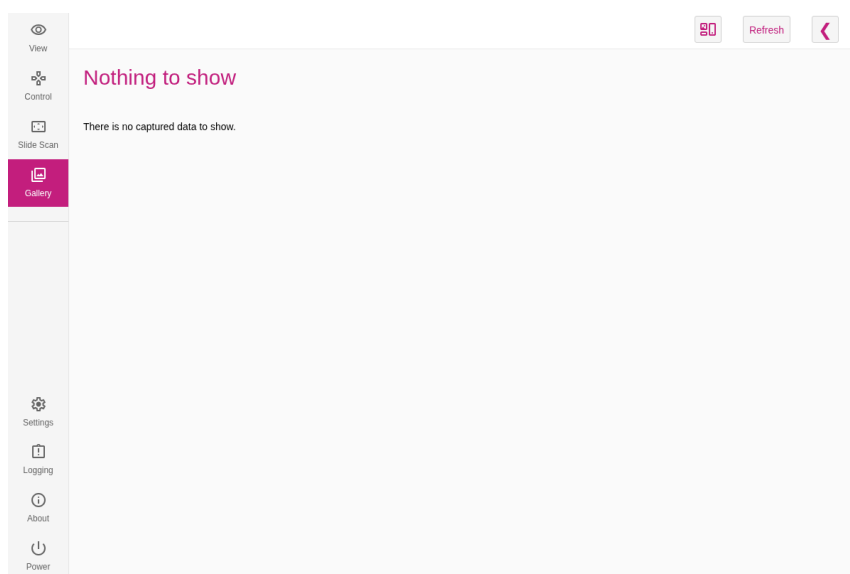


図12：Gallery タブ。完了したスキャンや撮影画像の閲覧、削除、ダウンロードに使用します。

4.3. ギャラリー (Gallery)

撮影した画像と完了したスキャンがここに表示され、スキャン時間、画像の枚数、スティッチングの成否などの情報も確認できます。スティッチングに成功したスキャンは、サムネイルまたは Show Stitched Scan をクリックすると対話型ビューアで開けます。ビューアでは、スキャン画像の明るさ、コントラスト、彩度も調整できます。

Stitch All Remaining は、顕微鏡上のまだつなぎ合わせていないスキャンをすべてスティッチングします。処理には時間がかかり、スキャンの数や大きさによっては一晩かけて実行するのがよいでしょう。

Delete All Scans は顕微鏡上のスキャンをすべて消去します。元に戻すことはできません。SDカードの容量が小さい場合は、容量不足を避けるため、こまめにダウンロードして削除してください。

Refresh Scans は、スキャンやスティッチングの状態が変わったときにスキャン情報を更新します。

スキャンのダウンロード

スキャンを個別にコンピュータへダウンロードするには、Scan List で選択して Download ボタンを使います。合成された JPEG ファイルは一般的な画像ビューアで開けます。TIFF ファイルをフル解像度で閲覧するには、QuPath などの対応ビューアが必要です。合成されたスキャンを見るには、Connect に組み込まれた対話型ビューアが最も手軽です。

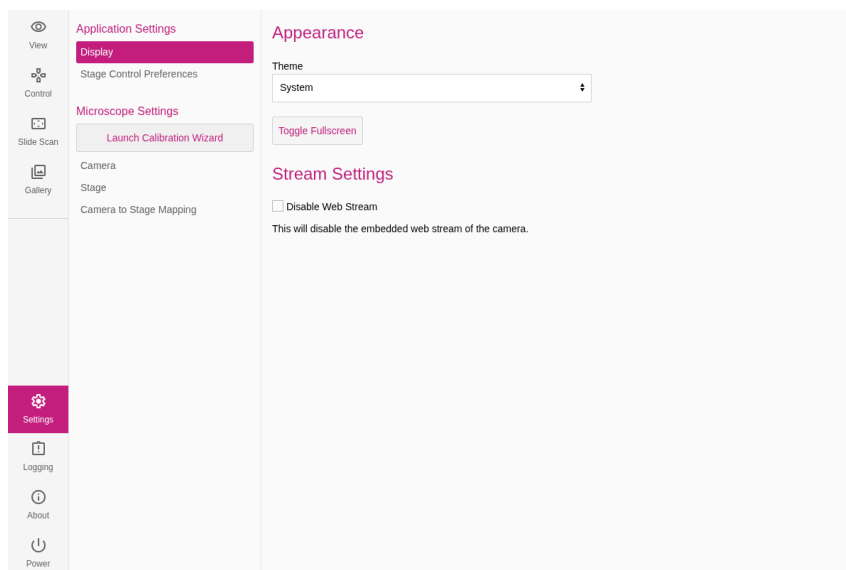


図13：Settings タブ。顕微鏡の現在の設定を変更・確認します。

4.4. 設定 (Settings)

Display では、OpenFlexure ソフトウェアの外観を変更できます。

Stage Control Preferences では、矢印キーでステージを操作するときの速さと方向を設定できます。ステージの動きが速すぎる、遅すぎる、あるいは上キーで逆方向に動かしたい場合に便利です。スキャンやピント合わせには影響しません。

Launch Calibration Wizard は、3.1節で説明したカメラとステージのキャリブレーションウィザードを起動します。

4.4.1. カメラ (Camera)

Camera タブでは、カメラの処理パイプラインを再キャリブレーションできます。各工程の説明は、近いうちにサーバー開発ノートに追加される予定です。

Full Auto-Calibrate はカメラ設定を完全にリセットします。3.1.3節で説明したように、試料の何もない部分で、または試料を置かない状態でのみ実行してください。

Manual camera settings のうち、変更して最も役に立つのは **Exposure Time** です。これはカメラの露光時間を設定するもので、画像の明るさに影響します。背景は明るい灰色にしてください。暗すぎるとコントラストが失われ、明るすぎると最も明るい部分が飽和します。**Analogue Gain** を使うと、さらに明るさを上げられます。ただし、露光時間をこれ以上上げられない場合に限って使ってください。**Full Auto-Calibrate** の結果、露光時間が短く、ゲインが1より大きく設定された場合は、再実行するか、これらの設定を手動で調整するとよいでしょう。

その他のボタンと設定については、Wiki の Camera Settings のページを参照してください。

4.4.2. ステージ (Stage)

Stage タブでは、zモーターの向きを反転できます。OpenFlexure のオートフォーカスとスキャンのソフトウェアは、zの正方向で対物レンズが試料に近づき（上）、負方向で試料から離れることを前提としています。

ほとんどのモーターはこの前提どおりに動きますが、一部のモーターは逆の動きをします。このタブのボタンで、これらの方向を入れ替えられます。スキャンやピント合わせがよく失敗する場合、特に対物レンズが

試料にぶつかることがある場合は、上記のとおり対物レンズの動く方向を確認し、必要なら反転してください。

4.4.3. カメラ・ステージ・マッピング

3.1.5節で説明したとおり、カメラ・ステージ・マッピングはモーター1ステップの大きさをピクセルの大きさに対応付け、クリック移動やスキャンを可能にします。このキャリブレーションの実行方法は13ページを参照してください。モーターを調整したときや対物レンズを交換したときには再実行が必要です。

Download Calibration Data は、直近のキャリブレーションのデータを含む JSON ファイルをコンピュータにダウンロードします。キャリブレーションの結果に加え、実行した移動と測定の内容も含まれます。詳しくは Wiki の CSM のページで説明しています。

Calibration Data には、現在の CSM の結果が表示されます。CSM 行列はギアや対物レンズの選択によって変わりますが、通常は 2×2 の行列で、1番目と4番目の要素がほぼ0、2番目と3番目の要素がほぼ等しくなります。常にそうならない場合は、6章のモーターに関するトラブルシューティングを確認してください。

4.5. ログ (Logging)

Logging には、顕微鏡内部の情報、警告、そして（できれば出てほしくない）エラーのログが記録されています。INFO は、スキャンで最後に移動した位置やキャリブレーションの各工程など、OFM の動作に関する一般的な情報です。WARNING は、Sangaboard のファームウェアが古い、あるいはスキャン設定の組み合わせが

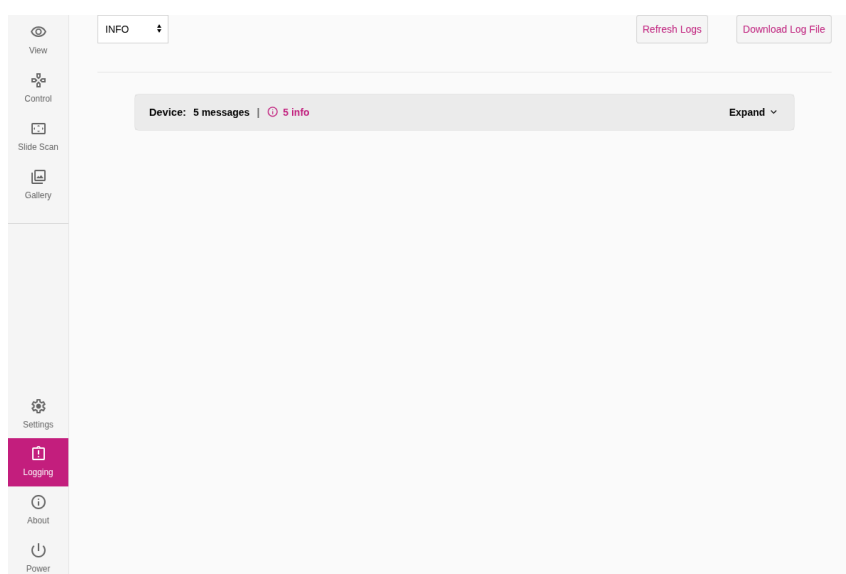


図14：Logging タブ。顕微鏡の情報、警告、エラーのログを表示・ダウンロードします。

通常と異なるなど、問題が起こりうることを示すメッセージです。ERROR は何かがクラッシュする原因となった問題で、試料を置かずに CSM を実行した、スキャン中に保存容量が足りなくなった、といった場合が該当します。

タブ左上のドロップダウンで、これらの情報レベルを絞り込めます。選んだレベル以上がすべて表示されるので、WARNING を選ぶと WARNING と ERROR が表示されます。

Refresh Logs は、表示が同期していない場合に備えて、現在のログを手動で更新します。

Download Log File は、最近のログをテキストファイルとしてコンピュータに保存します。フォーラムで問題を報告したり、動作について質問したりするときに、開発チームにとって非常に役立ちます。

不具合の報告や質問をするとき

フォーラムで問題を報告するときは、できればダウンロードしたログファイルを添付してください。顕微鏡が何をしていたか、エラーが起きたかどうかが開発チームに伝わり、原因の特定がずっと速くなります。

4.6. 情報 (About)

About には、顕微鏡の構成に関する情報が表示されます。ホスト名、IP アドレス、サーバーのバージョンなどは、顕微鏡への接続や、すべてを最新の状態に保つ際に役立ちます。

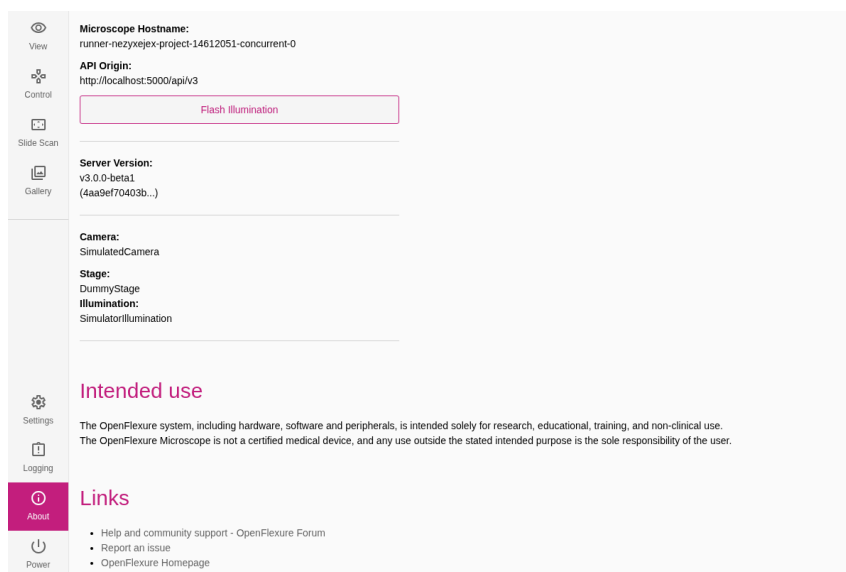


図15：About タブ。顕微鏡のソフトウェア、IP アドレス、構成の情報を表示します。

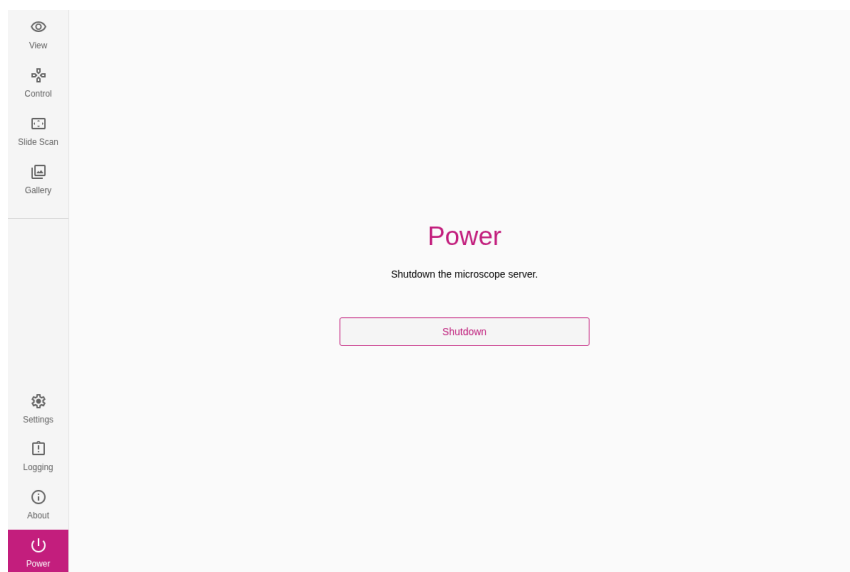


図16：Power タブ。顕微鏡を安全に再起動・シャットダウンします。

4.7. 電源（Power）

Shutdown と **Restart** のボタンは、顕微鏡を安全に使うために欠かせません。顕微鏡の電源を落とさずに Raspberry Pi や Sangaboard の電源を抜くと、ソフトウェアやハードウェアに問題が生じ、元に戻らなくなることもあります。

顕微鏡の電源を抜くときは、必ず **Shutdown** を使ってください。このボタンはすべてを安全に停止するだけなので、スキャンを安全に中止したり、スティッチングの完了を待ったりはしません。

電源を抜く前に必ずシャットダウン

シャットダウンせずに電源を抜くことは、SDカード破損の最も多い原因です。必ず Shutdown ボタンを使い、5秒待ってから電源を抜いてください。

Restart は、設定を変更して反映させたいときや、顕微鏡のソフトウェアの動作がおかしいときに使います。再起動にはおよそ60秒かかります。

4.8. 顕微鏡の構成変更

OpenFlexure 顕微鏡は、用途に応じて構成を変更できます。一般には、用途ごとに別の顕微鏡を用意することをお勧めします。たとえば、20× の対物レンズを付けた顕微鏡と、40× を付けた顕微鏡を1台ずつ用意します。こうすれば構成を変える手間が省け、構成変更による破損や不具合のリスクも減らせます。

それでも別の用途に合わせて構成を変える必要がある場合は、次の点に注意してください。

4.8.1. 対物レンズの交換

OpenFlexure 顕微鏡の対物レンズは光学モジュールに取り付けられています。交換するには、試料を取り外してから、対物レンズを光学モジュールから慎重に回して外します。このとき光学モジュールにほこりが入らないよう注意してください。対物レンズは手早く付け替え、しばらく開けたままにする場合は光学モジュールの開口部を覆っておきます。

使用する対物レンズは、同焦点距離と鏡筒長が合っていることを確認してください（RMS 対物レンズの同焦点距離は 45mm で、標準の光学構成では鏡筒長 160mm が必要です）。

対物レンズ交換後は再キャリブレーション

別の対物レンズに付け替えた後は、視野、焦点位置、明るさがすべて変わるため、必ずカメラのキャリブレーションを再実行してください。続けてカメラ・ステージ・マッピングのキャリブレーションも再実行し、ステージが想定どおりに動くことを確認します（14ページ参照）。

5. メンテナンス

この章では、顕微鏡を本来どおりに動かし続けるために必要な、主な保守作業を説明します。

5.1. 送りねじの注油

顕微鏡の各軸は、モーターの下にあるアクチュエータ柱の中の長い M3 ねじで駆動されています。摩耗を防ぐため、これらのねじには常に軽く注油しておく必要があります。組み立て時に、ねじ山に軽質の潤滑油を少量塗布しています。

ねじに注油し直す手順：

ソフトウェアの **Shutdown** で顕微鏡をシャットダウンし、電源を抜きます（4.7節参照）。モーター取り付けねじを外し、モーターを顕微鏡から持ち上げてアクチュエータ柱から取り外します。モーターの取り外し方を詳しく知りたい場合は、2.3節のステージ中心合わせの手順を参照してください。**顕微鏡側のギアを反時計回りに回しながら真上にそっと引き上げ、M3 ねじのねじ山を少し露出させます。**露出したねじ山に、軽質の機械油（ミシン油など）を小さく1滴たらしめます。少量で十分です。多すぎると時間とともにほこりや砂粒を集め、かえって摩耗を増やすことがあります。少量をこまめに差すのが、顕微鏡を本来どおりに動かし続ける最善の方法です。**ギアを時計回りに回してねじを元の位置に戻し、モーターを取り付け直します。**顕微鏡の電源を入れ直し、軸がなめらかに動くか確認します。この作業で対物レンズの中心がずれた場合は、2.3節のステージ中心合わせの手順で確認し直してください。

3か月ごとに

使用頻度にかかわらず、少なくとも3か月に1回は3本のねじすべてに注油してください。

5.2. SDカードの更新

顕微鏡のソフトウェアは定期的に新しいバージョンが公開され、機能の追加や不具合の修正が行われます。現在インストールされているバージョンは **About** タブで確認できます（図15参照）。これを、フォーラム（<https://openflexure.discourse.group/>）で告知されている

最新の alpha リリースと比べて、更新があるかを確認してください。

ソフトウェアのバージョン3がプレリリースの間は、SDカードを取り出して最新のソフトウェアイメージを書き込む方法での更新を推奨します。カードの内容は消去されるため、データ、WiFi 設定、キャリブレーション情報をバックアップし、更新後に復元する必要があります。

v3 が正式リリースされたら、この節は顕微鏡から直接ソフトウェアを更新する手順を含む内容に改訂される予定です。

5.3. 持ち運びの準備

OpenFlexure 顕微鏡は持ち運べるように作られていますが、それでも精密機器です。出発前に少し準備しておく、と、到着後の手間を省けます。

- 梱包の前に**すべての軸を安全な位置に戻します**。(0, 0, 0) など可動範囲の端から離れた位置に移動しておけば、アクチュエータが伸び切った状態でぶつけるおそれが減ります。
- ソフトウェアから顕微鏡を正しく **Shutdown** し（必要なら4.7節参照）、電源を抜きます。
- ステージから**試料を取り外します**。
- **光学モジュールと照明アームを保護します**。ケースやバッグに顕微鏡にぴったり合う専用のフォームが入っていない場合は、衝撃から守るため柔らかい布で顕微鏡を包みます。
- **アクチュエータ柱を支えます**。アクチュエータ柱やモーターに荷重がかからないよう、できるだけ顕微鏡を逆さまにして梱包しないでください。
- 飛行機で移動する場合は、顕微鏡を機内持ち込みにすることを検討してください。預け荷物は扱いがはるかに乱暴で、衝撃や温度変化を受けやすくなります。

5.4. 移動後の点検

慎重に運んだとしても、移動によって調整がずれたり、ねじがゆるんだりすることがあります。顕微鏡を運んだ後は、撮影に使う前に次の点検を行うことをお勧めします。

- アクチュエータの破損、ねじのゆるみ、照明アームのずれなど、明らかな損傷がないか**目で点検**します。
- **照明の調整を確認**します。像が暗い、または片側にムラがある場合は、照明アームがずれている可能性があります（3.1節参照）。
- **カメラのキャリブレーションを再実行**します。わずかな衝撃でも照明はずれます。
- クリック移動やスキャンが想定どおりに動かない場合は、**カメラ・ステージ・マッピングを再実行**します。

- 対物レンズが中心からずれて見える、またはステージが片側だけ早く限界に達するように見える場合は、**ステージと対物レンズの中心を確認し直します**（2.3節参照）。

迷ったらキャリブレーション

キャリブレーションは数分で終わり、不要な場合に実行しても害はありません。移動の影響があったか分からないときは、省略するより再実行しておくほうが確実です。

システムの各部分をいつ再キャリブレーションすべきかの一覧表は、3.2節を参照してください。

6. トラブルシューティング

さらにサポートが必要なとき

この章では、特によく寄せられる問題を取り上げます。ここで解決しない場合は、フォーラム (<https://openflexure.discourse.group/>) で OpenFlexure のコミュニティと開発チームから技術サポートを受けるのが一番です。ダウンロードしたログファイル (23ページ参照) があると、原因の特定に大いに役立ちます。

6.1. ステージ、スキャン、オートフォーカス

6.1.1. ステージが正しく動かない

ステージの動きに関する問題は、顕微鏡で最もよくある問題の一つです。確認すべき点がいくつかあります。

6.1.2. 違うモーターが動く

ある軸を動かそうとして別のモーターが回る場合、モーターが Sangaboard の間違ったポートにつながっています。3軸すべてを試し、どのモーターが何をしているかを書き留めてください (例: xボタンでzが動く、yボタンでxが動く、zボタンでyが動く)。

Power タブから顕微鏡の電源を切って電源を抜き、電子部品トレイを取り外します。

Sangaboard のモーター接続を入れ替えます。上の例なら、ポートxのモーターをyへ、ポートyをzへ、ポートzをxへ移します。

電子部品トレイを戻し、顕微鏡の電源を入れ直します。各軸がソフトウェアの操作と一致するようになったか確認してください。

モーターがまったく動かない

矢印キーを押すなど移動の指示を出しても何も起きない場合、それだけで原因はかなり絞り込めます。移動を指示しながら、該当するギアを見てください。回りますか？ 回ろうとして引っかかりますか？ 他の2軸は正常に動きますか？

どのギアも回らない

指示してもどのギアも回らない場合は、Sangaboard の問題である可能性が高いです。手順どおりに接続され、電源が入っているか確認してください。

すべてのモーターがポートにしっかり接続されていますか（外すにはクリップを外す必要がある状態）。

1つのギアだけが回ろうともしない

2つのギアは正常に動くのに1つだけ動こうともしない場合は、そのギアと Sangaboard の間の物理的な接続が切れている可能性が高いです。**Power** タブから顕微鏡の電源を切って電源を抜き、電子部品トレイを取り外して、該当するモーターが Sangaboard のポートに接続されているか確認してください。

6.1.3. カメラ・ステージ・マッピングに失敗する

モーターが回らない場合

ギアがまったく回らない、あるいは違う軸が動くためにカメラ・ステージ・マッピングが失敗する場合は、上記の該当項目を参照してください。

カメラ・ステージ・マッピングを実行するには、ピントが合っていて、はっきりした特徴のある試料が必要です。試料がない状態や、非常に均一な試料、何もない試料では機能しません。

カメラ・ステージ・マッピングが失敗した場合、通常は次の2つのエラーのどちらかが出ます。エラーは画面上部と **Logging** タブに表示されます。

- ・ **「Moved the stage by [...] but saw no motion.」**（ステージを動かしたが動きが見えない）顕微鏡はモーターを動かしたものの、カメラの像に変化をまったく検出できませんでした。これはほとんどの場合、現在の位置で試料に見える細部が足りないことを意味します。ピントが合っていない、試料がまばらすぎる、あるいは平坦で何もない領域を見ている、などです。特徴の多い領域でピントを合わせてから（図7参照）もう一度試してください。自分でステージを動かすと像は目に見えて変わるのに、キャリブレーションでは動きなしと報告される場合は、実際に正しい軸が動いているかを確認してください（6章の「違うモーターが動く」を参照）。
- ・ **「A fit could not be found.」**（フィットが見つからない）顕微鏡はある程度の動きを検出しましたが、結果のばらつきが大きく、モーターのステップとピクセルの換算を確実に計算できませんでした。たとえば、試料の繰り返しパターンで画像の照合が混乱した場合などです。繰り返しのない、はっきりした特徴を持つ別の領域で、ピントをしっかり合わせ、ステージを中央にしてから再度実行してください。

6.2. カメラ、照明、画質

6.2.1. 試料にピントが合わない

試料がある程度見える（色のかたまりが見える）のにピントが合わない場合は、いくつか確認すべき点があります。まず、試料が正しく置かれ、

スライドのカバーガラスがカメラの方を向いているか確認してください（倒立顕微鏡ではスライドを裏返して置きます！）。

試料が正しく置かれているのにピントが合わない場合は、レンズが正しく取り付けられているか確認します。RMS 対物レンズを使っている場合は、それを外して 12mm のチューブレンズを見て、チューブレンズが光学モジュール内に正しい向きで、傾かず均等にしっかり収まっているか確認してください。

対物レンズがしっかりねじ込まれ、斜めになっていないか確認します。

対物レンズがステージに触れていないか、スライドにぶつかっていないか確認します。対物レンズの先端はステージ上面よりわずかに低く、対物レンズと試料の間にすき間がある状態が正しい位置です。取り付けねじをゆるめて締め直し、光学モジュールの取り付け高さを少し調整する必要があるかもしれません。

6.2.2. 画像が暗い、ムラがある、色かぶりがある

これはほとんどの場合、カメラの故障ではなく、照明かキャリブレーションの問題です。まずカメラのキャリブレーションを再実行してください（3.2節参照）。報告される明るさや色の問題の大半は、これだけで解決します。

再キャリブレーション後もムラが残る場合は、照明の LED が中心からずれているか、対物レンズからの高さが適切でない可能性があります。3.1節の照明の調整をやり直し、ねじを固定する前に、紙に映る光の輪ができるだけ小さく、中央に来ていることを確認してください。LED と対物レンズの間のレンズにほこりや指紋が付いていても、片側が暗くなる場合があります。光路をさえぎるものがないか確認してください。

6.3. 接続、電源断、ソフトウェア

6.3.1. Connect に顕微鏡が表示されない／IPアドレスが分からない

Connect に顕微鏡が表示されない場合は、まずすべての物理的な接続を確認します。顕微鏡に電源が入っていれば、照明アームの LED が点灯し、顕微鏡のベース内部から Raspberry Pi のランプの光が見えます。

Connect に顕微鏡が表示されないのは、顕微鏡のソフトウェアまたはハードウェアの問題を示している可能性があります。Ethernet で接続している場合は、ケーブルが正しくつながっているか、接続を示す緑とオレンジのランプが点灯しているかを確認してください。

6.3.2. フォールバックサーバー

顕微鏡が正常に起動できない場合、通常の OpenFlexure Connect の画面の代わりにフォールバック用のエラーページが表示されます。これは起動中に顕微鏡のソフトウェアが失敗したことを示し、

顕微鏡をネットワークから完全に消すことなく、原因を調べるのに必要なログ情報を表示します。このページには次の内容が表示されます。

- 読み込みに失敗した具体的なコンポーネント（カメラ、ステージ、照明、オートフォーカスなどの「Thing」）と、そのエラーメッセージ。
- 正常に読み込まれたその他すべての Thing の一覧。
- サーバーが起動にしようとした設定の全体。

失敗した Thing がカメラまたはステージの場合、原因はほぼ必ず物理的な問題です。接続のゆるみ、電源の問題、Sangaboard やカメラが認識されていない、などが考えられます。6.3.1節と6.1節で説明した物理的な接続を確認してください。

それ以外の Thing（ワークフロー、スキャンモード、背景検出の派生版など）が失敗した場合は、通常ハードウェアではなくソフトウェアの問題です。多くは、設定ファイルや拡張機能が誤って編集またはインストールされたことが原因です。自分で直そうとせず、ページに表示されたエラーメッセージを控え、表示されている Configuration の内容を添えてフォーラム（<https://openflexure.discourse.group/>）で質問してください。

7. 早見表

セットアップ済みの顕微鏡を使うときのクイックリファレンスです。

7.1. 移動とピント合わせ

キー	操作
← → ↑ ↓	ステージをX/Y方向に移動
Page Up/Down	ステージをZ方向に移動（ピント）
スクロールホイール	ステージをZ方向に移動（ピント）
fn + ↑ / ↓	Mac でステージをZ方向に移動
A	オートフォーカス
画像をダブルクリック	その点を中央に移動

- **Position** ボックス：x、y、z の位置を指定して移動
- **Move Home** と **Set Home**：(0,0,0) の設定とそこへの移動
- **Autofocus** の範囲：±1000 ステップ
- 長い距離を移動するときは、xyz 座標を入力します。
- 移動しすぎたときは **Cancel** で止められます。
- 矢印キーを押し続けると連続して移動します。

7.2. 画像を1枚撮影する

Control タブ → 操作機器または **Gallery** に保存（JPEG）。詳しくは17ページ。

7.3. スライドのスキャン

ワークフロー	走査パターン
Histo Scan	渦巻き状に広がり、何も無い領域を飛ばす。不定形の試料向け
Snake Scan	長方形の範囲を1行ずつ往復しながら走査
Raster Scan	長方形の範囲を1行ずつ同じ向きに走査

設定	内容
Image Overlap	隣り合う画像どうしの重なり

設定	内容
Autofocus Range	オートフォーカスで探索する上下方向の距離
Stack settings	複数画像でのピント判定／Zスタック
Rows / Columns	スキャンの大きさ（一部のワークフロー）
Tolerance / Sample Coverage	試料が抜ける → 下げる 何もない領域を撮りすぎる → 上げる 現在の設定は Check Current Image で確認

スキャンの設定と詳しい説明は17ページを参照してください。

7.4. データの管理

Gallery の使い方

- 対話型ビューアがあり、撮影画像やスキャンの明るさ、コントラスト、彩度を調整できます。
- Download、View、Stitch：スキャンや撮影画像を1件ずつ操作
- Delete All：データのバックアップが済んだ、または不要になったときに空き容量を確保
- Stitch All Unstitched Scans：未スティッチのスキャンをすべて顕微鏡につなぎ合わせさせる

SDカードが満杯になると撮影できません。定期的にバックアップして削除してください。

7.5. 再キャリブレーション

Settings から再実行、またはウィザードを開き直します（9ページ）。迷ったら再実行を。

工程	再実行するタイミング
照明	アームを動かした、像にムラがある
カメラ	対物レンズ交換、色や明るさの異常
ステージ対応付け	モーター調整、対物レンズ交換、クリック移動の不具合

一覧表：14ページ

7.6. 終了するとき

Shutdown → 5秒待つ → 電源を抜く。動作中に電源を切ると、SDカードが破損するおそれがあります（25ページ）。

8. 索引

A		画像の撮影	21
情報 (About)	28	K	
B		キーボードショートカット	21
ブラウザ	9	L	
C		ログ	27
キャリブレーション	13	M	
カメラ	15, 36	メンテナンス	
カメラ・ステージ・マッピング	17, 27, 35	注油	31
再キャリブレーションの時期	18	ソフトウェアの更新	31
撮影	19	持ち運び	32
早見表	38	移動	19
キャリブレーション	39	O	
撮影	38	対物レンズ	
操作	38	交換	30
ギャラリー	39	OpenFlexure Connect	19
スキャン	38	P	
シャットダウン	39	電源	12, 29, 36
Connect	9, 36	Q	
操作 (Control)	19	クイックスタート	6
E		R	
Ethernet	12	Raspberry Pi Imager	8
F		再起動	29
フォールバック	36	S	
ピント合わせ	16, 35	試料	
G		設置	15
ギャラリー	25	スキャン	
I		中止	24
照明	13, 36		
中心合わせ	11		

終了	24
SDカード	8
SDカード	
取り扱い	12
セットアップ	8
設定	26
カメラ	17, 26
アナログゲイン	26
露光時間	26
ステージ	26
シャットダウン	29
ソフトウェア	
インストール	8
画面構成	19
更新	31
ステージ	
中心合わせ	11
移動	19
ストレージ	
SDカード	12



openflexure
microscope

OpenFlexure 顕微鏡ハンドブック

OpenFlexure 顕微鏡は、世界中の数千人の手で作られてきたロボット顕微鏡です。主な用途は次のとおりです。

- 教育
- 組織学
- トレーニング
- 研究
- 生物イメージング
- ものづくり

世界中のコミュニティが、この10年にわたって顕微鏡を改良し、発展させてきました。

本書はユーザーマニュアルとして、セットアップ、日常の使い方、メンテナンス、トラブルシューティングを扱います。OpenFlexure のコアチームが執筆し、広いコミュニティからの貢献も受けています。本書は、OpenFlexure のウェブサイト、フォーラム、YouTube チャンネルとともに、次の目標を支えています。

すべての人に顕微鏡を



openflexure
microscope

