

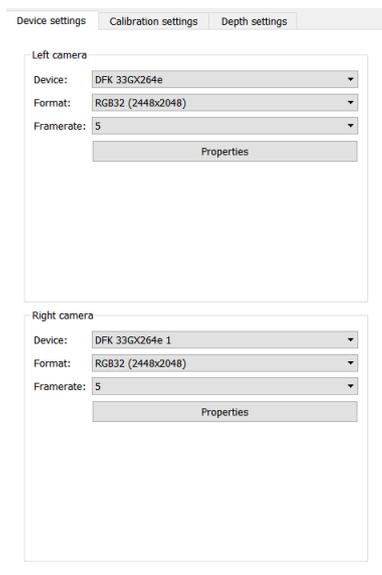
## システム要件

IC 3D を動作させるのに必要な最小のシステム要件：

OS	Microsoft Windows7 以降の 64 bit 版 Windows
RAM	8GB
CPU	SSE2 をサポートした x64 CPU
GPU (オプション)	CUDA3.0 以上に対応した GPU
カメラ	TheImagingSource 社のソフトウェアトリガをサポートした GigE または USB3.0 カメラ

## デバイスの選択

1. IC 3D メインウィンドウの右側パートから、*Device Settings* タブを選択します。



2. Left Camera と Right camera にそれぞれ使用するカメラを *Device* の項に設定します。
3. *Format* の項に使用するカメラのフォーマットを設定します。左右両カメラは同じ設定にする必要があります。
4. *Framerate* の項に使用するフレームレートを指定します。
5. *Properties* ボタンによりカメラのプロパティダイアログを開いて設定を行えます。

### ファイルをソースとして使用する

TheImagingSource 社のカメラに加えて、保存されたファイルを映像ソースとして使用することができます。静止画を指定することの他、複数のイメージファイルのパスを記述した.txt ファイルを読み込むことも可能です。ファイル形式は.png, .bmp, .jpg をサポートしています。

.txt のファイルリストを読み込んだ場合、キャプチャツールバーにある”*Next file device image*”と”*Previous file device image*”ボタンにより、リストの中から前の、または次のファイルを使用することができます。

### サンプルデータファイルを使用する

IC 3D をインストールすると、以下の場所にサンプルデータが配置されます。

[%LocalAppData%\The Imaging Source Europe GmbH\IC 3D\example\\_data\](#)

この中の、cam\_data フォルダにある cam0\_images.txt と cam1\_images.txt には左右それぞれのサンプルイメージのファイル名がリストされており、ファイルソースとして使用することができます。

デバイスを正しくオープンできると、プレビューウィンドウにそれぞれ対応したイメージが表示されます。プレビューウィンドウでは、以下のマウス操作が可能です。

動作	コマンド
マウスホイール	ズーム
左ボタン+マウス移動	パン
右ボタンダブルクリック	リセット

#### ヒント：カメラのプロパティ

通常、カメラの Auto 設定を利用することをお勧めします。左右のカメラの画像の明るさ、色合いはほぼ同じである必要があります。マニュアル設定する場合は、それぞれのカメラの設定を同じとすることをお勧めします。

## デバイスステータス

### Load device states

以前に保存したデバイスの状態を復元します。ファイル選択ウィザードが開きます。

### Save device status

現在開いているデバイスの状態を保存します。ファイル保存のウィザードが開きます。ファイル名は<デバイスのシリアル番号>.xml となります。ファイル名は変更しないでください。

### Apply left state to right cam

左側カメラのプロパティ設定を右側カメラにコピーします。

### Apply right state to left cam

右側カメラのプロパティ設定を左側カメラにコピーします。

## キャリブレーション

3D データを取得する前に、まずキャリブレーション（校正）が必要です。ステレオシステムのキャリブレーションには、内部パラメータと外部パラメータの取得が必要です。

内部パラメータとして、焦点距離、歪みのパラメータ、主要点の取得を行います。外部パラメータとして2台のカメラの位置と向きを推定します。

システムをキャリブレーションするために、異なる位置で撮影されたキャリブレーションパターンの取得が必要です。IC 3D では対称サークルパターンと、チェッカーボードパターンをサポートしています。使用する焦点距離、解像度、ピクセルサイズ、作動距離に応じて、そのパターンサイズを選択する必要があります。一般的に、撮影距離（必要な作動距離範囲の中間）の位置にパターンを配置し、イメージの 1/2~2/3 をカバーしている必要があります。

IC 3D には異なるサイズの対象サークルパターンとチェッカーボードパターンの PDF を含めています。まずはこれらをプリントアウトし、平らなボードに張り付けてご利用ください。

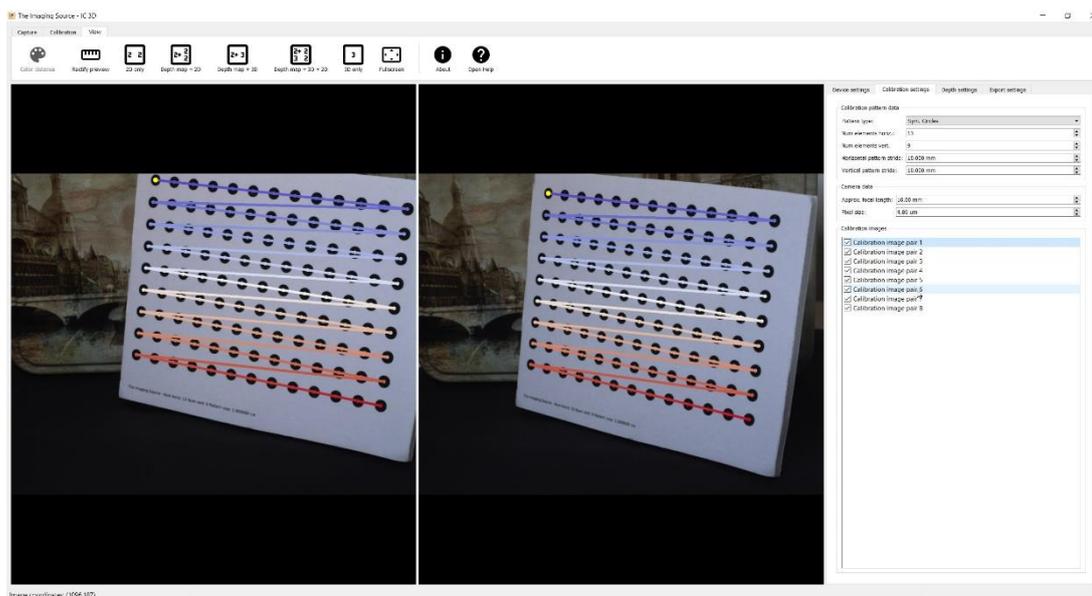
キャリブレーションパターンは以下にインストールされています。

[%LocalAppData%/The Imaging Source Europe GmbH/IC 3D/calibration\\_patterns/](#)

## キャリブレーション設定

キャリブレーションイメージを取得する前に、いくつかのキャリブレーションパターンの情報とカメラの情報を入力する必要があります。

1. メインウィンドウの右側にある tab-view から Calibration settings を選択します。



2. 以下、キャリブレーションパターンのデータを入力してください。

**Pattern type:** 対象サークルパターンか、チェッカーボードパターンかを選択します。

**Num elements horiz:** サークルパターンの場合、水平方向にあるサークルの数を指定します。チェッカーボードパターンの場合は、内側の数を指定します。

**Num elements vert:** 上記と同様、垂直方向にあるパターン数を指定します。

**Horizontal pattern stride:** サークルパターンの場合、水平方向のサークル中心間の距離を指定します。チェッカーボードパターンの場合、パターンの四角の水平サイズを指定します。

**Vertical pattern stride:** 上記と同様、垂直方向のパターンのサイズを指定します。

**Target Thickness:** キャリブレーションボードの厚みを[ mm ]で指定します。基本的に初期値の 0.000mm を指定します。

IC 3D 標準のキャリブレーションパターンを使用される場合、基本的には垂直、水平どちらにも同じ値が入ります (Pattern Size として記載されています)。印刷して使用される場合には、再度計測して正しい値を入力してください。

### 3. カメラデータの入力

**Approx. focal length:** 使用されるレンズの焦点距離を入力します。

**Pixel size:** カメラセンサーのピクセルサイズを指定します。カメラモデルに依存します。

不明であれば[株式会社アルゴ](#)までお問合せください。

## キャリブレーションイメージの取得

1. 2台のカメラの内、少なくとも1台のカメラでキャリブレーションパターンが見えてることを確認してください。
2. メインツールバーの *Snap calibration image* ボタンをクリックして下さい。パターンが認識されると、プレビュー上に以下が表示されます。黄色い○はキャリブレーションパターンの原点を表しています。キャリブレーションデータセットの最初のパターンの原点は以後、空間の原点 (0, 0, 0) として使用されます。
3. 検知がうまく行っているようであれば、メインツールバーにある *Approve pattern* ボタンをクリックしてください。または *Discard pattern* ボタンを押してキャンセルします。
4. キャリブレーションパターンを傾けながら 1. ~を繰り返し、8~12枚程度のキャリブレーション画像を取得してください。
5. メインツールバーにある *Calibration* ボタンをクリックします。希望するファイル名、フォルダを指定してキャリブレーションデータを保存します。
6. re-production error を示すポップアップダイアログが表示されます。この値は0.6以下が望ましいですが、1.0以下であれば許容範囲です。それ以上の場合は再度キャリブレーションの取得をご検討ください。  
キャリブレーション画像の[良い例](#)、[悪い例](#)を参考にしてください。

## 新しい世界座標系の設定

デフォルトでは、検出されたターゲットを含む最初のキャリブレーションイメージが世界座標系として選択されます。原点は左上の角に黄色のドットで示され、座標 (0, 0, *pattern\_thickness*) を表します。*pattern\_thickness* はキャリブレーション設定タブで設定した厚みです。

異なる世界座標系に変更したい場合は、以下のように実行します。

1. 少なくとも1台のカメラで、パターンの表示に問題がないことを確認します。
2. メインツールバーにある *Snap calibration image* ボタンを押します。パターンが検知されると、プレビューが表示されます。現在の原点は黄色のドットで表示されています。
3. キャリブレーションツールバーにある、*Set world coordinate system* ボタンを押し、検知されたパターン上に新しい世界座標系を設定します。その後、キャリブレーションデータを新しいファイルに Save します。

#### 左側カメラの座標系を新しい世界座標系に設定する

特定の状況、例えばカメラシステムが動いている場合などでは、世界座標系を左側カメラの座標系に設定することは有益な場合があります。

1. キャリブレーションに問題がないこと、または有効なキャリブレーションデータを Load します。
2. キャリブレーションツールバーにある *Set world to cam coordinate system* を押し、新しい世界座標系を新しいファイルに Save します。

これで世界座標系が左側カメラの座標系に連動するキャリブレーションがファイルに含まれます。Save 後、新しい座標系は自動的に適用されます。

#### キャリブレーションの履歴

*calibration settings* のタブには、現在のセッションを含むすべてのキャリブレーションイメージの履歴が表示されます。チェックボックスを使用して、どのイメージセットをキャリブレーションに使用するかを指定します。チェックを外すことでキャリブレーションに使用されなくなります。

特定のキャリブレーションイメージを確認するには、対応する行をダブルクリックしてください。再度ダブルクリックすることでライブプレビューに戻ります。

取得したキャリブレーションデータを破棄して最初からデータの取得を行いたい場合は、*Clear calibration data* ボタンをクリックしてすべてのデータを削除します。

### キャリブレーションイメージのエクスポートとインポート

キャリブレーションツールバーにある、*Save calibration data* と *Load calibration data* ボタンにより、取得したキャリブレーションイメージの書き出しと読み込みが可能です。

後からキャリブレーションデータセットを拡張したり、データを共有、保存して後から再キャリブレーションを行う場合などに利用できます。

### 再キャリブレーションが必要となる要件

システムを使用する初回には必ずキャリブレーションが必要ですが、それ以外にも以下の場合には、再度キャリブレーションが必要です。

- カメラの取り付け位置や角度を変えたとき
- カメラのレンズそのもの、またはレンズの設定（絞りやフォーカスなど）を変えたとき

### キャリブレーションパターンの生成

IC 3D には一般的な使用に問題ないサイズのキャリブレーションパターンが用意されていますが、独自サイズのキャリブレーションパターンをポストスクリプトファイルとして生成するためのユーティリティツールも提供しています。パラメータを指定することで、対象サークルパターンとチェッカーボードパターンを生成することができます。このツールは `gen_calib_pattern.exe` という名称で、IC 3D のアプリケーションフォルダーに含まれています。

使用法：

```
./gen_calib_pattern.exe <type> <width> <spacing> <nx> <ny> <border> <output_filename>
```

<type>: *checkerboard* か *circular\_s* を指定します。

<width>: 円や四角の幅サイズを [ cm ] で指定します。

<spacing>: 円の中心間隔を [ cm ] で指定します。チェッカーボードの場合は無視されます。

<nx>: x 軸方向の円/四角の数を指定します。

<ny>: y 軸方向の円/四角の数を指定します。

<border>: 余白の広さを指定した円の幅の倍数で指定します。

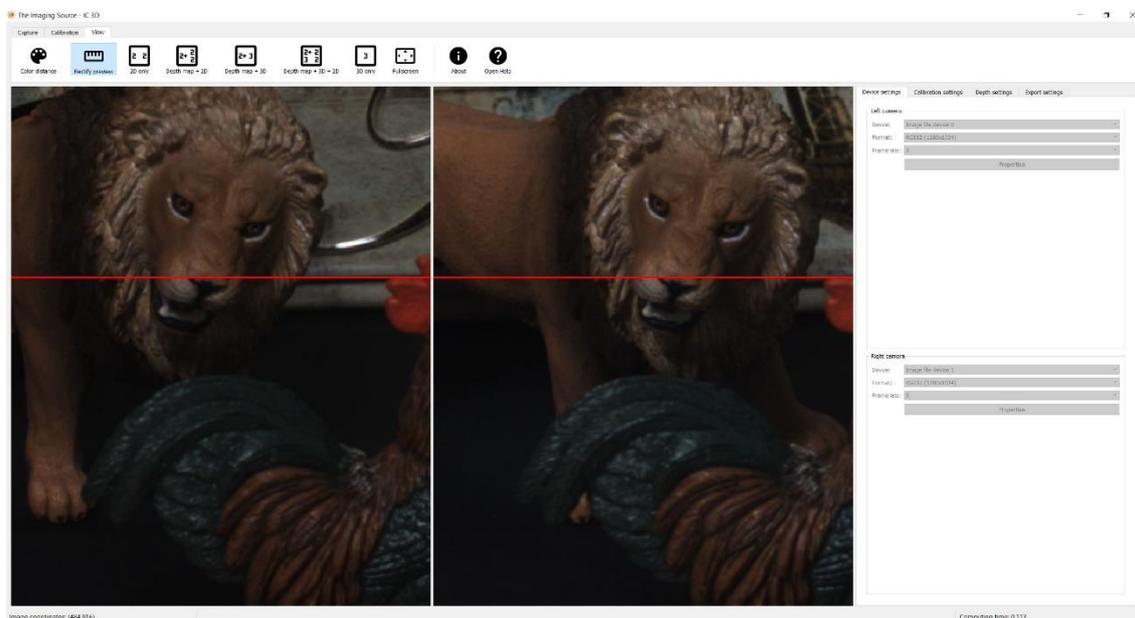
<output\_filename>: ポストスクリプトファイル出力のファイル名を指定します。

## エピポーラ線の可視化

システムのキャリブレーションが終了すると（またはキャリブレーションデータの読み込み後）、エピポーラ線を評価することでそのキャリブレーションの品質を視覚的に確認することができます。

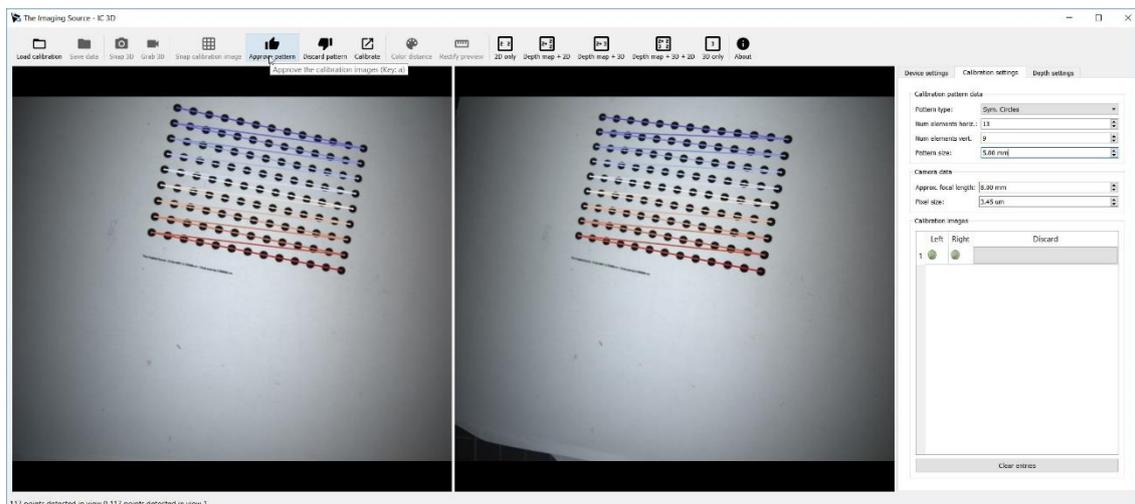
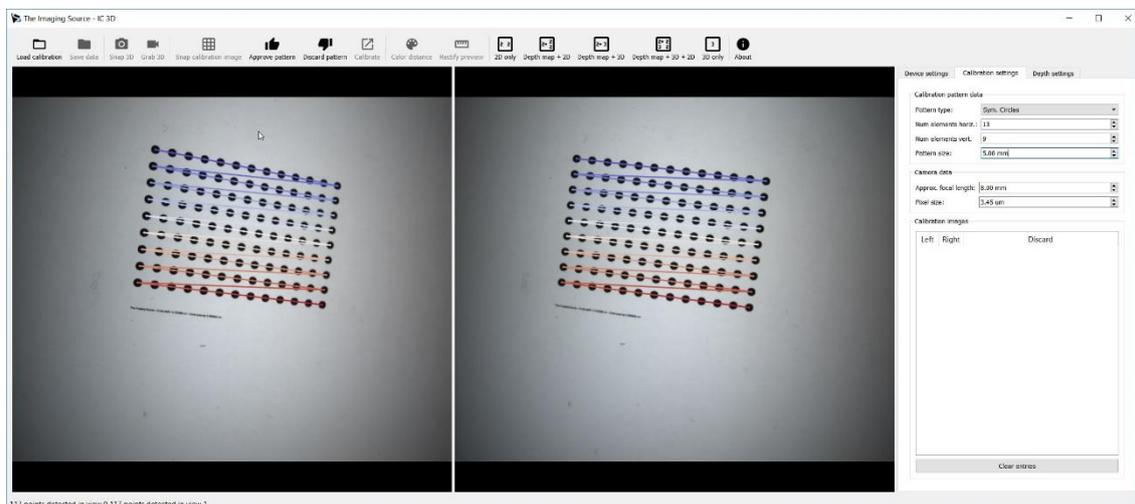
まずは View ツールバーにある *Rectify preview* を選択します。これによりプレビューウィンドウにレクティフィケーションされたイメージが表示されます。レクティフィケーションにより画像平面が同じ 3D 平面に位置するようにカメラからのイメージの歪みを補正し、変形します。さらに、エピポーラ線を同じ走査線上に配置します。

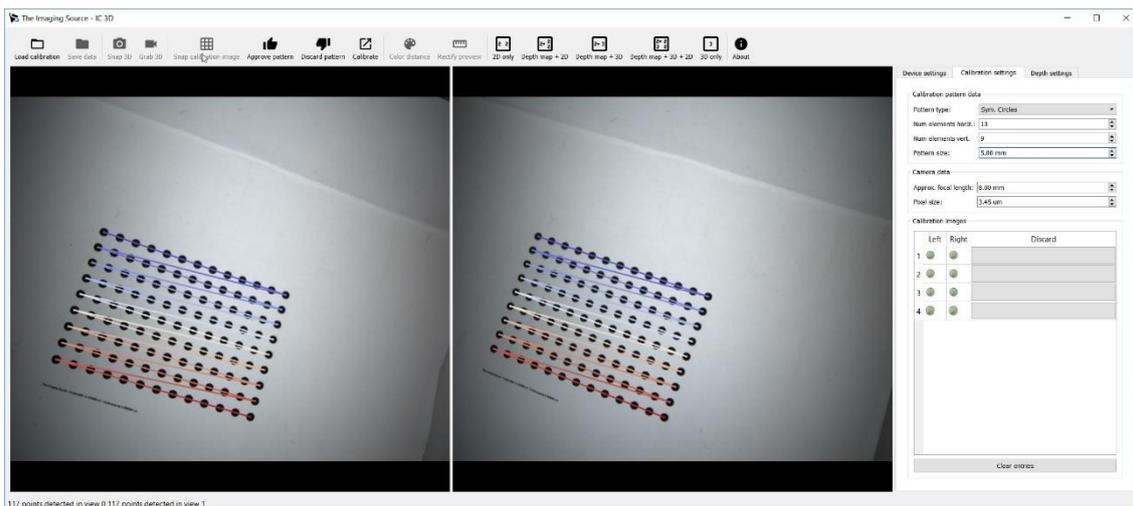
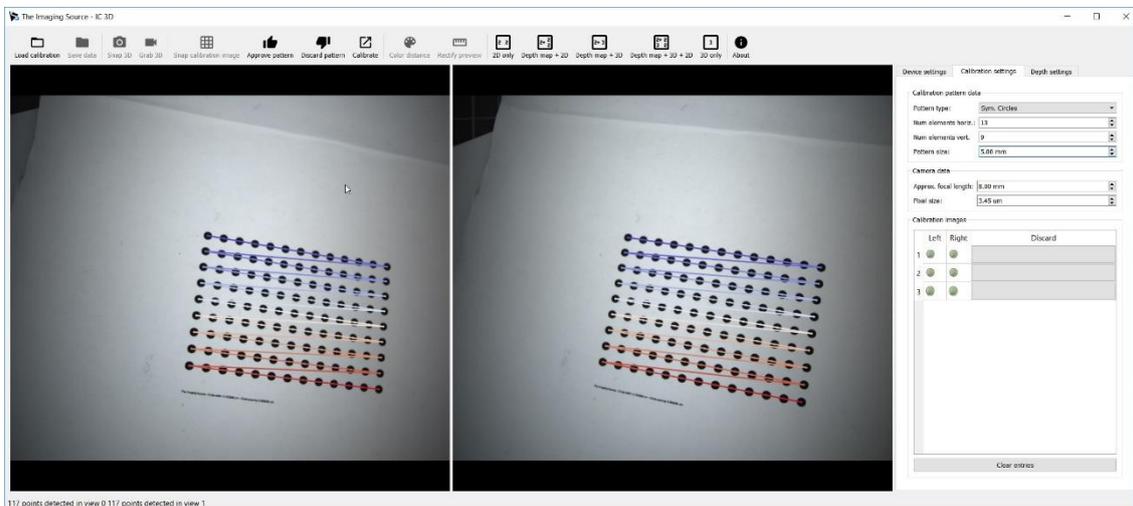
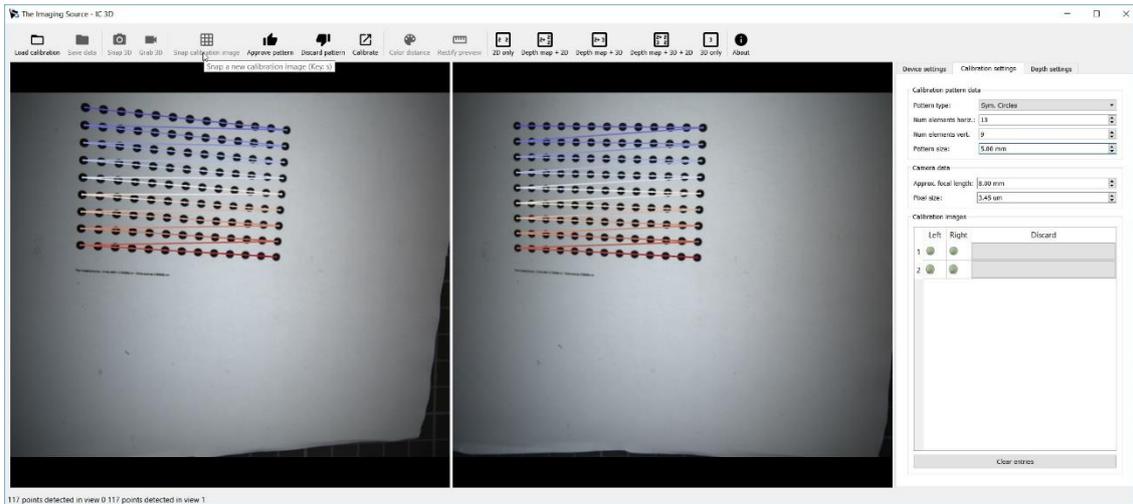
レクティフィケーションされた左側イメージの特定の点は右側イメージの同じ物体を通過する線となる必要があります。この状態を確認するために、左側イメージの特定の物体点をマウスで左ダブルクリックしてください。左右のイメージに、この点を通った線が表示さるはずでず。キャリブレーションがうまく行っている状態であれば、同じ物体を通過しているはずでず。もし垂直方向に数ピクセルでもずれた状態となっている場合は、再度キャリブレーションを行う事をお勧めします。

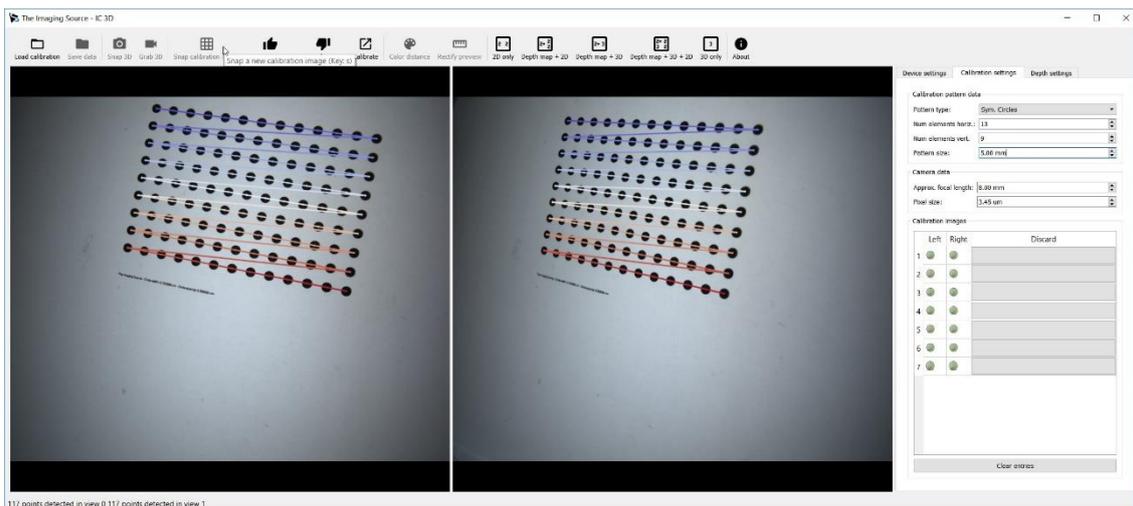
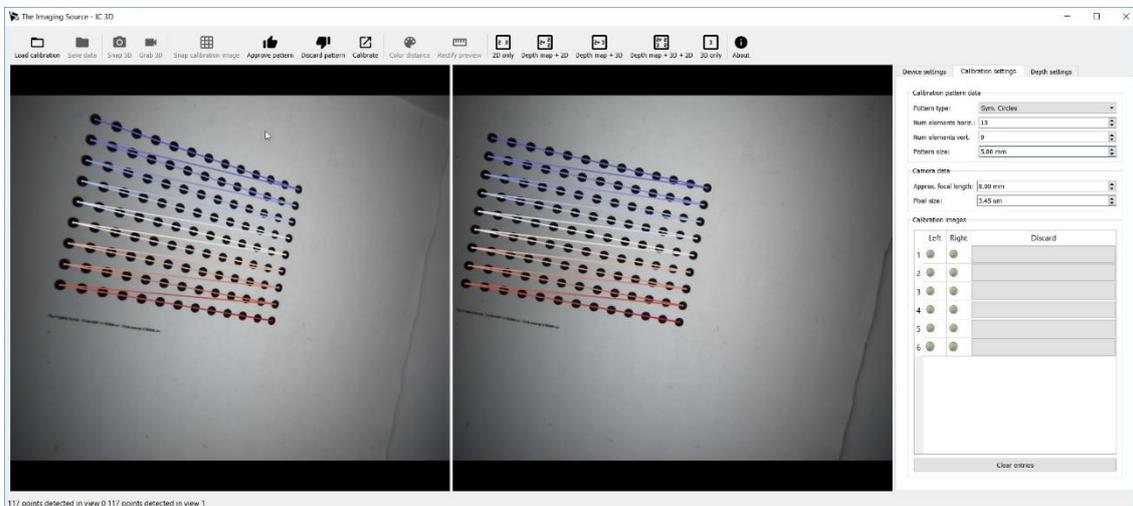
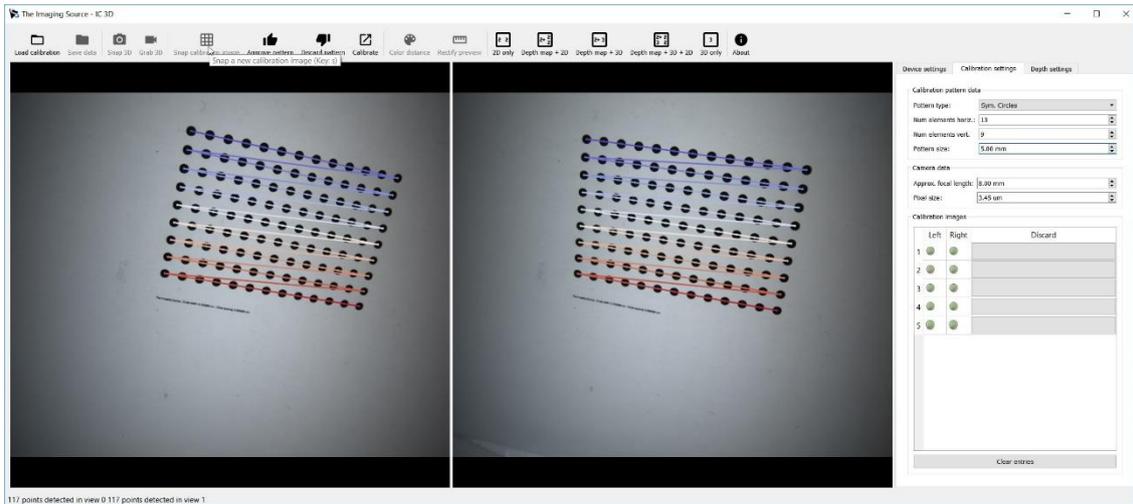


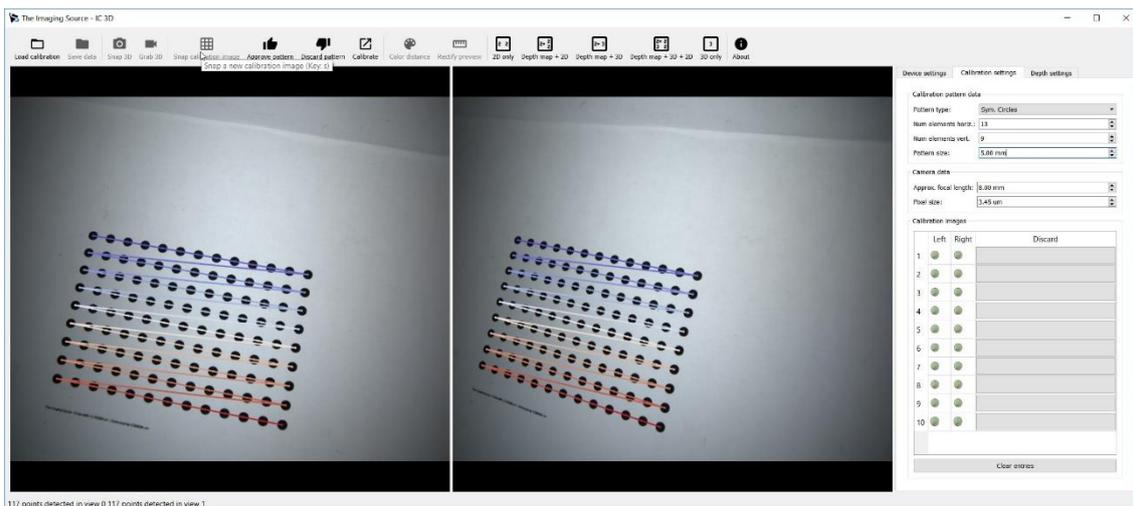
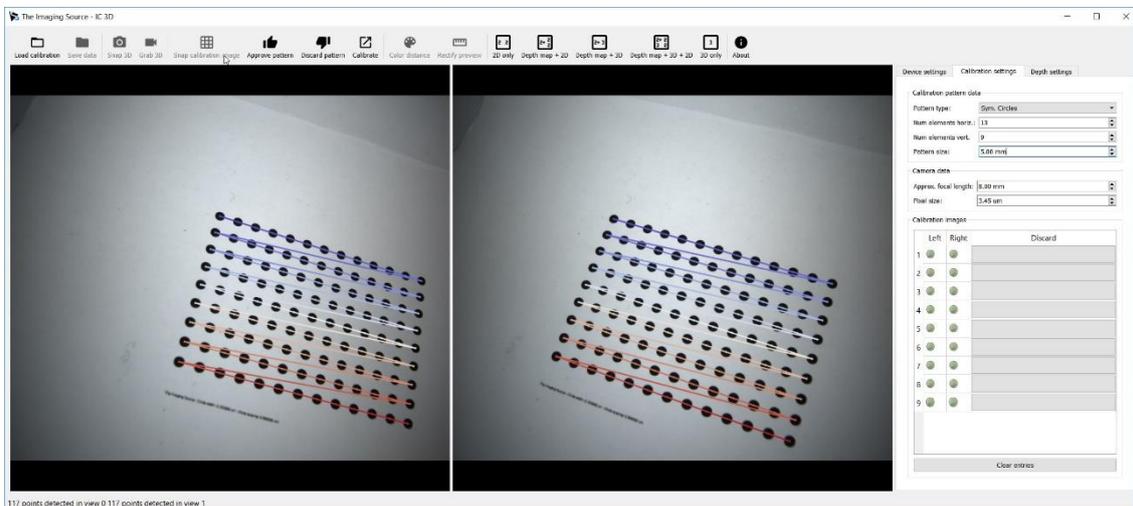
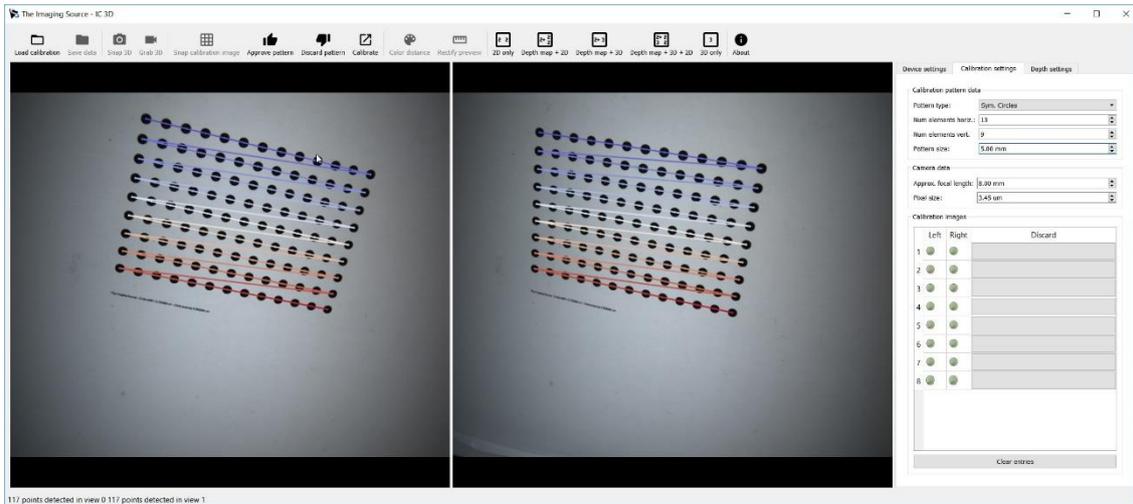
良いキャリブレーションイメージの例

以下のイメージは、良いキャリブレーションイメージの例です。







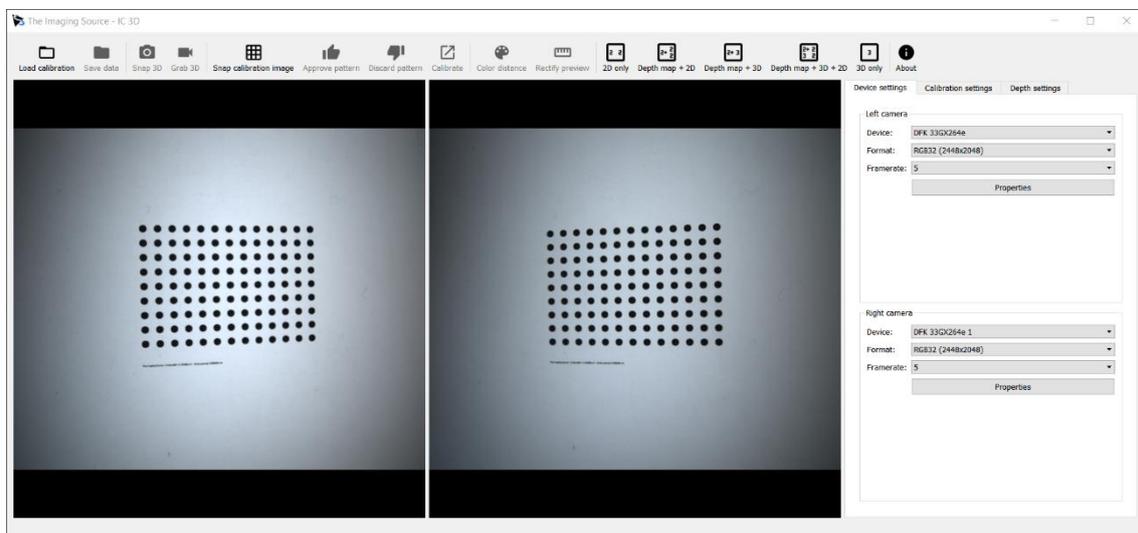
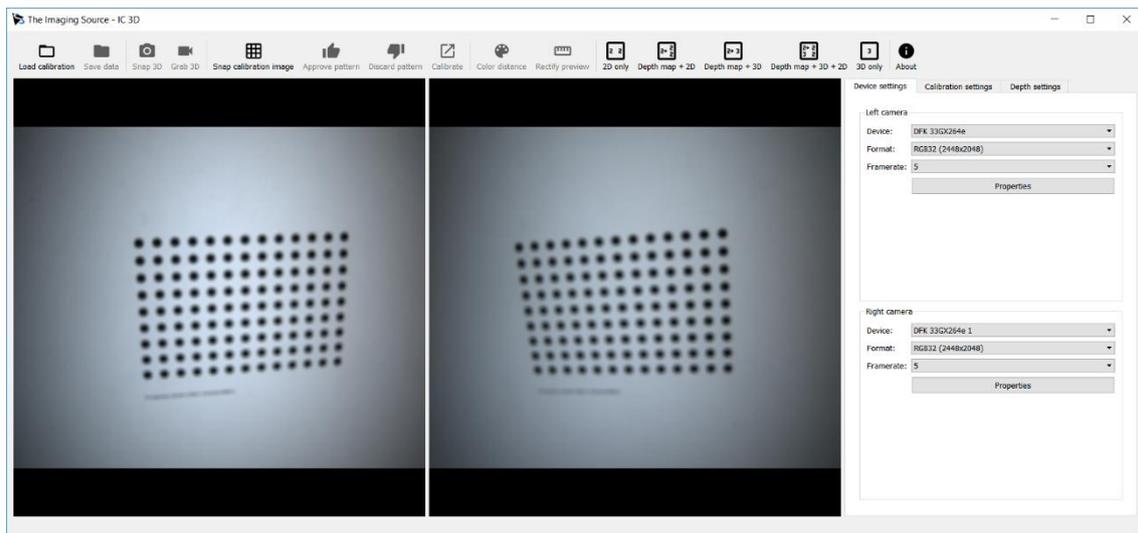


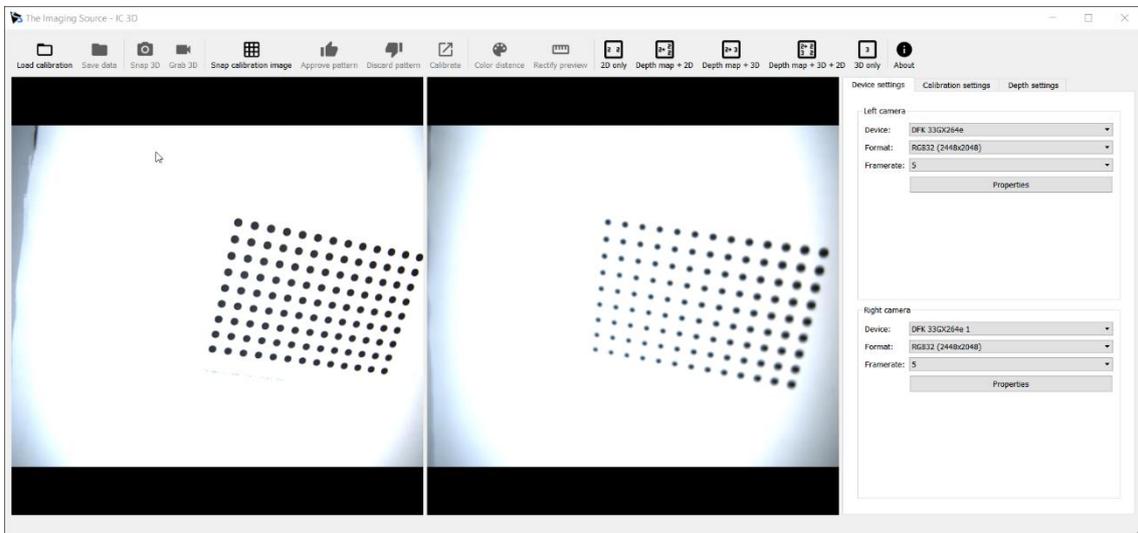
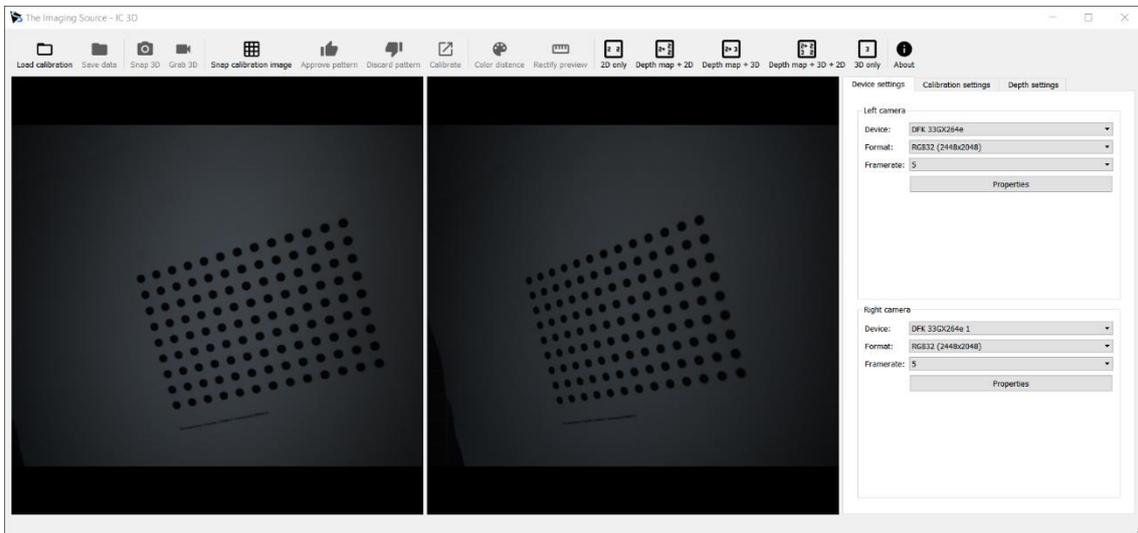
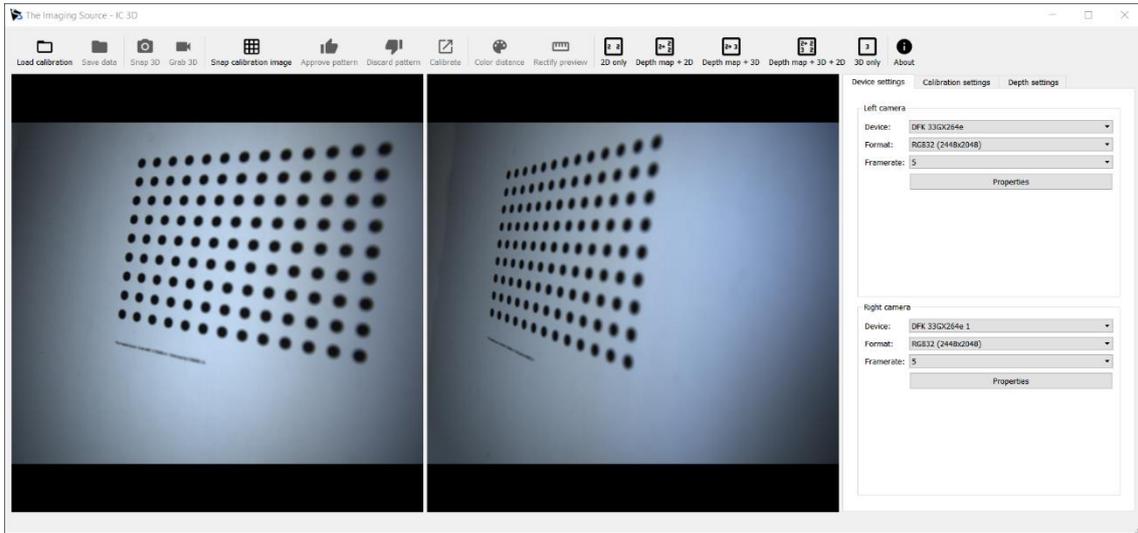
## 悪いキャリブレーションイメージの例

## キャリブレーションエラーとなる代表的な例

- フォーカスがあっておらず、ぼやけたイメージとなっている
- 画像の明るさが適切でない
- キャリブレーションパターンが正しくない、鮮明でない
- パターンがきれいな平面になっていない

以下のイメージは、悪いキャリブレーションイメージの例です。





## 距離推定の設定

システムのキャリブレーション（またはキャリブレーション設定の読み込み）が終了すると、ようやく奥行き距離の推定が可能になります。IC 3D は自動的に *Depth map + 3D + 2D* の表示に切り替わるでしょう。

メインウィンドウの右側にある *depth settings* タブを選択してください。このタブは以下パラメータを提示します。

---

### ALGORITHM

IC 3D は2つのアルゴリズムを提供しています。CPU または nVidia 社の GPU の CUDA を使って画像マッチングを行います。CUDA が有効でない PC では、CPU が使われます。これらアルゴリズムは全くの同一ではない為、それぞれを使った場合の結果が異なる事があります。

---

### MIN./ MAX. WORKING DISTANCE

左側のカメラで見ることのできる最小、最大の作動距離を指定します。これにより、測定の量が定義されます。選択された範囲に対応した視差が下の行に示されます。

この設定範囲が広ければ広いほど計算量が増えるため、計算に時間がかかります。逆に範囲を狭くすることで早く処理できるようになります。

---

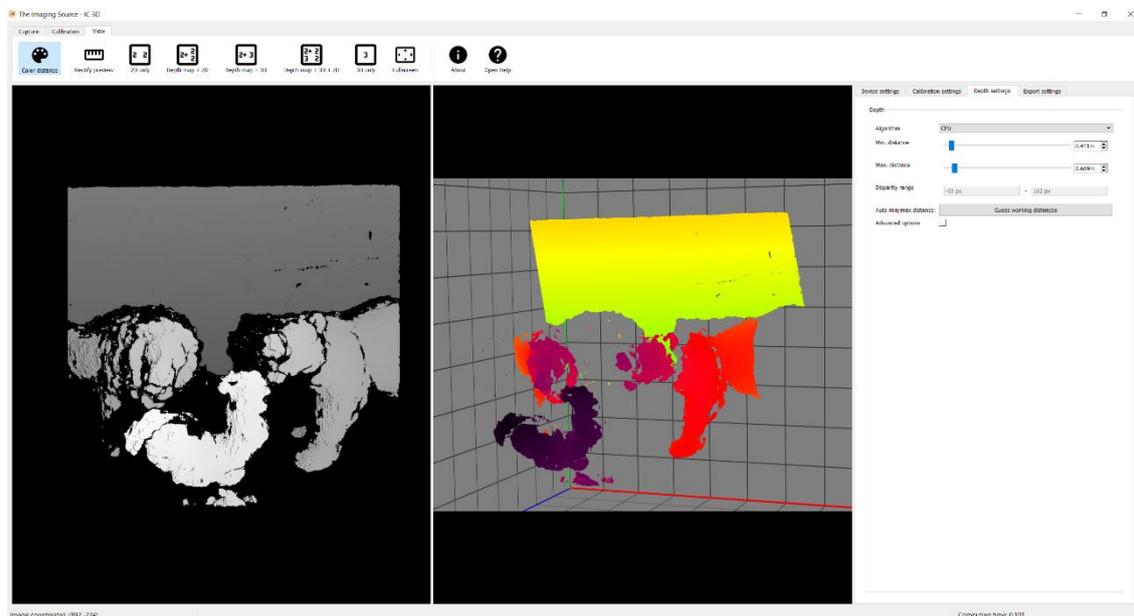
### GUESS WORKING DISTANCES

最初のキャリブレーションパターンを基準として、複数のキャリブレーションパターンから最小/最大の作動距離を推定します。

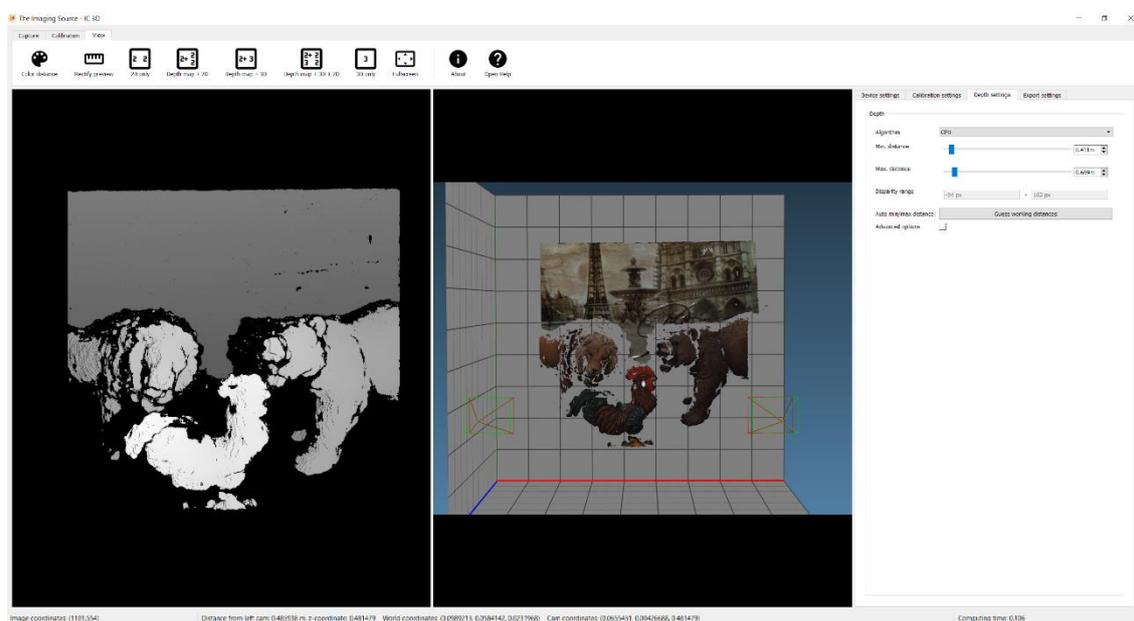
## 距離推定

距離推定の設定が完了すると、ようやく 3D の取得が可能となります。キャプチャツールバーにある *Live Mode* と *Toggle 3D* を有効にして、距離画像のライブ表示が出来ていることを確認してください。これらはキャリブレーションの完了（または、キャリブレーションファイルの読み込み）時に、自動的に有効となっているはずですが、ファイルをソースとして利用している場合は、キャプチャツールバーにある *next/ previous file image* ボタンで前後に移動できます。

3D データは距離マップや3D 点群データとして可視化されます。IC 3D ではこれら異なる表示モードを切り替えて表示することが可能です。



左：距離マップ／右：距離で疑似カラーを付けた3D 点群データ



左：距離マップ／右：テクスチャを張り付けた3D 点群データ

## 距離マップ表示

*Depth map* 表示では距離マップをグレースケールの2D イメージに変換して可視化します。近い部分は明るく、遠い部分は暗く表示されます。信頼できる距離データが取得できなかった

部分は真っ黒な表示となります。標準の2D画像表示と同じように画像コントロールを使用することができます。

距離マップ表示上のピクセルにマウスカーソルを合わせることで、ウィンドウのステータスバーに対応したポイントの距離が表示されます。

### 点群データ表示

点群データ表示では距離マップ上のすべての有効なポイントを3Dデータとしてレンダリングして表示します。

通常、点群データはレクティフィケーションされた左側カメラの情報から色付けされます。CUDAを使用した場合はグレースケールのみに対応となります。

さらに、距離に応じて疑似カラーで着色して表示させることが可能です。これはメインツールバーにある“Color distance”ボタンにより有効にできます。

以下のマウス操作が可能です：

動作	コマンド
マウスホイール	ズーム
左ボタン+マウス移動	パン
右ボタン+マウス移動	回転
左ボタンダブルクリック	左側カメラの原点に戻る

### データの出力

IC Capture や IC Measure の様に、IC 3D でも静止画の保存と連続静止画保存が可能です。これらはツールバーにある *Snap pair* と *Snap sequence* ボタンに割り当てられています。

---

#### SNAP PAIR

右側エリアにある *Export settings* タブに指定したディレクトリに、それぞれのカメラからの静止画イメージを取得して保存します。

---

## SNAP SEQUENCE

右側エリアにある *Export settings* タブに指定したディレクトリに、それぞれのカメラからの連続静止画イメージを取得して保存します。*Export settings* にある *Export trigger* に設定することで、キーボードショートカットの Ctrl+f を押している間の連続保存、また、Continuous モードでは、Snap Sequence が解除されるまで保存を続けます。

---

## EXPORT SETTINGS

右側エリアにある Export Settings タブで、出力オプションの追加を設定することができます。

---

## OUTPUT DIRECTORY

すべての出力データはここに設定したフォルダに出力されます。

---

## EXPORT TRIGGER

Snap sequence モードの際の連続静止画保存間隔を指定します。

---

## SAVE RECTIFIED IMAGES

取得イメージに加え、レクティフィケーションされたイメージも一緒に保存します。

---

## SAVE DEPTH IMAGE

取得イメージに加え、距離マップ表示のイメージも一緒に保存します。

---

## SAVE POINTCLOUD

取得イメージに加え、点群データを.ply ファイルとして一緒に保存します。

### ヒント：保存オプションの追加

保存オプションの追加はシステム負荷を増加させます。動作が遅くなる場合がありますのでご注意ください。

## サンプルデータの読み込み

### サンプルデータについて

IC 3D のインストールにより、サンプルデータが以下に保存されます

[%LocalAppData%/The Imaging Source Europe GmbH/example\\_data/](#)

この中にある *cam\_data* フォルダには、左右のカメラとして読み込むことができるファイル名リスト *cam0\_images.txt* と *cam1\_images.txt* が入っています。

### キャリブレーションサンプルの読み込み

上記サンプルデータに対応したキャリブレーションデータファイルは以下フォルダにある *rig\_calibration.xml* です。

[%LocalAppData%/The Imaging Source Europe GmbH/example\\_data/cam\\_data/](#)

これを読み込むことで、IC 3D は自動的に 3D モードとなり距離推定が開始されます。

## キーボードショートカット

ショートカットはツールバーボタンの動作にそれぞれ割り当てられています。

### CAPTURE ツールバー

ショートカット	動作
Ctrl + 1	キャプチャツールバーへスイッチ
Ctrl + l	ライブモードスイッチ
Ctrl + t	3D モードスイッチ
Ctrl + j	Snap Pair 静止画イメージの保存
Ctrl + u	Snap Sequence 連続静止画イメージの保存
右矢印	次のファイル
左矢印	前のファイル

## CALIBRATION ツールバー

ショートカット	動作
Ctrl + 2	キャリブレーションツールバーへスイッチ
Ctrl + o	キャリブレーションファイルの読み込み
Ctrl + p	キャリブレーションイメージの取得
Ctrl + 上矢印	認識パターンの承認
Ctrl + 下矢印	認識パターンの拒否
Ctrl + s	キャリブレーションを実行して保存

## VIEW ツールバー

ショートカット	動作
Ctrl + 3	ビューツールバーへスイッチ
Alt + c	Pointcloud をの距離に応じた色で表示
Alt + r	イメージ補正の表示 (エピポーラ線の確認)
Alt + 1	2D 表示
Alt + 2	2D 表示 + depth map 表示
Alt + 3	depth map + 3D 表示
Alt + 4	2D 表示 + depth map 表示 + pointcloud 表示
Alt + 5	Pointcloud 表示
F11	フルスクリーンモード
F1	ヘルプを開く

## IC 3D SDK サンプルのビルド

## ビルドに必要な要件

- OpenCV >= 3.2.0
- IC 3D SDK >= 1.0.3
- CMake >= 3.1
- Microsoft Visual Studio >= 2015

使用環境が有効な場所に IC3D\_SDK\_DIR がセットされていることを確認してください。これはインストール時に指定した場所です。（デフォルトではドキュメントフォルダです）

まず、ソースディレクトリとは異なる場所に空のフォルダを作成してください。その後、以下のコマンドを実行します。異なる VisualSutrio バージョンをお使いの場合は、それに応じてパスを変更してください。

```
cd <your_build_directory>
```

```
mkdir install
```

```
cmake "%IC3D_SDK_DIR%/examples" -G "Visual Studio 14 2015 Win64" -  
DCMAKE_INSTALL_PREFIX=install -DOpenCV_DIR=<path to your OpenCV install>
```

```
cmake --build . --config Release --target install
```

子ディレクトリ 'install' に、サンプルバイナリが生成されます。利用されている OpenCV ビルドによっては、関連した OpenCV 共有ライブラリをシステムパスに追加するか、実行可能ファイルと同じフォルダに配置する必要があります。

#### ‘LOAD AND MATCH’サンプルの実行

サンプルバイナリのあるフォルダに移動します。

以下を実行します。

```
load_and_match.exe "%LocalAppData%/The Imaging Source Europe GmbH/IC 3D/example_data/cam_data/rig_calibration.xml" "%LocalAppData%/The Imaging Source Europe GmbH/IC 3D/example_data/cam_data/capture_0_0_0.bmp" "%LocalAppData%/The Imaging Source Europe GmbH/IC 3D/example_data/cam_data/capture_1_0_0.bmp" out_rect.bmp out_disp_img.bmp
```

この例では、サンプルフォルダから用意されたカメラキャリブレーションファイルと、2枚のイメージを Load し、左カメラからレクティフィケーションされたイメージと、視差から測定された深度イメージをファイルに書き出します。