

YCAM3D rev. 2 用ユーザーマニュアル

2023年3月度版

株式会社 YOODS

YD19131-04-02

はじめに

このたびは、当社3次元撮影一体型カメラ「YCAM3D」をお買い上げいただき誠にありがとうございます。本製品の機能を十分活用していただくために、ご使用になる前に本書をよくお読みください。また、本書をお読みになった後は、必ず保管してください。

本体について(警告)

本機には発熱するパーツや光学的に重要なパーツがありますので、カメラの分解や改造は行わないでください。分解や改造の形跡がみられる場合、無償修理ができないことがあります。

使用上のご注意

本機はLED発光によるプロジェクタを内蔵しておりますが、発光させる条件によりカメラ内部の温度が上昇します。カメラ周囲温度が低温となる環境で使用しますと、この温度差によりカメラ内部に結露が発生する可能性があり、ガラス面がくもったり、水滴による動作不良を起こすことがあります。

カメラ周囲温度を上げていただくことで改善しますが、このような対処ができない場合は弊社までご相談ください。

結露発生条件の一例)

プロジェクタ発光条件：発光強度＝255、カメラ露光時間＝50ms、発光間隔＝10秒
→本条件の場合、カメラ周囲温度が10度弱となった際に結露が発生する可能性があります。

保証期間について

本機の保証期間は弊社出荷日から1年間となります。
期間内であっても、弊社責と認められない故障の場合は、有償修理となります。

アフターサービスについて

使用方法のお問合せ、修理のご依頼は、以下までご連絡ください。

株式会社 YOODS (ユーズ)

〒754-0021

山口県山口市小郡黄金町2番21号 スクエア新山口6階

TEL 083-976-0022 / FAX 083-976-0023

営業時間 9:00～18:00 (土・日・祝除く)

改訂履歴

版数	発行日	改版内容	補足
01	2022/11/01	初版制定	
02	2023/03/30	電源ケーブル接続仕様変更 改訂履歴追加	

目次

1) YCAM3D の概要	5
1-1) 仕様	5
1-2) 製品ラインナップ	5
1-3) 本体各部の名称と機能	6
1-4) 外形寸法図	8
2) 設置と接続	9
2-1) YCAM3D の設置	9
2-2) YCAM3D と PC の接続	10
3) ソフトウェアのインストール	11
3-1) ソフトウェアをインストールするパソコンの要件	11
3-2) Windows10	11
4) ソフトウェア操作方法	12
4-1) Windows 版	12
YCAM3D 操作ソフトウェア起動	12
test_ycamw の使い方	12
データの保存先について	14
点群データの表示	15
付録 A) カメラの IP アドレス変更方法	17
付録 B) 位相シフトパラメータ PHSFT.ini	18
付録 C) CUI コマンド一覧	20
付録 D) ステレオ関連パラメータ SGBM.ini	21
付録 E) カメラキャリブレーションファイルについて	23
付録 F) レンジグリッドの PLY ファイル構造	24

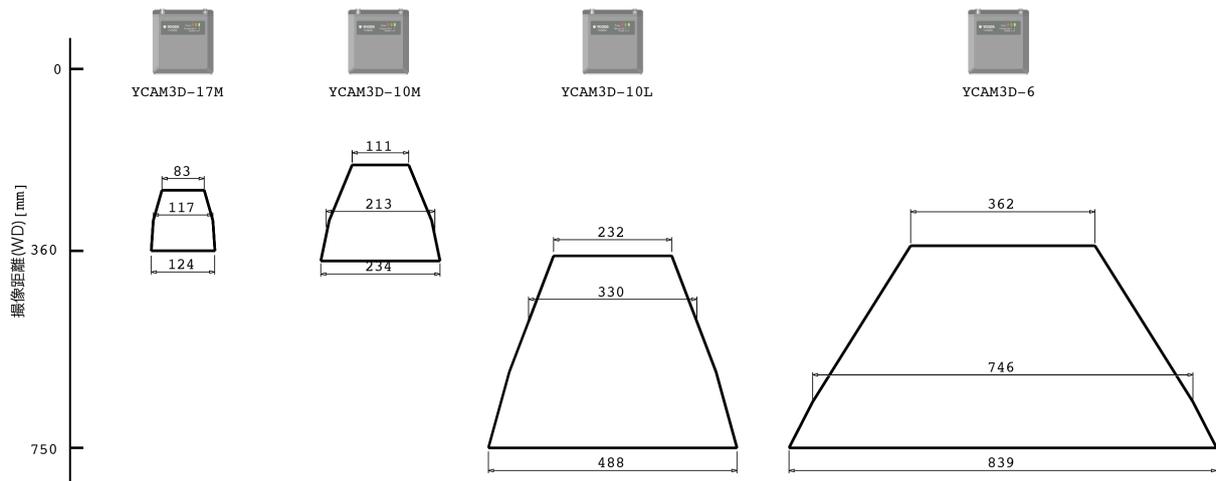
1) YCAM3D の概要

1-1) 仕様

カメラセンサ	130万画素モノクロ CMOS センサ, 基線長 75mm
ワーキングディスタンス	300mm, 600mm
撮影時間 (最大)	VGA 0.4 秒, SXGA 0.7 秒
搭載LED	LED 色: 青 (460nm)、光量 1.5W(DLP からの出力)
3次元処理方法	位相シフト方式
画像データ	点群データ、RAW 画像、レクティファイ画像 (画像データは ROS 上で提供)
I/F	イーサネット、GigE Vision プロトコル、専用ケーブル
サイズ、重量	120(W)x127(D)x47(H)mm 800g
電源	DC24V、4.5A、専用ケーブル
消費電力	アイドル時 8W、撮影時最大 100W
使用周囲温度	0~40°C
防水・防塵	IP54
カメラパラメータ	カメラフラッシュメモリに保存 (Genicam XML にコメントとして記録)
PC側対応OS	Linux/ROS, Windows10(64bit)
設置固定方法	4-M5 ネジ、カメラ三脚用 1/4" ネジ ※三脚ネジはオプションのブラケットが必要
付属品	専用電源ケーブル、専用イーサネットケーブル、点群出力ソフトウェア

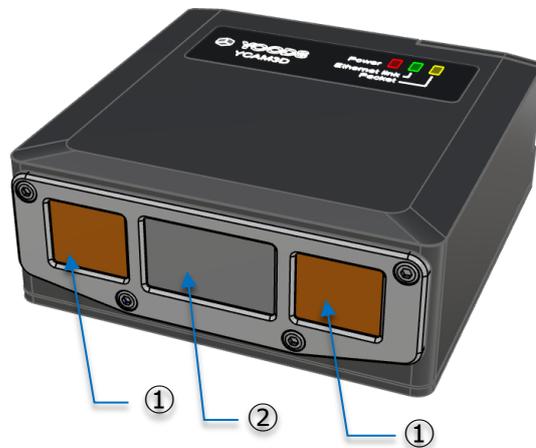
1-2) 製品ラインナップ

YCAM3D の製品ラインナップを以下に示します。購入されたモデルに基づき、適切な配置距離 (WD:ワーキングディスタンス)を確認してください。10M,10L については、距離により精度も変わります。



1-3) 本体各部の名称と機能

～前面～



- ① ステレオカメラ (130 万画素 CMOS × 2 台)
- ② プロジェクタ

プロジェクタは波長 460nm の青色 LED の発光を用いています。ステレオカメラの前面にはこの青色光のみ透過させるフィルタが設置してあります。

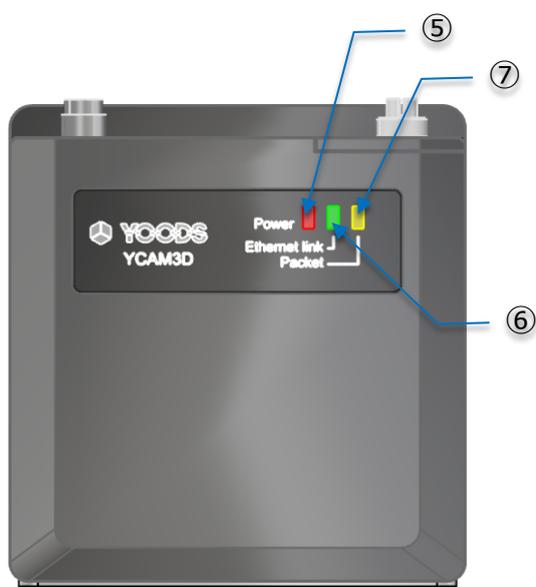
～背面～



- ③ 電源コネクタ (DC24V/3A, XS5M(オムロン)) , 適合コネクタ XS5F
コネクタつきケーブル(10m)を同梱します。
- ④ LAN ケーブルコネクタ(M12 X-Code)

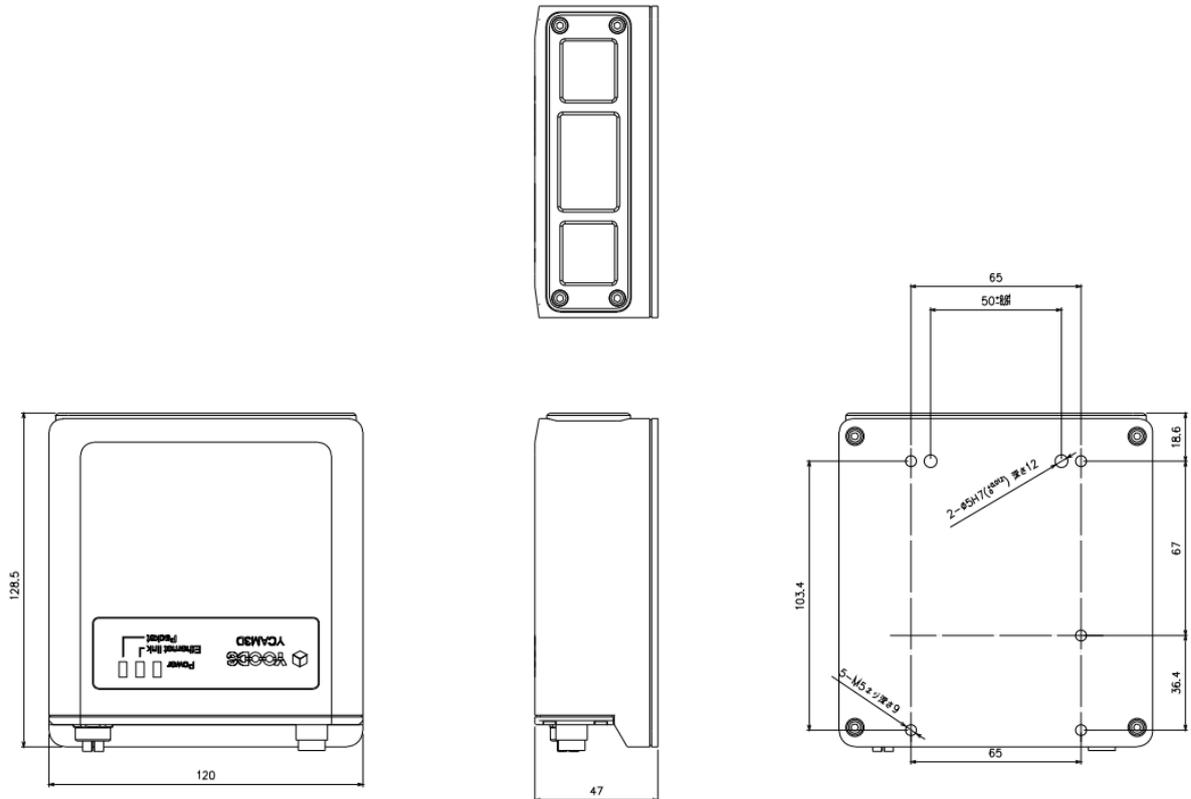
専用ロボットケーブルを支給します。※長さ 2,5,10m 選択

～上面～



- ⑤ 電源ランプ : 本体に電源が供給されると点灯します。点灯しない場合は故障です。
- ⑥ リンクランプ : PC 等と Ethernet 接続した際に点灯します。
- ⑦ データランプ : パケット送受信の際、点灯します。

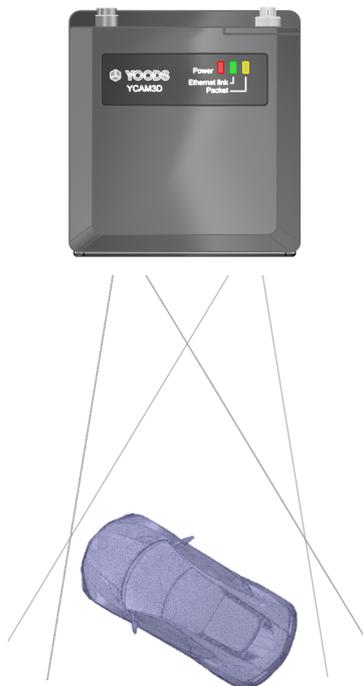
1-4) 外形寸法図



2)設置と接続

2-1) YCAM3D の設置

各モデルにより、被写体までの距離や視野は異なります。以下のように、左右のカメラ視野に対象ワークが入るように、設置してください。



<注意事項>

- ✓ 3D 撮影には複数のパタンを連続投影～撮影を行いますので、撮影期間中はYCAM3D および対象物が動かないようにしていただく必要があります。
- ✓ YCAM3D の裏面には固定用ネジ穴(4-M5)が設けてありますので、こちらを使用して固定治具を設計してください。
- ✓ YCAM3D は設置向きを問いません。水平設置/垂直設置/斜め設置等、ご使用環境により設置方法を調整ください。
- ✓ カメラおよびプロジェクタの視界を遮るようなものを置かないようにしてください。
- ✓ YCAM3D はプロジェクタによる投影パタンをカメラにてキャプチャすることで、3D 画像を生成します。投影パタンが対象物に映らない環境(外光が直接差し込む環境等)では精度の良いデータが作成できませんのでご注意ください。
- ✓ カメラは IP54 防水・防塵対応設計です。ただし、前面プロジェクタ、カメラ用ガラス窓に汚れが付着した場合、品質の良いデータを撮れない場合がありますので、注意してください。また正面ガラスはいずれも特殊なコーティング処理をしてあります。汚れが着いた状態で強くふき取ったりするとコーティングが破損します。

2-2) YCAM3D と PC の接続

- ✓ 同梱の専用ケーブルを用いて DC24V,4.5A 以上供給できる電源に YCAM3D を接続してください。~~電源線は、白+24V, 黒 0V です。青, 茶は使いません。~~

※2023 年 3 月出荷分より、電源接続仕様が以下のように変わりました。

- ✓ 端子 YP24(ケーブル色/茶または白)を 24V 電源の+24V 端子に、YN24(ケーブル色/青または黒)を 24V 電源の 0V 端子に接続してください。
- ✓ YCAM3D と PC の接続は LAN ケーブルになります。同梱の専用ケーブルを用いてパソコンと直結してください。

3)ソフトウェアのインストール

3-1) ソフトウェアをインストールするパソコンの要件

安定してソフトウェアを動かすためのパソコンには、様々な要件があります。量産ラインなど、安定性を重視する場合、十分な動作検証を行ってください。以下に満足すべき基準仕様を示します。

項目	仕様
CPU	Intel Core-i7 以上
メモリ	8G Byte 以上
Ethernet	1Gbps, JumboPacket 9000byte 設定可能なデバイス

3-2) Windows10

別冊のインストールマニュアルを参照してください。

※Windows10 以前(Windows7,8,XP 等)には対応していません。

3-3) Linux/ROS

Linux の場合は、Debian 系 OS(Ubuntu, Mint 等)を使用してください。弊社で提供している ROS ベースのビジョンシステム RoVI を下記 URL からダウンロードして、Readme, GettingStarted 等のドキュメントを参考に、インストールしてください。

RoVI UTL: <https://github.com/YOODS/rovi>

4)ソフトウェア操作方法

4-1) Windows 版

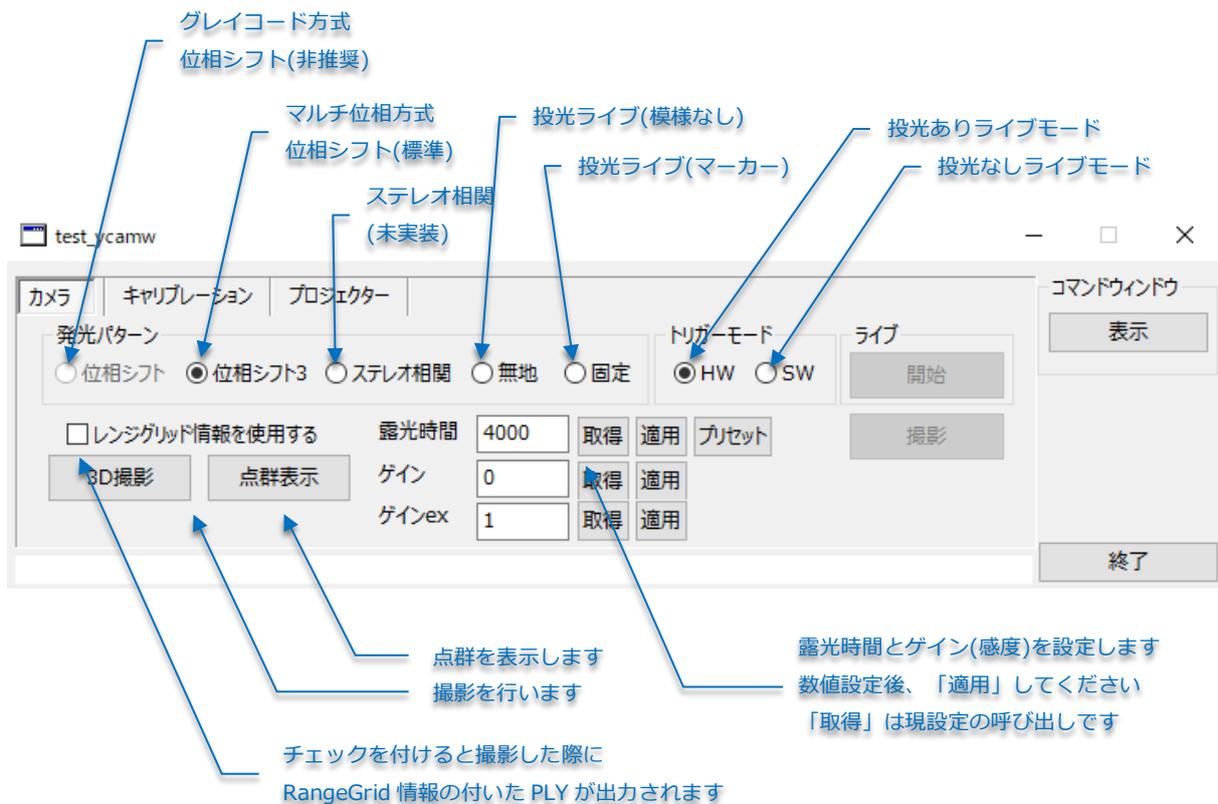
YCAM3D 操作ソフトウェア起動

✓ スタートメニューのYCAM3D-III から「test_ycamw.exe」を起動してください

※「test_ycam.exe」はCUIバージョンです。

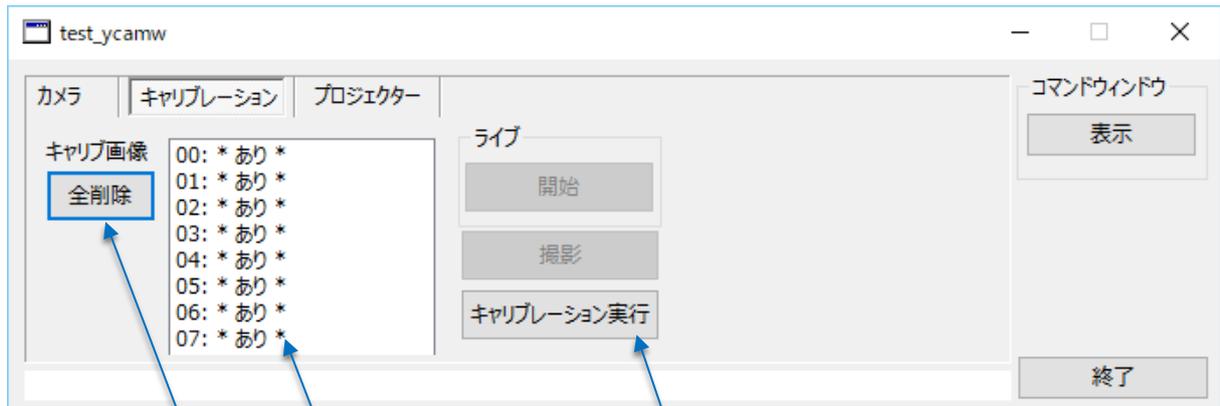
test_ycamw の使い方

～メイン画面～



※通常の使用では、露光時間はプリセットから選択してください。グレイコード方式位相シフトの場合は直接数値を入力することも可能ですが、8400,16800,25000,32000 のいずれかの数値を用いてください

～キャリブ画面～

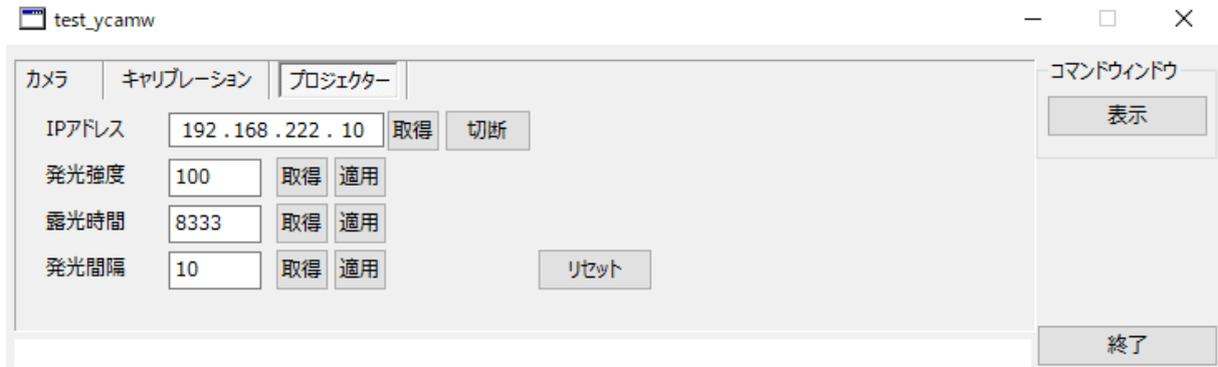


8枚の画像のあり/なし
撮影済み画像を全て消します

撮影したい枚目を選択し、ライブ開始します。
撮影ボタンを押せば、撮影できます。
8枚撮影したら、キャリブ実行します

※カメラキャリブレーションについては方法を公開していません。実施したい場合は、メーカーまでお問い合わせください。

～プロジェクト画面～



※ cfg_ycam(付録参照)等を使ってカメラの IP アドレスを変更した場合は、この IP アドレスを変更してください。

※ 発光強度は 0～255 の間で指定してください。

※ 露光時間はプリセット値の入力により自動的にセットされます。グレイコード方式の場合任意の数値を入力できますが、8333,16666,25000,33333 のいずれかを入力してください。

※ 発光間隔は rev.1 ファームウェアのカメラのみ有効です。1 フレーム毎の発行時間間隔をミリ秒で設定してください。

データの保存先について

撮影したデータは YCAM3D-III¥test_ycam¥capt フォルダに out.ply というファイル名で保存されています。撮影の都度上書きされるので、保存しておきたいデータはファイル名を変更してください。

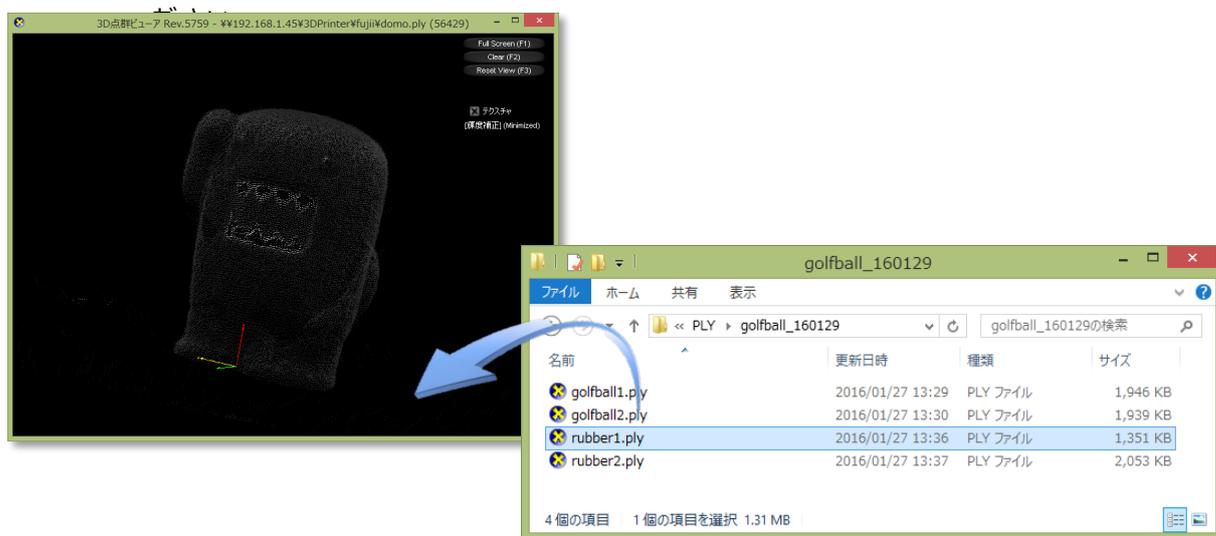


点群データの表示

点群データ確認ソフトウェア「ThreeDV」は単独でも利用できます。

<使用方法>

1. プログラムフォルダの「ThreeDV.exe」を実行してください。
2. 下記画面が立ち上がります。撮影した PLY ファイルをドラッグ&ドロップしてく



※PLY ファイルを ThreeDV に関連付けすれば、ファイルクリックで表示できます。

※一度起動しておけば、撮影の度にデータを自動更新表示します。

<操作>

操作	機能
左クリック+マウス移動	視点(アングル)を変更します
中クリック+マウス移動	視点固定したままで移動します
右クリック	<p>点間の距離を測定します</p> <p>1) 1回目クリック： 起点を決定します</p> <p>2) 2回目クリック： 終点を決定します</p> <p>3) 画面左上に測定値が表示されます。(単位：mm)</p> <p><表示の見方></p> <p>diff: X 座標差 Y 座標差 Z 座標差 = 点間距離</p>
Full Screen(F1)	全画面表示します
Clear(F2)	点間距離表示を削除します
Reset View(F3)	視点をデフォルトに戻します
テクスチャ	<p>点群に重ね合わせている画像データの表示を切り替えます</p> <p>※テクスチャ = カメラで撮影した画像を点群に重ね合わせ</p>
輝度補正	RGBを重ね合わせます ※モノクロ撮影ですので、使用しません

付録 A) カメラの IP アドレス変更方法

カメラの IP アドレスは以下の手順で任意に変更することができます。

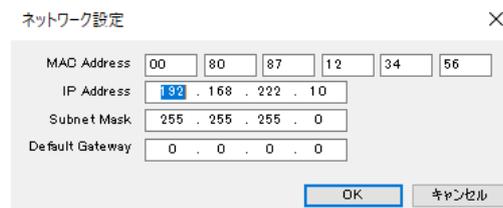
- 1) コマンドプロンプトを開いて、cd コマンドで test_ycam フォルダに移動してください。
- 2) コマンドプロンプトから cfg_ycam.exe を起動します。

```

CAL CONFIG:YCAM3D
IP address: 192.168.1.16 [iFlags:13]
IP address: 127.0.0.1 [iFlags:15]
IP address: 192.168.222.91 [iFlags:13]
IP address: 192.168.56.1 [iFlags:13]
device discovery...
( 1 / 1 )
wSpecVersionMajor : 0001
wSpecVersionMinor : 0002
dwDeviceMode : 80000001
wReserved1 : 0000
bDeviceMacAddress[8] : 00 80 87 12 34 56
dwIpConfigOption : 00000007
dwIpConfigCurrent : 00000007
bCurrentIP[4] : 192.168.222.10
bCurrentSubnetMask[4] : 255.255.255.0
bDefaultGateway[4] : 0.0.0.0
bManufactureName[32] : YODDS Co.,LTD.
bModelName[32] : YCAM3D-III
bDeviceVersion[32] : 01.00.00
bManufacturer[48] : 4-9 Ogori-Miyukimachi Yamaguchi 754-0011 Japan
bSerialNumber[16] :
bUserDefinedName[16] :
Use nic [192.168.222.91]
device [192.168.222.10]

```

- 3) 起動時に表示されるダイアログで IP アドレスを任意に設定しなおしてください。



- 4) ;を入力して cfg_ycam.exe を終了します。
- 5) YCAM3D の電源を再投入して、再度 cfg_ycam.exe を起動して IP アドレスが変更されていることを確認してください。

※YCAM3Dでは MAC アドレスは変更できません。2 台以上の YCAM3D を同一ネットワークに接続する場合は、メーカーにお問い合わせください。

付録 B) 位相シフトパラメータ PHSFT.ini

Bin ディレクトリ内のファイル PHSFT.ini は以下のようになっています。基本的には、最適な数値を設定してあり、変更すると出力する点群品質の低下を招きますので、そのまま使用してください。アプリケーションによっては、最適なパラメータが設定できる可能性もあります。その際は、メーカーまでお問い合わせください。

パラメータのうち、coord パラメータについては、0/1 を切り替えることで出力する座標系を[0:カメラ座標系], [1:キャリブボード座標系]に変更することができますので、適宜切り替えてください。キャリブボード座標系は納品時にお客様から頂いたワーキングディスタンスで、カメラに対向する座標系を設定してあります(ワーク→カメラ方向を Z 軸とする)。

[PhaseShift]

```
nimage=13          #撮影枚数
image_width=1280   #画像横幅
image_height=1024  #画像縦幅
```

[PSLIB]

```
Q_evec=0           #0-Q マトリクス方式/1-視線ベクトル方式の選択
bw_diff=16         #白/黒画像の最小差
brightness=255     #ハレーション閾値
darkness=10        #点群を出力しない黒の閾値
step_diff=1.2      #位相連結パラメータ
max_step=50.0      #隣り合うピクセルの視差の差(50 はほぼ無効)
max_ph_diff=0.3    #位相一致とみなす左右位相値差分の閾値
max_tex_diff=1.0   #位相一致点での左右カメラの輝度差(LCAM 輝度の%,1.0 で無効)
max_parallax=300   #近い側最大視差[pixel](30 万画素の場合半分にする)
min_parallax=-200  #遠い側最大視差[pixel](30 万画素の場合半分にする)
right_dup_cnt=5    #視差計算時の同一右ポイントが何回指定できるか
ls_points=3        #視差計算時の最小二乗法サンプル数(subpixel)
evec_error=2.5e-13 #視線ベクトル方式の許容誤差
```

上記パラメータのうち赤字の項目について次表に説明します。

項目名	名称	内容
bw_diff	白黒差	プロジェクト光への反応閾値。この値以下の輝度の点は点群出力されない。 単位: 輝度[0-255]
brightness	ハレーション対応	ハレーションに対する閾値。この値を超した輝度の点は点群出力されない。 単位: 輝度[0-255]
darkness	黒さ	暗い(黒い)側の閾値。この値以下の輝度の点は点群出力されない。 単位: 輝度[0-255]
max_step	ノイズ対策 隣接するピクセルとの視差のバラツキ	視差[ピクセル]
max_ph_diff	左右の一致点での視差の差	この設定以上にズレたものは一致点とみなさない
max_tex_diff	左右カメラの輝度差	左右画像の一致点の輝度差。左カメラ輝度に対する割合で指定。1.0で無効となる。 単位: 輝度比率[0.0-1.0]

付録 C) CUI コマンド一覧

コマンド	変数	説明
E	0~32000	露光時間を設定します。単位は us → 9600us に設定する場合は、E9600 と入力 数値なしで入力した場合は、現在の設定を表示します
G	0~255 (初期 0)	ゲイン(センサー感度)を設定します。G に続き、数値入力してください。ゲインを大きくするとカメラ画像にノイズが発生し、3次元精度に影響が出ます。設定値は 100 以下を推奨します。 →直線、或いは平面推定の誤差が大きくなります。 数値なしで入力した場合は、現在の設定を表示します
B	0~255 (初期 120)	プロジェクタの発光強度(明るさ)を設定します。B に続き、数値入力してください。 数値なしで入力した場合は、現在の設定を表示します
S	-	トリガをソフトウェアトリガに切り替えます
H	-	トリガをハードウェアトリガに切り替えます
C	x	キャリブレーション画像を撮影します。L コマンドでライブモードにし、仕様に基づいた 8 枚の画像を c0~c7 で撮影します
A	x	キャリブレーション実行後、丸認識結果を左右画面に表示します。赤丸で囲まれているところは認識を表します。認識できていない丸は明るすぎる/暗すぎる/ピントが合わない/欠けている等が原因となります
K	-	キャリブレーションを実施します。
N	1/4	1： プロジェクタ発光パターンを位相シフト用にします [デフォルト] 4： プロジェクタ発光パターンをステレオ相関用にします
T	0/1/2	プロジェクタを発光させます 0： シングル発光(撮影なし/X 枚目のパターンを照射) ※現在使用不可 1： シングル発光(撮影あり/1 枚目のパターンを照射) ※ステレオ相関用 2： 連続発光(撮影あり/1 から規定数のパターンを連続照射) ※位相シフト用
F	-	位相シフト計算を実行します。 (T2 コマンドで撮影後、本コマンドを実行。capt%out.ply に点群を保存)
M		ステレオ相関計算を実行します。 (T1 コマンドで撮影後、本コマンドを実行。capt%out.ply に点群を保存)
R		F コマンド実行時に RangeGrid のデータ付き PLY を出力するか否かを設定します。本コマンドを実行するたびに RangeGrid の有/無が切り替わります。 ※RangeGrid の詳細は「付録 C) レンジグリッドの PLY ファイル構造」を参照ください。
L	0/1	カメラをライブ(動画)表示します 0： ライブを終了します 1： ライブを開始します ※ライブ実行時、ソフトウェアトリガに設定されます
O	-	プロジェクタをリセットします。動作異常時に使用してください
Q	-	ツールを終了します
Z	0/1-	位相シフト計算に使用する 13 枚の画像データを capture フォルダに格納します 0： 保存機能をオフにします。 1： 保存機能をオンにします。 ※本コマンド発行後、T2 コマンドを発行することで格納されます

付録 D) ステレオ関連パラメータ SGBM.ini

YCAM3D のステレオカメラとパターン投影機能を使って、OpenCV の Semi-Global Stereo Block Matching 機能を使う事ができます。以下にその使用方法を示します。

※本機能はサンプル提供であり、製品サポート対象外です。

Bin ディレクトリ内のファイル SGBM.ini は以下のようになっています。基本的には、最適な数値を設定してあり、変更すると出力する点群品質の低下を招きますので、そのまま使用してください。アプリケーションによっては、最適なパラメータが設定できる可能性もあります。その際は、メーカーまでお問い合わせください。

パラメータのうち、coord パラメータについては、0/1 を切り替えることで出力する座標系を[0:カメラ座標系], [1:キャリブボード座標系]に変更することができますので、適宜切り替えてください。キャリブボード座標系は納品時にお客様から頂いたワーキングディスタンスで、カメラに対向する座標系を設定してあります(ワーク→カメラ方向を Z 軸とする)。

[SGBM]

image_width=1280 #画像横幅

image_height=1024 #画像縦幅

[SGBMLIB]

Q_evec=0 #0-Q マトリクス方式/1-視線ベクトル方式の選択

min_disparity=0 #最小視差

num_disparities=256 #視差範囲

block_size=5 #ブロックサイズ

P1=200 #ブロックサイズ²*チャンネル数*8

P2=800 #ブロックサイズ²*チャンネル数*32

disp_12_max_diff=0 #視差チェックでの許容最大ピクセル差

pre_filter_cap=1 #事前フィルタしきい値

uniqueness_ratio=10 #ノイズ除去に有効

speckle_window_size=100 #なめらかな視差領域の最大サイズ

speckle_range=16 #それぞれの連結成分における最大視差値

evec_error=2.5e-13 #視線ベクトル方式の許容誤差

mode=0 #0-SGBM/1-HH/2-SGBM_3WAY/3-HH4

上記パラメータのうち赤字の項目について次表に記載します。

項目名	名称	内容
coord	座標系	カメラ/キャリアボード座標切り替え [0:カメラ座標系], [1:キャリアボード座標系]
min_disparity	最小視差	通常=0、画像の移動に応じて調整
num_disparities	視差範囲	最大視差 - 最小視差、常に>0、16の倍数
block_size	ブロックサイズ	マッチングされるブロックのサイズ 必ず奇数 ≥ 1 (通常 3~11)
P1, P2	ペナルティ	視差のなめらかさを制御、 $P1 < P2$
disp_12_max_diff	最大許容ピクセル差	左右不一致チェックの最大許容ピクセル差 チェックしない場合は ≤ 0 に設定
pre_filter_cap	事前フィルタしきい値	画像ピクセル切り捨てのしきい値
uniqueness_ratio	マージン	ノイズ除去に有効 パーセント単位、通常 5~15
speckle_window_size	最大視差領域サイズ	なめらかな視差領域の最大サイズ 通常 5~200、フィルタ無効時は 0
speckle_range	最大視差変動	それぞれの連結成分における最大視差値 正の 16 の倍数で指定、通常 16 または 32
mode	計算モード	アルゴリズムの切り替え [0:MODE_SGBM], [1:MODE_HH] [2:MODE_SGBM_3WAY], [3:MODE_HH4]

付録 E) カメラキャリブレーションファイルについて

Calib ディレクトリには以下のファイルが保存されています。

cam0_param.yaml cam1_param.yaml	左右のカメラのカメラパラメータファイルです。OpenCV の stereoCalibrate() の出力を YAML 形式で書き出しています。ただし、R2 については、stereoRectify() の結果、カメラを平行化した回転角度を入れてあります。
hmat0.dat hmat1.dat	stereoRectify() で平行化された射影行列(3×4)です。double の浮動小数配列でバイナリ保存してあります。
rect.param	左右のカメラ画像の歪み補正および平行化変換のマップ

※詳細について質問がある場合は、メーカーまでお問い合わせください。

※hmat[0/1].dat, rect.param はキャリブボード基準の座標系です。

付録 F) レンジグリッドの PLY ファイル構造

本ツールのレンジグリッド機能をご使用頂きますと、出力される PLY ファイルにレンジグリッド情報を付加することが可能です。このレンジグリッド情報は、左カメラのピクセルと点群座標との対応関係を示すものです。

レンジグリッドデータの PLY ファイル構造は、以下のとおりです。

ファイルヘッダ部	データフォーマットを指定し、要素やプロパティを定義します。 ※レンジグリッドの有無により、定義される要素数が異なります。
要素データ部	要素データが、ヘッダ形式行で指定されたバイナリ形式で格納されます。
点群データ部	それぞれの要素やプロパティは、ヘッダでの定義順に並びます。
レンジグリッドデータ部	※レンジグリッド使用時のみ出力されます。

1 : ファイルヘッダ部

ヘッダはテキストで記述されています。次に例を示します。

ply	ヘッダの開始、ファイル ID です。
format binary_little_endian 1.0	データの形式とバージョンを指定します。 例の場合、本ファイルのデータフォーマットがリトルエンディアンバイナリデータであることを意味します。 データフォーマットがアスキーの場合には、「format ascii 1.0」のように記述されます。
obj_info num_cols 1280	カメラの横方向のピクセル数。例の場合 1,280 pixel です。
obj_info num_rows 1024	カメラの縦方向のピクセル数。例の場合 1,024 pixel です。
element vertex 100920	“vertex” 要素を定義します。数値は点群の頂点の数です。
property float x	“vertex” 要素のプロパティを定義します。
property float y	※点群データは、左記 property で指定された型の集合体で、
property float z	

property uchar red	15byteが1セット（1点分のデータ）のデータ構成です。
property uchar green	
property uchar blue	
element range_grid 1310720	<p>“range_grid” 要素を定義します。数値はレンジグリッドのデータ数です。</p>
property list uchar int vertex_indices	<p>“range_grid” 要素のプロパティを定義します。</p> <p>※レンジグリッドデータは、左記 property で指定された型の集合体で、1byte OR 5byte のデータ構成です。</p> <ul style="list-style-type: none"> • list : unsigned char <p>[• vertex_indices : int / 4byte]</p>
end_header	ヘッダの終端、この行の後からデータが始まります

2 : 点群データ部

点群データは、ファイルヘッダ部に記載された型のデータの集合体で、下記の 15byte を 1 セット (1 点分のデータ) として点群データ数 (element vertex) 分列挙されています。

x (4byte)	y (4byte)	z (4byte)	red (1byte)	green (1byte)	blue (1byte)
-----------	-----------	-----------	-------------	---------------	--------------

※点群データは、上記 15byte × 点群データ数 100,920 になります。

各項目の意味は以下のとおりです。

x	3D カメラの左目の位置を原点(0,0,0)としたときの X 座標値
y	3D カメラの左目の位置を原点(0,0,0)としたときの Y 座標値
z	3D カメラの左目の位置を原点(0,0,0)としたときの Z 座標値
red	テクスチャカラー 赤
green	テクスチャカラー 緑
blue	テクスチャカラー 青

3 : レンジグリッドデータ部

レンジグリッドデータは、点群データ同様、ファイルヘッダ部に記載された型のデータの集合体で、下記の 1byte を 1 セット (1 点分のデータ) として点群データ数 (element vertex) 分列挙されています。

list (1byte)	[vertex_indices (4byte)]
--------------	--------------------------

※レンジグリッドデータは、画素数 (1,280[cols]×1,028[rows]=1,310,720) 分のデータが、画像の左上から右下へピクセル順に並んでいるため、(列 X, 行 Y)の点群データは、

$$\text{offset} = Y * 1280 + X$$

で取得することができます。

例えば、画像データの左上 (X=0, Y=0) の点群データを調べたい場合、offset=0、(X=100, Y=100) の場所の点群データを調べたい場合、offset=128100 となります。

各項目の意味は以下のとおりです。

list	指定されたピクセル位置の点群データの有(1) / 無(0)
vertex_indices	list が 0 のとき : 存在しません list が 1 のとき : 「点群データ部への offset 値」