

自己紹介

•

これまでの取り組みの紹介

片岡 駿之介

筑波大学 図書館情報メディア研究科
博士前期課程 1年

自己紹介

経歴 / 趣味 / etc...

プロコン

Smart枕

Mealie —ミライ—

その他…

研究

複数台の赤外線カメラとプロジェクタのキャリブレーション

ToFカメラの計測歪みを用いた水深の多点同時測定

いま大学院でやっている研究のお話をしたかったのですが、所属研究室
の知財管理の都合上詳細をお話することができないので、
申し訳有りませんが高専までの研究をご紹介します

自己紹介

経歴 / 趣味 / etc...

プロコン

Smart枕

Mealie —ミライ—

その他…

研究

複数台の赤外線カメラとプロジェクタのキャリブレーション

ToFカメラの計測歪みを用いた水深の多点同時測定



筑波大学 図書館情報メディア研究科
博士前期課程 1年

片岡 駿之介 (馬刺し)

生まれ： 1996/10/1 (Age : 22)

born at Yamaguchi Pref.

好き：写真 / サカナクション / ダーツ / F1

経歴

- 学歴
 - 徳山工業高等専門学校 情報電子工学科（2012年～2017年）
 - 徳山工業高等専門学校 専攻科 情報電子工学専攻（2017年～2019年）
 - 筑波大学 図書館情報メディア研究科 博士前期課程（2019年～）
 - ディジタルネイチャー研究室（指導教員：落合陽一准教授）
- インターン/アルバイト経歴
 - DMM.com（2015年）
 - CyberAgent（2016年，2017年）
 - pixiv（2017年）
 - Pixie Dust Technologies（2019年～）

自己紹介

経歴 / 趣味 / etc...

プロコン など

Smart枕

Mealie —ミライ—

その他…

研究

複数台の赤外線カメラとプロジェクタのキャリブレーション

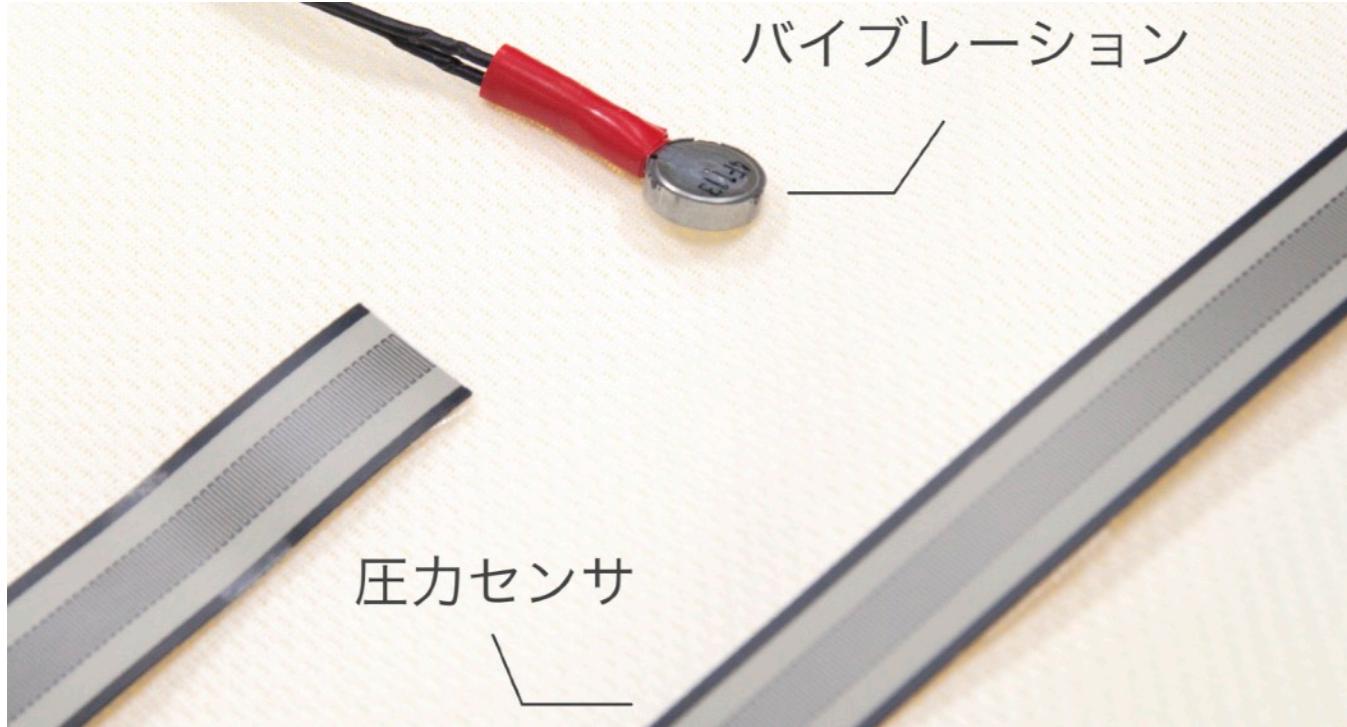
ToFカメラの計測歪みを用いた水深の多点同時測定

Smart枕 (2014年)

8



Smart枕 (2014年)



- 枕内の圧力センサによってユーザの睡眠状態を測定
- 枕内のバイブルーションを使ってユーザを起こす
- Bluetoothでスマホと連動
- パソコン甲子園2014 本戦出場

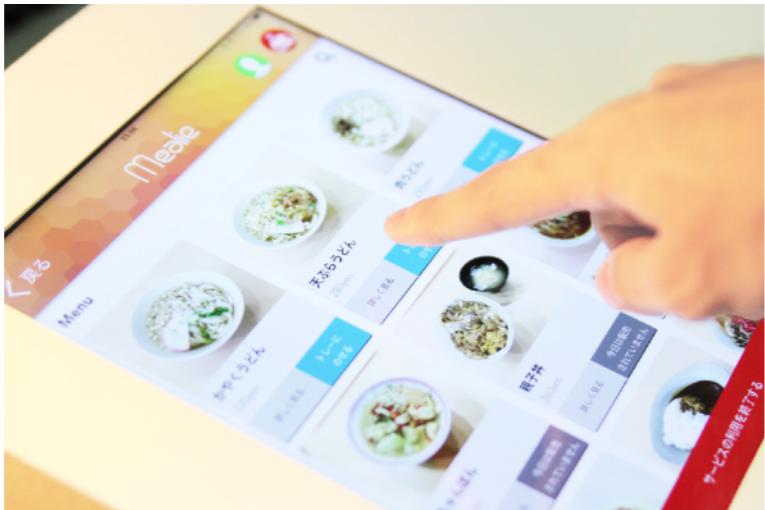


mealie
—学食食券オンライン予約システム—

「学食をもっと手軽に」をコンセプトに作られた、学食の食券を教室のタブレットから予約できるシステム

Mealie —ミライ— (2016年)

11



タブレットから簡単に予約可能



メニューごとの売れ行きを確認可能



ログインはICカードの学生証を利用



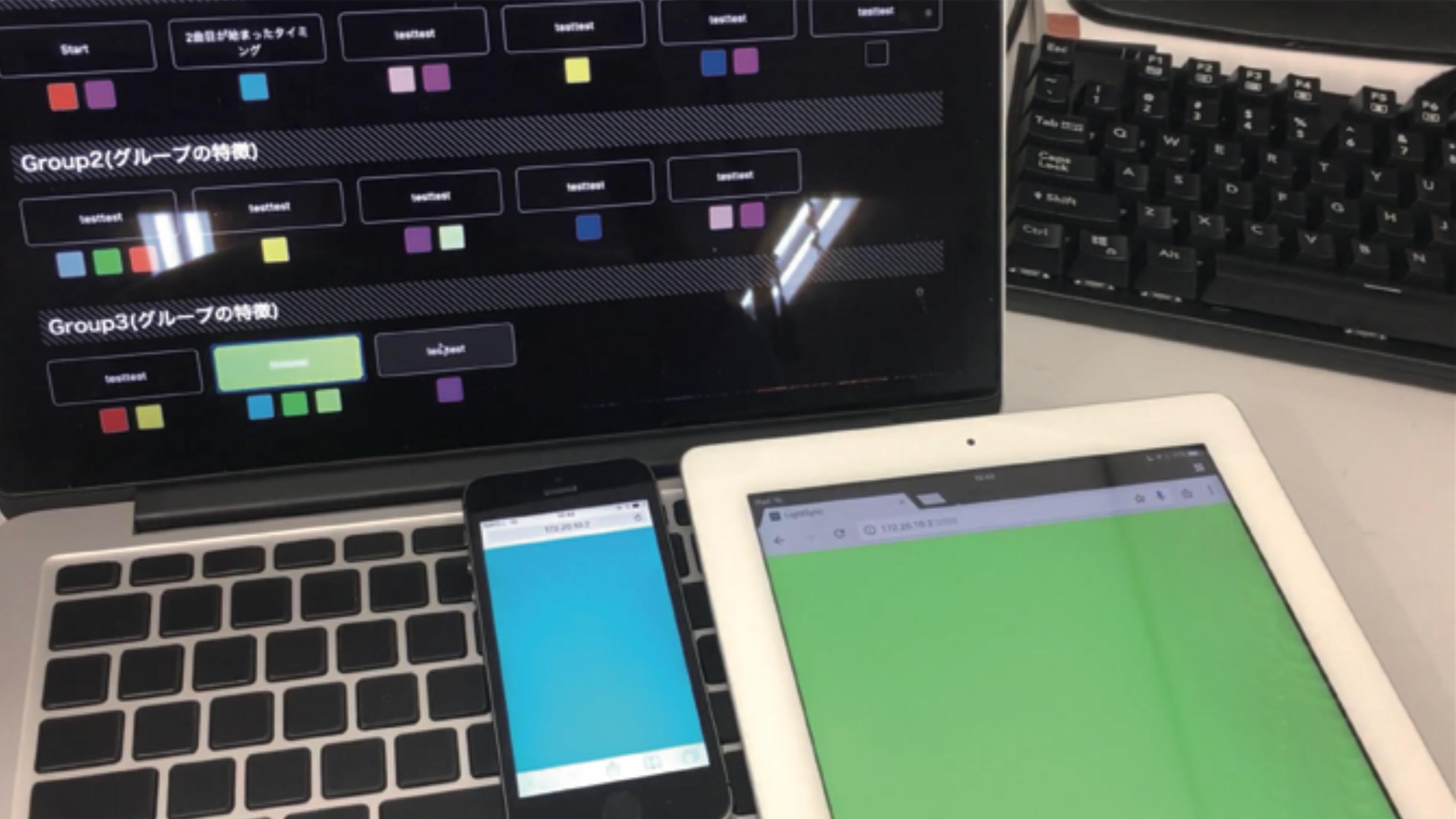
メニューの管理もスマホから簡単に

U-22プログラミング・コンテスト2016
経済産業省商務情報政策局長賞/スポンサー企業賞 受賞



日常の中で自然を感じることができるメ
ディアアート

<https://youtu.be/LRYY6mxZe4M>



LightSync

The 43rd NIT, TC Fest. Fashion Show.

観客のスマートフォンをサイリウムに

<https://youtu.be/fdmjOjeI4Qo>



風が吹けば
桶屋が
儲かる



<https://youtu.be/p9KBSNagYlo>

自己紹介

経歴 / 趣味 / etc...

プロコン

Smart枕

Mealie —ミライ—

その他…

研究

複数台の赤外線カメラとプロジェクタのキャリブレーション

ToFカメラの計測歪みを用いた水深の多点同時測定

水などの液体を媒体としたインタラクティブアート作品が
多く制作されている



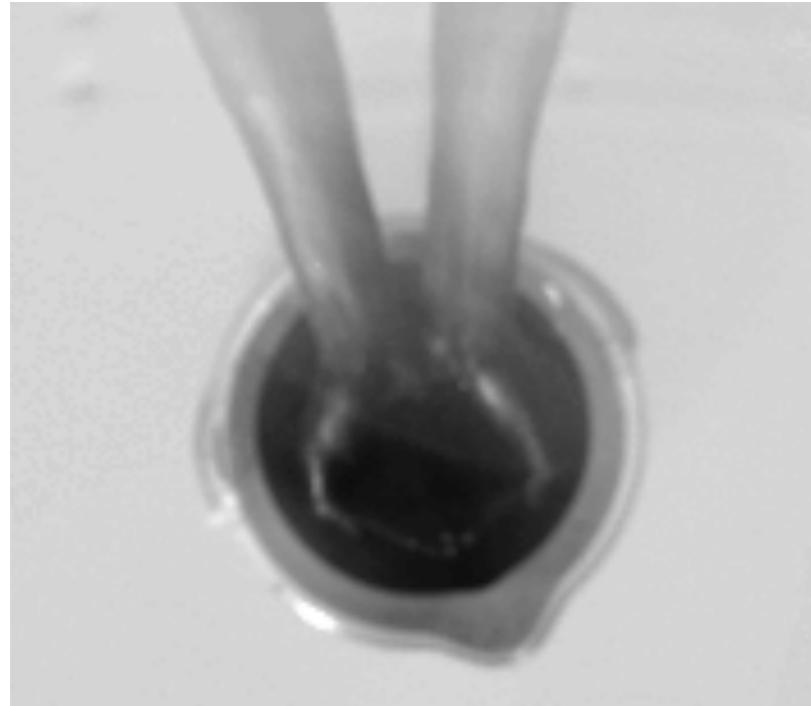
FairLift

水中および水上に表示された空中像をすくい
上げるインタラクションを実現

Yu Matsuura, Naoya Koizumi, "FairLift: Interaction with
Mid-air Images on Water Surface," ACM SIGGRAPH
2018 Emerging Technologies.

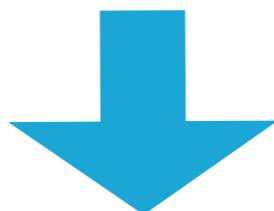
手の中の透明な水の領域検出

17



一般的なRGBカメラでは透明な水を検出することができないが,
水が 波長1,450nm 付近の赤外線を吸収する性質を利用すると、透明な水を黒く映すことが可能

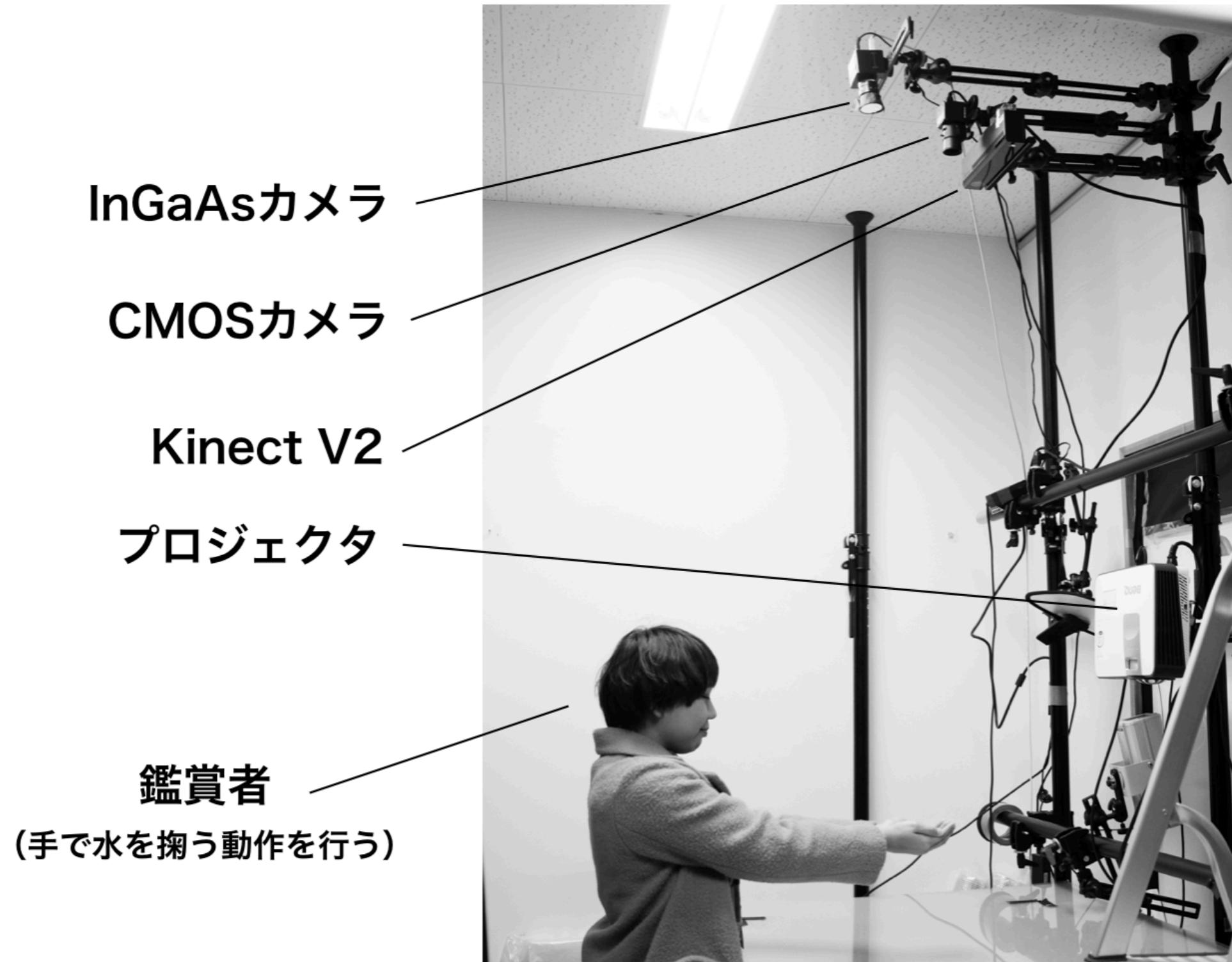
すくい上げた水と、手に含まれる水分の区別が必要



異なる波長の複数枚の赤外線画像の特徴の差を比較

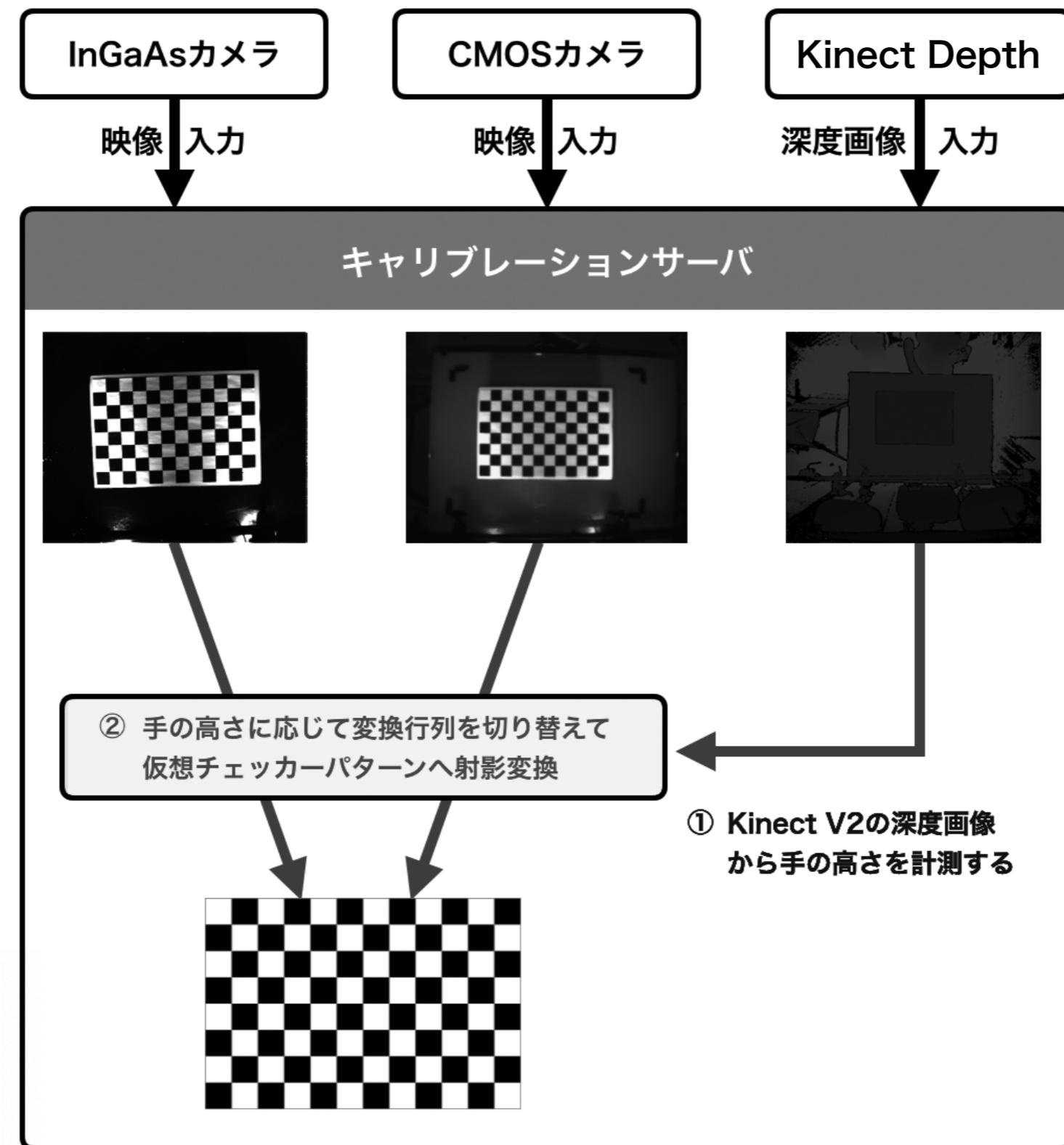
本研究で用いる機材

18



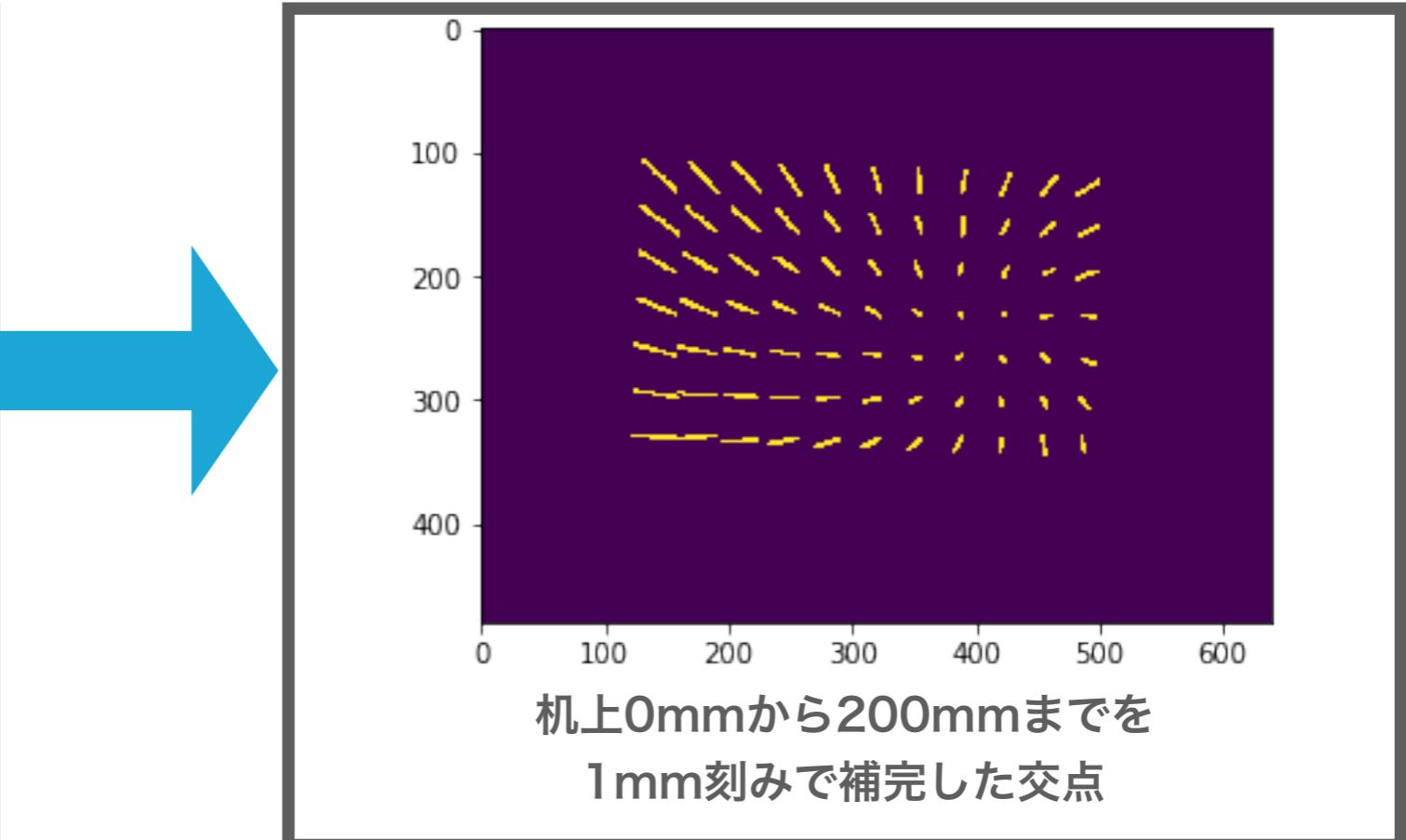
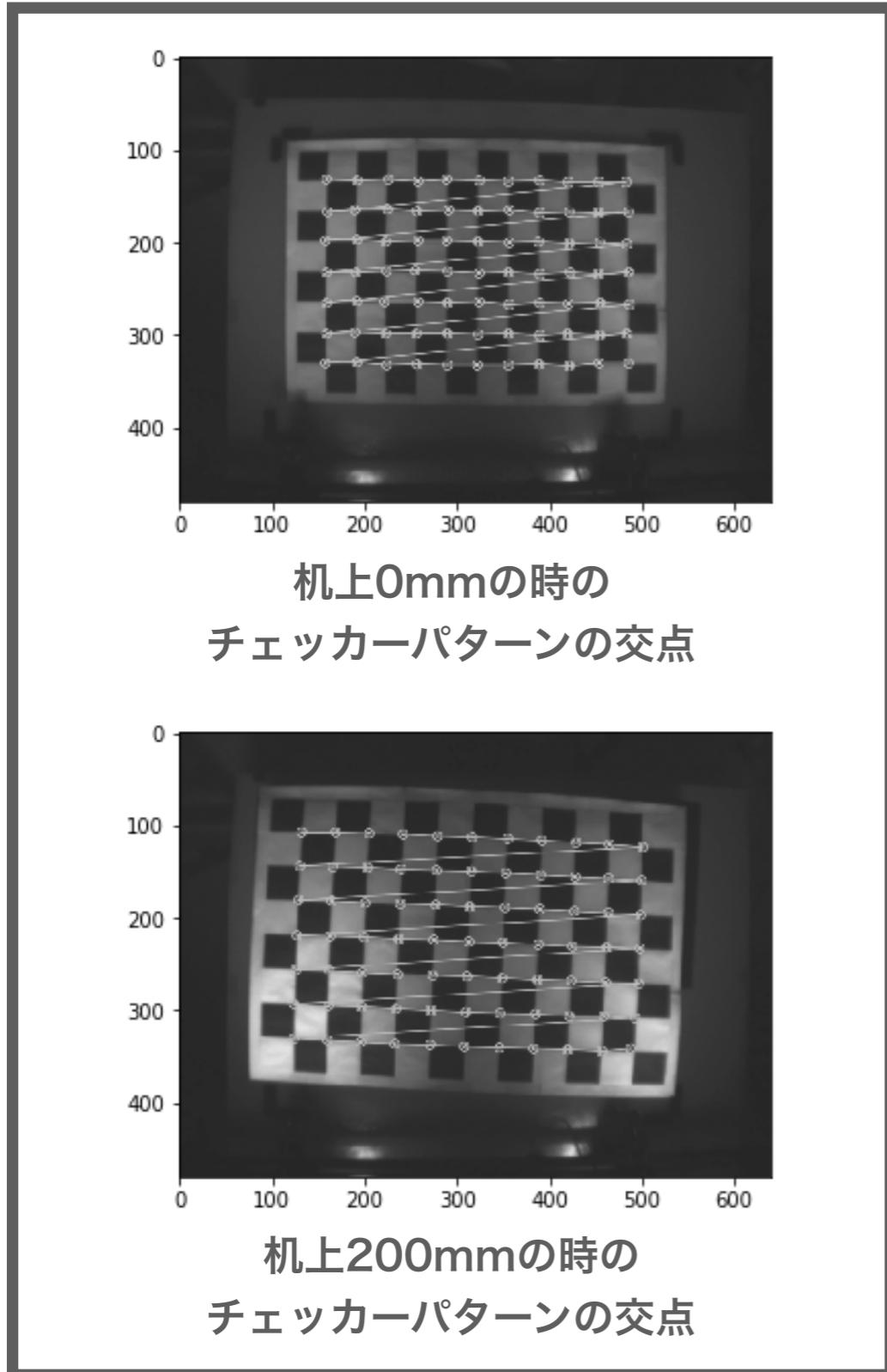
キャリブレーションシステムの概要

19



手の高さに応じた変換行列の用意

20



補完した交点を基に、机上0mmから
200mmで1mm刻みで変換行列を求める

手の高さの計測

21

Kinect V2から入力された深度画像



距離が最も短い値



机上からのKinect V2の設置高さから、②で求めた距離を減ずることで、手の高さを求める

①

テーブル中央部のみが
写るようにクロップする

②

クロップした深度画像の中
で最も距離が短い値を取得

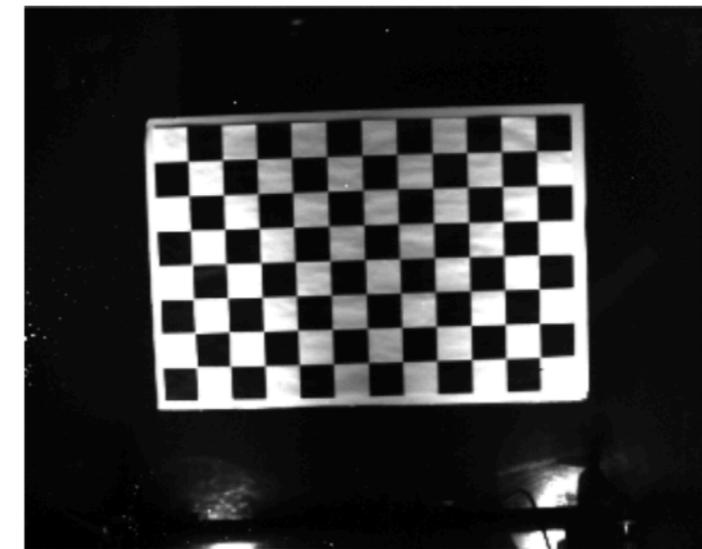
変換行列の切替とキャリブレーションの適用

22

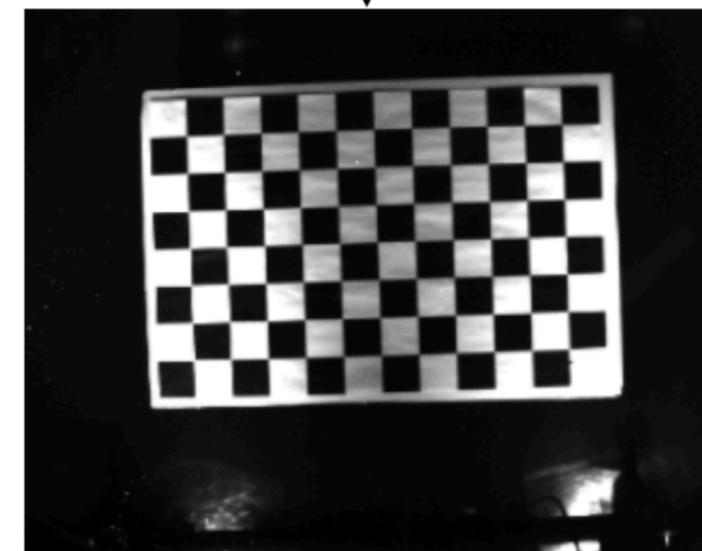
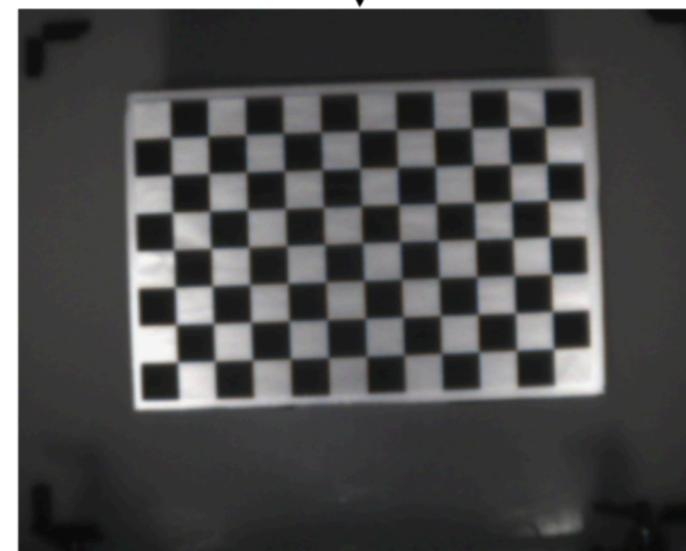
CMOSカメラから入力された画像



InGaAsカメラから入力された画像



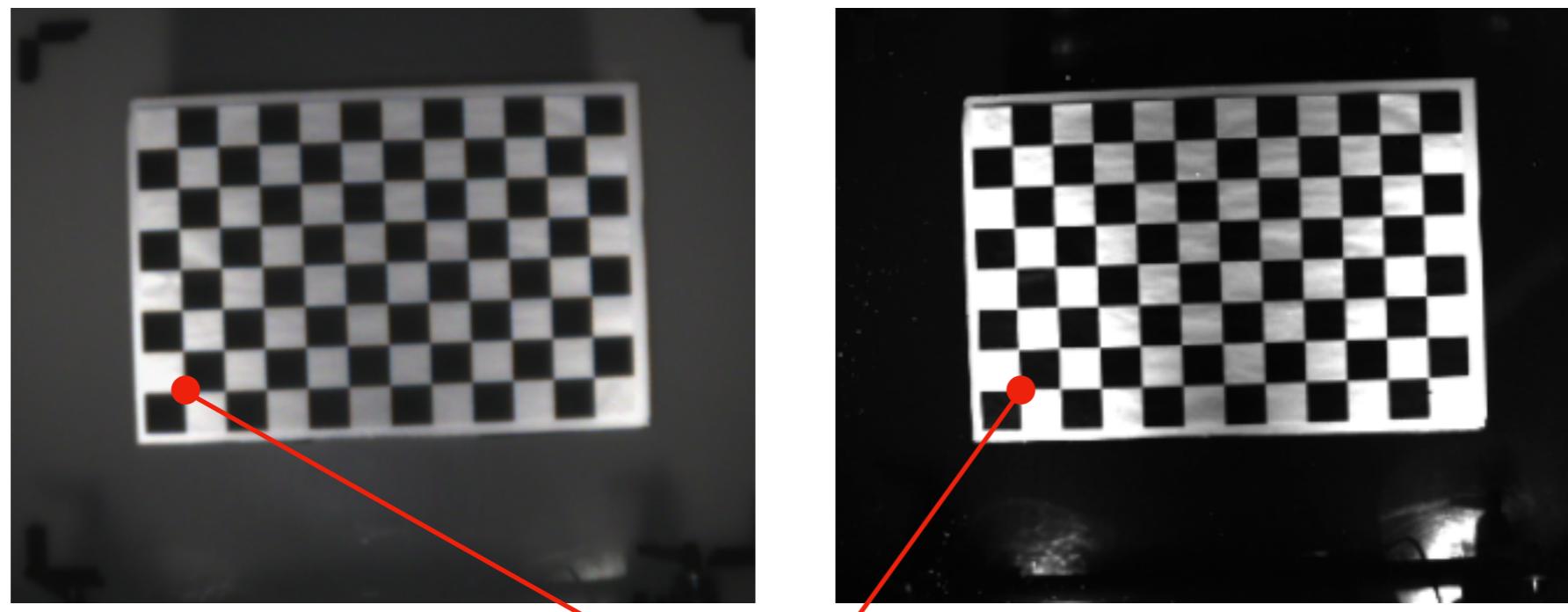
手の高さに応じて選択した変換行列を基にキャリブレーションを適用



キャリブレーション精度の評価

23

キャリブレーション適用後の2枚の画像において、対応するチェックバターンの交点の平均二乗誤差平方根の大きさを評価



対応点の画像上の座標のズレの大きさを評価

評価は机上0mmから200mmの間で50mm刻みに実施

高さ [mm]	誤差：X 軸 [mm]	誤差：Y 軸 [mm]
0	11.7	3.9
50	9.8	3.9
100	9.5	2.9
150	9.8	3.2
200	8.8	2.9

先行研究より、2mmから3mmの精度低下が見られた。

特にX軸方向に関しては誤差が大きいため、カメラの配置の見直しやKinect V2から求めている手の高さの誤差の軽減などに取り組む必要がある。

深度画像を用いた水深の多点同時測定

どの手法も単一の位置における水位を計測するのみであり、多点同時計測に適していない



「超音波センサ」を用いる手法



多点同時計測を行うにはセンサをアレイ状に配置する必要があり、構成が複雑化する

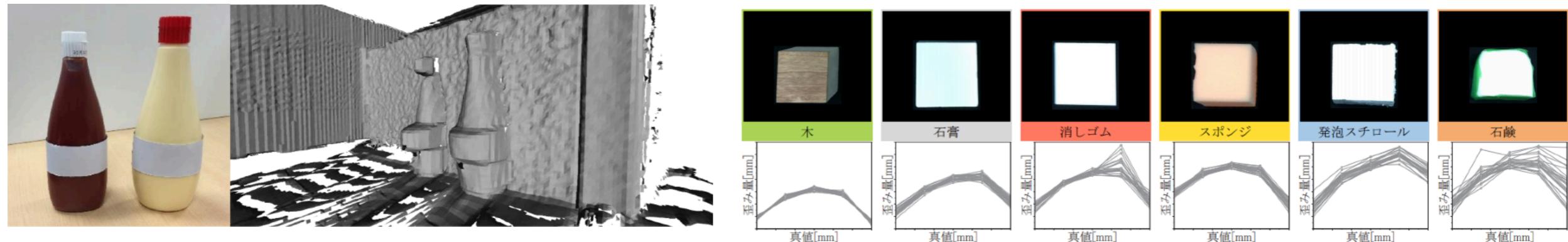


「うき」を用いる手法

アート作品に用いる場合、外見上好ましくない

深度画像による水深の多点同時測定

Time of Flight (ToF) カメラを用いて半透明物体の深度情報を取得した際に
生じる奥行き方向の計測歪みを利用

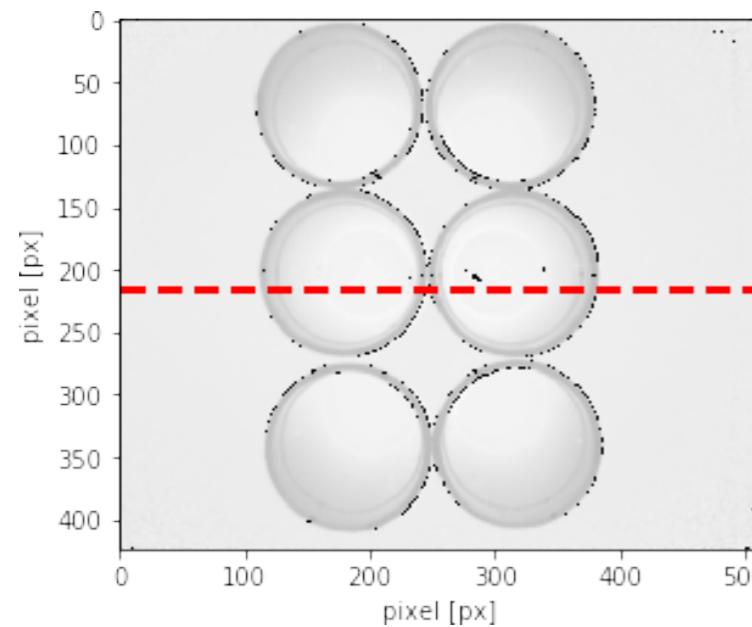


半透明物体の材質によって歪み量が変化することを用いて、半透明物体の材質分類を行う

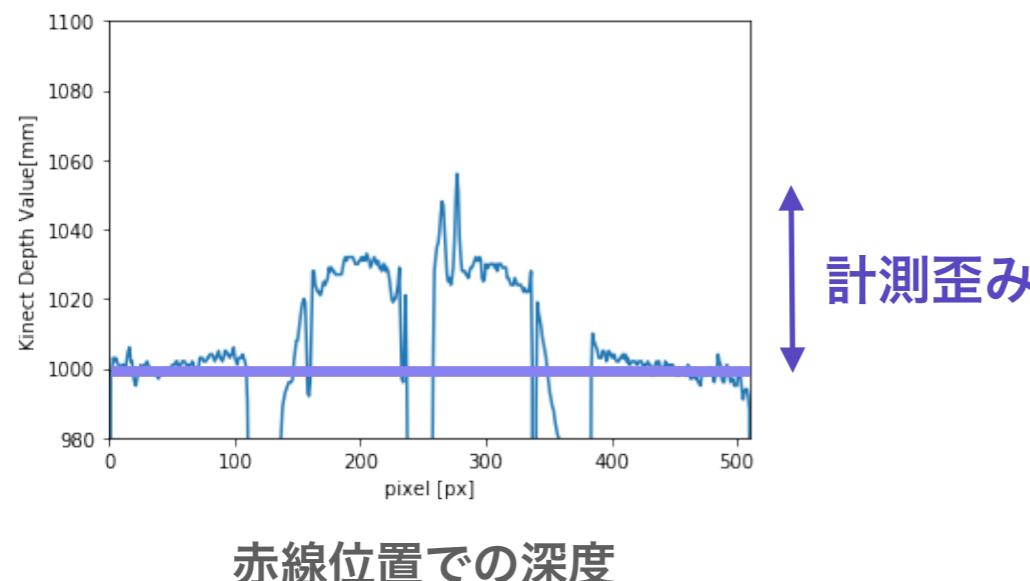
岩口優也, 田中賢一郎, 青砥隆仁, 久保尋之, 舩富卓哉, 向川康博, "ToFカメラの距離計測歪みを手掛かりとした半透明物体の分類,"
情処研報 CVIM 203-12, Sep. 2016.

水における深度情報の計測歪み

28



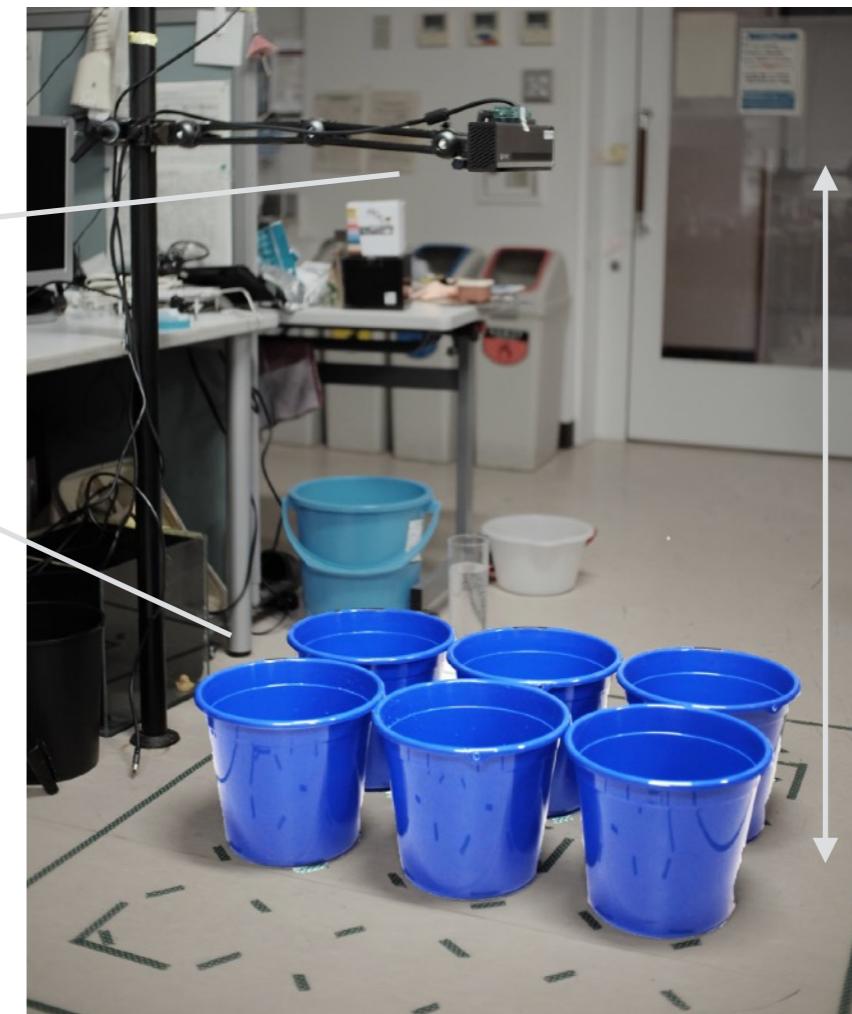
深度画像



赤線位置での深度

Kinect V2

バケツ



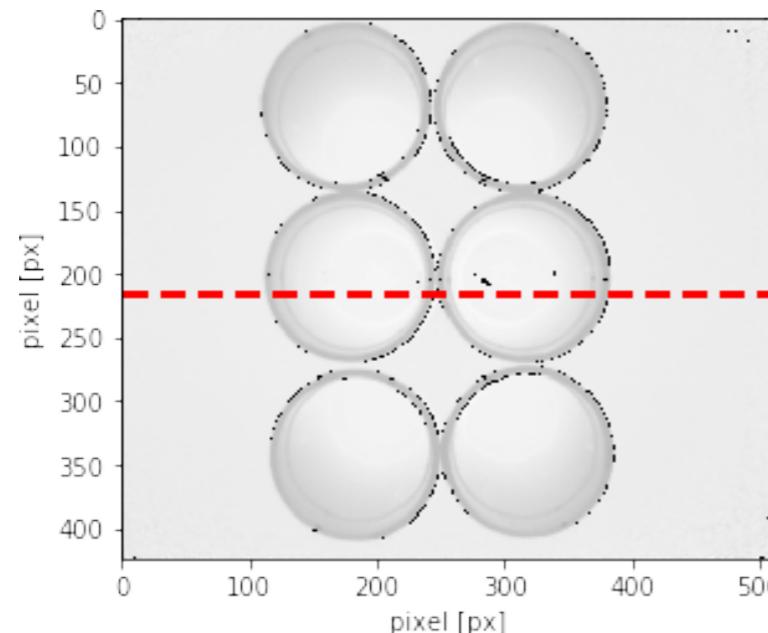
計測風景

設置高さ
1000mm

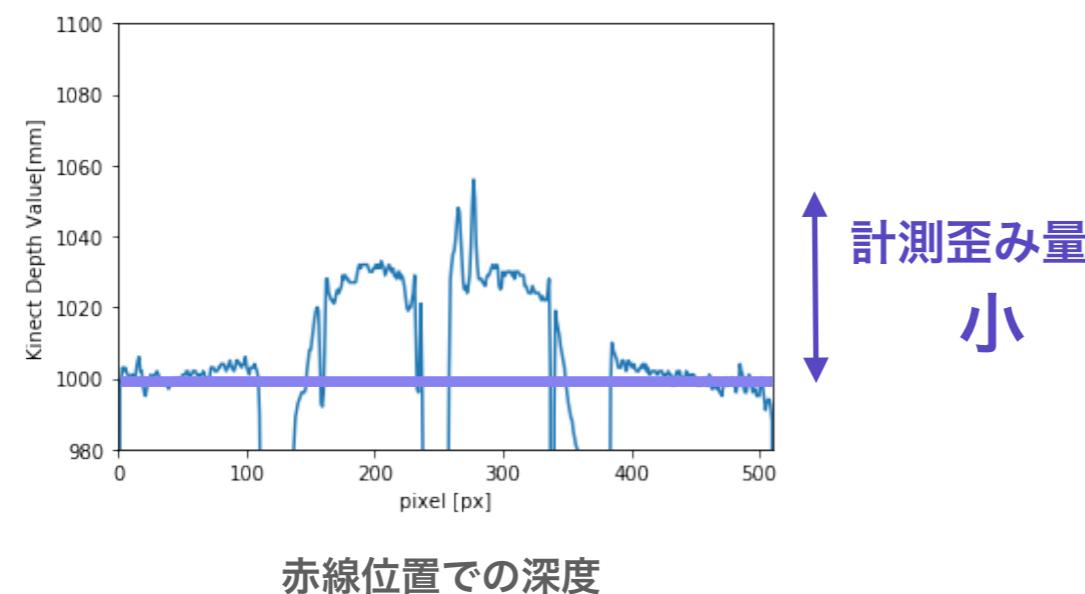
水深の深さに比例して深度値の計測歪み量も大きくなる

水深に比例して計測歪み量も大きくなる

水深：20mm

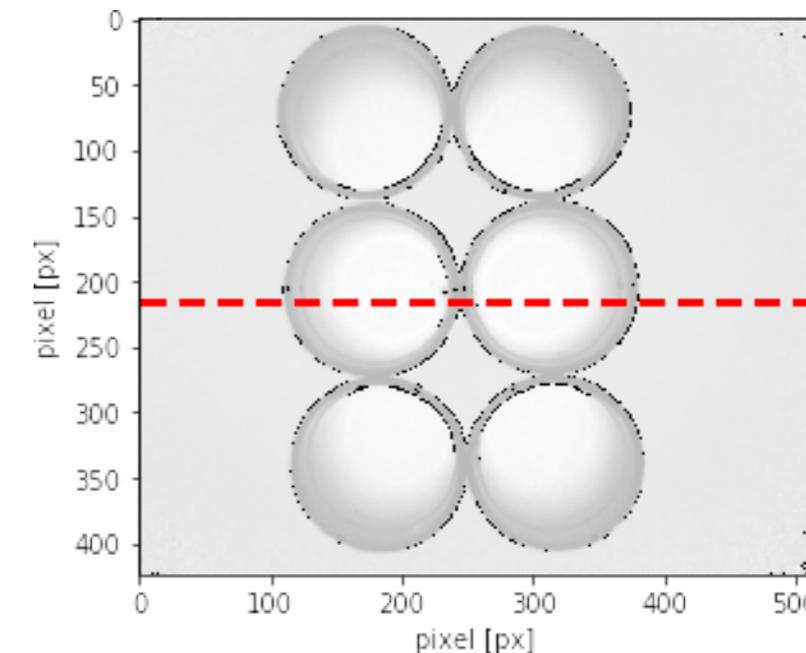


深度画像

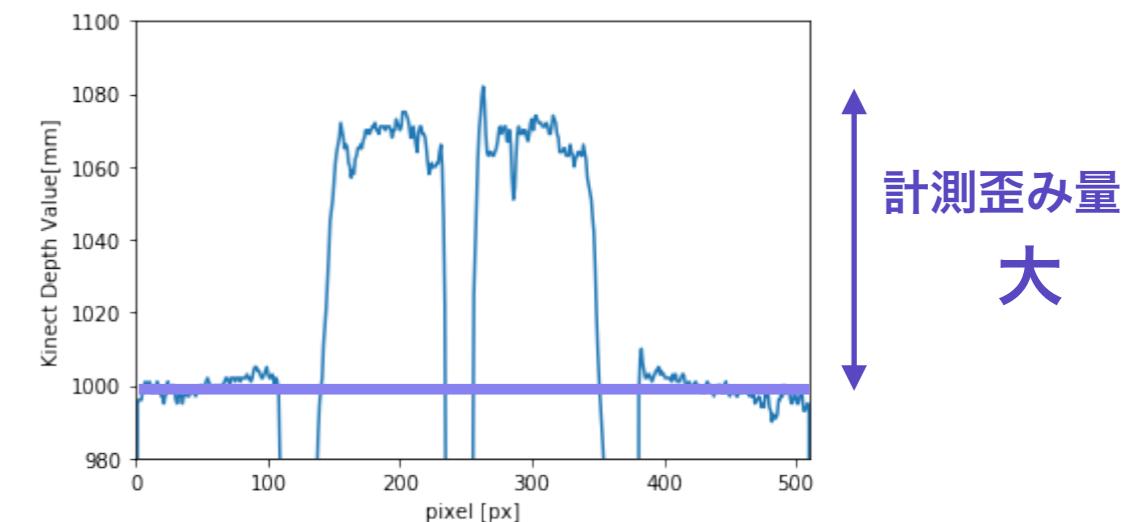


赤線位置での深度

水深：170mm



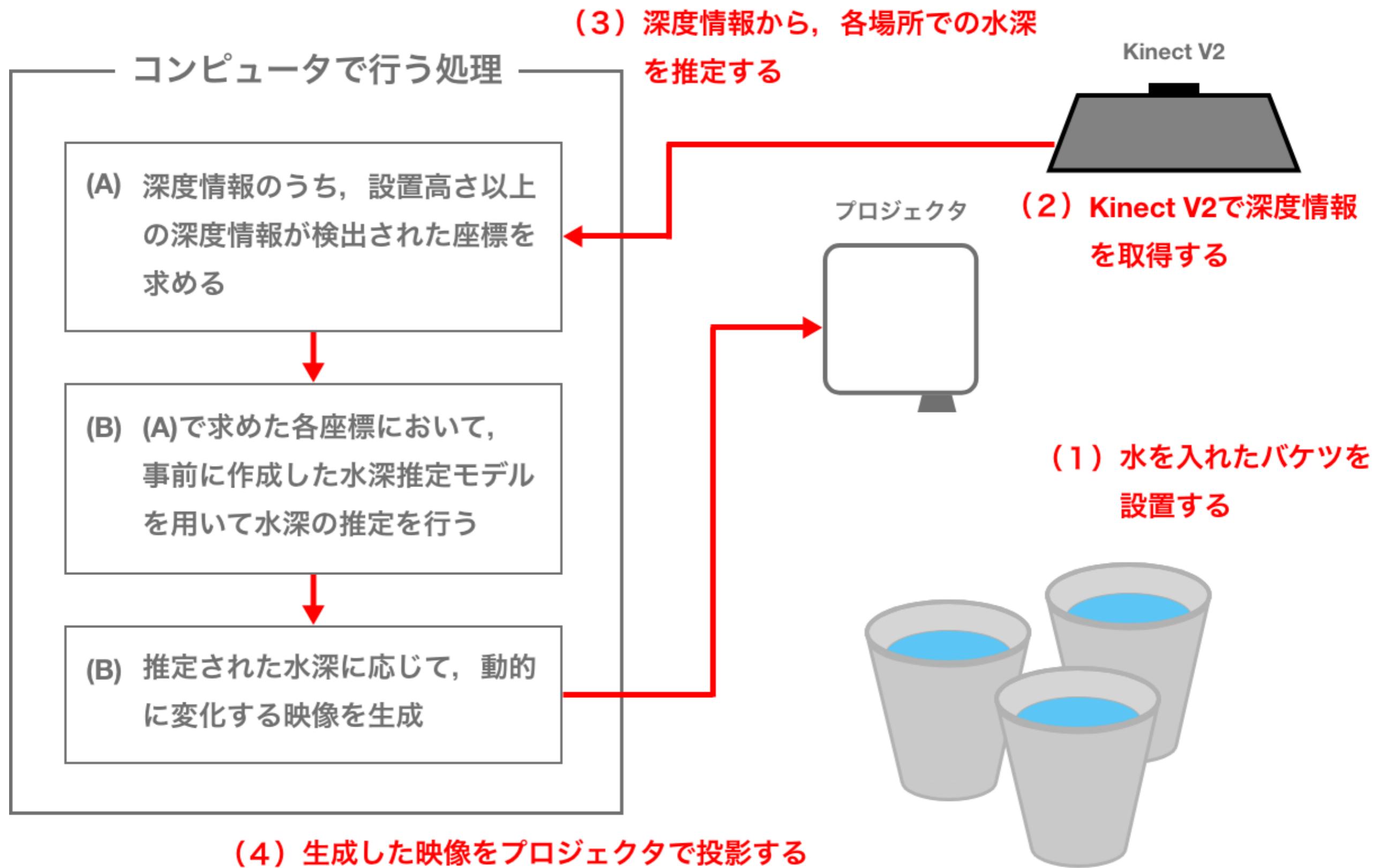
深度画像



赤線位置での深度

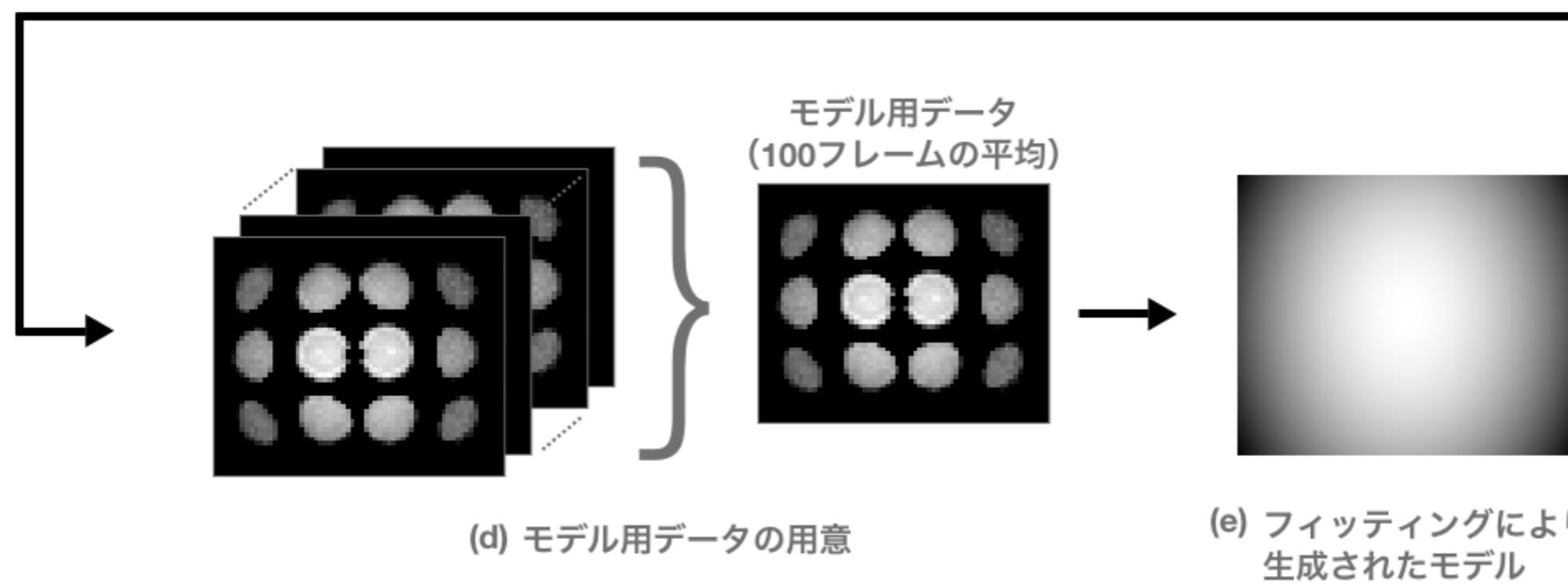
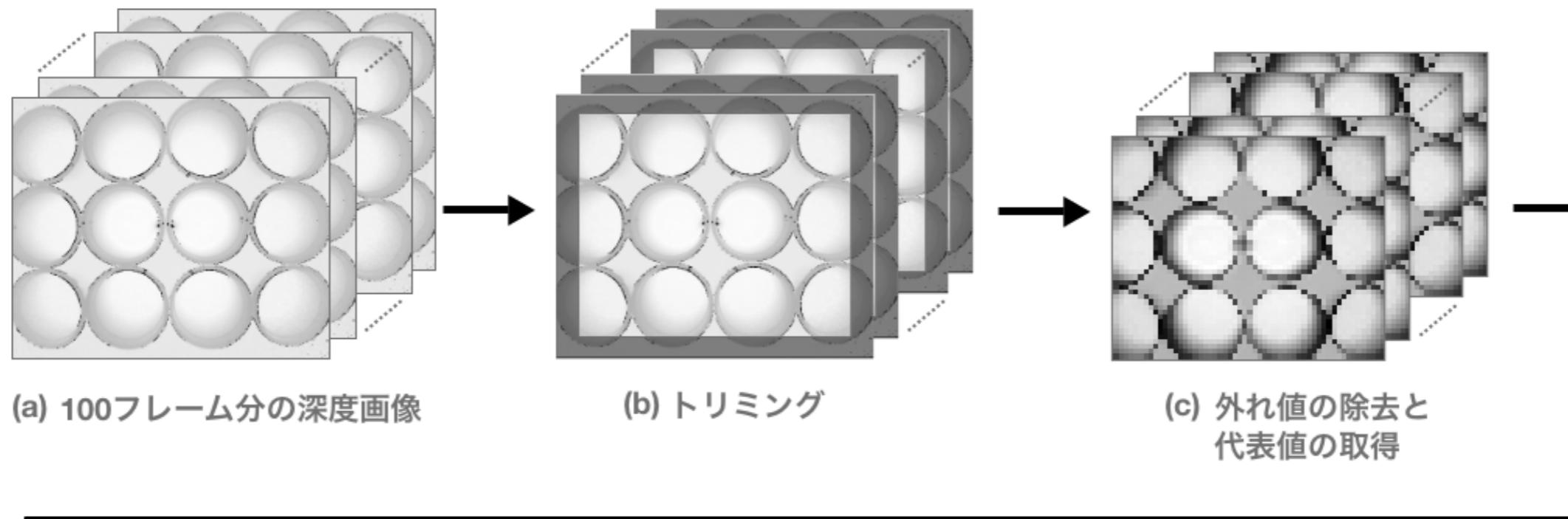
提案手法の流れ

30



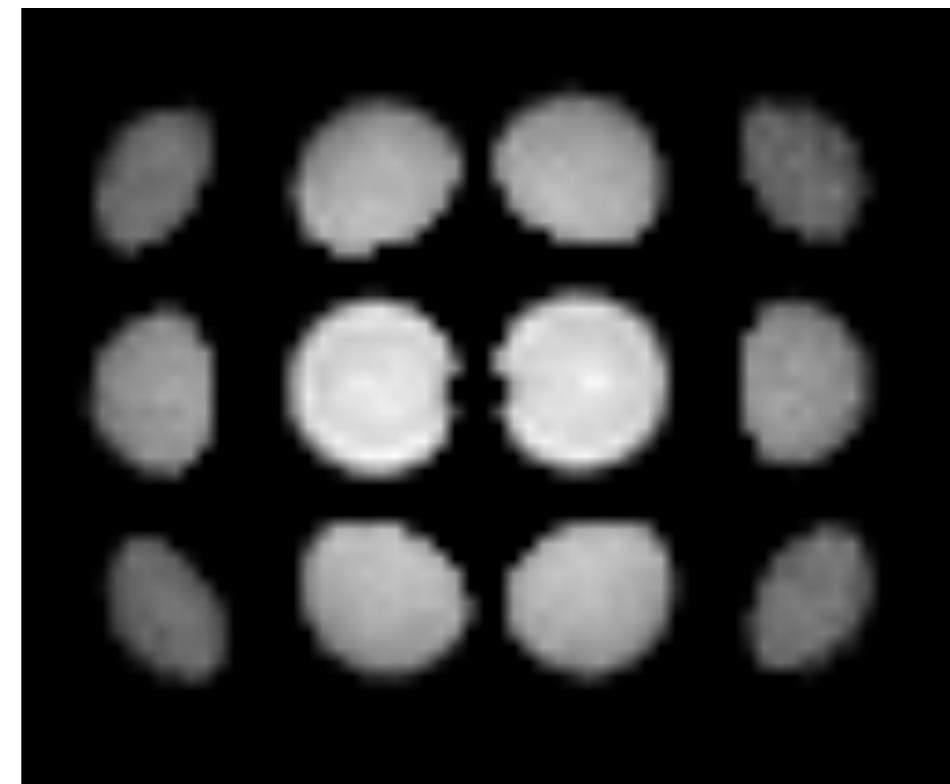
水深に応じた深度情報のモデル化

31



- (e) モデル用データに基いてカーブフィッティングを行い、深度情報モデルを生成。

同じ水深であっても、画像中心部ほど深度値が大きく、端になるほど深度値が小さく検出される特性から、上凸の橢円放物面を基に評価関数を設定



モデル用データ

(e) モデル用データに基いてカーブフィッティングを行い、深度情報モデルを生成。

$$\text{評価関数 } f = \sum_{x=0}^X \sum_{y=0}^Y \{d(x, y) - (-ax^2 - by^2 + c)\}^2$$

x, y : モデル用データの座標, $d(x, y)$: モデル用データの深度値, c : モデル用データの最大値

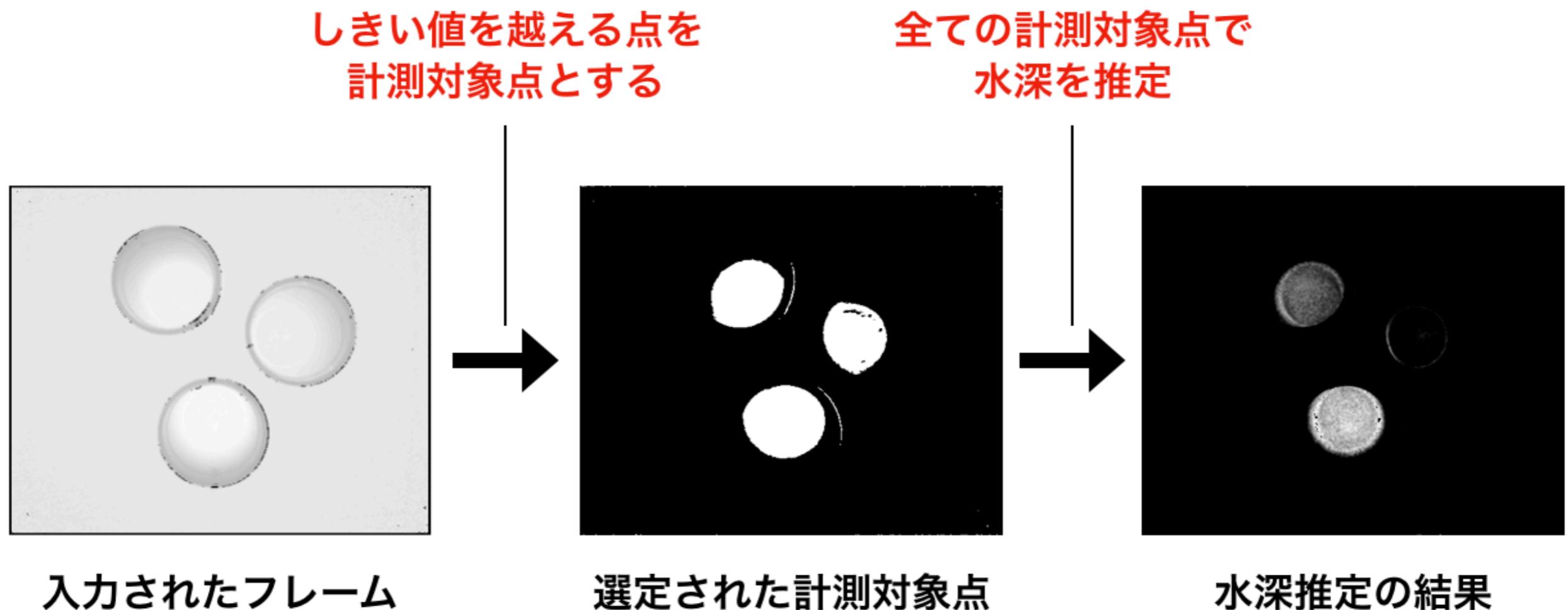
評価関数 f が最小となるような係数 a, b の組み合わせを求める



各水深でこれを求め、深度情報モデルを作成する

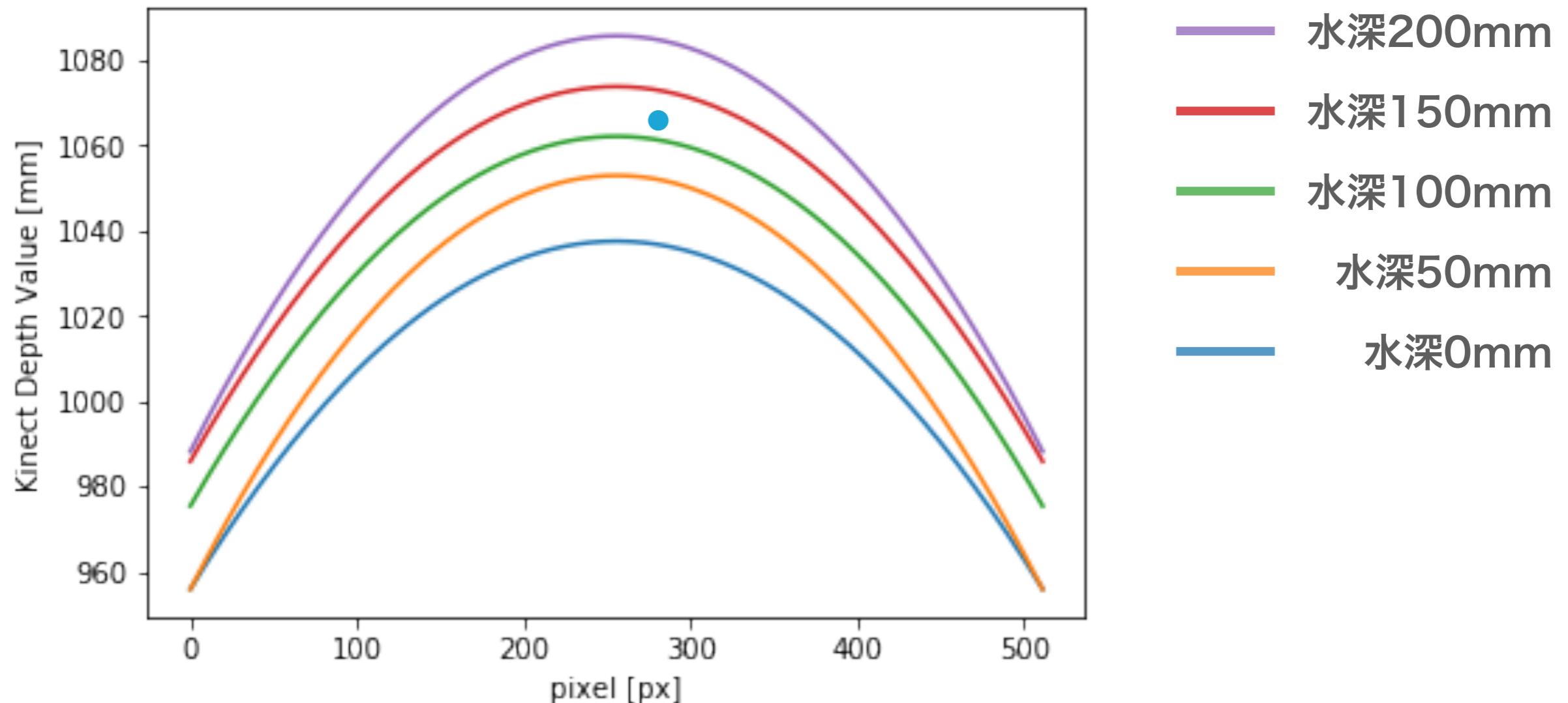
深度情報モデルを用いた水深推定

34



深度情報モデルを用いた水深推定

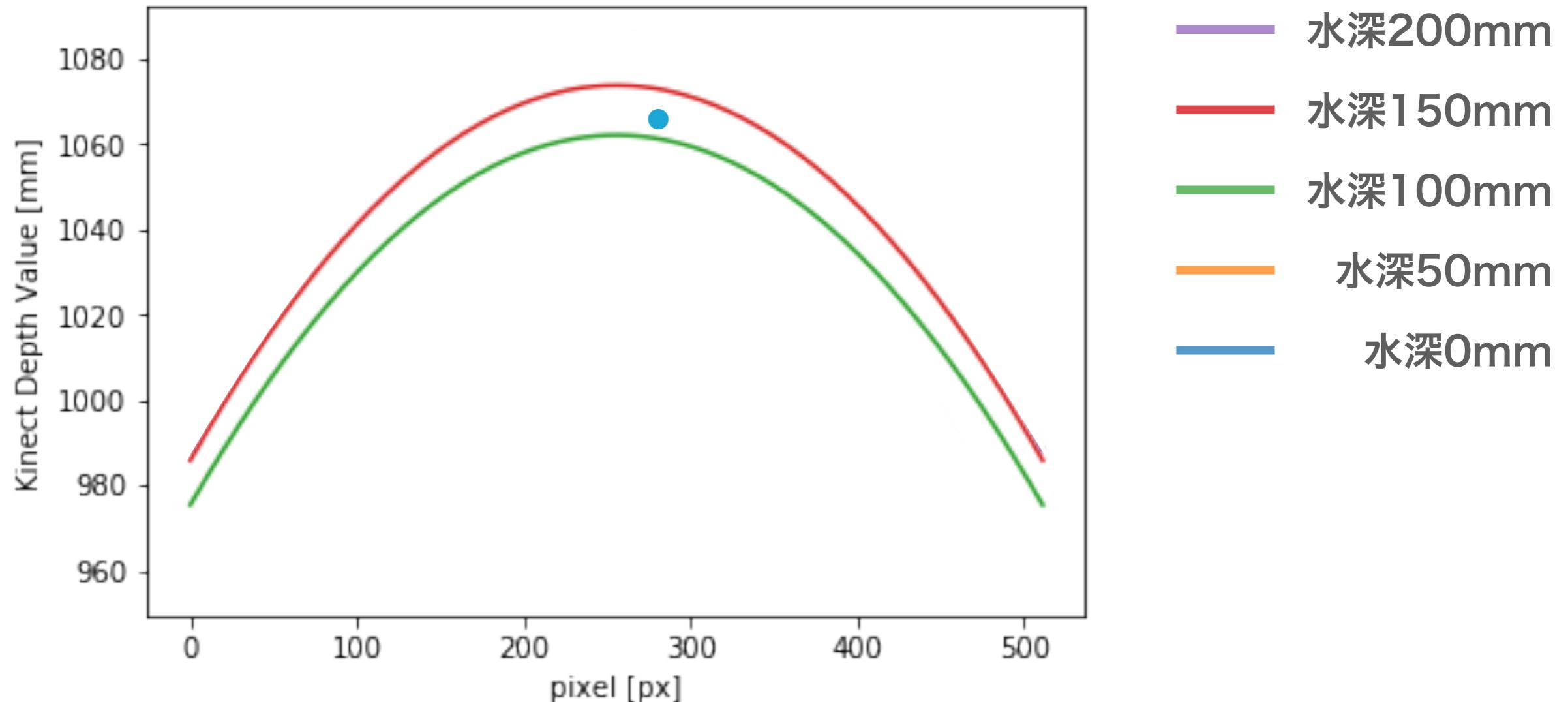
35



深度情報モデルの断面

深度情報モデルを用いた水深推定

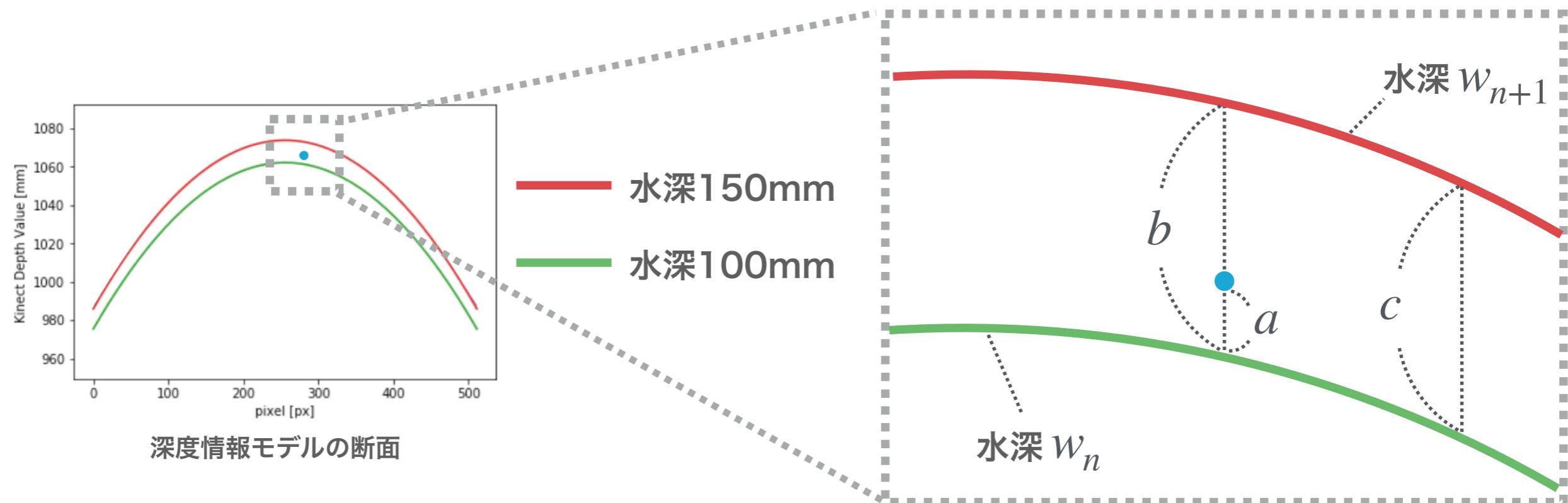
36



深度情報モデルの断面

深度情報モデルを用いた水深推定

37



a : 青丸の深度値と下側のモデルの深度値の差

b : 青丸を挟み込むモデル同士の深度値の差

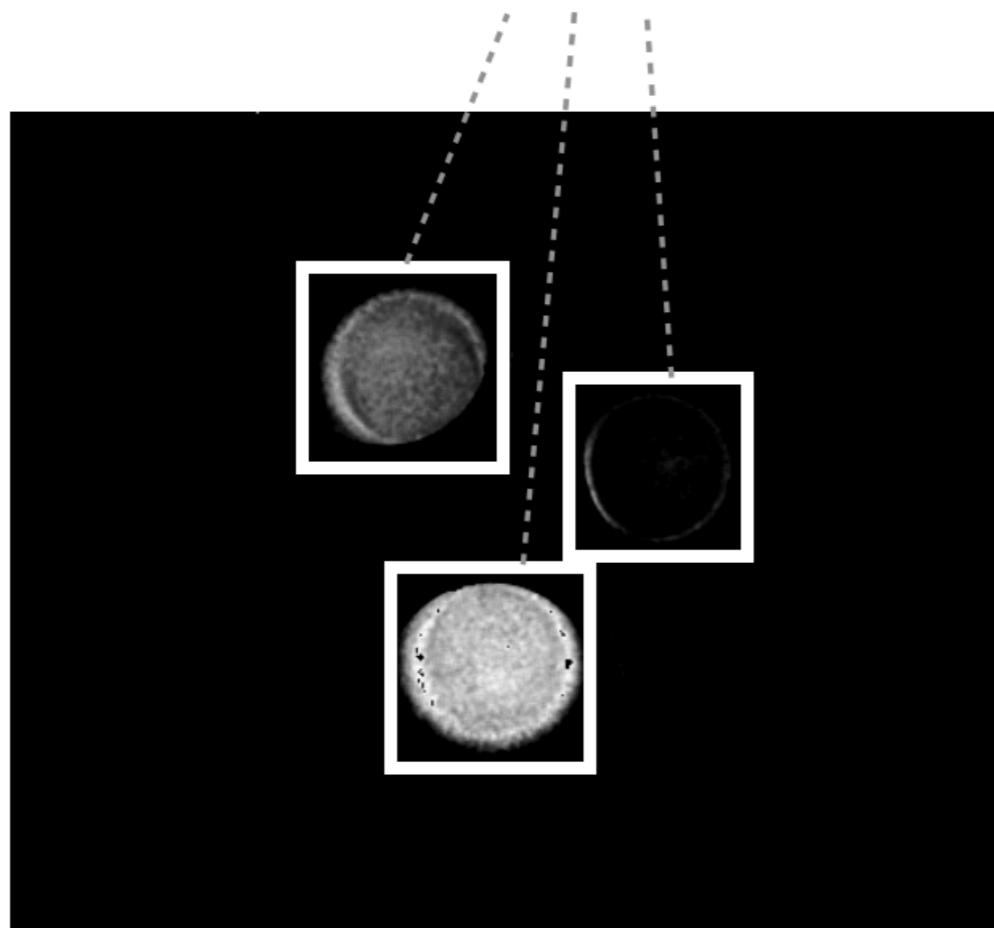
c : 青丸を挟み込むモデル同士の水深の差

w_n : 下側モデルの水深

w_{n+1} : 上側モデルの水深

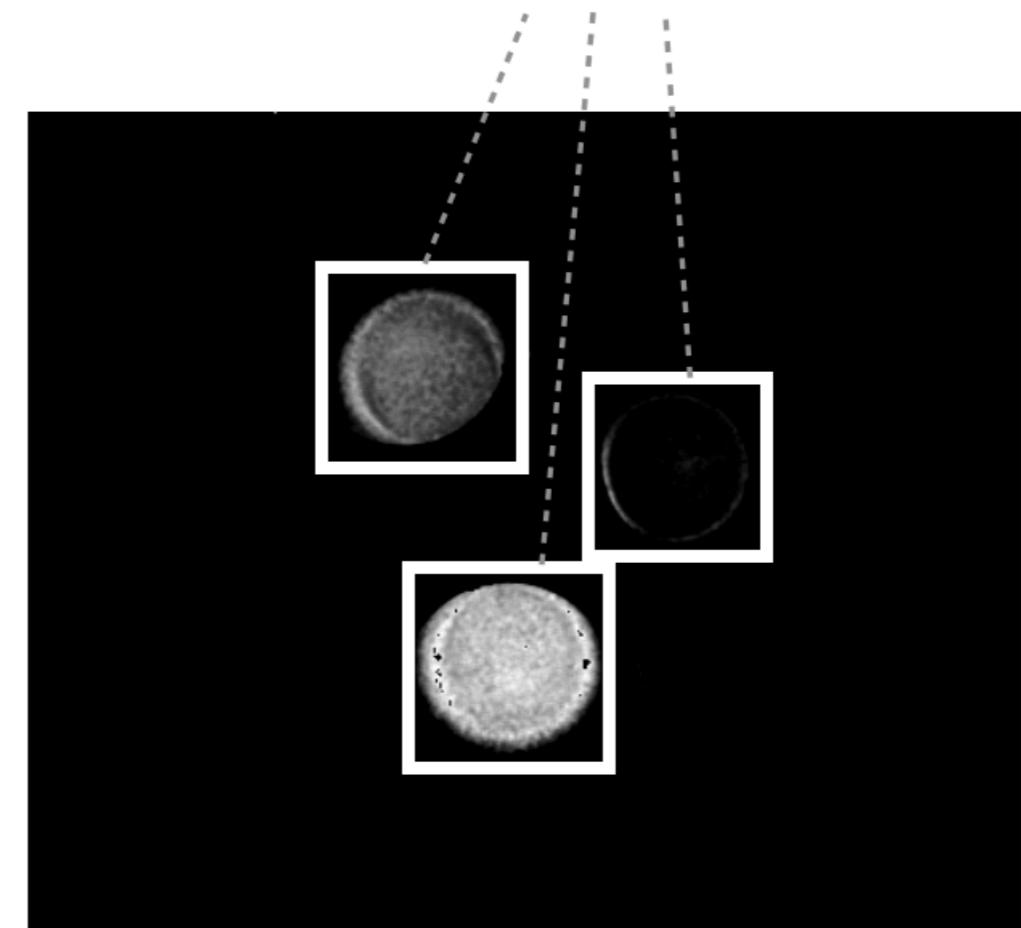
$$\text{水深の推定値 } w_e(x, y) = \frac{a}{b} \times c + w_n$$

バケツが置かれているエリアを指定



水深推定の結果

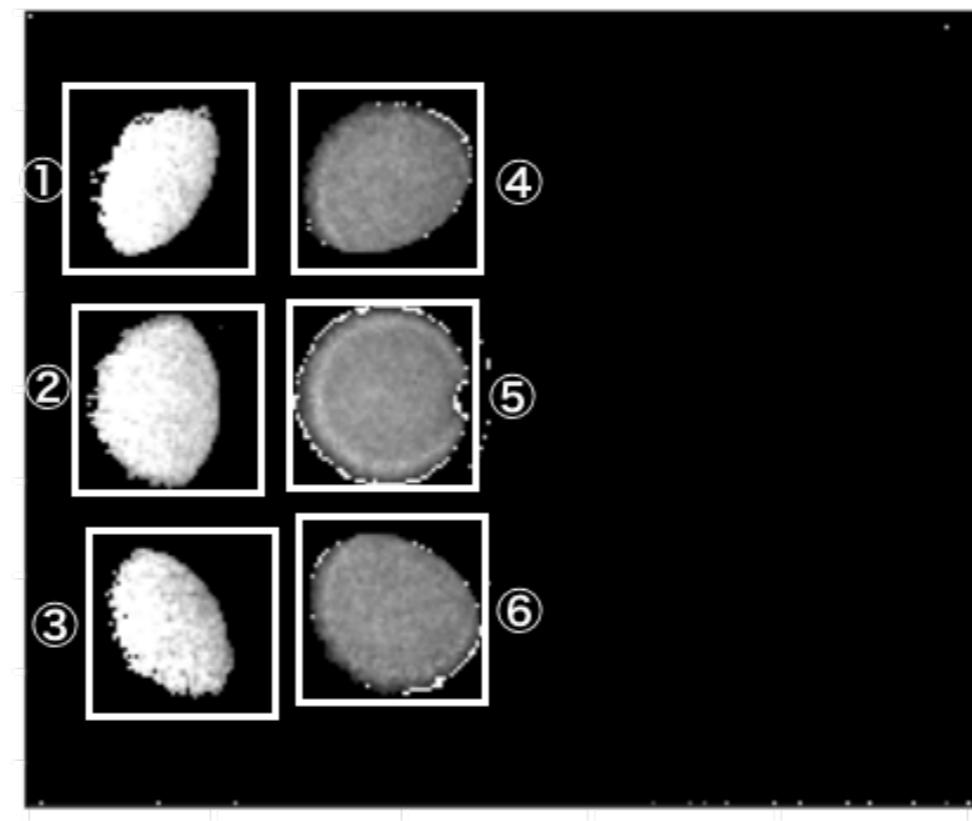
それぞれのエリアで平均と標準偏差を求める



水深推定の結果

画面端に置かれたバケツの水深推定

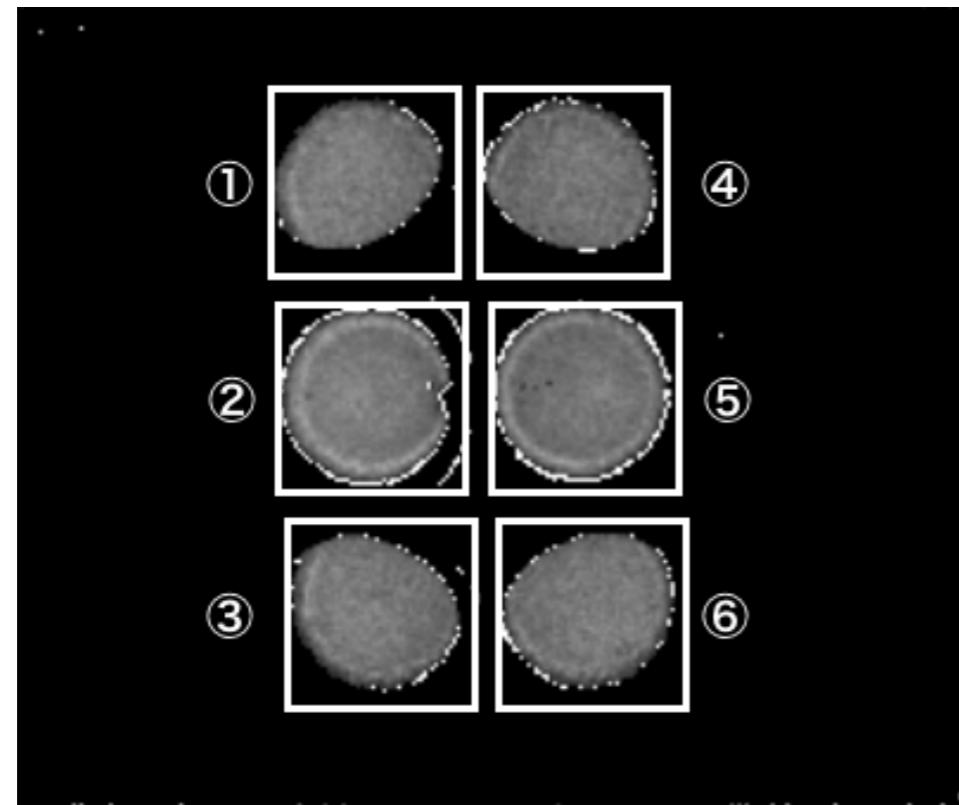
39



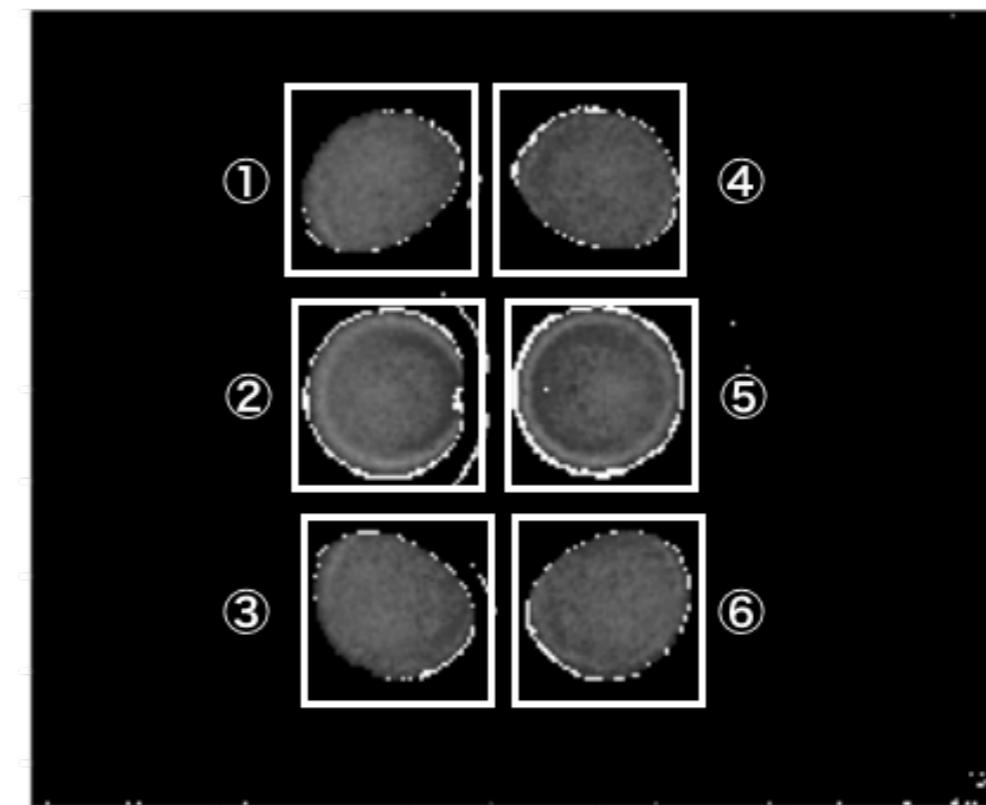
No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	200	414.5	91.83
2	200	364.0	78.61
3	200	369.8	83.33
4	200	201.1	40.95
5	200	215.0	44.74
6	200	203.7	40.70

画面中央に置かれたバケツの水深推定

40



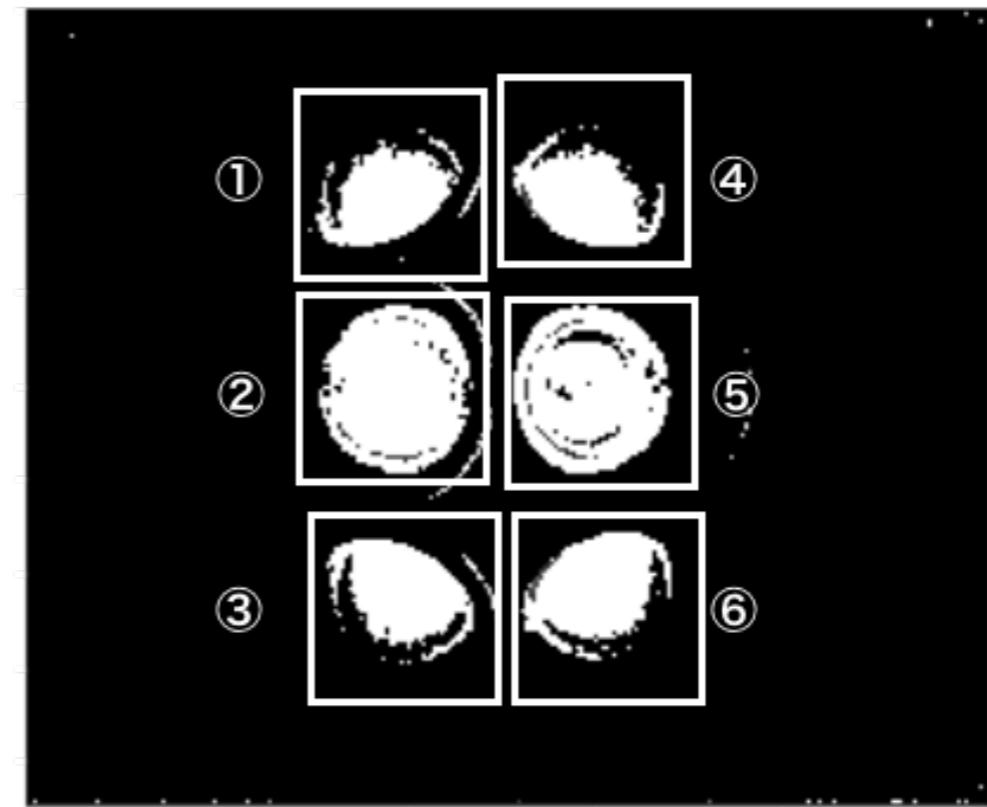
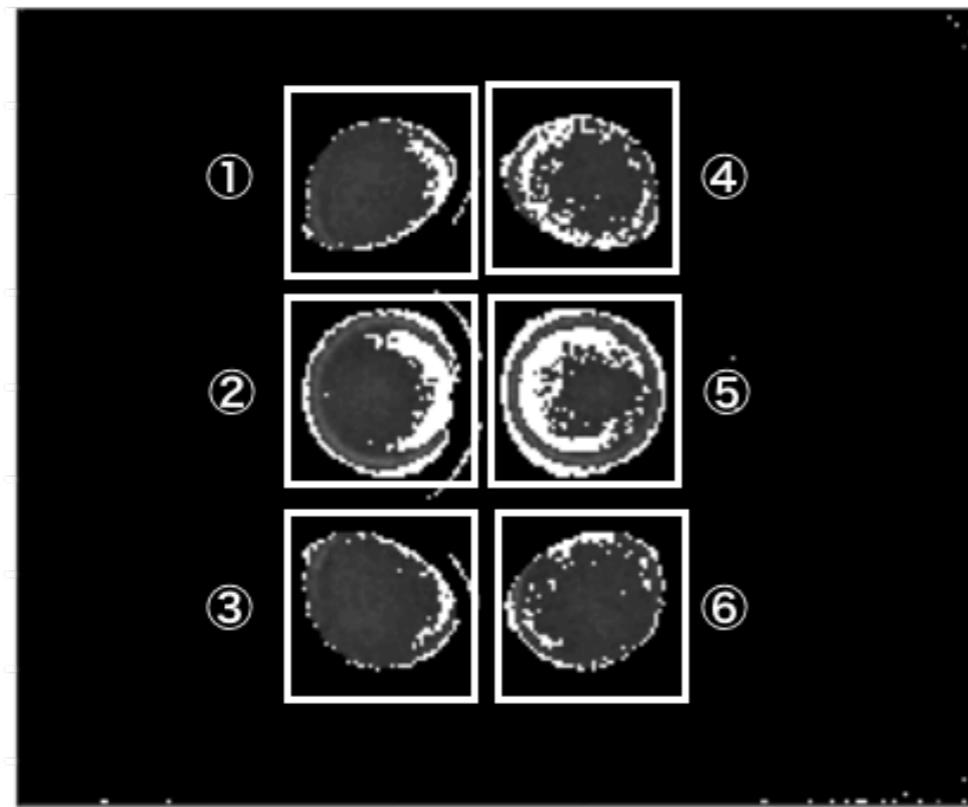
No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	170	182.1	31.64
2	170	188.2	34.70
3	170	178.0	32.04
4	170	171.1	28.71
5	170	176.9	29.73
6	170	178.6	30.40



No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	130	143.0	22.81
2	130	146.6	28.07
3	130	139.1	21.74
4	130	129.2	18.49
5	130	134.37	26.30
6	130	135.9	20.28

画面中央に置かれたバケツの水深推定

41



No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	80	93.35	9.965
2	80	98.72	19.43
3	80	93.95	9.969
4	80	85.20	7.785
5	80	93.23	17.47
6	80	88.63	9.296

No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	20	78.61	2.76
2	20	80.52	4.239
3	20	78.51	1.752
4	20	101.3	21.77
5	20	84.74	20.74
6	20	108.4	28.45

インタラクティブシステムへの応用

42



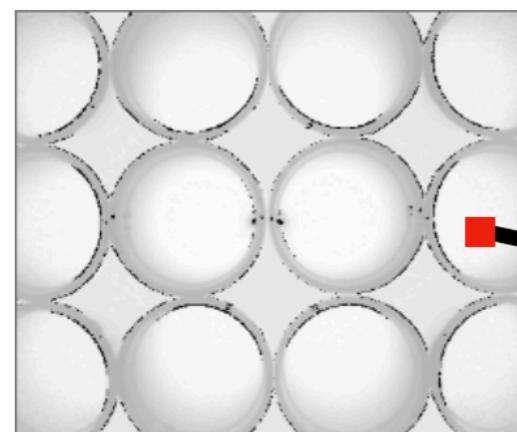
Aqua Synthesizer

<https://www.youtube.com/watch?v=hm gjRnJYTfo>

以下補足スライド

(c) 取得された深度画像に含まれる外れ値を除去する

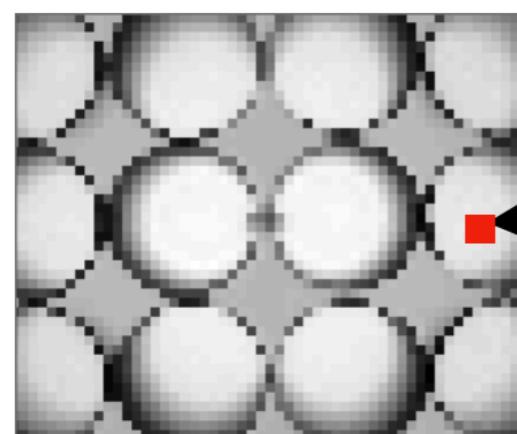
(1) 深度画像を8px四方の窓で切り出す



入力深度画像

1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006

■ 外れ値として
除去する値
■ 代表値



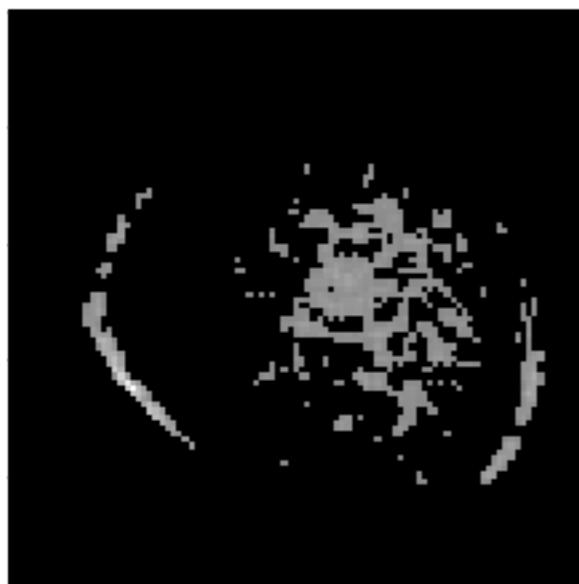
各窓を代表値で置換

(2) 上位15%を外れ値として除去

(3) 外れ値を除外した深度値の中から最も 大きい値をその窓の代表値とする

水深が浅い場合の測定限界

約70mm未満では推定精度が落ちる、もしくは計測対象領域が大幅に減少する



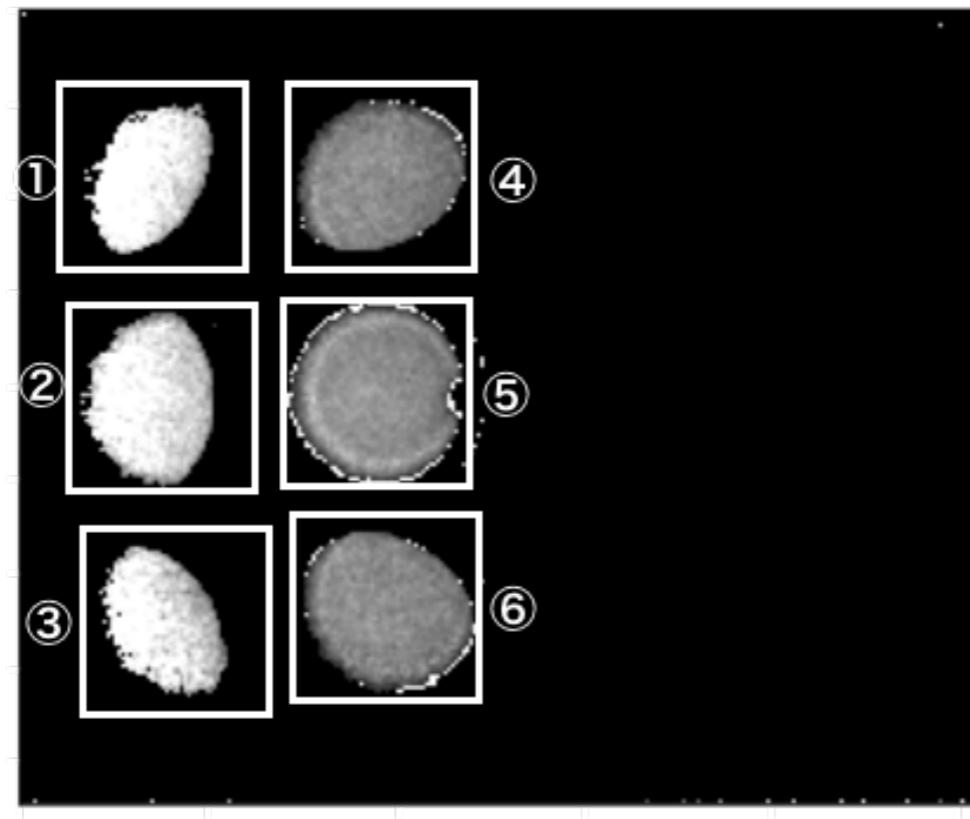
水深70mmの時の計測対象領域

まとめ

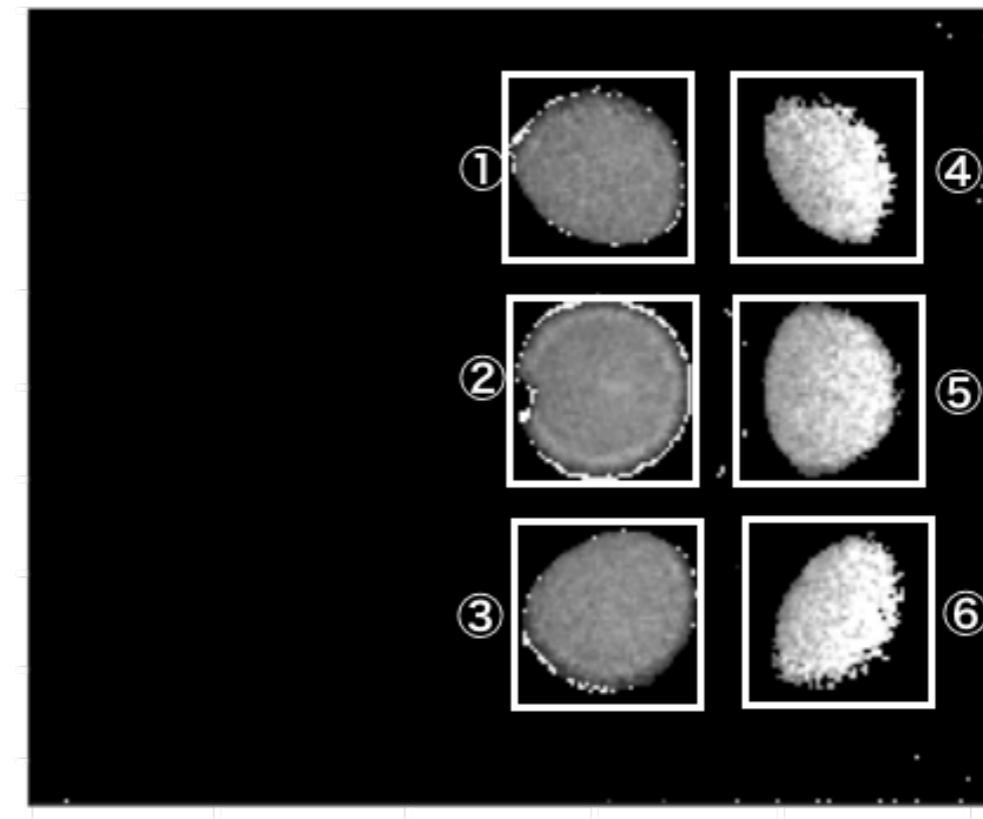
- ・ToFカメラで水面の深度情報を取得した際に生じる計測歪みを利用し、
水深の多点同時測定が行えるか検討を行った
- ・検証の結果、画面両端または水深が極端に浅い場合を除き、 $\pm 2\text{cm}$ 以内
の誤差で水深推定を行うことができた
- ・インタラクティブアートへの応用を想定したプロジェクターカメラシステムを構成し、検証を行った
- ・検証の結果、バケツが移動するような状況でも多点同時測定がリアルタイムに行えること、動的に数位が変化する状況でも正しく水位が検出可能であることが確認できた

画面両端に置かれたバケツの水深推定

47

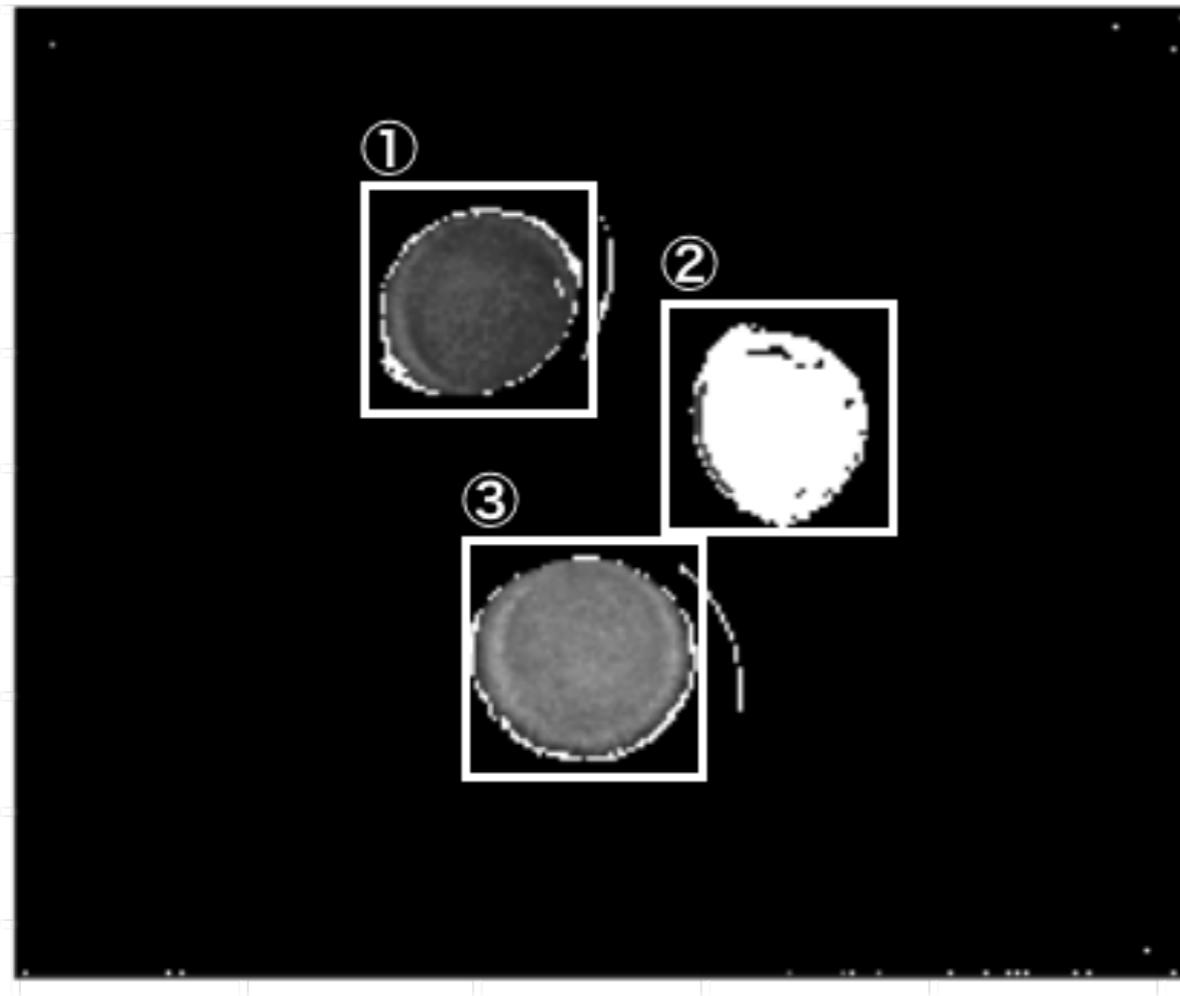


No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	200	414.5	91.83
2	200	364.0	78.61
3	200	369.8	83.33
4	200	201.1	40.95
5	200	215.0	44.74
6	200	203.7	40.70



No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	200	192.6	38.44
2	200	202.2	40.28
3	200	201.7	41.23
4	200	321.6	75.6
5	200	295.6	66.86
6	200	348.5	86.51

水深の異なるバケツが存在する場合での水深推定



No.	水深 [mm]	平均 [mm]	標準偏差 [mm]
1	110	115.2	20.13
2	30	101.7	22.91
3	180	190.3	33.37

深度画像中に水深の異なるバケツが存在する場合でも、水深が浅すぎる場合を除き、それぞれ独立して水深推定が行える