

superFGD シンチレータキューブ
撮影時の傾き補正、
撮影ジグ改善案

2020/3/10 京都大学 谷
collaborate with 小川さん (KEK)

Introduction

- Super-FGD に用いるシンチレータキューブのクオリティチェック
- 大量キューブを撮影、サイズや穴の位置に関する分布をつくる

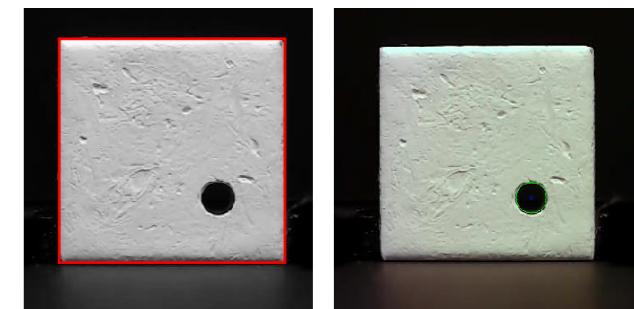
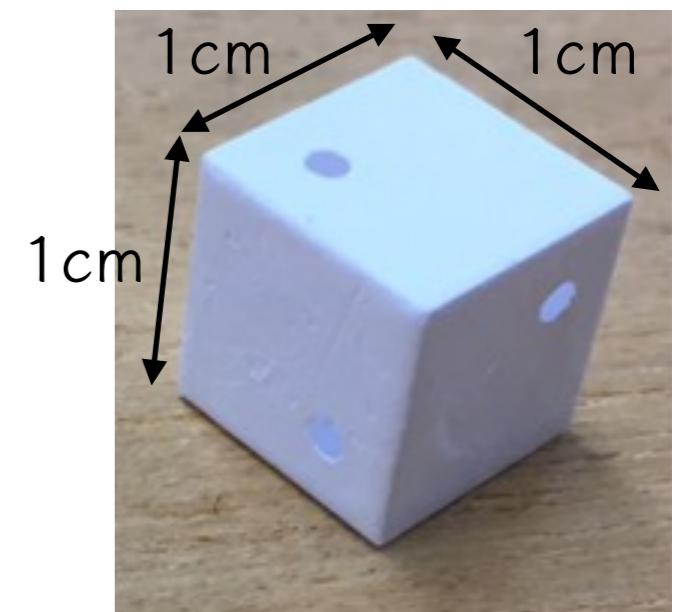
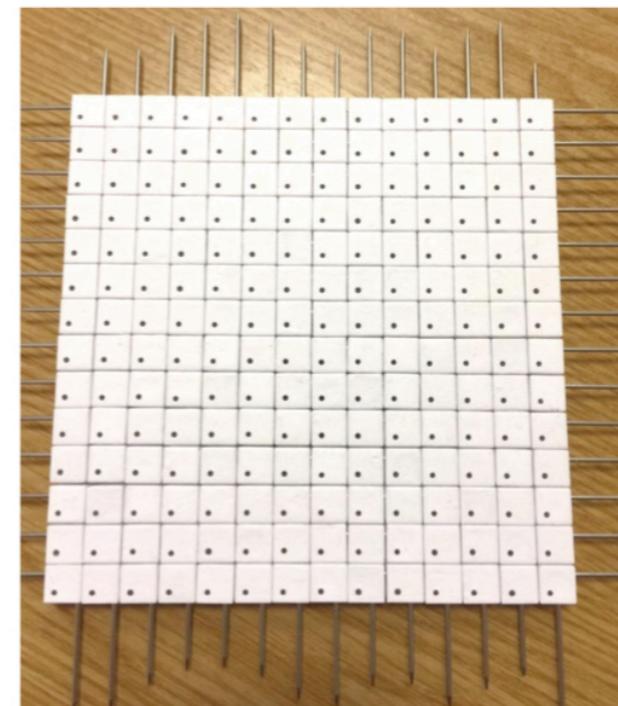
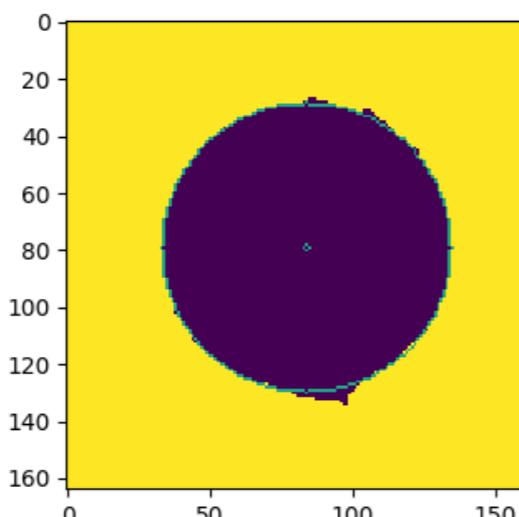
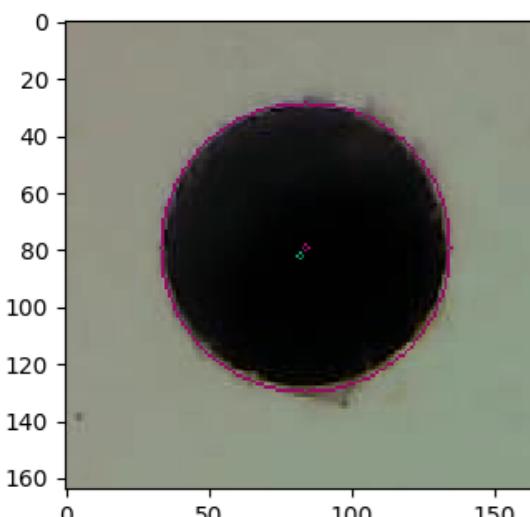
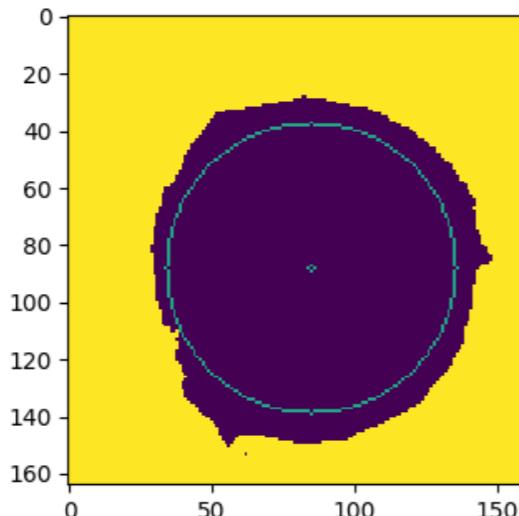
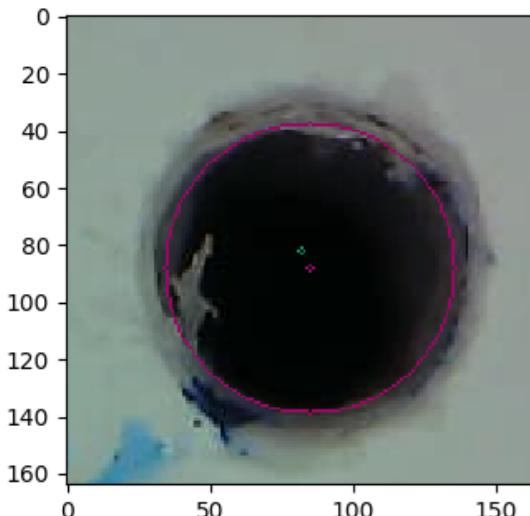


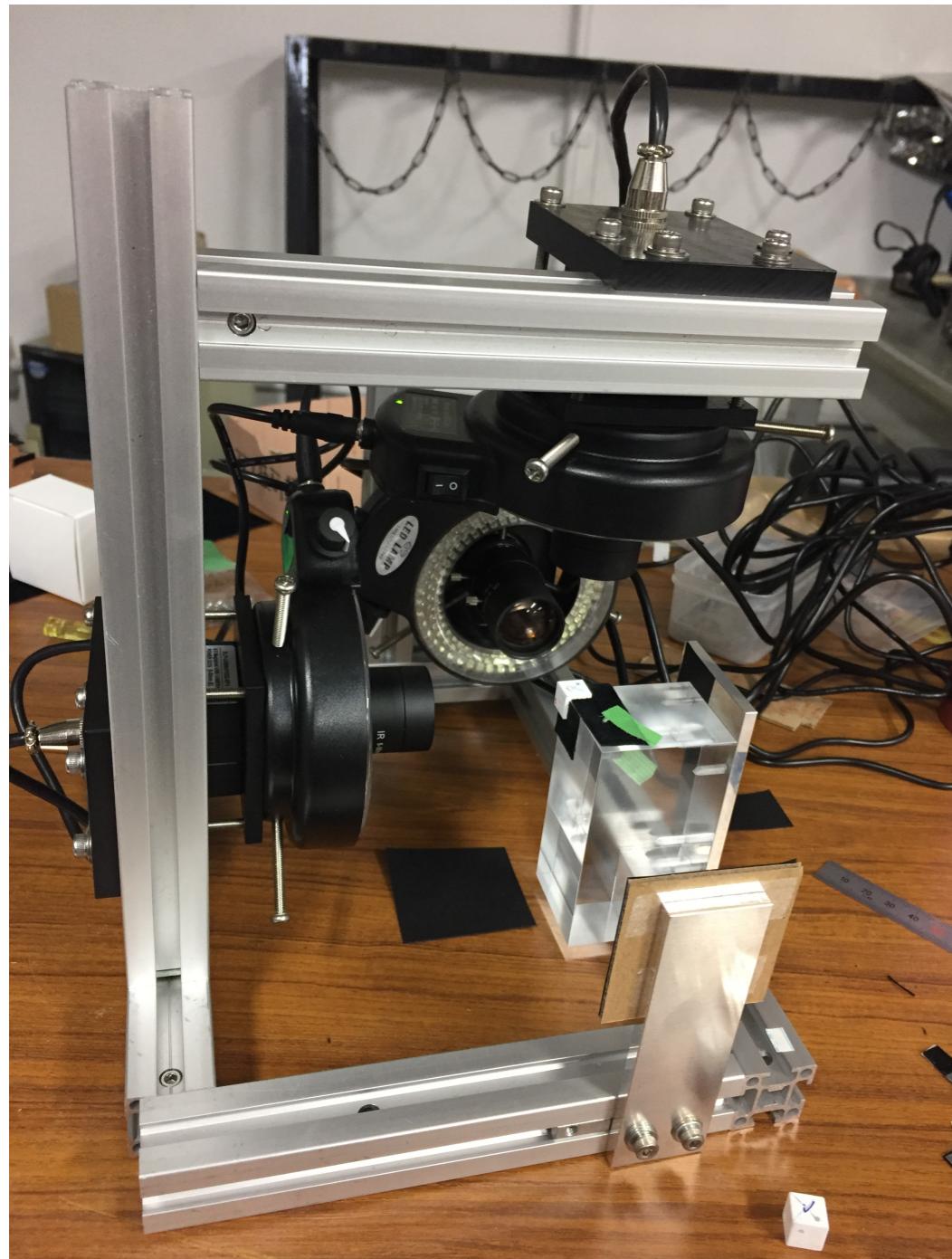
Figure 1: 196-cubes array for quality check.
ロシアの手動QC

目次

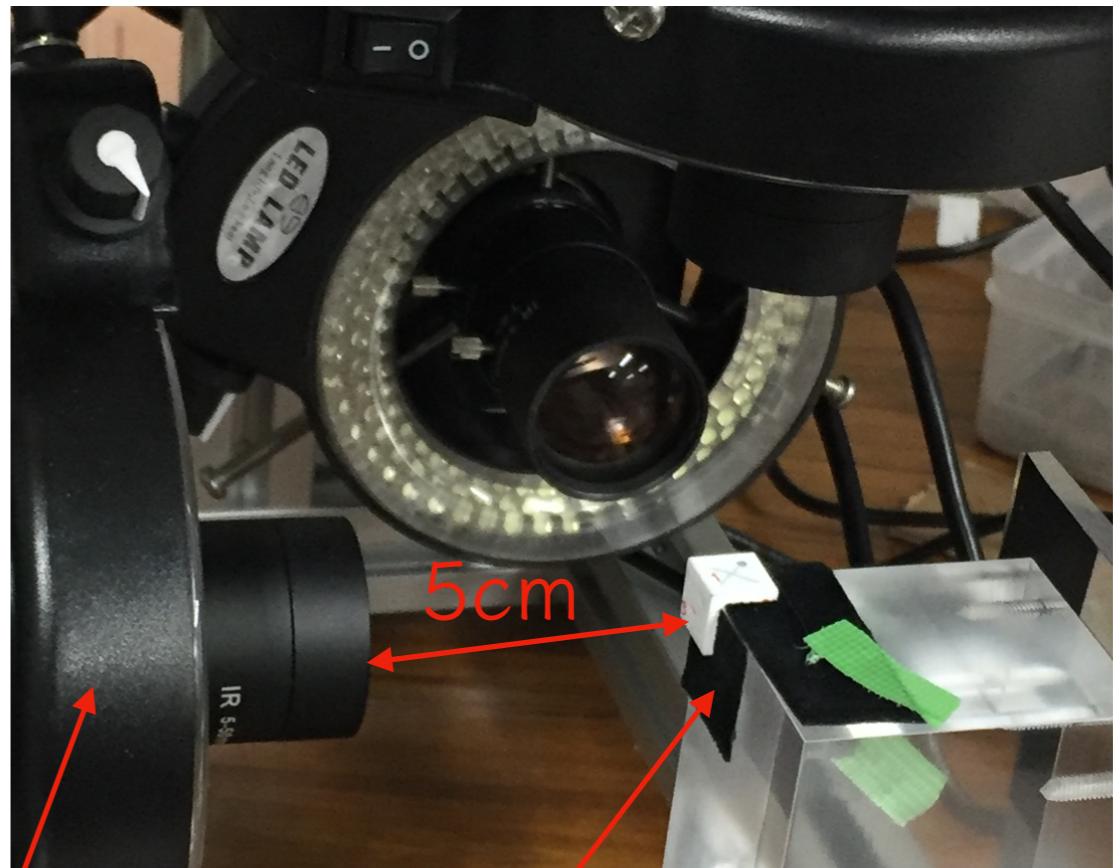
- 撮影時のキューブの傾きを解析コード内で補正
- より効率的なシンチレータキューブ撮影ジグの考案
- 今後の課題

キューブ撮影時の傾き補正

前回発表時の撮影ジグ

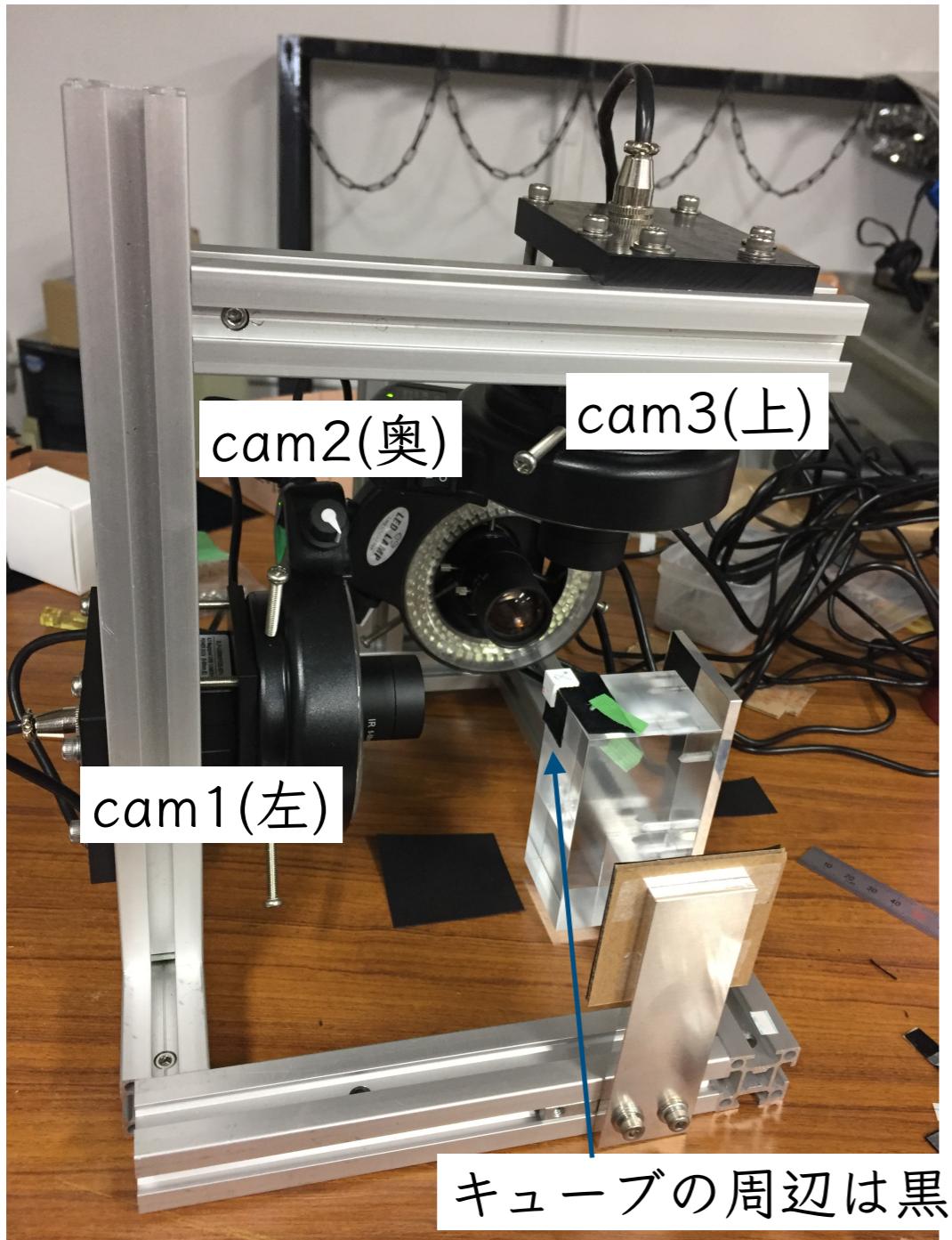


骨組み：太さ25mmのアルミフレーム



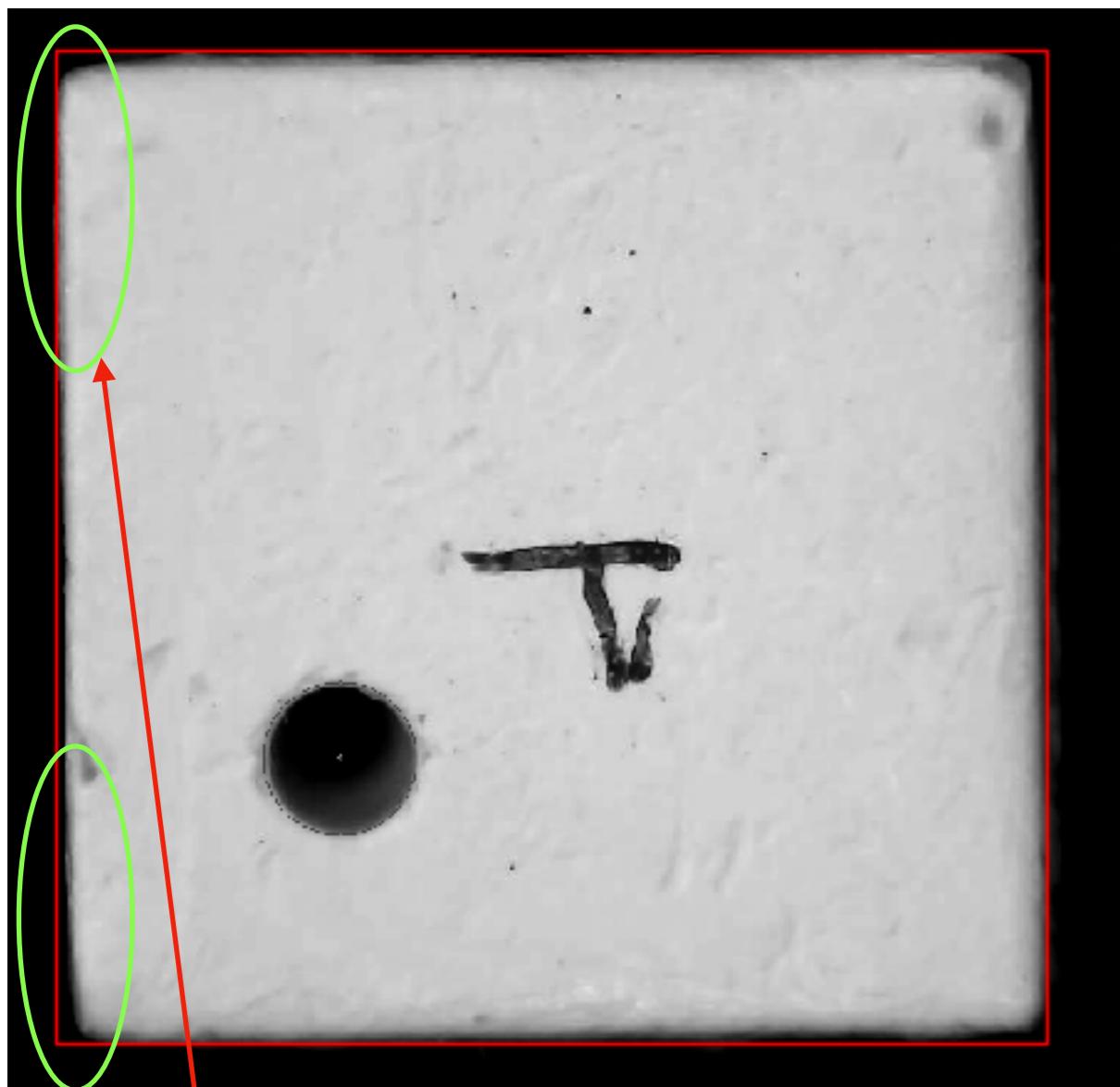
- キューブを設置→撮影→回転→撮影→選別の繰り返し
- 問題点：
 - 確実に回転しないと6面撮影できない
(人為的ミスの可能性)
 - **選別ミスの可能性**
 - 各キューブにつき上記操作の繰り返し：
時間がかかる

撮影テスト



- スズノ技研のジグを用いて3方向から撮影してみる。
- 理想的には、3つのカメラ全てで同じような撮影ができるくて欲しい。
- 実際には、
 - レンズ-キューブ距離
 - カメラの傾き・位置ズレ
 - キューブの置き方
 - ...
- などの微妙な違いによって写真は異なってしまう。**(今は目分量でカメラの位置を決定)**
- 撮影時の違いを画像解析によって補正する。

キューブの傾き補正

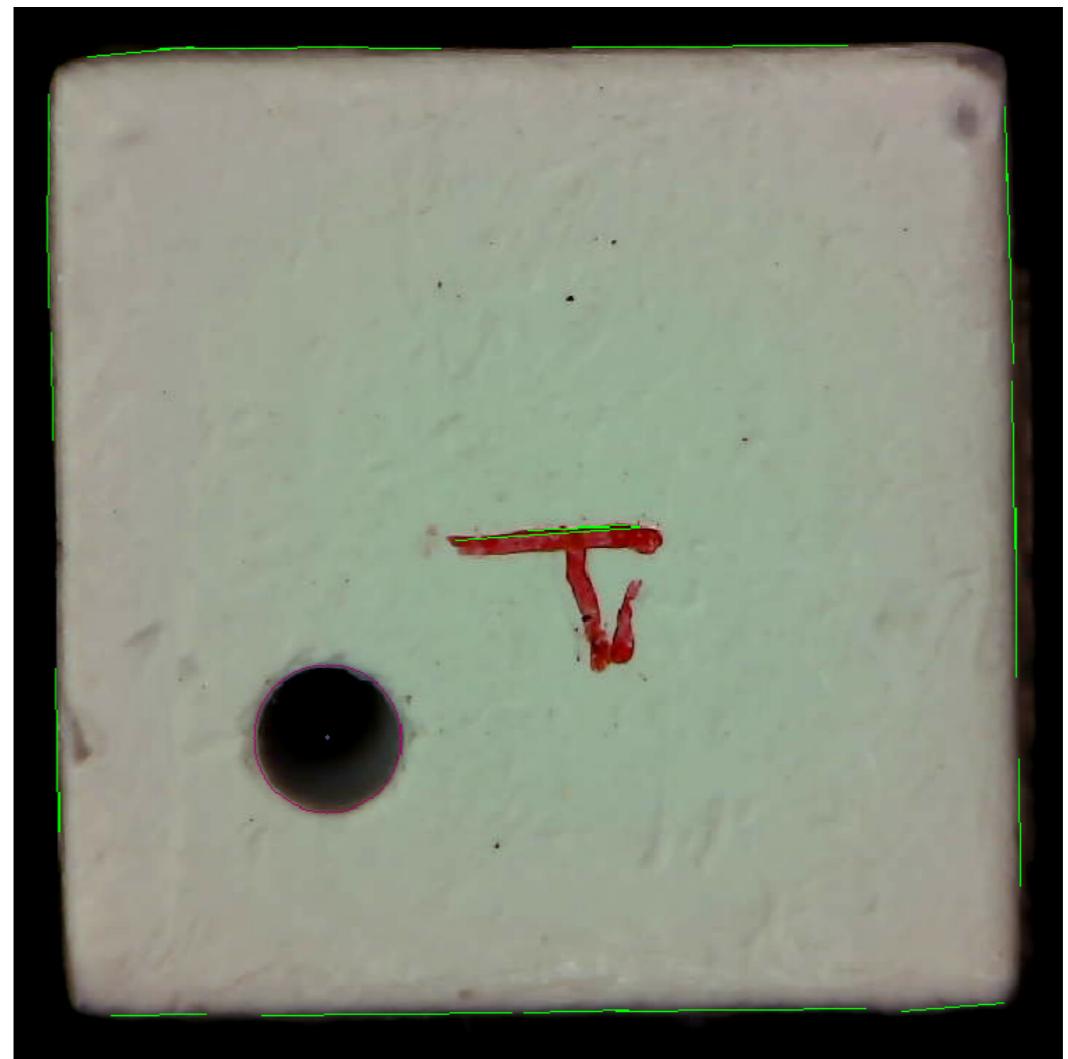


緑の丸：キューブが傾いているので、下の方では赤線とキューブ辺の間に隙間ができるている

- キューブの辺検出：
- 輪郭検出・直線検出によってキューブの各辺に複数の座標を得て、最も外側の点をその辺の実効位置としていた。
- 最も外側の4点を通る四角を書くと、左のように傾いていることが多い。
→大きさを正しく取れない
- 穴位置は辺からの相対位置として定義
→穴の位置にも影響



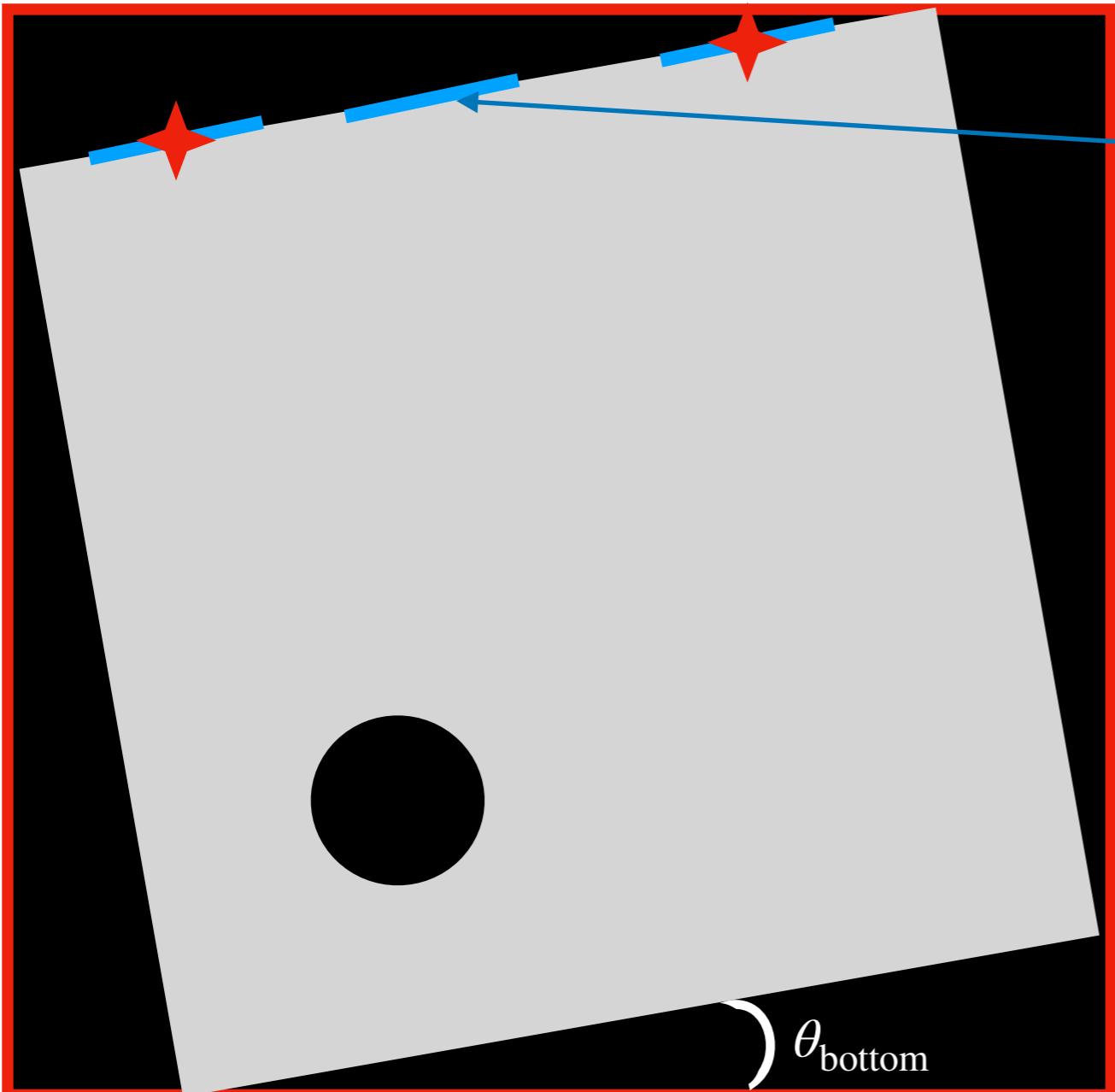
輪郭検出の様子



直線検出の様子（緑の線が検出された直線）

- 1つのカメラでの撮影時は、画面が傾いていたらカメラ・キューブの置き直して対処できていたため、キューブの各辺はx軸・y軸に平行と仮定していた。
- 複数カメラでの撮影はジグを動かすと他のカメラへ影響を与えるので、解析で補正する必要がある。

キューブの傾き補正

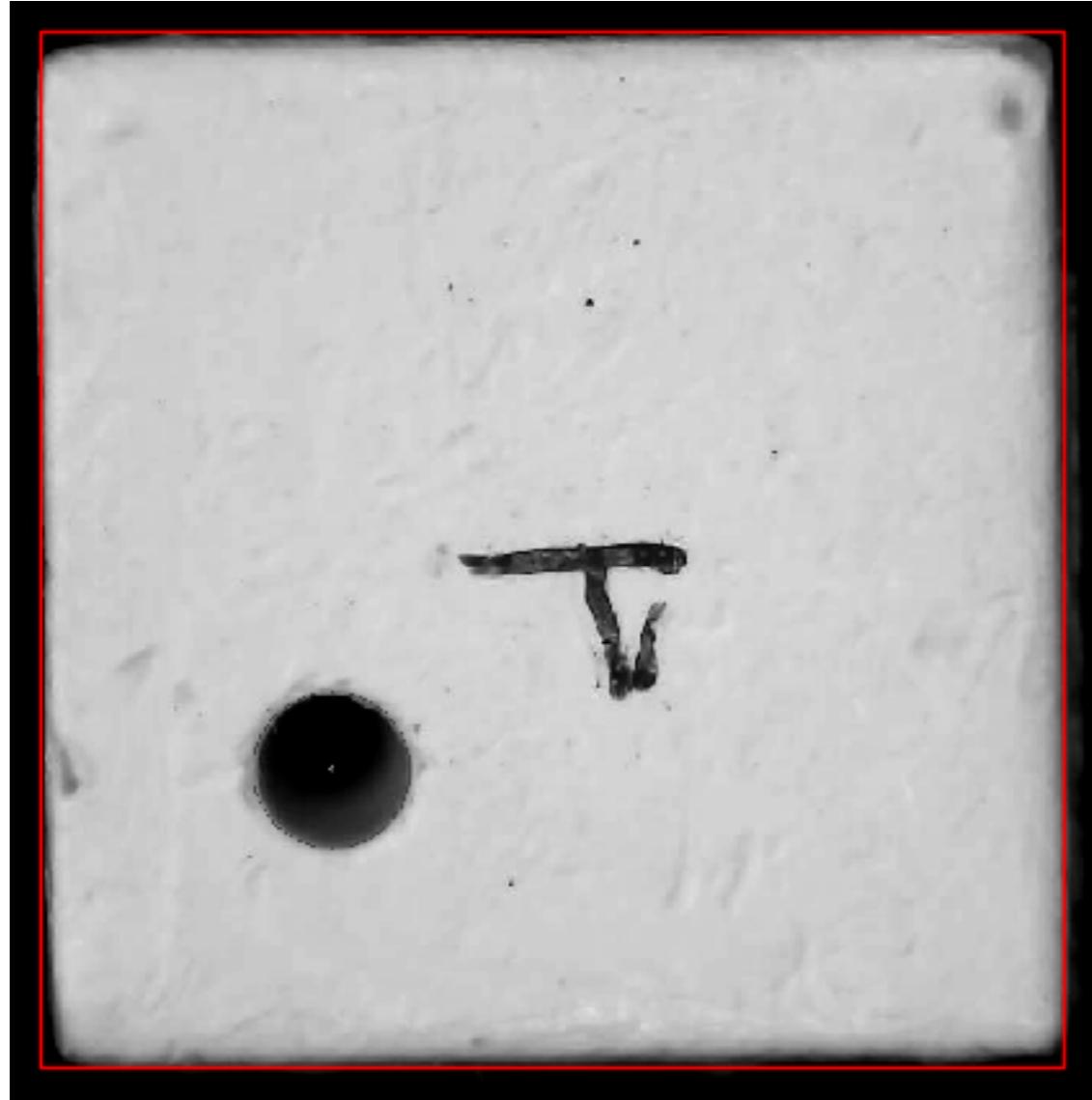


下辺の傾き = $|\tan \theta_{\text{bottom}}|$

$$\bar{T} = \frac{1}{N_{\tan \theta}} \sum_i^{N_{\tan \theta}} |\tan \theta_i|$$

- キューブの各辺について、複数の直線が検出されている。最も遠い2直線の中心 \star を通る直線の傾きを求める。
- 4辺で求めた傾きの平均をそのキューブの傾き \bar{T} とする。
- 四角の中心を回転中心とし、角度 $\arctan \bar{T}$ だけ、
 1. 辺・輪郭点・穴中心の座標 (x, y) を回転
 2. 画像そのものを回転
- 位置座標の決定については1. を用いて、バンプ検出など色の情報が必要なときは2. を用いる。

補正の様子

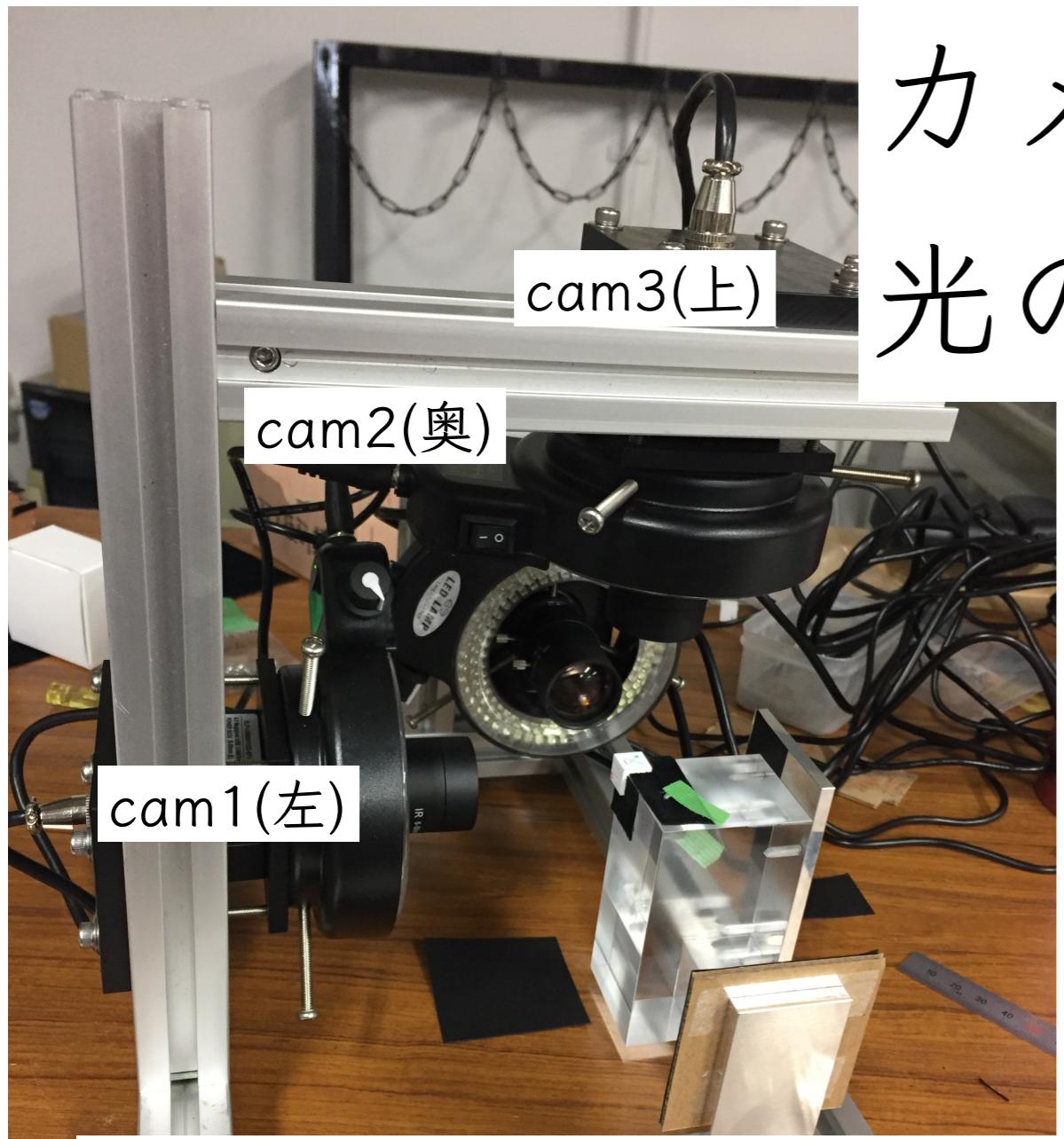


補正前

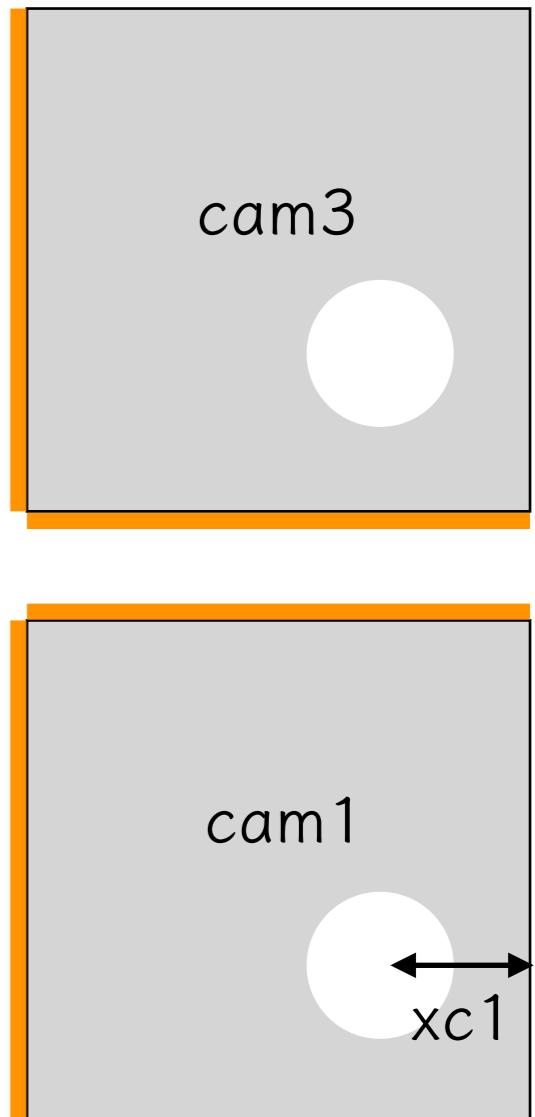


補正後(赤い四角は補正後に書き直した)

- 図の面の場合：各辺の傾き (左) (上) (右) (下)
 $\tan \theta = 0.0144, 0.0101, 0.0208, 0.0101$
- 平均の傾き $\bar{T} = 0.0139, \bar{\theta} = 0.796^\circ$ に対応
- 今後：補正後のデータを用いて、光の当たり方の違いによる穴位置の変動などを調べる。

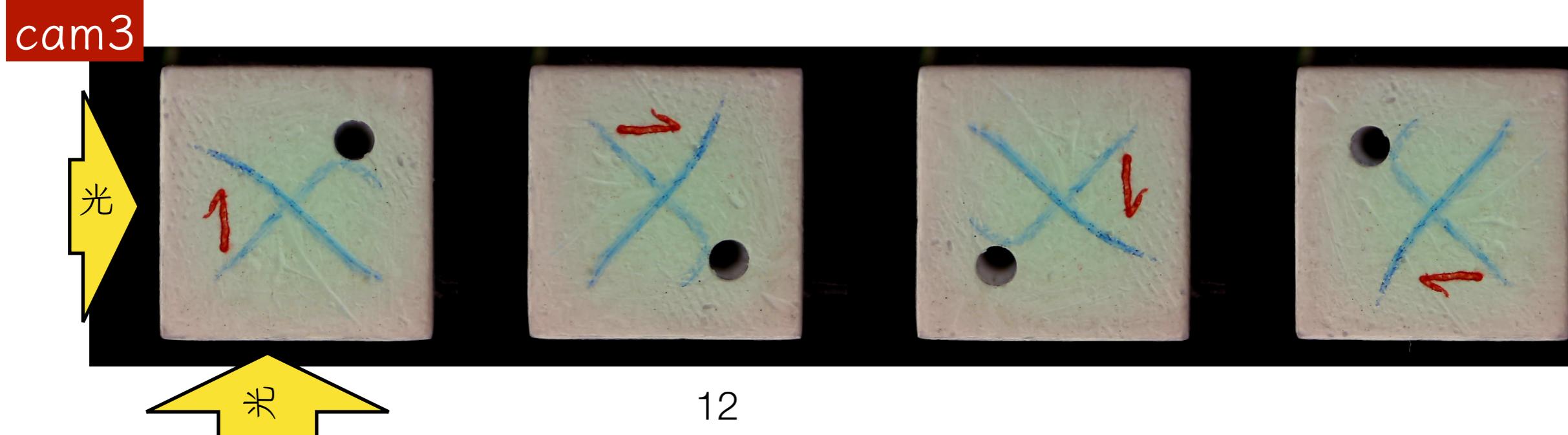
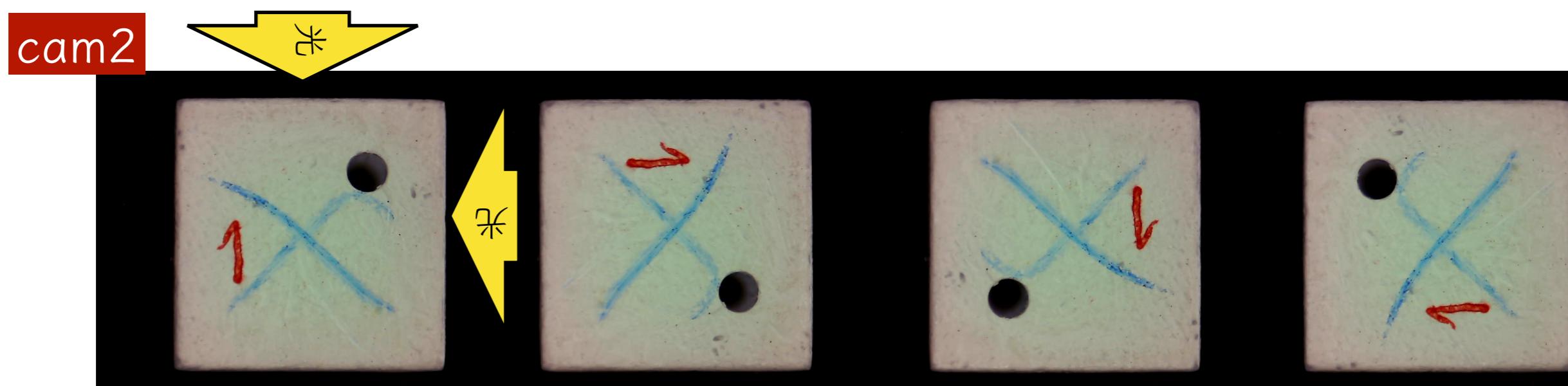
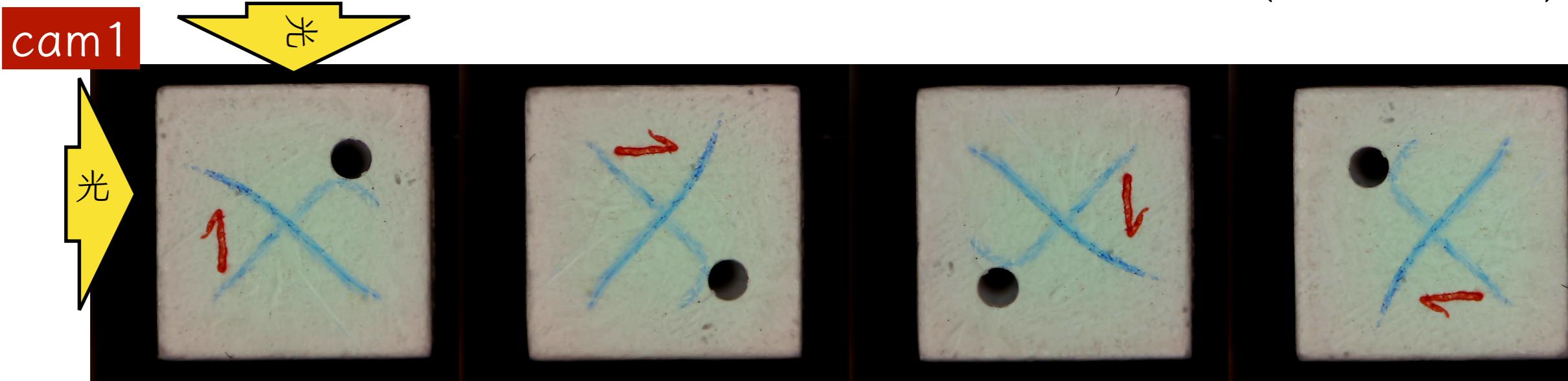


カメラ毎の 光の当たり方



- オレンジの部分に、別方向からの光が当たる。
- 穴の辺からの位置が撮影状況によって変わってしまう
(本来は $xc1=xc2$ のはずなのに、 $xc2$ のほうが大きく見えてしまう)
- 同一の面をそれぞれのカメラで撮影、同一の辺長・穴位置について光の有無によって有意な違いがあるか確認。

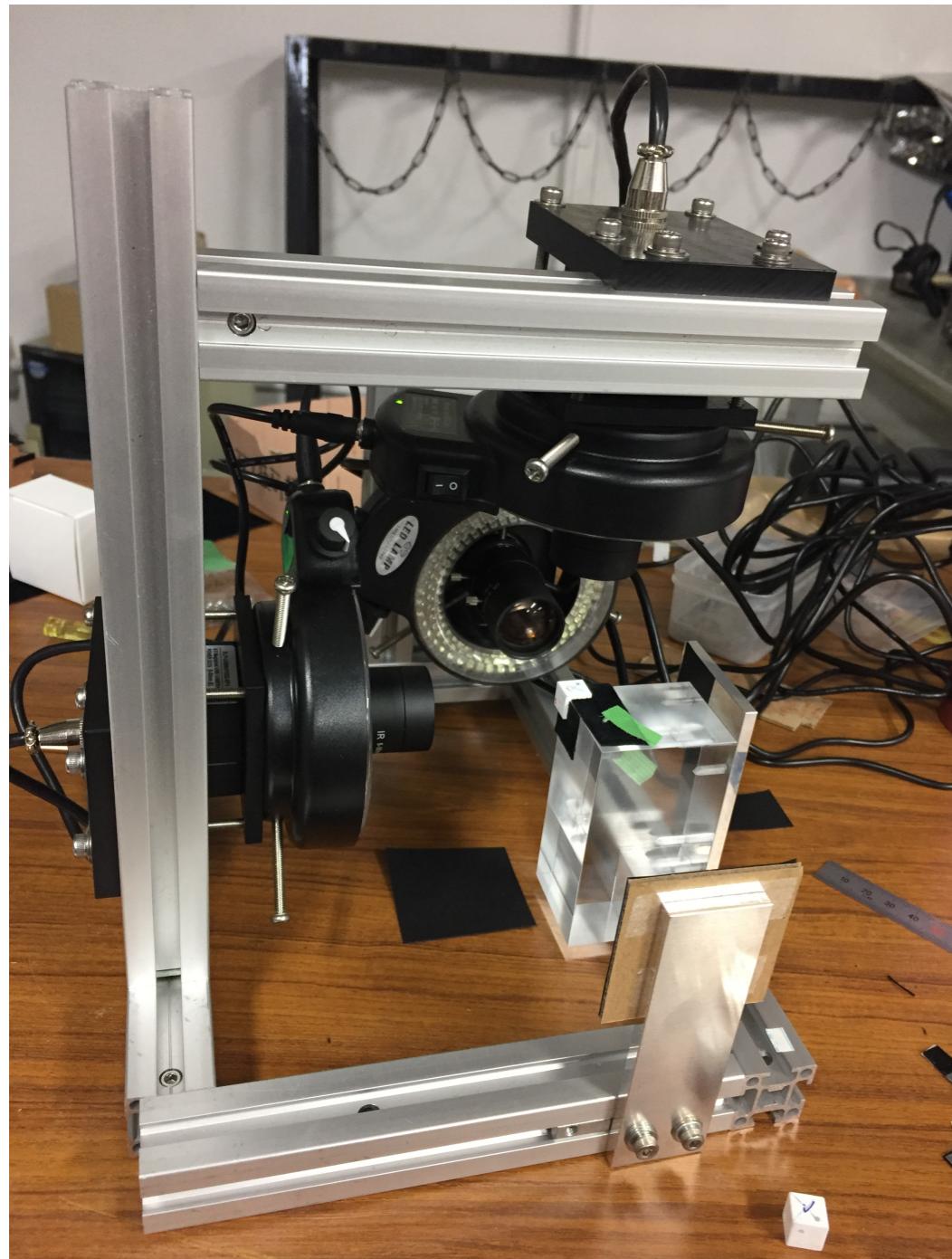
同一キューブの同一面の見え方の違い(回転補正前)



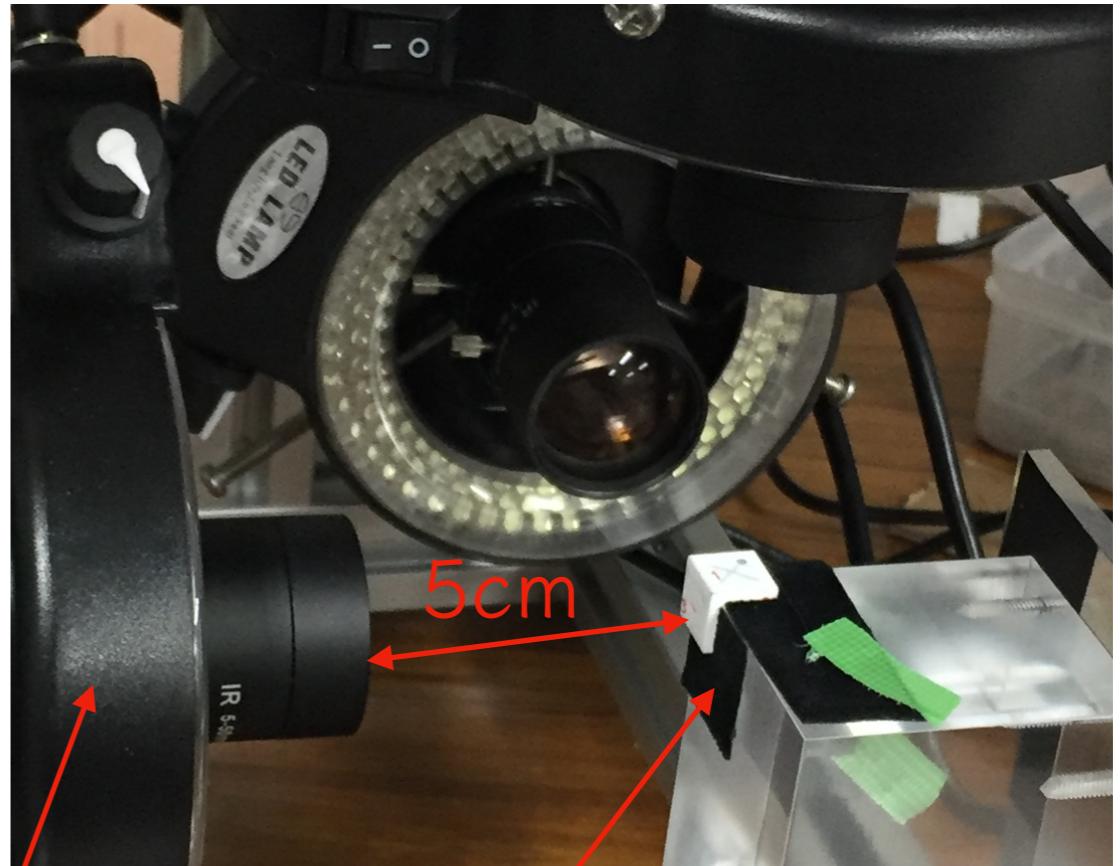
撮影ジグの考案

special thanks to 市川さん、木河さん

前回発表時の撮影ジグ



骨組み：太さ25mmのアルミフレーム

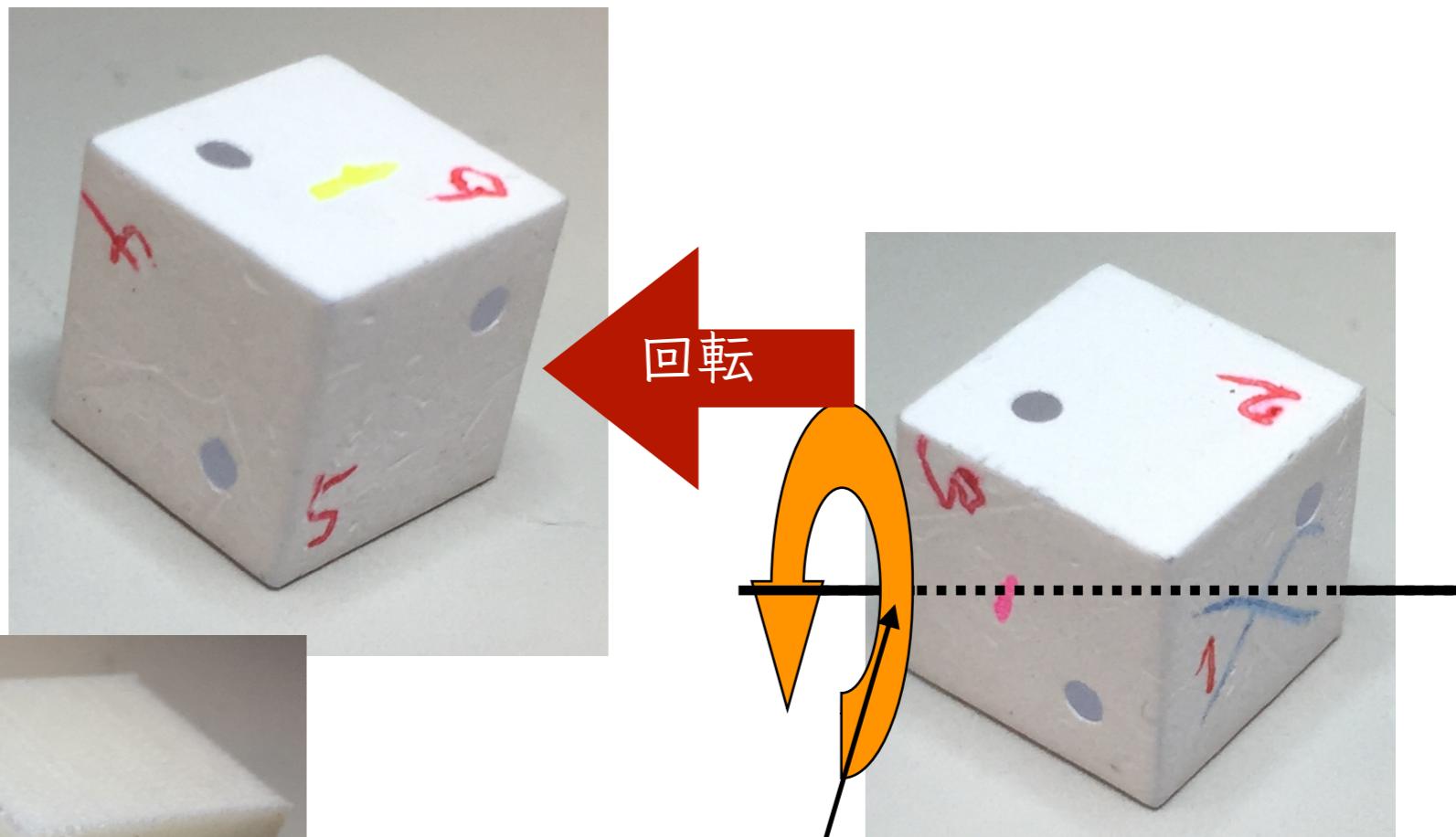
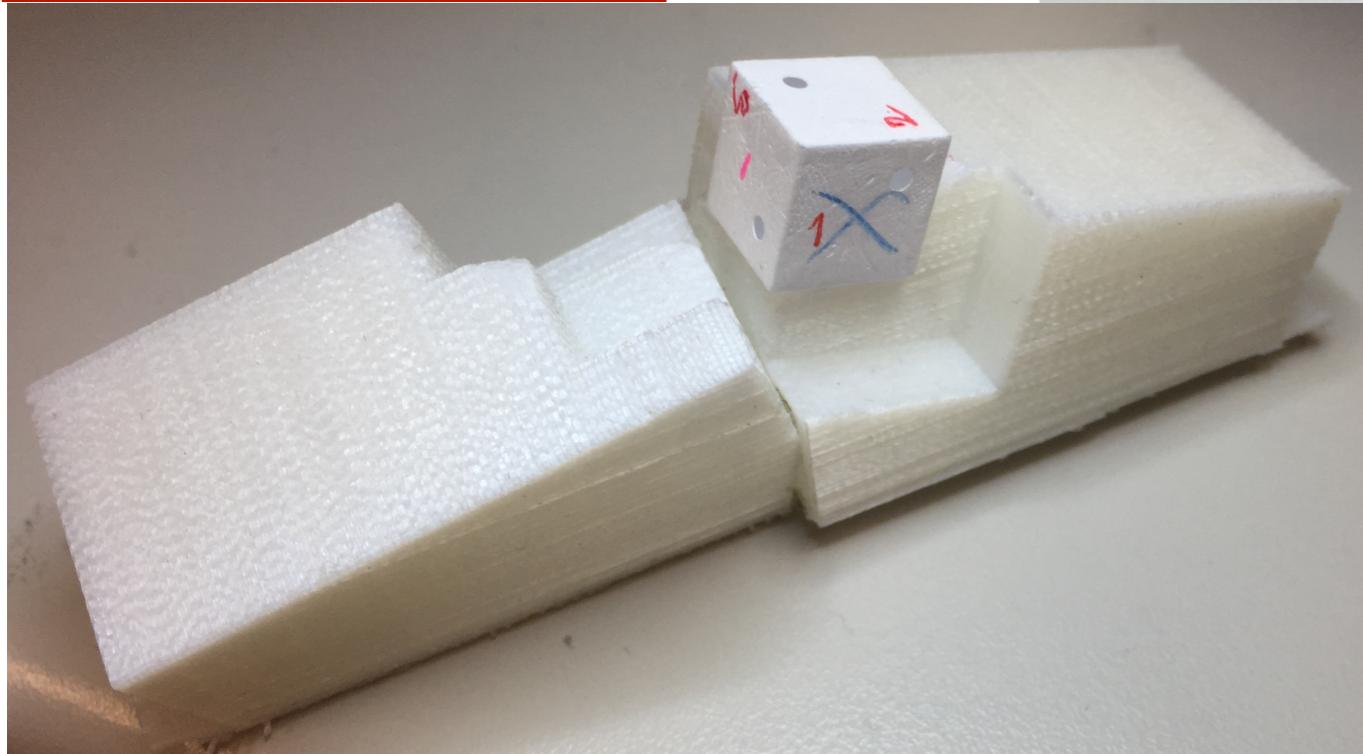


- キューブを設置→撮影→回転→撮影→選別の繰り返し
- 問題点：
 - 確実に回転しないと6面撮影できない
(人為的ミスの可能性)
 - **選別ミスの可能性**
 - 各キューブにつき上記操作の繰り返し：
時間がかかる

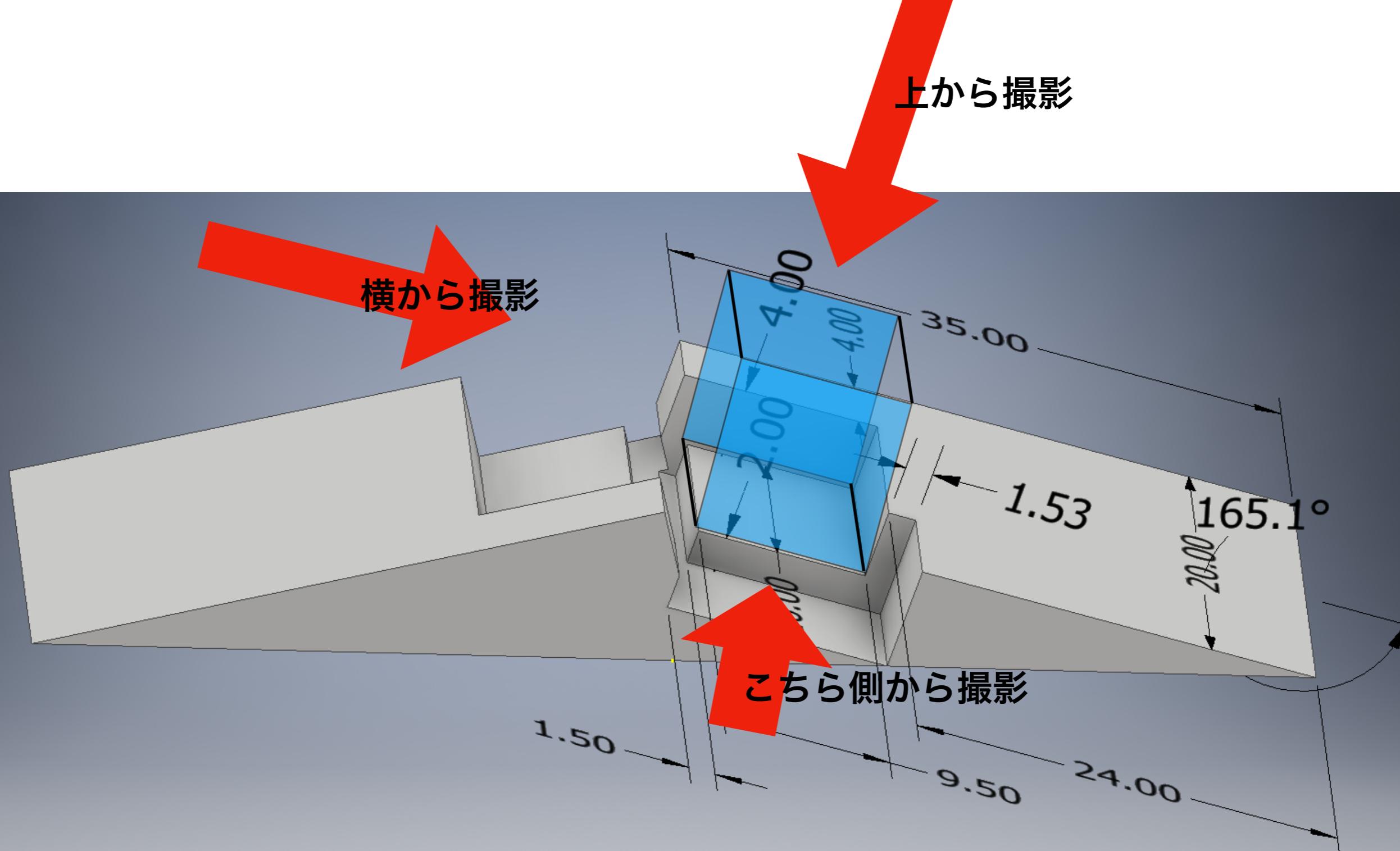
新しい撮影ジグ（案）

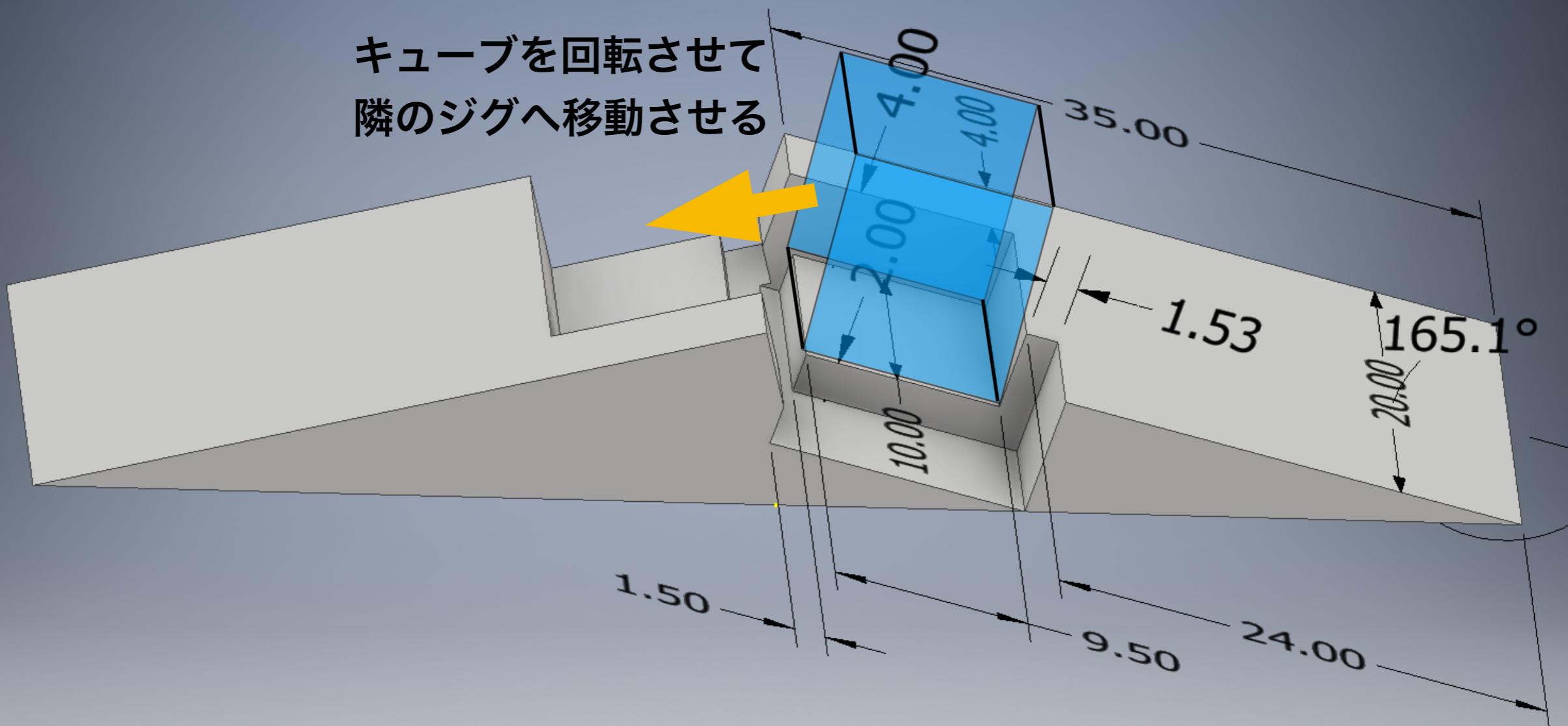
- ・ キューブの回転機構の工夫・改善
- ・ 手でやると間違える？
- ・ 新しい回転の方法

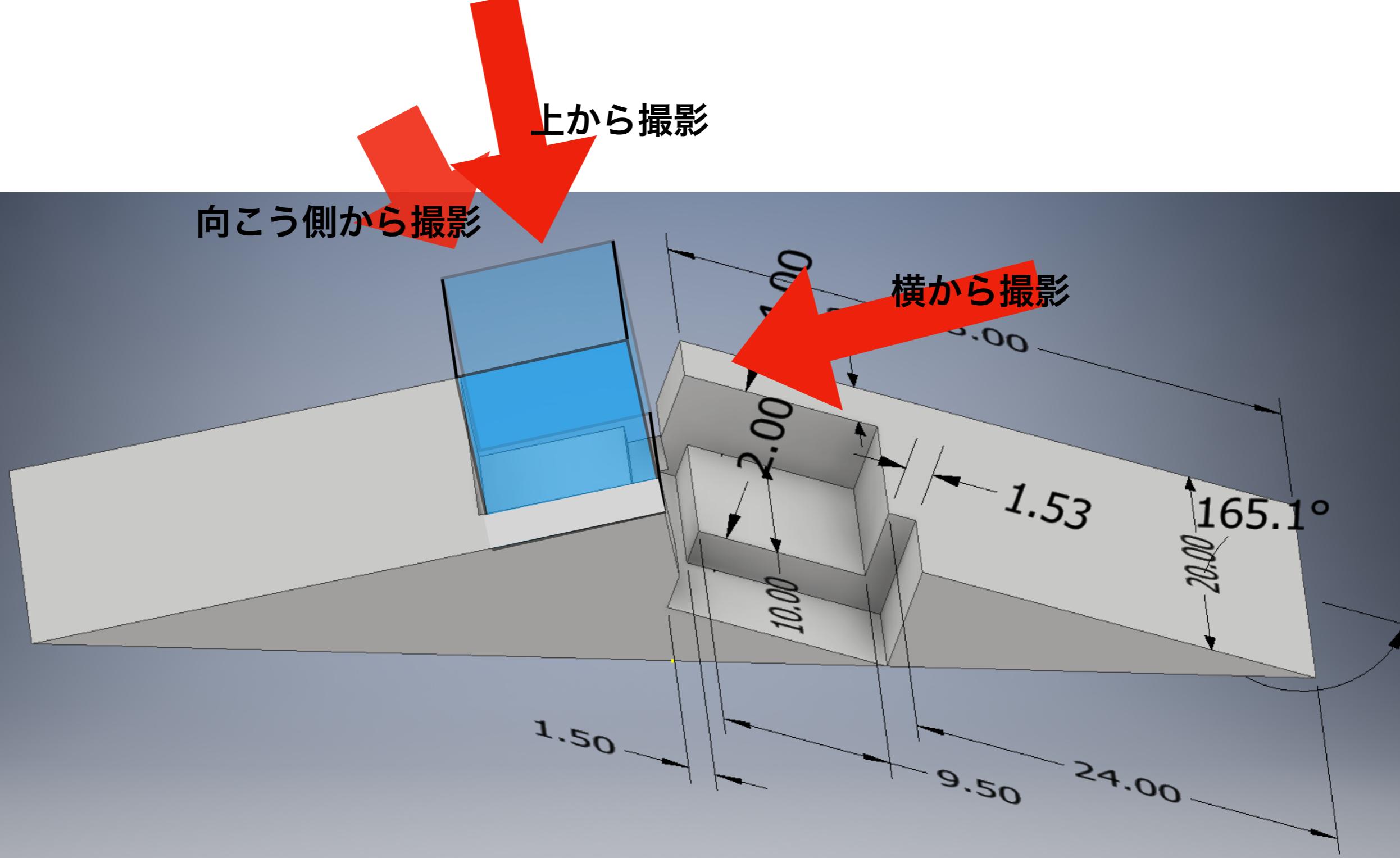
新しいキューブ台座案



2つのジグが向かい合う形
J-PARC の3Dプリンタで作成

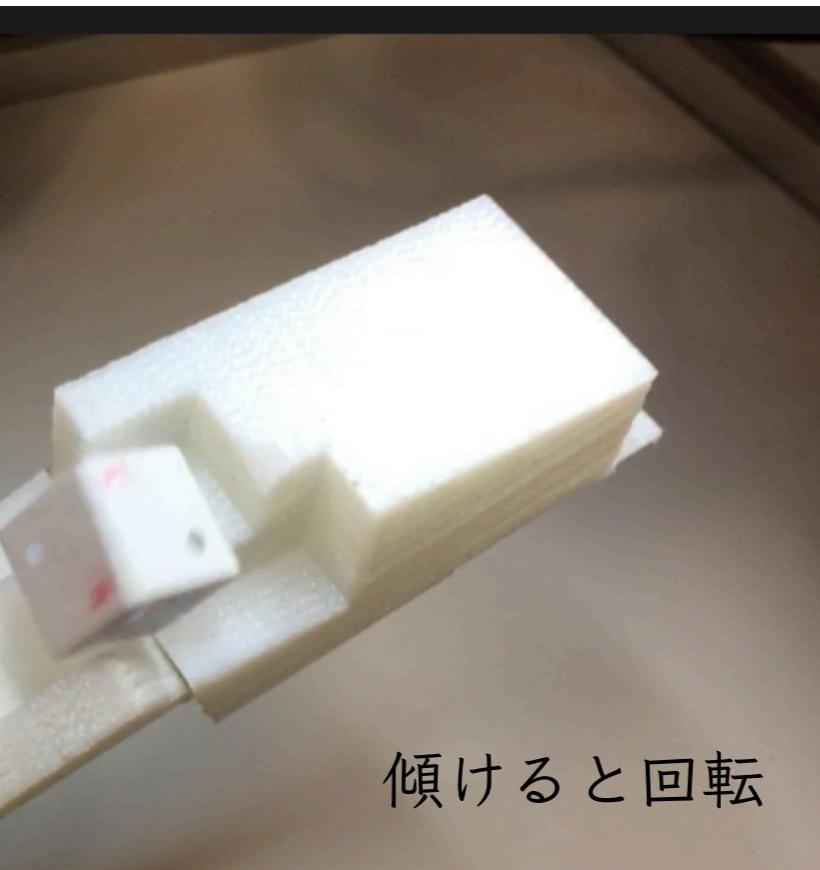
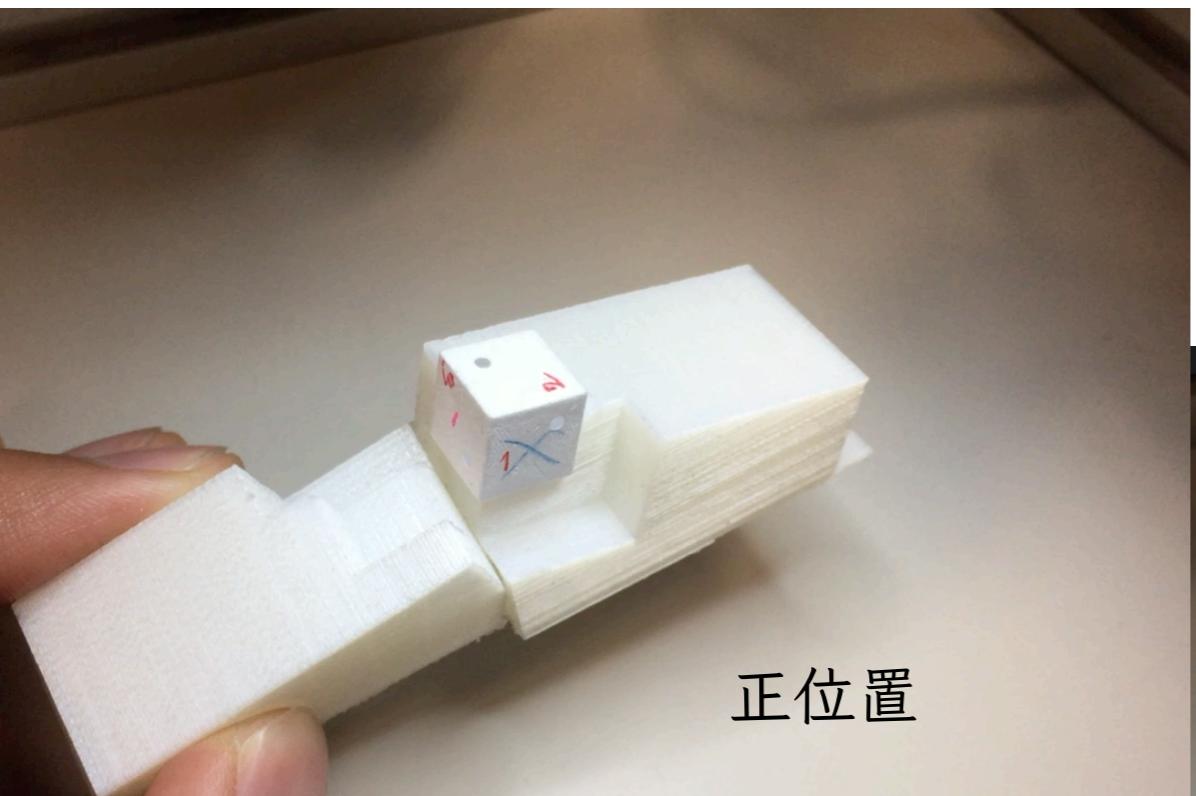






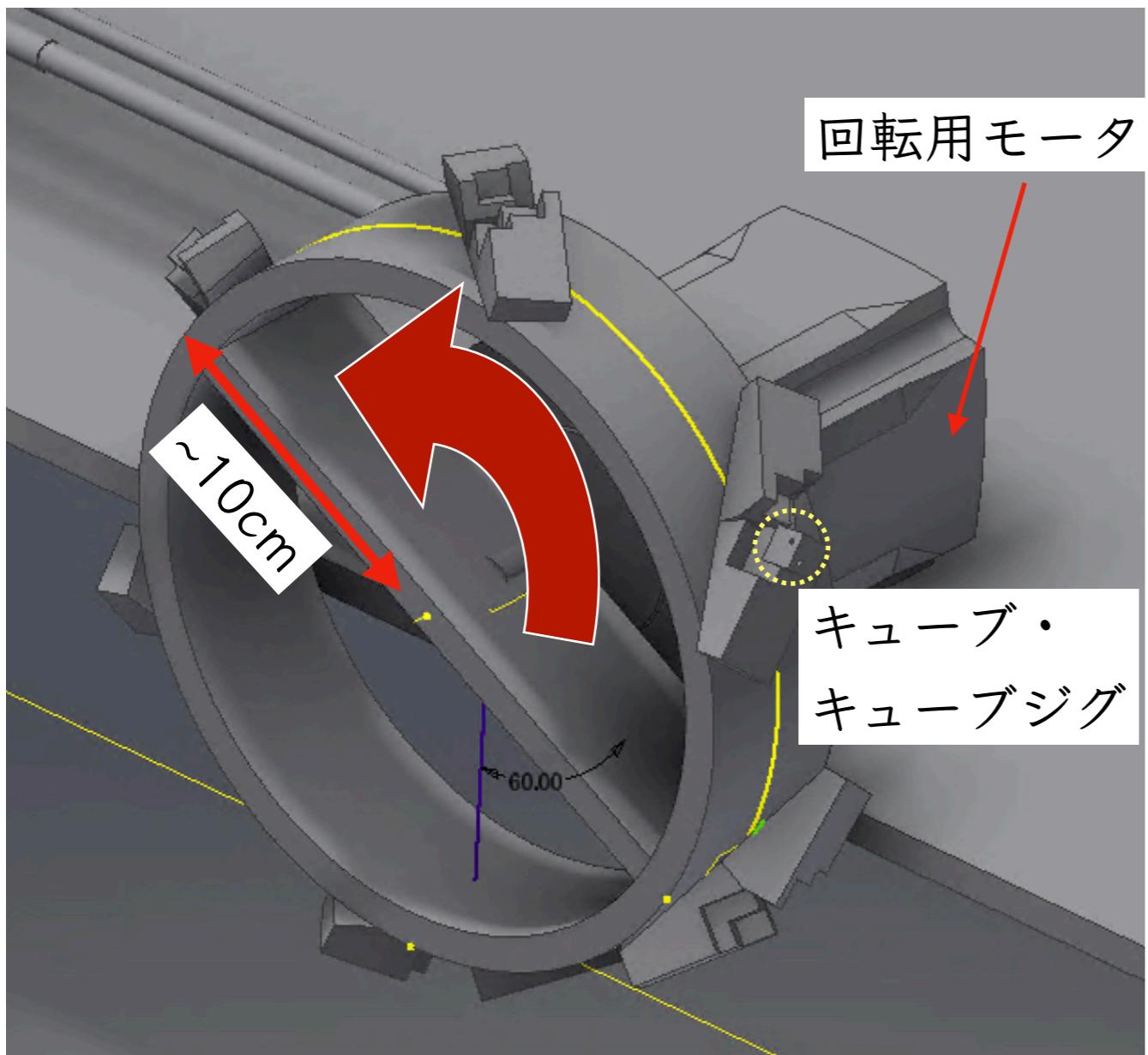
回転の様子

<https://www.dropbox.com/s/a3jbbdx26dxbrja/99F4A1A9-BA9A-4848-95CF-973A4DA556FE.mov?dl=0>



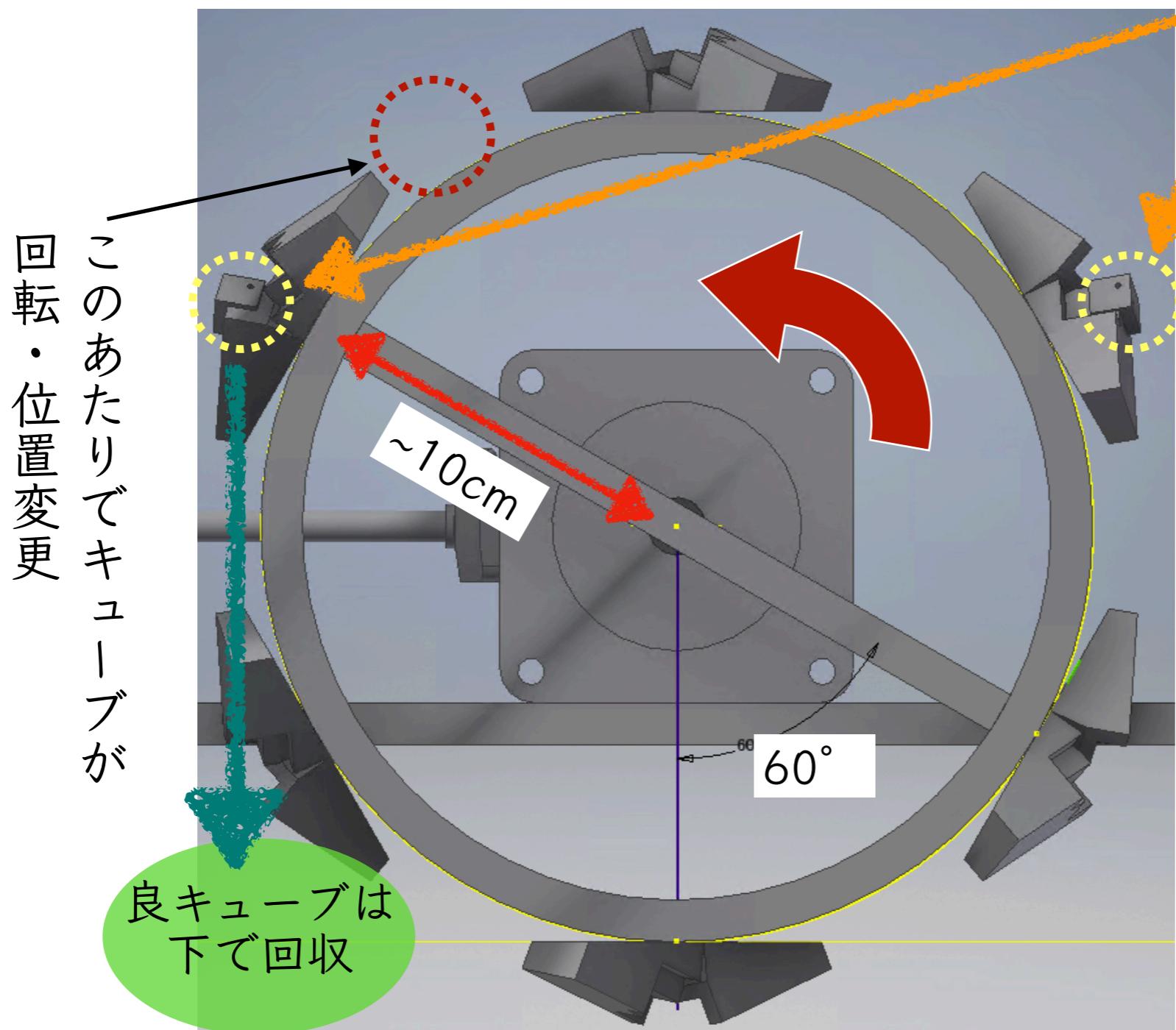
新しい撮影ジグ（案）

- キューブの回転を自動化できるか？
 - 円周上に複数のジグを用意
 - カメラでの撮影位置を2箇所用意（3面+3面）
 - ステッピングモータを用いたPCからの回転制御を予定



新しい撮影ジグ（案）

- キューブの回転を自動化できるか？



キューブの撮影（2箇所）

悪キューブは2度目の
撮影点ではじく

良キューブはそのまま下
へ落下→後で箱に詰める

手元の PC 操作で、
回転→静止→撮影→
回転→静止→撮影…
を行いたい

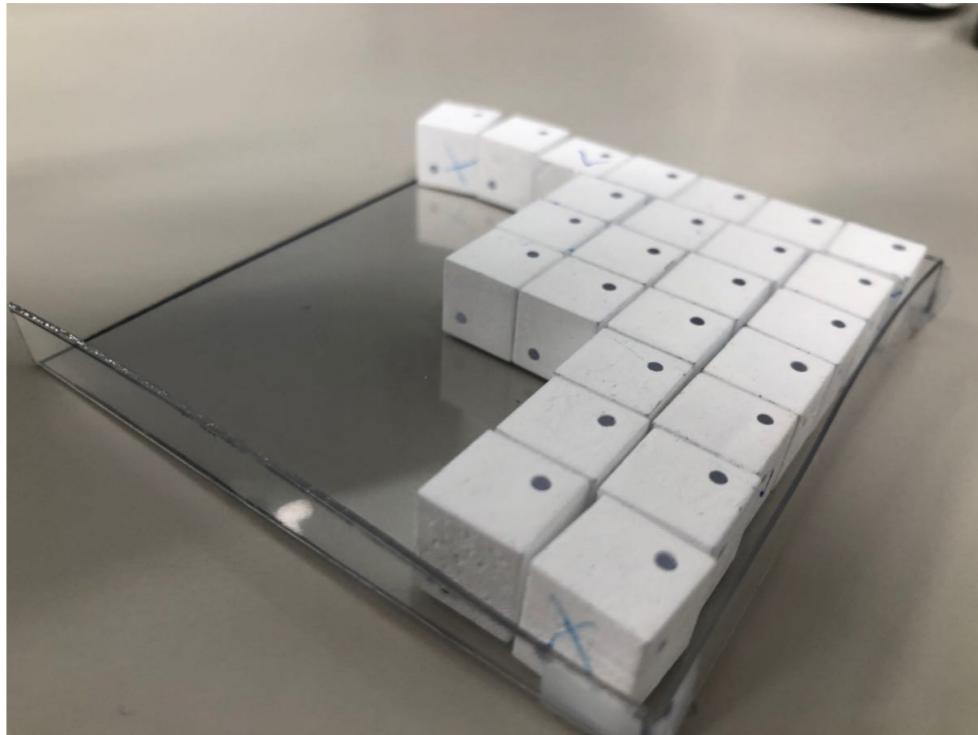
課題：微妙な角度でのカメラの固定方法を考える必要あり

今後の課題



ロシアでの梱包が終わった（松原さん）。
3/10（今日？）J-PARC に到着予定
その後京都に転送していただく

- ロシアから12000個のキューブを購入・溶着案での superFGD プロトタイプを組み立て予定。
→組み上げの前にQCを行う。
- 光の当たり方依存の問題解決後、（今のジグで）大量撮影を行い、分布を作ってみる。
- モータ（3/11納品予定）の制御の勉強
- 新しいジグ案の確立（カメラの置き方）



QC 後のキューブは溶着しやすいよう、
7×7 ずつトレイに入れて梱包予定。