

# Geometrical Surveying

2014.10.15

Domestic Collaboration Meeting

T. Tomaru, N. Kimura, T. Kume, T. Suzuki

# Surveying Instruments familiar in Accelerator

## Horizontal Measurement

Tilting Level



Automatic Level



## Marking

Laser Marker



## Angle Meas.

Theodolite



## Distance Meas.

Laser Distance Meter



## Angle & Distance Measurement

Total Station



Laser Tracker



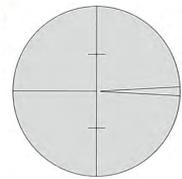
# Surveying Tools owned by KAGRA



Total Station

*Leica TS30*

Optical Telescope  
+  
Laser distance meter



望遠鏡視野

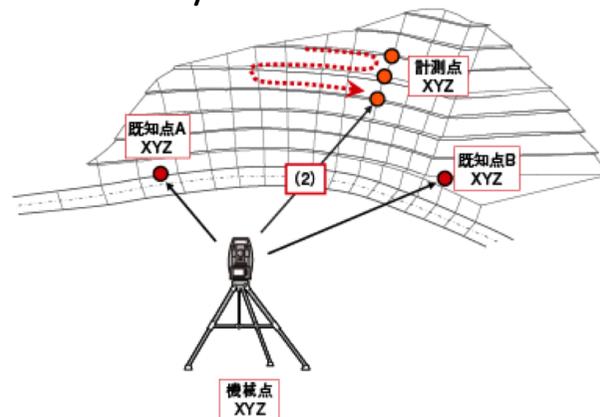


Absolute Laser  
Distance Meter



Max.: 3.5km

Res.: 0.6mm w/ CCR  
2mm w/o CCR



Laser Tracker

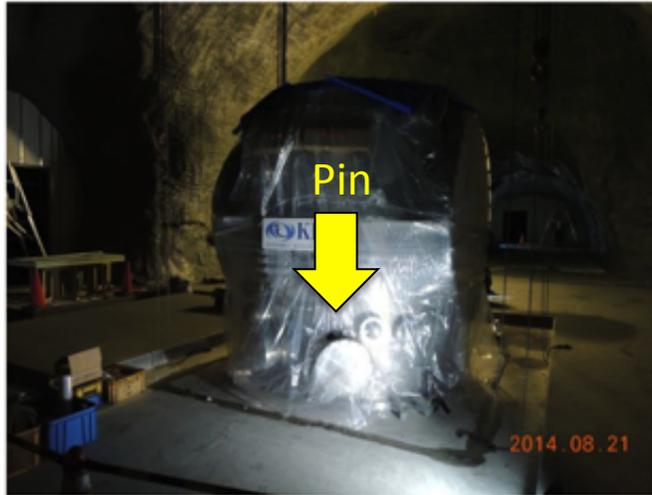
*Leica AT401*

Max.: 320m

Res.:  $\pm 15\mu\text{m} + 6\mu\text{m}/\text{m}$



We installed the first cryostat at Y-end.  
But we didn't know that this located at the correct position.



KEK surveying team put standard surveying pedestals for Corner Cube Reflector (CCR).

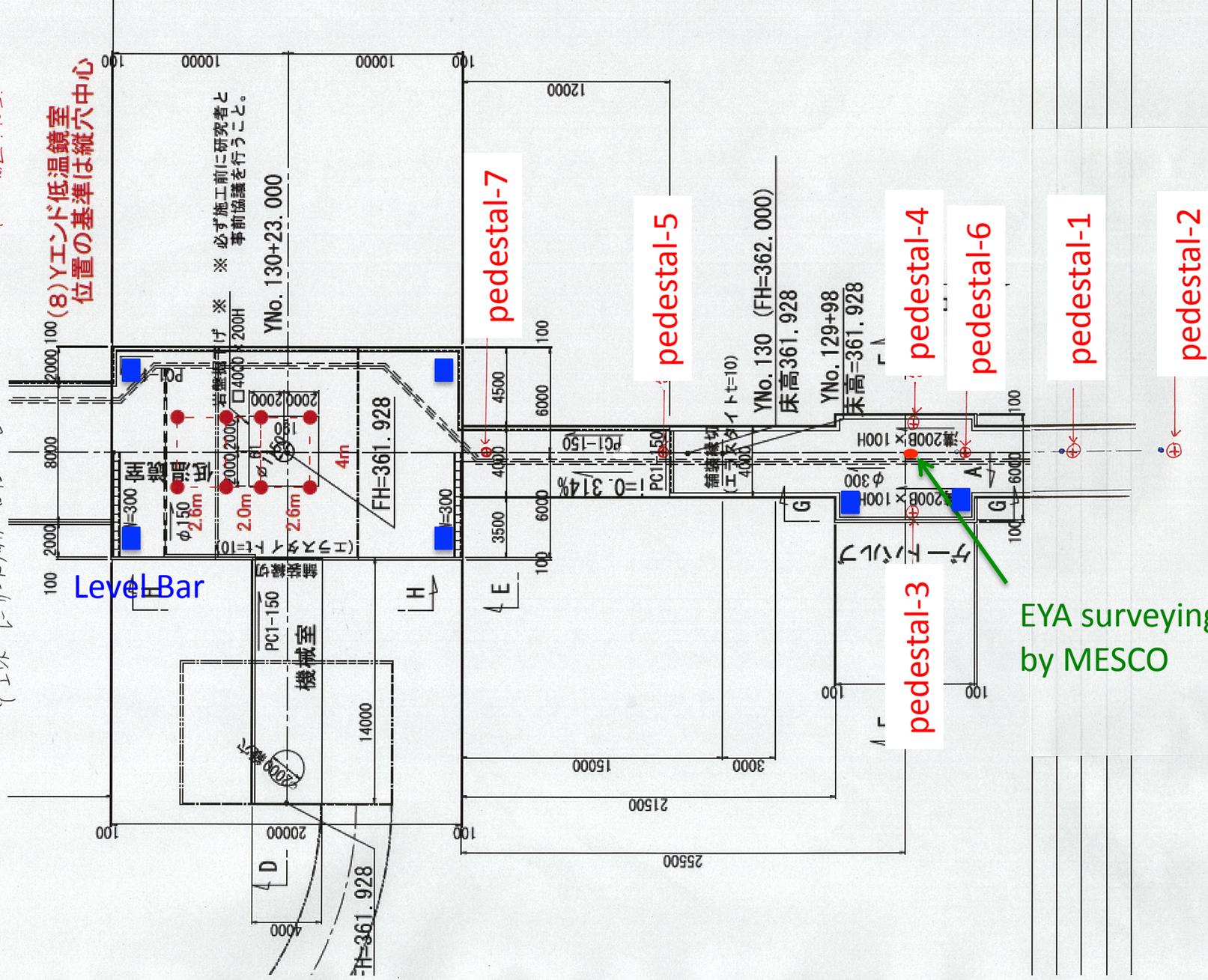


We also put height level standard bars w/ optical and LT targets.

2014.9.1 ~ 2014.9.2

Yエンドレーザトラッカー台座設置概略位置

(2013.09.01の四)  
Yエンド構造物範囲

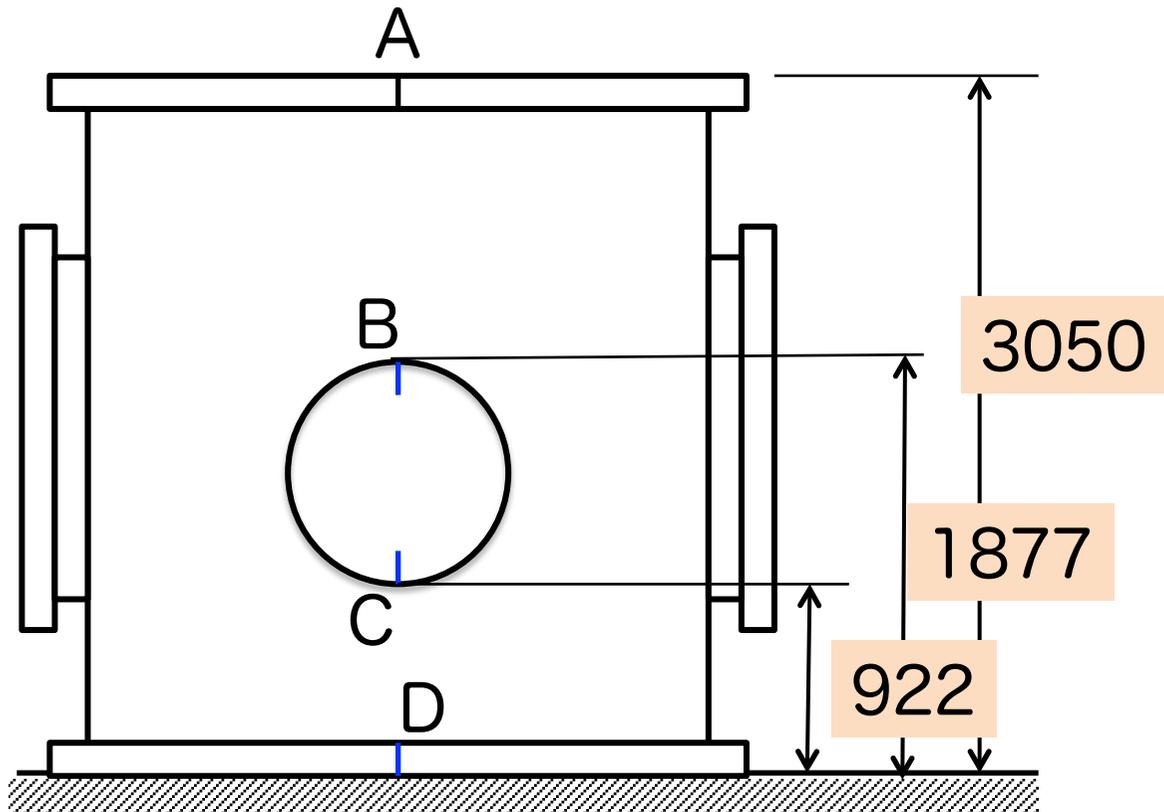


EYA surveying pin by MESCO

# **Quick Report of Surveying and Problems**

← 0.003 rad

Cryostat has scratch-lines at A – D positions.  
We measured these scratches from standard-CCR liens.



Result :

Scratch	Displacement (mm)
A	3.310
B	6.193
C	7.610
D	12.567

$$A\text{-tilt} = (12.567 - 3.310) / 3050 = 0.003 \text{ rad}$$

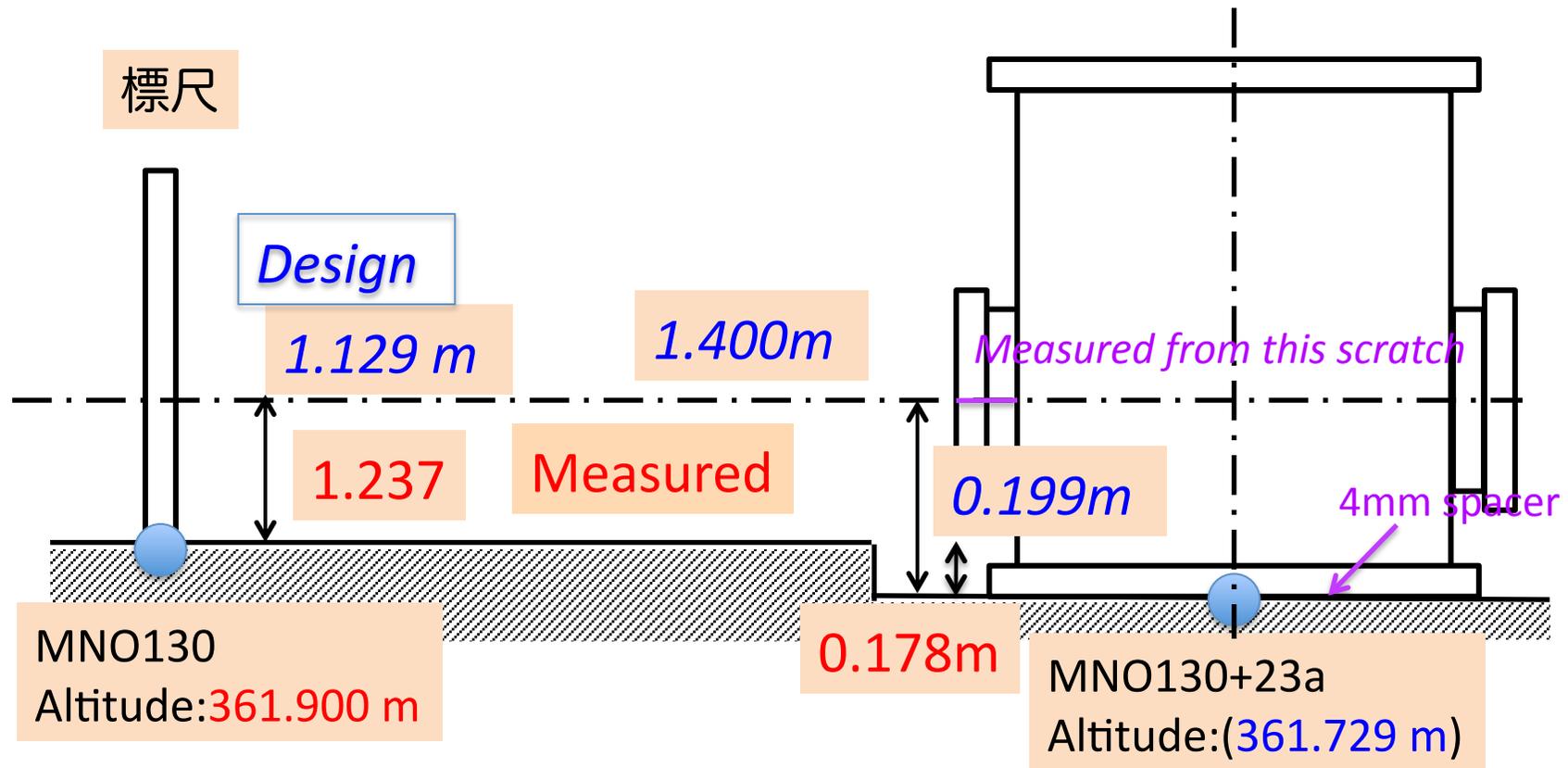
$$B\text{-tilt} = (12.567 - 6.193) / 1877 = 0.003 \text{ rad}$$

→ 0.003 rad tilt to left-side

In installation at 8/20, this tilt should be 0.

→ Floor level changed?

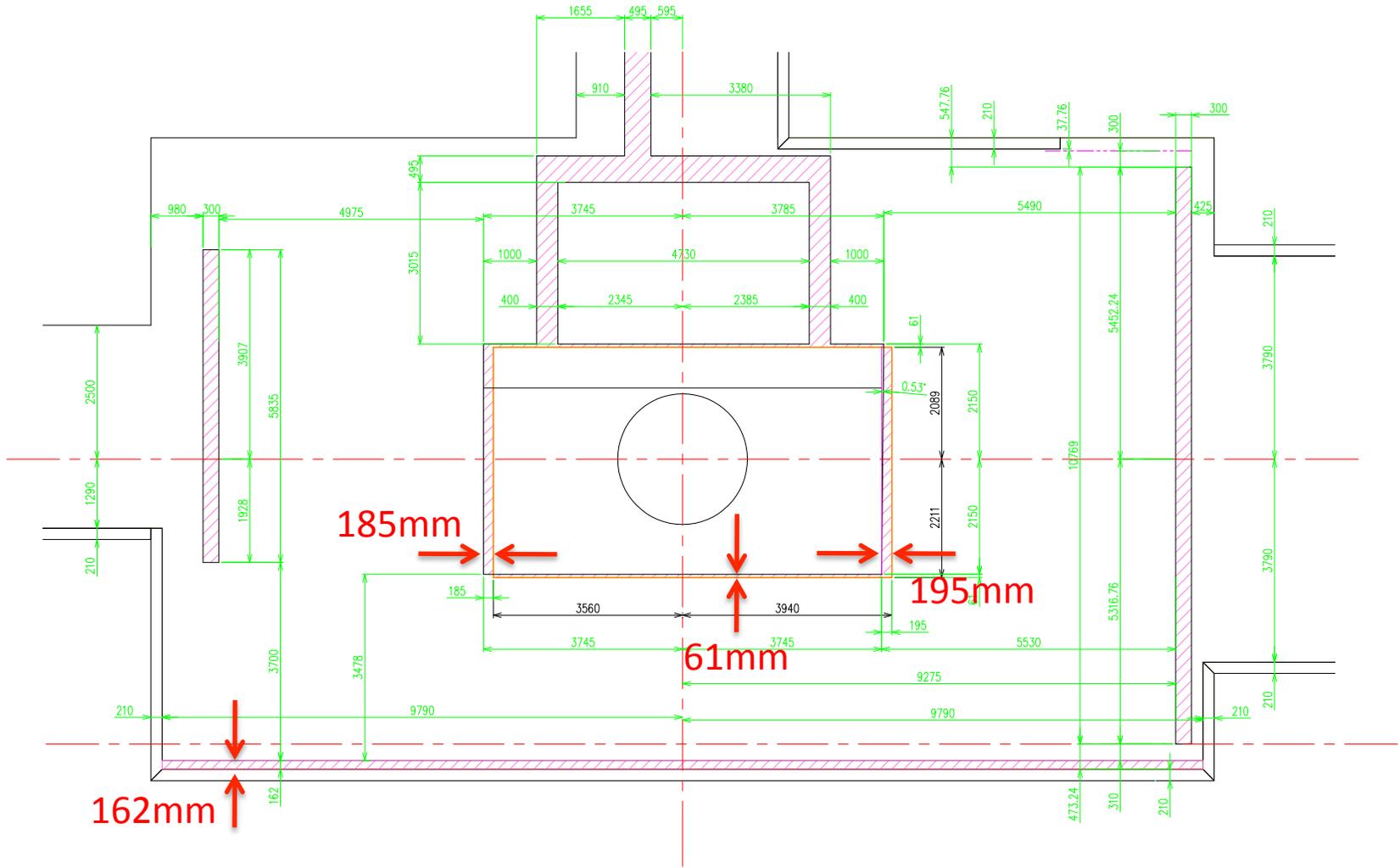
# Height Level for Beam Port



- ① Cryostat sit on the position 4mm higher than design?
- ② Cryostat pit can be 21mm higher or floor can be lower than design.

# Difference of Pit and Wall Location from Design

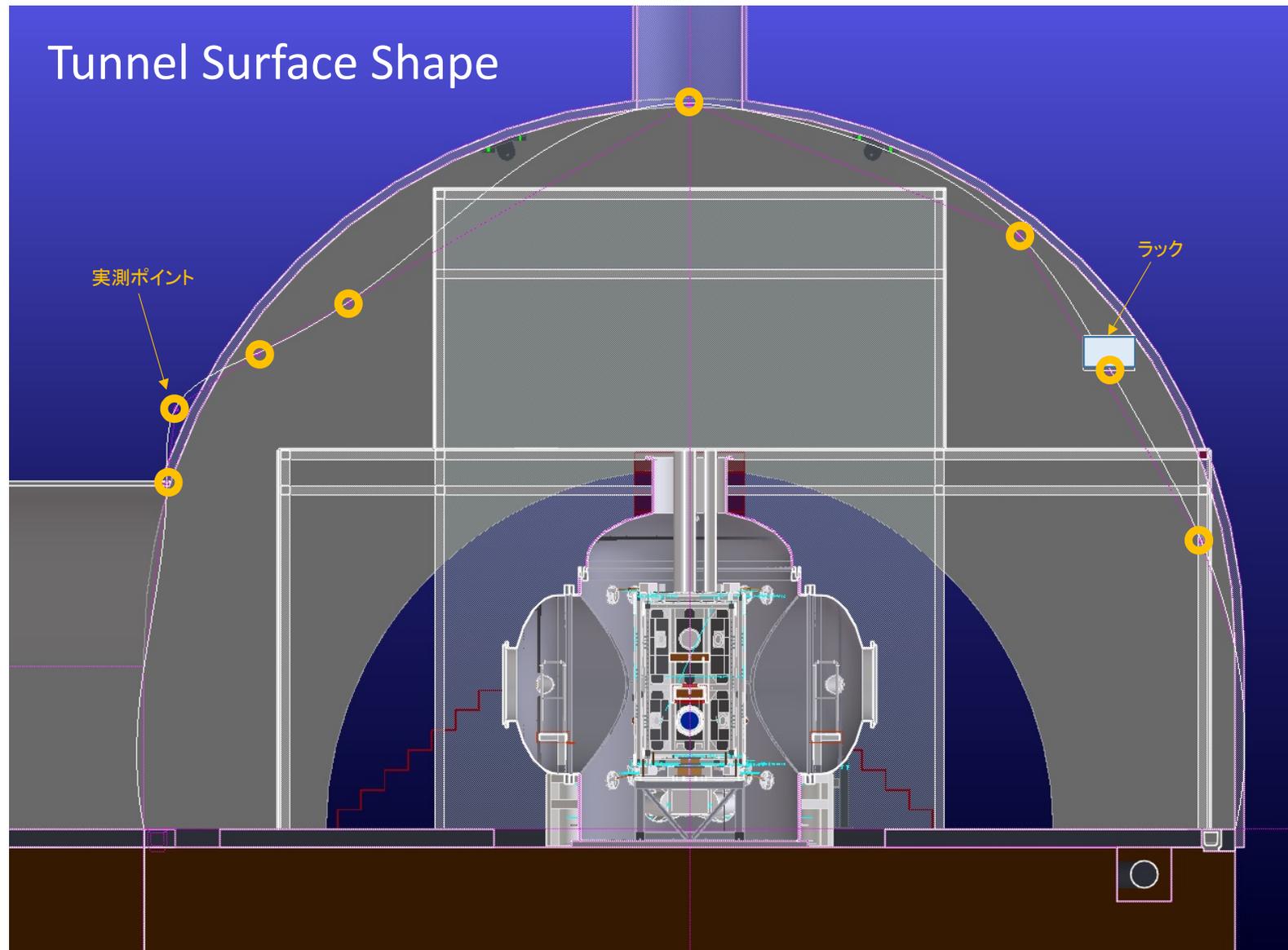
A2  
第三階



備考				注記										
指示値の範囲には公差を適用すること				寸法公差 (JIS B0405) 0.5級-30T										
指示値の寸法公差は中線を適用すること				3-6										
指示値の表面粗さは6.3を適用すること				6-30										
				30-120										
				120-400										
				400-1000										
				1000-2000										
				2000-6500										
表面粗さ	Ra	2.5	6.3	1.6	0.2	精度	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
最大公差	Rmax	1005	253	6.35	0.85	円	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
十点平均粗さ	Rz	1002	252	6.32	0.82	直	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
(参考)		▽	▽	▽	▽	円筒公差	-	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

品質管理									
検査項目	検査方法	検査時期	検査場所	検査結果	検査者	検査日	検査時間	検査費用	検査回数
寸法公差	測定機	施工前	現場	合格	検査員	2014/10/08	10:00-11:00	1000円	1回
表面粗さ	表面粗さ計	施工後	現場	合格	検査員	2014/10/08	11:00-12:00	500円	1回

memo2014/10/08



Miyoki-san points out that around the center of cryo-room should be OK.

Kajima Co. has 3D measurement data of tunnel surface and we will get it.

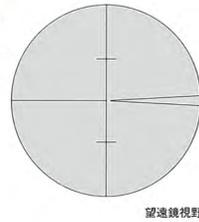
# Conclusion

- Tunnel floor level can be changed.  
We need regular tunnel surveying.
- Infrastructure can have different shape and position from design.  
We should check them before installation.
- Surveying and alignment needs large man power and cost.  
We should count such cost in budget plan.

# Back Up

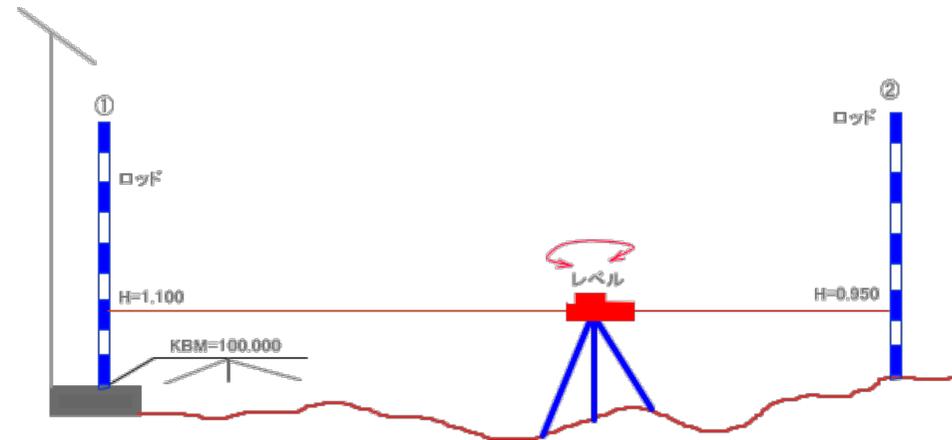
# オートレベル -水平レベルを測る-

KEK 低セで2台保有。

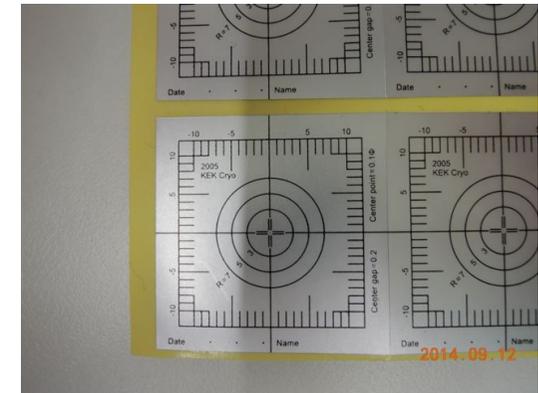


こういう視準線が内部に設けられている望遠鏡。この視準板が振り子状になっていて、測量器が水平に設置されていない場合でも常に水平視準を保つように工夫されているものがオートレベル。

例えば、測量対象①の高さを対象②に写したり、測量ロッド(金尺でもよい)を2つ用いて①と②の高さの違いを測ったりするのに用いる。  
~0.1mm@10mくらいの精度。



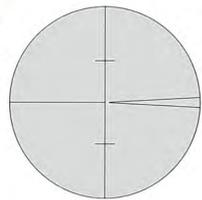
我々が製作する実験機器では、フランジの中心線など何かしらの基準にはケガキを入れることが多い。このようなケガキをもちいて水平を出したり、高さを合わせたりする。KAGRA Cryostatでも、ビームダクト接続フランジ端部に水平・鉛直のケガキを入れてある。ただし、ケガキは非常に見えにくいので、KEKでは左のようなターゲットシールを貼って使うことが多い。



# セオドライト

-水平・垂直の角度を測る-

KEK低セ1台保有

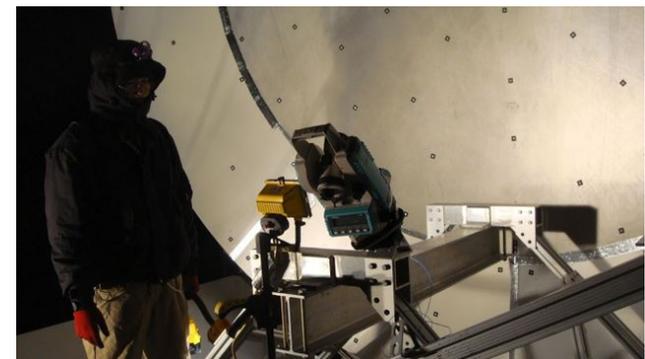


望遠鏡視野

視準付の望遠鏡が水平面内・垂直面内を回転出来るようになっており、エンコーダーで回転角度を読み取る。

## セオドライトの用途:

- 角度しか測れないので、標尺と組み合わせて三角測量することで距離を割り出す。
- ハイグレードの電子水準器付のものならレベル出しにも使える。
- オートレベルとは反対に鉛直方向の直線性を出すのに使う。  
2軸型の測量器はその直交性で精度が制限されるので、  
実は1軸のみ使う直線出しが一番精度が出る。0.1mm@10mくらい。  
その場合、測量器、基準点1, 2を一直線に並べる必要があるので、  
Xステージ付のセオドライト台座を作り、測量器を直線上に乗せる。



# トータルステーション

Leica TS30, KAGRA 1台保有



レーザー距離計付のセオドライト。  
これだけで測点の座標を決定出来る。

- 高度な測量のネットワークを組むことが可能。
- 長距離でも測定が出来る。  
カタログ値では最大3.5km。
- Corner Cube Reflector (CCR) を用いる事で高い距離精度 (0.6mmくらい) が得られる。また、CCRを用いる事で作業効率があがる。
- Non-CCRでも距離測定が出来る。  
～2mmくらいの精度。
- 自動追尾も可能。



ケガキなどを見る望遠鏡としても、プリズムを用いる事も、距離を測ることも出来る。  
KAGRAの施設建設では一番出番が多いかも。

# レーザートラッカー

Leica AT401, KAGRA 1台保有



レーザービームとCCRの組み合わせで距離・角度を測量する  
測量ロボット。

- 極めて高精度の測量が可能。車や飛行機、ロケットなどの製造時に使われる。  
公称  $\pm 15\mu\text{m} + 6\mu\text{m}/\text{m}$ 、最大320m。



- 極めて高度な測量のネットワークを組むことが可能。  
特に曲線系やトンネルなどの測点ネットワークを組むのに優れている。
- Auto Trackingで作業性は抜群によい。

- 必ずCCRを用いる必要がある。よって、あらかじめCCRの設置場所を機器上に設けておく必要がある。



- 左図のようなプローブを用いると、アーム型3次元測定器のような使い方が出来る。  
残念ながらAT401は非対応だそう。



しかし、1/2", 1/4"のCCRを用いて類似のことが出来そう。