

Belle II TOPカウンターの インストール時の歪み測定

名古屋大学 N研 M1
大森雷太

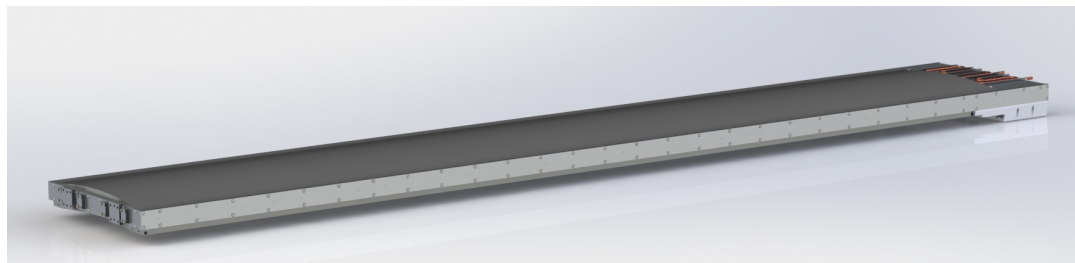
飯嶋徹、居波賢二、鈴木一仁、松岡広大、
前田陽祐、水野嶺、小林一帆、

Belle II TOP Group

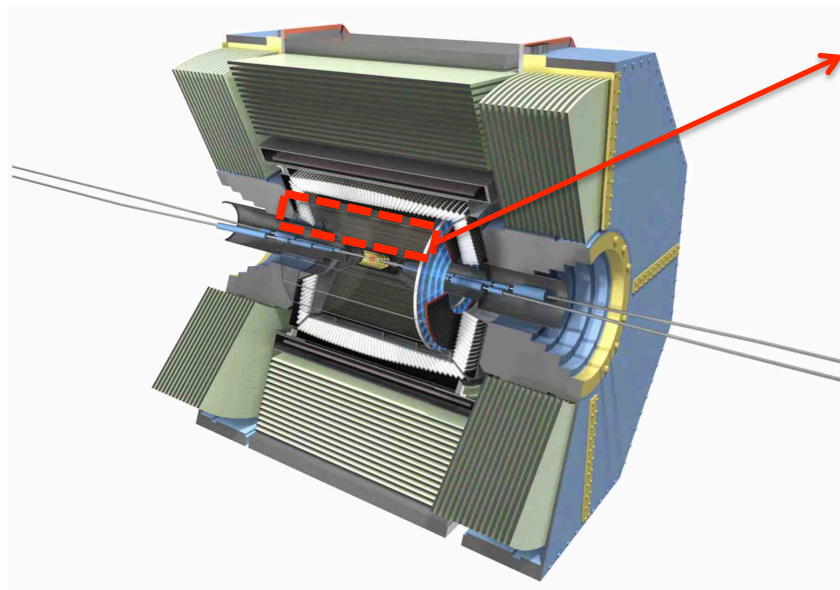
Belle II実験

- 4GeV陽電子と7GeV電子の衝突型加速器実験
- B中間子の希崩壊の精密測定から新物理探索
- 前身のBelle実験からピークルミノシティを40倍に

より精密な測定
粒子識別効率の向上が望まれる



Belle 検出器



新型K/ π 識別検出器「TOPカウンター」
バレル部分に16枚並ぶ

3GeVの粒子に対しての識別効率

	Belle	Belle II
π 識別効率	89%	95%
K誤識別率	12%	5%

TOPカウンターの原理

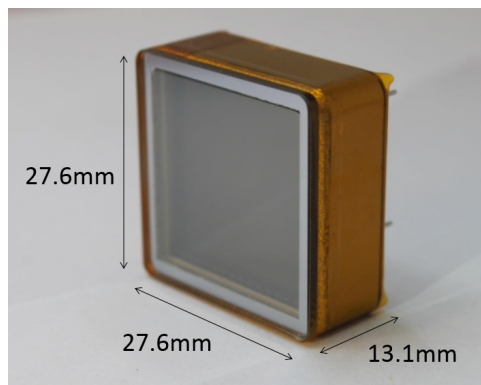
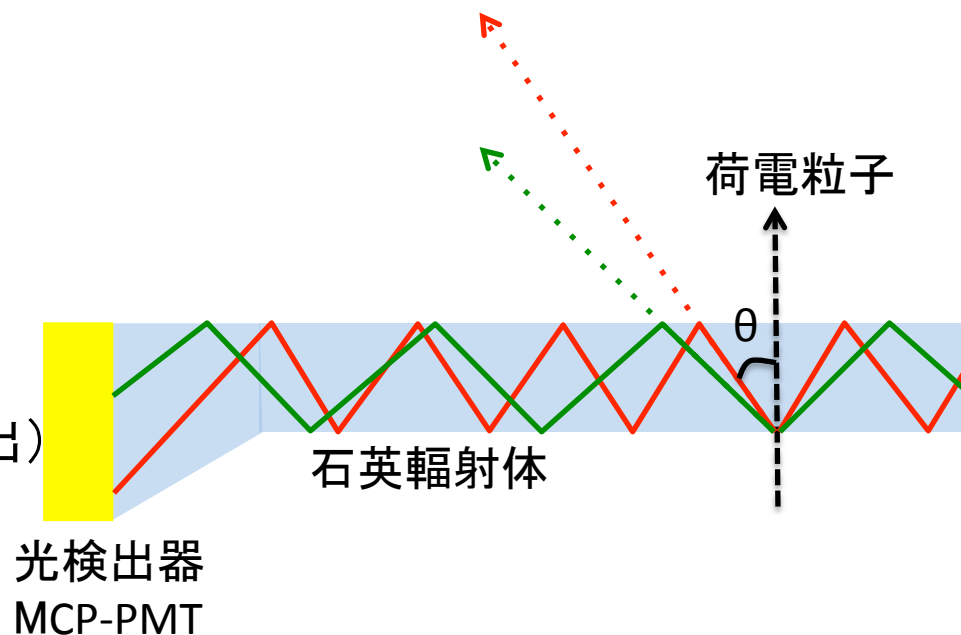
チェレンコフ光のリングイメージを
読み取って再構成、
その角度から粒子の速度 β を求める

$$\cos\theta_c = \frac{1}{n\beta}$$

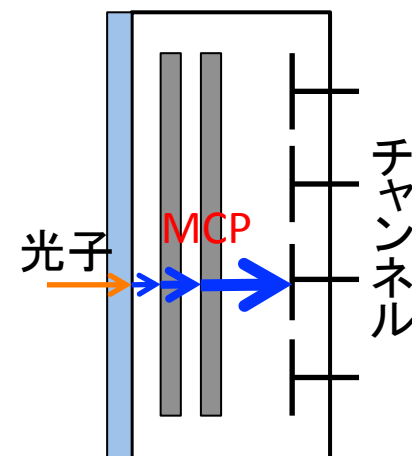
n:屈折率

速度 β と、運動量 P (内側の検出器で検出)
から粒子の質量を求めることができる

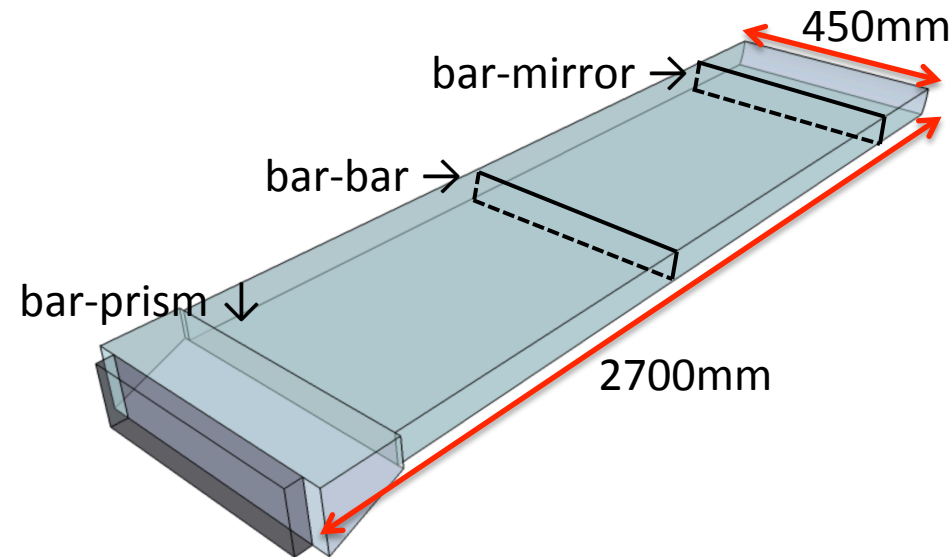
$$m = \frac{p\sqrt{1-\beta^2}}{\beta}$$



チャンネル	16
時間分解能	< 50 ps
位置分解能	< 5 mm
量子効率	> 24 %

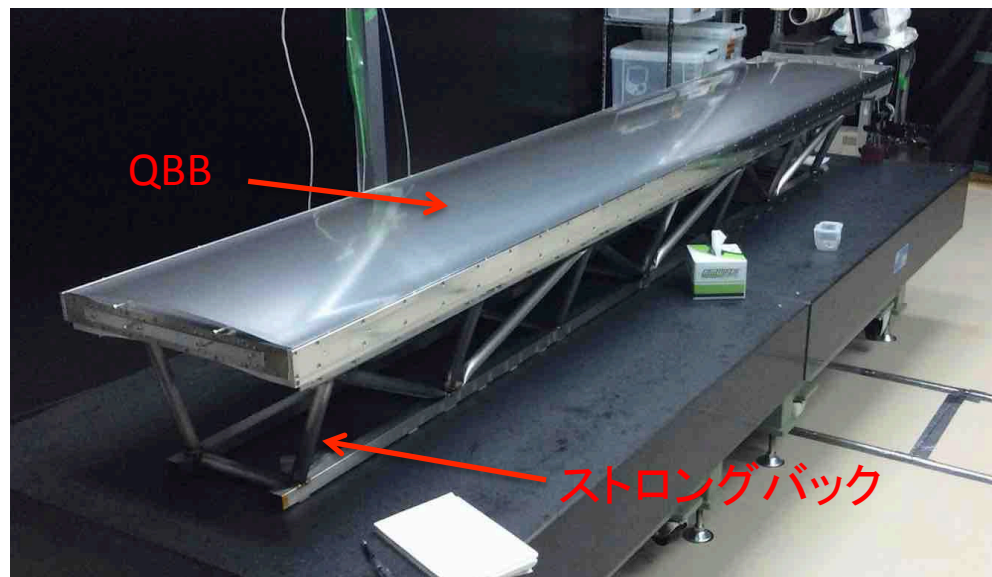


TOPカウンターの構造



TOPカウンターには2枚の石英板とミラーとプリズムからなる石英輻射体がいわれている

平面度	6.3 μ m
平行度	4arcsec
面粗度	5 $\text{\AA}$
接着精度	+/-4arcsec +/-10 μ m

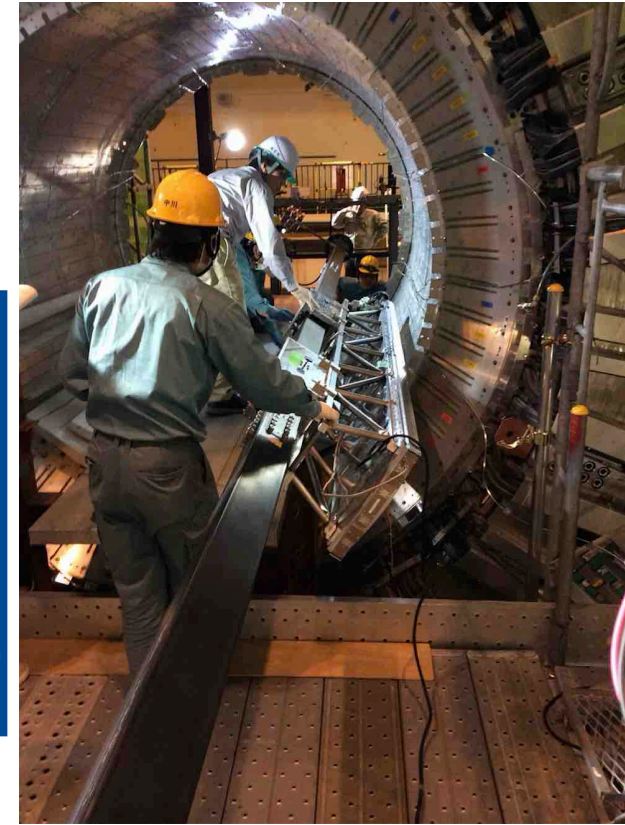
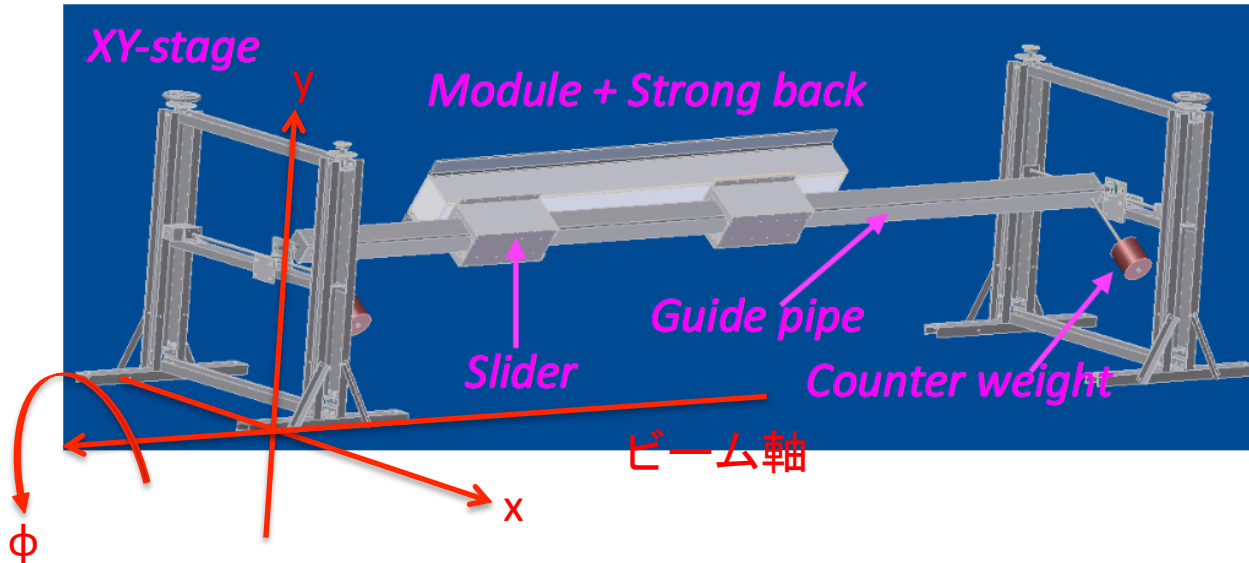


接着された石英輻射体はアルミのハニカムパネルで出来たQuartz Bar Box(QBB)の中にはいる

ストロングバックとはインストールが終わるまでの支持構造体である

TOPカウンターインストール

TOPカウンターのインストールにはXYステージを用いる



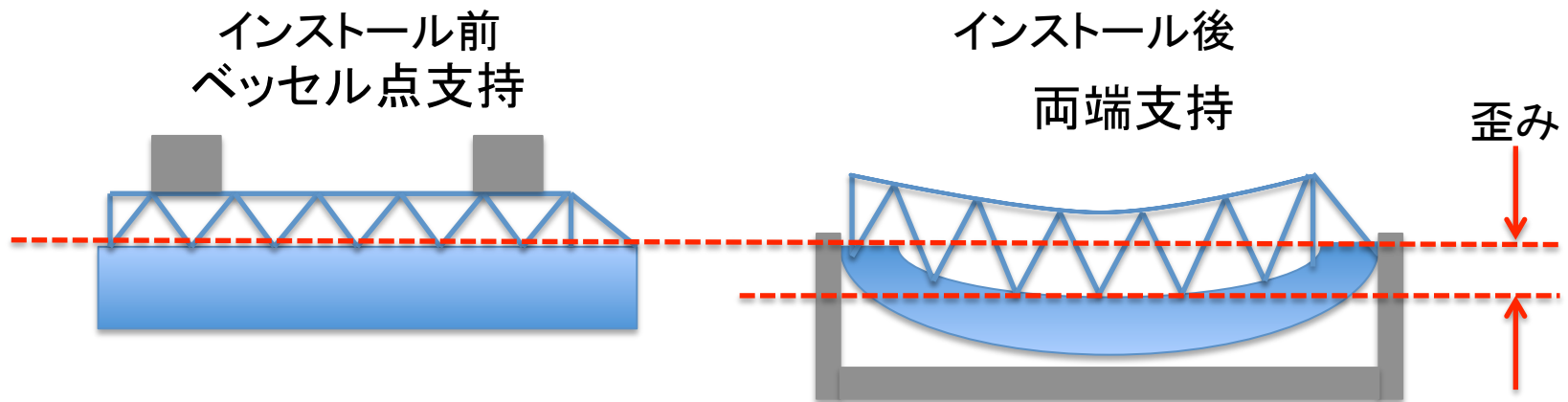
- ・XYステージの間にガイドパイプを通し、ガイドパイプ上を動くスライダーにストロングバックを取り付ける
- ・スライダーはベッセル点という中央の歪みの影響が最小となる位置でTOPカウンターを支える
- ・XYステージを動かしてX軸、Y軸方向を、スライダーを動かしてビーム軸方向を、ガイドパイプを回して ϕ 方向を調節する

TOPカウンターの歪み

TOPカウンターの歪みは石英輻射体の負担、性能劣化に繋がる
これを防ぐために要求される歪みの上限は $500\mu\text{m}$ である

Belle検出器にインストールされたTOPカウンターは
外側の検出器のフランジにボルト固定で両端支持で据え付けられる
この時の歪みはストロングバックによって
 $400\mu\text{m}$ 程度に抑えられると期待されている

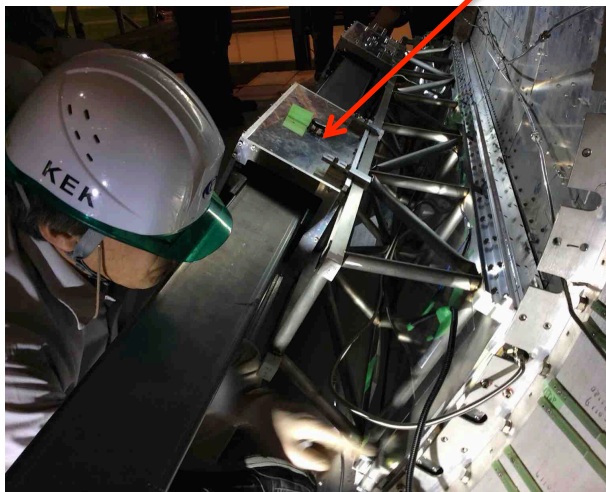
またインストール後のTOPカウンターは両隣同士で接続され、
その後はストロングバックを外しても歪みは $100\mu\text{m}$ になることが期待されている



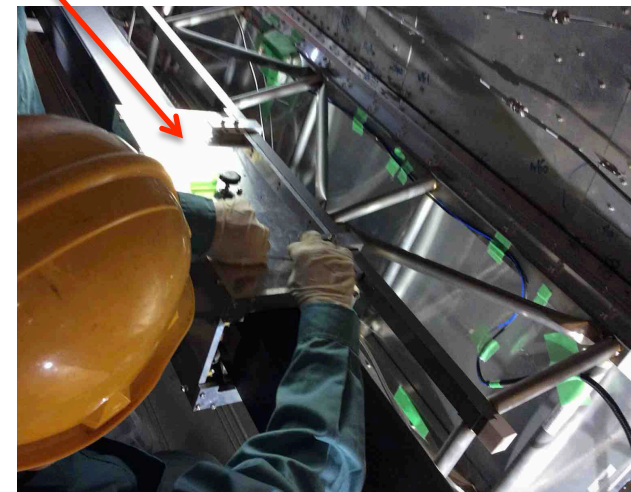
インストール手順と歪み予想



①インストールする
位置まで移動させる
歪みは少ないと予想される



②ボルトで両端を止める
作業中は、人の力による
ストレスが予想される



③スライダーを外す
両端支持になるため一番
大きな歪みが予想される

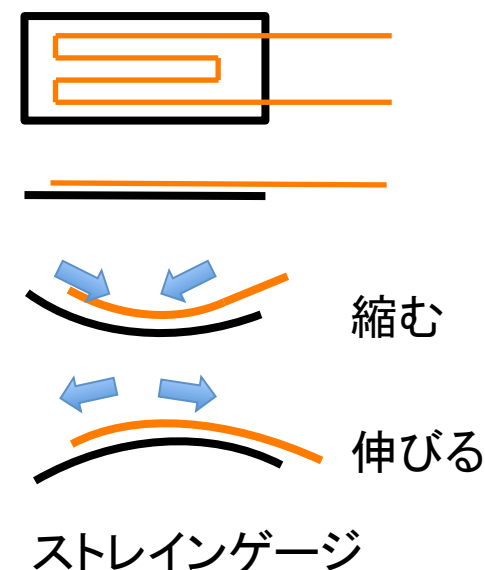
ストレインゲージによる歪み測定

TOPカウンターの歪みを測定するために、ストレインゲージを使用を検討した

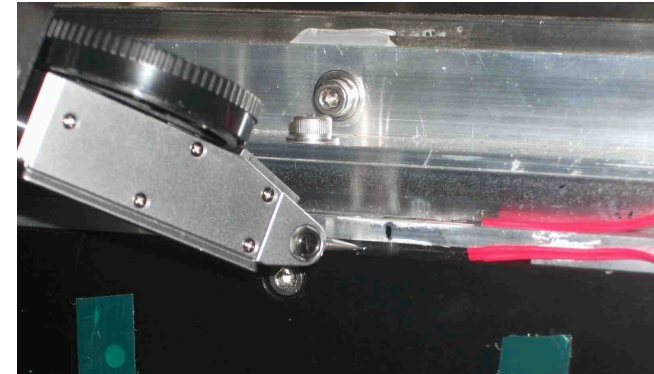
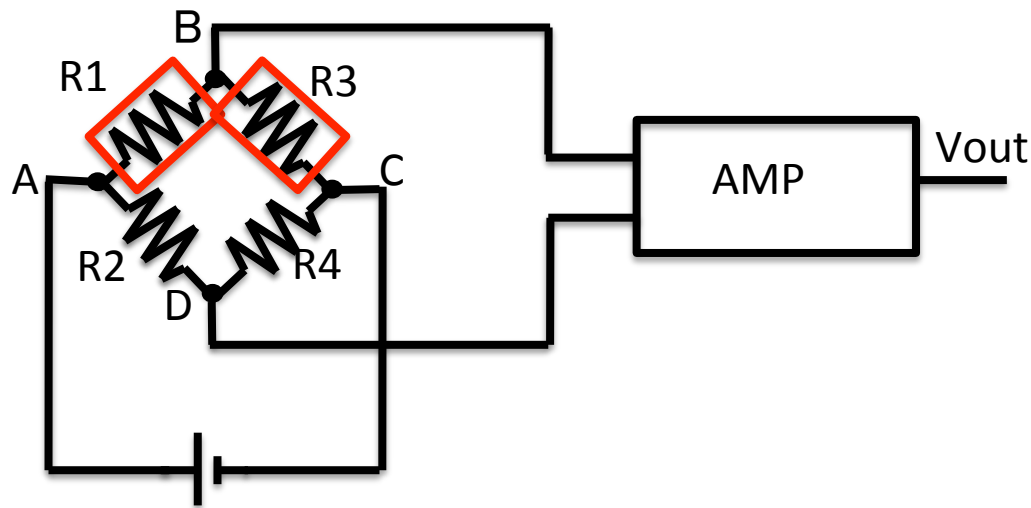
ストレインゲージとは、対象の歪みを計測する薄いセンサーである
測定したい対象物にストレインゲージを貼り付けて、歪みを測定する

ストレインゲージには細い金属抵抗体が
取り付けられており、被測定物が歪むと
貼り付けられたストレインゲージも同様に歪む
ストレインゲージの金属抵抗体は歪みによって
長さが増減し、それに伴い抵抗値も増減する

この変化を測定に利用する



ストレインゲージの回路図(略図)

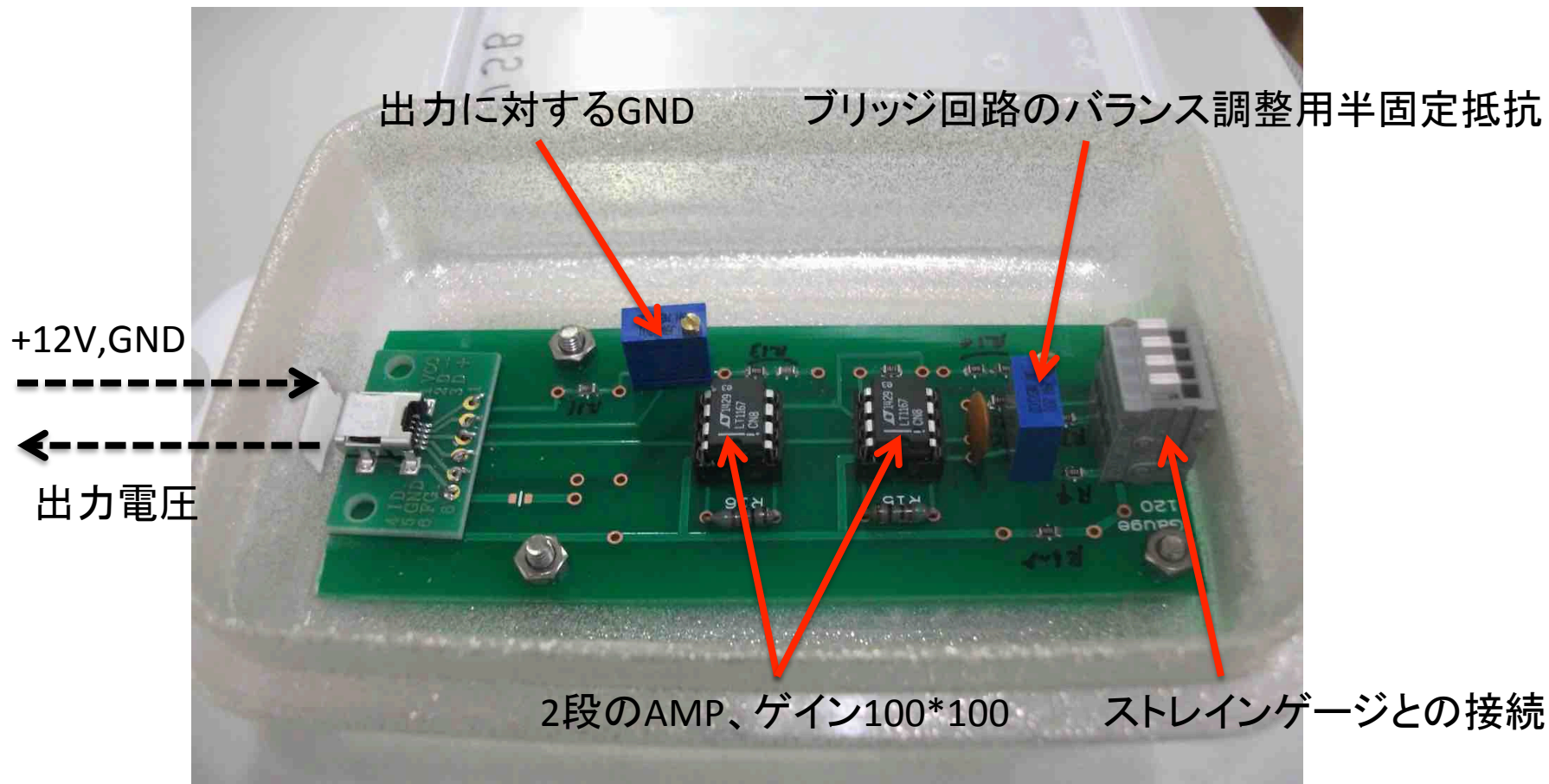


2ゲージ法

ストレインゲージの抵抗の変化を読むにはブリッジ回路とAMPを用いる

またストレインゲージは温度変化に敏感である
そのため4つの抵抗のうち2つをストレインゲージとし、
2ゲージ法という温度変化を打ち消す結線法を採用した

回路の製作



セットアップ

荷重を加えて歪みを作る



歪みを測定

ハイトゲージ+ダイヤルゲージ

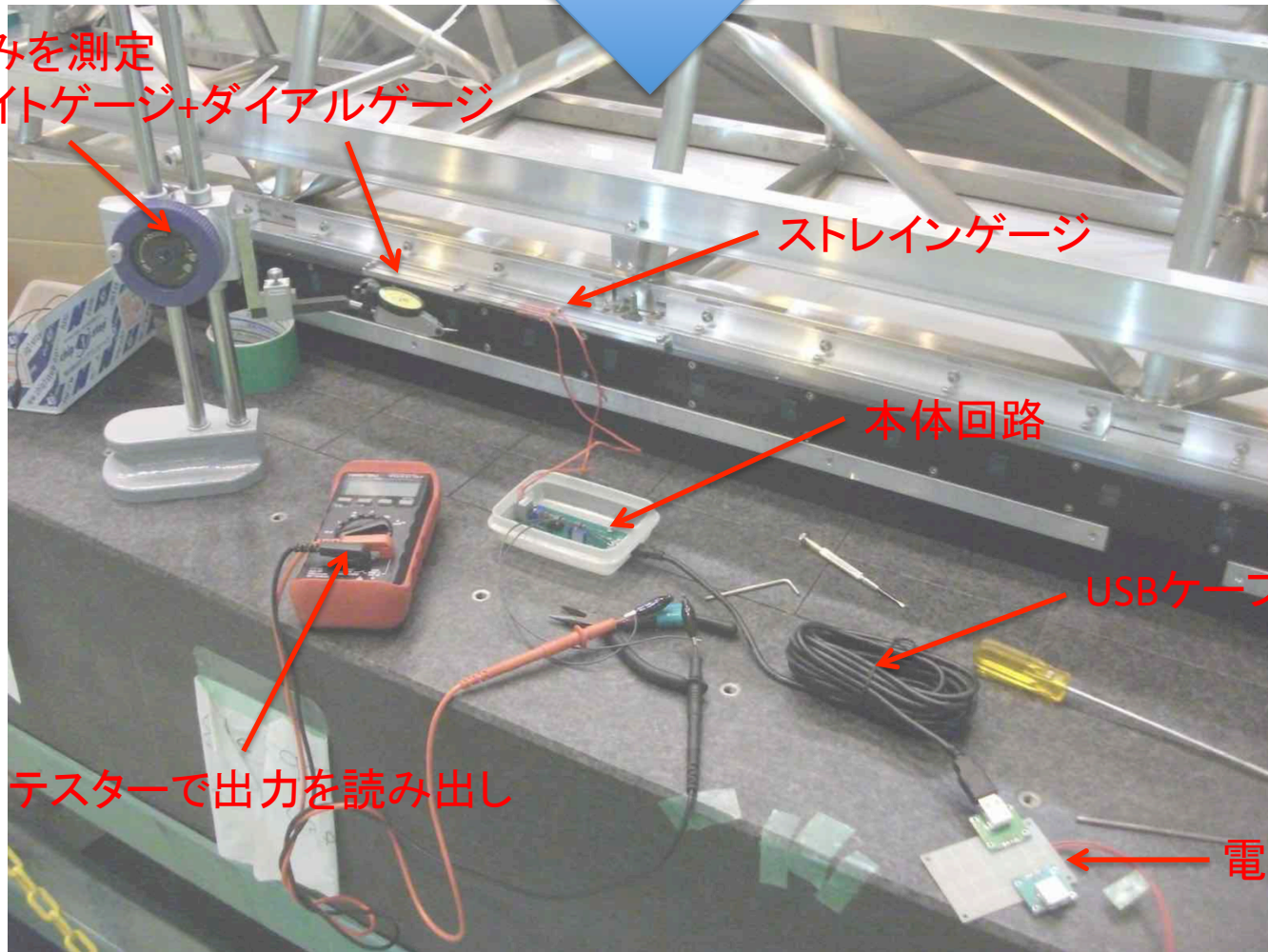
ストレインゲージ

本体回路

USBケーブル

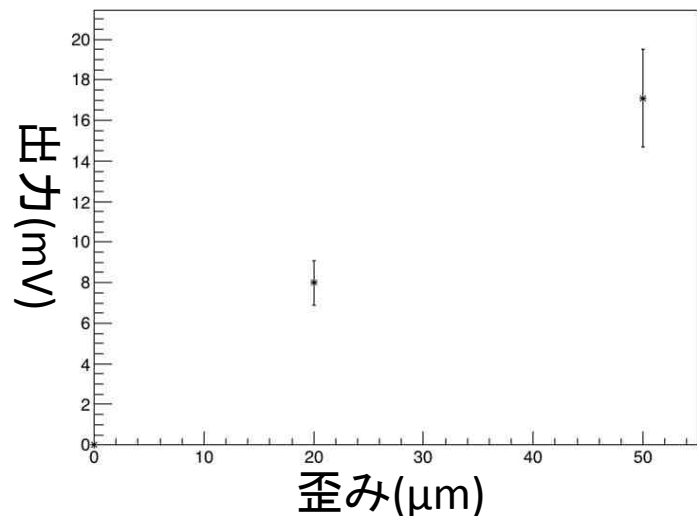
テスターで出力を読み出し

電源供給



ストレインゲージの評価

歪みと出力

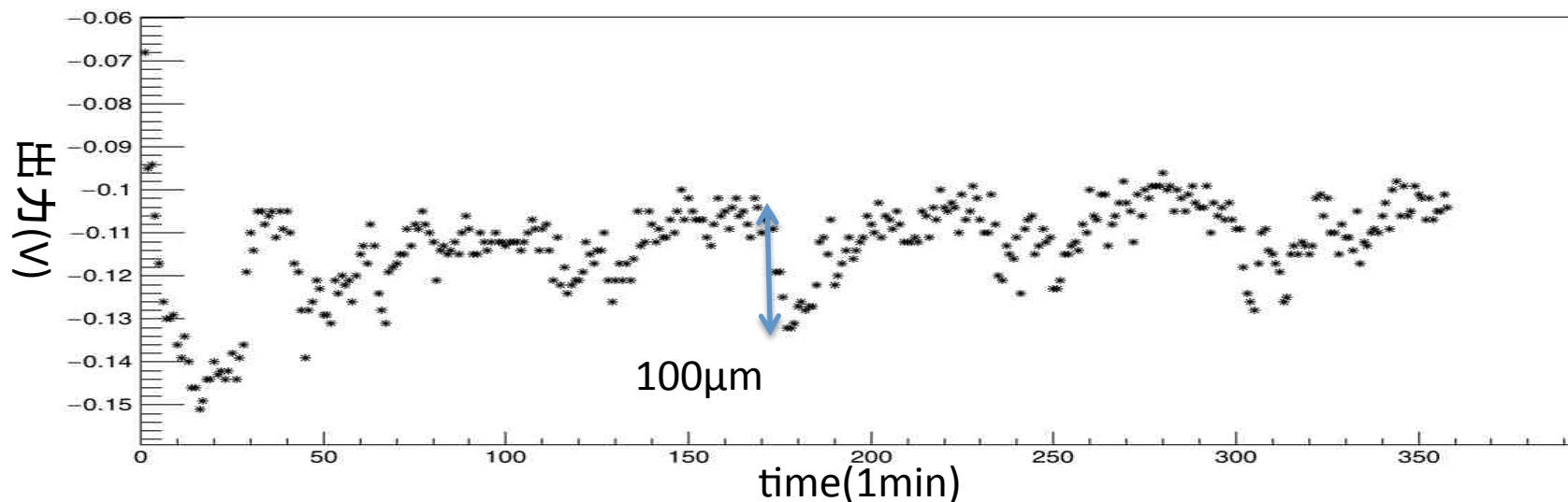


歪みと出力には1次の相関が見える

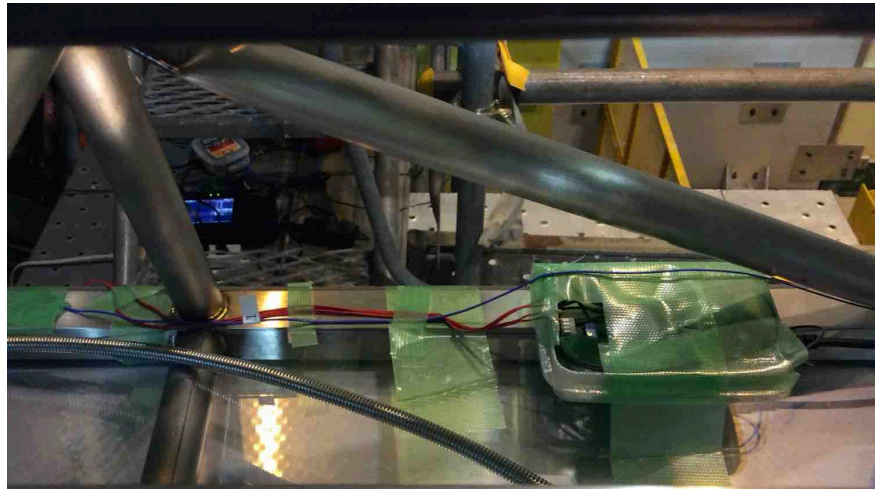
また、出力の時間による推移には
温度変化による影響が見える
 1°C の変化で歪みにして $100\mu\text{m}$ 程度

測定してしばらくは出力の推移が大きく出る

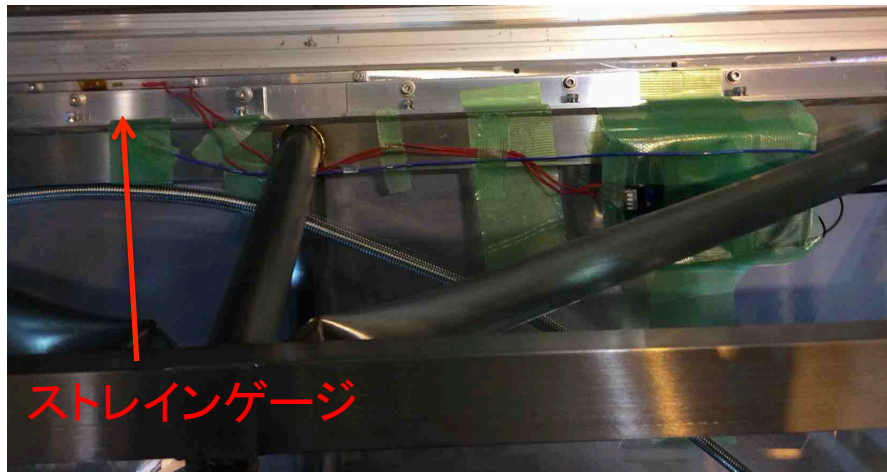
出力の時間推移



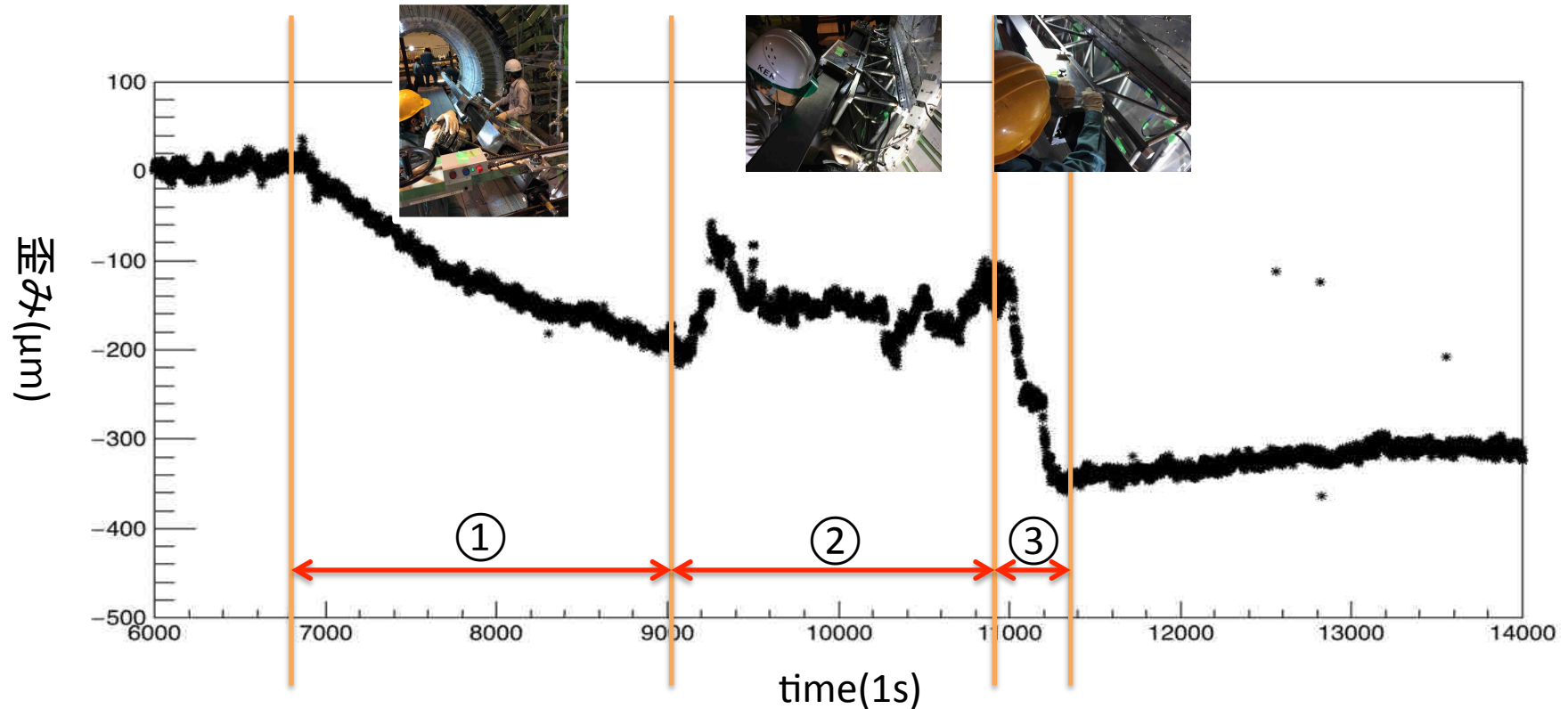
セットアップ



TOPカウンターのサイドの端に設置
インストール中の歪みを測定した

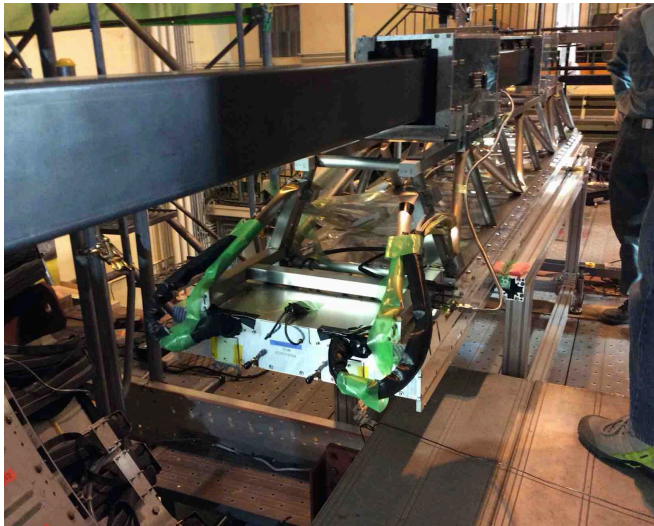
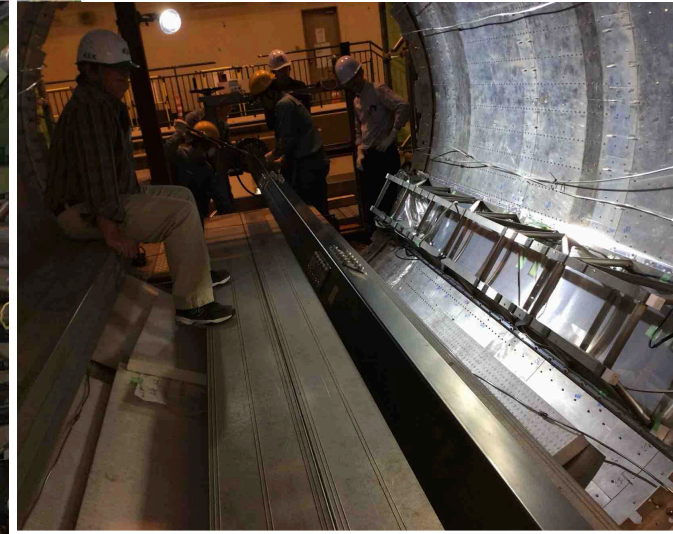


インストール中の歪み



- ①での変化は他のデータとの確認が必要
 - ②ではボルトでTOPカウンターを固定している間の歪みが見えている
 - ③では250 μm から300 μm ほどの歪みが見えたが、これはベッセル点での支持から両端支持にかえた際の歪みのデータと概ね一致する
- この測定から確認できるインストール前後の歪みは350 μm ほどで、
詳細な検討を進めている

インストールの様子



2/10 筑波実験棟
最初の1台がインストール



まとめ

Belle II実験へのアップグレードに伴い、粒子識別効率の上昇した
新型粒子識別検出器「TOPカウンター」の製作・インストールを進めている
2/10に最初の1台がインストールされた

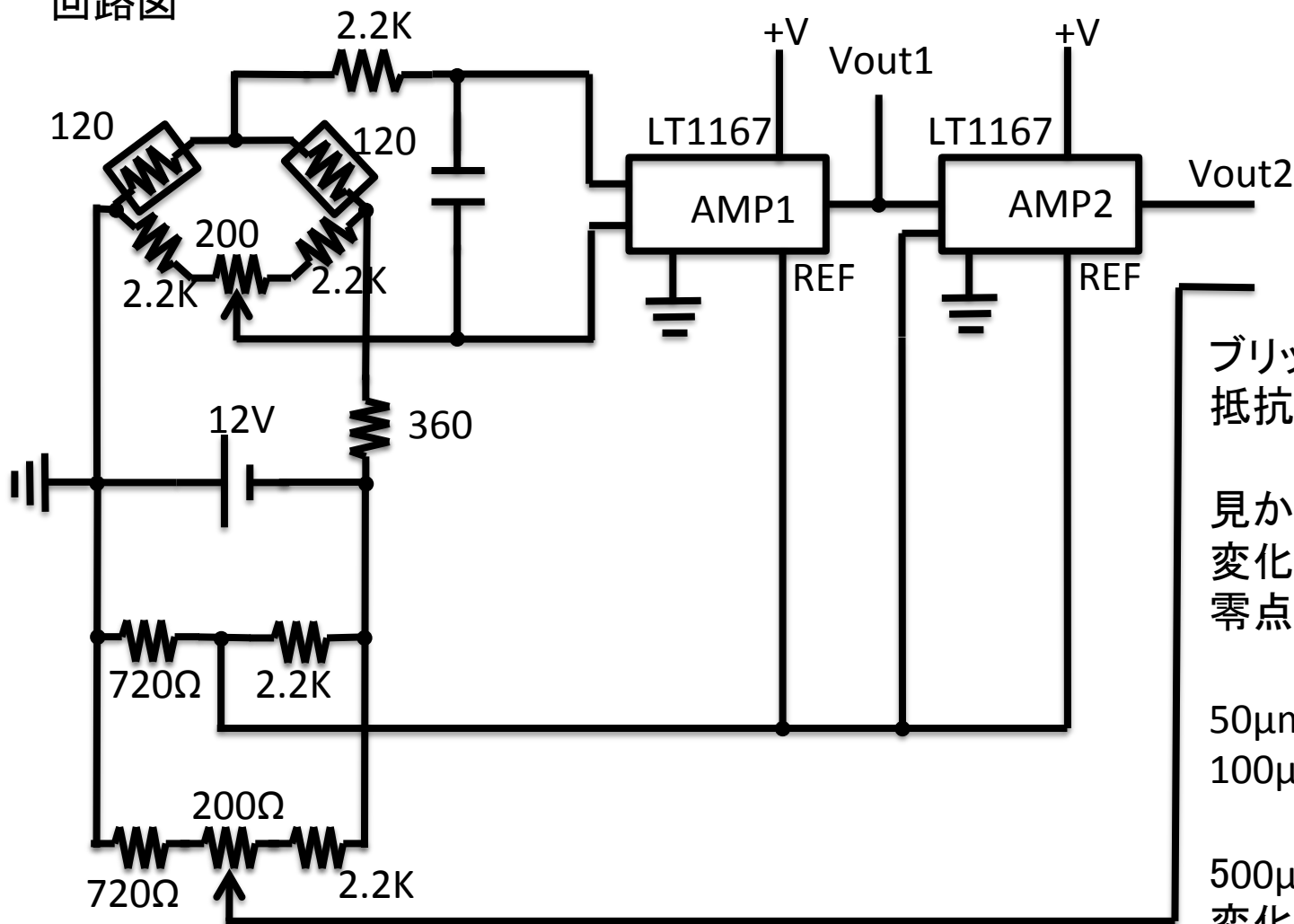
インストールの際に石英に負担がかかるのを防ぐために
インストール中のTOPカウンターの歪みをストレインゲージを用いて測定した

測定からインストール前後でTOPカウンターは $350\mu\text{m}$ ほど歪んでおり、
この結果に対する詳細な検討を進めている

TOPカウンターが安全にインストールできたか確認すべく、
結果のより詳細な検討と、今後のインストールの際の精確な測定方法の
確立を進めている

Back Up

回路図



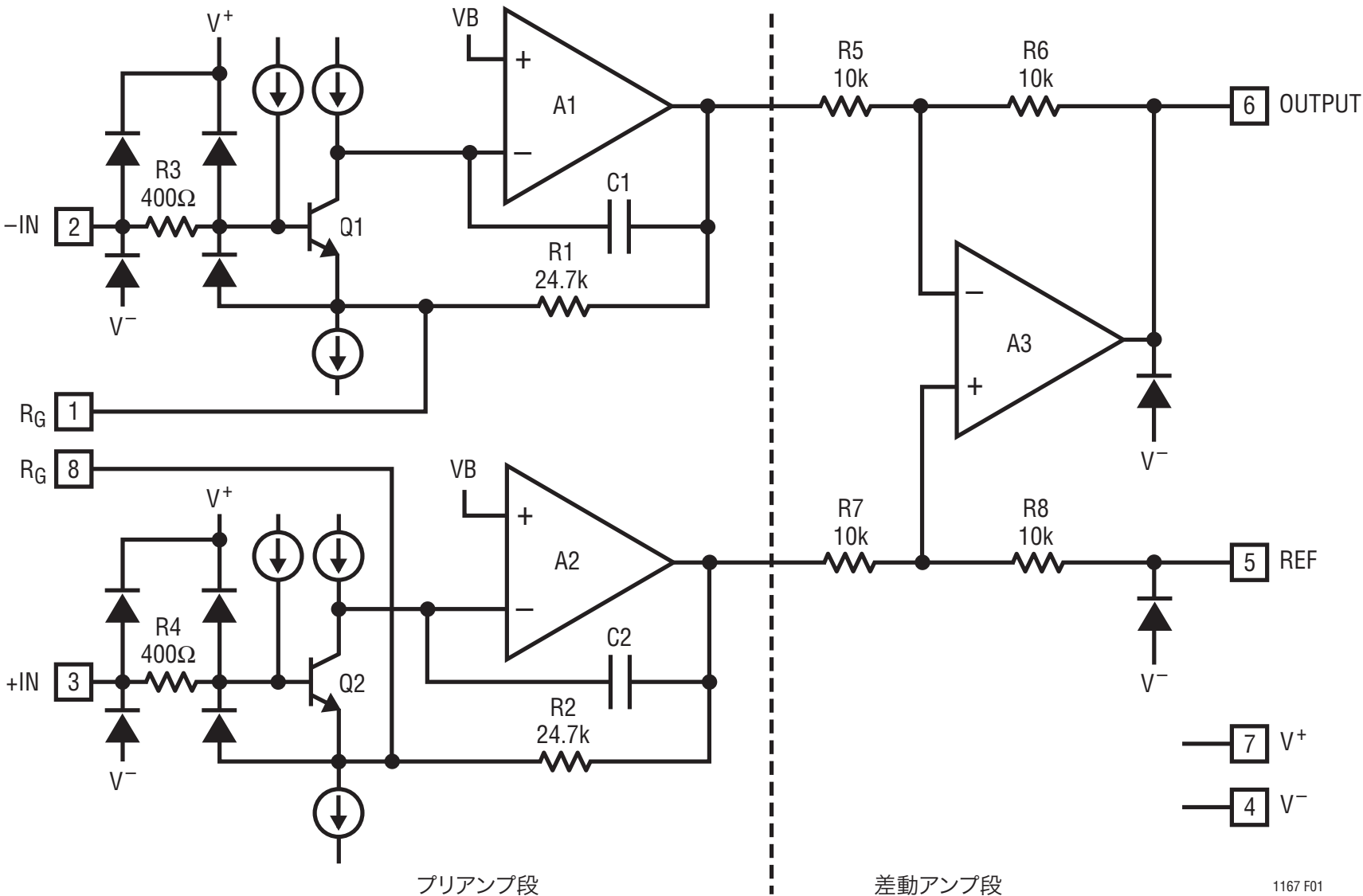
ブリッジ回路に、半固定抵抗をいれ零点を探す

見かけのGNDを変化させてこちらから零点を迎えに行く

50μmで17mVほど、100μmで34mVほど、変化

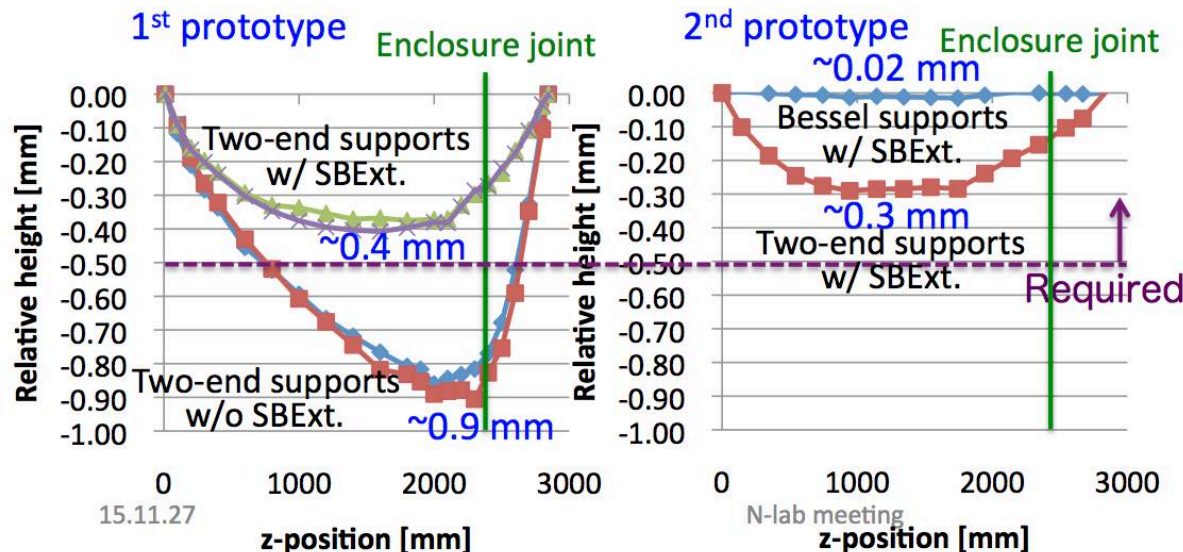
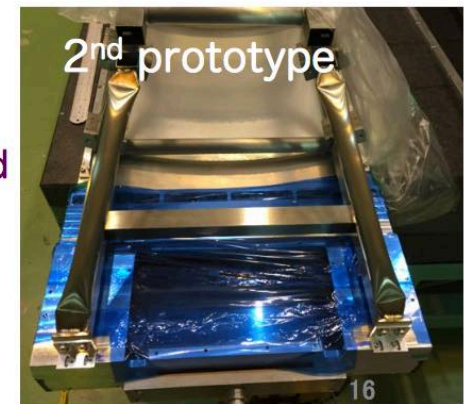
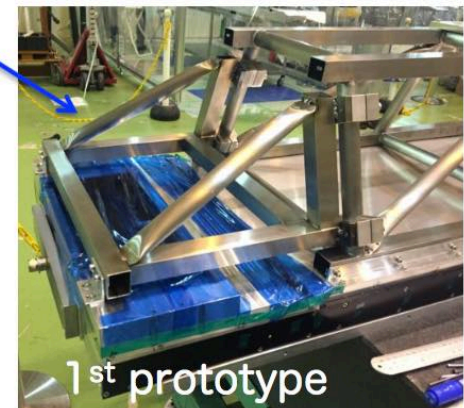
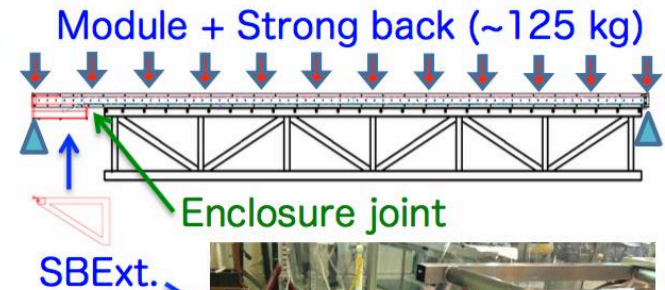
500μmで170mVほど変化すると期待される

LT1167 ブロック図

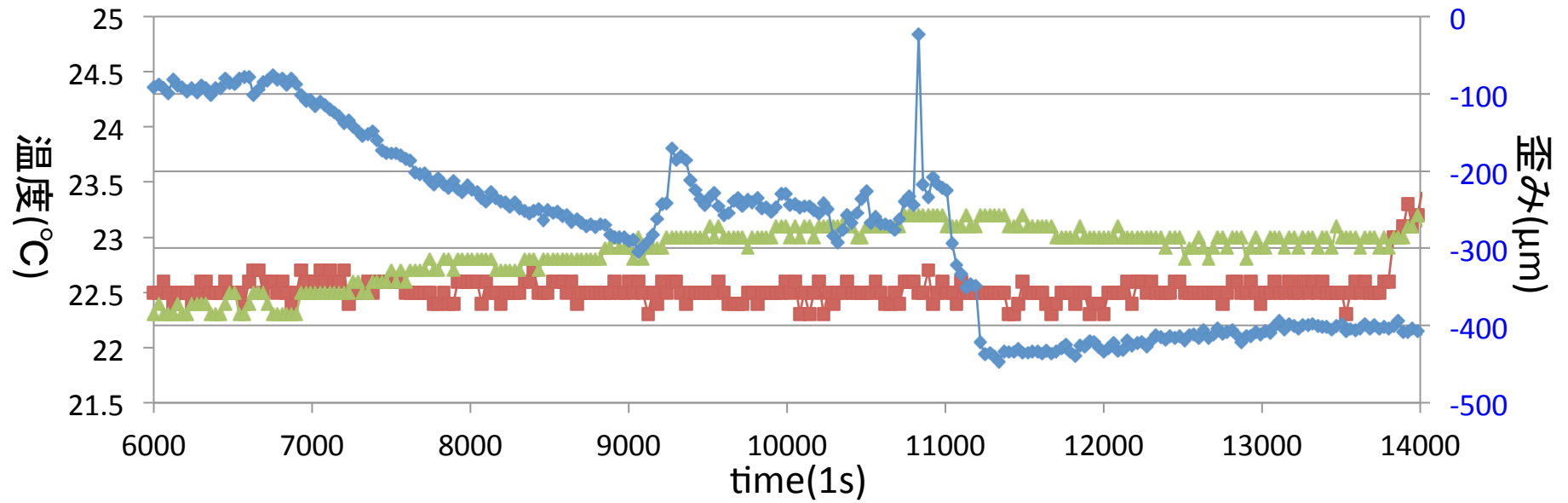


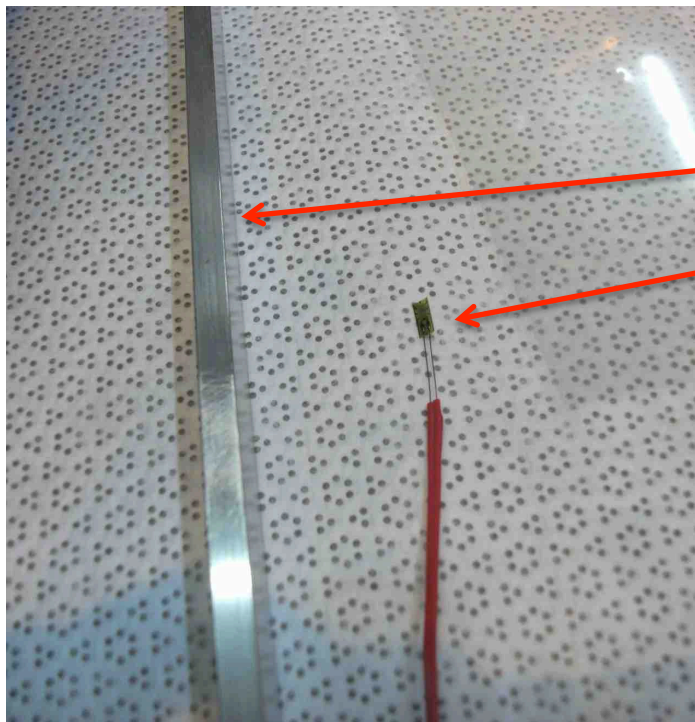
Reference profile

- Taken from the profile with Bessel supports having Strong Back Extension.
 - 1st and 2nd prototypes show the similar performance.
 - The 2nd prototype will be the design for mass production.



青:歪み
赤:温度
緑:ストレインゲージの温度

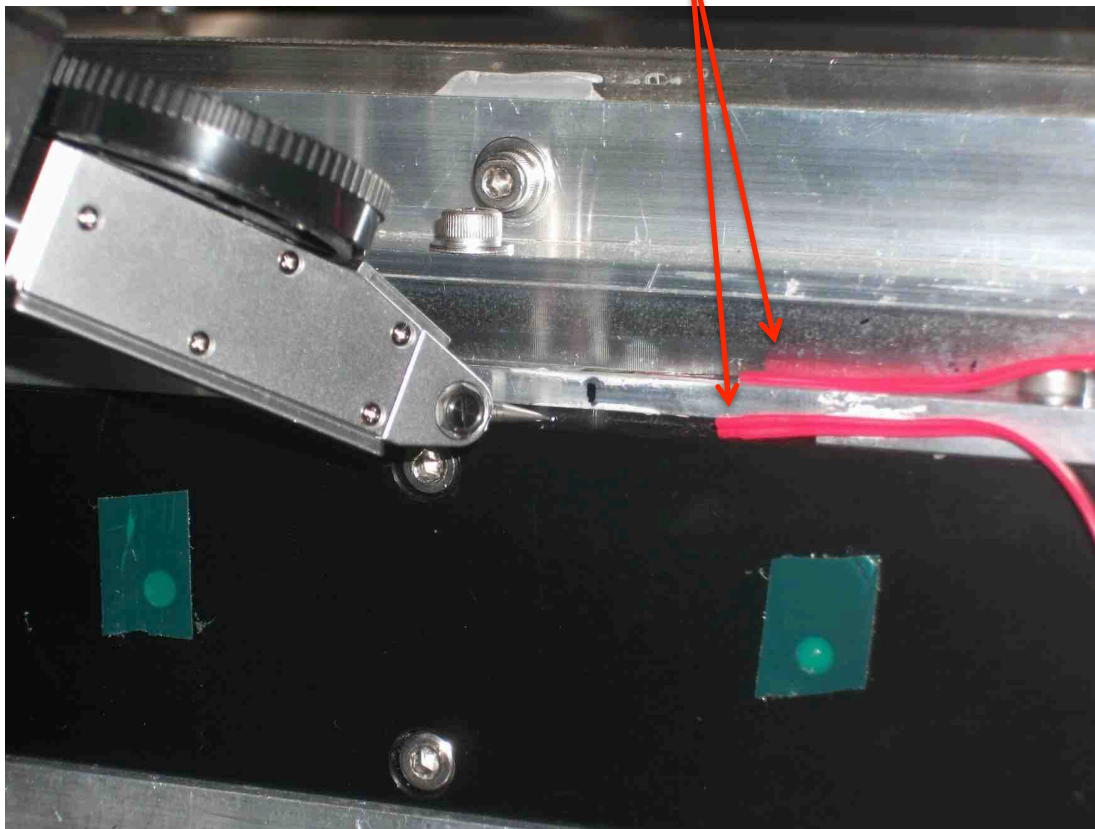




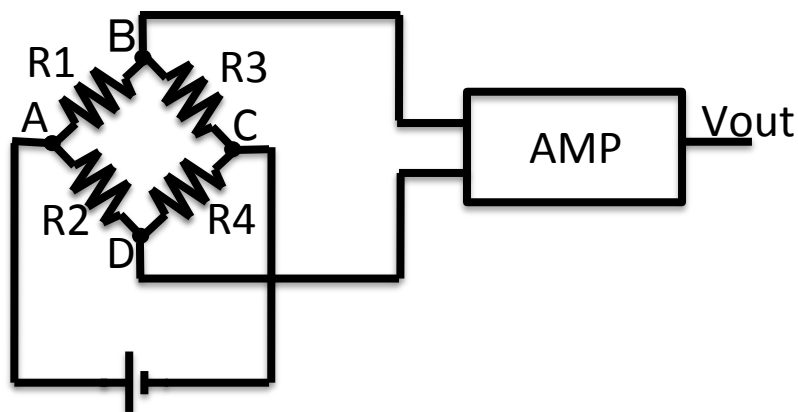
アルミ棒

ストレインゲージ

2ゲージ法



ストレインゲージの回路図(略図)

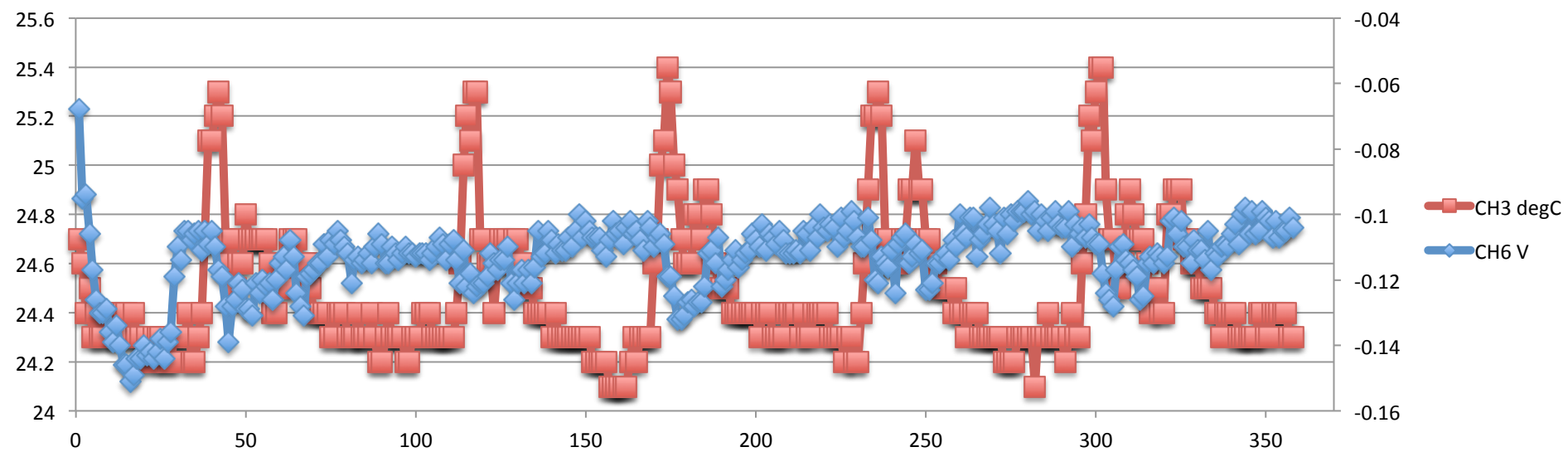


歪みによる抵抗の変化を測定するために、ホイートストンブリッジ回路を用いる

この回路は $\frac{R1}{R2} = \frac{R3}{R4}$ の時、BD間の電位差が0となる

被測定物が歪むとストレインゲージの抵抗も変化する
そのため、抵抗のバランスが崩れ、BD間に電位差が生じる
この電位差をAMPで増幅し読み取り、歪みを測定する

今回は4つの抵抗のうち2つをストレインゲージとし、
2ゲージ法という温度変化を打ち消す結線法を採用した



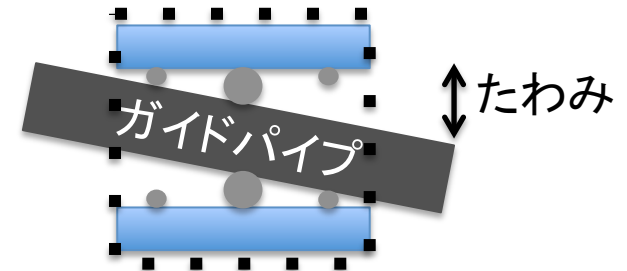
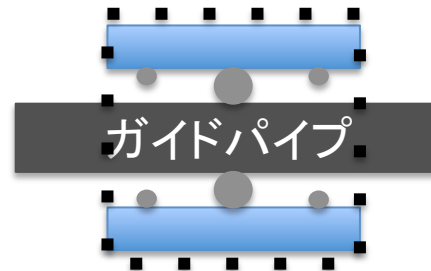
インストール手順と歪み予想



TOPカウンターをガイドパイプ状でスライドさせる
荷重がガイドパイプ中央に移るので
ガイドパイプのたわみがTOPカウンターに伝わってしまう

これを防ぐためスライダーは1点支持と
十分なクリアランスを設けている

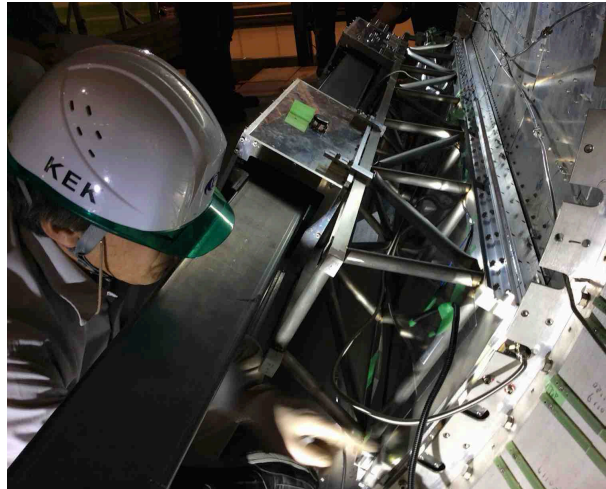
スライダー



①インストールする
位置まで移動させる
歪みは少ないと予想される

インストール手順と歪み予想

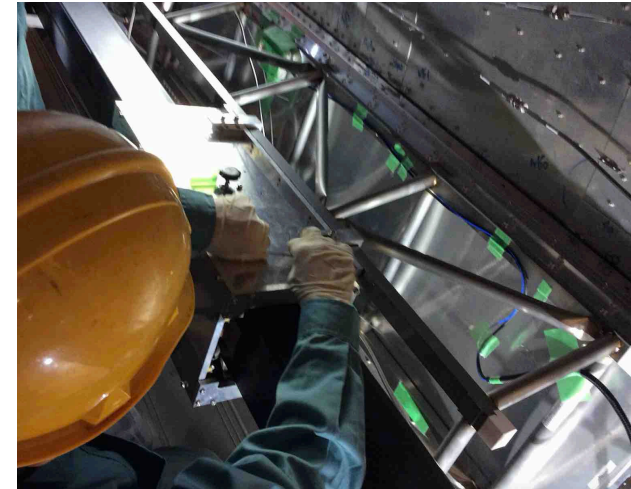
モジュールを精度よく取り付けることで
不要な歪みとストレスを防ぐ



②両端支持
人の手による力が
加わるため振動のような
歪みが予想される

インストール手順と歪み予想

モジュールの荷重がガイドパイプからフランジに移る
ガイドパイプのたわみが解放され、
スライダーのボルトを破壊する危険や、
弾性でガイドパイプがモジュールに衝突する危険などがある



③スライダーを外す
両端支持になるため一番
大きな歪みが予想される

テスト時の歪みと出力の関係

プリント基板回路に対してユニバーサル基板でゲインが1/2、かつ1ゲージ法
プリント基板では3mでの歪みを見ているが、
これは30cmでの歪みを見ている

