

Research of the Silicon Vertex Detector ladder assembly in Belle II

東京理科大学 修士1年

吉延 俊輝

@Flavor Physics Workshop 2014

目次

- イン트로ダクション
 - Belle II実験
 - 崩壊点検出器VXD
 - SVD検出器
- SVDラダーの組み立て
- ラダーマウント方法の研究
- まとめ

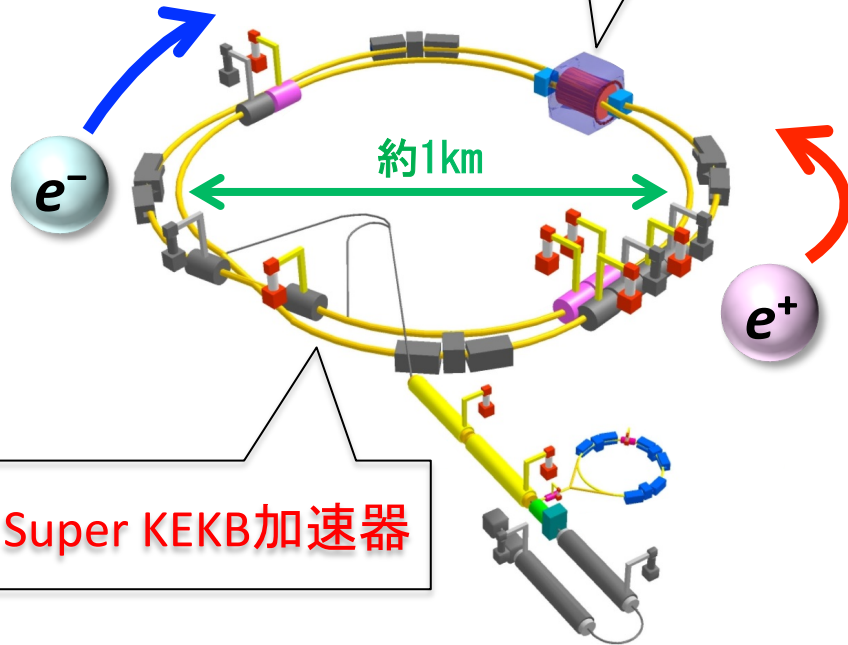
Belle II実験

高エネルギー加速器研究機構(KEK)

Belle II測定器

約1km

Super KEKB加速器

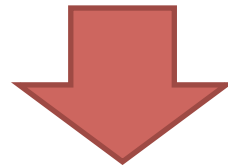


- 茨城県つくば市にある高エネルギー加速器研究機構(KEK)で行われる素粒子実験。
- 2017年物理ラン開始予定。
- 電子・陽電子衝突型加速器 **super KEKB** で大量のB中間子対を生成し、それらの崩壊事象を **Belle II測定器** で測定。
- 重心エネルギー10.58GeV
- 高いルミノシティで新物理を探索。

Belle II実験の新物理探索

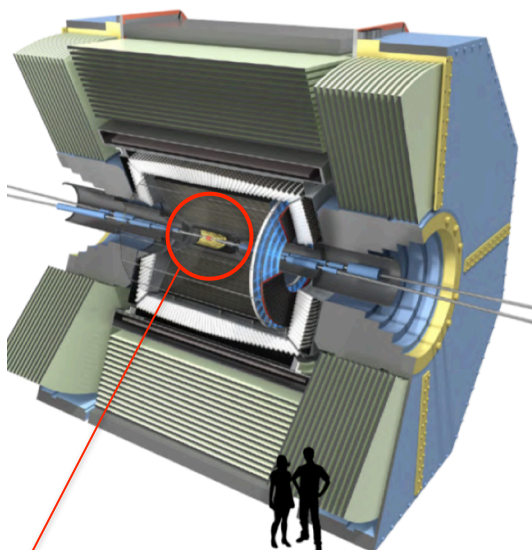
- Belle IIではBelleの約50倍の積分ルミノシティ(統計量)となる
→B中間子の崩壊の精密測定により標準模型を超えた新物理の探索

K中間子、D中間子、 ρ 中間子、 ω 中間子などや、エキゾチックハドロン(X(3872)など)、 τ レプトンなどの物理も精密測定

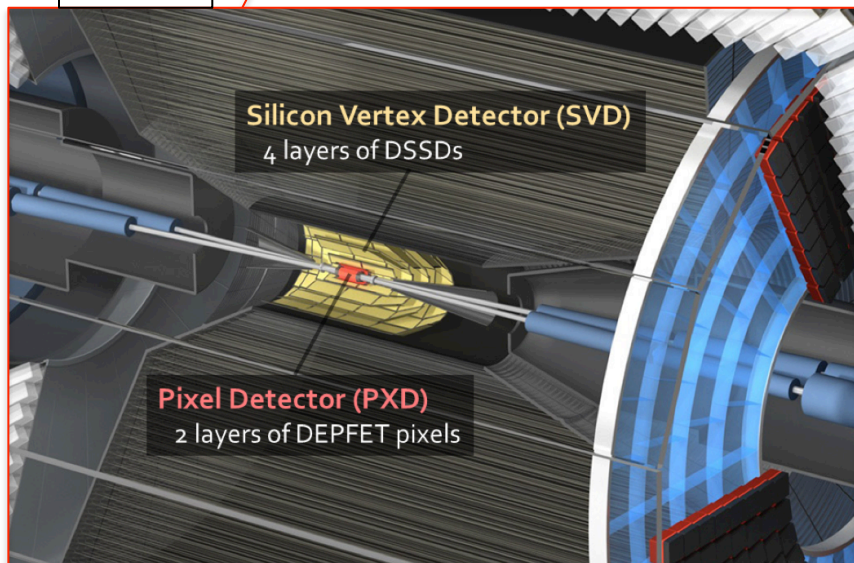


荷電ヒッグス粒子などの標準模型から予言されない粒子による寄与の測定、標準理論では予言されない新たなCP破れ位相の測定に重要

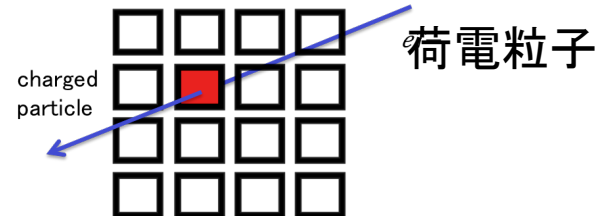
崩壊点検出器 VXD



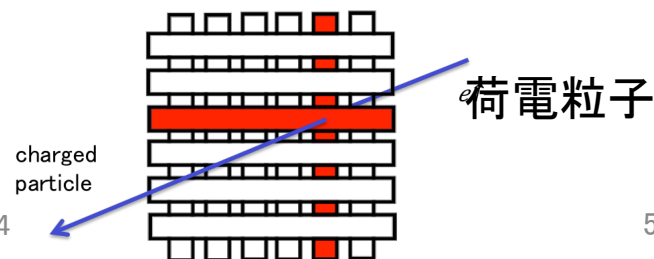
VXD



- VXD : Vertex Detector
 - 20 μ mの位置分解能
 - CDC(Central Drift Chamber)とともに崩壊点と軌跡を再構成
 - **PXD**(L1,L2) + **SVD**(L3,L4,L5,L6)
- **PXD** : Pixel Detector
 - ピクセル型半導体検出器

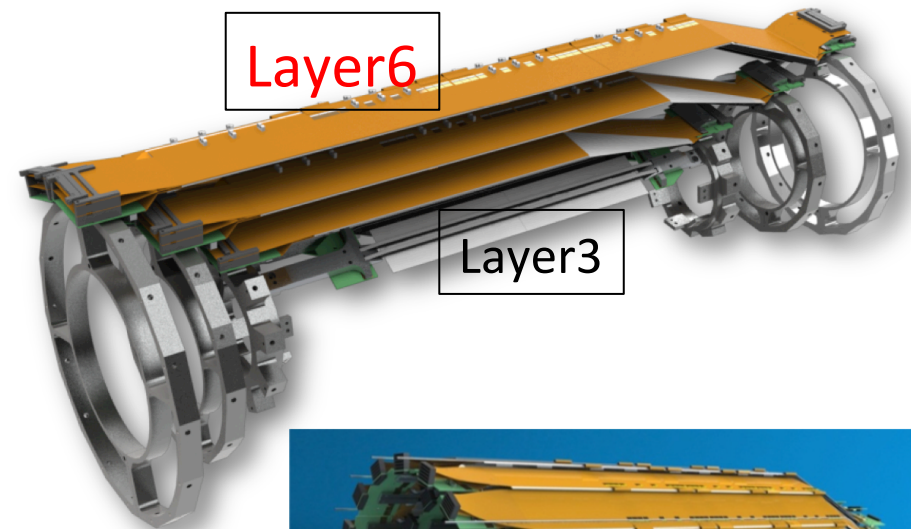


- **SVD** : Silicon Vertex Detector
 - ストリップ型半導体検出器



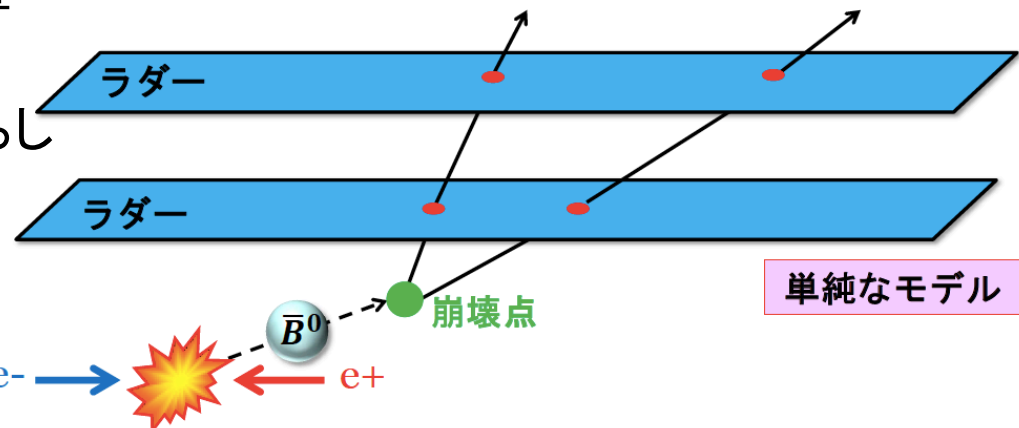
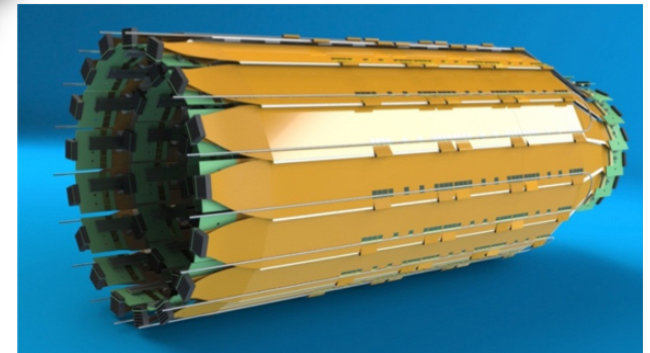
SVD検出器 : Silicon Vertex Detector

- VXDの3～6層がSVD
 - L3(Melbourne@Australia)
 - L4(TIFR@India)
 - L5(HEPHY@Austria)
 - **L6(IPMU@Japan)**
(東京大学Kavli IPMU)



ラダー構造

1. それぞれのラダーで粒子の通過位置を2次元で検出
2. 複数のラダーの通過位置から軌跡を求める
3. それらの軌跡のもっともらしい交点が崩壊点

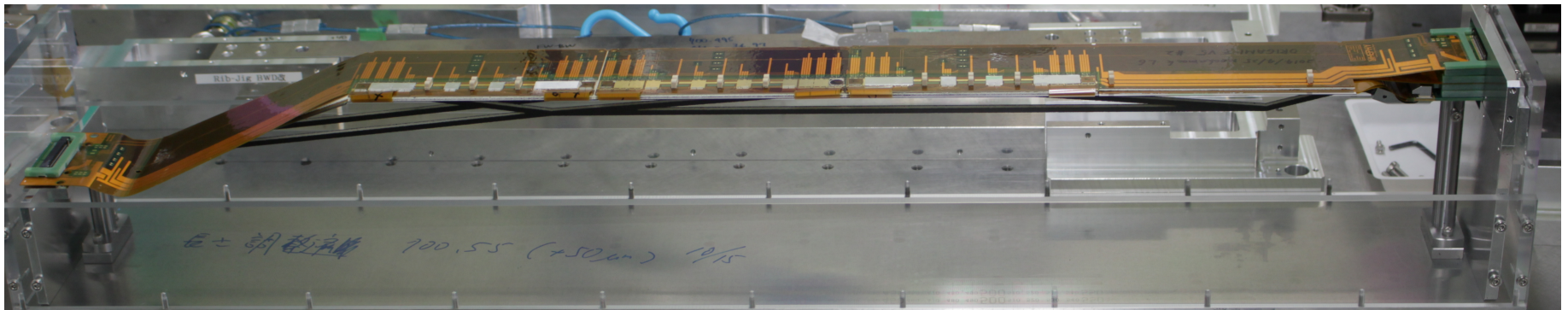


単純なモデル

SVDラダーの組み立て

- 主に3つの工程を組み合わせて1本のラダーを作成
- 部品の配置
 - 治具と三次元測定器を使用し、それぞれのパーツを精度よく配置
- グルーイング
 - グルーロボットを使用し、様々な塗布パターンでそれぞれのパーツを接着
- ワイヤーボンディング
 - ボンディングマシンを使用し、ラダー上で読み出しのための信号線を結線

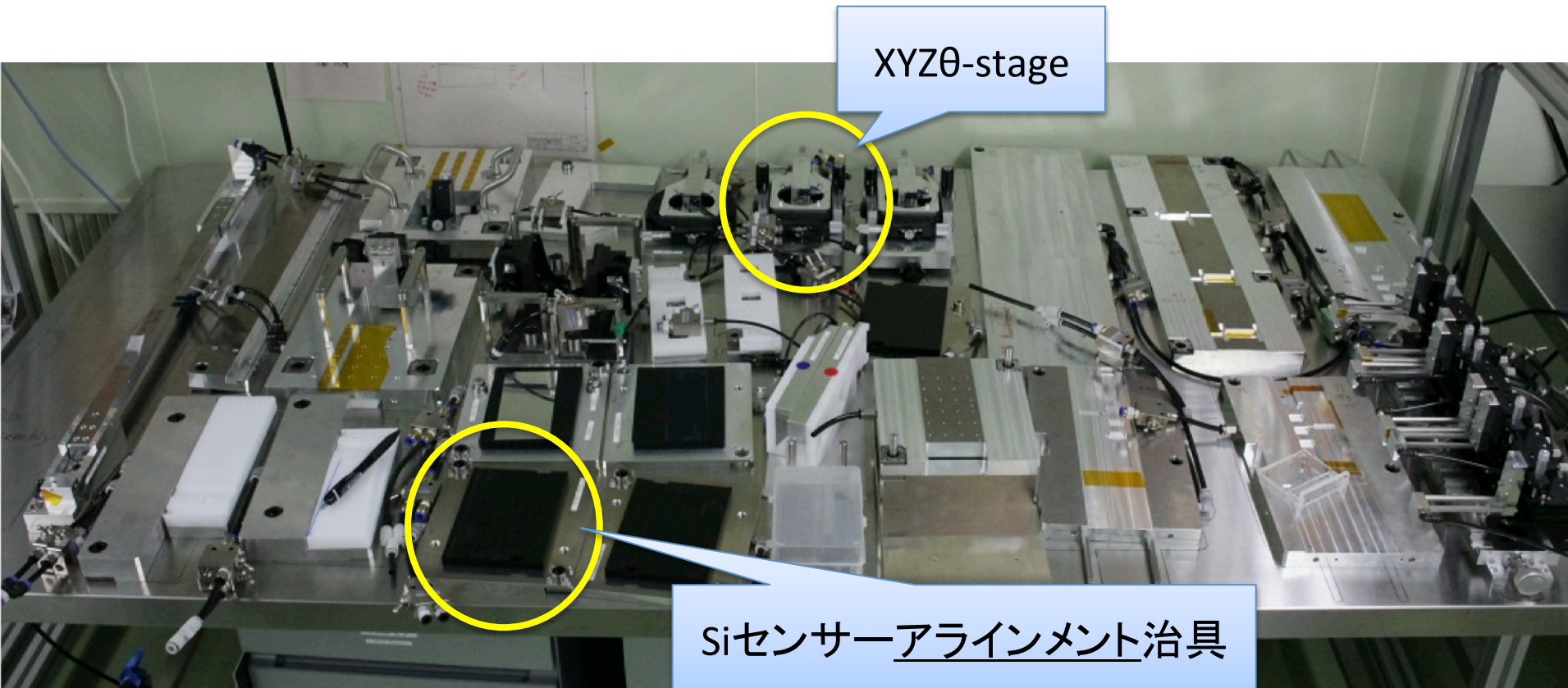
試作ラダーが精度よく作製できている



SVDラダーの組み立て

部品の配置

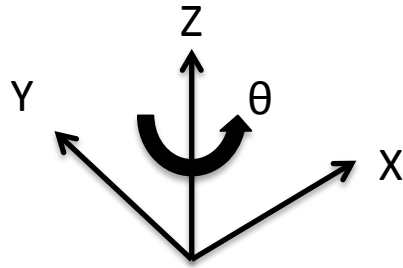
- 組み立て工程の用途に応じて様々な治具を使用



Assembly jigs

SVDラダーの組み立て

- アラインメント : XYZ θ -stageと三次元測定器(CMM)を用いて、Siセンサーを精度よく配置

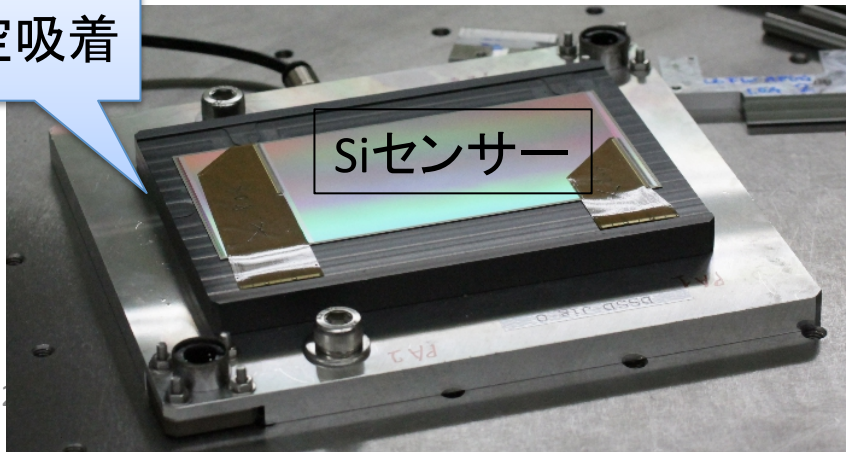


CMM

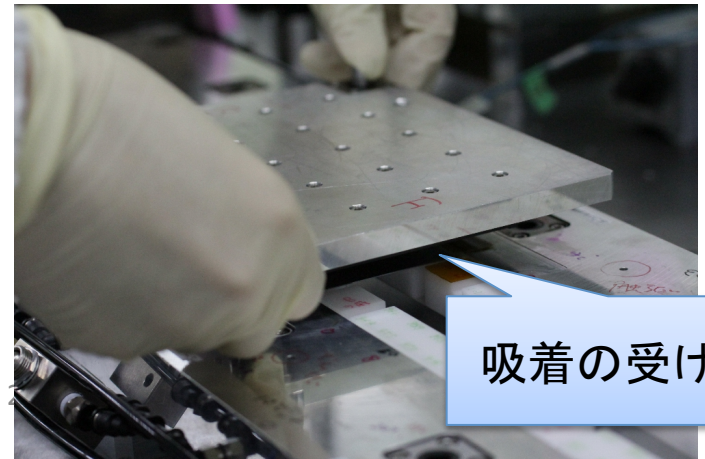
数 μ mの位置分解能

- 治具にパーツを真空吸着し、吸着を受け渡しすることで最初の精度を保つ

真空吸着



Siセンサー

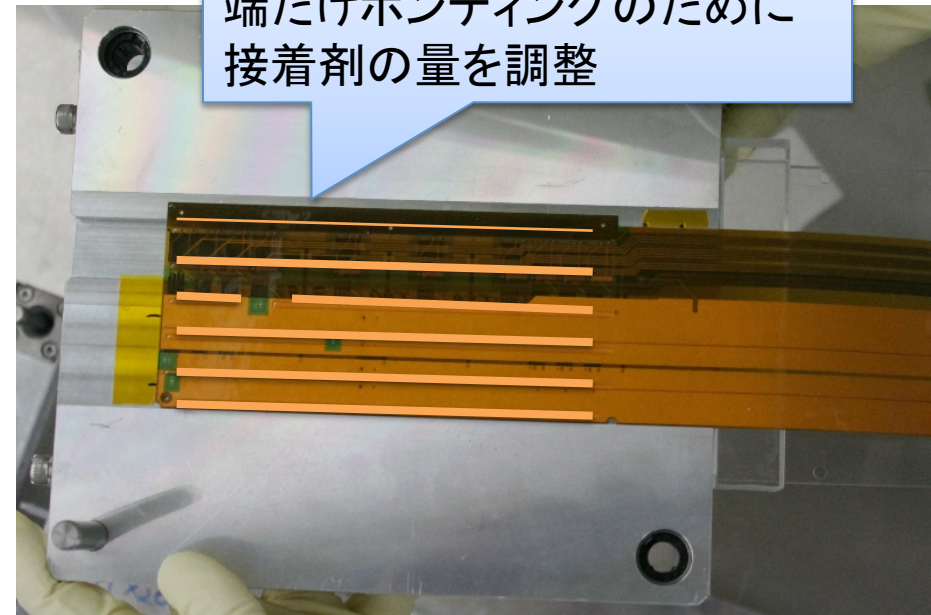


吸着の受け渡し

SVDラダーの組み立て

グルーイング

- グルーイングロボットを使用(塗布パターンをプログラム)
- 塗布のパターン(塗布の位置、量、速度)を用途に応じて変える
- 治具上でパーツに接着剤を塗布



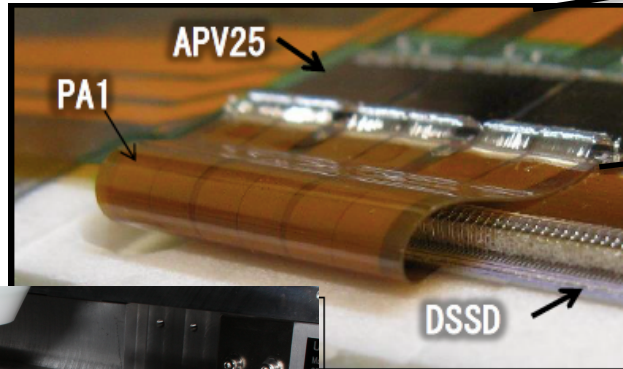
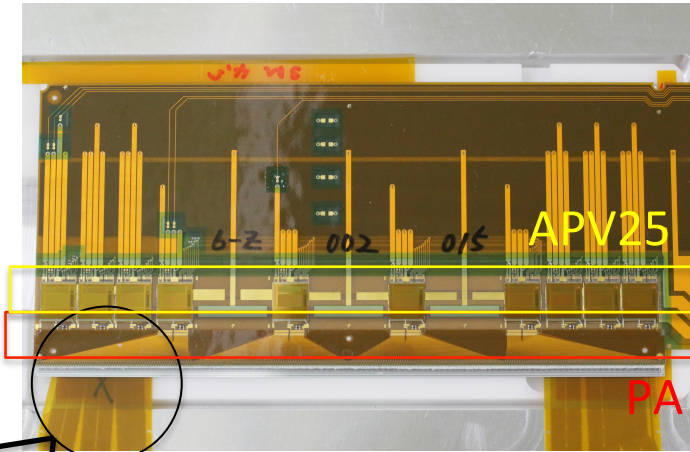
ワイヤーボンドの土台を接着するので非常に重要！
→細かな制御が必要

SVDラダーの組み立て

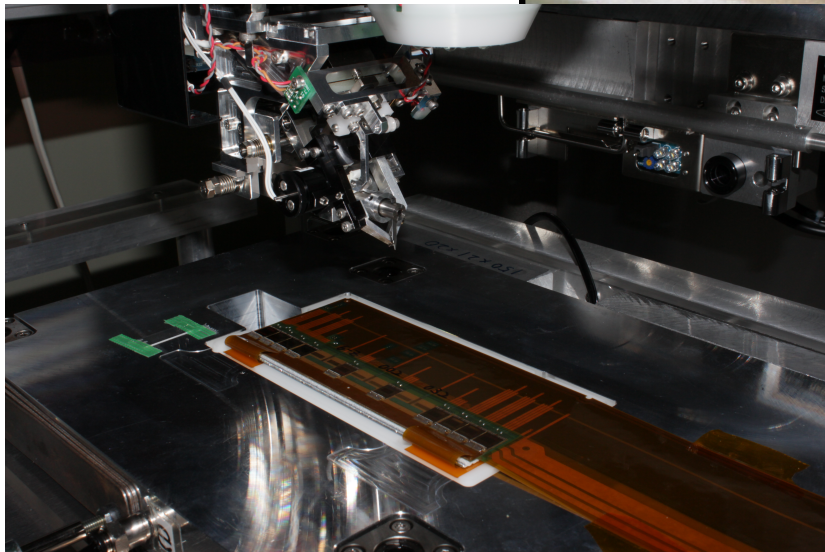
ボンディング

- ボンディングマシンを使用
- 25 μ mのワイヤーを超音波でつけて結線
- ラダー上でPA(Pitch Adapter)とSiセンサー、PAとAPV25チップ(読み出しチップ)を結線

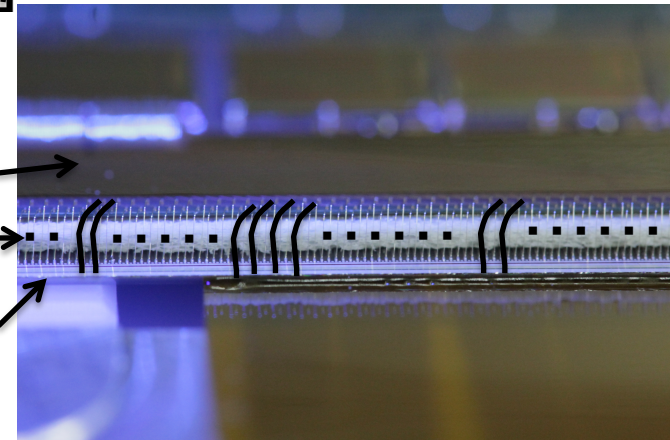
※PA : Siセンサーからの信号を読み出すためのフレキ



Siセンサー



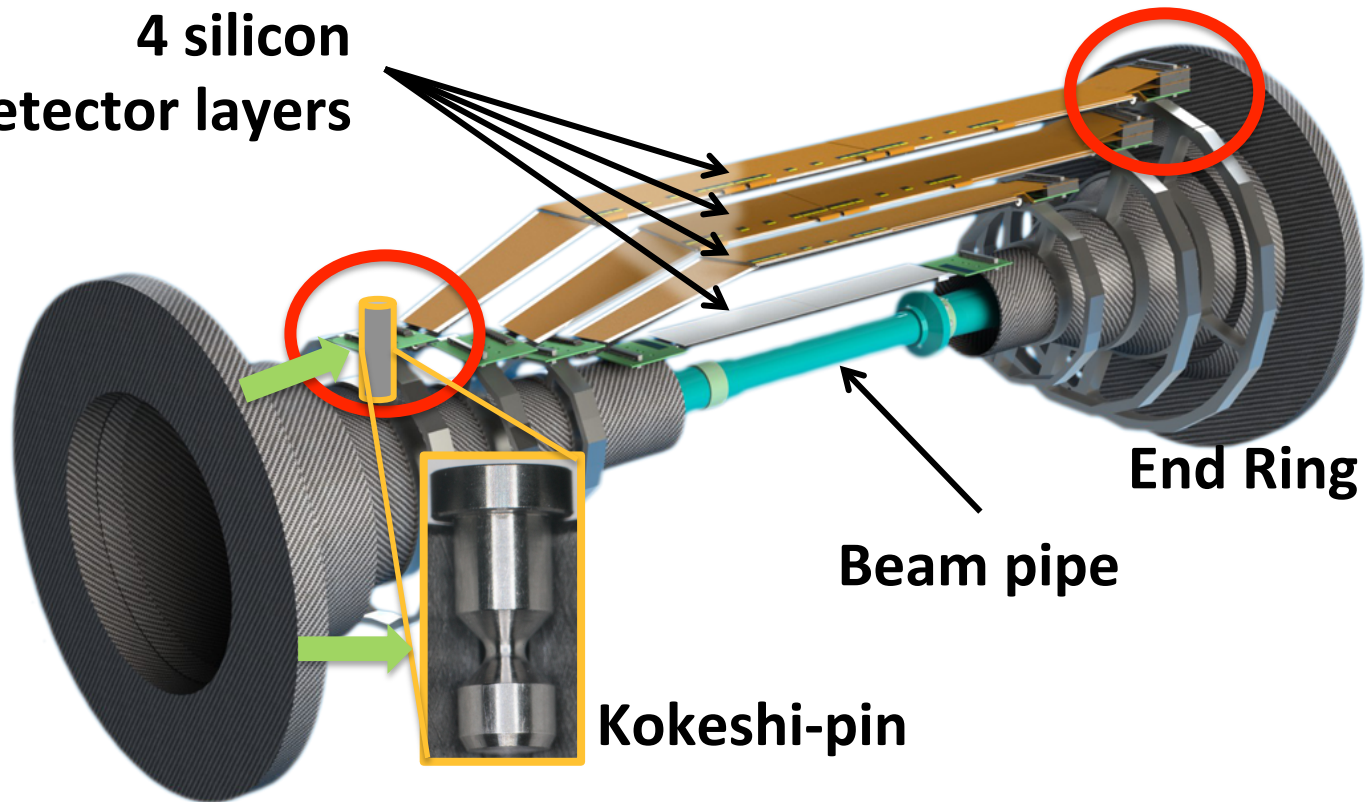
PA
Airex
(断熱材)
DSSD



SVDラダーのマウント

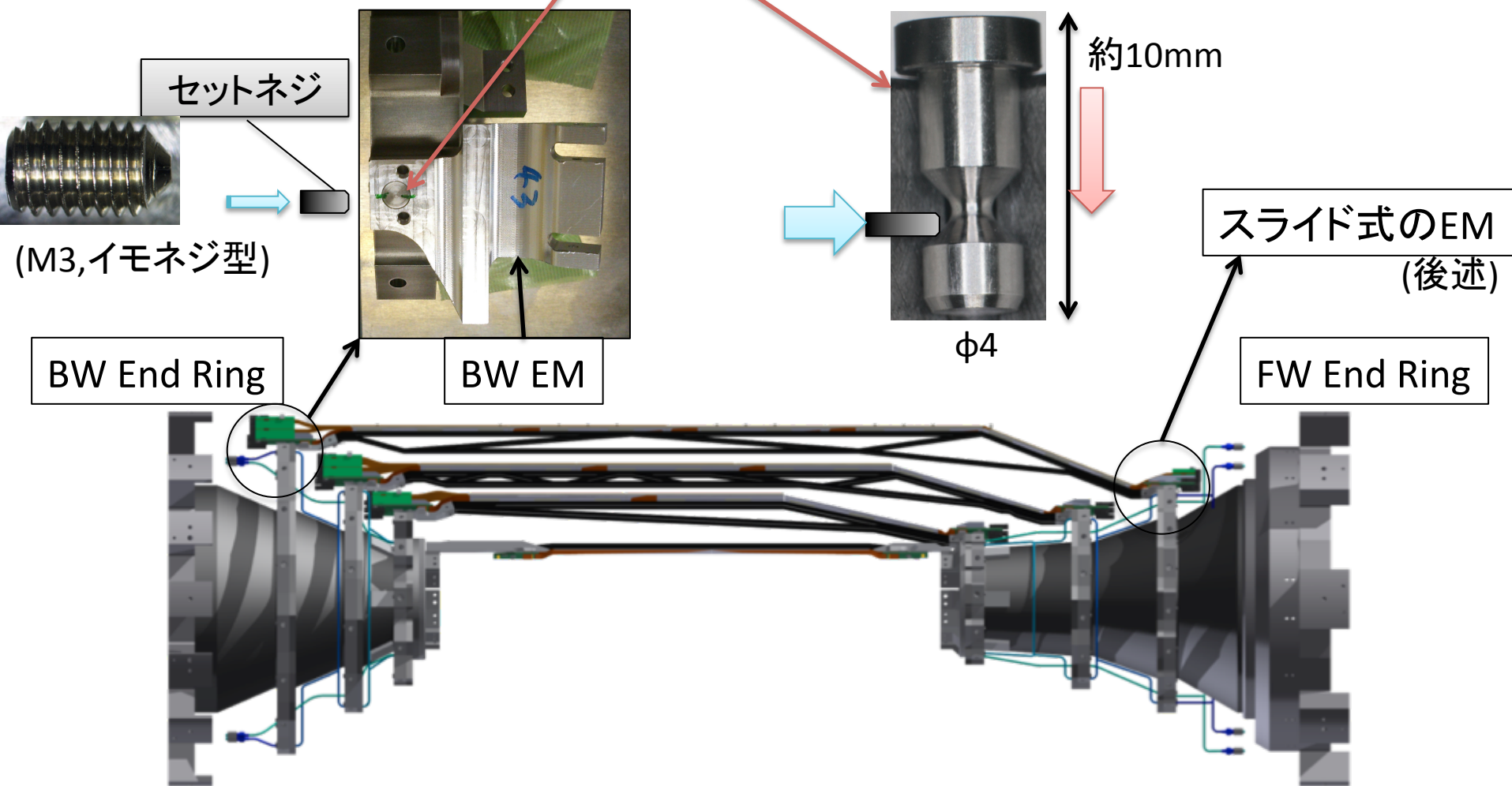
- 作成した各ラダーの端をEnd ringにマウント
- End Mount(ラダーの端の固定部)をKokeshi-pinとセットネジで固定

4 silicon
detector layers



End Mount によるMount

- EM(End Mount)とKokeshi-pinによりEnd ringで固定
- Kokeshi-pinをセットネジで固定(ネジを締めるほど下に押される)



ラダーマウント方法の研究

なぜマウントの研究が必要か

- 精度よく作ったラダーを精度を保ったまま安全に取り付けたい
- 取り付けたラダーが動かないように固定したい
- 製作時、輸送時、マウント後の修理・取り替え時に固定したラダーを安全に取り外したい
- ラダーの温度変化による変形を吸収したい

まとめると...



- ラダーを安全にマウントし、動かないように固定
- 製作や輸送、将来の修理の際に安全に取り外し
- ラダーの変形の吸収

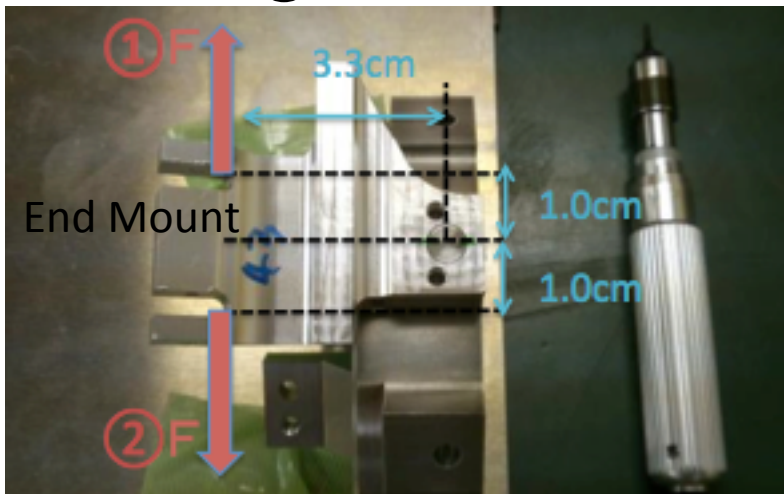
- Kokeshi-pinとEnd Mountによる固定・取り外し
- End Mountのスライド機構による変形吸収

End Mountのトルク試験

- 作製、輸送の際や実験時に動かないよう固定したい
→どの程度の力までEMが回転方向で耐えられるか？
 - セットネジを締める強さとEMのトルクの関係調べた

実験方法

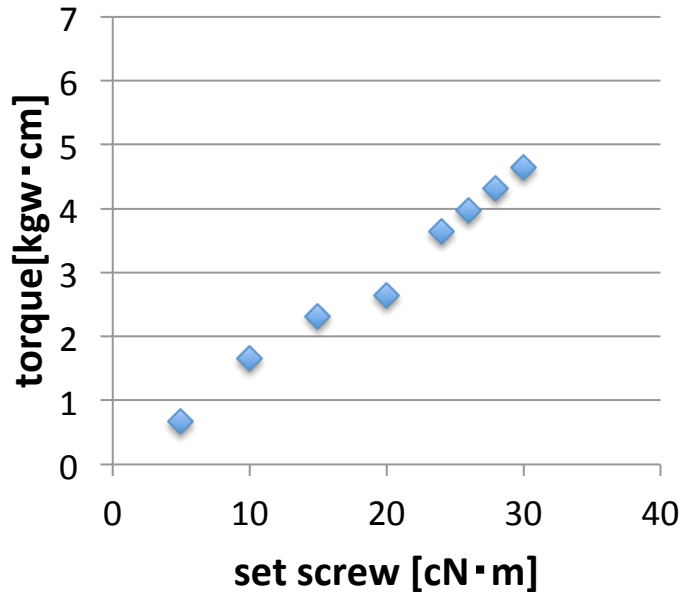
- 1) トルクドライバーを使用してセットネジを締める : $5\text{N}\cdot\text{cm} \sim 30\text{N}\cdot\text{cm}$
- 2) バネ計りを用いて①の方向(下図)に引っ張る
- 3) EMが回転し始めた瞬間のバネ計りの値を読み取る
- 4) ②の方向(下図)に関しても同様に測定



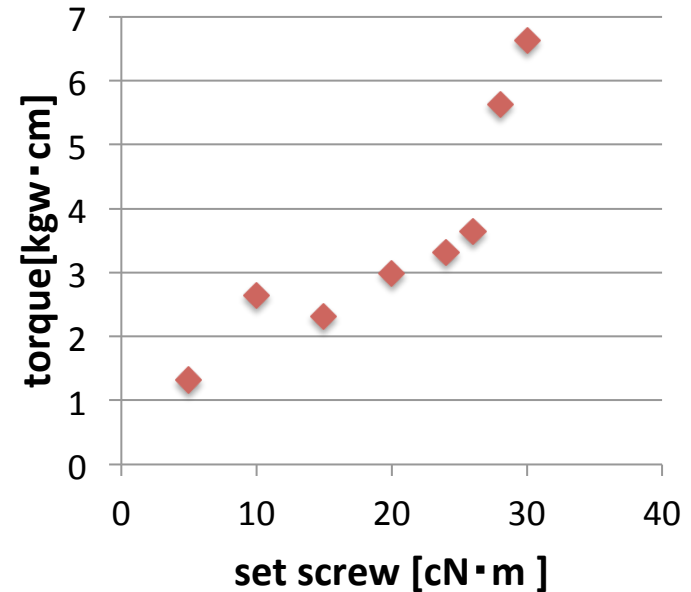
End Mountのトルク試験

測定結果

①の方向



②の方向



- ①の方向についてはおおよそ線形的な結果が得られた
- ①の方向よりも②の方向が強い？

→調べてみると、..

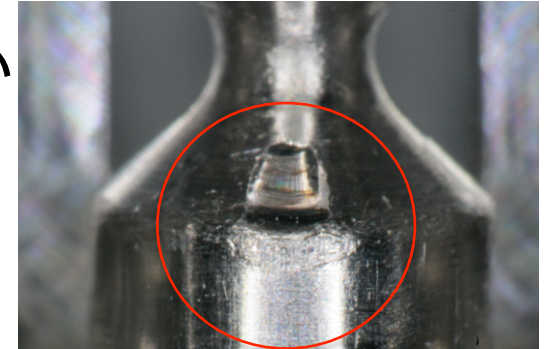
Kokeshi-pinのセットネジが当たる部分に傷ができていた

End Mountのトルク試験

- さらに30N・cmでセットネジを締め、MBを回転させることを繰り返すと、End RingからKokeshi-pinが抜けなくなる

→EMとKokeshi-pinの穴には20 μ m程度しか隙間がない

→傾斜部より下に傷がつき、引っかかり抜けなくなる



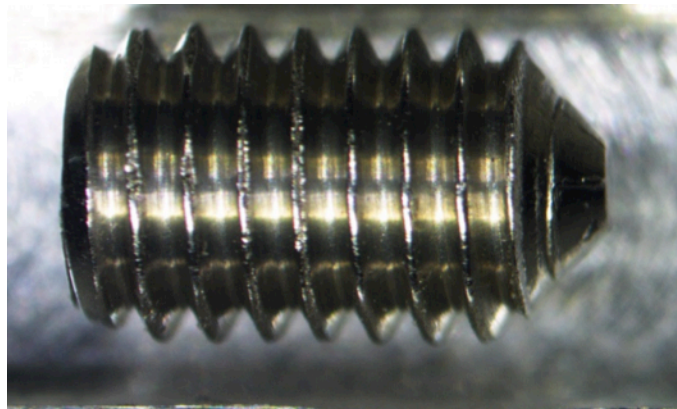
固定はできるが取り外しできなくなる危険性

→傷がつかない or 傾斜部にのみ傷がつくセットネジが必要

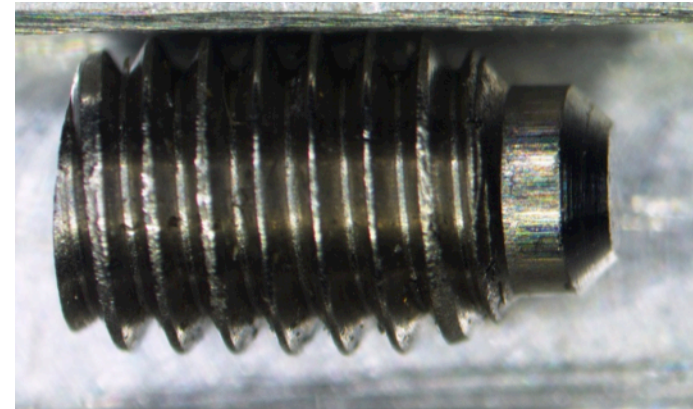
ラダー製作中や輸送などの仮止めには、傷のつかない樹脂ネジを使用

本番用に、傾斜部にのみ当たる新しいセットネジが試作(@HEPHY)

→新しいセットネジによるトルク試験の再考



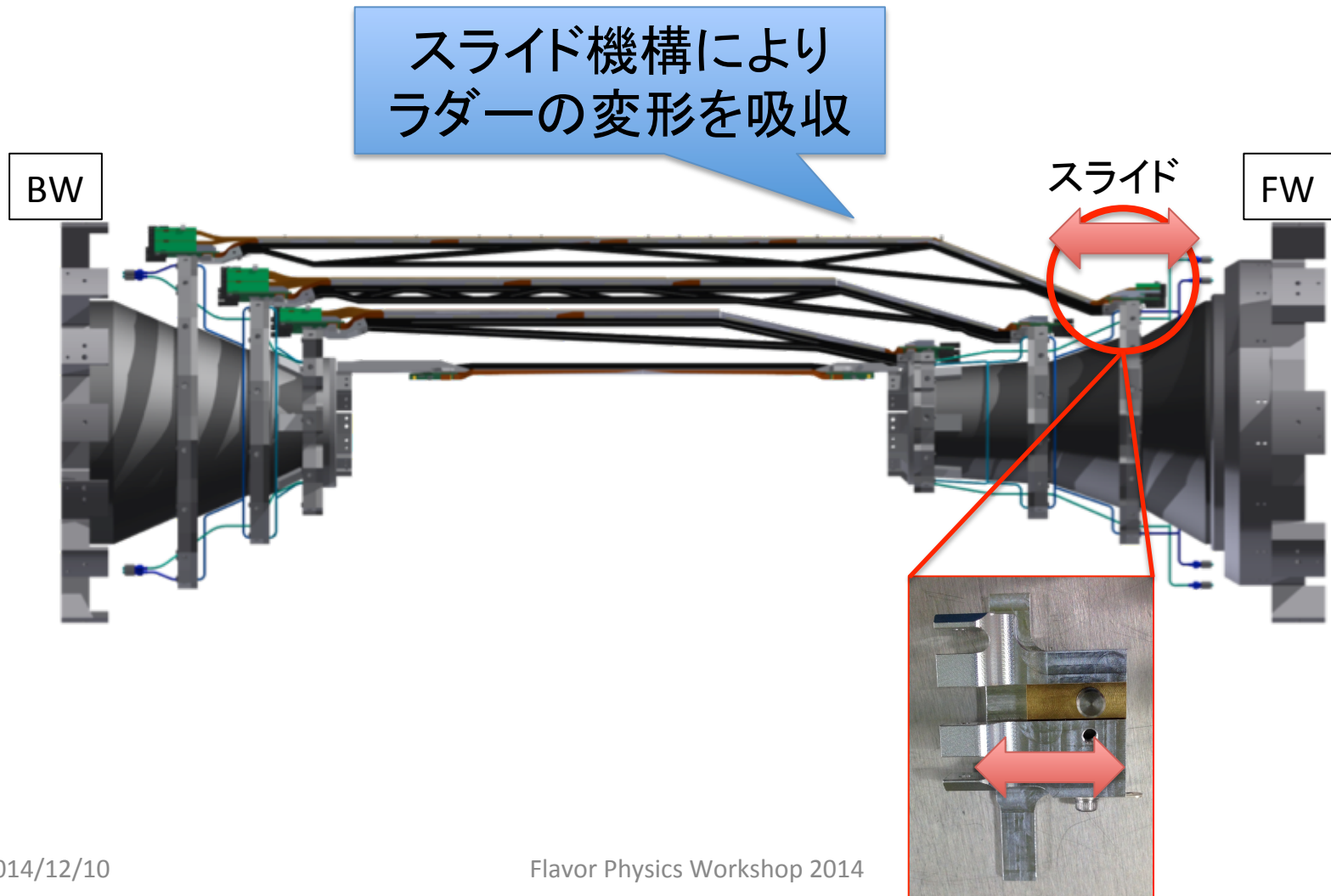
Old



New

FW EMのスライド機構

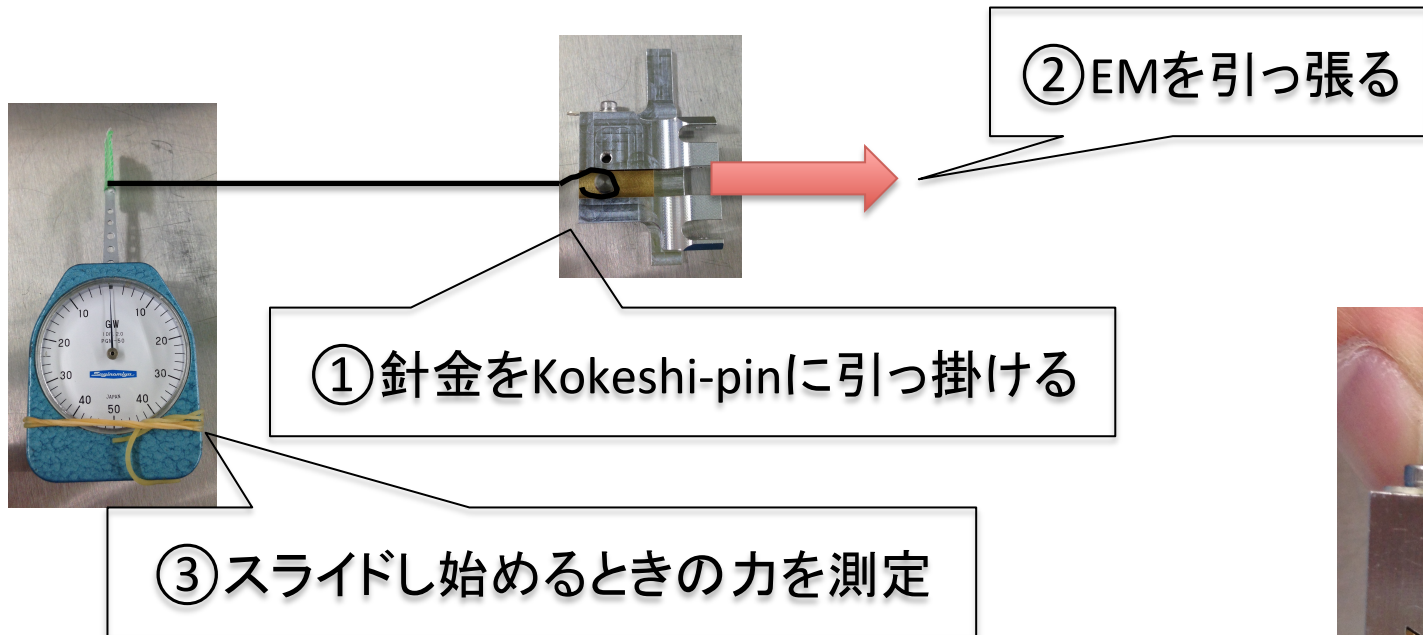
- FW側のMBにはある力以上でスライドするものを採用
 - 温度変化によりラダーが変形しストレスがかかる恐れがあるため



FW EMのスライド機構

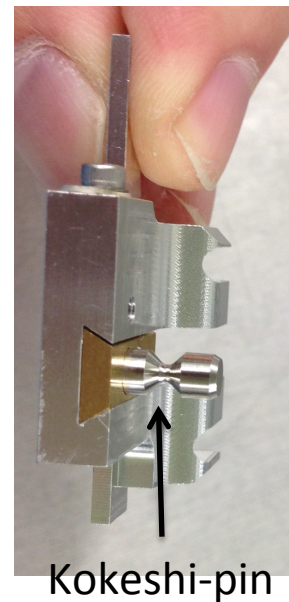
スライド機構が動きだす力の測定

- 以下のような計りを用いてスライドする力を測定



測定結果

繰り返し測定した結果、
130gW程度でスライドすることがわかった

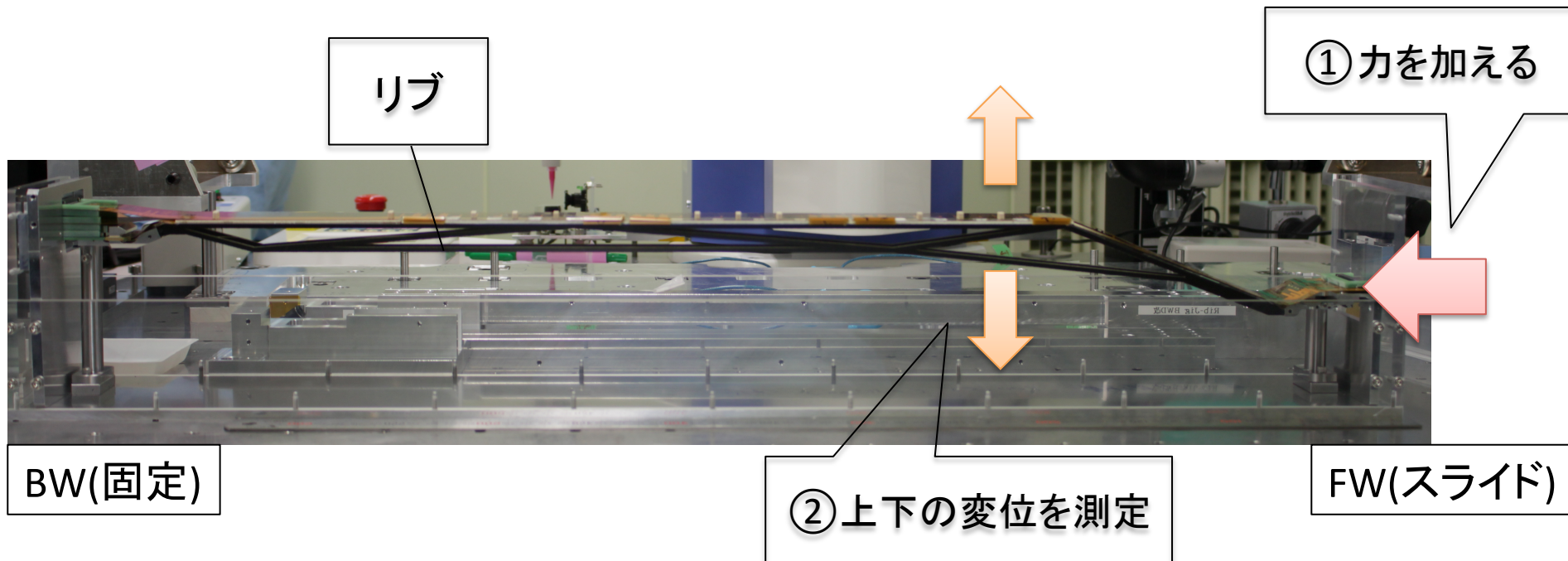


FW MBのスライド機構

今後の予定

- BW MBを固定し、FW MBはスライド式のものを使用
- FW MBを130gW程度の力で押してリブの変形を測定
→スライド機構がラダーの変形を緩和するかどうかを調べる

130gWで動くことが変形の吸収に十分なのか？



まとめ

- SVDの組み立て手順は確立されている
 - 試作ラダーを機械精度よく作ることができる
- ラダーを安全にマウントすることが重要
- End MountとKokeshi-pin、セットネジでラダーを固定
 - セットネジを締める強さとモーメントの関係はおおよそ線形的
 - 今までのセットネジでは、Kokeshi-pinに傷が入る→新しい形のセットネジ
- End Mountのスライド機構を採用し、ラダーの変形を吸収
 - End Mountで130gWでスライドし始めることがわかった
 - 実際にラダーでどの程度、スライド機構が変形を吸収するかの検証
- 今後、私の研究では実際の実験環境も想定した性能評価を行う
 - 温度変化、マウント位置による重力によるラダーの変形など