

# TOP Mechanics Design and Challenges

高エネルギー加速器研究機構

高力 孝

平成28年7月22日

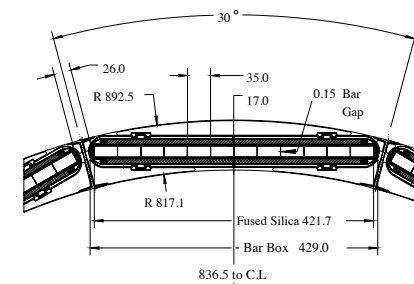
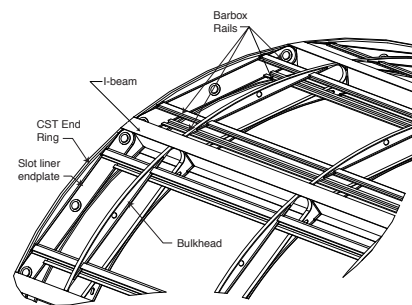
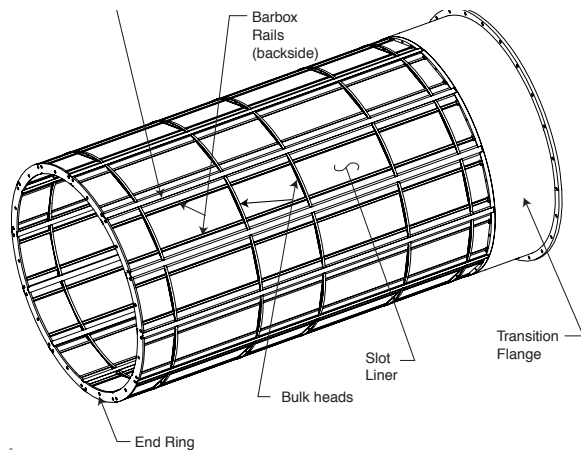
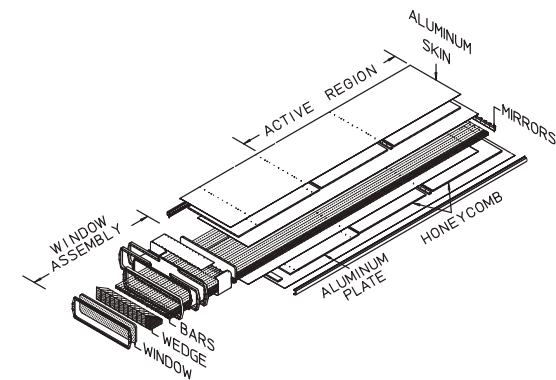
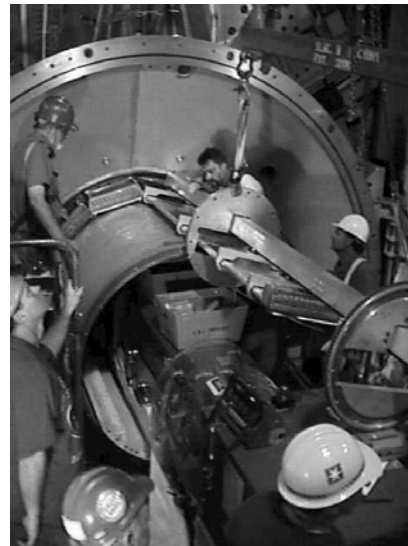
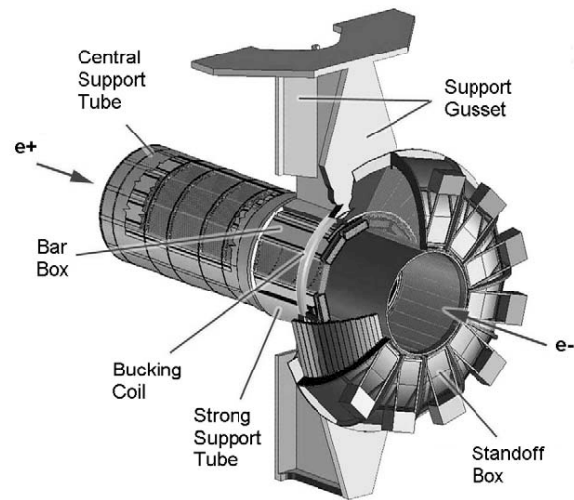
# TOP Mechanics Design and Challenges

参考にしたDetector DIRC@SLAC

TOP COUNTERと大きく違っているのは光検出

DIRC@SLAC: 光を水槽に導いて光電子倍增管で検出

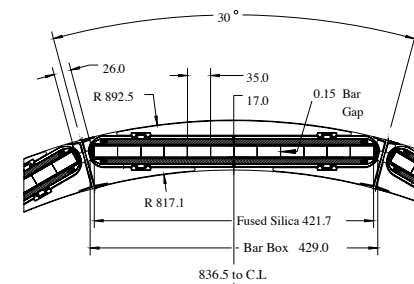
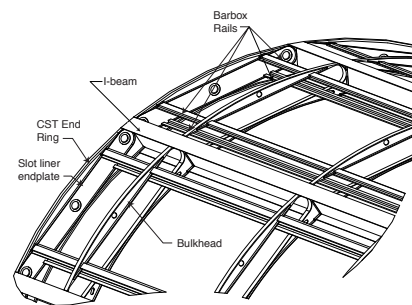
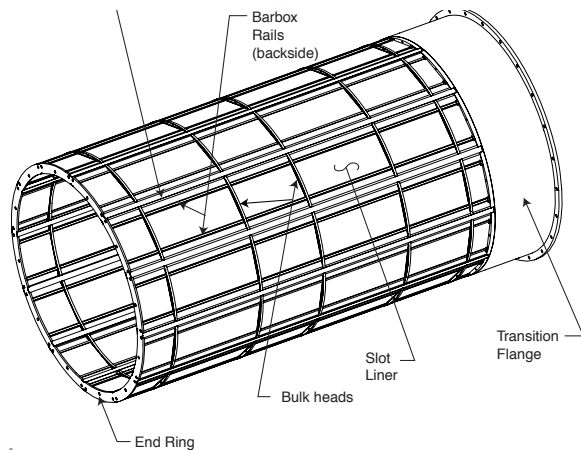
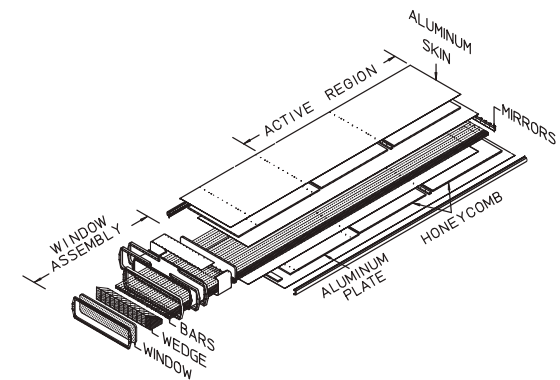
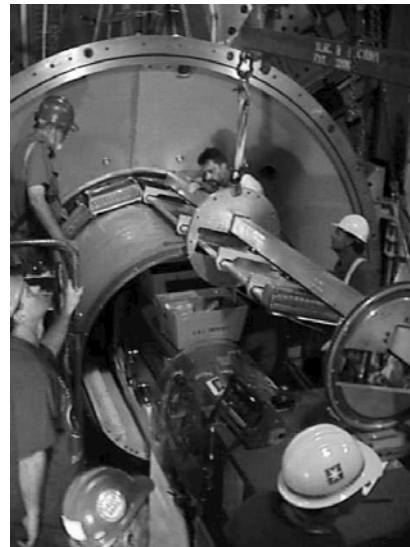
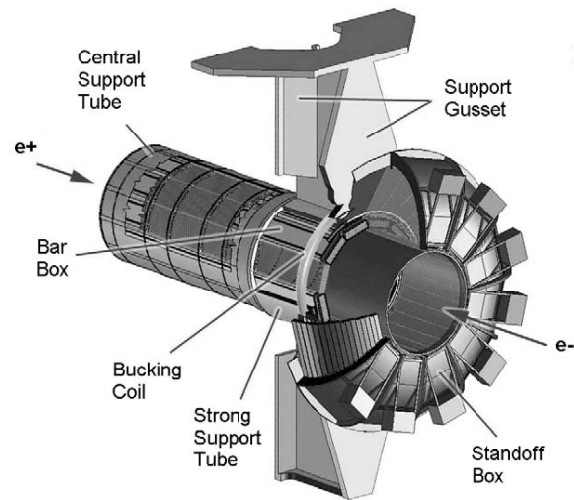
TOP@Belle2: 光を石英ガラスに密着させた半導体光検出器で検出



# TOP Mechanics Design and Challenges

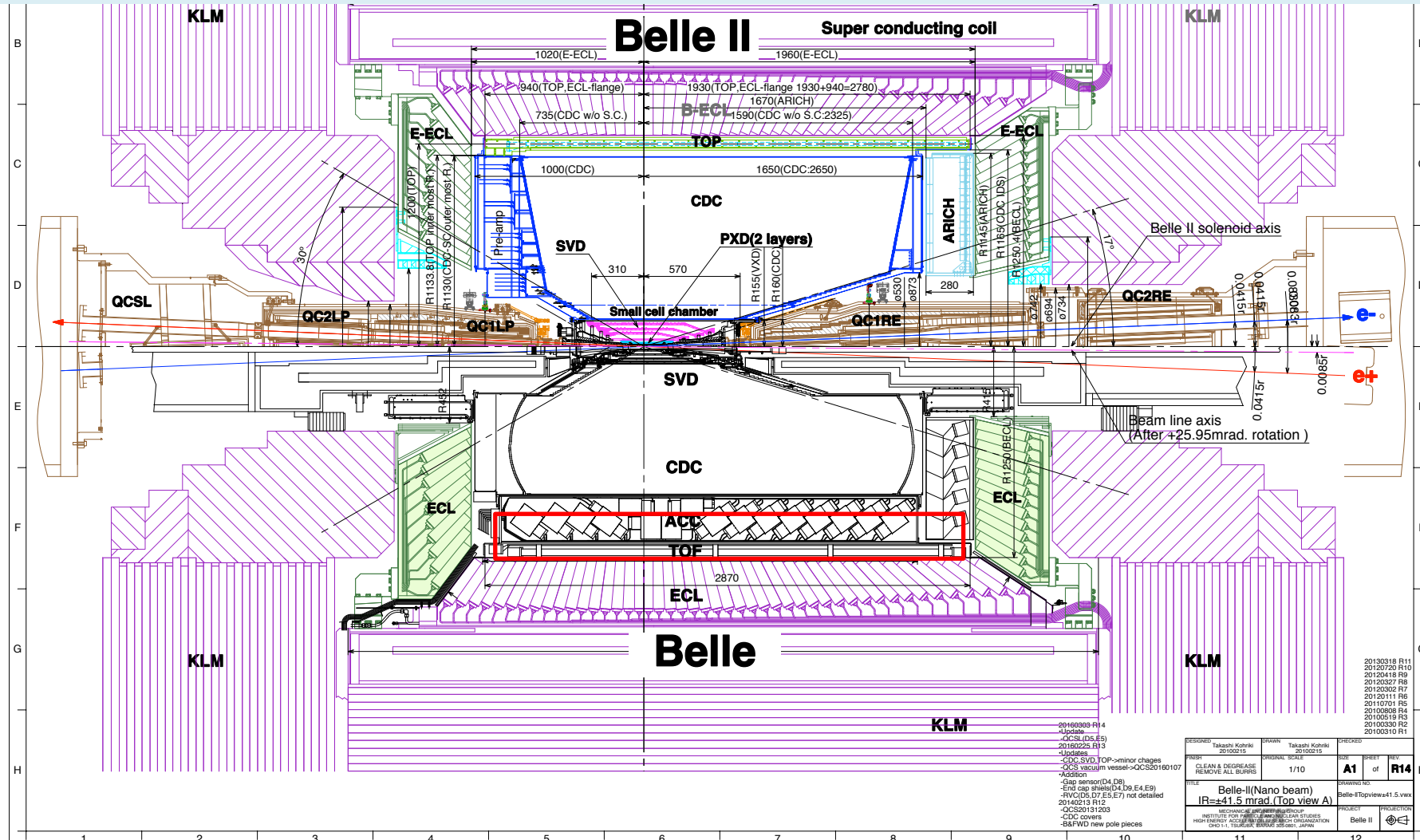
参考にしたDetector DIRC@SLAC

石英ガラスは薄くて細長いボックスに収納され、それ自体の剛性は小さいので、それを支える為の構造体が別にある。  
他の検出器と干渉しないでモジュールの出し入れが出来る。



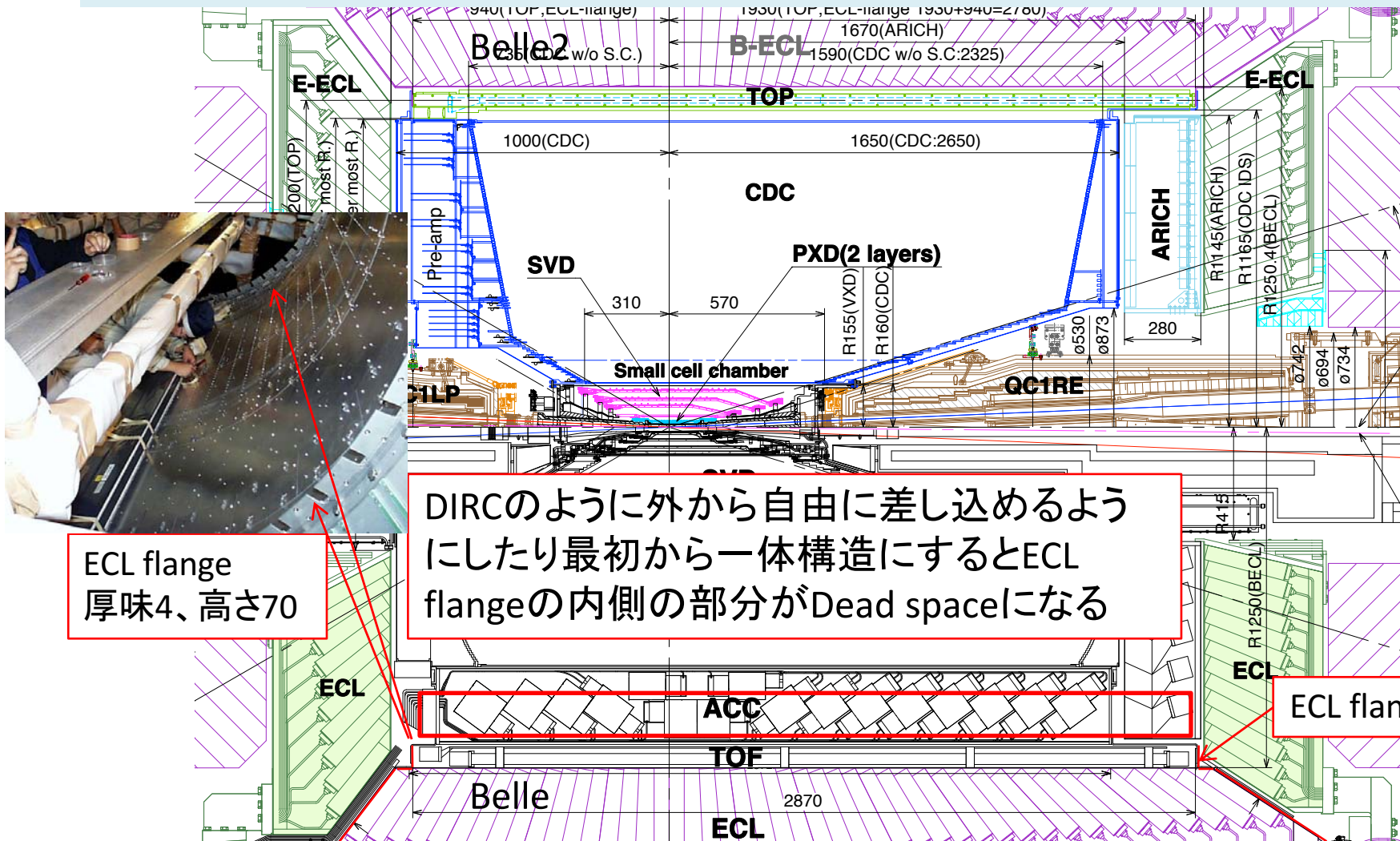
# TOP Mechanics Design and Challenges

Belle2は SVD/CDC/ACC/TOF → PXD/SVD/CDC/TOP  
 の組み合わせで新しく作り替える  
 Belleの構造体をベースにするので制約が多い



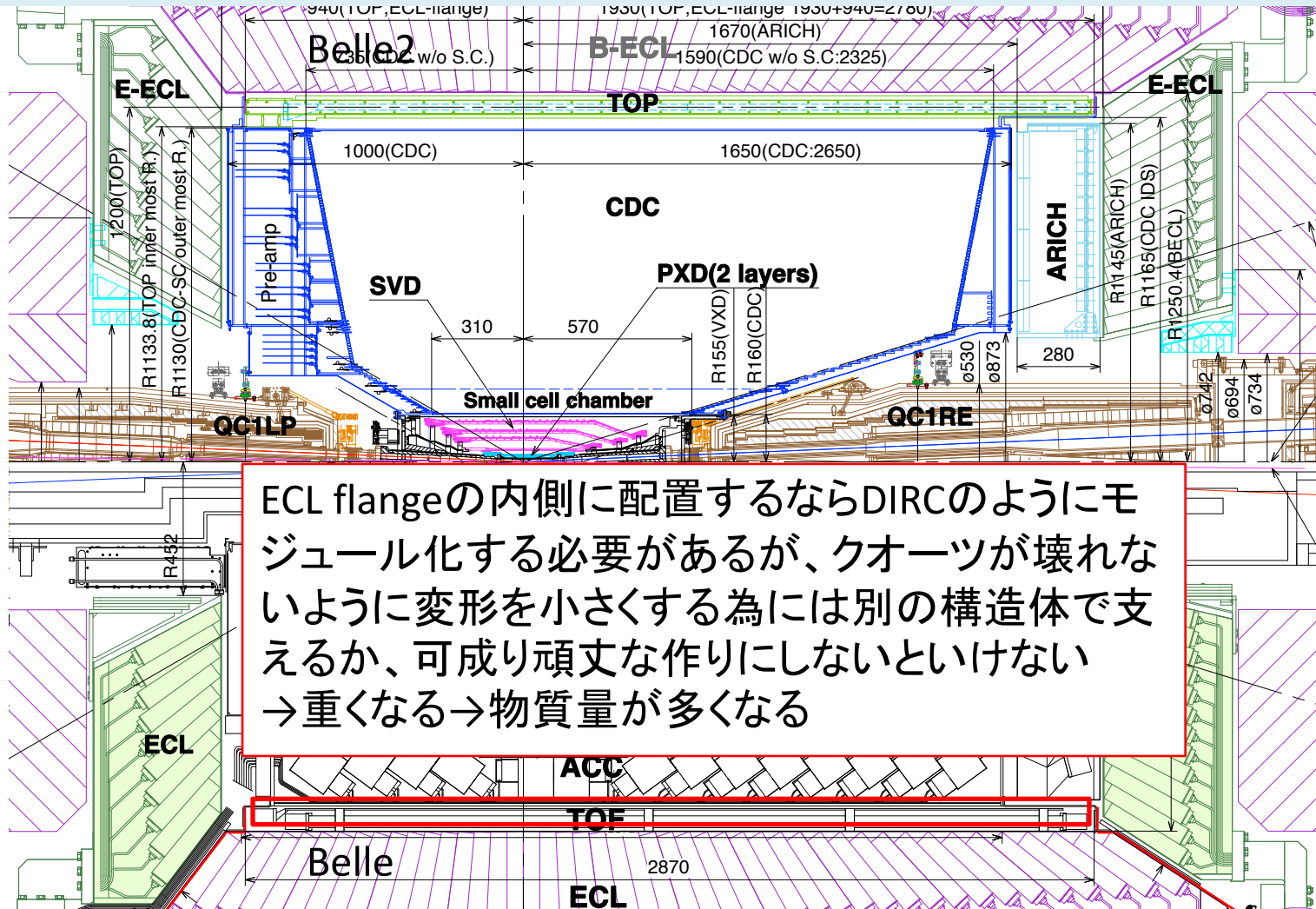
# TOP Mechanics Design and Challenges

Belle2は SVD/CDC/ACC/TOF → PXD/SVD/CDC/TOP  
 の組み合わせで新しく作り替える  
 Belleの構造体をベースにするので制約が多い



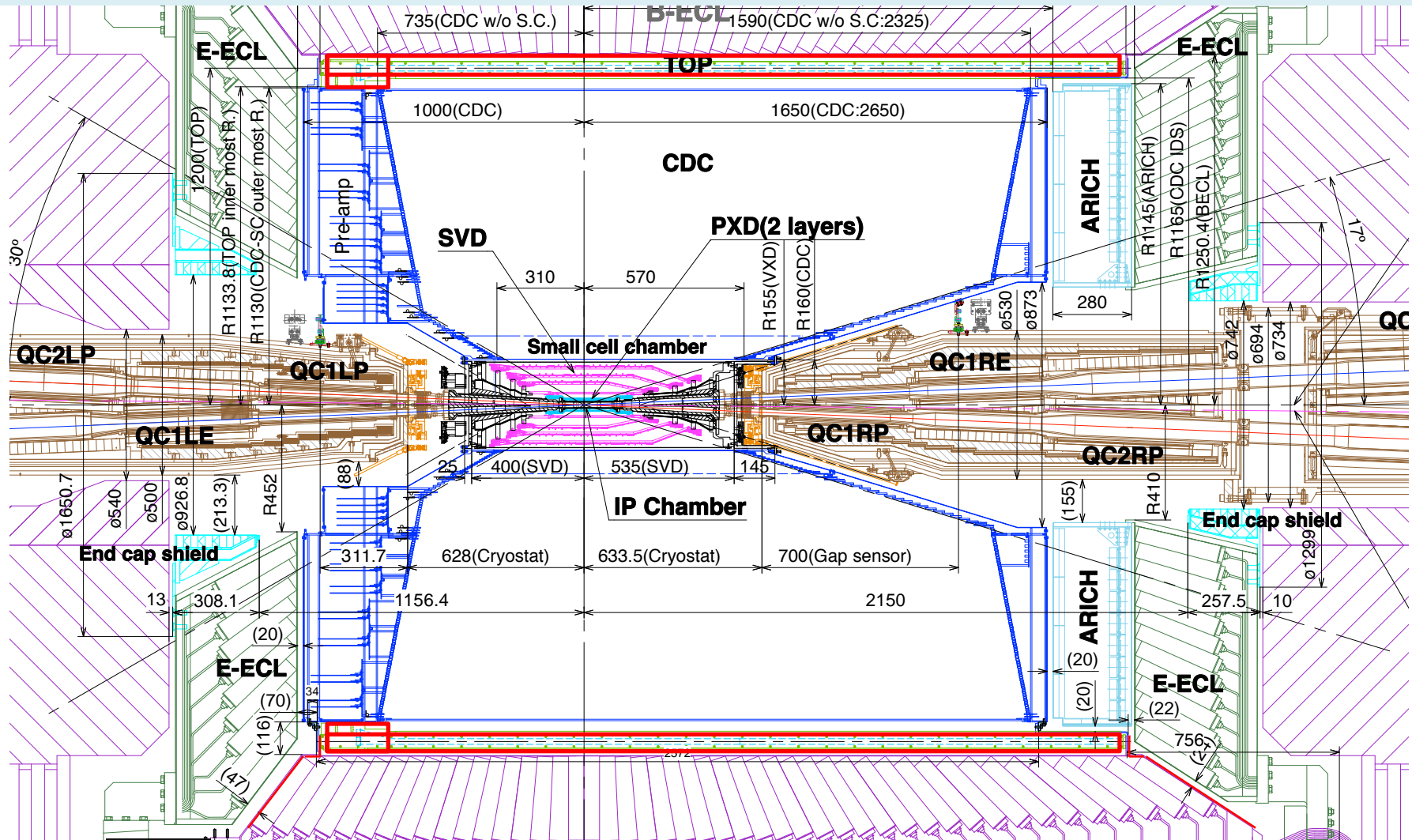
# TOP Mechanics Design and Challenges

Belle2は SVD/CDC/ACC/TOF → PXD/SVD/CDC/TOP  
の組み合わせで新しく作り替える  
Belleの構造体をベースにするので制約が多い



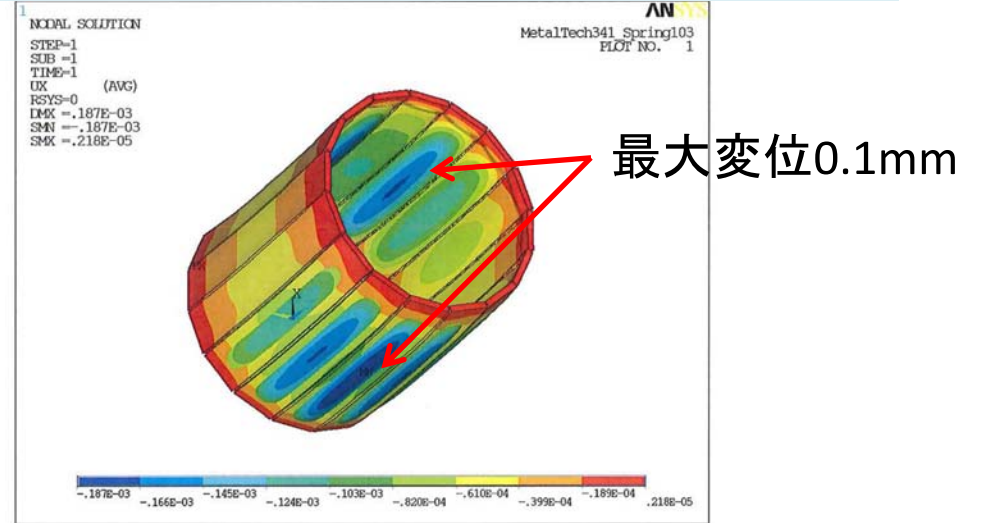
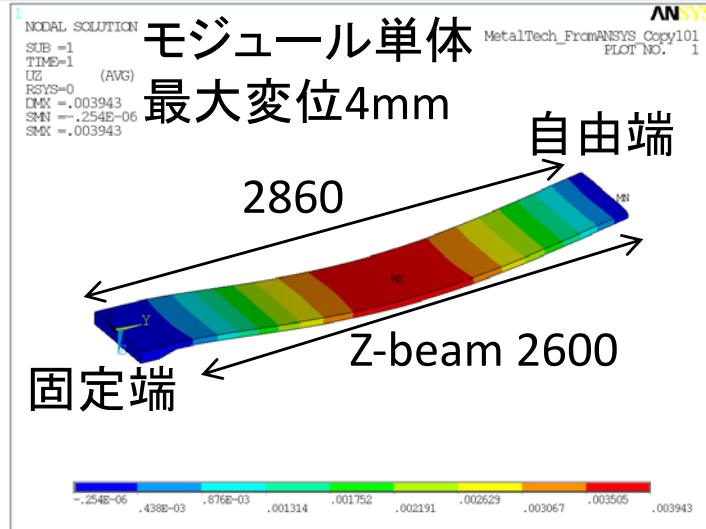
# TOP Mechanics Design and Challenges

内外にあるDetectorとの距離を極力小さくする為に、ECL flangeの内側に設置する  
→物質量を少なくする為に、モジュールをECL flangeに固定した後、  
隣のモジュール同士を繋いで**一体の円筒構造にして剛性を確保する**



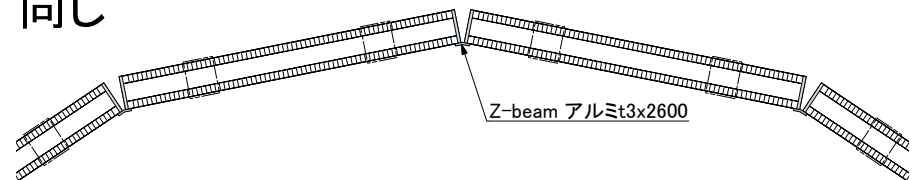
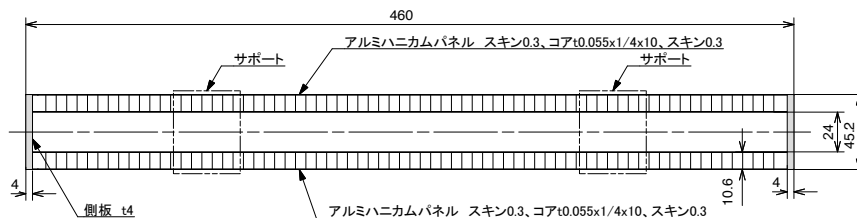
# TOP Mechanics Design and Challenges

隣のモジュール同士を繋いで一体の円筒構造にして剛性を確保出来るか構造解析により確認



解析に用いたモジュールの構造  
側板とハニカムパネルは一体  
拘束条件はサポート部を、  
左側 (BWD) 固定端  
右側 (FWD) 自由端

Z-beamは固定端側の厚い部分には無い  
サイズはt3x20x2600で、M4ネジ相当の  
部材を100mmピッチで配置して解析  
モジュールの両端の拘束は左の条件と  
同じ





# TOP Mechanics Design and Challenges

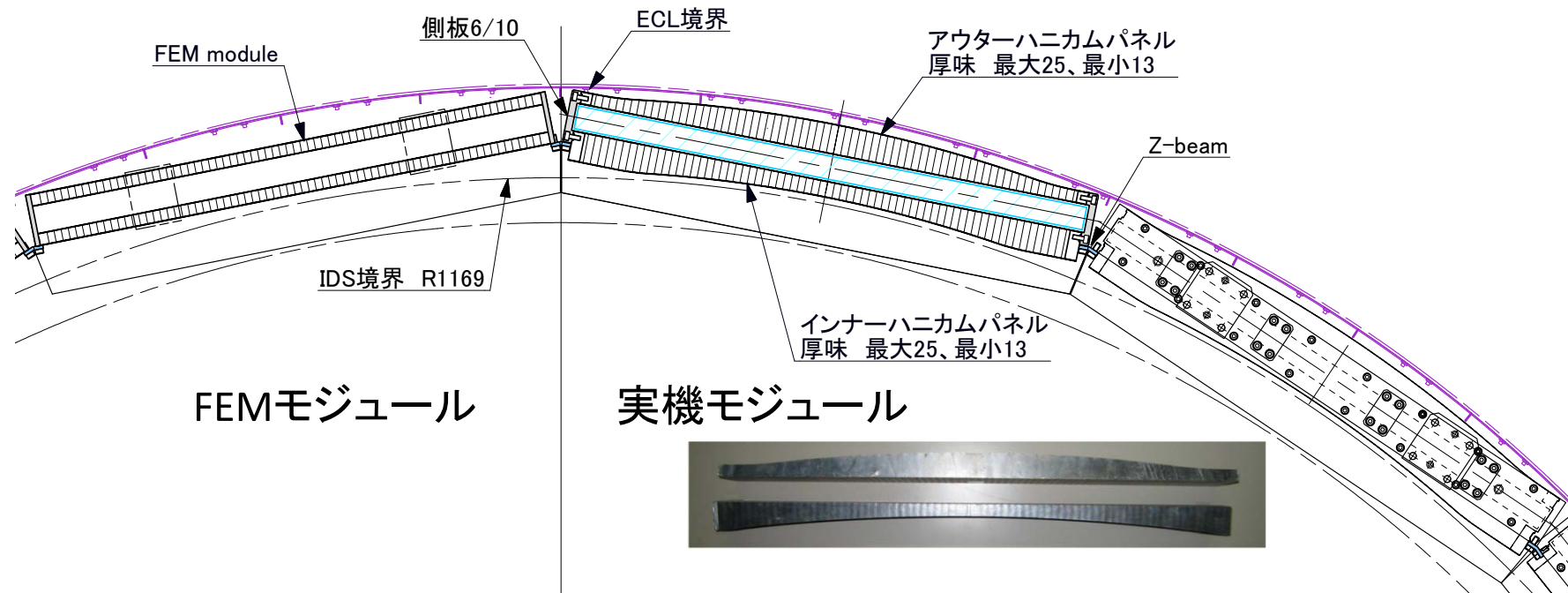
## 計算から実機へ

- 解析に用いたモジュールは、計算を簡略化する為に各部材の形状を単純にし、接合部も一体にして計算した。実際はボルト接合なのでその部分の部材を厚くするとか接合効率を気にしたりしなければいけないが、実機が解析に用いた剛性(実際にはたわみの量)より良ければ問題ないはずなので、たわみを目安にモジュール形状を工夫した。
- Z-beamはボルト締め相当の境界条件(56x16=896力所)で計算したので問題ないと思われる。

# TOP Mechanics Design and Challenges

## 実機モジュール

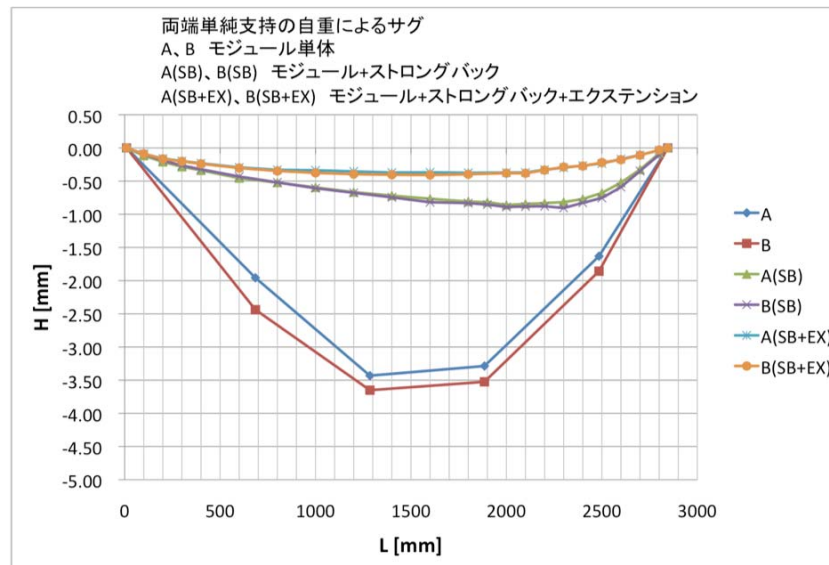
- 側板はボルト締めに必要なスペースを考慮すると厚味が増えた分剛性は上がったが、重量も増えたので損得無し。
- 剛性を上げるには厚みを増やすのが一番の近道だが、スペースの制約から使える場所は限られている。そこで、平らなハニカムパネルを曲面にして、使えるスペースを全て使って厚味を増した。主にハニカムコアの容積が増したただけなので、重量は微増。結果的にモジュールの剛性は2.6倍増やせた。



# TOP Mechanics Design and Challenges

## 実機モジュールの剛性

- グラフのA、Bは実機モジュール単体を両側単純支持した場合のサグで、最大3.5mm。
- FEMとあまり差が無いように見えるが、FEMはBWD側が固定端になっているので、両側単純支持で見積ると9.6になり、実機モジュールの3.5は十分小さい。
- (SB)、(SB+EX)はStrongbackとExtentionを組み合わせた場合のサグで、0.7と0.4。Z-beamを取り付けるまでは(SB+EX)で補強される必要があるので、最終的なモジュールのサグは、最大0.1+0.4=0.5と見積もられる。



(1) 等分布荷重+両側単純支持

$$\delta_{\max} = \frac{5wl^4}{384EI} \quad \leftarrow \text{梁の中心}$$

(2) 等分布荷重+固定/単純支持

$$\delta_{\max} = \frac{wl^4}{185EI} \quad \leftarrow x = 0.422l$$

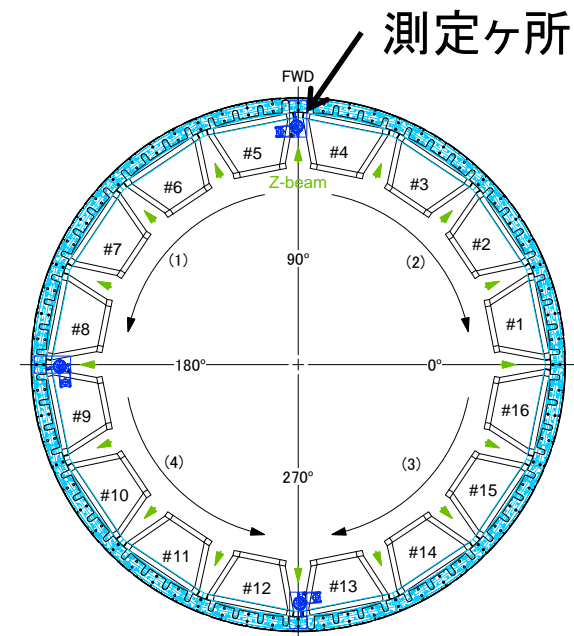
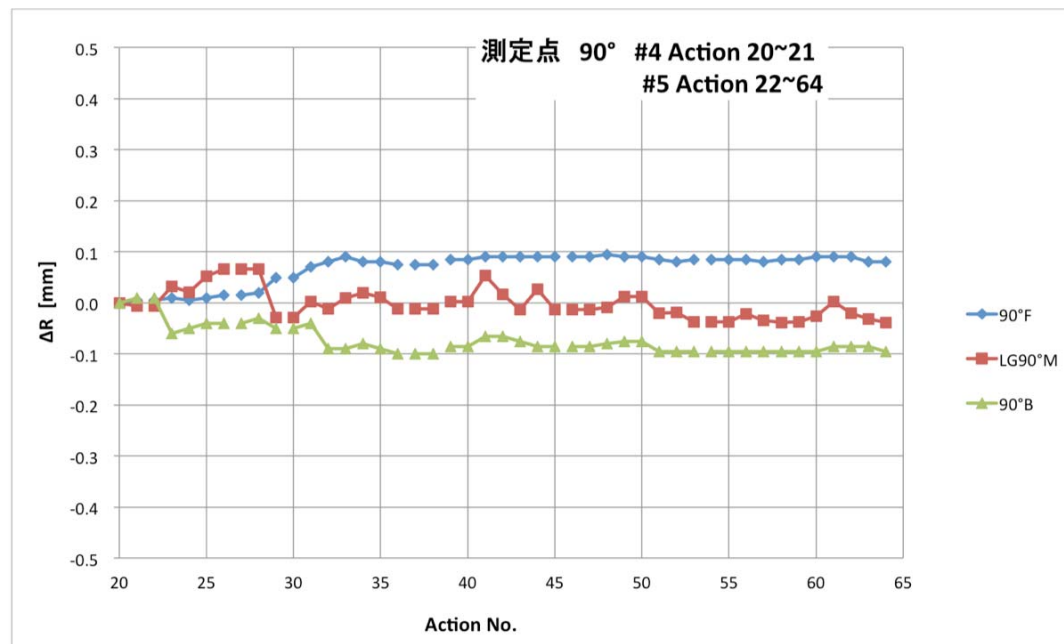
(1)は(2)の2.4倍

したがって、 $2.4 \times 4 = 9.6$

# TOP Mechanics Design and Challenges

## 実機構造体の剛性の検証結果

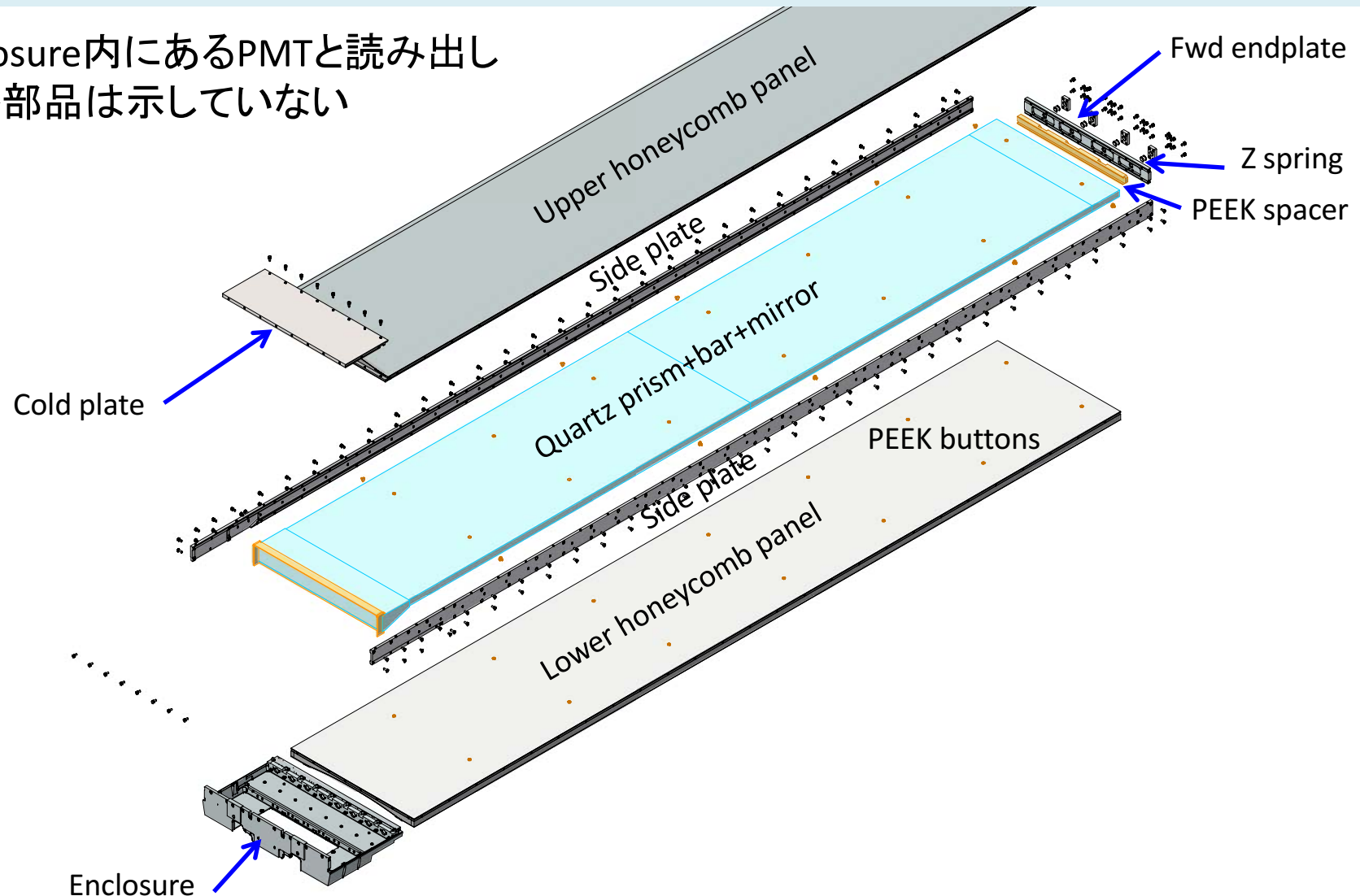
Z-beamを全て取付けた後、真上の#4、#5の変位を測定しながらストロングバックを外して行った時の結果を示す。#4、#5と隣の#6、#7のストロングバックを外した時は互いの初期不整により多少の動きが見られるが、その後は殆ど変化がないので、十分な剛性が確保されている事が判る。もし剛性が不十分であれば、変位がだんだん増えて行ったであろう。



# TOP Mechanics Design and Challenges

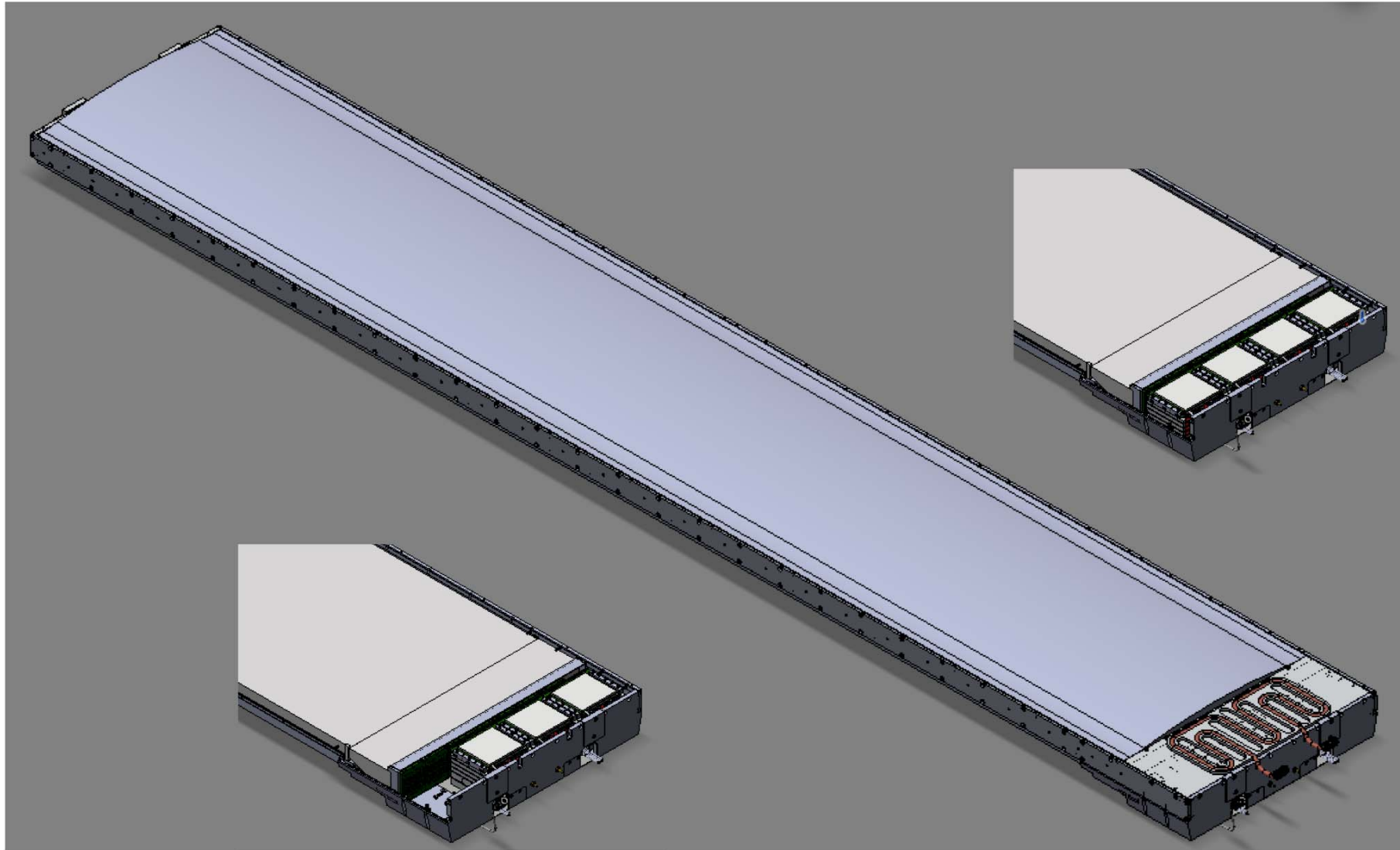
## TOPモジュールを構成する主な部品

Enclosure内にあるPMTと読み出し回路部品は示していない



# TOP Mechanics Design and Challenges

## TOP module



# TOP Mechanics Design and Challenges

16 TOP modules with z-beams



# TOP Mechanics Design and Challenges

まとめ

Belle2が終了するまで無事であって欲しい