

# SuperKEKBに向けた 入射器アップグレード

夏井拓也<sup>#, A)</sup>, 明本光生<sup>A)</sup>, 荒川大<sup>A)</sup>, 榎本收志<sup>A)</sup>, 福田茂樹<sup>A)</sup>, 古川和朗<sup>A)</sup>, 本間博幸<sup>A)</sup>, 飯田直子<sup>A)</sup>,  
池田光男<sup>A)</sup>, 門倉英一<sup>A)</sup>, 柿原和久<sup>A)</sup>, 紙谷琢哉<sup>A)</sup>, 片桐広明<sup>A)</sup>, 倉品美帆<sup>A)</sup>, 松下英樹<sup>A)</sup>, 松本修二<sup>A)</sup>,  
松本利広<sup>A)</sup>, 道園真一郎<sup>A)</sup>, 三川勝彦<sup>A)</sup>, 三浦孝子<sup>A)</sup>, 宮原房史<sup>A)</sup>, 中島啓光<sup>A)</sup>, 中尾克巳<sup>A)</sup>, 大澤哲<sup>A)</sup>,  
小川雄二郎<sup>A)</sup>, 佐藤政則<sup>A)</sup>, 設楽哲夫<sup>A)</sup>, 白川明広<sup>A)</sup>, 諏訪田剛<sup>A)</sup>, 杉本寛<sup>A)</sup>, 竹中たてる<sup>A)</sup>, 矢野喜治<sup>A)</sup>, 横山和枝<sup>A)</sup>,  
吉田光宏<sup>A)</sup>, 臧磊<sup>A)</sup>, 周翔宇<sup>A)</sup>, 一宮亮<sup>A)</sup>, 佐藤大輔<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK/SOKENDAI)

<sup>B)</sup> Tokyo Institute of Technology

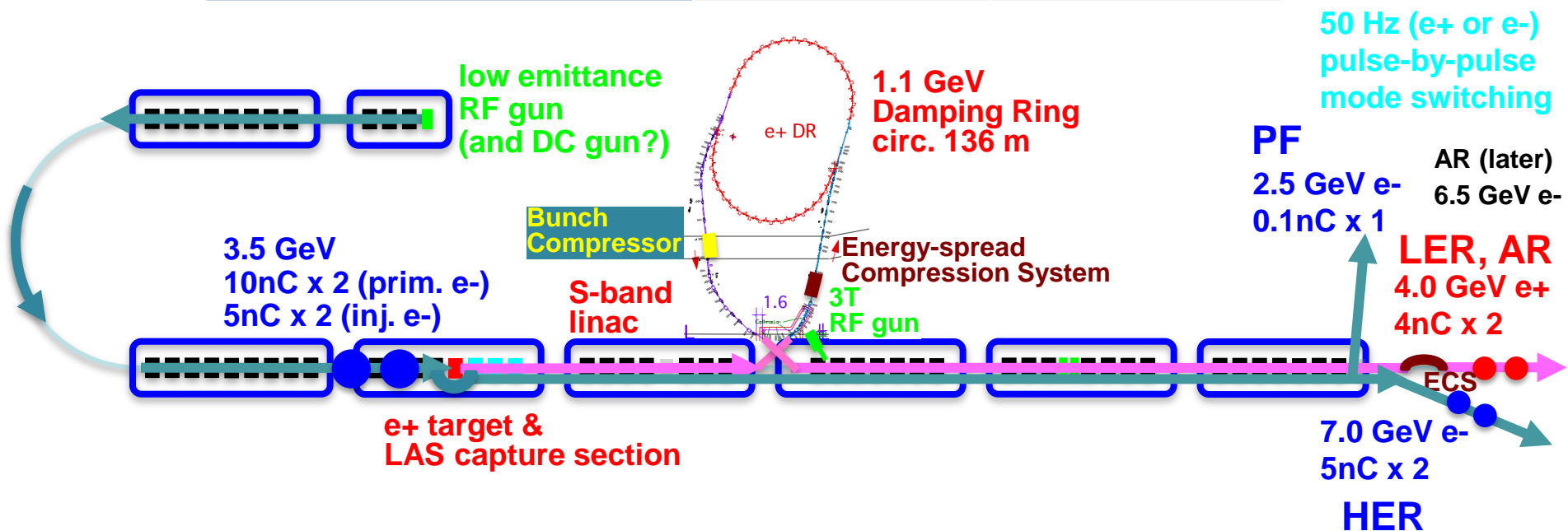
# 発表内容

- KEK入射器アップグレード概要
- 電子ビーム
- 陽電子ビーム
- エミッタンス保存
- スケジュール

# 入射器アップグレード概要

SuperKEKBで求められるビームパラメータ

	KEKB (e+/e-)	SuperKEKB (e+/e-)
Beam energy [GeV]	3.5 / 8.0	4.0 / 7.0
Charge [nC]	1 / 1	4 / 5
Emittance [mm-mrad]	2100 / 300	10 / 20



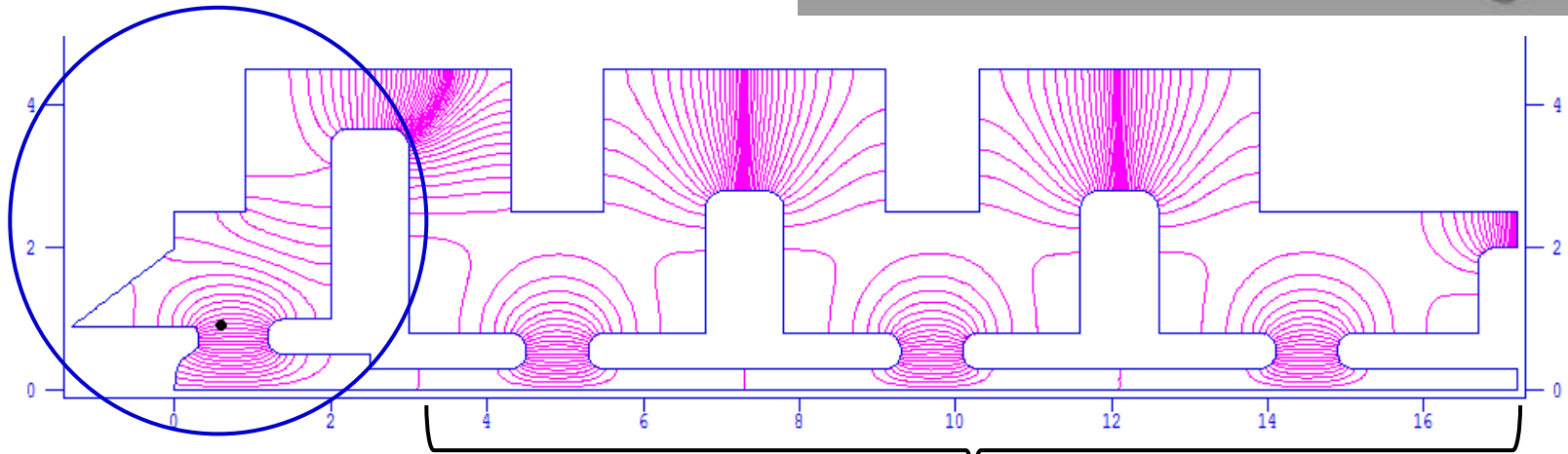
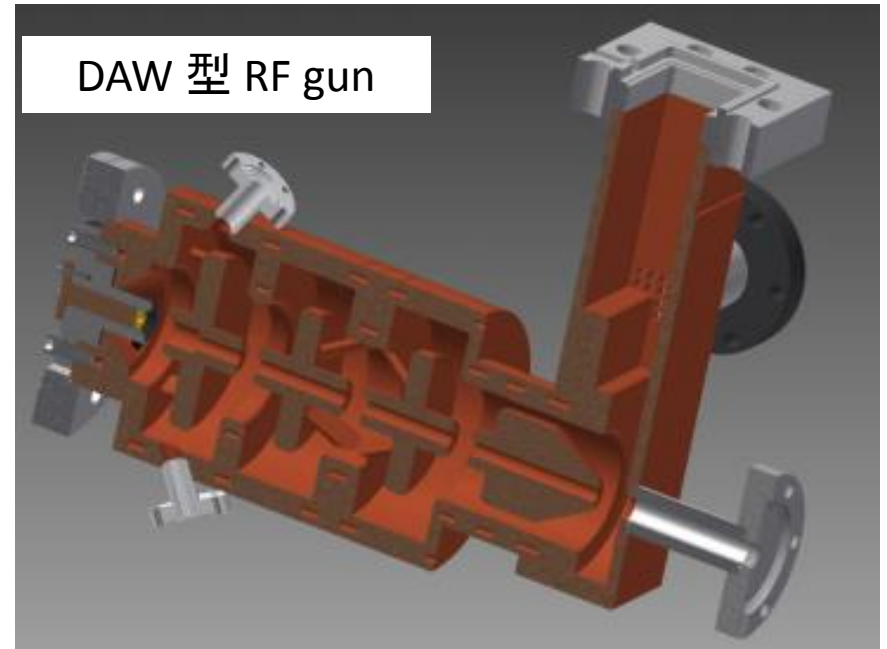
# 電子ビーム

- DAW(disk and washer)型 RF gun
- 擬似進行波型サイドカップル空洞 RF gun
- レーザ開発状況

# DAW(Disk and Washer)型RF gun試験運転(3-2セクター)

理科大で実用化した熱カソードRF gunを改良してフォトカソードRF gunを開発した

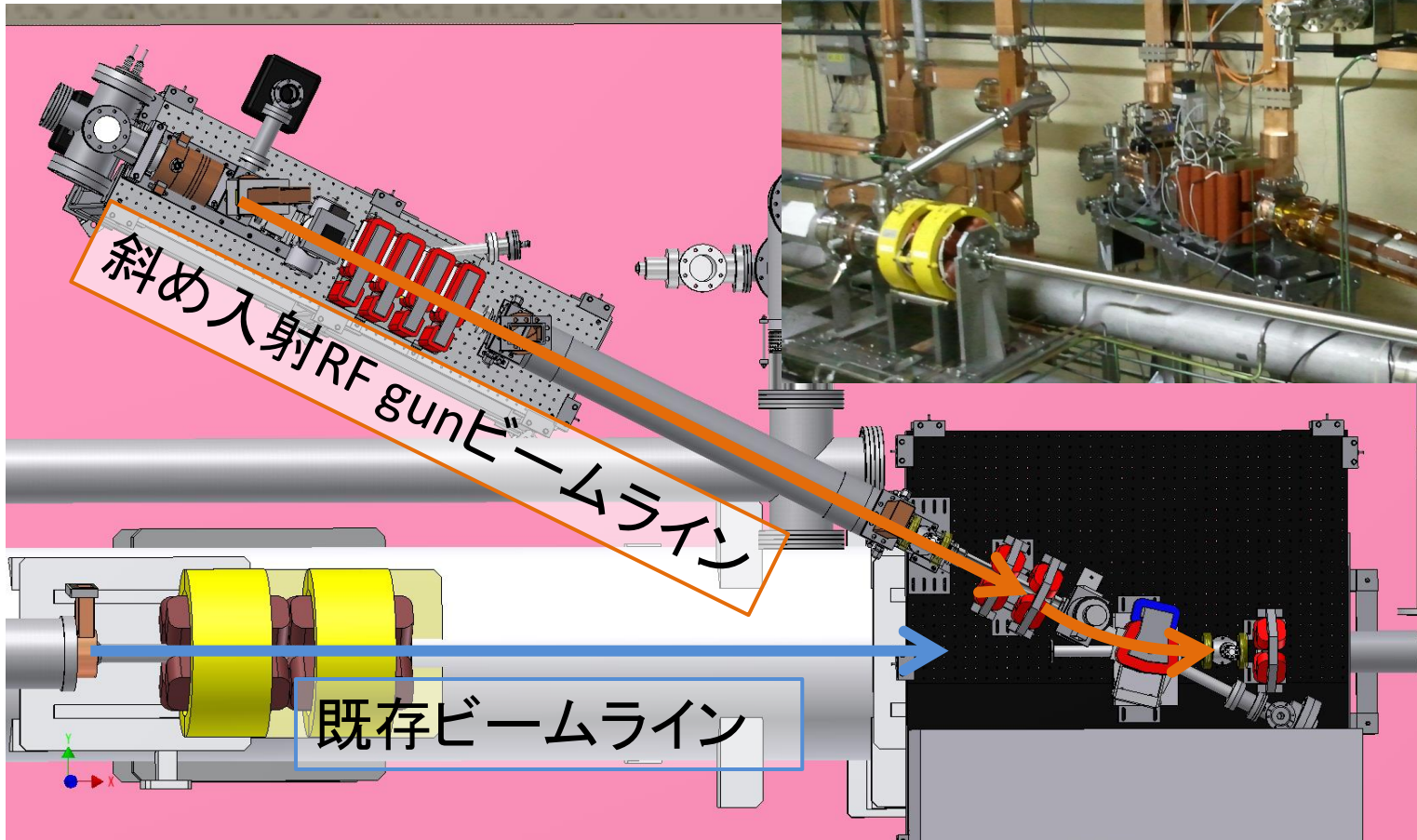
第一空洞を改良して5 nCのように強い収束電場を与えた



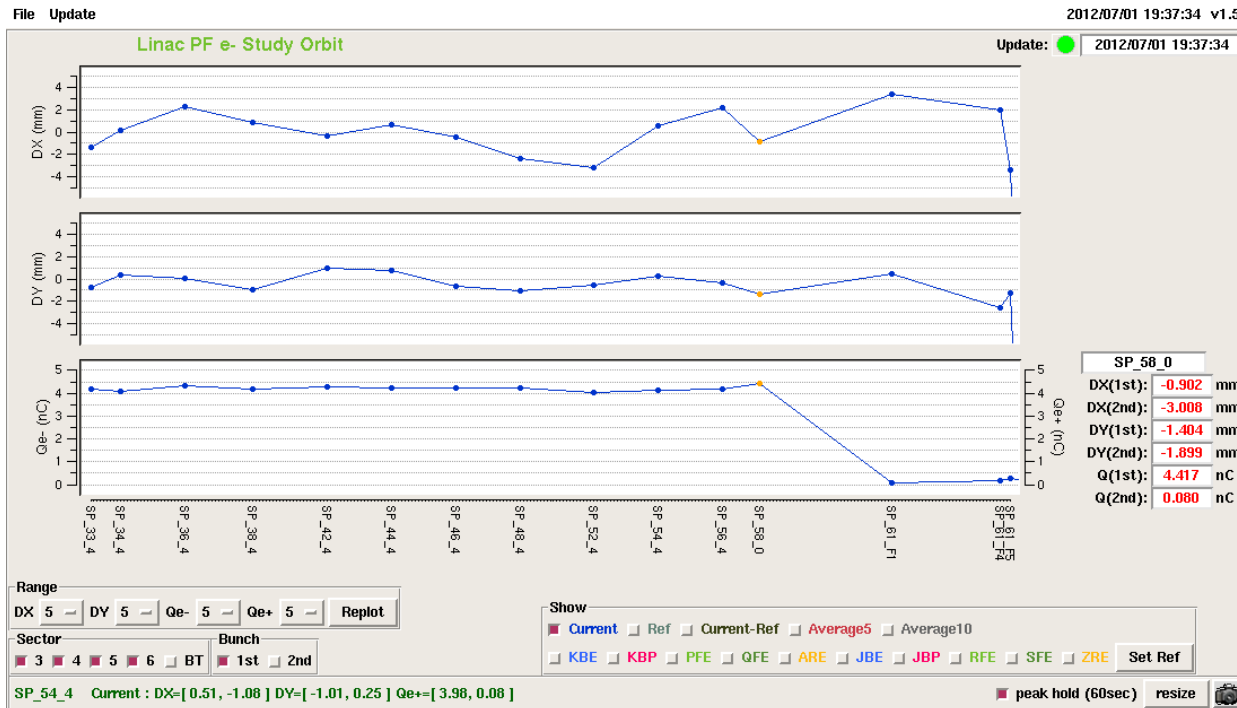
理科大RF gunと同じ加速セルを使用

# 入射器棟3-2 RF gun設置

- **DAW type** RF gun
- 斜め入射ビームライン



# 4.4 nCのビーム輸送に成功

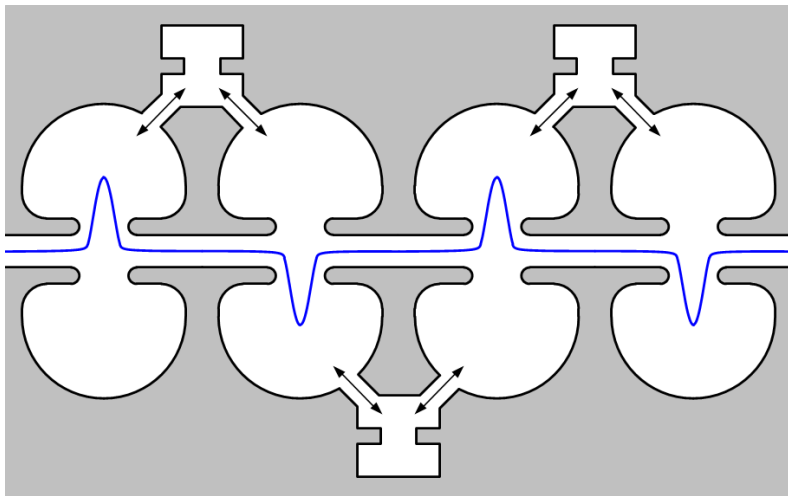


Ir<sub>5</sub>Ce cathode  
大気中でも安定  
長寿命  
量子効率10<sup>-4</sup>

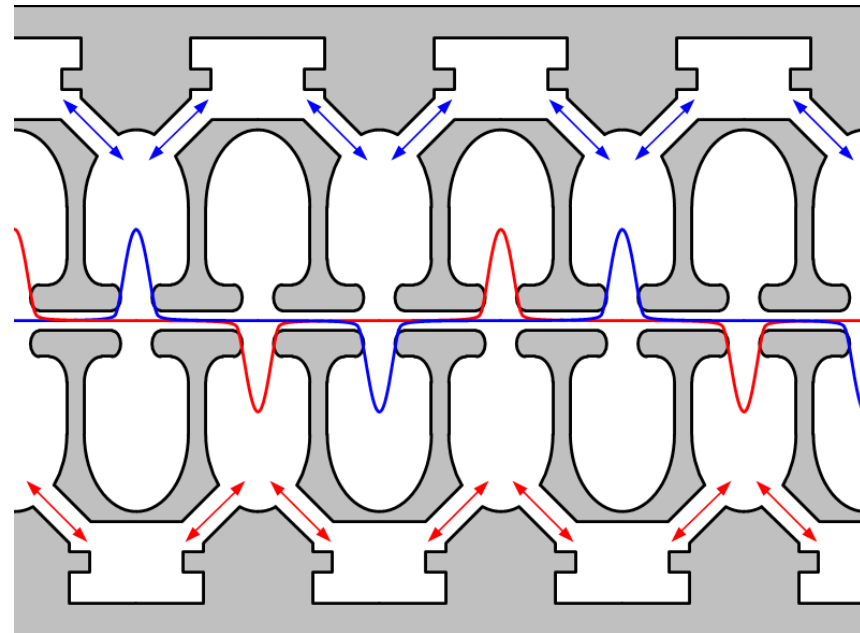
最高で4.8 nCのビーム発生を確認している。

DAW gunの試験を通して、軸外結合(annular couple)の有用性やIr<sub>5</sub>Ceカソードの実証、入射器のシステムにレーザーを組み込んだの運転など様々な知見が得られた。しかし、DAW gunは最大5 nCの電荷発生が限界で、運転に対してマージンが無く、3 MeVほどのビームしか発生できないので、その後のエミッタンス保存に不安が残る。

# 擬似進行波型サイドカップル空洞について



通常のサイドカップル空洞



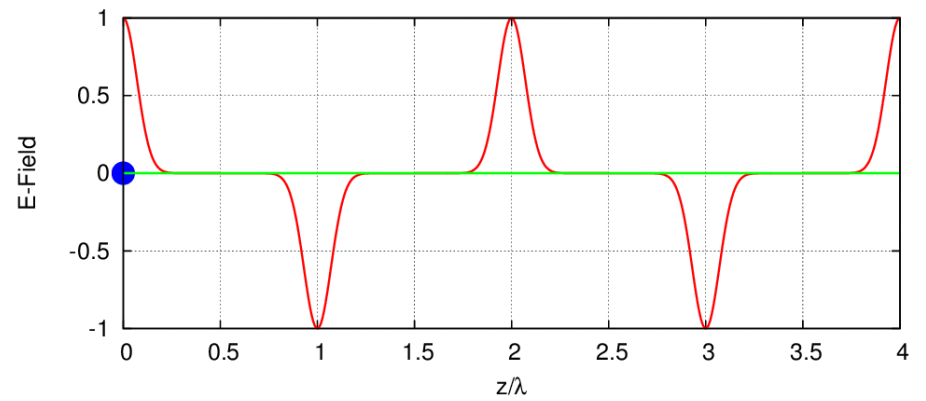
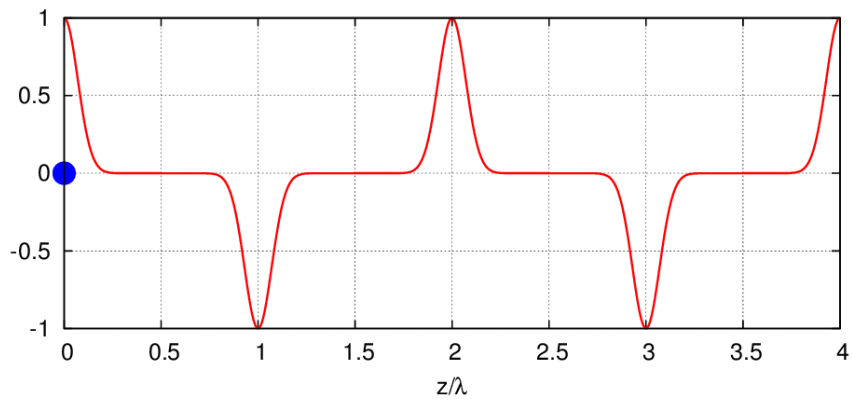
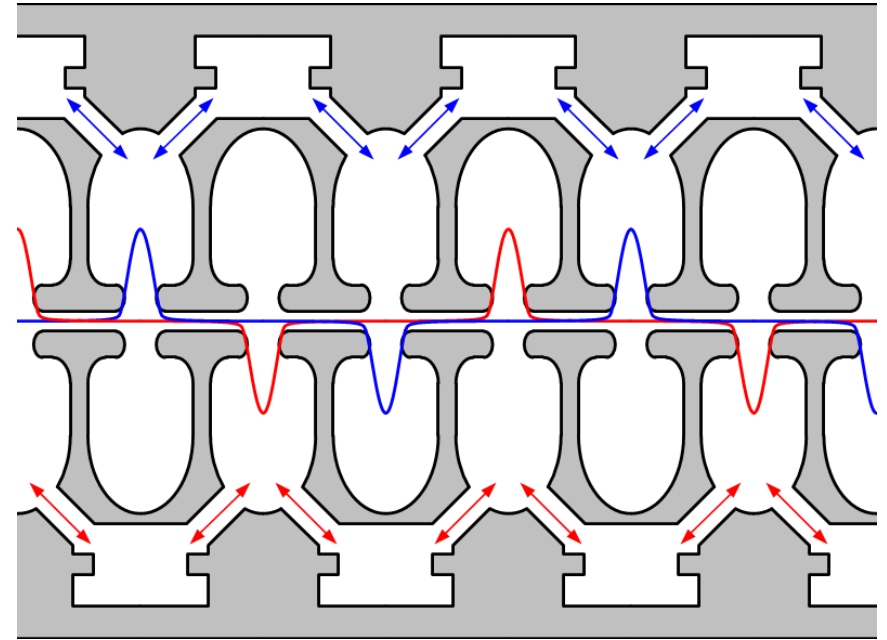
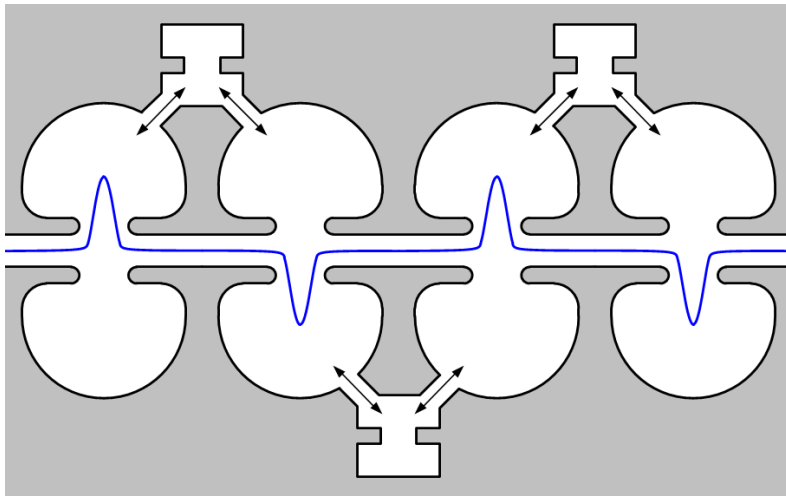
擬似進行波型サイドカップル空洞  
Quasi traveling wave side coupled cavities

電極を近づけることで電場を集中させて集束電場を発生させているが、この方式だと長いドリフトスペースが出来てしまう。そこに別の定在波空洞を挿入させる方式でビームからは進行波に見える加速電場をつくる。



# Quasi traveling wave side coupled cavities

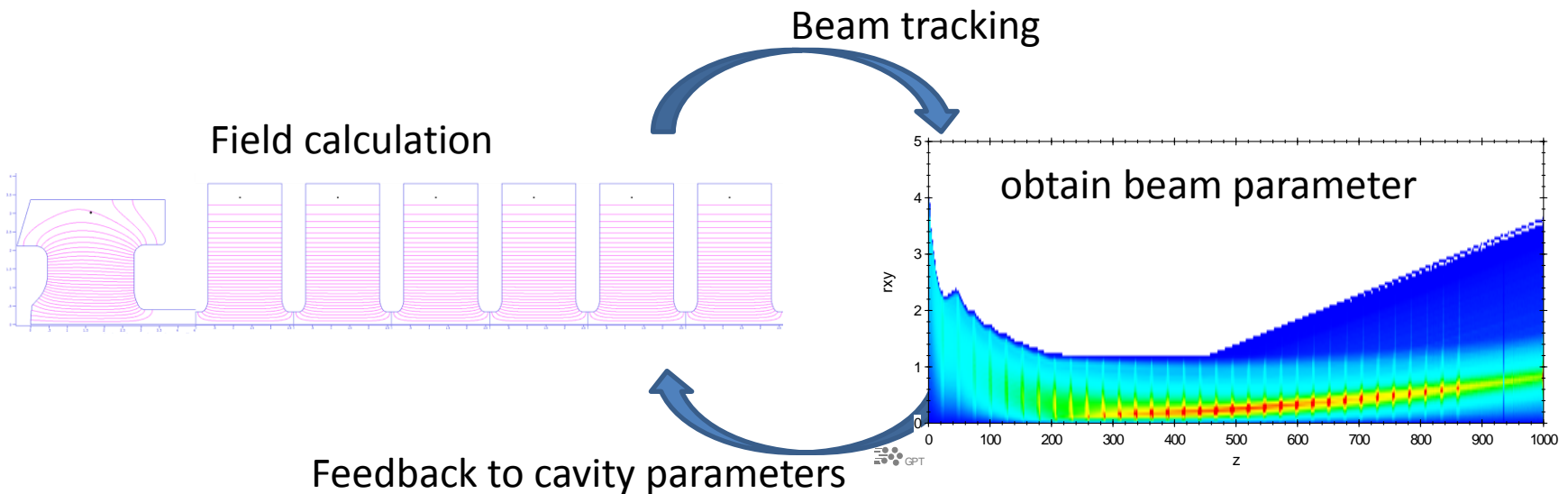
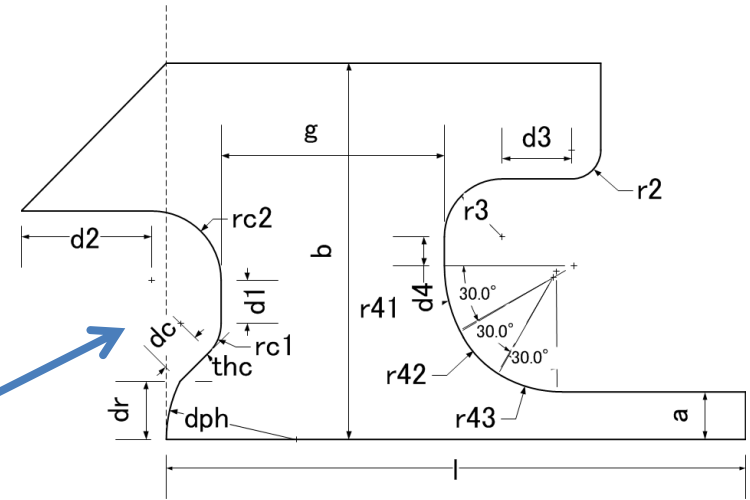
## Normal side coupled cavities



# 1<sup>st</sup> Cavity Design (cathode cell)

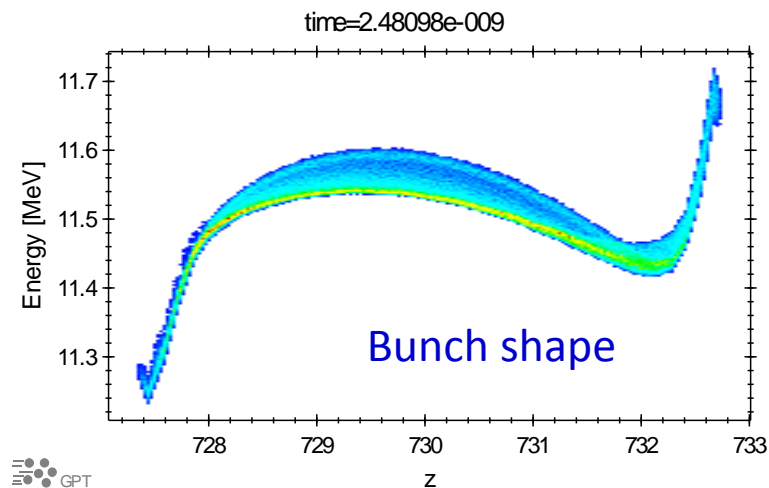
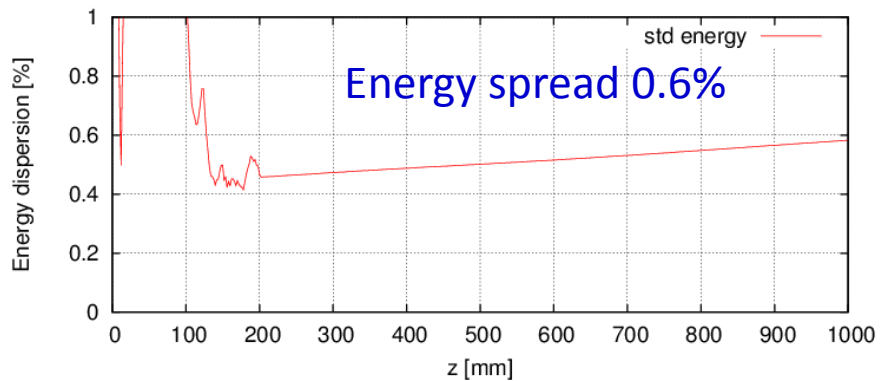
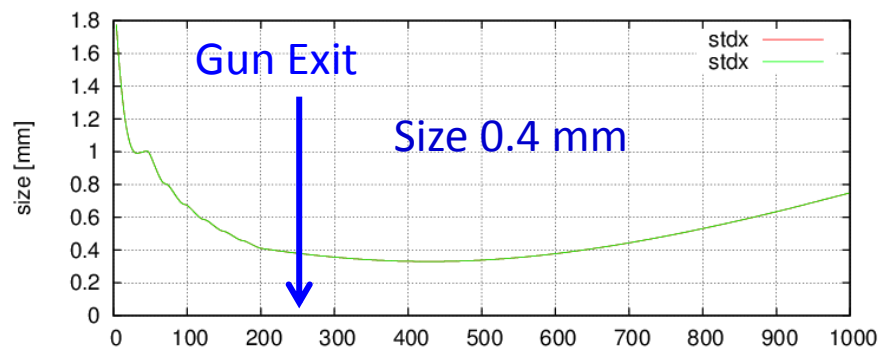
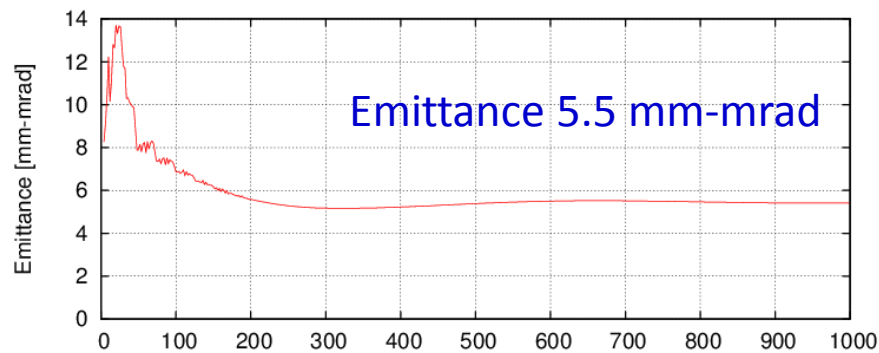
カソードセルでは強い集束電界が必要になるが、非線形な集束電界は射影エミッタンスを悪化させてしまう。

エミッタンスを悪化させずに、ビームを集束させ空洞表面に電場集中が起こらないような設計が必要になる。



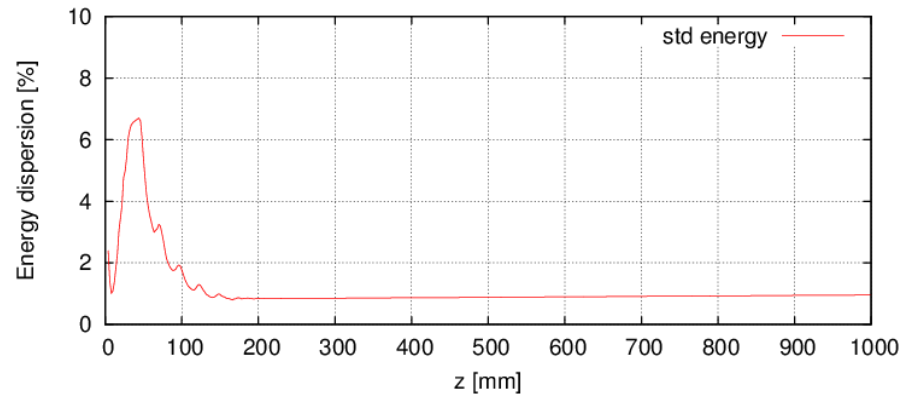
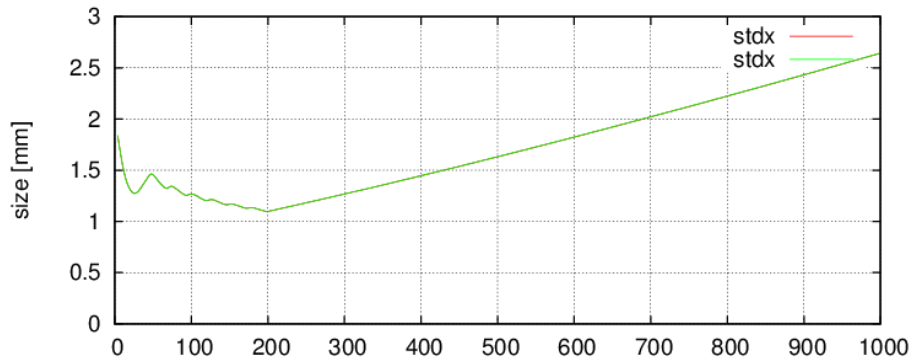
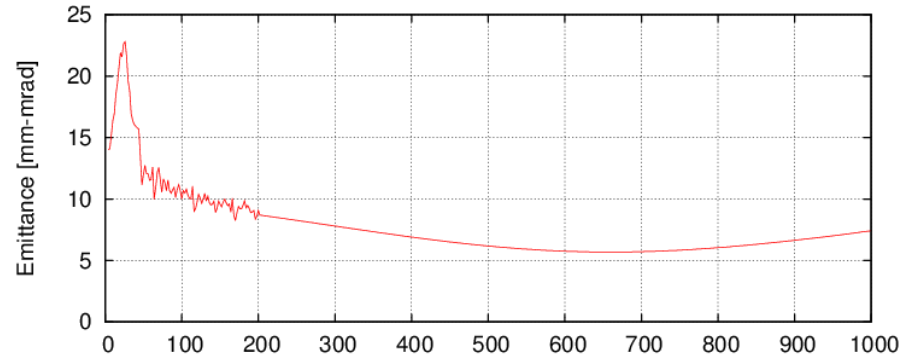
Automatic optimization by using downhill simplex method

# Beam tracking simulation result (5 nC)



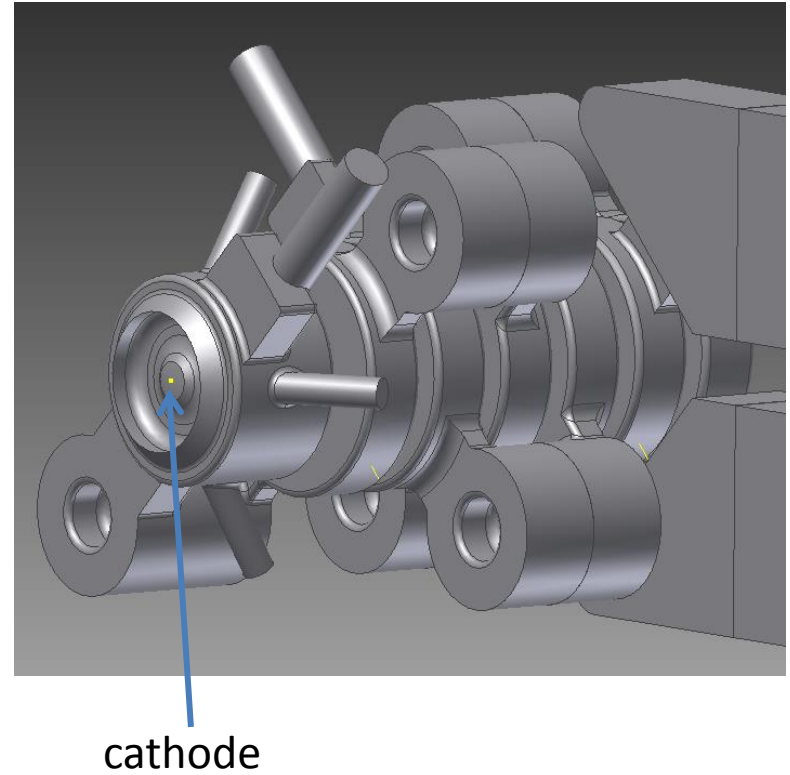
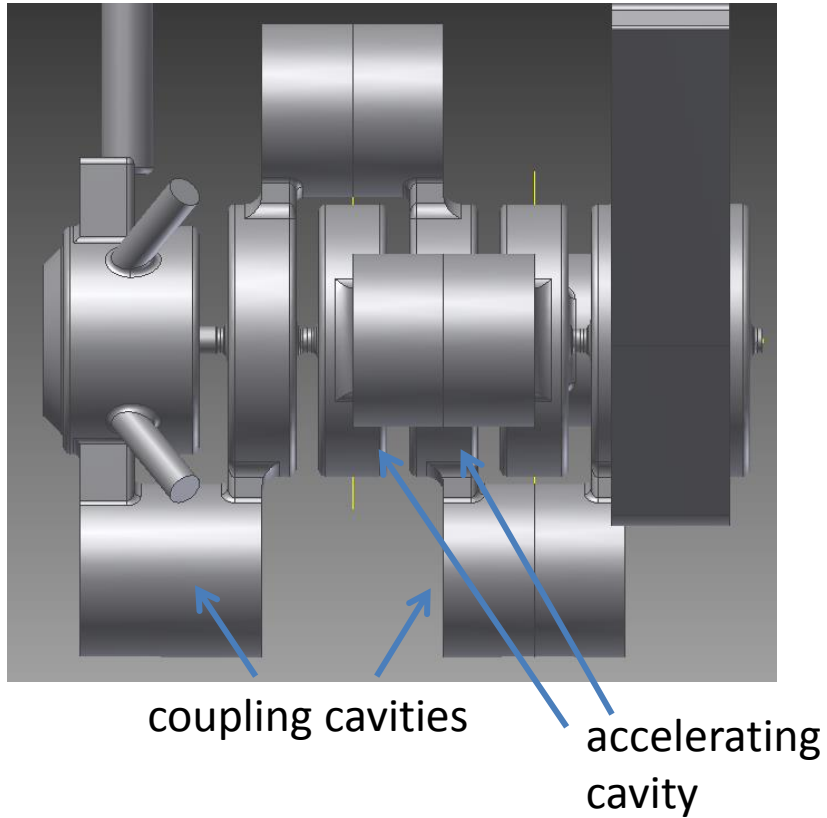
5 nC 11.5 MeV  
Gun出口でほぼ平行ビームになるように設計

# Beam tracking simulation result (10 nC)



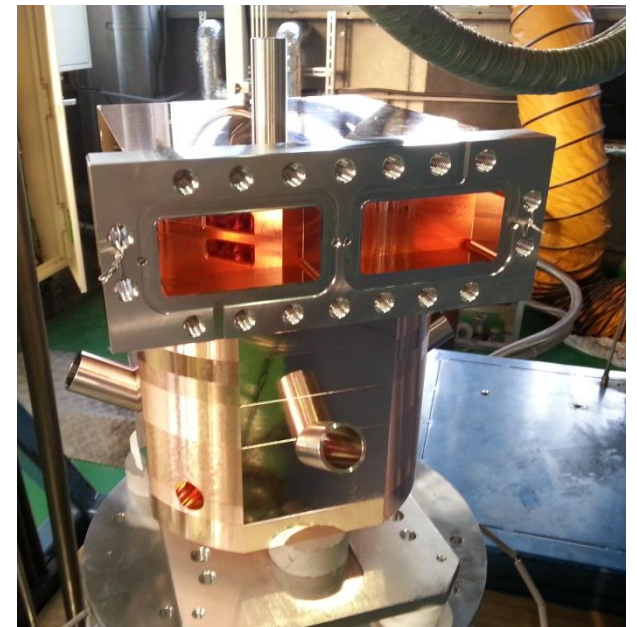
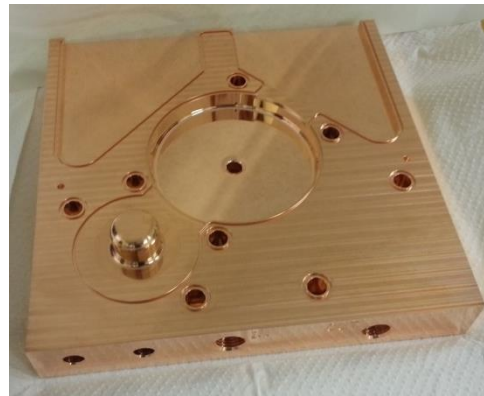
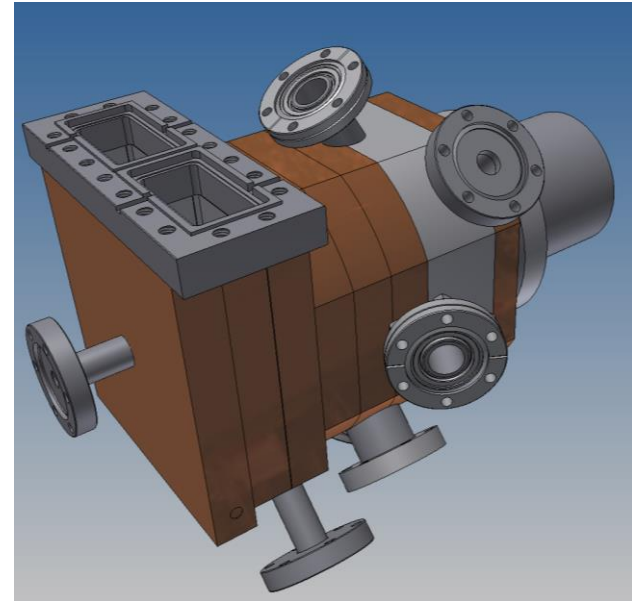
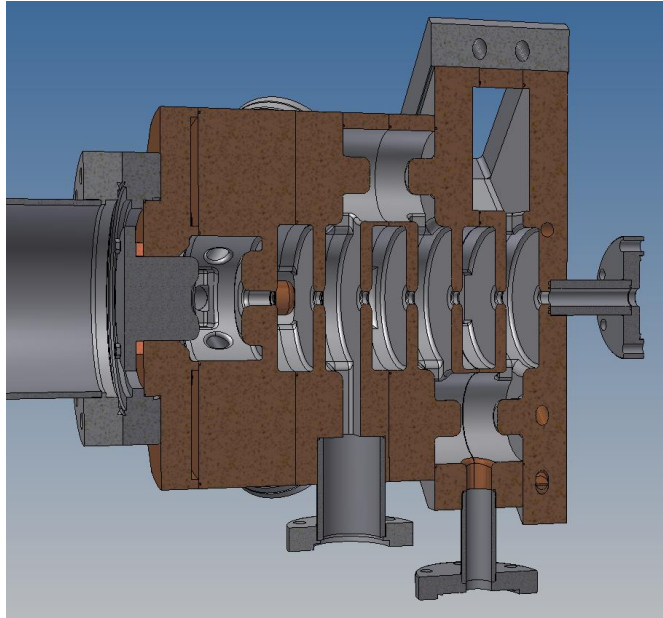
10 nC のビーム発生も可能

# Whole cavity shape



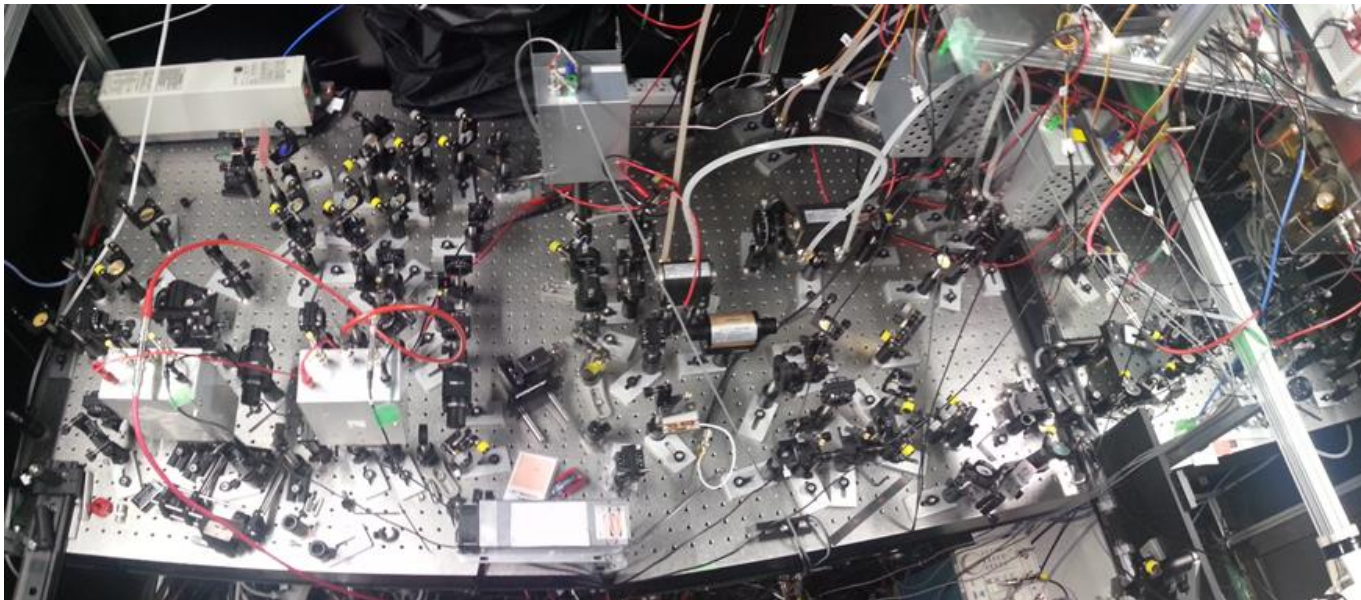
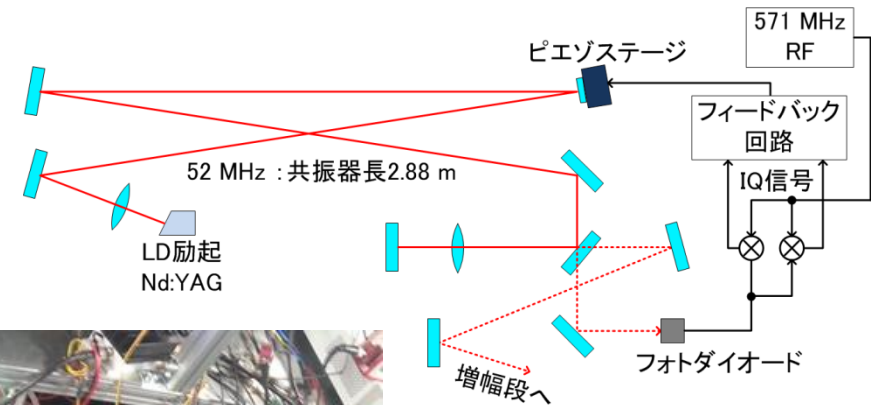
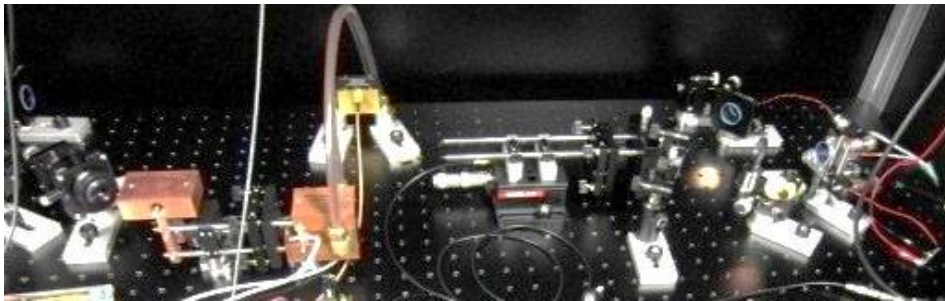
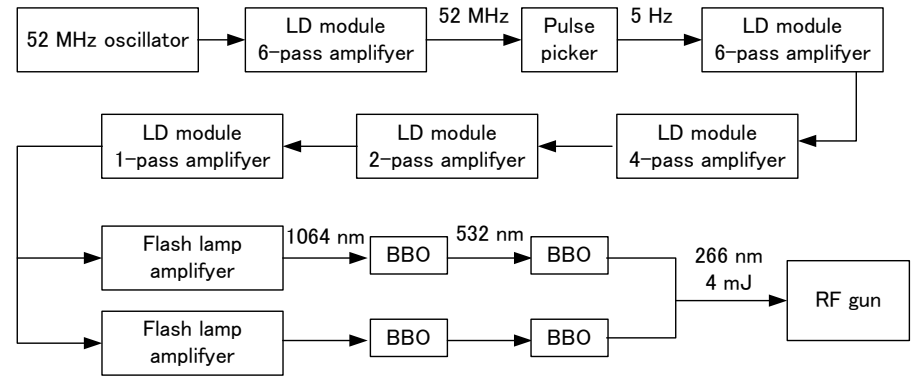
# Cavity shape

# Mechanical design and manufacturing



現在口ウ付け中

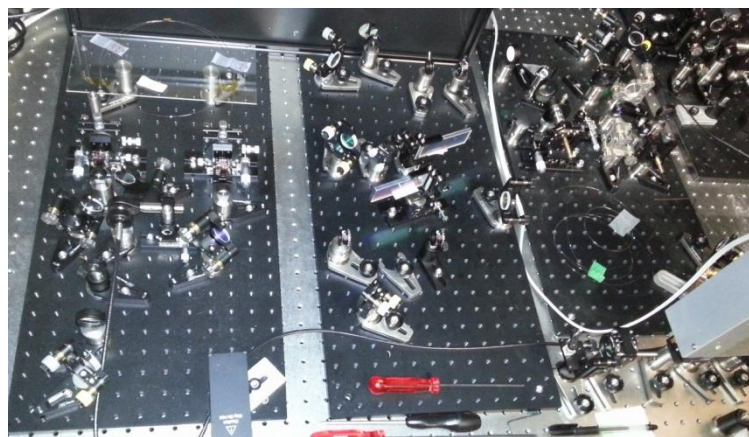
# Nd:YAGレーザーシステム (3-2セクターでのDAW RF gun運転に使用)



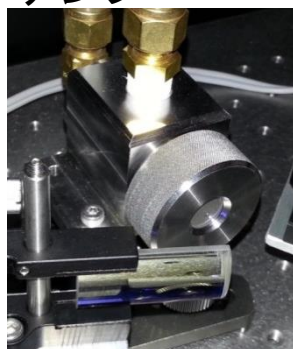
# Yb レーザーシステム (A-1セクター)



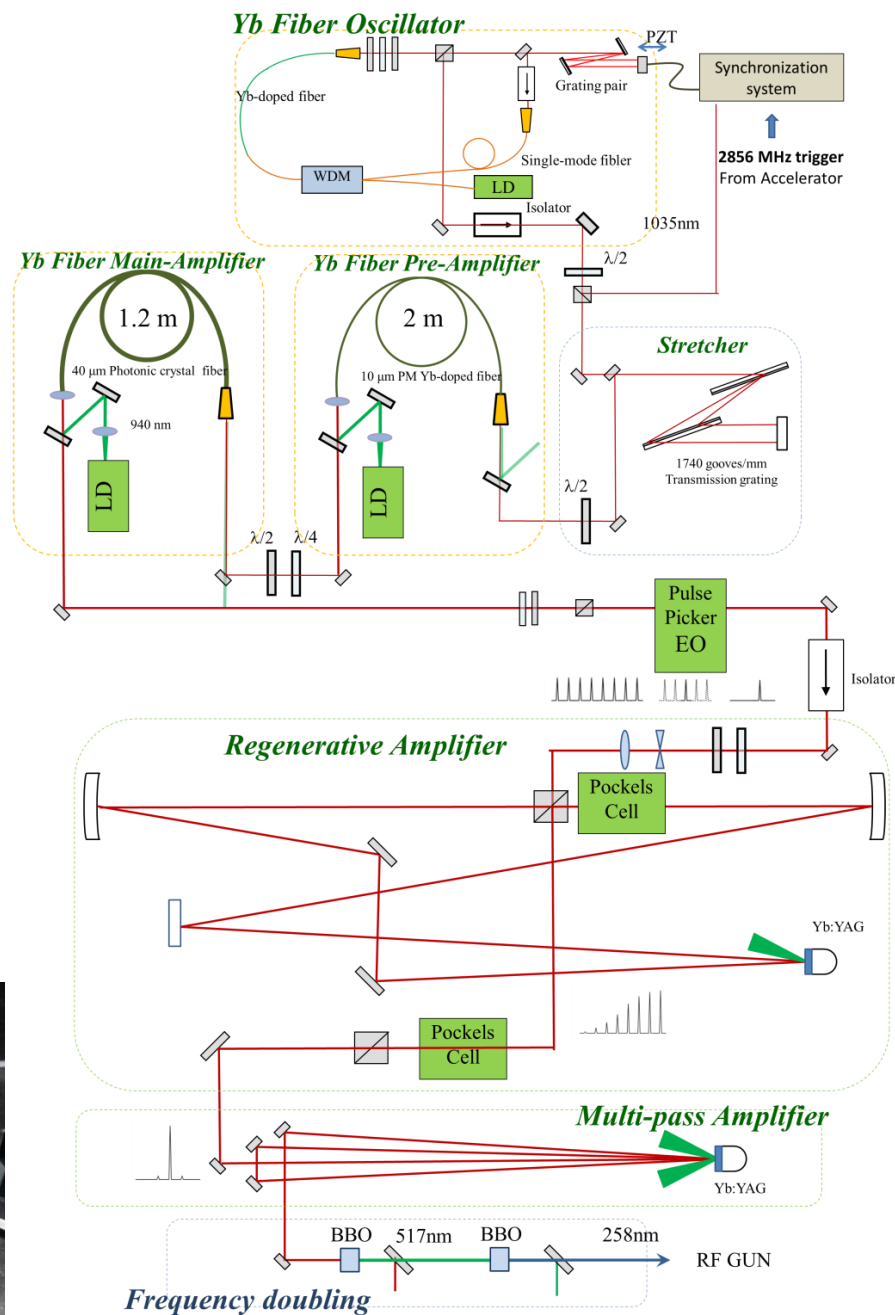
Yb ファイバー 発振器



ファイバプリアンプ, メインアンプ



Yb thin disk

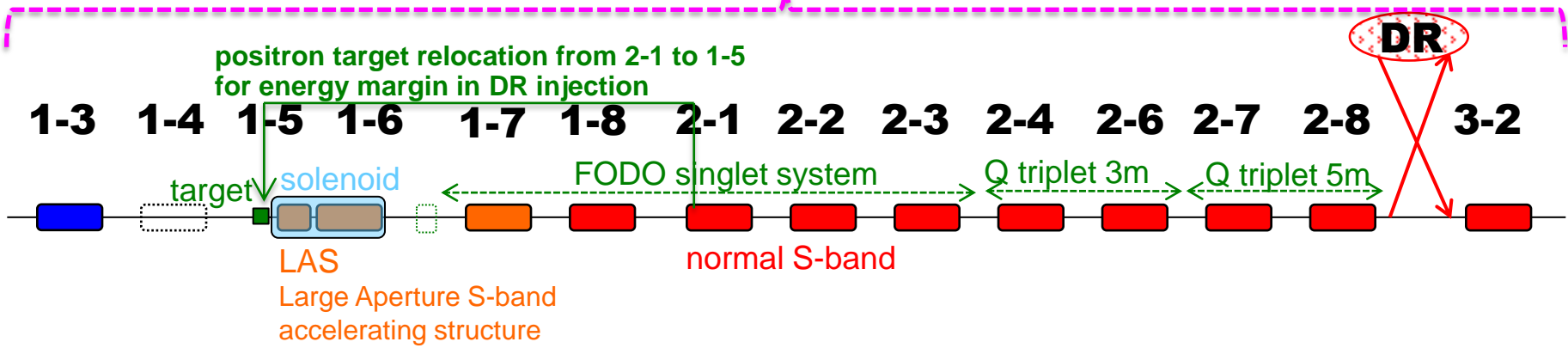
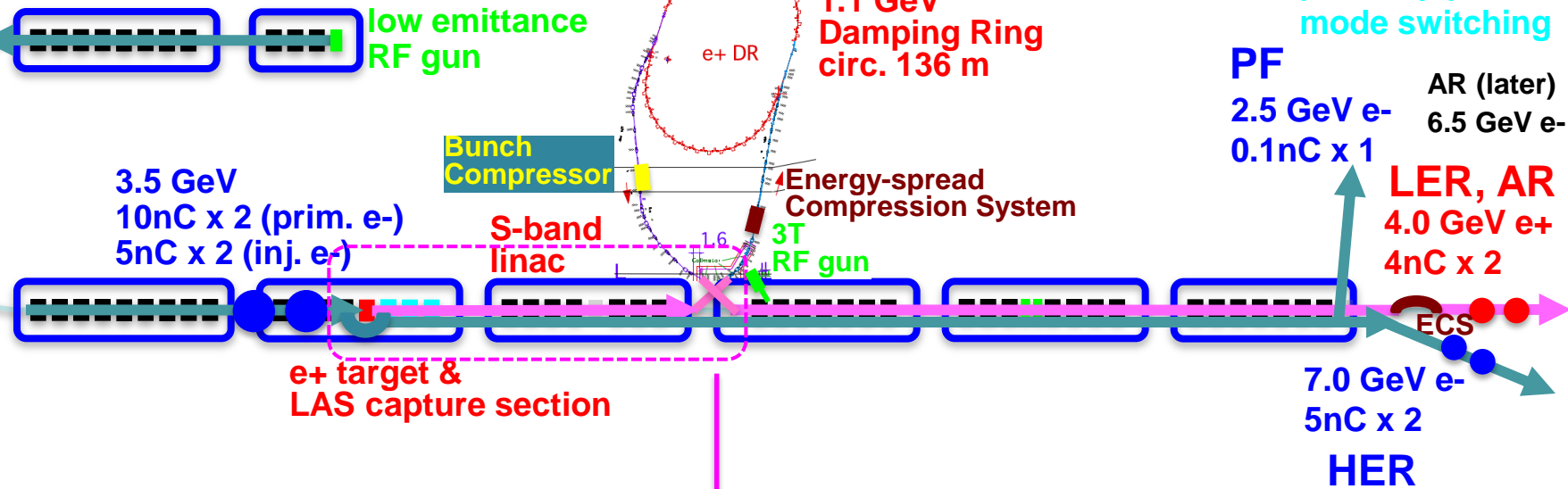




陽電子ビーム

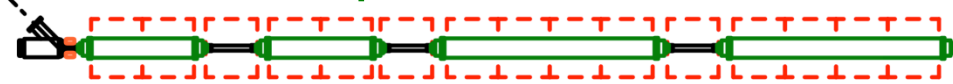
# Positron Capture Section (PCS)

SuperKEKB injector



# Positron Capture Section (PCS)

## KEKB e+ capture section



- 2.0 T x45mm + 0.4 T x8m air-core pulse coil DC solenoids
- KLY1 (S-band) -> 2 x 1m 12 MV/m, aper 2a = 27 -> 25 mm
- KLY2 (S-band) -> 2 x 2m 10 MV/m, aper 2a = 25 -> 21 mm
- beam energy at capture section exit : 80 MeV



$N(e+)/N(e-) = 10\%$  at 3.5 GeV linac-end  
 $N(e+)/N(e-)/E(e-) = 2.5\%/GeV$

## SuperKEKB e+ capture section



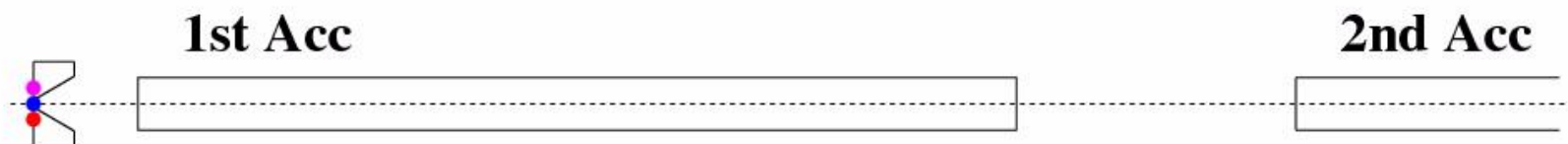
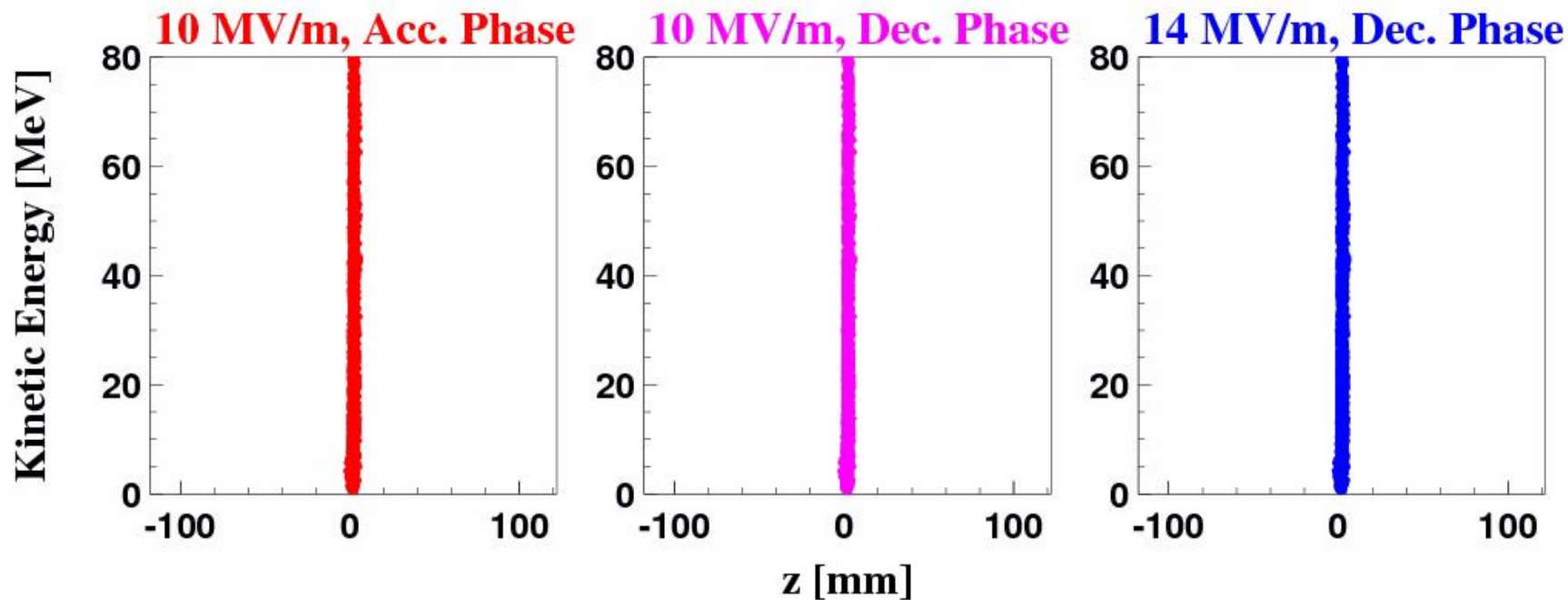
- flux concentrator (5 T) DC solenoids (0.5 T) Deceleration capture
- KLY1 LAS -> 2 x 2m 14 MV/m, aper 2a = 32 -> 30 mm
- KLY2 LAS -> 4 x 2m 10 MV/m, aper 2a = 32 -> 30 mm
- beam energy at capture section exit : 120 MeV

LAS : Large Aperture  
S-band structure

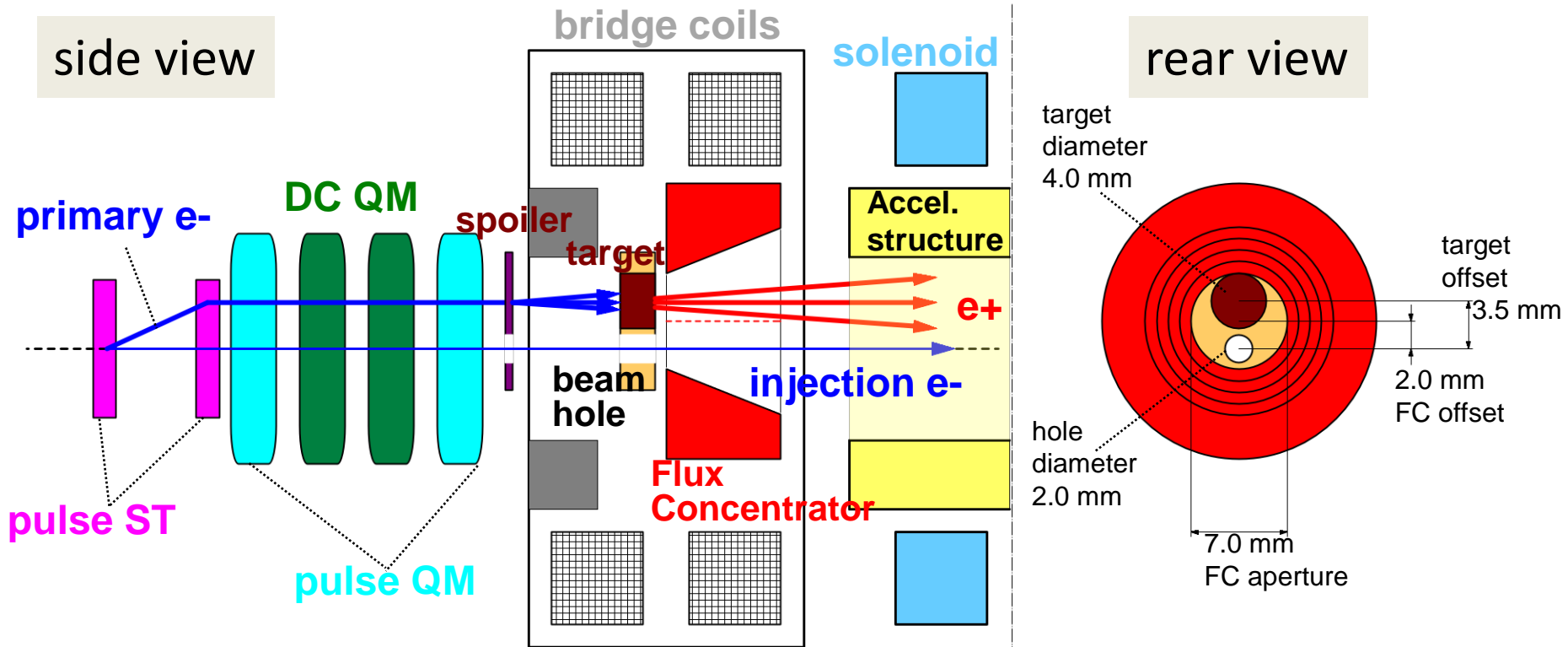
$N(e+)/N(e-) = 49\%$  at 1.1 GeV DR  
 $N(e+)/N(e-)/E(e-) = 14\%/GeV$

# サテライトバンチの抑制

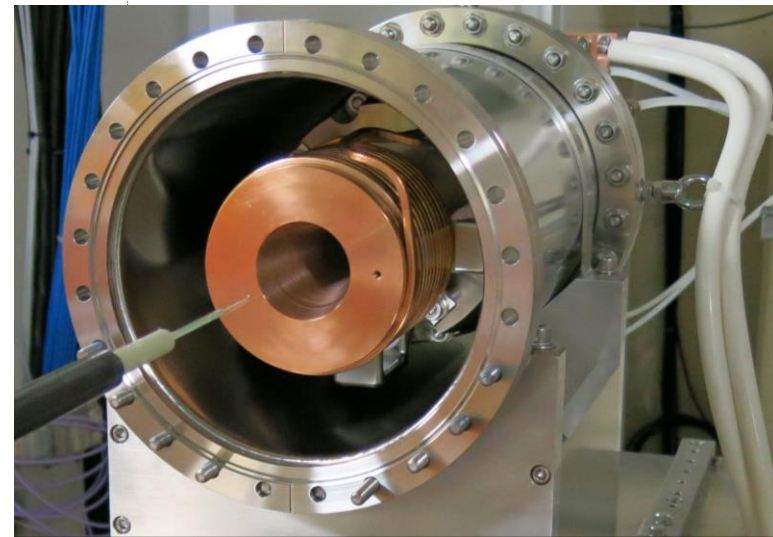
1本目のLAS(large aperture S-band)で減速位相に乗せ, 加速電界を上げることでサテライトバンチを抑制する.



# Target and FC design



- injection  $e^-$  beam on axis to preserve low emittance
- primary  $e^-$  beam 2~3 mm off axis (target offset 3.5 mm, FC offset 2.0mm)



# エミッタンス保存

- アライメント技術
  - 高精度レーザーアライメント 口頭発表 SAOS09
  - レーザートラッカー
  - 水管傾斜計, アクティブムーバー(検討中)
- ビーム診断
  - BPM開発 口頭発表 MOOS01 ポスター SAP083
  - ストリークカメラによるバンチ長測定
  - ディフレクターによるスライスエミッタンス測定

