

cERL入射器の現状と 性能向上に向けた対策

2013年9月25日(木)14時～
第84回ERLビームダイナミクスWG

高エネルギー加速器研究機構
宮島 司、中村 典雄

cERL入射器の現状

- どれくらいcERL入射器の現状(ビームダイナミクス、機器の性能)を把握できているか？
- 励起レーザー
 - 7.7 pC/bunchまでは出せる
 - カソード面上での強度分布はフラットトップからずれていそう
 - 課題: カソード面上での強度分布は？
- 電子銃
 - 390 kVで安定運転
 - 電極による収束力は理解
 - カソード面上のrmsサイズをソレノイドに対する応答から推定(直径 1.1 mm)
- 入射部ビームライン(バンチャーなし)
 - 空間電荷なし: 2台のソレノイドの応答を測定 ⇒ 計算とほぼ一致、エミッタンスもほぼ一致
 - 空間電荷あり: 分布の中心に鋭いピーク(フラットトップからは説明できない。レーザー初期分布によるもの?)
 - 軌道調整: 手法を確立。2台のソレノイド中心は通せる。ただし、バンチャー空洞との共存ができていない
 - 課題: バンチャー込での軌道調整、空間電荷ありでのプロファイルの説明、バンチ電荷が測れない(⇒FCを追加)
- バンチャー空洞
 - 空間電荷なし: バンチ圧縮できていることを確認(測定分解能以下になる)
 - 空間電荷あり: バンチ長の振る舞いが計算と大きく異なる
 - 軌道調整: SL1とバンチャー空洞の中心は通せるが、SL2はずれる
 - 課題: バンチャーの性能評価と較正(縦方向と横方向)、バンチャーの中心を通す
- 入射器超伝導空洞
 - 5.6 MeVまでの安定な加速
 - 空間電荷なし: エミッタンス増加 0.1 mm mrad、水平垂直プロファイルの非対称
 - 空間電荷あり: エミッタンス増加 0.7 mm mrad、水平垂直プロファイルの非対称
 - 軌道調整: CAV#1の中心はある程度通した(ただし、角度はあまり制御できていない)、CAV#2-3の中心通しとは両立しない
⇒ 現状の測量結果を入れた計算ではエミッタンス増加量を再現できない
 - 課題: xy非対称性の原因は?(HOMカプラによるキック評価のための準備中。HFSSを使用)、空間電荷ありでの縦方向と横方向の振る舞いが計算と合わない(エミッタンス増加量、バンチ長)、軌道調整
- 入射器診断ライン
 - エミッタンス、バンチ長、エネルギー広がり、バンチ電荷を測定できた
 - 軌道調整: 4極電磁石の中心を通せる(ステアリングの励磁電流は大きい)
 - 課題: エンベロープが一致しない(RF空洞と空間電荷効果に起因、上流側が原因)

カソード面上でのレーザー強度分布 空間電荷ありでのプロフィール

- 本田さんのレポートより、強度分布はフラットトップからずれていると思われる
- 中心にピークを持つような分布でのシミュレーションをこれから実施する
- 今後の対策：フラットトップ分布に近づけたい(光路の調整?)

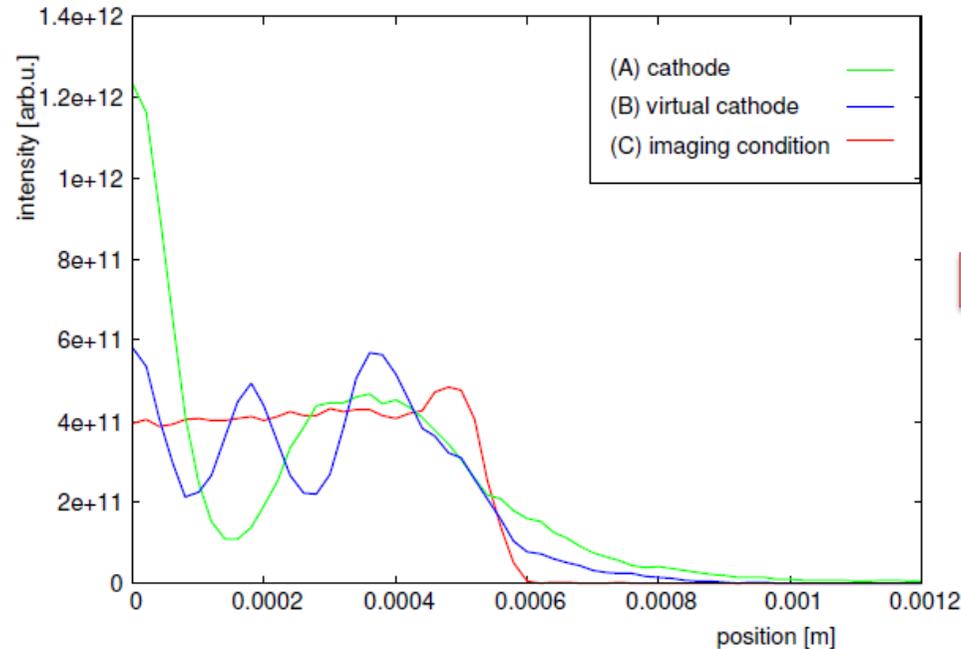


図 4: 計算したプロフィール (2次元モデル)

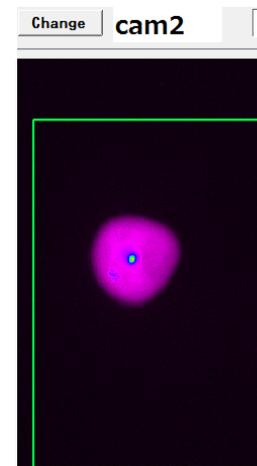
試に、(A)の分布を入れて分布にピークが残るか計算してみる

空間電荷の効く領域では、ある程度ここで合わせておかないと、下流に行くに従いずれが大きくなる。



MS2でのプロフィール
20 fC/bunch
低電荷ではガウス分布でフィットできていたが、ピークの影響は？

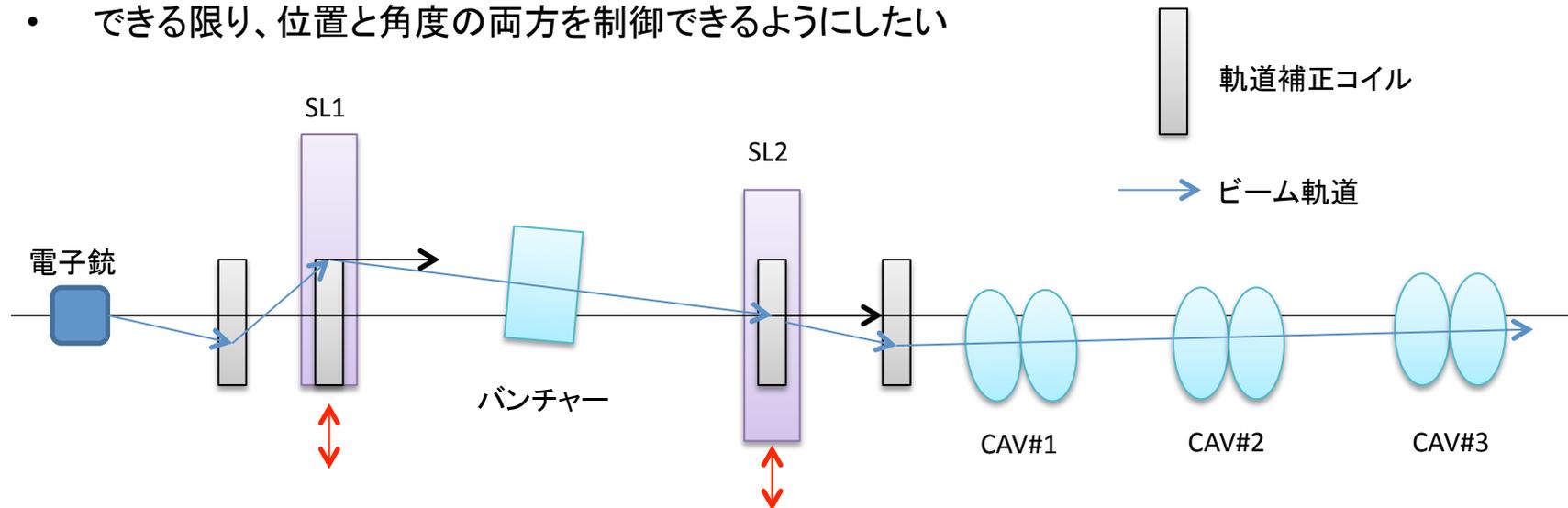
電荷を上げたとき



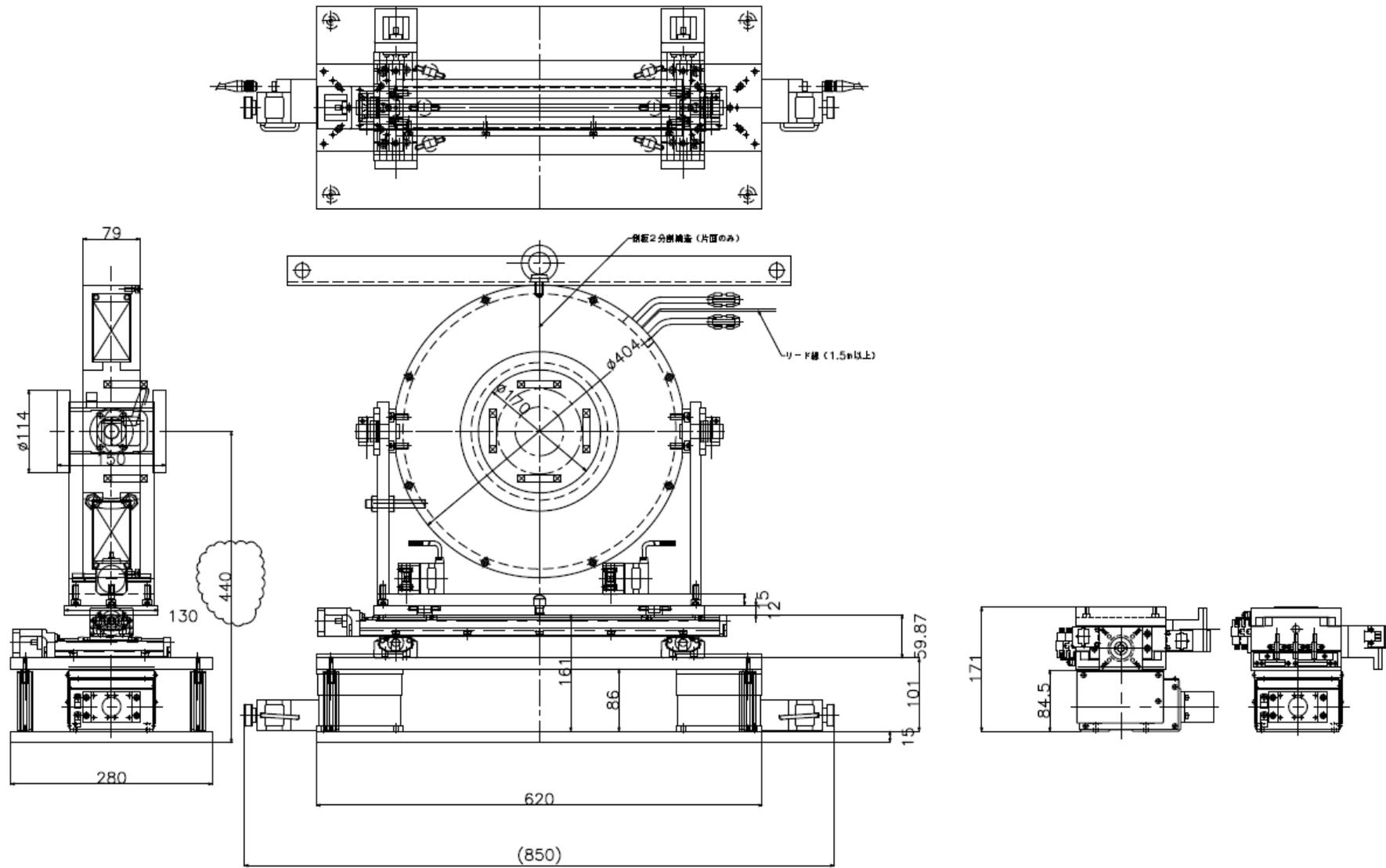
MS2でのプロフィール
7.7 pC/bunch

電子銃、バンチャー、入射器空洞の軌道調整

- エミッタンス悪化を避けるために、電子銃、バンチャー、入射器空洞内の軌道をきちんと調整する必要がある(ソレノイドも中心を通したい)
- 現状: (不十分かもしれないが)SL1, バンチャー、CAV#1の中心を通すように調整している
- ただし、位置と角度を両方制御できていない
- できる限り、位置と角度の両方を制御できるようにしたい



- 電子銃、バンチャー、入射器空洞は一度アラインメントした後は、動かすのが容易ではない ⇒ 機器の位置に合わせてビーム軌道を合わせる必要がある
- バンチャー、入射器超伝導空洞手前にはそれぞれ、2台ずつ軌道補正コイルがあるので、位置と角度の両方を合わせることが可能
- ただし、この場合、ソレノイドの中心を通せなくなる
- ソレノイドの中心を通すために、ソレノイド架台にリモート位置調整機構を付けたい
- リモート架台は2009年に検討したものががあるのでそれをベースに設計
- 基本方針
 - バンチャーと入射器空洞の中心を通す
 - そのビーム軌道に合わせてソレノイドの位置を遠隔で変更する

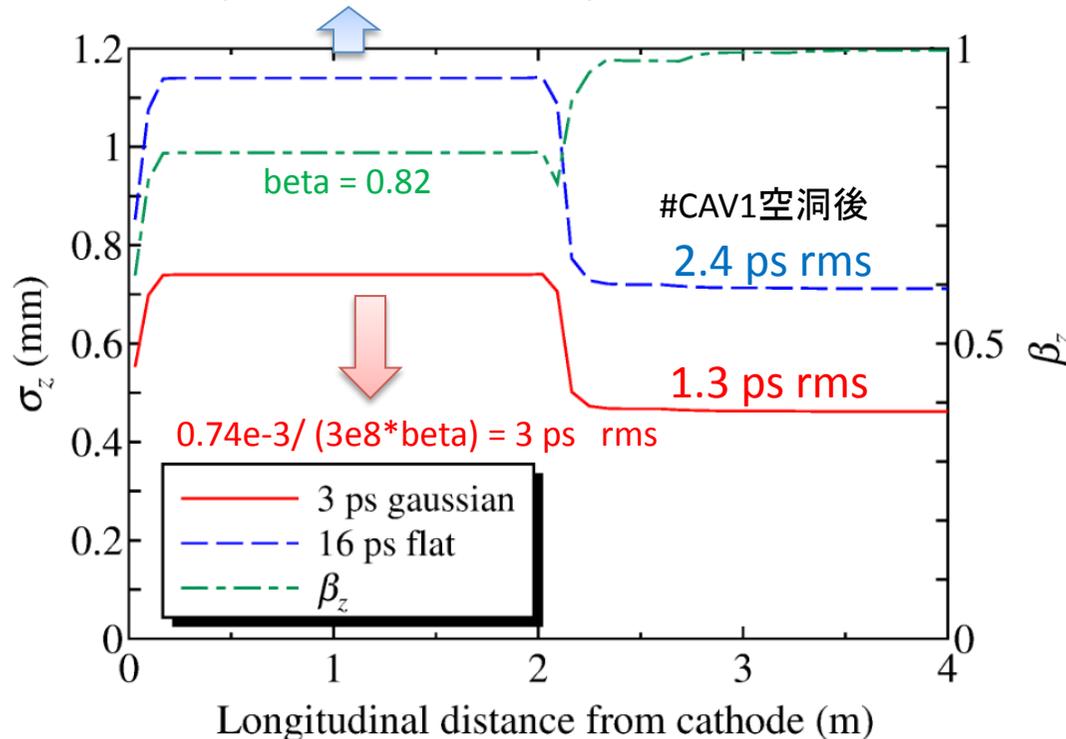


以前(2009年)に検討したリモート位置制御架台
 必要な項目: 上下移動、水平(リング内外)移動
 基本的に、現場に設置したまま(真空を破らない)で、架台のみを置き換えるような方式を検討する

バンチャー空洞の性能評価

- バンチ圧縮できていることは確認した
- 加速位相にして、電圧と加速後のエネルギーの関係から、ある程度の加速電圧の較正を行った
- やりたいこと
 - 横方向のキック力の詳細測定(位相、ビームの入射位置を変えた時の応答測定)
 - 水平方向、垂直方向の非対称性があるかの確認
 - 進行方向の影響の詳細測定(バンチ長測定、エネルギー測定)
 - 空間電荷の効く領域での同様の試験

$1.14e-3 * \sqrt{12} / (3e8 * \beta) = 16 \text{ ps}$ (flat 分布の長さに変換した値, rms では4.6 ps)



○バンチャーなしでのバンチ長の変化
 $Z = 2 \text{ m}$ が#CAV1入口
 これより手前は、390 keV ($\beta = 0.82$)

#CAV1手前
 16 ps flat : 4.6 ps rms (16 ps flatを保持)
 3 ps gaussian: 3 ps rms (3 psを保持)

#CAV1出口
 16 ps flat: 2.4 ps rms (圧縮される)
 3 ps gaussian: 1.3 ps rms (圧縮される)

最大加速位相に調整したとき、計算ではバンチ長が半分程度に圧縮される

実験結果を解析する際に、この効果を考慮する必要がある。また、逆に数値計算の位相を実験条件を再現するように調整する必要がある

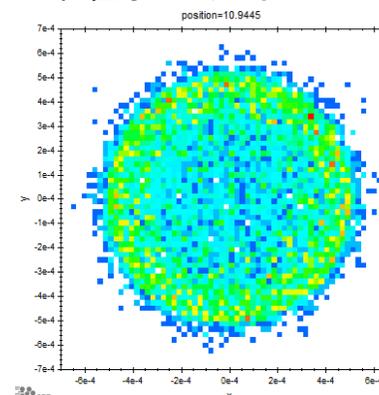
入射器超伝導空洞後のxy非対称性の調査

- 空洞の設置位置誤差から計算した結果では、xy非対称性がまだ説明できない(途中)
- 下記の誤差を入れて計算(とりあえず空間電荷なし)

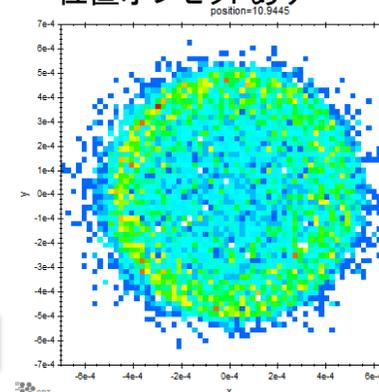
【入射器空洞測定結果】

| 測定点 | Yレベルとアライメントスコープ (シールL-2基準測定データ)(1 月25日)(2K)[mm] | アライメントスコープ(target1基準 データ)(2013/01/25)(2K)[mm] | | |
|---------------------|---|--|-------|------|
| | 高さ | 高さ | 水平 | 大きさ |
| シールMag | | | | |
| CVL-2 | 0.20 | | | |
| シールL-2 | 0 | | | |
| 上流ケガキ | -1.60 | | | |
| Cavity target 1(上流) | -1.54 | 0 | 0 | 0 |
| Cavity target 2 | -0.77 | -0.77 | -0.20 | 0.80 |
| Cavity target 3 | -1.05 | -0.49 | -0.40 | 0.63 |
| Cavity target 4 | -0.95 | -0.59 | -0.34 | 0.68 |
| Cavity target 5 | -0.33 | -1.21 | 0.19 | 1.22 |
| Cavity target 6(下流) | -1.10 | -0.44 | -0.13 | 0.46 |
| クライオ窓シール(下流) | 0.04 | -1.58 | | |
| 下流ケガキ | -0.31 | | | |

位置オフセットなし



位置オフセットあり



測量結果のオフセットを入れてもxyの非対称性は説明できていない
 エミッタンス変化も0.134 ⇒ 0.136 mm mradと小さい
 傾きの影響評価はこれから



現在入射器空洞のHOMカプラの影響の調査中

HFSSの使い方を阪井さんに教わった。2セル空洞のモデルの準備をしている

このあと: HOMカプラを入れて電磁場分布を作り、トラッキングを行う予定

