

# COMPACT ERLの周長補正について

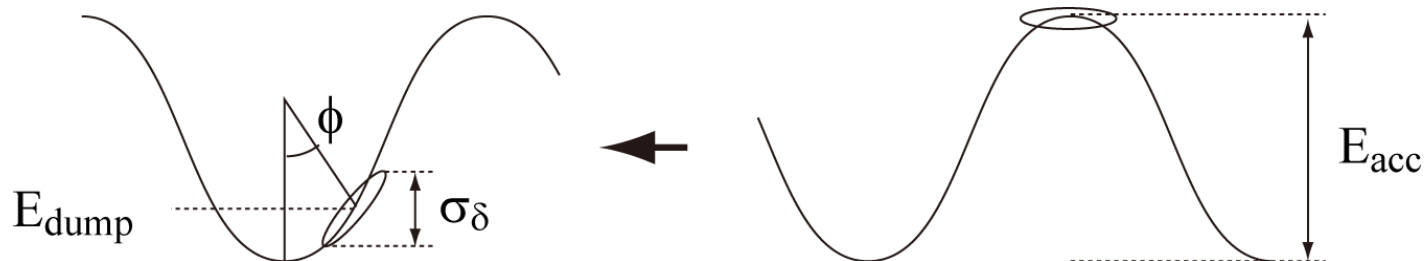
---

ビームダイナミクスWG  
2013年6月17日(月) 14:30-

加速器第7研究系  
島田 美帆

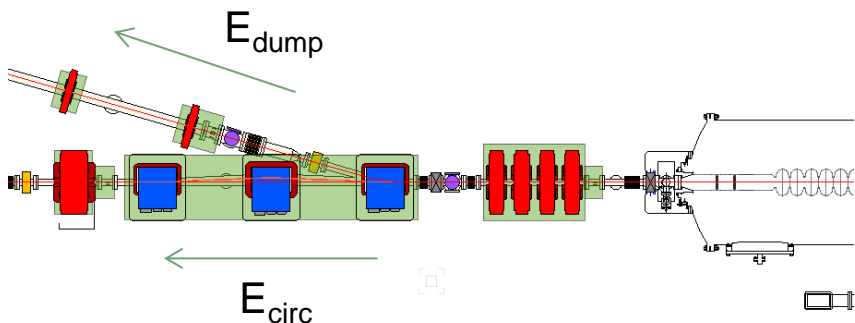
# 周長補正の必要性

周回時間を1.3GHzの半整数倍になっていない場合、エネルギー回収が不完全になる。

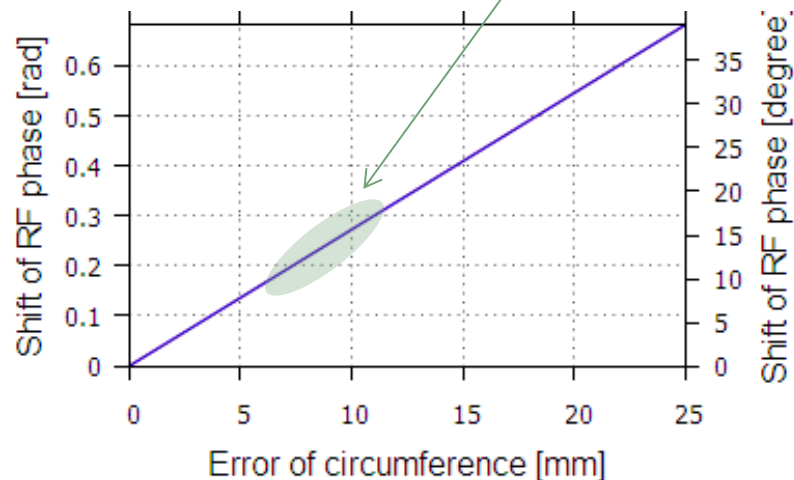


## • ビームロスの原因

- ダンプエネルギーと周回エネルギーの比率の減少
  - 取り出しシケインは運動量比が1:6以下になることを想定して設計されていない。
- エネルギー回収後のエネルギー広がり $\sigma_\delta$ の増加
  - 途中からダクトの直径を100mm近くに広げて対処している。

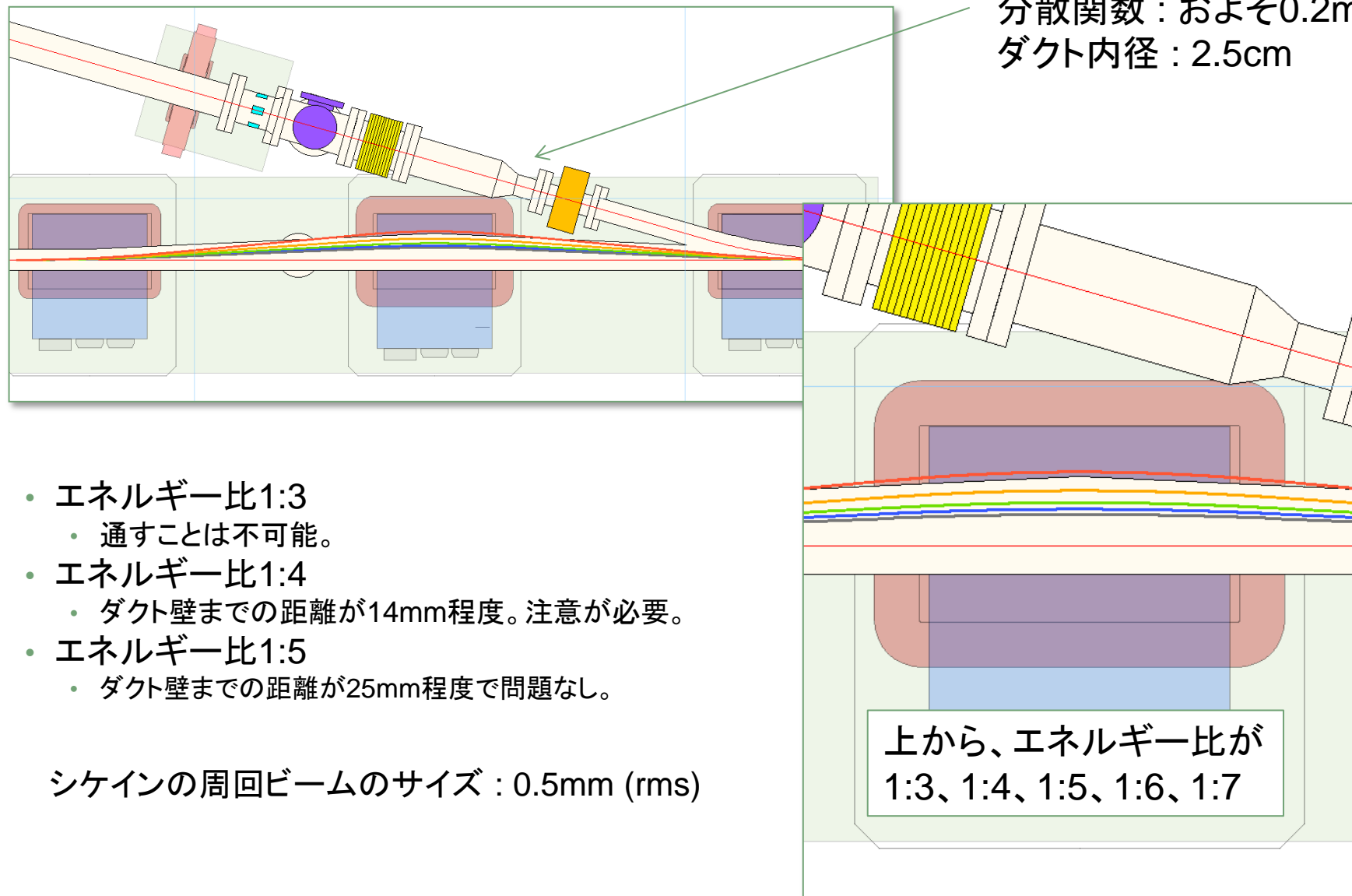


バンチ圧縮で使う位相(参考)

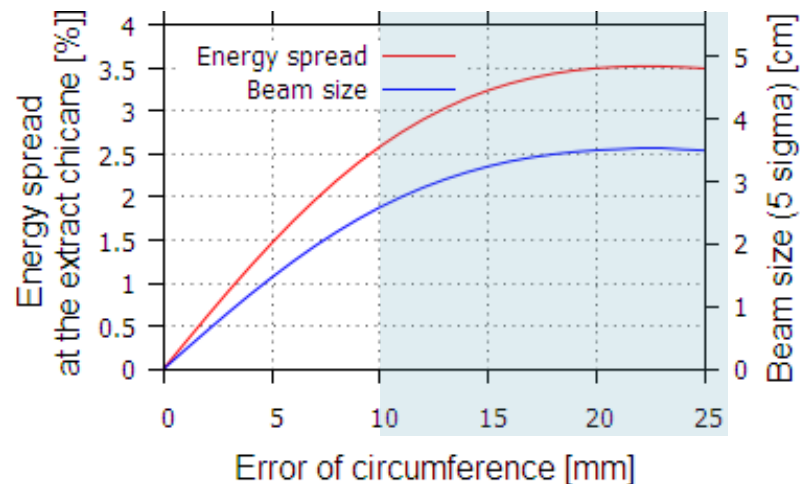
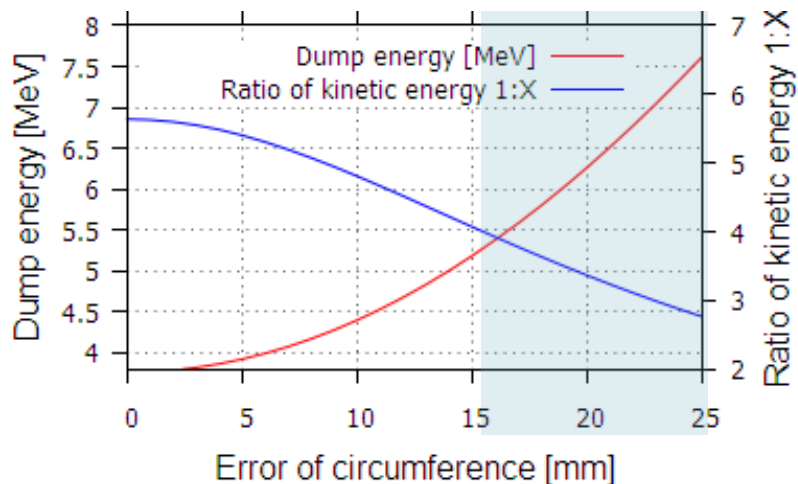


周長のずれと位相の関係

# 取り出しシケインの軌道



# 周長のずれによる影響



入射エネルギー: ~4MeV、周回エネルギー21MeV、バンチ長3ps(rms)

- ダンプエネルギーの増加

- 周回ビームとの運動量の比率( $P_{in}/P_{circ}$ )が1:4以下になると、取り出しシケインでダンプに誘導することが困難になる。  
→15mm以下が望ましい。

- エネルギー広がりの増加

- エネルギー回収後で最大3.4%のエネルギー広がり。
- ダクト系が2.5cmのダンプラインの分散関数の最大値がおよそ0.2mである。  
→10mm以下が望ましい。

$$E_{circ} = E_{acc} + E_{in}$$

$$E_{dump} = E_{circ} - E_{acc} \cos \phi$$

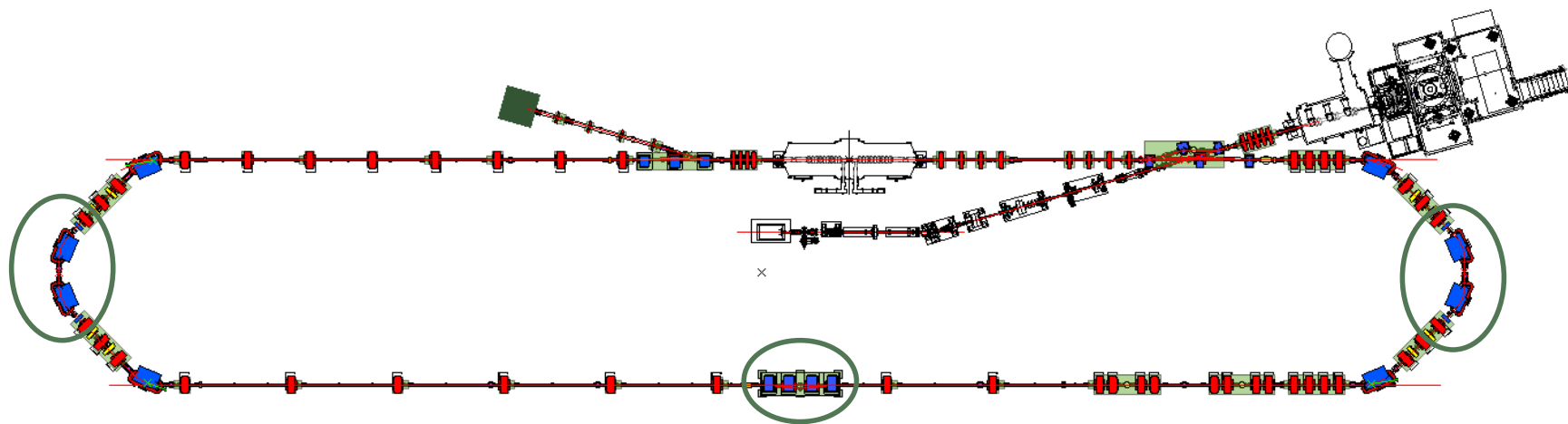
$$\sigma_{\delta} = E_{acc} \sin \phi \frac{1.3\text{GHz}}{c} \sigma_z$$

# 周長補正システム

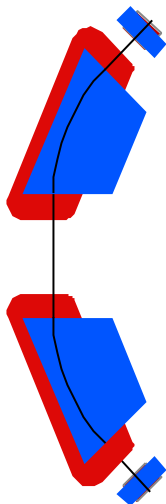
周長補正の必要性 → 低エネルギーでは、電子速度のエネルギー依存性が大きい。

- 周長補正シケイン :  $\pm 5\text{mm}$ 
  - 本来の目的:アライメントエラー、日較差( $\pm 1\text{mm}$ )や年較差( $\pm 5\text{mm}$ )を吸収するため。→調整可能な範囲が狭くなる可能性がある。
  - 基本的に軌道長を短くすることができないため、軌道長が $+5\text{mm}$ となるようにバンプをたてた軌道を基準とする。
  - コミッショニング開始時点でインストール済み。
- 周長補正ステアリング :  $\pm 20\text{mm}$ 
  - 本来の目的:エネルギー増強後に、 $30\text{MeV}$ 近くの電子で実験をする場合に対応出来るようにするため。→必要になる時期がまだ先のため、コミッショニングの時点でインストールする予定がなかった。
  - アークをショートカットしたり、遠回りすることで周長を補正し、ステアリングを励磁しない状態を基準の軌道とする。
  - 共通架台にスペースを確保済み、補正コイルで偏向角度の補正が可能なことを確認済み、チャンバーやBPMも対応。(上田さん、谷本さん、高井さん)
  - 電磁石本体がない。
  - 直近のQのステアリングで代用可能だが、6極成分が大きくなりビームダイナミクスに悪い影響を与える可能性がある。→リターンアークのみ大きく蹴るという選択肢がある。その場合、可動範囲は $\pm 10\text{mm}$ 。
- 周波数変調 :  $\pm 7\text{mm}$ に相当
  - 周長 $91.7\text{m}$ で周波数変調を $\pm 100\text{kHz}$ と想定。
  - 調整が必要な機器:励起レーザー、LLRF、入射器・主空洞、BPM、(コンプトン散乱のレーザーと共振器)など

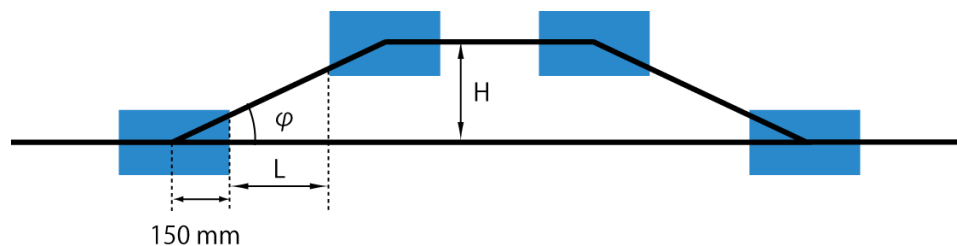
# 電磁石による周長補正



## 周長補正ステアリング

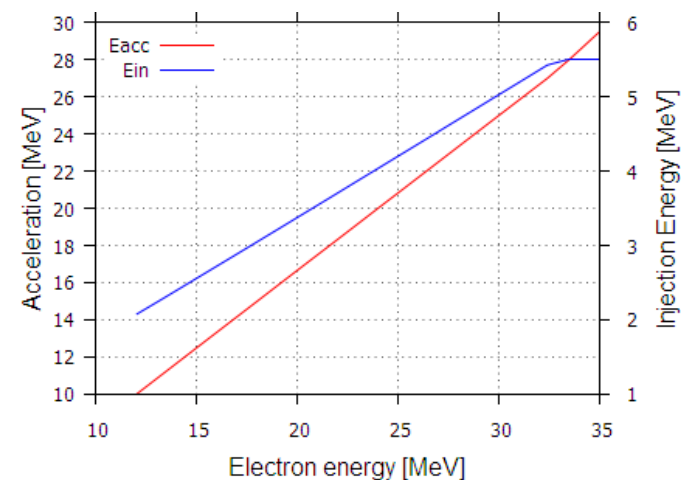
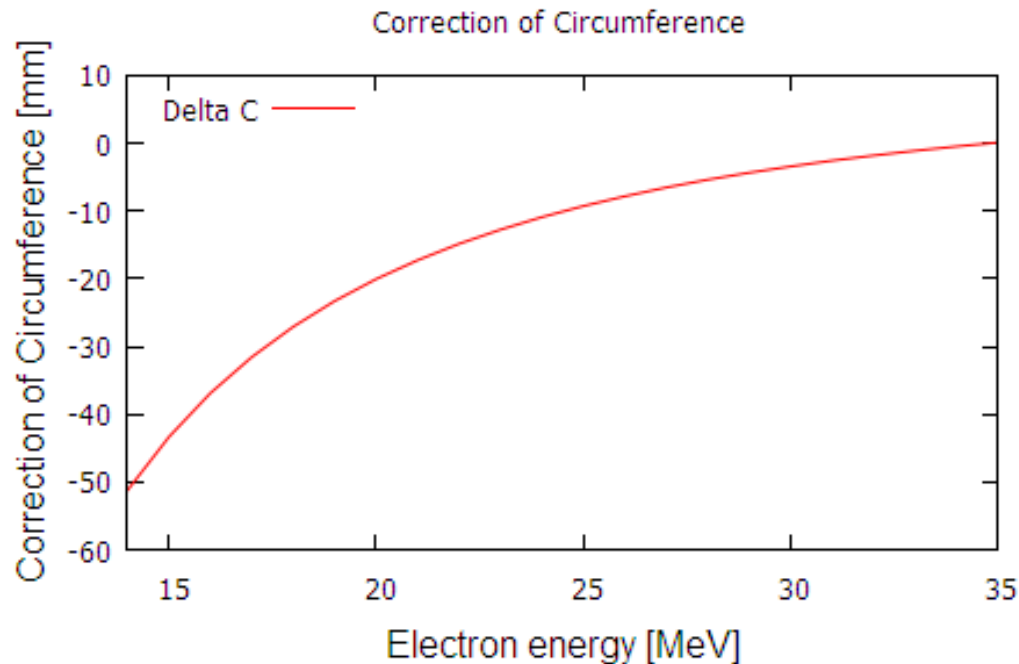


## 周長補正シケイン



- コミッショニング開始の時点でインストールされているのは周長補正シケインのみ。
- 周長補正ステアリングはとなりのQのステアリングで代用可能。

# アライメントの基準となるエネルギー

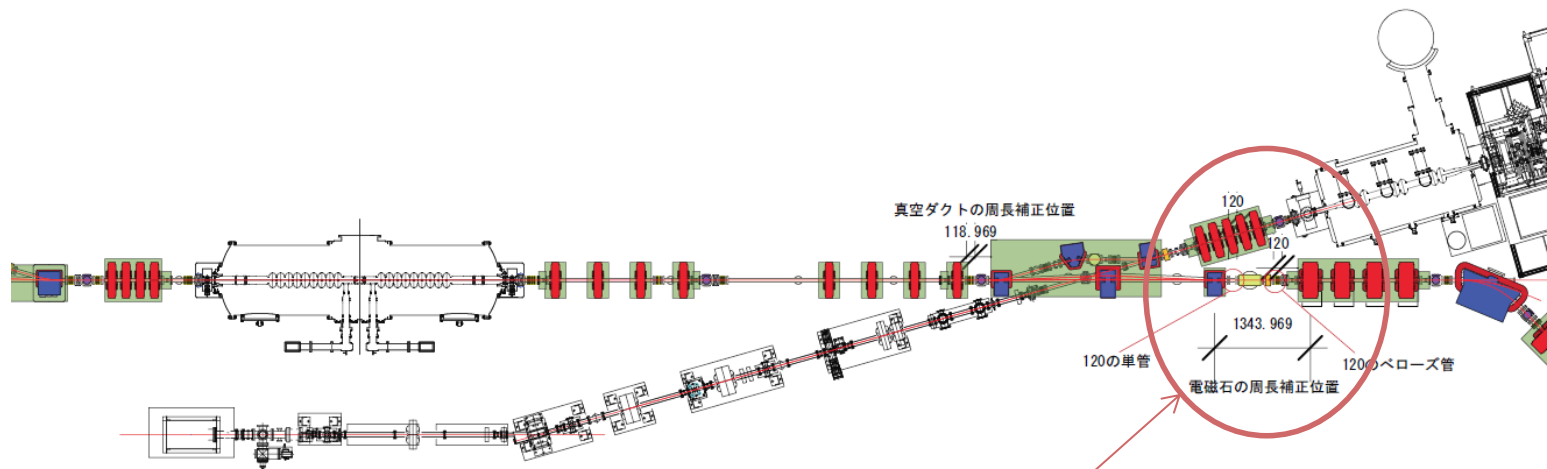


周回エネルギー [MeV]	入射エネルギー [MeV]	加速エネルギー [MeV]	補正量 [mm]
14.463	2.463	12	-47.38
15.658	2.658	13	-38.97
16.854	2.854	14	-32.28
18.050	3.050	15	-26.88
19.247	3.247	16	-22.45
20.444	3.444	17	-18.78
21.642	3.642	18	-15.69
22.840	3.840	19	-13.08
24.038	4.038	20	-10.85

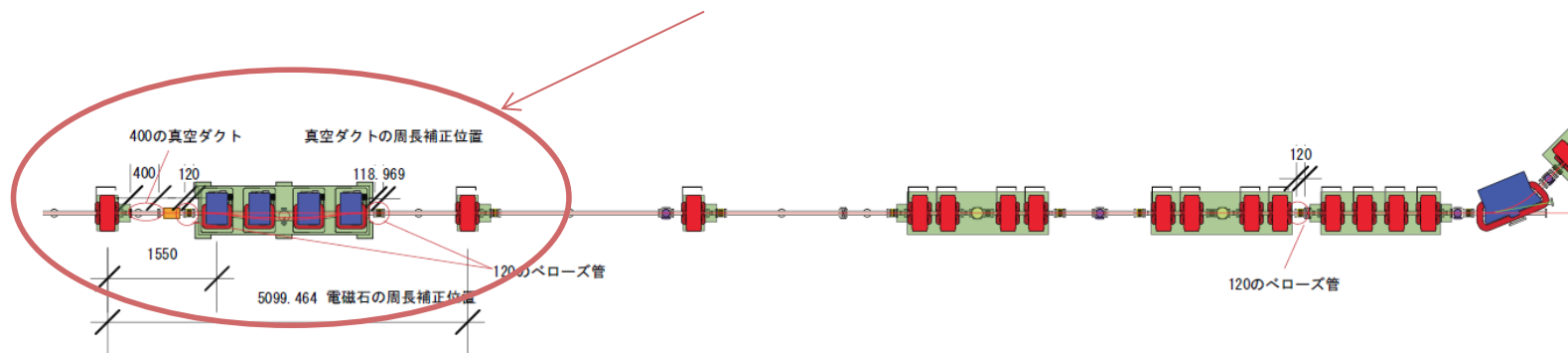
運動量比が1:6の場合の補正量

- 現在のラティス、真空チャンバーの長さはおよそ35MeVに合せている。
- バンプの高さは、入射と周回運動量の比1:7を想定している。
  - 合流部・取り出しシケインのバンプは、1:7→1:6でおよそ1.5mm増加する。
- 基準とするエネルギーを変えたときの周長補正の量を示す。
  - 21MeVを新しい基準としたときに、今の設計より1.7cmだけ短くする必要がある。

# 周長補正位置



## 周長補正位置

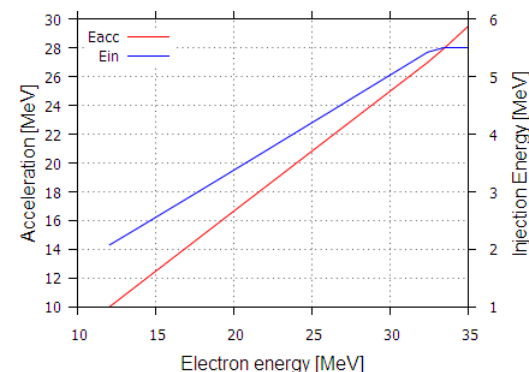
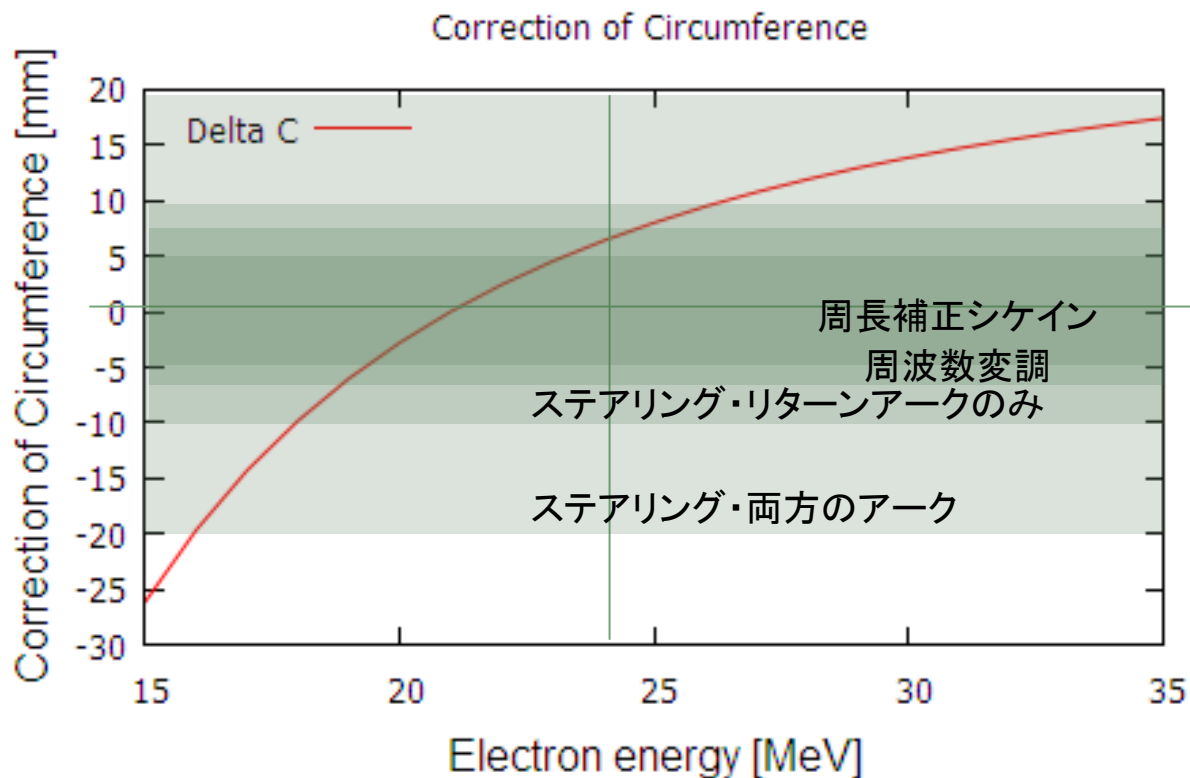


- 2cm程度であれば、真空ダクトを短くすることも可能。



# アライメント後の周長補正

仮に21MeVを基準としてアライメントした場合、必要な補正量。



入射と周回電子の運動量の比は1:6  
だが、バンプは1:7の軌道を使用。

- 対応出来る範囲
  - 周長補正シケイン : 22 ~ 27 MeV
  - 周波数変調 : 21 ~ 29 MeV
  - 周長補正ステアリング、またはQのステアリング
    - リターンアークのみ : 20 ~ 33 MeV
    - 両側 : 17 ~ 35 MeV

# まとめ

- エネルギー回収のため、周回時間を1.3GHzの半整数倍に合わせる必要がある。
  - 数cm程度のずれで、ダンプへの誘導が非常に困難になる。
- 周長(周回時間)の調整方法は、周長補正シケイン( $\pm 5\text{mm}$ )、周長補正ステアリング( $\pm 20\text{mm}$ )、周波数調整( $\pm 7\text{mm}$ )などがある。

# 今後の方針

- ビームの品質保持より、確実にダンプに誘導することを優先したい。
- 周長を決める基準とする周回エネルギーを決めてほしい。
  - できればこの打ち合わせで決めて欲しいのですが、少なくとも2回目のアライメントの前にお願います。
- アライメントは数回行う予定。
- 周長が1cm以上ずれてしまった場合は、エネルギー回収をせずにpop-in dumpを利用してほしい。