

バンチ圧縮と周長補正について

ビームダイナミクスWG
2010年10月19日(火) 14:00 ~
3号館5階会議室

加速器研究施設 第7研究系
島田 美帆

周長が変化する4つの原因

1. 気温による周長の変化
2. アライメント誤差
 - ✓ cERL-CDRの結果より**700um**程度か？
3. 入射合流部・ダンプ取り出しシケイン
4. バンチ圧縮による減速位相のずれ

1. 気温による周長の変化

➤ 他の加速器施設

➤ PFリング(周長187m)

- 10°Cの外気温の変化で周長2mmの変化。

➤ UVSOR

- 電磁石の朝晩の立ち上げで床面が1°Cの変化

➤ ATF(周長138.6m)

- 一年を通した外気温の変化25°Cで周長4~6mm程度の変化
- 4日間(12月)の床温度の変動1°Cで周長0.4mmの変化
- 2ヶ月間(5月上旬~7月上旬)の床温度の変動はおよそ5°C

➤ コンパクトERL

- ATFと同程度の周長変化があると仮定すると、

1日で1mm、 通年で5mm

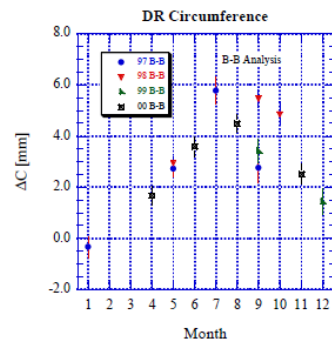


図 2 リング周長の変化と月平均気温 (97~00)

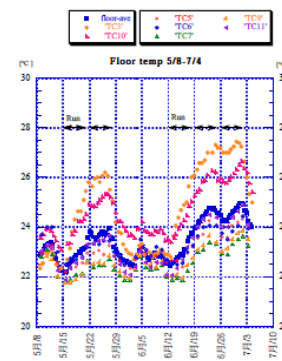
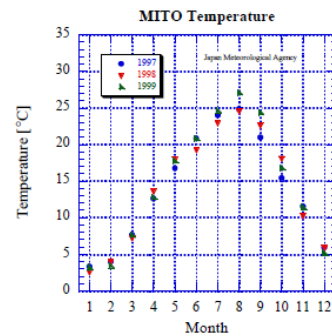


図 4 初夏の運転時における床温度の変動

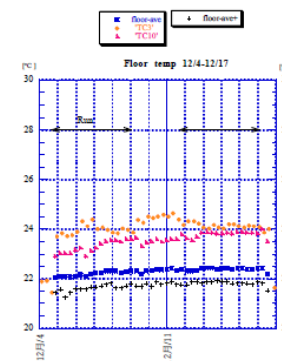
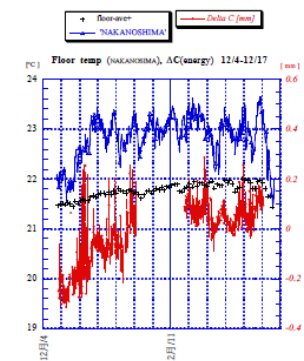
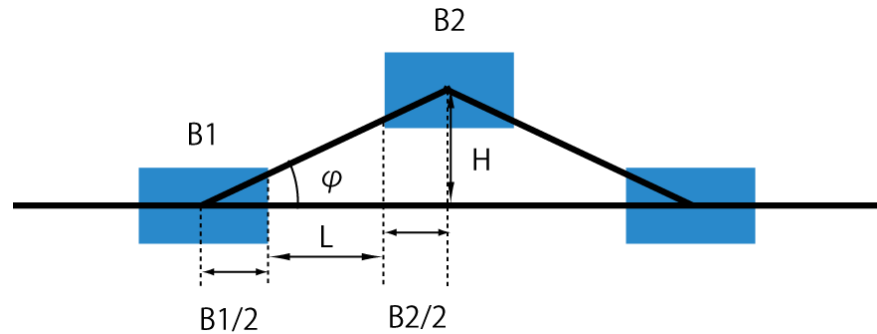


図 5 12月の運転時の床温度と周長の変化



3.入射合流部とダンプ取り出しシケイン



- エネルギー比1:4と直線の差、軌道長調整**12mm**

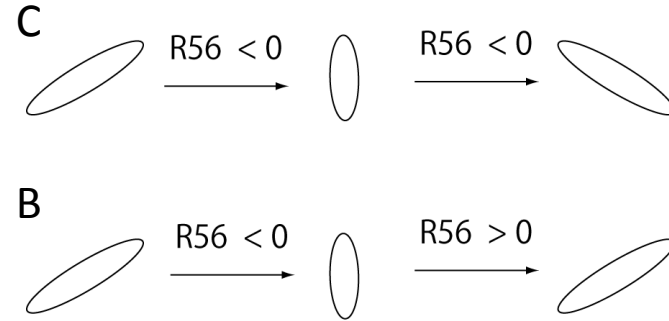
	Φ [degree]	H [mm]	光路長の差[mm]
入射合流部	4	11	7.9
ダンプ取り出し	4	63	4.4

- エネルギー比1:6と直線の差、軌道長調整**5.5mm**

	Φ [degree]	H [mm]	光路長の差[mm]
入射合流部	2.67	75	3.5
ダンプ取り出し	2.67	42	1.95

4.バンチ圧縮による減速位相のずれ

- バンチ圧縮後のバンチ長を元に戻すには、2通りのオプティクスがある。



符号は計算コードによる

- エネルギー回収の位相をずらす必要がある。

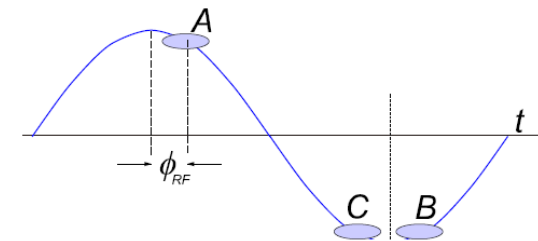


図 10: 加速・減速位相。横軸は時間で、バンチ後方は遅れて来るので t が大きい、したがって図の左がバンチ先頭。

- 白神君の修士論文では位相は15度でバンチ圧縮。この場合、BとCの位相差は30度。

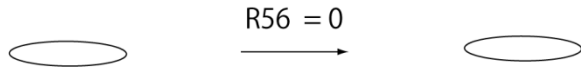
横谷さん: OHO'03 ERL入門より

およそ20mmの周長補正が必要になる。

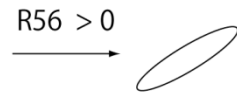
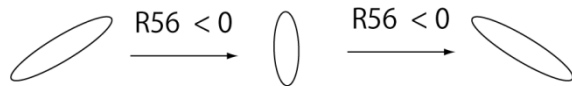
特殊なケースで周長を短くするので、普段はバンプをたてている状態になる。

バンチ圧縮の方針 & 現在のラティス

内側ループ



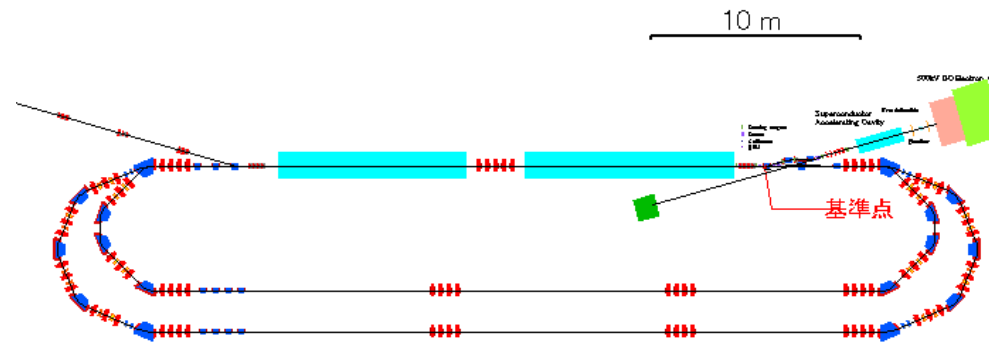
外側ループ



符号は計算コードによる

バンチ圧縮の方針

- 高エネルギーの場合(125MeV以上: THz 光源)
 - 内側ループ: アイソクロナス
 - 外側ループ: バンチ圧縮($R56 = \text{nonzero}$)
- 低エネルギーの場合(125MeV以下: コンプトン散乱)
 - 直接外側ループへ: バンチ圧縮($R56 = \text{nonzero}$)
- その他(内側ループでTHz取り出し??)
 - 内側ループ: バンチ圧縮($R56 = \text{nonzero}$)

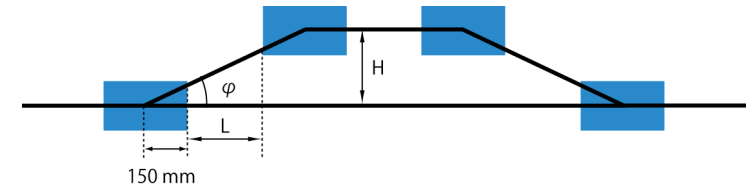


- 現在の外側ループには直線部のシケイン以外に周長を補正する機構がない。
 - ラティスの変更?
 - オプティクスに制限?

周長を調整する3つの方法

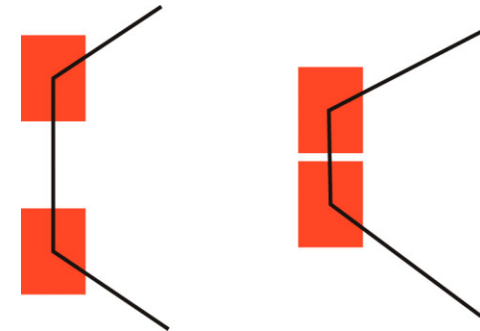
1. シケイン

- ✓ ビームを見ながら調整することが可能。最終的な微調整に向いているか。
- ✓ 補正距離が長いと対応できない。
- ✓ CSR wakeの影響が懸念される。



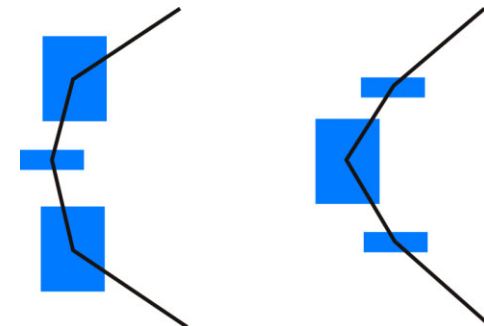
2. 可動な2つのベンド

- ✓ 半波長(～11cm)の大きな周長補正にも対応できる。
- ✓ 機械的に動かすため、リモート操作が困難か？
- ✓ アイソクロナス・アクロマットが崩れるので、ビームを見ながら調節するのには不向き。

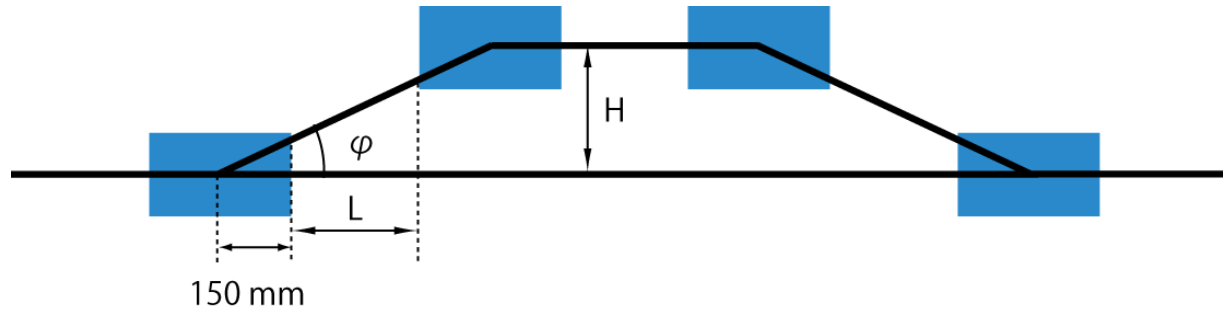


3. 3つ以上のベンド・ステアリングの組み合わせ

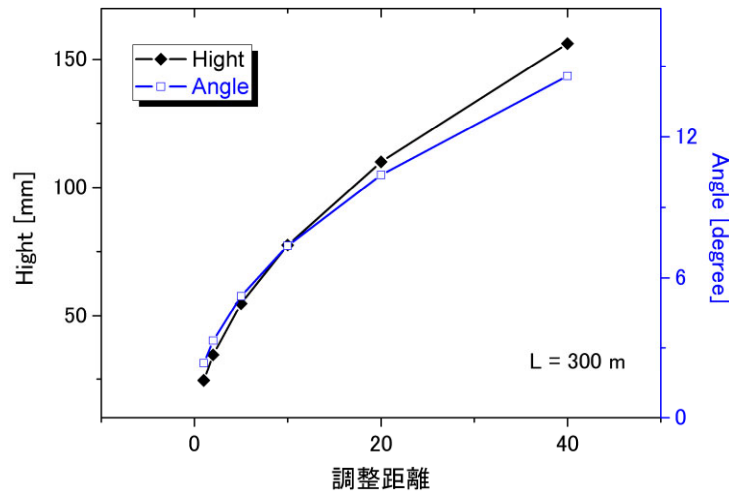
- ✓ 中央のベンド・ステアリングの有効磁場領域が広くする必要。
- ✓ 同じ理由でビームを見ながら調節するのには不向き。



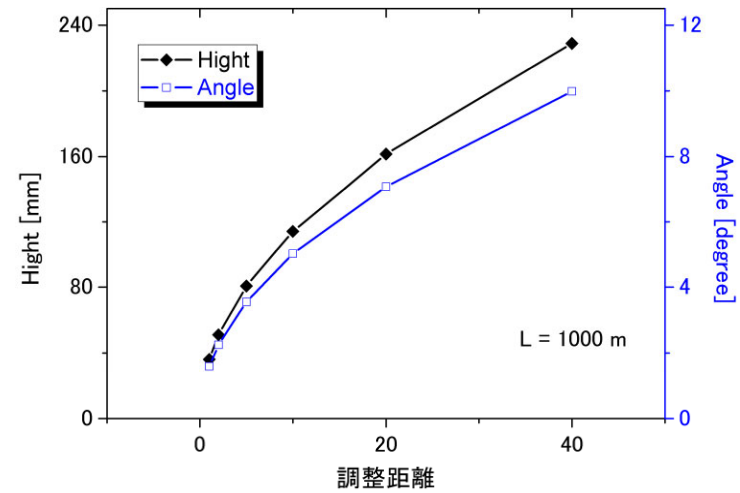
1. 調整シケインの高さと角度



現状のシケイン(L=300mm)



大きめのシケイン(L=1000mm)



20mmの周長補正

バンプの高さ: 110 mm
 曲げ角 : 10 度

バンプの高さ: 160 mm
 曲げ角 : 7 度

シケインでのCSR wake影響

シケインのみで計算

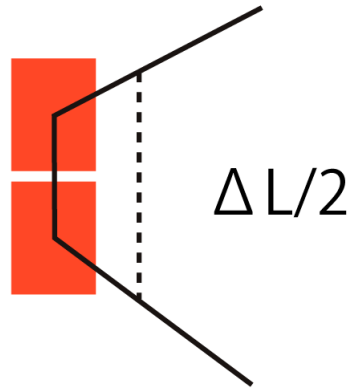
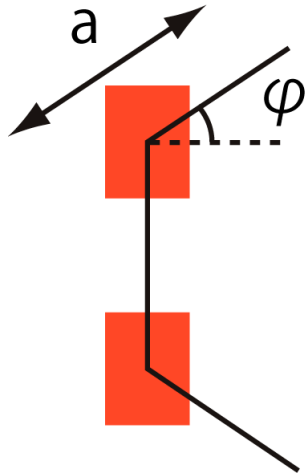
電子のエネルギー: 125 MeV

	曲げ角 [degree]	周長補正量 (L=300) [mm]	バンチ長 [fs]	規格化エミッタンス (水平)[mm mrad]	エネルギー広がり
初期値			100	1.0	1.0e-4
Case 1	10	20	140	2.8	9.7e-4
Case 2	5	5	106	1.0	8.5e-4

	曲げ角 [degree]	周長補正量 (L=300) [mm]	バンチ長 [fs]	規格化エミッタンス (水平)[mm mrad]	エネルギー広がり
初期値			50	1.0	1.0e-4
Case 3	10	20	130	4.8	1.7e-3
Case 4	5	5	63	2.3	1.6e-3

- 周回部半周: バンチ長34 fs・規格化エミッタンスおよそ4.5mm mrad.
(白神君の修士論文より)
- 曲げ角が10° の場合、シケインのCSR wakeの影響はアーク半周と同等か。

2. 2つの可動ベンド



軌道模式図

左： ベンド間の間が長い場合

右： ベンド間が詰まっている場合

左右で軌道長が異なります。

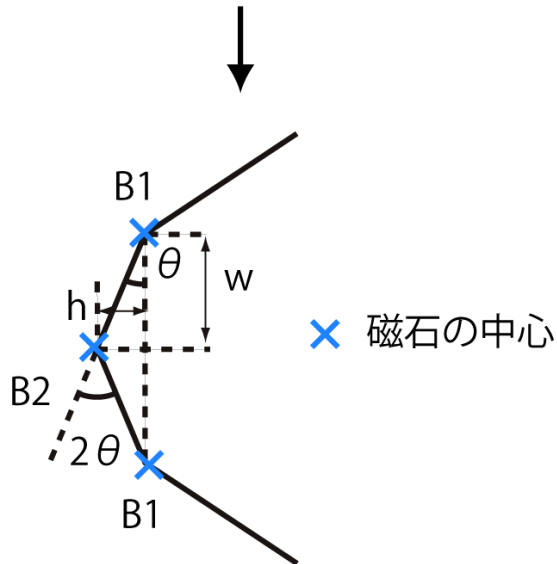
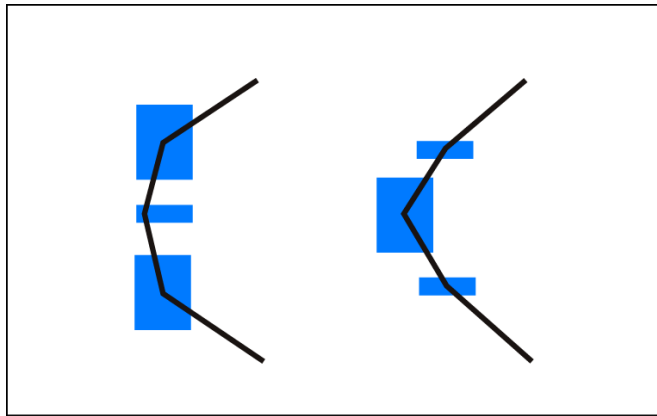
ΔL の周長補正

$$a = \frac{\Delta L / 4}{1 - \sin \varphi} \approx 0.85 \Delta L \quad (\varphi = 45^\circ)$$

$\Delta L = 20\text{mm}$ の場合

a : 17 mm

3. 3つ以上のベンド・ステアリングの組み合わせ



ΔL の周長補正

$$\Delta L = 4w \left(\frac{1}{\cos \vartheta} - 1 \right)$$

$\Delta L = 20\text{mm}$, $w = 600\text{mm}$ の場合

θ : 7.3°

h : 78mm

B1曲げ角 : 37°

B2曲げ角 : 14°

B1・B2の曲げ角はどちらも大きく、
3つともベンドにする必要がある。

まとめ

- 周長の変化が大きい順に並べると以下の様になる。
 1. バンチ圧縮モードの減速位相のシフト 20 mm
 2. 入射合流部・ダンプ取り出し部のバンプ 12 mm
 3. 気温の変化 5 mm
 4. アライメントの誤差 0.7 mm
- 直線部のシケイン
 - バンプが高すぎると、CSR wakeの影響が無視できなくなる。
 - 線形オプティクスに大きな変化はない。
- 可動ベンド
 - 大きな周長補正も可能。
 - リモート操作については検討が必要か？
- 3つ以上のベンド・ステアリング
 - 大きな周長補正は難しい。
- 周長補正が数cm以上必要になる場合は、可動ベンドしか対応できない可能性。