

偏向電磁石電源リップルの影響

2011年7月7日(火)14時～

第59回ビームダイナミクスWG打合せ

中村 典雄

目的

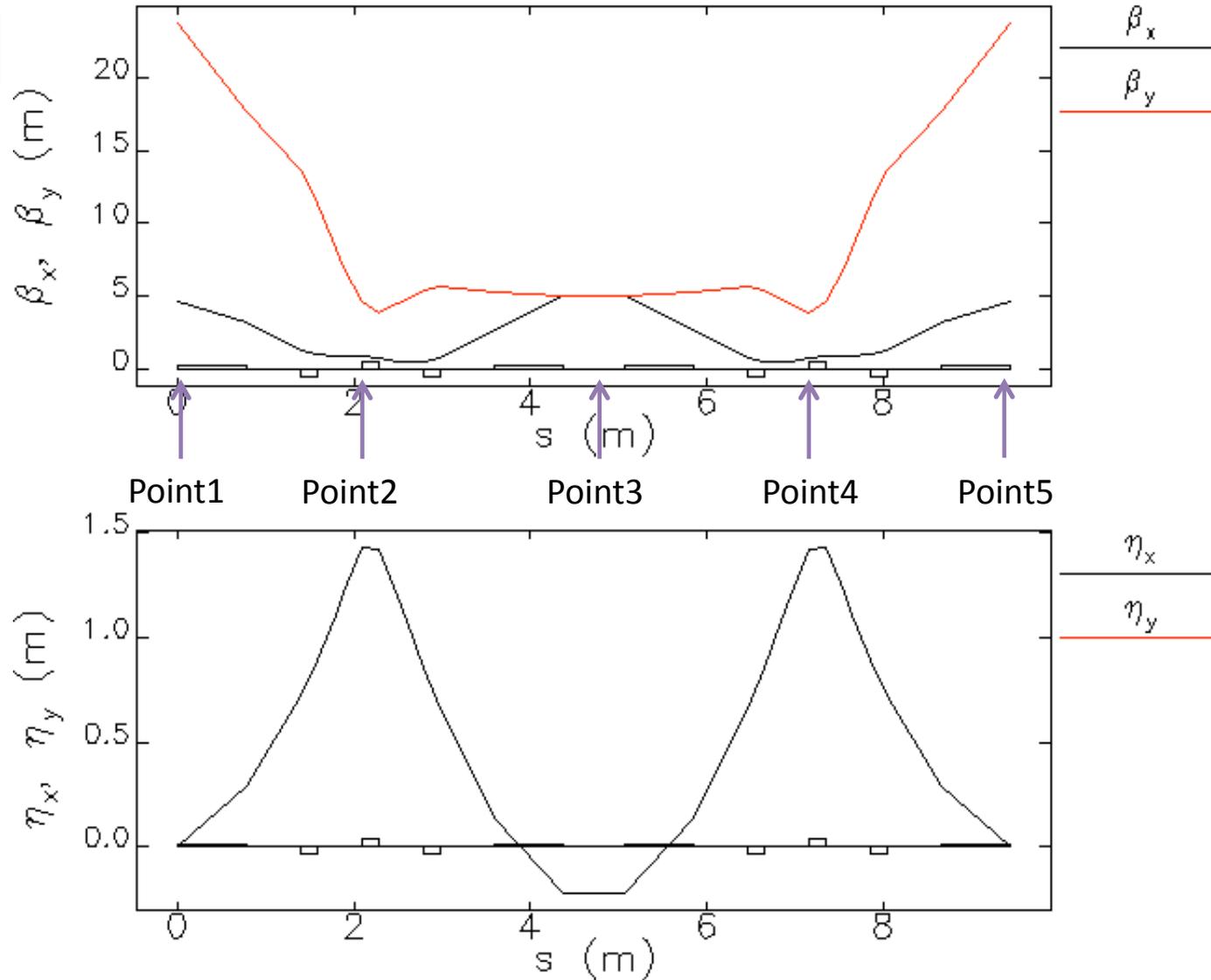
- 偏向電磁石電源の満足すべきリップルの仕様を調べる。
(積層鋼板コアとステンレス真空ダクトによるリップルの減衰は期待できない。)
- 主に、エネルギー回収やバンチ圧縮運転などに支障をきたすような問題が生じないかをチェックする。

方法

- 通常モードについて、設計されたアーク部のオプティクスを用いてelegantで磁場誤差による到着時間の差を求める。
- バンチ圧縮モードでは、適当な R_{56} を仮定して到着時間の変動を見積もる。

アーク部の光学関数(通常モード)

$$R_{56}=0$$



→ アーク部は等時性($R_{56}=0$)がある。

アーク部到着時間(通常モード)

到着時間[s]

simulation by elegant

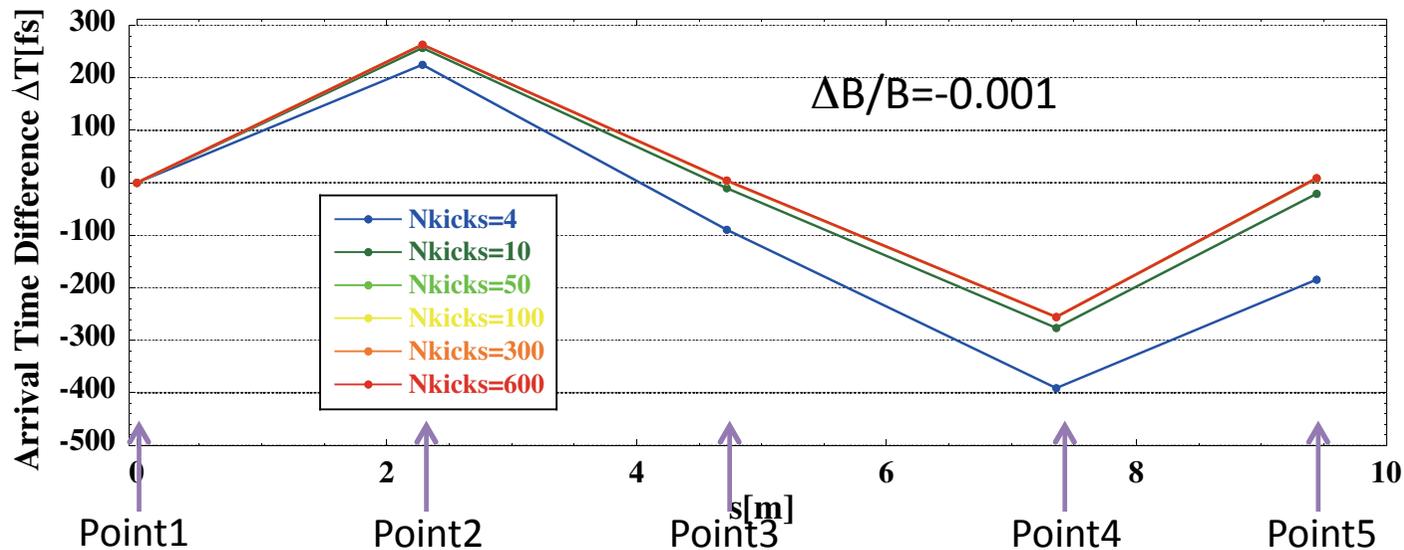
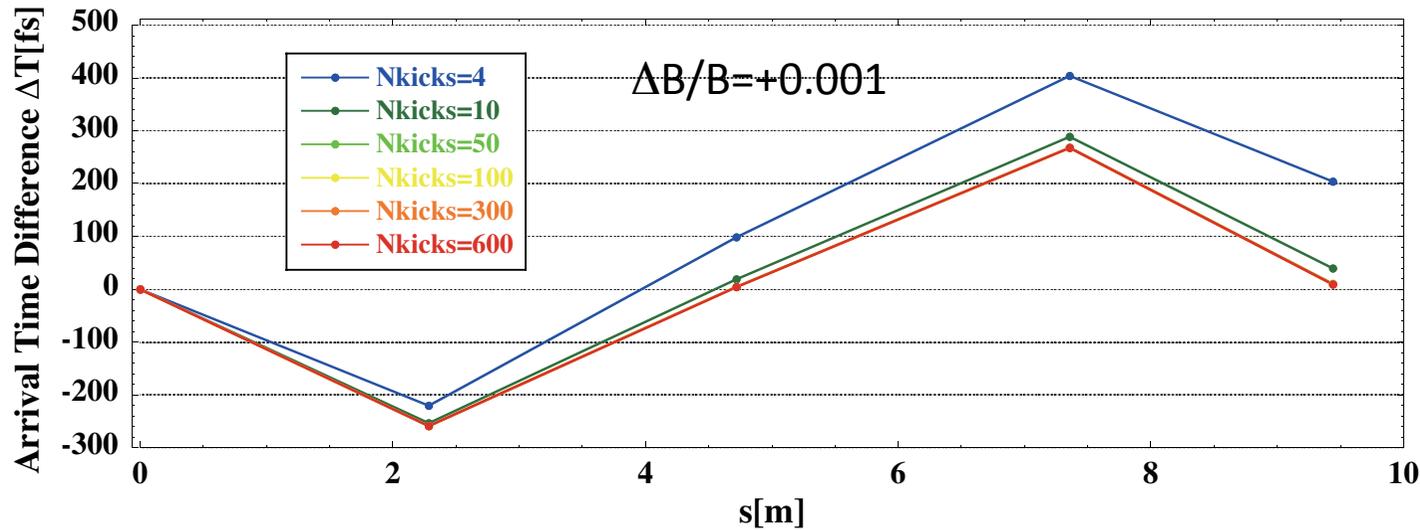
	$\Delta B/B=0$	$\Delta B/B=+0.001$	$\Delta B/B=-0.001$
Point1	1.72086829e-023	1.72086829e-023	1.72086829e-023
Point2	7.62406513e-009	7.62380607e-009	7.62432842e-009
Point3	1.57485339e-008	1.57485384e-008	1.57485384e-008
Point4	2.45401996e-008	2.45404671e-008	2.45399447e-008
Point5	3.14970683e-008	3.14970776e-008	3.14970775e-008

到着時間の差[ps]

	$\Delta B/B=0$	$\Delta B/B=+0.001$	$\Delta B/B=-0.001$
Point1	-	0.000	0.000
Point2	-	-0.259	+0.263
Point3	-	+0.005	+0.005
Point4	-	+0.268	-0.255
Point5	-	+0.009	+0.009

- アーク部(第1 + 第2)でのRF位相のずれは 0.0013° (18 fs)
- エネルギー回収に支障はない。
- 等時性とも矛盾しない。

アーク部到着時間 (N_{kicks} 依存性)



→ 偏向電磁石のキック数を十分に取る ($N_{\text{kicks}} \approx 500/\text{radian}$ from M. Borland)

バンチ圧縮モード

$$R_{56} \neq 0, \sigma_t < 100\text{fs}, R_{56} (1^{\text{st}} \text{ arc}) + R_{56} (2^{\text{nd}} \text{ arc}) = 0, f_{\text{rep}} \approx 1\text{MHz}$$



エネルギー回収よりも長直線部での時間変動が問題となる。

磁場変動に対する到着時間変動 ΔT は、

$$\Delta T = R_{56} \frac{\Delta p}{p} \frac{1}{c} \approx -R_{56} \frac{\Delta B}{B} \frac{1}{c}$$

$R_{56} = 0.1 - 0.15$ [m] に対して

$$\begin{aligned} \Delta T &= 333 - 500 \text{ [fs]} \quad \text{for } \Delta B/B = 10^{-3} \\ &= 33 - 50 \text{ [fs]} \quad \text{for } \Delta B/B = 10^{-4} \end{aligned}$$



$\Delta B/B = 10^{-4}$ の安定度が望ましい。

まとめ

- アーク部で共通の偏向電磁石電源を使うとして、通常モードでは $R_{56}=0$ (等時性)のために $\pm 10^{-3}$ の磁場変動でも到着時間の変動はエネルギー回収等で問題になるほど大きくない。
- 様々な誤差で $R_{56}=0$ が破られることはその補正も含めて考慮されるべきである。
- バンチ圧縮モード($R_{56}\neq 0$)では、到着時間ジッターなどによる実効的なバンチ長の増大を100fs以下に抑えるために、磁場変動を 10^{-4} 以下に抑えることが望ましい。

参考資料

偏向電磁石電源に想定される再利用電源候補

(1) ESR電源(改造後)

650A, 30V, リップル 10^{-4} p-p ($\approx 1.7 \times 10^{-5}$ rms) *peak to peak=6 σ 仮定

(2) ESL電源(改造後)

650A, 30V, リップル 10^{-4} p-p ($\approx 1.7 \times 10^{-5}$ rms)

偏向電磁石(8台, 35MeV)の仕様: 100A, 22V(ケーブルなし)



$$\frac{\Delta B}{B} = \frac{\Delta I}{I} = \frac{650 \times 1.7 \cdot 10^{-5}}{100} = 1.1 \times 10^{-4}$$

(ほぼ満足する仕様か?)

35MeVからのエネルギーアップには電源の更新が必要。