

# 主加速空洞RF振幅位相と入射タイミングに 要求される安定度について

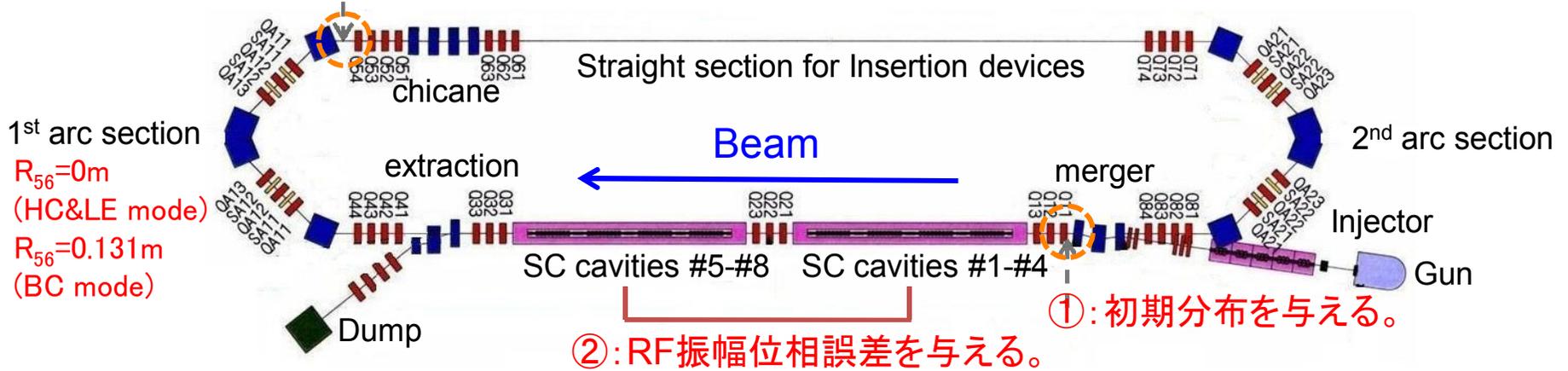
中村 典雄

東京大学物性研究所

\* 第36回ビームダイナミクスWGの発表と内容と大部分が重なる。  
(ERL評価委員会レポートへの質問に答えるための資料として)

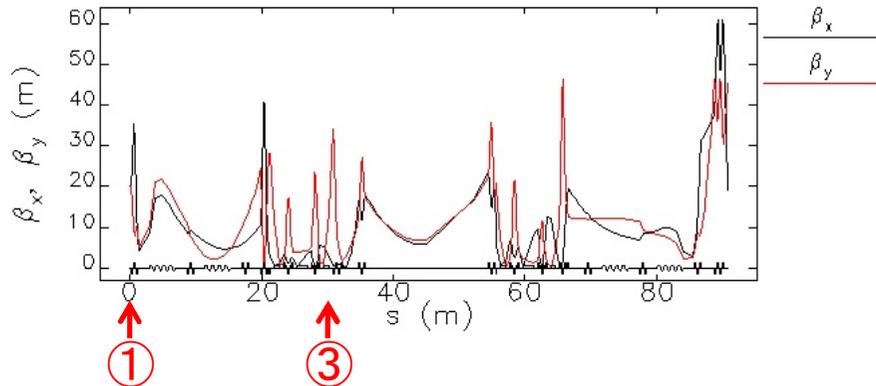
# コンパクトERLの構成とパラメータ

③: ビームパラメータのRF振幅位相誤差による変動を計算する。



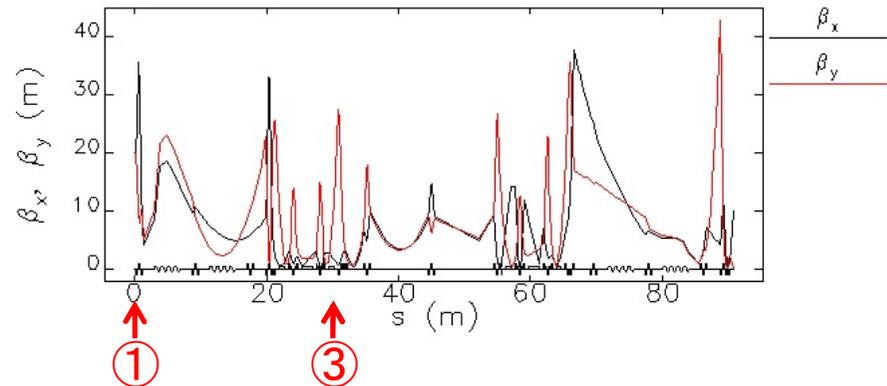
## 大電流(HC) & 低エミッタンス(LE)モード

初期バンチ長	2[ps]
初期規格化エミッタンス	1(HC), 0.1(LE) [mm mrad]
初期運動量偏差	$2 \times 10^{-3}$
電荷量	77(HC), 7.7(LE) [pC]
入射エネルギー	5[MeV]
加速エネルギー & 位相	120[MeV], $\sim 0^\circ$

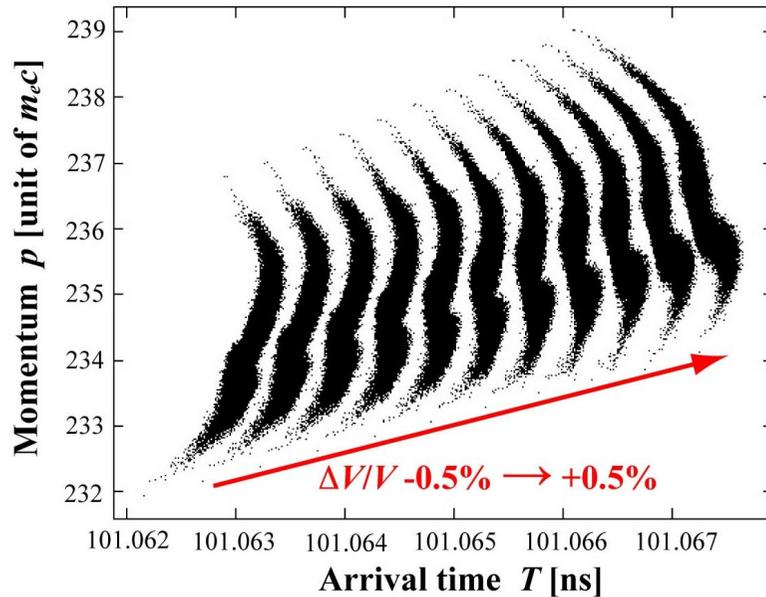


## バンチ圧縮(BC)モード

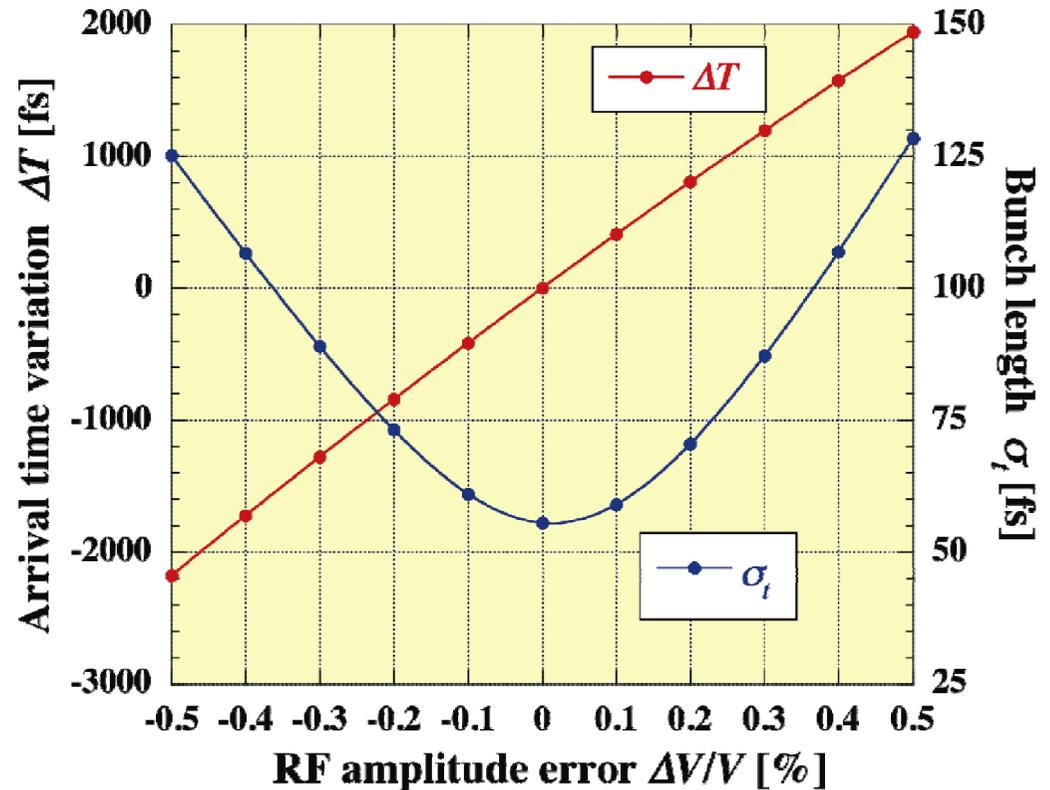
初期バンチ長	1[ps]
初期規格化エミッタンス	1[mm-mrad]
初期運動量偏差	$2 \times 10^{-3}$
電荷量	77[pC]
入射エネルギー	5[MeV]
加速エネルギー & 位相	120[MeV], $\sim 15^\circ$



# RF振幅誤差の影響(バンチ圧縮モード)



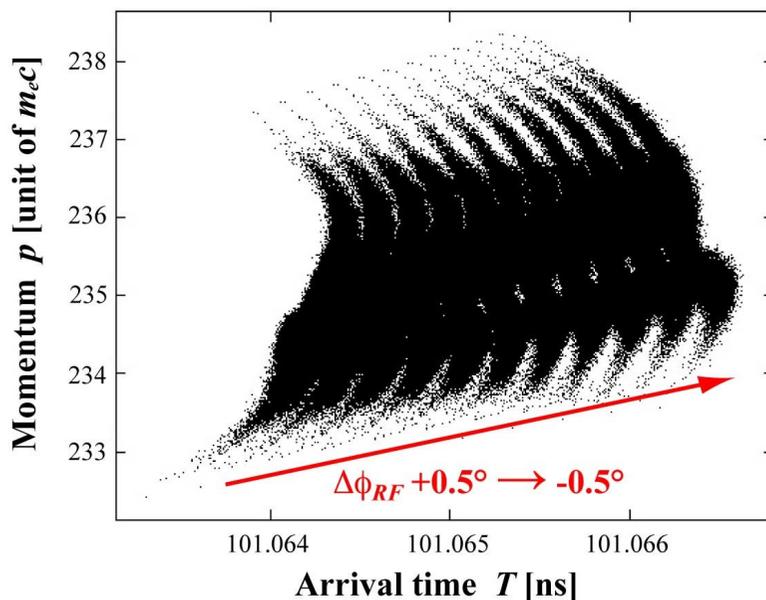
( $t, p$ )分布の変化



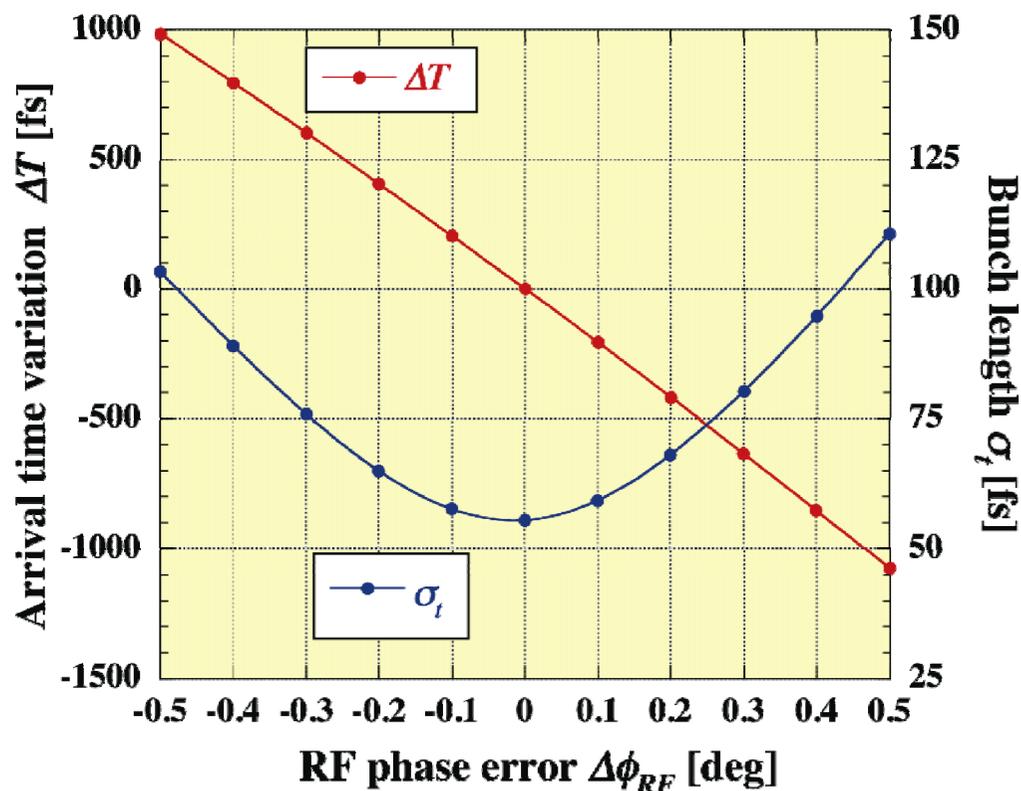
到着時間とバンチ長の振幅誤差依存性

- ・ 振幅誤差0.1%で約400fsの時間変動が生じる。
- ・  $R_{56}$ による時間変動( $\Delta T \approx R_{56}/c \times \Delta V/V$ )とほぼ一致する。

# RF位相誤差の影響 (バンチ圧縮モード)



( $t, p$ ) 分布の変化



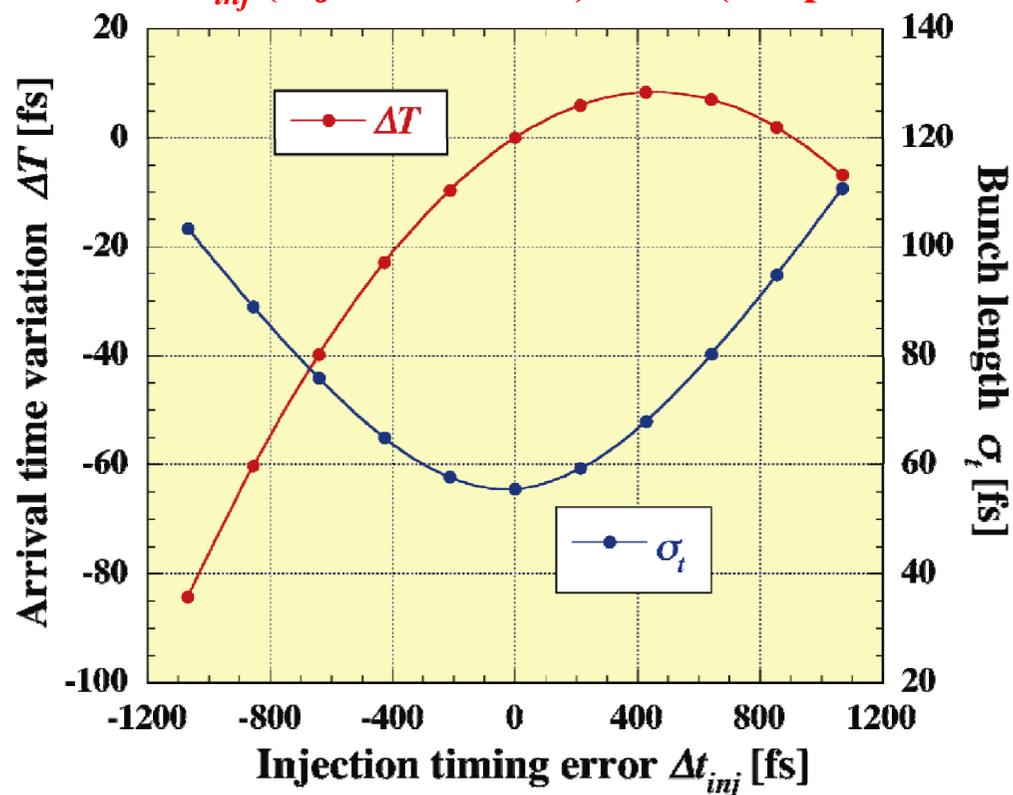
到着時間とバンチ長の位相誤差依存性

- ・ 位相誤差 $0.1^\circ$  で約200fsの時間変動になる。
- ・  $R_{56}$ による時間変動( $\Delta T \approx R_{56}/c \times \Delta\phi_{RF} \times \tan\phi_{RF}$ )とほぼ一致する。

# 入射タイミング誤差の影響 (バンチ圧縮モード)

Arrival time variation:

$$\Delta T = \Delta t_{inj} \text{ (injection error)} + \Delta T \text{ (RF phase error)}$$



到着時間とバンチ長の入射タイミング誤差依存性

- 入射タイミング誤差による時間変化は、RF位相変化による時間変化でほぼ相殺される。
- ここでは純粹に入射タイミングのみが変化するという仮定。実際は、その原因となる各種誤差により他のビームパラメータと結合する。→ 第34、35回BDWG報告(宮島)

# パラメータの変動(バンチ圧縮モード)

Error	$\Delta V/V$	$\Delta\phi_{RF}$	$\Delta t_{inj}$
	-0.1/0.1 %	-0.1/0.1 °	-200/200 fs
Arrival time	-417/408 fs	204/-208 fs	-9.7/6.0 fs
Bunch length	9.9/6.3 %	3.8/6.7 %	3.6/6.3 %
Momentum	-0.092/0.094 %	-0.045/0.044 %	-0.042/0.041 %
Momentum spread	< 1 %	< 2 %	< 2 %
Hor. emittance	-2.3/5.5 %	2.7/-1.1 %	2.5/-1.0 %
Vert. emittance	4.5/-1.6 %	-1.3/2.1 %	-1.2/2.0 %

\*Arrival timeは基準時間からの差。それ以外は基準値に対する相対的変化

\*\* Hor./Vert. emittanceは共に規格化エミッタンス

- ・ RF振幅位相誤差 $0.1\% \& 0.1^\circ$  (rms)では到着時間変動の点で不十分である。
- ・ 圧縮後のバンチ長56fsより時間変動大きく、実効的なバンチ長増大になる。
- ・ 入射タイミング誤差は、200fs(rms)以内であれば大きな問題はない。

# パラメータの変動(大電流モード)

Error	$\Delta V/V$	$\Delta\phi_{RF}$	$\Delta t_{inj}$
	-0.1/0.1 %	-0.1/0.1 °	-200/200 fs
Arrival time	-25/1.3 fs	-0.11/0.16 fs	-200/200 fs
Bunch length	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Momentum	-0.096/0.096 %	< 0.0002 %	< 0.0002 %
Momentum spread	< 1 %	-4.7/7.1 %	-4.4/6.6 %
Hor. emittance	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Vert. emittance	< 1 %	< 1 %	< 1 %

- RF振幅位相誤差0.1%&0.1° (rms)で当面は大きな問題はない。
- ただし、RF振幅変動0.1%による運動量変動が第1アーク出口での運動量幅 $1.7 \times 10^{-4}$ より大きいので、将来のユーザー実験等で問題になる可能性がある。
- 入射タイミング誤差200fs(rms)で十分である。

# パラメータの変動(低エミッタンスモード)

Error	$\Delta V/V$	$\Delta\phi_{RF}$	$\Delta t_{inj}$
	-0.1/0.1 %	-0.1/0.1 °	-200/200 fs
Arrival time	-24/2.4 fs	-0.02/0.08 fs	-200/200 fs
Bunch length	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Momentum	-0.096/0.096 %	< 0.0002 %	< 0.0002 %
Momentum spread	< 1 %	< 2 %	< 2 %
Hor. emittance	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Vert. emittance	< 1 %	< 1 %	< 1 %

- RF振幅位相誤差0.1%&0.1° (rms)で当面は大きな問題はない。
- ただし、RF振幅変動0.1%による運動量変動が第1アーク出口での運動量幅 $2 \times 10^{-4}$ より大きいので、将来のユーザー実験等で問題になる可能性がある。
- 入射タイミング誤差200fs(rms)で十分である。

# まとめ

- 主加速空洞のRF振幅位相及び入射タイミングを変えて、第1アーク出口でのビームパラメータの変化を計算した。
- 大電流モードと低エミッタンスモードにおける主加速空洞のRF振幅位相の安定度は、0.1%、 $0.1^\circ$  (rms)で当面は大きな問題はない。ただし、振幅変動は運動量変動の点で将来的には0.01%レベルに改善する必要がある。
- バンチ圧縮モードにおける主加速空洞のRF振幅位相の安定度は、到着時間の変動を考えると0.01%、 $0.01^\circ$ レベルの精度が要求される。
- 入射タイミングの安定度は、全てのモードに対して200fs (rms)で大きな問題はない。ただし、精確には入射部の各種誤差を含めたシミュレーションが必要である。