

注：20090526 時点においては、未だ個人見解レベルの検討書です。詳しくは ERL-Gr へ。

Particle Accelerator Development Note

Simple RF simulation

～ F F A G の加速シミュレーション：基本編 ～

報告者： 中村英滋 (K E K ・ 加速器研究施設 ・ 加速器第六研究系)

**要約**

PADN-731 のパターンで、基本的な加速シミュレーションを実施する。後に展開するための基礎の確認の意味合いでここに記す。

- (1) 連続ビーム入射、且つ、非同調加速で survival ratio : 40% (計算としては妥当と思う)
- (2) 加速されなかった粒子は、損失せず、周回して生き残ってしまう。FFAG 特有。  
マルチターン入射の可能性。究極は、ストレージ & 加速の融合の可能性。

下記の加速器パラメーターで計算する。RF 電圧は 10kV 一定を仮定。

PADN731.xls									
				Injection	Extraction				Reference
Particle	[ - ]	P	P	P	P				P
Mass of particle	[ GeV ]	0.938272	0.938272	0.938272	0.938272				0.938272
Velocity of Light	[ Cm/s ]	0.299792458	0.299792458	0.299792458	0.299792458				0.29979246
Kinetic Energy	[ GeV ]	0.01	0.01	0.01	0.01				0.5
Gamma	[ - ]	1.01065789	1.01065789	1.06578902	1.106578902				1.53289451
Beta	[ - ]	0.144844011	0.144844011	0.428195502	0.428195502				0.75790872
Broh	[ Tm ]	0.458155354	0.458155354	1.482970597	1.482970597				3.63611181
Vertical beam size index	[ % ]	100	100	56	56				35
Area ratio shared for Bending magnets	[ % ]	50	50	50	50				50.5
Bending Radius	[ m ]	1.5	1.5	1.7	1.7				3.03
Averaged Radius of Accelerator	[ m ]	3	3	3.4	3.4				6
Circumference	[ m ]	18.850	18.850	21.363	21.363				37.6991118
Magnetic Flux Density	[ T ]	0.3054	0.3054	0.8723	0.8723				1.2000369
k-value	[ - ]					8.385			
Gap height, assumed h=30 at 100MeV	[ mm ]	85.7	85.7	30	30				40
Excitation current	[ kAt ]	21	21	21	21				38
	[ GeV ]								
Transit time	[ ns ]	434	434	166	166				166
Frequency	[ MHz ]	2.304	2.304	6.009	6.009				6.02707354

RF の周波数は下記のようなパターンとする。V は 1 周当たりの平均加速電圧でおおまかなめやす。周長 ( 径方向位置 ) と、reference particle の物理量は、real time で下記のように設定することになる。

For simplicity,

$$a \equiv \sqrt{\gamma_{xy}^2 - 1}, \quad b \equiv \frac{(2+k)eV}{(1+k)m_0 c C_{xy} \sqrt{\gamma_{xy}^2 - 1}} = \frac{(2+k)eV}{(1+k)m_0 c C_{xy} a}$$

$$f = \frac{c}{C_{xy}} \frac{a(1+bt)^{k/(2+k)}}{\sqrt{1+a^2(1+bt)^{2(1+k)/(2+k)}}$$

$$\gamma = \sqrt{1+a^2(1+bt)^{2(1+k)/(2+k)}}$$

$$p = m_0 c a(1+bt)^{(1+k)/(2+k)}$$

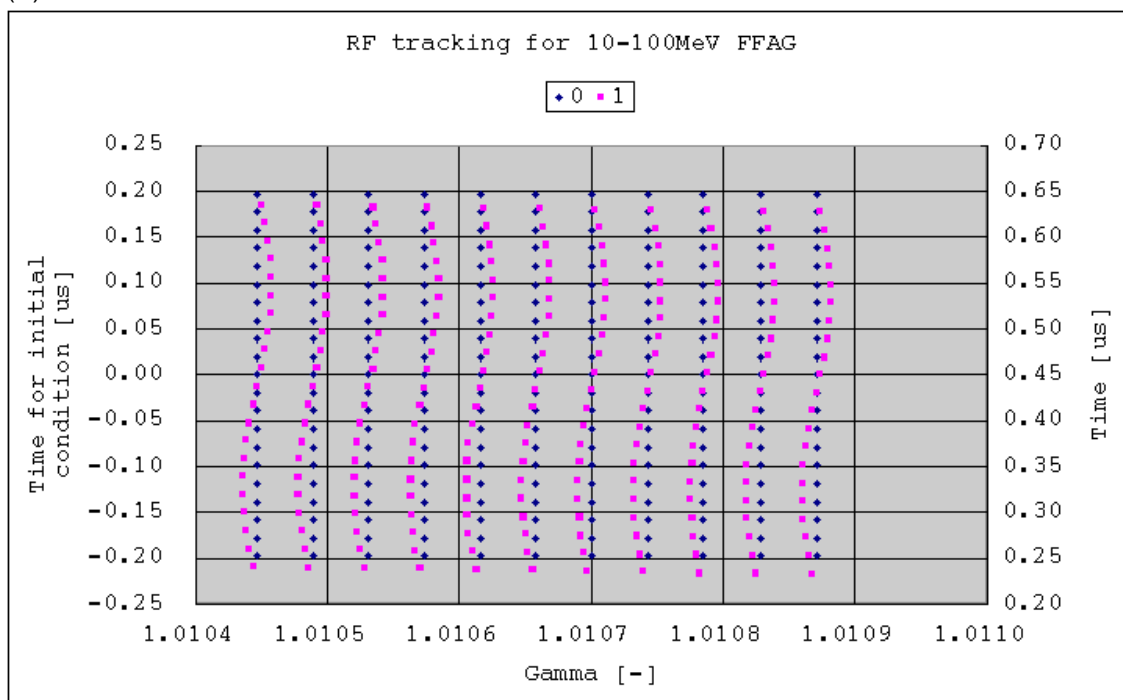
$$C = C_{xy} (1+bt)^{1/(2+k)}$$

### 入射ビーム（初期条件）の想定値

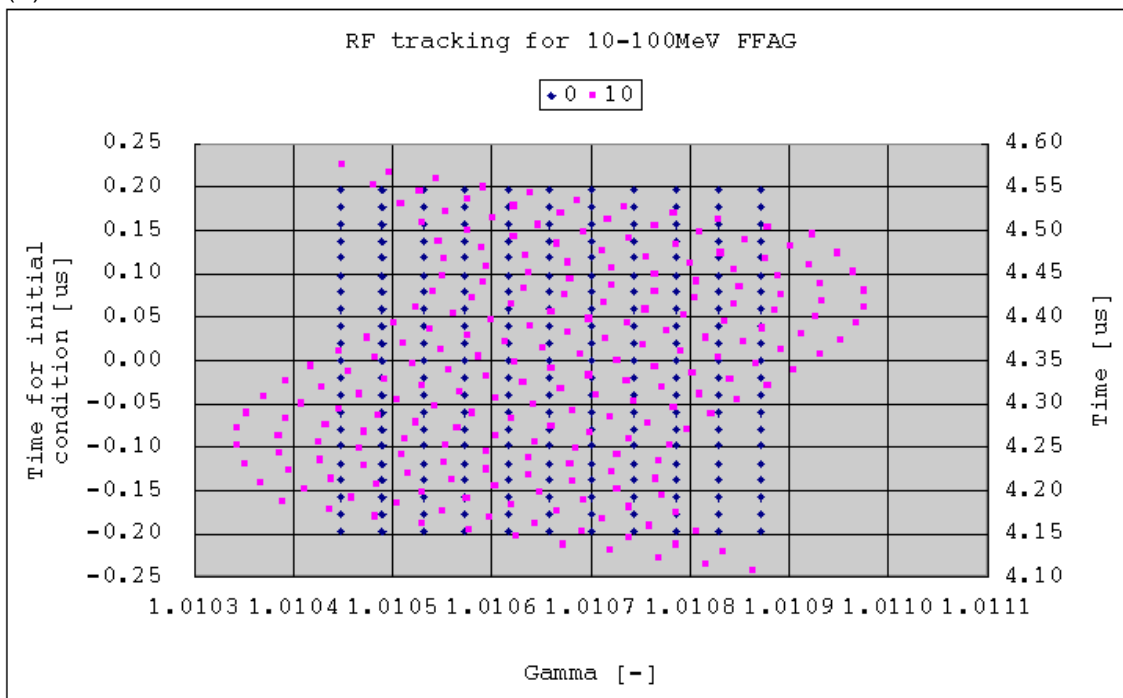
- ・ 運動量分布  $dp/p = \pm 1\%$
- ・ 位相： full

### 計算結果

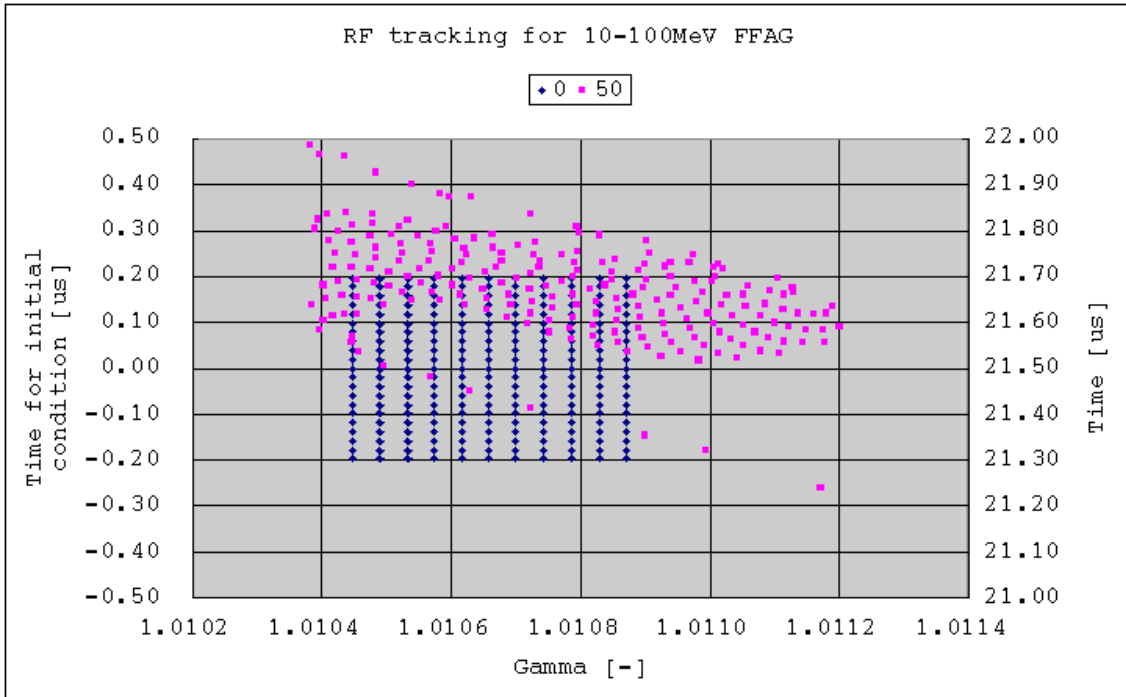
#### (1) 入射ビームと1回の加速



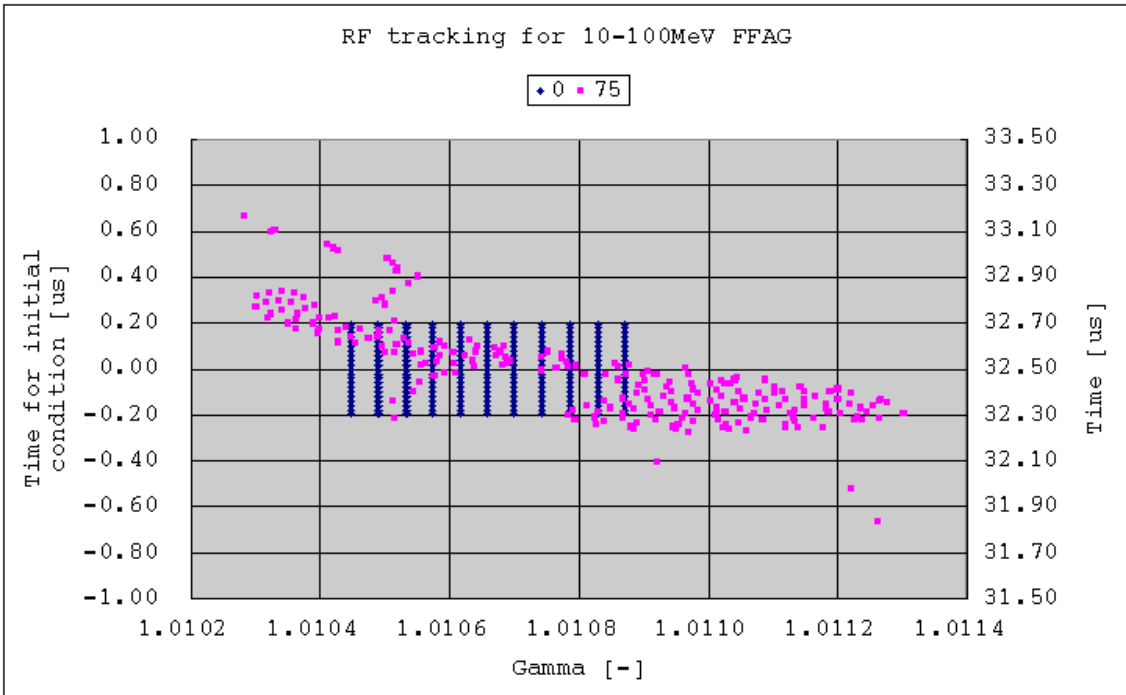
#### (2) 同じく10周後



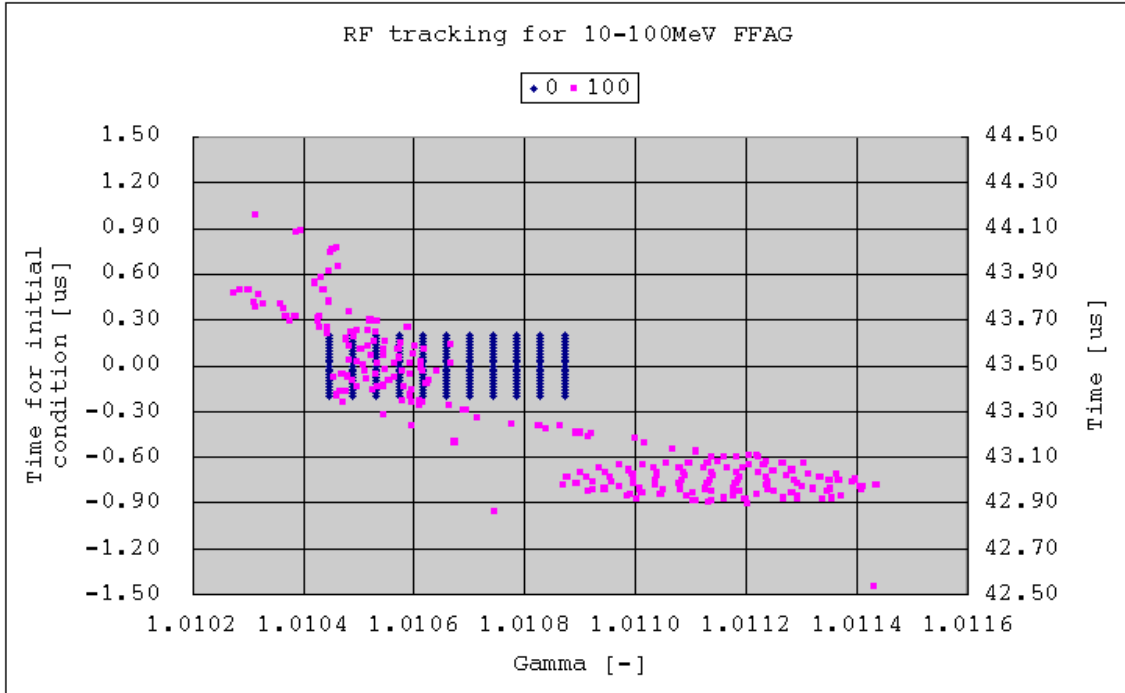
(3) 50 周後



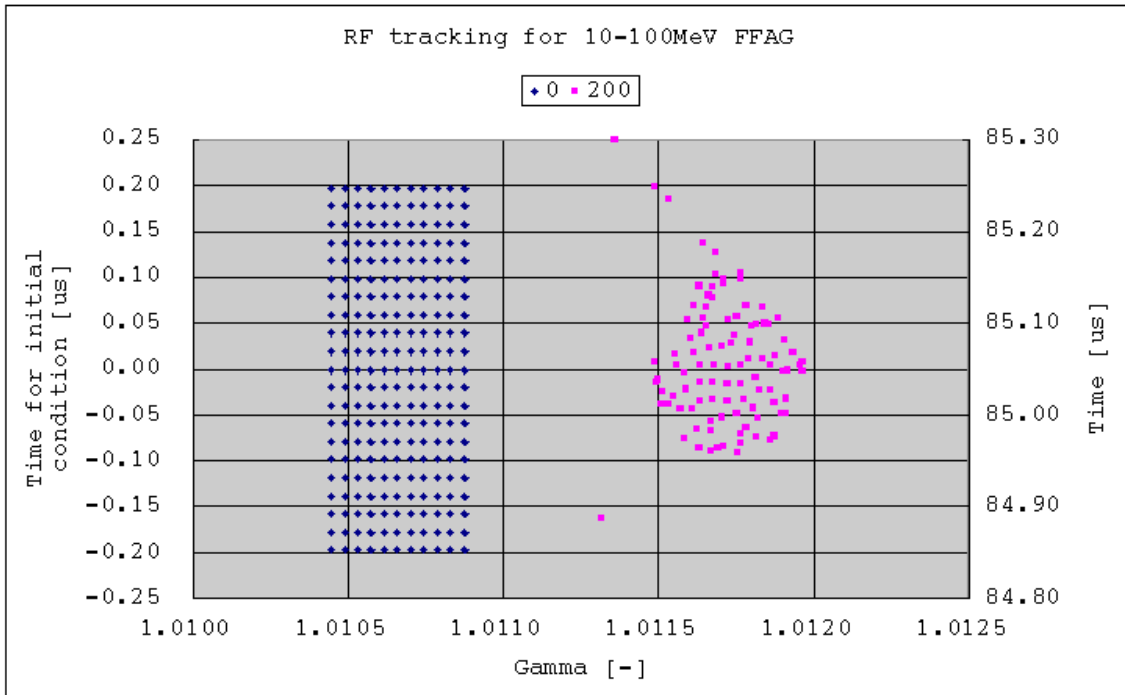
(4) 75 周後



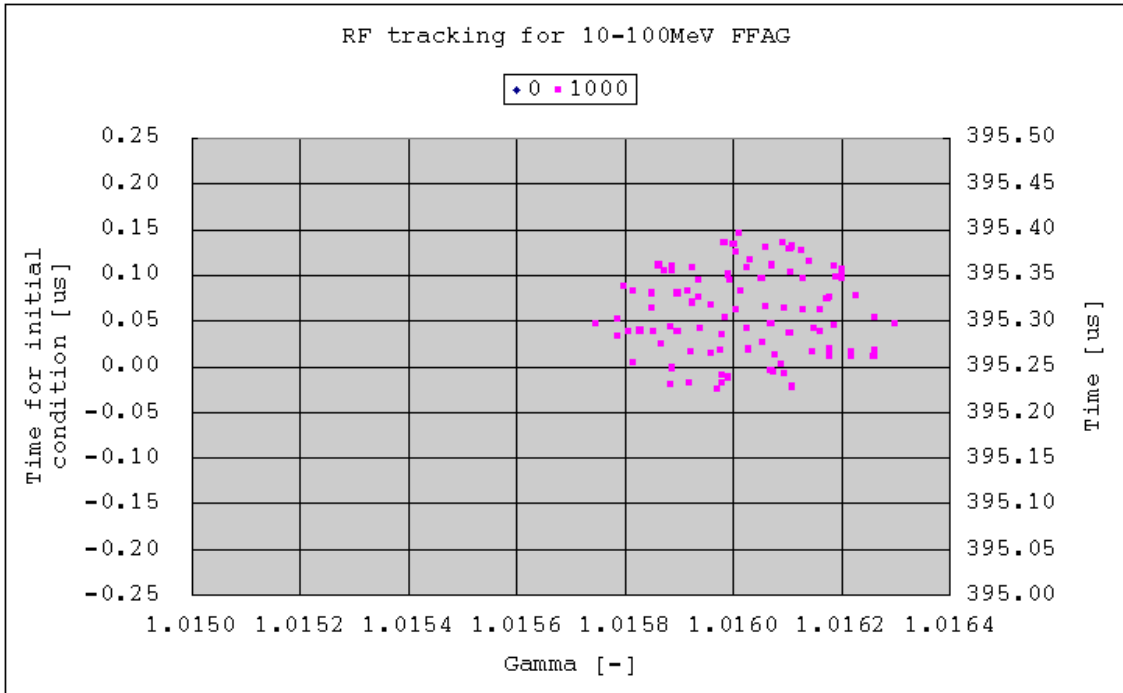
(5) 100 周後



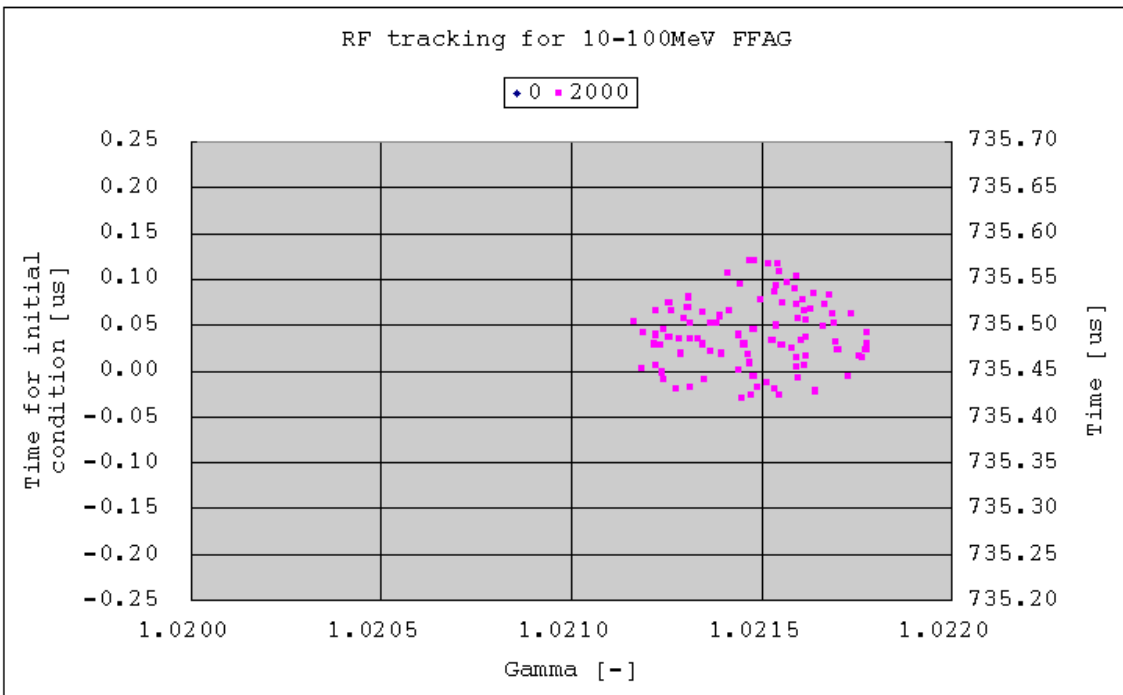
(6) 200 周後



(7) 1000 周後

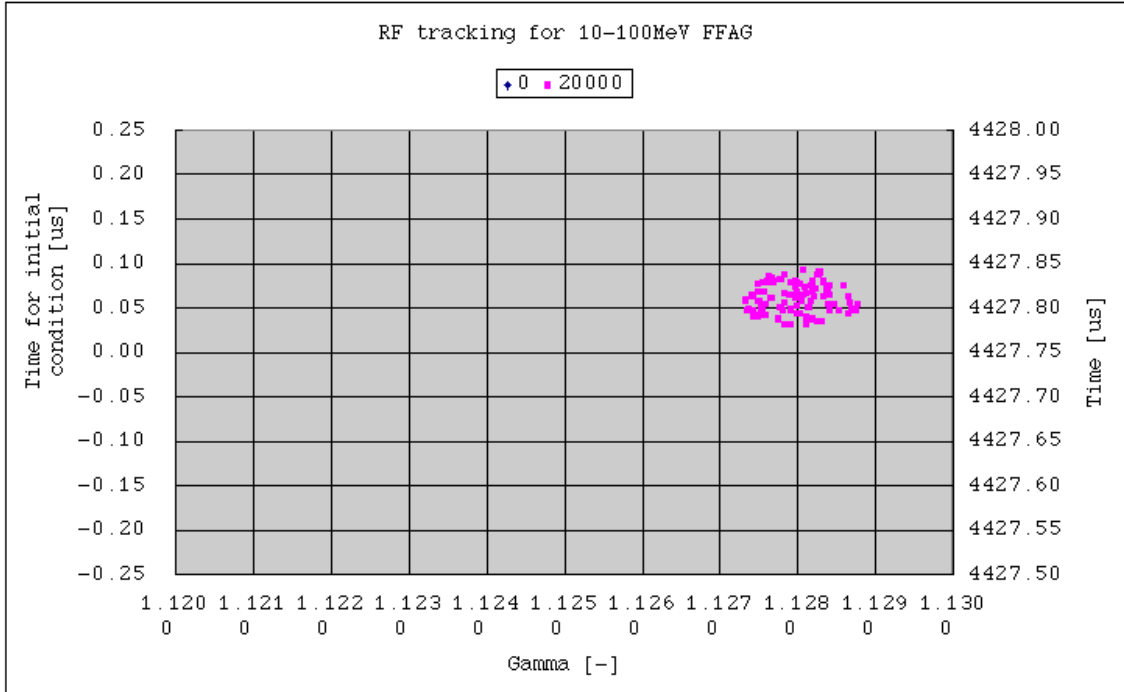


(8) 2000 周後

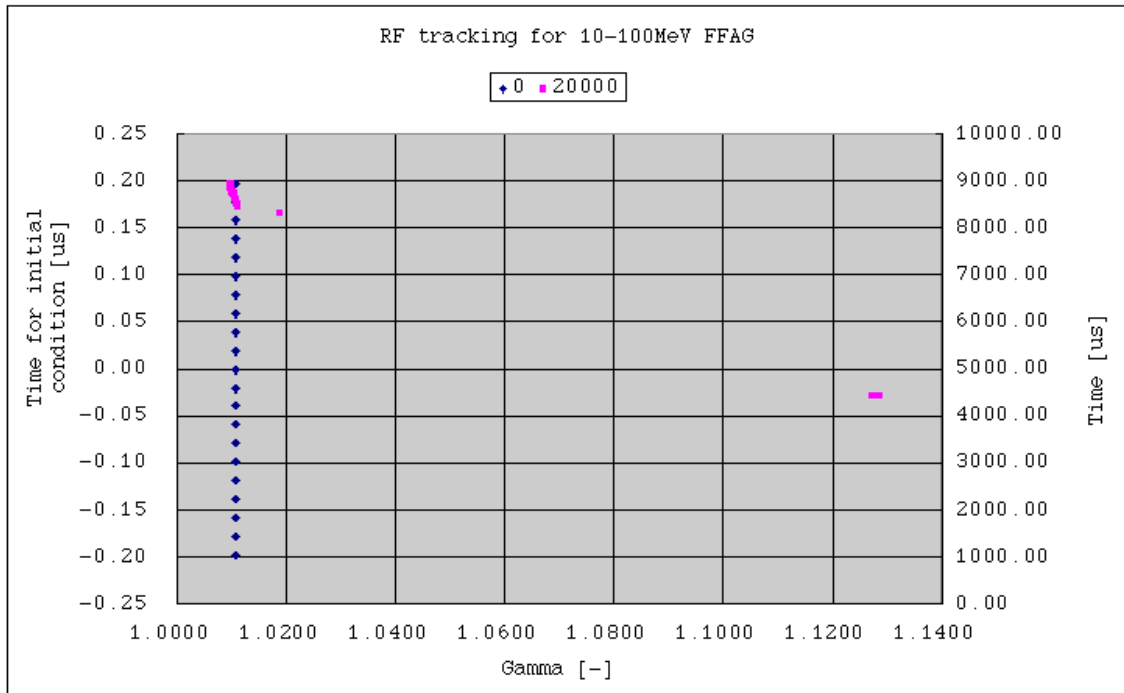


(9) 20,000 周後

- ; Kinetic energy 120MeV
- ; Survival ratio = 40%
- ;  $dp/p = +/-0.3\%$

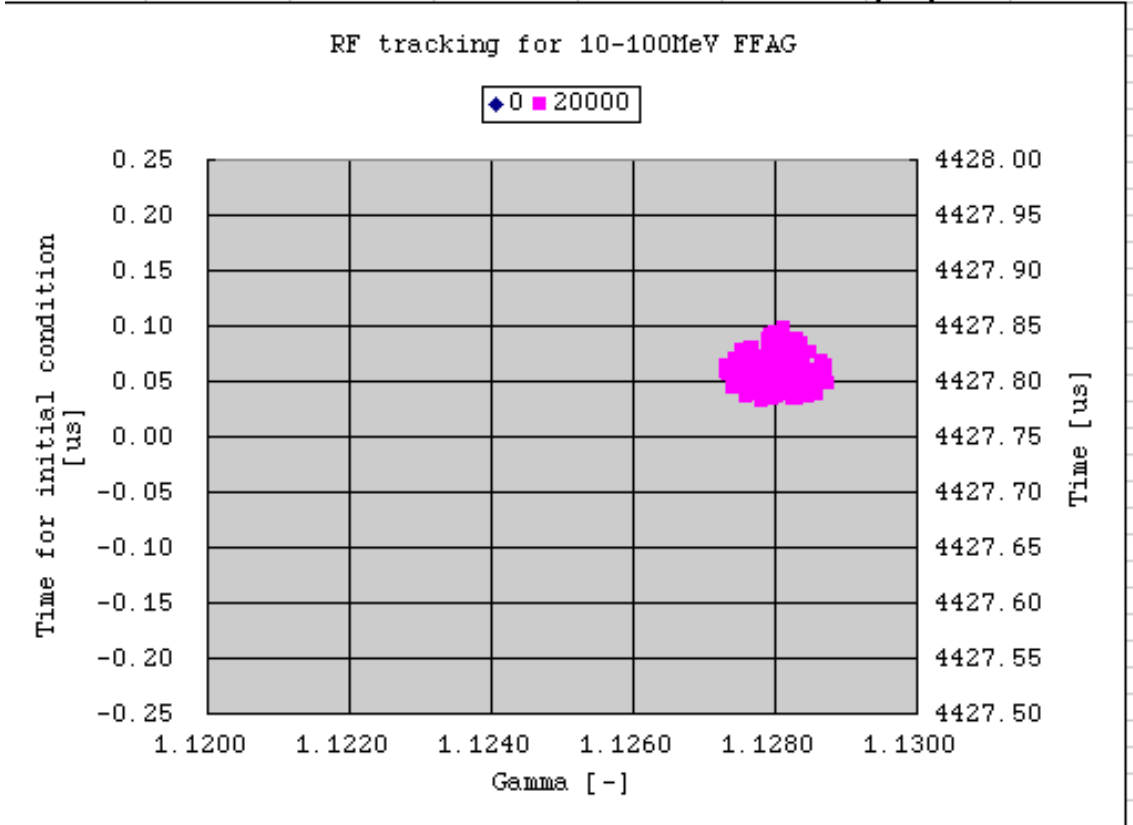


(\*) (9) のときの残りの粒子は、損失せず、周回してしまう。



(10)入射位相幅を 36 度と狭めてやると、加速に適した位相に合い、加速効率は 99% 程度までにはなる（当然の話で、これ以上の最適化は細かい議論になり、他にも検討要素が出てくるため先送り）。

	20000	1.12806	4427.84397	0.03397	4427.81	[us]
****		1.128386	4427.83413	0.024131	228	
****		1.127404	4427.79422	0.015779	231	
****		1.127332	4427.80516	0.004844	99	[%]
****		1.128253	4427.78369	0.026306	1.128	
****		1.128122	4427.83756	0.027564	120.1	[MeV]



\*\*\*\* 1.128386 4427.83413 0.024131