

# 統合リニアックデバンチャー位置の確認

2001.6.20 KEK T. Kato

## まとめ

シミュレーションによる統合リニアックデバンチャー位置の確認作業を行った。リニアック最終加速管から第一デバンチャーまでの距離が 25m 程度の場合には、広いビームパラメータの範囲で、リング入射ビームの仕様（エネルギー幅+0.1%）を満足する。加速電圧 2 MV 程度は必要と思われる。

## 1. はじめに

本シミュレーションの目的は、加速管から第一デバンチャーまでの距離が 25m でよいかを確認する事である。本稿では、横方向を含むライン全体を簡単なラティス構造により構成し、計算を行った。空間電荷効果が、より大きな効果を持つのは、加速管出口から第一デバンチャーまでである。なぜならば、今回の設計では、第 1 デバンチャーの下流では、バンチ位相幅の収縮が起きない範囲でデバンチャー加速電圧を設定しており、更に、実際の L3BT のラティスでは、横方向の平均的なビーム幅も増加するので、空間電荷効果はデバンチャー以降のビームラインにおいて、一層大きな効果を発揮する事はない。従って、本稿で採用したラティスの場合、デバンチャー下流で、空間電荷による効果を過小評価する事はないと思われる。

## 2. 配置図

図 1 に示す 2 台のデバンチャーを配置した。ここで第 1 デバンチャーまでの距離 (L1) を 20m から 40m まで 5 m 置きに変化させた。第 1 デバンチャーと第 2 デバンチャーの距離は、常に一定にした (51.3m)。

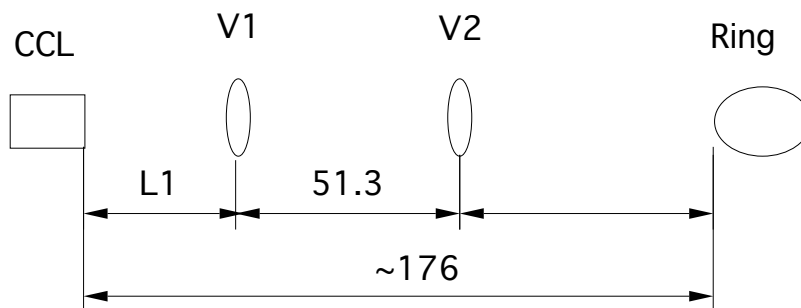


図 1 デバンチャー配置図

## 3. 横方向の収束

ビームラインの入り口部分に長さ 6 m のマッチングセクションを設け、その後ろは FD の構造とした。偏向磁石は含んでいない。収束の強さは 2 段階変化させた。横方向の入射マッチングは完全にはとっていないが、入射ミスマッチの程度を変えて平均半径を変化させ、その効果をテスト

した。

#### 4. 入射ビーム

2種類のエミッタンス、3種類の電流値、2種類の粒子分布を用いた。

Type-1: エミッタンス 横規格化 rms 0.25 pi-mm-mrad, 縦 rms 0.5 pi-MeV-deg

Type-2: エミッタンス 横規格化 rms 0.38 pi-mm-mrad, 縦 rms 1.1 pi-MeV-deg

Type-1 はエラーが無いときの出力エミッタンスの計算値。Type-2 は想定される 1%程度のエラーがある時の計算値である (Type-2 は 2001.1.14 のレポート中の C-type のエラー 1 の結果 (エミッタンス増加の程度) を、グリーンレポート中の Type-A に適用した結果であり、大きなエミッタンスの目安としての意味がある)。

電流値 : 150, 50, 10 mA。電流だけ変えても正確とは言い難いが、目安にはなる。

粒子分布 : Parmila-Type-2 及びガウス分布。

粒子数 : 1000, 9600

ここで使うビームは、入り口において、きれいな分布を持つ。実際には、KEK Report 97-16 で扱ったように、リニアック中にエラーを入れた加速ビームを使う方が、現実を一層反映していると思われる。その場合に注意すべき点は、分布の外側部分の広がり方が、きれいな分布に比べて大きい事である。

#### 5. 結果

計算は code lebt を使って行った。

##### 5.1 L1=25 m の場合の計算結果

第1デバンチャーまでの距離が25mの時の、主な結果を表1にまとめた。全ての例で、要求仕様を満たしている。

表1

No	Current (mA)	Debuncher V1 /V2 (MV)	Rms emittance x,z	B' (T/m)	$\Delta W$ (MeV)	分布
105	150	1.5, 0.6	0.24, 0.45	1.0	0.460	Type-2
108	50	1.5, 0.6	0.24, 0.45	1.0	0.346	Type-2
135	150	1.5, 0.6	0.24, 0.45	1.5	0.439	Type-2
115	10	1.5, 0.6	0.24, 0.45	1.5	0.245	Type-2
126	150	1.5, 0.6	0.38, 1.02	1.5	0.425	Type-2
134	150	1.3, 0.6	0.24, 0.45	1.5	0.376	Type-2
142	150	1.3, 0.6	0.25, 0.45	1.5	0.381	Gauss
144	150	1.5, 0.6	0.24, 0.45	1.5	0.437	Type-2

No.144 では入射マッチングを改善した結果、No.135 に比べ、平均ビーム半径が約 20%小さくなっている。

## 5.2 第1デバンチャー電圧 (V1) の効果

第2デバンチャー電圧 (V2) を一定 (0.6 MV) にして、第1デバンチャーの電圧 (V1) を変化させた結果を図1に示す。エミッタンスが大きい場合(EL)と小さい場合(ES)について計算した。

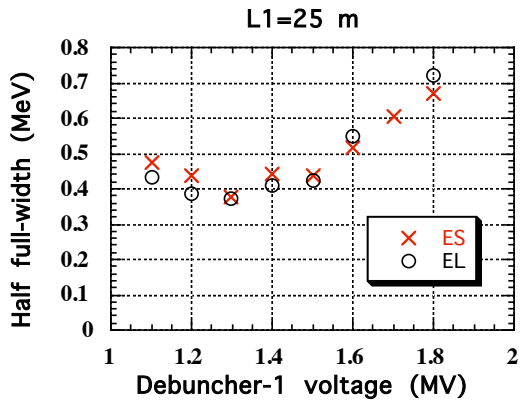


図1 出力エネルギー幅 vs. 第1デバンチャー電圧。 L1=25m, V2=0.6MV。

## 5.3 位相幅とエネルギー幅の変化の代表例

図の上の run 番号は表1の No. に対応している。

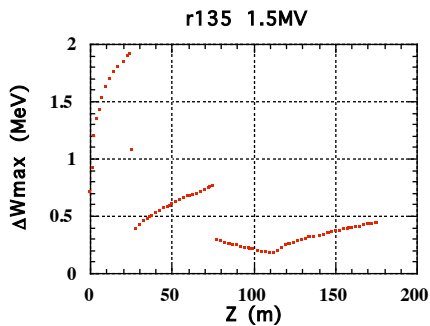


図2 エネルギー幅の変化。V1=1.5 MV, V2=0.6 MV, L1=25 m, 150 mA。

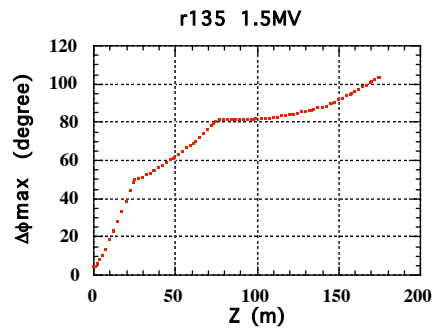


図3 位相幅の変化。V1=1.5 MV, V2=0.6 MV, L1=25 m, 150 mA。

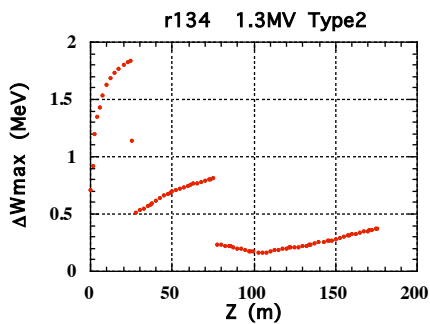


図4 エネルギー幅の変化。V1=1.3 MV, V2=0.6 MV, L1=25 m, 150 mA, Parmila-Type-2 粒子分布。

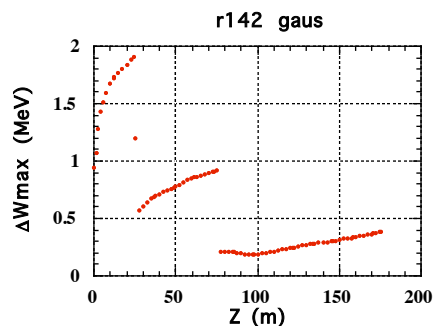


図5 エネルギー幅の変化。V1=1.3 MV, V2=0.6 MV, L1=25 m, 150 mA, Gauss 粒子分布。

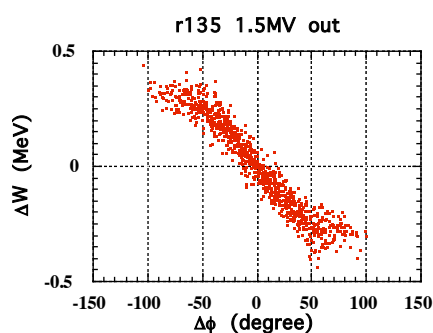


図6 出力ビームエミッタンス。V1=1.5 MV, V2=0.6 MV, L1=25 m, 150 mA。

#### 5.4 長さ (L1) について

位相の全幅とドリフト距離との関係の例を示す。加速電場の非線形な効果をあまり受けたくない場合には、30m程度が限界かと思われる。

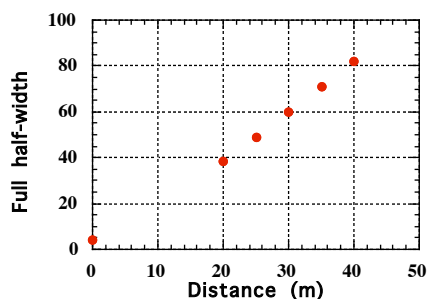


図7 位相幅（全半値幅）とL1の関係。

#### 5.5 ビーム平均半径

表1に示した小エミッタンスの計算例では、第2デバンチャーまでの平均 rms 半径は2.3 mm である。マッチングを少し改善した run No. 144 では1.9mm である(図8)。またL3BT デザインでは第2デバンチャーまでの平均 rms 半径は1.9 mm となっている。表1に示した結果から判断する限り、この程度のビームラインパラメータの変化が、デバンチャーパラメータを大きく変化させる事はないと思われる。

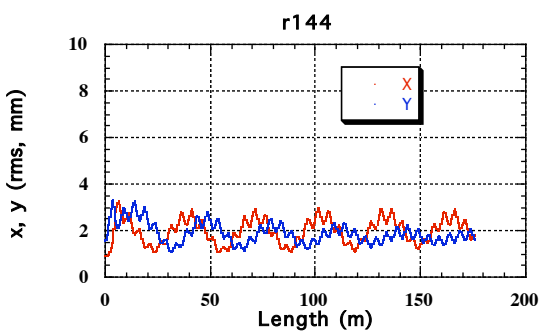


図8 平均ビーム半径例。

## 5.6 シミュレーションの粒子数について

2種類の粒子数をテストした。計算時間の節約のために、ほとんどの計算では粒子数 1000 をつかった。計算コード中では、空間電荷効果の計算に p-p 法を使っているために、粒子数が少ない場合には、空間電荷効果を過大評価する事になる。粒子数 1000 と 9600 の場合の出力のエネルギー幅を比べると、9600 の場合には 13%狭くなっている。従って、粒子数 1000 のシミュレーションはより厳しい条件のもとで行われると言える。

## 6. 考察

考えられるビームパラメータに対して、デバンチャー位置を 25m 付近に設定したシステムにより対応出来ると思われる。KEK Report 97-16, p.4-46 では第 1 デバンチャー位置を 20 m, 2.1MV に設定している。これは、想定ビーム電流が 20%高い事 (180mA)、全体のビームライン長さが短い事 (70m 程度) 等が反映されている結果と思われる。更に、そこでは、100%の幅の値を考える場合には、得られた結果と使った粒子数との関係に、特に注意を払う必要がある事が示されている。例えば、3200 個と 48000 個の結果では、後者の幅は 85%程広くなる。90%エミッタンスではその差は 9%程度である。使用可能な電圧上限を決める場合に、この事を考慮する必要があると思われる。この計算結果は、リニアック中で加速にエラーを取り入れた時の出力ビームの性質を反映していると考えられる。

原研松岡さんより L3BT デザインの入力をいただき参考としました事、お礼申し上げます。