

# BEAM SIMULATION FOR HIGH-CURRENT ELECTRON PRE-INJECTOR

\*R. Matsuda, J.-Y. Choi, T. Kamitani, A. Enomoto, S. Ohsawa,  
I. Sato, and A. Asami

National Laboratory for High Energy Physics(KEK)  
Oho 1-1, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

\*Mitsubishi Heavy Industries, LTD., Takasago R&D Center  
Shinhamma 2-1-1, Arai-cho, Takasago-shi, Hyogo-ken, 676, Japan

## ABSTRACT

The KEK-PF 2.5-GeV linac has a plan to increase electron beam current to several amperes for 10-ns duration. Using a beam-tracing program "PARMELA", we simulated low-beta and high-current beam from electron gun to a buncher, where space charge effect is important.

## PF電子ライナックにおける大電流ビーム輸送のシミュレーション

### 1. はじめに

KEKのPF 2.5 GeV電子ライナックでは、今後入射部を増強し、数ns~10ns、数Aの大電流パルスビームを加速できるように改良しようとしている。大電流のビーム輸送を行う場合、特に低 $\beta$ 領域の入射部(電子銃~バンチャー)では空間電荷効果がビーム自身の磁場による集束力よりも大きいため、ビーム径の増加が予想される。入射部を改良するには、大電流によるビームの挙動を予め知る必要がある。そこで現在の入射部におけるビームの解析を行い、電流量の変化によるエミッタンスの増加、バンチの様子などを調べ、この結果を検討し改良を行おうと考えている。現在のところ電流量などのパラメータを変化させて検討している段階であり、解析結果が有効であることはわかっている。最終的な検討結果については発表時に述べる。

以下では、解析方法、また例としてプリバンチャーからバンチャーにかけての解析結果について述べる。

### 2. 解析方法

解析は粒子軌道解析コードPARMELAを用いて行った。PARMELAは、空間内の電磁場による個々の荷電粒子の運動を微小時間毎に解き、各時間毎に座標、運動量、エネルギーなどを出力する。軸方向、半径方向にメッシュを切ることにより空間電荷効果も計算できる。出力されたデータをグラフ化することにより、粒子の軌跡、位相空間での分布などを表示することができる。ここでは、まずプリバンチャー、バンチャー、ソレノイド、ドリフトスペースの配置、形状、特性、電磁場などの値、及び入射ビームの径、エミッタンス、エネルギー、分布状態、電流を入力して行う。本検討で解析に使用したモデルは現在のKEKの陽電子ライナックの入射部(電子銃~バンチャー)である。これを基にしてビーム電流、初期のエミッタンスなどの入力パラメータを変化させ、ビームの軌跡、位相空間、バンチングの様子を出力させ、検討を行った。

### 3. 解析結果例

検討課題の一つとして、バンチャーによるエミッタンスの増大の問題がある。そこでプリバンチャーからバンチャーにかけての電子の動きをPARMELAを用いて計算してみた。主な入力データを表1に、出力された計算結果を図1に示す。図1(a)は10Aの電子を50個の荷電粒子に置き換え、微小時間毎にZ座標と、プリバンチャーまたはバンチャー内のマイクロ波に対する位相をプロットしたものである。図中で値がジャンプしているように見える部分があるが、この部分はちょうどバンチャーの入口に当たり、ここから縦軸をバンチャーのマイクロ波の位相に置き換えたためである。バンチャーの入口付近では-90度の位相を中心に粒子が集まっていく様子がわかる。図

2には10 Aの電子を1000個の粒子に置き換え、(a)プリバンチャーの入口、(b)バンチャーの入口、(c)内部(10セル目)でのマイクロ波の位相に対する粒子の分布、図3には(c)におけるX軸に対する位相空間を示す。バンチはするが、エミッタンスが大きくなり、しかもビームがビームダクト(3cmφ)いっぱい広がってしまうことがわかる。ビームダクトに粒子が衝突すると消滅したとみなすため、(c)では粒子数が15%程減少している。

このような広がりを抑えるためには外部から適当な縦磁場を加えたり、初期のビーム径をできるだけ小さくする必要がある。今後はこれらの値を適当に変え、適切なパラメタを求め、ライナック入射部の改造に役立てるつもりである。

表1 主な入力パラメタ

current	10 A
drive frequency	2856 MHz
initial energy	165 keV
beam size	3 mmφ × 68 mm
emittance	17 π mm·mrad
field	
-prebuncher	0.18-0.23 MV/m
-buncher	6.76-9.25 MV/m

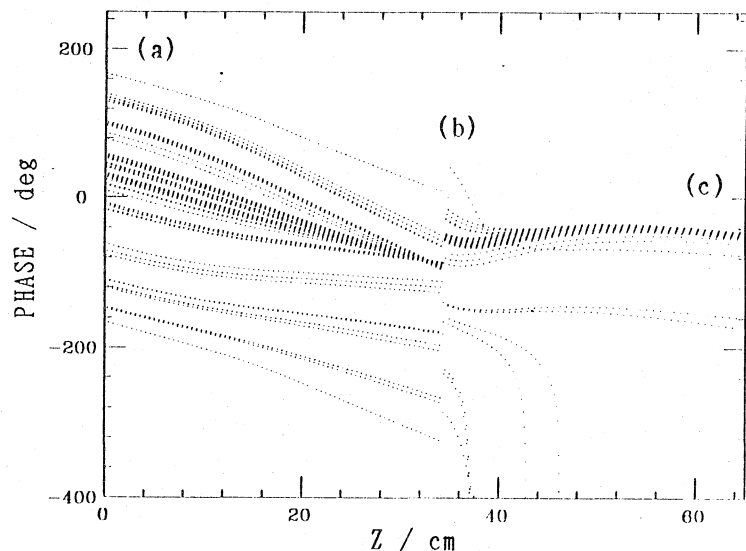


図1 粒子のマイクロ波に対する位相の変化

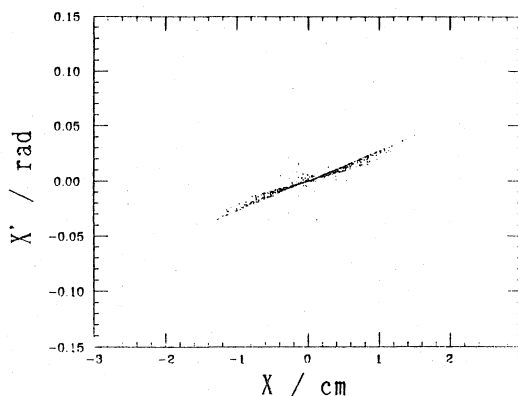


図3 (c)における位相空間

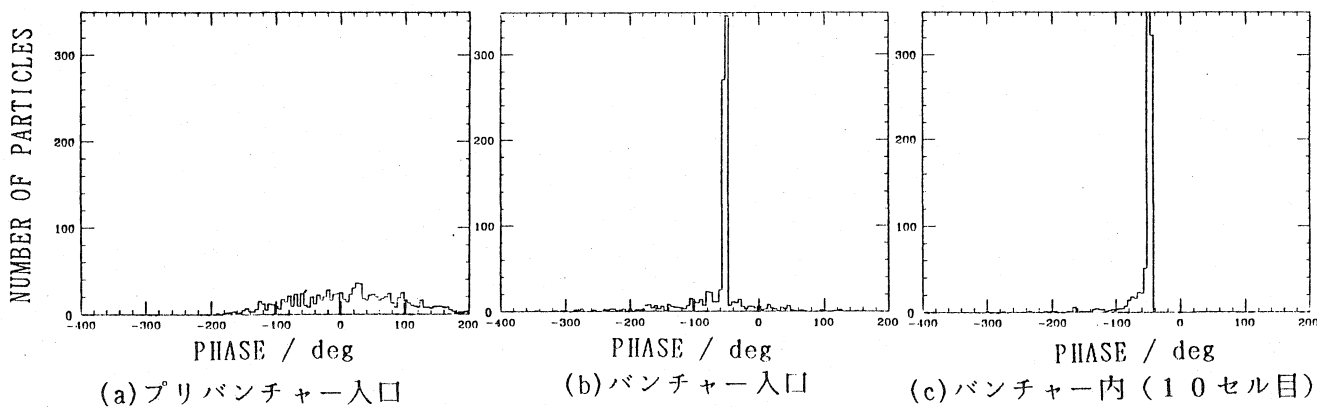
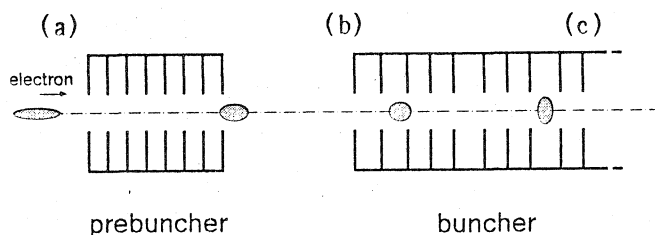


図2 各位置の位相における粒子の分布



360度分の位相のビームの様子