

# 3-DIMENSIONAL SIMULATION OF LINAC FREE ELECTRON LASER

Takeshi Nakamura

Electrotechnical Laboratory

## ABSTRACT

A 3-dimensional simulations of linac free electron lasers are being done with a code developed at ETL.

## L I N A C 自由電子レーザーの3次元シミュレーション

### 1. はじめに

自由電子レーザーの3次元シミュレーションコードを開発しそれを用いてL I N A C自由電子レーザーについての計算をおこない、その増幅率、光モードの発展の電子ビームのエネルギー広がり、エミッタンス、ピーク電流に対する依存性を調べた。

### 2. 3次元シミュレーションコード

3次元シミュレーションコードは電総研において工業技術院R I P SのCRAY-XMP/216上で開発された。3次元コードは光共振器のミスアラインメント、ウィグラー磁場エラー、電子ビームの非対称性を考慮するさいに不可欠である。

このコードではレーザー光の伝わりにたいしてはMaxwell方程式からparaxial approximationを用いて導かれる、ベクトルポテンシャルについてのparaxial equationを用い、電子についてはウィグラー磁場と光の場によるLorentz方程式を用いた。Praxial equationは光の進行方向に対し1回微分、垂直面に対し2回微分の偏微分方程式であるが、これを数値的に解くために垂直面について空間を離散化し、そのグリッド上での値を用いてFast Fourier Transformを行い、それにより得られたグリッド点の数だけあるFourier係数についての進行方向に対する常微分方程式に変換している。電子の運動は、初期値の位相空間内を小さな領域に分割しその領域にある電子群をひとつのマクロ粒子により置き換え、そのマクロ粒子の運動を追跡する。光との相互作用はグリッド点でのレーザー場の値をマクロ粒子位置に内挿してマクロ粒子の感じる場を求めまたマクロ粒子の運動により生ずる電流量をマクロ粒子に広がりをもた

せてグリッド点での値を評価することにより行なう (P.I.C.)。光およびこのような粒子に対する常微分方程式は、一種の予測子-修正子法により解いた。

### 3. 計算例

表 1 に示すようなパラメータをもちいて計算を行なった。ここではウィグラーのパラメータを固定し、電子ビームのピーク電流およびエミッタンス、エネルギー広がりを変化させて増幅率の変化を調べた。

図 1、図 2 はそれぞれエネルギー広がりが  $5 \times 10^{-4}$  およびエネルギー広がりが  $2.5 \times 10^{-4}$  の場合である。凡例中はノーマライズされたエミッタンスである。

図 3、図 4 はそれぞれ電子ビームについてのウィグラー中での光の成長および光のプロファイルの変化を示している。self-similarモードが形成され光の幅が一定となっていることがわかる。

この例での計算速度は約 60Mflops、15秒/passである。

#### 表 1

\* wiggler parameters

length 20 m

$K_{w rms}$  2.0

lw 5 cm

equal focusing for transverse plane

\* electron beam parameters

$\gamma$  neary 1581 ( opotimized for each case )

beam sizes are made to be matched to wiggler focusing.

other parameters (  $\Delta \gamma$ 、emittance、... ) are varied.

\* input laser parameters

wave length 50 nm

input power 10 W

Rayleigh length 10 m

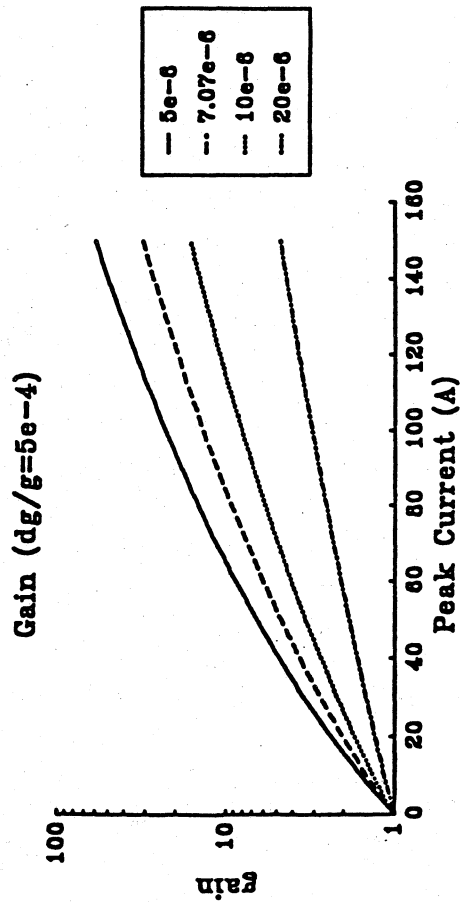
focus 10 m

gaussian beam

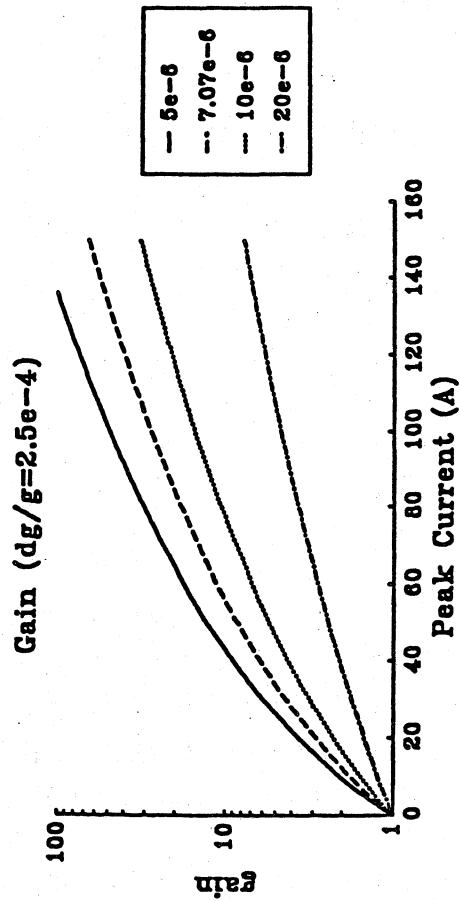
表 2

peak current	150	A
$\gamma$	1583.12	
$(\Delta \gamma / \gamma)_{rms}$	0.79	
$\sigma_{x,y,rms}$	0.1677	mm
$\sigma_{x',y',rms}$	0.01885	mrad

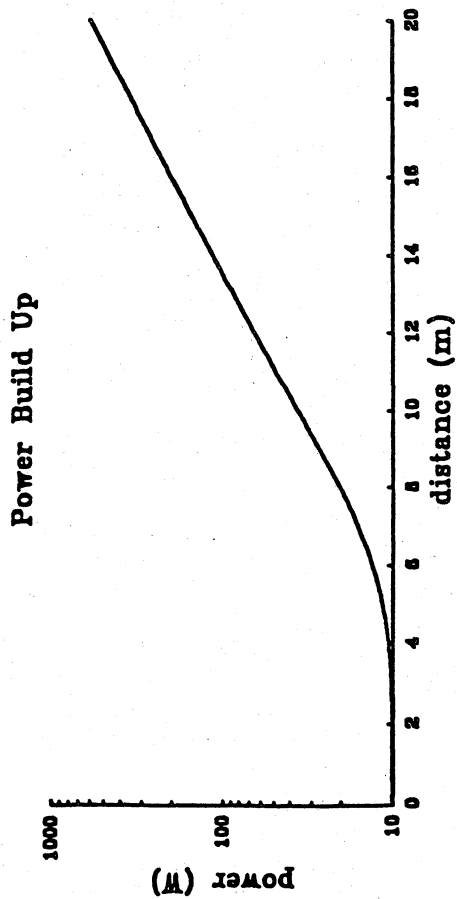
☒ 1



☒ 2



☒ 3



☒ 4

