

## ピアス形電子銃

### 1 まえがき

ピアス形電子銃モデルを使用して、空間電荷効果を含む電界中の荷電粒子軌道計算を示している。このモデルは回転対称モデルであるが、それを3次元モデルで表現した。

ピアス形電子銃は、空間電荷があるときに平行な電子流を作るために、エミッタ表面に電極を取り付けている。この電極表面とエミッタとの角度は厳密に 67.5 度である。

図. 1 にピアス形電子銃とその電子軌道を示している。ここでは、LORENTZ-3E を用いて、ピアス形電子銃モデルの形状作成から、電界解析設定、軌道解析設定及び軌道解析結果を示している。

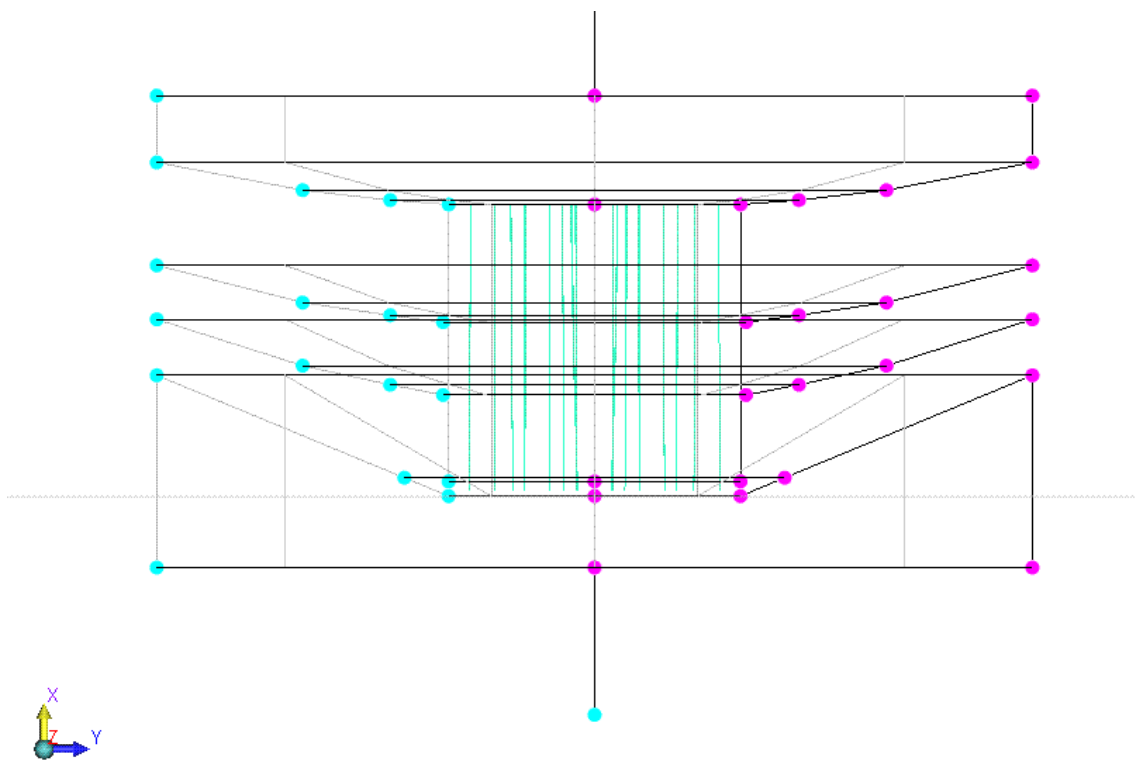


図. 1 ピアス形電子銃と電子軌道

### 2 モデル形状

プログラム内蔵の3次元形状モデラーを使用して、ピアス形電子銃のモデル形状を作成する。作成方法はまずXY断面でモデル形状を作成し、それを回転軸(X軸)まわりに回転押し出しすることにより3次元形状を作成する。サーフェス(断面)を回転するとボリュームになり、セグメント(直線又は曲線)を回転するとサーフェスになる。

ボリュームは上下にある電極と、空間電荷を考慮するので電子が運動する空間に作成する。下部の電極がエミッタになるが、その表面から少し離れたところ（電極間の5%）で、電子の運動する空間を2つに分割する。これは空間電荷を考慮するとき、粒子の電流密度をChild則で評価するために必要となる。

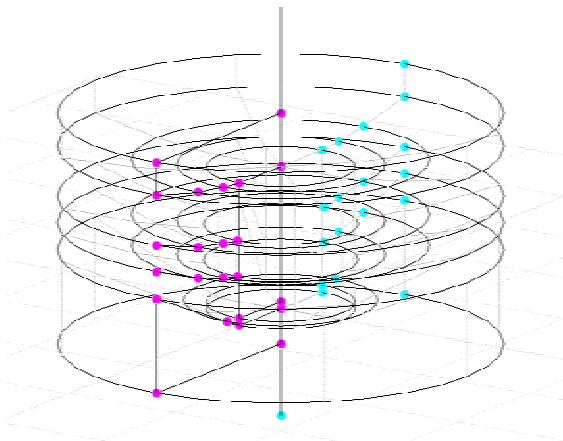


図. 2 モデル形状(ワイヤフレーム表示)

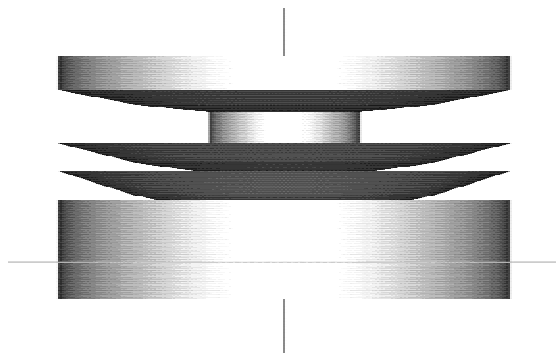


図. 3 モデル形状(ソリッド表示)

### 3 電界解析設定

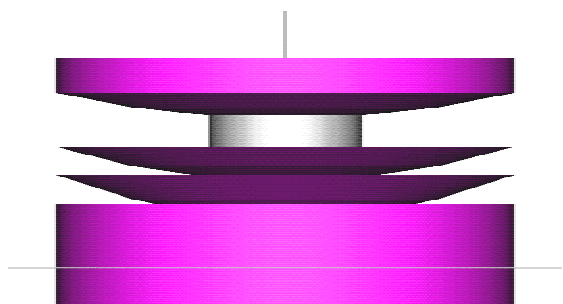


図. 4 電極電位の設定

#### (1) 電極電位を設定

上部電極 0 V  
 サーフエス電極 1 -500 V  
 サーフエス電極 2 -750 V  
 下部電極 -1000 V

#### (2) 境界要素の作成

電極表面に 2D の境界要素（3 角形）を作成する。

要素数 1052

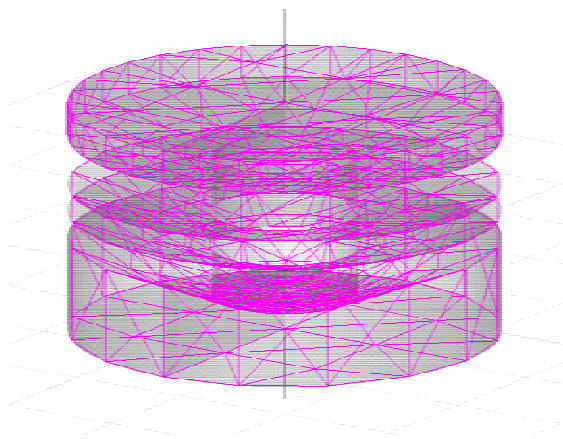


図. 5 2D 要素の設定

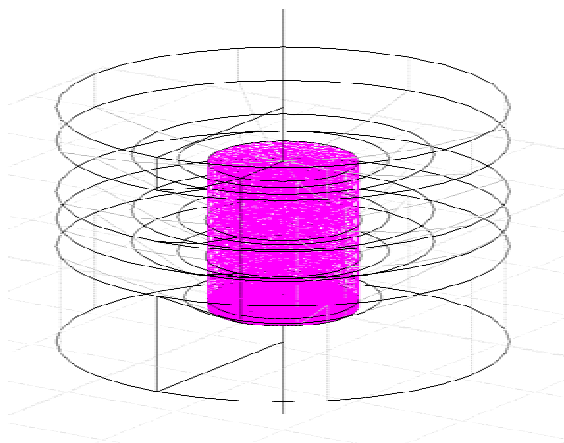


図. 6 3D 要素の設定

### (3) 3D 要素の作成

空間電荷を考慮するために、粒子の運動する空間を 3D 要素（4 面体要素）で分割する。

3D 要素数 3469

以上により、電界解析を実行できる。これにより得られる電界は、荷電粒子の運動による空間電荷を考慮していない電界である。

## 4 軌道解析設定

荷電粒子の軌道計算を行うために、次のような設定を行う。

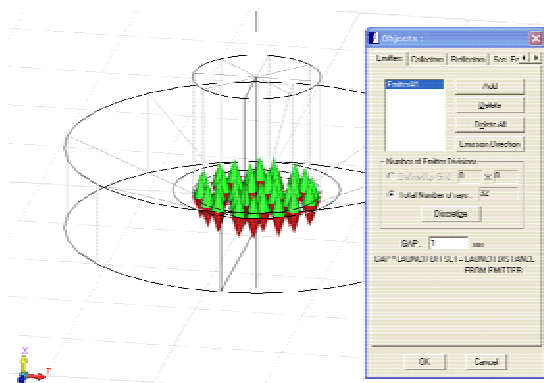


図. 7 エミッタの設定

### (1) エミッタの設定

下部電極の中央部サーフェスを、電子を発射するエミッタサーフェスと設定する。右図の緑色のコーンが、電子を発射するサーフェス面を示している。

その他、発射する電子の個数、ギャップ幅を設定できる。

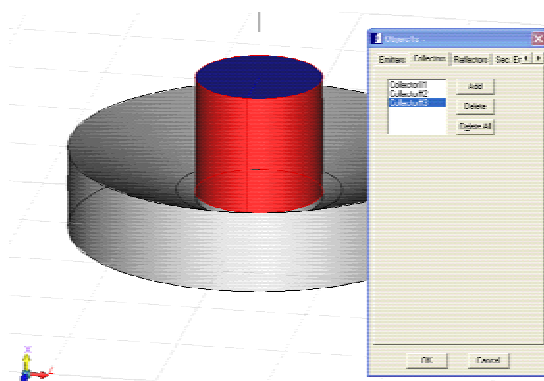


図. 8 コレクタの設定

### (2) その他のオブジェクト

コレクタとなるサーフェスを設定する。コレクタに電子が到達すると、その電子の軌道計算は終了する。

その他、リフレクタ（反射するサーフェス）2次エミッタなどのオブジェクトを設定できる。

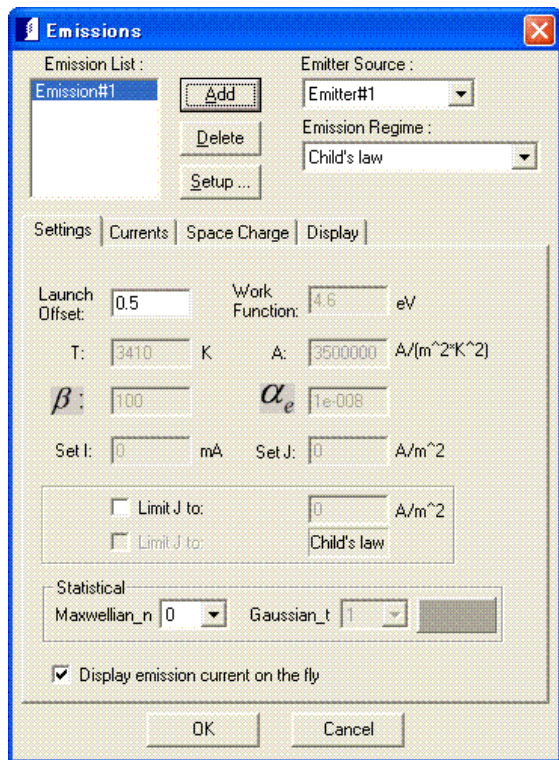


図. 9 エミッタンスの設定

### (3) エミッタンスの設定

エミッタンスの設定では、エミッタから荷電粒子を放射する条件を設定する。

Setup ボタンを選択して、放射する粒子の選択、初期エネルギー、時間積分法などの設定ができる。ここではデフォルト設定を使用する。

エミッション様式として、Child 則を選択する。これは放射する電子の電流密度を設定する。また、放射のオフセット値にエミッタで設定したギャップ幅をかけた値が、サーフェスから離れた実際の放射位置になる。

## 5 空間電荷を考慮した軌道解析結果

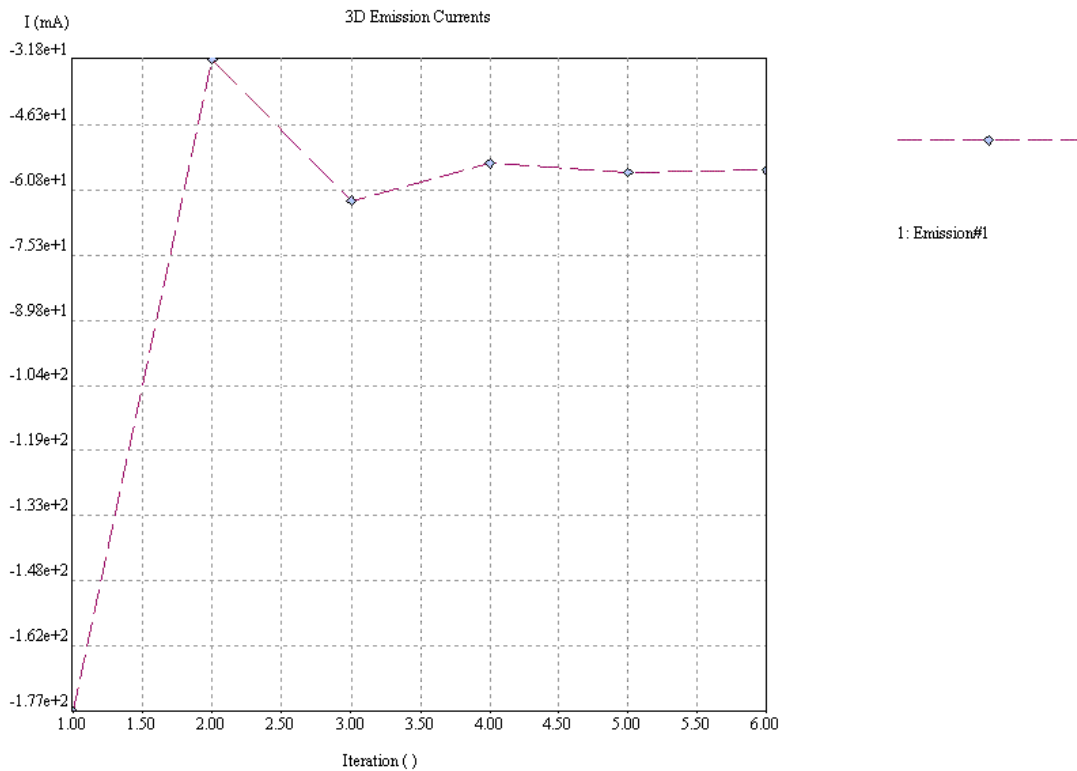


図. 10 ビーム電流 I [mA]の収束状況

空間電荷を考慮した軌道解析では、軌道計算を元にして空間の電荷密度を評価し、もう一度電界計算を行うという反復収束計算になる。図.10に反復計算回数に対するビーム電流のグラフを示している。ビーム番号1（反復計算ステップ1）は、空間電荷を考慮していない結果である。ビーム番号2では、前ステップで求めた軌道計算結果を使って空間電荷を評価し、軌道を再計算している。反復計算は6回でほぼ収束している。

計算が終了すると、強力な Trace 機能を使って、各ビームの各光線 (Ray) について、軌道の位置、電界、空間電荷などを調べることができる。また、フィールド結果は、グラフ図、コンター図、ベクトル図などで表示することができる。

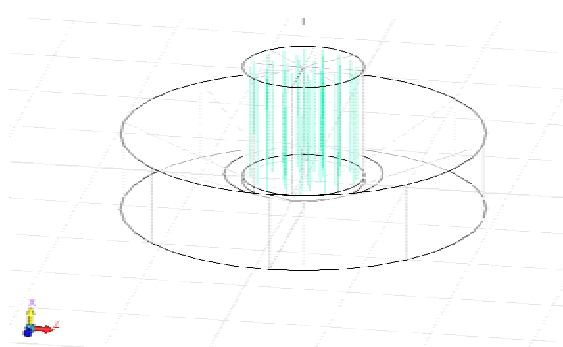


図.11 軌道計算結果

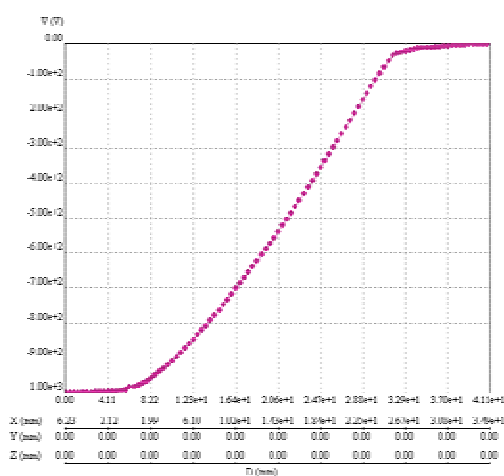


図.12 電位グラフ図

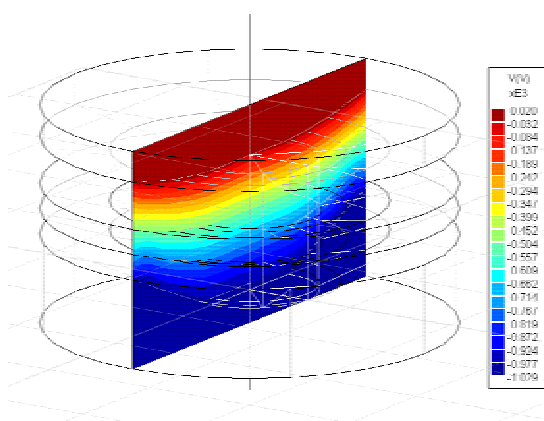


図.13 電位コンター図

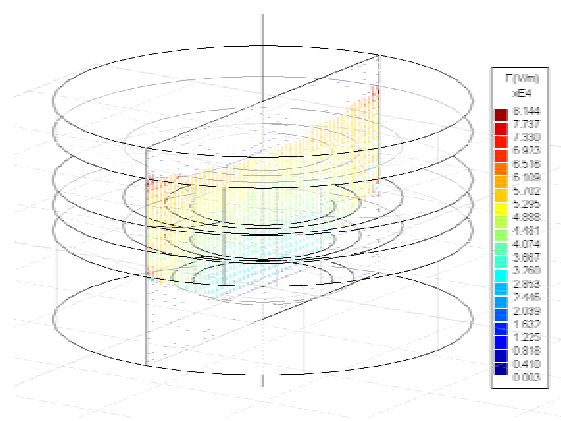


図.14 電界ベクトル図