

テスラコイルによる電磁バリア シミュレーション

2009-0105 新規作成 杉山敏樹(エクボ株式会社 <https://egbo.jp/>)

2013-1011 太陽プラズマ粒子のシミュレーション追加

2023-0124 書式変更

電離した粒子（ここでは窒素イオン）が高周波電界中に飛び込んできたとき、どのような軌跡を描くかをシミュレートした。

●想定条件

1. 高周波電界発生源

起電力：テスラコイル

電極：球形電極 A, B (2個) 左右に配置、中心からの距離 = 10 cm、1 m

電圧：9万ボルト、50万ボルト

周波数：100 kHz, 500 kHz, 1 MHz

2. 飛来粒子

窒素分子(N₂)が負または正に帯電（電気素量1個分）したもの、α粒子

飛来方向：上方から真下に向かって飛来

飛来速度：400 m/s、4000 m/s、500 km/s

●シミュレーション方法

粒子がクーロン力を受けて描く軌道を運動方程式で表記し、差分形式で数値演算で解いた。

粒子には、あらかじめ初期位置、初期速度、質量、電荷を与えておく

高周波電界は、2個の電極から放射されるクーロン放射の干渉場である。

高周波の伝搬速度は、無限とした。

無限速度にした理由：波源近傍での波の位相速度 v は、

$v = (1 + \{c / (2\pi r f)\}^2)^{1/2} c$ で与えられ、光速を超えている。

f :周波数、 c :光速(299780000m/s)、 r :距離

シミュレートの対象空間は、半径10 m以内である。

$r=10$ mの位置での位相速度は、

$f=100$ kHzのとき、 $v=2281c$

$f=500$ kHzのとき、 $v=92c$

$f=1$ MHzのとき、 $v=24c$

であり、光速をはるかに超えている。

半径10 mより内側は、さらに速度が速くなっているので、粒子の速度に比べたら無限と見なせるので、計算を簡単にするため、「無限」とした。

●結果

★単相交流の電位中でのバリア効果

以下の4種類の条件でシミュレートしてみた

	中心電位	初速度
1.	100 kHz 90 kV	400 m/s
2.	100 kHz 90 kV	4000 m/s
3.	1 MHz 90 kV	400 m/s
4.	1 MHz 90 kV	4000 m/s

粒子をはじく余力の大きいものから順に順位付けすると

1 > 3 > 2 > 4 である。 3, 2 は、ほぼ同等であった。

結果の画像の見方

- ・下方中央に横に2つ並ぶ白丸は、テスラコイルの電極の位置
- ・紫色の同心円は、1 m 間隔の補助線
- ・白色の曲線は、粒子の軌跡（上方から飛来）

★三相交流の電位中でのバリア効果

太陽風に含まれる α 粒子が500 km/sで飛来した場合を想定した

3回対称に配置された電極に3相交流を印加した場合のシミュレーションを行った。

最適な周波数は500 kHzであった。

1 MHz, 100 kHzでは、防御しきれずに侵入してくる場合がある。

電界放射電極の配置について、対称軸から電極までの距離は、1 mが最適であった。

これより短いと防御できるエリアが狭くなる。

電極に印加する電圧の振幅は、500 kVが妥当であった。

これ以下だと防御できなくなる。

粒子の入射方向について、以下2種類の条件でシミュレートした

1. 対称軸方向からの入射
2. 対称軸に対し直角方向から入射

いずれも防御ができることを確認した

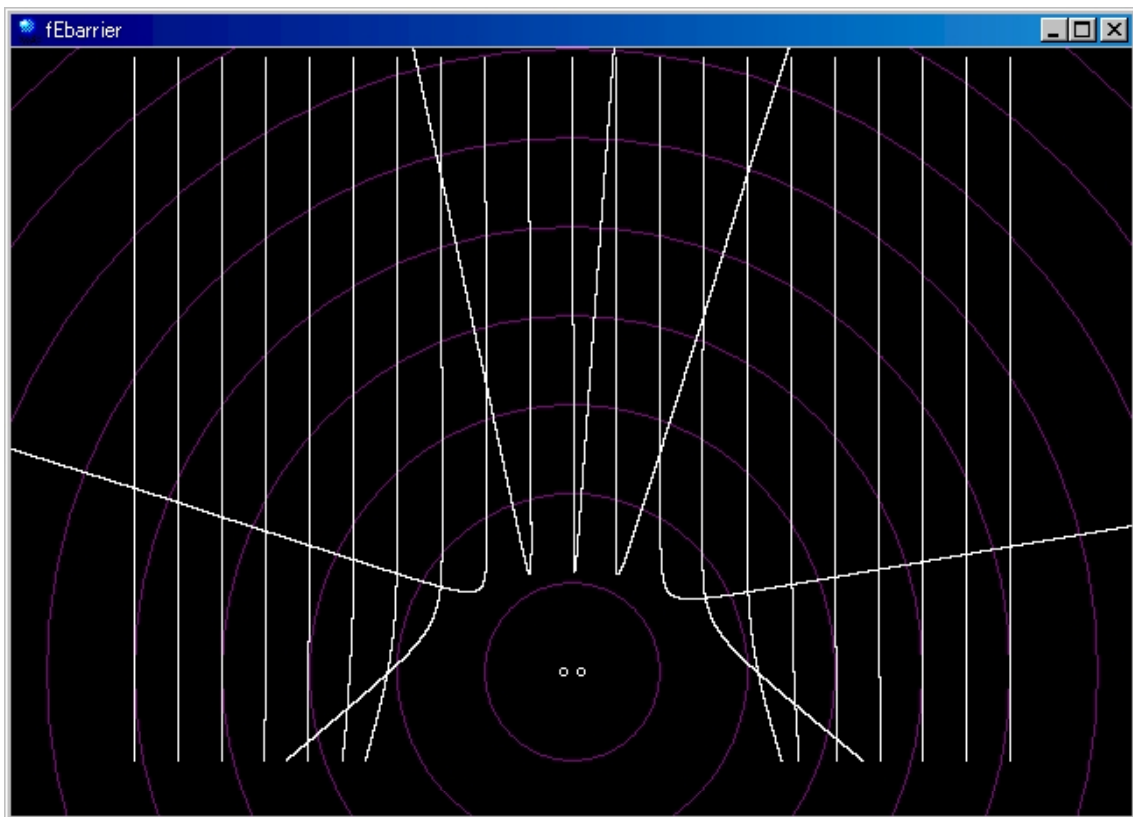
●結論

ハチソン効果のような未知の力を生み出すメカニズムが不明なので、シミュレーションの方法は、単純にクーロン力での計算（クラドニ図形や超音波浮上で粒子が集まる方程式と同じ）を用いた。

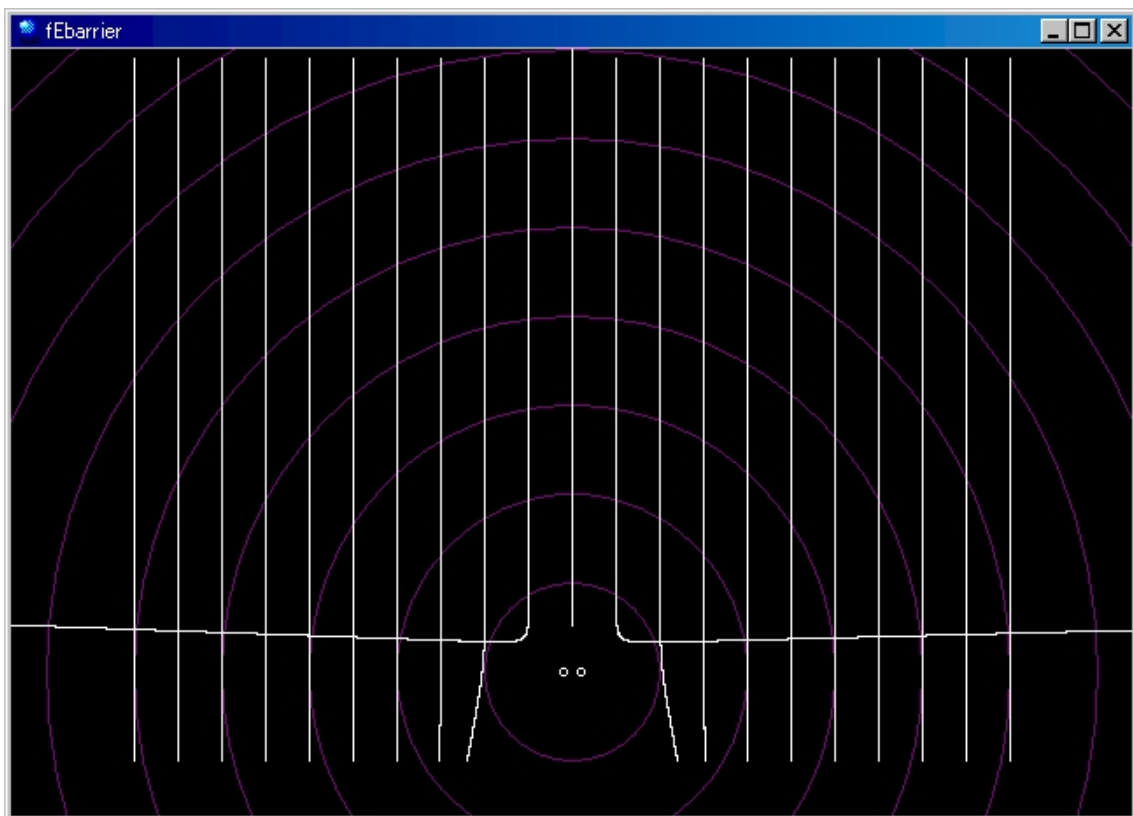
音速の1.2倍（4000m/s）で飛来した窒素分子は、90kVで余裕ではじき飛ばせることがわかった。

太陽プラズマ粒子は、500kVで防御できることがわかった。

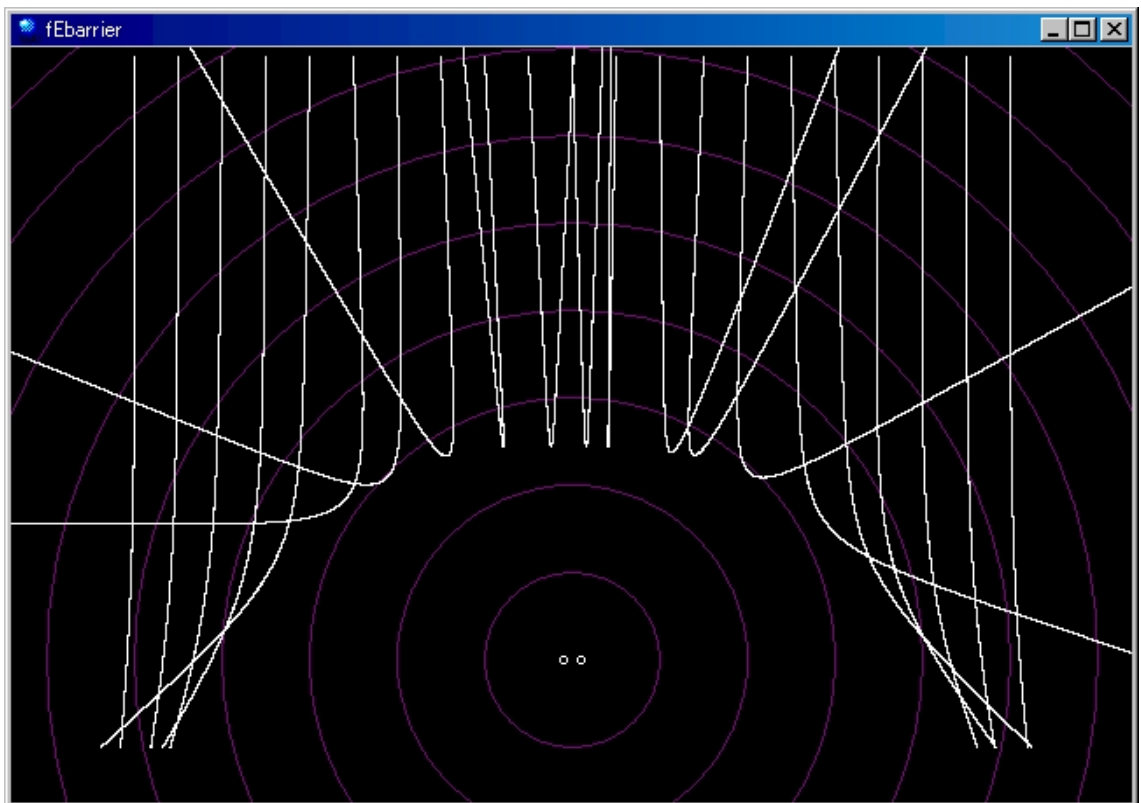
この技術は、宇宙ステーション もしくは、スペースコロニーに適用することができ、太陽風に含まれる荷電粒子が、機体の劣化や電子機器の誤動作を誘発することを抑制することが期待できる。



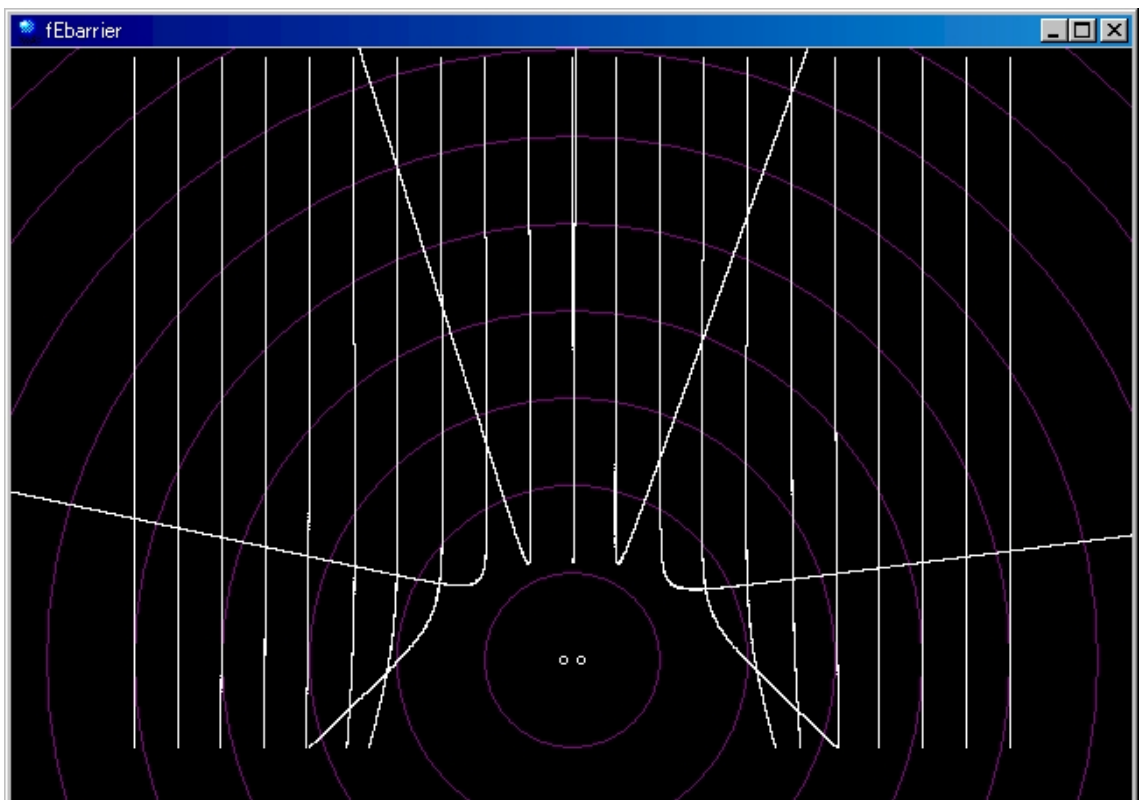
单相交流1MHz、初速度400m/s



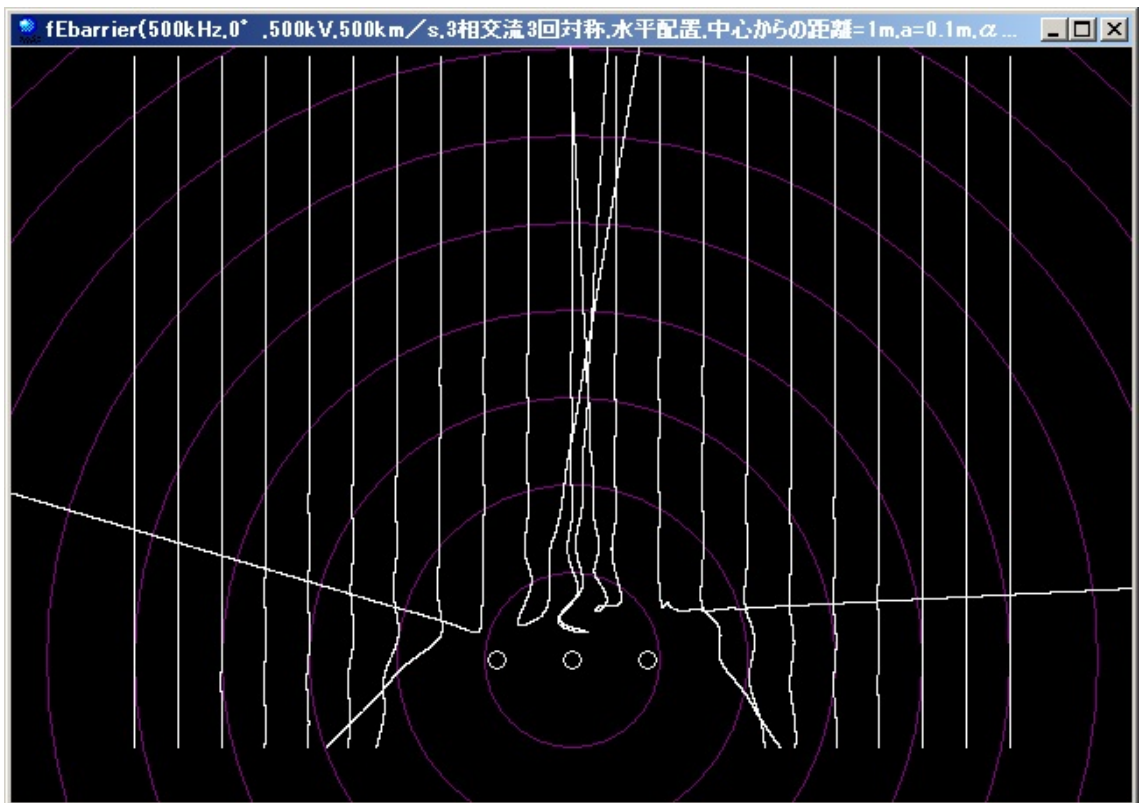
单相交流1MHz、初速度4000m/s



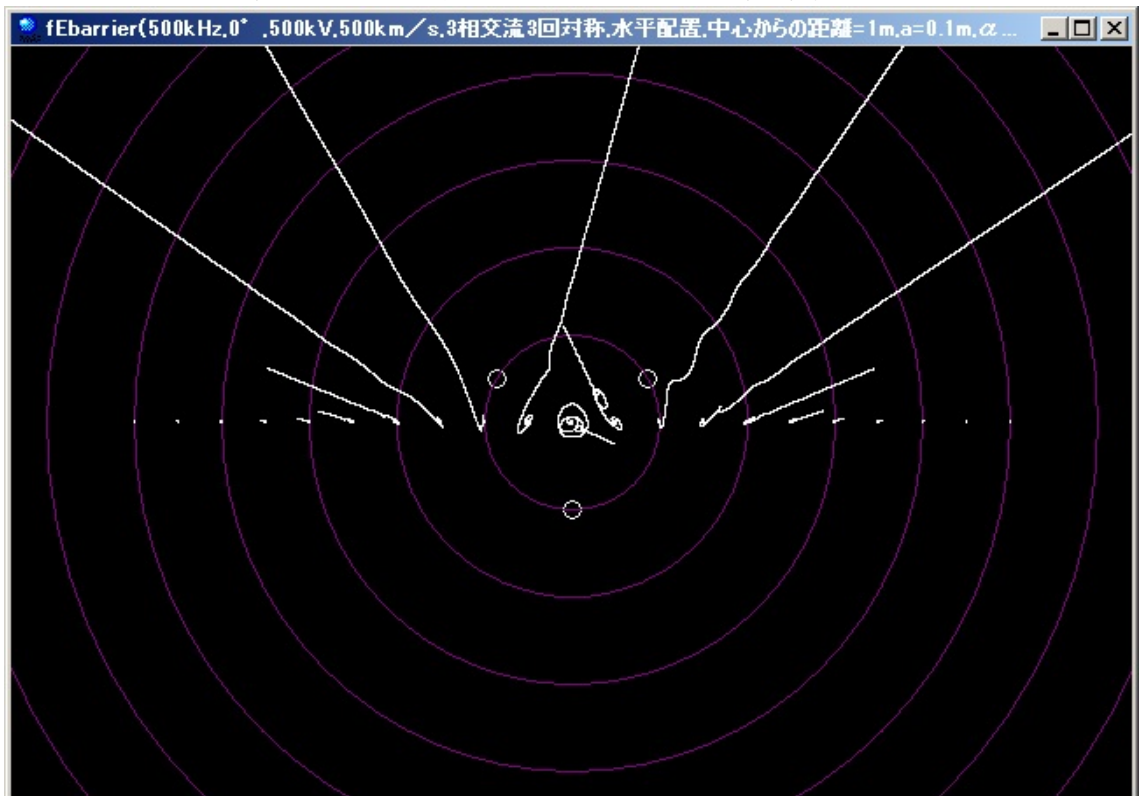
单相交流100kHz、初速度400m/s



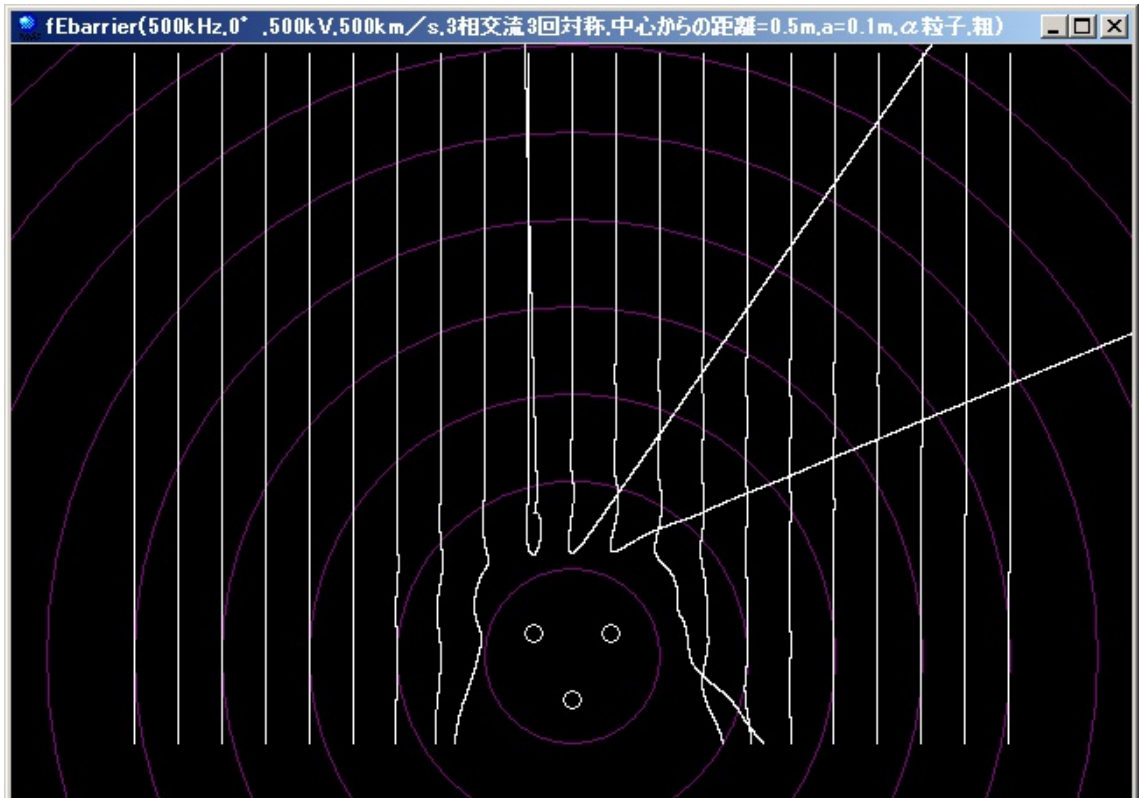
单相交流100kHz、初速度4000m/s



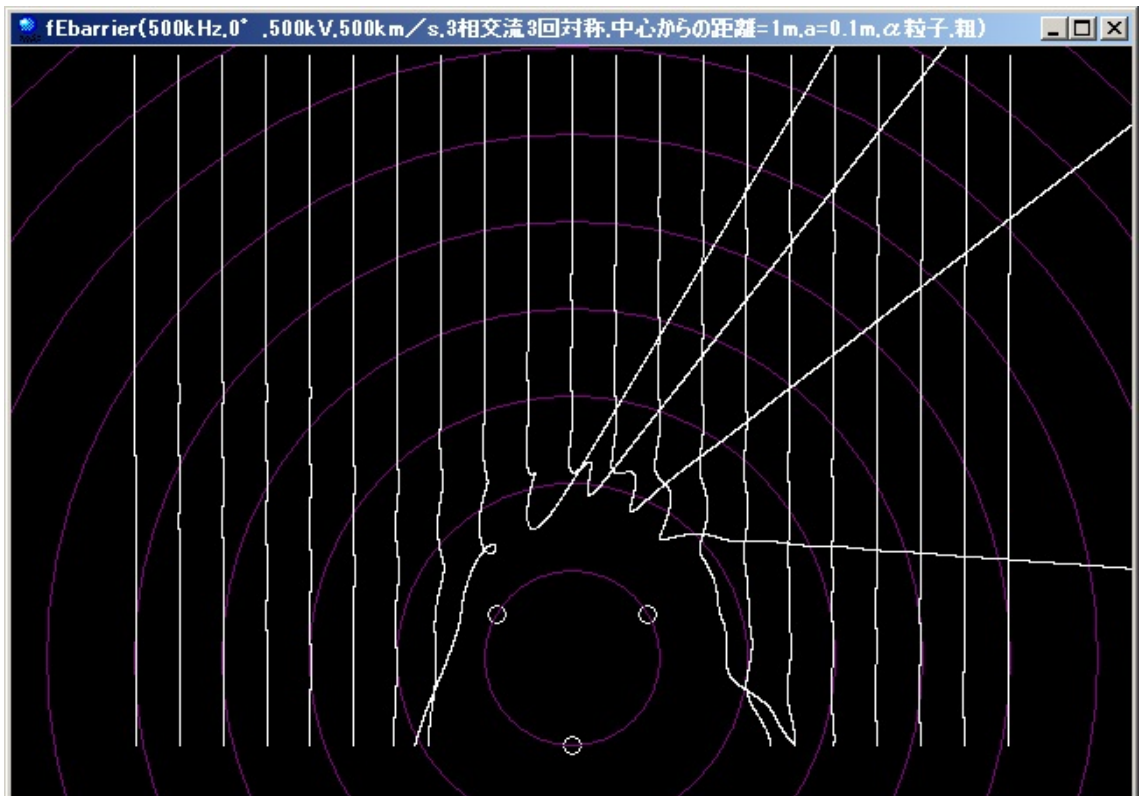
三相交流500kHz, 500kV、 α 粒子初速度500km/s、対称軸方向に入射
電極配置=対称軸からの距離1m、電極半径=0.1m



三相交流500kHz, 500kV、 α 粒子初速度500km/s、対称軸に直角に入射
電極配置=対称軸からの距離1m、電極半径=0.1m



三相交流500kHz, 500kV、 α 粒子初速度500km/s、対称軸に直角に平行入射
電極配置=対称軸からの距離0.5m、電極半径=0.1m



三相交流500kHz, 500kV、 α 粒子初速度500km/s、対称軸に直角に平行入射
電極配置=対称軸からの距離1m、電極半径=0.1m