

3次元電磁場解析とCAVE・Web3Dへの表示

中村員己、村上裕司、桑子敏也、川島準也、井門俊治

埼玉工業大学 工学部情報工学科 井門研究室

目的

3次元電磁場解析を行ないその可視化をAVS、CAVE、Web3Dを用いて行なうことを目的とする。

可視化手法

1) CAVE

対象の数値データ（磁場）をFIELDデータとしてAVS/Expressに入力。また、MGF形式、VRML形式で形状データを作成し、AVS/Expressで形状表示を行なう。それらの数値データ及び形状データをAVS/Expressにおいて可視化表示しCAVEへ出力する。以上の処理の流れの様子を図.1に示す。

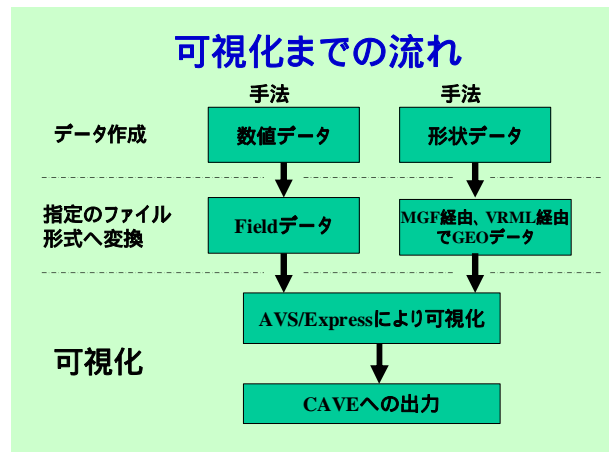


図.1 可視化までの流れ

2) Web3D

- ・AVS/Expressにおいて可視化表示し

VRMLで出力する。

- ・次にVRMLを3ds Maxを用いて

Viewpoint Scene Builder(Web3D)に
入力する形式で出力する。

- ・Viewpoint Scene Builderに
読み込み後、htmlを出力する。

この以上の処理の流れの様子を図.2に示す。



図2 . Web 3 D までの流れ

解析手法

磁石のつくる磁場の計算方法には以下のようなものがある。

- (1) 磁化電流をビオサバール法により計算する方法
- (2) 磁気クーロン法
- (3) 有限要素法

ビオ・サバール法を用いて磁場を計算する場合、

電流線素 $I ds$ による磁場の強さ $dB = \mu_0 dH$ 総和することで求める。磁気クーロン法においては面積分を行なう。矩形型の磁石による場合には公式を用いる方法がある。用いる計算式は下記通りである。(式(1)、式(2))

ビオサバール法

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{ds}{r^2} \sin \theta \quad \dots (1)$$

磁気クーロン法

$$\Delta B = \frac{I}{4\pi} \cdot \frac{\Delta m}{r^2} \cdot \frac{r}{r} \quad \dots (2)$$

結果

1) 複数の磁石のつくる磁場

複数の磁石のつくる磁場の AVS/Express による可視化イメージを下図に示す。今回は、2個、4個、5個、6個(U字型)の磁石の作る磁場解析をおこなった。磁石の形状データはMGFで作成している。磁場はビオ・サバール法を用いて解析を行っている。赤と青のラインは磁力線を表し、赤と青の box は磁石の形状、配置を示している。図3、図4は同一方向を向く2個の矩形型磁石の作る磁力線を示している。図3はAVS(一面)による写真である。図4はCAVEに表示した写真である。

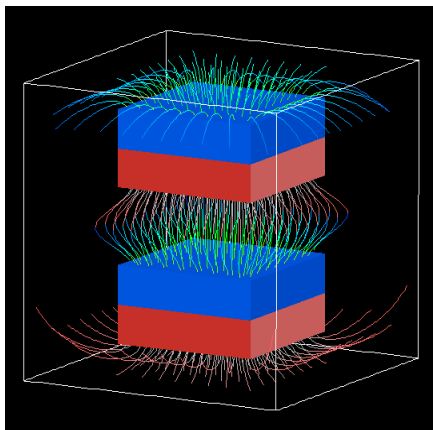


図3．2個の磁石の作る磁場1 (AVS)

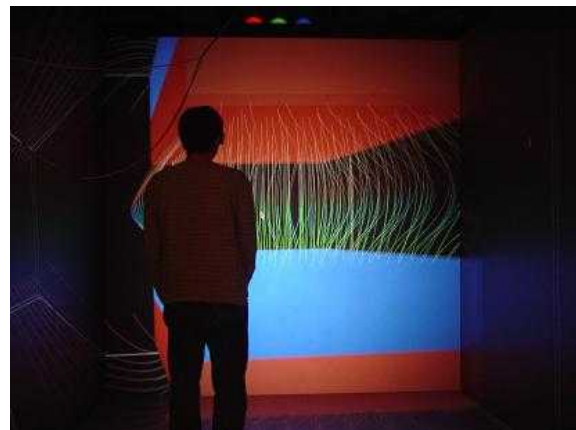


図4．2個の磁石の作る磁場1 (CAVE)

図5、図6は同一方向を向く2個の矩形型磁石の作る磁力線を示している。図5はAVS(一面)による写真である。図6はCAVEに表示した写真である。

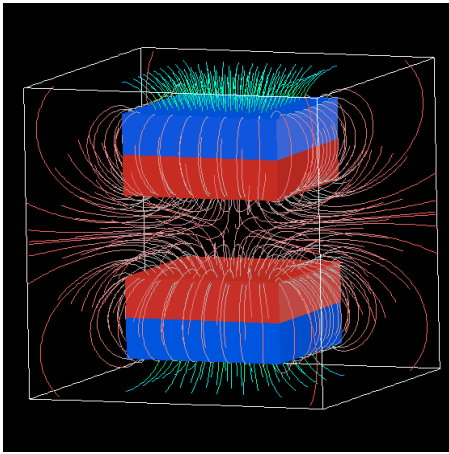


図 5 . 2 個の磁石の作る磁場 2 (A V S)

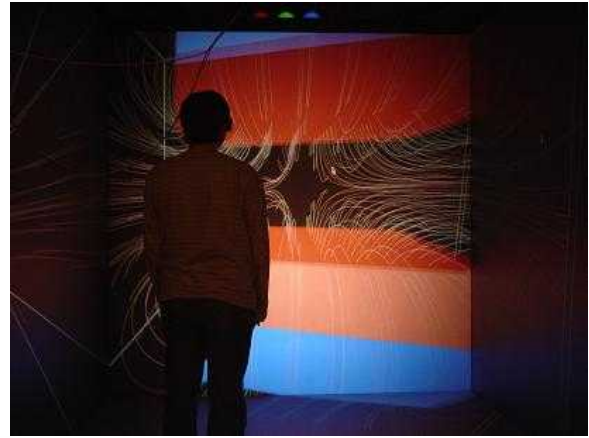


図 6 . 2 個の磁石の作る磁場 2 (C A V E)

図 7、図 8 は同一方向を向く 4 個の矩形型磁石の作る磁力線を示している。図 7 は AVS (一面) による写真である。図 8 は CAVE に表示した写真である。

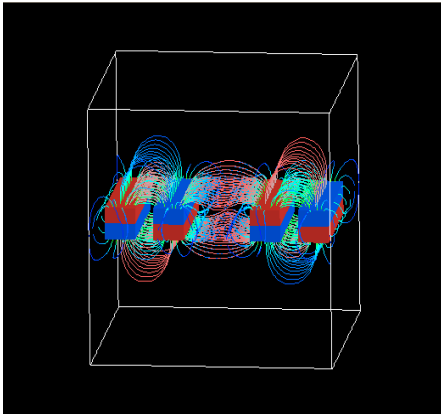


図 7 . 4 個の磁石の作る磁場 (A V S)

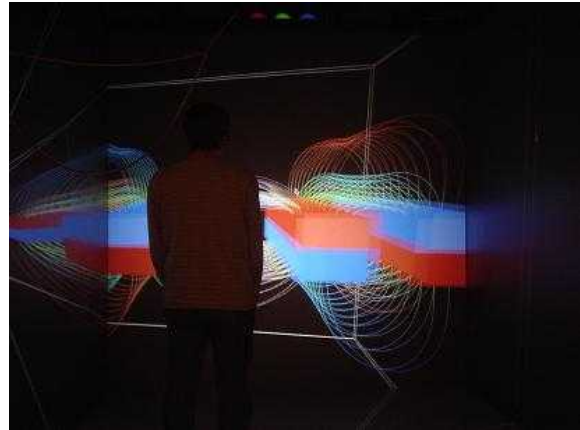


図 8 . 4 個の磁石の作る磁場 (C A V E)

図 9、図 10 は同一方向を向く 5 個の矩形型磁石の作る磁力線を示している。図 9 は AVS (一面) による写真である。図 10 は CAVE に表示した写真である。

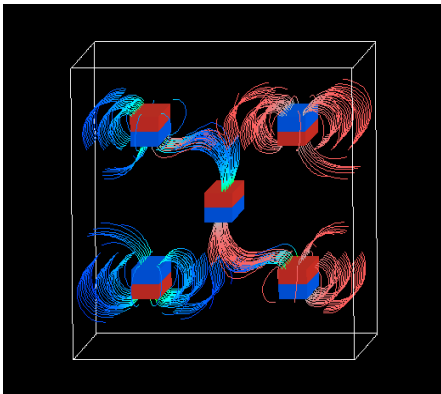


図 9 . 5 個の磁石の作る磁場 (A V S)

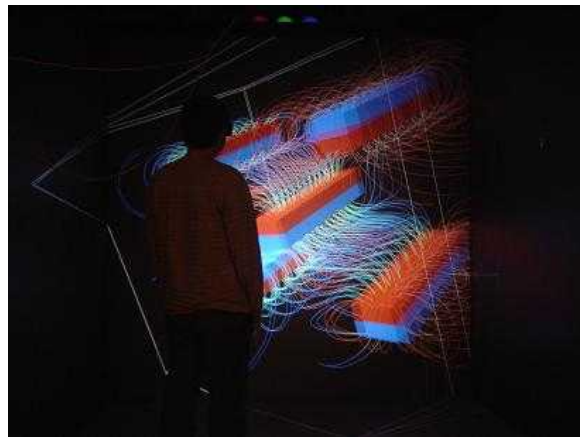


図 10 . 5 個の磁石の作る磁場 (C A V E)

図 1 1、1 2 は同一方向を向く 6 個の矩形型磁石の作る磁力線を示している。図 1 1 は AVS (一面) による写真である。図 1 2 は CAVE に表示した写真である。

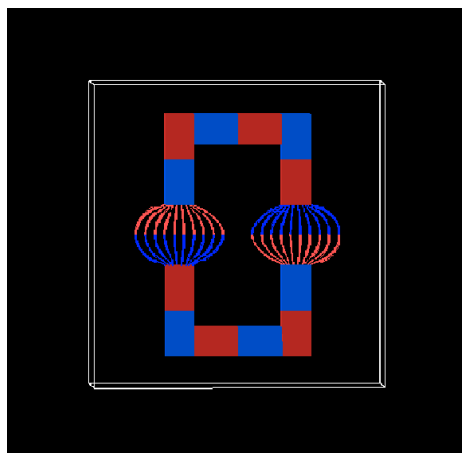


図 1 1 . 6 個の磁石の作る磁場
(AVS)



図 1 2 . 6 個の磁石の作る磁場
(CAVE)

2) イオン源

6 6 個の磁石のつくるイオン源の磁場解析をおこなった。イオン源装置で電流がつくる磁界は (1) 式のビオ・サバル法を用いた。線は磁力線を表してる。図 1 3、図 1 4 はイオン源に発生する磁力線を示している。図 1 3 は AVS (一面) による写真である。図 1 4 は CAVE に表示した写真である。

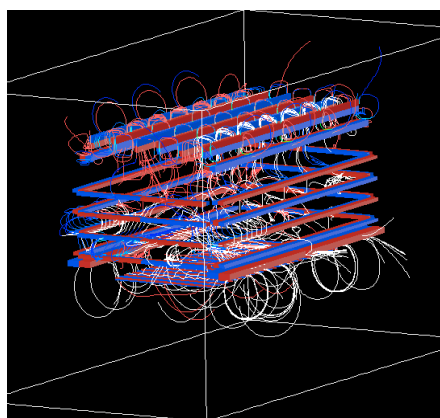


図. 1 3 . イオン源に発生する磁場 (AVS)



図 1 4 . イオン源に発生する磁場 (CAVE)

3) 矩形型マグネトロン装置内での電子軌道追跡と電離衝突点分布

ここでは磁気クーロン法を用いて磁界を計算する。電場は、磁石の構成面に垂直であることにより、電子は磁場に沿って螺旋運動を行ないつつ $E \times B$ ドリフトを行なう。電子の運動をルンゲクッタ法で解く。図 1 5、図 1 6 は矩形型マグネトロン装置内における電子軌道追跡を示している。図 1 5 は AVS (一面) に

よる写真である。図 1 6 は CAVE に表示した写真である。

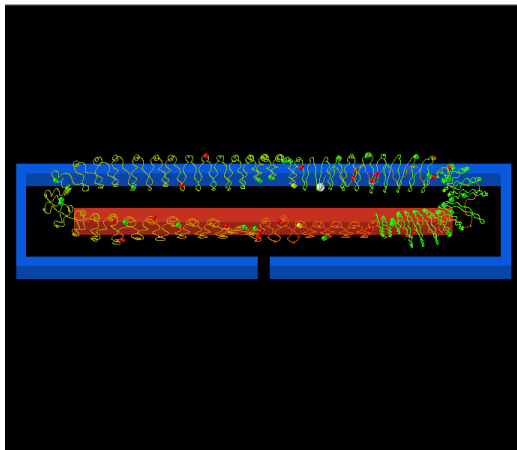


図 1 5 . 矩形型マグネトロン装置内における
電子軌道追跡 (AVS)



図 1 6 . 矩形型マグネトロン装置内における
電子軌道追跡 (CAVE)

矩形型マグネトロン装置内での電離衝突点分布をおこなった。図のモデルは粒子数が 1 0 0、追跡する電子は 1 4 5 9 個、残留磁束密度は 0 . 7 5 T としている。緑色の玉は電離衝突点を示す。磁気トンネルが形成されている $x = - 1 7 0 \text{ mm}$ 、 $y = - 2 5 \text{ mm}$ を中心として、電離衝突点は分布している。図 1 7 は AVS (一面) による写真である。図 1 8 は CAVE に表示した写真である。

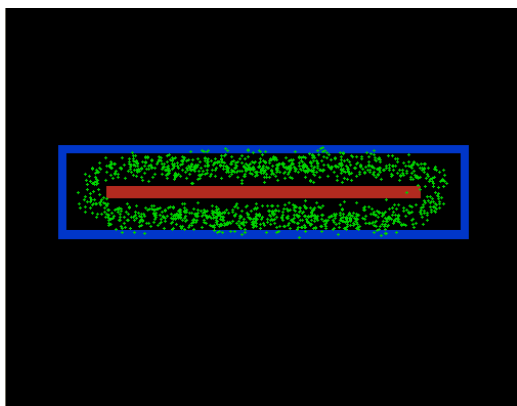


図 1 7 . 矩形型マグネトロン装置内における
電離衝突点 (AVS)



図 1 8 . 矩形型マグネトロン装置内における
電離衝突点 (CAVE)

4) 矩形型マグネトロンの Web3D 化

矩形型マグネトロンの電離衝突点を表すデータを Web3D として出力した。Web3D を用いて発信することにより、AVS、CAVE を用いずに情報を得ることができる。さらに Web3D として発信することによって、平面的な情報しか持たない 2D 画像と違いマウス操作によりあらゆる角度から見る事が出来るので非常に理解しやすいコンテンツとなる事が出来る。

図 1 9 は Web3D として出力したものであり、図 2 0 は Web3D として出力したものを Web ページに合成したものである。

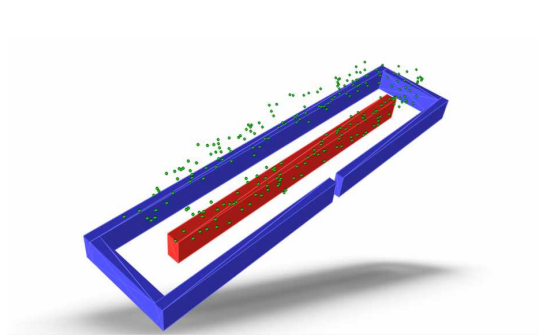


図.1 9 Web3D 化したマグネトロン



図.2 0 Web ページとの合成

結論

目で見ることのできない電磁界の形状を、可視化をおこなうことにより確認し、理解を深めることができた。CAVE を用いることにより、より詳細に確認をすることができる。

また、Web3D を用いる事により、Web 上において 3 次元的に解析結果を表示し、観察することが可能になった。