

JEME ワーキンググループ (WG) 活動紹介



マイクロ波可視化 WG

Microwave visualization WG

Tutomu Takizawa

JEMEA 可視化ワーキンググループ 滝沢 力

e-mail: visualmicrowave@yahoo.co.jp

1. はじめに

マイクロ波は電界と磁界が横波として自由空間内を伝播する。金属面では反射し、誘電体では反射、吸収する。伝播波長は誘電率に依存し、減衰率は誘電損に依存する。反射波と進行は重なり合い定在波となる。三次元空間内を電界と磁界が伝播する様子を頭の中で描くことは難しい。特にマイクロ波初心者にとっては、このことが原因でマイクロ波の挙動を理解することを難しくしているといえる。電子レンジのように、マイクロ波を空間内に閉じ込め食品を加熱するような単純なモデルにおいてさえ、電磁界分布を三次元的に予測し理解することはなかなか難しい。

その一方、マイクロ波の伝播はマクスウェル方程式で正確に記述することができる。この方程式を数値的に解くことによって、三次元空間内の電磁界分布を求め可視化することができる。

各種ツールを用いてマイクロ波の電磁界分布を可視化することもできる。マイクロ波を可視化することによりマイクロ波の理解が進み、よりマイクロ波応用分野を広げることができると考え、マイクロ波ワーキンググループを立ち上げた。また多くの人たちの協力を得ながら活動を続けることができた。

2. 活動経過

2011 年第 1 回ワークショップを開催してから計 6 回のワークショップと電磁界セミナーを一回開催した。2014 年よりマイクロ波電磁界分布を可視化ソフト「VMW」は JEMEA 学会を通してレンタル配布を開始し、身近にある Windows パソコンで手軽にアプリケ

ータ形状やマイクロ波負荷の形状を入力し電磁界分布を可視化できるようになった (図 1)。この「VMW」を用いてマイクロ波の理解がより深まることを期待している。以下に現在までのマイクロ波可視化ワーキンググループの活動経過を示す。

- ① 第 1 回可視化ワークショップ 2011.1.28
可視化ツールの紹介
東工大学大岡山キャンパス
西 9 号棟デジタル多目的ホール入り口
- ② 第 2 回可視化ワークショップ 2011.5.27
可視化ソフトのデモ
上智大学 7 号館 14 階 特別会議室
- ③ 第 3 回可視化ワークショップ 2012.1.31
マイクロ波デバイス紹介
産業技術総合研究所 臨海副都心センター別館
- ④ 第 4 回可視化ワークショップ 2013.5.30
講習会
「マイクロ波可視化ソフトの普及に向けて」
東京工業大学 西 8 号館 E 10 階大会議室
- ⑤ 電磁界セミナー 2013.9.02
実習及び体験版ソフト配布
東京工業大学大岡山キャンパス
くらまえホール
- ⑥ 第 5 回可視化ワークショップ 2013.5.30
講習会
「マイクロ波の動きを自分のパソコンで見てみよう」
東京工業大学 西 8 号館 E 10 階大会議室
- ⑦ VMW レンタル配布開始 2014.5.30

⑧ 第6回可視化ワークショップ 2014.11.17~18

「電磁界分布+加熱温度分布のデモ展示」

試用版 CDR 無償配布

高知会館 シンポジウム会場にて

⑨ VMW レンタル配布開始 2015.5.28

(電磁界分布+加熱状況可視化ソフト V2.06)

3. マイクロ波可視ソフト「VMW」

図2にマイクロ波ワーキンググループで紹介した可視化の例を示す。マイクロ波可視化ソフト「VMW」は導波管内のマイクロ波の定在波を三次元的に理解したく、いろいろなソフトを寄せ集めて作成したものがベースになっている。かつて趣味で始めたインタープリター、数値計算や画像処理等の自作ライブラリは大いに役立った。そのなかでもマクスウェル方程式を差分方程式に変形して解く FDTD (時間領域差分法 Finite-Difference Time-Domain method) の電磁界解析ルーチンは有効に機能した。また OpenGL や FLTK 等のパブリックドメインソフトは三次元表示やユーザインターフェイスの作成に役立った。

マイクロ波可視化ソフト「VMW」をレンタル配布するに当たり、下記のことを念頭において作成した。

- ① どの Windows パソコン上でも動作すること。
- ② 加熱用アプリケーションの形状入力を (積み木細工を組み立てるように) 容易にする。
- ③ 形状や寸法変更を容易にする
- ④ 電磁界分布を美しく動的に表現する。

通勤時間や出張時の空き時間、休日等のあき時間を見つけてはプログラム作成、動作確認やディバック等を行った。多くの有志の協力を得て使い勝手や精度等の評価、改善点や要望をいただいたのはありがたかった。またロゴやイラスト等も無償提供していただいた。

レンタル開始当初の VMW(V2.03)は電磁界分布を可視化するのみであったが、昨年よりレンタル配布を開始した VMW (V2.06) は電磁界分布から求められた電界強度分布から誘電率と誘電損による発熱項を用いて、

- ① 発熱量を計算し可視化する。

比熱、比重、熱伝導率から伝熱解析 (拡散方程式) と練成し、

- ② 温度分布を計算し可視化する。

更には潜熱項による熱量計算を付け加えて、例えば氷から水へ変化する。

- ③ 相変化を可視化する機能を追加した (図3)。

おかげをもってレンタル販売を開始以降大きな不具合もなく、順調に使用実績を積み重ねている。また本ソフトを利用し、作成した可視化画像を用いた印刷物も見られるようになってきたことは、マイクロ波可視化ソフト「VMW」を作成した者としてはうれしい限りである。

しかし、「VMW」による可視化画像は、ある特定条件の基での演算結果に過ぎず、マイクロ波加熱状況のすべてを表しきれていないことを念頭に置いておかなければ成らない。このことは、マイクロ波の発熱項を潜熱や反応熱を伝熱解析と練成しても同じことが言える。

更にはマグネトロンを使用した場合、電源変動が及ぼす発信周波数や出力変動、複数マイクロ波発生器の相互作用、比加熱物の誘電率や誘電損や導電損の扱い方、演算方式に起因する誤差の影響等、メッシュの互換性等、まだまだ多くの課題が残されている。

自由空間内を伝播する三次元の電磁波の自由度はたかだか4である。電界成分と磁界成分を xyz 軸方向に $E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z$ の6個の成分 (6自由度) を用いての解析方法 (とくに FDTD 法を用いての計算) では、自由度が大きすぎるため、これが原因と思われる現実にはありえない電磁界分布の答えが求まることがある。

更には荷電粒子と電磁波の量子論的相互作用や波長を λ 線領域まで広げると、電子が主体の双極子ではなくプラス電荷を持つ陽子と電磁波との相互作用を考慮することが必要になり、問題が更に複雑になる。これらの問題に対して、じっくりと取り組んでゆきたいと私は考えており、昨年に引き続き今年度もマイクロ波可視化ワーキンググループを休会とするが、マイクロ波の「可視化」テーマは奥が深い。この分野に興味をお持ちの方は是非このワーキンググループに参加して活動を盛り上げたいと考えている。

5. おわりに

今年度もマイクロ波可視化ソフト「VMW」は当学会にてレンタル販売する。この「VMW」を用いてマイク

マイクロ波を可視化することにより、マイクロ波の理解を深めてほしい。詳細は JEMEA 事務局へ連絡するか、もしくは JEMEA ホームページの Web Shop を参照されたい。

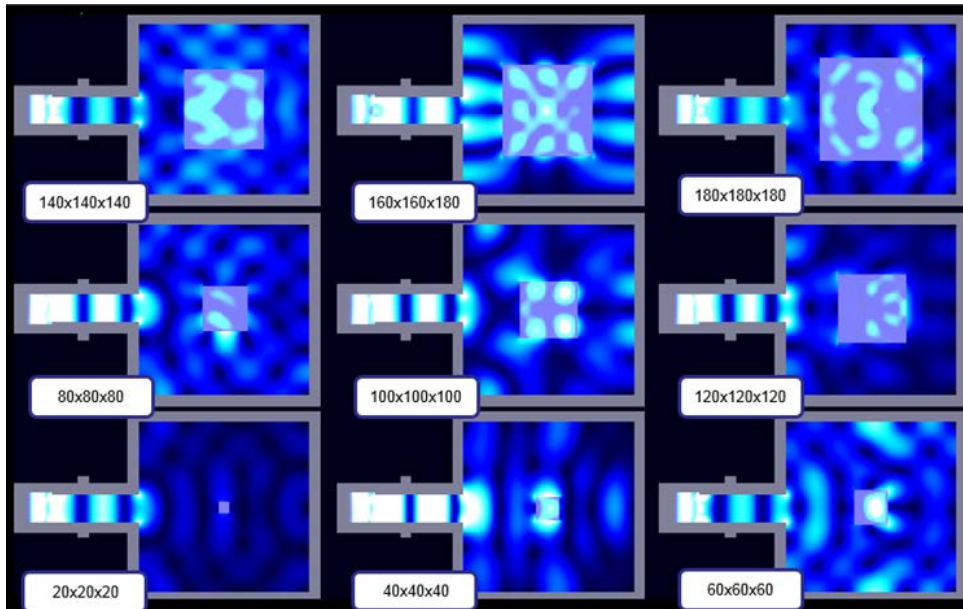


図1 負荷寸法サイズを変えた時の電界強度分布の変化
 アプリケータサイズ 300x300x300mm, 周波数 2.45GHz, 負荷の誘電率 $\epsilon=4$

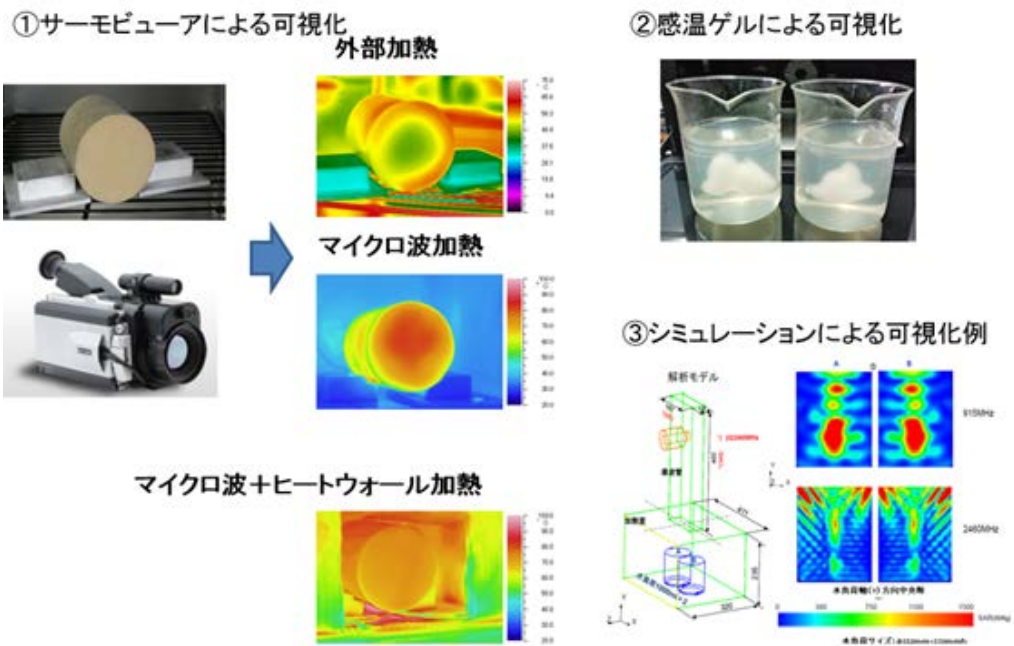


図2 マイクロ波可視化例



VMW2.06 「加熱の可視化」

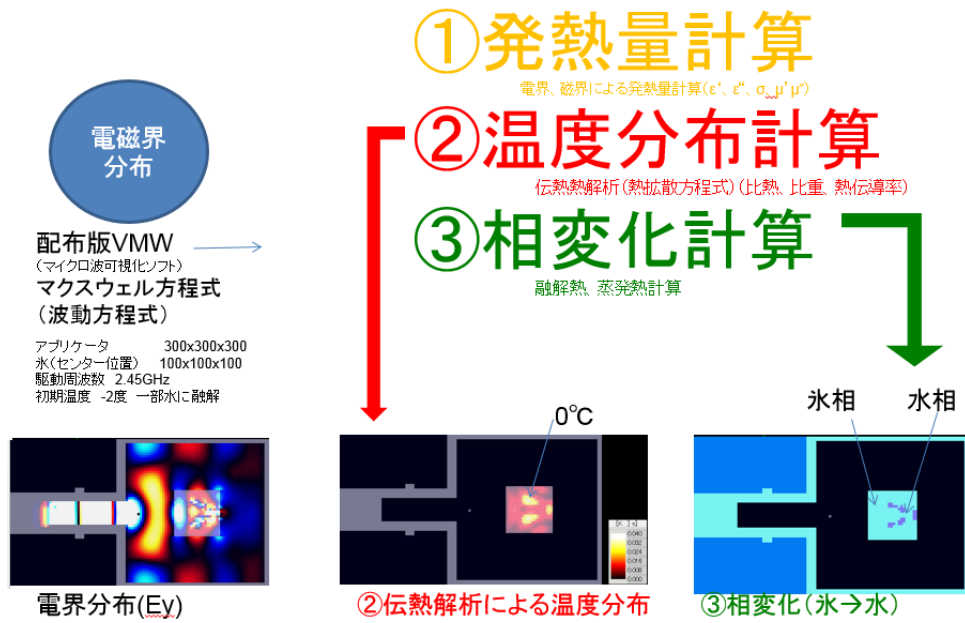


図3 可視化ソフト VMW 2.06