

有限要素法電磁波解析 CAD を用いたマイクロ波大型加熱空洞解析 Analysis of Electromagnetic fields of Microwave Oven Using the FEM CAD

上野 寛幸 打矢 匡 柏 達也

Hiroyuki UENO Masashi UCHIYA Tatsuya KASHIWA

北見工業大学

Kitami Institute of Technology

1. はじめに

マイクロ波回路の設計においてシミュレータを用いた解析が不可欠となっている。特に解析が困難である代表的なモデルがマイクロ波加熱大型空洞である。この系においては空洞が波長に比べて大きく、また、被加熱媒質の誘電率が大きいので空洞の実効的な大きさが更に大きくなる。更に、媒質の損失が大きいため複雑な電磁界分布となる。本報告では市販有限要素法電磁波解析 CAD を用いた大型空洞解析について報告する。

2. CAD の必要性

従来、我々は自作 FDTD プログラムを用いて解析を行ってきた。この際、FDTD 法などでプログラムを作成して解析を行う場合が一般的であるが、解析領域や境界条件など設定するプログラムが膨大な量となり、幾度のデバッグが必要となる。しかも解析する本人にプログラムの知識が要求される。また、解析モデルが確認できず、誤った設定をしたまま解析を行う恐れがある、という欠点がある。

それに対して CAD を用いた場合の利点として、プログラムの知識がなくても解析が可能で、解析モデルを視覚化しつつモデリングが出来ること、解析データを流用して別条件を与えて再度解析が可能などがある。

3. マイクロ波大型空洞

空洞上面に給電部がある大型加熱空洞を図 1 に示す。空洞は市販の電子レンジの平均的な大きさを考慮し $300 \times 200 \times 300\text{mm}$ と設定した。最も基本的な入力形状である終端が吸収境界で定義されている導波管給電について解析を行う。

被加熱媒質には実際の食品の解凍を考慮して、誘電率 $\epsilon_r=4.4$ 、半径 100mm 、厚さ 10mm の誘電体を仮定した。なお、媒質は底面より 10mm 浮いている。

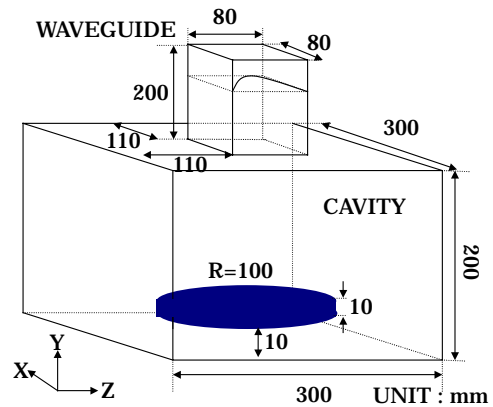
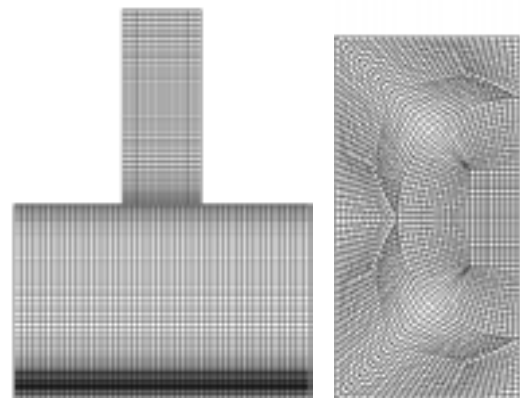


図 1 大型空洞モデル



垂直面 水平面
図 2 有限要素メッシュ

解析には日本総合研究所社製有限要素法電磁界解析 CAD (JMAG-WV Ver.6.0) を用いた。解析に用いた有限要素メッシュを図 2 に示す。系の対称性を利用して半分の系について解析を行う。断面に対称境界を入れることで計算時間の短縮を図っている。全体の分割数は 204,303 となった。

有限要素法の行列解法には直接法と反復法があるが、直接法では大型空洞のようなモデルや分割数が多いモデルでは良好な解析結果が得られないので反復法を用いた。また解析結果の妥当性を確認するために自作 FDTD プログラムによる結果と比較を行った。

計算には HP VISALIZE C3000 (CPU は PA-8500, 400MHz, メモリは 2 GB) を用いた。

4. 解析結果

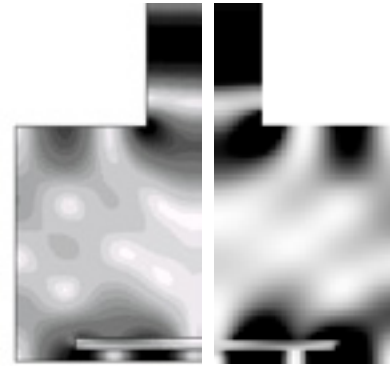
CAD 解析により得られた電界二乗 (E^2) 分布を図 3(a), 図 4 (a) に示す。次に FDTD プログラムの結果を図 3 (b), 図 4 (b) に示す。水平観測面は底面から 11mm 上の水平面である。垂直観測面は空洞中心を含む垂直面である。この結果から電界二乗分布がほぼ一致している。また、両手法の結果から、導波管部から給電された電磁波が誘電体に引き寄せられていることがわかる。

5. むすび

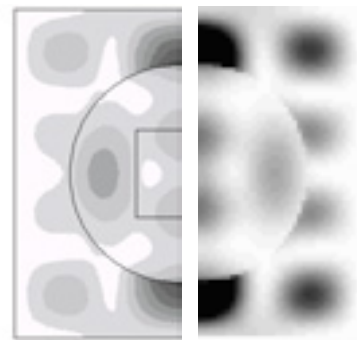
本研究では有限要素法電磁界解析 CAD と自作 FD-TD プログラムによる解析の比較を行った。その結果、両アプローチの有効性を示した。CAD を用いることで解析モデルに必要な条件を理解していれば各種条件を設定して解析を行うだけであり、解析モデルを視覚化しつつ解析が可能となった。しかし、CAD による解析から所望のデータを抽出することが困難な場合もある。また、得られた結果に妥当性があるとは限らない。解析結果の妥当性を検証するため自作プログラムによる解析も必要である。以上のことから、マイクロ波回路解析においても CAD、及び自作プログラムの両アプローチを共用して解析を行うのがよいと思われる。

参考文献

- [1] K. Iwabuchi, I. Fukai, T. Kashiwa, "Consumer Applications of Microwaves" in Handbook of Microwave Technology, vol.2, Chap. 9, pp. 249-275, Academic Press, 1955.
- [2] 打矢, 柏, 岩淵, "複数の偏波を用いて給電された電子レンジの加熱特性解析" 信学論, Vol. J83-C, No. 11, pp. 1044-1045, Nov. 2000.
- [3] JMAG ユーザーマニュアル, 日本総合研究所.



(a) (b)
図 3 垂直面電界二乗(E^2)分布



(a) (b)
図 4 水平面電界二乗(E^2)分布