

GTEMセル内の電界強度分布に対する金属板／棒の影響について

光電子科 電子スタッフ 長谷川茂

Influence of Metal Plate/Pole on Electric Field Strength Distribution in GTEM cell

Shigeru Hasegawa

The GTEM cell is the examination facilities which are new in an EMC examination. How the electric field strength(EFS) distribution changed by setting up a metal plate and a metal pole in the cell was experimentally examined by using immunity examination system of the GTEM cell.

With the metal plate, a change was seen in EFS distribution by the influence of the electromagnetic wave reflection, and there was a major influence in the frequency area that had especially corresponded to the size of the plate. With the metal pole, the EFS on long dog point edge became strong and was remarkable in the domain that was lower than a resonance frequency corresponding to the pole length.

1. はじめに

電子機器のEMC試験に用いられる試験設備にGTEM (Gigahertz Transverse Electromagnetic Mode) セルがある。GTEMセルは、標準電界を発生させる装置としてNIST (米国連邦標準局) で開発された同軸伝送路セル (TEMセル) の先端部を大きく拡大し、共振現象を発生させる平行部分をなくすとともに高性能の終端装置を内蔵した構造になっている。高周波数帯域での試験において、特に高価なアンテナや電波暗室を必要としないため、近年、需要が高まっている。イミュニティ試験では、GTEMセルを用いた代替法として試験規格61000-4-20がある。EMC試験では電界強度分布が均一な条件で行われるが、この分布を変化させたとき新たな測定手法の提案、例えば試験体の電磁障害箇所の推定やノイズ源探査等に繋がると考えている。

そこで、本報告ではGTEMセル内部に金属板または金属棒を配置することで電界強度分布がどのように影響を受けるかを実験により調べた結果について報告する。

2. 方法

写真1は、当センター所有のGTEMセル、エレナ電子(株)製EGT-500Bである。実験は、この放射イミュニティ試験システムを用いて行った。

2. 1 金属板の場合

図1に、金属板を置いたときの電界強度分布測定の実験システム概略を示した。図1において電磁波



写真1 GTEMセル

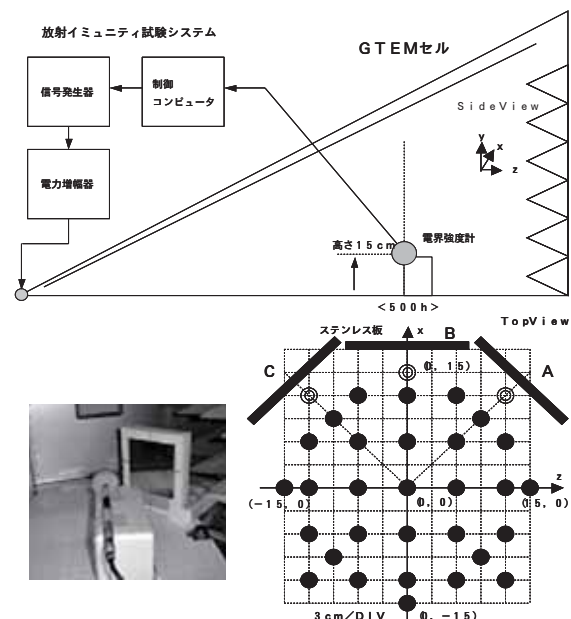


図1 金属板に対する実験概略図

電力の進行方向をz軸、セル床面の幅方向をx軸、高さ方向をy軸として、本セルの最適推奨位置(図1中の<500h>)を座標原点(z,x)=(0,0)とし、高さyは15cm一定とした。

試験は、システムの「置換法によるイミュニティ試験」制御ソフトウェアの手順により進めた。最初に、座標原点に電界強度計(EMR-20)のプローブを図1中の写真のように設置して、電界強度レベル10V/mの設定で校正レベルデータを取得する。そして、電界プローブを図1中の●、◎(金属板の位置によりプローブをセットできない点)で示した測定点32点に置いたときに、校正レベルの電界が原点に出力されるよう制御された後、各点における電界強度計の指示値をコンピュータにより測定し、試験レベルデータとして保存した。試験周波数は、500~1000MHzで100MHz間隔とし、校正モードおよび測定モード共に無変調で行った。

金属板は、ステンレス製で大きさ15cm×15cm×厚さ1mmである。設置する場所は、図1にあるようにz軸に対して、A:後方(Back)45°対向、B:横向き(Side)0°、C:前方(Front)45°対向の3方向とした。写真は、金属板をAの位置に置いたときのものである。なお、板の中心が電界強度計の中心高さと同じになるようにしてある。

2.2 金属棒の場合

図2は、金属棒をセル内に置いたときの電界強度分布を測定するための実験システム概略図である。放射イミュニティ試験の手順は、照射電界強度の校正レベルデータを3V/mとした以外は2.1と同様である。

金属棒は直径5mmの銅で、先端を尖らせた長さ60,120,180mmの3本を用意した。この銅棒を先の図1で示した座標原点(z,x)=(0,0)に固定した。図2中にあるように電界プローブを銅棒先端から3cm上方で、A:X方向およびE:Z方向に1cm間隔で移動させたときの試験レベルデータを測定した。

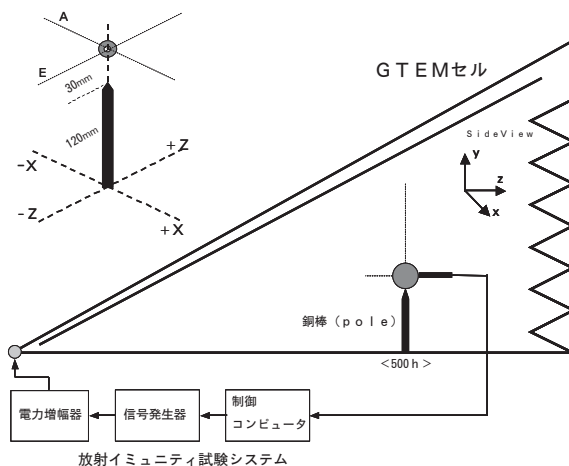


図2 金属棒に対する実験概略図

3. 結果

3.1 金属板配置の結果

金属板が無い場合、イミュニティ試験から得られた電界レベルデータをマッピングして求めた電界分布の結果を図3に示す。上から周波数600、800、1000MHzの分布図で、縦軸は電界レベル(EFS: Electric Field Strength)を表している。校正では原点で電界レベル10V/mとなるようにしたが、800MHzではそれより小さい値となり、また1000MHzでは水平面内で他よりばらついている。これを数値で確かめるため電界レベルの全測定データの平均を求めた。その結果を表1に示す。800MHz付近で平均値が小さく、1000MHzで偏差が大きいことが分かる。原点を中心としたzx平面±15cm内で、レベルのバラツキが+1~-2V/mにあると考えられる。これは、校正レベルデータを測定するとき、時間はかかるが各測定点で校正を行えばバラツキは少なくなると考える。

図4、5、6は金属板をGTEMセル内のA:Back45°、B:Side0°、C:Front45°の各位置に設置したときの電界レベル分布である。先と同様に上から周波数が600,800,1000MHzの場合の結果である。

図4では、各周波数とも図3と比べ電界レベルが大きく変化していることが分かる。金属板が後方にあり電磁波の反射の影響が大きいためと考えられる。

表1 GTEMセル内の電界レベルの平均値(V/m)

周波数(MHz)	500	600	700	800	900	1000
全測定データから	10.25±0.32	10.35±0.81	8.74±0.70	8.53±0.88	9.08±0.35	10.43±1.07

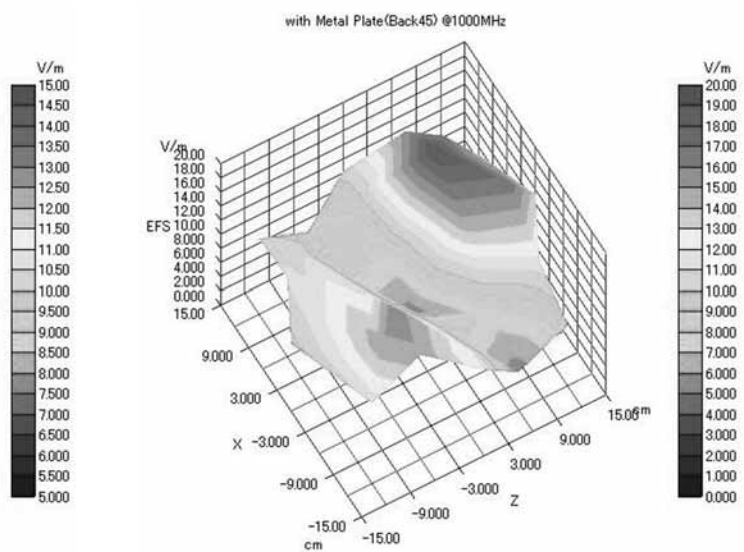
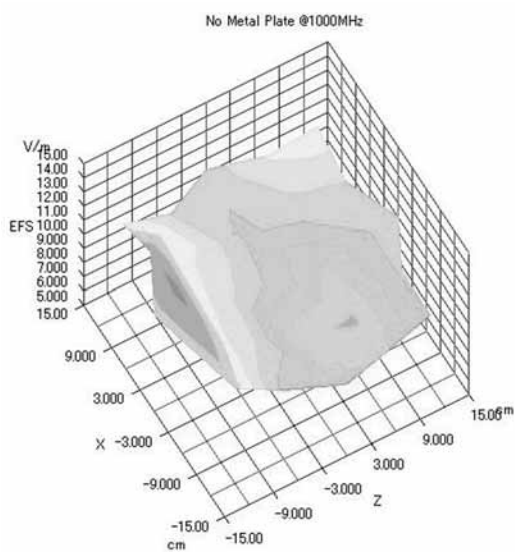
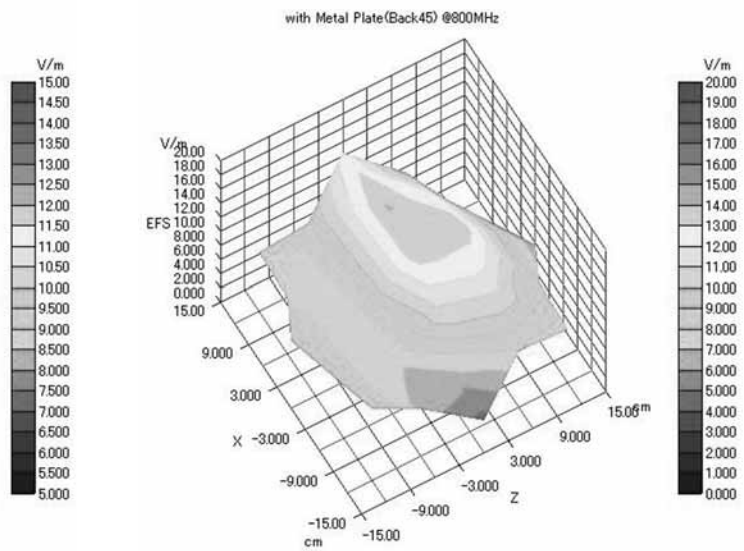
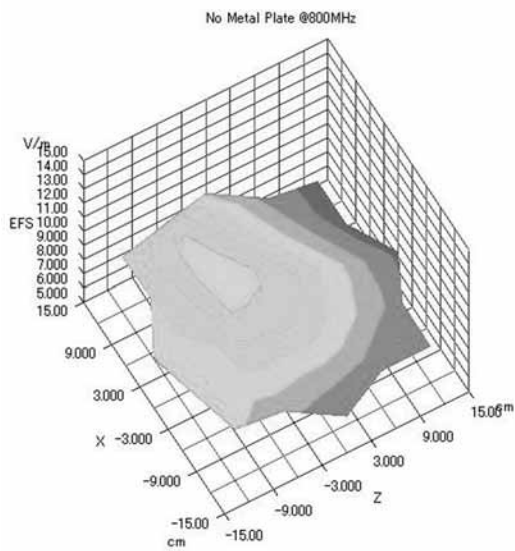
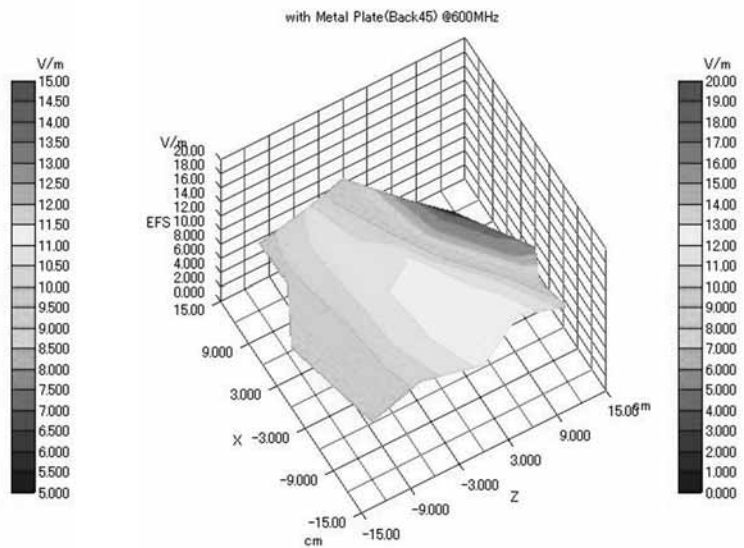
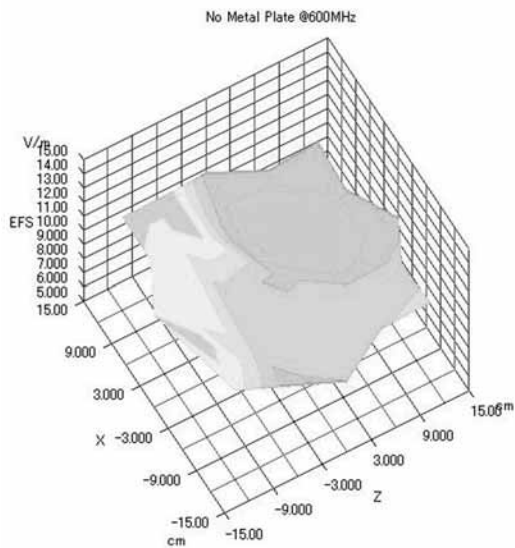


図3 金属板が無いときの電界レベル分布

図4 金属板がA位置のときの電界レベル分布

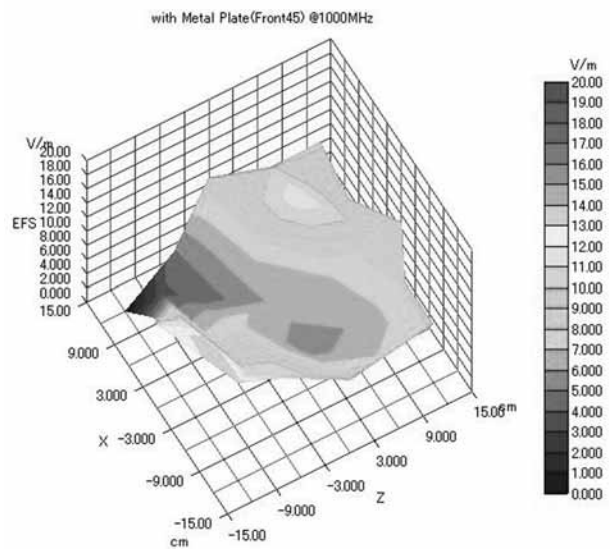
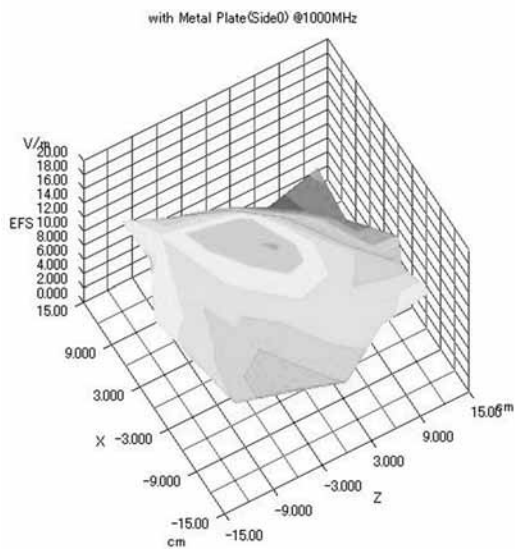
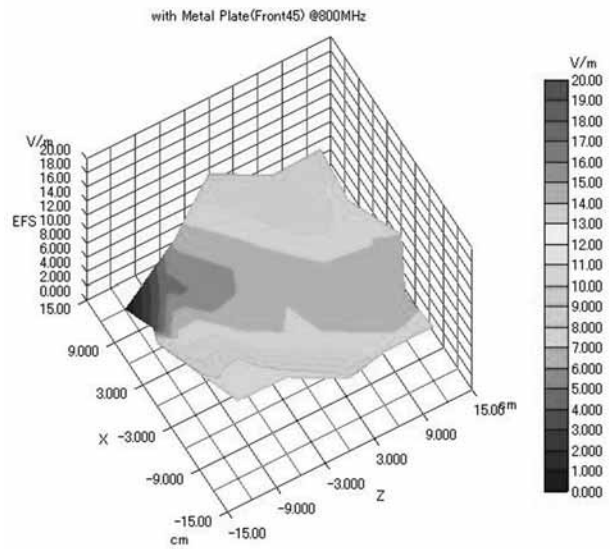
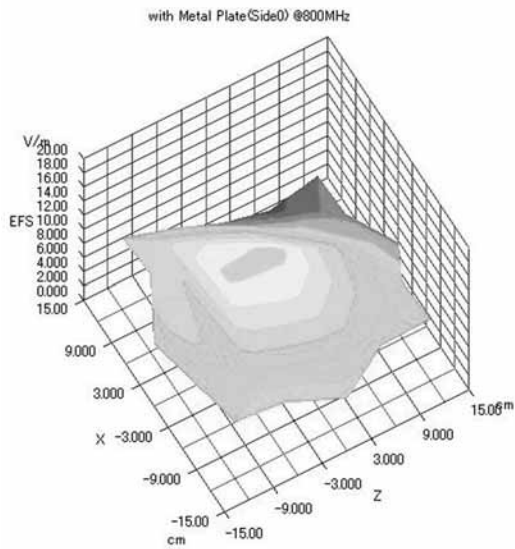
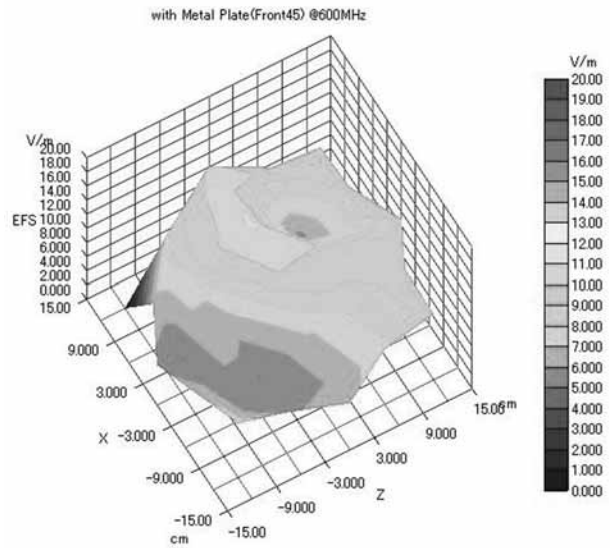
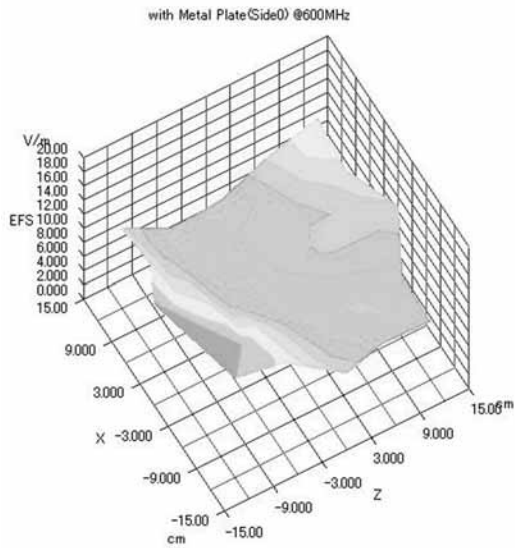


図5 金属板がB位置のときの電界レベル分布

図6 金属板がC位置のときの電界レベル分布

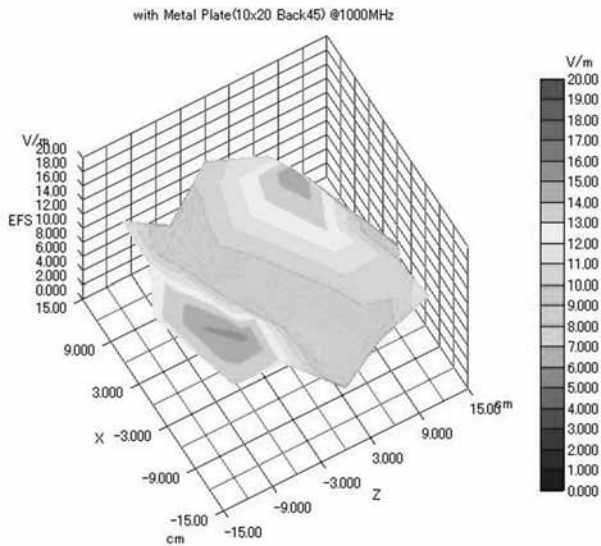


図7 金属板10×20cmのときの電界レベル分布

特に、下段のグラフは1000MHzの結果であるが、金属板に対向する向きでレベルは波打っている。これは板の一辺長さが15cmで、1000MHzの1/2波長に相当するため共振による強い反射に起因すると考えられる。そこで、金属板を10×20cm×1mmにして同様の測定を行った。その結果を図7に示した。図4に較べレベル値は小さかったので、共振の影響が少なくなったと考えられる。しかし板に対向する波打ち形状は同様に現れている。図4および図7どちらも、波の間隔（波長）は約19cmであるが、金属板とGTEMセル筐体内壁との間で定在波が発生しているものと考えられる。

図5は金属板を真横（B）に置いた場合の結果である。板が無いときと分布の形状が異なっているが、全体に亘ってのレベル値の差異は小さかった。電磁波の進行方向に沿って板が置かれているため、分布に及ぼす影響は小さかったと考えられる。

図6は、金属板が測定点より前方に置かれたときの電界レベル分布である。板の位置の直ぐ後ろ側のレベルが小さくなる傾向が見られた。そして、全体的に測定値は小さかった。

3. 2 金属棒配置の結果

図8は、長さの異なる金属棒の上方3cmに電界プローブ置いたときの電界レベルの測定結果である。横軸は周波数で、電界強度（レベル）が照射周波数により変化しており、また棒の長さにより、その振る舞いが違っている。

棒の長さを1/4波長として共振周波数を換算した。図中の↓位置がそれである。共振点では強い電界レベル値を示すと考えられたが、低い周波数側から急峻に落ちている。そこで、共振点換算値となる手前のピーク値（図中↖）を読み取って、長さに逆換算した。その結果を図8中のグラフに示した。横軸が実際の棒の長さで、換算値より小さな値を示し、その比率は約0.90であった。これはダイポールアンテナ等の空中線長さの短縮率と関係があるように考えられる。

図9、10、11は、各々の銅棒長さに対応した電界レベルの結果である。左側は、周波数に対する結果、右側が電界プローブのX軸方向変位に対する結果である。長さが120、180mmの棒では、プローブがどの位置でも先の共振周波数付近で急峻に減少している。なお、60mmのものはこの図からはっきり分らないが、同様の現象を確認している。また、電界レベル値は、全般的に共振周波数より低い側で校正レベル3V/mより大きくなり、高い側で小さくなる傾向を示している。このことは、図右側のプローブ位置に対するグラフからも言え、各棒長さにおける共振

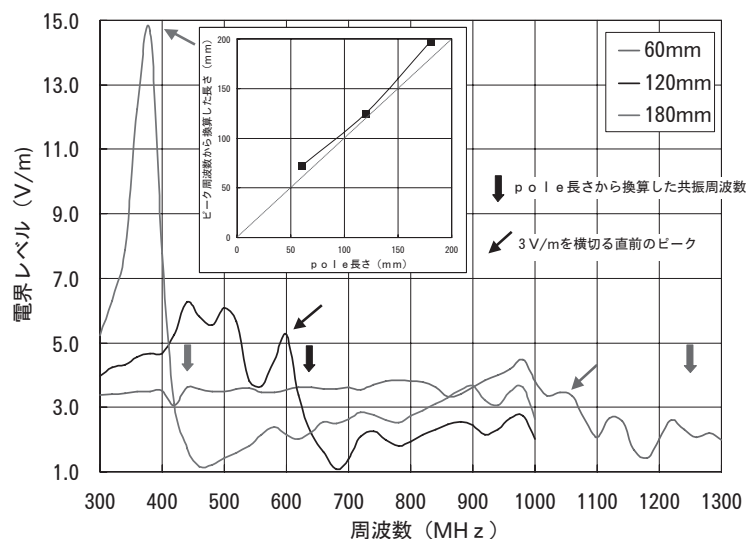


図8 金属棒を置いたときの電界レベルの周波数特性

【報告】

点より高周波数側で電界レベルが3 V/mより低い。しかしながら、共振以前の周波数では金属棒のある位置で電界レベルは最大となっている。周波数を選べば、金属棒先端に強い電界を集中させることができると考えられる。

図12は、棒の長さが120mmのとき電界プローブをZ軸方向に変位させたときの測定値である。棒の後方2 cm付近で最大値となり、棒の位置とはならなかった。この原因は不明である。

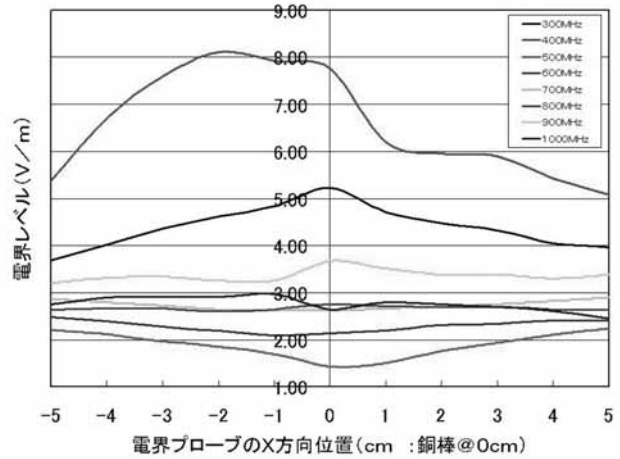
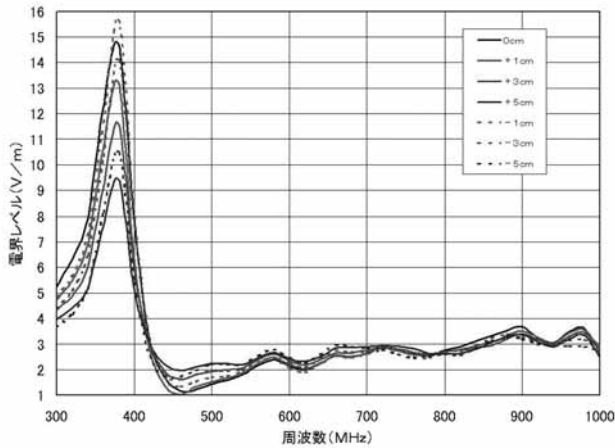


図9 金属棒180mmに対する電界レベルの周波数特性とX方向位置による変化

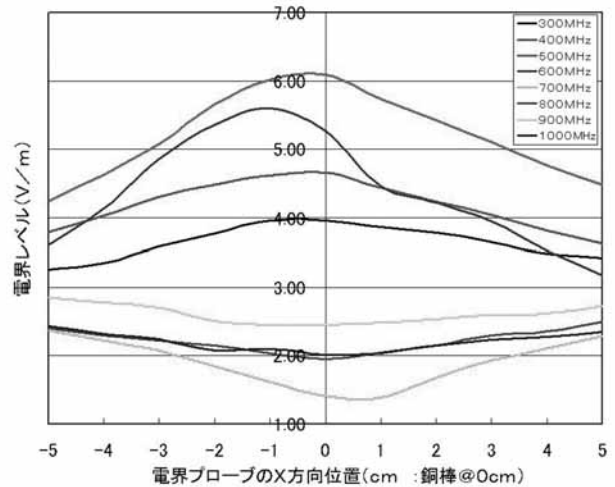
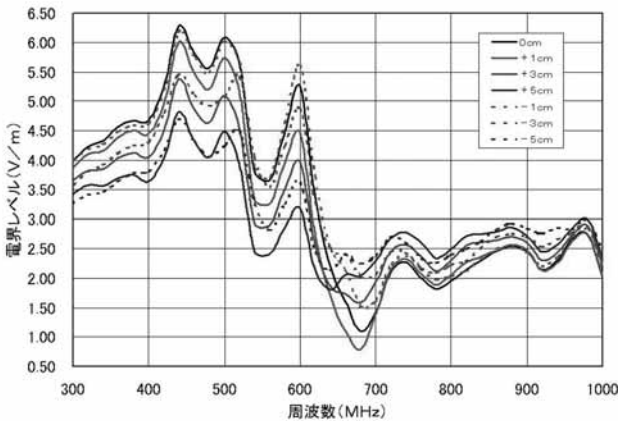


図10 金属棒120mmに対する電界レベルの周波数特性とX方向位置による変化

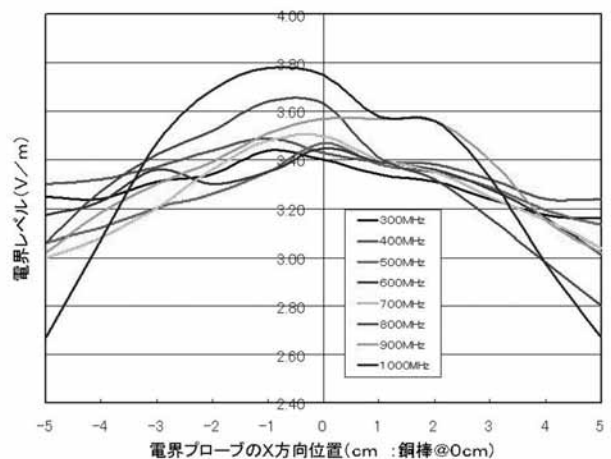
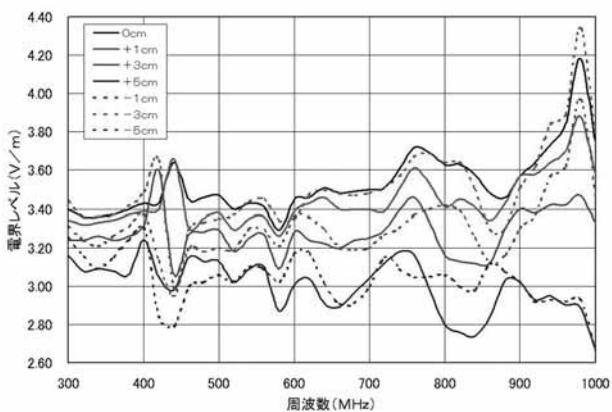


図11 金属棒60mmに対する電界レベルの周波数特性とX方向位置による変化

4. まとめ

GTEMセル内部の電界強度分布を意図的に変化させることによって、新たな測定手法を提案することを目的に、セル内に金属板または金属棒を配置して、その影響を調べる試みを行った。

金属板では、電磁波反射の影響により電界強度分布に変化が見られ、特に電磁波周波数と板の寸法に対応した領域では強い影響があることが分かった。

金属棒では、棒先端部分の電界強度が強くなることが分かり、特に棒長さに対応した共振周波数より低い周波数で顕著であることが分かった。

これら2つの方法でGTEMセル内の電界強度分布に変化を持たせることができることが分かり、その傾斜特性や強電界を1点に集中させる特性などを用いて、電磁波障害箇所の推定やノイズ源探査への応用が期待される。今後、その可能性について検討していく必要がある。

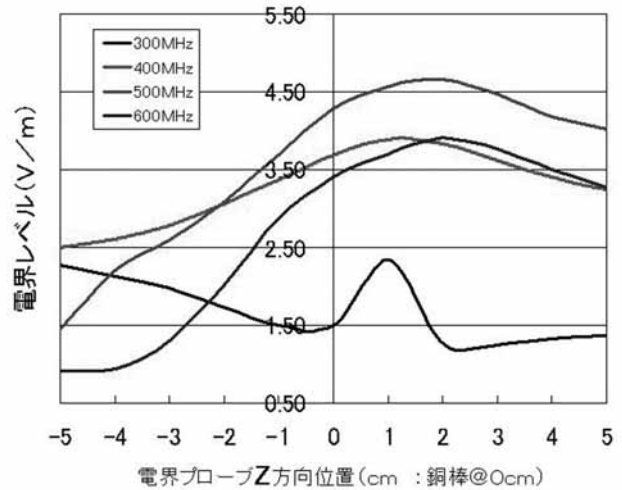


図12 金属棒120mmに対する電界レベルのZ方向位置変化