

電磁ノイズの対策支援技術に関する基礎研究

評価技術課 佐々木克浩 塚本吉俊 宮田直幸 機械電子研究所 金森直希

1. 緒言

電子機器から放射される電磁ノイズの規格適合性は、電波暗室において測定することで評価できる。不適合の場合は、そこから経験などに基づいた試行錯誤によりノイズ対策を行っているのが現状である。放射要因の把握や本評価前における電磁ノイズの簡易的な推定ができれば、ノイズ対策の一助に繋がると考えられる。

そこで本研究では、ノイズの放射要因である金属筐体とケーブルに着目したモデルを構築し、スイッチング電源が内蔵されている LED 電球を例に、放射要因に関する事例の提示と電界強度の推定に関して検討した。

2. 実験モデルとその適用事例

2.1 モデルと測定系

ノーマルモードより問題となることが多いコモンモードに着目し、モデルを構築した。そのモデルを用いた電界の測定系を図 1 に示す。金属箱に内蔵した信号発生器（出力インピーダンス：公称値 50Ω ）により金属箱とケーブル（端子含む長さ 35mm 程度）間に給電した。電源ケーブル（VVVF 1.25mm^2 ）を構成する 2 本の銅線とケーブルを接続し、電源ケーブルの他端は、VHF-LISN（KNW-4601）に接続した。電源ケーブルから 10m 遠方に設置したバイコニカルアンテナにより電界を検出した。電源ケーブルの長さや配置による放射電界への影響を検討するため、図中の配置①と配置②を設定した。配置①では電源ケーブルの長さは 0.85m 程度、配置②は電源ボックス内に VHF-LISN を設置して電源ケーブルの長さは 1.9m 程度（電源ボックス内では LISN まで迂回）とした。電界強度の測定結果（モデルを 45° 間隔で 1 回転時の最大値）を図 2 に示す。本研究では、主に垂直方向の電源ケーブルからの放射に着目するため、以後、垂直偏波を図示する。図 2 より、配置①では、 50MHz と 190MHz にピークが見られるが、配置②では 60MHz と 160MHz にピークが生じている。

2.2 LED 電球の放射要因の考察への適用

LED 電球の放射電界強度は 70MHz 付近で最大となるものが多いことを以前報告した²⁾。この要因を考察するため、配置①と配置②（文献 2）の配置に類似)において、ケーブルと金属箱を LED 電球に変え、VHF-LISN に商用電源を接続し、電球 A と B について電界強度を測定した。その結果を図 3 に示す。同図より、電球 A、B ともに、

配置①では 60MHz と 200MHz 付近にピークがあるが、配置②では、 70MHz と 160MHz 付近にピークが生じている。各ピークは、電源ケーブルの長さに依存していることから、電源ケーブルが寄与していると考えられる。また、出力インピーダンスと後述の金属箱寸法の議論が必要ではあるが、おおよその傾向は図 2 の結果と同様であるため、各ピークは電源ケーブルと金属ケースによるコモンモード放射が要因のひとつであることを示唆している。

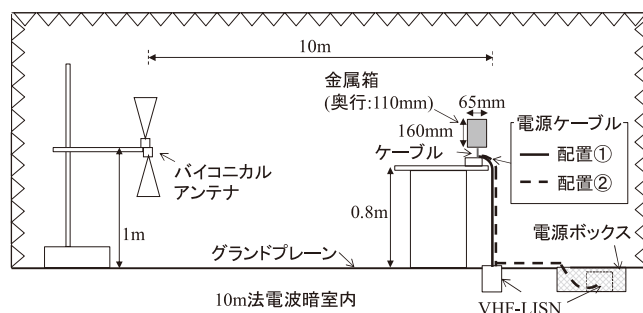


図 1 モデルを設置した測定系の模式図

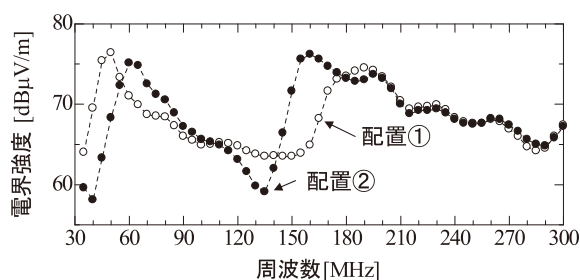


図 2 各配置におけるモデルの電界強度の測定結果

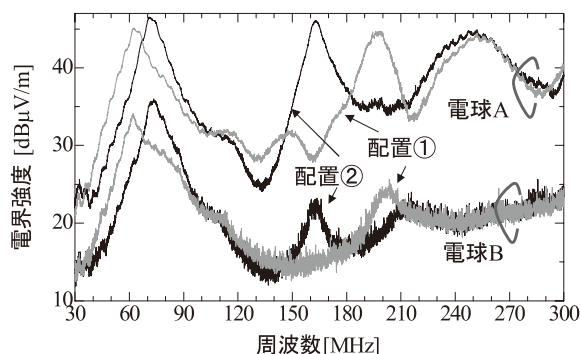


図 3 各配置における LED 電球の電界強度の測定結果

3. 電界強度の推定事例

モデルと実測電流を用いた推定法^{3,4)}を適用し、LED 電球の放射電界強度の推定を検討する。LED 電球のケース

を考慮してモデルの金属箱の寸法を変更するため、配置①の測定系について解析モデル（図4）を構築した。

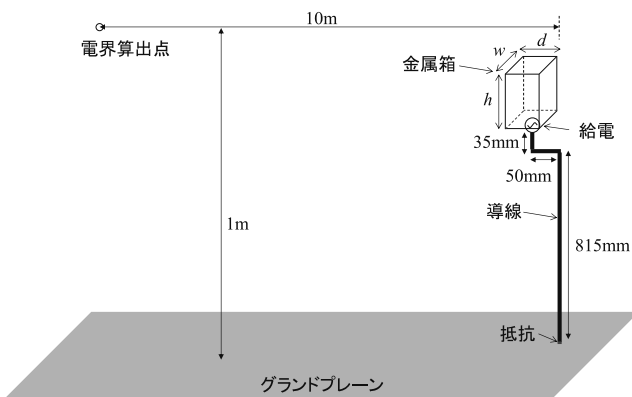


図4 解析モデル

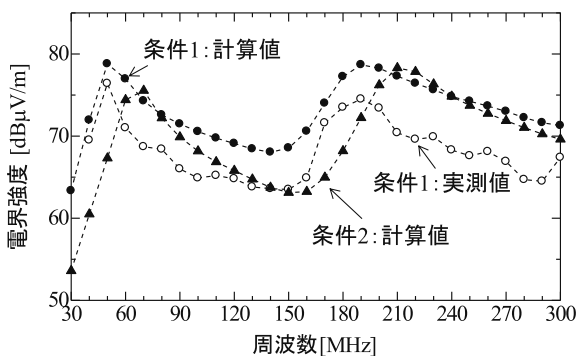


図5 モデルの電界強度の解析および測定結果

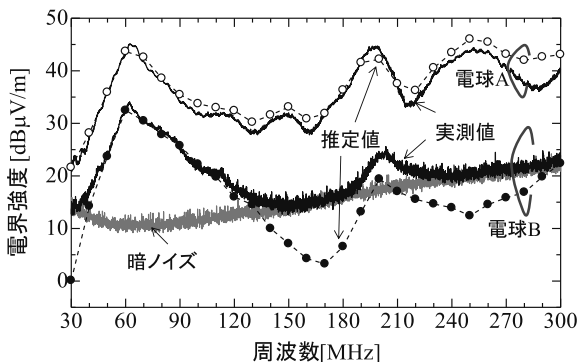


図6 LED 電球の電界強度の推定結果

解析にはムラタソフトウェア社の FEMTET を使い、導線と金属箱間に電力給電を設定した。はじめに、金属箱の寸法に関して、図1と同様にした条件1： $w = 110\text{mm}$, $d = 65\text{mm}$, $h = 160\text{mm}$ と、LED 電球の寸法を考慮した条件2： $w = d = h = 50\text{mm}$ のモデルを作成し、それぞれ解析して電界強度を計算した（導線を軸とした10m遠方の円周上における最大値）。その結果を図5に示す。同図より、条件1において、電界強度の周波数特性の傾向が計算値と実測値で概ね同様であることが確認できた。また、条件1に対して条件2では、ピークが高域にシフトしていることが分かる。次に、条件2において、グランドプレーンから0.2mの高さで、導線の周囲の磁界を周回積分することで電流値 I_s を算出し、電界強度 E_s との比 $\alpha = E_s / I_s$ を定めた。同様の高さにおいて、電流プローブを用いて電源ケーブルのコモンモード電流 I_m を測定し、 α との積から電界強度を推定した。その結果を図6に示す。同図より、電球AおよびBにおいて、60MHz付近のピークを中心に、実測値と推定値は概ね一致した（暗ノイズレベル付近の周波数帯は除く）。

4. 結言

電源ケーブルと金属筐体を模擬した単純モデルを構築し、LED 電球の放射要因の考察と実測電流を用いた電界推定の事例を示した。モデルを用いた検討は、金属筐体とケーブルで構成される多様な電子機器への適用が考えられる。電界推定に関しては、簡便な事前ノイズ評価としての活用が期待されるが、電波暗室以外の環境での電流測定を含めた検証が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 佐々木 他, 富山県工業技術センター研究報告, **29** (2015) 67.
- 2) 佐々木 他, 若い研究者を育てる会研究論文集 (2012) 8.
- 3) 王 他, 信学技法, **EMCJ2006-105** (2006) 39.
- 4) Hyun Ho Park *et.al.*, *IEEE Transactions on electromagnetic compatibility*, **55**(2) (2013) 257.

キーワード：モデル、電源ケーブル、筐体、LED 電球、電界推定

Assistive Technique for Suppression of Electromagnetic Interference

Katsuhiro SASAKI, Yoshitoshi TSUKAMOTO, Naoyuki MIYATA and Naoki KANAMORI

A simplified model of a power cable and a conducting box was constructed. Radiated sources of a LED bulb were discussed using far electric fields which were measured in two kinds of an arrangement of the power cable connected to the model or the LED bulbs. A radiated characteristic of the simplified model was calculated with a full-wave analysis. Far electric fields from the LED bulb and the power cable were estimated using the radiated characteristic and the measured common-mode current on the cable.