

【研究論文】

【平成28～29年度 県単研究】

## LED照明のスイッチングノイズを対象としたEMC評価手法の確立

坂下 雅幸, 佐藤 裕高, 沼山 崇, 高田 健一, 中居 倫夫  
機械電子情報技術部

LED照明の普及に伴い、LED照明機器に内蔵されているスイッチング電源によるとされる電磁ノイズのEMC (Electro Magnetic Compatibility:電磁両立性) への影響が顕在化しており、LED照明が原因の電波障害の事例が発生するなど、LED照明に携わる地域企業でもEMC試験のニーズが高まっている。照明機器に適用される無線妨害特性の代表的な規格として国際規格CISPR15が存在し、電波暗室での放射妨害波測定などの測定法や限度値などが規定されている。

本研究ではCISPR15第8版で10m法電波暗室での放射妨害波測定の代替測定法として追加された伝導妨害波測定(CDNE法)の有効性の検証およびLED照明からの電磁ノイズ源であるスイッチングノイズを対象に電磁ノイズ低減の対策手法について検証を行った。この結果、CDNE法での測定時にはケーブルの長さが測定値に大きく影響することを実験により見出した。また、スペクトラムアナライザのゼロスパンモードによってノイズ源となっているスイッチング周波数を特定できることが分かった。

キーワード: EMC, LED照明, スwitchingノイズ, CISPR15, CDNE法

## 1 緒言

省エネルギー・長寿命への関心の高まりに伴い、LED照明機器の利用が拡大し普及している。一方で、LED照明の普及に伴い、LED照明機器に内蔵されているスイッチング電源による電磁ノイズのEMCへの影響が顕在化しており、LED照明機器が原因の電波障害の事例が増加するなど、LED照明に携わる地域企業でもEMC試験のニーズが高くなっている。実際に宮城県内において商店街の照明数十基をLED照明に据え換えたところ、近隣の民家においてラジオやテレビなどで電波障害が発生した<sup>1)</sup>。これに伴いLED照明機器を製造・販売している県内企業からの放射妨害波測定の問い合わせが急増した。

本研究では、CISPR15第8版<sup>2)</sup>で10m法電波暗室での放射妨害波測定の代替測定法として追加された伝導妨害波測定(CDNE法)の有効性を検証した。CDNE法が有効であることが明確になると、10m法電波暗室という大規模な設備を使用せずに照明機器の無線妨害特性評価を企業支援に展開することが可能となる。また、LED照明からの電磁ノイズ源とされているスイッチングノイズを対象に電磁ノイズ低減の対策手法について検証した。

## 2 実験方法

## 2.1 CDNE法の計測

## 2.1.1 CDNの導入

LED照明機器をCDNE法で計測するにあたり、CISPR15第8版AnnexBで規定されたインピーダンスパラメータを有するCDN(coupling/decoupling network)を導入した。なお、CISPR15第8版AnnexBで規定されているインピーダンスパラメータは国際規格IEC61000-4-6で規定されているものを周波数拡張したものである。表1にインピーダンスパラメータを示す。

表1: CDNのインピーダンスパラメータ

| 周波数範囲        | インピーダンス(コモンモード) |
|--------------|-----------------|
| 30MHz～300MHz | 150Ω            |

## 2.1.2 CDNE法での測定配置

CISPR15第8版AnnexBで規定された測定用受信器、CDN、6dB減衰器などを図1のように接続する。照明機器は10(±0.2)cmの高さの2つ以上の非伝導性のブロック上に設置し、そのブロックは照明機器より20cm以上大きい寸法の接地金属板上に配置する。また、照明機

器は20(±10)cmの長さの主電源供給ケーブルを介して適切なCDNに接続する。接地金属板までのケーブルの距離は4(±1)cmであり、同等の高さの非導電支持物を使用することが望ましい。CDNは金属板に接地させる。CDNのRF出力は準ピーク検出器を備えた測定用受信器に6dB50Ωの減衰器を介して接続する。

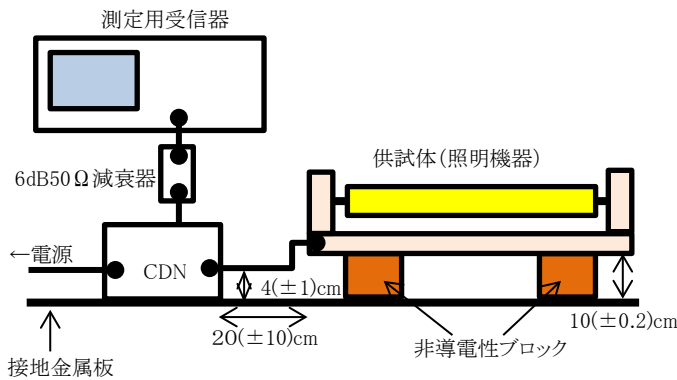


図1 CDNE法の測定設置図

は重要となるため、規格どおりのケーブル長や妨害電圧測定のように長さ超過分を調整したケーブルなどで実験を行い、測定結果に影響を及ぼすか検証を行った。検証は当センター内シールドルームにて行った。使用した照明機器は電球タイプのLED照明機器であり、以下の7種類のケーブルを用いた。

- ①20cm
  - ②10cm(20cm-10cm)
  - ③30cm(20cm+10cm)
  - ④1mを束ねて10cm+タップ20cm
  - ⑤1mを束ねて10cm+タップ20cm
  - ⑥1mを束ねず供試体とCDNの距離を20cm
  - ⑦1mを束ねず供試体とCDNの距離を1m
- 各ケーブルでの測定の様子を図2に示す。

## 2.2 各妨害波測定の比較検証

CISPR15で規定されている10m法電波暗室での放射妨害波測定を実施しCDNE法の測定結果と比較する。

10m法電波暗室は茨城県つくば市の(株)トーキンEMCエンジニアリングの1号電波暗室を利用した(図3)。試験対象品として図4に示す3種類のLED照明機器について測定を実施した。

また、当センターで保有している3m法電波暗室でも同様の放射妨害波測定を実施し、比較を行った。

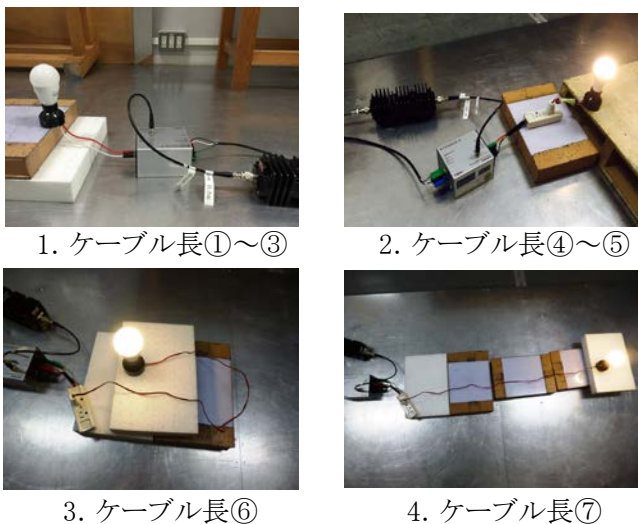


図2 測定環境依存調査の配置概要

### 2.1.3 CDNE法での測定

図1に示す測定設置図では照明機器の主電源ケーブルの長さは20(±10)cmと規定されている。CISPR15にある照明器具の測定には10m法電波暗室で行う放射妨害波測定のほか、擬似電源回路網を用いた妨害電圧測定が存在する。妨害電圧測定では主電源ケーブル長は0.8m(±20%)となる。ここで、情報機器の国内規格であるVCCIでは電源ケーブルの長さを整える際、指定よりも長いケーブルは30cm程度にケーブルを束ねて長さを調整しても良いとしている。本測定を企業支援に展開することを視野に入れた際、電源ケーブルの処理方法などによる測定環境が及ぼす測定結果の偏差

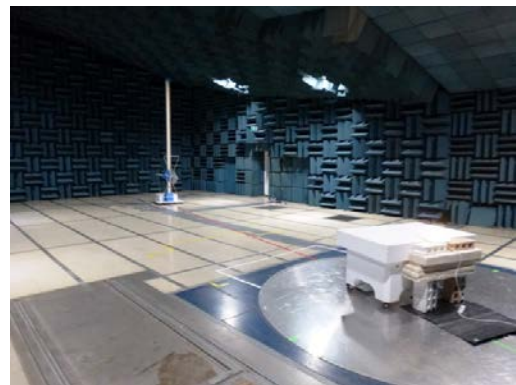


図3 10m法電波暗室



(a)LED電球1 (b)LED電球2 (c)LEDシーリングライト

図4 測定対象としたLED照明機器

※(a)(b):全光束485lmのLED電球

(c):全光束5200lmのLEDシーリングライト

### 2.3 スイッチングノイズの低減手法の検討

LED照明機器の放射ノイズ測定で計測される電磁ノイズはLED照明機器の電源として多く採用されているスイッチング電源がノイズ源と考えられている。放射妨害波測定では測定アンテナを水平・垂直の2偏波で計測するが、LED照明機器は垂直偏波で高いレベルのノイズを検波する傾向がある。測定テーブルに試験対象となるLED照明機器を設置すると、電源ケーブルを床のコンセントに垂らす必要があり、このとき電源ケーブルが垂直のアンテナとなって垂直偏波の電磁ノイズを放射することとなる(図5)。電源ケーブルから電磁ノイズが放射されるということは、電源ユニットからのノイズが電源ケーブルに流入していると考えられることができる。

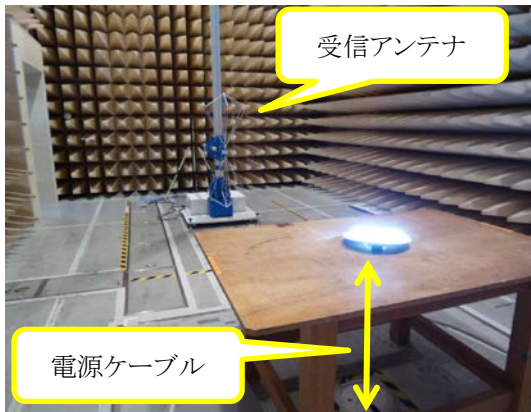


図5 放射ノイズ測定

LED照明で使用されるスイッチング電源のスイッチング周波数は数十kHzから数百kHzであるが、放射妨害波測定では数十MHzから300MHz以下の垂直偏波で高い電磁ノイズを検出することが多く、スイッチングノイズと電磁ノイズの周波数帯の関係性については放射妨害波測定の結果をみただけでは分からない。そこで、放射妨害波測定でノイズレベルが高い周波数に対してスペクトラムアナライザのゼロスパンモードを用い、検出された高ノイズに含まれている周波数成分について調査し、電磁ノイズの原因となるスイッチング周波数を特定し、ノイズ低減の検討を行った。

## 3 実験結果及び考察

### 3.1 CDNE法の計測

CISPR15 第8版 AnnexB で規定されたCDNEを整備し、上記規格に沿った測定方法によりCDNEの電源ケ

ーブルの処理方法などによる測定環境が及ぼす測定結果の偏差について検証した。ケーブル処理ごとの測定結果を図6に示す。また、規格推奨のケーブル長20cmを基準とした測定偏差を図7~9に示す。

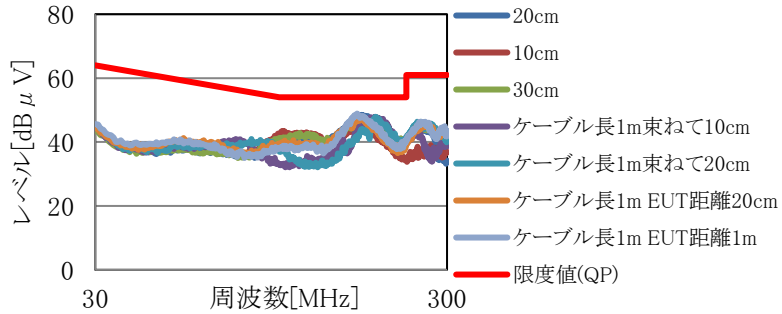


図6 ケーブル処理ごとの測定結果

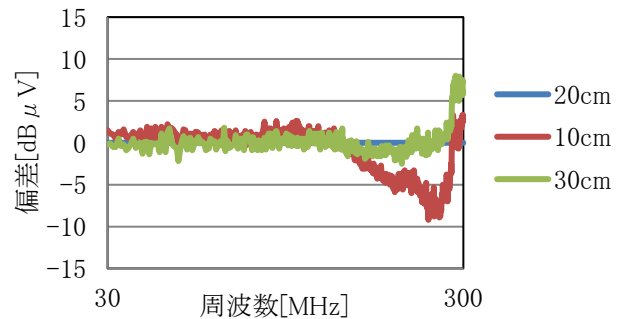


図7 ケーブル長による測定偏差

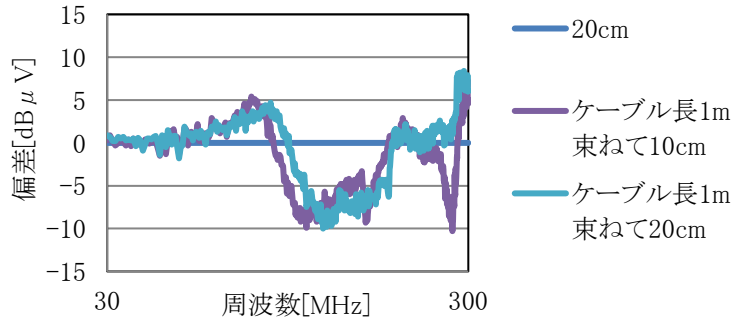


図8 ケーブルの束ね方による測定偏差

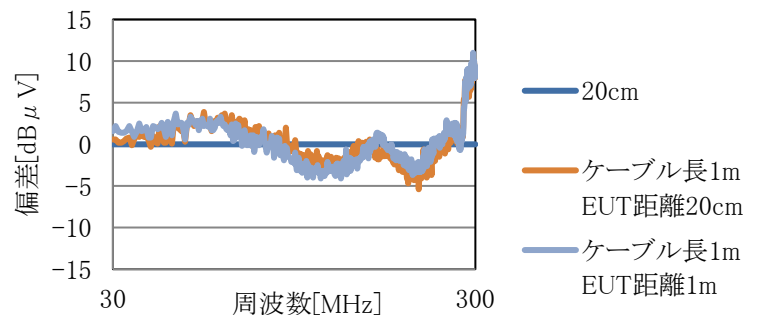


図9 EUTの距離による測定偏差

上記より、ケーブル長1mを束ねたものは基準ケーブル長の結果に比べ±10dB μV程度の差異が確認できた。また、規格では±10cmまでケーブル長が許容されているが、-10cmでは測定偏差が大きい結果を得た。

規格で定められたケーブル長以外のものを使用すると、ケーブルを束ねて長さを調整しても基準ケーブル長の測定結果と同等の結果を得ることができないことがあるなど、試験実施や試験結果の解釈の際に留意すべき知見を得た。

### 3.2 各妨害波測定の比較検証

CDNE法, 10m法電波暗室での放射妨害波測定, そして3m法電波暗室での放射妨害波測定を実施し, 検証を行った。各測定結果を図10～図12に示す。

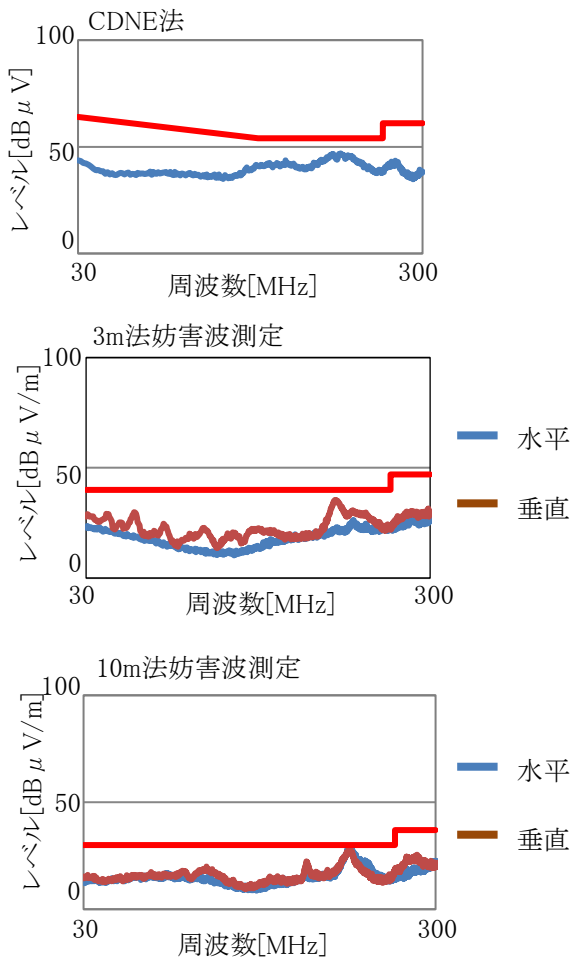


図10 サンプル(a)の各妨害波測定結果

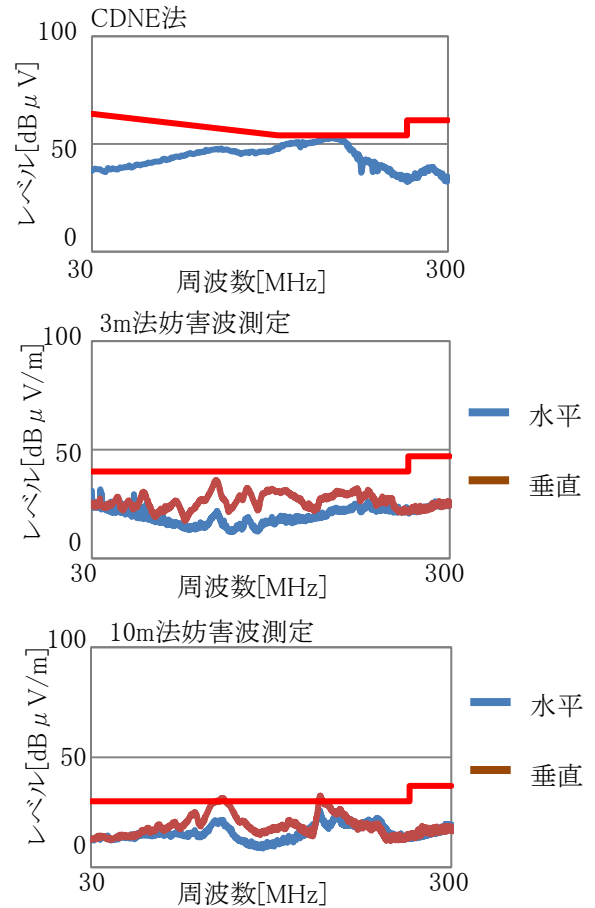


図11 サンプル(b)の各妨害波測定結果

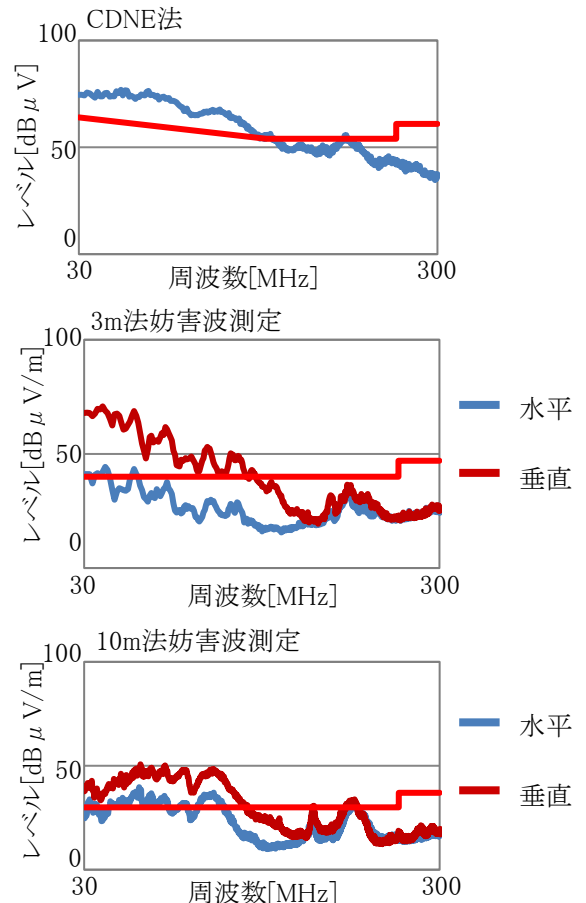


図12 サンプル(c)の各妨害波測定結果

これより、CISPR15に規定されている10m法電波暗室での測定結果とCDNE法および3m法電波暗室での各測定方法での信号レベルの周波数特性の形は概ね合致しているが、各限度値を基準に比較すると、CDNE法と3m法では10m法に対して測定値は比較的低下する傾向がある結果を得た。ただし、CDNE法に比べ3m法の測定結果のほうが10m法での測定結果に近い周波数特性があることが確認できた。

### 3.3 スwitchングノイズの低減手法の検討

ノイズレベルの高い周波数に対してスペクトラムアナライザのゼロスパンモードを活用し、ノイズ源となっているスイッチング周波数の特定を実施した。検証は実際に市販されているLED照明機器を用いた。このLED照明機器の放射妨害波測定のデータ(垂直偏波)を図13に示す。測定結果では50MHzに高ノイズが検出されたため、50MHzのノイズ時間変化をゼロスパンモードを用いて計測し、スイッチング周波数の特定を実施した。ゼロスパンモードでの計測結果を図14に示す。

50MHzの高ノイズに対してゼロスパンモード測定を実施すると、10 $\mu$ s間隔のパルスノイズが発生していることがわかる。周波数に換算すると100kHzとなり、LED照明で使用されているスイッチング周波数と推察でき、このスイッチングノイズが電源ケーブルをアンテナとし、50MHz付近の電磁ノイズとなっていることが観測できた。この方法を用いることで、放射妨害波測定で得られた高ノイズの発生源となるスイッチング周波数を特定することができた。高ノイズの発生源となるスイッチング回路を特定することで、回路改善のデータとなることが期待できる。



図13 サンプルの放射妨害波測定(垂直偏波)

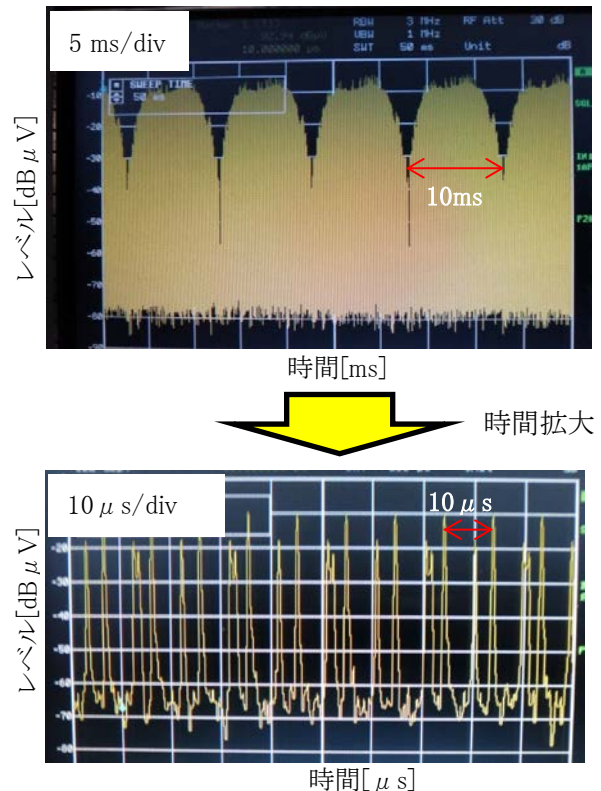


図14 50MHzでのゼロスパンモード測定

## 4 結言

本研究では、LED照明のスイッチングノイズに対するEMC評価手法について検討を行い、以下のことが明らかになった。

- (1) CDNE法の検証では測定対象の電源ケーブル長による再現性依存について知見が得られた。
- (2) CDNE法、10m法、3m法の比較検証では、CDNE法に比べ3m法で得られた結果のほうが10m法の測定結果に近い傾向を示すことがわかった。
- (3) スペクトラムアナライザのゼロスパンモードを活用することで、ノイズ源となっているスイッチング周波数の特定が可能となった。

今回の評価手法の検討により、CDNE法による測定の留意点や10m法や3m法での評価との位置づけ、ノイズ源となるスイッチング周波数の特定方法をLED照明のEMC測定を実施する地域企業に展開することが可能となった。

### 参考文献

- 1) 読売新聞 平成22年4月7日宮城版27面 (2010)
- 2) 国際無線障害特別委員会:CISPR15第8版電気照明及び類似機器の無線妨害特性の限度値及び測定方法 (2013年5月)