

ポリマー導電材料を用いたケーブルの摩擦帯電及び誘導帯電による放電ノイズの低減

Reduction of discharge noise of electric cable with conductive polymer by tribo-charging and induction charging

大津孝佳¹, 堂山英之¹, 松本頼興²

Takayoshi Ohtsu¹, Hideyuki Doyama, Yorioki Matsumoto²

鈴鹿工業高等専門学校¹, (株)松本技研²

Suzuka National College of Technology¹,
Matsumoto Giken Co.Ltd.²

電源、通信等に於いてケーブル帯電に起因する誤動作が注目されている。そこで、ノイズの観点から、シールドケーブルが配線に用いられる。このシールドケーブルは表面の電気抵抗が低い為に、内部からの電磁波のシールド効果はあるものの、外部の帯電金属との放電による電圧変動が懸念される。一方、一般的に用いられる絶縁ケーブルは帯電しやすく、自己放電による電圧変動が懸念される。本研究では、静電気対策を施したケーブルの外部及び自己放電、及び誘導放電による電圧変動について述べる。

1. はじめに

静電気によるケーブル帯電の影響について、電子デバイスの保護の立場からの研究がなされている[1-3]。また、近年の電子デバイスの高速化・高周波化により静電気耐力が低下することから、ケーブルに誘起される電圧の評価は重要である[4-16]。更に、電磁波放射対策からもケーブルへの関心が高まっている[17-20]。一方、スマートパワーの観点からも電源ケーブルによる電源ラインへの影響についての検討が不可欠とされる。電源変動の影響に敏感なシステムでの対策としても電源は重要であり、電源容量の観点からの専用回路や、ノイズの観点からシールドケーブルなどが

配線に用いられている[21]。このシールドケーブルは表面の電気抵抗が低い為に、内部からの電磁波のシールド効果はあるものの、外部の帯電金属との放電による電圧変動が懸念される。一方、一般的に用いられる絶縁ケーブルは帯電しやすく、自己放電による電圧変動が懸念される。本研究では、静電気対策を施したケーブルの外部及び自己放電、及び誘導放電による電圧変動について述べる。

2. 実験方法

図1に示すように実験サンプルには、静電気未対策ケーブル#A,#C、静電気対策ケーブル(マグファーレン)#B、メタル被服

#Dの4種類を用いた。電源ケーブルの帯電電圧はティッシュペーパーで5回擦った後、表面電位計 (Treck 520) で測定した。静電気放電は図2に示すESDガン (Electrostatic discharge gun, Noiseken ESS-100L/TC-815D) を用いた。

図3に示すように電源ケーブルの中央部にて5kVの印加を行い、電源ケーブルの端子間に生ずる電圧 (Coupled Voltage) をオシロスコープで測定した。

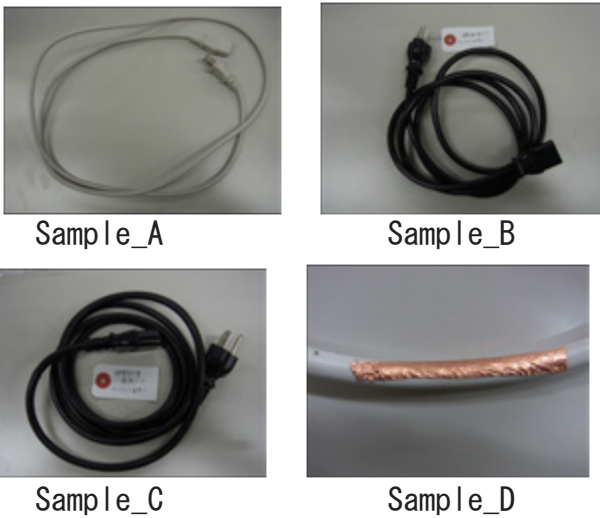


図1 実験に用いたケーブルのサンプル

- A. Non_1 (未対策:汚れあり)
- B. ESD_1 (ESD対策:マグファーレン)
- C. Non_2 (未対策:新品)
- D. メタル被服 with #A



図2 ESD ガン

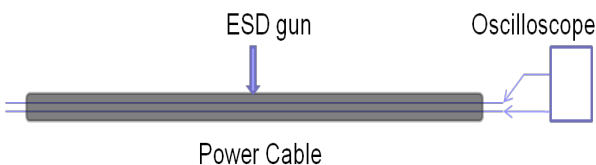


図3 静電気放電と発生電位の計測

3. 実験結果及び考察

3.1 自己帯電量と外部 ESD による電圧変動

図3に自己帯電量と外部 ESD による Coupled Voltage の結果を示す。金属シールド#D (*、*) の帯電量は低いものの、外部ESDによる Coupled Voltage が大きい。また、絶縁ケーブル#C (▲、▲) は外部 ESD による Coupled Voltage は低い、帯電量が高い。ESD 対策ケーブル#B (■、■) の帯電量は低く、Coupled Voltage も低い。静電気未対策の#A (◆、◆) は汚れにより低い帯電量となっている。

図4は図3を対数表示したものであり、直線に変化していることがわかる。

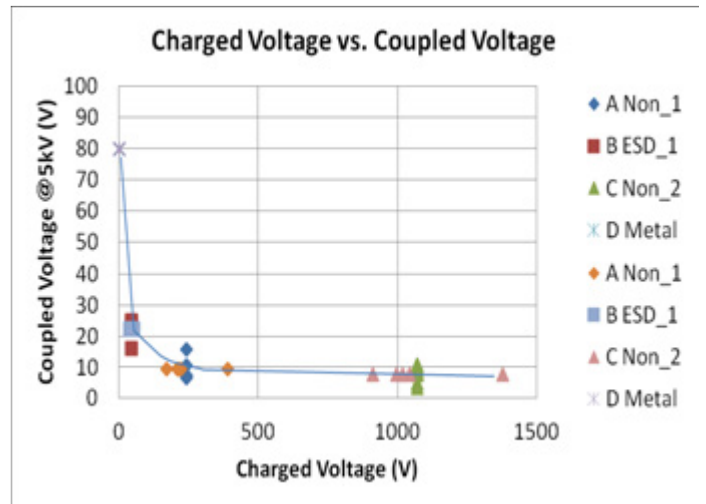


図4 自己帯電量と外部 ESD による Coupled Voltage

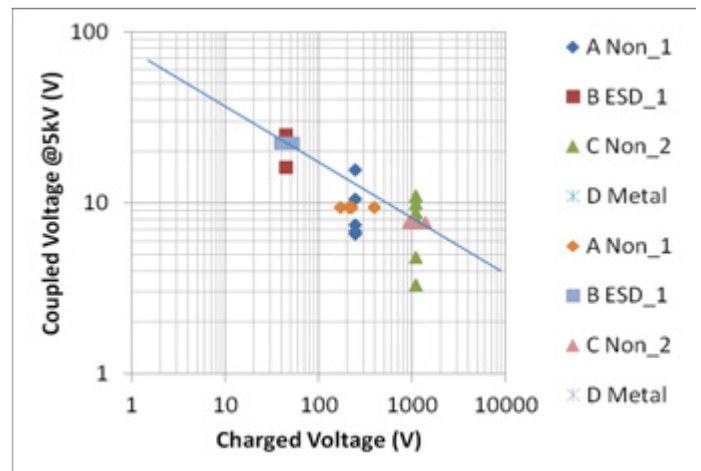


図5 自己帯電量と外部 ESD による Coupled Voltage (対数表示)

3.2 自己放電による電圧変動の推測

摩擦帯電による自己放電の電圧変動への影響を調べる為、帯電電圧に換算した自己放電による発生電圧 (Estimated Coupled Voltage) を求めた。図6に結果を示す。

ここで、Estimated Coupled Voltageは

$$\text{Estimated Coupled Voltage} = \text{Coupled Voltage@5kV} \times (\text{自己帯電電圧})/5\text{kV}$$
 とした。

絶縁ケーブル#C (▲、△) では、ばらつきが大きく最大で約2.5V程度の電源変動が生じることがわかる。静電気未対策の#A (◆、◇) の場合は帯電電圧が低い、ばらつきが大きく0.7V程度の電源変動が生じる。一方、ESD対策ケーブル#B (■、□) では0.25V以下である。メタル被服 #D (*、*) は帯電しない為に自己放電による発生電圧はない。

よって、ESD対策を施すことにより、自己帯電を抑えるとともに、外部からのESDの影響も受けにくくなることがわかった。

図7は図6を対数表示したものであり、直線に変化していることがわかる。

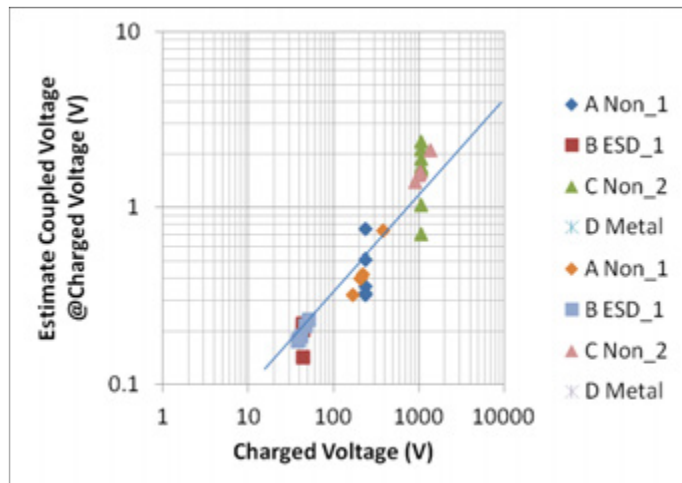


図 7 帯電電圧に換算した自己放電による発生電圧 (Estimated Coupled Voltage) (対数表示)

3.3 表面抵抗と帯電電圧の関係

図8に表面抵抗と帯電電圧の関係を示す。帯電電圧を50Vの場合、電圧変動は0.25V以下となる。つまり、電源電圧が100Vに於いて0.25%以下を達成するための表面抵抗は1E9~1E10 Ωである。

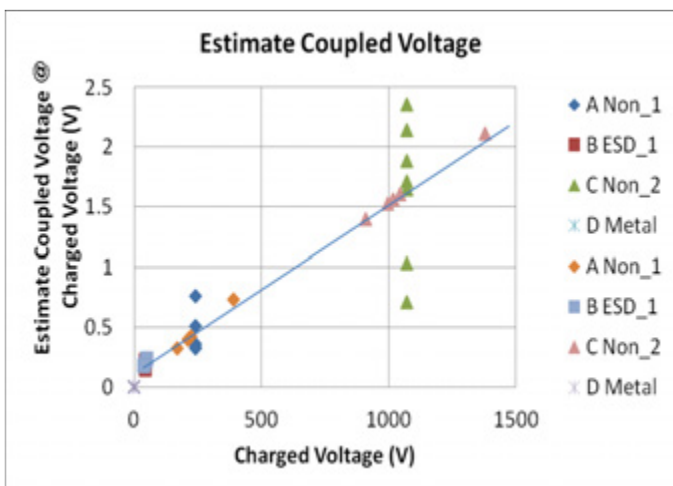


図 6 帯電電圧に換算した自己放電による発生電圧 (Estimated Coupled Voltage)

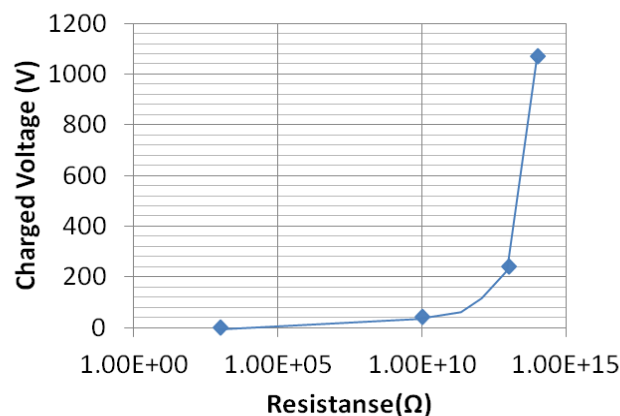
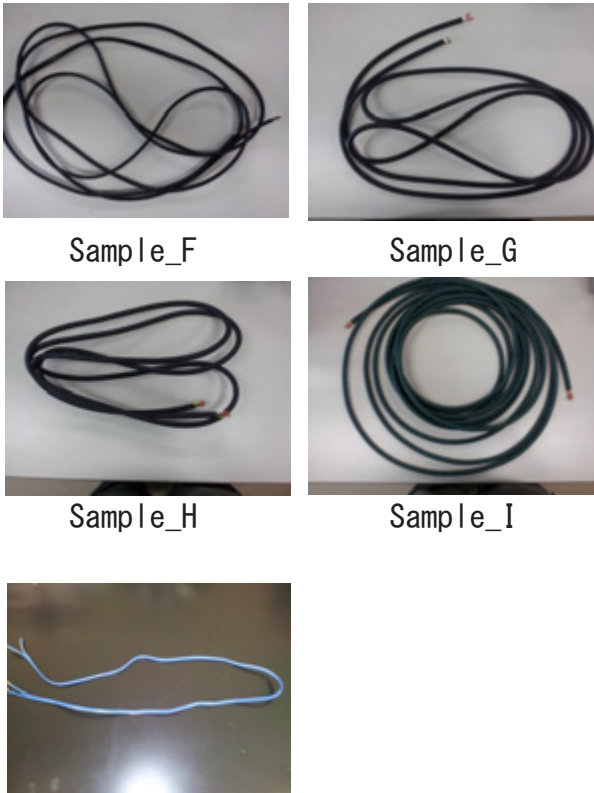


図 8 表面抵抗と帯電電圧の関係

4. 誘導帯電による放電対策

図 9 に誘導帯電による放電対策の実験に用いたケーブルを示す。Sample_F, G, H, I は、マグファーレンによる静電気対策を施したものである。また、2線と4線、平行線と同軸の構造を変えている。Sample_J は静電気対策を施していないケーブルである。



Sample_F

Sample_G

Sample_H

Sample_I

Sample_J

図 9 実験に用いたケーブル

ESD countermeasure cable

Sample_F : 2 wire, parallel

Sample_G : 2 wire, coaxial

Sample_H : 4 wire, coaxial

Sample_I : 4 wire, coaxial

Un ESD countermeasure cable

Sample_J : 2 wire, parallel

図 10 に誘導帯電による放電電圧の測定方法を示す。テフロンシートを帯電させ、ケーブルに接近させた場合の放電電圧を測定した。測定結果を図 11 に示す。これより、未対策ケーブルでの放電電圧と比較し、マグファーレンによるケーブルの表面抵抗の制御したものの方が、小さく出来ることが分かる。

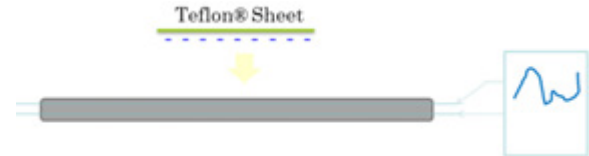


図 10 誘導帯電による放電電圧の測定方法

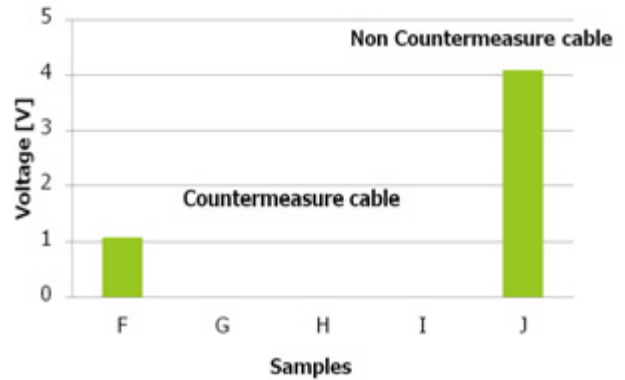


図 11 誘導帯電での放電電圧

5. まとめ

静電気対策を施したケーブルの外部及び自己放電、及び誘導放電による電圧変動について検討し、以下のことが明らかになった。

(1) 金属シールドでは外部 ESD の影響が大きい。

(2) 絶縁ケーブルでは自己放電の影響が大きい。

(3) 電源変動を 0.25%以下にする表面抵抗は $1E9 \sim 1E10 \Omega$ である。

(4) 静電気対策を施したケーブルでは誘導帯電による放電電圧を小さくできる。

(5) よって、静電気対策を施したケーブル

ルでは、外部 ESD、自己放電、及び誘導放電の電圧変動への影響を大幅に低減できる。

参考文献

- 1) 早田裕, “被覆電線から GMR ヘッドへの放電現象の検討” 第15回 EOS/ESD/EMCシンポジウム, 15-01(2005)
- 2) Leo Chang, National Semiconductor Application Note 151 (2006)
- 3) 本田昌實, 磯福 佐東至, “誘導 ESD が電子機器に及ぼす影響” 次世代電子デバイスの静電気対策技術シンポジウム 2011, 3-1 Nagoya Japan(2011)
- 4) H.Tian and J.K.Lee: IEEE Trans. Magn., Vol.31, No.5, 2624, 1995.
- 5) A.Wallash: IEEE Trans. Magn., Vol.33, No.5, 2911, 1997.
- 6) Lam C., Salhi E., and Chim S.: EOS-19 , 386 , 1997.
- 7) A. Wallash and Y.K.Kim: IEEE Trans. Magn., Vol.34, No.4, 1519, 1998.
- 8) M. Takahashi, T. Maeda, M. Sakai, H. Morita, and M. Matsuzaki: IEEE Trans. Magn., Vol.34, No.4, 1522, 1998.
- 9) Chung F.Lam, Caleb Chang, and Rahmat Karimi: EOS/ESD Symposium Proceedings, EOS-20, 360, 1998.
- 10) A. Wallash: EOS/ESD Symposium Proceedings, EOS-22, 349, 2000.
- 11) Yong Shen, Ringo Leung, and Jennifer ZF Sun: EOS/ESD Symposium Proceedings, EOS-22, 355, 2000.
- 12) Takayoshi Ohtsu, Hitoshi Yoshida and Noriaki Hatanaka: EOS/ESD Symposium Proceedings, EOS-23, 173, 2001.
- 13) Takehiko Hamaguchi, Takayuki Ichihara and Takayoshi Ohtsu: EOS/ESD Symposium Proceedings, EOS-24, 119, 2002.
- 14) Chris Moore and Albert Wallash: EOS/ESD Symposium Proceedings, EOS-21, 309, 1999.
- 15) A.Wallash, IDEMA Symp., 1998.
- 16) A. Wallash and M. Honda: EOS/ESD Proceedings, EOS-19, pp.382-385. 1997.
- 17) M. Honda and Y. Nakamura: EOS/ESD Proceedings, EOS-9, pp.96-103. 1987.
- 18) Akira Morinaga, Chiaki Ishikawa, Takayoshi Ohtsu, Norifumi Miyamoto and Shinji Narishige: IEEE Trans. Magn., Vol.38, No.5, 2262, 2000.
- 19) Takayoshi Ohtsu, “Study on ESD/EMI Phenomena for Magnetic Reproducing Head”, IEEJ Trans.FM, Vol.130 , No5, 473-478 (2010)
- 20) Takayoshi Ohtsu, “ Study on ESD Phenomena of Magnetic Head by 1ns Pulse ESD”, APEMC, Beijing, China (2010)
- 21) Ken Kawamata et al, “ Influence of the Surface Condition of Electrodes on Radiated EM Field Intensity due to Micro Gap Discharge”, APEMC , Beijing, China (2010)
- 22) Takahiro Yoshida et al, “ Effect of the Shapes of Metal Electrodes on ESD Current and Radiation Noise” APEMC, Beijing, China (2010)
- 23) EMC 電磁環境学ハンドブック, 佐藤利三郎氏監修