

大地電流による電子機器動作への影響

A study of the influence of EMC on the Electronics Circuits

S07611

本吉 紀雄

指導教員 仁田 周一



概要

大地には地震発生時あるいはその直前に、また落雷時に低周波 (50Hz) から高周波 (MHz) の電流が流れるといわれている。(以後これらの電流を大地電流と呼ぶ)

本研究では、大地電流の回路への結合ノイズモードを明らかにし、大地への接地とノイズの関係を実験で明らかにする。

1. はじめに

本研究では、大地電流による電子回路への誘導ノイズに関する第一歩として予備実験により電子回路を模擬するモデルを提案・検証し、次に大地として1000mm(W)、2000mm(U)、1mm(T)の銅板を用い、そこに電流を流して大地電流とし、筐体(ここでは後の検討を容易にするため、300mm、200mm、の鉄板)上に設置した回路上の誘導電圧を実験的に求めた。次に、筐体、回路の接地(グランディング)と誘導ノイズの関係を実験的に求めた。

予備実験において回路モデルとして長方形のループの向かいあった二辺に抵抗を置いた( 閉回路型回路モデル)ものと、フローティングの線路に抵抗をつけたもの( 開放型回路モデル)を提案した。誘導ノイズを測定した結果、前者が誘導結合と容量結合による誘導ノイズを受ける事が検証されたので前者を回路モデルとして使用し、以下の実験を行うこととする。さらに、電流の流れる大地への接地とノイズの関係は、接地によりノイズが増加し接地抵抗が大きい程ノイズが小さくなることを実験的に明らかにする。

2. 実験方法

本章では図1に示す実験回路により、閉回路型回路モデルにおける抵抗の両端の電圧VN(ノイズ電圧)を測定する。ここでは式(1)に示すようなノイズ電圧VNと発振器出力電圧Voの比(VTR)とり、これを評価指数とする。

$$VTR(\text{電圧変換比})=VN/V_o \cdots (1)$$

尚、測定において、オシロスコープのプロープの配線のやり方により、測定値が影響されるので、プロープと配線の位置を固定して行う。偏りも生じないように回路、筐体も大地の中央に設置した。実験装置として発振器はHPの33120A、電力増幅器は横河電機の705810、オシロスコープはテクトロニクスのTDS220を2台使用する。

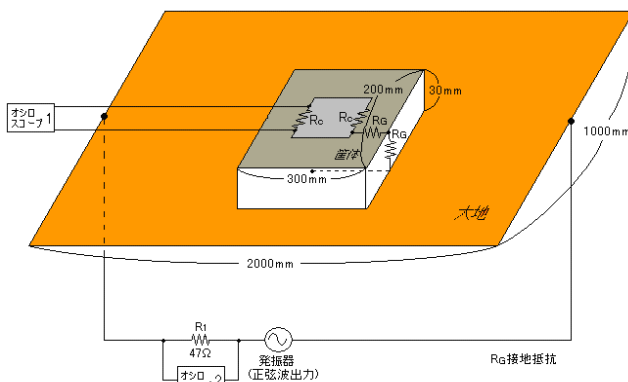


図1 実験回路

3. 実験結果および考察

その結果、閉回路、筐体ともに非接地(フローティング)の状態では計測すると、誘導ノイズは抵抗値、周波数が高くなると誘導ノイズが大きくなること、及びループ面積が大きくなるとノイズが大きくなることが検証され、線間の容量結合・誘導結合による誘導ノイズと同様に扱ってよいことが検証された。

通常、筐体・回路はそれぞれ保護接地と基準電位確保のために接地される。ここでは大地電流が流れている状態でこれらの接地が誘導ノイズにどのように影響するかを実験的に計測した。その結果、回路、筐体共に非接地状態と筐体接地・回路非接地状態、筐体非接地・回路を筐体へ接続、筐体接地・回路を筐体へ接続の計測結果を比較したところ、接地を取った状態では接地を取らなかったときの1.5〜2.5倍のノイズが観測された。さらに、大地電流の影響を軽減するため、途中に10Ω、100Ω、1kΩ、100kΩの抵抗を介して接地した結果、高い抵抗値ほどノイズに対する影響を軽減する効果があることを検証できた。

4. 接地方式とノイズの関係

前章までの実験では筐体接地、回路接地により誘導ノイズが増加するとの結果が示された。

本章では、電流が流れている大地への接続(接地)が誘導ノイズを増加させるメカニズムを明らかにするための第一歩となる基礎実験を行う。

ここでは、接地する場所や接続方法によって誘導ノイズがどのような影響を受けるのかを検証する。検証には面積の大きいループ面積135cm²の閉回路モデルのみを使用した。

大地への接地場所は、図2のように筐体の両側ないしは片側から、銅版の中央部及び筐体端で接地線の短い状態について観測した。

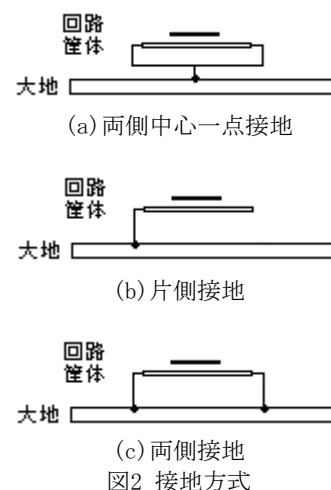
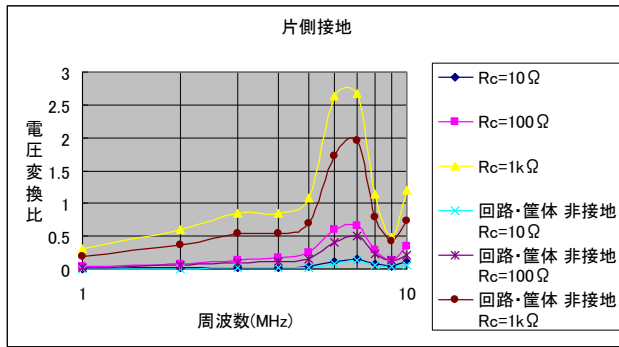
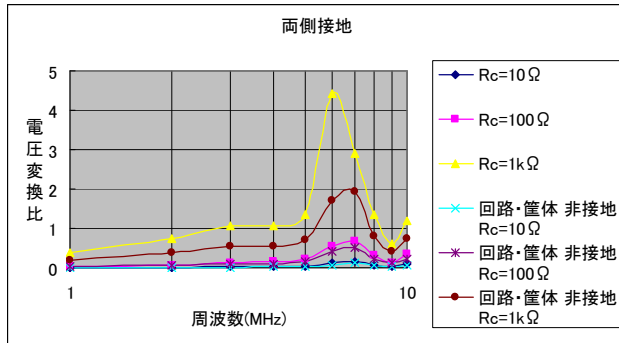


図2 接地方式

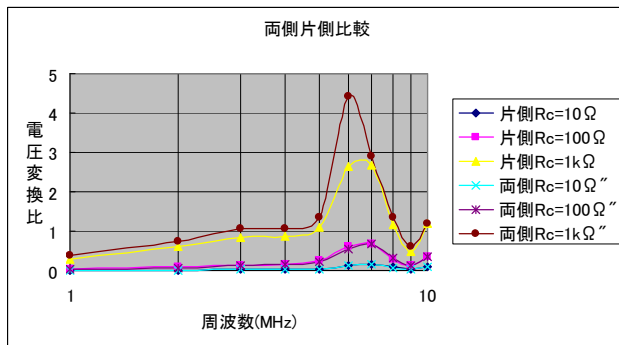
以下に回路・筐体とも非接地のモデルを比較基準とした測定結果のグラフ(図3)を示す。



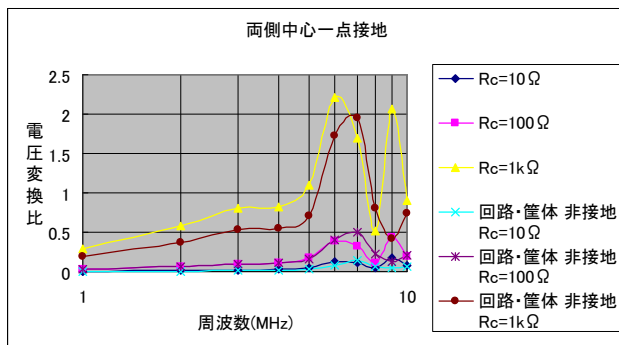
(a) 片側接地 (図2(b)に相当)



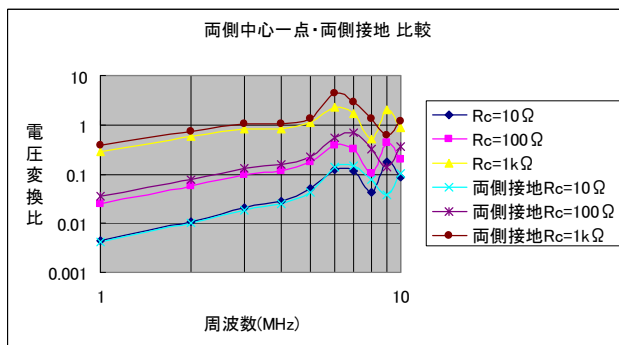
(b) 両側接地 (図2(c)に相当)



(c) 片側両側 比較 (図2(b)と(c)の比較)



(d) 両側中心一点接地(図2(a)に相当)



(e) 両側中心一点・両側接地 比較 (図2(a)と(c)の比較)

図3 筐体接地方法と誘導ノイズ(主に非接地との比較)

ピーク値が一番高かったモデルは両側接地で、中心に一点だけ接地した状態と比較したところ、接地方式によって誘導ノイズが異なることが検証された。本実験でも低い周波数・抵抗値では接地による誘導ノイズの影響は小さくなっている。図4は両側接地のピーク値付近の周波数($f=5\sim 8\text{MHz}$)に注目し、非接地状態の何倍の誘導ノイズがあるかをグラフにしたものである。

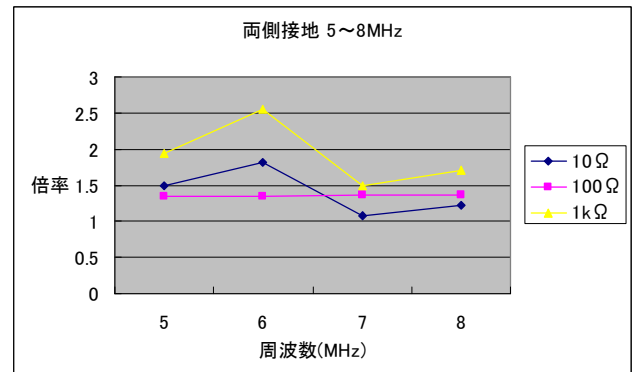


図4 両側接地 5～7MHzにおける非接地状態との倍率

他の接地方式でも R_c が $1\text{k}\Omega$ の回路がノイズの変動を強く受けるが、両側接地においては最大で2.5倍になっていた。他の接地方式において、非接地の状態と比べても2倍を超えることは無く、これは両側接地の方式が誘導ノイズの影響を強く受けることを示している。

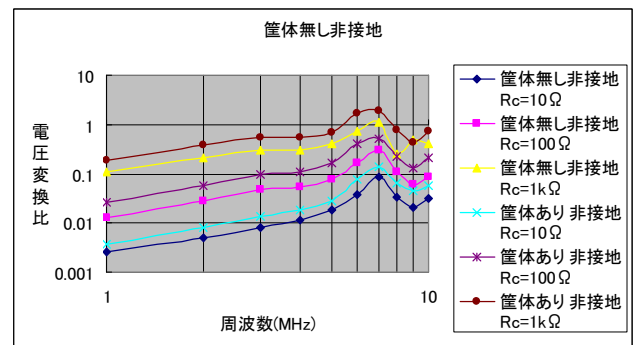


図5 筐体のノイズに対する影響

また、図5は筐体を除いて測定したもので、 $1\text{k}\Omega$ の回路のみ9MHz前後で共振点が異なっているが、どの回路においてもほぼ一定の間隔で電圧変換比が減少している。おそらく筐体に誘導ノイズの影響が現れているものだと考えられる。

5. 結論と今後の課題

以上、大地電流による回路への誘導ノイズと、接地と誘導ノイズの関係について実験的に明らかにした。今後の課題としては以下のようなことがある。

- ・ 誘導ノイズ発生 of 理論的検討
- ・ 回路接地と誘導ノイズ
- ・ 大地電流が無い(クリーンアース)状態での接地と誘導ノイズの関係

参考文献

- [1] 情報処理装置等電波障害自主規制協議会: “VCCIだより” No.90 pp21-23 (2008/9/20)
- [2] Clayton R. Paul (翻訳監修 佐藤 利三郎): “EMC概論” ミマツデータシステム pp51-84 (1996/2/29 第1版)
- [3] 上田 誠也: 地震予知研究の歴史と現状, 学士会報 No.865 (2007-IV) pp60
- [4] S.Nitta, K.Ebihara : The malfunction Mechanism of Digital Circuits due to Ground Potential Functionals (Part II), 1991 IEEE Int'l. symp. on EMC herry Hill, N,J Aug. 1991, pp405-406