研究論文

EMC 技術の高度化に関する研究
－不要放射ノイズが増大する基板設計における対策手法－

福嶋　祐一*　石井　啓貴*

Study for Advanced Expertise of EMC Technology
-Countermeasures for Printed Circuit Board Designs Increasing Radiated Emissions-

FUKUKSHIMA Yuichi*and ISHII Hirotaka*

抄　　録

製品の基板から不要放射ノイズが発生する場合，基板設計にはいくつか共通する特徴がある。信号線が基板内層間を横断したり，電源層もしくはグラウンド層にできたスリットを横断したりすることで，不要放射ノイズが増大することを令和 2 年度の研究で実験的に確認していた。本研究では，基板サイズや部品配置などの制約から，不要放射ノイズが増大するような基板設計方法を採らざるを得ない場合でも不要放射ノイズを低減できる対策手法について示し，低減効果を実験的に確認した。

1.　緒　　言

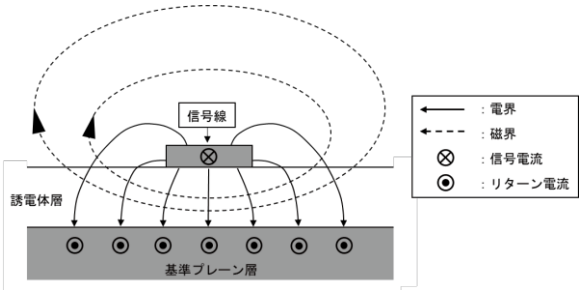
製品から発生する不要放射ノイズが問題となる場合，製品の基板には不要放射ノイズの発生要因となる特徴的な基板設計が共通して見られる。令和 2 年度の研究 [1)]では，その特徴を再現した基板を製作し，どのような基板設計が不要放射ノイズを増大させるかを示した。不要放射ノイズを増大させる基板設計を避けることが理想的ではあるが，近年，基板サイズが小型化し，部品配置や信号線配線などの制約も多いために，理想的な基板設計が難しくなっている。

そこで本研究では，理想的な基板設計ができない場合でも，不要放射ノイズを低減することができる対策手法を示すことを目的とした。

2.　不要放射ノイズに係わる基板設計

2.1　理想的な基板設計

多層基板における信号線は，図 1(a)に示す断面構造を持つマイクロストリップ伝送線路である。信号線に電流（以降，信号電流）が流れると図 1(a)のように磁界と電界が発生する。電界は基準プレーン層となる内層のグラウンド層もしくは電源層に向かって形成され，信号電流と逆向きの電流（以降，リターン電流）が基準プレーン層に生成される。これを回路全体でみると，信号電流とリターン電流による閉回路が図 1(b)のように形成される。理想的なマイクロストリップ伝送線路であれば信号電流がすべてリターン電流となり外に漏れ出ないため，不要放



(a) 断面図および電磁界分布

(b) 信号電流とリターン電流による閉回路

図 1　マイクロストリップ伝送線路

* 中越技術支援センター

射ノイズは発生しない。そのため多層基板では，マイクロストリップ伝送線路構造を崩さずに配線することが理想的な基板設計と言える。

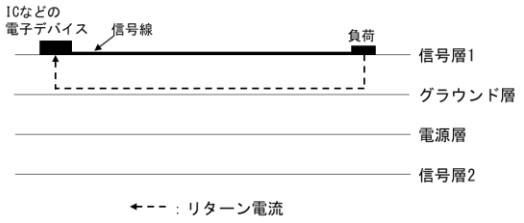
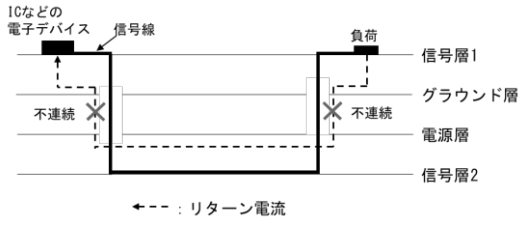
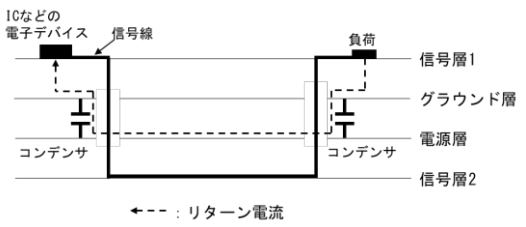
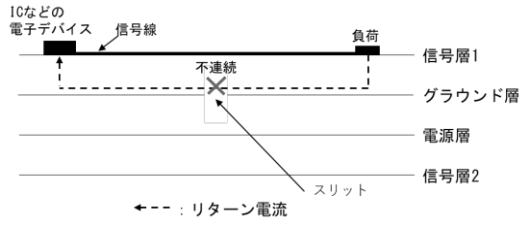
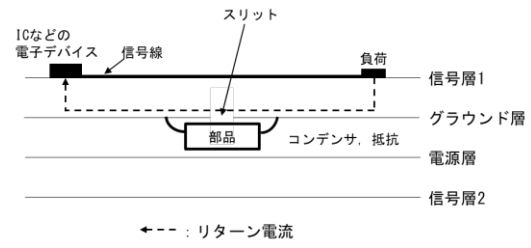
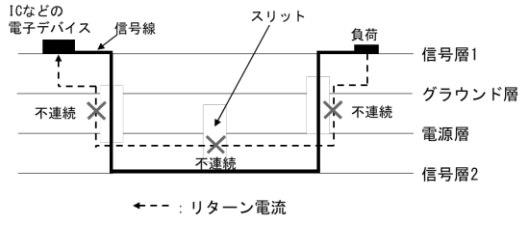
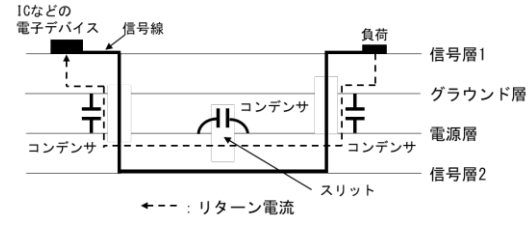
2.2　不要放射ノイズ増大基板と対策手法

表 1 に理想的な基板設計，不要放射ノイズが増大する基板設計および対策手法の概念図を示す。ここでの基板の層構成は，信号層 1－グラウンド層－電源層－信号層 2 の 4 層基板とする。

基板 No.1 は 2.1 節で述べたような理想的な基板で，リターン電流が正しく帰還するノーマルモード伝送を形成した不要放射ノイズが小さい基板である。

これに対し，基板 No.2，3，4 は，不要放射ノイズが大きい場合にみられる基板設計を模擬したものである。基板設計の詳細は令和 2 年度の

表 1　理想的な基板設計，不要放射ノイズが増大する基板設計および対策手法の概念図（4 層基板）

基板 No.	基板設計	不要放射ノイズ低減のための対策手法
1		理想的な基板のため不要
2		
3		
4		

報告 [1]によるが，いずれもリターン電流が不連続となるため，リターン電流が信号源に帰還しない。こうした電流はノーマルモード伝送を逸脱し，コモンモード伝送に変換され，基板内を迷走することによって空間に放射される。

上述した基板設計を避けることが理想的だが，基板サイズ，部品や信号線の配置などの制約により，不要放射ノイズが増大するような基板設計方法を採らざるを得ない場合が多い。この場合には，リターン電流の帰路を確保することで不要放射ノイズを低減することができる。

基板 No.2 においては，信号線が内層を横断する箇所近傍において電源層とグラウンド層の間にコンデンサを配置することで高周波的なリターン電流の帰路を確保することができる。

基板 No.3 においては，スリット部にコンデンサまたは 0 Ω 抵抗を配置することで，リターン電流の帰路を確保できる。

基板 No.4 においては，信号線が内層を横断する箇所とスリット部近傍にコンデンサを配置することでリターン電流の帰路を確保することができる。

3. 効果確認のための測定方法

3.1 実験基板の仕様

各基板は信号層 1－グラウンド層－電源層－信号層 2 の 4 層基板とし，グラウンド層および電源層は全領域を導体層とした。信号源として周波数 20 MHz の発振器，信号増幅のための CMOS インバータ (74AC04) と信号受信のための 150 Ω の終端抵抗を配置した。CMOS インバータから終端抵抗までの信号線長さは約 100 mm とし，特性インピーダンスは 50 Ω とした。基板外形寸法は幅 100 mm，長さ 180 mm である。表 2 に不要放射ノイズが増大する基板と対策を施した基板の概略図を示す。各基板においては信号線以外の不要放射ノイズが影響しないよう発振器および CMOS インバータの電源端子部に 100 nH のインダクタを実装し，基板プレーン共振が発生しないよう対策した [2]。

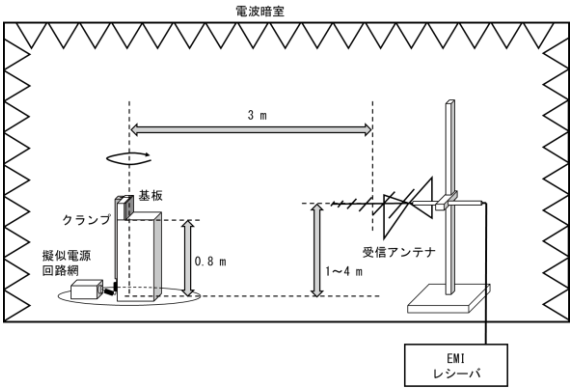


図 2 測定系

3.2 測定方法

本研究の測定系を図 2 に示す。不要放射ノイズの最大値を周波数 30 ～ 1000 MHz の範囲で測定した。基板からの不要放射ノイズの測定方法は VCCI の技術基準 [3]に準拠した。基板モデルは 0.8 m の高さに設置し，信号層 1 の面が受信アンテナと正対するように固定した。測定距離は，基板と受信アンテナの基準点との間が 3 m になるように設定した。

4. 測定結果

表 3 に各基板の不要放射ノイズ測定結果を示す。主要な不要放射ノイズが確認されている水平偏波の結果のみを示す。対策を施していない基板は，令和 2 年度の報告 [1]で確認していたレベルとほぼ同等であった。基板 No.2 ～ 4 においては，リターン電流の帰路をコンデンサや抵抗などで確保することで不要放射ノイズが大きく低減していることが分かる。基板 No.2 および No.4 においては，リターン電流の帰路を確保するためにコンデンサを使用したが，コンデンサの周波数特性がリターン電流の通過に制限をかけるため，不要放射ノイズが残留したものと考えられる。

5. 結　　言

(1) 不要放射ノイズが増大するような基板設計においても，リターン電流の帰路を確保することでノイズを低減することができる。

(2) 周波数特性を持つ部品によってリターン電流を確保する場合，特性によっては不要放射ノイズの低減効果に違いが出ることが分かった。

参考文献

1) 福嶋祐一ほか, “EMC 技術の高度化に関する研究－不要放射ノイズが増大する主要因の調査－”, 工業技術研究報告書, No.50，2021, pp.57-61.

2) 福嶋祐一ほか, “EMC 技術の高度化に関する研究－基板プレーン共振による不要放射ノイズの低減手法－”, 工業技術研究報告書, No.52, 2023, pp.35-38.

3) (一財) VCCI 協会, “VCCI 技術基準 VCCI-CISPR32:2016”, 2016.

表 2　理想的な基板，不要放射ノイズが増大する基板および対策を施した基板の概略図

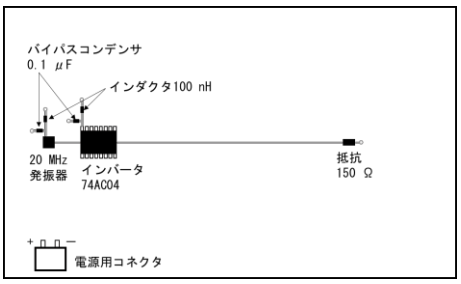
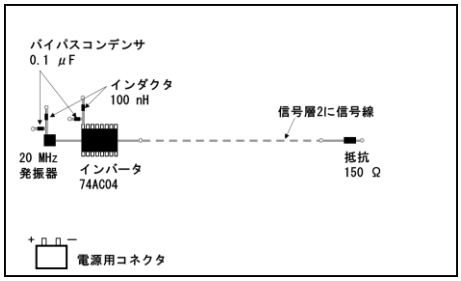
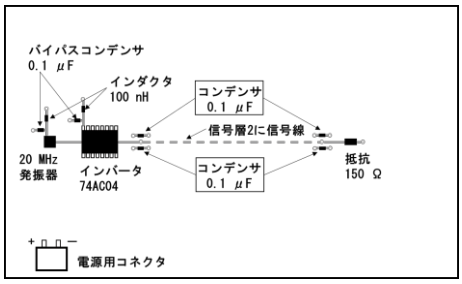
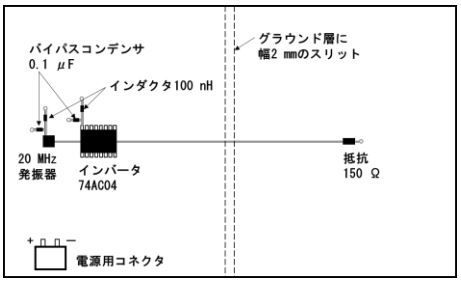
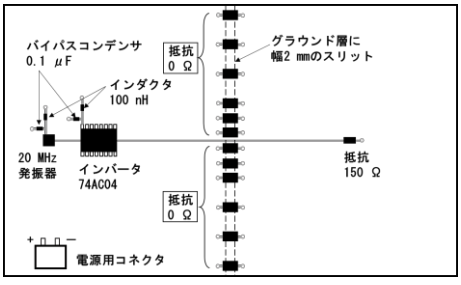
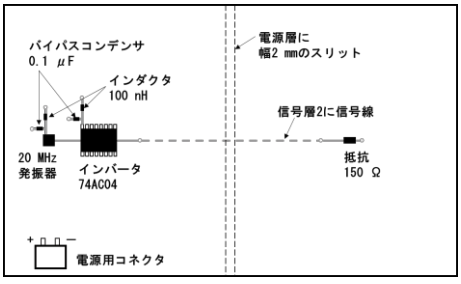
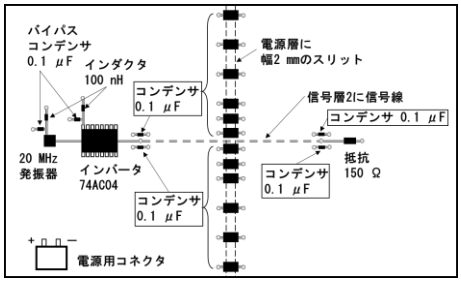
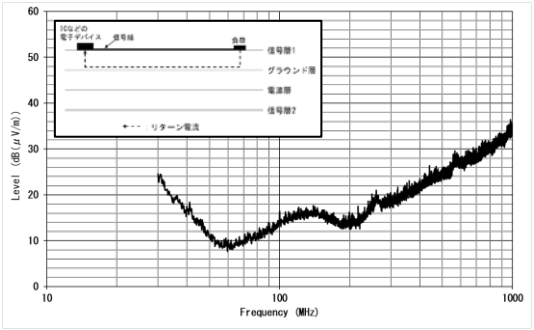
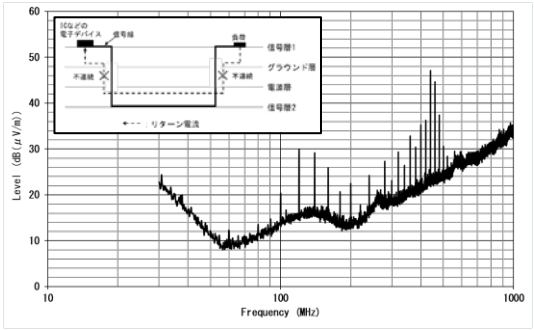
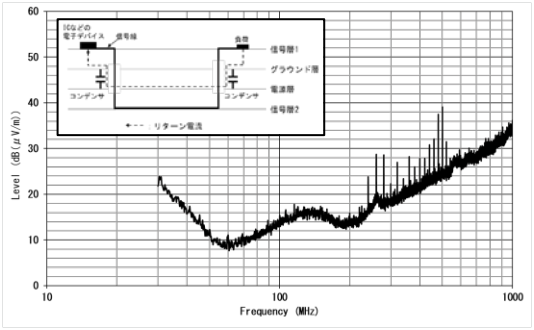
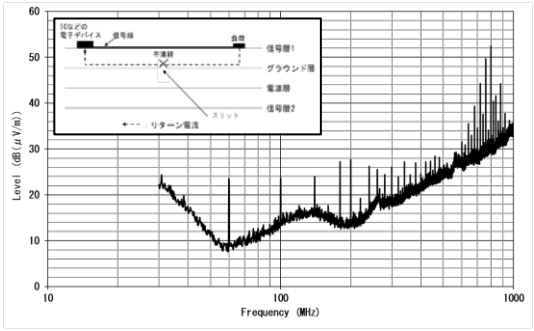
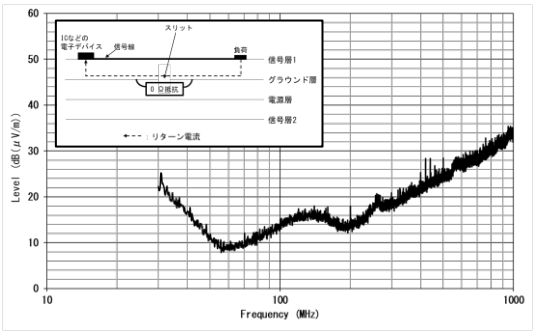
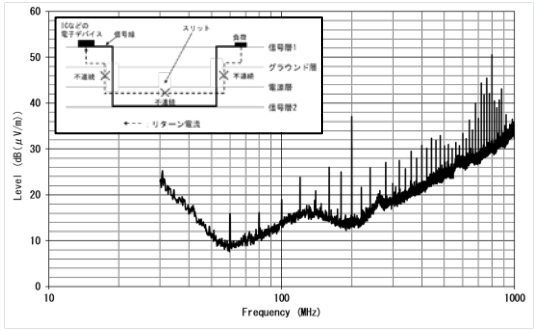
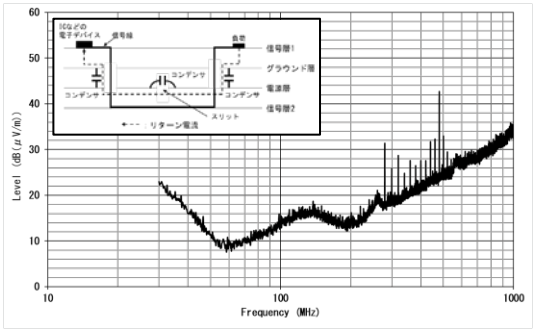
基板 No.	対策前の基板	不要放射ノイズ低減のための対策を施した基板
1		理想的な基板のためなし
2		
3		
4		

表 3　測定結果

基板 No.	対策前の不要放射ノイズ	対策後の不要放射ノイズ
1		理想的な基板のためなし
2		
3		
4