



本資料は弊社オンラインセミナー向けに作成した資料です。  
社外への展開はお控え下さい。

# 医療機器開発とノイズ 第三部 ノイズ対応設計とノイズコンサルティング

(株)キョウデン/倉西技術士事務所

## (株) キョウデン+ 倉西技術士事務所 (<http://pe.gxk.jp/>)

### □ 倉西英明 略歴

1990年4月-2016年5月 富士フイルムにて

- ・印刷機器のアナログ回路設計
- ・医療画像診断機器のEMC設計・試験実施・市場不具合対策

2016年6月- 倉西技術士事務所 開業

2017年4月-2019年3月 横浜国立大学産学官連携コーディネーター

2018年10月- (株)キョウデン ノイズ設計・対策 (協業)

### □ 業務内容

- ・ (株) キョウデン 基板ノイズ設計コンサル、対策支援
- ・ アナログ回路・機器設計支援 (ノイズ・EMC試験)
- ・ 各種講習会講師 等

### □ 支援実績

- ・ (株) キョウデンを通じた基板の低ノイズ設計支援
- ・ 医療機器ベンチャー・スタートアップ企業の機器開発支援 (EMC対策)
- ・ 機械工場系IoT機器の開発支援 (現場ノイズ・EMC対策)

医療機器開発は規格との闘いでもあります。これを取得しないことには、商品は日の目を見ません。

このオンラインセミナーでは、電子回路系設計者にとって、特に難物であるEMC(EMD)試験について、規格と試験の中身、そしてノイズ設計までを概観します。

オンラインセミナーは以下の3部構成で、一部ずつ、3回に分けて行います。

**第一部 医療機器を取巻く規格とEMC**

**第二部 医療機器EMC試験項目とその内容**

**★ 第三部 ノイズ対応設計とノイズコンサルティング**

今回は第三部です。

## 第3部 ノイズ対応設計とノイズコンサルティング

### 3.1 ノイズ設計の実際

3.1.1 基本はGNDの強化

3.1.2 基板の設計

3.1.3 ケーブルの設計

### 3.2 ノイズコンサルティングのご紹介

3.2.1 各種ノイズ対策支援

3.2.2 DEMITASNX + 基板電磁界解析

# 3.1.1 基本はGNDの強化

EMC設計・対策において、装置の「GNDを強くする」は基本中の基本

と経験者はよく口にするが…

「何を以て強いGNDというのか抽象的でよく分からない」

「メカ担当に、エレキの用語で話されても困る、と言われた」



できるだけ抽象的にならないように概念を整理してみる

## (1) EMCでいうGNDとは何か

- 回路の電位の基準となる導体部分で、
- 多くの場合は、筐体等最も物理サイズの大きな金属部品
- 基板の中では、内層・表層のベタ等、面積の広い同電位の部分
- 安全のためのアースとは異なり、ポータブル機器等では必ずしも大地アースに接続されていない部分でもGNDと呼ぶ
- 装着部等で安全上、絶縁が要求される部分では、その回路の中でローカルなGNDを設けることがある

医療機器特有

# 3.1.1 基本はGNDの強化

## (2) GNDが強いとはどういうことか

- ・「強い」「弱い」は定性的表現なので、数値で表すものではないが、
- ・装置の中でGNDとなる**金属部分**（筐体、基板内層、ケーブルシールド等）が**低インピーダンスで結合**されている状態
- ・「低インピーダンスで結合」の**具体例**は…
  - 塗装・表面処理（アルマイト等）を介さず、**直接接触**
  - ネジ留め（点）**より**溶接（面）**（点接触より**面接触**）
  - 単線**より**平編線**（より**平たい形状**、長い線より**短い線**）
  - 表層配線**より**内層ベタ**（細い経路より**太い経路**）
  - 絶縁のために**AC的な結合**（C結合）ならCをできるだけ大きく
- ・基板内においては、**高速信号のリターン経路に不連続がないこと**

医療機器特有

### メカ設計への具体的な指示は具体的に…

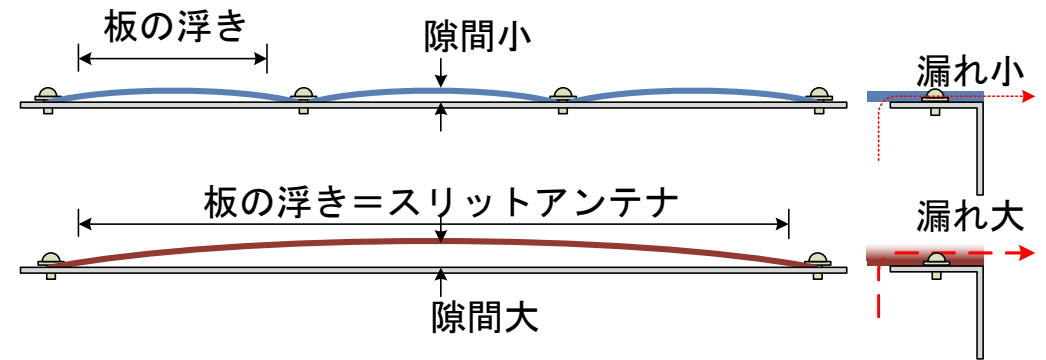
- ・金属部品同士の**接触部分は塗装せず**、**広い面積で接触**させる
  - ・**基板ネジ留め部分**にはなるべく**短い金属スタッド**を使う
  - ・金属部品で構成する**可動部分**は、**導通が取れる構造**にする
  - ・コネクタの**金属シェル**は、**広い面積で筐体に接触**する構造にする
- etc.

# 3.1.1 基本はGNDの強化

## (3) 「GNDが強い」設計の具体例

### ・ネジの締結部

- ネジの締結部は、**間隔を合理的な範囲で短くする**
- ∴ 板に浮きが生じてスリットアンテナとなるのを防止するため

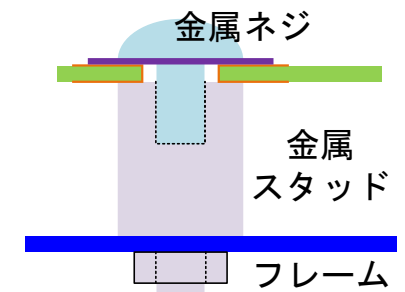
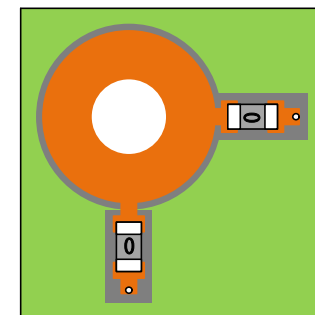


### ・金属同士の接触部

- **接触面に塗装、表面処理はしない**
- ∴ 金属同士を点ではなく面で導通を取ればインピーダンスを下げられる

### ・基板のネジ止め部

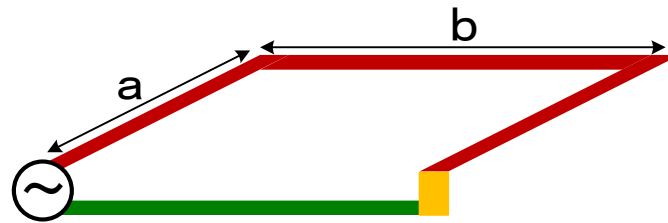
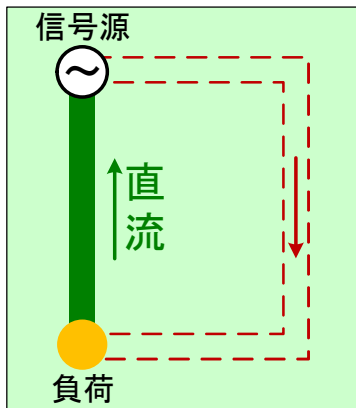
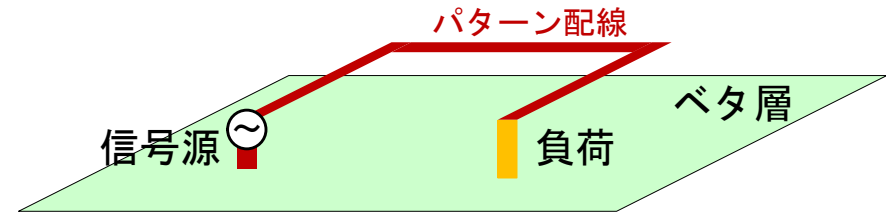
- **金属ネジとスタッド**を利用して右図のようにする (例)
- ∴ フレームが低インピーダンスで接続可能。  
問題なければ、抵抗はパターンに変更可



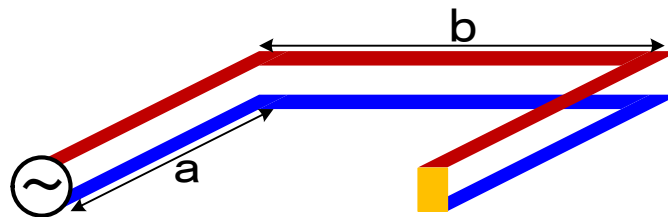
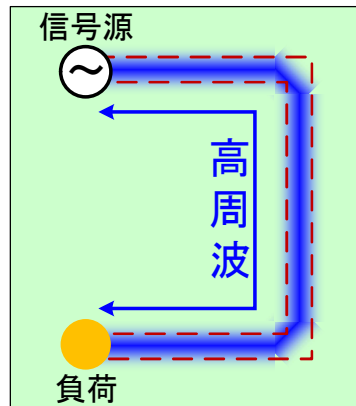
# 3.1.2 基板の設計

## (1) 信号とリターン経路

右のようなシンプルなモデルで、電流の周波数を変化させ、帰路の電流分布がどうなるか、を考える



【直流の場合】  
帰路の電流は、負荷の点から最短距離で電源に戻る



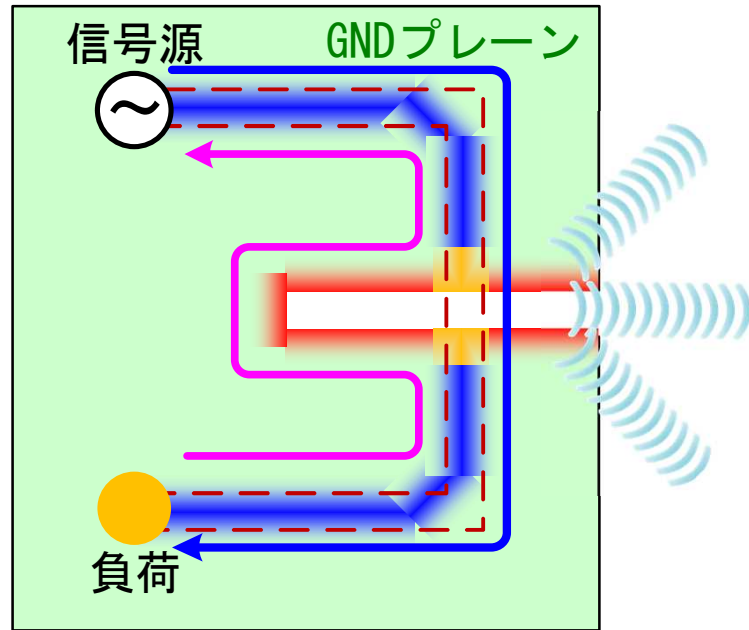
【交流の場合】  
帰路の電流は、周波数が高くなるほど（概ね100kHz程度以上）パターンの直下に密集して流れるようになる



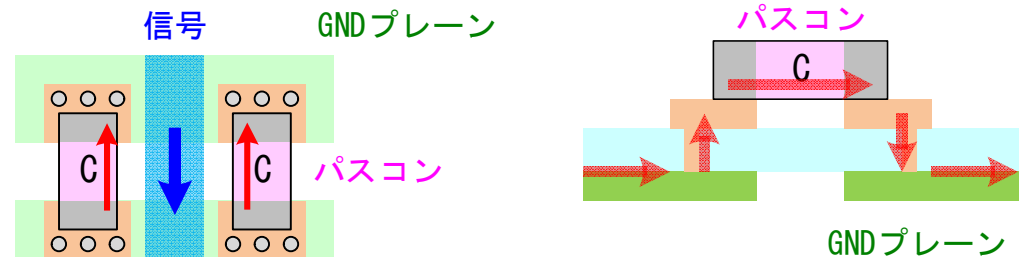
# 3.1.2 基板の設計

## (1) 信号とリターン経路

リターン経路が切れていたらどうなるか



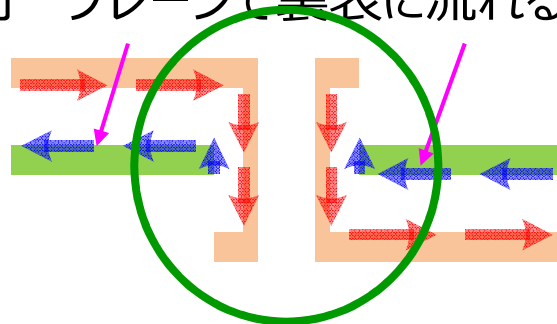
リターン電流が信号から離れ、**回り道**する  
基板自体がアンテナとなって放射が起こる  
下記のような解決案はあるが難点\*1も多い



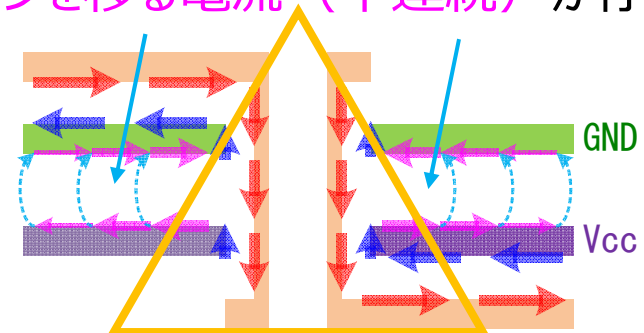
\*1 周波数特性を持つ、位相が回る等

垂直方向の電流(via)も要注意

同一プレーンで裏表に流れる



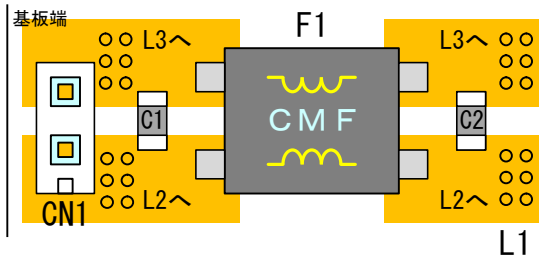
プレーンを移る電流（不連続）が存在



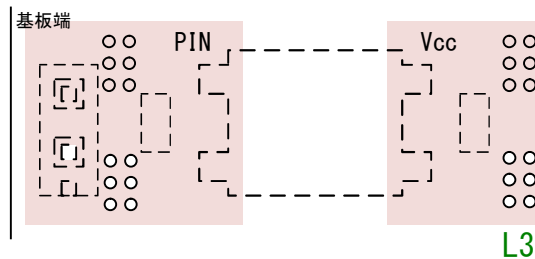
# 3.1.2 基板の設計

## (2) ノイズ対策部品とその周辺

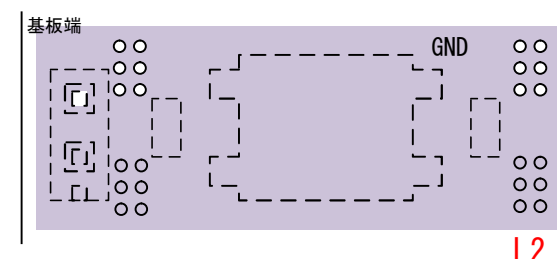
電源用フィルタの周囲のパターンは見えないC（浮遊容量）に注意



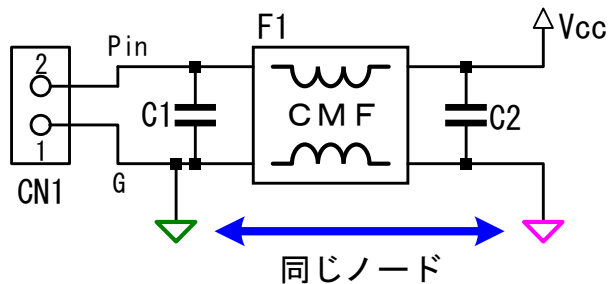
部品面は問題なさそう



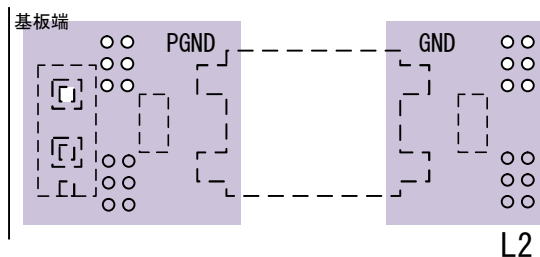
電源層(L3)も問題なし



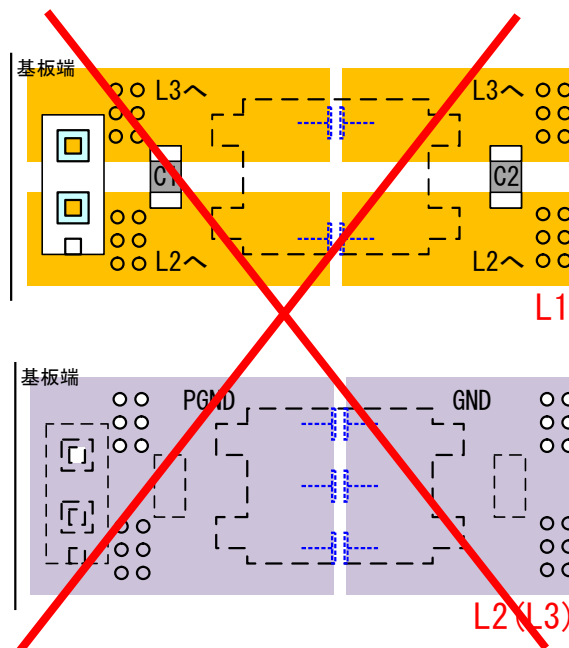
GND層(L2)何だこれ？



元々回路図が間違っていた



L2はこう配線すべき



### 悪い例

コモンモードフィルタ（複合タイプも同様）の入力側と出力側のノードは、浮遊容量でノイズが結合するので、近接させてはいけない

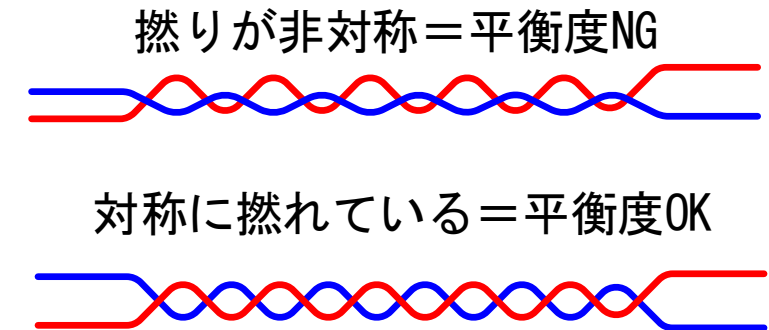
フィルタ直下のベタも同様にNG

# 3.1.3 ケーブルの設計

## (1) 信号の種類とケーブル設計

### ・高速シリアル (LAN,USB,LVDS etc.) ケーブル

- この種の信号は、インピーダンスと平衡度が重要
- ∴ 品質を重視して選ぶ。「撚り」が対称でなく不平衡成分があると放射やクロストークの原因となる。  
また、バーストや放射免疫にも弱くなる



### ・同軸ケーブル

- 一部の高速シリアル伝送にも用いられる同軸ケーブルは、シールドが重要。信号の周波数成分を考慮し、適切に選ぶ
- ∴ 特にGbpsクラスの信号の場合、編組の密度が低いと電波の漏れが大

### ・FPC

- FPCには基本的に高速信号を通さない。止むを得ず通す時は、裏面にメッシュのGNDを入れるか、筐体等の金属に密着させて布線する
- ∴ FPCは強いGNDが取れないため、高速大振幅の信号を通すとアンテナになりやすい

# 3.1.3 ケーブルの設計

## (2) シールドケーブルの接地法

### 接地方法を決める観点 (イムニティ)

ケーブルに微弱な信号、ノイズの多い信号を通す場合、  
シールドケーブルで外来ノイズから守る



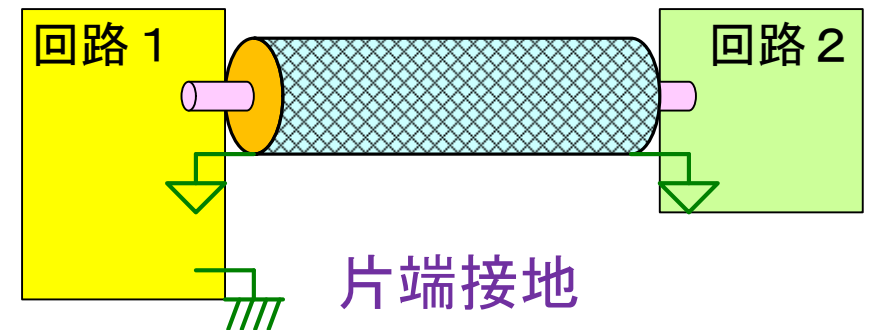
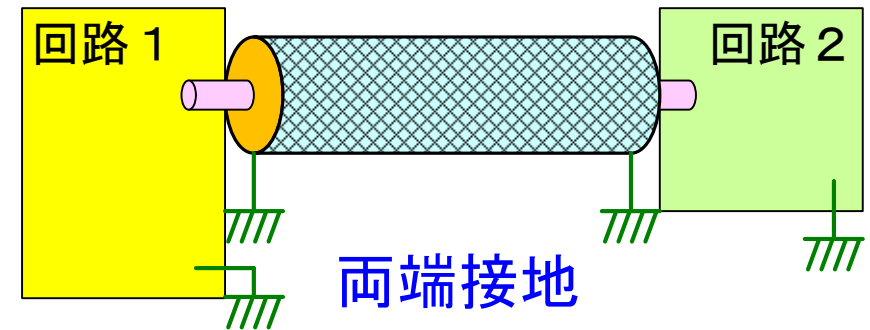
シールドは両端を接地すべきか、片端を接地すべきか

観点はだまかに次の2つ

- (a) 外来のノイズは電界か、磁界か
- (b) 外来のノイズは低周波 (<数10kHz) か高周波か

その他の観点

- (c) 伝送距離
- (d) 伝送する信号の性質 (振幅・周波数)
- (e) 両端のGND電位に差はあるか



## 3.2.1 各種ノイズ対策支援



### (1) サービスの概要

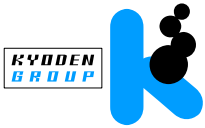
ノイズに関してよくいただくご要望、お困りごと

- ・既存の基板から発生するノイズが大きいので、改版したい
- ・短い開発スケジュールの中でもノイズのケアをしたい
- ・実機でノイズが発生！多角的に解決したい
- ・第三者の視点を入れてノイズ問題を解決したい

キョウデンがノイズ解決をサポートします

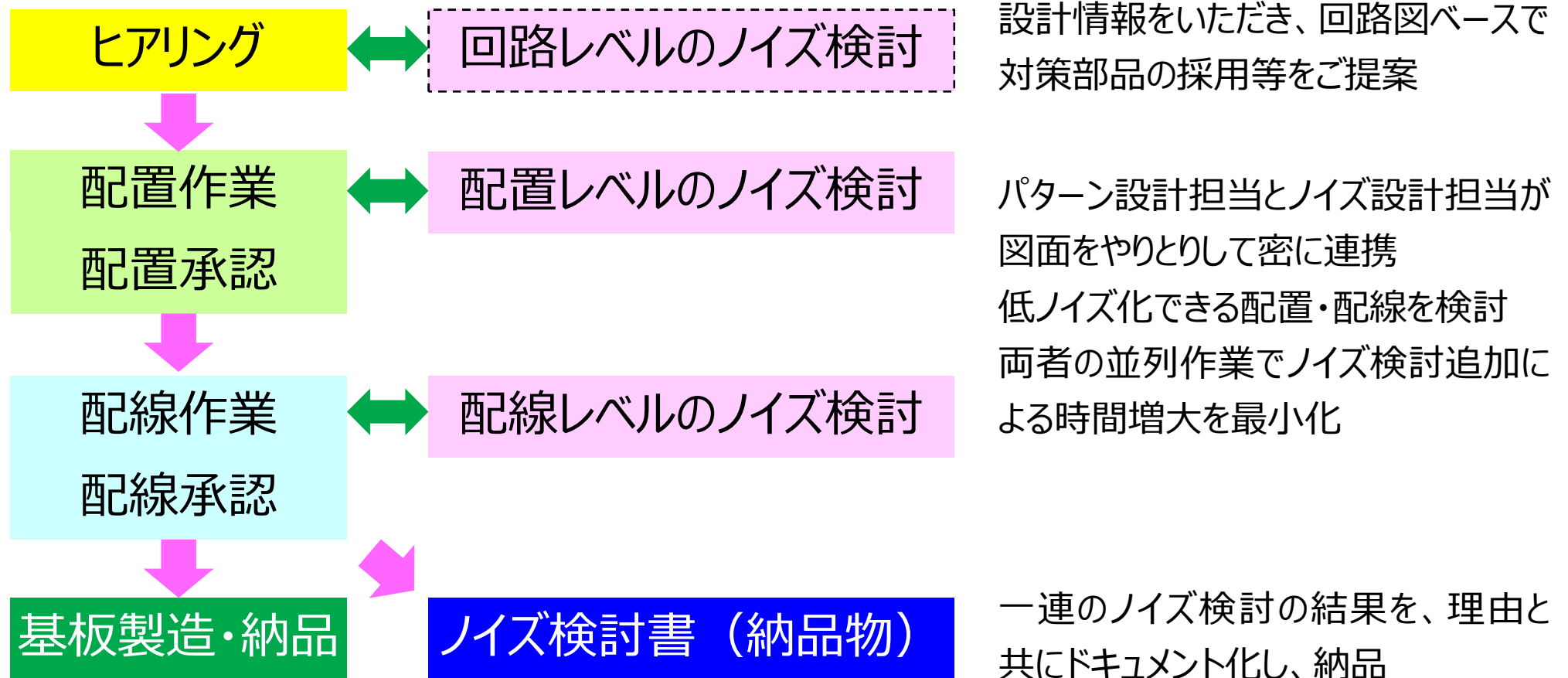
- ・どの段階からでもご支援可能（部品選定からEMC試験まで）
- ・基板に加えケーブルやメカを含めたシステム視点での対応
- ・実機ベースでの対策も可能（手を動かして結果を出す）
- ・ノウハウ（思考過程＋結果）は成果物として納品

# 3.2.1 各種ノイズ対策支援



## (2) 進め方 (例)

### 基板低ノイズ化設計コンサルの事例



# 3.2.1 各種ノイズ対策支援



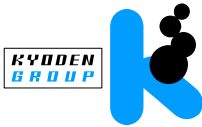
## (2) 進め方 (例)

### 実機 (試作機) の現場EMC対策コンサルの事例



\*1 EMC試験のコンサルティングでは、規格解釈、試験内容及び試験結果については、製造者及び製造者が選定したEMC試験所の解釈や判断に従います

# 3.2.1 各種ノイズ対策支援



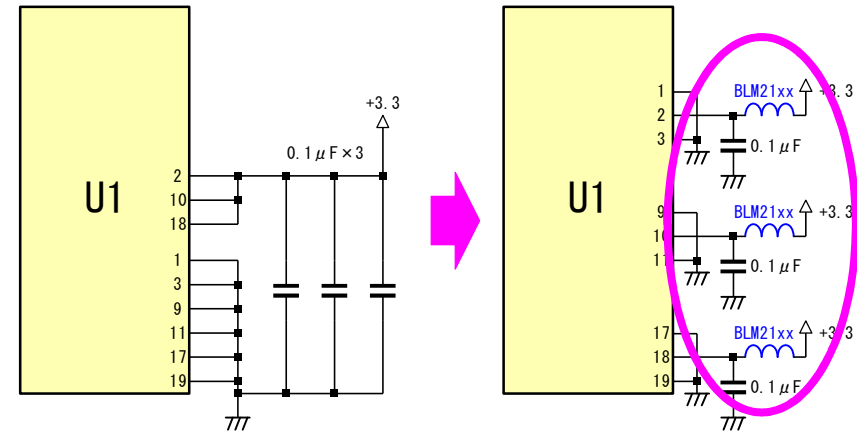
## (3) 実施例 1 回路図レベルのご提案

### [1] ノイズの多いICの電源ピン

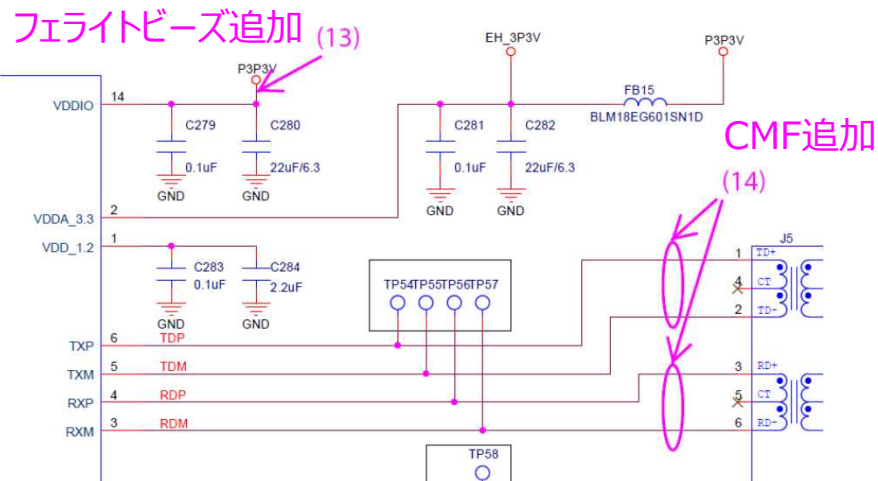
電圧は同じながら、機能ごとに分割された  
ノイズの多いICの電源ピン



機能ごとの電源ピンにそれぞれフェライトビーズ  
を追加した



電源ピン周りのフィルタ追加



LAN ICの電源・信号線対策例

### [2] 基板外に繋がるLAN IC

差動信号にコモンモードフィルタ追加した  
電源ピンにフェライトビーズ追加した

- 電源系のノイズをLANケーブルに載せない
- ノイズの多いLAN ICから電源を通じてノイズをまき散らさない



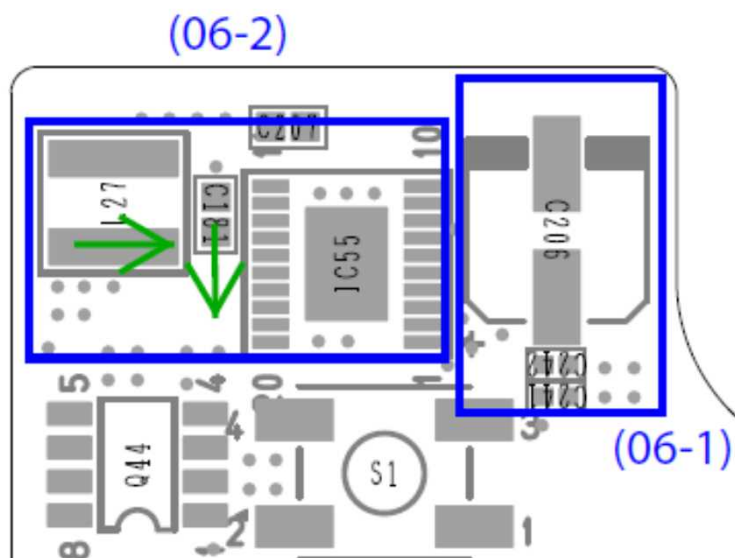
## 3.2.1 各種ノイズ対策支援

### (4) 実施例 2 部品配置のご提案

#### [1] 高ノイズ回路の基板エッジを考慮した配置

スイッチング電源ICと周辺部品的位置を、基板端から離すように再配置した

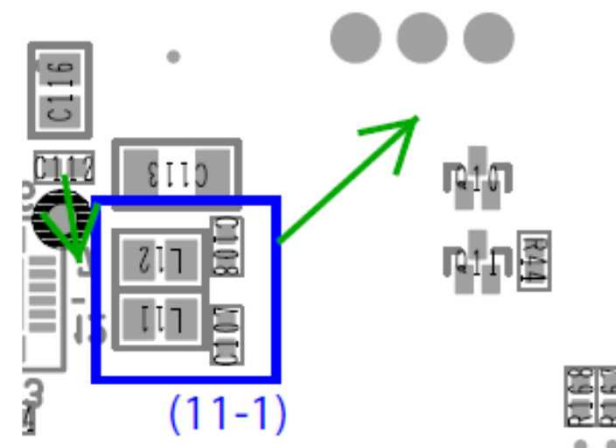
- ・スイッチング電源回路はノイズ源なので、基板端に置かない
- ・制約が大きく、全てを満たせないなので、最もノイズの大きなスイッチングノードだけでも内側に寄せる



#### [2] 信号コネクタとノイズ対策部品の配置

コネクタから離れている対策部品（LCフィルタ）をコネクタ直近に再配置した

- ・ノイズ対策部品は入力も、出力もコネクタの直近に配置するのが効果的
- ・特に静電気対策部品は極力近くに優先的に配置する



## 3.2.1 各種ノイズ対策支援

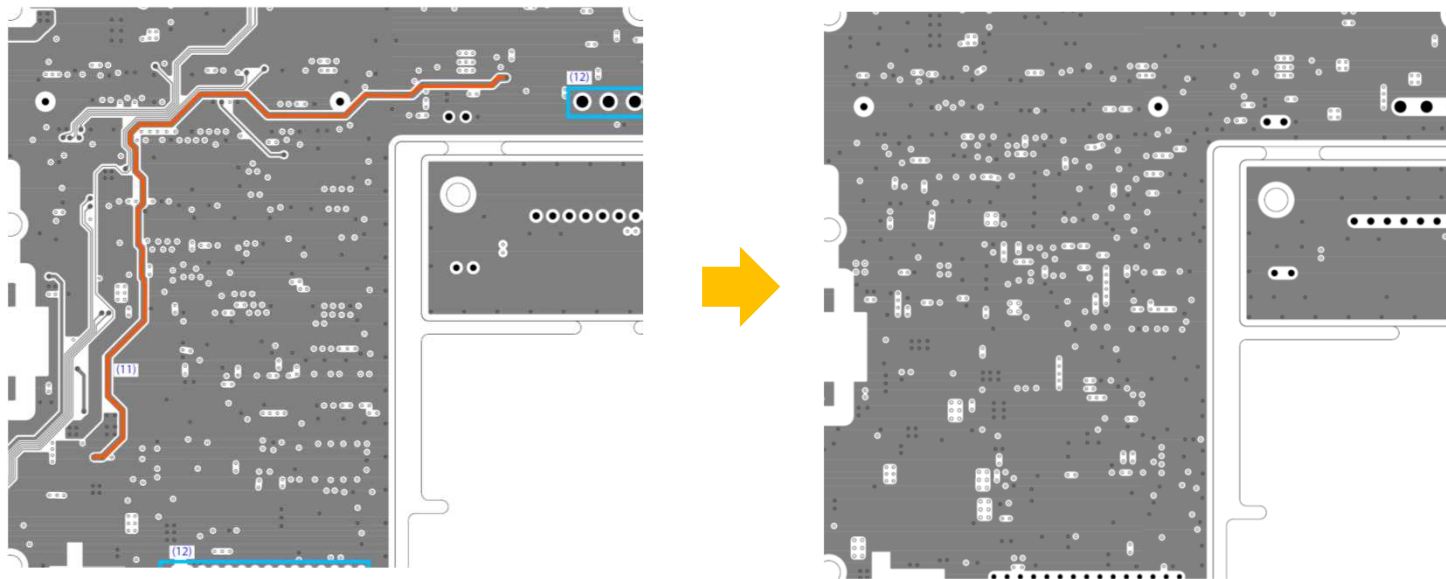
### (5) 実施例3 パターン設計のご提案

他社設計基板の改良設計例

#### 高速信号配線と内層GND

電源配線を通すために設けていたベタGND層の大きな分断をなくした

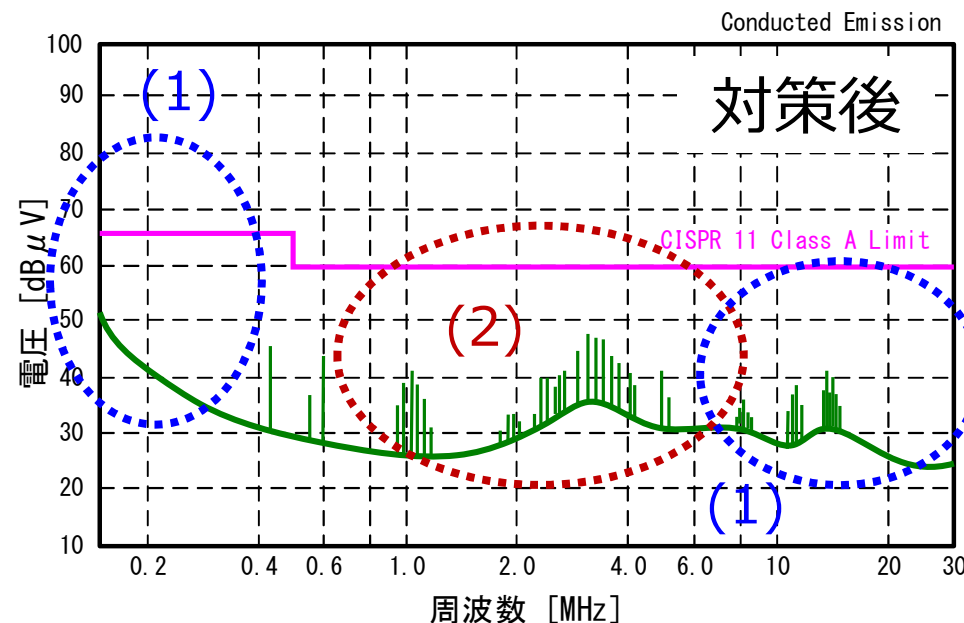
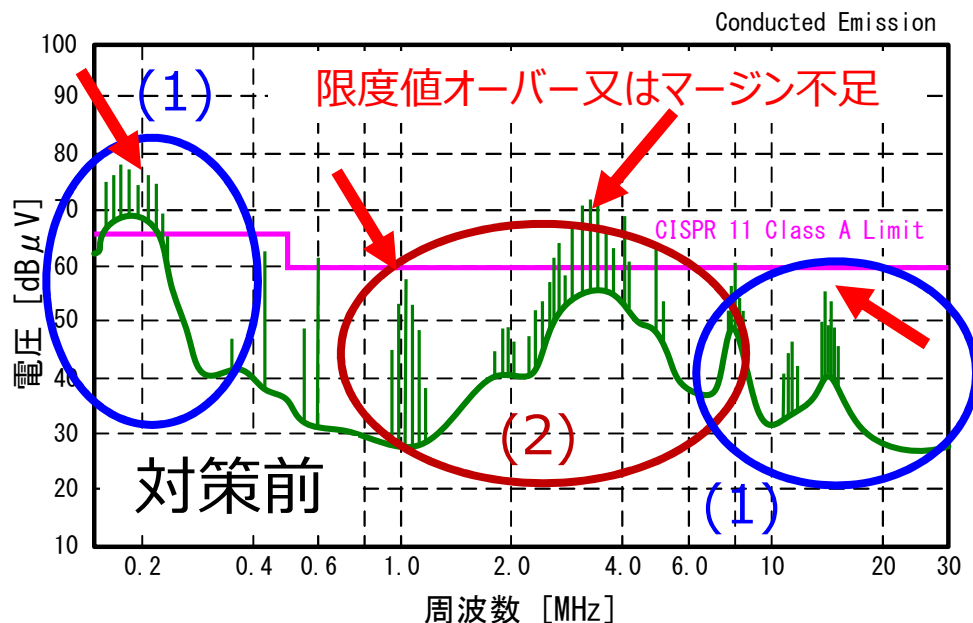
- ・GNDベタはその上の信号配線層のリターン経路なので、分断するとコモンモードが発生する
- ・元の電源配線は、高速でも大電流でもない（優先度低）ので、他の層で配線した



GNDベタを分断する電源配線(橙色線)の除去 before/afterの例

# 3.2.1 各種ノイズ対策支援

## (6) 実施例 4 現場対策



### 対策(1)

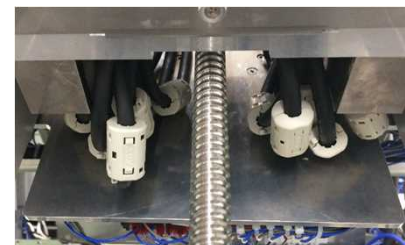
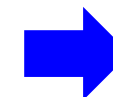
ACラインフィルタの機種（特性）見直しによる、  
ノーマルモード抑制効果：約10～35dB

### 対策(2)

ケーブルへのフェライト追加、配線経路見直し等  
でのコモンモード抑制効果：約10～20dB

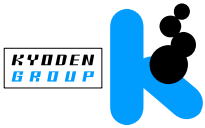


変更例



対策例

# 3.2.1 各種ノイズ対策支援



## (7) 実施例 5 成果物 (レポート) 発行

- 成果物は文書 (基本はpdf) でお出しします
- 対策案には、必ずそうする理由をご説明します
- 現場対策等で、数値で明確に before/afterが比較できるものは数値を付けます
- 得られた知見、ノウハウは全て共有いたします (秘匿しません)



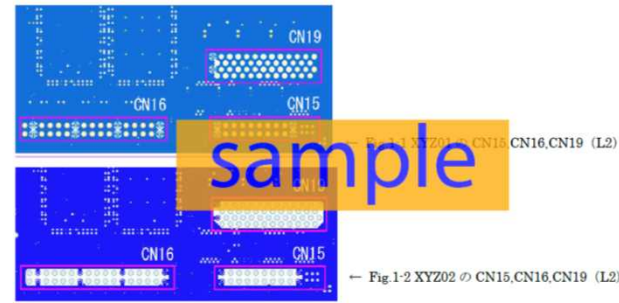
御社の技術蓄積としてご利用いただけます

### XYZ 基板 配線に関する EMC コメント

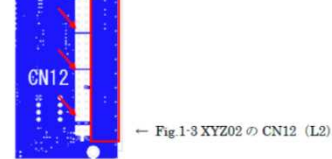
倉西技術事務所(株)キョウデン  
20yy.mm.dd 倉西英明

XYZ 基板の配線について以下の観点でチェックしました。元々の基板が、ノイズに関してかなり配慮されたものであったため、今回の改版での指摘点はあまり多くありません。

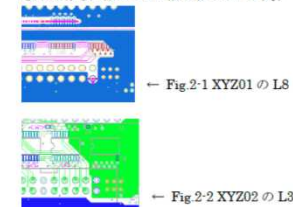
1. 挿入品コネクタ周囲のベタについて  
挿入品のコネクタの下部(表層を含む全層)はベタを広めに被せました(Fig.1-1, Fig.1-2に before/after)。これは、内層はノイズを含んでおり、穴の周囲の銅箔とピンの間の浮遊容量でノイズが結合し、基板外に出るケーブルから放射する (or 外部の回路に伝達する) のを防ぐためです。



また、この処理を CN12 に適用すると、Fig.1-3 のように基板端に長い「半島」状のパターン (図の赤枠) が生じるため、内側の面積の広い内層との間に複数の橋渡し (同図赤矢印) をして、この部分がアンテナにならないようにしています。さらに、この橋渡しは全 GND 層について行っていますが、「橋」の位置を層毎にずらすことで、特定の位置だけのインピーダンスを下げないよう、まんべんなく下がるようにしています。



いところがありました (Fig.2-1 の赤矢印) が、XYZ02 では、基板端の細い GND はインピーダンスが高く、ここに閉じ込めず。  
A を多く設け (Fig.2-2 の赤矢印)、GND インピーダンスをら出る電磁波を「籠」のような構造にして閉じ込めようとし、板端配線も同様に GND 幅を取っています。



にパターンを設けないようにします。スイッチングノードは、IC 電源入力電圧のほぼフルスイングが高速で変化するノードだからです。  
XYZ 基板では、スイッチングノードが IC 外部に出ているのは REG4 と REG5 です。XYZ01 では、Fig.3-1 のように、スイッチングノードのパターン (青枠) が IC の入力側と非常に近接 (赤矢印) していました。このパターンだと、スイッチングノードのノイズがこの隙間の浮遊容量で入力側に結合し、他の電源に拡散します。

そこで、XYZ02 では REG4 と L6 間のパターンを削って、Fig.3-2 の青矢印のように変形しました。これにより、入力パターンとの間の浮遊容量を減らし、今回新たに追加した小容量のコンデンサ (C5) の効果も加えて、電源によるノイズを抑えます。  
(この対策は、REG5 にも同様に施しています)



## 3.2.1 各種ノイズ対策支援



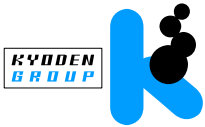
### (8) お客様のメリット

本サービスの強みとお客様のメリットには、以下のようなものがあります

- 基板製作 + αの費用と期間で、**ノイズをケアした設計**ができる  
ノイズコンサルティングだけで、基板製作の費用を上回るような額にはなりません
- 開発の**どの段階**からでも、サービスが受けられる  
回路図段階からでも、装置ができてしまっても構いません
- ノイズに詳しい**設計者がいなくても**、設計・対策ができる  
iNARTE EMC Engineer, Senior EMC Design Engineerが強力にサポート
- 会社に**技術が残る**  
成果物には設計・対策過程でのノウハウや数値が盛り込まれています



# 3.2.2 DEMITASNX + 基板近傍界解析



## (1) 実際に測って対策できるオプション

### EMI可視化システム

EMI可視化システムは、測定対象上を磁界プローブで自動走査し、磁界強度分布（ノイズ）を計測・表示します。本システムは、PCでスキャナとスペクトラムアナライザを制御します。ノイズの対策に役立ち、オフィス環境でノイズを把握することができます。

従来のノイズコンサル内容に、NECプラットフォームズ（株）のDEMITASNX EMIチェッカとEMI可視化システムをリンクした、新たな支援メニューを追加

### 高精度スキャナシステム(4EM500)

#### ● 各種カスタマイズ対応

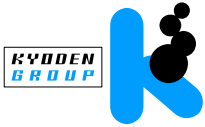
高精度スキャナシステムは、装置、プリント基板、LSI、部品、モジュールなどのさまざまな対象物の磁界強度分布（ノイズ）が計測・表示できます。各種オプションやカスタマイズ対応もできます。

測定対象	装置、プリント基板、LSI、モジュール、部品など
測定方式	4軸ステージにより磁界プローブを走査
測定範囲	X,Y,Z = 500mm × 500mm × 210mm $\theta = \pm 90\text{deg}$
動作ステップ	X,Y,Z = 0.01mm $\theta = 1\text{deg}$
対応可能プローブ	CP-25A、MP-10LA、その他各種対応可能*4
外形寸法	860mm(W) × 862mm(D) × 840mm(H) (突起部を含まず)
質量	約 110kg
電源	AC100V - 240V 50/60Hz
制御用インターフェース	モータコントロールボード(USB or PCI-Express)、 GPIB-USB
計測器	スペクトラムアナライザ *6

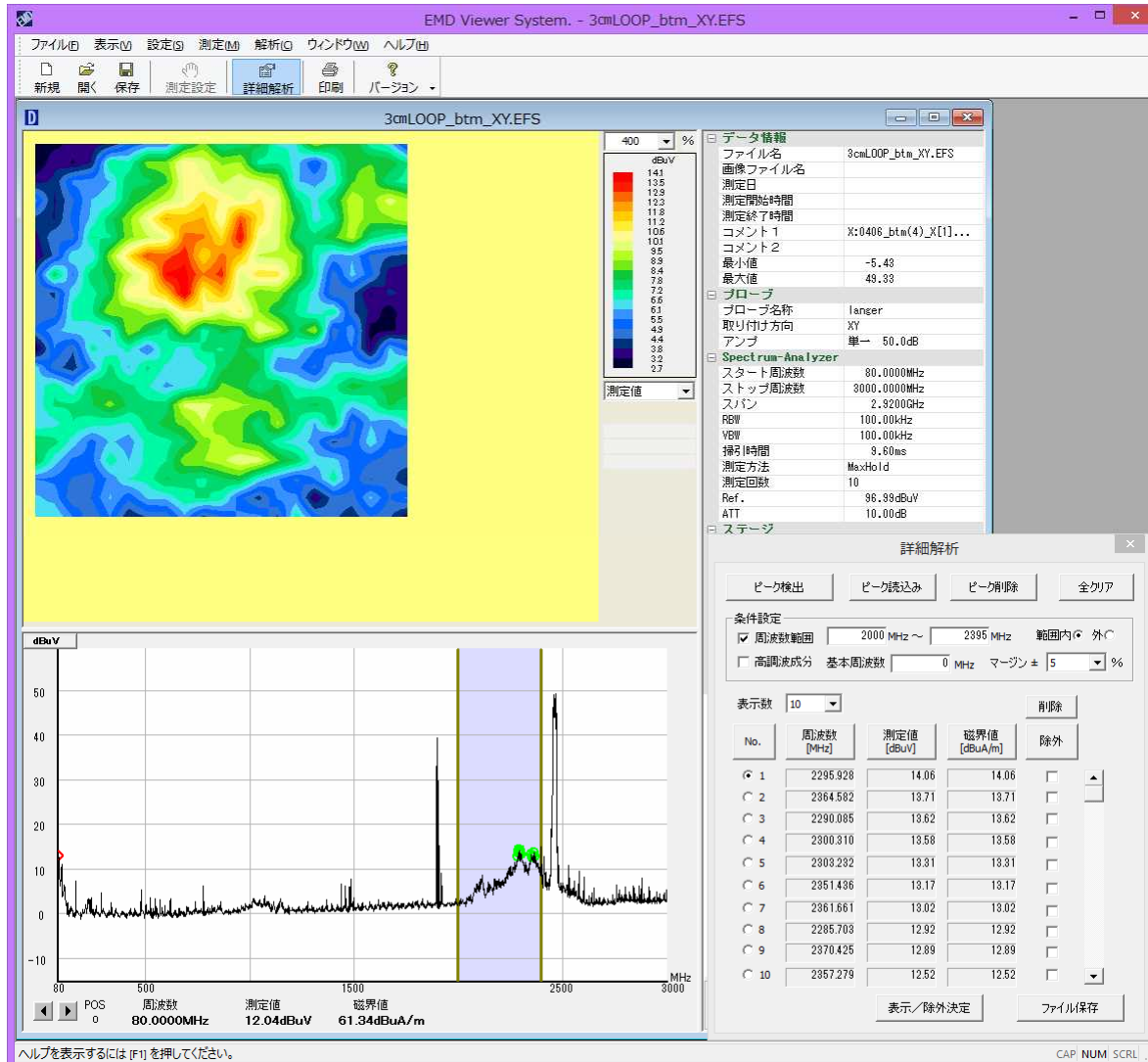


\*4.BNCコネクタタイプ

# 3.2.2 DEMITASNX + 基板近傍界解析



## (1) 実際に測って対策できるオプション



## 実測例

基板の中で、電界/磁界が  
出ている場所を特定できる

測定場所ごとに周波数スペク  
トルを測定できる。「**どこから**」  
「**どの周波数が**」強く出ている  
かが分かる

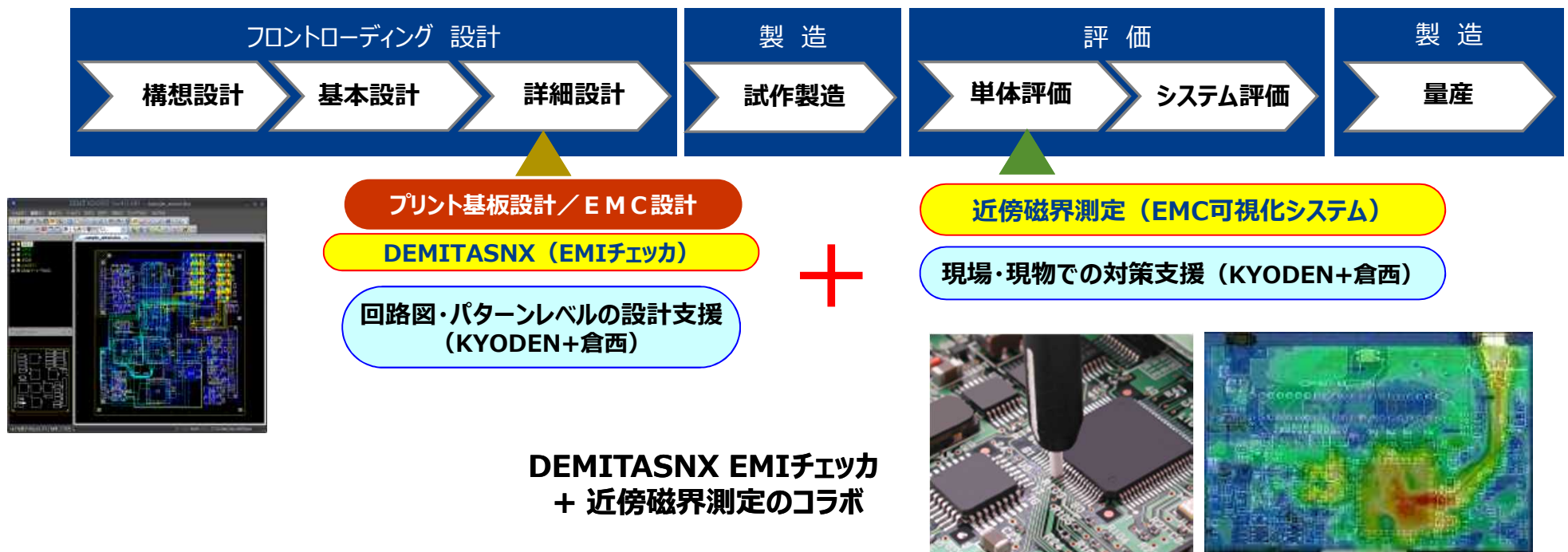
DEMITASNXの結果と合わ  
せて設計の確認ができる

## 3.2.2 DEMITASNX + 基板近傍界解析

### (2) 基板設計からシステムまで

EMI問題の解決には、PCBからの放射ノイズのレベルの把握する必要があります。レベル把握には、EMC可視化システムの活用をお勧めします。また、**近傍磁界測定**と**EMIチェッカ**のコラボを行うことで、放射ノイズ対策の漏れやその対策効果を事前に実験室レベルで確認を行うことが可能になります。

設計ルールの構築や設計ルール確認を行うことも可能です。それにより、製品開発における**ノイズ対策工数費用の低減**につながります。





- ◆基礎編から応用編まで対応
- ◆貴社固有の状況に合わせたカスタム講座

【例】

定員30名 2時間Web講義（1回） 効果測定テスト  
費用：10万円～（応相談）



# ワンストップソリューション

アイデア

カタチ

**可能性を製品にする KYODEN GROUP**

「総合力」

×

「創造力」

Integrated power

Creative power

■お問い合わせE-mail: [info@kyoden.co.jp](mailto:info@kyoden.co.jp) ※件名に「ノイズコンサルティング」と明記下さい。  
株式会社キョウデン 営業統括本部 設計開発部 <https://www.kyoden.co.jp>