

# EMC対策部品の分類と役割

TDK株式会社 アプリケーションセンター 藤城 義和

## 1 | EMC対策部品とはどのようなものか

### ■フィルタとしてのEMC対策部品

EMC対策部品というのは、読んで字のごとく、EMC対策（ノイズ対策）に使う電子部品のことです。実体は、図1に挙げたようなコンデンサやフィルタなどの部品ですが、それらの総称として「EMC対策部品」という名称が使われます。ですので、EMC対策部品という特定の物が存在するわけではありません。また、EMC対策部品の中には、コンデンサやコイルなどEMC対策以外にも使われる、いわゆる汎用品もありますが、多くはEMC対策専用の部品です。図に載っている部品以外にも、ダンピング抵抗やクランプダイオードなども広い意味ではEMC対策部品と言えますが、むしろSI (Signal Integrity) 的な役割が主なので、ここでは省きま

図1 各種EMC対策部品

#### (1) 周波数で分離するタイプ

コイル	
ビーズ	
コンデンサ	
3端子フィルタ	

#### (2) モードで分離するタイプ

コモンモードフィルタ	
伝送トランス	
フェライトコア	

#### (3) 振幅で分離するタイプ

バリスタ	
ツェナーダイオード	

した。

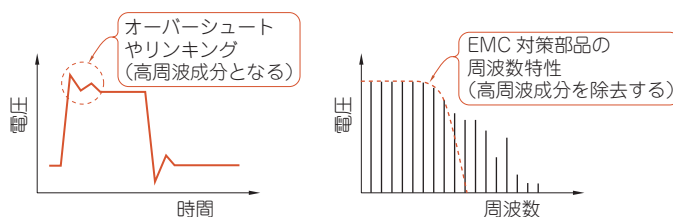
さて、これらのEMC対策部品の作用は、総じて言えば、必要な信号（情報）と不必要な信号（ノイズ）を分離するための「フィルタ」と考えられます。フィルタですので、何かの違いに着目して分けるのですが、その着目点ごとに部品を分類してみましょう。

### ●周波数で分離する

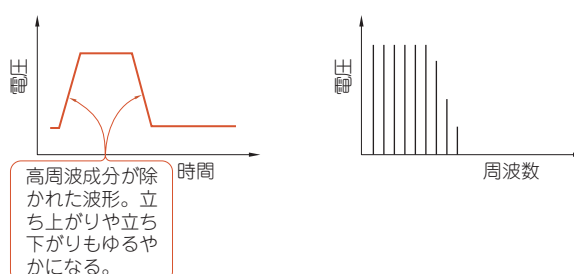
一般にノイズは周波数成分が高い [1] ので、そういった性質を利用して分離することができます（図2）。この場合のEMC対策部品はLPF (Low Pass Filter) と言えるでしょう。図1の中ではコイル、ビーズ、コンデンサ、3端子フィルタなどがこれに分類されます。LPFですので、コイルやビーズは回路に直列 (series) に、コンデンサは回路に並列 (shunt) に挿入して使います。より急峻

図2 周波数でノイズを分離するタイプ

#### (a) EMC対策部品なし



#### (b) EMC対策部品あり



な減衰特性を得るため、コイルやビーズとコンデンサを組み合わせ3端子フィルタを構成したり、抵抗とコンデンサ（両者とも安価）を組み合わせRCフィルタを構成したり、という使い方もなされます。コンデンサ（Xコン、Yコン）とコモンモードフィルタ（ときにはコイルも）を組み合わせたAC電源ライン用フィルタもその1つです。

コイルとビーズには明確な線引きはありませんが、高周波帯で損失的になるのがビーズです。EMC対策には損失性が有利に作用する（エネルギーを吸収するとか）ことが多いので、好んで使われます。一方、コイルは高いインダクタンスが得られますので、比較的低周波で、絶対値が必要な個所に用いられます。

### ● モードで分離する

ノイズと情報（必要な信号）で伝搬モードが違う場合、そのモードの違いによって分離することが可能です。例えば、差動伝送では必要な信号はディファレンシャルモードに乗っており、コモンモードは不必要な成分であることが普通です（規格によってはコモンモードに情報を乗せる場合もあります）。コモンモードフィルタ（CMF=Common Mode Filter）やフェライトコア<sup>\*1</sup>（含クランプフィルタ）、および伝送トランス<sup>\*2</sup>は、そういったコモンモード成分を抑制するための部品です。磁気結合をうまく利用し、ディファレンシャルモードには影響を与えず、コモンモードだけに作用するよう工夫されています。これらの部品は回路に直列に挿入します。

### ● 振幅で分離する

バリスタやツェナーダイオードは振幅の小さいうちは何も作用しないのですが、大電圧（ノイズ）が来ると桁違いに低抵抗に変身し、それらを逃がすという働きがあります。静電気などの突発性のノイズに対して、効果を発揮します。これらの部品は回路に並列に入れます。

### ■ 機能面以外での分類

以上は作用面から見た分類でしたが、EMC対策部品としては、後付けが効くかどうかというのも重要な視点です。クランプフィルタや磁性シートなどはそういった面で重宝に使われています。ビーズやCMFなどの電子部品もランドをあらかじめ設けておけば（EMC対策部品を使わない場合はジャンパー線をつなぐ）、いざというときに使えます。

またGNDを要するかどうかという点も大切です。3端子フィルタはGND端子を有していますので、性能を十分発揮するためには、最短で接地する必要があります。コンデンサやバリスタ、ツェナ

\*1 フェライトコアはいわば半製品で、導線（ケーブルなど）を通すと、CMFあるいはビーズとなります。

\*2 伝送トランスの役目はコモンモードの抑制というよりは、むしろ絶縁と捉えるべきでしょう。トランスは電気エネルギーをいったん磁気エネルギーに換え、また電気エネルギーに戻すという構成になっており、電氣的なパスが途切れます。

ーダイオードもshuntで使う場合は同様にGNDが必要となります。また伝送トランスも中間タップのあるタイプでは、間接的ですが、GNDを使う場合が多いと思います。

ここでは、紙面の都合上、個々の部品についての説明は省きました。より詳しい情報は、後章あるいは文献 [2-5]などを参考にしてください。

## 2 | EMC対策部品の評価方法

### ■ 評価パラメータ

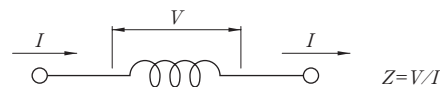
EMC対策部品はどう効くのでしょうか。本節では評価方法について考えてみます。

2端子部品の場合は、図3 (a) のように端子間のインピーダンスで特性を表現できます。端子が3つ以上でも、それらを適当につなぎ2端子にすればインピーダンスで特性付けることが可能です。コモンモードフィルタ（CMF）などはそうです。つなぎ方の種類を変え、何種類かのインピーダンスの組で特性を表現します（図3 (b)）。

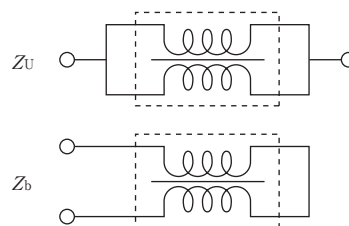
グラウンド（GND）を要する部品はインピーダンスでは特性を表現しにくいので、Sパラメータが使われます。図1の中では3端子フィルタがそれに相当します（図3 (c)）。3端子フィルタ以外の部品でも、適当にGNDを設ければ、Sパラメータで特性を表現できます。その際、部品の配置については注意が必要です。ビーズやCMFなどコイル系の部品はseriesに、コンデンサはshuntに置いて（図3 (c) の3端子フィルタでCあるいはLを取り去った状態）測ります。

図3 EMC対策部品の評価パラメータ

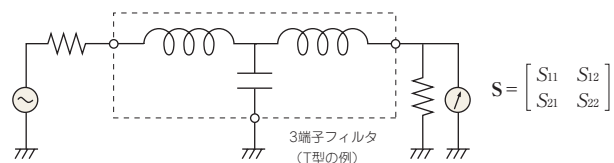
(a) 2端子部品はインピーダンスで評価する



(b) CMFは平衡/不平衡インピーダンスで評価する



(c) 3端子フィルタはSパラメータで評価する



以下ではインピーダンスについて概説します。Sパラメータについては章を改めて解説します。

## ■ インピーダンス

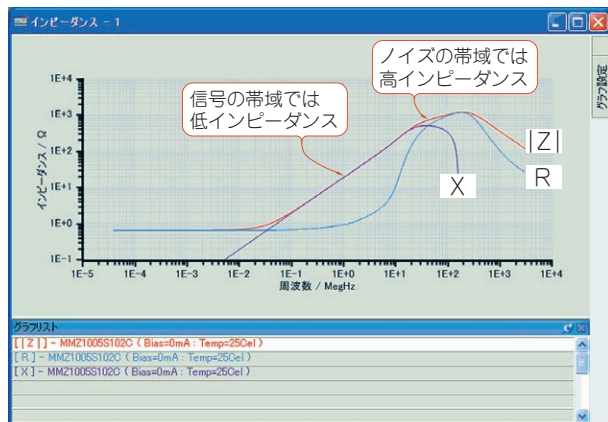
周波数で分離するタイプの部品は、インピーダンスの周波数特性が重要です。ノイズの周波数と(必要な)信号の周波数で、インピーダンスがどう違うかを見ます(図4(a))。

その際、インピーダンスの絶対値  $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$  も大事ですが、ビーズなどの損失性の部品では、その内わけ(RとXの割り合い)にも注意が必要です。「内わけ」は周波数によって変わりますが、そのパターンはほぼ材料固有のもの(透磁率の周波数特性)とんでも良いでしょう。ですので、ビーズに使われている磁性材料(製品のシリーズ)の選択が鍵となります。リングングを抑制したい場合などは比較的低周波から損失性になるものを選ぶと良いでしょう。高速性を重視するのであれば、そうでないものを選ぶ必要があります。

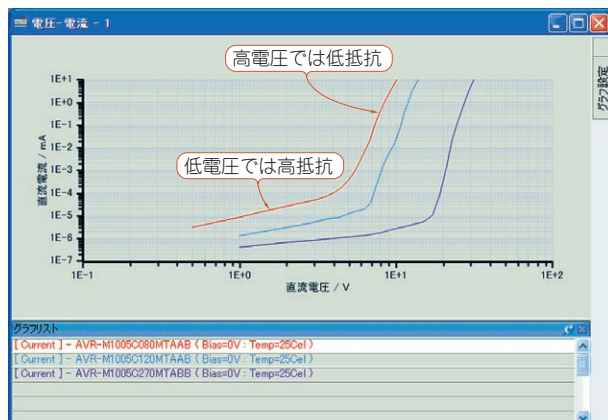
一方、損失が少ない部品であれば、その性能はリアクタンスX(あるいはサセプタンスB)で特性付けられますが、それを角周波数 $\omega$ で除した値、すなわち、コイルであればインダクタンスL、コンデンサであれば静電容量Cが良く使われます。これらの値は周波数によらずほぼ一定なので、グラフではなく数値(何nHとか何pFとか)で表現できる利点があります。ただし、どちらの部品も自己共振(容量性だったものが誘導性になる。あるいはその逆)があるので、高い周波数を扱うのであれば、やはりインピーダンス(の周波数特性)

図4 インピーダンス特性

(a) ビーズの例



(b) バリスタの例



に戻って考える必要があります。コンデンサではESLを自己共振の指標として用いることもあります。

振幅で分離するタイプの部品では、インピーダンスの電圧あるいは電流特性(周波数特性ではなく)が重要です。しかし、バリスタなどでは「電圧 vs. 電流」でグラフ表示するのが慣例です(図4(b))。その場合は、グラフの傾きがインピーダンス(抵抗)になっています。

## 3 | EMC対策部品選定時の注意点

前節ではEMC対策部品の評価方法を見てきましたが、本節では、それを使って部品を選定する際の注意点をいくつか考えてみます。EMC対策部品が効くかどうかは、部品の特性そのもの以外に、

- ① 終端条件
- ② 実装位置、実装状態
- ③ 放射ノイズであれば、その放射機構(どこからどのように放射されているか)
- ④ 周囲の環境: 熱結合、磁気結合など

などが関係しています。ですから、いくら性能が良いものを使っても、効果を発揮するかどうかは使い方次第とも言えます。ここでは①と②を取り上げます。

### ① 終端条件

インピーダンスやSパラメータという評価パラメータは以下のような性質があります。

▶ インピーダンスは部品単体(GNDから充分離れているという前提で)の特性を表わしています。ですので、それが効くかどうかは終端インピーダンスとの相対評価となります。つまり、何 $\Omega$ 以上なら良くて、何 $\Omega$ 以下なら悪いといった絶対的な判断はできないわけです。しかし、次のような傾向は知っておくと便利です。高インピーダンス環境下では、shuntにコンデンサを入れると効果的です\*<sup>3</sup>。効果的というのはseriesにコイルを入れて同じような効果を得るには、かなり大きなインダクタンス値が必要となるということです。逆に、低インピーダンス環境下では、seriesにコイルを入れた方が効果的です。また低周波で使うならば比較的定数(L値、C値)の大きな物が必要となります。そのため、形状も大きくなる傾向があります。高周波ではその逆です。

▶ それに対して、Sパラメータは終端条件が考慮されています。

しかし、通常は50 $\Omega$ という純抵抗終端のときの特性です(CISPR17:1981やMIL-STD-220B:2000)。もちろん、現実には必ず50 $\Omega$ 終端ということは少ない\*<sup>4</sup>でしょうし、またリアクタンス成分も存在します。

\*<sup>3</sup> ここでの話は抵抗終端を想定している。そうでない場合は後述。

\*<sup>4</sup> 差動伝送などの整合回路はその少ないものの1つで、Sパラメータの値そのものが回路の挙動を表わしています。従って、例えば、高速差動伝送用のCMFでは、ディファレンシャルモードのカットオフ周波数( $|S_{dd21}| = -3\text{dB}$ になる周波数)が十分高く、また特性インピーダンス $Z_{0d}$ が整合しているといったことが重要な指標となっています。



それでは、どうすればノイズに対する効果を直接測る事ができるのでしょうか。もし、抵抗性の終端でよければ、50ΩのときのSパラメータから50Ω以外のSパラメータを計算することができます。ですので、それを使えば、任意の(抵抗性の)終端に対する減衰効果を見積もることができます。具体的な計算方法については、Sパラメータの章をご参照ください。

終端が抵抗性でないならば、もはや実使用条件で検証するしかないと思います。もちろん、現物をはんだ付けして観測すれば間違いないのですが、回路シミュレーションでもある程度つかめるでしょう(その際インピーダンスやSパラメータ<sup>\*5</sup>の情報が使われます)。

図5はTDKが無償提供しているソフト「SEAT」を使ってEMC対策部品の効果を簡易シミュレーションしたものです。「入出力にリアクタンス成分があるため、50Ω系のSパラメータから期待されるような減衰効果は得られていない」という例になっています。そのような場合は、試行錯誤が容易というシミュレーションの特長を生かし、最適部品を絞り込むことも可能です。

## ②実装位置、実装状態

EMC対策部品はノイズの発生個所に入れるが基本です。その方が予想通りの効果が得られやすいです[6]、また途中の経路が無い分、ノイズが拡散してしまう危険性が減ります。バリスタなどの静電気対策部品も、なるべく侵入経路の近くに配置するのが肝要です。

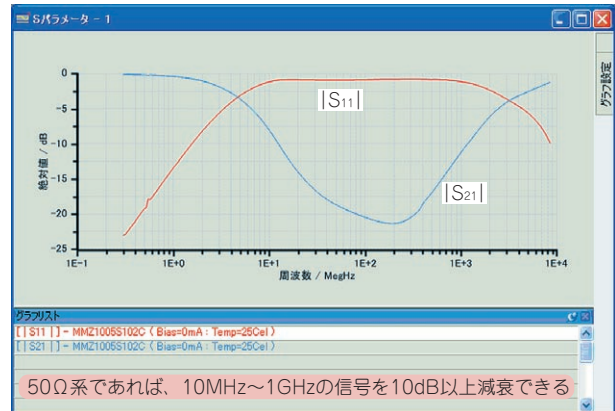
また部品の入出力の位置関係やGNDの取り方なども特性に影響を与えます。入出力を近づけないこと、GNDには最短で落とすことなどは鉄則です。

## 参考文献

- [1] (著) Clayton R. PAUL, (監修) 佐藤利三郎, (監訳) 櫻井秋久, 「EMC概論」, ミマツデータシステム, 1996; Clayton R. PAUL, "Introduction to Electromagnetic Compatibility", John Wiley & Sons, 1992 (初版), 2006 (第2版)
- [2] 長田久他, 「特集 聖域なきノイズ対策」, トランジスタ技術, pp.159-240, 2001年10月号, もしくはトランジスタ技術SPECIAL編集部編, 「実践的ノイズ対策技術のすべて」, トランジスタ技術SPECIAL No.82, CQ出版, 2003
- [3] 藤城義和, 富塚正明, 梅村昌生, 小西誠治, 浦田春茂, 服部秀智, 「ノイズ対策部品の基礎と対策部品の選びかた」, トランジスタ技術2006年5月号別冊付録, CQ出版, 2006
- [4] 坂本幸夫, 山本秀俊, 「現場のノイズ対策Q&A」, 日刊工業新聞社, 1993
- [5] 坂本幸夫, 「ノイズ対策部品とEMC設計」, 工業調査会, 2005
- [6] 山本秀俊, 篠原慎一, 佐藤利三郎, 「プリント配線からの電磁雑音放射に対する雑音抑圧部品の効果の推定」, 信学技報 EMCJ, pp.21-26, 2000 January (EMCJ99-116)

\*5 最近の回路シミュレータはSパラメータを扱えるものが増えてきましたが、SPICE系の中にはまだ苦手としているものも多々あります。そのような場合、PSPICEのApplication Note, 「Create S-Parameter Subcircuit for Microwave and RF Applications」を参考にしてみてください。

図5 不適切な部品を挿入すると波形が乱れるという例  
(a) Sパラメータ



(b) 「SEAT」での簡易シミュレーション

