



## 第2章 理想どおりではない特性を 把握して使い分ける

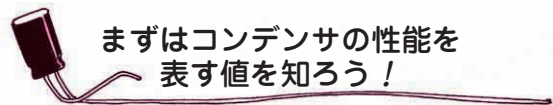
### コンデンサの種類と特徴

細田 隆之/桑原 輝行  
Takayuki Hosoda/Teruyuki Kuwahara

電子回路で使われるコンデンサを一言で表せば、**電気を一時的に蓄える機能をもった部品**のことです。

コンデンサには、大きく分けて二つの性質があります。一つは**電気を蓄えたり放出するタンク**としての性質で、この性質を主に利用する回路に電源の平滑回路 [図1(a)] やタイマ回路 [図1(b)] があります。

もう一つは、**交流は通すが直流を通さない**という性質で、この性質を主に利用する回路にはある特定の周波数成分を抽出したり除去したりするフィルタ回路 [図1(c)] などがあげられます。



#### ■ 理想と現実のギャップ

##### ● 理想的なコンデンサ

どのようなコンデンサでしょうか。少し考えてみましょう。

- 耐圧は無限度。どのような電圧を加えても壊れない。
- どのような低温や高温でも壊れない。特性が変わらない。
- 周波数特性は無限度。
- 損失はゼロ。電力はまったく消費されない。

##### ● 実際のコンデンサ

- 使用耐圧に制限があり、**定格を越えた電圧を加えると壊れる。**

- 使用温度範囲に制限があり、定格の範囲内でも温度によって特性が大きく変わる。
- 使える周波数は限られている。
- 損失はゼロではない。いくらかの電力は消費される。

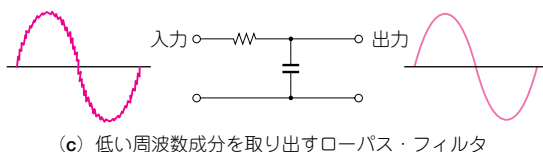
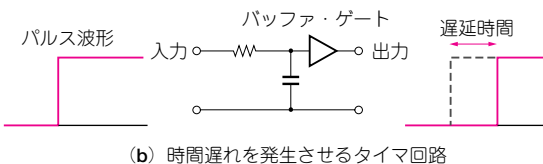
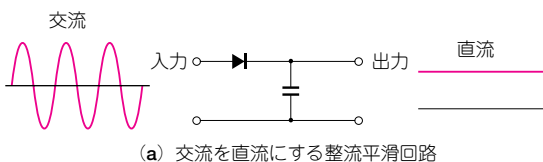
このように**理想と現実**はかけ離れています。実際のコンデンサの一番簡単な等価回路を図2に示します。

#### ■ 理想と現実とのギャップを知るための要素

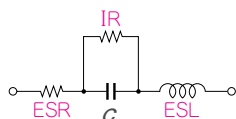
##### ● 絶縁抵抗 (Insulation Resistance, IR)

理想的なコンデンサでは極板間の抵抗値は無限度のようですが、極板間の誘電体は完全な絶縁体ではないため、直流電圧を加えると極板間の誘電体には微小な電流が流れます。このときの抵抗値を絶縁抵抗といい

〈図1〉コンデンサ…こんなところで使われる



〈図2〉コンデンサの等価回路



#### Keywords

等価回路, 損失角,  $\tan \delta$ , タイマ回路, 平滑回路, フィルタ回路, 使用温度範囲, 絶縁抵抗, IR, 等価直列抵抗, ESR, 等価直列インダクタンス, ESL, 耐圧, 寿命, 静電気, 周波数-容量特性.

ます。通常はMΩ～TΩ単位の値をとります。

● 等価直列抵抗(Equivalent Series Resistance, ESR)

電極板やリード線の抵抗，誘電体の特性などによってわずかな抵抗成分が存在します。特に高周波や高温で使う際，この抵抗値の大小が性能に影響を及ぼします。この抵抗値を等価直列抵抗といいます。通常は数十m～数Ωです。

● 等価直列インダクタンス(Equivalent Series Inductance, ESL)

電極板，リード線などのインダクタンスによって，特に高周波で使用の際に影響が出てきます。このインダクタンスを等価直列インダクタンスといいます。通常は数百p～数nHです。

● 誘電損失と  $\tan \delta$

誘電体に加えた電界が時間的に変化する際に，誘電余効の影響で電束密度の変化が電界より遅れます。電界が， $E\sin(\omega t)$ のとき，電束密度が $D\sin(\omega t - \delta)$ のように変化すると，電界のエネルギーは毎秒 $\omega ED\sin(\delta)$ だけ熱に変わって失われます。これを誘電損失といい， $\delta$ を損失角(図3)といいます。狭い意味でいう誘電損失とはこのことです。

コンデンサに交流電圧を加えた場合に，損失がなければ電流の位相は $90^\circ$ 進み，電力を消費しません。しかし，損失があるときには位相が $\delta$ だけ遅れ，電圧との内積ぶんの電力が消費されます。 $\tan \delta$ は損失の割合を表し，損失角の正接と呼ばれます。

### セータとシャツでコンデンサ

乾燥した冬場にパチッ！とくる静電気について考えてみます。

例えばアクリル繊維のシャツの上にウール繊維のセータを着ている[図A(a)]とします。セータもその下に着ているシャツも一応は絶縁体です。

二つの絶縁体が接触して摩擦されれば静電誘導によって静電気が発生します。図A(b)に示すようにウール繊維のセータにはプラス，アクリル繊維のシャツにはマイナスの電荷がたまっていきます。コンデンサの電極間に静電荷が蓄えられているのと同じです。

セータを着ている状態では，セータはシャツに密着しています。これをコンデンサとしてみた場合，両者の距離が小さいので静電容量がある程度大きいとみることができます。具体的に静電容量がどのくらいあるかを推定するのはとても難しいです。

発生する静電荷はとても小さく，発生する電圧も数十m～数百mVになります。電圧が低いので，その電荷が人体を通して逃げて行ったとしても，人

間はそれを感じることはできません。人間が静電気の放電を感じることができる電圧は約2k～3kV以上といわれています。

セータとシャツが密着していて両者の距離を10 $\mu$ m，静電気が発生して両者間に500mVの電圧が発生したとします。ここでセータを脱ぐと，

両者間の距離が大きくなる。つまり電極間の距離 $d$ が大きくなる→静電容量が小さくなる→両者間の電圧が大きくなる

といったことが起こります。

セータを脱ぐ途中でセータとシャツの間が10cmになったとします。距離が10 $\mu$ mから10cmと10000倍になれば，両者間の電圧も500mVから5kVと10000倍になります。そこまで電圧が上がる前に，空気が乾燥していれば簡単に火花放電[図A(c)]を起こします。

セータを脱ぐと，パチ！パチ！と火花が飛ぶのにもコンデンサのカラクリが関係しているのです。

〈図A〉静電気が起きるまで

