

DC/DC コンバータとは

(読んでほしい人：電気系の高専生と大学生)

2011/5/16 舞鶴高専 平地克也

DC/DC コンバータの用途

DC/DC コンバータは直流電圧を制御する装置です。一般の人の目に触れる装置ではないので世間では知られていませんが、実はほとんどの電気製品に使用されている重要な装置です。

図1はノートパソコンの電気回路です。充電器は整流回路とDC/DC コンバータ (DD コン) で構成されています。整流回路で交流 100V を整流して直流に変換し、DD コンで電圧を正確に制御して電池を充電します。ノートパソコン本体にも沢山の DD コンが使われています。電池の電圧を 5V や 12V など電子回路が必要とする電圧に変換します。電池の電圧は充放電により大きく変化しますが、DD コンの出力電圧は常に一定になるよう制御されます。DD コンのおかげでノートパソコンの電子回路は正常に動作できるのです。

図2は太陽光発電システムです。家庭用の太陽光発電システムなら太陽電池の電圧は 200V 程度です。DD コンで 400V 程度に昇圧してインバータに供給します。インバータで交流電圧に変換して電力系統 (電力会社の配電線) に接続します。このシステムでは DD コンは太陽電池の電圧を適切に制御して太陽電池から常に最大の出力電力を取り出す、という重要な役割も果たしています。

図3は電気自動車の回路構成です。DD コンで電池の電圧を昇圧してモータに与えます。モータの回転数の制御は DD コンが行います。坂道を下る時はモータが発電機になり DD コンは電池を充電します。

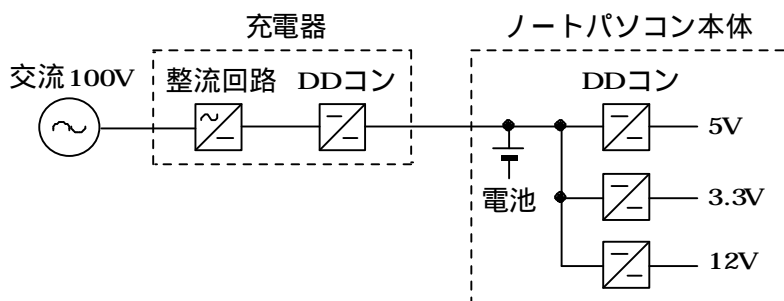


図1 ノートパソコンの電気回路

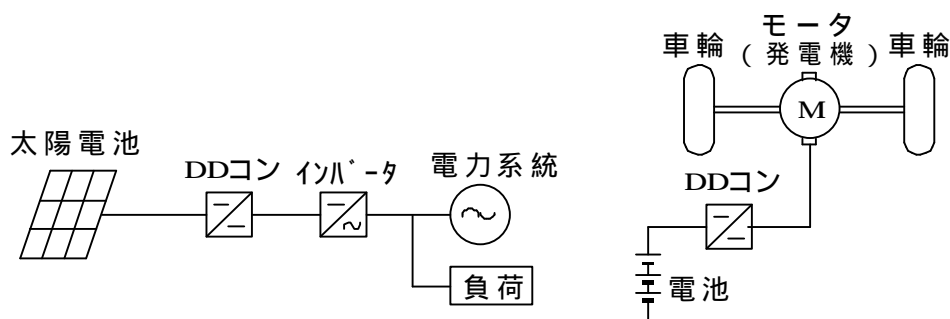


図2 太陽光発電システム

図3 電気自動車

DC/DC コンバータの2つの種類

DC/DC コンバータは回路の内部に変圧器を持つものと持たないものの2種類に分けられます。変圧器を持たないものは「チョッパ」とも言われます。図4に最も基本的なチョッパ回路を示します。降圧チョッパは入力電圧 E を降圧して負荷に与えます。昇圧チョッパは入力電圧 E を昇圧して負荷に与えます。チョッパについては次の技術メモで詳しく説明しているので参照下さい。

平地研究室技術メモ No.20060918 「チョッパ回路の考え方」

平地研究室技術メモ No.20080214 「昇圧チョッパはなぜ昇圧できるのか」

平地研究室技術メモ No.20080929 「降圧チョッパの定電圧制御回路」

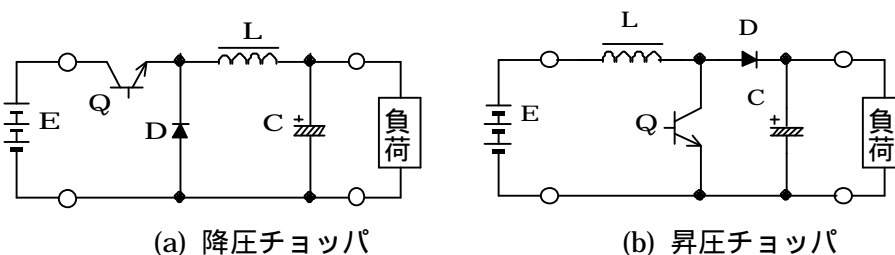


図4 基本的なチョッパ回路

図4のようなチョッパ回路を使えば直流電圧の昇圧や降圧ができるのですが、この回路ではあまり大幅な昇圧や降圧は困難です。実用的にはおおむね昇圧なら10倍、降圧なら1/10程度の昇降圧が限界です。それ以上の昇降圧が必要な時は回路の内部に変圧器を有するDC/DCコンバータを使います。また、変圧器には入出力の絶縁という重要な機能があり、この機能が必要な場合は昇降圧の比率が小さい場合でも変圧器を有するDC/DCコンバータを使います。変圧器を有するDC/DCコンバータを絶縁型DC/DCコンバータと言います。チョッパ回路は非絶縁型DC/DCコンバータと言います。なお、「絶縁」については6頁で詳しく説明します。

絶縁型DC/DCコンバータの回路構成

絶縁型DC/DCコンバータはチョッパ回路に何らかの方法で変圧器を挿入した回路と考えることができます。例えば、図4(a)のトランジスタQとダイオードDの間に変圧器TRを挿入すると図5(a)の回路になります。ただしこのままでは変圧器が正常に動作しないのでD1、n3、D2の補助部品を追加すると図5(b)になります。この回路はフォワード型1石式DC/DCコンバータと呼ばれており、絶縁型DC/DCコンバータでは最もよく使われている回路です。この回路については次の技術メモで詳しく説明しているので参照下さい。

平地研究室技術メモ No.20061124 「フォワード型1石式DC/DCコンバータの動作」

平地研究室技術メモ No.20061125 「フォワード型1石式DC/DCコンバータの励磁電流について」
また、図4(a)の降圧チョッパのトランジスタQをインバータ+整流回路に置き換えると図6(a)になります。インバータの後段に変圧器TRを挿入し、さらにDはD3、D4で代用できるので省略すると図6(b)になります。この回路はフルブリッジ型と呼ばれており、大容量のDC/DCコンバータによく使われます。

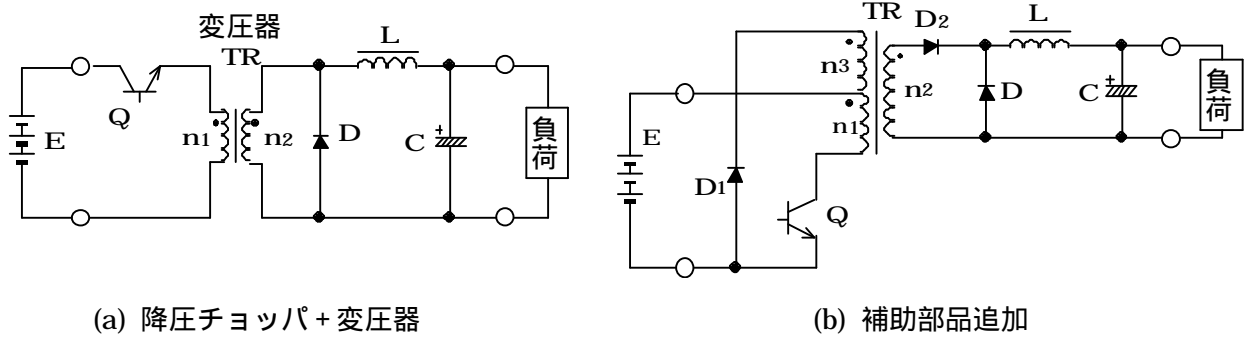


図5 フォワード型1石式DC/DCコンバータ

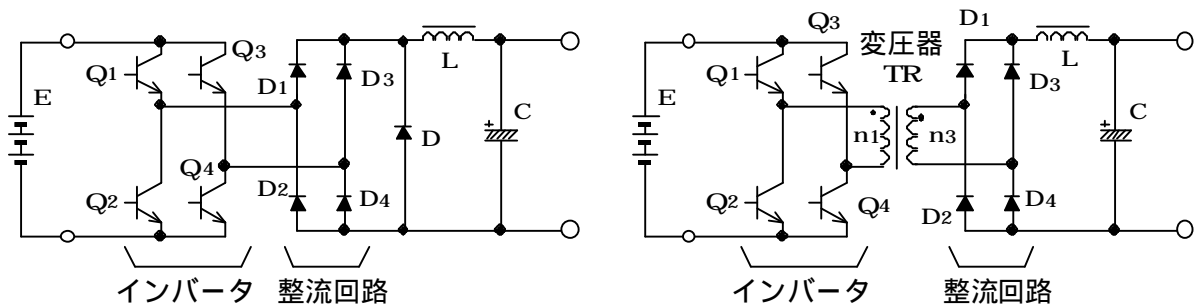


図6 フルブリッジ型DC/DCコンバータ

図5、図6は図4(a)の降压チョップに変圧器を挿入しましたが、図4(b)の昇圧チョップに変圧器を挿入しても絶縁型DC/DCコンバータを作ることができます。降压チョップに変圧器を挿入して作った絶縁型DC/DCコンバータは降压型、または電圧型、と呼ばれます。昇圧チョップに変圧器を挿入して作ったDC/DCコンバータは昇圧型、または電流型、と呼ばれます。電流型DC/DCコンバータについては次の技術メモを参照下さい。

平地研究室技術メモ No.20100228 「電流型DC/DCコンバータについて」

高周波による変圧器の小型軽量化

DC/DCコンバータでは図5(b)のQや図6(b)のQ1~Q4などのスイッチ素子(トランジスタ)は数10kHz~数100kHzの高周波で動作します。その結果変圧器TRには高周波の交流電圧が印加されます。変圧器には動作周波数が高いほど小型になるという性質があります。その結果、50Hzや60Hzで動作する変圧器と比較するとDC/DCコンバータの変圧器は大変小型軽量化されています。ノートパソコンや携帯電話の充電器を簡単に持ち歩くことができるのはそのためです。図7の左は60Hzで動作する変圧器です。右はDC/DCコンバータの変圧器で40kHzで動作するように設計されています。両者の定格容量はほぼ同じですが、大きさには大きな差があることが分かります。

なお、高周波動作による変圧器の小型化の原理については次の技術メモで詳しく説明しているので参照下さい。

平地研究室技術メモ No.20090331 「スイッチング電源の変圧器小型化の原理」

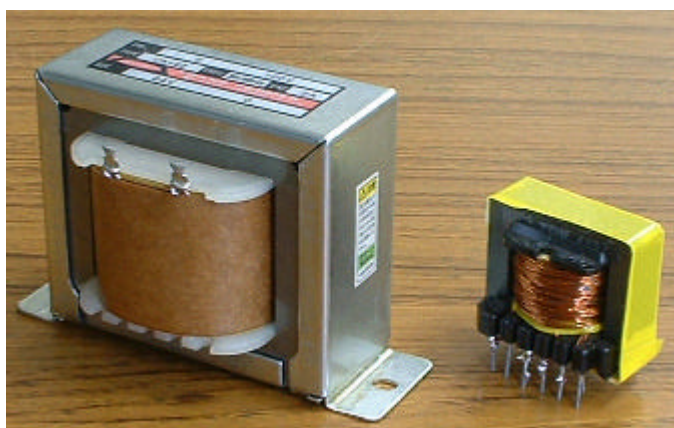


図7 左：60Hz用変圧器 右：DC/DCコンバータの変圧器

変圧器の重要な機能「絶縁」とは

変圧器には電圧を変える以外に「絶縁」という重要な役割があります。まず図8(a)を見て下さい。AC100Vを整流し、降圧チョッパでDC12Vに降圧しています。人が右手で12V出力のプラス端子、左手でマイナス端子に触れています。この人は12Vで感電することになりますが、12Vなら充分低い電圧なので人体に悪影響はありません。しかしながら、実際にはAC100Vは図8(b)のように必ず片側が接地されています。また、人は体の一部が接地されていると考える必要があります。この場合は図のように、接地を介して100Vで感電してしまいます。人間は屋外では靴を履いているので大丈夫、と考える人も居るでしょう。しかし、ゴム長靴なら大丈夫でしょうが、サンダルや草履なら危険でしょう。また、この人が左手で水道管に触れていると確実に感電するでしょう。電気用品はいかなる場合も確実に感電が防止できなければなりません。そのために電気用品が守るべき安全基準が法律で厳密に定められています。もし、図8(a)のような回路を作るなら、12Vの出力端子は決して人が接触できないような構造にする必要があります。

図8(c)は図8(a)の降圧チョッパをフォワード型1石式DC/DCコンバータに置き換えたものです。このDC/DCコンバータは絶縁型であり、回路の途中に変圧器TRが挿入されています。変圧器は1次側と2次側は磁気で結合されていますが、電気的にはつながっていないので図8(b)のような感電経路が存在しないことは明かでしょう。このように、人が接触する可能性のある電気回路は危険な電圧(図8の場合はAC100V)から変圧器で「絶縁」する必要があります。ノートパソコンの側面にはいろんなコネクタが配置されており、人が容易に接触することができます。従ってノートパソコンの回路はAC100Vから変圧器で絶縁する必要があります。そのため、図1「ノートパソコンの電気回路」の充電器のDDコンは必ず絶縁型DC/DCコンバータが使用されます。絶縁型DC/DCコンバータの変圧器のおかげで我々は安心してノートパソコンを使用することができるのです。

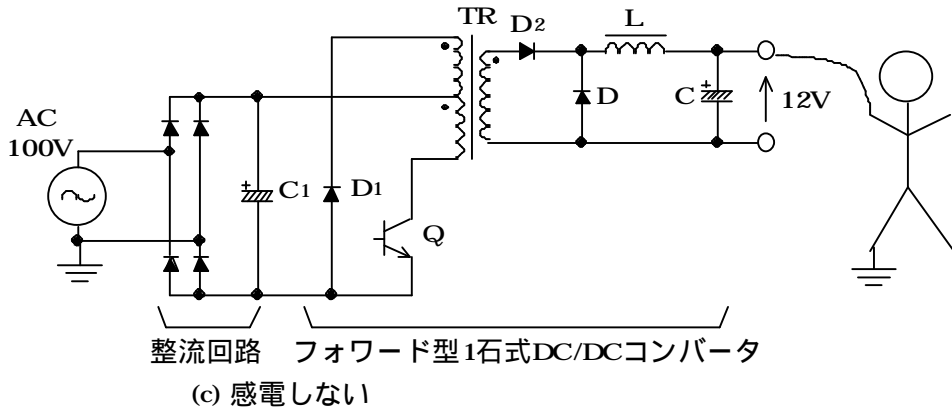
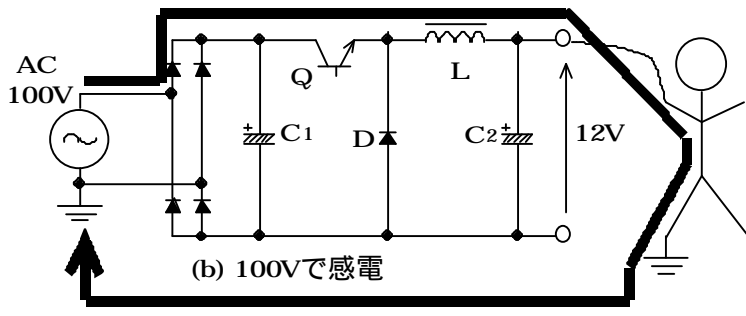
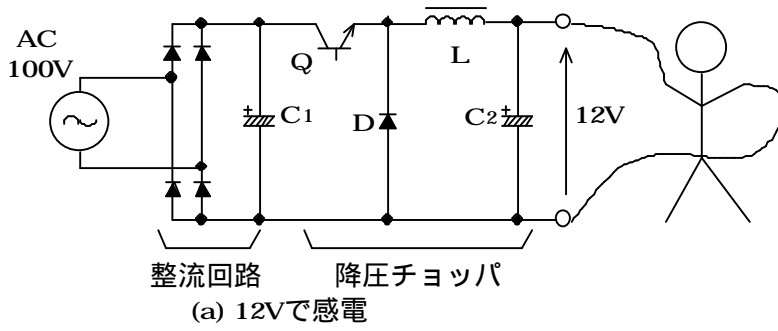


図8 感電と絶縁

以上