

2.3 デジタルストレージオシロスコープ (DSO) の基本

細かくサンプリングして、波形そのものをデジタル値で取り込む。

2.3.1 量子化 (大きさをデジタル化すること)

次に信号の「大きさのデジタル化」、量子化について述べる。

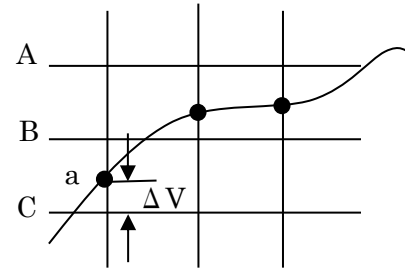


図 量子化のモデル

デジタル化する際は、その大きさはある決まった値しかとらない。例えば入力±5Vを8bit分割するA/D変換器ならば $10/2^8=0.039V$ での分割になる。つまり、0Vの次は0.039Vなので0.01Vという値は切り捨てられて(or 四捨五入)0Vになる。

右図に示す量子化モデルではアナログ値aはCという値としてサンプリングされる。ここでサンプリングした値には $\Delta V=a-C$ という誤差が生じる。これを量子化誤差という。

また、量子化における最小値(0の次の値)を量子化分解能、一般には単に**分解能**とよぶ。

bit 数	入力範囲 (V)	量子化分解能 (V)
8	-5~5	
12	-5~5	
16	-5~5	
16	-10~10	

※ $n \text{ bit} = 2^n$

ただし、この分解能は「フルレンジに対して」であることに注意しなければならない。入力振幅と量子化の関係を考える。

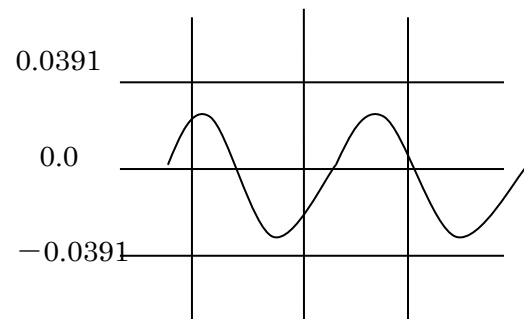


図 微小信号の量子化モデル

±5V入力、8bit切り捨て型A/D変換器に図5-5のような信号を入力したとする。この場合、すべて0Vになる。

見方を変えれば、この入力波形に対しては、0bit分解能であったともいえる。

- ◎ A/D変換の分割数は入力フルレンジに対する分割数である。したがって入力振幅によって実際に信号が分割される数(=有効bit数)は異なる。8bit、±5V入力のA/D変換ボードにそれぞれ振幅4V、1Vの信号を入力した場合を例に考える(図5-6)。

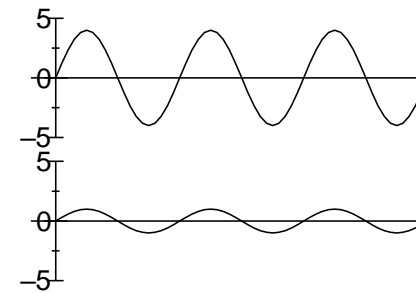


図 振幅の異なる入力信号

振幅4Vの場合では入力振幅を204分割することになるので有効分解bitは $\log_2 204 \approx 7.67\text{bit}$ となる。同じように振幅1Vの信号ならば、実際の分割数、有効bit数は5.68bitになる。

デジタルオシロスコープでは、表示画面に対してbit数が有効になる。1画面ピーク to ピークで20Vなら、20Vに対して16bit分割、1画面ピーク to ピークで200mVなら、200mVに対して16bit分割されることになる。

波形を観測する場合(特にトリガをかけることを考えると)、画面を大きく使うのと、GND周辺に小さく表示するのとではどちらが分解能としてよいか?

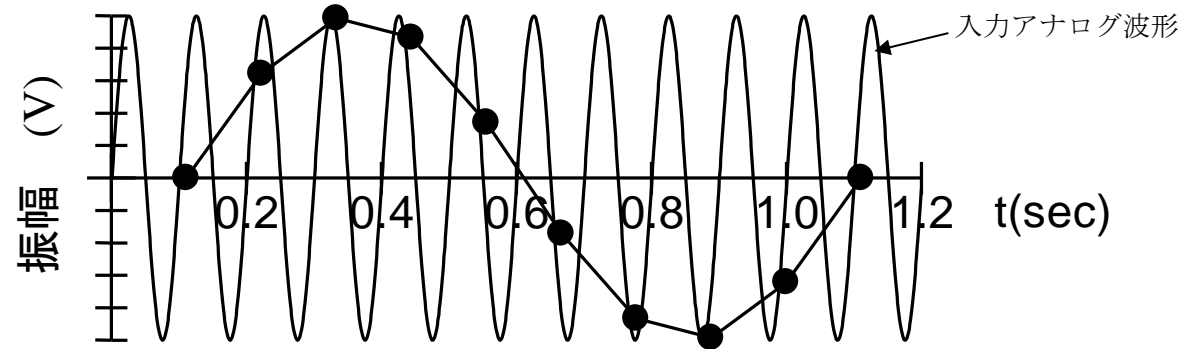
◎アナログ信号をデジタル化するA/D変換回路、その逆のD/A変換回路についてはあとで勉強します

2.3.2 標本化(時間でサンプリングすること)

- ・サンプリングの間隔で起きる現象を捉えることは出来ない。

◎サンプリングにはルールがある

10Hz の sin 波を 9H(=1 秒に 9 回、0.111 秒ごと)にサンプリングを行ってみると、



このようになる。

☆この条件でオシロスコープに表示される波形はどのような波形か？

サンプリング定理

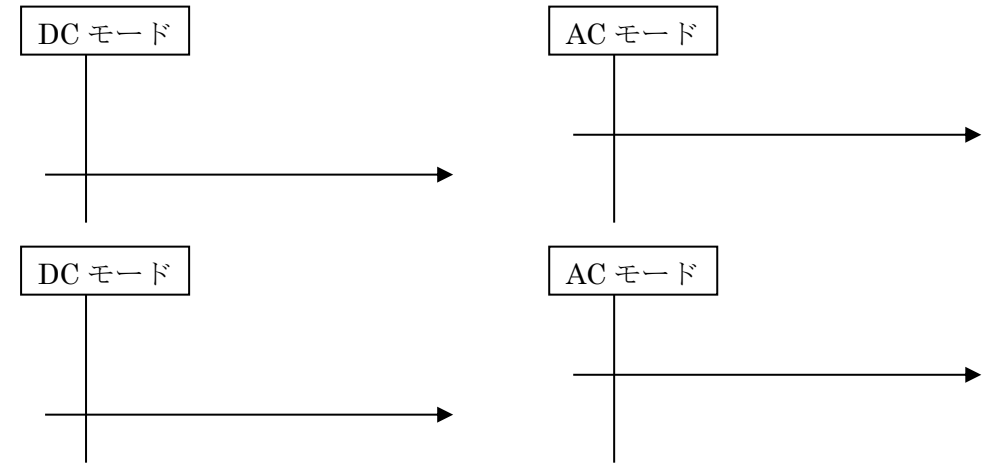
➔

◎サンプリング定理の数学的側面は信号処理でやります

※ オシロスコープの使用上の注意 ※

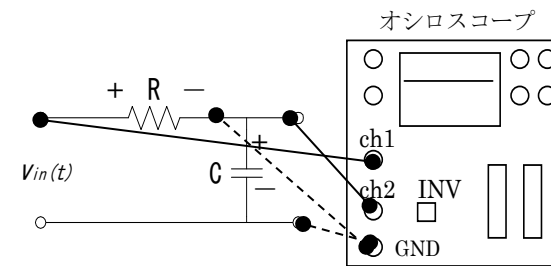
1. DC モードと AC モード

AC モードは一周期の平均値を引いて表示するので、バイアスされている回路の交流的变化だけを見たいときに使用される (あるいは直流成分が交流的变化に対して大きすぎて、観測しにくい場合など)。しかし、一般的には直流電圧は重要な波形要素があるので DC モードで見る習慣をつける事が望ましい

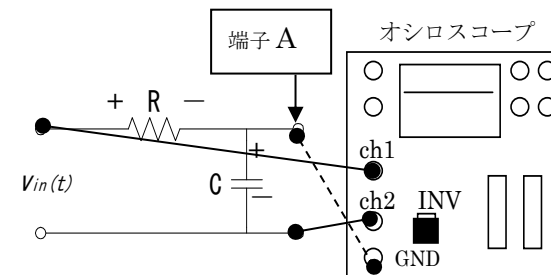


ただし、半波整流などでは意図的に AC にして、1 周期の平均値をオシロを使って読み取ることある。

2. グランドショート危険性 R を ch1 で、C を ch2 で観測する場合



単純にそれぞれの低電位を端子の一侧、高電位を端子の+側で観測すると、ch2 の波形は観測されない。このつなぎ方では ch1 の一側がオシロを介してグラウンドに落とされるため、コンデンサは ch1 のプローブでショートされる。



そこで、端子 A を基準点に選べばショートせずどちらの電圧も観測できる。しかし、コンデンサ側の電圧は一端子を入力しているので実際には符号が逆になる。そこで、INV 機能を使って ch2 の符号を逆転させると、正しく C の電圧を観測することができる。

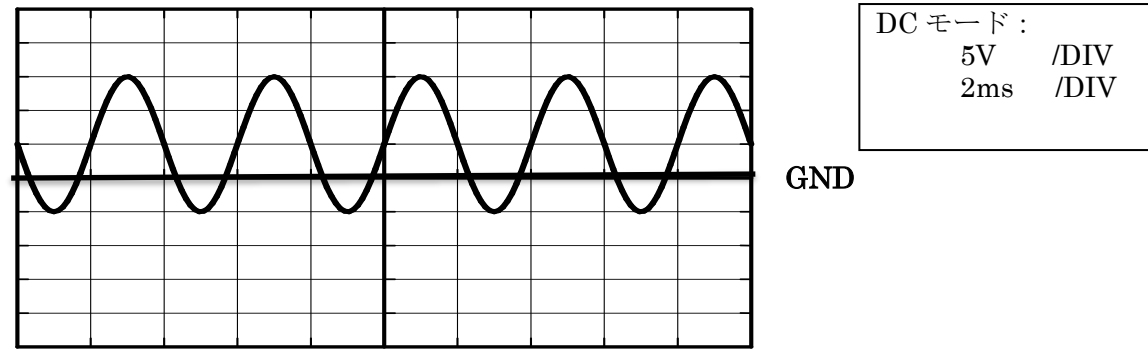
※点線はグラウンド

【 練習 】

◎波形観測の確認(特に DC 成分!!)

p.7

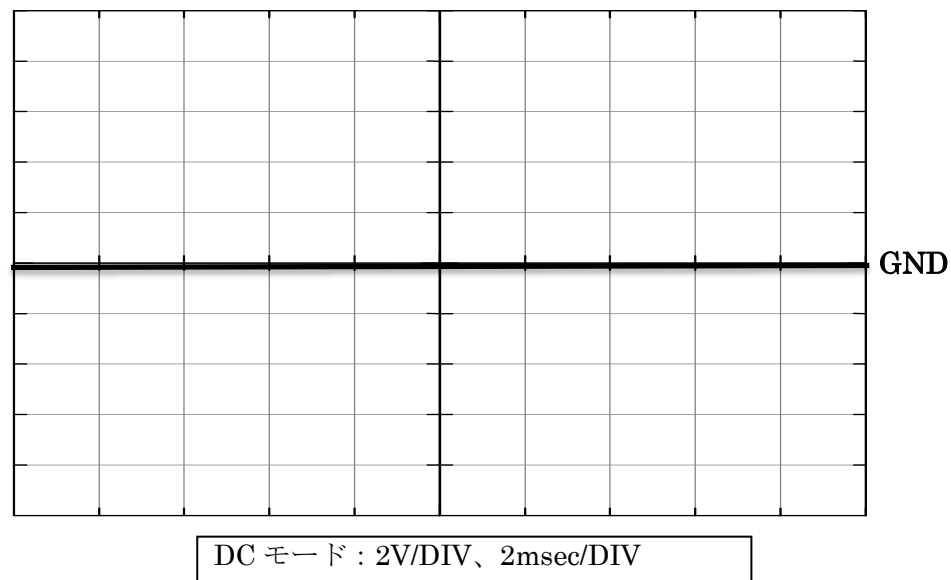
1) 信号 v(t)を示せ



2) $v(t) = 4 + 6\sin(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$ [V], $f_0 = 125$ [Hz] という信号を DC モードで観測した場合の波

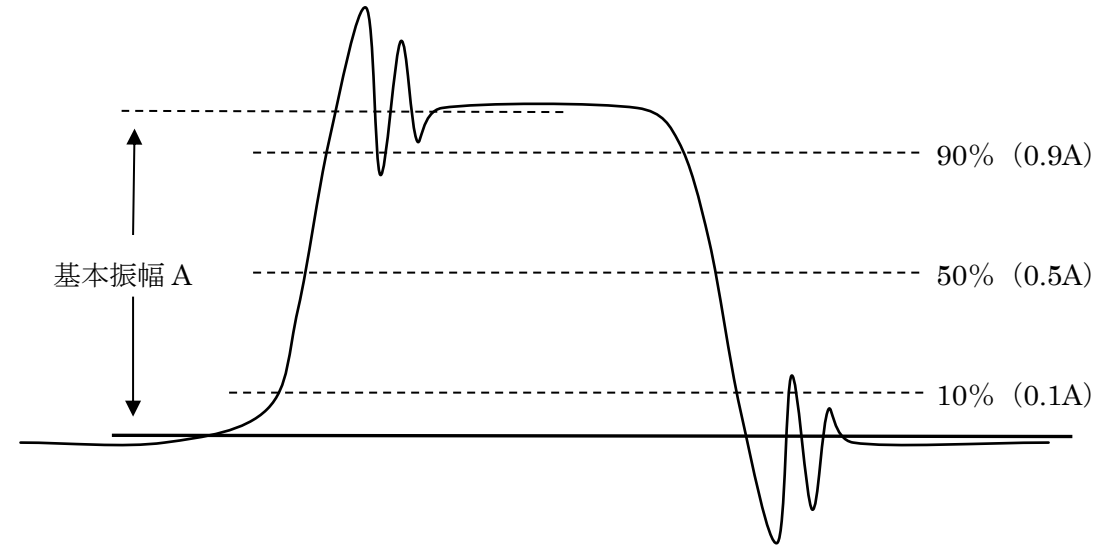
形を書こう。中央が t=0、GND とする。

※今回は位相の「進み」があります。これを考えましょう



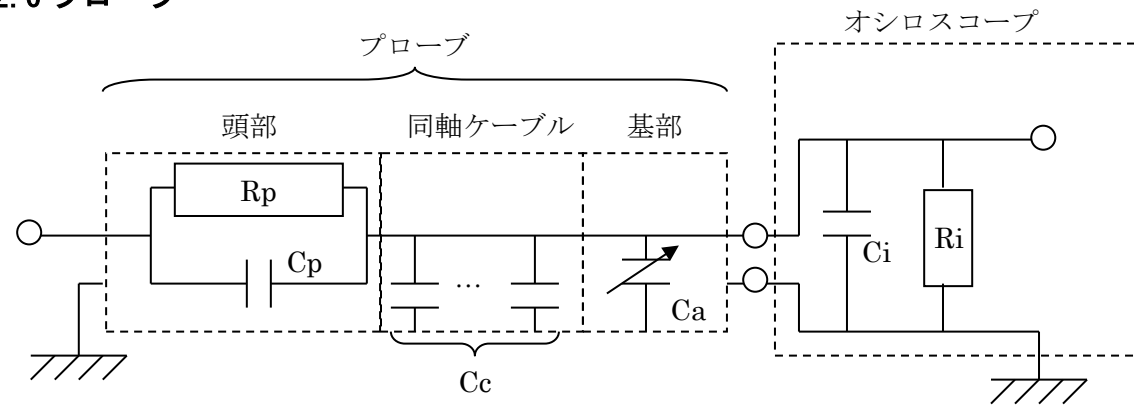
2.5 波形観測パラメータ

オシロスコープでは正弦波交流の「周期 (=周波数)」「位相」「振幅」「ピーク to ピーク値」等を観測するほか、電子回路、デジタル回路などではよくパルスを観察するのでここで用語と定義を紹介する。



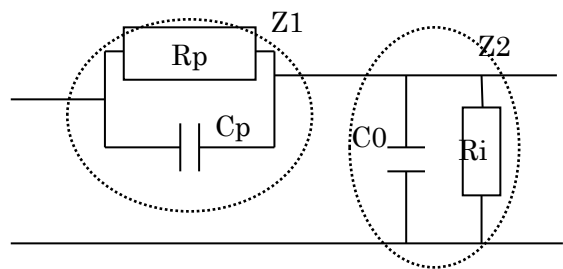
- 立ち上がり時間 (pulse rise time)
- 立ち下がり時間 (pulse fall time)
- パルス幅 (pulse width)
- オーバーシュート (overshoot)
- アンダーシュート (undershoot)
- デューティー比 (duty ratio)

2.6 プローブ



実際のオシロスコープでは入力に並列な容量 C_i や同軸ケーブルの微小な分布容量 C_c などがある。特に高周波ではこの容量が原因で入力インピーダンスが低下してしまう(=負荷効果が無視できないレベル。同時に、波形がゆがむ)。

◎図のような回路において
 R_i, C_i ; オシロの入力インピーダンス、 C_c ; 同軸ケーブルの容量、
 R_p, C_p ; プローブ頭部内の負荷抵抗および容量、 C_a ; 調整用可変コンデンサ
 $C_0 = C_i + C_a + C_c$ (並列部の総容量) とすると、以下の等価回路で表せる。



オシロへの入力電圧 V_{out} は…?

キャリブレーション不足による波形のゆがみ

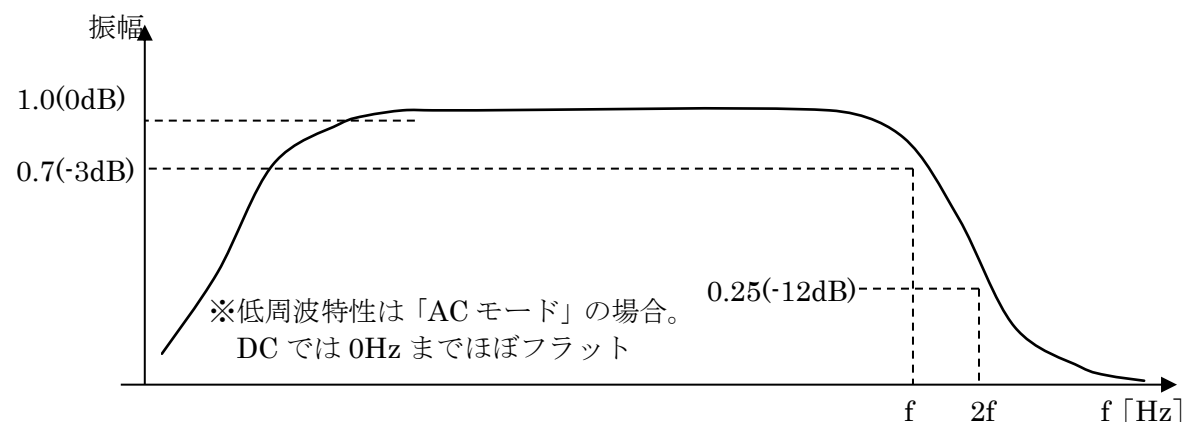


プローブを使用する大きな目的

(メモ欄)

2.7 オシロスコープの性能 ～ 周波数特性 ～

オシロスコープはあらゆる波形を正しく観測することができるのか？ 答えは NO である。プローブで触れたように、オシロスコープにはコンデンサやコイルがあるため周波数に依存してインピーダンスは変化する。その結果、振幅と位相も変化して入力されてしまう。低周波数では「DC モード」にすることでそれを防ぐことができるが、高周波数ではどうしてもその影響がある。



この図はオシロスコープの周波数特性を示したものである。高周波数になると振幅特性が減衰していることがわかる。このとき、平坦時における約 0.7 倍(=-3dB)に減衰する周波数をそのオシロスコープの帯域という。

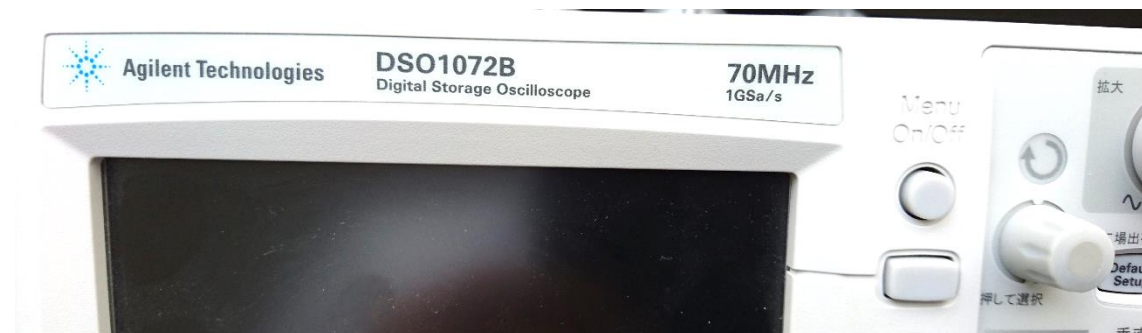
オシロスコープに書いてある 8M,20M,100M という数値はこの帯域を示しており、当然高い方がより高周波数までひずむことなく観測することができる。100MHz のオシロスコープを使った場合、入力が 10V の 100MHz 信号は 7V としか観測されない。オシロの持つ周波数帯域の倍の周波数では信号は約 1/4 にまで減衰しているので、8MHz 帯域のオシロで 10V、16MHz の入力信号を観測しても 2.5V にしか見えない。また、複数成分を持つ波形ではそれぞれの位相がばらばらにずれるので波形はゆがんで観測される。

なお、この周波数特性により、オシロスコープ自身が方形波パルスに対して $t_o = 0.35 / \text{周波数帯域 } f \text{ (Hz)}$ という立ち上がり時間を持つ（直角には出力できない）。

もともと t_i 秒の立ち上がり時間を持つパルスが入力された場合、表示される波形の立ち上がり

り時間は $t_r = \sqrt{t_o^2 + t_i^2}$ (s) となる。

◎実験で使っているアジレント社のオシロスコープは



70MHz、1GSa/s と表記してある。

- 1) サンプルング周波数はいくらか？
- 2) サンプルング周波数だけを考えれば何 Hz の信号まで観測することが出来るか？
- 3) 300MHz の信号を振幅情報を保ったまま観測することは可能か？