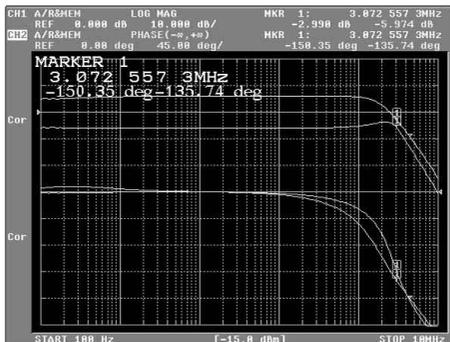


ICレビュー 実験室



3 差動増幅器とインスツルメンテーション・アンプの使い方

川田 章弘
Akihiro Kawata

差動増幅器とインスツルメンテーション・アンプを使う目的

差動増幅器もインスツルメンテーション・アンプも、コモン・モード・ノイズの大きなところから目的の信号だけを取り出したい場合に使われます。インスツルメンテーション・アンプは、計装増幅器とも呼ばれ、差動増幅器よりも高精度で、信号源インピーダンスによってCMRR特性などが悪化しにくい回路構成になっています。

● コモン・モード・ノイズの海から信号を取り出す
「コモン・モード・ノイズの大きなところから目的の信号を取り出す」とは、どういうことでしょうか。頭の中にイメージを思い描いてみましょう。

図3-1を見てください。コモン・モード・ノイズで波立つ海の上に舟を浮かべて、船上の人の身長を測ることを考えてみてください。図3-1(a)のように、陸地からうまく身長を測れるでしょうか、おそらく波

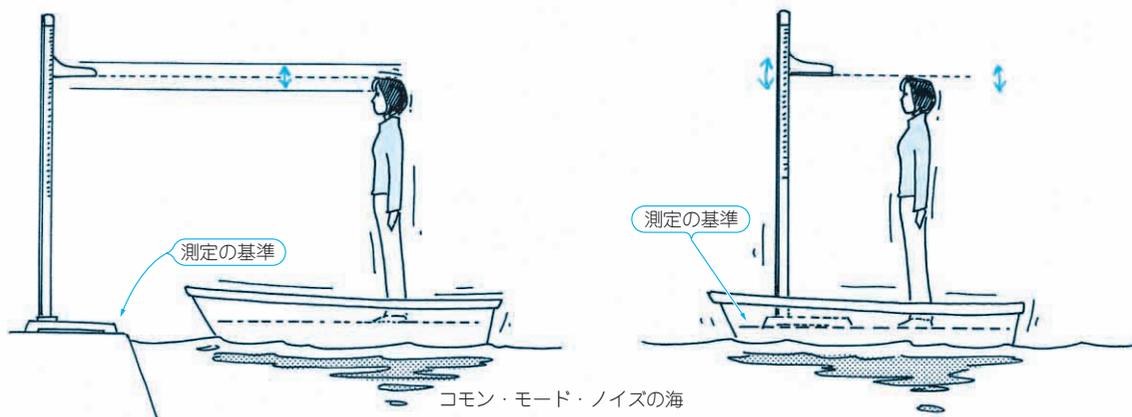
に揺れて測定値がふらふらして、うまく測れないと思います。そこで、図3-1(b)のように身長計を舟の上に乗せたらどうでしょう。今度は正しく測れそうです。

● 基準点との差を取り出す

図3-1(a)と図3-1(b)の違いは何でしょうか。それは「基準点をどこにしたか」ということです。地面を基準にしたのでは、波の影響で測定値が揺れてしまいますが、甲板の上を基準にしてしまえば、測定値が波の影響を受けることはありません。

このように、ある基準点からの大きさを測ることができるのが、差動増幅器やインスツルメンテーション・アンプだといえます。

余談ですが、低周波アナログ回路には「1点グラウンド」と呼ばれる、グラウンド・ラインを引きまわすうえでのセオリーがあります。この1点グラウンドも、実は、船上の人の身長を測るたとえと同じで、基準点の一つにまとめてしまえば、波の影響が見えなくなる…とっているにすぎません。

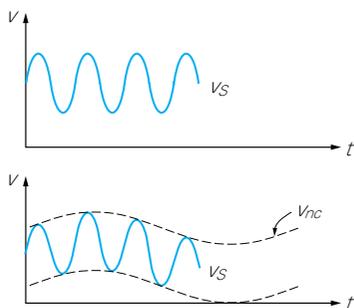
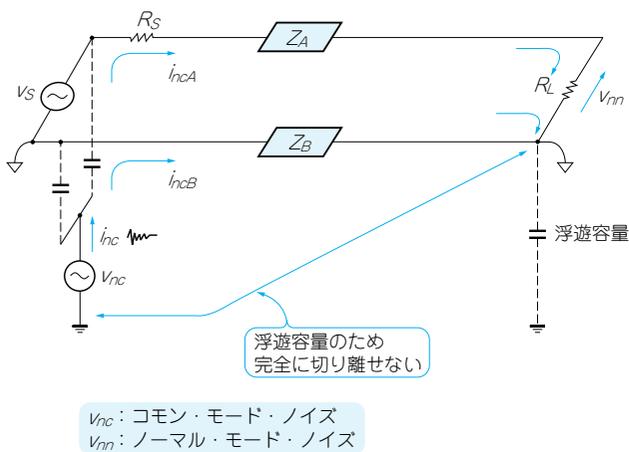


(a) 陸地を基準にすると測定値がふらふらする

(b) 船上を基準にすれば測定値は一定

図3-1 コモン・モード・ノイズの海にいる人の身長を測る

地上から測ると測定値がふらふらするが、測定の基準を船上にすると測定値は一定になる…基準をどこにするかがポイント



$$V_{nn} = Z_B i_{ncB} - (R_S + Z_A) i_{ncA}$$

ここで $Z_A = Z_B$ とすると、
 $V_{nn} = -R_S i_{ncA}$
 つまりコモン・モード・ノイズはノーマル・モード・ノイズに変換される

図3-2 コモン・モード・ノイズは信号ラインと信号GNDラインに共通に乗る
 コモン・モード・ノイズがノーマル・モード・ノイズに変換されてしまう

● コモン・モード・ノイズはどこにいるか？

先ほど「コモン・モード・ノイズの海」と表現しましたが、実際にこのノイズはどこにいて、どういった経路で伝わってくるのでしょうか。実は、この問題はちょっと難しい問題です。

▶ どこにいるのか？

それは「いたるところにいる」と言わざるを得ません。コモン・モード・ノイズ源は、オンボード電源として使っているスイッチング電源であったり、私たちの周りに張り巡らされている商用電源ラインだったりします。

▶ どのように伝わるのか？

伝わる経路もいろいろあります。多くの場合は、共通インピーダンス (p.236のコラム参照) であったり、浮遊容量による結合だったりするようです。浮遊容量による結合によってコモン・モード・ノイズが生じるようすを図3-2に示します。この図のように、コモン・モード・ノイズは伝送路のインピーダンスの違いによって、ノーマル・モードに変換されます。ノーマル・モードに変換されたノイズは、そのまま信号経路

を伝播するため、システムにとってやっかいな存在になります。

ノイズ・トラブルに見舞われたときは、そのノイズがもともとコモン・モードで伝播しているのか、ノーマル・モードで伝播しているのかを見極めることも大切です。

CMRRとは何か

● CMRRはコモン・モード・ノイズがどのくらい取り除けるかを表している

差動増幅器やインスツルメンテーション・アンプのデータシートを見ると、必ずCMRR(Common Mode Rejection Ratio)特性が載っています。CMRRとは同相電圧除去比とも呼ばれ、コモン・モード・ノイズをどのくらい取り除けるかを表したものです。CMRRは、以下のように計算できます。

$$k_{CMR} = \frac{G_{diff}}{G_{comm}} \dots\dots\dots (3-1)$$

ただし、 k_{CMR} : CMRR, G_{diff} : 差動ゲイン [倍], G_{comm} : コモン・モード・ゲイン [倍]

ここで、 G_{diff} と G_{comm} をdBにすると、

$$k_{CMR} = G_{diff,d} - G_{comm,d} \dots\dots\dots (3-2)$$

ただし、 $G_{diff,d}$: 差動ゲイン [dB], $G_{comm,d}$: コモン・モード・ゲイン [dB]

と表せます。これはCMRRが大きいほど、コモン・モード・ノイズを取り除く能力が高いということを示しています。

● CMRR特性は高域で悪くなる

差動増幅器のCMRR特性の例を図3-3に示します。図を見ると、CMRRは高域になるほど悪くなっていることがわかれると思います。これは、アンプ入力段の

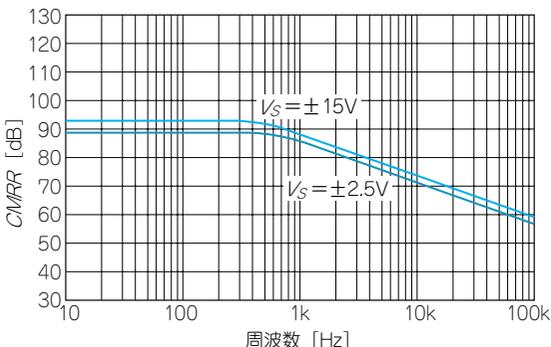


図3-3(11) CMRR特性の例
 図はAD628(アナログ・デバイセズ)のCMRR特性である

