

直流増幅器  
6L07  
取扱説明書



日本電気三栄株式会社 工業計測器事業部

# 目 次

## 取扱上の注意事項

### 目 次

#### まえがき

1. 各部の名称と機能	1
1-1 前面パネル	1
1-2 背面パネル	2
2. 測定準備	3
3. 測 定	3
3-1 入力ケーブルの接続	3
3-2 出力ケーブルの接続	3
3-3 操作方法	5
4. 良い測定データを得るには	6
4-1 入力ケーブルの接続	6
4-2 C M R	6
4-3 フィルタ	6
4-4 自動平衡形記録器との接続	6
4-5 電磁オシログラフとの接続	7
5. 周辺機器	7
5-1 直流電圧電流発生器 3K02との接続	7
5-2 ケースへの収納	7
5-3 ケースの換気	8
6. 動作原理	9
7. 保 守	10
8. 仕 様	11
9. 資 料 編	12
9-1 帯域、フィルタ、位相特性	12
9-2 ケーブル類一覧表	13
9-3 ユニット、ケース外形寸法図	14
9-4 直流増幅器の使い方 (三栄レポート101より抜萃)	18

## ま え が き

このたびは、当社新シグナルコンディショナファミリーをお買上げいただき、誠に有難うございました。

当ファミリーは性能はもとより、特にIEC規格に準拠、安全性、信頼性を考慮して開発したシグナルコンディショナです。必ずや皆様の一般計測や計測システム等にお役に立つことと思います。

万一、不備な点がございましたら、最寄の店所までご連絡下さい。

当ファミリーには、下記の製品が販売されております。次の機会に是非ご検討下さい。

	形式	CH数	利 得	周波数特性	備 考
直流増幅器	6L01	2ch/ユニット	×0.1 ~ ×100 可変利得×1 ~ ×2.5	DC~5KHz	入・出力 アイソレーション
	6L02	2ch/ユニット	×0.1 ~ ×1000 可変利得×1 ~ ×3.3	DC~100KHz	直結差動入力
	6L06	1ch/ユニット	×0.1 ~ ×2000 可変利得×1 ~ ×2.5	DC~10KHz	入・出力 アイソレーション
	6L07	1ch/ユニット	×0.1 ~ ×1000 可変利得×1 ~ ×2.5	DC~100KHz	入・出力 アイソレーション
ローパスフィルタ	9B02	2ch/ユニット	遮断周波数 1Hz ~ 9KHz	W/B 時 DC~100KHz	
直流電圧電流 発生器	3K02	1ch/ユニット	0~11V 0~110mA		
動はずみ測定器	6M66	1ch/ユニット	ACブリッジ式 手動バランス	DC~2KHz	入・出力 アイソレーション
	6M67	1ch/ユニット	ACブリッジ式 自動バランス	DC~2KHz	入・出力 アイソレーション
	6M76	1ch/ユニット	ACブリッジ式 手動バランス	DC~10KHz	入・出力 アイソレーション
	6M77	1ch/ユニット	ACブリッジ式 自動バランス	DC~10KHz	入・出力 アイソレーション
チャージアンプ	6D01	1ch/ユニット	1mV/g~10V/g 可変利得× 1~3.3	0.2Hz ~ 100KHz	ビクアップ感度 1 ~ 110pC/g

当ファミリーには下記のユニット台、ユニットケースが用意されています。

	形 式	項 目
ユ ニ ッ ト 台	43721	1ch 用
	7905	3ch 用
ベンチトップケース	7906	6ch 用
	7907	8ch 用
	7908	8ch 用

## 取扱上の注意事項

1. 本器の入力電圧範囲にご注意下さい。  
同相許容電圧はAC250V、差動許容電圧は±30V です。
2. 本器の出力に外部から電圧・電流を加えないでください。
3. 本器の電源電圧はAC90～100Vの範囲で使用してください。
4. 使用温度範囲（0～40℃）、使用湿度範囲（20～85%RH、ただし結露除く）以内でご使用下さい。
5. 本器の保管場所は、下記のような場所を避けてください。
  - ・湿度の多い場所
  - ・直射日光の当たる場所
  - ・高温熱源のそば
  - ・振動の激しい場所
  - ・ちり、ごみ、塩分、水、油、腐蝕性ガスの充満している場所
6. 多チャンネル使用時には通風に充分注意し、ファンユニット等との併用を行ってください。

# 1. 各部の名称と機能

## 1-1 前面パネル

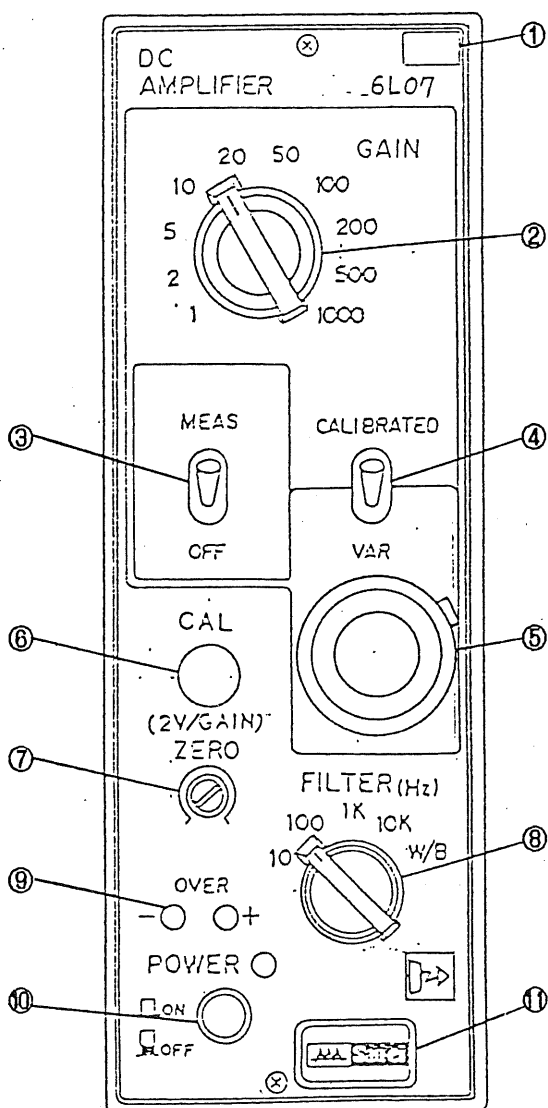


図1

① CH番号を貼ります。

② 利得切換スイッチ (GAIN)

左一杯で利得が1倍から1000倍までステップ  
切換ができます。

③ 入力切換スイッチ (MWAS-OFF)

スイッチをON側に倒すと入力回路と増幅回路が  
接続されます。

OFF側に倒すと入力は回路から切り離されます。

④ 利得モード切換スイッチ

CALIBRATED側に倒したとき、本器の利  
得は利得調整ボリューム⑤の位置にかかわらず、  
利得切換スイッチ②で設定された値になります。  
VAR側に倒したときは利得調整ボリューム⑤で  
連続に利得が変えられます。

⑤ 利得調整ボリューム

利得モード切換スイッチ④をVAR側に倒したと  
きにボリュームを左一杯に回したときの利得は  
②で設定された値となり、右一杯に回すと②の  
設定値の約2.5倍になります。

⑥ 校正電圧印加ボタン (CAL)

このボタンを押すと、校正電圧が印加されます。  
利得モード切換スイッチがCALIBRATED  
側の時、出力で+2V、VAR側の時ボリュームが  
右一杯で約+5Vになります。

⑦ 零調整 (ZERO)

左一杯に回すと約-1V、右一杯に回すと約  
+1V出力電圧が移動します。

⑧ フィルタ切換スイッチ (FILTER)

フィルタの遮断周波数を切替える3ポールベッセル  
形フィルタです。W/B (ワイドバンド) 時は、  
帯域が100kHz (-3dB) です。

⑨ 出力過大表示灯 (OVER)

出力電圧が±約10.5Vを越えると、超えた側  
で赤色LEDが点灯し、異常を知らせます。

⑩ 電源スイッチ (POWER)

スイッチを押すと、本器に電源が供給されます。  
再びスイッチを押すとボタンが出て電源がOFF  
になります。

このときスイッチのノブは黄色のリボンが出ます。

⑪ パネルロック

本器をケースに収納するときには使用します。手  
前に強く引くとロックが外れ、ケースから取出す  
ことができます。

## 1-2 背面パネル

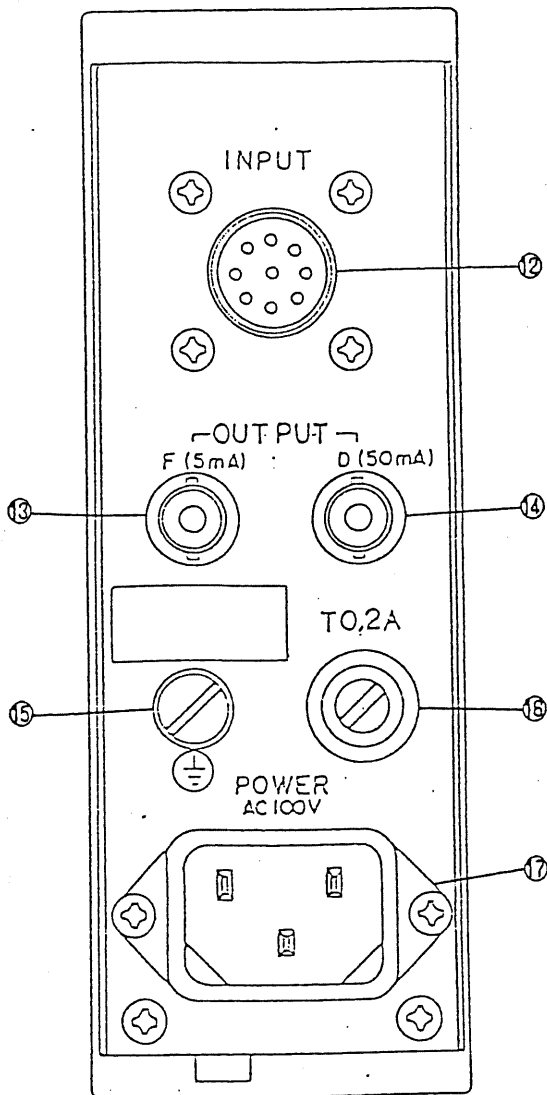


図2

### ⑫ 入力コネクタ (INPUT)

直流増幅器用入力ケーブルを接続します。

### ⑬ 出力コネクタ (OUTPUT-F)

フィルタ出力で出力電圧、電流は $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 5\text{mA}$ です。

電圧入力の記録器 (データレコーダ、直流増幅器付オシログラフ)、A/D変換器などを接続します。

### ⑭ 出力コネクタ (OUTPUT-D)

ダイレクト出力でフィルタ回路を経由しません。

出力電圧、電流は $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 50\text{mA}$ です。

上記⑬と同じものを接続できる他に電磁オシログラフが接続できます。

### ⑮ 保護用接地端子 (GND)

本器は、IEC規格クラスI機器となっているので、ご使用に際して接地をとってください。

### ⑯ ヒューズ・ホルダー (FUSE)

電源ヒューズです。本器は使用しているヒューズは $5\phi \times 20\text{mm}$ のミゼット形タイムラグヒューズです。

### ⑰ 電源コネクタ (POWER)

付属の電源ケーブルを接続します。3ピンコネクタの中央のアースピンと保護用接地端子⑮と接続されています。

## 2. 測定準備

ケーブル類を接続する前に次の事を確認してください。

- (1) 入力切換スイッチ③をOFFにする。
- (2) 電源スイッチ⑩をOFFにする。
- (3) 保護用接地端子⑮をアースにおとす。

## 3. 測定

### 3-1 入力ケーブルの接続

付属の入力ケーブルを背面入力コネクタに差込みます。

入力ケーブルのシールドは、本器のコモンになっているので入力接続図に従ってシールドを接続してください。

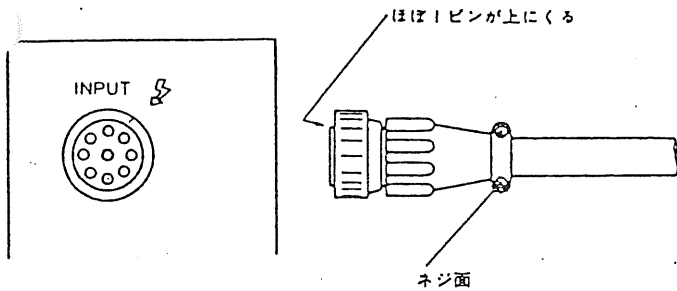


図3 ⑤ピンH  
①ピンL  
②-③-④-⑥-⑦-⑧-⑨  
シールド (コモン)

### 入力接続図

◎信号源が不平衡のとき

シャント抵抗

データレコーダのバッファ

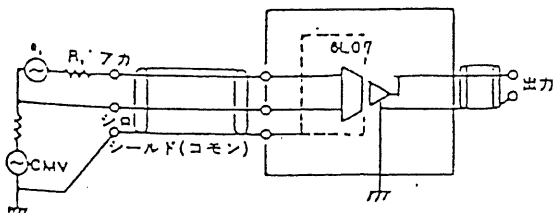


図4

出力を逆位相にしたい場合は、赤・白芯線を逆に接続してください

◎信号源が平衡のとき

- (1) シールドが信号源にとれるとき (ブリッジ)

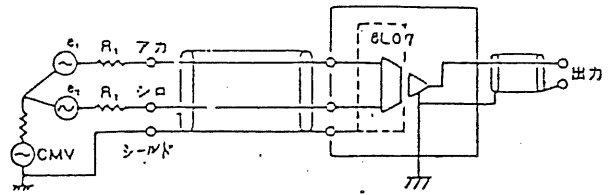


図5

- (2) 信号源が2線式 (熱電対) のとき

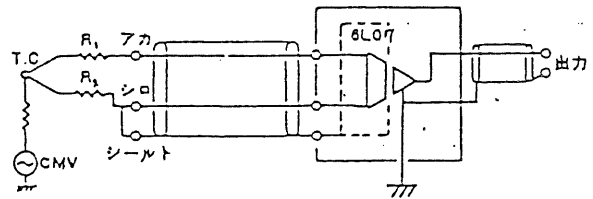


図6

熱電対の線長が長くなると  $R_1 \cdot R_2$  が大きくなり、CMRが悪くなります。

その場合、裸線の部分が極力短くなるようにシールド付の補償導線等をご使用下さい。

### 3-2 出力ケーブルの接続

出力端子 (BNC) に出力ケーブルを接続します。

OUTPUT-Fには電圧入力形の負荷が、OUTPUT-Dには上記の他電磁オシログラフ等の電流入力形の負荷が接続できます。

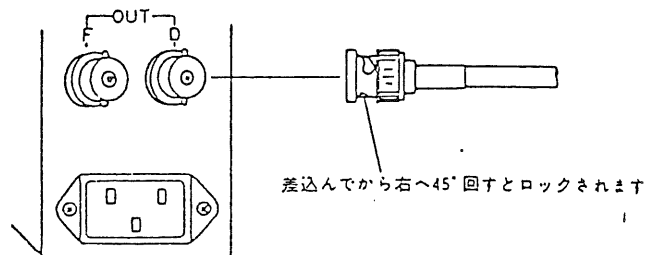


図7

出力負荷の接続

1. 自動平衡形記録器

本器の出力フルスケール電圧は±10Vですので、自動平衡形記録器側で、みだりに感度を上げると（たとえば±0.1V/F.S）

S/Nのよい測定ができません。

2. データレコーダとの接続

OUTPUT-Fを使用

(a) 入力レベルが20Vp-p(±10V)以上印加できるデータレコーダには、直接接続できます。

(b) 入力に分圧回路を必要とする場合  
データレコーダの入力レベルが±1Vのものは、図8のような分圧回路が必要となります。

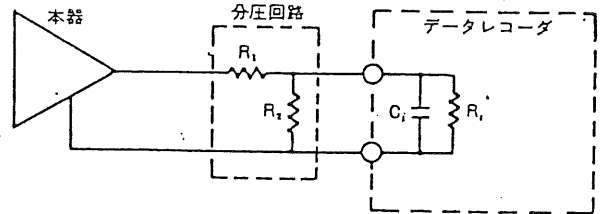


図8

ただし  $R_1 + R_2 \gg R_i \geq 2K\Omega$  として下さい。

3. 電磁オシログラフとの接続

OUTPUT-Dを使用

電磁オシログラフの入力部分には次の種類があります。本器の最大出力電流は±50mAなので直流増幅器内蔵以外のはガルバノメータの安全電流内で使用して下さい。

電磁オシログラフ	回路	入力の種類	当社の電磁オシロの形式名	注意する点
直流増幅器付		電圧	5L45, 46, 47 5M28	入力レンジ
振幅調整器付		電圧	5L41, 42, 43, 44 5M27	ガルバノメータの安全電流
振幅調整器なし		電流	5M26, 5M11, 12C	

振幅調整器がない電磁オシログラフでは、次表のようなシリーズ抵抗を接続して下さい。

ガルバノメータ 形式番号	色別	感度一様な 周波数範囲	外部適正 制動抵抗	シリーズ 抵抗	振幅 (光学長 30 cm)	
					mm/0.5V	mm/10V
3311-B1 (P-110)	銀	DC~70Hz	80Ω	100KΩ	約3.4	約6.8
3312-B1 (P-270)	青	DC~170Hz	14Ω	10KΩ	2.7	5.4
3313-B1 (P-370)	黄	DC~260Hz	12Ω	2KΩ	2.6	5.3
3308-B3 (P-1000)	赤	DC~650Hz	200Ω以上	1KΩ	3.8	7.7
3303-B3 (P-1500)	橙	DC~750Hz	200Ω以上	1KΩ	2.2	4.5
3309-B3 (P-2000)	黒	DC~1KHz	200Ω以上	680Ω	1.5	3.0
3310-B3 (P-4000)	緑	DC~2KHz	100Ω以上	470Ω 1/2W	1.0	2.0
3314-B3 (P-8000)	茶	DC~4.8KHz	100Ω以上	180Ω 1W	0.6	1.3
3315-B3 (P-13000)	紫	DC~7KHz	100Ω以上	180Ω 1W	0.4	7.6

注) ・光学長10cmのときは振幅が1/3になります。

・直線性±2%以内の最大振幅は3315-B3が±10mm, 3314-B3が±15mm,

その他は±50mmです。



### 3-3 操作方法

#### 3-3-1 測定前の装置

ケーブル類を接続する前に、入力切換スイッチ (MEAS-OFF) をOFFにしてください。

#### 3-3-2 電源の投入

1. 電源スイッチ (POWER) を押し込むと本器に電源が供給されます。

約10分間予熱を行なって下さい。架台収納時は1時間程度予熱時間を必要とします。

2. 零調整 (ZERO)

入力切換スイッチ (MEAS-OFF) をOFFにして、前面パネルの零調整器を回すと本器自身のオフセット (零調整) を調整できます。

時計方向 (CW) に回して出力はプラス方向に、反時計方向 (CCW) に回して出力がマイナスになります。

また入力切換スイッチをMEASにして、上記の調整を行なうと入力信号と共に、オフセットの調整ができます。

3. 利得調整

入力信号の大きさに合わせ利得切換スイッチ②を調整して測定に入ります。

また本器の利得精度は±0.1%以内であるため入力信号の換算は次のように行います。利得モード切換スイッチ④をCALIBRATEDにする。

$$\text{未知入力電圧} = \frac{\text{出力電圧}}{\text{利得}}$$

4. 出力オーバー表示 (OVER)

本器とデータレコーダとを接続するときには、データレコーダの入力レベルに注意して下さい。特にFM変調での入力過大時には過変調によって記録できなくなります。そのため本器では、出力及び±10.5Vを越えるとOVER表示をします。

ただし、瞬間的な波形では表示を目視できません。

#### 3-3-3 測定が終了したとき

- (1) 入力切換スイッチ (MEAS-OFF) をOFFにする。
- (2) 電源スイッチをOFFにする。

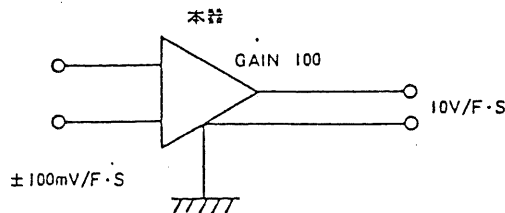


図9

#### 4. 良い測定データを得るには

##### 4-1 入力ケーブルの接続

入力の接続図は、3-1 項を参照してください。入力ケーブルは2芯シールド付でこのシールドはフローティング部のコモンになっています。熱電対・シャント抵抗の測定で赤芯線を長くすると商用交流の影響を受けやすくなります。

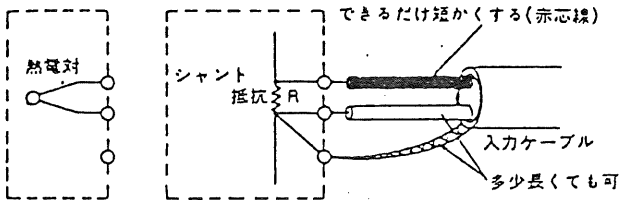


図10

##### 4-2 CMR

熱電対（2線式）での測定

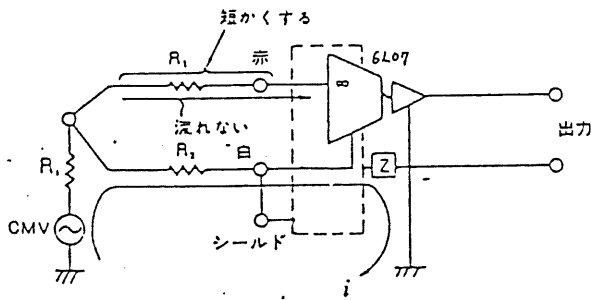


図11

上図の場合、ノイズ電流  $i$  は、 $CMV \rightarrow R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow Z$  (同相インピーダンス) を通って

$$i = \frac{CMV}{R_2 + R_3 + Z}$$

抵抗  $R_2$  (熱電対の線抵抗) にノイズ電流  $i$  が流れるから

ノイズ電圧  $e$  は

$$e = R_2 i = \frac{R_2 \cdot CMV}{R_2 + R_3 + Z}$$

となります。

ノイズ電圧を小さくするには

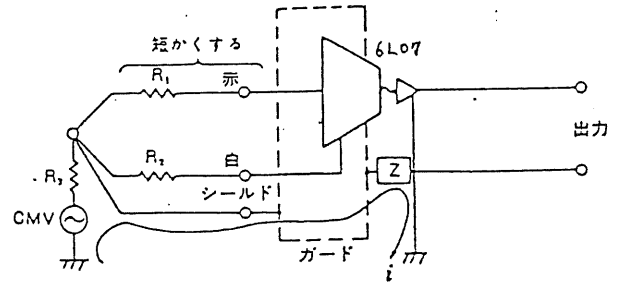


図12

上図のようにシールドを熱電対先端に結ぶことができれば、ノイズ電流は  $R_1, R_2$  を流れないのでCMRが改善されます。

##### 4-3 フィルタ

フィルタはベッセル形3ポールフィルタでS/Nの改善に用います。

しかし、50・60Hzの商用交流の除去のために、本器のフィルタを10Hzにしても約1/10程度しか圧縮できません。

##### 4-4 自動平衡形記録器との接続

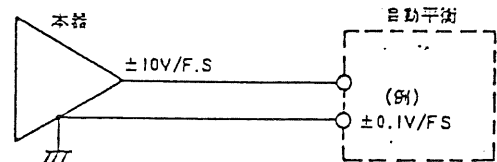


図13

上図のように出力側に接続される記録器の感度を上げると、記録データがノイズ、安定度などによってふらつきます。自動平衡形記録器の感度  $\pm 10V/F.S$  に合わせて使用します。  $\pm 10V$  のレンジの無いものは3-2 項データレコーダとの接続を参照して下さい。

4-5 電磁オシログラフとの接続

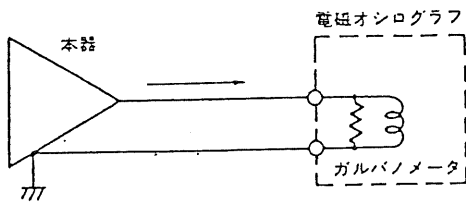


図 1 4

4-4項と同じように本器とガルバの間に制限抵抗を入れないと、見掛上感度が上がりますが、電源ON・OFFでの電流ラッシュがガルバに流れ損傷の原因となります。またノイズ、安定度など記録線がふらつきます。3-2項を参照に本器とガルバの間に制限抵抗を入れてください。

5. 周辺機器

5-1 直流電圧電流発生器 3K02との接続

5-1-1 サプレッションとしての使用法

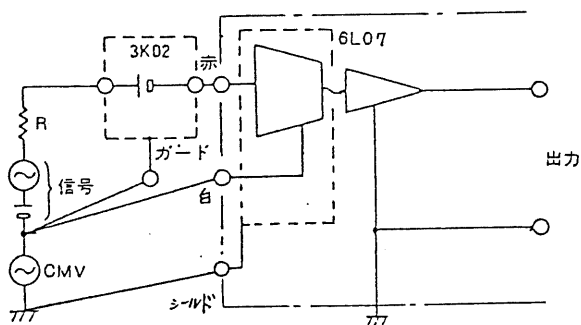


図 1 5

5-1-2 ブリッジ電源としての使用法

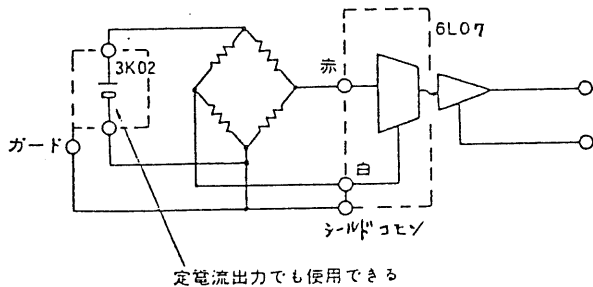


図 1 6

5-2 ケースへの収納

本器を収納できるケースは、ペンチトップケースで3, 6, 8チャンネル、ラックマウント用で8チャンネルケースがあります。

ケースとは、収納時にユニットへの電源のみ接続されるので、入・出力ケーブルの接続はケース背面より行ってください。

ユニットのパネルロックを強く前に引くとロックが外れ、ケースに収納できます。収納後、パネルロックを押すとケース・ユニット間のロックが終了します。

本器は、納入した時点でケース底面に止めネジがついているので、これを取り去ってからロックを操作して下さい。また移動時にも、このネジを使用することにより本器の動揺が押えられます。ケースにアンプユニット全部が入っていないときには必ず止めネジをするようにして下さい。

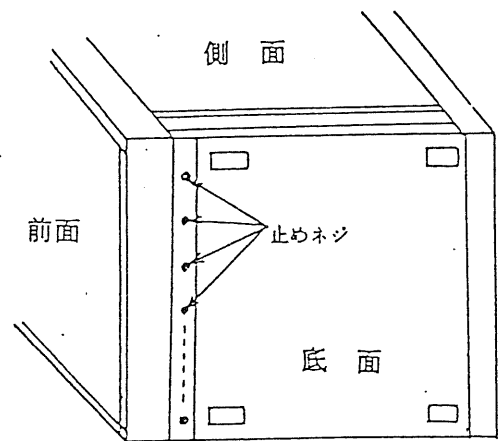


図 1 7

### 5-3 ケースの換気

#### 5-3-1 ラックケース 1 台の設置

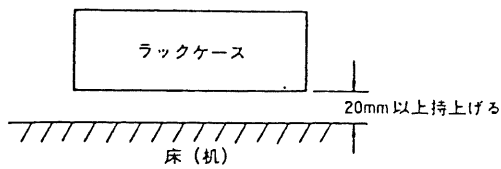


図 1 8

5-3-2 ラックケースの多数実装について  
 この場合、実装段数・負荷条件・環境温度によってユニット内部の温度が上昇し、信頼性が低下しますので、下表を参考にしておよそのファンの数量を決めて下さい。

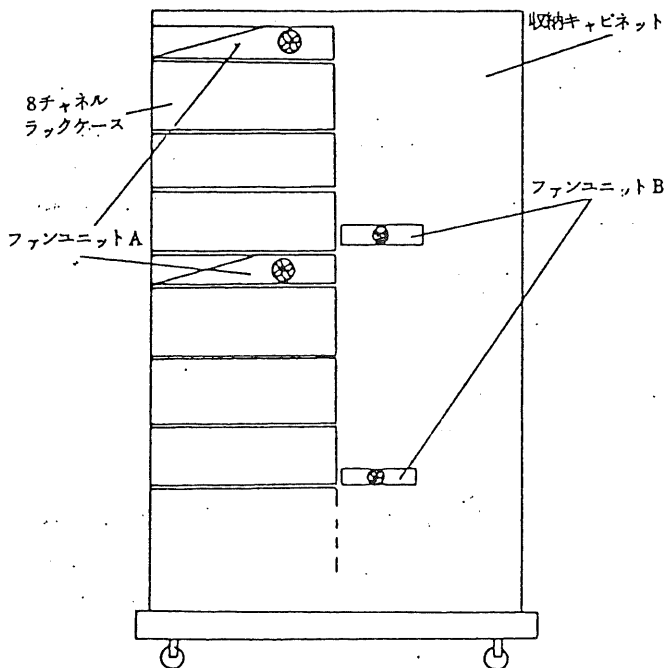


図 1 9

ここで、ファンユニットAは多段、負荷電流大、環境温度が高い場合にユニットの内部の通気を行い、ファンユニットBは自然対流を促進します。

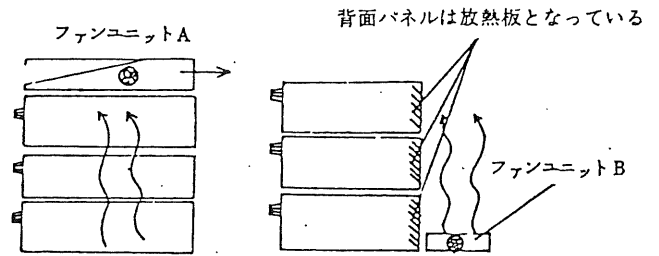


図 2 0

ファンユニットBは、多数実装時にはおよそ3段に1ケの割合で、ラックケースに密着するように置いて下さい。(アンプのユニットケース背面パネルは放熱板となっています。)

ラックケースの数	最悪環境下 (注)	
	ファンユニットA	ファンユニットB
1~3	*1	1
3~6	1~2	2
6~9	1~2	3

(注)この場合最悪環境下とは

- 電源電圧 AC 110V(+10%)
- 出力電圧・電流 +10V/50mA
- 使用温度 +40℃(周囲温度)としてあります。

上表を参考にして数量を決めて下さい。なおユーザ側で実装するときは実装方法を当社に問い合わせ下さい。

## 6. 動作原理

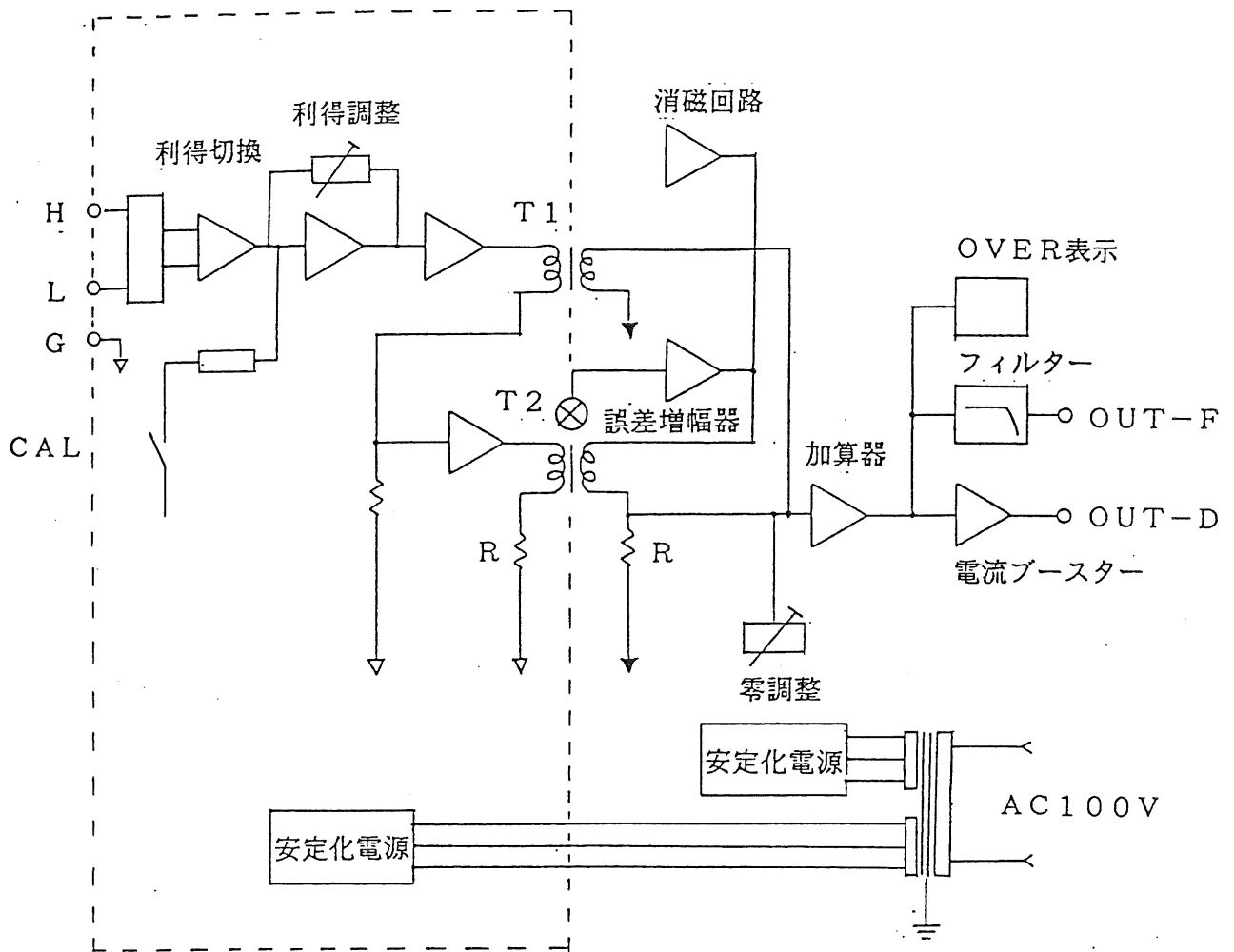


図21

上図は本器のブロックダイアグラムで入力信号は入力切替スイッチを通して初段で×1～×1000までの利得切替を行い、初段にて利得の微調整を行います。信号は交流分と直流分に分けられ、交流分はトランスT<sub>1</sub>を通して、出力側へ伝送されます。直流分はトランスT<sub>2</sub>に定電流で加えられ、出力側はT<sub>2</sub>の1次側に流れる電流と等しい電流を2次側に流すように磁気サーボ回路が構成されており、1次、2次を絶縁しながら直流分が伝送されます。

2次側では交流分と直流分は加算器に加えられ、原信号に変換されます。この加算器には零調整回路が接続され、OFFSETの微調整が出来ます。加算器を通った信号は、電力増幅器を通りOUT-Dに、又、フィルタ回路を通りOUT-Fに出力されます。

## 7. 保 守

本器は厳密なチェックを経て出荷していますが、十分な性能を示さぬ時は次の点を確認した上で、当社サービス部門へご連絡ください。

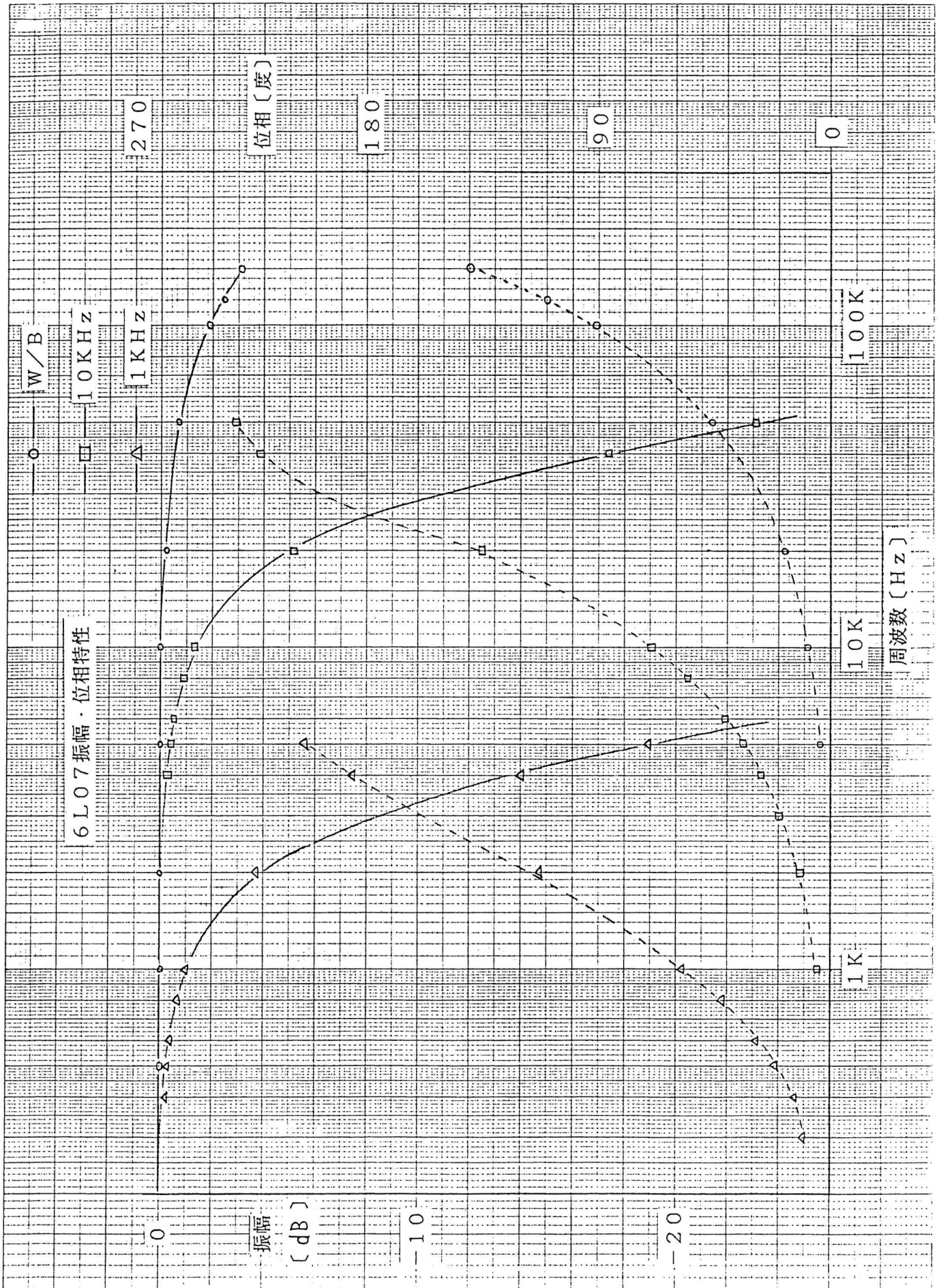
症 状	対 策
出力がふらつく	<p>1. 入力ケーブルの接続 (3-1 項参照)</p> <p style="padding-left: 40px;">赤 …+入力 フローティング</p> <p style="padding-left: 40px;">入力ケーブル 白 …-入力 フローティング</p> <p style="padding-left: 40px;">シールド…フローティング コモン</p> <p>2. 入力ケーブルの断線</p> <p style="padding-left: 40px;">赤 …5ピン</p> <p style="padding-left: 40px;">白 …1ピン</p> <p style="padding-left: 40px;">シールド…9ピン</p> <p>テストで導通チェックしてください。</p>
出力がでない	<p>1. 出力ケーブルの接続 負荷が定格よりおもくなっている またはショート。</p> <p style="padding-left: 40px;">出力ケーブル 赤…+出力</p> <p style="padding-left: 40px;">黒…コモン</p> <p>2. 出力ケーブルの断線</p> <p>テストで導通チェックしてください。</p>
出力がとぶ	<p>1. 入力切換 SW (MEAS-OFF) を OFF にして、出力をみます。</p> <p style="padding-left: 20px;">a. とばないとき入力ケーブル、接続</p> <p style="padding-left: 20px;">b. とぶとき本器のオフセットを回してみる</p> <p style="padding-left: 20px;">c. OVER表示のとき内部が故障している。</p>

## 8. 仕様

1. チャンネル数：  
1チャンネル/1ユニット
2. 入力形式：  
フローティング入力（差動入力）  
インピーダンス ほぼ $10\text{M}\Omega + 10\text{M}\Omega$
3. 利得：  
1000, 500, 200, 100, 50,  
20, 10, 5, 2, 1  
精度  $\pm 0.1\%$   
安定度  $\pm 0.01\%/^{\circ}\text{C}$   
微調整  $\times 1 \sim \times 2.5$
4. 直線性： $\pm 0.025\%/F.S$
5. 周波数特性：  
DC $\sim 100\text{kHz}$  +1dB -3dB
6. 出力フィルタ：  
OUT-Fのみ 3ポールベッセル形フィルタ  
0 $\sim 10\text{Hz}$ , 0 $\sim 100\text{Hz}$ ,  
0 $\sim 1\text{kHz}$ , 0 $\sim 10\text{kHz}$   
Wide Band
7. 同相電圧除去比：  
1k $\Omega$ 不平衡（High側）信号源の状態  
120dB  
50 $\sim 60\text{Hz}$
8. 同相許容入力電圧（CMV）：  
250VAC（RMS），又は350VDC
9. 差動許容入力電圧：  
30Vで焼損しない。
10. 零ドリフト：  
2 $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ RT1（利得 $\times 1000$ ）
11. 雑音：  
60 $\mu\text{V}_{\text{p-p}}$ RT1（利得 $\times 1000$ ）
12. 校正電圧：  
+2V $\pm 0.2\%$
13. セットリングタイム：  
フルスケールのステップ入力に対して、出力が最終値の99.9%に達するまで  
50 $\mu\text{sec}$
14. 過負荷回復時間：  
差動許容入力電圧又はフルスケール入力の5倍の過負荷のいずれか小さい過大入力の回復に対し出力がフルスケールの0.1%に達するまで800 $\mu\text{sec}$
15. 出力：  
電圧  $\pm 10\text{V}$   
電流 OUT-D $\dots \pm 50\text{mA}$   
OUT-F $\dots \pm 5\text{mA}$   
インピーダンス 1 $\Omega$   
容量負荷 0.1 $\mu\text{F}$ で発振しない
16. 零調整範囲： $\pm$ 約1V
17. 絶縁抵抗：  
DC500Vで100M $\Omega$ 以上  
入力、ガード、出力、筐体間
18. 耐電圧：  
入力-出力間  
入力-筐体間  
(保護接地端子) } AC500V  
1分間  
電源-入力間  
電源-出力間 } AC2000V  
1分間
19. 使用温湿度範囲  
0 $^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$  20 $\sim 85\%$ RH
20. 電源：  
AC100V $\pm 10\%$  50Hz, 60Hz  
約16VA
21. 外形, 重量：  
幅50 $\times$ 高さ143 $\times$ 奥行354（mm）  
突起部含まず 約1.8kg

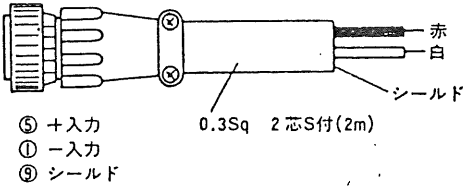
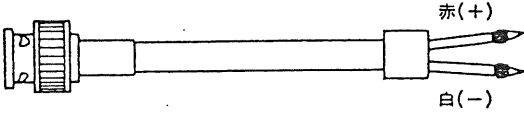
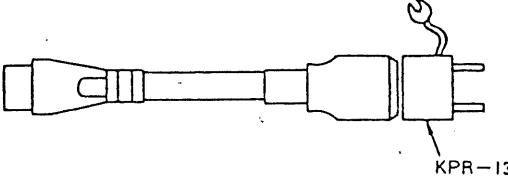
# 9. 資料 編

## 9-1 帯域、フィルタ、位相特性

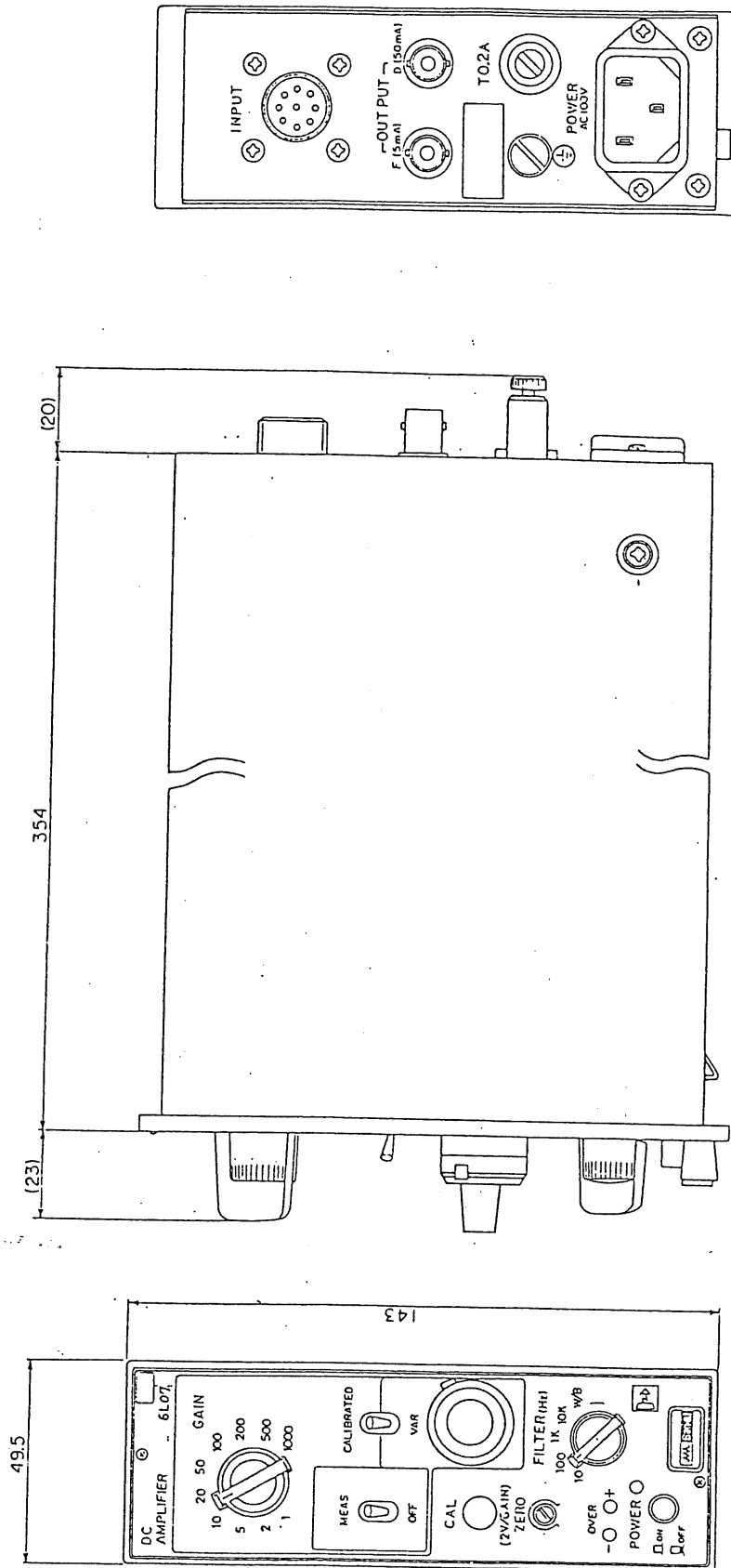


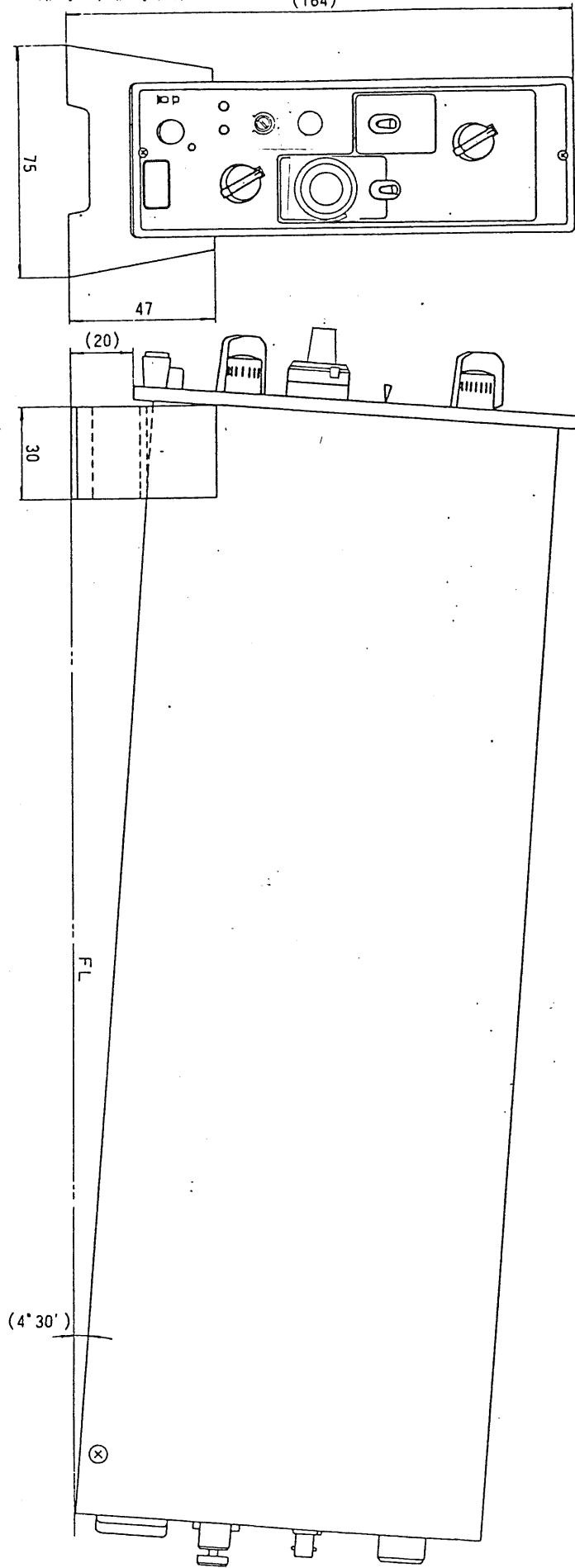


9-2 ケーブル類一覧表

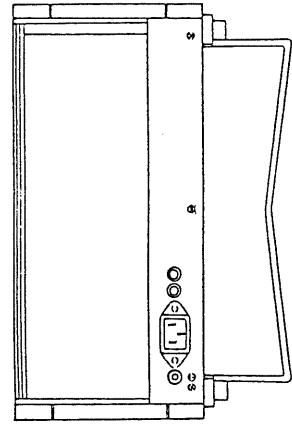
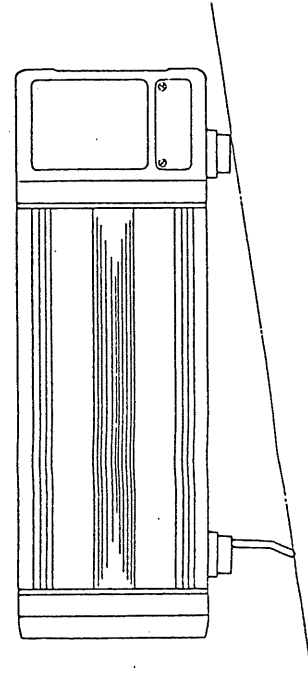
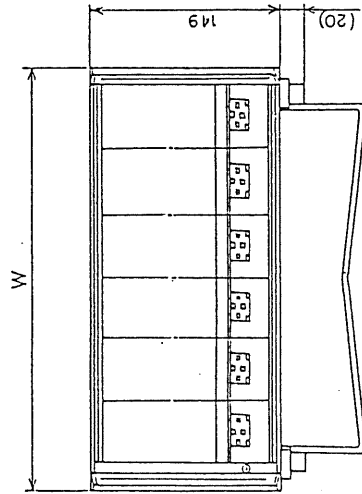
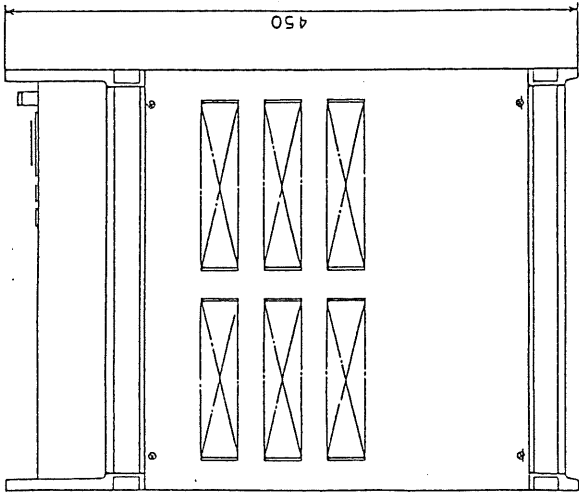
ケーブルの名称	形 状	使用コネクタ	備 考
直流増幅器用 入力ケーブル 47344	 <p>⑤ +入力 ① -入力 ③ シールド</p> <p>0.3Sq 2芯S付(2m)</p>	AMP 206485-1 206062-1	使用ケーブルは 耐圧電線のため 高いCMV下で は必ずこのケー ブルを使用して 下さい。
出力ケーブル 47345		DDK BNC-P -58U-CR10	
電源ケーブル 47326	 <p>KPR-13</p>		

9-3 ユニット、ケース外形寸法図  
 ユニット外形寸法図



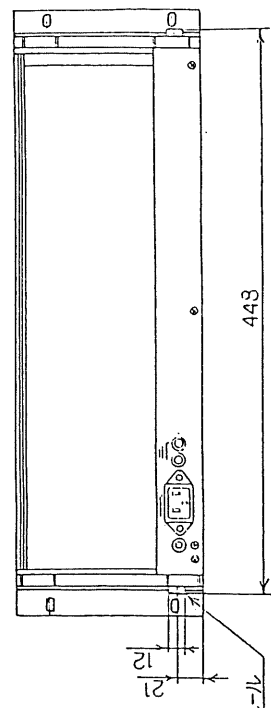
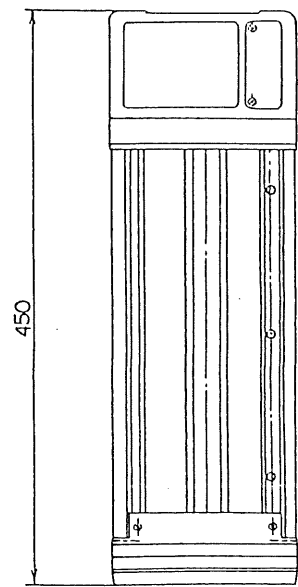
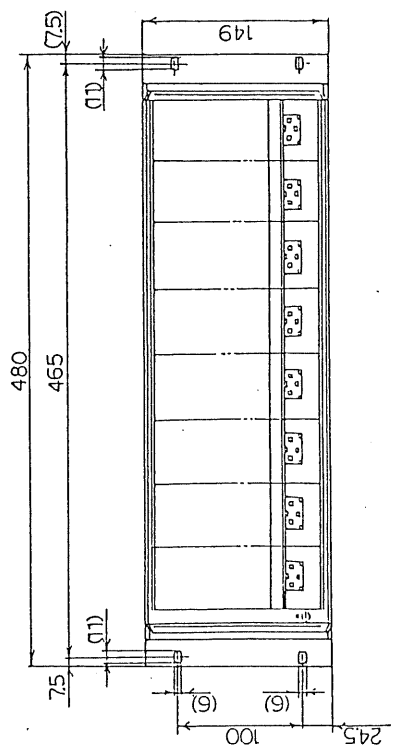
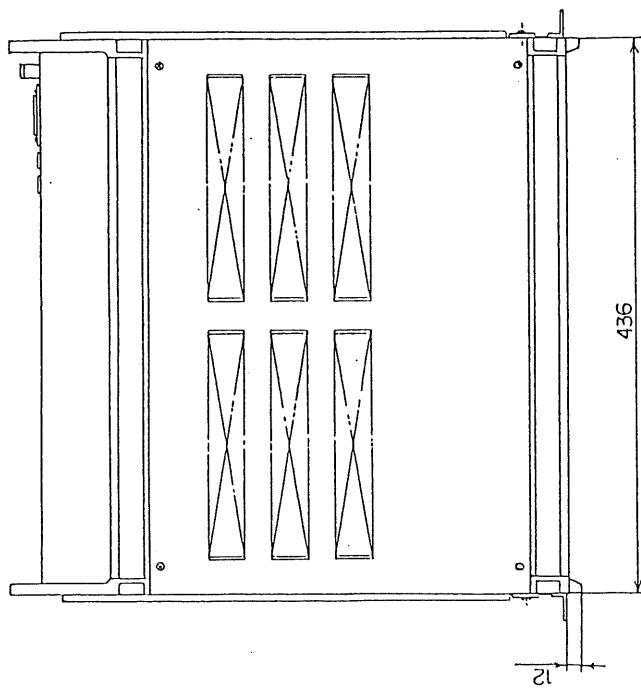


ペンチトップケース (7905 ~ 7907形)



形式	W
3CHS-1777A 7905	186
6CHS-1777A 7906	336
8CHS-1777A 7907	436

ラックマウントケース (7908形)



## 三栄レポート101より抜萃

### 9-4 直流増幅器の使い方

#### 9-4-1 直流増幅器とは

直流増幅器は、オシロスコープやデジタルボルトメータなどに組込まれ、多方面で使用されている。

ここで、直流増幅器と呼ぶものは、計測用の直流増幅器のことで、性能が細かく仕様化され、ユーザーがこれを見て判断し、色々の用途に使用する機器をいう。

具体的には、デジタルボルトメータやオシロスコープなどに内蔵されている直流増幅器を取り出し、それ自体を使いやすい形にして、各種調整用ツマミを設け、各種の目的に応じられるよう汎用機器化したものである。

ところが、それ自体単体の計測器として使用することになると、測定目的にマッチする使い方、必要な性能などが解らず、直流増幅器の適切な使用によって簡単に解決可能な場合でも、計測に苦勞する場合が多い。これは直流増幅器の入力側、出力側に接続される機器の電氣的仕様に限界のあること、および直流増幅器自体その用途を制限せず、まったくの汎用計測器であるためと思われる。このため直流増幅器は実に多様な用途が考えられる。そこでまず基本的用途について解説する。

一般的に、何か計測しようとする場合、信号源と最終的にデータをとる機器（レコーダ、データ集録・処理装置など）の間で、信号をコンディショニングする必要がある。

その第一は信号レベルが小さい場合、組合せ機器に応じたレベルまで増幅する機能である。（図1、2を参照してください）

左の状態では、信号源のフルスケール出力を、負荷はフルスケール0.1%で読みとることになり、分解能、S/Nの悪い測定しかできない。

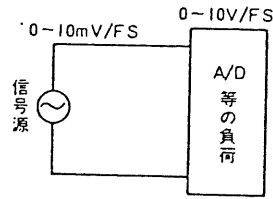


図 1

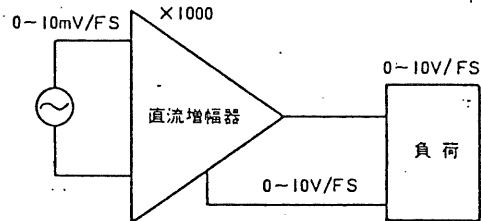


図 2

直流増幅器を利得 $\times 1000$ で使用すると信号の0~10mVを0~10Vに増幅でき負荷へフルスケール電圧で信号を供給できるので、分解能S/Nとも良い測定ができる。

この場合、現在の増幅器は性能面で増幅度（利得）の正確さは、デジタルボルトメータ並に直流領域で高く、また、周波数特性は、100kHz程度までのびており、一般的物理量の計測に必要な帯域を十分にカバーしている。

第二は援衝器としての機能である

（図3、4を参照してください）

何らかの計測をする場合、その信号源とデータを記録あるいは処理する機器とは、直接接続できない場合が多い。

これは一般的増幅機能の他に、バッファとしての機能を必要とする機会が多いからである。

すなわち信号源に対し、高い入力インピーダンスで受けて負荷を軽くし、負荷となる機器には低いインピーダンスの出力を与えてやることにより

誤差の発生を防ぎ、耐雑音性を高める機能である。

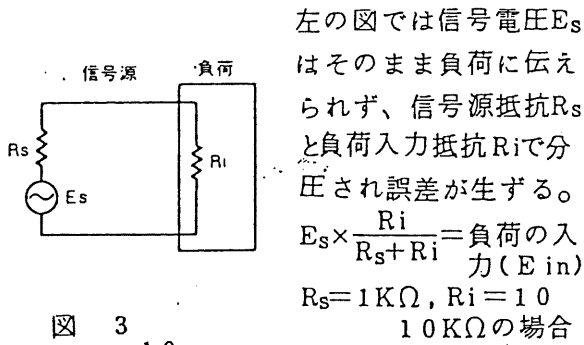


図 3

$E_{in} = E_s \times \frac{10}{1+10} = 0.91 E_s$   
となり 9%の誤差となる。

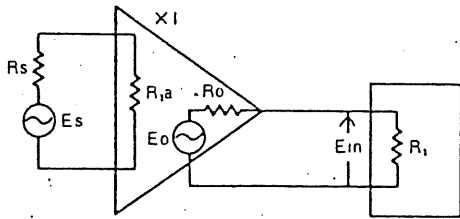


図 4

直流増幅器を使用すると、通常入力抵抗  $R_{ia}$  は非常に高く出力  $R_o$  は非常に小さい。

例として  $R_s = 1 K\Omega$ ,  $R_{ia} = 10 M\Omega$ ,  $R_o = 1 \Omega$   
 $R_i = 10 K\Omega$ で考えると

$$E_o = E_s \times \frac{R_{ia}}{R_{ia} + R_s} = 0.9999 E_s$$

$$E_{in} = E_o \times \frac{R_i}{R_i + R_o} = E_o \times \frac{10^4}{10^4 + 1}$$

$= 0.999999 E_o = 0.99998 E_s$  で 0.02%の誤差しか生じない。

注：信号源が定電圧出力、直流増幅器も低出力抵抗（定電圧出力）のもので説明したが、工業用計器には検出端だけではなく、回路も含んでいて、温度変換器とか圧力発振器と呼ばれるものがあり、これらには定電流出力のものが多い。この場合  $R_s \gg R_i$  で信号電流  $I_s \times R_i \leq V$  という条件で使用する必要がある。

( $V$ は信号源の電圧の動作範囲)このために  $R_i$ には上限が生ずる。この場合はその制限内のシャント抵抗でターミネートし、その両端の電圧をとりだすことによって、簡単に電圧として測定可能になる。

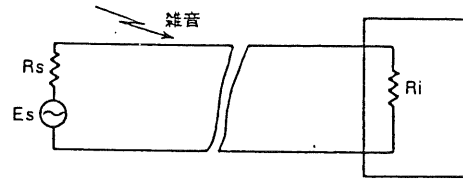


図 5

上の例では線間の抵抗  $R_s \ll R_i$  で  $R_s$  が大きい場合、外来雑音をひろいやすくなる。

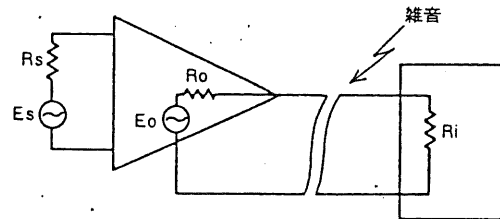


図 6

この例では長く線をひくところが直流増幅器の出力からで線間の抵抗  $R_o \ll R_i$  となり  $R_s \gg R_o$  の場合、その分だけ改善される。

第三は、信号源と負荷との間のアイソレーションに使用する場合である。

(図7, 8を参照して下さい)

信号源(変換器、シャント抵抗、その他機器など)のコモンと、負荷となる機器(レコーダ、データ集録・処理装置など)とのコモンの間には電位差のある場合が多い。

この場合電位差が小さいときは、直結差動形を使用し、大きい場合はフローティング入力のもので信号の受け渡しを簡単に行なうことができる。直流増幅器を使用しないと、測定に大きな誤差を生じたり、雑音(商用電源によるもの)が大きく混入し計測が不可能になる。その他、負荷となる機器が破損したり、信号源が不

用意に接地されるために、信号源側を破損することもある。

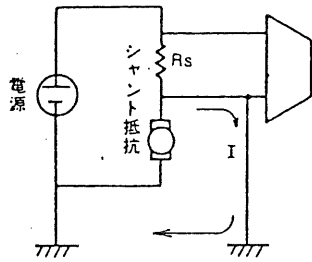


図 7 電源側にシャント抵抗が入っている測定では、片線接地の計器は接続できない。接続すると電流 I が流れ、Rs や電源等を焼損する可能性があり、またデータもとれない。

電源側にシャント抵抗が入っている測定では、片線接地の計器は接続できない。接続すると電流

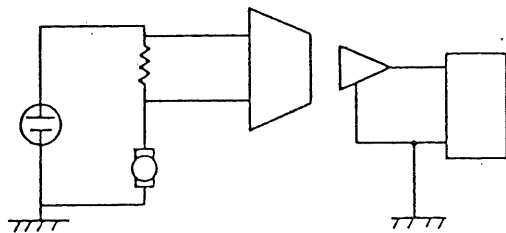


図 8 フローティング入力の直流増幅器を使用すれば、入出力間がきりはなされるので問題を生じない。(耐圧→CMVには注意)また次図の方法もある。

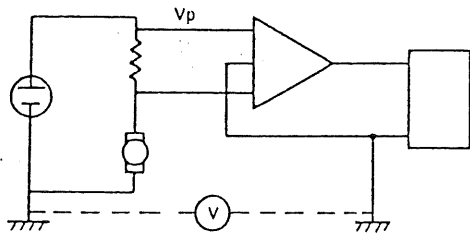


図 9 接地間電位差 V と、電源電圧  $V_p$  の和が小さいとき(直流増幅器の CMV より小さいとき)は図のように直結差動形でもよい。

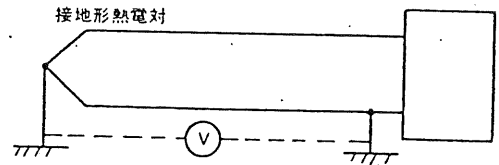


図 10 接地形熱電対に片線接地の計器を接続すると接地点間電位差 V が信号と加算され、測定不能になる場合が多い。

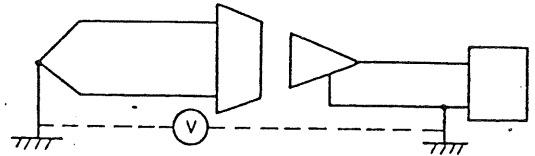


図 11 フローティング入力直流増幅器の使用で V による問題を避けられる。V が小さいときは上の例にあるように直結差動形でもよい。

第四は直流増幅器の持っている「利得の調整機能」を利用し、係数器として用いたり、付加機能として持っているローパスフィルタに使用することである。(図 12 を参照してください)

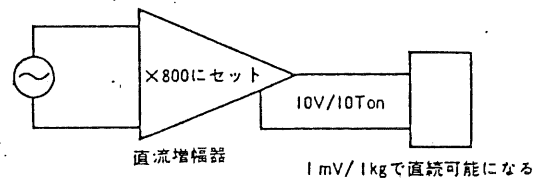


図 12 以上、簡単に、直流増幅器の基本的な機能を述べてみた。しかし実際のアナログ計測は、なかなかめんどろな要素が多く、計測に苦労する場合が多いと思う。

この点メーカーは、豊富な経験をつんでいるのでお問い合わせいただければ、何らかの解決法を見出せるものと思う。



## 9-4-2 直流増幅器の選び方

直流増幅器は、その用途によって、機種を選択する必要がある。

予算に制限がなければ、フローティング入力の高級器を採用すれば、ほとんどの計測に使用できる。ただしこのタイプは直流増幅器の中で最も高価である。

そこで新規に購入する場合は、用途に応じて最適のタイプを選択する方がよい。選択の目やすとなるものは仕様であるが、予備知識なしに良否の判断をつけにくい場合も多いのでとくにポイントとなる項目をとり上げて簡単に解説する。

### (1) コモンについて

アナログ計測ではよくコモンという言葉が使われる。これは文字通り共通という意味で、あるいくつかの電圧値を論ずるときの、共通の基準点という意味で使われている。この基準点(コモン)というのがくせもので、何か所かの電圧源がある場合、各々のコモン間に電位差(電圧)のある場合が多く、全体をまとめて論ずる場合、どこか1カ所を全体のコモンとしてきめないと、電圧値を規定できない。また1カ所をコモンと定めても、それが点でなく電線等で長く引いている場合は気を付ける必要がある。

その電線が出力電流等の帰路になっていたりすると、電線上に電位勾配を生じ、基準点とはいえなくなるからである。また各々の電圧源をコモン接地した場合、接地点を1ヶ所にまとめる場合はよいが、接地点が異なったら駄目である。これは接地点間には必ず電位差があるからである。以上述べたように、ある計測システムを考えると、多くの各種機器が継続に、並列に接続されることが多いので、コモンについて充分配慮する

必要がある。通常システムでは、データを最終的にとりこむ機器の入力のコモンを全体のコモンと定める場合が多い。

我々はこれをシステムのコモンと呼んでいて、ここを接地することが多い。(最適な接地点である)

2点接地は前にも述べた通り、接地間電位差が、誤差の雑音として混入するので絶対避けなければならない。実際のシステムでは、信号源とシステムのコモンの間に大きな電位差がある場合が多くある。

これらの場合は、直流増幅器の適切な使用により、問題の発生を防ぐことができる。これは後でも述べる直流増幅器の持つ、同相電圧による、誤差や雑音の発生を抑圧する機能(CMRR)、同相電圧に対する耐圧の機能(CMV)である。

以上述べたように計測システムにおいて、データがデジタル化される直前まで、常にどこがシステムのコモンか、コモン間の電位差をどう処理するかを考える必要がある。

### (2) 直流増幅器のケースの問題

通常カタログ仕様には記載されていないが重要な問題がある。これは直流増幅器ユニットの外周をかこっているケース(ほとんどの場合金属である)が、どこへ接続されているかである。

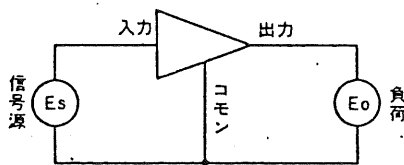
比較的簡易な直流増幅器の場合、ケースは静電シールドとして使用するために、コモンに接続されている。これは直流増幅器を机上にセットしたり、架台にとりつけたりすると増幅器のコモンはその地点で接地される簡単な用途の場合は、これでもよいが、前にも述べた通り結果的には信号源、システムのコモン等が接地されることが多いので、多点接地と

なり問題を生じやすい。  
従って、直流増幅器のケースは回路からフリーになっているのが理想である。

当社の直流増幅器では、新 6L, 6B シリーズのすべてがケースフリーになっており、多点接地になる心配はない。

(3) 直流増幅器の入力回路

直流増幅器の入力回路には次に示すようなものがある。



注：1点接地以外の使用法は不可

図 1 3

図 1 3 はシングル入力のもので、前にも述べたように 2 点接地になると、接地点間電位差は、負荷からみて入力信号と加算されて入力となり、誤差を生じたり、雑音として混入したりして問題となるので、直流増幅器の入力回路としてはほとんど用いられない。

レベルの大きな信号を取扱うローパスフィルタなどに用いられている。

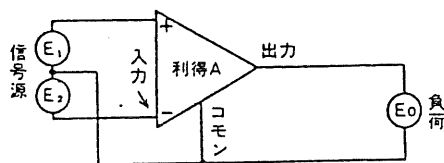


図 1 4

図 1 4 は直結差動入力形 直流増幅器によく用いられる回路である。原理的には、出力  $E_o$  は  $(E_1 - E_2) \times A$  (利得) で得られる回路で、2 点接地になっても、信号源のコモンが増幅器のコモンと異なる電位になって

も、下図のようになり出力に現われない。

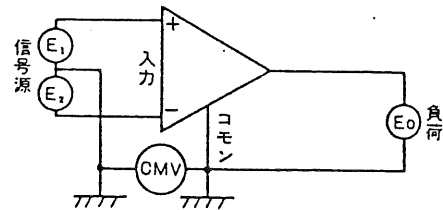


図 1 5

CMV : 2 点接地による電位差または信号源と増幅器のコモンの間に電位差がある時の電圧。

+ , - 入力に同相に加わるので同相電圧 (COMMON MODE VOLTAGE → CMV) と呼ぶ。

図 1 5 の場合

+ 入力 は  $E_1 + CMV$

- 入力 は  $E_2 + CMV$

差動入力回路であるから、出力は

$$\begin{aligned} E_o &= [(E_1 + CMV) - (E_2 + CMV)] \times A \\ &= [(E_1 - E_2) - (CMV - CMV)] \times A \\ &= (E_1 - E_2) \times A \end{aligned}$$

で CMV は打消され出力に現われない。ところが実際には完全に打ち消されず、いづれから出力にその影響が現われる。この影響される程度を示すのが、色々な言い方があるが、同相分弁別比 (CMRR) である。

これは  $CMRR = 20 \text{ Log } Ad / ACM \text{ dB}$

ここで Ad は利得、ACM は同相利得。

で規定される。

例えば  $CMRR = 120 \text{ dB}$  の直流増幅器の場合  $10 \text{ mV}$  の信号を利得 1000 倍で測定しようとしたとき、 $10 \text{ V}$  の CMV による障害はどの程度かという、信号は  $10 \text{ mV}$  の 1000 倍、出力で  $10 \text{ V}$  になり、CMV によるものは、 $120 \text{ dB} = 20 \text{ Log } 1000 / ACM$  より逆算して、 $ACM = 1 / 1000$  となり、すなわち  $10 \text{ V}$  の  $1 / 1000$  の  $10 \text{ mV}$  がそれであり、 $10 \text{ V}$  の信号に対し  $10 \text{ mV}$  の誤差あるいは雑音となることがわかる。

実際の計測回路では、CMVが存在する場合が多いので、CMRRは重要な仕様である。また当然CMVにも限界があるので仕様には必ず記載される。

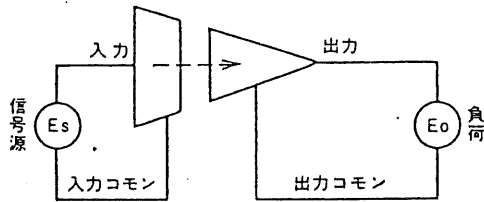


図 1 6

注：入力コモン、出力コモン間抵抗は $\infty$ でもよい、両者とも別々の基準点（コモン）として使用できる。ただし出力コモンが増幅器ケースに接続されているときは、ケースと負荷の2点接地に要注意。

図 1 6 はフローティング入力で入力がシングルのものである。

この方式のものは、入力、出力間が電氣的に絶縁されていて、信号分だけ通過する様に作られている。

従って、入力のコモンと出力のコモンは任意に接地してもよいし、電位差があってもよいし、要するに使いわけができるのできわめて使いやすい。

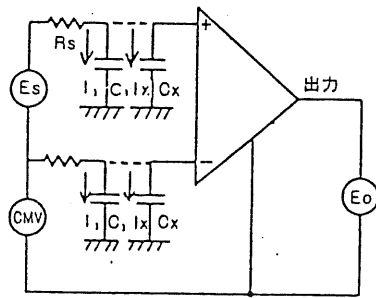
ただしこのタイプのものは、広帯域化が困難であったり、入出力間の絶縁に変復調方式を用いているものでは、直線性をあまりよくできないとか、変復調の周期性雑音を生ずるとかの問題もある。

もちろんこれらの問題の発生しない高級機も発売されている。このフローティング入力のもは、直結差動形よりも良いCMRR, CMV が得やすい。

CMVは、絶縁されている入力と出力間の電圧になり、直結形のCMV

は回路の電位配分上きまるので一瞬の過大CMVでも飽和してしまうのに対し、フローティング入力では短時間で絶縁が破壊されない場合はCMVが仕様より大きく越えても測定が可能である。

実際の計測では、配線等から接地に対し容量結合によってリーク電流が流れ、配線抵抗による電圧降下のアンバランスが直流増幅器の入力に差動電圧として印加され、等価的に著しくCMRを低下させることがある。これらや直流増幅器自身のCMRRを良くするために、通常入力にはガードシールドが設けられている。これは、図 1 7, 1 8 で簡単に説明する。



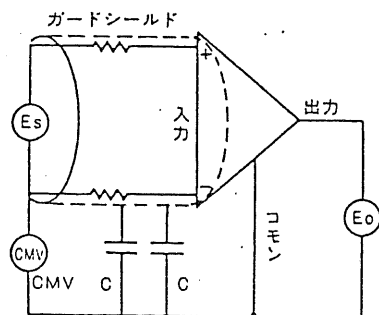
A. ガードシールドのない場合

図 1 7

ガードシールドがない場合は、対アースのストレイや線間の容量  $C_1 \dots C_x$ ,  $C_1 \dots C_x$  に CMV が印加されることにより、 $I_1 \dots I_x$ ,  $I_1 \dots I_x$  が流れ、

$$\sum_{x=1}^X I_x \times R_s = \sum_{x=1}^{X'} I_x \times R'_s$$

の電位差が増幅器入力端で生じ、同相入力から差動信号が生ずることになりCMRRは低下する。



B. ガードシールドのある場合

図 1 8

入力線および増幅器入力部をシールドで囲み、CMVの入力に接続すると入力線とガードシールドとは同電位にな

り、入力線からは電流が流れず差動信号は生じない。

電流はガードシールドからだけアースへ流れる。

注：フローティング入力の場合は、フローティングされている部分もガードシールドで囲むことになる。

### 9-4-3 仕様の読み方

前の項でふれなかった他の仕様の項目のうち重要と思われるものについて簡単に解説する。

#### (1) 雑音

これは入力信号と比較しやすいよう、出力におけるレベルではなく、入力換算値で示される場合が多い。

また利得を変えたときでも、出力における雑音レベルが計算できるように、入力換算値+出力換算値で表現しているものもある。

この場合は入力換算値に設定している利得を乗じ、出力換算値をそれに加えれば、出力における雑音レベルを計算できる。

また雑音を電圧性のものと、電流性のものに分けて規定する場合もある。

この場合は、電圧性雑音と電流性雑音に信号源抵抗値を乗じて加算したものが全体の雑音電圧となる。

また帯域を区切って、下記のように示す場合もある。

DC~100Hzで $5\mu\text{V}$

DC~1kHzで $15\mu\text{V}$

DC~10kHzで $30\mu\text{V}$

この項で特に気を付けなければならないのは、雑音の値がピーク値か実効値かということである。

雑音がホワイトノイズに近ければ

実効値はピーク値に対し $1/\sqrt{2}$ ~ $1/8$

ほどの値になり、はるかに小さな値になり、はるかに小さな値で示されることになる。測定しようとするデ

ータが振幅の場合はピーク値が、データ自体がパワーのようなものときは実効値がS/Nをまとめることになるが、実効値表示の仕様の場合極めて大きな振幅のパルス状雑音が含まれていても、仕様では小さな値で示されるので気を付ける必要がある。

また信号として識別できる信号のレベルは雑音のレベルまでということになる。

#### (2) ドリフト

これはゼロドリフトのことで安定度と表現される場合もある。

直流増幅器は直流をその信号として取扱うので、入力短絡すなわちゼロ入力ときは出力もゼロVで変化しないのが理想である。ところが実際には、入力がゼロを保っていても出力が変動することもある。

この変動する原因は主に周囲温度の変化で、長時間の場合は時間も原因となる。

これは誤差を生ずる要因になるので、ドリフトとして仕様の項目でそのレベルが明記される必要が生ずる。これも入力信号のレベルと比較しやすいように入力換算値で示される場合が多い。

また前項と同じ理由で、入力換算値+出力換算値で示される場合もある。値は主に温度係数で示されるが、時間もドリフトの原因なので、時間係数と両方で示される場合が多い。

この仕様は直流増幅器が電源を投入されてから、内部で熱平衡し、出力が安定してからの値で示される。

このためにこの安定時間も併記されることが多い。

#### (3) 利得

直流増幅器は汎用の計測器なので、色々のレベルの信号を取扱えるように利得の切換器が付いている。

この項で注目すべき点は、その最大利得はいくらか、利得の切換幅はどの程度でどの程度の細さか、利得の正確さはどの程度か、利得の安定度はという大きくわけて4項目となる。最大利得は①, ②項と共に取扱える信号の下限のレベルと関係があり、利得の切換幅、細さは取扱う色々のレベルの信号に対しての便利さ、応用範囲の広さのためやすくなる直流増幅器の使い方では出力を読みとり使用した利得で割算して信号のレベルを直読するが多い。従って利得の正確さ利得精度は重要な項目になる。

また利得の正確さと共にその安定度も重要で、一般にその温度係数が仕様の項目にのせられることが多い。この場合その時間係数も当然存在するが、値がきわめて小さく、また仕様として管理するのが大変なので一般には項目としてのらない場合が多い。

#### (4) 直線性

入力電圧が直線的に増加するとき、その出力も入力に比例し完全に直線的に増加すれば、直線性についてはまったく問題がなくなるが実際にはそうならない。

この理想直線からどの程度ずれるか示すのがこの仕様である。一般的にはフルスケールのX%以内と表現される場合が多い。この意味はフルスケールが10Vで直線性を0.01%というと、読み取り値には10Vの±0.01%、すなわち±1mVの直線性誤差が含まれる可能性があるということである。

#### (5) 周波数特性

これは直流の利得に対しDC~100KHz -3dBというようにある誤差を生ずる周波数で示されることが多い。

場合によっては下記の例のように帯域によって細く規定することもある。

DC~ 1KHz ±0.1%

DC~ 10KHz ±2%

DC~100KHz -3dB

このように細かく規定することは望ましい方法であるが、このように細かく精度良い仕様で製品を管理して出品するためには、非常に多くの工数を要し、高価になるのでよほどの高級機でないと実現できない。また国産品ではほとんどないが周波数特性とスリューリミットまたはスリ -レートという仕様が並記されている場合がある。

この併記されているのは、増幅器の出力の最大変化速度を示すもので、このような仕様で書かれているものでは、フルスケール電圧ではその示されている周波数まで信号が通過せず、ひずんだり、振幅が小さくなったりするときがある。これはフルスケールでは、出力の変化速度がそのスリューリミット以上になってしまうからで、振幅を小さくすると通過するようになる。

この点は特に輸入品の場合、気をつける必要がある。

 **日本電気三栄株式会社**

---

工業計測器事業部 〒187 東京都小平市大沼町

工業計測器販売本部 〒160 東京都新宿区大久保

---

