



C/V コンバータ
CAPACITANCE TO VOLTAGE CONVERTER

CV-242M3

取扱説明書

DA00059705-001

C/V コンバータ
CAPACITANCE TO VOLTAGE CONVERTER

CV-242M3

取扱説明書

—— はじめに ——

このたびは、C/V コンバータ CV-242M3 お買い求めいただき、ありがとうございます。
ます。

電気製品を安全に正しくお使いいただくために、まず、次のページの「安全にお使
いただくために」をお読みください。

●この説明書の章構成は次のようになっています。

初めて使用する方は、「1. 概説」からお読みください。

1. 概説

この製品の概要・特長・使用例および簡単な動作原理を説明しています。

2. 使用前の準備

設置や操作の前にはしなければならない大事な準備作業について説明しています。

3. パネル面と基本操作の説明

パネル面の各部の機能・動作および基本的な操作について説明しています。
機器を操作しながらお読みください。

4. 使用方法

一般的な使用方法や応用した使用方法例を説明をしています。

5. 保守

保管・再梱包・輸送や動作点検の方法などについて説明しています。

6. 仕様

仕様(機能・性能)について記載しています。

7. 外観図

外観について記載しています。

———— 安全にお使いいただくために ————

安全にご使用いただくため、下記の警告や注意事項は必ず守ってください。

これらの警告や注意事項を守らずに発生した損害については、当社はその責任と保証を負いかねますのでご了承ください。

●取扱説明書の内容は必ず守ってください。

取扱説明書には、この製品を安全に操作・使用するための内容を記載しています。

ご使用に当たっては、この説明書を必ず最初にお読みください。

この取扱説明書に記載されているすべての警告事項は、重大事故に結びつく危険を未然に防止するためのものです。必ず守ってください。

●電源電圧を確認してください。

この製品は、取扱説明書の“電源について”の項に記載の電源電圧で動作します。

電源接続の前に、電源装置の電圧がこの製品の定格電源電圧に適合しているかどうかを確認してください。

●おかしいと思ったら

この製品から煙が出てきたり、変な臭いや音がしたら、直ちに電源ケーブルを抜いて使用を中止してください。

このような異常が発生したら、修理が完了するまで使用できないようにして、直ちに当社または当社代理店にご連絡ください。

●ガス雰囲気中では使用しないでください。

爆発などの危険性があります。

●カバーは取り外さないでください。

カバーは絶対に取り外さないでください。

内部を点検する必要があるときでも、当社の認定したサービス技術者以外は内部に触れないでください。

●改造はしないでください。

改造は、絶対に行わないでください。新たな危険が発生したり、故障時に修理をお断りすることがあります。

●製品に水が入らないよう、また濡らさないようご注意ください。

濡らしたまま使用すると、感電および火災の原因になります。水などが入った場合は、直ちに電源ケーブルを抜いて、当社または当社代理店にご連絡ください。

●近くに雷が発生したときは、電源ケーブルを抜いてください。

雷によっては、感電や火災および故障の原因になります。

●廃棄処分

環境保全のため、この製品を家庭ゴミとして廃棄しないでください。この製品は、産業廃棄物を取り扱う業者を通して廃棄処分してください。

この製品は RoHS 指令に適合した製品です。

この製品はバッテリーを内蔵していません。

目次

1.	概説	1-1
1.1	概要	1-1
1.2	特長	1-1
1.3	使用例	1-1
1.4	動作原理	1-1
2.	使用前の準備	2-1
2.1	外観および付属品の確認	2-1
2.2	設置・使用場所の条件	2-1
2.3	固定して使用する場合	2-2
2.4	電源について	2-3
2.4.1	一般事項	2-3
2.4.2	電源ケーブル PA-001-3018	2-4
3.	パネル面と基本操作の説明	3-1
3.1	パネル各部の名称と機能	3-1
3.2	入力の接続について	3-3
3.3	出力の接続について	3-3
3.4	電源の投入とウォームアップ時間について	3-4
4.	使用方法	4-1
4.1	ケーブル容量などによるオフセット電圧の補正	4-1
4.2	静電容量計として使用する	4-2
4.3	アンプや測定器などの入力容量測定	4-3
4.4	電源装置やトランス、測定器などの絶縁容量測定	4-4
4.5	プリント基板のパターン容量などの測定	4-5
4.6	コンデンサ素子の測定	4-5
4.7	直流バイアス電圧を印加しての測定	4-6
4.8	レベル計への応用	4-7
4.9	並列抵抗 R_p による影響と補正方法	4-8
5.	保守	5-1
5.1	はじめに	5-1
5.2	動作点検	5-1
5.2.1	出力オフセット電圧の確認	5-1
5.2.2	変換係数の確認	5-1
5.3	日常の手入れ	5-2
5.4	保管・再梱包・輸送	5-2
6.	仕様	6-1
6.1	絶対最大定格	6-1
6.2	電氣的性能	6-1
6.2.1	容量入力部	6-1
6.2.2	出力部	6-2
6.2.3	変換部	6-2
6.2.4	並列抵抗の影響	6-2
6.2.5	GND 端子	6-2
6.3	電源	6-3
6.4	環境	6-3
6.5	外形	6-3
6.6	その他	6-3
6.6.1	準拠規格	6-3
6.7	注意事項	6-3
7.	外観図	7-1

付 図 ・ 付 表

図 1.4-1 動作原理説明図.....	1-2
図 1.4-2 ブロック図.....	1-2
図 2.3-1 固定用穴位置	2-2
図 2.4-1 電源コネクタ ピンアサイン.....	2-3
図 2.4-2 電源ケーブル PA-001-3018 寸法図	2-4
図 3.1-1 上面, 底面図	3-2
図 3.4-1 パワーオンドリフト例.....	3-4
図 4.1-1 ケーブルのみ接続し, 被測定物を接続しない状態.....	4-1
図 4.1-2 被測定物とのケーブルによる接続	4-1
図 4.2-1 静電容量計としての使用方法.....	4-2
図 4.3-1 入力容量の測定.....	4-3
図 4.4-1 アースー出力 GND 間絶縁容量の測定.....	4-4
図 4.5-1 プリント基板の容量測定	4-5
図 4.6-1 リードコンデンサの測定	4-5
図 4.7-1 直流バイアス電圧印加回路	4-6
図 4.7-2 ダイオードの接合容量ー逆バイアス電圧特性 測定例	4-6
図 4.8-1 静電容量式レベル計の例	4-7
図 4.9-1 並列抵抗の影響 G_{ERROR} 特性	4-8
図 4.9-2 並列抵抗の影響 $V_{ofsERROR}$ の特性	4-9
図 4.9-3 接続図	4-10
図 5.2-1 BNC コネクタ⇄バインディングポスト変換アダプタ例.....	5-1
図 5.2-2 変換係数測定時の接続例	5-2
図 6.2-1 被測定物の等価回路 1	6-1
図 6.2-2 被測定物の等価回路 2	6-1
図 7-1 外観図	7-1
表 2-1 構成表	2-1

1. 概説

1.1 概要

「CV-242M3」は入力に接続した被測定物の静電容量に比例した電圧を出力する C/V コンバータ(CAPACITANCE TO VOLTAGE CONVERTER)です。

変換係数は 1mV/pF (10 000 pF レンジ)と 10mV/pF (1 000 pF レンジ)の 2 レンジで、パネル面のトグルスイッチにて切り換え可能です。

1.2 特長

- a) 一般的な 4 端子法による交流測定方式ではなく、充放電による測定方式です。
- b) 片線接地された静電容量も C/V 変換可能です。
- c) 出力に電圧計を接続することで、静電容量計として使用可能です。
- d) 被測定物に加わる電圧は-50 mV～+100 mV と低電圧です。

1.3 使用例

- ① アンプや測定器などの入力容量の測定
詳細は 4.3 節を参照
- ② 電源装置やトランス、測定器などの絶縁容量(フローティング容量)の測定
詳細は 4.4 節を参照
- ③ レベル計などへの応用
詳細は 4.8 節を参照

1.4 動作原理

本器の静電容量の測定は、定電流充電時の電圧変化によって行っています。静電容量 C_X [F]に対して、定電流 I_S [A]で充電するときの静電容量にかかる電圧 V_C [V]は、時間 t [s]に比例して次式のように表せます。

$$V_C = \frac{I_S}{C_X} \times t$$

この式から、静電容量に印加される電圧が二つの閾値電圧(V_{th1} [V]と V_{th2} [V])に到達するまでの時間をそれぞれ t_1 , t_2 [s]とすると、この時間差 Δt [s]は次式のように表せます。

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{C_X}{I_S} \times V_{th1} - \frac{C_X}{I_S} \times V_{th2} = \frac{(V_{th1} - V_{th2})}{I_S} \times C_X$$

V_{th1} , V_{th2} , I_S は一定なので、この式から Δt は静電容量 C_X に比例することがわかります。本器は、閾値電圧(V_{th1} , V_{th2})の異なる二つのコンパレータを用いて、時間差 Δt に比例したパルス信号を生成しています。

静電容量に印加される電圧が閾値 V_{th1} を超えると放電を行い、決められた時間になると定電流充電を繰り返し行います。充放電の周期は正確かつ安定な水晶発振器から作成され、 Δt はデューティ比が変化する PWM 信号に変換されます。

この PWM 信号をローパスフィルタに通して直流電圧に変換すれば、静電容量を電圧に

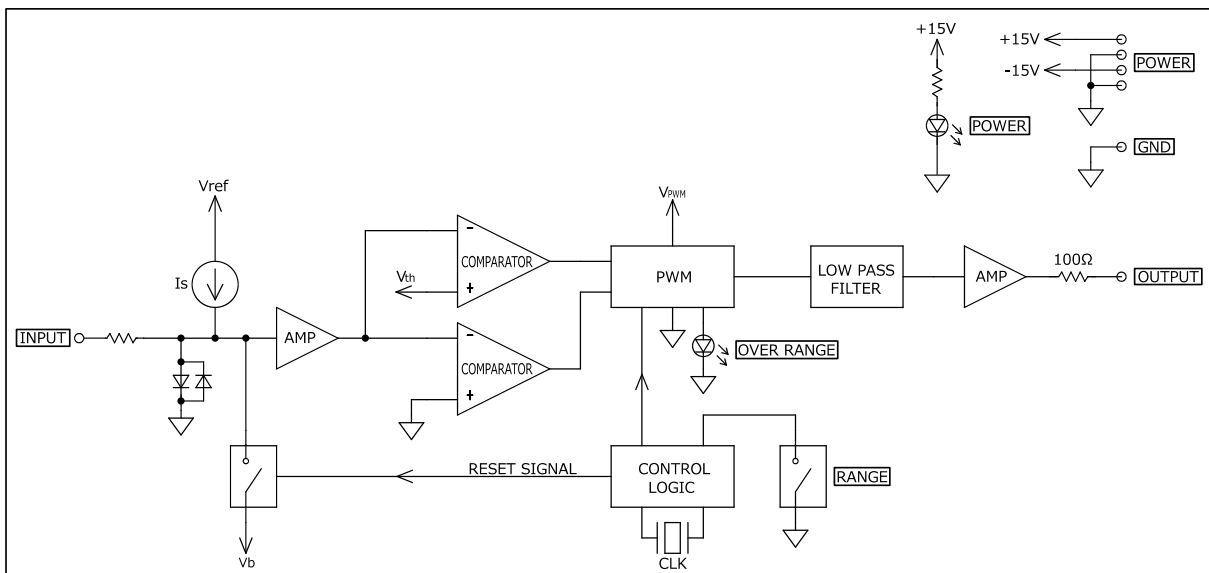
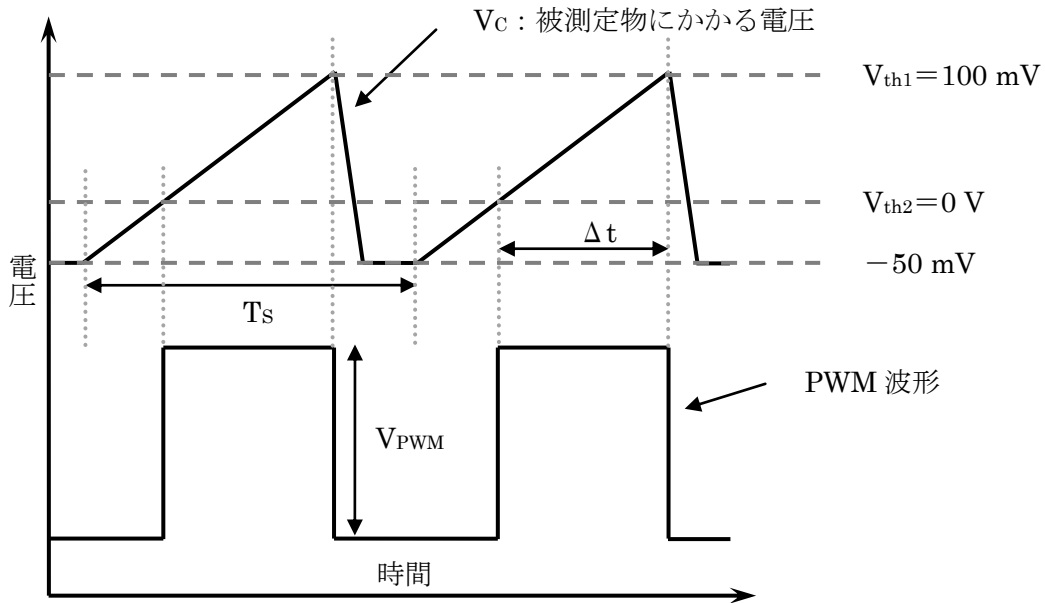
1. 概説

変換できます。

PWM 信号の振幅を V_{PWM} [V]、充放電の周期を T_s [s]とすると、出力電圧 V_{OUT} [V]は次式となります。

$$V_{OUT} = \frac{\Delta t}{T_s} \times V_{PWM} = \frac{V_{th1} - V_{th2}}{T_s \times I_s} \times V_{PWM} \times C_x$$

この式における C_x の係数はすべて既知の定数であり、この値が変換利得です。



2. 使用前の準備

2.1 外観および附属品の確認

梱包箱に異常(傷やへこみなど)が見られる場合は、製品への影響がないか十分に確認してください。

梱包箱から製品を取り出したら、内容物や製品の外観を確認してください。万が一、製品に傷があったり内容物に過不足がある場合は、当社または当社代理店にご連絡ください。

●外観チェック

外装やコネクタなどに傷やへこみがないことを確認してください。

●製品構成のチェック

この製品の構成は次の通りです。内容物の過不足などを確認してください。

表 2-1 構成表

●本体	1
●附属品	
取扱説明書	1

2.2 設置・使用場所の条件

●温度および湿度範囲

次の条件を満足する場所に設置し、使用してください。

性能保証条件： +23 °C±5 °C, 5 % RH～85 % RH

動作条件： 0 °C～40 °C, 5 % RH～85 % RH

保管条件： -10 °C～50 °C, 5 % RH～95 % RH

ただし、結露の無い状態で使用してください。

●高度

標高 2000m 以下の場所に設置し、使用してください。

●その他

- ・可燃性ガスのある場所に設置しないでください。爆発の危険があります。
- ・屋外や直射日光の当たる場所、火気や熱源の近くに設置しないでください。性能を満足しなかったり、故障の原因になります。
- ・腐食性ガスのある場所やほこり、ちりの多い場所に設置しないでください。また、湿度の高い場所は避けて設置してください。腐食や故障の原因になります。
- ・電磁界発生源や高電圧機器、動力線の近くに設置しないでください。性能を満足しなくなる場合があります。
- ・振動の多い場所に設置しないでください。性能を満足しなかったり、故障の原因になります。

2. 使用前の準備

2.3 固定して使用する場合

本器底面の四隅には、M3 のねじでゴム足が取り付けられています。このゴム足を取り外すと、固定用のねじ穴(50mm 間隔)として使用できます。

ただし、内部侵入長 3mm 以下となる M3 ねじを使用してください。

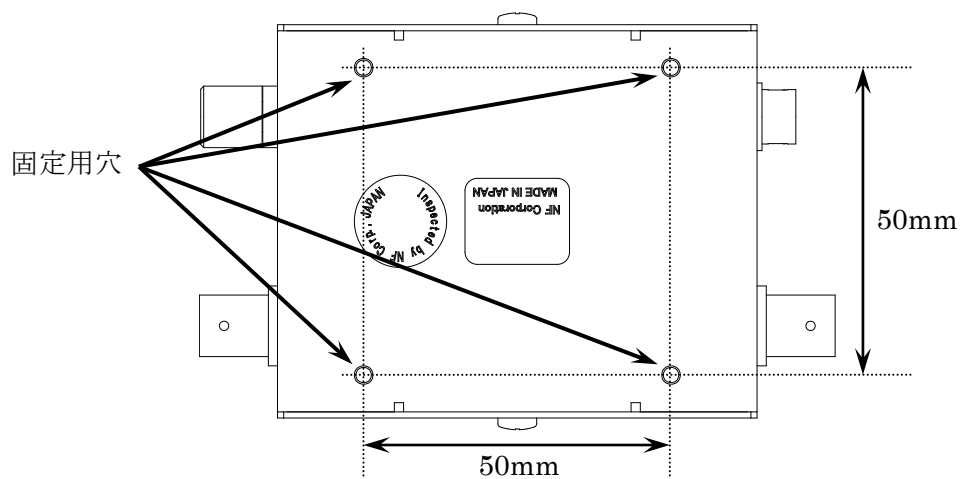


図 2.3-1 固定用穴位置

2.4 電源について

2.4.1 一般事項

下記条件を満足する電源をご使用ください。

- ・電圧：±15 V ±1 V 以内
- ・電流：+80 mA / -50 mA 以上

電源コネクタにはヒロセ電機社製の HR10-7R-4P(73)を採用しており、勘合するコネクタは HR10-7P-4S(73)および相当品です。ピンアサインは図 2.4-1 を参照してください。

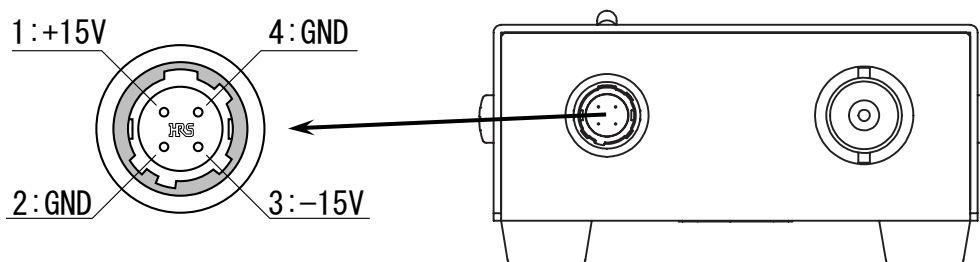


図 2.4-1 電源コネクタ ピンアサイン

本器を動作させる電源およびケーブルは当社製品にラインナップがあります。ご購入を希望される場合は、当社または当社代理店にご連絡ください。

- ・電源ケーブル：PA-001-3018（本器と汎用電源を接続する 2m のケーブル）
- ・電源：LP5391, LP5392, LP5393, LP5394 など
- ・接続ケーブル：PA-001-2372（本器と上記電源を接続する 2m のケーブル）

2. 使用前の準備

2.4.2 電源ケーブル PA-001-3018

電源ケーブル PA-001-3018 は本器と汎用電源を接続するためのケーブルです。電源接続側は 3 本の被覆線(AWG24)となっておりますので、被覆を剥がして端子台などに接続してください。また、任意のコネクタを取り付けることができます。

電源との接続は桃色：+15 V / 白色：-15 V / 黒色：GND となるように配線してください。

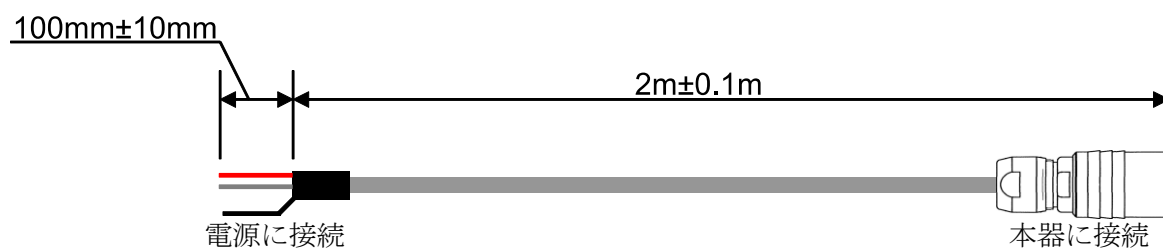


図 2.4-2 電源ケーブル PA-001-3018 寸法図

3. パネル面と基本操作の説明

3.1 パネル各部の名称と機能

図 3.1-1 上面，底面図をご覧ください。

①入力コネクタ

本器の容量入力端子で，BNC コネクタ(レセプタクル)です。

②GND 端子

筐体電位 (=GND 電位) の端子です。

バイディングポスト形式であり， $\phi 4\text{mm}$ のバナナプラグに対応しています。また， $\phi 2.5\text{mm}$ 以下の線材を固定することができます。

③レンジ切換スイッチ

変換係数を切り換えるトグルスイッチです。

レバーを向かって左に倒すと $1\,000\text{ pF}$ レンジ (= 10 mV/pF)，右に倒すと $10\,000\text{ pF}$ レンジ (= 1 mV/pF) となります。

④オーバ表示器

オーバ検出機能が動作している場合に点灯する赤色の LED です。

容量入力端子が GND に短絡されていたり，最大入力容量を超える静電容量が接続された場合に点灯します。また，このときは出力電圧が約 0 V となります。

⑤パワーランプ

本器に電源が供給され，動作している場合に点灯する緑色の LED です。

⑥電源コネクタ

本器の電源入力端子で，ヒロセ電機社製の HR10-7R-4P(73)です。

勘合するコネクタは HR10-7P-4S(73)および相当品です。

⑦出力コネクタ

本器の出力端子で，BNC コネクタ(レセプタクル)です。

最大出力電流は $+2\text{ mA}$ です。短絡したり過負荷にならないように注意してください。

⑧ゴム足 (固定穴)

このゴム足を取り外すと，固定用のねじ穴(50mm 間隔)として使用できます。

ただし，内部侵入長 3mm 以下となる M3 ねじを使用してください。

⑨銘板

型名や製造番号が記載されたシールです。

⑩検査合格ラベル

出荷試験，検査に合格したことを示すシールです。

3. パネル面と基本操作の説明

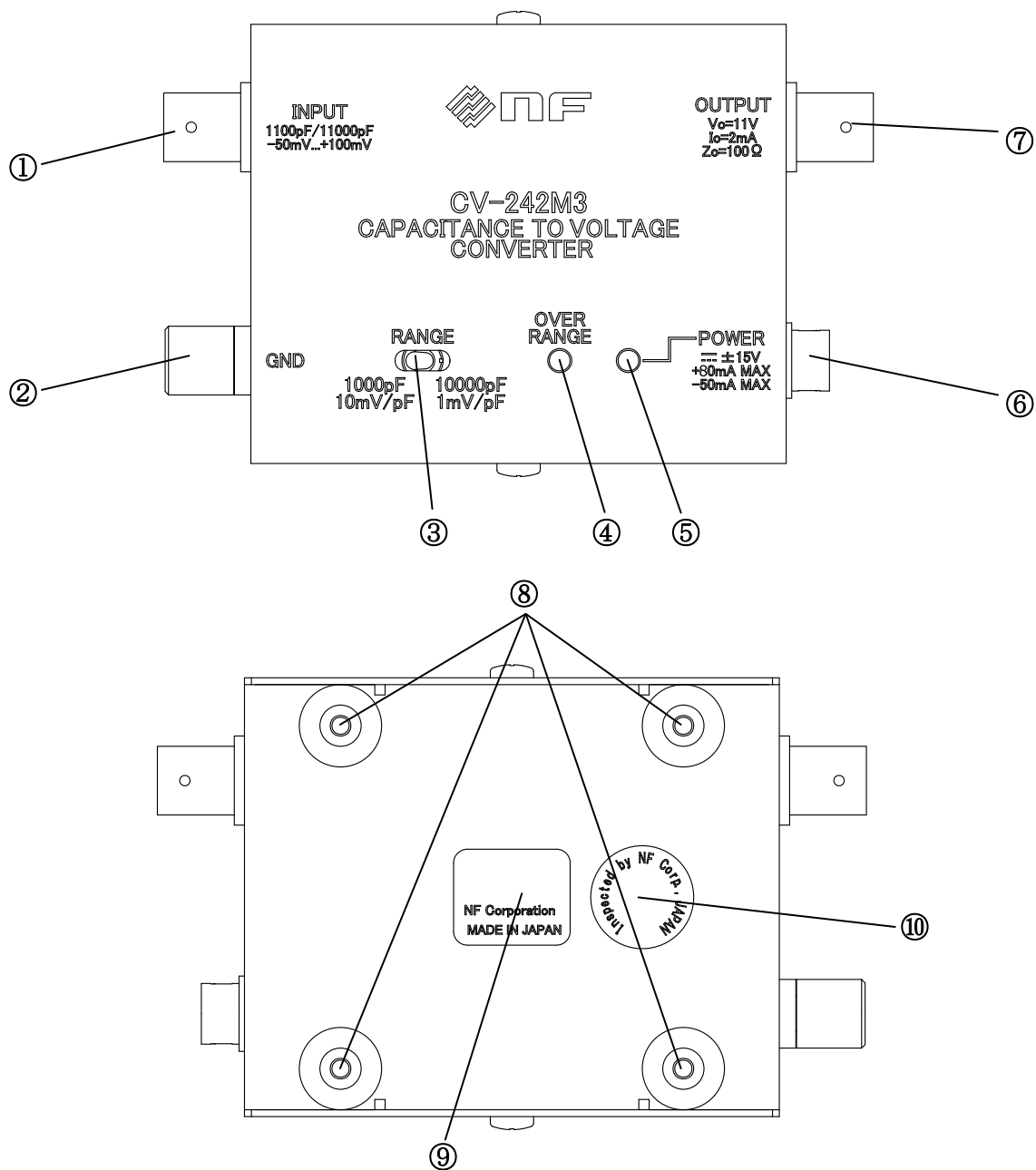


図 3.1-1 上面, 底面図

3.2 入力の接続について

- 被測定物の容量に並列または直列な抵抗成分は誤差の原因となります。また、定格を逸脱した並列または直列抵抗がある場合、正常な出力が得られません。

並列抵抗が $10\text{ k}\Omega \sim 1\text{ M}\Omega$ の場合は測定結果に対して 4.9 節で示す測定誤差が生じますので、必要に応じて補正を行ってください。 $1\text{ M}\Omega$ 以上であれば誤差補正せずに仕様を満足します。 $10\text{ k}\Omega$ 以下では正常な出力が得られなかったり、オーバ検出機能が動作しますのでご注意ください。

直列抵抗は $100\ \Omega$ 以下であれば補正せずに仕様を満足しますが、これを超える場合には正常な出力が得られなかったり、オーバ検出機能が動作しますのでご注意ください。

- 入力コネクタに接続された被測定物には、定電流による充放電により 1.4 節で示す、のこぎり波 ($-50\text{ mV} \sim +100\text{ mV}$) の電圧が印加されます。

被測定物の電圧定格を確認し、上記電圧が印加されても問題ないことを確認してください。

- 充電されたコンデンサなどの、電荷が溜まった状態の被測定物を本器の容量入力部に接続しないでください。接続時に本器の容量入力部に過電流が流れて破損する恐れがあります。

- 入力の接続は可能な限り短くしてください。止むを得ず長くなる場合には同軸ケーブルなどのシールドケーブルを用いてください。また、ワニロクリップなどでの接続では、被測定物との接触状態が変化しやすいため、出力電圧が安定しないことがあります。

3.3 出力の接続について

- 本器の出力インピーダンスは $100\ \Omega$ です。本器の出力電圧を検出する回路または測定器の入力インピーダンスとの分圧誤差にご注意ください。

例えば、本器の出力電圧を入力インピーダンス $100\text{ k}\Omega$ の電圧計で測定する場合、

$$\frac{100\text{ k}\Omega}{100\ \Omega + 100\text{ k}\Omega} \approx 99.9\% \text{ となるので } -0.1\% \text{ の誤差が生じます。}$$

3.4 電源の投入とウォームアップ時間について

電源投入直後から仕様を満足する性能で動作しますが、高精度の測定を必要とする場合は 15 分以上ウォームアップしてから使用してください。参考に、図 3.4-1 にパワーオンドリフト特性の代表例を示します。

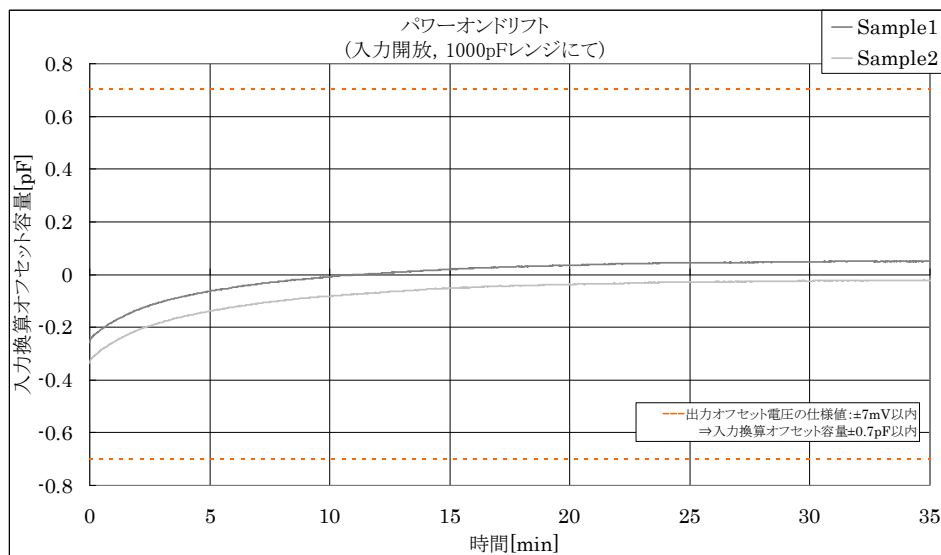


図 3.4-1 パワーオンドリフト例
(代表的な特性で、個体差があります)

4. 使用方法

4.1 ケーブル容量などによるオフセット電圧の補正

本器と被測定物を接続するためにケーブルなどを用いると、このケーブルの持つ容量成分も一緒に C/V 変換されて出力に現れます。例えば、図 4.1-2 の様に配線した場合は、被測定物とケーブルの容量の和が C/V 変換されて出力されます。

このような時は、あらかじめ図 4.1-1 のように被測定物を接続せずにケーブルのみを接続した状態で出力電圧を測定します(これを V_1 とします)。次に、図 4.1-2 の様に被測定物を接続し出力電圧を測定します(これを V_0 とします)。 V_0 から V_1 を差し引くことで、ケーブルの影響を補正することができます。

このように被測定物を接続したときと接続しないときの差分を取ることで、配線用のケーブル容量や本器の出力オフセット電圧の影響を補正することができます。数式で表すと式 4.1-1~4.1-3 のように表せます。

$$V_0 = G \times (C_X + C_C) + V_{ofs} \quad \cdots \text{式 4.1-1} \qquad V_1 = G \times C_C + V_{ofs} \quad \cdots \text{式 4.1-2}$$

$$V_0 - V_1 = G \times C_X \quad \cdots \text{式 4.1-3}$$

※G : 変換係数, C_X : 被測定物の静電容量, C_C : ケーブルの容量,

V_{ofs} : 本器の出力オフセット電圧

接続用のケーブルは同軸ケーブルを推奨します。ただし、同軸ケーブルを用いても曲げなどの形状変化によって、数 pF オーダの静電容量の変化を生じる場合があります。

被測定物に 1 MΩ 以下の並列抵抗がある場合には誤差を生じますので、4.9 節を参照してください。

配線用のケーブルも容量成分を持ち、
オフセットとなって出力に現れる。

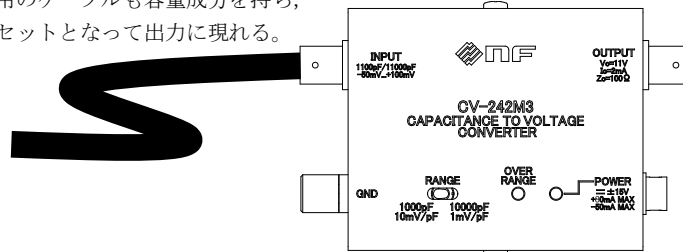


図 4.1-1 ケーブルのみ接続し、被測定物を接続しない状態

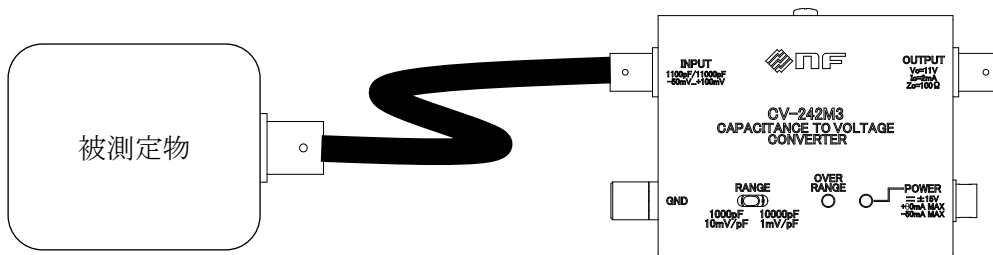


図 4.1-2 被測定物とのケーブルによる接続

4. 使用方法

4.2 静電容量計として使用する

本器の出力をマルチメータ(電圧計)に接続することで、静電容量計として使用することができます。本器の C/V 変換係数は 10 mV/pF もしくは 1 mV/pF なので、出力電圧値から容量値への換算を計算機などを用いなくとも容易に行うことができます。

例えば 10 000 pF レンジ(1 mV/pF)にて出力電圧値が 654.1 mV であった場合、入力に接続された容量値は 654.1 pF です。

また、一般的なマルチメータにはレラティブ機能(相対値表示機能)が搭載されていることが多いので、この機能を用いることで 4.1 節にて説明したオフセット補正を簡単に行うことができます。

被測定物に 1 MΩ 以下の並列抵抗がある場合には誤差を生じますので、4.9 節を参照してください。

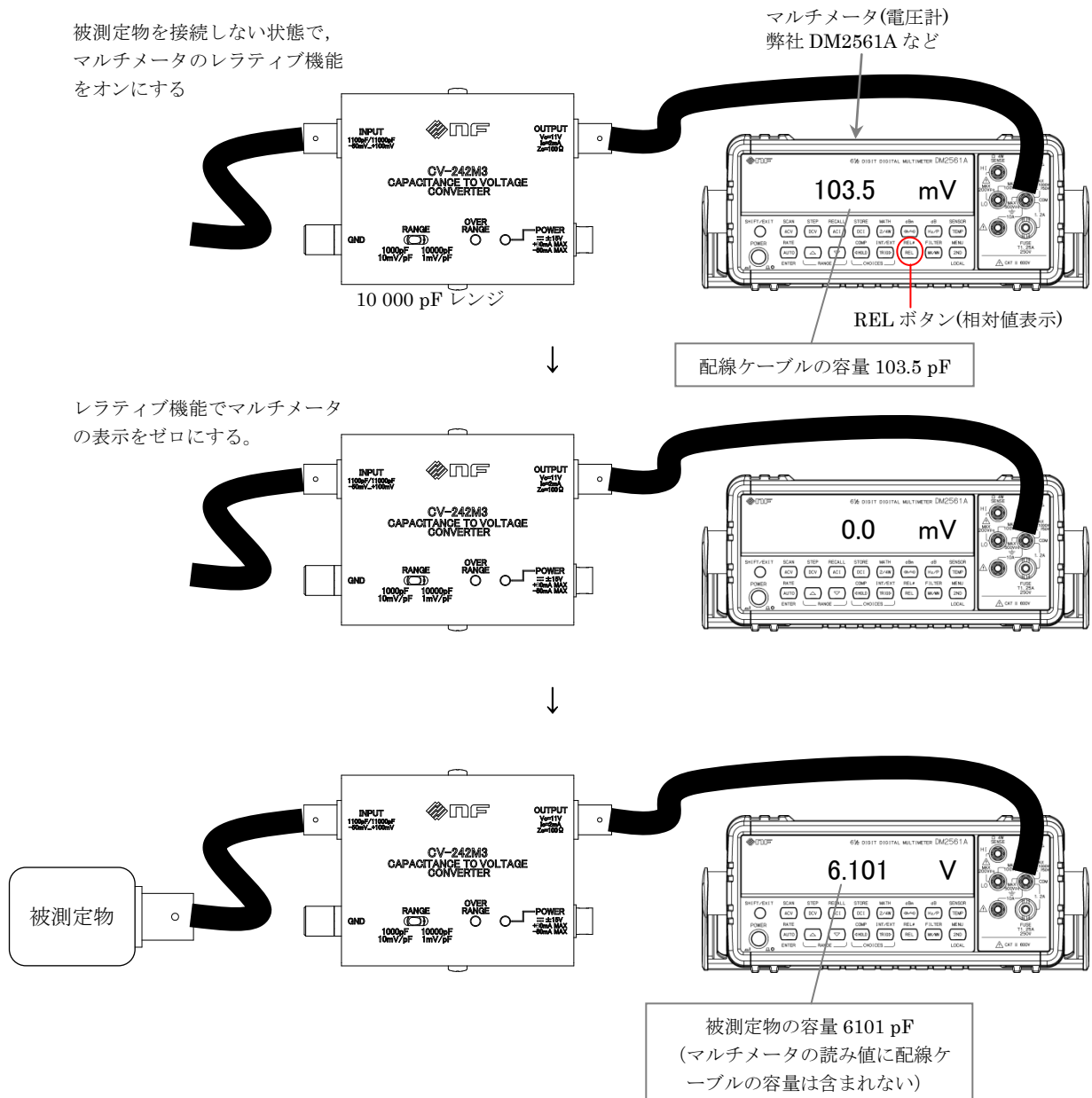


図 4.2-1 静電容量計としての使用方法

4. 使用方法

4.3 アンプや測定器などの入力容量測定

アンプや測定器の入力容量は、周波数特性などに影響を与える重要なパラメータです。しかし、アンプや測定機器の入力は片側が接地されている(GNDに接続されている)ことが多いため、4端子法を採用している一般的なLCRメータでは測定が困難です。

本器は1.4節にて説明した充放電方式を採用しているため、片側が接地されている静電容量のC/V変換に最適です。例えば、オシロスコープの入力容量を測定する場合は図4.3-1のように接続します。測定の際には4.1節や4.2節を参照し、ケーブルなどの容量成分の補正を行ってください。

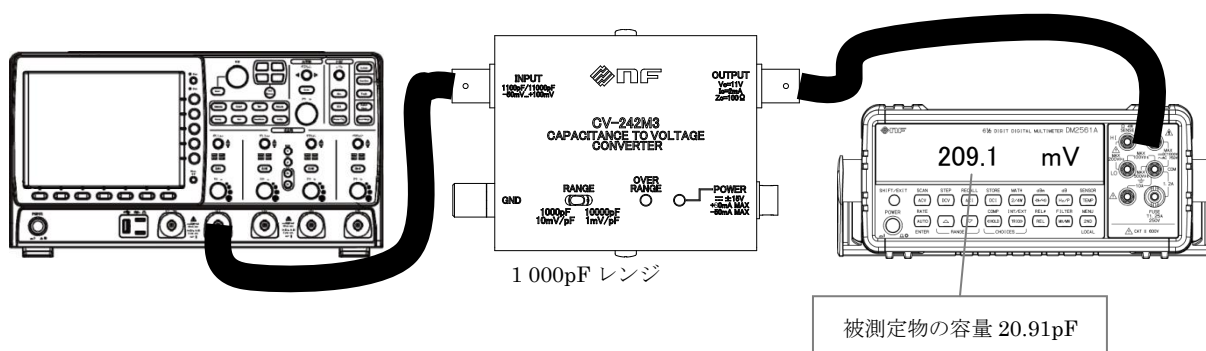


図 4.3-1 入力容量の測定

入力容量を測定するには以下のことに注意してください。

- ・アンプや測定器の入力容量を測定する際は、必ず電源を入れて動作可能な状態で行ってください。動作状態と非動作状態では入力容量値が異なります。
- ・高周波向けの機器などで入力インピーダンスが 50Ω の場合、本器では入力容量を測定することはできません(6.2.1 項の「最小並列抵抗値」を参照してください)。
- ・アンプの入力容量を測定する際は、本器の測定信号によってアンプの出力が飽和していないことを確認してください。本器の測定信号は $-50 \text{ mV} \sim +100 \text{ mV}$ ののこぎり波です。出力が飽和している場合には正しい入力容量値の測定ができません。
- ・アンプの入力容量を測定する際は、アンプの入力バイアス電流に気を付けてください。本器は1.4節にて説明した定電流により測定を行っています。この電流は $100 \mu\text{A}$ なので、入力バイアス電流が $1 \mu\text{A}$ の場合、約 1% の誤差を生じる可能性があります。

4. 使用方法

4.4 電源装置やトランス，測定器などの絶縁容量測定

電源装置やトランス，測定器などの絶縁容量※は，漏れ電流や雑音の回り込みなどに影響を与えることがあります。これらの容量は本器を用いることで測定することができます。

例えば，電源装置の絶縁容量を測定する場合は図 4.4-1 のように接続します。測定の際には 4.1 節や 4.2 節を参照し，ケーブルなどの容量成分の補正を行ってください。

入力の配線は同軸ケーブルなどを用いて，導体露出部分が極力短くなるようにしてください。同軸ケーブルが使用できない場合は，ケーブルを固定して周囲の導体との位置関係が変化しないように(容量値が変化しないように)対策してください。

※絶縁容量とは，絶縁された 2 電位間の容量値です。例えば，電源装置の 1 次側 GND(アース)と絶縁された 2 次側 GND(出力 GND)間の容量です。

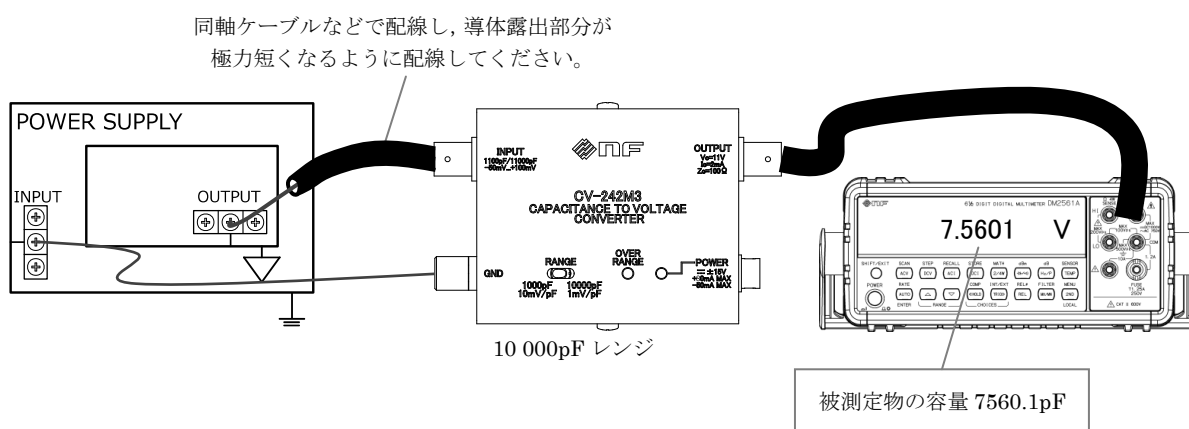


図 4.4-1 アースー出力 GND 間絶縁容量の測定

絶縁容量を測定する際には以下のことに注意してください。

- ・ 接続する前に，被測定物に電荷が溜まっていないことを確認してください。
- ・ 被測定物は 1 次側電源(コンセントのプラグや分電盤)から切り離れた状態で測定してください。

4. 使用方法

4.5 プリント基板のパターン容量などの測定

本器はプリント基板のパターン容量などの小さな静電容量も C/V 変換できます。

プリント基板のパターン容量や寄生容量は特性悪化の原因となる事があります。これらを正確に測定することで、不良防止や性能低下の対策に役立てることができます。

測定は図 4.5-1 のように接続し 4.1 節や 4.2 節を参照し、ケーブルなどの容量成分の補正を行ってください。

入力の配線は同軸ケーブルなどを用いて、導体露出部分が極力短くなるようにしてください。同軸ケーブルが使用できない場合は、ケーブルを固定して周囲の導体との位置関係が変化しないように(ケーブルの容量値が変化しないように)対策してください。

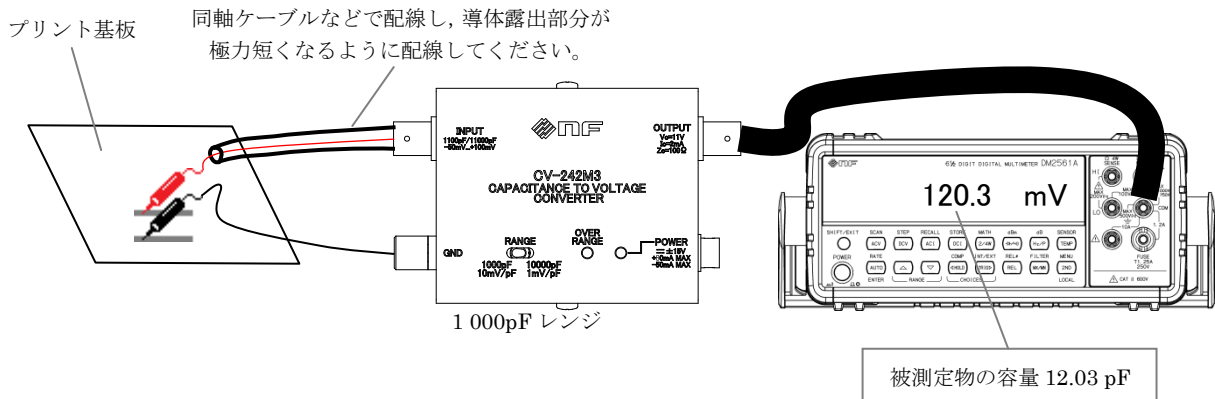


図 4.5-1 プリント基板の容量測定

4.6 コンデンサ素子の測定

本器は回路素子としてのコンデンサの静電容量値も C/V 変換できます。

例えば、リードコンデンサを測定する場合は図 4.6-1 のように接続します。測定の際には 4.1 節や 4.2 節を参照し、ケーブルなどの容量成分の補正を行ってください。

リードコンデンサなどを測定する場合にはワニ口クリップなどを使用することが多いですが、接続状態が変化しやすいため、本器の出力電圧が安定しない場合があります。微小容量を測定する場合は、専用の治具を使用するなどの対策が必要になります。

入力の配線は同軸ケーブルなどを用いて、導体露出部分が極力短くなるようにしてください。同軸ケーブルが使用できない場合は、ケーブルを固定して周囲の導体との位置関係が変化しないように(ケーブルの容量値が変化しないように)対策してください。

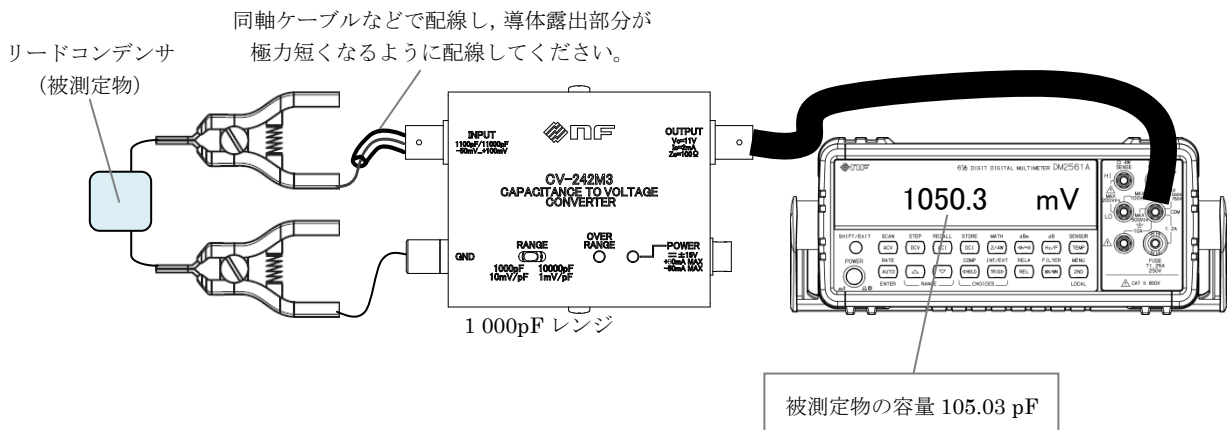


図 4.6-1 リードコンデンサの測定

4.7 直流バイアス電圧を印加しての測定

一般的なダイオードの接合容量は、直流バイアス電圧によって変化します。このような静電容量の測定は、実使用時と同じ条件の直流バイアス電圧を印加した状態で測定を行う必要があります。

図 4.7-1 に直流バイアス電圧を印加するための追加回路を示します。測定の際には被測定対象のみを接続しない状態で、4.1 節や 4.2 節を参照し、ケーブルなどの容量成分の補正を行ってください。

測定結果の例として、ダイオードの接合容量の逆バイアス電圧特性を図 4.7-2 に示します。

この測定では $1\text{ M}\Omega$ と C_{ext} の時定数によって応答時間が大きくなります。これを避けるためには C_{ext} を小さくする必要がありますが、被測定対象の静電容量 C_X と C_{ext} の比によって分圧誤差を生じますのでご注意ください。

C_{ext} は測定対象の容量値のおよそ 100~1 000 倍にしてください。

例 1 : $C_{\text{ext}}=1\ \mu\text{F}$, $C_X=1\ 000\ \text{pF}$ の時・・・応答時間 5 s, 誤差 約-0.1 %

例 2 : $C_{\text{ext}}=0.1\ \mu\text{F}$, $C_X=1\ 000\ \text{pF}$ の時・・・応答時間 0.5 s, 誤差 約-1 %

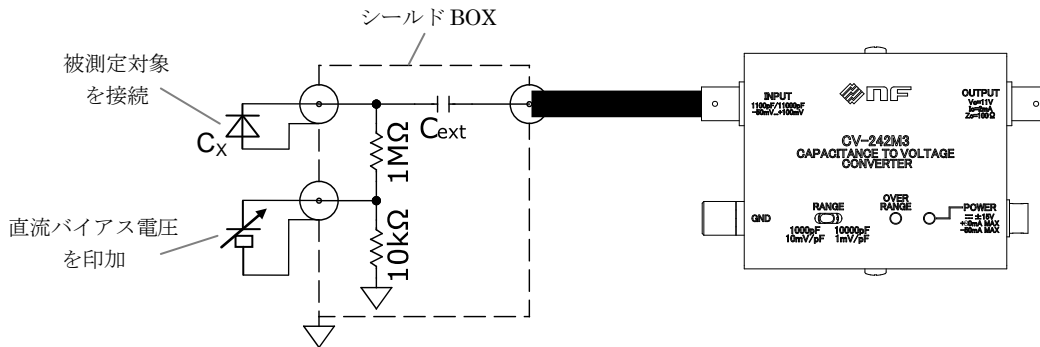


図 4.7-1 直流バイアス電圧印加回路

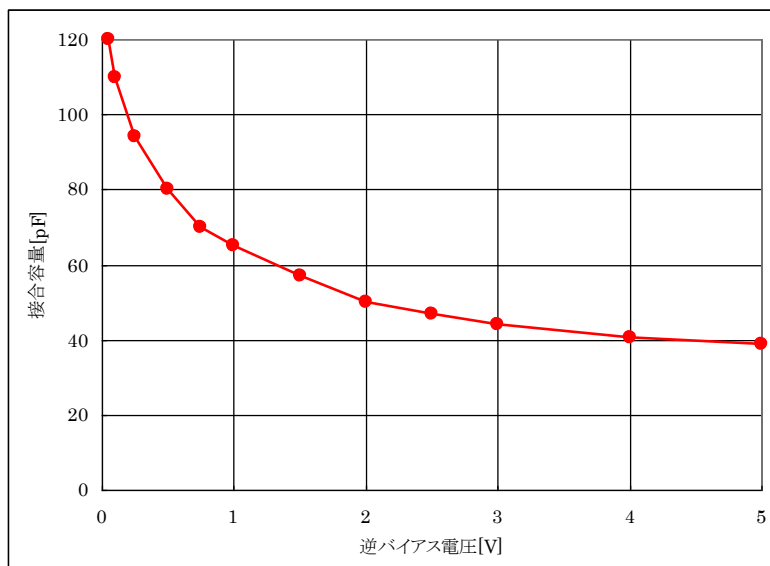


図 4.7-2 ダイオードの接合容量-逆バイアス電圧特性 測定例

4.8 レベル計への応用

本器は入力に接続された被測定物の静電容量に比例した電圧を出力するので、これを利用して静電容量式のレベル計を構築できます。

レベル計の代表例として、水位計への応用を示します。

図 4.8-1 のように、対面する 2 枚の電極(銅箔など)をガラス管に設け、この電極を本器の入力に接続します。

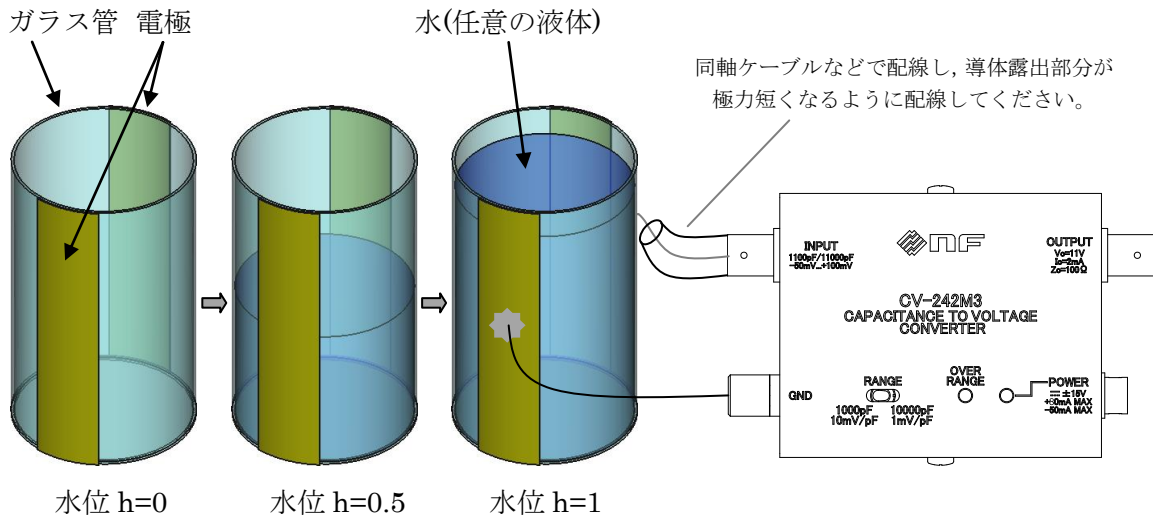


図 4.8-1 静電容量式レベル計の例

この電極間の静電容量 C は式 4.8-1 のように、電極の面積と電極間の距離、誘電率に比例します。

$$C \propto \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r \times S}{d} \quad \dots \text{式 4.8-1}$$

ϵ_0 : 真空中の誘電率, ϵ_r : 電極間物質の比誘電率, S : 電極面積, d : 電極間距離

この関係から分る通り、容量値は電極間物質の比誘電率に比例します。よって、空気の比誘電率を ϵ_{air} , 液体の比誘電率を ϵ_{liq} とすると電極間の容量値は式 4.8-2 のような比例関係で表せます。

$$C \propto \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_{\text{liq}} \times S \times h}{d} + \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_{\text{air}} \times S \times (1-h)}{d} \quad \dots \text{式 4.8-2}$$

h : 満タン時の液体の水位を 1 とした割合 (水位半分の際は $h=0.5$)

一般的に液体の比誘電率は空気よりも大きいので、 $\epsilon_{\text{air}} \ll \epsilon_{\text{liq}}$ と考えると水位が上がるにつれて静電容量値(=本器の出力電圧)も増加します。

つまり、本器の出力電圧を測定することによって、ガラス管内の液体の水位を知ることができます。

これは水位の変化だけではなく、液体の性質の変化を検出することにも利用できます。

例えば、上記で示したようなレベル計を液体で満たしておき、外的要因で液体に化学反応を起こさせるとします。化学反応により性質(=比誘電率)が変化すると、それに伴って静電容量値も変化します。これを本器の出力電圧の変化として測定することで、液体の性質変化を検出することができます。

4.9 並列抵抗 R_P による影響と補正方法

被測定対象の並列抵抗 R_P によって、出力に式 4.9-1~4.9-4 で示すゲイン誤差(G_{ERROR})とオフセット誤差($V_{ofsERROR}$)が生じます。この式は並列抵抗 10 k Ω 以上、直列抵抗ゼロの場合の参考式です。また、並列抵抗 1 M Ω 以上の場合には誤差が十分に小さいため、影響を無視しても変換係数は 6.2.3 項で示す仕様値を満足します。

$$V_O = (G_{ERROR} + 1) \times G \times C_X + V_{ofsERROR} \quad \dots \text{式 4.9-1}$$

$$G_{ERROR} = \frac{R_P \times \ln\left(\frac{99}{100} - \frac{1000}{R_P}\right)}{(10^5 + R_P) \times \ln\left(\frac{99}{100}\right)} - 1 \quad \dots \text{式 4.9-2 (各レンジ共通)}$$

$$V_{ofsERROR} = 9.3 \times 10^4 \times \left\{ \ln\left(\frac{99}{100}\right) - \frac{R_P}{10^5 + R_P} \times \ln\left(\frac{99}{100} - \frac{1000}{R_P}\right) \right\} \quad \dots \text{式 4.9-3 (1 000pF レンジ)}$$

$$V_{ofsERROR} = 9.3 \times 10^3 \times \left\{ \ln\left(\frac{99}{100}\right) - \frac{R_P}{10^5 + R_P} \times \ln\left(\frac{99}{100} - \frac{1000}{R_P}\right) \right\} \quad \dots \text{式 4.9-4 (10 000pF レンジ)}$$

※ V_O : 出力電圧, C_X : 被測定物の静電容量値, $\ln()$: 自然対数, G : 変換利得(1 000pF レンジでは 10, 10 000pF レンジでは 1)

単位 : V_O [mV], C_X [pF], G [mV/pF], $V_{ofsERROR}$ [mV], R_P [Ω]

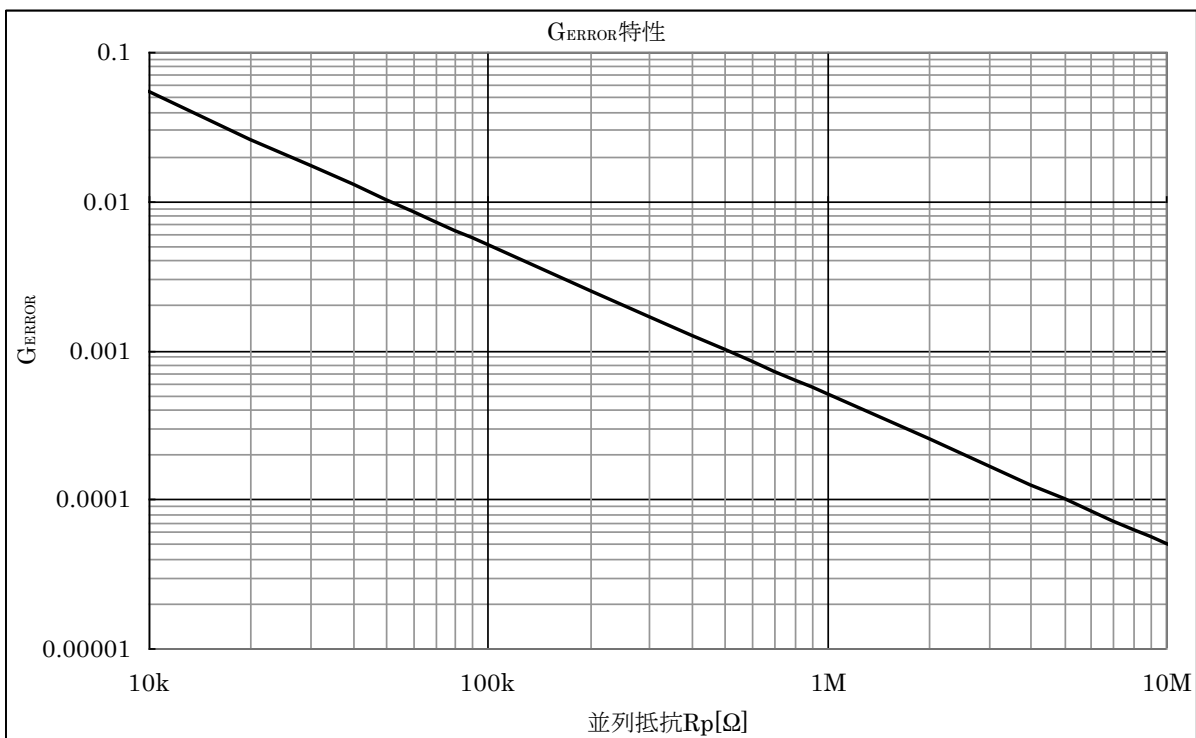


図 4.9-1 並列抵抗の影響 G_{ERROR} 特性

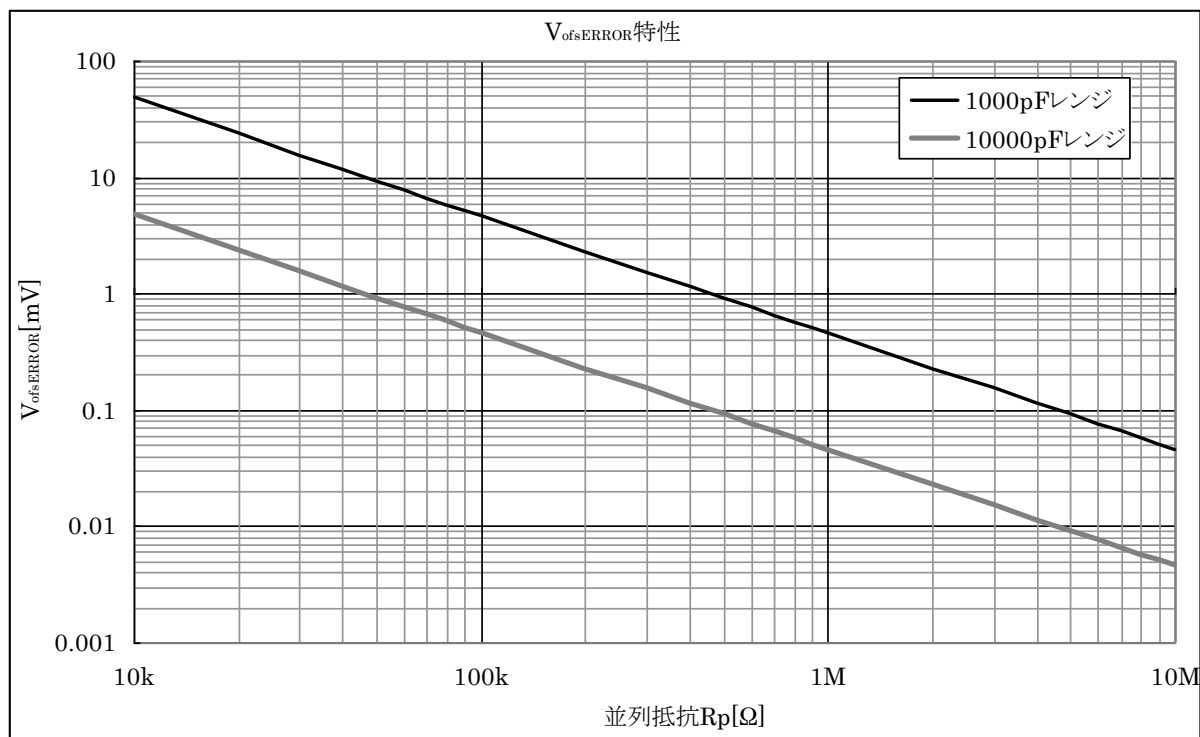


図 4.9-2 並列抵抗の影響 VofsERROR の特性

●並列抵抗による影響の補正

並列抵抗が既知の場合、この影響を補正することができます。

出力電圧を V_o [mV]、並列抵抗を R_p [Ω] とします。この時の R_p による誤差 G_{ERROR} と V_{ofsERROR} を式 4.9-2~4.9-4 から求めます。これらを用いて、被測定物の容量値 C_x は以下の式 4.9-5 によって求めることができます。

$$C_x = \frac{(V_o - V_{\text{ofsERROR}})}{(G_{\text{ERROR}} + 1) \times G} \text{ [pF]} \quad \dots \text{式 4.9-5}$$

例：1 000 pF レンジにて、被測定物の容量真値 $C_x = 103.8$ pF、並列抵抗 $R_p = 10$ kΩ、本器の出力電圧 $V_o = 1139.3$ mV とします。

並列抵抗の影響を考慮せずに出力電圧 V_o から容量値 C_x を求めると、 $C_x = V_o / G = 1139.3 / 10 = 113.93$ pF となります(1 000pF レンジでの変換係数 $G = 10$ mV/pF)。真値は 103.8 pF なので、+9.8%の誤差が生じています。

次に、並列抵抗による影響を上述の式によって補正します。まず、式 4.9-2、4.9-3 に $R_p = 10$ kΩ を代入すると $G_{\text{ERROR}} = 5.409 \times 10^{-2}$ 、 $V_{\text{ofsERROR}} = 50.6$ mV と求まります。

式 4.9-5 に各値を代入すると $C_x = 103.28$ pF と求まります。

$$C_x = \frac{1139.3 - 50.6}{(5.409 \times 10^{-2} + 1) \times 10} = 103.28 \text{ [pF]}$$

真値 103.8 pF との誤差は +0.5% になり、補正によって誤差は約 20 倍改善しました。ただし、この補正は並列抵抗が 10 kΩ 以上、直列抵抗がゼロの場合の参考値です。

4. 使用方法

●ケーブル容量などによるオフセット電圧の補正を行う場合の並列抵抗による影響の補正

10 000 pF レンジにて、被測定物の並列抵抗 R_P が 10 k Ω の場合、式 4.9-2, 4.9-4 に並列抵抗 $R_P=10$ k Ω を代入すると、 $G_{\text{ERROR}}=5.409 \times 10^{-2}$ 、 $V_{\text{ofsERROR}}=5.06$ mV と求められます。

測定はまず、ケーブルのみを接続し被測定物を接続していない時の出力電圧 V_1 [mV] を測定します。 $V_1=103.5$ mV とします。ケーブルには並列抵抗がない(もしくは十分に大きい)と考えて、そのまま容量換算すると $C_c=V_1/G=103.5/1=103.5$ pF と求められます。

次に被測定物を接続して出力電圧 V_2 [mV] を測定します。 $V_2=6101$ mV とします。被測定物には並列抵抗が存在するので、この影響を補正します。式 4.9-5 から補正した容量値を計算すると下記のようになります(V_0 には V_2 を代入)。

$$C_{\text{ALL}} = \frac{(V_2 - V_{\text{ofsERROR}})}{(G_{\text{ERROR}} + 1) \times G} = \frac{(6101 - 5.06)}{(5.409 \times 10^{-2} + 1) \times 1} = 5783.1 \text{ pF}$$

※ C_{ALL} はケーブルと被測定物の容量値の和

被測定物の容量値 C_x はケーブルの容量値 C_c を差し引いた値なので、

$$C_x = C_{\text{ALL}} - C_c = 5783.1 - 103.5 = 5679.6 \text{ pF}$$

と計算できます。

以上の手順によって、並列抵抗が存在する被測定物の補正を行うことができます。ただし、この補正は並列抵抗が 10 k Ω 以上、直列抵抗がゼロの場合の参考値です。

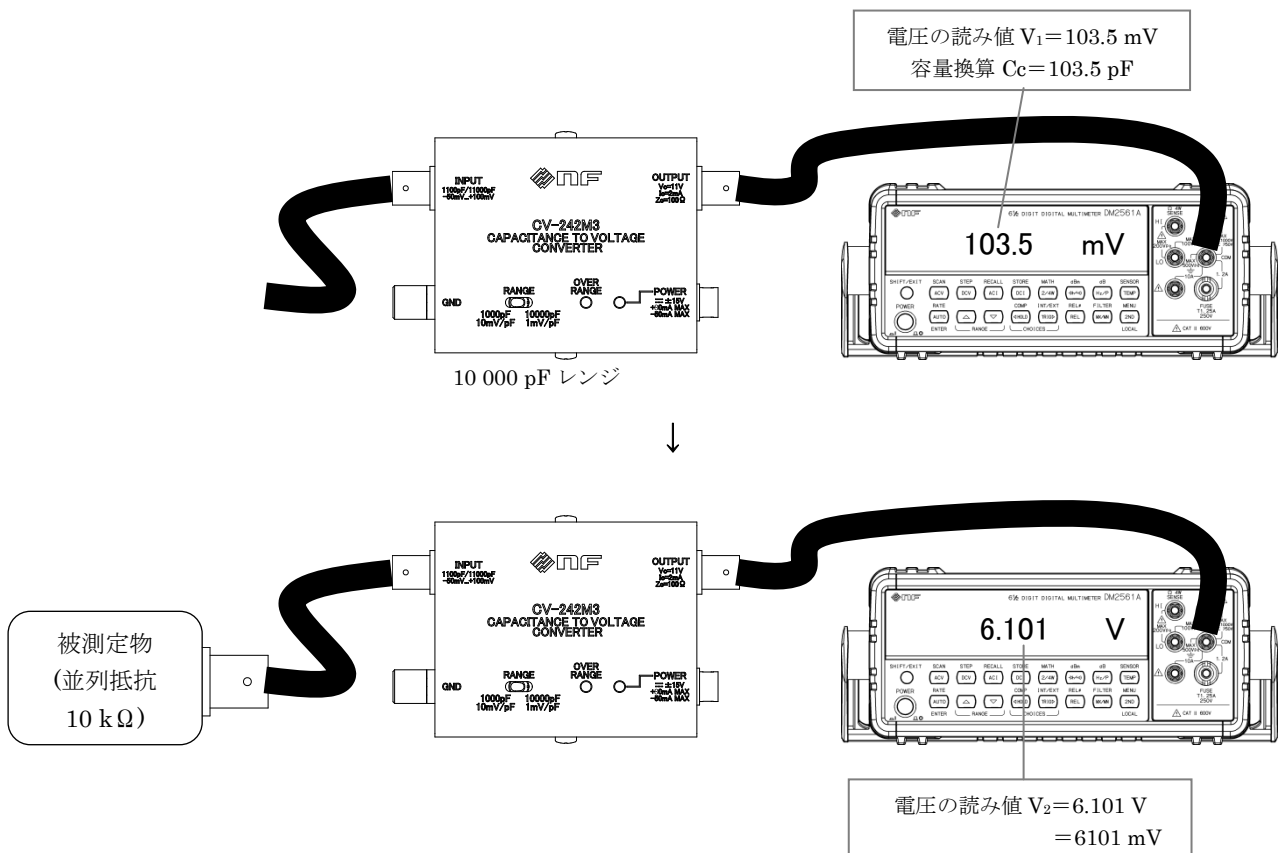


図 4.9-3 接続図

5. 保守

5.1 はじめに

機器を最良に保つためには保守が必要です。本取扱説明書では、容易に行える動作点検や日常の手入れ、保管・再梱包・輸送について記載しています。

動作点検では、容易に行える主要な性能に関して記載しています。より高度な点検や保守、校正については、当社営業または当社代理店にご連絡ください。

5.2 動作点検

動作点検は 15 分以上のウォームアップ後に、電源電圧 $V_s = \pm 15 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$ 、温度 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 、負荷抵抗 $R_L = 1 \text{ M}\Omega$ にて行って下さい。

直流電圧計は $\pm 0.1 \%$ 以内の確度で測定できる機器を使用してください。

5.2.1 出力オフセット電圧の確認

入力コネクタを開放(何も接続しない状態)にして、出力を直流電圧計に接続します。

この直流電圧値が下記判定基準を満足していれば正常です。

※1 000 pF レンジ，10 000 pF レンジそれぞれにて行ってください。

判定基準： $\pm 7 \text{ mV}$ 以内@1 000 pF レンジにて

$\pm 10 \text{ mV}$ 以内@10 000 pF レンジにて

5.2.2 変換係数の確認

変換係数の確認には、基準となる 2 端子コンデンサ(1 000 pF, 10 000 pF など)と確度の良い LCR メータが必要です。

基準となるコンデンサは精度や安定度、ESR 特性の良いコンデンサを使用し、LCR メータは基準となるコンデンサを $\pm 0.4 \%$ 以内の確度で測定できる機器を使用してください。

初めに、LCR メータで容量値(C_{REF})を測定します。測定は 1 k~100 kHz の内もっとも確度の良い周波数にて行ってください。

次に、本器の入力コネクタに BNC コネクタ⇄バインディングポスト変換アダプタ(以下変換アダプタ、図 5.2-1 参照)を接続して、出力の直流電圧値 V_{ofs} を測定します。

次に、変換アダプタに基準コンデンサを接続し、出力の直流電圧値(V_{OUT})を測定します。

これらの測定値と下式を用いて、変換係数(G)を算出します。この変換係数が下記判定基準を満足していれば正常です。

※1 000 pF レンジ，10 000 pF レンジそれぞれにて行ってください。

※本器に基準となるコンデンサを接続する場合は変換アダプタを使用し、しっかりと固定してください。

$$G = \frac{V_{OUT} - V_{ofs}}{C_{REF}}$$

判定基準： $10 \text{ mV/pF} \pm 1.5\%$ 以内@1 000 pF レンジ

$1 \text{ mV/pF} \pm 1.5\%$ 以内@10 000 pF レンジ



図 5.2-1 BNC コネクタ⇄バインディングポスト変換アダプタ例

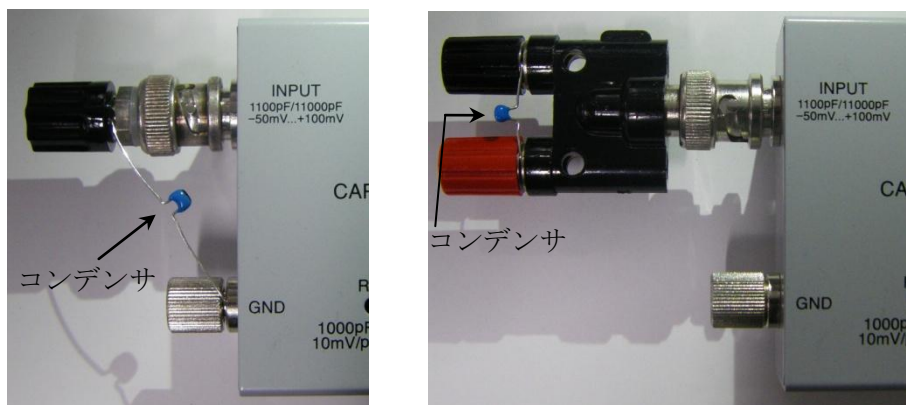


図 5.2-2 変換係数測定時の接続例

5.3 日常の手入れ

● パネルやケースが汚れたとき

柔らかな布で拭いてください。汚れがひどいときは、中性洗剤に浸して固く絞った布で拭いてください。

シンナーやベンジンなどの揮発性の溶剤や化学雑巾などで拭くと、変質したり塗装が剥がれたりすることがありますので、絶対に使用しないでください。

5.4 保管・再梱包・輸送

● 長期間使用しないときの保管

- ・ 電源ケーブルや信号ケーブルを本体から取り外してください。
- ・ 棚やラックなど、落下物やほこりのないところに保管してください。ほこりを被るおそれがある場合は、布やポリエチレンのカバーや袋などで保護してください。
- ・ 保管時の環境条件は、 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、 $5\% \text{RH}\sim 95\% \text{RH}$ ですが、温度変化の激しいところや直射日光の当たるところなどは避け、なるべく常温の環境で保管してください。

● 再梱包・輸送

移動や修理依頼などのために再梱包するときは、次の点に注意してください。

- ・ 本体をポリエチレンの袋またはシートで包んでください。
- ・ 本体の重さに十分耐え、寸法に余裕のある段ボール箱をご用意ください。
- ・ 本体の6面を保護するように緩衝材を詰めて包装してください。
- ・ 輸送依頼にあたっては、本器が精密機器であることを運送業者に指示してください。

6. 仕様

6.1 絶対最大定格

電源電圧	±18 V
容量入力部	±0.4 V

6.2 電気的性能

特記なき場合は電源電圧 $V_s = \pm 15 \text{ V}$ ，温度 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，負荷抵抗 $R_L = 1 \text{ M}\Omega$

“参考値”や“typ.”の表記がある値は，製品を使用するにあたり参考となる補足データを示し，性能を保証するものではありません。

6.2.1 容量入力部

入力コネクタ	BNC (レセプタクル)	
最大入力容量	11 000 pF	10 000 pF レンジにて
	1 100 pF	1 000 pF レンジにて
測定信号(参考値)	-50 mV ~ +100 mV	充放電によるのこぎり波形
最小並列抵抗値※1	1 MΩ	変換係数確度保証下限値※2
	10 kΩ	動作下限値※3
最大直列抵抗値※1	100 Ω	変換係数確度保証上限値※2，動作上限値※3
オーバ検出機能	容量入力端子を短絡した場合や過大容量が入力に接続された場合に動作し，“OVER RANGE”のLED(赤色)が点灯します。 本機能が動作している状態では，出力電圧が約 0V となります。	

※1 並列抵抗(R_p)とは被測定物の静電容量と並列な抵抗成分を，直列抵抗(R_s)とは被測定物の静電容量と直列な抵抗成分を指します。また，本製品はこれら直並列抵抗を含む図 6.2-1，図 6.2-2 で示す等価回路モデルを想定した C/V 変換を行っています。

※2 この値を逸脱した場合，変換係数の確度が得られません(詳細は 6.2.3 項 6.2.4 項参照)。

※3 この値を逸脱した場合，正常な変換係数が得られなくなり，オーバ検出機能が動作することがあります。

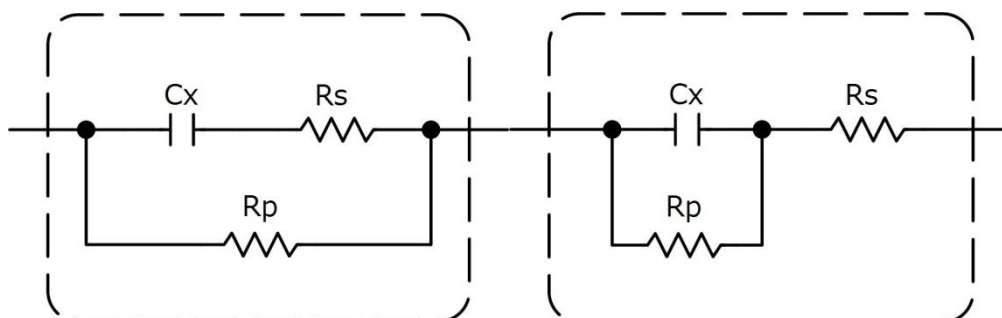


図 6.2-1 被測定物の等価回路 1

図 6.2-2 被測定物の等価回路 2

6. 仕様

6.2.2 出力部

出力コネクタ	BNC (レセプタクル)	
最大出力電圧	+11 V	
最大出力電流	+2 mA	
出力インピーダンス(参考値)	100 Ω	直流にて
出力オフセット電圧	±7 mV 以内	1 000 pF レンジにて
	±10 mV 以内	10 000 pF レンジにて
応答時間(参考値)	5 ms	最終値の 99%に到達
	出力段のローパスフィルタ時定数 $\tau = 1$ ms	

6.2.3 変換部

レンジ切替スイッチ 測定レンジ(変換係数)を切り換えるトグルスイッチです。
(1 000pF レンジ / 10 000pF レンジ)

変換係数(G)_{※4} 下表による

被測定対象の容量値	1 000 pF レンジ	10 000 pF レンジ
10 pF \leq C _x < 100 pF	10 mV/pF \pm 2% typ. 10 mV/pF \pm 3%以内	—
100 pF \leq C _x \leq 1 100 pF	10 mV/pF \pm 1% typ. 10 mV/pF \pm 1.5%以内	1 mV/pF \pm 1% typ. 1 mV/pF \pm 1.5%以内
1 100 pF \leq C _x \leq 11 000 pF	—	1 mV/pF \pm 1% typ. 1 mV/pF \pm 1.5%以内

※4 変換係数は並列抵抗 $R_P \geq 1$ MΩ, 直列抵抗 $R_S \leq 100$ Ωにて。

6.2.4 並列抵抗の影響

被測定対象の並列抵抗によって、変換係数にゲイン誤差(G_{ERROR})とオフセット誤差($V_{ofsERROR}$)が生じます。詳細は 4.9 節「並列抵抗 R_P による影響と補正方法」を参照してください。

6.2.5 GND 端子

筐体電位(=信号 GND)の端子です。バインディングポスト形式であり、 $\phi 4$ mm のバナナプラグに対応しています。また、 $\phi 2.5$ mm 以下の線材を固定することができます。

6.3 電源

動作電源電圧範囲	±15V ±1 V 以内
消費電流	+80 mA / -50 mA 以下 +66 mA / -36 mA typ.
表示	電源供給時にパネル面の“POWER”のLED(緑色)が点灯
電源コネクタ	HR10-7R-4P(73) (ヒロセ電機)

※ピンアサインや接続に関しては2.4節「電源について」を参照してください。

6.4 環境

性能保証温度範囲	23°C ±5 °C
動作温湿度範囲	0°C~40 °C, 5 % RH~85 % RH 結露なきこと
保管温湿度範囲	-10°C~50 °C, 5 % RH~95 % RH 結露なきこと

6.5 外形

外形寸法	78 mm×64 mm×26 mm 突起物は含まず
質量	約 115 g

6.6 その他

6.6.1 準拠規格

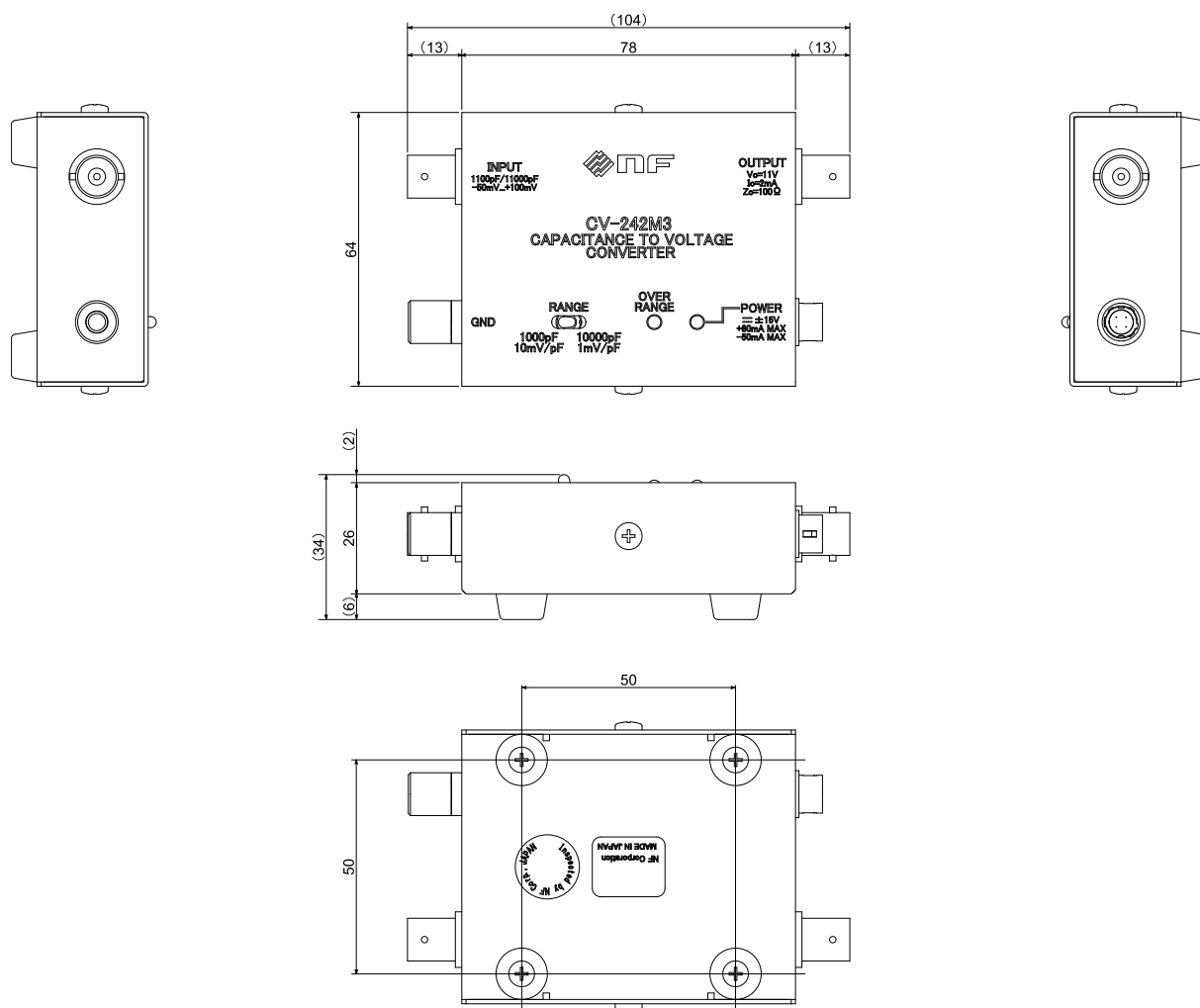
RoHS	Directive 2011/65/EU
------	----------------------

6.7 注意事項

- ・ 本器の容量入力部には保護を設けておりますが、静電気放電 (ESD) や過大電圧の印加により本器が破損する恐れがあります。
- ・ 被測定物に電荷が溜まった状態で本器の容量入力部に接続しないでください。本器の入力に過大電圧が加わり破損する恐れがあります。
- ・ 電源入力部には逆接続保護を設けておりますが、長時間に渡っての誤接続は本器が破損する恐れがあります。
- ・ 絶対最大定格および動作温湿度範囲を超えてのご使用は、特性劣化や破損に至る可能性があります。

7. 外観図

7. 外観図



単位：mm

筐体の材質 : アルミニウム

筐体の表面処理 : 塗装 ライトグレー(マンセル 6PB7.6/1.2 半ツヤ)

図 7-1 外観図

MEMO



MEMO



保証

この製品は、株式会社 エヌエフ回路設計ブロックが十分な試験及び検査を行って出荷しております。

万一ご使用中の故障又は輸送中の事故などによる故障がありましたら、当社又は当社代理店までご連絡ください。

この保証は、当社又は当社代理店からご購入された製品で、取扱説明書、本体貼付ラベルなどの記載内容に従った正常な使用状態において発生した、部品又は製造上の不備による故障など当社の責任に基づく不具合について、納入後 1 年間の保証期間内に当社又は当社代理店にご連絡いただいた場合に、無償修理をお約束するものです。

なお、この保証は日本国内においてだけ有効です。日本国外で使用する場合は、当社又は当社代理店にご相談ください。

次の事項に該当する場合は、保証期間内でも有償修理となります。

- 取扱説明書に記載されている使用方法及び注意事項（定期点検や消耗部品の保守・交換を含む）に反する取扱いや保管によって生じた故障の場合
- お客様による輸送や移動時の落下、衝撃などによって生じた故障、損傷の場合
- お客様によって製品に改造（ソフトウェアを含む）が加えられている場合や、当社及び当社指定サービス業者以外による修理がなされている場合
- 外部からの異常電圧又はこの製品に接続されている外部機器（ソフトウェアを含む）の影響による故障の場合
- お客様からの支給部品又は指定部品の影響による故障の場合
- 腐食性ガス・有機溶剤・化学薬品等の雰囲気環境下での使用に起因する腐食等による故障や、外部から侵入した動物が原因で生じた故障の場合
- 火災、地震、水害、落雷、暴動、戦争行為、又はその他天災地変などの不可抗力の事故による故障、損傷の場合
- 当社出荷時の科学技術水準では予見できなかった事由による故障の場合
- 電池などの消耗品の補充

修理にあたって

万一不具合があり、故障と判断された場合やご不明な点がありましたら、当社又は当社代理店にご連絡ください。

ご連絡の際は、型式名（又は製品名）、製造番号（銘板に記載の SERIAL NO.）とできるだけ詳しい症状やご使用の状態をお知らせください。

修理期間はできるだけ短くするよう努力しておりますが、ご購入後 5 年以上経過している製品のときは、補修パーツの品切れなどによって、日数を要する場合があります。

また、補修パーツが製造中止の場合、著しい破損がある場合、改造された場合などは修理をお断りすることがありますのであらかじめご了承ください。

お 願 い

- 取扱説明書の一部または全部を、無断で転載または複写することは固くお断りします。
- 取扱説明書の内容は、将来予告なしに変更することがあります。
- 取扱説明書の作成に当たっては万全を期しておりますが、内容に関連して発生した損害などについては、その責任を負いかねますのでご了承ください。

もしご不審の点や誤り、記載漏れなどにお気づきのことがございましたら、当社または当社代理店にご連絡ください。

CV-242M3 取扱説明書

株式会社 エヌエフ回路設計ブロック

〒223-8508 横浜市港北区綱島東 6-3-20

TEL 045-545-8111(代)

<http://www.nfcorp.co.jp/>

© Copyright 2017, **NF Corporation**

