

### // はじめに

通常のインフレーターは金属のハウジングに収納された2端子デバイスで、自動車のクラッシュ時に、エアバッグを始動させるのに使われます。インフレーターの試験はフューズの試験同様、過大電流を流すとフューズが溶融してしまいます。インフレーターの良否判定をするのにはいい指標となるイグナイタの抵抗値を測定するときは、試験電流を既定値以下で行う必要があります。最近の搭乗者防護システムは、自動車クラッシュのスピードに応じた可変インフレーションレートを実現するデュアルインフレーターが使われています。一つは低速走行時のクラッシュにエアバッグを作動させるのに使われ、残りは高速衝突用です。

インフレーターはその外側のハウジングとは絶縁されてなければなりません。何故なら、過度なリーク電流がデバイスを正常に動作させなくする可能性があるからです。即ち、エアバッグアセンブリは2つの抵抗測定を必要とします。一つは、インフレーター用で、制限された試験電流で行う比較的小さな抵抗の測定です。もう一つは絶縁抵抗測定で、高抵抗で、比較的高い電圧で試験されます。

本アプリケーションノートに記された試験システムは、エアバッグアセンブリに要求される電气的特性の高速量産検査用途を想定しています。

### // 試験法

#### ブリッジワイヤ試験

エアバッグ・インフレーターは2端子デバイスで、ブリッジワイヤにつながっています。充分大きな電流がワイヤに流れると、それにコーティングされた導火線に点火されます。一般的なブリッジワイヤの抵抗値は1~2Ωです。過失による点火を防ぐために、印加される試験電流は20mA以下です。したがって、測定される電圧は20~40mVです。この試験のリーズナブルな確度を得るために4線式接続で行います。(本ノートの「リード線抵抗」の頁を参照)

#### 絶縁抵抗 (HIPOT) 試験

2つのインフレーターとハウジング間のリーク抵抗を検証することが必要です。試験は電圧を一般に500V印加し、電流を測定して抵抗値を算出します。抵抗値は一般に1MΩ~100MΩなので、測定電流は500μA~5μAです。

#### シャントバー試験

ブリッジワイヤと絶縁の抵抗が測定されたらシャントバーもしくは短絡クリップがインフレーター端子間に挿入されます。それは、製造プロセス中のハンドリングや、車に取り付けている時に、インフレーターを静電気放電により不慮に着火させないためです。シャントバー抵抗は10mΩ~100mΩで、それを測定する時の印加電流は20mA以上です。その結果、不良のシャントバーでは着火しません。ここでも4線式接続を行います。

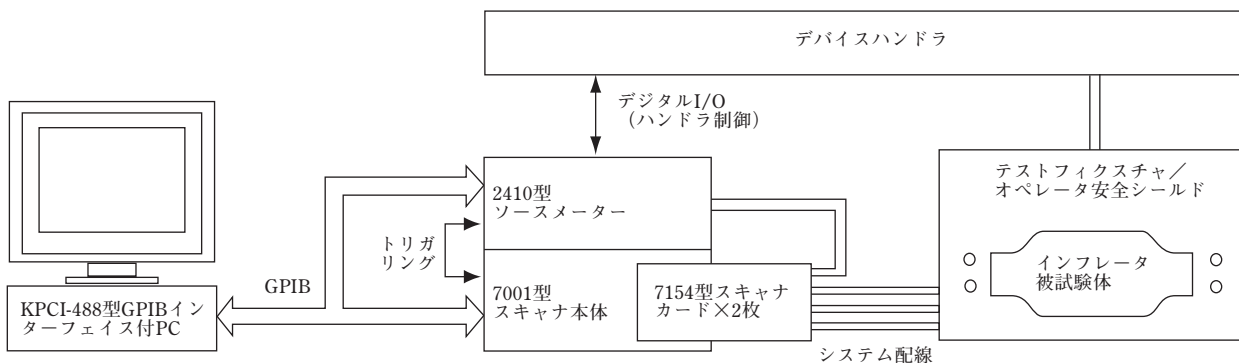


図1. 一般的なデュアル・インフレーター・テストシステム

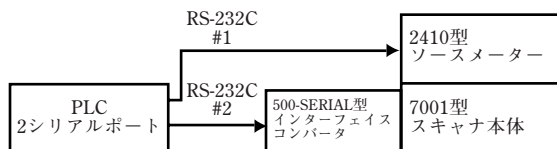


図 2a. 2つのシリアルポートを使ったシステム



図 2b. 1つのシリアルポートを使ったシステム

## コンタクトの検証

絶縁抵抗測定時には、前述したようにエアバッグ・インフレータのハウジングにコンタクトする必要があります。テストフィクスチャがハウジングに接触していない状態で試験をすると、結果は非常に大きな抵抗値になります。測定値が一般的な上限値以上で結果が合格になっても、結果は無効です。2つの接点が金属のハウジングとコンタクトしているかを検証するのに使われます。2つの接点間の抵抗が測定され、1~2Ω以下ならば、問題なく接触していると考えられます。

## 試験システム

2410型ソースメータと7000シリーズスキャナ本体はここで述べた全ての試験を行えます。低抵抗を測る時はソースメータをリモートセンスにします(4線式接続を行います)。デュアルインフレータ・エアバッグの各端子への結線は7154型高電圧スキャナカード2枚を使って行います。2枚のカードは7001または7002スキャナ本体に挿入します。図1は代表的なエアバッグ・インフレータ試験システムのハードウェア構成を示しています。

自動生産システムにおいてはプロセス制御にパーソナルコンピュータよりプログラマブル・ロジック・コントローラ(PLC)が一般的に使われています。最近のPLCはGPIBをサポートしていません、シリアルバス(RS-232C)を使わなければなりません。2410はGPIBとRS-232Cを標準装備していますが、7001、7002はGPIBのみです。7001/7002型スイッチ本体をPLCのシリアルポートから制御するには、500-SERIAL型インターフェイスコンバータを追加し、RS-232CデータをGPIBに変換します。最善の結果を得るには、図2aのようにPLCの2つのシリアルポートを使い、1つは2410、もう1つは7001に接続された500-SERIALに使用します。PLCに1つのシリアルポートしかない場合は、図2bのように、2410と7001をGPIBで結線し、それらを500-SERIALを通してシリアルポートにつなぎます。

インフレータへの接続は7154の高圧リレーを通して行います。7154は2410の最大電圧を切り替えられ、1×10マルチプレクサとして働きます。構成上2枚の7154を使いインフレータの試験ポイントに4線式接続をします。図3は試験を

実行するために、2410とスイッチカードをどのように構成するかを示しています。あるメーカーは、シャントバーをつけたままで絶縁抵抗を測定したいかもしれません。ブリッジワイヤをショートさせた絶縁試験はオペレータや機器をプロテクトする別な方法です。なぜなら、ショートされたままでエアバッグを膨らませるのはほぼ不可能だからです。

プロテクションを提供するのをショートバーに頼るのが満足いかない場合は、図4に示したシステムが遥かに良い解決です。7066型カードのアイソレートリレーをもう一組使い、絶縁試験中にブリッジワイヤをショートさせます。

## 試験システムの安全性

インフレータ試験システムを設計する時、エアバッグ・インフレータは爆発を起こし、危険なものであることを承知すべきです。試験システムがいくら安全対策されていても、試験デバイスが不良なら、通常の試験条件でも爆発します。2410を含む全てのソースメータは多岐にわたる汎用アプリケーション用に設計されており、あるアプリケーションでは電圧・電流のリミットを設けないこともあります。したがって、ソースメータやスイッチシステムは、本来安全であるというわけではありません。

たとえシステムが安全(即ち電圧・電流の指示値が安全定格内または出力がオフ)に見えても、1つのミスが(プログラミングエラー、測定器の故障)デバイスに十分なパワーを与え、爆発を引き起こす可能性があります。ユーザはこの測定に内在する危険を認識し、フィクスチャを設計しなければなりません。そしてインフレータが意図せず爆発した時でも、フィクスチャ自身やオペレータを充分プロテクトするようにします。また過大電圧から人を守るよう充分なプロテクションも行ってください。

注) 2410は過大電圧・電力を出力する能力があります。オペレータや保守担当者はどんな誤りがあっても(例えば、ソフトウェアエラー、コントローラエラー、測定器の故障、システムの過負荷)障害からプロテクトされなければなりません。適切な外部結線部のガード、シールド、絶縁を施し、電気ショックや機械的負傷を受けないよう、オペレータや保守担当者を保護します。

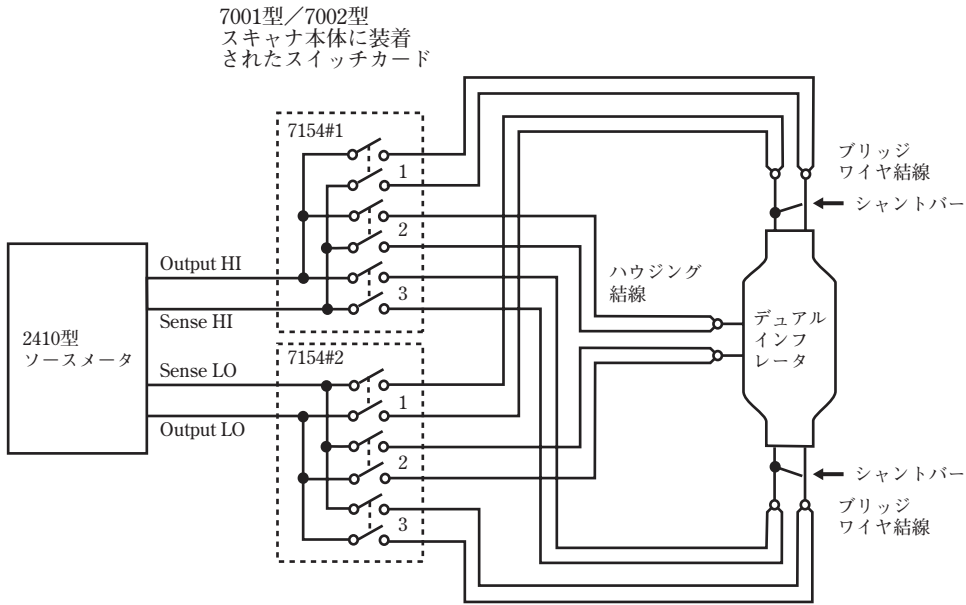


図3.デュアル・インフレータ試験システムダイアグラム

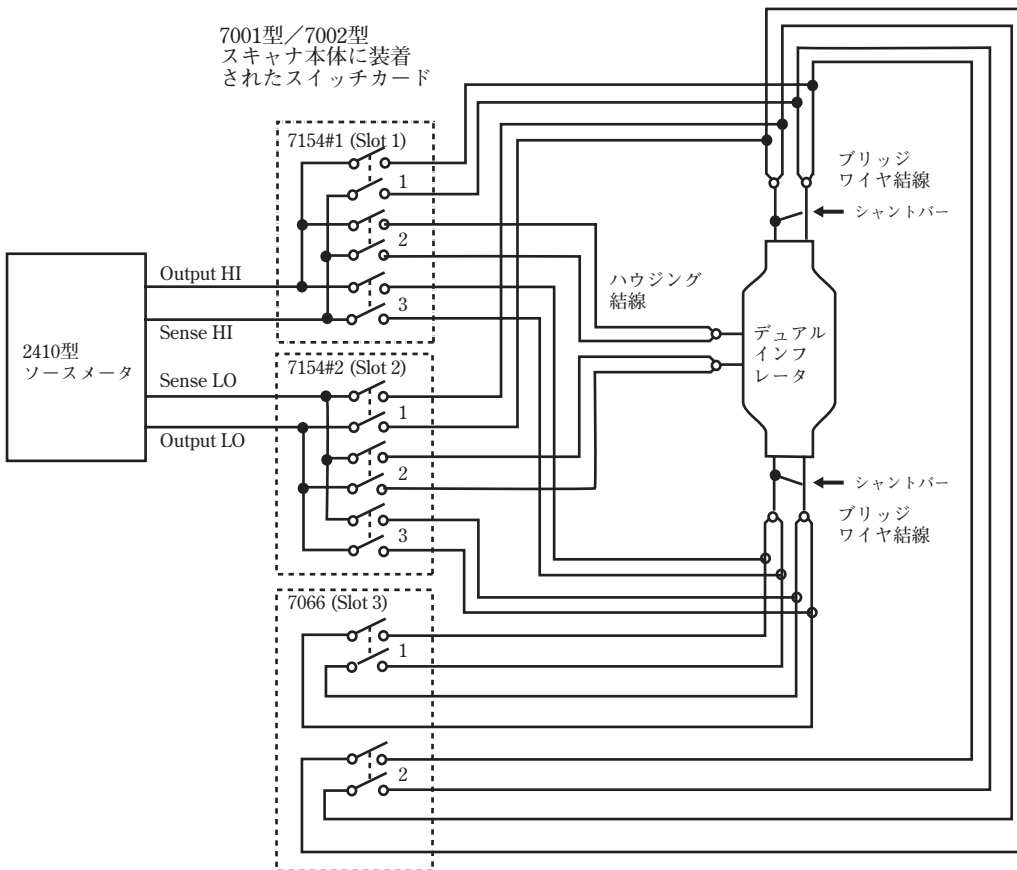


図4.ブリッジワイヤの短絡機能を追加したデュアル・インフレータ試験システムダイアグラム

## 7 ハンドラおよび計測器の同期制御

### ハンドラインターフェイス

2410に備わるデジタルインターフェイスはデバイスハンドラ装置をダイレクトに制御する機能をもっています。デジタルインターフェイスは4つのデジタル出力、2つのデジタル入力、5V電源ライン、グランドを含んでいます。デジタル入力の1つは2410の試験開始に使い、もう一つはオペレ

ータの過電圧保護のためのインターロックに使用します。インターロックが働くと出力は遮断されます。4つのデジタル出力はハンドラへ試験終了を知らせたり、試験の合否結果を知らせるのに使います。各試験結果毎に、故障解析のためのユニークな合否判定デジタルパターンを出力するようプログラムできます。ハンドラへの出力は、各試験毎に出したり、全ての試験を終了した後にマスター信号として取り出せます。

### 2410の設定

下に示したコマンドリストがRS-232CまたはGPIB経由で2410へ送られ、インフレータ試験が実行されます。それには、まず2410の前面パネルから使用するインターフェイスを選びます。一旦変更すると、それが電源オン時のデフォルトとして保存され、再び変更されるまで保持されます。その操作は、<MENU>ボタンを押し、<、>キーを使って（COMMUNICATION）を選び、<ENTER>を押します。（GPIB）、（RS-232C）のいずれかを選びます。現在設定されているインターフェイスを変更すると、2410はリセットされます。通信パラメータ、（GPIBアドレス、RS-232Cのボーレートなど）を変える時は、（COMMUNICATION）に戻り、希望する設定を行います。

### ハードウェアのリセット

Send 2410 ("*RST")	' Reset instrument
Send 2410 ("TRIG:CLE")	' Clear any latched

### 2410のトリガモデルの設定

Send 2410 ("ARM:COUN 1")	' Scan once per initialization
Send 2410 ("ARM:SOUR IMM")	' Immediately proceed to Trig Layer
Send 2410 ("ARM:DIR ACC")	' Wait for Arm source (IMM)
Send 2410 ("TRIG:COUN 7")	' Seven measurements per scan
Send 2410 ("TRIG:SOUR TLINK")	' Wait for Trig source (Trigger Link)
Send 2410 ("TRIG:DIR ACC")	' Don't skip first trigger
Send 2410 ("TRIG:OLIN 1")	' Define output trigger line
Send 2410 ("TRIG:ILIN 2")	' Define input trigger line

### 計測器の一般設定

Send 2410 ("SYST:AZER ON")	' Enable measurement auto zero
Send 2410 ("SYST:RSEN ON")	' Enable 4-wire measurements
Send 2410 ("ROUT:TERM REAR")	' Select Front/Rear input terminals
Send 2410 ("SOUR:CLE:AUTO ON")	' Enable "cold" switching
Send 2410 ("SOUR2:TTL 15")	' Set for normally HI digital logic
Send 2410 ("SOUR2:CLE:AUTO ON")	' Automatically clear digital I/O
Send 2410 ("SOUR2:CLE:AUTO:DEL.1")	' 100ms pulse from digital I/O
Send 2410 ("FORM:DATA ASCII")	' Send ASCII data to PC
Send 2410 ("FORM:ELEM RES")	' Only send resistance readings to PC
Send 2410 ("CALC2:CLIM:BCON IMM")	' Update digital I/O after each test
Send 2410 ("CALC2:CLIM:CLE:AUTO ON")	' Clear limits automatically
Send 2410 ("CALC2:CLIM:PASS:SOUR2 7")	' Output 7 if all tests passed

## トリガリンク

すべてのケースレーの最新機器に装備されたトリガリンク機能は、適切な試験シーケンスを保証するためのハードウェア・ハンドシェイク・バスです。メータとスイッチがトリガリンクケーブルで接続されると、互いにトリガをかけ

あい、高速に試験が終了します。これにより、システム機能の大部分を占めるPCまたはPLCによる制御が不要です。トリガリンクを正しく使えば、PCまたはPLCの行うことは、試験を開始し、データを受け取ることだけです。

---

## 低抵抗試験の設定および保存

Send 2410 ("SOUR:FUNC CURR")	' Source current
Send 2410 ("SENS:FUNC 'RES'")	' Measure resistance
Send 2410 ("SENS:RES:MODE MAN")	' Select manual ohms mode
Send 2410 ("SENS:RES:NPLC 1")	' Measurement integration rate
Send 2410 ("SOUR:CURR:RANGE.02")	' Set I-source range
Send 2410 ("SOUR:CURR 0.02")	' Set I-source value
Send 2410 ("SOUR:DEL 0.01")	' Set soak time
Send 2410 ("SENS:VOLT:PROT 1")	' Set voltage clamp value
Send 2410 ("SENS:RES:RANG:AUTO OFF")	' Disable auto range
Send 2410 ("SENS:RES:RAMG 2")	' Set resistance range
Send 2410 ("SENS:RES;OCOM ON")	' Enable offset compensation
Send 2410 ("CALC2:FEED RES")	' Pass resistance reading to limits
Send 2410 ("CALC2:LIM2:UPP 2")	' Set upper limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2UPP:SOUR2 13")	' Upper limit output fail pattern
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW 0")	' Set lower limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW:SOUR2 13")	' Lower limit output fail pattern
Send 2410 ("CALC2:LIM2:STAT ON")	' Enable limit testing
Send 2410 ("SOUR:MEM:SAVE 1")	' Save for 1st bridgewire test
Send 2410 ("SOUR:MEM:SAVE 2")	' Save for 2nd bridgewire test
Send 2410 ("CALC2:LIM2:UPP 0.1")	' Set upper limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2:UPP:SOUR2 2")	' Upper limit output fail pattern
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW 0")	' Set lower limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW:SOUR2 2")	' Lower limit output fail pattern
Send 2410 ("SOUR:MEM:SAVE 4")	' Save for housing contact test
Send 2410 ("CALC2:LIM2:UPP 0.1")	' Set upper limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2:UPP:SOUR2 1")	' Upper limit output fail pattern
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW 0")	' Set lower limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW:SOUR2 1")	' Lower limit output fail pattern
Send 2410 ("SOUR:MEM:SAVE 4")	' Save for 1st shunt bar test
Send 2410 ("SOUR:MEM:SAVE 5")	' Save for 2nd shunt bar test

## 高抵抗試験の設定および保存

Send 2410 ("SOUR:FUNC:VOLT")	' Source voltage
Send 2410 ("SOUR:VOLT:RANG 1000")	' Set to 1000V range
Send 2410 ("SOUR:VOLT 500")	' Set output value
Send 2410 ("SOUR:DEL.01")	' Set soak time
Send 2410 ("SENS:CURR:PROT.02")	' Set source clamp value
Send 2410 ("SENS:RES:RANG 2e7")	' Set resistance range
Send 2410 ("SENS:RES:OCOM OFF")	' Disable offset compensation
Send 2410 ("CALC2:FEED RES")	' Pass resistance reading to limits
Send 2410 ("CALC2:LIM2:UPP 1e20")	' Set arbitrary upper limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2:UPP:SOUR2 14")	' Upper limit output fail pattern
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW 1e6")	' Set lower limit
Send 2410 ("CALC2:LIM2:LOW:SOUR2 14")	' Lower limit output fail pattern
Send 2410 ("CALC2:LIM2:STAT ON")	' Enable limit testing
Send 2410 ("SOUR:MEM:SAVE 6")	' Save for 1st HIPOT test
Send 2410 ("SOUR:MEM:SAVE 7")	' Save for 2nd HIPOT test

## 2410をソースメモリスweepするように設定

Send 2410 ("SOUR : FUNC MEM")	' Set for SourceMemory Sweep
Send 2410 ("SOUR:MEM:POIN 7")	' Define number of points in sweep

## // 基本プログラミング・ガイドライン

2410型ソースメータ、7001型/7002型スイッチ本体は共に希望する試験シーケンスを行うようプログラムできます。2410はソースメモリ機能を使い、内部に試験内容をストアしておきます。これは100個迄の試験セットアップの設定と実行を、前面パネル、GPIB、RS-232Cから行えます。

試験のセットアップが設定され、2410が起動されると、各ステップ間を数msで試験シーケンスが実行されます。7001/7002も、チャンネルパターンのシーケンスを決め、内部のメモリへストアできます。次の節で、図4で示した試験システムを構築するように各測定器を設定するコマンドを示します。

### 7002の設定

次の設定がGPIB経由で7002型スキャナ本体へ送られます。500-SERIAL型インターフェイス・コンバータを使い、これらのコマンド文字列をRS-232CからGPIBへ変換します。

#### ハードウェアのリセット

Send 7002 ("\*RST") † Reset Mainframe

#### 7002のトリガモデルの設定

Send 7002 ("ARM:LAY2:COUN 1") † Scan once per initialization  
Send 7002 ("ARM:LAY2:SOUR IMM") † Immediately proceed to Trig Layer  
Send 7002 ("ARM:LAY2:TCON:DIR ACC") † Wait for Arm source (IMM)  
Send 7002 ("TRIG:COUN 7") † Seven measurements per scan  
Send 7002 ("TRIG:SOUR TLINK") † Wait for Trig source (Trigger Link)  
Send 7002 ("TRIG:TCON:PROT ASYN") † Allow asynchronous triggering  
Send 7002 ("TRIG:TCON:DIR SOUR") † Skip first trigger to start scan  
Send 7002 ("TRIG:TCON:ASYN:OLIN 2") † Define output trigger line  
Send 7002 ("TRIG:TCON:ASYN:ILIN 1") † Define input trigger line  
Send 7002 ("TRIG:DEL 0") † Set trigger delay

#### スキャンリストの設定

Send 7002 ("ABORT;OPEN ALL") † Abort operation and open all relays  
Send 7002 ("ROUT:CLOSE(@1!1,2!1)") † Close channels for 1st bridgewire test  
Send 7002 ("MEM:SAVE M1") † Save channels in 1st memory location  
Send 7002 ("OPEN ALL") † Open all relays  
Send 7002 ("ROUT:CLOSE(@1!3,2!3)") † Close channels for 2nd bridgewire test  
Send 7002 ("MEM:SAVE M2") † Save channels in 2nd memory location  
Send 7002 ("OPEN ALL") † Open all relays  
Send 7002 ("ROUT:CLOSE(@1!2,2!2)") † Close channels to test housing contact  
Send 7002 ("MEM:SAVE M3") † Save channels in 3rd memory location  
Send 7002 ("OPEN ALL") † Open all relays  
Send 7002 ("ROUT:CLOSE(@1!1,2!1)") † Close channels for 1st shunt bar test  
Send 7002 ("MEM:SAVE M4") † Save channels in 4th memory location  
Send 7002 ("OPEN ALL") † Open all relays  
Send 7002 ("ROUT:CLOSE(@1!3,2!3)") † Close channels for 2nd shunt bar test  
Send 7002 ("MEM:SAVE M5") † Save channels in 5th memory location  
Send 7002 ("OPEN ALL") † Open all relays  
Send 7002 ("ROUT:CLOSE(@1!1,2!2,3!2)") † Close channels for 1st insulation test  
Send 7002 ("MEM:SAVE M6") † Save channels in 6th memory location  
Send 7002 ("OPEN ALL") † Open all relays  
Send 7002 ("ROUT:CLOSE(@1!2,2!3,3!1)") † Close channels for 2nd insulation test  
Send 7002 ("MEM:SAVE M7") † Save channels in 7th memory location  
Send 7002 ("OPEN ALL") † Open all relays  
Send 7002 ("ROUT:SCAN(@M1,M2,M3,M4,M5,M6,M7)") † Scan through memory locations

## // 一般的な誤差要因

### リード線抵抗

低抵抗を2線式測定で行う時の一般的な誤差要因は、試料につなぐテストリードのシリーズ抵抗です。2線式で低抵抗を測定する時の主な問題は、リード線抵抗 ( $R_{lead}$ ) です。試験電流 ( $I$ ) が小さいながらも問題となる電圧降下をリード線両端に生じさせ、測定される電圧 ( $V_M$ ) は、抵抗 ( $R_S$ ) 両端の電圧とは厳密には同じにならず、誤差が生じます。図5aは電流源と電圧計が同一組のテストリードを使った時のシリーズ抵抗の影響を示しています。リード線の影響を除くには、電流源と電圧計が別々のリードを使う4線式の抵抗測定を行わなければなりません。図5bは、電圧計の入力抵抗が高いため、試料両端の電圧をリード線抵抗の影響なしに測定できることを示しています。

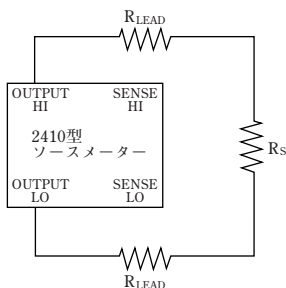


図 5a. 2線式抵抗測定

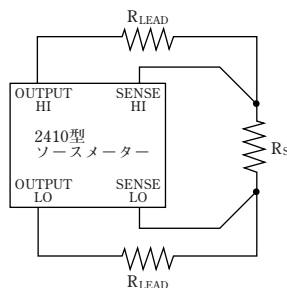


図 5b. 4線式抵抗測定

### ノイズ

製造環境では、動力機器やモーターなどからの外来ノイズで測定性能が劣化することがあります。図6はノイズの影響を減らすのにシステムケーブルをシールドする有効な方法を示しています。シールド付ツイストペアケーブル

(Keithley 部品番号SC-83) を使い、ノイズや容量に関するシステム性能を向上させるべきです。

7154型のリレーは3接点1回路なので、図6に示した2410からのシールドと信号線すべてをテストフィクスチャへ中継します。1枚目の7154はHI端子用に使われ、3接点はそれぞれ出力HI、センスHI、ガードに使われます。2枚目の7154は出力LO、センスLO、グラウンドを切り替えます。

### 試験システムの始動

一旦前述のコマンドを2410と7002へ送った後は、次の3つのコマンドを送るだけで、システムにトリガを与え読み値を抽出できます。このシーケンスを繰り返すには、次のコマンドを繰り返し送ります。

```
send 7002("INIT")
send 2410("READ?")
enter 2410(Data String)
```

### オフセット

テストフィクスチャやスイッチシステムによって生じる熱起電力に加え、2410は温度に依存したオフセットを発生させる可能性があります。大量に、非精密部品を試験する場合はこれらのオフセットによる誤差は、最終結果に重大な影響を与えません。しかし、高精度が要求される時は、2410をエンハンスド・オーム・モードにし、オフセットを補償して測定できます。一般にこの方法は特定の電流レベルにおける抵抗値を測定しますが、電流値をゼロにした時の電圧値を差し引き、オフセット分を補償しています。オフセット補償を行うには、「基本プログラミング・ガイドライン」中のプログラムリストに次の行を加えてください。より高精度を必要とする測定をするときは

```
Send 2410 ("SENS:RES:OCOM ON")
```

オフセット補償が必要ないときは

```
Send 2410 ("SENS:RES:OCOM OFF")
```

## // サンプルプログラム

サンプルプログラムはケースレー社TESTPOINT、ナショナルインスツルメンツ社LabView、Visual Basic、Quick Basicプログラムを用意しております。ケースレーインスツルメンツまでお問い合わせください。

## // 機器構成リスト

2410	1,110Vソースメータ
7001	スイッチ本体
7154	高電圧スキャナカード×2
8501	トリガリンクケーブル
7007	GPIBケーブル
KPCI-488	GPIBインターフェイスボード
カスタム・デジタルI/Oケーブル	(Dsub 9ピン<=>ハンドラ間)
カスタムワイヤハーネス	(測定器<=>インフレータ間)

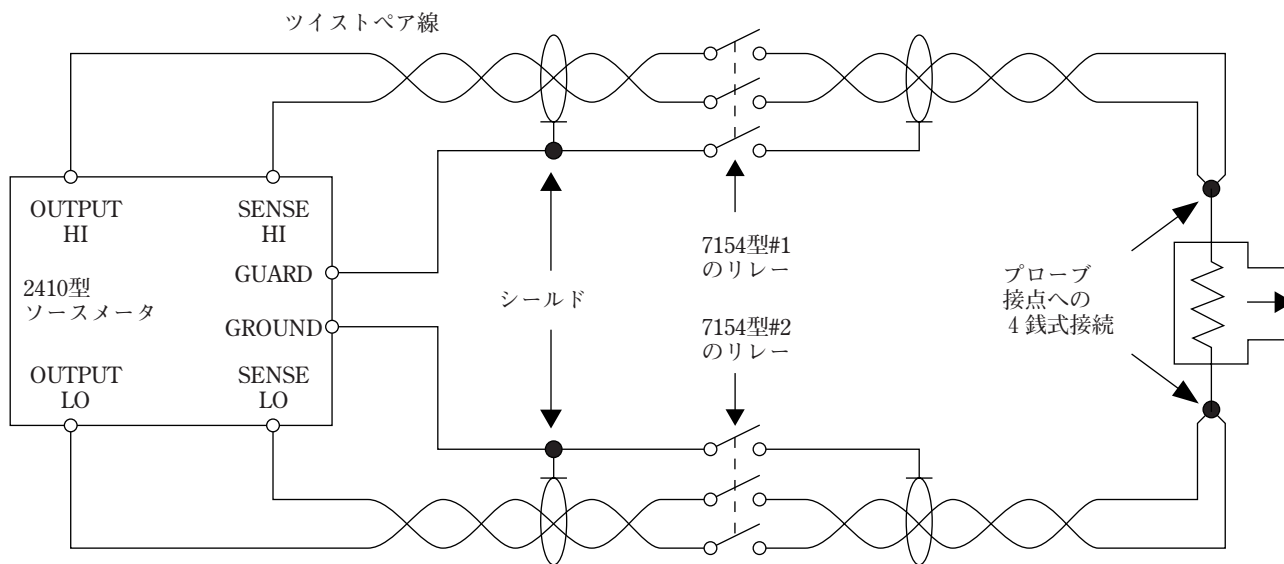


図6.ノイズ混入防止用シールドイング

Specifications are subject to change without notice.

All Keithley trademarks and trade names are the property of Keithley Instruments, Inc.

All other trademarks and trade names are the property of their respective companies.

**KEITHLEY**

ケースレーインスツルメンツ株式会社 〒105-0022 東京都港区海岸1-11-1 ニューピア竹芝ノースタワー13F TEL : 03-5733-7555 FAX : 03-5733-7556  
 Web site : www.keithley.jp · Email : info.jp@keithley.com

Keithley Instruments, Inc. 28775 Aurora Road · Cleveland, Ohio 44139 · 440-248-0400 · Fax: 440-248-6168  
 1-888-KEITHLEY (534-8453) · www.keithley.com