

Research Reports of the National Institute  
of Industrial Safety, NIIS-RR-2004 (2005)  
UDC 537.311.4:621.315.687:621.391.5:621.317.33

## 信号用配線に接続されたコネクタの接触不良検出

本山 建雄\*, 富田 一\*, 中田健司\*\*

### Measurement of the Contact Resistance and Inspection of Contact Failure on a Connector of an Electric Circuit for Signal Use

by Tatsuo MOTOYAMA\* Hajime TOMITA\* and Kenji NAKATA\*\*

**Abstract:** One of the biggest weaknesses in an electric line is the connector. The connector for a signal transportation line use is particularly likely to lead to contact failure because of its low signal energy.

On the other hand, the connector has the properties that the failure is apt to be recovered by direct applied testing signal, insert/withdraw action, etc.. Therefore, it is difficult to identify the cause of failure when recovery is accomplished by applying testing current, insert/withdraw action, etc. in spite of suspecting poor contacting at the connector.

In this paper, a new method, which is a method for the indirect inspection of the contact resistance of a connector from the outside of an insulated wire, is reported. The principle of the method is to measure the impedance between a pair of electrodes formed by aluminum foil on insulated wires which are connected by a connector.

In the method, capacity couplings are formed between the electrodes and the wire. And it is possible to show the capacity couplings by the equivalent circuit composed by R and C, approximately. And the possibility of the measurement by this method is shown by the analytic solution of the equivalent circuit.

To begin with, the known value of resistive elements instead of the contact resistance of connector was measured by the method under the conditions of the 100kHz in applied signal frequency, 4V in applied voltage, and 5cm in width of electrode formed by aluminum foil on insulated wires. And the contact resistance of the aged connector was also measured. The results are as follows.

(1) It is difficult to measure the contact resistance by the above method in case that the measured contact resistance is too small for the coupling impedance between the wire and the electrode formed by aluminum foil.

(2) However, there is approximately the correlation between contact resistance value measured by the above method and the value by measuring instrument in the range from 1k $\Omega$  to 1000k $\Omega$ . And it seems that the inspection of the contact failure on connector is possible in above range.

The main factors which the method depends are frequency, applied voltage in measuring signal and width of electrode formed by aluminum foil on insulated wires. So the measurement accuracy will be improved, if these factors are optimized. And, it is expected that the inspection range of the contact failure on connector enlarges more than above results.

**Keywords;** Contact resistance, Capacity coupling, Contact failure, Inspection

---

\* 物理工学安全研究グループ Physical Engineering Safety Research Group

\*\* 研究生：テンパール工業（株）Tempearl Industrial Co.,Ltd.

### 1. はじめに

電路の弱点は接点、接続であるといわれている。接点についてはこれまでに数多くの研究が実施され、最近では機械的接点を持たない電子接点も普及している<sup>1)</sup>。しかし、接続については信号用電路の低エネルギー化に伴い、使用時間の経過とともに酸化被膜の発生や接触圧力の低下等のため、接触不良等の障害が増えつつある<sup>2, 3)</sup>。このようなことから、接触不良を疑われる障害・災害の原因を究明する手法が必要となる。

接触不良の指標となる接触抵抗の測定方法は、JIS, IEC規格<sup>4, 5)</sup>等に定められている。しかし、これらは製品としての部品を対象にしており、実装配線の障害・災害の原因究明の手段として、そのまま適用することは困難である。また、接触抵抗は接続部の拔差し、振動、導通チェック等により、簡単に低下することから、測定には接触状態を変えることなしに接触抵抗を測定する手法が必要となる。

このような状況から、接触不良が疑われる障害・災害の原因究明を目的として、接触状態を検出する方法を提案した。本方法はコネクタが接続されている絶縁電線にアルミ箔を巻き付け電極とし、外部からの高周波電圧により接続部の接触状態を検出する方法である。

ここでは、提案した方法による接触抵抗の測定が可

能であることを解析的に示した。次いで、接触抵抗を市販の炭素皮膜抵抗により模擬した場合、及び、加速劣化したジャンパコネクタを試験片とした場合の測定結果から本方法の可能性と問題点を明らかにした。

### 2. 接触抵抗の発生要因

コネクタなど電路の接続部の接触抵抗（以下、単に、接触抵抗と記す。）は主に、集中抵抗、皮膜抵抗及び塵埃等による抵抗に分類される<sup>1, 6)</sup>。

集中抵抗は接触面積に比例する抵抗であり、一般に、金属の硬度、接触圧力に依存する。

皮膜抵抗は接触面に形成された酸化膜、プラスチックのハウジングからのポリマー・分解生成物の堆積等による抵抗から構成される。一般に、接触面には酸化膜等の発生を防ぐため表面を金メッキするなどの対策がとられている。

塵芥等による抵抗は、接触面の消耗粉、粉塵の挟み込み等により接触面積が大きく減少し、障害を引き起こすほどの接触不良となることがある。

一般に、接触抵抗は接触面が清浄であれば数ミリΩ程度であるが、接触圧力が適切な値よりも小さい場合、それに応じて大きくなる<sup>2, 6)</sup>。

これら接触抵抗に係る主な要因をまとめるとFig. 1のように表される。

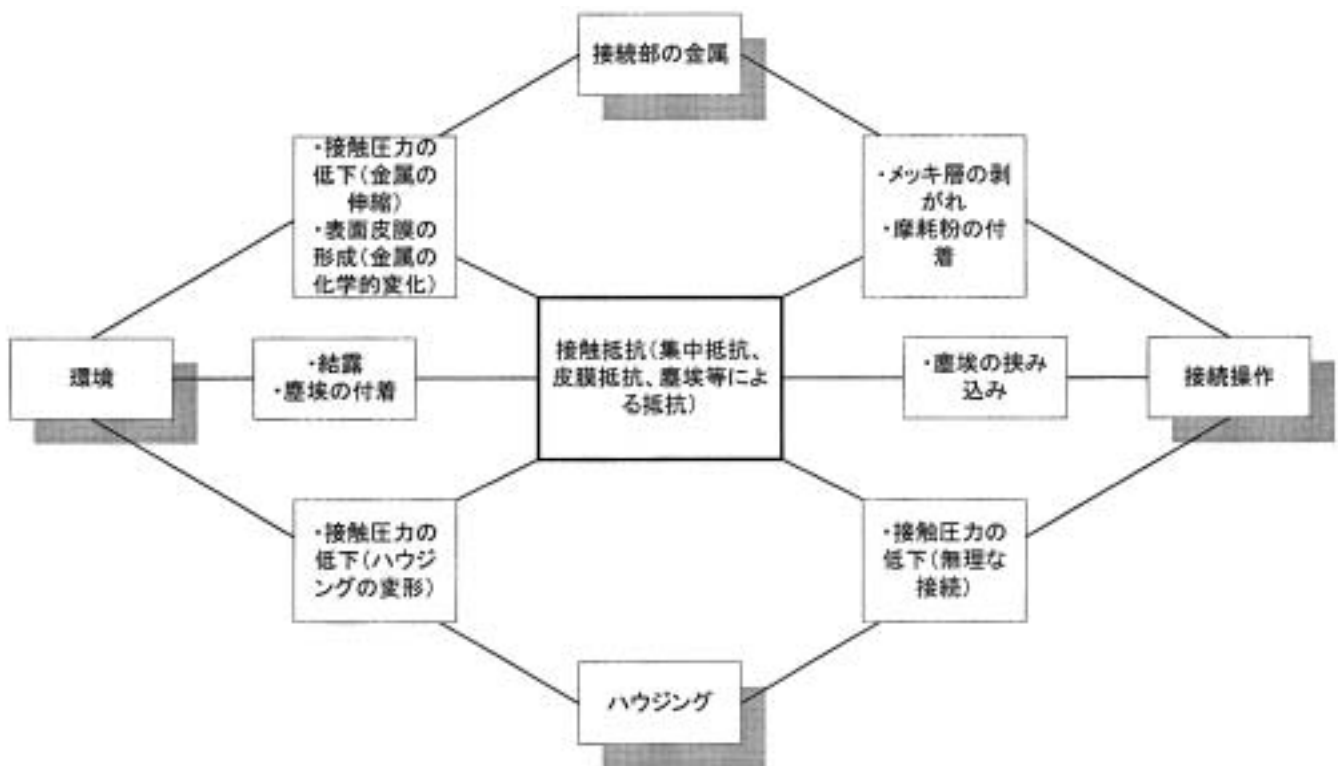


Fig. 1 Main factors concerned with contact resistance.  
接触抵抗に係る主な要因

### 3. 接触抵抗の変化

接触抵抗の特性を検討するため、ジャンパピンとジャンパリンクからなる接続部品（以下、単にジャンパコネクタと記す。）を加速劣化させ、接触抵抗の変化を検討した。ジャンパコネクタはパソコン等の設定スイッチ、基板のソケット等に使用されている。

#### 3.1 接触抵抗の測定

Fig. 2 は試験片として使用したジャンパコネクタであり、その主な仕様をTable 1 に示す。ジャンパピンに取扱者が接触すること、温度変化の大きい場所で使用されること等を考え、汗による汚れ、結露を想定してTable 2 に示す実験条件のもとで、結露サイクルによる加速劣化試験を実施した。

接触抵抗の測定にはミリオームメータ（測定周波数1kHz、アジデント（株）製4338B）を使用した。

#### 3.2 測定結果

Fig. 3 は汚損の状態をパラメータとして、接触抵抗の抜差し回数依存性を示している。小さな信号の測定であり、ノイズの影響を受けるため、測定器のアベレーシングの機能を利用して、8回の平均を測定値とした。なお、以下の測定においても同様の方法で求めた平均を測定値としている。

結露サイクル試験前の接触抵抗は、抜差し回数200回まではほぼ10mΩ以下であるが、500回では100mΩを超えるものもあり、抜差しによる影響が見られた。一方、1000回の結露サイクル試験後の接触抵抗は1000mΩを超えるものもあり、全体的に増加傾向にある。しか

Table 1 Main specifications for a jumper-type connector composed of pins and link.  
ジャンパコネクタの主な仕様

ジャンパコネクタ	2極、許容電流 3A、絶縁部：ガラス入り熱可塑性プラスチック、接触部分：金メッキ
ジャンパピン	定格電流：4A、ピン長：6.1mm、テール：3mm、ピンの断面：0.64mm 角の正方形
ジャンパリンク	2極：（極間：2.54mm：2.54mm ピッチ）、幅 W：5.08mm、高さ H：6.3mm、奥行き D：2.54mm
備考：	ジャンパコネクタはジャンパピンとジャンパリンクから構成される。

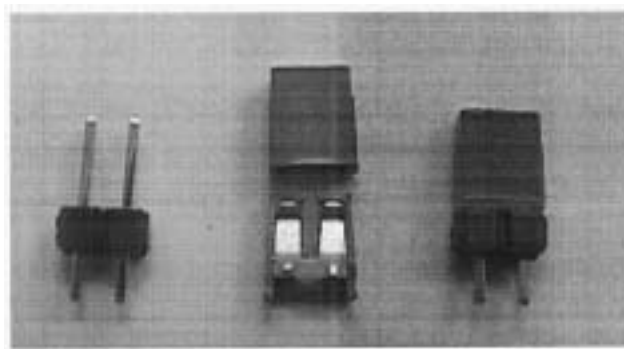


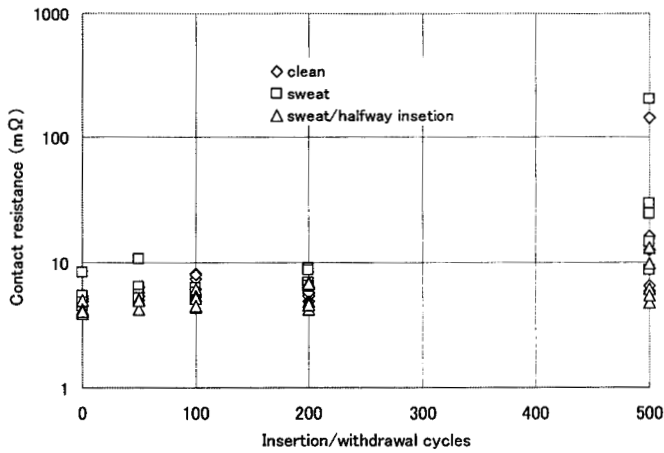
Fig. 2 Photos of jumper-type connector for experimental use.  
(left : pins, center : link housing (upper) and contact part in link housing (lower), right : jumper-type connector)  
ジャンパコネクタ（左：ジャンパピン、中央：分解したジャンパリンク、右：接続状態）

Table 2 Experimental conditions.  
実験条件

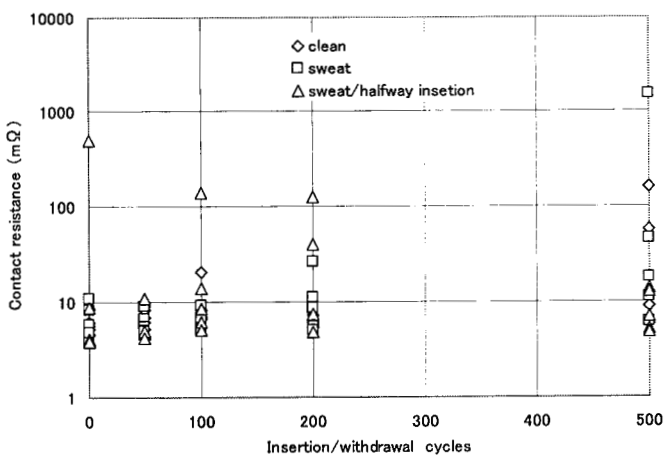
前処理	
抜差し回数	0、50、100、200、500
汚損状態 (a)	(1) 汚れなし、(2) 汗に濡らす
ジャンパリンクの位置 (b)	「正常」、「中途」
ジャンパリンクの位置・汚損状態 (被試験片数)	「正常・汚れ無し」(25) 「正常・汗に濡らす」(25) 「中途・汗に濡らす」(25)
結露試験 (c)	
単位サイクル (温度/湿度/時間)	5°C/60%/20分 → 25°C/90%/20分
サイクル回数	100、200、300、500、1000
備考： (a) 汚れた状態を模擬するため、汗を付着した。 (b) 「正常」はジャンパリンクを深く差し込む。 「中途」はピンの幅 (0.64mm) を残して差し込む (c) 製結露サイクル試験装置 (タバイエスベック (株)) を使用	

し、試験前及び1000回の結露サイクル試験後においても汚損の状態の影響は少ない。

結露サイクル試験中における接触抵抗の変化の代表的な例をFig. 4 に示す。サイクル数が多いほど接触抵抗が増加する傾向にあるが、500サイクル、1000サイ



(a) before testing



(b) after 1000 cycles aging

Fig. 3 Dependence on the insertion/withdrawal cycles on a jumper-type connector.  
接触抵抗の抜き差し回数依存性

クル後であっても、接触抵抗が10mΩ以下の試験片もある。また、1000サイクル後に接触抵抗が100mΩを超えた試験片は、早い段階から高い接触抵抗を示している。

これらのことから、金メッキなどで防食処理を施した接続部では、汚損、抜き差し回数、サイクル試験回数よりも接続した時点での接触状態が、その後の変化に大きく影響するものと推測される。

#### 4. 接触抵抗測定原理

接続部を抵抗素子で模擬した場合の測定回路の写真をFig. 5に示す。測定電極は抵抗素子に接続された絶縁電線にアルミ箔を所定の幅、巻き付けたものであり、アルミ箔間の電気的な経路はFig. 6に示す等価回路として近似することができる。なお、コネクタの接触抵抗を測定する場合には、抵抗素子の部分にコネクタを

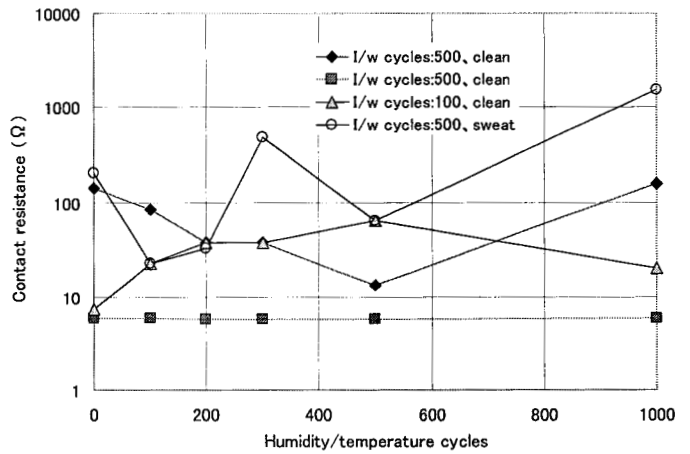


Fig. 4 Typical changes of the contact resistance of a jumper-type connector during an accelerated aging test.

加速劣化試験中の接触抵抗変化の代表的な例

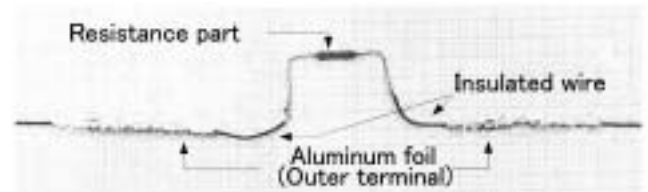


Fig. 5 Schematic diagram of a testing wire that is composed of an insulated wire covered with aluminum foil and a resistance part.  
接触抵抗測定配線の概要

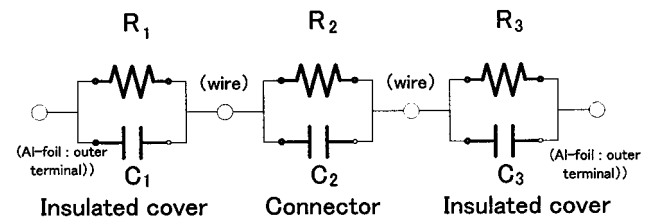


Fig. 6 Equivalent circuit of a testing wire for the measurement of contact resistance.  
測定配線等価回路

接続する。

Fig. 6において、アルミ箔間のインピーダンスをZとおくと

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \tag{1}$$

ここで、周波数をfとし、 $\omega = 2\pi f$ とすると $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ は

$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1, \quad \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{R_2} + j\omega C_2, \quad \frac{1}{Z_3} = \frac{1}{R_3} + j\omega C_3$$

アルミ箔の幅及び絶縁電線が同じものであると仮定すると、

$$R_1 = R_3, \quad C_1 = C_3$$

とおける。したがって、 $Z$ は

$$Z = \left( \frac{2R_1}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} + \frac{R_2}{1 + \omega^2 C_2^2 R_2^2} \right) - j\omega \left( \frac{2C_1 R_1^2}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} + \frac{C_2 R_2^2}{1 + \omega^2 C_2^2 R_2^2} \right) \quad (2)$$

一方、**Fig. 6**の等価回路を $R_s$ と $C_s$ の直列回路として表すと、 $Z$ は

$$Z = R_s + \frac{1}{j\omega C_s} \quad (3)$$

式(2)と式(3)から

$$R_s = \frac{2R_1}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} + \frac{R_2}{1 + \omega^2 C_2^2 R_2^2} \quad (4)$$

$$C_s = \frac{1}{\omega^2} \frac{1}{\frac{2C_1 R_1^2}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} + \frac{C_2 R_2^2}{1 + \omega^2 C_2^2 R_2^2}} \quad (5)$$

式(4)において、

$$\frac{R_2}{1 + \omega^2 C_2^2 R_2^2} \quad (6)$$

となる条件を満たすときの $R_s$ を $R_{s1}$ と置くと

$$R_{s1} = \frac{2R_1}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} \quad (7)$$

となる。

式(4)から式(7)を引くと式(4)の第2項が得られる。このとき、 $(\omega C_2 R_2)^2 \ll 1$ であれば第2項は接触抵抗 $R_2$ となる。なお、絶縁電線部分( $R_2 \approx 0$ に相当)を同様の方法で測定することによって、式(7)の $R_{s1}$ を得ることが出来る。

**Fig. 7**は、 $f = 100\text{kHz}$ 、 $R_1 = 10\text{M}\Omega$ 、 $C_1 = 10\text{pF}$ 、 $C_2 = 3\text{pF}$ とした場合の $R_s$ 、 $R_s - R_{s1}$ 及び参考までに $R_2$ に対応する大きさを点線で示している。なお、以下のグラフにおいて、式(4)、(7)が基本となることから $R_s$ 、 $R_s - R_{s1}$ に対応する測定値は便宜上、それぞれ同じ記号を用いて表すことにする。

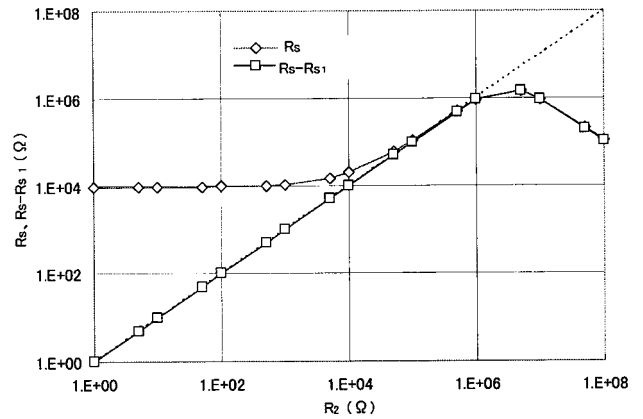
**Fig. 7**によると、 $R_2 \leq 100\text{k}\Omega$ まではほぼ推定通りであるが、 $R_2 > 100\text{k}\Omega$ では $(\omega C_2 R_2)^2 \ll 1$ の条件を満たしていないため $R_s - R_{s1}$ は点線より小さくなっている。

## 5. 測定方法の検討

### 5.1 抵抗素子の測定

抵抗素子 $R_2$ の測定は、**Fig. 5**に示すように、アルミ箔を電極として、LCRメータで測定した。

絶縁電線は仕上り外径約0.9mm、心線(7本のより線)外形約0.5mmの絶縁電線である。絶縁被覆上にアルミ箔を幅(d)5cmにわたって巻き、これを電極とした。測定周波数は100kHz、印加電圧( $V_0$ )は4Vで

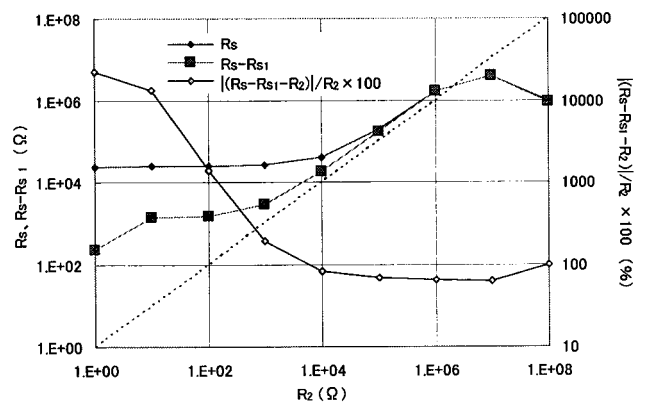


**Fig. 7** Numerical results of equation number (5), (8) at  $f=100\text{kHz}$ ,  $R_1=10\text{M}\Omega$ ,  $C_1=10\text{pF}$ , and  $C_2=3\text{pF}$ .  
計算例( $f=100\text{kHz}$ ,  $R_1=10\text{M}\Omega$ ,  $C_1=10\text{pF}$ ,  $C_2=3\text{pF}$ )

ある。

測定結果を**Fig. 8**に示す。また、**Fig. 8**には測定結果の他に、被測定抵抗 $R_2$ に対応する線(点線)および $R_2$ との差のパーセント( $(R_s - R_{s1} - R_2) / R_2 \times 100$ )も示してある。

**Fig. 8**の全体的な傾向は**Fig. 7**に示す傾向と同様であり、前述した測定原理が適用できることを示している。しかし、 $R_2 \leq 100\Omega$ では**Fig. 7**と異なり、点線から大きく離れている。これは被測定抵抗素子の両端を短絡した場合においても $R_s$ は約22.8k $\Omega$ ( $=R_{s1}$ )であることから、被測定抵抗素子が100 $\Omega$ 以下の場合、抵抗素子からの信号がノイズに対して相対的に小さくなることによる誤差と考えられる。



**Fig. 8** Correlation of measured value ( $R_s$ ,  $R_s - R_{s1}$ ,  $(R_s - R_{s1} - R_2) / R_2 \times 100$ ) with the value ( $R_2$ ) of resistance parts at  $f=100\text{kHz}$ ,  $V_0=4\text{V}$ , and  $d=5\text{cm}$ .  
抵抗素子を測定した場合の例 ( $f=100\text{kHz}$ ,  $V_0=4\text{V}$ ,  $d=5\text{cm}$ )

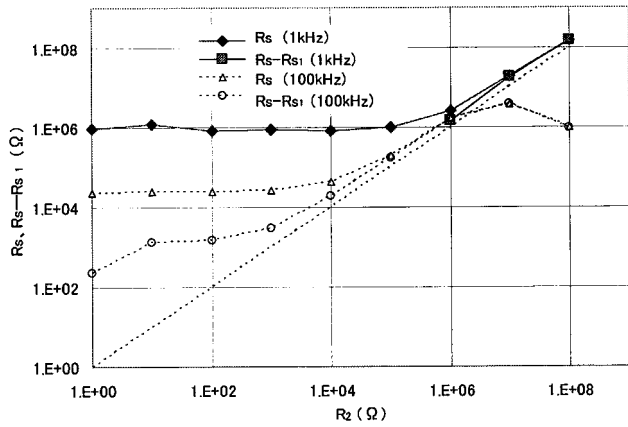


Fig. 9 Comparison of measured value at 1kHz with at 100kHz when the resistance parts are at  $V_0=4V$ ,  $d=5cm$ .  
測定周波数の影響 ( $f=1kHz$ ,  $V_0=4V$ ,  $d=5cm$ )

Fig. 8 によると、 $1\Omega \leq R_2 \leq 10^7\Omega$ において、 $R_2$ の増加に対して $R_s-R_{s1}$ は増加するという相関性があるが、 $10^7\Omega < R_2$ ではFig. 7と同様に、 $R_2$ の増加に対して減少をしており相関性がない。

一方、被測定抵抗との差は、 $R_2 \geq 10^3\Omega$ では200%以下であり、この範囲においては接触状態を検出できると考えられる。

5.2 測定に関係する要因

本手法において、接触抵抗の測定値 ( $R_s-R_{s1}$ ) に関する主な要因は、測定周波数  $f$ 、測定電圧  $V_0$ 、絶縁電線に巻くアルミ箔の幅  $d$  である。これらの要因について抵抗素子の場合を例に検討した。なお、Fig. 9 ~ 11には、比較のために、 $f=100kHz$ 、 $V_0=4V$ 、 $d=5cm$ の場合の $R_s$ 、 $R_s-R_{s1}$  (Fig. 8 参照) を点線で記入してある。

(測定周波数)

式 (4) からわかるように、周波数が低いほど分母が1に近づき、抵抗分圧の形で測定値が得られることになる。しかし、 $R_1 \gg R_2$ の場合、 $R_2$ の測定レベルに対してノイズが相対的に大きくなるため測定は困難になると考えられる。

Fig. 9 は測定周波数1kHzにおいて測定された $R_s$ 、 $R_s-R_{s1}$ を示している。 $R_2 \leq 10^6\Omega$ における $R_s$ 、 $R_s-R_{s1}$ はほぼ点線に近い値を示しているが、 $R_2 \leq 10^5\Omega$ では抵抗素子を短絡した場合の測定値 $R_{s1}$ が被測定抵抗素子を接続した場合の $R_s$ より大きく、 $R_s-R_{s1}$ が負となるため測定できていない。これは前述したように、周波数が低くなることによって絶縁被覆のインピーダンスが大きくなり、外部からのノイズが信号レベルを超えている

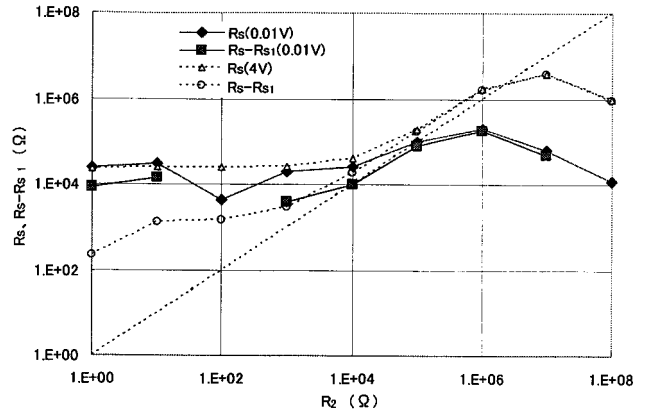


Fig. 10 Comparison of the measured value at 0.01V with 4V when the resistance parts are at  $f=100kHz$  and  $d=5cm$ .  
測定電圧の影響 ( $f=100kHz$ ,  $V_0=0.01V$ ,  $d=5cm$ )

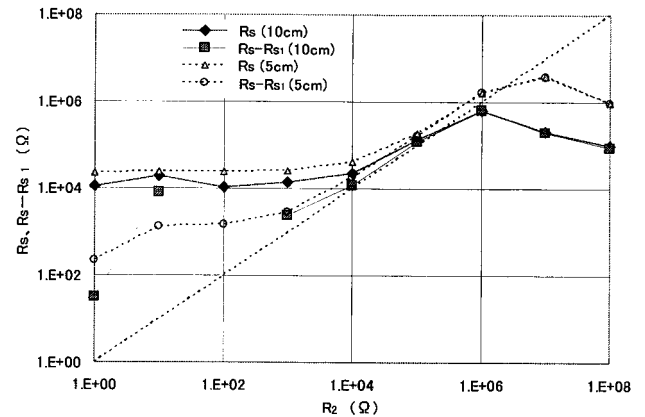


Fig. 11 Comparison of the measured value at 10cm with 5cm when the resistance parts are at  $f=100kHz$  and  $V_0=4V$ .  
アルミ箔の長さの影響 ( $f=100kHz$ ,  $V_0=4V$ ,  $d=10cm$ )

ことによると考えられる。

(測定電圧)

測定電圧が小さい場合、ノイズが相対的に大きくなり測定値が変動する。Fig.10は周波数100kHz、0.01Vの例であり、0.01Vでは、4Vの場合と比較して $R_s$ にばらつきが見られる。なお、 $R_2=10^3\Omega$ における $R_s-R_{s1}$ は負であったため記入していない。

(アルミ箔の幅)

絶縁電線に巻き付けてあるアルミ箔の幅が大きくなると絶縁電線のキャパシタンス成分 $C_1$ が増加し、式 (5) から推定できるように、絶縁被覆のインピーダンスが小さくなり、相対的に接触抵抗からの信号が大きくなる。このため測定値に及ぼすノイズの影響が減少し、より小さな接触抵抗まで測定が可能となる。Fig.11は10cmの例であり、5cmの場合と比較して低

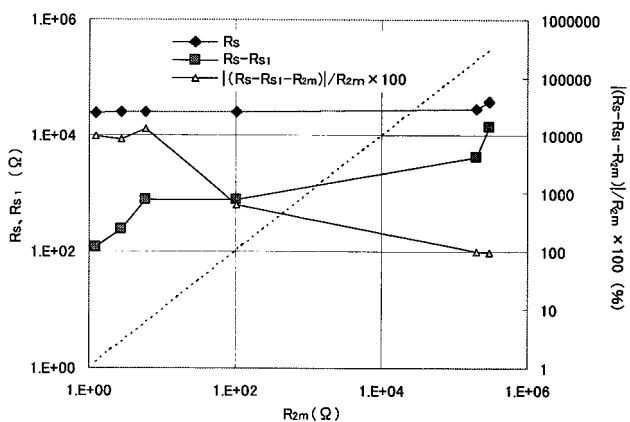


Fig. 12 Correlation of the measured resistance ( $R_s$ - $R_{s1}$ ) with the contact resistance ( $R_{2m}$ ) measured by milliohm meter on a jumper-type connector at  $f=1\text{kHz}$ ,  $V_0=4\text{V}$ , and  $d=5\text{cm}$ .

ジャンパコネクタの接触抵抗とミリオームメータによる測定値 ( $R_{2m}$ ) との相関性 ( $f=1\text{kHz}$ ,  $V_0=4\text{V}$ ,  $d=5\text{cm}$ )

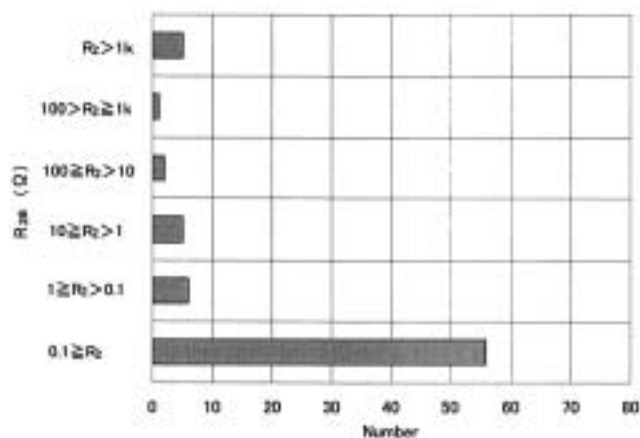


Fig. 13 The distribution of the contact resistance on a jumper-type connector accelerated aging  
加速劣化したジャンパコネクタの接触抵抗分布

い抵抗値まで相関性は良くなっている。しかし、 $100\ \Omega$  以下においては変動しており、Fig. 6 の等価回路において省略したインダクタンス等の影響を受けている可能性がある。なお、 $R_2=10^2\ \Omega$  における  $R_s-R_{s1}$  は負であったため記入していない。

### 6. ジャンパコネクタの接触抵抗の測定

結露サイクル試験実施後 (3.1参照), 雨水, 水道水, 精製水に24時間漬けた後, 室内に約2ヶ月間放置し, 更に劣化を加速した75個の試験片のうち, ミリオームメータによる測定で抵抗値  $R_{2m}$  が  $1\ \Omega$  を超えた13個の試験片から6個を選択し, 4.2と同様の方法により接触

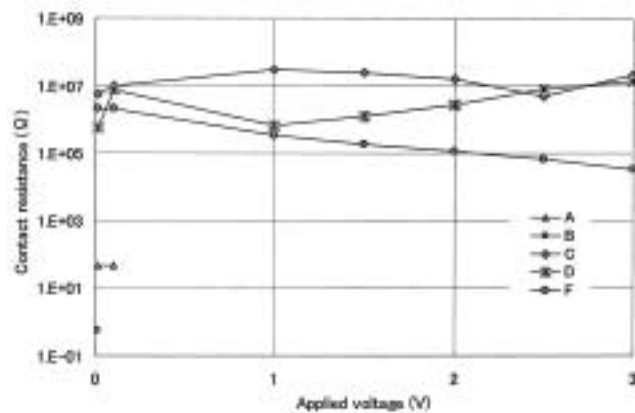


Fig. 14 Dependency of contact resistance on applied voltage when a jumper-typed connector is at  $1\text{kHz}$   
ジャンパコネクタの接触抵抗の測定電圧依存性 ( $f=1\text{kHz}$ )

抵抗を測定した。測定周波数は  $100\text{kHz}$ , 印加電圧は  $4\text{V}$  である。

Fig. 12は  $R_s$ ,  $R_s-R_{s1}$  および,  $R_{2m}$  に対応する線 (点線) および  $R_{2m}$  に対する差のパーセント ( $(R_s-R_{s1}-R_{2m})/R_{2m} \times 100$ ) を示してある。横軸  $R_{2m}$  はミリオームメータの測定値である。なお,  $100\text{k}\Omega$  を超えた2点の  $R_{2m}$  は測定器が有する測定確度の限界を超えているが LCRメータで同じオーダーにあることを確認してある。

Fig. 12に示すように, 全体的な傾向は Fig. 8 と同様であり, 前述した測定原理が適用できる。しかし, 測定値  $R_s$ ,  $R_s-R_{s1}$  は測定中に, また, 時間において測定した値に多少の変動が見られた。これは抵抗素子の場合と異なり, ノイズの影響の他, 劣化したコネクタの接触抵抗値自体が変動しやすいという接触抵抗の特性に起因するものと予想された<sup>8, 9)</sup>。一方,  $R_{2m} \geq 10^2\ \Omega$  での差は  $200\%$  以下であり, ある程度の確度で大きな接触抵抗の判断が可能であると考えられる。

### 7. 導電性不良検出の可能性

一般に, 接触抵抗増加による信号電圧の低下は障害の原因になるが, 信号電圧によって接触抵抗が回復する場合, 障害とはならない。

このようなことから, 劣化したコネクタの接触抵抗がどのような値に分布するか, 又, どの程度の電圧において回復するかを検討した。被試験片は Fig. 12 と同じく, 加速劣化実験に用いた75個のジャンパコネクタである。

試験したコネクタのうち, 大部分の接触抵抗は増加せず, Fig. 3 と同様の値であった。これは接触部の表面が金でメッキされていることにより, 酸化皮膜の形成等が抑制されたためと推定される。

**Fig.13**はこれらのコネクタの測定結果を示しており、62個の試験片は1オーム以下であり、1Ωを超えた試験片は13個であった。13個の試験片のうち、1kΩを超えた試験片は6個であった。

これらの試験片のうち、1Ωを超えた試験片について、測定電圧を変化させLCRメータで接触抵抗を測定した。その例を**Fig.14**に示す。なお、LCRメータの内部抵抗(約50Ω)のため、約100Ω以下の接触抵抗の場合、LCRメータの設定電圧が3Vであっても、**Fig.14**に示すようにコネクタには実質1V以下の電圧が印加されたことになる。

**Fig.14**によると、1kΩを超えた試験片は測定電圧を3Vまで上昇しても、その値は大きく減少しなかったのに対して100Ω以下の試験片では、電圧の設定値が高くなり、コネクタを流れる電流が増加すると、測定時間の経過とともに徐々に減少する傾向が見られた。これらのことから、ジャンパコネクタの場合、殆どが1Ω以下であり、また、1kΩを超えた場合、信号電圧によっても回復しないと推定されることから障害の状態を検出することが可能と考えられる。

一方、現在使用されている信号用回路は省エネルギー化が進んでおり、製品カタログ等によると信号を受ける入力回路のインピーダンスはかなり高いと考えられる。このため相対的に障害の原因となる接触抵抗も高くなると推測される。

障害原因の究明に必要なとされる測定範囲は必ずしも決まらないが、ジャンパコネクタのようなコネクタを想定すると、数kΩの接触抵抗を特定可能な本方法は、導電性不良による障害の原因を特定する有効な方法の1つになると考えられる。

なお、一般の回路においては、障害を発生する接触抵抗の値は入力回路のインピーダンスなど、回路の特性によって異なると考えられる。

## 8. あとがき

接触不良を予想される障害が発生した場合、その原因が接触不良によるか否かを検出する方法が必要になる。一般に、接触抵抗は振動、電圧を印加によって回復する場合があることから、接続部に振動を与えず、また、抜き差しせずに信号程度以下の電圧によって計測することが望ましい。

本研究において提案した手法は、接触部を含む絶縁電線にアルミ箔等で作成した電極に外部から高周波電圧を印加し、測定したインピーダンスの直列抵抗成分から接触抵抗を算出する手法である。この場合の測定回路は、簡単な等価回路に近似でき、解析的に解くことができる。

本報告では、まず、等価回路の解析解から接触抵抗の測定が可能であること、及び、接触抵抗を模擬した炭素皮膜の抵抗素子を用いて接触抵抗を測定し、解析結果と相関性があることを示した。更に、市販のジャンパコネクタ(ジャンパピンとジャンパリンク)を加速劣化させ、本方法による測定値とミリオームメータ(標準測定器に対応)による測定値との相関性を検討した。

本測定方法はミリオームメータによる測定値と相関性はあるものの約1kΩ以下については相関性は小さかった。これは、絶縁電線にアルミ箔を巻いて電極とする簡易的な手法で測定を実施したことが原因の1つとして考えられる。今後、測定周波数、測定電圧、絶縁電線に巻くアルミ箔の幅等の最適化を進めることにより、相関性は高くなると予想された。

また、導電性不良による障害の原因調査という観点から本手法について検討した。信号用回路は、それぞれの特性により障害となる接触抵抗の大きさは異なることから、必要な接触抵抗の測定範囲を明確に示すことはできない。しかし、接触状態を保ったまま測定可能という本測定方法の特長を考えると、導電性障害を検出する方法の一つとして有効な方法になると考えられる。

## 参考文献

- 1) 電気接点・接触現象総合資料集, 総合電子リサーチ(1983), 他.
- 2) Terutaka TAMAI, "Effect of the Shape of contact Surface on the Contact Resistance Property of Contaminated Surface", The Transactions of the IEICE, Vol.E71, No.4 April (1988).
- 3) 川崎・中村・松浦, 「自動車用コネクタの加速劣化試験についての一考察」, 矢崎技術レポート第21号(1997.5).
- 4) JIS C 5402-1992: 電子機器用コネクタ試験方法.
- 5) IEC 60512-2-1 First edition 2002-02 Connectors for electronic equipment - Test and measurements - Part 2-1: Electrical continuity and contact resistance tests - Test 2a: Contact resistance - Millivolt level method, IEC 512-2 Second edition (1985), 他.
- 6) Isabell Buresch, "Contact Resistance Measurements at Coatings on Copper Alloys after long-term Exposure", 19th International Conference on Electric Contact Phenomena, p163-167 (1998).



- 7) 今井 他, 「車載用新圧接コネクタの開発」, SEIテクニカルレビュー 第158号, p108 (2001).
- 8) Jonathan Swingler and John W.Bride, “Fretting Corrosion and the Reliability of Multi-contact Connector Terminal”, IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol.25, No.4, December (2002).
- 9) 中村國臣, 「電子デバイスの腐食試験法の一例 - 機械衝撃と腐食の複合環境試験方法 -」, 金属表面技術Vol.38, No.5 (1987).
- (平成17年 1月17日受理)