

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)

2016. 09. 26

トミー・マック

1. はじめに

おもちゃを数多く修理すると、種類(自動車、機関車、ぬいぐるみ、絵本、楽器など)や構造(機械的なもの、電気的なもの、ぬいぐるみなど)などにより、おもちゃ共通の故障、種類共通の故障、構造共通の故障など、典型的とも言える故障がほとんどで、これらの故障が修理できれば、ほとんどのおもちゃを修理できると言っても過言でなく、おもちゃドクターとして習得しなければならない必須の修理の項目です。

2. 症状・原因(推定)・検査法・修理法(対処法)

(1) 電池の容量不足により正しく動作しない

症状 正しく動作しない

モータを使ったおもちゃですと、回転が遅くなったり、止まったりします。音の出るおもちゃだと、音が小さくなるとか、歪んだ音になることもあります。またマイコンICが入っている場合は、音がおかしくなったり、動作が不安定になります。

原因(推定) 1 電池の消耗・入れっぱなしなど

・電池の消耗

電池を使うと消耗します。

余談

良くある話で、おもちゃ修理依頼の際に、「新しい電池に交換しても動かないです。」と依頼者がありますが、それは「別の電池に・・・」と解釈した方が良いでしょう。新しいといっても単に予備の電池で、使用履歴も分からない消耗した古い電池の場合もあります。100均の電池で、運悪く購入時から不良品だったことも希にあります。

おもちゃ修理する前に、電池をチェックすることが基本です。

・電池の入れっぱなし

おもちゃを使い終わった後、電源スイッチを

切っても、電池は**少しずつ放電**しています。放電すると、**電池消耗**と同じ故障状態になります。

・電源スイッチがない

電源スイッチのないおもちゃもあります。

動作させなくても、常に内部の回路に電流が流れ、**電池は少しずつ放電**しています。

・電池の長期保存

電池単品の保管状態でも、**自然放電**します。

検査法 1-1

バッテリーチェッカーで、良否の判定をします。

100均

例：東芝製(TBC-30)



バッテリーチェッカーには色々な方式があり、100均のアナログ電流計方式のものは、電池から負荷抵抗に電流を流し、その電流を**電池消耗の目安目盛り**がついたアナログ電流計で表示します。**電子方式**のものは、電池から負荷抵抗に電流を流すのは同じですが、電池消耗を**LEDの色やLEDで投影した文字**で表示します。

余談

例に挙げた東芝のTBC-30は電子式で、電池の消耗を「使えます」・「少し使えます」・「使えません」の3段階で判定してくれます。

この判定のため、リチウム電池(CR2032)を使っています。従って、このリチウム電池が消耗すると、電池の消耗を正しく判定してくれません。

では、このリチウム電池の消耗を、「何時どう

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)

やって判定するの？」と悩みます。

もし「使えません」ばかりの判定になるようでしたら、**リチウム電池の消耗を疑ってください。**

検査法 1-2

電池の両端の電圧を、テスターの直流電圧レンジで測定できますが、その電圧は**負荷抵抗がない状態、すなわちほとんど電流を流していない値**ですので、**電池消耗の判定を正しくできません。**

例えば、単1形から単5形までの電池で、測定した電圧が低すぎる**1.2 V**以下であれば、消耗していると判定はできますが、もし高めの**1.5 V**であっても、消耗が少ないとは判定できません。

余談

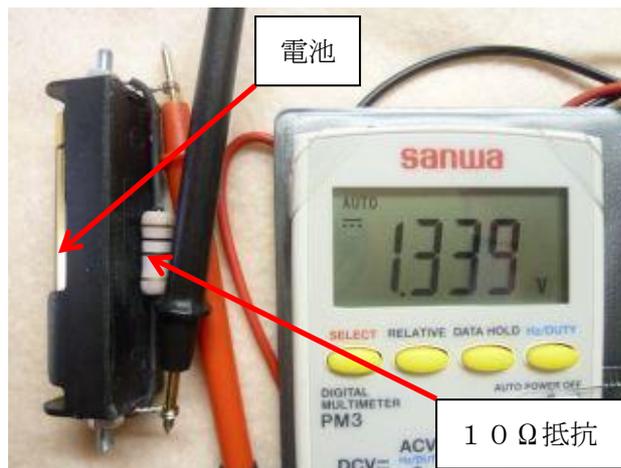
電池の本来の起電力を E (V) とし、実際に出力される両電極の端子電圧を V (V) とし、内部抵抗(出力インピーダンス)を r (Ω) と仮定します。電流を流していないと $V = E$ ですが、電流 I (A) を流すとオームの法則によって、内部抵抗 r で電圧降下し、 $V = E - (r \times I)$ となって、出力される V は、 E より低くなります。

言い方を変えると「**電池が消耗すると、起電力はほとんど変わらないが、内部抵抗が増加して両端電圧が下がる。**」と言うことです。

しかし、テスターで電圧を測る際、測定端子間の内部抵抗(入力インピーダンス)を介して測ります。その内部抵抗は一般にアナログテスターで約 $1\text{ M}\Omega$ 、デジタルテスターで $10\text{ M}\Omega$ 以上です。

この値が電池の内部抵抗と比較して大き過ぎ、測定する電池に少ない電流しか流れないことが、正確に電池消耗を判定できない所以です。

より正確に判定するには、電池に**負荷抵抗 (10 Ω)** を直列に接続し、電池の両端の電圧を、テスターで測り、**1.6 V** であれば新品同様、**1.5 V** で少し使った状態、**1.2 V** でほぼ消耗状態と**判定**できます。



余談

電池が使えるかどうかは、テスターで測った電圧だけでは判定できません。**あくまで目安**です。

と言うのも、負荷 $10\ \Omega$ はあくまで仮想的な負荷抵抗で、これは 150 mA 流した状態で 1.5 V になる抵抗値です。**モータを使ったおもちゃ**には実際もっと多くの電流が流れ、電池の電圧は**もっと下がります**。

ですから、仮に 1.5 V の測定値を示しても、正常に動作するかどうかは分かりません。

しかも厄介なことに、おもちゃに使われている**マイコン IC (COB)** に**最低動作電源電圧**があり、仮に負荷 $10\ \Omega$ で測定した 1.4 V の電圧の電池を、3個使って計算上 4.2 V であっても、もし最低動作電源電圧が 4.5 V であれば、マイコン IC が**正常に働かない**こともあります。

そのため、テスターで消耗が少ないと判定し、原因を探るため、すべてを分解したが、結局分からず、原点に戻り電池を新品にしたら、正常に動作したと言う、笑い話では済まされないことを一度ならず経験します。

対処法 1

新しい電池に交換するしかありません。

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)

原因(推定) 2 電池の種類の影響

おもちゃによって電池の種類、例えばマンガン乾電池やアルカリ乾電池や充電電池などは、影響を与えます。

・マンガン乾電池は値段が安いのが特徴です。しかし、蓄えられる電気エネルギーがアルカリ乾電池などと比べ少ないので、**モータなど大電力を使うおもちゃは短時間に消耗**します。むしろ、微小な電力を使う時計やリモコンに適しています。

電池単品をテスターで電圧を測ると、負荷がない状態で高い電圧を示しても、負荷をかけると電圧が下がるのが特徴です。電池の良否は負荷をかけて測るか、**バッテリーチェッカー** (負荷が付いている) で測って判定してください。

余談

マンガン乾電池は安いですが、使用できるおもちゃが限定されます。むしろ最近100均でも売られている、アルカリ乾電池の使用を勧めます。

・充電電池 (ニッケル水素電池) は充電できるので、ランニングコストが安いのが特徴です。

アルカリ電池の公称電圧が1.5Vに比べ、**充電電池は1.2V**です。従って**最初から電圧が低い**ので、使い始めは問題なくても、比較的早い期間で電圧が下がり、モータに力がなくなり、ベルトの回転が遅くなる不具合になります。

モータなどの大電力を使わない、楽器などに適しています。

余談

充電電池は繰り返し使えて経済的ですが、これも使用できるおもちゃが限定されますので、100均でも売られている、アルカリ乾電池の使用を勧めます。

検査法 2

目視で、乾電池の種類を確認します。

対処法 2

モータなど大電力を使う場合は、電池をアルカリ乾電池に変えれば、長く使えます。

原因(推定) 3 電池のサイズの影響

電池のサイズを表す単1形～単5形などは、番号が大きいほど容量が小さいです。ボタン電池はさらに小さいです。

電池の消耗の目安は、おもちゃの電気部品構成や遊び方により変わるので、**大きな電力を消費するものや、長時間連続で使用するものは、概して消耗が早いです。**

余談

スティックやタクト、おもちゃ携帯電話など形状的制約で小型化や薄型化したものに、**単4形乾電池やボタン電池**を使っていることがあり、その場合消耗が早いです。

従って、電池が思いのほか早く消耗するので、故障と思われることが多いです。

検査法 3

目視で、乾電池のサイズを確認します。

対処法 3

連続して使わず小刻みに使えば、少しは寿命が延びます。

(2) 電池の液漏れ

症状 1 電池の液漏れ

修理に持って来られたおもちゃの電池ふたを開けると、アルカリ乾電池が液漏れし、「**-**」**電極付近が白い粉**で覆われていることがあります。

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)



マンガン乾電池の場合、漏れた電解液は無色ですが、電池端子の銅成分で緑青色や、スプリング電池端子の鉄成分で赤茶色の水溶液です。



余談

液漏れの際にでてくる液体は、乾電池の中の「電解液」であり、アルカリ乾電池の場合は水酸化カリウムで、強いアルカリ性です。

その液漏れした電解液が、空気中の二酸化炭素と反応して結晶化します。結晶化した白い粉は、強アルカリ性で水溶性のため、汗や水分で溶けます。皮膚に付着したまま放置すれば、化学やけどを起こす場合があります。

また、粉が目に入った場合は失明する危険性もあります。

因みにマンガン乾電池の電解液は、塩化亜鉛の水溶液で弱酸性です。身体に対してはアルカリ乾電池の水酸化カリウムより影響は少ないです。

原因(推定) 1 使用後・未使用電池の液漏れ

・使用後の液漏れ

使い終わったおもちゃを、電源スイッチをオン状態にしたまま放置すると、微小な電流が流れ電池内部で化学反応が起きます。長期間放置すると内部のガスが放出され、液漏れが発生することがあります。

また、電源スイッチをオフ状態や電源スイッチのないものでも、少ないですが電流が流れ続け、長期間の放置で電池内部の化学反応が起きて、液漏れが発生することもあります。

余談

永い間押し入れや倉庫に保管されたおもちゃで、外見(樹脂の変色、金属の錆、傷など)から見て古いものは、ほとんどが電池の液漏れをしています。

人間は外見では判断できませんが、おもちゃは別です。

・未使用電池(単品)の液漏れ

まれに、長期保管や外部要因(落下などによる変形、高温・多湿などの悪条件、錆・外部ショートなど)でも、液漏れが発生する場合があります。

検査法 1

目視で、漏れた電解液や白い粉を確認します。

対処法 1

電解液や白い粉の付いた電池に直接触れず、乾電池を廃棄します。

症状 2 電池端子への液漏れ

また、電池端子にもアルカリ乾電池の液漏れによる電解液や、結晶化した白い粉が付着します。

さらに、電池端子が腐食して接触不良になっています。

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)



原因(推定) 2 電池の液漏れ

電池の液漏れによるものです。

検査法 2

目視で、漏れた電解液や白い粉および錆を確認します。

電池端子の導通も測ります。

(錆びていれば、既に導通はありません。)

余談

電池の液漏れして時間が経つと、電池端子はバネ性や剛性が無くなり、ひどい場合は電池端子の影も形もなくなることもあります。

対処法 2

電池端子がバネ性や剛性を失っている場合は、新しい電池端子と交換します。

電解液や白い粉の付いた電池端子や周辺を、綿棒やウエスにアルコールを付け、表面を拭き取ります。

また、電池端子が接触不良になっていることが多いので、下記のようにリユーター®の先端に小さな研磨砥石を装着し、錆を研磨して取り去ります。



(3) 電池端子の接触不良 (腐食、変形)

症状 1 電池端子の腐食

赤茶色・こげ茶色・緑青色の錆が見え、接触不良になっています。



原因(推定) 1 電池入れたまま放置

良くあるのは、電池を入れたまま長期間放置し、その結果、電池が液漏れ、その電解液で電池端子が腐食して、接触不良になります。

余談

一般に電池端子の板状の「+極」や「-極」は、黄銅を成形加工し、ニッケルメッキをしています。スプリング状の「-極」は 鉄線にニッケルメッ

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)

キ、他にりん青銅にニッケルメッキやステンレスにニッケルメッキしたものもあります。

ニッケルメッキが錆びると **こげ茶色**で、鉄は**赤茶色**の錆、黄銅やりん青銅まで錆びると**緑青色**になります。

電池を入れていなくても、長期間経てば電池端子の薄いメッキ層やメッキ不良の箇所や傷の表面が、**空気に触れて電池端子が腐食**してしまいます。その結果、接触不良になります。

検査法 1

目視で、赤茶色・こげ茶色・緑青色の錆や、乾いた電解液を確認します。

修理法 1

リューター®の先端に小さな研磨砥石を装着し、錆を**研磨**して取り去ります。



- ・研磨した粉や、電池端子周辺の乾いた電解液や白い粉を、綿棒やウエスにアルコールを付け、表面を拭き取ります。

症状 2 電池端子の変形

L字形やスプリング状の「一極」電池端子の**バネ性がなくなり**、電池端子との**接圧が低く**なって接触不良になることがあります。

原因(推定) 2 電池の液漏れによる腐食

L字形やスプリング状の「一極」電池端子の劣化や、液漏れにより電池端子が**腐食**され、**バネ性を失う**ことがあります、最悪の場合は折れてしまうことすらあります。

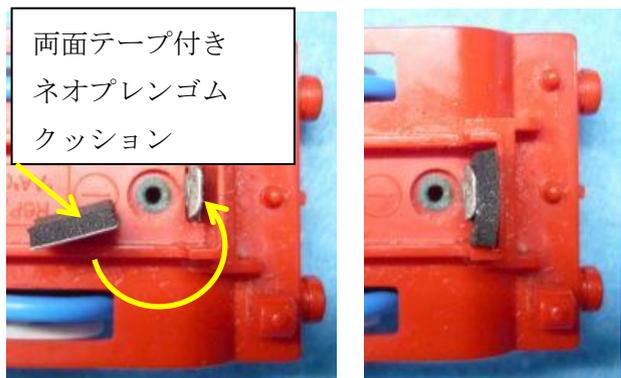


検査法 2

目視で、変色や、手で押さえてバネ性を確認します。

修理法 2

手で押して折れなければ、約 3 mm の両面テープ付きネオプレンゴムクッションを、電池端子と電池ケースの間に入れて固定します。



症状 3 電池と電池端子の隙間

珍しい例として、電池ケースの電池の胴幅寸法が小さすぎ、電池を挿入すると電池の胴が電池ケースに当たってつかえ、スプリング状の「一極」電池端子が電池を押し切れず、電池の「+極」が「+極」電池端子に当たらない故障もありました。

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)



原因(推定) 3 設計

設計ミスとしか言いようがありません。

検査法 3

目視で、隙間を診ます。

修理法 3

構造的なもので修理しようがなく、電池挿入時に手で押して、「+極」電池端子に接触させます。

(4) 半田外れ (半田不良・腐食・引張りや振動)

症状 1 半田外れ

半田不良になる箇所により、症状が異なります。例えば、スピーカーのリード線の半田不良であれば、音は鳴りません。モータのリード線の半田不良であれば、回転しません。電池端子のリード線の半田不良であれば、全く動作しません。マイコン IC に繋がるプリント基板へのリード線の半田不良であれば、症状はもっと複雑です。

原因(推定) 1 製造時の不良

製造時の不良で、少なすぎる半田量や、半田温度や半田付け時間の不足による、イモ付け半田・トンネル半田・ブリッジショートなどが考えられます。

検査法 1

目視しますが、半田の形や半田の色など、慣れていないと見つけられないです。

修理法 1

半田のやり直し。

症状 2 リード線の断線

半田外れたリード線により、症状が異なります。その症状は(4-1)半田不良と同じです。

原因(推定) 2-1 ヤニ (フラックス) の影響

ヤニ入り半田での手半田では、半田後にフラックスが残り、そのフラックスの活性剤がイオン化して、リード線の銅や半田を腐食します。長期間経過するとリード線が断線することがあります。

検査法 2-1

リード線が完全に腐食した場合は、リード線が切れています。

目視でリード線の腐食の有無を診ますが、疑わしい場合は、手で引っ張って切れないかを試します。

修理法 2-1

リード線が腐食している場合は、外被を剥がし、銅の撚り線表面の錆を、カッターなどで削り取ります。その後半田します。

原因(推定) 2-2 電池の液漏れの影響

また、電池が液漏れし、その電解液が電池端子に付着し、電池端子の裏面のリード線半田部まで浸透することがあります。その場合リード線の撚り線の銅が腐食し、長期間経過して断線することになります。更にはその腐食が、リード線の奥へ奥へと進行します。

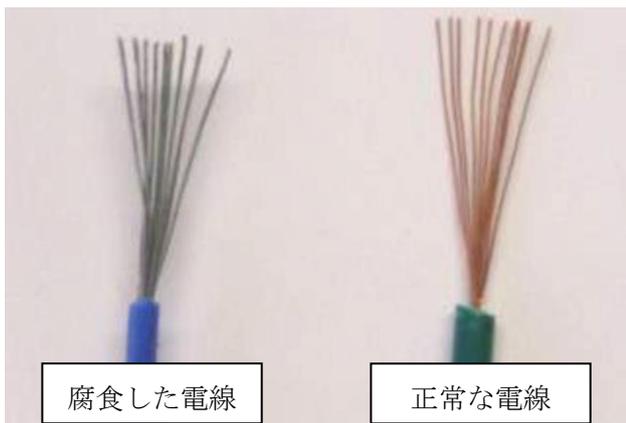
故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)

検査法 2-2

目視します。リード線の撚り線の**錆びた銅は、表面が緑青色**になっています。

余談

リード線の撚り線の銅の電解液での腐食は、思いのほか強く、外被を剥いて銅の腐食を確かめるも、切っても切っても奥まで浸透しています。



修理法 2-2

リード線が腐食している場合は、外被を剥がし、銅の撚り線表面の**錆を、カッターなどで削り取り**ます。その後**半田**します。

しかし、リード線の銅の撚り線の錆は、深くまで(長さ方向に)浸透して錆びていますので、**新たなリード線に変えた方が賢明**です。

症状 3 引っ張りや振動・衝撃での半田外れ

半田外れしたリード線により、**症状が異なります**。その症状は(4-1)半田不良による半田外れと同じです。

原因(推定) 3-1 可動部の引き回しの影響

可動する部分に引き回されたリード線は、可動する度に力が加わり、部品との接続部である半田付け部にも力が伝わって、**半田外れ**をすることがあります。

原因(推定) 3-2 振動・衝撃の影響

また、リード線を半田付けされた**部品が振動したり、振動が加わると**、半田付け部にも振動や衝撃が加わり、それが繰り返されて、**半田外れ**をすることがあります。

検査法 3

半田が完全に外れている場合は、分かり易いですが、リード線が切れ半田部で不安定に接触している場合は、見つけ難いです。リード線を手で動かして分かる場合もあります。

修理法 3

リード線が半田外れした場合、新たにリード線の外被を剥き、銅線を振って**予備半田**をしてから**半田付け**します。

また、可動部へ引き回されたり、振動や衝撃が加わる部品と半田されるリード線は、**近くにホットメルトや接着剤ボンド(G17)**で、周囲の外殻などに**固定**して動かなくします。

(5) リード線の断線

症状 リード線の断線

断線したリード線により、**症状が異なります**。その症状は(4-1)半田不良による半田外れと似ています。

原因(推定) 1 可動部の引き回しの影響

可動する部分に引き回されたリード線は、可動する度に力が加わり、リード線に力が加わって**断線**することがあります。

検査法 1

完全に断線していれば、外れています。故障の症状から、断線が予想されるリード線の**導通を、テスターで測り**ます。

故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)

修理法 1

- ・リード線の途中断線で可動部にリード線を引き回す時、長さの余裕を確認し、余裕がなければリード線を交換します。
- ・半田付け部が断線した時、新たに外被を剥き銅線を振って予備半田をしてから半田付けします。
- ・また可動部に引き回すリード線の両端を、ホットメルトや接着剤ボンド (G 1 7) で、周囲の外殻などに固定すれば完璧です。

原因(推定) 2 振動・衝撃などによる影響

リード線を半田付けされた部品が振動したり、衝撃が加わると、部品のリード線引き出し部にも力が加わり、それが繰り返されて断線します。

検査法 2

完全に断線していれば、外れています。

故障の症状から、断線が予想されるリード線の導通を、テスターで測ります。

修理法 2

- ・リード線の途中断線で、振動や衝撃が加わる部品をリード線で引き回す時、長さの余裕を確認し、余裕がなければリード線を交換します。
- ・半田付け部が断線した時、新たに外被を剥き銅線を振って予備半田をしてから半田付けします。
- ・振動や衝撃が加わる部品とリード線が、一緒に同じ動きをするように、ホットメルトや接着剤ボンド (G 1 7) で、周囲の外殻などに固定します。

原因(推定) 3 屈曲による影響

マウスやマイクのように本体から外に引き出されるケーブルも、何回も屈曲するうちに断線するケースも見受けられます。

検査法 3

外部への引き出したケーブルの一部断線は、ケーブル外被がかぶっているため、目視では解りません。ケーブルの両端の各リード線の接続部 (半田付け部) を、一本ずつテスターで導通検査をして、断線を見つけます。

修理法 3

外部に引き出されているケーブルの芯線が1本でも断線していれば、ケーブルを交換します。

そして、引き出し部に位置するケーブルの外被に、屈曲対策として収縮チューブなどで補強すると、少しは改良されます。

(6) スライドスイッチの導通不良

症状 スイッチの動作不良

電源スイッチや機能スイッチのスライドスイッチの導通が無くなり、電源が入らなかつたり、おもちゃの機能が働かなくなります。

原因(推定) 腐食・冠水・変形の影響

...(a) 導通板や接触端子の腐食

スライドスイッチの導通板や接触端子が、長期に使わないで放置した場合、腐食して導通不良になります。

...(b) 液体の冠水

おもちゃに牛乳やジュースなどの液体をこぼし、スライドスイッチが冠水した場合、おもちゃ表面を拭き取っても、スライドスイッチ内部まで浸透してしまい、短期あるいは長期で、導通板や接触端子が腐食して、導通不良になることがあります。

...(c) 衝撃による変形

また、スライドスイッチのつまみに、おもちゃの落下や乱暴な扱いで強い力が加わり、導通板や接触端子が変形して、接触不良になることもあります。

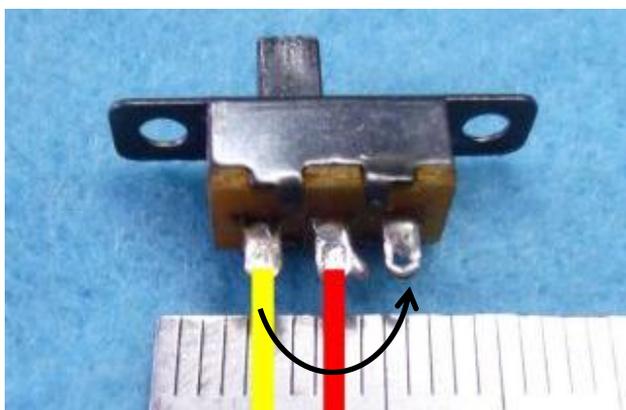
故障の典型的な症例と修理法 1 (電池を使ったおもちゃ)

検査法

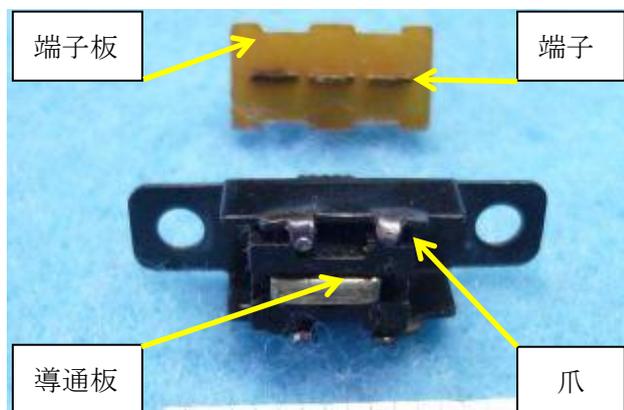
スライドスイッチのつまみを動かし、導通するべき端子間をテスターで測ります。

修理法

- まず手始めに、スライドスイッチの内部に、**接点復活剤を吹きかけ**、10回程度つまみをスライドさせて、接点を復活させます。
- 電源オン/オフだけのリード線が2本の場合、使っていないスライドスイッチの**反対端子に半田付けを変えれば**、導通不良が無くなる場合があります。



- スライドスイッチの構造を知っていれば、ケースの爪4カ所を起こし、端子板を外して導通板や端子を露出させ、錆びていれば**研磨して錆を落とし**、**接点に変形していれば修正**して治せます。



余談

スライドスイッチの構造には色々なものがあり、

内部の導通板の形状やコイルバネ・板バネなどを使用したものもあり、**構造知識がない限り、分解修理はお奨めしません。**

5. あとがき

(1) おもちゃの修理に関して

「おもちゃドクター入門」に、おもちゃ毎に分解方法・症状・原因・対策を整理して書かれています。おもちゃの数が多く、ページ数にも限りがあるので、概略しか書かれていません。

修理に際して見開いても、具体的な説明や事例がないので、余程の知識や経験がない限り参考になりません。

また、インターネット上の各地のおもちゃ病院のホームページに、おもちゃ修理の記録が載っています。これは知識や経験のあるベテランドクターが書いていますので、専門的にかつ簡潔に書いてあります。

それを見て修理できれば良いのですが、肝心の「どの箇所を?どんな検査をして?どんな工具を使い?どんな材料や接着剤で?」など具体的なところが、おもちゃの修理の経験が少ないドクターには分かり難いです。

(2) 「おもちゃ病院 修理のヒント」は

個々の壊れたおもちゃを切り口に、修理法が書かれています。従って、同じような故障の症状が重複して書かれています。

新たなおもちゃの修理に当たり、参考にするために故障の症状から修理法を探そうとしても、あちこちに書かれていますので探し難いです。

(3) そこで今回

出来るだけ分かり易く理解できるように、**故障の症状を切り口**にして、故障の症状・原因(推定)・検査法(調べ方)・修理法(対処法)を、写真やイラストを使い、技術的な説明も易しく書いたつもりです。

終わり