

# ガリオームに悩むかたへ！

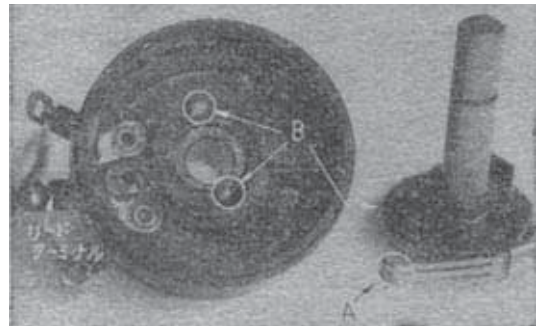
## 接触雑音の正体とその除きかた

雑音にはいろいろの種類のものであり、現在の段階ではやむをえないと思われるものと、ちょっと気をつければ取除くことの出来るものがある。前者には空電その他の気象によるもの、真空管の内部雑音、抵抗体自身の持つ雑音などがあり、後者には、たとえばボリューム・コントロール、ロータリー・スイッチ、ハンダ付け不良などの接触関係のもの、ボイス・コイルの変形などの機械的原因によるものなどがある、このうちアマチュアが自ら手を下して直しうるものを除くと、結局、スイッチ類のいわゆる<sup>すべ</sup>にり接触による雑音が大きな問題として残ってくる。

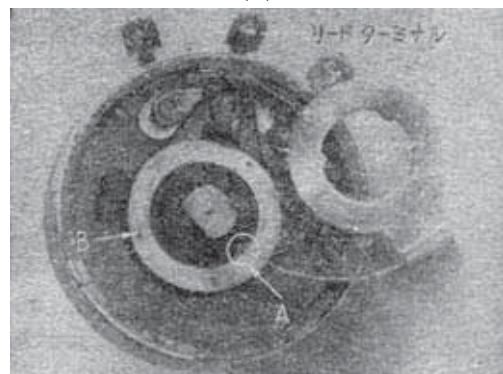
これらの改良はメーカーの協力なくしては出来ないことではあるが、決して現在の技術で致し方ないというものではない。次にこのような雑音に対して考察と対策を考えてみよう。

### 1. 雑音はどこから出るか？

いま例をボリューム・コントロールにとってみよう。市販のものは大抵第1図のような構造になっていて、<sup>すべ</sup>にり接触をする部分は、炭素抵抗体と接触片との接触部 A と、接触片とリード・リンクとの接触点 B との二つを有する。A の接触圧は小さく、B のそれは比較的大きいので、一般にボリューム・コントロールが雑音を出しはじめると、その責任は A の方



(a)



(b)

第1図 ボリューム・コントロールの一般の形に掛けられやすい。ところが実際に雑音発生の原因を調べてみると、90%まではBのところを出しているのである。これは、はなはだ奇妙に思われるが、接触ということの理屈を考えると、逆に誠にもっともなことになるから奇妙である。

ただし、ここでいう雑音は字で書いてみれば「ガリガリ」型のもので、「サーッ」という型のもの言うのではない。

「サーッ」という型のもは、難かしくいえば、雑音のスペクトルがガウス分布をするもので、抵抗体自体が持っているものである。

そこでなぜ強く接触している金属対金属の接触点<sup>が</sup>雑音を出し、弱い接触をしている炭素対金属の接触点<sup>が</sup>音を出さないのか？ の表現は正確ではないが、とにかく一応このことを考えてみる。

## 2. 接触と雑音の関係

金属の表面は、どんなに研磨しても、なお顕微鏡的には小さい凹凸が残っているので、この表面を二つ接触させるときに、本当に接触する部分は、見掛けの接触面積に比べるとずっと小さい。実際の製品では、表面は大体ロールしたままの状態であるし、また埃<sup>ほこり</sup>などが表面にあるために、この真の後接触点は予想外に少ない。

したがって、あるバネ圧で接触片同士が押しつけられると、この真の接触点に掛かる圧力は、単位面積に換算すると非常に大きなものとなり、金属の機械的強さの限界 降伏点以上になる。

つまりここでは、両金属はちょうど粘土をくっつけたように、おたがいにべったりくっついてしまっているのである。接触圧を大きくすると、真の接触点の数が増えて行くが、ある程度増えて真の接触面積が大きくなると、一つ一つの点にかかる圧力が小さくなるので、このような粘土式のくっつき方はしなくなる。そこで、金属が空気中にある時には、それが貴金属でない限り、常に薄い酸化物が表面に出来ていると考えてよいから、結果として接触が良いということは、一つには、上のような粘土式附着をする真の接触点の数が多いということであり、もう一つは出来るだけ酸化物被膜が破れやすいということである。

もっとはっきりいえば、なるべく軟い貴金属が一番接触がよいのである。ところが困ったことがある。このように粘土式にへばりついた部分は、これをたがいに<sup>すべ</sup>にらせる <sup>すべ</sup>にり接触である以上仕方がない と、ここで当然破壊がおき、したがって「金属面が荒れてくる」。もう一つ、破壊の際に非常に大きな「熱を出す」のである。

このようなことは、何も軟い金属に限らず、銅合金や鉄鋼でも生ずる。第2図は、

鋼の接触子で銅の表面を1回摩擦したときの銅の表面で、垂直方向が10倍に拡大されている。

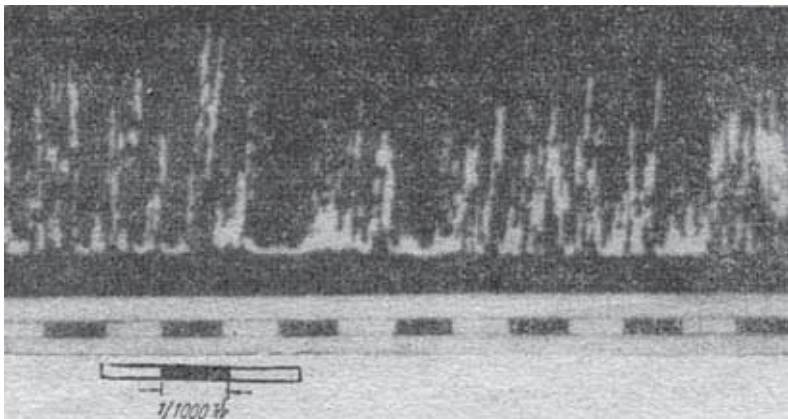


第2図 銅と鋼の摩擦による銅の破損  
(縦の長さは横の長さの10倍にしてある)

また第3図は銅とコンスタントンとを摩擦させたときの接触点における発熱で、この場合の例では数1000サイクルで瞬間値約 $1000^{\circ}\text{C}$ を示している。このような発熱が非常に小さい部分で生ずるとすると、その部分の金属は当然融けるから、もし接触片が卑金属であると、その「酸化物が出来る」。摩擦した金属面に黒い汚れが出るのは、この酸化物である。

さて、上にカッコを付けたことが、それぞれ雑音の原因になることはすぐわかれると思う。つまり、金属面が荒れてくれば、摺動<sup>しゅうどう</sup>の動作中に接触片は数々の山や谷を通るので、そのつど接触の良さが変る。また接触部分で発熱があれば对接する金属が異なる限り、熱起電力が生じ、特にその部分に増幅部が続く場合には、大きな雑音となる。さらに酸化物が接触点に出来ると、酸化物は大抵絶縁物か半導体なので、結果的には表面がデコボコになったのと同じである。

もっとも酸化物が非常に細かいと、雑音は「ガリガリ」型よりも、むしろ「ジー・ジー」型になり、とくに周波数の大きい方で大きくなる。



第3図 銅とコンスタントンとの摩擦による瞬間発熱のオッシログラム

### 3. 酸化物の効用

このように接触点に発生する酸化物は、一般に雑音の原因となるので、好ましくないのであるが、逆に酸化物の微細粉末は、磨耗面の小さな凸凹を埋めて表面を滑かにするため、磨耗を著しく減少させるのに重要な役割をする。したがって<sup>すべ</sup>りに接触をする部分の材料に細かい酸化物を生ずるような特性を持たせれば、その酸化物の性質によっては、逆に総合特性として雑音の少ないものを作ることが出来る。酸化物の粉末が、ある程度細かくなると、これらは金属の表面を一様に掩って、実際の接触の各瞬間は各粉末間に相互移動を生じ、接触の仕方は一様になる。ただし、このとき接触抵抗は多少大きくなることは避けられない。

酸化物の代りに炭素の粉末を置き換えたときも全く同じ事情となるので、前に述べたように、炭素被膜と金属の接触は案外一様なのである。もちろんこの時、炭素被膜を構成する炭素粒は小さくて丸いほどよいが、都合のよいことに、炭素は非常に粉末になりやすく、直径  $10^{-5}$ cm くらいの小さな粒にまでなるので、この点はあまり気を使わなくてよい。

注意すべきことは接触抵抗が小さいということと、雑音を出さないということは、上に述べたとおり互いに独立のことであるから、接触抵抗が多少大きくても一定の値を持つという特性が要求されるべきである。

### 4. そこで市販の部品をみると

第1図のBの接点で雑音が出る理由は以上で明らかになったと思うが、それでは当面の問題である、いわゆる「ガリオーム」はどうか？ これらのポリウム・コントロールの構造はすべて大同小異で、接触圧がいろいろである以外、少くとも接触という点に関しては、ほとんど改良に苦心したあとはみられない。すなわちリード・リングも、ワイパー・リングも、すべて燐青銅のニッケル・メッキである。高級品のうちには、銀メッキを用いたものもあるが、その効果があるかどうか疑わしい。いずれのメッキでも、一方のリングを他のリングの突起点が接触するようになっていて、例外なしに、突起点の方のメッキは取れてしまって、燐青銅素地が現われている。

ニッケル・メッキ自体は硬くて摩擦に強いのであるが、ニッケル同士を、いわゆる乾燥摩擦(油を使わない摩擦)をさせると、融着を起して、はなはだしく肌を荒らす。そのため多数のポリウムでは、ここに油がついているが、この油はよ

ほど注意しないと、ポリメリゼーションを生じて硬化し、雑音の原因になる。油の使い方は後に述べる。さて突起点のニッケル・メッキが剥げてしまうと、接触はニッケル対燐青銅となり、磨耗は著しく減って肌は滑かになる。このことは好ましいことではあるが、ここに起きているのは酸化磨耗であって、電気的には接触抵抗を増すことと、抵抗変化が大きい点と、もう一つ、銅とニッケル間の熱起電力が非常に大きい点で、必ずしも良いことではない。

熱起電力は大した問題ではなさそうであるが、前に述べた瞬間発熱が  $1000^{\circ}\text{C}$  ぐらいにもなるので、特に初段に使ったボリウムなどでは、重大な雑音原因となる。この点は銀メッキでも同様であるが、銀とニッケルとの磨耗、接触抵抗はニッケル対ニッケルの場合よりは合理的である。ただし銀対銀はニッケル対ニッケルよりはるかに弱いことは注意すべきである。

## 5. ガリオームを修理する

ガリオームとなったボリウム・コントロールは、速かに廃棄されると思うが、簡単に直るものはなるべく修理した方が、やり方によっては新しいものを求めるより信頼出来る。

それにはまず発生している雑音を聞き分ける。シャフトを回転しなくても出る雑音に大体2種類あって、「サー」と弱いのが、連続的な音を出しているものは炭素抵抗体の不良、劣化で、手の施しようはあっても面倒だからよした方がよい。「プリプリ、シーツ」といっているようなものは、接点部分に細かい酸化物がベッタリくっついて（肉限ではそうは見えないが）いるものであるから、金属対金属接触面をベンジン等でよく拭きとり、ここにシリコン油またはシリコン・グリースを添付する。ただしこの付け方は次のようにする。

まず布片に油をつけて、これを $\dot{\text{も}}\dot{\text{み}}\dot{\text{く}}\dot{\text{ち}}\dot{\text{ゃ}}$ にして布片全体に油を行きわたらせる。油は沢山つけてはならない。布の油気は、触ってみて殆んどわからないくらいにする。洗滌した金属面を、このようにした布片で拭っておけばよい。油の効用は、磨耗面の小さな凹凸を埋める意味と、微少発熱による酸化物の発生を防ぐ意味とがあるが、電気的の軽い接触の場合は、機械とはちがって、多量の油は被膜となって接触不良を起すおそれがある。また耐熱性の油を使うことは酸化をなるべく防ぐことで、上のようにほとんど付いていないような油膜でも、その厚さは $\dot{\text{お}}\dot{\text{お}}\dot{\text{よ}}\dot{\text{そ}}10^{-5}\text{cm}$  ぐらいはあり、この程度の厚さでは附着力は著しく強いので

ある（このような雑音止めの油は、外国品には商品となっているものがある）。

もとに戻って、シャフトを回転するときに出る雑音は、「ガリガリ」型の場合が殆んどで、接触部の融着による肌荒れの場合に激しく、酸化物が出来ている場合には弱い周波数は大きくなる。

これらの手当てはいずれも前述の通りでよいが、肌荒れが激しいときには、一応エメリーで滑かにしてやる必要がある。メッキが残っている場合はむしろ取ってしまった方がよい。

## 6. メーカーに望む

アマチュアが手を下せる対策とは、このように、はかないものであるが、もし材料をはじめから選んだら、どの程度によくなるだろうか？ 本当は構造をかえて摺動部分をなくしてしまえばよいが、マスプロということと、せっかく作ったプレス型などの関係で急には出来ないだろう。昔ワイパーとターミナルをスプリングで直接つないだ形のものがあったが、あれが何故工合が悪いのか、どなたかにご教示願いたい。また新しい型として抵抗体と導体の帯を並べておいて、その二つをローラーでシャントするような形も考えられていいのではないかと思う。それはさておき、材料の問題に入ろう。

まずメッキについてであるが、これはあくまでもメッキであって純金属ではない。その結晶構造が違っているだけでなく、摩擦による力の掛かり方が、特に日用品の表面メッキとは違うのである。したがって、希望する性能をメッキにもたせるには、少くとも数十分の1ミリ厚のメッキをしなければならない。これはメッキ技術と手間の両面から実現困難である。

軽い接触の場合は、重機械の場合とちがって、メッキ面に与えられる摩擦力で疲労をうける層が、ちょうど素地金属の表面附近に来ることが多いから、そこからメッキの脱落が生ずる。このようなことを避けるには、メッキすべき材料を素地金属に貼合せて圧延した、いわゆる貼合せ板を作り、同時にこの2種の金属間に第三金属を置いて、一種の緩衝層の役割をもたせる。こうすれば摩擦面は、殆んど希望する素材自身の特性を持つことになる。ロータリー・スイッチの銀メッキが比較的剥れないからといって、銀メッキをボリウムに使用すると、たちまち剥れてしまうのは、上述のように磨耗の機構が違うからである。

もう一つメッキを使う場合の注意点として、メッキだけは下請会社を十分監督

していただきたいもので、操作如何で耐<sup>いかん</sup>磨耗性には相当の違いがある、

次に対接面の金属には何がよいか？ という問題であるが、これは目的によって少し違った考え方をする必要がある。

まず通常の目的では、酸化物が細かくて量が少なければ使えるので、貴金属にそのような酸化物を作るような元素を加えてやる。そのような材料を酸化物型と仮称しておく。貴金属には銀が安くてよいが、添加元素にはニッケル、錫、インジウム等が良く、硬さもこの順になる。

ニッケル、錫合金はそのままで比較的抗張力が大きいですが、インジウム合金はやや弱い。したがって十分なバネ性をもつ材料は、貼合せ法によって得られる。インジウム合金は 80Mc ぐらいまで雑音は出さない、また对接する一方の金属を卑金属とする必要がある時には、貴金属同士の合金が使用出来るが、それには銀

パラジウム合金が飛び離れてよい結果を示す。ただしパラジウムは高価なので接触点だけに少量使うようにするとよい。この目的で板の先端だけに線状に合金をつぎ合せたものが実用化されている。

前に接触面の微少突起で瞬間発熱があることを述べたが、このとき金属酸化物が出来ると同じように、ある条件の下で適当な材料を摩擦すると、ここに両金属の化合物を作らせることも出来る。このような化合物のうちのあるものは、導電性を持つことも出来るので、雑音発生 of 極めて小さいものを期待し得る。これを仮に化合物型と呼ぶと、これには銀 マンガン、金 ニッケル、金 鉄、金 マンガンなどの一群の高級材料が考えられ、とくに超高周波療育までの使用に耐える。化合物型の材料は理論的には卑金属でも作れるはずであるが、使用条件がクリチカルでうまくいかなかった。しかし最近筆者のもとでバネ性を有し、耐磨耗性と接触抵抗の小さいものが得られたので、ここ数ヶ月のうちに実用化、生産に移す計画である。この材料はいずれ紹介したいと思うが、一般のラジオ・テレビ部品のための接触材料として、やや理想に近いものとなることを期待している。

(電気通信研究所・中山正和)

---

## PDF 化にあたって

- ・無線と実験』1956年5月号。
- ・この記事に関する誤植、或は「ラジオ温故知新」についての要望などは、  
<http://9110.teacup.com/homalhaut/bbs>  
にお書き込みください。
- ・ラジオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを  
ラジオ温故知新  
<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/>  
に、  
ラジオの回路図を  
ラジオ回路図博物館  
<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/radio/radio-circuit.html>  
に収録してあります。