

導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較

2015.08.17/2022.07.14 改訂

トミー・マック

1. 背景

電子ピアノ・オルガンなどの楽器や絵本、おもちゃの携帯電話、おもちゃパソコンやことば図鑑など、たくさんの操作ボタンが付いたおもちゃが多くあります。特に厚みが薄いおもちゃの操作ボタンとして、メンブレンシートを用いることが多いです。また、基板との配線にFPC（フレキシブルプリントサーキット）を使うこともあります。

このメンブレンシートは、強く押ししたり叩いたり、構造の弱さも相まって、また劣化によってパターンが切れたり、FPCは屈曲などにより断線と言う故障が起きることがあります。

そこでメンブレンシートの切れたパターンや、FPCの断線を修理するため、導電性のある液状あるいはペースト状の導電性材料を使用しますが、市場には色々な導電性材料が売られており、どれを選べば良いか迷うところです。

今回、ネットを使って色々な導電性材料の特徴・性能・価格などを調べ、また一部の導電性材料で抵抗値を測定しましたので、選定の参考にしてください。

2. どれが適するか

解説が長いので結論から書きますと、

- 導電性のある材料の状態（インク、ペースト、塗料など）や形状（ペンなど）あるいは目的（接着剤、補修材、接合剤など）により名前が付いています。また独自の商品名が付いているものもあります。
- 導電性材料の主材料により、大きく分けてシルバー（銀）系とカーボン（炭素）系に分けられます。
- 線（パターンライン）として使った時、同一長さでの抵抗値は、当然シルバー（銀）系の方が、カーボン（炭素）系より小さいです。
- 価格は、やはりシルバー（銀）系の方が、カーボン（炭素）系より高いです。
- 導電性材料の状態が重要であり、インクや塗料の様に液状の方が、さらっとしており導通パターンや線などとの密着性が高く、同一長さでの抵抗値が低いです。
- 従ってお勧めは、シルバー（銀）系で溶剤の入った液状で、速乾性の高い「ドータイト」や「コンダクティブペン」などです。
- ただ、価格面や取扱面を考えるとカーボン（炭素）系のペースト状で、揮発性の低い「Wire Glue」などは、同一長さでの抵抗値の高さを、細い裸銅線を添わせ両端に塗布して導通固定することによってカバーできます。

3. おもちゃの修理で使う事例

（1）メンブレンシート内側のパターンのかすれ

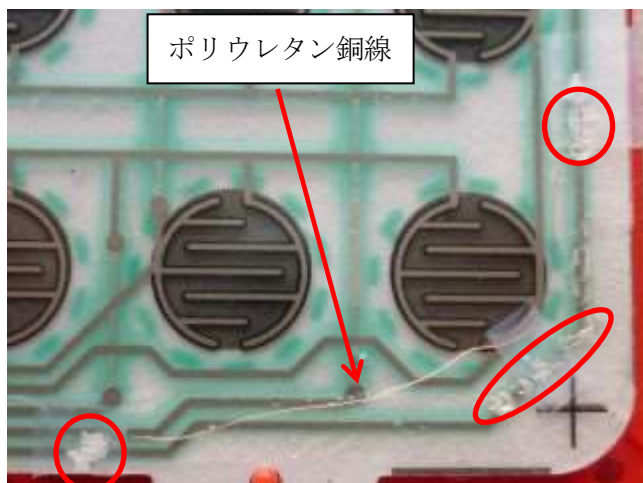


パターンのかすれの長さが短いので、メンブレンシート内側にシルバー系の「コンダクティブペン」でラインを塗布します。

カーボン系の「WIRE GLUE」を塗布しても同じ効果が得られます。

導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較

(2) メンブレンシート内側のパターンの切れ



赤色長丸部のパターンが切れていたため、メンブレンシート内側にシルバー系の「コンダクティブペン」でラインを塗布したが、治りませんでした。

今度はDCミニチュアリレーのコイルφ0.13のポリウレタン銅線両端の被覆を取り、メンブレンスイッチ外側より断線した箇所から少し離れている2カ所（赤丸部）に針で穴を開け、その穴に銅線を入れ「コンダクティブペン」を流し込み、固定のためメンディングテープを貼りました。

この場合、赤丸部の銅線とメンブレンシートのパターンとの接続は点なので、抵抗値の大きいカーボン系の「Wire Glue」を使っても良いでしょう。

いずれにしても、パターンのクラックや摩耗など短い部分の断線は導電性材料で修理できそうですが、長い寸法の部分の断線は、導電性材料での線の引き回しの難しさや抵抗値の大きさから、細い裸銅線を添わせて両端を導電性材料で導通固定する方が無難です。

4. 導通性の簡易試験（檀原のNさんと奈良のNさんの試験結果を、許可を得て使用しています。）

(1) 試供品

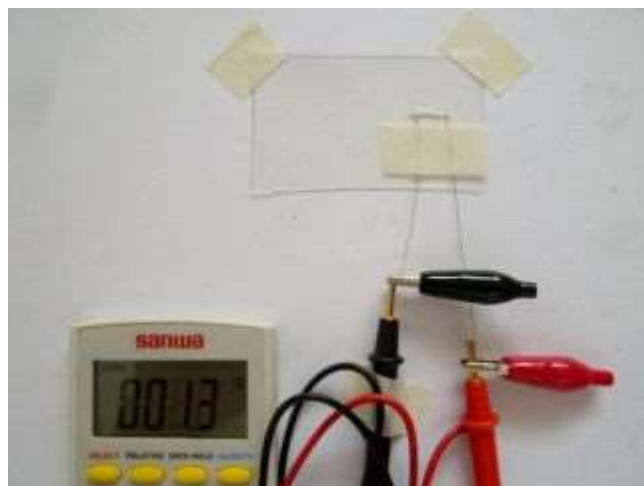
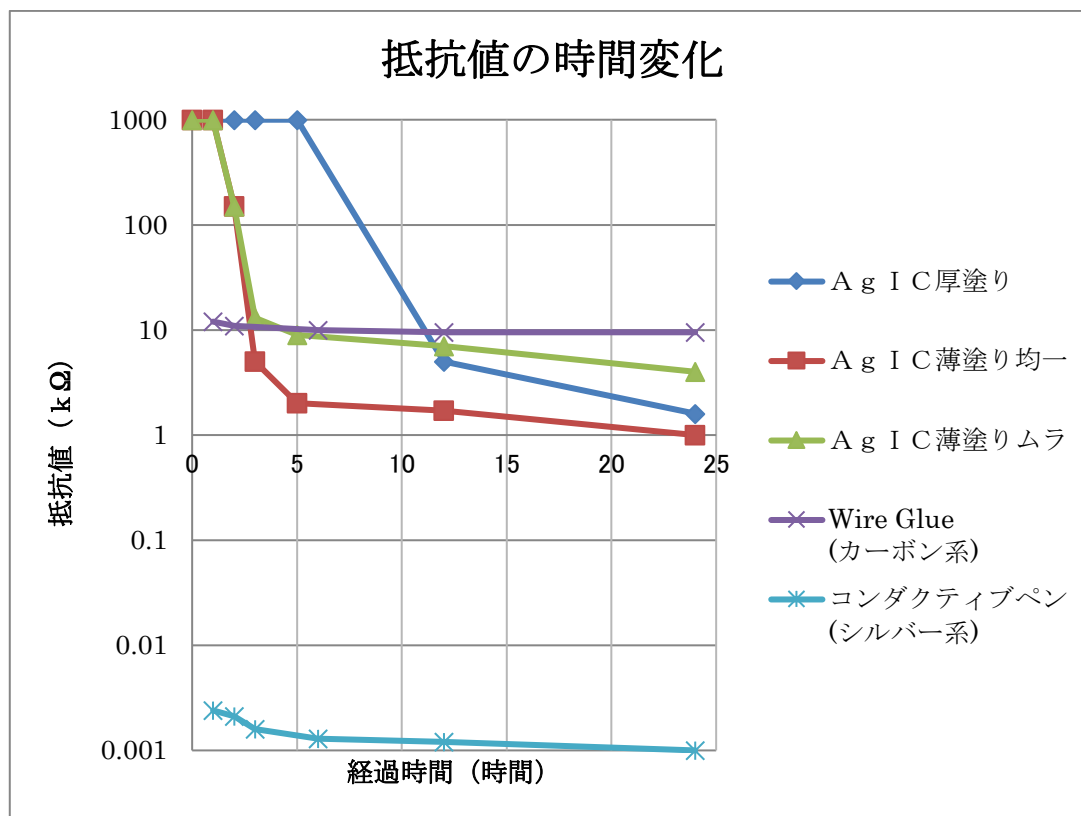
- ・AgIC導電性接着剤は、距離1cm、幅1.5mmで、厚塗りと薄塗り均一と薄塗りムラありの3種類です。（檀原のNさん）
- ・Wire Glue（カーボン系導通性接着剤）は、距離は1cm、塗りの厚さ調整が難しいので、幅約1mmの一回塗りです。（奈良のNさん）
- ・コンダクティブペン（シルバー系導通塗料）は、距離は1cm、塗りの厚さ調整が難しいので、幅約2mmの一回塗りです。（トミー・マック）

(2) 測定結果

測定値が∞の時は、グラフ作成上1000kΩとしました。 グラフは空白のセルを補完して作りました。

| 経過時間 | AgIC厚塗り | AgIC薄塗り均一 | AgIC薄塗りムラ | Wire Glue (カーボン系) | コンダクティブペン (シルバー系) |
|------|---------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|
| 0 | 1000 | 1000 | 1000 | | |
| 1 | 1000 | 1000 | 1000 | 12 | 0.0024 |
| 2 | 1000 | 150 | 150 | 11 | 0.0021 |
| 3 | 1000 | 5 | 13 | | 0.0016 |
| 5 | 1000 | 2 | 9 | | |
| 6 | | | | 10 | 0.0013 |
| 12 | 5 | 1.7 | 7 | 9.5 | 0.0012 |
| 24 | 1.6 | 1 | 4 | 9.5 | 0.0010 |

導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較



(3) 考 察

- Ag I C 導電性接着剤は銀粒子とフィラーを混ぜて溶剤で液状にしています。塗り方により抵抗値とその値の安定までの時間が変わるようです。抵抗値が安定するまで1日はかかります。また、抵抗値が数 kΩ なので、パターンのクラックや摩耗など短い部分の補修に使えますが、長い寸法の部分の断線は、細い裸銅線を添わし両端に塗布して導通固定する必要があります。
- Wire Glue (カーボン系導通性接着剤) は、マイクロカーボンを溶剤で混ぜた接着剤です、導電体がカーボンなので抵抗値は大きいですが速乾性があります。抵抗値が 10 kΩ なので、密着させた場合は間隔 0.1 mm として 100 Ω ですから、使い方は Ag I C 導電性接着剤と同様です。
- コンダクティブペン (シルバー系導通塗料) は銀粒子を溶剤で液状にしています。速乾性があり抵抗値も格段に小さいです。パターンの線引きも使えます。

導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較

5. 導電性材料の比較（価格は2015年8月15日時点の消費税込みです。）

導電性のある材料の状態や形状あるいは目的により名前が付いています。また独自の商品名が付いているものもあります。それらを比較すると、

| | 名前 | 品名 | 素材（溶剤除く） | 形状 | 乾燥 | 質量／重量 | 価格 |
|---|------------|----------------|----------------|------|--------|--------------|---------|
| ◎ | 導電性ペースト | ドータイト | 銀粒子 + 導電フィラー | びん | 短時間 | --/20g | ¥9,266 |
| ◎ | 導電塗料 | コンダクティブペン | 銀粒子 | ペン | 速乾性 | --/10g | ¥2,570 |
| △ | 導電性接着剤 | Wire Glue | マイクロカーボン+ フィラー | びん | 数時間 | 9ml/ 8.5g | ¥1,404 |
| △ | 導電性接着剤 | AgIC | 銀粒子 | 注射器 | 10~15分 | 0.2ml/- - | ¥600 |
| ◎ | 導電インクペン | サーキットスクライブ | 銀粒子 | ペン | 速乾性 | --/23g | ¥5,800 |
| ○ | 導電インクペン | ELECTRIC PAINT | 銀粒子 | チューブ | 5~10分 | --/10g | ¥1,180 |
| △ | 銀導電性接合剤 | シルバー導電性接合剤 | 銀粒子 + エポキシ樹脂 | 注射器 | 半日 | 0.3ml/ 9g | ¥980 |
| △ | 導電性エポキシ接着剤 | CW2400 | 銀粒子 | 注射器 | 1時間 | --/各7g | ¥10,044 |

6. 導電性材料の説明（各ホームページより引用）

（1）導電性ペースト

(a) 商品名：ドータイト 常温乾燥タイプ(D-362)

(b) 写真：右

(c) 製造者：藤倉化成(株)

(d) 販売先：モノタロウ/テックジャム

(e) 価格：¥9,266/¥9,029（税込み）20g

(f) 特徴および使い方：

- ・アクリル樹脂にフレーク状銀粉および球状銀粉を中心とした高品質の導電フィラーを使っています。
- ・導電フィラーは乾燥硬化後に細密充填となり、互いに鎖状に強固に連結して高伝導性を発揮します。
- ・室温程度の温度で乾燥するタイプで、塗布後に加熱できないプラスチック等の素材に特に有効です。
- ・ハケ・筆塗りでもスプレー塗装でも手軽に塗布でき、短時間で乾燥硬化して大きな効果を発揮。
- ・品種も記載のもの以外に数多くあり、溶剤の残留が少ない、経時変化も小さいなど、ドータイトならではの特色を有しています。



導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較

(g) 性能： $7 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$

(h) 参照ホームページ：<http://www.tech-jam.com/items/KN3343512.phtml>

製品安全データシート：<http://www.fkkasei.co.jp/business/product/dotite/D-362MSDS.pdf>

(2) 導電塗料 コンダクティブペン

(a) 商品名：コンダクティブペン/CoSIPC(10g)

中国商品名「導電王® 導電銀漆筆 (CSIP)」

(b) 写真：右

(c) 製造者：不明

(d) 販売先：共立エレショップ

(e) 価格：¥2,570（税込み）10g

(f) 特徴および使い方：

- ・純銀を主要導電材に用いた導電（コンダクティブ）ペンです。
- ・ケーブルや基板上のパターン修正・補修、チップ部品の仮止め、車のリアウィンドウ曇り止めヒータ（熱線）の断線補修他、アイデア次第で用途が広がります。
- ・直接ハンダ付けは出来ません。
- ・粘度があり粘着力が強く、振動に強い。
- ・速乾性。
- ・使用前はペン本体を8秒以上振って、内溶液を十分攪拌してください。
- ・初めて使用するとき、ペン先を押し込むようにしながら内溶液をペンの先端まで良く馴染ませてください。
- ・長期間使用しない場合も時々攪拌してください(内部で固まってしまう)。
- ・有効期限：未開封の場合は2年/開封後は1年以内に使い切ってください。

(g) 性能：

(h) 参照ホームページ：<http://eleshop.jp/shop/g/gC94314/>



(3) 導電性接着剤

(a) 商品名：Wire Glue

(b) 写真：右

(c) 製造者：ThinkGreek

(d) 販売先：デンシ電気店

(e) 価格：¥1,404（税込み）約8.5g（内容量9ml）

(f) 特徴および使い方：

- ・マイクロカーボンを使った導電性接着剤。
- ・ワイヤーとワイヤーの接続に、半田が使用できない環境などで。
- ・ハンダもハンダコテもいらないので、熱に弱い部品にもってこいです。
- ・粘性はほとんど無く、乾燥に結構時間がかかるので、接続するもの同士をしっかりと固定しておく必要はあります。



導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較

- ケーブル同士の接続なら、ねじった状態でコーティングするといいかもかもしれません。
- 数十分で表面は乾燥してきますが、完全乾燥には数時間かける方が良いでしょう。
- 乾燥後、瞬間接着剤などの強力な接着剤でオーバーコートしてください。
- 単体でも接着するにはするのですが、如何せん強度が弱く少し強く引っ張ると取れます。
- 配線代わりには使えませんがシールドぐらいなら使えます。

(g) 性能：5cm で約 432Ω、3cm で約 272Ω、

(h) 参照ホームページ：

http://makezine.jp/blog/2009/04/wire_glue_now_made_with_buckyballs.html

(4) AgIC 導電性接着剤

(a) 商品名：HK-6500MSDS

(b) 写真：右

(c) 製造者：AgIC

(d) 販売先：秋月電子通商（A g I C）

(e) 価格：¥600（税込み） 0.2ml

(f) 特徴および使い方：

- 電気を通す接着剤です。細かい部分に接着剤を付けられるように接着剤の入った組み立て式の注射器に入っています。
- 別売りの「AgIC 導電性インクマーカー」で用紙に描いた回路に細かい部品を取り付ける時にご利用いただけます。
- 乾くのに 10 分~15 分ほど時間を要します。
- 回路パターンが描かれた光沢紙と部品をこの接着剤で接着した部分を折り曲げますと、接着面がはがれて電気が導通しなくなることがございます。これを防ぐために
 1. 回路パターンが描かれた紙の裏に硬めの厚紙を貼り、接着部分が曲がりにくくする。
 2. 接着部分が乾燥した後に上から市販の接着剤を塗り、接着部分を強固にする、などの方法をお試しください。

(g) 性能：

(h) 参照ホームページ：<http://agic.cc/ja/intro>

製品安全データシート：http://akizukidenshi.com/download/ds/agic/HK-6500MSDS_ja.pdf



(5) 導電インクペン サークキットスクライブ

(a) 商品名：EINK-PEN Circuit Scribe

Conductive Ink Pen

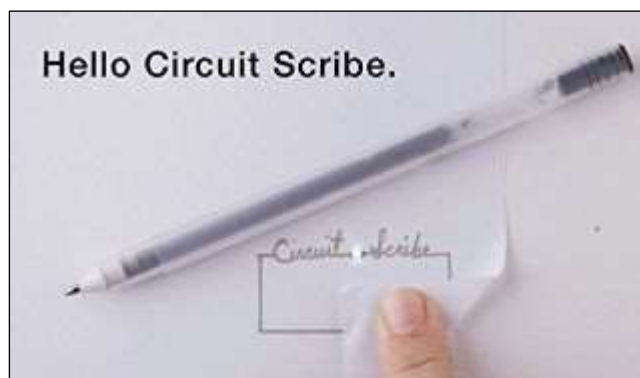
(b) 写真：右

(c) 製造者：Electroninks

(d) 販売先：amazon（Circuit Scribe）

(e) 価格：¥5,800（税込み）23g

(f) 特徴および使い方：



導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較

- 導電シルバーインクのボールペンスタイル（速乾性）。
- 通常のボールペンで描くことが出来るほとんどの物に回路描画可能。

(g) 性能： インク電気抵抗：2-10 Ohms/cm

(h) 参照ホームページ：<http://www.circuitscribe.com/>

<http://www.circuitscribe.com/collections/conductive-ink-pens/products/circuit-scribe-conductive-ink-pen>

<http://jp.techcrunch.com/2013/11/22/20131121circuit-scribe/>

(6) 導電インクペン

(a) 商品名：ELECTRIC PAINT

(b) 写真：右

(c) 製造者：BareConductive

(d) 販売先：amazon（スイッチサイエンスウェブショップ）

(e) 価格：¥1,180（税込み）10ml

(f) 特徴および使い方：

- 導電インクのペンタイプです。粘着性の強い、絵の具のような質感です。
- 紙の上で回路を描くことはもちろん、金属やプラスチックにも使えます。
- LEDなどの小さなパーツを、紙に描いた回路や、基板にくっつけるための導電接着剤としても使うことができます。
- 通電する際には、インクがよく乾いていることにご確認ください。通常、5～10分ほどで完全に乾きますが、室温によって多少変わります。
- 消費期限は開封から6か月（メーカーサイトより）です。
- 開封後は、インクキャップの中蓋を閉め、直射日光の当たる場所など、高温と光を避けて保管してください。
- ペン先を下向きにし、垂直にした状態で保管しないようにしてください（ペン先が塞がります）。
- ビニール袋に密封し、水平にした状態で直射日光を避けて保管してください

(g) 性能：

(h) 参照ホームページ：

<http://www.bareconductive.com/make/fix-a-tv-remote-with-electric-paint/>



(7) 銀導電性接合剤

(a) 商品名：【工業用】ハンダいらす ★ 注射器型 シルバー導電性接合剤 0.3ml

(b) 写真：右

(c) 製造者：不明

(d) 販売先：amazon（オプティマインド）

(e) 価格：¥980（税込み）（1本 9g）



導電性材料（ペン、インク、ペーストなど）の比較

(f) 特徴および使い方：

- ・銀導電性接合剤（Ag ペースト）はエポキシ樹脂と Ag（銀）を組み合わせたものです。
- ・熱を加えられない部品や部位の使用に適しており、高温はんだの代わり、または低温での接合や温度に弱い部品の接合に適しています。
- ・通常のハンダのように速乾性はありません。徐々に固まっていきます。お急ぎの場合はドライヤーで乾燥させていただければ早く乾きます。ただし、固まってもハンダのように金属的な硬さにはなりません。半日くらい経過するとほぼ固まった状態になります。基盤補修などではこの銀接合剤の強度で十分な場合もあります。
- ・通常のハンダのように強度が必要な場合は、この電気伝導性にすぐれた銀接合剤がある程度乾燥してから、この上から速乾性の瞬間接着剤をかぶせて補強して使用します。
- ・この1本で約 60cm のラインを引くことが可能です。1 本でのご提供になります。基本的には使い切りの商品（single use）となりますが、中身の銀ペーストそのものは冷蔵庫などで数か月間保存可能。

(g) 性能：

(h) 参照ホームページ：amazonの商品案内

(8) 導電性エポキシ接着剤

(a) 商品名：CW2400

(b) 写真：右

(c) 製造者：不明

(d) 販売先：amazon（アズワン（AS ONE））

(e) 価格：¥10,044（税込み）各 7g

(f) 特徴および使い方：

- ・優れた導電性の 2 液性エポキシ接着剤です。
- ・ハンダよりも容易に基板の導電接着ができます。

(g) 性能：抵抗値 $0.001\Omega \cdot \text{cm}$ 未満

(h) 参照ホームページ：<https://axel-search.as-1.co.jp/asone/d/1-6804-01/?q=CW2400>



終わり