

# 生体信号計測回路の製作

担当：安藤 規泰，峯岸 諒

(東京大学先端科学技術研究センター神崎・高橋研究室)

微小な生体信号（筋電位，神経電位）を計測するための回路（図1）を製作します。このような生体信号は，細胞外計測や表面電位（ヒトの筋電位）計測では1 mV以下の微弱な信号です。したがって，計測する回路は，これら微小な信号をノイズ(雑音)の中から取り出して，大きくする（増幅）することが求められます。具体的には，

- 1) 高い入力抵抗を持つこと（ボルテージ・フォロワ）
- 2) 十分なノイズ対策があること（ハイパス，ローパス，バンドエリミネーションフィルタ）
- 3) 十分な増幅率を持つこと（差動増幅回路）

が必要となります。

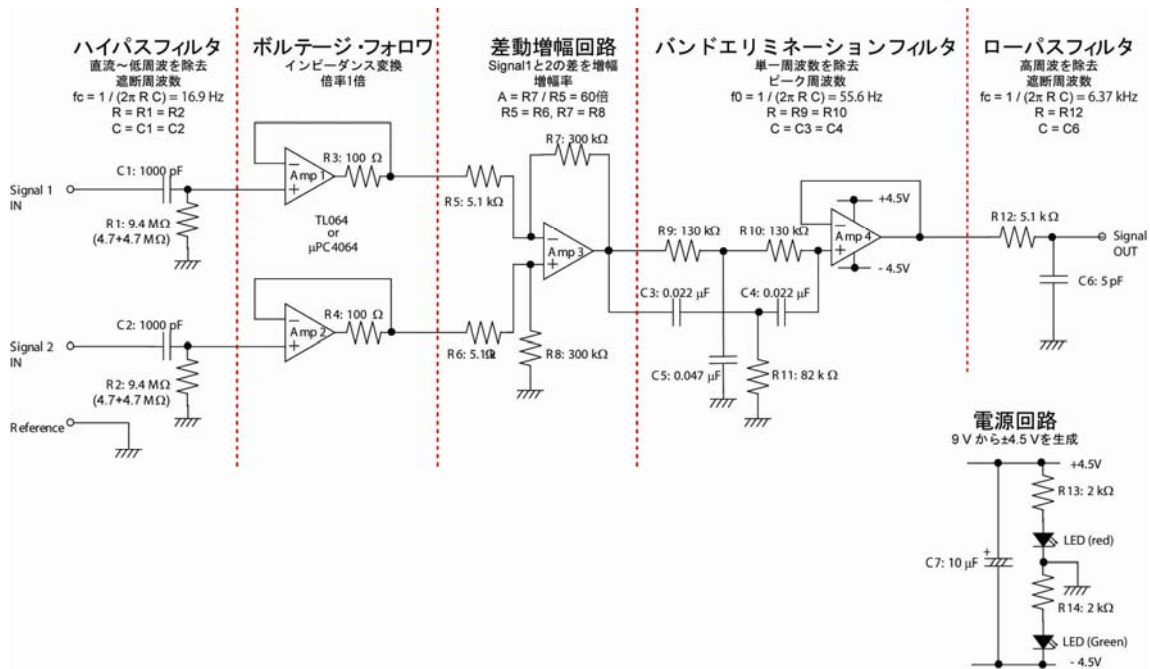


図1 製作する回路

**ハイパスフィルタ**：直流～低周波数の信号を除去し，信号のドリフトを防ぎます。

**ボルテージフォロワ**：高入力抵抗，低出力抵抗の回路で，電流を増幅します。

**差動増幅回路**：2本の電極に共通に含まれるノイズを引き算することで除去し，信号を増幅します。

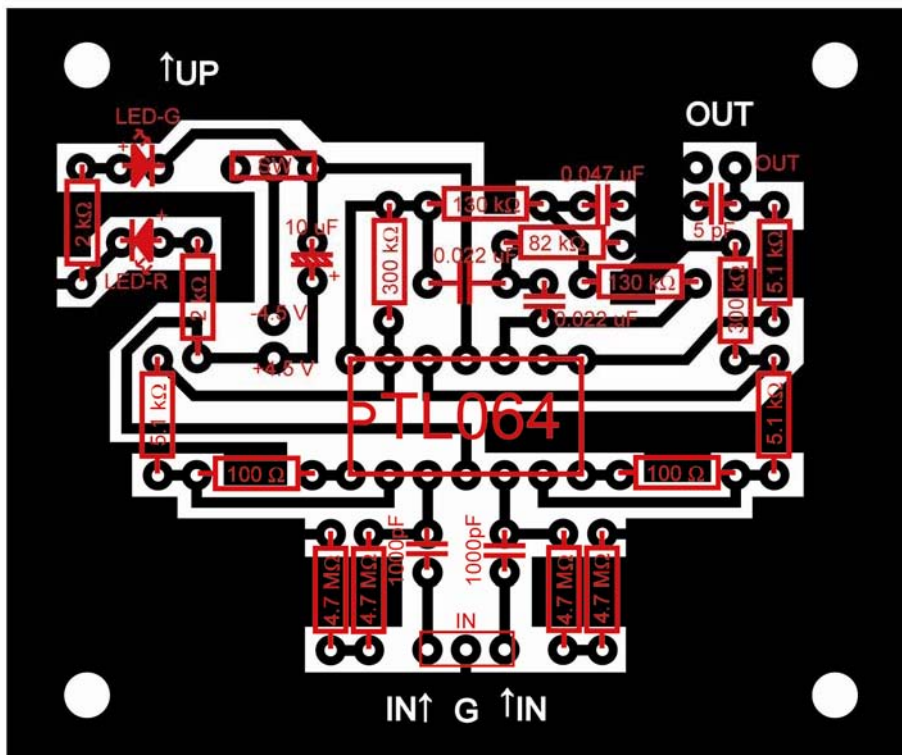
**バンドエリミネーションフィルタ**：交流電源に由来するノイズ（50 Hz）を除去します。

**ローパスフィルタ**：高い周波数のノイズを除去します。

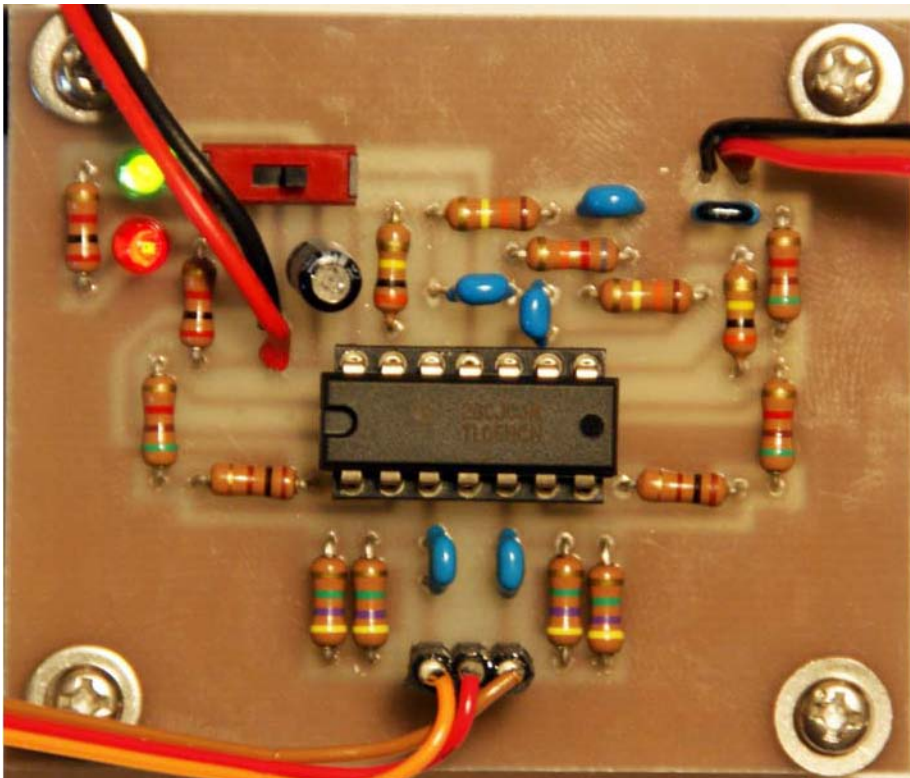
## 参考文献

内山明治，村野靖 “絵ときでわかるオペアンプ回路” オーム社 2000

## 回路の製作

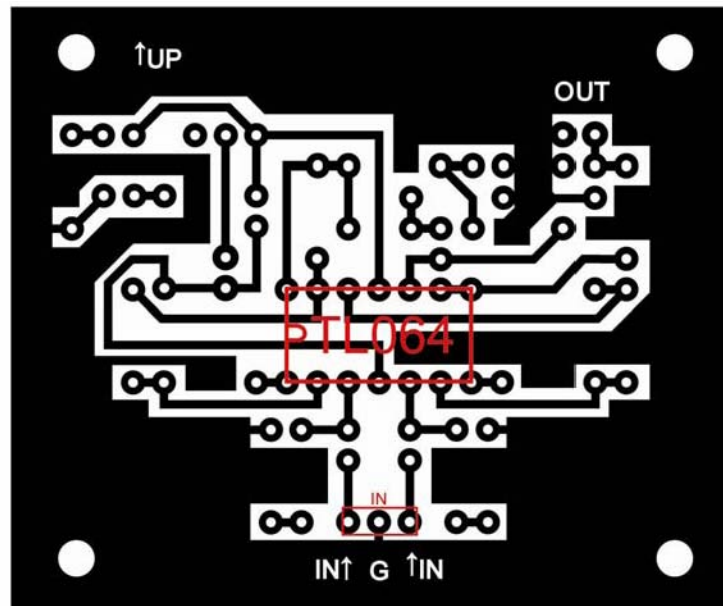


注) 基板を表 (正しく字が透過して読める側) から見た図です. パターンは裏側に印刷されています.



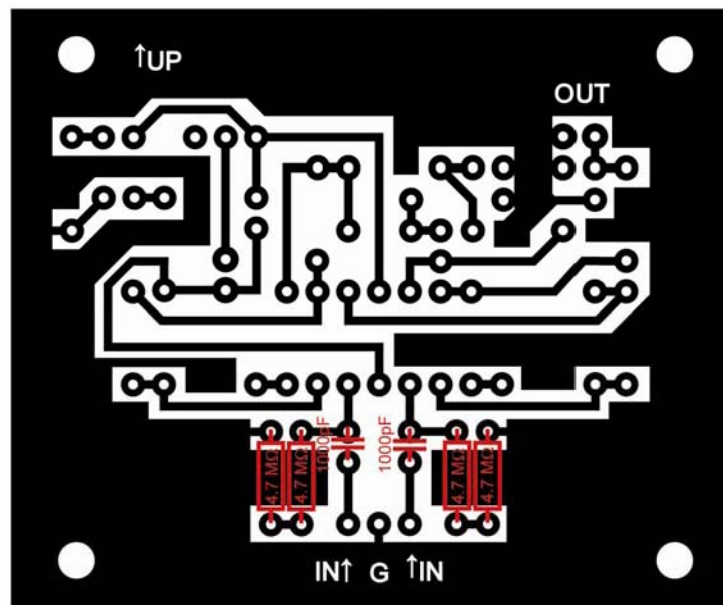
## 1) IC ソケット, 電極ソケットの取り付け

IC ソケット, 電極ソケット(IN) を, 表から差込み, 裏返してハンダ付けする.



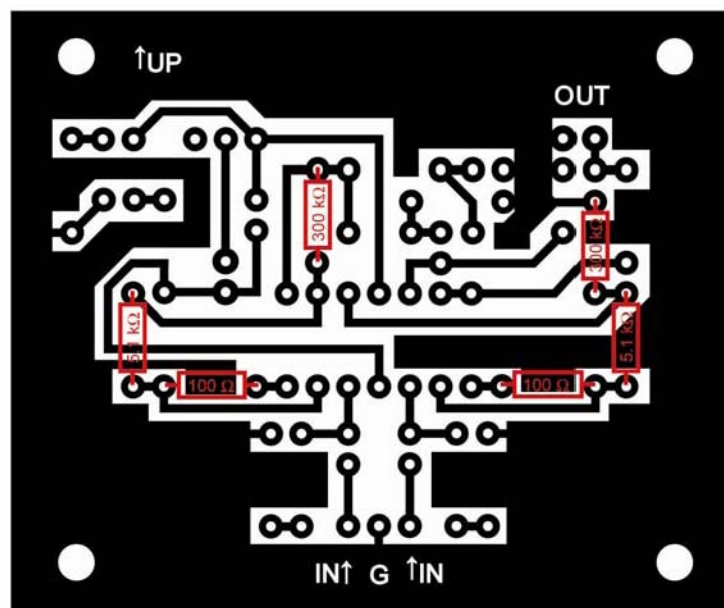
## 2) ハイパスフィルタの取り付け

抵抗  $4.7\text{ M}\Omega \times 4$ , コンデンサ  $1000\text{ pF} \times 2$  をハンダ付けする



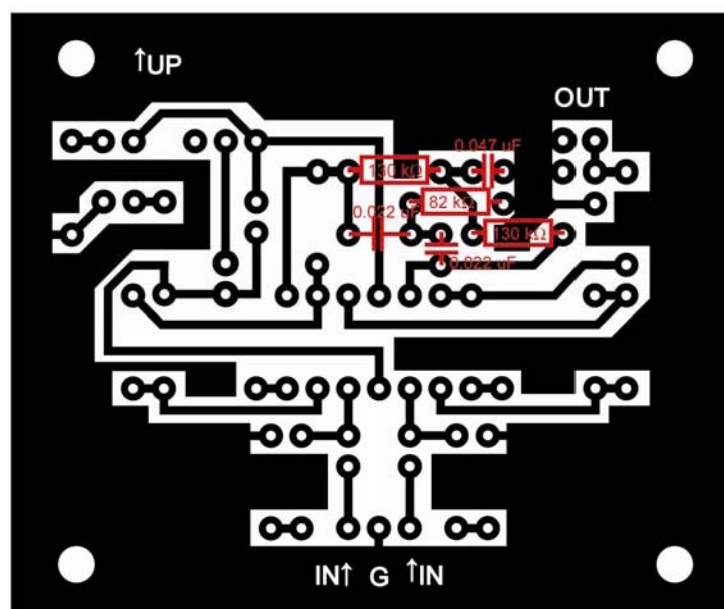
### 3) 差動増幅回路の取り付け

抵抗  $100\ \Omega \times 2$ ,  $5.1\ \text{k}\Omega \times 2$ ,  $300\ \text{k}\Omega \times 2$ , をハンダ付けする



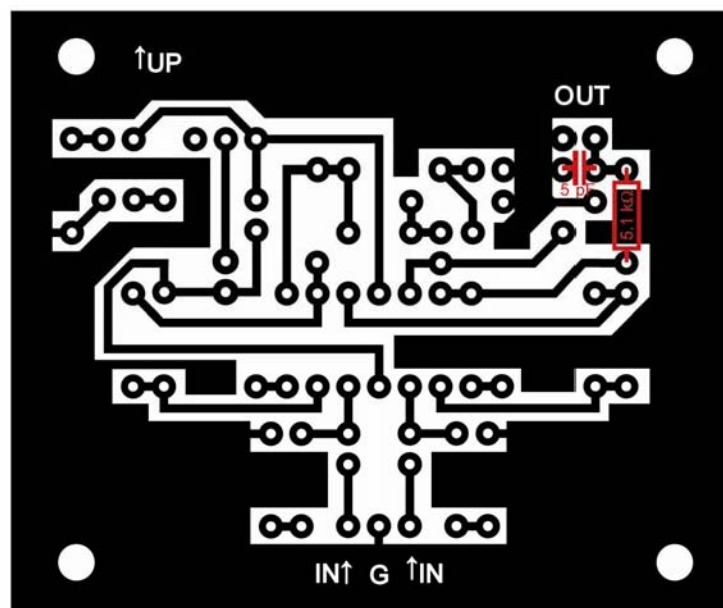
### 4) バンドエリミネーションフィルタの取り付け

抵抗  $130\ \text{k}\Omega \times 2$ ,  $82\ \text{k}\Omega \times 1$ , コンデンサ  $0.022\ \mu\text{F} \times 2$ ,  $0.047\ \mu\text{F} \times 1$  をハンダ付けする



### 5) ローパスフィルタの取り付け

抵抗  $5.1\text{ k}\Omega \times 1$ , コンデンサ  $5\text{ pF} \times 1$  をハンダ付けする



### 6) 電源回路の取り付け

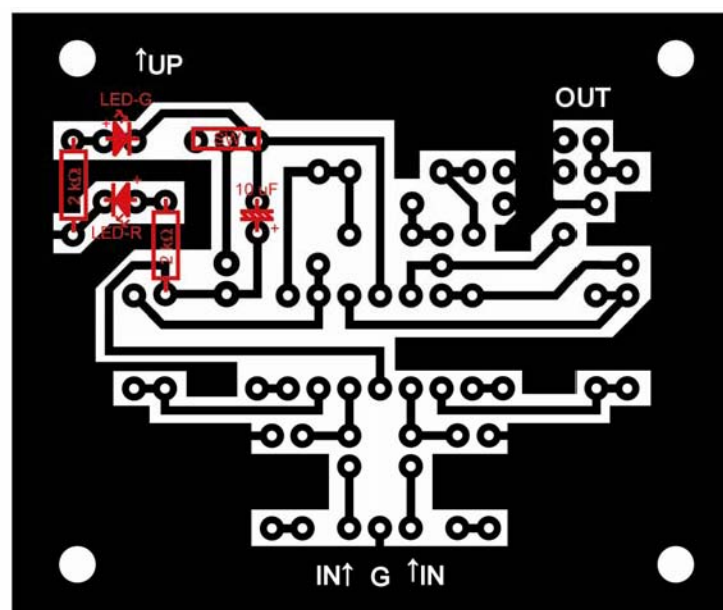
抵抗  $2\text{ k}\Omega \times 2$ , LED  $\times 2$ , 電解コンデンサ  $10\text{ }\mu\text{F} \times 1$ , スライドスイッチ  $\times 1$  をハンダ付けする(スライドスイッチは最後にハンダ付けするほうが作業が楽です).

スイッチは右側にスライドしておいてください.

向きに注意: LED は, 足が長い方が + です.

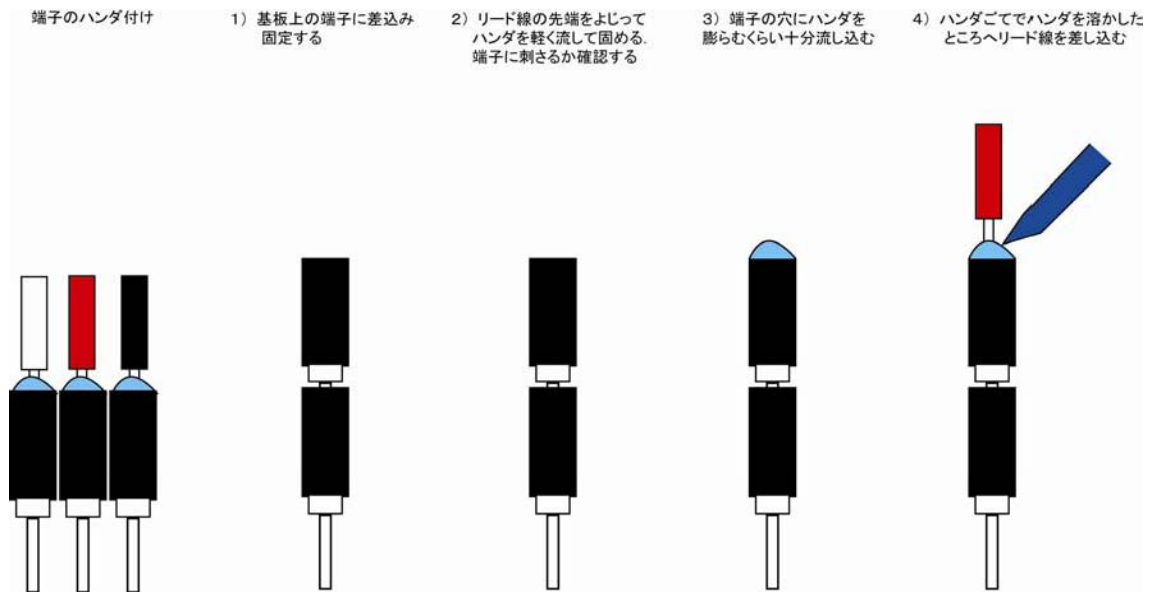
向きに注意: 電解コンデンサは, - と書いてある方が - です.

>直径  $1\text{ mm}$  の銀線が入らない場合, LEDの余分な足を, 長めに切って使います(3本)



## 7) 電極の製作

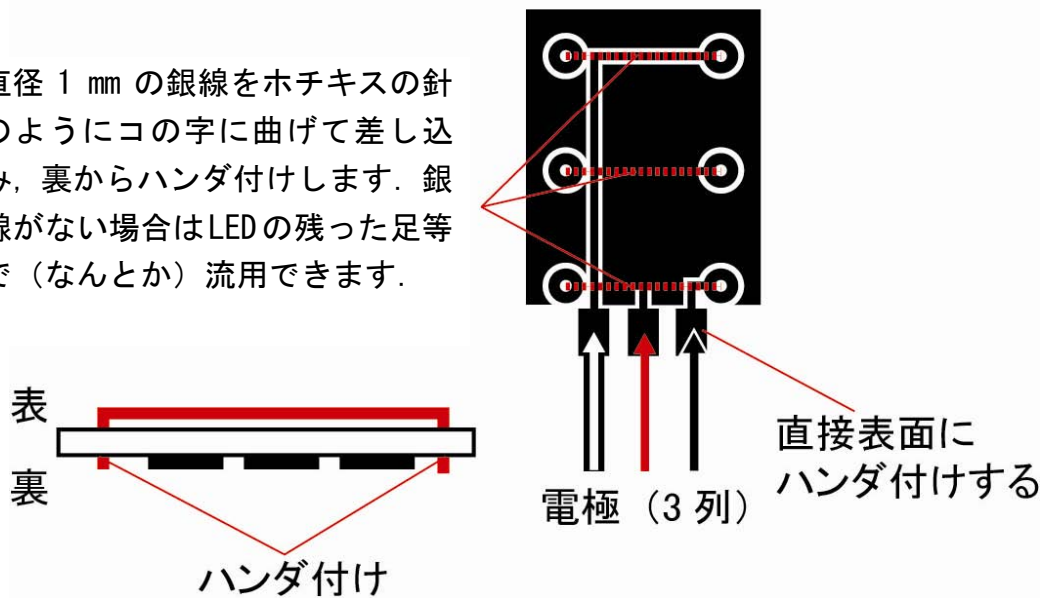
### 端子側のハンダ付け



### 電極側のハンダ付け

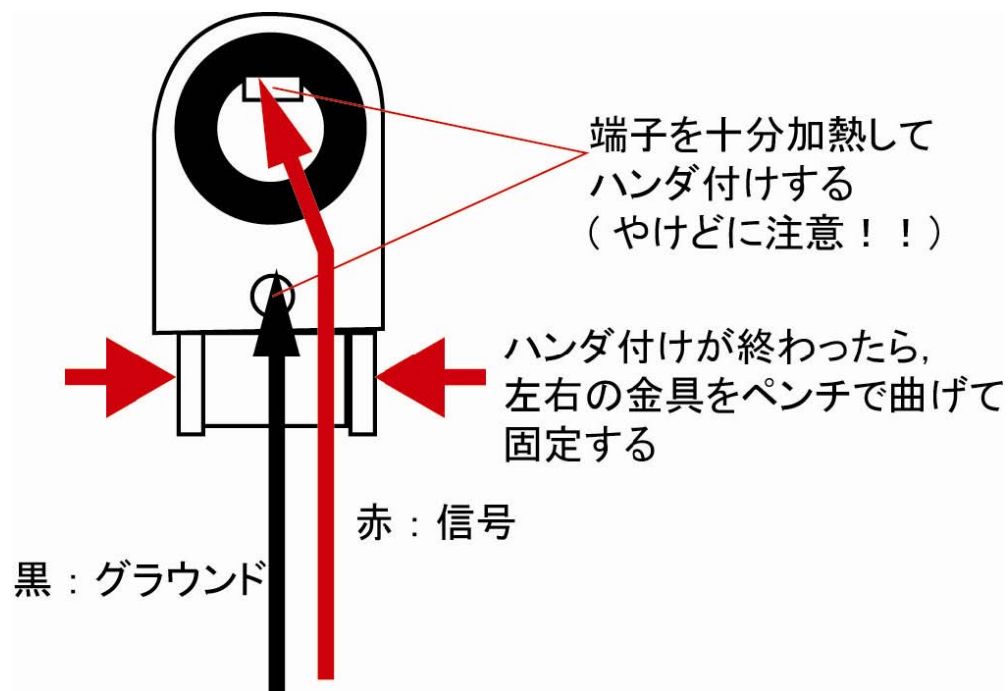
この図は「裏」（パターンがある方）です！

直径 1 mm の銀線をホチキスの針のようにコの字に曲げて差し込み、裏からハンダ付けします。銀線がない場合はLEDの残った足等で（なんとか）流用できます。

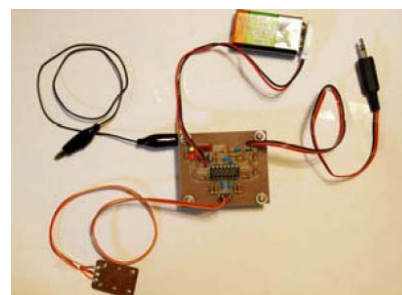
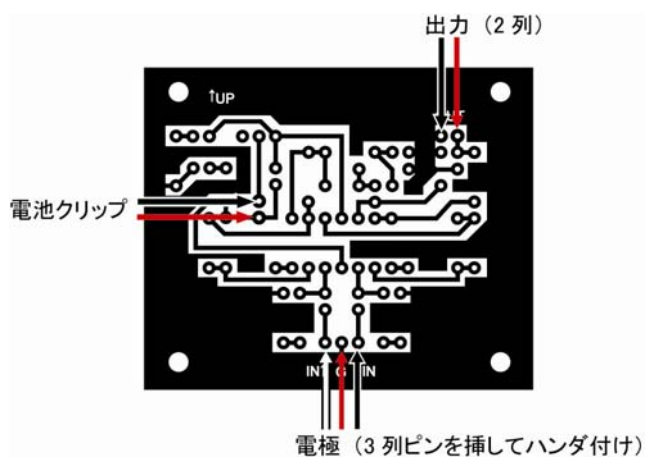


### 8) イヤホンジャックのハンダ付け

(十分固定して作業を行い, ハンダ付け後は十分冷却してください)



### 9) 配線して完成

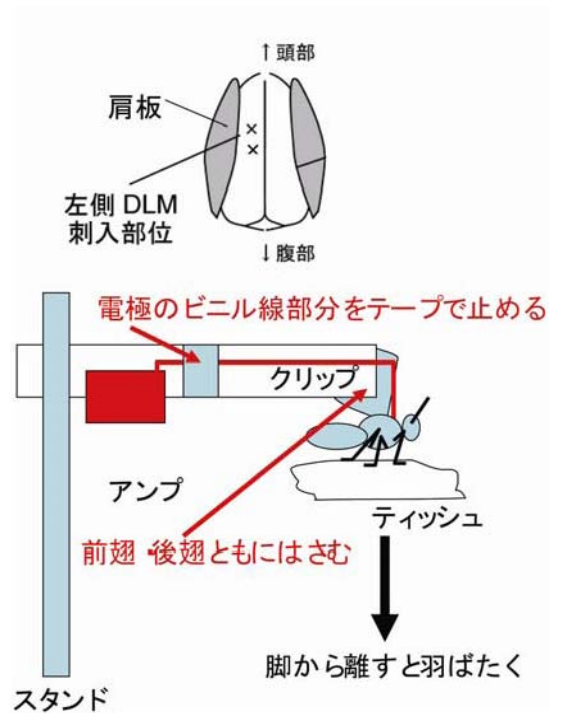
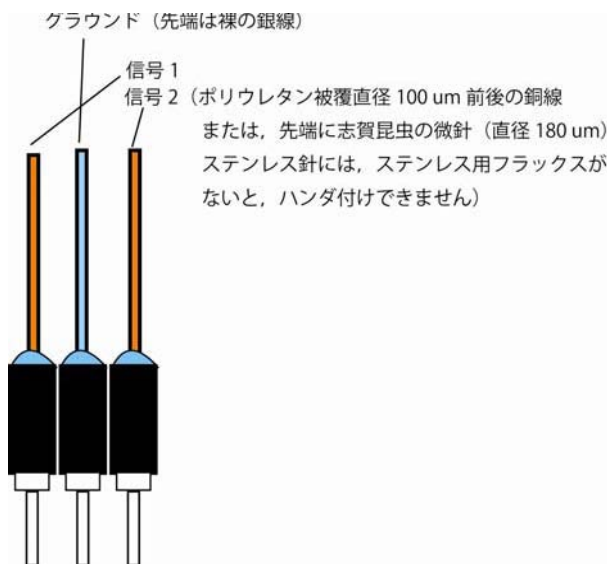


## 使用方法

- 1) 腕の表面を湿らせる
- 2) 電極を腕の方向と直行するように、皮膚表面にしっかり固定する
- 3) スイッチを入れる(右側でON).
- 4) 「音オシロ」で観察

## ・昆虫の飛翔筋を計測する場合

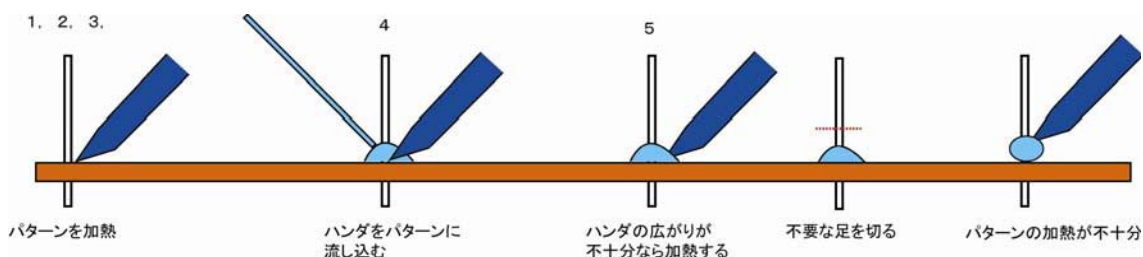
以下の電極を製作する



- 1) カイコガは、背中の鱗粉をよく除去してスタンドに固定する
- 2) 記録電極を背中側の翅打ち下ろし筋(背縦走筋:DLM)へ、参照電極(グラウンド)は腹部へ刺入する。
- 3) 回路の電源を入れ、筋電位を観察する。



## ハンダ付け参考



## 材料一覧

回路番号	品名	個数	品名
	9V電池	1	GP【GP1604A05U1】アルカリ電池 006P 1本
	9V電池用スナップ	1	Linkman【006P1】電池用スナップ
	スイッチ	1	日本開閉器工業【SS-12SDP2】2.54mmピッチ端子形スライドスイッチ ON-ON
	イヤホンジャック	1	Linkman【35MMP18M】3.5mmモノラルプラグ付き 1.8m
	ミノムシクリップ	1	Linkman【WTN-23F-1236R/1】コード付ミノムシクリップ
	ICソケット	1	KEL【ICC05-D14-360T-F】ICソケット 14ピン
	丸ピン ピンジャック	3	Linkman【21501*40E】丸ピンピンジャック 40ピン
Amp	オペアンプ	1	TEXAS INSTRUMENTS【TL064CN】Quad Low-Power JFET-Input General-Purpose Operatio 14PDIP
LED1	LED(赤)	1	Linkman【BL304V2CA2A01】LED(3mm・赤・高輝度・集光・1.9V・20mA・700mcd)
LED2	LED(緑)	1	Linkman【BL304V2CA2A01】LED(3mm・黄緑・高輝度・集光・1.9V・20mA・500mcd)
R1-2	抵抗 4.7MΩ	4	KOA【CF1/4W475J】1/4Wカーボン抵抗 4.7MΩ(100本入) 黄紫緑金
R3-4	抵抗 100Ω	2	KOA【CF1/4W101J】1/4Wカーボン抵抗 100Ω(100本入) 茶黒茶金
R5-6, 12	抵抗 5.1kΩ	3	KOA【CF1/4-5.1kΩJ】1/4Wカーボン抵抗 5.1kΩ 緑茶赤金(100本入)
R7-8	抵抗 300kΩ	2	KOA【CF1/4-300kΩJ】1/4Wカーボン抵抗 300kΩ 橙黒黄金(100本入)
R9-10	抵抗 82kΩ	1	KOA【CF1/4-82kΩJ】1/4Wカーボン抵抗 82kΩ 灰赤橙金(100本入)
R11	抵抗 2kΩ	2	KOA【CF1/4-2kΩJ】1/4Wカーボン抵抗 2kΩ 赤黒赤金(100本入)
R13-14	抵抗 130kΩ	2	KOA【CF1/4-130kΩJ】1/4Wカーボン抵抗 130kΩ 茶橙黄金(100本入)
C1-2	コンデンサ1000 pF	2	村田製作所【RPE2C1H102J2K1A01B】積層セラミックコンデンサー ラジアルリード型 50V0.001 μF
C3-4	コンデンサ0.022 μF	2	村田製作所【RPER11H473K2K1A01B】積層セラミックコンデンサー ラジアルリード型 50V0.022 μF
C5	コンデンサ0.047 μF	1	村田製作所【RPER11H473K2K1A01B】積層セラミックコンデンサー ラジアルリード型 50V0.047 μF
C6	コンデンサ5pF	1	村田製作所【RPE2C1H5R0C2K1B01B】積層セラミックコンデンサー ラジアルリード型 50V5pF
C7	電解コンデンサ10 μF	1	Ruby-con【25YK10】縦型電解コンデンサー 25V 10 μF
	ハンダ	1	太洋電機産業【SF-A0410】鉛フリーはんだ
	基板	0.5	サンハヤト【40K】ポジ感光基板 片面ガラスコンポジット 1.0×75×100mm
	M3ネジ、ワッシャー、ボルト	4	

その他、直径 1 mm の銀線

### 部品購入先:

電子部品：マルツ電波（通信販売，個人・法人可）すべてそろいます

<https://www.marutsu.co.jp/user/index.php>

その他、千石電商（個人・法人），秋月電子（個人），RS コンポーネンツ（法人）

電極に使うようなワイヤ等：ニラコ（通信販売）

<http://www.nilaco.jp/jp/index.php>