

生物学習における物理的実験の工夫

重 松 極 三

まえがき

物理科との関連の深い実験法とその工夫について次のような発表をすることとした。

- (1) 大脳皮質を刺激が通る速さの測定器とその実験法について。
- (2) リンゴの損傷電流の測定器とその実験法について。

いうまでもなく生物学習において物理的な方法を活用していく場合は、実験の過程そのものの示す意味を理解するだけの基礎ができていることが望ましいが、現行の履修過程の順序からいって中学校の理科学習を基礎として判断できる程度のものでなくてはならぬ点に問題が残る。

特にこの発表のように増巾器の特性や電流計の指針の示す意味は抽象化された実験結果を判断することになるので、その理解の程度がどのような段階であるかは問題である。その他、損傷電流を生物の生命に関連したものとしてどのような意味があるかの認識の程度も問題であるが、学習を単なる説明で終ることなく、一步でも実証的に前進させることは、それなりに意義のあることと思う。

『大脳皮質を刺激が通る速さの測定器とその実験』

〔実験の目標〕

大脳の中で精神作用や知覚の成立の場合は、相当な時間がかかる。その時間を測定して脳のはたらきを理解する。

〔測定に対する考え方〕

受容体（感覚器など）でうけた刺激が興奮として伝えられてから筋肉に運動の命令が伝えられるまでの時間を反応時といい、反応時を測定することによって大脳内ではたらきを速さで現わしてみることができる。それは反応時がいろいろな種類からなりたっているが、その中で末梢神経の中を刺激が伝わるに要する時間はごくわずかでその大部分は大脳で費されるからである。

〔実験の装置(準備をかねて)〕

誘導電流装置(感応コイル)・電磁音叉(100サイクル)・ロタトリーム(36年度研究紀要自作品について参照)・電磁石にテコをつけた2連セット(1図参照)・乾電池(3V)2~3個・洗濯バサミ(接点加工)・スイッチ・銅線(ビニール被包)など、の器具を主体として図1のようにセットする。

〔図1の説明〕

- 1 洗濯バサミのつまみの部分(外側)④にそれぞれ接点を露出させておき、誘導電流によってつまんでいる指先に刺激が伝わり、そのときつまんでいた指をはなすと洗濯バサミは閉じ、③にある接点が接続され、②へ電流が流れ、電磁石は磁力で、鋼鉄製テコBを引きつける。テコBの先端がロタトリームの円筒にはりつけられたスヌメリ用紙に記録をする。

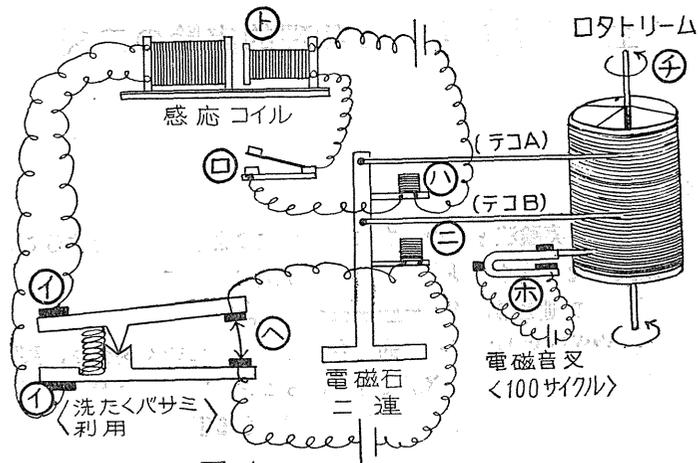


図 1

- 2 スイッチ④の接点を接続し、誘導電流が流れ電磁石⑤に磁力が生じ鋼鉄製テコAを引きつけテコBと同じ原理で記録されるようにする。
- 3 スイッチ④を用いて誘導電流を発生させる場合、被験者に適する刺激が与えられるように感応コイルを調節しておく。
- 4 テコAは刺激の時点記録し、テコBは反応の時点記録されるように接続する。
- 5 電磁音叉を調整して記録されるようにする。

〔実験の順序〕〈図1参照〉

- 1 被験者に適する刺激が与えられるように誘導電流を調節する。(感応コイルの調節)
- 2 被験者が刺激を感じたならば、洗濯バサミのつまみ①をはなすように指示する。
- 3 電磁音叉を働かせる。
- 4 スイッチ④を入れると同時に寸前にロタトリームのキーをおして、円筒を回転させる。
- 5 円筒より紙をはずし、ススをラッカー(カラーズプレイを使用)でとめる。

〔実験結果〕〈生徒の実施した結果を参考に取り入れて説明する〉

- 1 実験結果はスス塗り用紙に記録される。模式図を示せば次のようになる。

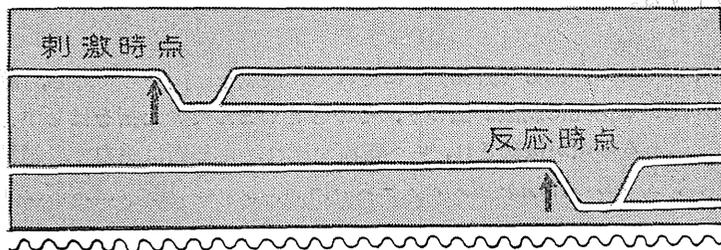


図 2 反応時の測定

- 2 上の模式図であると電磁音叉(100サイクル使用)の指示するところによると、刺激時点と反応時点の間は山が、18.5ある。したがって反応時は0.185秒ということになる。
- 3 生徒の測定例としては反応時が、0.195秒(平均)となった。

(参考資料)

井上清恒氏の著書中の測定例として反応時は大体 0.117秒~0.201秒くらいであることが示されている。

(新しい生物学双書 5 生物の刺激反応性 井上清恒氏著 大日本図書株式会社発行参照)

【考 察】

正確な結果は種々のエラーがあって期待できないが、実験結果は従来の測定値の範囲内であって一応認めてよいのではないかと思う。従って目標とした学習効果は一応はたされたことになる。

〔この実験の価値の程度に対する考え〕

- 1 装置の自作も比較的容易である。
- 2 セットされた器具をみて目的とする結果が得られるかどうかの推定をすることも容易である。
- 3 生徒が被験者となって経験し、興味が持てる。
- 4 実験結果が自動的に記録される。
- 5 実験結果の記録用紙より、簡単に算出してみることができる。

以上のような点から考えると生物学学習の目標を達成するために高い価値のある実験と考えられる。

しかし、欠点もあって物理学学習で要求されるほどには定量的な正確度がない。また、器具を多量に整備することが困難な部分もあると思う。そこで、教師実験としての範囲にとどまらざるを得ない。というようなことを考えておかななくてはならないと思う。

『リンゴの損傷電流の測定器とその実験法』

〔実験の目標〕

リンゴの切口と無傷の外果皮の部分との間に電位差があるのをたしかめるため、回路をつくってみると電流が生ずることで実証する。生物電気についての理解を深め、分子のレベルから生命現象を考察しようとする態度や能力を養う。

(測定に対する考え方)

生物電気は大別すると2つのグループに分類される。つまり、脳波・筋肉電流(活動状態の)などの一般に活動電流といわれているもの(電圧・電流の変化の激しく大きいもの)と損傷電流のようにほぼ直流に近いものである。

電気というものを調べるときには、これが目に見え、記録して残すことができるようにしなくてはならない。つまり、目に見えるようにするためには、一般にメーターを使ったり、オシロにあらわしたりしなくてはならない。そのため、一定の電力を必要とし、生物電気が微量で測定困難なことが多いので増巾された形で調べる。増巾器の増巾度を既にわかっている蓄電池などで測定しておけば、計器の指針の示すところを読んで換算すればよいのである。

〔増巾器作成上の基本的な考え方〕

1 図1に示すような三極管A級一般増巾器で希望の電力まで増巾できれば、都合よいが、増巾度の足りない場合は、二段以上の増巾器を作らなくてはならない。すると大変、困難になってくる。

2 真空管増巾器の段間結合法には、一般に抵抗結合・トランス結合・チョーク結合があるが、低い周波数のものを増巾するには、先ずトランス結合、チョーク結合は、都合が悪く、抵抗結合でも図2の C_c の値が問題になってくる。直流つまり周波数が0になると C_c の容量の値は無限大でなければならない。つまり、 C_c を取り除かなければならなくなる。

3 したがって図3に示すように C_c を除去してみると、 V_2 のグリッドに前段プレートの高圧がかかってしまう。

即ち、グリッド・バイアスをかけるためには、その高電圧を打ち消さなければならない。

4 そこでグリッド・バイアスをかけ、図4のようにしてみる。

V_1 のプレートと V_2 のグリッドの間の電池が高圧をうちけし、 V_2 のグリッド・バイアスをかけるためのものとなる。

この形式のものでは周波数範囲が非常に広く直流でも増巾できるという特徴がある。

(参考)

以上のような電池での結合を直結式でなすアンプの作り方の外にテレビの映像増巾回路を応用することもできる。(ただし、不必要なピーキングコイルなどは除かなくてはならぬ)

それは、色のコントラストの基礎となる発色信号が直流なので、映像増巾回路では直流を増巾するという考え方によるのである。

図1

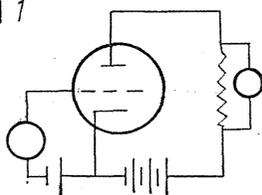


図2

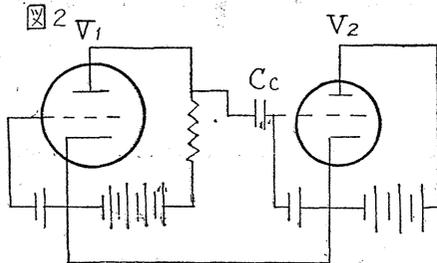


図3

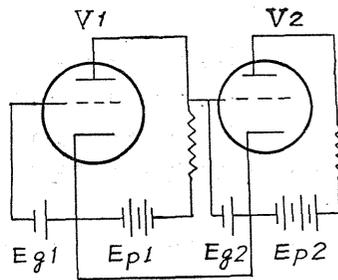
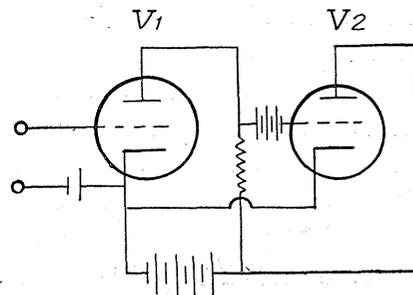


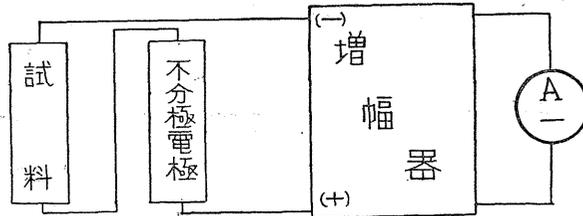
図4



〔実験器具の装置〕

計器（ミリアンペアの測定できるもの）と増巾器と試料とをどのようにセットするかを模式図で示すと次のようになる。不分極電極を用いることや増巾器は可能なかぎり、アースするように工夫するとよい。

〔装置〕



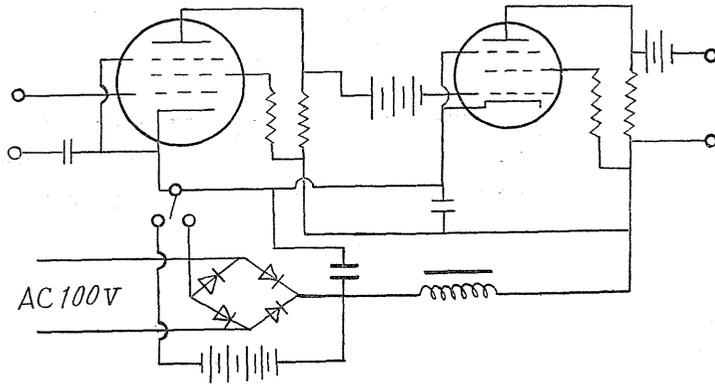
増巾器の配線図

配線図Aは増巾器作成上の基本的な考え方1～4に説明した内容によって作成し、作図したものである。

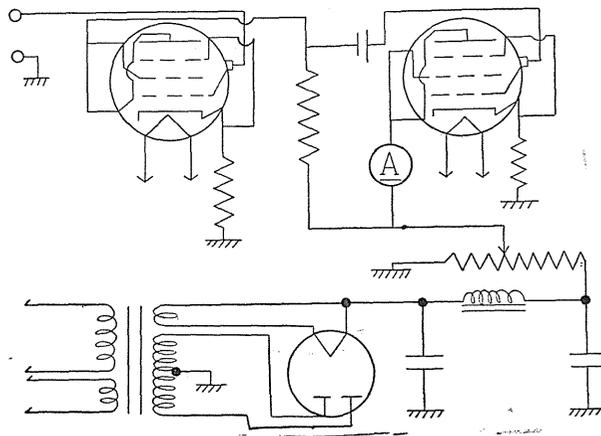
配線図Bも、基本形は同じであるが、プレートとグリッドとの間に67.5Vの積そう乾電池を入れてみたのである。

安定性が高いのでこれをセットして実験を実施した。

配線図A



配線図B



〔実験の順序〕

- 1 アンプ・計器・リンゴ・不分極電極・アースなどセットする位置へ、それぞれ配置する。
- 2 アンプの電源を入れる。
- 3 計器（横河のもの）を調整する。5 mm アンペアのところへ、つまみをあわせる。
- 4 不分極電極をリンゴの無傷部外果皮点に接触させ、計器をみる。
- 5 リンゴの外果皮の一部を切断する。（ステンレスナイフを用いる）
- 6 不分極電極を無傷部と切断部とに接触させる。

〔実験結果〕

- 1 無傷部へ接続しても計器の針は動かない。切断部と無傷部へ、それぞれ接続してみると切断直後一定の電流の流れを示しているが時間の経過にしたがって減少していく。

【考 察】

計器の示す針のふれから数値は読めたが、増巾度の調整や算出について、正確を期することが困難であったので、①と②の結果から定性的に無傷部から損傷部へ電流が流れていることをみとめることができた。電位差があり無傷部の電圧がより高いことが推定でき、損傷電流の生ずることや時間の経過と共に電流の流れが減少していくこともわかった。

〔この実験に対する価値の程度に対する考え〕

- 1 増巾器の作成は、配線図を示してやれば、中学校で学習した技術科の基礎を持ち、クラブ活動などでアンプを製作した経験のある生徒であれば可能である。
- 2 セットされた回路を少し説明すれば計器の針の指示するものが何を意味するか定性的には容易にわかる。
- 3 分子のレベルから生命現象を解析しようとする考え方の導入になる。
- 4 生物の学習内容中エネルギーの転換と利用という形で『生物電気』に関する内容を学習するようになっていく。抽象的な考えで説明を聞くに終る学習形態（学習活動）から検証的な方法を用いる科学教育本来のあり方へ一歩前進させることができる。