

# 特別展展示資料としての ホタルの光信号発生機の製作

久留義孝\*

How to make the Light-Signal-Generator of a Firefly

Yoshitaka Hisadome

「チカ・チカ・トン・トン」，これは，ホタルの発光パターンの一部である。この言葉がいつしか，我々理工系スタッフの合言葉になってしまった。「ホタルの光信号発生機」（以後，信号発生機と記す）の製作が，学校現場を離れ，着任早々の筆者の大仕事であった。というのは，昭和63年度の第1回特別展「ホタルの科学展」のコーナーのひとつとして，ホタルの光信号発生機を作製，展示することになっていたからである。

しかし，結果としては，3人の当館学芸指導員，富永健治郎氏，留末優氏，松崎孜氏のご助力を得て，何とか展示に耐え得るものが完成したので，「信号発生機（第1号機）」製作の顛末を報告し，各位のご指導を仰ぎたい。

## 1. ホタルの科学展における 信号発生機の位置づけ

ホタル展の趣旨，展示内容や理工系の分担等は，図1のとおりである。

特に，薬品を混合して，化学的にホタルの光をつくる演示実験を企画・運営することや，ホタルの光信号を模擬的に発生させるような装置を製作し，ホタルの種類や雌雄を区別できるようにすることは，大きな役割であった。

### 特別展「ホタルの科学」実施計画

#### 1. 趣 旨

ホタルにまつわるいろいろな科学現象を紹介し，ホタルについての理解を深め，科学の楽しさ，面白さ，不思議さ，広がり等を体感させ，自然と科学とのつながりを考えさせる。

#### 2. 展示内容

##### (1) ホタルという生き物

- 昆虫としてのホタル
- ホタルのからだ
- ホタルと人生（文学，絵画など）

##### (2) ホタルの光って何だ

- ホタルの発光機
- ホタルの発光のしくみ

- ホタルの光をつくる（化学的）

- ホタルの光の明るさ（物理的）

- 身の回りにある蛍光物質（蛍光ペン，釣具など）

##### (3) ホタルの信号

- ホタルの信号解読
- ホタルとはなそう

##### (4) 鹿児島県のホタル

- ホタルの一生と飼い方
- ホタルの分布
- 光るホタルと光らないホタル

#### 3. 展示期間

昭和63年4月27日～5月31日

理工系担当

図1. 「ホタルの科学」実施計画

## 2. 製作構想

動物担当より渡されたホタルの光信号の資料(図2)を手がかりに、製作構想を練り上げたが、予算の都合で廃品等を活用して、できるだけ安価に仕上げることも、条件の一つであった。

ホタルの光の発光部分には、緑色の発光ダイオード(LED)を使用することにした。

発光パターンを再現する方法としてはシーケンサ、ドラム制御、リレーシーケンス等の方法が考えられる。

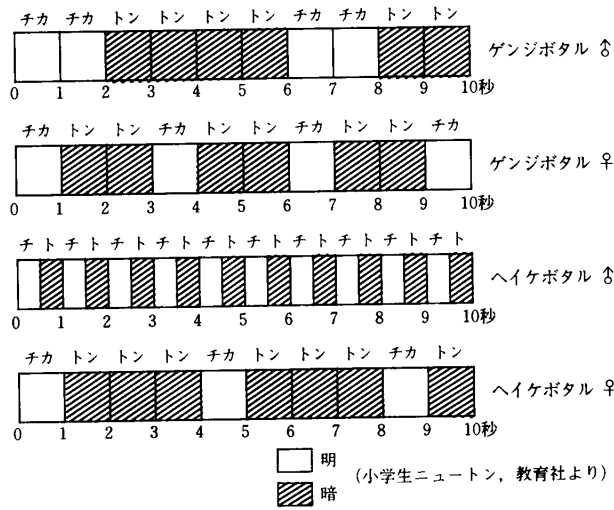


図2. ホタルの光信号図

### (1) シーケンサ

真っ先に考えたのが、パソコンを使用することであったが、経費(インターフェースボード等の購入)の面からあきらめた。

次の手段として、ICやトランジスタを利用した発光方法を考えた。ヘイケボタル(♂)については、無安定マルチ回路を応用して発生させることができたが、他のホタルの発光パターンには、どうしても近づけることはできなかった。ヘイケボタル(♂)の発光信号を再現するまでの過程を図3に示す。

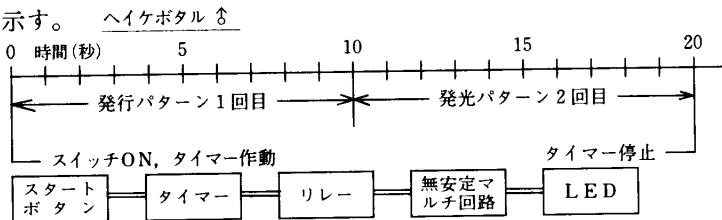


図3. ヘイケボタル(♂)の光信号再現の過程

### (2) ドラム制御, リレーシーケンス

ゲンジボタル(♂・♀)とヘイケボタル(♀)については、オルゴールの仕組みを応用したドラム制御とリレーシーケンスの2つの方法を取り入れることにした。図4にこれらの発光過程を示す。

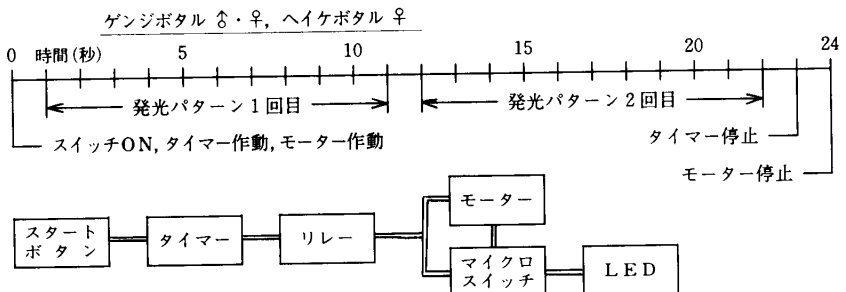


図4. ゲンジ(♂・♀),ヘイケ(♀)の光信号再現の過程

### 3. ドラム制御, リレーシーケンス方式の製作

持ち運び, 修理, 収納等から考えて, 5つのブロックに分けて製作した(図5)。信号発生機本体は, 機械部分と電子回路部分から成っており, 電子回路部分は, 木箱の側板に取り付け, 機械部分と一緒に木箱内に納めた。いつでも2つに分けられるようにセットしてある。

本体とスイッチ盤とは(図5中のA)7芯コードで, 本体と中継器とは(図5中のB)フラットケーブル(12列平コード)で接続した(図6)。

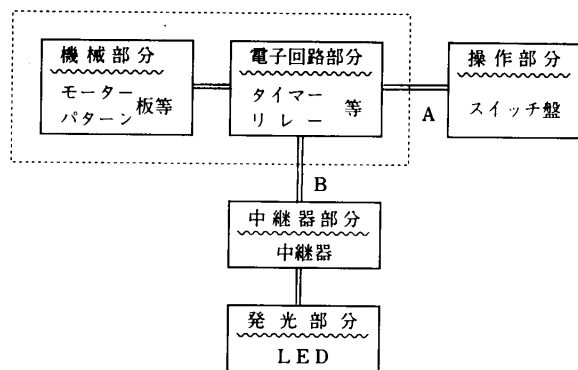


図5. ブロック図

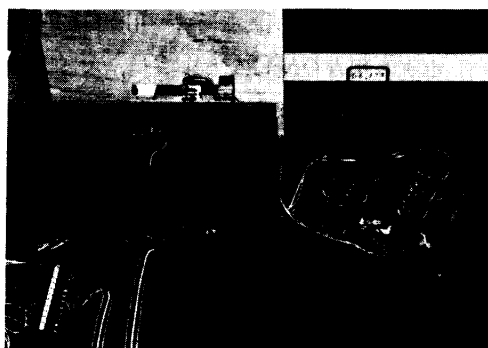


図6. 各ケーブルと電子回路部分

#### (1) 機械部分

機械部分は, モーター及び減速装置とパターン板から出来ており, 今回, 最も苦心した部分である。

##### ア. モーター及び減速装置

30秒程度で1回転するような, 低速のモーターを捜したが, 思うようなモーターが手に入らなかった。ステッピングモーターを購入することも考えたが, モーター本体, ギヤヘッド等で経費がかかるので, 今回は断念した。

次に考えたのが, レコードプレーヤーである。ターンテーブル部分は1分間33回転しており, プーリーやギヤを使用して, 回転数を落とすことに挑戦してみた。適当なギヤやプーリーがなかったことと, 回転トルクの低さから, これまたあきらめざるを得なかった。

湿式コピー機のドラム部分が制と低速なのに目をつけたが, 手元になかったのでこれもあきらめた。結局, 廃品回収業者の資材置き場で見つけたレジスターのモーターを利用することにした。

このモーターは, DC12V用で, 付属のギヤ部分まで使って, 120rpmであった。これと模型自動車のギヤ部分をプーリーで連結し, さらに, プーリーでパターン板につないだ。(図7)

これで, 1回転35秒まで減速できた。また, 心配した回転トルクも十分であった。

なお, プーリーは, 小・中学校の理科教材にある滑車を利用した。

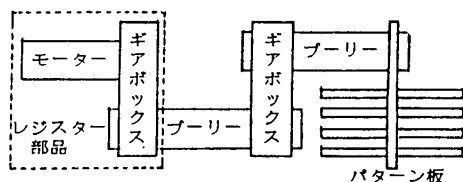


図7. 減速装置の模式図

イ. パターン板

厚さ3mmの白色アクリル板を、旋盤で直径6cmの円形にし、分度器2枚を張り合わせて作ったスケールの発光パターン(図9)を写し、加工した。

枚数は、モーター用、ゲンジボタル♂・♀用、ヘイケボタル♀用の4枚である。切込み部分は、モーター用がOFF、ボタル用がONになるように、マイクロスイッチを取り付けた。

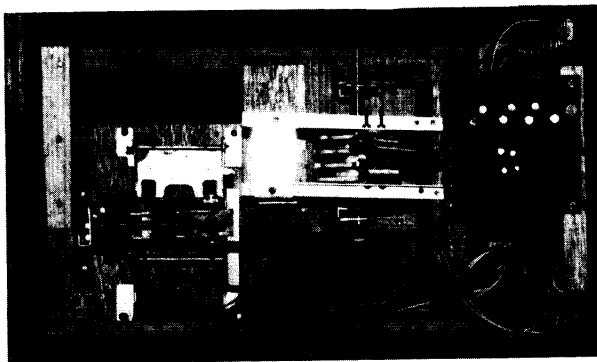
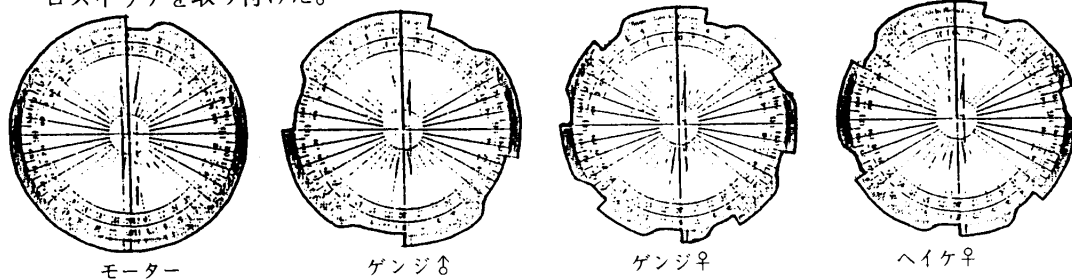


図8. 減速装置とパターン板



モーター

ゲンジ♂

ゲンジ♀

ヘイケ♀

(2) 電子回路部分

図9. 分度器2枚でつくった発光パターン

この部分は、タイマー回路、無安定マルチ回路から成っている。これらに使用した部品は、ほとんど壊れたテレビや廃棄展示品から収集した。

使用した部品一覧表を表1に、回路図を図10に示す。

表1. 部品一覧表

部品名	規格等
VR1~VR4	100KΩ
C1~C4	16V-550μF
C5, C6	16V-20μF
R1, R4	680Ω
R2, R3	56KΩ
TR1, TR4	2SC945
RL1~RL4	DC10V用リレー
S1~S4	マイクロスイッチ

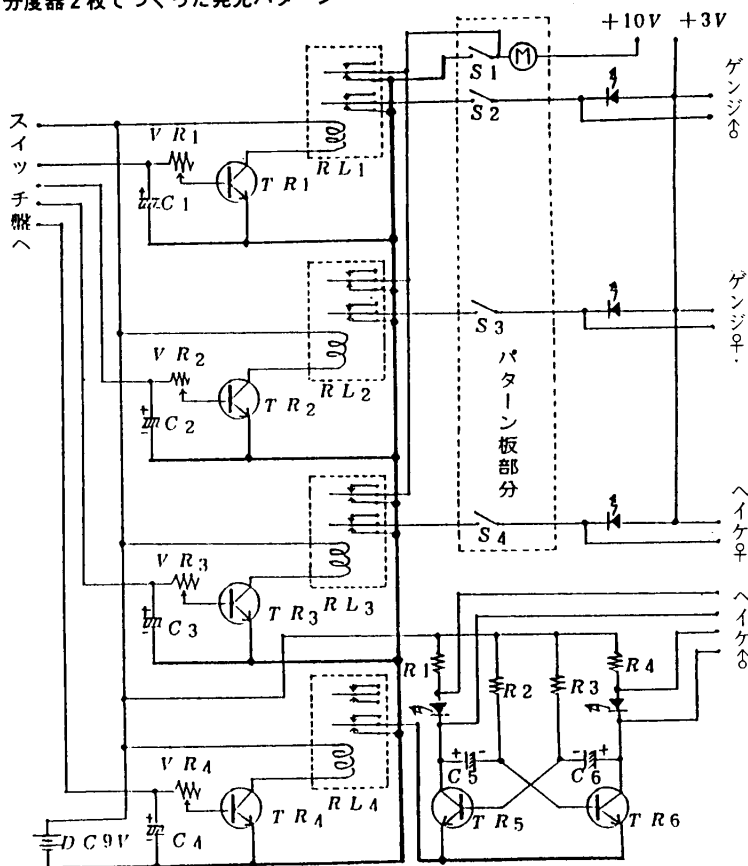


図10. 電子回路部分の回路図

タイマー回路は、トランジスタ1石、可変抵抗1個、電解コンデンサー1個、それに、リレーを使用した単純なものである。RL 1～RL 3は23秒に、RL 4は20秒にそれぞれ調節した。

ヘイケボタル(8)の光信号を発生させるための回路が、無安定マルチ回路である。最も基本的な回路で、路切の警報機等に応用されているものである。

### (3) 電 源

電源には、小・中学校の理科備品にあるような、実験用電源装置を使用した。無安定マルチ回路がうまく作動しなかった。原因は、この電源装置がセレンで整流しただけであり、完全な直流になっていなかったためである。そこで、出力部分に1000 $\mu$ Fの電解コンデンサーを挿入した。

(図11)

また、モーターが10V(回転数を24秒で1回転にするため)、電子回路が9V、発光ダイオードが3Vと、3種類の電圧が必要なため、実験用電源装置の出力電圧を10Vに設定し、2 $\Omega$ と12 $\Omega$ の2W型抵抗を直列につないだ。(図12)

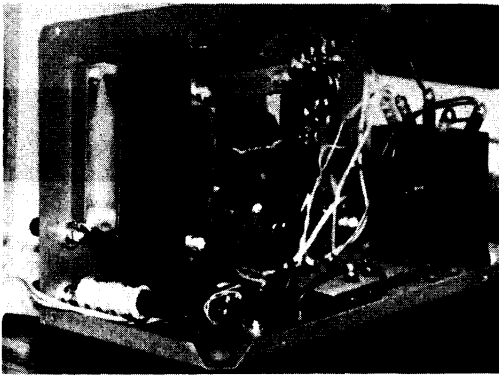


図11. 電源装置内部

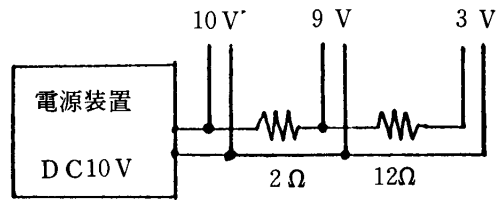


図12. 電源部分の回路図

### (4) スイッチ盤

直接入館者が触れるスイッチ盤は、手前に傾斜をつけて合板で作成した。

押しボタンスイッチは6個取り付けた。左右1個のスイッチは、入館者のボタン操作に応じて、ホテルが点滅するようにしてあり、残り4個の押しボタンスイッチは、それぞれのホテルの発光パターンで点滅するようにした。見取図、寸法等は図13に示す。

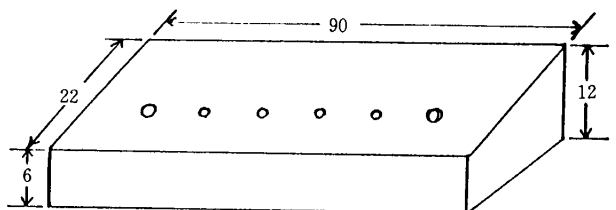


図13. スイッチ盤の見取図

## 5) 模型ホタル

入館者の押しボタン操作に応じて点滅する模型ホタルは、ウッドラックパネルを加工した。尻の部分に黄色LEDを取り付け、他のホタルの光信号と区別できるようにした。(図14)

他のホタルは、緑色LEDにリード線をハンダ付けした後、直接竹にくくりつけた。

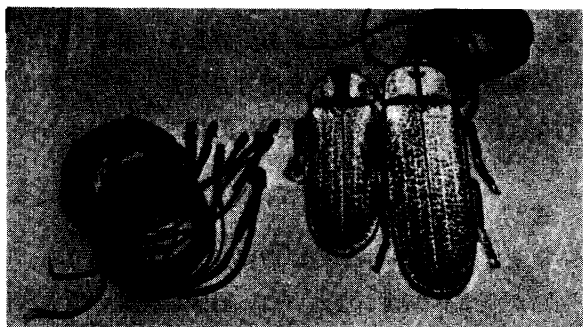


図14. 模型ホタルとLED

## 4. 展 示

植物担当学芸主事が採取してきた竹や草等を、臨場感ができるように植え込み、LEDを15個取り付けた。(図15)

展示場では、緑色LEDが、あたかも本物のホタルかのような光を放ち、いまにも飛び立つような錯覚さえ与えた。

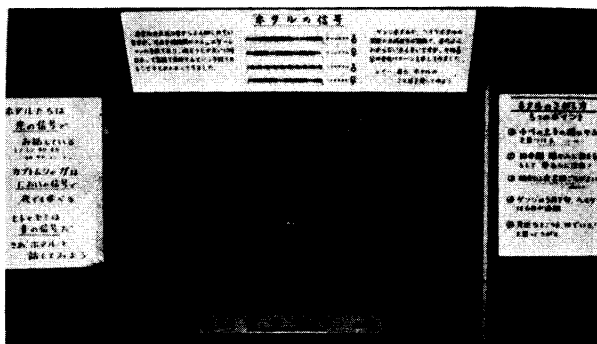


図15. 展示風景

## 5. 結 果

展示して気がかりな点は、ほとんど廃品を利用して製作したので、1ヶ月余の長期展示に耐えられるかというところであった。しかし、1回のトラブルもなく、特別展を終了できて、ホッと胸をなで下ろすことができた。ちなみに、製作費用は、フラットケーブルやLED等約3千円である。新品で製作すると、6万円程度は必要だったろう。

入館者の、「まるで本物のホタルみたい」とか「よく出来ているなあ」という声を耳にして、ホタルの種類や雌雄によって発光パターンが異なることを、模擬的に視覚を通して理解されたように思う。また、宮崎県内のある団体から借用の申し込みがあり、反応の大きさにびっくりした。あわてて本体に名前を書きながら、「もっと体裁よく製作すればよかった」と反省した。

安く、しかも簡単な原理で製作できた点や、身近に転がっている品物に、新しい命を吹き込んだ事には満足しているが、他にもいろいろ方法があったに違いないと思う。