

難しいことをやさしく、やさしいことを面白く、面白いことを深く探求する

楽しい自作電子回路雑誌

# Cirq



リンゴの季節到来 秋映と紅玉

## CONTENTS

- |               |                    |
|---------------|--------------------|
| 2 原点 アトムと原子力  | 11 可視光PWMトランシーバの製作 |
| 2 可視光通信の為の諸準備 | 14 何故なゼンシリーズ9      |
| 5 可視光通信の予備実験  | 分流器と倍率器            |
| 7 私の可視光通信実験装置 | 15 読者通信-2-         |
| 10 読者通信-1-    | 16 雑記帖             |

**054**  
OCT.2012

# 可視光通信の ための諸準備

JA1AVV 向江 裕行さんから次のようなメールを頂きました。

『こんにちは。初めてメールをお送りします。「CirQ 053」にあった「可視光通信と鏡」という記事の中で、ちょっと気になった表現を見つけたものですから、その点についてお話をしたく、このメールを書く次第です。

「CirQ 053」の6ページ、右側の欄の最下部に以下のような記述があります。

「本当は2枚の鏡ではなく4枚の鏡を組み

合わせるべきですが、工作の事情により今回は2枚の鏡にしました。4枚の鏡の場合は上下左右の度の方向からの光も元来た方に反射するのですが、左右に置いた2枚の場合は左右は元来た方に反射しますが上下方向には1枚の鏡と同じような方向性を持っています。」

これは、つまり「鏡が2枚だと、上下方向から来た光の反射光は元の方向には戻らない。鏡を4枚にすればこれは解決する。」ということだと思います。

しかし、これは鏡が3枚あれば解決するのです。3枚を互いに直角になるよう組み合わせる、つまり、立方体の一つの角と同じになるように3枚を組み合わせれば、入射光が鏡の死角から来ない限り反射光は必ずもと来た方向に向かいます。

これはすでに実用例がたくさんあります。車の後ろについている赤い凹凸のある反射板もそうですが、これをよく見ると、凹凸は直角の三角錐状になっていることがわかりま

## アトムと原子力

JG6DFK/1 児玉 智史さんから次のメールをいただきました。

053号の原点に「鉄腕アトム」の話がありました。私にとってなじみ深い第二世代のアトムは核融合炉でしたので、後に残るのはヘリウムだと思っています。

大久保です。アトムが原子力で動いていることは知っていましたが、詳しく考えずに原点を書いてしまいました。原点が狂ってしまってはいけませんね、反省します。

そこでアトムのエネルギーについて調べてみました。確かに核融合という話も出てきますが色々と変遷や反論もあってこまかいことは分かりませんでした。

原子力反応には、「核融合」と「核分裂」があり、今問題の原子力発電は「核

分裂」を利用したものです。この2つの反応を分かり易く説明しているのが次のサイトです。

<http://www.geocities.co.jp/CollegeLife-Labo/4328/research2.htm>

次にアトムのエネルギーについて研究

されているサイト御紹介します。<http://plaza.harmonix.ne.jp/~kotani/enargy.html>

また、手塚さんが現在ご存命だったらという期待で書いたものが下記のサイ

トでした。私の原点のアトムの部分はこんな希望で書いたものです。

<http://opinion-dmori.cocolog-nifty.com/blog/2011/06/post-5aab.html>



す。類似のものは道ばたにもたくさん見かけますね。

もっとも、薄いシート状の反射板は、透明なプラスチック材の中に小さな球状のガラスやプラスチックが入っていますが。

というわけで、ちょっと気になったものですからお知らせする次第です。』

以上に対するFCZ大久保の返事です。

『向江さん、情報ありがとうございます。

私が鏡2枚でやった理由は100円ショップで買って来てガラス切りも要らず簡単に出来る物という理由でした。大きさを大きく取りたいというのもありました。

しかし、ご指摘の方法なら初めの条件でも出来そうですね、やってみることにします。

早速近くの100円ショップから鏡を1枚



買って来て、取付ける構造も初めから作り直しました。写真を見てください。

その結果、ご指摘の通り色々な方向からの光に反応することが分かりました。しかし、問題もありました。鏡に映る私の顔が3つか4つになってしまうのです。これは鏡の組み合わせが正確に90°になっていないことが原因のようです。

鏡が2枚の時は気になりませんが組み立て式の反射鏡の場合難しい問題でし

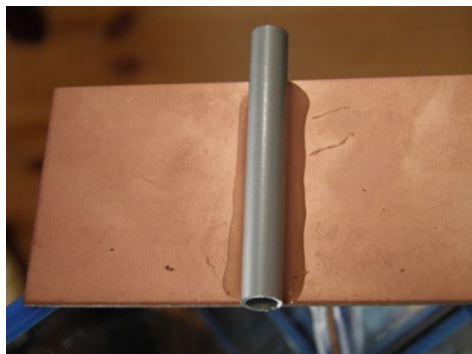


たので残念ながら鏡を3枚使うことは今回は採用しないことにしました。

後日談ですが、鏡が2枚のときでも通信距離が遠くなると問題が出てくることごとから分かりました。

向江さん 新しい今回はそんな理由で情報を利用することが出来ませんでした。これからも気がついたことはどんどんご連絡下さい。ありがとうございました。』

鏡を2枚使う場合に問題となるのはそれを設置するとき鏡の上下方向を正確に設定しなければならないということでした。



そこで鏡の方から望遠鏡の方向を見るファインダを作ってみました。構造は写真のように簡単なもので、アルミパイプの部分を上の方から覗くという物で、視野の中心を決定し易くする為に覗く方の直径を狭くする為に3mmのナットを嵌め込みました。

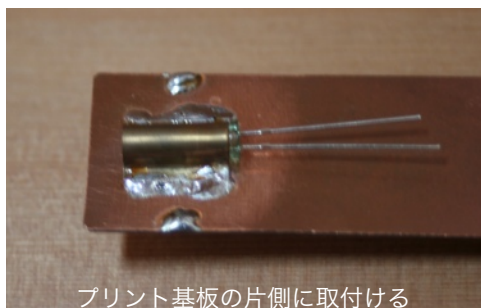
これを交差する鏡の上に載せて望遠鏡が中心にくるようにセットすれば良いと考えました。

この結果は距離が10m程度の時はバッチリ動作してくれました。しかしあとから分かることですがこれにもまた問題があったのです。次項の仮実験にそのようすを書ききます。

### 1つのレンズで送受信する

可視光通信では送信素子(LED)と受信素子(PD)が独立してそれぞれの役目に従い存在していますから通常集光の為のレンズも2つ必要です。望遠鏡は方向の決定、ビームの鋭さと言う意味で可視光通信には最高の道具になりますが、送受信の切り替えが面倒です。この問題は望遠鏡を2台用意すれば解決しますが装置が大きくなってしまいます。

そこで考えたのが望遠鏡のアイピースの部分にLEDとPDを並列に取付ける方法です。厳密に言えば対物となる相手のLEDとPDをレンズで集束した場合、焦点が2つに分離する筈ですが、相手から来るLEDの光は半径0.5m以上に広がっていますからやってみないと分からないですがまず問題はないと考えて先に進むことにしました。ただ、LED



とPDは光的に結合してはいけないので互いの遮光を考慮して製作することにしました。

LEDは特に高出力ではない直径5mmのごく普通のものから黄色を選びました。

問題はPDですが可視光線に使えるPDっ



てあまり無いですね。調査の結果、秋月電子通商で売っている浜松フォトニクスのS2506-029)というシリコンPin PDを使うことにしました。これは1個150円でした。

この2つの素子を0.8mmの両面プリント基板を挟んで両側に取付けました。(写真を参照してください) LEDの方は望遠鏡の中に光が充満しないように真鍮板でカバーをかけ、全体を黒色のアクリル絵の具(グワッシュ)を使って塗装しましたがこの材料は水性で光沢がなくて光関係の塗料として便利だと思いました。

さてこのLEDとPDの結合体を052号の写真のように望遠鏡に取付けてようすを見ることにしました。

望遠鏡から数メートル先に鏡2枚の反射鏡を置き、それに望遠鏡に仕込んだLEDからの光を当て、反射した光を望遠鏡に仕込んだPDで受けてみました。この時LEDとPDの位置関係は左右の横関係でした。

送信機と受信機は050号で紹介したものをを使い、その結果バッチリ反応がありました。ピント調整をいろいろしてみました。特に変化は有りませんでした。

信号光を故意に鏡から外してみました。受信していた信号は当然消えたものの回り込み信号はほとんどきになりませんでした。

これでLEDとPDの結合体を実際に使えることが分かりました。

この先の実験は5ページに書きましたので御覧下さい。

9月24日  
**可視光通信の予備実験**

佐倉城址公園駐車場

JA5FP , JH1FCZ

可視光通信の実験は八街グループの人達とやっていますが、その実験を能率良く進める為にJA5FP間さんと次のように予備実験をやることにしました。

日時 9月24日(月) 09:30現地集合

場所 佐倉城址公園駐車場(木陰のある所)  
実験内様としては、

\*間さんの作られた送信機及び受信機の実地試験。

\*大久保の望遠鏡システムの検証の二つです。

参加者としてJA1CNM金子さんが助っ人として来ていただきました。

### 間さんの実験

間さんのシステムについては詳細について



送信機の光軸を合わせる間さん

て7ページからの記事を参照していただきませんが、サブキャリアとして455kHzを利用したFMを採用していて、LEDの色は青です。

実験をはじめの前にリグー式の調整をしているとき、送信光を近くの樹木に向けたときに突如受信機が信号をキャッチしました。これは樹木の反射を受信したことです。これはシステムの高感度に驚きました。これはサブキャリアの威力とも言えそうです。

そのあとよいよ本格的な実験です。実験場としては木陰になる所に受信機を置き、送信機を通信距離に見合う所に移動する形式を取りました。

はじめ10mばかり送信機を離して設置しましたが、この送信機はLEDを8個も使っていますから見るからに強力です。ビームが少し位それていても受信で来ましたから光軸合わせは簡単でした。

次に100mばかり離れた所に送信機を持って行き、間さんが送信機につき、受信機担当の金子さんがもう少し上」とか「もう少し右」という風にゼスチャーで連絡しましたが、この光軸合わせも実に簡単に出来ましたしモールスによるIDもきれいに受信出来ました。アマチュア流に言えば 59 です。

間さんの送信機はLEDの色を換えることが出来るように作ってありました。

100mの位置でLEDを青から赤に変えてみましたが何の問題も無く受信することが出来ました。

受信機による本格的な実験では有りませんでした。眼視による信号の確認では 180m (実験場の広さ一杯)で送信光の確認がバッチリできました。

## 大久保の実験

私の実験は望遠鏡にLEDとPDと一緒に使うのと、鏡による反射実験です。

3ページに書いたように向江さんからの情報をもとに3枚の鏡を使って実験したのですがバラックセットだったうまくいかず、鏡を2枚にして実験することにしました。

家の中での実験で10m程度では望遠鏡も鏡も実にうまく通信が出来たのでこの屋外実験でもいきなり100mの所に鏡を置くことにしました。

ところがこれが大誤算でした。鏡の上下方向のセットがものすごく難しいのです。これに相当の時間を費やしてしまって100mはやむなくあきらめることにしました。

仕方なく20m程度に鏡を近づけてみたのですがこの距離でも難しく、しかも2枚の鏡のセットが90度からずれていてある距離か

ら遠くなると反射波がうまくもとの所へ帰らないことも分かりました、

実験場の広場を行ったり来たりしているうちに予定していた時間になってしまい実験を不成功のまま終了瀬差せるを得なくなりました。

それでも望遠鏡のシステムは送信側でうまく働いてくれることが分かりました。

送信機を100mはなれた位置に持って行き、望遠鏡を目的の場所にを向けてからLEDとPDに切り替えて目的地に行ってみるとLEDの光を確認することが出来ました。下の写真は100mのものですが180mでも確認することが出来ました。

ここ迄の実験から送信機の光が見えれば受信機による受信は可能であると考えれば、今回、別の受信機を作っていたら100mの通信には成功したと考えます。



間さんと金子さん、左に見える赤い光が間さんの送信光(約100m)、その左の小さい光が大久保の送信光です。光の方に露出を合わせたため人物が露出不足になりましたがご容赦ください。

# 私の可視光通信 実験装置

JA5FP 間 幸久

## 1. 実験の狙い

私が初めて可視光通信の実物を実際に見たのは、2010年10月のCEATEC 展示場での株式会社中川研究所のデモンストレーションでした。電波ではなくて、LED 照明から発した光を経てテレビ画面にビデオが映し出されるのに目を白黒させられました。その時は興味だけで自分の及ぶ技術ではないと思っていたのですが、それから1年後の2011年9月、CirQ 047で紹介されているJF1GYO 黒川さんらグループによる印西市双子公園での公開実験を見学する機会があり、アマチュアが先駆的に遠距離通信を成功させておられることでもっと驚かされました。なんと、JF1GYO さんはVLCC という日本いや世界での最先端研究のリーダーの一人だと知り、そのノウハウを教えていただければ自分でも手がけてみたいという衝動にかられました。

JH1FCZ 大久保さんとともに、地の利もあり幸いにも基礎的な情報とPD を提供いただき、先頭に行く八街グループのみなさんに少しだけ近づく実験機材が用意できました。

ここで紹介する私の可視光通信実験用の装置は、次のコンセプトを基に製作しました。

手軽にできる実験を目指すこと  
特殊な部品ではなく、なるべく普通に安価で入手できる部品を使い、回路はできるだけ簡素にする。初歩的な製作技術で、短時間で揃えられる構成にする。

最低の通信機能の他に、高度な技術への入り口を示すことトーン信号と音声という最も基本的な情報を伝送する。多重伝送など高度通信技術が使える可視光通信への発展を目指して、FM 方式による1 次変調を使ってみる。

短距離での通信実験から始めて可視光通信を体験すること直進性がある光伝搬と光電気変換という二つの性質を理解するために、まず送受信地点の間隔を数十m として体験する。装置は伝達距離1km 程度を目標にして設計し、上手く行けば10km を目指す。

## 2. 実験装置の構成と回路

何度かの試行錯誤の後にでき上がったのが図1 の、455kHz FM 信号でLED をAM する可視光送信機、被変調可視光から455kHz FM 電気信号を取り出す可視光受信機です。

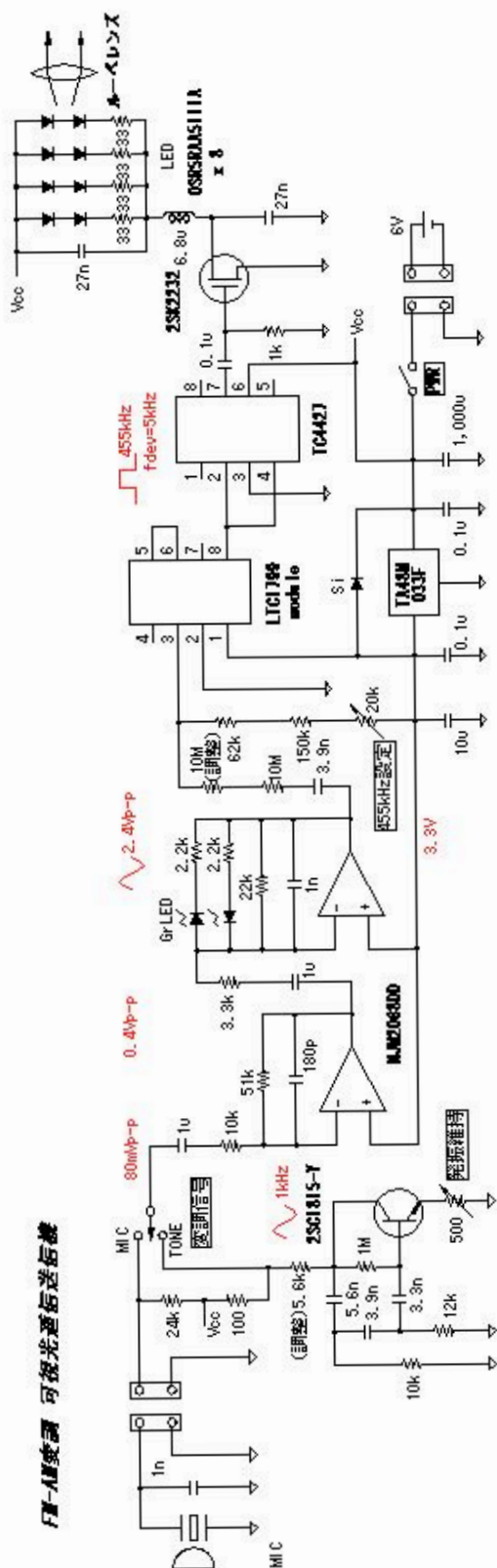
信号の流れに沿って順に説明します。送信機回路において、マイクは2 端子のエレクトリック・コンデンサー・マイクです。トーン信号は2SC1815-Y の移相発振器から約1kHz を送ります。発振維持の500  $\Omega$  を加減して、安定なサイン状波形が出るようにします。6.8k  $\Omega$  の抵抗を取り替えて調整し、トーン信号のレベルをマイク出力のレベルに合わせます。

LTC1799 モジュールに関連する部分がFM 変調器です。LTC1799 のデータシートにはFM変調機能があるとは書いていませんが、SET 端子(pin 3) への流入電流で発振周波数を可変するデバイスですから、適当な抵抗を介して交流電圧を加えればFM 変調ができるはずですが。

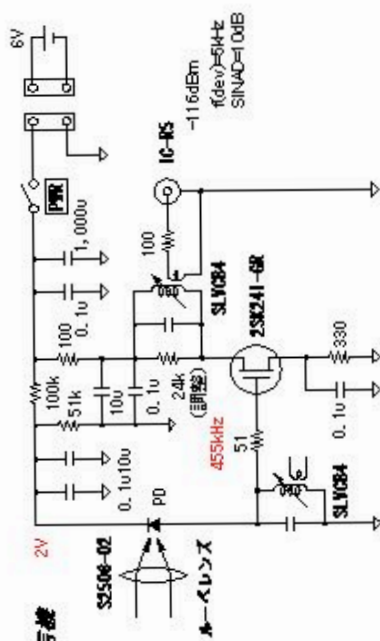
実際には、数十k  $\Omega$  の抵抗で中心周波数455kHz を決め、数十M  $\Omega$  の抵抗で偏移周波数5kHz となるように調整します。

一般のFM 変調器は正弦波が出力されますが、LTC1799 はデューティ比50% の矩形波です。ですから、PPM(Pulse Position

**FM-AM変調 可視光通信送受信機**



**FM-AM変調 可視光通信受信機**



**特殊部品実装など**

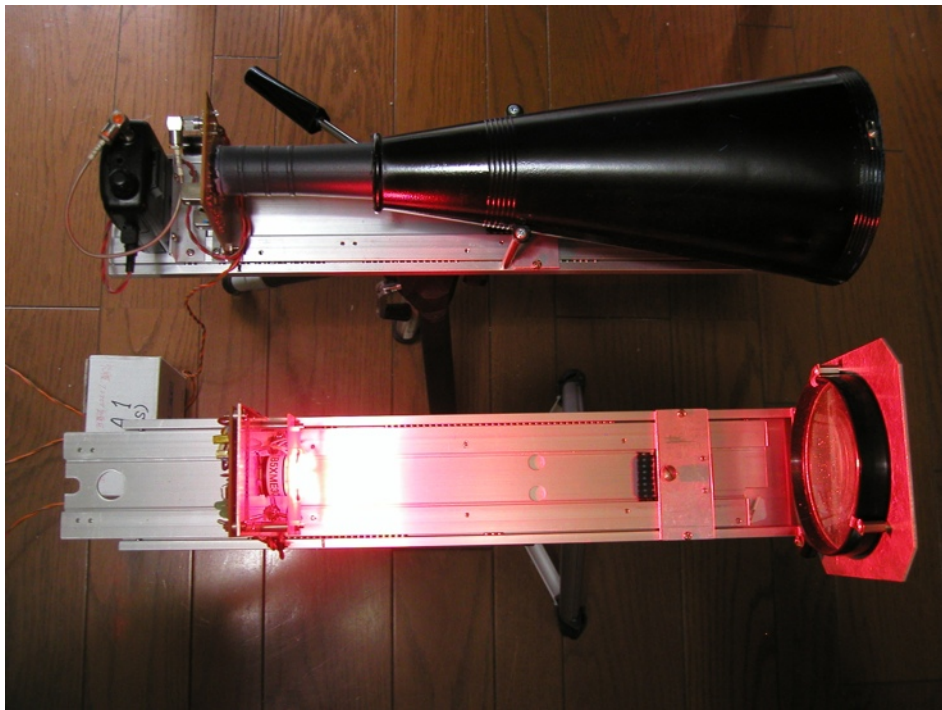
(1) ルーベレンズ 拡大率:約21倍 直径:約9.5cm  
販売店:ダイソー

(2) LTC1799モジュール 周波数:1kHz~20kHz  
販売店:秋月電子通商

(3) LED OptoSupply製OSRSRAA5111A 赤色  
販売店:秋月電子通商

(4) PD 浜松ホトニクス製S2506-02端子間容量:15pF  
販売店:秋月電子通商





Modulation) ともPRM(Pulse Repeation Modulation) かPFM(Pulse Frequency Modulation) とも言える訳ですが、フィルタを通せばアナログFMと同じです。最終段のFETドライブには矩形波のままのほうが都合がよいので、FET出力段で $\pi$ 1型フィルタをかけるまではデジタル信号になっています。TC4427 と2SK2232 は電源スイッチングレギュレータなどでお馴染みのD級アンプです。

LEDのバリア電圧は発光色によって異なり、一般に赤色、黄色、緑色、青色の順に高くなります。赤色LEDであるOSR5RAA5111Aの場合はカタログデータで2.0Vです。これを2個直列にして順方向電圧が約4Vで使います。電源電圧Vccが6Vですから、LEDには最大電流が $(6-4)V/33\Omega = 60\text{mA}$ 程度流れることとなりますが、実際に異常なく動作しています。

OSR5RAA5111A自体が半値幅約 $15^\circ$ の鋭い指向性を持ってはいますが、レンズによる集光が可視光の到達距離に寄与する効果

は絶大です。レンズは、八街グループから教わったとおり、100円ショップのダイソーが販売している拡大鏡を解体して使います。この焦点距離30cmの位置にLEDを置きます。位置を前後させますと集光特性が最良になるのですが、効果はブロードですので可変しなくても特に大きな問題はないでしょう。

受信機側にも同じ種類のレンズを置き、焦点距離の位置に目的の受信光を集光させます。

PD(Photo Diode)にはS2506-02を用いました。アマチュア可視光通信の目的には指向性が約 $140^\circ$ と広いのが難点ですが、遮光フードを付けて余計な光線の浸入を防いでいます。このPDは遮断周波数が25MHzで実験には十分であることと安価であるので採用しました。

受信機といっても、機能的にはPDによる光電気変換と2SK241-GR周りの455kHz信号の初段アンプがあるだけです。

2SK241-GR の入力側に使われている一般市販の455kHz 用IFT が、可視光の検波で重要な働きをします。PD をドライブする光線には太陽光の反射である景色も含まれており、それが目的可視光よりも高いレベルの場合が多いでしょう。PD はそれらを全て電気信号に変換するのですが、太陽光や周辺の景色は急激な変化を伴いません。一方、人工的な変調光は455kHz ですから、455kHz に同調しているIFT がその信号成分だけを通過させてアンプの入力となり、ゆっくりと変化する太陽光や高速で変化する雑音などはバイパスすることになります。

この受信機出力を市販のマルチバンド受信機IC-R5 につなぎ、その機能でFM 検波してモニタできるのです。IC-R5 は同等の他種でも問題ありません。IC-R5 は455kHz においてSINAD10dB、周波数偏移 5kHz での感度が-116dBm です。初段の2SK241-GR アンプに10dB 以上の利得があれば、全体として良い受信ができると思います。利得が高すぎて発振状態になるのを防ぎ適当なFM 帯域幅を確保するために、適当な抵抗を付けて共振回路のQ を下げます。

送信機と受信機が完成したならば送受総合試験をする段階に進みますが、室内において送信側レンズからの漏れ可視光線を受信するテストを経ると良いでしょう。次の屋外での実験では、送受双方のレンズの光軸合わせが最も大事な作業です。遠距離になる程それは微妙な加減が必要なのですが、可視光であるので光路を直接自分の目で確かめることができる楽しい遊びとも言えます。そして実際に音声なりトーン信号がキャッチできれば、電波とは一寸違う通信の面白さが発見できるでしょう。

### 3. 次のステップに向けて

可視光通信の基礎が体験できれば、次の開発目標が生まれるはずで、発展の方向

としては、次のようになるのではないのでしょうか。

#### DX 志向

遠距離通信はアマチュアの永遠の願いです。電波では経験がありますが、可視光ではどこまで届くのでしょうか。八街グループの筑波山霞ヶ浦間の40km の記録を超えられるのか、興味がある方も多いと思います。

#### 技術志向

可視光通信のキャリアは波長400~1,000nm の不連続スペクトルです。そのために変調はAM かPM に限られるのが弱点ですが、例えばAM では変調信号そのものは周波数を極めて高くとることができます。つまり、電波通信では実現できない多重化・高速化通信ができるので、技術的な可能性が広がると思います。

#### 応用志向

電話のような双方向通信、1:n 通信、小型軽量通信機など可視光通信の改良も必要でしょう。また、電波とは共存できない分野や電波は届かないが可視光は届く環境での新しい応用も誕生すると思います。

本稿があなたの実験のきっかけとなり、そのような可能性への入り口の一つになればと願います。

#### 読者通信

4エレメントMHNスペシャルヘンテナのその後 JG1SMD 石川英正さん  
先週末に乗鞍に持って上がったのですが2.5Wで鳥取市の移動局とつながりました。アンテナが優秀なのだけは確かなようです。 2012年9月4日

#### 風の仲間展覧会

長い夏もようやく終り秋がやってきました。今月の展示は「秋ですね」です。 <http://kazenonakama.net> から御覧下さい。

# 可視光PWM トランシーバの製作

JG6DFK/1 児玉 智史

## 1 はじめに

7月22日に印西市双子公園で行われた可視光通信実験（本誌053号で紹介）の帰り、大久保編集長から「手のひらサイズの入門用可視光トランシーバができないか」という宿題を頂戴しました。その場では難色を示しましたが、どうにか形にできまし

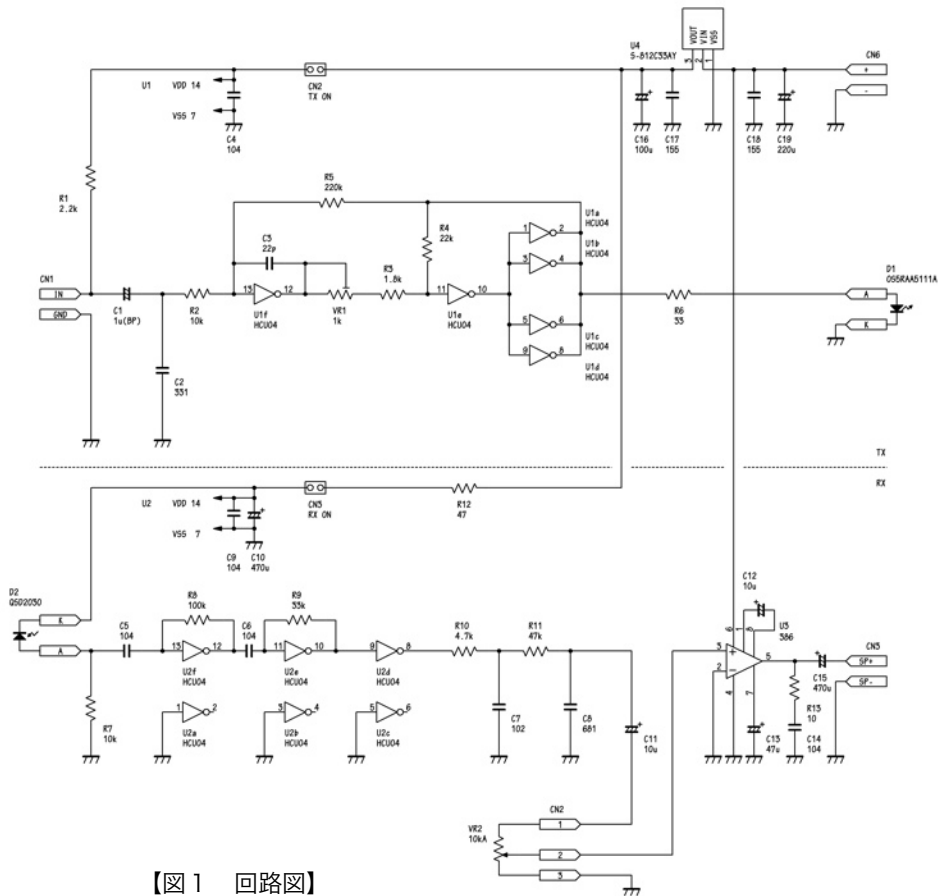
たのでご紹介します。

## 2 回路について

今回製作したトランシーバの回路を図1に示します。

### 2.1 送信部

U1でミラー積分回路とシュミット回路を組み合わせた自励発振型のPWM回路を構成します。このような回路はデジタルオーディオアンプの参考書などでよく取り上げられます。最終段にはゲートを4個並列接続して十分な駆動能力を得ており、その出力でD1を直接駆動します。VR1は発振周波数の調整用です。R1は2端子型のコンデンサマイ



【図1 回路図】

クを接続する場合の電源供給用で、オーディオ機器の出力を接続する場合は取り外します。

## 2. 2 受信部

D2で光電変換されて得られたPWM波をU2でそのまま増幅・波形整形した後にローパスフィルタ2段で積分してアナログベースバンド信号に変換し、U3で電力増幅してスピーカを駆動します。ローパスフィルタが1段では音量を上げると発振するので2段にしてあります。R12とC10はデカップリング回路で、省略するとやはり音量を上げたときに発振します。

当初はアナログベースバンド機との互換性を考えて先に積分することを考えましたが、AGC回路を省略しても広いダイナミックレンジが得られる今回のような回路を採用しました。蛇足ですが、このアイデアはある日の入浴中に浮かびました。

## 2. 3 電源部

U4でU3を除く回路に安定化した3.3Vを供給します。

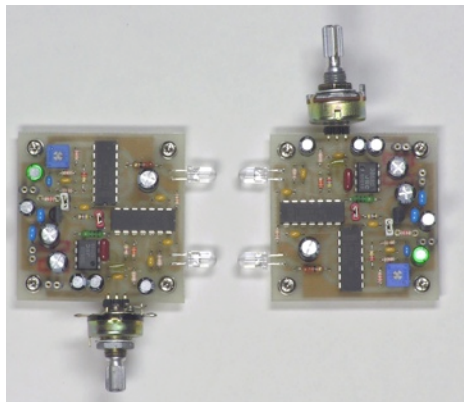
## 3 動作テストと調整について

まずVR1を中点にセットし、CN2とCN3をそれぞれショートします。次に6~9Vの電源、スピーカ、マイクまたはオーディオ機器を各端子に接続し、1台のみでテストする場合はD1の光がD2へ当たるようにしてからVR2を回し、入力した音声が入聞こえてくれば合格です。

同時通話する場合、お互いの発振周波数が近いとビートが発生するので、その場合はどちらか一方のVR1をビートが聞こえないところに調整します。本機の発振周波数は約450kHzを中心に $\pm 100$ kHz程度動かすことができます。

## 4 成果

実際に製作したトランシーバを写真1に示します。



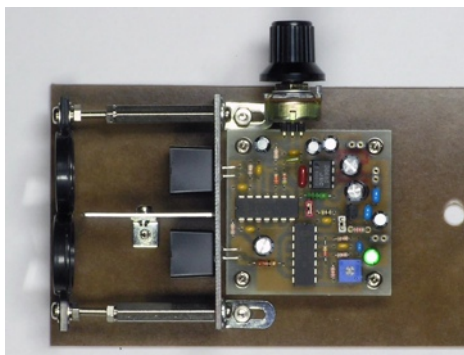
【写真1 製作したトランシーバ】

2台ないと実験ができないので、同じものを2台製作することになります。

このセットで確認したところ、お互いの距離が1mくらいまでは良好に通信でき、FM受信機のように外来ノイズが抑圧されました。それ以上離れるとノイズが徐々に増えていき、5m以上離れるとノイズの中から相手の信号が聞こえてくるような感じになりました。この辺は昔懐かしいオモチャの超再生トランシーバを連想させます。

## 5 同時通話をうまく行うコツ

D1(発光側)の光がD2(受光側)へ極力回り込まないようにします。そうしないとマイクを使用した場合にハウリングが起きやすくなります。対策例を写真2に示します。



【写真2 回り込み対策の例】

この例では受発光素子のそれぞれにタカチ電機工業のプラスチックケース「SW-20」をフード代わりにかぶせ、それらの間にアルミニウムの遮光板を立ててあります。さらに集光用のレンズを追加すれば通信可能距離が大幅に伸びます。この例では室内最長距離である8mを楽にクリアします。それ以上は測定できる場所がないので未確認です。

参考までに、レンズは100円ショップで販売されている写真3の「とげ抜きルーペ」に付いているものがサイズのちょうどよかったので使用しています。

【写真3 とげ抜きルーペ】

少々もったいないのですが、レンズ部分だけを糸鋸で切り落として使用します。

かなり手強そうなのでギブアップしましたが、大きな店舗へ行くと写真4のような双眼鏡も見つかるはずなので、腕に自信があればその接眼レンズを受発光素子に置き換えるのもよいでしょう。

【写真4 ブチ双眼鏡】

なお、送受信回路が近接している本機の場合、残念ながら遮光を完全にしても干渉はゼロにはなりません。電氣的な干渉も起きるためです。もし大きさなどの制約がなければ、送受信回路を独立させた上でもっと高性能な送受信システムを考える方が賢明でしょう。

## 6 片方向通話を行うには

あまり意味はないと思いますが、2回路2接点のトグルスイッチなどで切り替えるとよいでしょう。送受切替回路の例を図2に示します。

特に受信部は電源を切ってもしばらくは動作するので、送信へ切り替えると同時にC10をショートして放電させる工夫が必要です。

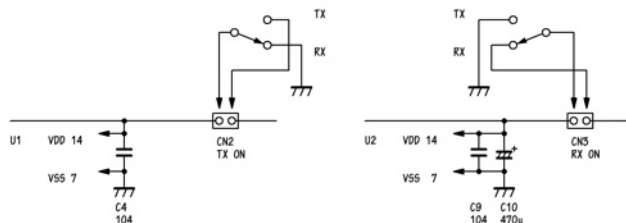
## 7 最後に

可視光空間伝送の実験はアナログのベース



バンドでよく行われているようなので、それ以外の通信方式では相手を探すのに苦労しそうです。もっとも、今回ご紹介するトランシーバは相手が決まっているので、デジタル方式でも支障はないでしょう。世の中はすでにデジタル時代ですし、大きな制約がない今のうちにいろいろな通信方式を実験しておくのがよいと思います。

参考文献：D級/ディジタル・アンプの設計と製作（本田 潤 編著 CQ出版社）



【図2 送受切替回路の例】

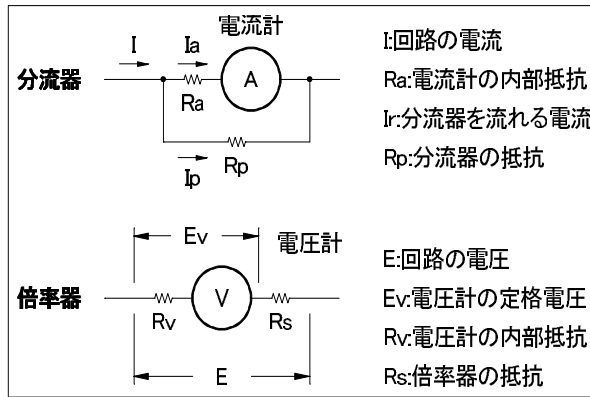
# 分流器と倍率器

JA5FP 間 幸久

手持ちのメータに分流器や倍率器を付ければ、そのメータの規格以上の電流や電圧を測ることができます。今回は、直流メータの外付け抵抗値を計算してみましょう。

.....

分流器および倍率器の各素子の名称は図のとおりとします。



電流メータも電圧メータもそれぞれ内部抵抗を持っています。定格が判っている場合はその値を使えばいいのですが、不明な場合は予め測定しておきます。測定法は簡単で、分流抵抗  $R_p$  を付けない状態で電流計に試験の低電流を加えてメータ端子間の電圧  $E_a$  を測定すれば、 $R_a = E_a / I$  の関係になります。電圧計では倍率抵抗  $R_s$  を付けない状態で電圧計に試験の低電圧を加えてメータに流れる電流  $I_v$  を測定すれば、 $R_v = E / I_v$  の関係から求められます。

ここで電流計 A そのものは抵抗値ゼロと考え、分流抵抗の両端の電圧と内部抵抗の両端の電圧は等しいので、次の2式が成立します。

$$I = I_a + I_p \tag{1}$$

$$I_a \times R_a = I_p \times R_p \quad \text{すなわち } I_p = I_a \frac{R_a}{R_p} \tag{2}$$

式2を式1に代入すると、次式となります。

$$I = I_a \left( 1 + \frac{R_a}{R_p} \right) \tag{3}$$

分流抵抗  $R_p$  は次式で求まります。

$$R_p = \frac{R_a}{m - 1} \quad \text{ただし倍率 } m = \frac{I}{I_a} \tag{4}$$

電圧メータでは、倍率器なしの場合と倍率器付きの場合が同じ電流になればいいのですから、次式が成立します。

$$\frac{E}{R_v + R_s} = \frac{E_v}{R_v} \quad \text{または } \frac{R_v + R_s}{E} = \frac{R_v}{E_v} \tag{5}$$

したがって、倍率抵抗  $R_s$  は次式で求まります。

$$R_s = (m - 1)R_v \quad \text{ただし倍率 } m = \frac{E}{E_v} \tag{6}$$

# 読者通信

## 渡邊 史穂(しおん)さん

はじめまして、楽しい自作電子回路雑誌 CirQ、拝読させて頂いております。最新の CirQ No.053にてグラハムベルのフォトフォンについて記載されておりましたが、

「フォトフォンの構造は、まず相手局に太陽光が届くように鏡をセットします。

その鏡を人の声で振動させます。受信は到達した太陽光を放物面反射鏡で焦点を定め、受光素子(素子の材質は不明)で電気信号に変換してヘッドフォンで聞くという物のような感じ」という節がありました。

この受光素子について気になりましたので調べたところ、セレンを素子として使っていた、とのことでした。

ベルとテイナーの発明はA・E・ベクレルによる、ある材料の光起電特性に基づいていた。フォトフォンはセレンウム結晶セルをパラボリック受信機の焦点に使った。

この材料の上に照明が当たると、電気抵抗は反比例して変動した。すなわち、暗い時には抵抗は高く、逆に光に晒されているときには低くなった。

回路的にはこのセレン結晶と電池を直結してヘッドフォンの動作に必要な電圧をつくり、動かしていたのがフォトフォンだそうです。以上、参考までにお伝え致します。

## 中野 裕さん

業務にて10年間海外生活をしており、昨年の10月に帰国致し、趣味を再開すべく準備を致してきました。

気象、地震(地震波、地電圧、地電流、地下水温、地磁気、VLF-LF波のモニター)、放射能、自然観測等を開始致しております。

VLF-LF波(JJI, JJY, DGPS等)のモニターに使用するアンテナに関する調査をネットにて致しておりました所大久保様の地中アンテナの記事が目にとまりすべての記事を読ませて

頂きました。

読み終わり、相変わらずの好奇心旺盛で研究熱心である大久保様の姿勢に関心致すと共に、地中アンテナにとっても興味を持ちました。

地震の観測の為、VLF~LF波をSDRを使用して観測していますが、地電圧、電流の観測もしており電極に簡易オシロを接続し波形の観測も致しており、その波形観測(0~40KHZ)にて何かあると感じていましたが・・・。

このような現象効果があったとは驚いています。数日前より電極にSDRを接続してみようかと思っておりましたが、記事を読み終わりSDRを接続して地震により発生するノイズを捉えられるとの確信が持てました。

これまででは、空中と古井戸内の空洞を利用したアンテナのみを考えておりました。

記事を読み、地表の電極と地下(古井戸の底に設置の電極 地下13m)に接地した場合どのような結果と成るのか非常に興味が湧きます。

最近の記事には地中アンテナの記事が無い様ですが、次回の記事を楽しみに致しております。

久しぶりに大久保様の記事を読み、当方も改めて好奇心を奮い立たせて頂きました。

”疑問を持ったら自分でやってみる”ですね。

## 大久保です

読者さんからの反応が出て来て発行する者として喜んでいきます。

渡邊さん情報有り難う御座いました。1900年初期の話の中には現在の素子を使うと面白そうなのがたくさんあります。

中野さん、地面アンテナはひょんなことから発見しましたが、昨年冬、実験メンバーが年寄りのため「春迄お休み」を決め込んでいた所、3.11地震でのびのびになってしまいました。

その後可視光通信が面白いと地面アンテナが遠のいてしまいましたが中野さんという心強い研究者が現れたことを非常に喜んで居ります。

実験のようすをぜひCirQに投稿して頂けることを期待しています。私達も頑張らなくちゃと考えています。



### 夏の雲

ロイヤルホームへ可視光通信用反射鏡の材料を買い物に行く。

空に夏の雲が一杯出ている。出来立ての入道雲があっちにもこっちにも。

久しぶりに見た夏の雲だ。今日も夕立が来るのかなあ。

若い時は雲等に興味を持たないが、年をとると雲を見るのも楽しい。

### 可視光通信用送受信素子

望遠鏡に取付けて同時通信が出来るように作った物に黒く色づけしようと塗料を探していて、アクリル絵の具はどうだろうかと気がついた。アクリル絵の具は水性で接着力が強いので紙やプリント基板にも接着出来る。

光学装置の反射防止には黒い塗装をしますが、塗料につやがあると反射防止には役立たない。アクリルグワッシュならつや消しの筈だ。と言う訳で色をつけてみた所つや消しの塗装が出来た。

### 馬の背を分ける

雨が降り出す。空を見ても雨雲は無い。太陽は出ている。大した雨ではない。

裏庭の右の方は雨が降っているのに、左の方は晴れたままだ。これが馬ノ背を分ける雨というのかと初めての経験をした。

試しに玄関にまわると雨が降った形跡はあるが太陽が照っている。裏に回ると右側は降っていた。

### 地震

何となく寝苦しい夜。眼が覚めた。トイレに行く。XYLも目をさましてトイレに行った。XYLがトイレの戸を閉めたと思った、そのときものすごい衝撃が走った。トイレの戸を閉めたにしては異常だ。「地震だ」と気がついた。周期の短い凄いい縦揺れだ。震度4か？すぐにTVを付けた。佐倉は震度3とのこと。「嘘ー」こんなに凄まじい震度3ってあるかー。

そのあと小さな余震があった。

考えてみたら 3・11 の時はあの揺れが時間にして4倍から5倍は続いたのだからやっぱり震度は3かなあ。いや、震度4に限りなく近い3だったと思うことにして眠ることにした。

### 佐倉の秋祭り

10月12,13,14日に佐倉の秋祭りが有った。今年は万灯のLED化の担当になり、夜点いて昼間消える回路の設計製作をまかされた。回路の設計は何とか出来たが、40台を製作し万灯に設置するのは大変だった。

蛍光灯の点いている電柱の下に設置したものは夜なのに昼間と勘違いして点灯しなかったり色々なハプニングが有ったがまあ無事に終わることが出来たのだが、片付けの時電池をつけたまましまいそうになって少々慌てた。何故って倉庫の中で夜になると一斉に光り出すから・・・

### 編集ミス

053号に編集ミスがありました。可視光通信の将来(053-5)の続きとして、フォトフォン(053-5)がくるようにして読んで下さい。

CirQ (サーク) 054号

購読無料 2012年10月20日発行

発行者 JH1FCZ 大久保 忠 285-0016 千葉県佐倉市宮小路町56-12 TEL:043-309-5738

メールアドレス [fcz-okubo@sakura.email.ne.jp](mailto:fcz-okubo@sakura.email.ne.jp)