

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



CONTENTS

- | | |
|-----------------------|--|
| 2 原点 ハムフェアと光通信 | 10 実験番号13 JA5FP 古山王
神社-蓮沼海浜公園12.632km |
| 2 私の光通信の原点 | |
| 5 LEDの指向性と
フレネルレンズ | 11 実験番号14 光の伝播損失の
数値化 |
| 7 LED通信実験に番号を付ける | 12 雑記帖 |
| 8 何故なげシリーズ13 CR積分 | |

058
JUL.2013

私の 光通信の 原点

JFO という団体

1982年8月20-22日に東京晴海でハムフェア'82が行われました。その会場にJFO(日本アマチュア無線 フロントティアーズ 機構)という団体がブースを7コマ展示していました。

JFOなんて団体は知らないと思いますが、自作愛好会、AM保存会、クレージミーティング、熊本工作研究会、JARL QRP

CLUB、EHSサロン、自作派ロールコール、という創作的な活動をしようというクラブの集りでした。

会場では講演会も計画して、「ピコトランシーバ開発上のポイント」JH1IJY、「ポケトラ始末記」JH1MBQ、「熊本シティスタンダードについて」JA6BI、「毎分500字!高速通信の実験」JE1EHS、「10GHzアマチュア的測定」JR3ELR、「アマチュア的発想法」JH1FCZ、「初心者向けPLLのはなし」JK1HIG、「DX入門」JA2JW、「28MHzロングパス予想法」JH1RNZ、「QRP測定法」JA1EVK、「ヘンテナの話」JH1FCZ、「アマチュア無線昔ばなし」JA1AMH、「3端子レギュレータによるAM変調法」JA4GVH、「自作のすすめ」JK1HIG、「KA局とのグランドミーティング」

ハムフェアと光通信

光通信で音声を送る一番簡単な方式はAMです。この方式はキャリアとしての光は出しっぱなしになっていて通信信号である音声はその光の中に内蔵されている形をとっていますから、外から見ただけでは「光の中に人の声が隠れている」ということは分かりません。只、気がつかないといけないことは、電波のAMの場合は出力がマイナスに触れますが光の場合「マイナスの光」は今の所無いということと、変調をうまくかけないとキャリアの光が少しだけ明るくなったり暗くなってしまうので気をつける必要があります。これは電波のAMの場合音声によって出力が変化してはいけないということとおなじです。

パルス変調でPWMという方式があります。これはパルス幅変調とも言い、クロックの時間毎に音声の電圧レベルを幅で表す



方式です。(最近のオーディオで使われているD級アンプに使われている方式)

この方式が光通信にとって有利であるのは、もともと「マイナスの光」を考慮しなくて良いことと、何といたってもパルス通信で面倒な「復調」が非常に簡単であることです。正式には積分機という回路が必要ですが何ということかスピーカ自身が積分機をかねているのです。そのためPWMの信号をスピーカに通せばすぐに音声として認知出来るのです。そ

れに加えてキャリアである光は人間の目で明暗の変化はありません。

今年のハムフェアで「アマチュア無線9条の会」が、光通信の基本的なものを皆さんに見てもらおうと用意しました。

単純なLEDの光の中に信号が入っていて、何十キロも飛んで行くという不思議の基礎をぜひ体感してください。

と、盛りだくさんでした。

昔の話

今頃何故31年も古い話を持ち出したのでしょうか？

今年の5月、私は相模クラブのミーティングに行ってそのとき使った古い赤外線トラ



<写真1 赤外線トランシーバ>

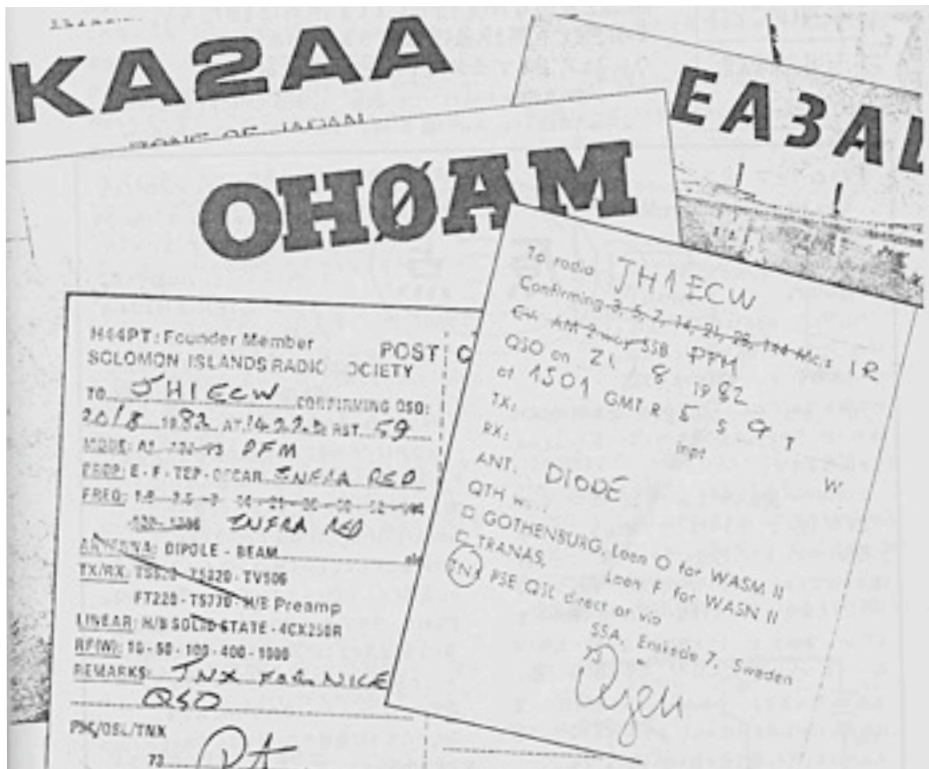
ンシーバを2台見付けたのです(写真1)。

「あの実験をやったのは何時頃だったかなあ」「もう10年にはなるかな」「いや15年にはなるよ」 ミーティングではこんな話をしましたがはっきりした記憶はだれ一人出てきませんでした。

家に帰って来て古いFCZ誌をひっくり返してこれが31年前の話だった事が分かったのです。日時の経つのは早いものですね。

赤外線通信

上の記録の中のJFOのグループの中に「レーザーミーティング」というグループがありました。それはFCZ研究所が中心となって世の中にありそうな無さそうな話をラグチュウする会でした。そのグループがハムフェアの7ブースの内2コマとっていたのです。2コマとった理由はそのコマとコマの間で3m位でしたが赤外線LEDによる光通信を



<写真2 赤外線通信で交信した局のQSL>

計画していたからです。

「だれでも交信出来ます。免許証は必要ありません」の呼び込みで初めて光通信の経験をした人が何人もいて、そのうち海外局2人と、当時交信が禁止されていたKA局のQSLカード写真2も残っていました。

更に調べて行くと、その光トランシーは、50kHz、FMと本格的なものである事が分かってきました。しかし、この50kHzという周波数がサブキャリアであるという認識はこの段階では全然ありませんでした。

こんな昔にたとえ3mばかりにしてもLED通信を、しかも海外局にまで呼び込んでやっていたなんて、私自身ほとんど忘れていましたが調べてみてびっくりしました。

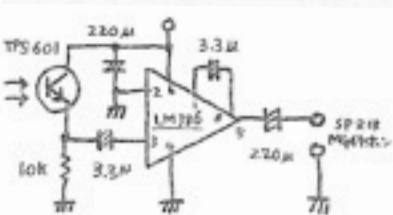
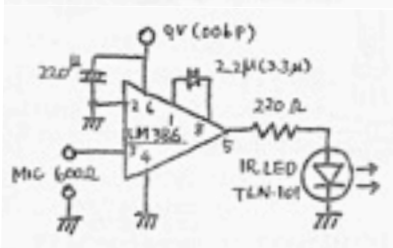
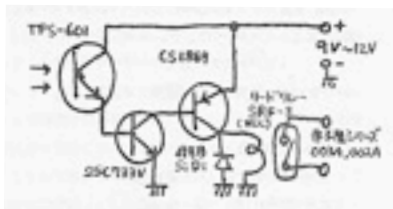
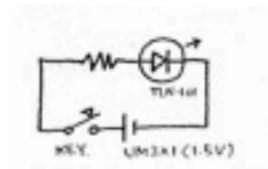
それよりもっと昔のはなし

昔のことが分かるともっと古いのはなしを調べてみたくになります。

上の記録より6年さかのぼって1976年11月に発行されたFCZ誌20号には、寺子屋シリーズキット「012 赤外線A1送信機」、「013 赤外線A1受信機」、「014 赤外線A3送信機」、「015 赤外線A3受信機」の説明が入っていました。回路図を紹介しておきます(第1-4図)。これらの回路は今言う「ベースバンド」でした。

そういえばこの記事を見て当時のクラブミーティングで、014と015との間で交信していて、3m飛んだとか5m飛んだと騒いでいたことや、更に距離を伸ばそうと家まで虫眼鏡を取りに行った人が居たことを思い出しました。

上から 第1~4図
寺子屋シリーズ
012, 013,
014, 015



備忘録

その後プラスチックの光ファイバに興味に移ってLEDを裸で扱う通信から遠のいていましたたが、2005年7月発行のCirQ 10号でタスマニア島での赤色LEDの記録を報じた等どこかにLED通信への興味が続いていたようです。

どうやらこの辺が私のLED通信の原点らしい様です。そしていま、LED通信にはまっています。

何か興味を持つ事は暫く忘れていても長くその人の頭の中から抜け切らずに保存されているのですね。それにしても私にとってFCZ誌と云い、CirQといい、よい備忘録が残っていたものです。この記録が無ければ頭の中からは完全に消えていきました。

そのときはそんなに重要だと思わない話でも記録しておくに役に立つことがあるものです。

みなさんも何か記録をしておく事をお勧めします。

LEDの指向性と フレネルレンズ

LEDの半値角

前号でJA5FP間さんが提案した、フレネルレンズに取付けるLEDやPDの半値角について実験してみました。

実験はPDでは分かりにくいので秋月電器で販売している黄色の超高輝度LED、OSY5CA5111A-WY (以下Aと呼ぶ)と黄色LEDA536TP (以下Bと呼ぶ) の2種をサンプルとしました。

A の規格は、波長585-595nm、半値角15度、輝度22000mcd、1.8-2.4V、20mA-50mA、

B の規格は、波長585-595nm、半値角60度、輝度19000mcd、2.0-2.6V、max70mA、
というものです。

この2つのLEDで大きく違う所は、Aの方が半値角が細くて輝度が高く、Bは半値角が広く輝度が低いことです。単純に考えればAの方が輝度が高く、ビーム幅が狭い分LED通信には向いていると思います。私もそう思って始めの内はAを使っていました。しかし、間さんの文に出会ってなんだか怪しくなってきました。

まず最初に単純な輝度ではなくフレネルレンズの面積にLEDの光がどう当たるかということ調べてみました。方法は大きな紙にA4版(フレネルレンズの大きさ)の黒い枠を書き、そこへフレネルレンズの焦点距離に相当する距離からAとBから光を当ててみるという方法をとりました。

写真1がA、写真2がBの光の広がり具合を映したものです。



これを見るとどうもBの方がフレネルレンズ一杯に光が広がって有利な様に見えます。しかし、これはあくまでもLEDの光がフレネルレンズの所にどう届くかということ調べてただけの話です。

LEDの光の飛び方

問題はLEDから出た光が受信点までどんな具合に飛んで行くかということです。そこで6mばかり離れた壁に光送信機を通して光を当ててみました。(写真3)

焦点を調整すると、Aは焦点の位置でLEDの発光している部分が少しピンボケですが映り、焦点距離より長い位置できれいな丸い形に映りました。これはフレネルレンズが始めの場合は発光点、あとの場合はLEDの外側を映していたと思います。調整を続けてもある大きさから小さくなりませんでした。

BはきれいなまるにはなりませんがAよりはるかに面積を絞る事が出来ました。ただし焦点から外側に光の乱れがかなり映ります。絞り込んだLEDの中心部の明るさはAよ

りも小さくなっただけ少し明るいようです。

光を直接見たら・・・

それではLEDの光を壁に当ててみるのではなく直接見たらどうなるでしょうか？ 写真を撮ってみることにしました。LEDの光といえどもフレネルレンズを通した光は相当に明るいのでサングラスをかけて実験を進めることにしました(それでも結構明るかった)。

送信機のLED信号としてはいつも断続しているのですがシャッターを押した時LEDが光っているかどうか分かりません。それにシャッターを押した時と実際にシャッターが開いたときには若干のタイムラグがありました。そのため何も写っていないショットがたくさんありました。そこでLEDが常時光っているように回路を変更しました。

この実験では写真を本当に沢山撮りました。しかし写真が本当の姿を映すというこ

とは非常に難しいことである事が分かったのです。

はじめはオートで撮りました。明るく光っている時はシャッター速度が早く、従って暗めに映ります。暗く映った時はシャッター速度が遅くLEDの発する光は全体的に均一化されて実際より変化が撮れません。

次は絞りを6.3としてシャッターを1/500と1/1250に固定してみました。するとどうした訳かどちらの場合もLEDが2つに別れてしまうのがあります。「なぜだろう？」これには悩みました。でも分かってみればあたりまえの話。カメラはずばりしかたのです。LEDはAF周波数でON/OFFされていたのですから・・・。

また、一寸カメラの向きを変えただけで明かりの形が変わってしまいました。

結局、苦勞したのにLEDの直接光は写真ではまともには映りませんでした。そこで写真を諦めてスケッチすることにしました。

	A壁に映した広がり	A光を直接見る	B壁に映した広がり	B光を直接見る
焦点より短い				
焦点位置				
焦点より長い				
焦点よりもっと長い				

良く分からない

結論から言うと、LEDの方向性を間違わなければそれほど大きな双異は無かったように思います。

Aはきれいな丸に見えましたがその光はフレネルレンズの大きさより何となく小さく見えました。受信位置を変えるとフレネルレンズの中を移動していました。方向を少し変えて淵の外に出る様にすると光は急に見えなくなりました。焦点を長い方に外すと像が二重に見えました。

Bは焦点に調整した時、光がフレネルレン

ズの大きさ一杯に広がって強く見えました。位置を焦点より長い方に変えると主たる光は絞られて小さくなりますが弱い光が周囲に広がっていて、フレネルレンズの淵に明かりとして残っていました。この明かりは壁に映したとき周囲に広がった部分を見ているのでしょうか。これは受信地点で送信信号を探すとき有利だと思いました。

今回の実験ではどちらのLEDを採用するのがいいかという結論は出せませんが半値角と輝度に関しては早急に結論を出す事無く実験で定めるべきだと思いました。

LED通信の実験 に 番号をつける

可視光通信の実験報告が沢山になって分かりにくくなってきましたので此れからの報告に番号を付けることにしました。

番号のついたものは実験したものに限りませんが実験以外の記事もありますので参考にしてください。

過去に発表したものの番号を下記に示します。報告番号-記事名-CirQ号とページ

- 01 新しい光線通信 2011年9月19日
1.4km 047-2
- 02 光通信速報 ベースバンドで3.32km
達成! 051-7
- 03 可視光通信公開実験2012年7月22日
印西市双子公園 053-2
- 04 9月24日可視光通信の予備実験佐倉
城址公園駐車場 054-5

05 LEDを受光素子として可視光通信を
試みる 055-3

06 可視光通信4.3km の記録達成
2012年10月21日に値双子公園の実験
055-5

07 2012年11月24日東金市古山王神社
展望台から蓮沼海浜公園展望塔への通信距離
13kmの実験 055-7

08 2012年12月14日 双子公園で可視
光ミニ実験を行なう 055-7

09 2012年12月24日 東金古山王神社
JF1GYO 12.632km、JA5FP 3.8km
056-2

10 2013年1月25日 JH1FCZ LED
を受光素子とする。200m 056-5

11 2013年1月26日 JA5FP 7.3km
056-7

12 2013年3月10日 ちばハムの集い
JA5FP,JH1FCZ 057-2

13 2013年5月19日 JA5FP
12.632km 058-5

14 2013年6月10日 JA5FP,JH1FCZ
光の電波損失の数値化 058-11

CR積分回路

JA5FP 間 幸久

時間 t および CR 定数をパラメータとしたキャパシタの充電電圧 (電源電圧との比 V_c) および放電電圧 (電源電圧との比 V_d) は、次の指数関数となります。 $\epsilon = 2.7182818$ で、自然対数の底です。

$$V_c = 1 - \epsilon^{-t/CR} \quad V_d = \epsilon^{-t/CR} \quad (1)$$

これらを図にすると図1です。

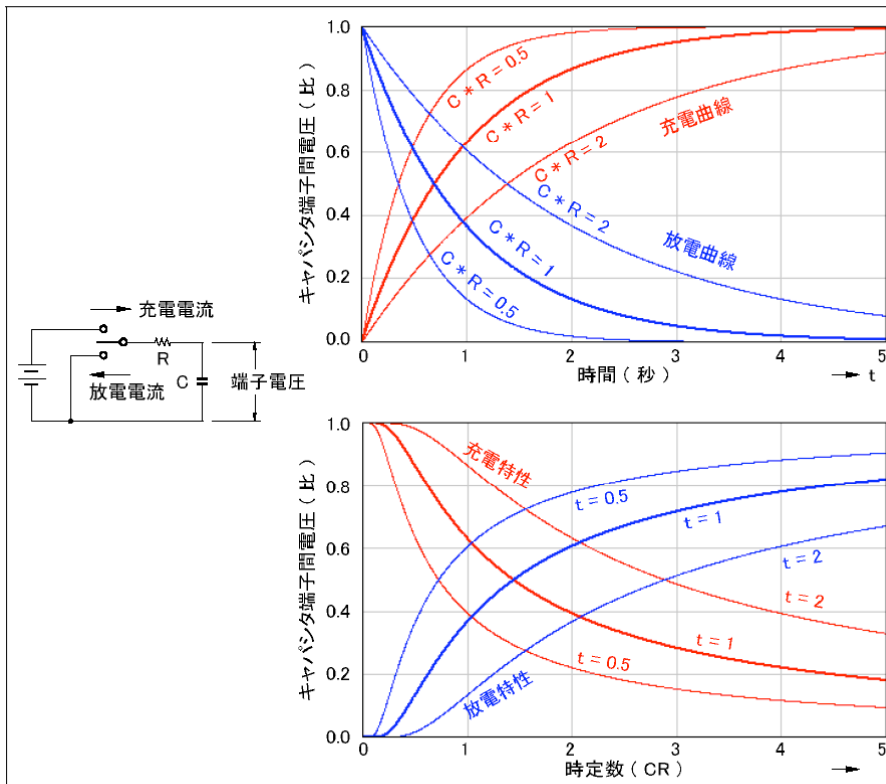


図 1: CR 積分回路の充電および放電特性

式 1 はラプラス変換という手法で導式されるのですが、今回はその使用方法に限ることにします。

.....

CR 積分回路は、簡単な雑音抑圧用またはステップ信号遅延用として、電子回路でしばしば使われます。

具体的な一例として、弛緩発振器をとりあげます。図2にある CMOS シュミットインバータは簡単で便利なパルス発生器です。CR 積分回路がインバータの出力によって充電または放電され、ある周期を持った矩形波発振器となるのです。

では CR 積分回路のステップ応答時間に注目して、回路の解析をしましょう。

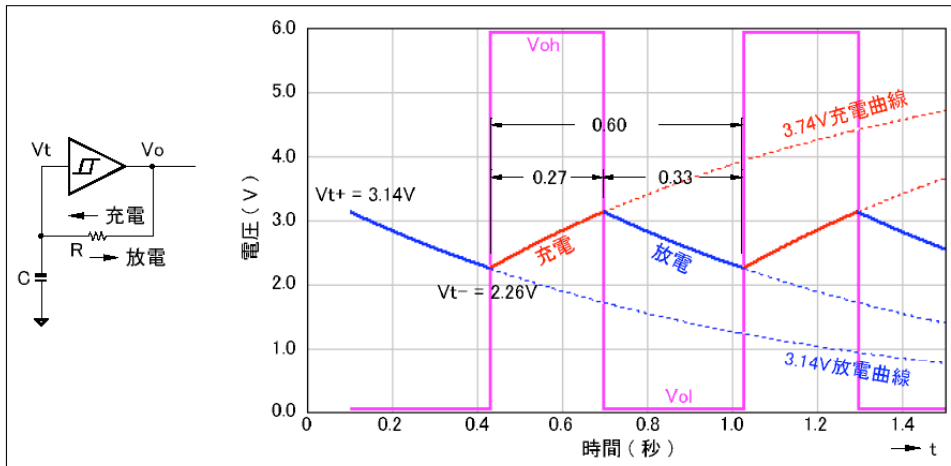


図 2: CMOS インバータによる弛緩発振器の CR 充放電特性 CR=1

CMOS シュミットインバータ 74HC14 または 74HC132 が電源電圧 6V での入力ターンオン電圧 $V_{t+} = 3.14V$ 、入力ターンオフ電圧 $V_{t-} = 2.26V$ であるとして、また、計算を簡単にするために $CR = 1[F\Omega]$ と置きます。

現在 $V_t = 2.26V$ であるとして、インバータの出力は V_{oh} すなわち $V_o = 6V$ ですから、 $6V - 2.26V = 3.74V$ で R を通じて C を充電します。この場合の端子間電圧 V_c は、現在の時間を $t = 0$ と置いて、次式となります。

$$V_c = 3.74 \times (1 - e^{-t/CR}) + 2.26 \quad [V] \quad (2)$$

充電が進み V_{t+} である $V_t = 3.14V$ に達すると、次式が成立します。

$$V_c = 3.74 \times (1 - e^{-t/CR}) + 2.26 = 3.14 \quad [V] \quad (3)$$

式 3 の指数式から、 $t = 0.26826s$ が求まります。

インバータはこの瞬間にターンオンし、 $V_{t+} = 3.14V$ から R を通じて C を放電を始めます。この場合の端子間電圧 V_d は、ターンオンの時間を $t = 0$ と置いて、次式となります。

$$V_d = 3.14 \times e^{-t/CR} \quad [V] \quad (4)$$

放電が進み V_{t-} である $V_t = 2.26V$ に達すると、次式が成立します。

$$V_d = 3.14 \times e^{-t/CR} = 2.26 \quad [V] \quad (5)$$

式 5 の指数式から、 $t = 0.32886s$ が求まります。

結局、この弛緩発振器はおおよそ周期 $T = 0.26826 + 0.32886 = 0.59712s$ 、つまり概略周波数 $f = 1/0.59712 = 1.6747Hz$ で動作することになります。

上記の計算例で $CR = 1[F\Omega]$ としましたが、これは例えば $R = 100k\Omega$ と $C = 10\mu F$ の組み合わせです。

実験番号13

JA5FP

古山王神社-蓮沼海浜公園

12.632km

2013年5月19日、東金市古山王神社から蓮沼海浜公園展望塔への通信距離13kmを間さんのフレネル5装連(表紙写真)を使い実験しました。

間さんの送信機は次の通りです。

13-1 455kHz FM

TX 赤色10W FM (フレネルレンズx5 初お目見え)

RX LEC-RP5080B + プリアンプ + IC-R5 (FM/AM)

13-2 3.58MHz FM/AM

TX 赤色 0.2W FM (100円レンズ 初お目見え)

RX LEC-RP5080B + プリアン + IC-R5 (初お目見え)

尚、3.58MHzはパワーの関係で近距離しか届かないと思うので主体は(1)になると考えます。また、10W機は太陽光を前から受けると焼ける心配がありますので、できれば山王神社公園を送信地点にしたいと考えます。

実験 13-1-1

送信 古山王神社 OP JA5FP

受信 蓮沼海浜公園展望塔 OP JF1GYO
この実験はRS59で成功しました。

実験 13-1-2

送信 蓮沼海浜公園展望塔 OP JA5FP

受信 古山王神社 OP JA1VVB

第1回実験のあと午後から行ったのですがどうしても連絡が取れず失敗に終わりました。この原因は不明です。

実験 13-2 は行わなかった

実験 13-3 これは主実験のついでに行ったもので、古山王神社から約500mはなれたイオンの駐車場まで眼視で光信号が届いているかどうかを確かめました。

13-3-1 OP JH1FCZ 実験10で使ったフレネルレンズと黄色超高輝度LED(5φ)を使用。眼視で確認出来ました。写真では一寸分かりにくいですが矢印の上の光っている所です。

13-3-2 JG6DFK/1 児玉さんの赤色の



PWM機を100円オペラグラスでブーストしたものでしたが光の向う方向を正しくコントロール出来なかったか不成功に終わりました。

実験番号14

光の伝播損失 の数値化

光の伝播損失

光の信号目的地に行くまで空間を進行して行くに従って、広がったり、また、空気中の湿度等によって吸収されたりして損失して行く筈です。電波でもおなじような現象は起こりますがこの損失は色々の測定器で数値化することが出来ます。

しかし、LED通信の光の伝播損失についてはLED通信そのものが世に出たばかりなので測定器らしきものはありません。

そこでJA5FP間さんは作ってしまいました。まず概要です。

まず写真を御覧下さい。

送信機はサブキャリアを455kHzにした

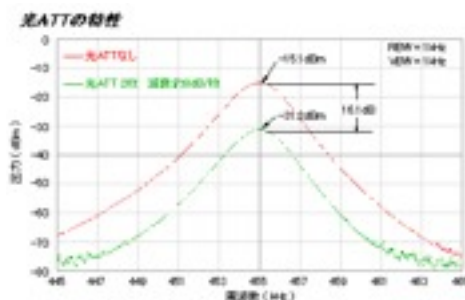


無変調信号です。(一応FM変調機能はついていますが変調はかけていません)LEDは赤色の5φのもので、指向特性15° 照度500cd(いわゆる普通のもの)これをおある距

離から出しっ放しにします。レンズ類はついていませんが、これは受信機との方向が若干ずれても大きな誤差を生じないためです。

受信機は直径95mmのレンズ付きフォトダイオードで受けて455kHzのプリアンプに通します。その出力をスペアナに入れてdBとして数値化します。(スペアナに入れないで情報受信機に入れば455kHzのFM信号受信機になります)(実際にスペアナの写真を撮ったのですがシャッタースピードが風景写真とおなじで速かったため実際の波形画像がほんの少ししか映りませんでした)

送信機と受信機の距離が近いと数値は大きくなりますからアッテネータが必要になりますが、彼は透明アクリル板を間にすることで解決しました。このATT特性は2枚で16.1dBでしたから1枚では約8dBということになります。第1図



実際に測定しました

日時:2013年6月10日10:00 天候:曇り、気温28°C、湿度60% 場所:佐倉市城址公園駐車場。 距離:100m,80m,50m,30m

測定した光伝播損失を第2図に示します。

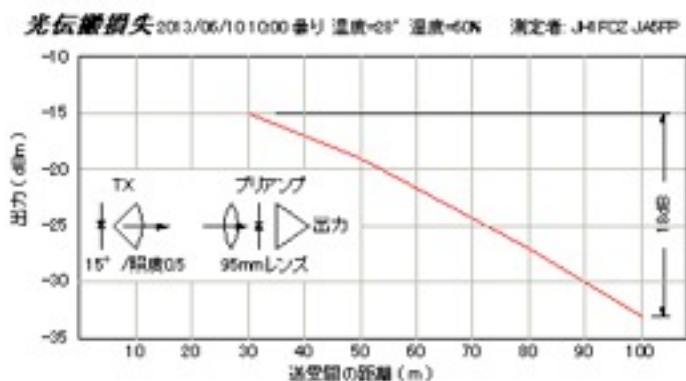
この実験の大きな意義は、光の強さを数値化することができたことです。このことによって通信系の基礎データを取っておけば実際にどの程度の通信が可能かあらかじめ判断が出来るようになるということです。

しかし、この実験は測定方法のキャリブレーションのようなものなので、このシステムを実際に使う場合は送信機も実際に使うものを使用しないと光伝播損失が送信機の指向特性によって異なることを留意しなければなりません。

なお、この装置での雑音レベルは次の通りです。

- プリアンプの内部雑音=50dBuV程度
- 自然光による雑音=60dBuV程度
- 雲に向けた時の雑音=70dBuV程度

この結果、自然光による60dBuV程度がいわゆるノイズフロアとなるので、送信光はこれを超えるレベルが必要だと思います。また別の日に測定した数値では、15m先からのLED電流0.2mAの光ではプリアンプ出力が75dBuVでした。



ハテナ草

私が昔発行していたFCZ誌の202号(1992年5月)の表紙にこの草が載っています。

この時は名前が分からず、種子の形が「？」に似ているので「ハテナ草」という名前を勝手につけました。その後この草は「合田草(さうだそう ルナリア)」という名前がついていて明治の頃ヨーロッパから入って来たものだということが分かりました。

しかし我が家では「ハテナ草」の名が気に入っているので未だに「ハテナ草」で通っています。

さてそのハテナ草ですが、一昨年弥富の公民館に行った所、なつかしい特徴のある種子を見つけたので分けて頂き、すぐに植えたのですがあいにく植えたのが秋だったので花が咲いたのは今年になってしまいました。

その花は、はなだいこんに似ていますが、色が濃くてなかなかのものです。しかし何といっても種子の形ですね。

家庭菜園

ジャガイモ 今日全て採り入れました。結構沢山採れました **豌豆** さや豌豆と実の豌豆は終わりました。実の豌豆は軽くゆでて冷凍にしておくと年間使えます。 **トマト** 今年はちょっと甘めのミニトマトを植えました。去年のミニトマトの種が芽を出したのでこれもそのまま育てています。ぼつぼつ赤くなってきました。 **キュウリ** 蔓が竹の棒に巻き付いてくれないのでポリのみもで誘引しています。普通のキュウリは採れ始めていますが四葉は生育が悪いです。 **落花生** 今年は種をもらったので本当に久しぶりに植えてみました。元気です。ゆでた落花生が楽しみです。

CirQ (サーク) 059号

購読無料 2013年7月5日発行 (不定期発行)

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