

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



012-11-14-06:39:57 QLD TIME (QLD TIME=+8h UT) オーストラリア クイズランド州 バームコーブ海岸

CONTENTS

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 2 原点 LEDとPD | 07 12月14日双子公園で可視光実に
実験を行う |
| 2 LEDを受光素子として可視光
線通信を試みる | 09 何故なぜシリーズ10 等価電源 |
| 5 2012年0月21日双子公園の実験 | 11 バームコーブで皆既日蝕を見る |
| 7 11月24日東金古山王神社から
13kmの可視光線通信の実験 | 12 雑記帖 |

055

DEC.2012

LED を受光素子として 可視光通信を試みる

LEDは感光ダイオード？

1977年7月発行のFCZ誌28号「トラの巻」に「発光ダイオード」という記事があります。抜き書きしてみましょう。

『発光ダイオード(LED)も大分ポピュラになったから、もうほとんどの方が一度位はお使いになられたことと思います。

所で、このLEDがフォトダイオード(感光ダイオード)になることをしっておられるだろうか？

ある種の発光ダイオードは確かにフォトダ

イオードに早変わり致します。発光ダイオードを高インピーダンスの電圧計につなげて、太陽の光にあてるとメータの振れるものがあります。これは明らかに感光性が有ることを示しています。(何も感じないものもある)

このLEDによる感光素子は、その受光感度が自ら発光する光のスペクトルの状態に良く似ているのだそうです。すなわち赤のLEDは赤色に感じ易いというのです。

LEDを向かい合わせにしてヒシチューブ等でカップリングしてやればフォトカップラが出来ます。光通信をやるときは送信と受信が1つの素子で担当できますから光学系との組み合わせが楽になります。特にこれからのファイバ通信等にも有効だと思います。

この情報はポピュラーエレクトロニクスに出ていた記事についてトレースしたものです。』

もう35年も前の記事ですが、この記事が日の目を見ることになりました。

LEDとPD

試しにテスターを電圧計にして、太陽に向けたLEDの両端の電圧を測ってみてください(LEDの種類によって電圧は異なる。なるべく内部抵抗の高い高感度の電圧計で)。LEDがすでに立派な感光素子であることが分かるでしょう。

この性質はLEDが実用化された時から知られていましたが、LEDはその名のごとく光を出すダイオードとして進化して来たので感光感度はそのままになっています。使用する私達もLEDに感光機能があるということを忘れて利用しています。

そして今、LEDは可視光通信というこれ迄の常識では考えられないシステ

ムの送信素子を受け持つことになりました。受信素子はPDが担当です。

このように送信素子と受信素子が別々ですから光をビーム化する集光レンズも二つ必要になります。

もしLEDがPDと同じように光を強く感じる事が出来れば可視光通信にとって非常に有益な素子になることは明らかです。

可視光通信は今迄の常識、概念をひっくり返すものです。それならもう一つ常識をひっくり返しても良いのではないのでしょうか。

メーカーの皆さん、これからぜひLEDの性能向上と共に感光感度を高める研究をはじめてみて下さい。



1977年の段階ではLEDは単なる太陽電池でした。しかし私が可視光通信に首を突っ込んでみて、「もしかしてLEDで信号が受けられるのではないか」という期待が持ち上がってきました。

LEDは可視光通信に

受光素子として使えるか？

LEDが感光素子であることは分かりましたが、それではどんなLEDでも感光素子として本当に使えるのでしょうか。

早速実験してみました。テスター(Sanwa U-70D)を $50\mu\text{A}$, 0.1V にセットしてLEDを電球(タングステン)に向けて両端電圧を測りました。しかし、メーターは全然振れません。そんな筈は無いはずと外に持ち出して太陽に向けてとメーターが振れ始めました。

LEDはその先端部にレンズがついています。そのためLEDを太陽の方向へ向けないとほとんど電圧は出てくれません。これは意外に鋭いものでした。いろいろのLEDについて確かめた所、結構電圧の出るものもあればほとんど反応をしないものもありました。一番感度が良かったのは秋月で入手した黄色の超輝度LED「OSY5CA5111A-WY」でした。

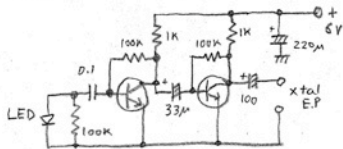
ここ迄の文を読んでいるとLEDがPTの代わりに簡単になるという印象を受けるかもしれませんがLEDの感度は本誌051号で紹介した、LEC-RP50B という超高感度フォトダイオードと比べると約1/20しかありませんからアンプを上げると色々と研究する必要があります。

周波数特性は？

またLEDを感光素子として使った場合の周波数特性はどうでしょうか。AFオシレーターにLEDをつなぎ($1\text{k}\Omega$ の抵抗を並列につなぐ)周波数の変化についてオシロスコープで観察してみると500Hzまでは

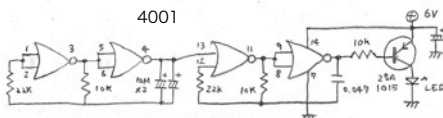
感度がありますがそれから上に行くとも出力が減ってきて、2kHz当りから極端に感度が下がりました。

受信機として第1図のように受光素子としてLEDを取付け、LEDのカソードをアースに落とし、アノードから出力を取りだしました。



第1図 LEDを受信素子として使う

そのすぐそばで050号で発表した送信機を発振周波数400Hzで断続信号が出るように改造してLEDが本当に信号を受信出来るかテストしてみました。その送信機の回路図を第2図に示します。



第2図 400Hzの信号をON/OFFする

その結果は太陽光で感度のあったLEDはすべて信号を受けることが出来ました。

電話の場合は上限が3kHzあたりですから電話としてはぎりぎり使えるかなという所のようなでした。(この段階ではまだ実験していない)

LEDを受光素子としての通信実験

LEDが一応受光素子として働くことが分かったので実際の通信に使えるかどうかの実験をしました。

送信機は第2図のものを望遠鏡に取付けました。

受信機は第1図の回路と直径70mmの虫眼鏡レンズ(これは100円ショップで購入したもの)を手持ちで組み合わせました。

家の中の実験では本誌053号, 054号で

紹介した2枚の鏡を使った反射鏡を使って6m、往復12mの確認は難なく成功しました。

次はいよいよ屋外実験です。家の前に送信機を置き、道を歩きながら信号を確認して行きました。その結果、**50m**迄確認出来、取りあえずLEDを受光素子とした実験に成功しました。

感想としては相互距離が短かくても信号の強さがあまり強くありませんでしたから受光素子がLEDの場合葉受光感度が低く受信機の増幅率が足りないのかもしれませんが。増幅率を高めて再度実験をしたいと思います。

受信側が手持ちのため安定性が悪く固定して装置を作る必要がありました。

フォトトランジスタと フォトダイオード

現在販売されている感光素子は、PT(フォトトランジスタと、PD(フォトダイオード)があります。しかしPTと、PDはともに光に感ずる素子であることは同じですが使い方が大分違います。

PTは端子としてコレクタとエミッタがあります。エミッタをアースし、コレクタにプラス電源と抵抗をつけて信号を取り出します。感光素子の部分をベースと考えれば普通のトランジスタと同じだと考えることが出来ます。

PDはアノードと、カソードがありカソード側にプラス電源をつなぎ、アノード側を抵抗を付けてアースに落として出力を取り出します。このことはプラスとマイナスが一般概念として反対ですね。(第3図参照)

LED(発光ダイオード)にもアノードとカソードがあります。本来の使い方としてはアノードにプラス、カソードにマイナスを掛けて光らせます。また太陽に向け感光素子として使うときにもアノードからプラスの電圧が発生します。

このことからLEDを感光素子として使う場合は基本的にはPTと同じようにアノードがプラス、カソードにマイナス(アース)にな

ります。

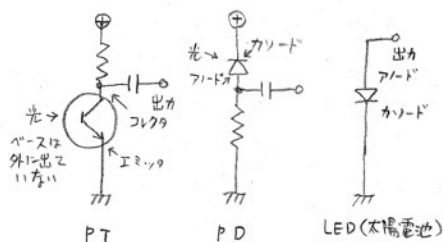
そのほかPDとPTの違いはどこにあるのでしょうか。

単なる感光素子としてはPTの方が使い易いのですが、通信のように高速化が要求されるとPTは追いつかなくなります。このことはLEDにも言えることでこの原因はダイオードが持つ容量が大きいことです。この容量の関係で信号の周波数が高くなると出力がなまってしまい動作が追いつかなくなってしまうのです。この容量を少なくするためにPDでは端子に逆の電圧を掛けているのです。

LEDは太陽電池と同じですからカソードをアースら落とし、アノードから信号を取り出せば良いのですが、アノードからコンデンサを通して信号を取り出そうとすると、まさに容量が邪魔をして周波数に対応出来なくなります。それを除くためにLEDに並列に抵抗を入れて無信号時の電圧を下げてやる必要があります。第1図のLEDの横についている100kΩの抵抗がそれです。

そんな訳で光のON/OFF周波数が高いときにはPDが使われていますが、可視光線通信でもベースバンドの時のように普通の音声周波数でコントロールするだけでしたらPTの方が感度も良く気軽に使うことが出来るかもしれません。

LEDを感光素子として使う場合、PDと同じように使カソードにプラスの電圧を加えて簡単なテストをやってみました。が音声の領域ではあまり変化はないようでした。このことについては再実験が必要でしょう。



各種光素子の使い方

可視光通信4.3kmの記録達成

2012年10月21日

双子公園の実験

10月21日、もうおなじみの双子公園で可視光通信の実験をやりました。参加者はJF1GYO黒川、JA1VVB久保、JA5FP間、JG6DFK/1 児玉、JH1FCZ大久保の5人です。

この日の庄巻は黒川-久保間で10WのハイパワーLEDを使った4.3kmの2Way QSOの記録を達成したことです。しかもベースバンドの記録です。



記録を作った黒川さんの機械

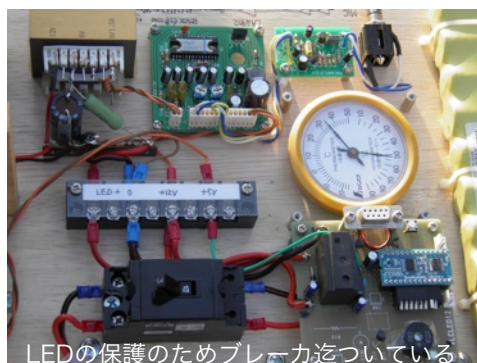


記録を作った久保さんの機械

私は黒川さんが移動する前に別のことをやっていたので黒川さんがどこへ移動したのが分かりませんでした。望遠鏡を使っても4.3kmというのは遠いですね。かなり時



左のレンズにハイパワーLEDが見える



LEDの保護のためブレーカがついている

間を掛けようやく見付けた所は、望遠レンズを使っても写真にはとても撮れない距離でした。

2km位でしたら望遠鏡を使って相手局の位置をつかめますがそれ以上の距離になるとずっと追いかけていればなんとかありますがどこで運用するか分からない場合は望遠鏡を使っても難しいですね。運用地を選ぶ際にはランドマークになるような場所を選ばなければなりません。

この日この記録に使われた機械の写真を写真1から4に示します。

参加者全員が久保さんの機械を使って黒川さんと交信しましたが、目に見えないような距離を可視光線を使って話をするということはとても不思議な気持ちになりました。

この日の実験は4.3kmの交信だけでなく非常に盛りだくさんの成果を得ることが出来ました。



まず、1.4km離れた猿田彦神社にベースバンドと3.5MHzのサブキャリアのビーコンを置きそれぞれ受信実験を行いました。二つのビーコンは混信することも無くきれいに分離して受信することが出来ました。1.4kmという距離は今になってみるとごくあたりまえに交信出来る距離になって来ていますね。

JG6DFK/1 児玉 さんの手のひらサイズのPWM機もテストしました。公園のてっぺんから児玉さんの送信機で信号を出し、220mの記録達成です。更に記録を伸ばそうと赤い色をたよりに努力したのですがどうしてもダメでした。そこへ間さんが



割り込んであっさり59+でクリアしてしまいました。受信機の感度の違いを感じました。それでも220mの記録です。これからの改良によってこの記録は伸びることでしょう。

さてつぎは間さんの機械です。これは455kHzのサブキャリアを使ったFM機で、回路は本誌054号で紹介しましたが受信部の光線を扱う部分はフロントエンドだけで、電気的に変換されてあとは既製の情報受信機を使って面倒なFM検波とかAF増幅、スケルチ回路等を簡略化しているのです。

このシステムは、送信機ですぐ近くの地



面とか建物の壁等に向けて送信すると、受信機が直接送信機の方を向いていなくても送信した信号を間接的に受信してしまうことです。これはあたかも地面その他が電離層になったかのような感じです。システムそのものが高感度なんですね。そして間さんは1.4kmの記録を立てました。

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

2012年11月24日 東金市古山王神社脇の展望公園で通達距離13kmの可視光通信の実験をやりました。

東金市に行くのは初めてでしたがPCで予め場所をチェックしておいたので迷わず行くことが出来ました。

この場所は、九十九里浜の海岸から続く海拔の低い所から急に標高が上がった場所で、海に向かって(東の方向に)見晴らしの良い場所で、実験場としては非常に良いロケーションだと思いました。

この日の目的は古山王神社脇の展望公園から北東の方向の松尾町の蓮沼海浜公園展望塔との間での通信を成功させ通達距離を13kmに伸ばすことです。

この日の朝は冷たい雨が降っていて実験

を始める頃には上がったもの大変な寒さでした。

さて、黒川さんが車で目的地に向いました。しかし、その目的地は望遠鏡を使っても中々分かりません。13kmも離れているとなかなか場所が分からないものです。それでも久保さんのガイドでようやく場所を見付けました。望遠鏡を40倍にしてそのビルも分かりました。

屋上の下の階(7階)に何か黒いものが見えます。暫くしてそこの部分が白く光りました。無線で話をしながら送信方向を定めました。しかし光の信号は入ってきませんでした。その間、もやが時々出て来てくることもありましたがダメでした。

身体が冷えてきます。残念ながら今日は諦めるしか無いようです。

いつもいつも実験に成功するとは限らないことを勉強しました。

次の実験では13kmの中程にチェックポイントを設けること。蓮沼海浜公園展望塔の実験場も7階ではなく2階でも良いこと(基材を持ち上げる労力を低減する)等がその日の教訓でした。

2012年12月14日
双子公園で
可視光ミニ実験を行う

12月14日に054号で紹介した間さんの機械で八街グループの水準に追いつくために、3.5kmの到達を確実に確認しておく実験

を行いました。

参加者は、JA5FP間、JA1CMN金子、JA1UPI鶴野、JH1FCZ大久保の4名です。

この日は天候こそ晴れていましたが少しもやが出ていてあまりコンディションは良くありませんでした。

まず全員双子公園に集り、相談の結果、望遠鏡で追うことが出来る3km程度の所で実験をすることになり、間、鶴野が送信点に向うことにしました。彼らの乗った車は7X50の双眼鏡で追いかけることが出来ました。結



局2.4kmの所に送信場所として都合の良い所を見付けました。

そこで赤色の信号を出しました。しかし受信場所で双眼鏡を使った眼視では確認できたのですが、肝腎の受信機では確認出来ずノイズばかりが耳につきました。

送信機の発射方向を時間をかけて調整をした結果やっと何とかメリット3程度の信号を受信することが出来ました。

このシステムではこのくらいの距離が限界かなあと思いついにしようかと考えていた時、「受信場所を少し移動してみたらどうだろう」という意見が出て受信機を3m程ずらしてみました。するとそれ迄ノイズまじりの信号であったものがノーノイズになりメリット5とはっきり聞き取れる信号になりました。

このことに気を良くしてはじめに予定していた3.5kmに挑戦することにしました、

今度は双眼鏡を使っても自動車の位置が確認出来なくなってしまいました。近くにビニルハウスがあるというので探してみるとビニルハウスがいくつも見つかりどれが目的のビニルハウスか分かりません。近くに携帯電話の中継アンテナがあると言われても、電柱等と区別が付きませんし、近くに三角屋根の建物があると言われてもそれを見付けることが出来ません。送信側からは受信点が見えるというのですがどうもならないのです。しまいには自動車のヘッドライトを受信所に向けてもらいましたがだめでした。このように大分長い時間をかけて探したのですが送信機の赤い点を見付けることは出来ませんでした。

今回は2.4kmで我慢することにしました。それでもその前の1.4kmと比べると2倍近い記録になりました。

数式と仲良くしよう 何故なぜーシリーズ 10

等価電源

JA5FP 間 幸久

図1のような電圧と内部抵抗が異なる複数の電源を、それと等価な単一の電源に変換すると、出力が簡単に計算できます。以下では電圧源を電池で表していますが、直流だけでなく交流でも同じですから、高周波信号源にも適用できます。

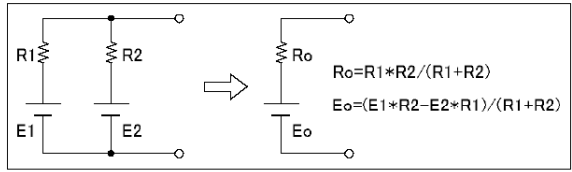


図1: 複雑な電源から単一電源への変換

.....

開放電圧の計算

初めに、図2で端子間電圧 E_0 を調べます。

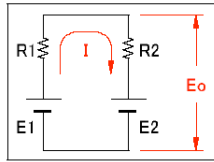


図2: 2つの電源がある場合の端子間電圧

電池の充電電流 I は、次式となります。 $E_1 > E_2$ の場合は正の電流、 $E_1 < E_2$ の場合は負の電流と考えます。

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} \tag{1}$$

端子電圧 E_0 について次式が成立します。 $(R_1$ と R_2 の電流の方向は反対ですから、 $E_0 = E_2 + IR_2$ でもあります。)

$$E_0 = E_1 - IR_1 \tag{2}$$

式2に式1を代入して、次式から端子電圧が求められます。

$$E_0 = E_1 - \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} R_1 = \frac{E_1 R_2 - E_2 R_1}{R_1 + R_2} \tag{3}$$

式3で分かるとおり、 $E_2 = 0$ の場合には $E_0 = E_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ となり、これは E_2 を短絡して R_2 が直接に負荷抵抗となったことです。

内部抵抗の計算

内部抵抗 R_0 を知るために、図3のように端子間に仮の負荷 R_3 をかけてみます。ここでは $E_2 = 0$ として扱いますが、電圧があっても同様です。

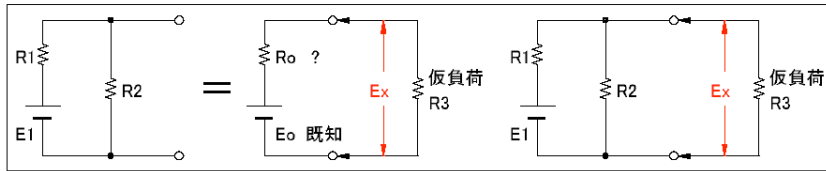


図 3: 未知の内部抵抗に負荷抵抗を接続してみる

両回路の E_x が等しくなれば等価ですので、次式が成立します。

$$E_x = \frac{E_0 R_3}{R_0 + R_3} = \frac{E_1 \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} \quad (4)$$

既に $E_0 = E_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ であることは知っていますから、これを式4に代入して整理すると、次の関係式になります。

$$(R_1 + R_2)R_0 = R_1 R_2$$

したがって、 R_0 は次式となります。

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

図らずも、式5は R_1 と R_2 の並列合成抵抗値を表しています。つまり、複数の内部抵抗を並列合成抵抗として計算すれば、その値が総合内部抵抗となる訳です。

結論

複雑な構成と内部抵抗からなる複数の電源であっても、上記の式3で表される開放端電圧と式5で表される内部抵抗を有する単一の電源とみることが出来ます。

この原理は、「鳳テブナンの定理」や「重ね合わせの理」を使って説明できますが、ここでは数値計算だけで示しました。

今回は、多数の信号源で制御するラダー D/A 変換への応用例をとりあげます。

本誌15ページの「パームコーブ(オーストラリア・ケアンズの近郊)で皆既日蝕を見るの写真集を下記のホームページで展示しています。

このホームページは一月毎に展示替えをしていますので、絵画写真等に興味のある方はぜひ御覧になってください。

<http://kazenonakama.net>

パームコーブ (オーストラリア・ケアンズの近郊)

で皆既日蝕を見る

11月14日にオーストラリアのケアンズ付近で皆既日蝕がありました。

娘の家族と一緒に、ケアンズの北の郊外のパームコーブという所に貸別荘を借りて見に行ってきました。

この話は私の絵のホームページにも書いてありますのでそれと重複しないように書くことにします。もし興味があれば

<http://kazenonakama.net/> を合わせて御覧になってください。

ケアンズの空港には娘夫婦が出迎えに来ていました。雨が上がったばかりではっきりしない天気でしたが一路貸別荘のあるパームコーブへ向いました(約30分)。その家はベッドルームが3部屋ある2階建ての大きな家です。びっくりしました。

パームコーブの緯度は南緯16°ですから北緯に換算するとフィリピンあたりに相当しますから暑い所です。

借りた家のすぐ後ろは熱帯雨林になっています。熱帯雨林というのは足の踏み場も無い位植物が密生している所で、その奥にはクリークがあります。そのクリークが海迄つながっている筈なのに海には川が流れ込んでいません。クリークが海岸の砂の所で終わっているのです。この辺一帯が湿地帯になっているみたいです。

そして、そこに警告版がありました。何とそのクリークの水辺にはワニが住んでいると

いうのです。日本ではクマが出るという注意があり、それなりの対応策は知っている感じですが、「ワニが出る」と言われてもどうしたら良いのと迷ってしまいます。

しかし、周りには民家もあって、人も犬等を連れて散歩していますからそれほど心配しなくても良さそうです。警告版を見た時は緊張しましたが段々に慣れてきました。

13日の夕方から海岸に車が集ってきました。どうやら日蝕を見るために集って来たようです。この分だと明日の朝は早く起きて海岸で場所を確保しなくてはいけないかと思いましたが、14日の朝、海岸は近所の人が集ただけで観光客は見当たりません。至極のんびり観測が出来ました。

14日。やっぱり天気が気になります。夜中に2回程目が覚めて外を覗いてみたのですが、一回は曇り、もう一回はピーカン。どうもめまぐるしく天気を変化しているようです。

日の出の1時間前に起き出し、最後の準備をして海岸に行きました。どうやら晴れています。そして日の出。雲が太陽を半分程隠しています。でもこの分ならどうやら日蝕は見えそうです。と、この時は思ったのですがそのあと段々に雲の量が増えて部分蝕の始まる時間になっても太陽は雲の中です。残念ながらこれで種子島、佐倉、ケアンズと3連敗かと、諦めました。

しかし、幸運の女神はいたのです。皆既の寸前になって雲に割れ目が出来て来たのです。そして皆既食の始まり。ダイヤモンドリングが見えたのです。それから夢中になってカメラのシャッターを切りました。

あとから写った写真を見ると太陽面に薄い雲が掛っていたものもありました。表紙の写真はその薄い雲を通したものです。「風の仲間」のホームページのものは雲の薄いものですので比べてみてください。

雑記帖



可視光通信誌?

最近、本誌はなんだか可視光通信の雑誌になってしまった感じです。

もう歳をとったので、ぼつぼつこのCirQの発行をやめようかと思っていた時に、可視光通信という面白そうな話題が飛び込んで来ました。昔からLEDによる通信について興味を持っていた私は「これは最後の御奉公」と直感的に思いました。

しかし考えてみると「地面アンテナ」も3.11地震の所で中断していたのですね。この方では中野さんという研究者が私のゼンマイを巻いてくれています。そのうちきっと面白い報告が出来ると思っています。

世の中にはまだまだ面白いことがいっぱいありますね。CirQの発行もいま暫く手が抜けないようです。

水星を見る

12月12日、水星と月が接近するというので珍しく早起きをしました。東の空が明るくなり始めた6時2分月の左側に水星を見付けました。(カットの写真の月の左を良く見てください)

その右上の方には金星が明るく、更にもっと上の方に土星が一寸暗いですが見る

ことが出来ました。

次の朝もMHNが見たのですがもう見えなかったというのです。そんな筈は無いと思い14日に見たのですが、横に月が無いためか肉眼では見えず、双眼鏡を持ち出してみたところ水星はまだありました。

これで私は水星を見たのが2回目になります。

よつみぞ(四つ溝)

一寸遅くなりましたが柿の話題です。

私は柿と言えば「よつみぞ」です。この柿は渋柿で、普通八百屋の店頭に並ぶのは「湯抜き」という方法で渋を抜いたものです。砲弾型をした形ですが横に切った断面に四つの溝があって機械的に皮を剥く訳にはいかないので干し柿にはなりにくく、湯抜きが主流になったのでしょうか。

甘さと言い、味といい私は最高だと思っていますが、静岡県ではあたりまえの柿なのにどういふ訳かほかの地方では手に入らない柿です。

静岡の義理の姉に頼んでこの柿を送ってもらいました。姉さんが八百屋で買って来たのはどういふ訳かまだ渋の抜いていないものだったので湯抜きをやってくれたそうです。その方法は・・・

柿の表面を焼酎で拭く。

それに塩を振りポリ袋に入れる。

それを40°位のお湯に2,3日つけておく。

というものでした。

普通、すでにプロが湯抜きしたものを買うのでこんなに細かいことは知らなかったのですが、姉さんが近所の人に教わってこの方法を知ることが出来ました。

みなさんも秋に静岡へ行ったらぜひ食べさせてみてください。

CirQ (サーク) 055号

購読無料 2012年12月25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