

楽しい自作電子回路雑誌

CirQ



CONTENTS

2. 原点 創作への第一歩(1)
2. 次世代エネルギー固体高分子形燃料電池
5. 電波天文3 日本における宇宙電波観測 のはじまり
8. たちよみとしゃかん・3題
9. 流星の音・2題 対馬のオメガ局が聞こえていた頃・
「ジュッ」と「ヒュッ」の間
12. 動く水晶とコンデンサ
16. 雑記帖

008

MAR. 2005

次世代エネルギー 固体高分子形 燃料電池

佐藤 元彦

始めに

燃料電池は、高効率で環境負担が少ないクリーンエネルギーとして期待されています。中でも固体高分子形燃料電池はモバイル機器から自動車まで幅広い用途で研究開発されています。最近では自動車会社が「燃料電池自動車を月80～100万円でリース」とか、ガス会社が「家庭用コージェネレーションシステムを10年間で100万円リース」など話題は尽きません。燃料電池は一般的なマンガン電池、アルカリ電池などの一次電池や、鉛蓄電池、Li-ion電池などの二次電池とは違います。これらの電池は、電線ケーブル

等を接続すればすぐに電気を取り出せます。しかし燃料電池は電線ケーブルをつなげただけでは電気を取り出せません。燃料の水素と酸化剤の酸素(空気)を供給して初めて発電します。

燃料電池のメリットとしては、燃料と空気を絶やさず供給すれば半永久的に電気が起きます。また大気汚染や地球温暖化の原因の有害なガスは排出しなく、副産物として水だけが排出され環境にやさしくクリーンです。

なぜ燃料電池？

燃料電池は燃料(水素等)と酸化剤(酸素等)を反応させてエネルギーに変換するシステムです。燃焼は化学的という物質と酸素が反応する事を燃料反応といい、この時の物質が燃料になります。この燃料の持っているエネルギーが熱エネルギーとなって放出されます。

火力発電等はこの熱エネルギーを機械エネルギーに変え、それをさらに電気エネルギーに変換します。効率としては30～42%です。しかし燃料電池は燃料を燃焼させないで電気化学的に反応させ直接電気

創作への第一歩(1)

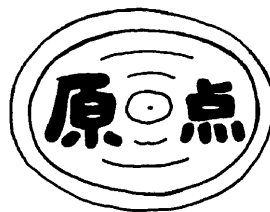
物を作るにはその構造を知らなくてはなりません。初めの内は作ろうとする物の構造や、動作が良く分かっていない事があるかも知れません。

そんな時に強い力になってくれるのが「キット」です。キットの中にはそれを完成するのに必要な部品と、組み立てるための説明書がついてきますから始めての人にもそれなりに完成させる事が出来るのです。

こうして何台かキットを組立てていると、キットメーカーの考えにはめ込まれてそこには自分の存在がないような気がして来るかも知れません。

そこでその回路の一部を改良しようと試みます。

この事はその回路を自分の物にしようとするきっかけになります。しかし、改良のつもりではじめた作業が実は改悪であったという話も良く聞きます。



その時は「なんでうまくいかないのかなあ?」と考え込んだり、落ち込んでしまったりします。

ここで自分なりの改良を諦めてしまう人と、わからないところを一生懸命勉強する人に別れて来ます。

この部分を乗り越えた人は次のステップに進む事が許されますが、諦めた人はそこで進歩が止ってしまいます。

もしあなたがそんな状態にあったとしたら、せっかくはじめた事ですから諦めてはいけません。多分あなたの考えた改良点は、あなた自身で克服する事ができるでしょう。なぜならあなたはそのキットの不備な点にすでに気がつくレベルに達しているのですからです。

あなたが改良した回路は、あなたの次のステップの第一歩となる事でしょう。

エネルギーを取り出すので理論効率は83%と高い効率です。このようなことから燃料電池に対する期待が急激に高まってきました。

燃料電池の歴史

燃料電池は19世紀イギリスのグローブが酸性溶液に2つの電極を入れ電流を流し水の電気分解を行ない、正極に酸素、負極に水素が発生し、電流を切った両電極間の電圧を測定してみると約1Vの起電力が得られました。これが燃料電池の始まりでした。

しかしそれからあまり進展が無く1965年アメリカの人工衛星ジェミニに現在の固体高分子形燃料電池が搭載され話題になりました。日本では1980年に国家プロジェクトとして、ムーンライト計画、ニューサンシャイン計画よりリン酸形、熔融炭酸塩形、固体電解質形などの燃料電池が取り上げられ、その後固体高分子形燃料電池も取り上げられました。

固体高分子形燃料電池がさらに脚光を浴びたのはカナダのベンチャー企業の巴拉ードパワーシステム社が1980年から独自の研究を始めて1987年にはダウケミカル社製の(ダウ膜)で出力が6A/cm²(at 0.4V)で2.4W/cm²の高出力を実証しました。

自動車用燃料電池はトヨタを始め、ホンダ、日産と開発競争を繰り広げています。

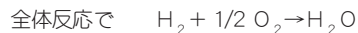
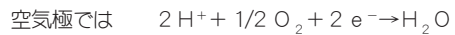
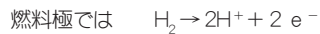
家電業界では、東芝、サンヨー、荏原巴拉ード等が家庭用コージェネレーションシステムの実証試験を行っていますし、モバイル用燃料電池として、DMFC(ダイレクトメタノール形燃料電池)として、日立、東芝、NEC等、CACIO計算機はメタノールから水素を改質して取るマイクロリアクターで燃料電池を動かすタイプを開発しています。



固体高分子形燃料電池の仕組み

固体高分子形燃料電池の仕組みを右上図に示します。

固体高分子形燃料電池は固体高分子電解質膜(イオン交換膜)を電極触媒でサンドイッチした構造で燃料極側に水素ガス、酸化剤側に酸素又空気を供給します。



発電の仕組み

固体高分子電解質膜はイオンを通すが電子は通さない性質をもっています。

燃料極に供給された水素ガスが電極(触媒の)作用により電子とイオンに分かれます。電子はイオン交換膜を通過できないため外部回路を經由して電気を光らせ、空気極に向かいます、一方水素(H⁺)イオンは固体高分子膜を通過して空気極で酸素と電子をもらい水となり排出されています。

実際の構成部品は？

実際の燃料電池の構成部品をケミックス社の固体高分子燃料電池組立てキット(Pem Master)を使って説明します。

中央の電解質膜はデュボン社のNafion(50μ程度の薄い膜)が使われています。その左右にカーボンペーパーの表面に白金触媒を塗った電極がサンドイッチされています、触媒はカーボンの粉の表面に白金を付着させたものです。このカーボンペーパーは撥水処理が施され、ガスの拡散と水の排出が適度に行なえるように調整されています。ガスが漏れないようにガスケットがあり、水素用セパレーターにはジグザクに流路が形成されてガスが効率よく流れるように設計されています。空気用セパレーターは空気中の酸素が適度に供給されるように設計されています。組立て後、水素をアクリル板水素用のパイプから供給するとすぐに各々のセパレーターの耳の部分から電流が取り出せます、気温、湿度によりますが空気極のまわ穴から水滴の発生が観察できます。

燃料電池の材料費

燃料電池の構成材料は現在とても高価です。デュ

ポン社のNafionは1m²約16万円、白金は時価で現在2800~3400円/gです。セパレーターは例えばカーボン機械加工で一枚数万円です。総合すると容量1kW当たり約1000万円となり、自動車では1~2億円は材料費でかかっています。

これらのコストを100分の1位にはコストダウンをしなければ燃料電池の一般消費者への普及は難しいと思います。

燃料電池の出力

燃料電池の出力はどのように決まるのでしょうか？
 電流は電極の面積で決まります。例えば電極面積が100cm²で電流が0.2A/cm²取れたとすると20A。
 電圧は、燃料電池単セル電圧は理論値で1.23Vで、実際は材料の抵抗等で約0.6~0.75V付近で動きます。
 セル電圧が上がれば効率が良い電池となります、高電圧が必要な場合は、直列に接続します。(参考ですが、家庭用の燃料電池は電流密度0.2A/cm²~0.25A/cm²で50~100セルで約1kW。自動車は0.5A/cm²~1.0A/cm²で200~400セルで50kW~80kW位。)

固体高分子形燃料電池を動かすには

構成部品の固体電解質膜は適度な水分がないとイオンを運ぶことが出来ません。実際の燃料電池システムには加湿器があり水素側と空気側に適度な水分を供給しています。これにより効率よく燃料電池を動かしていますが、このバランスが崩れると電池性能が著しく低下します。燃料電池には水分管理が大変重要です。水素の供給量は電流で決まり、1A/minの電流を取り出したい時は約7cc/min必要です。しかしこれは100%うまく水素が消費された場合なので実際は利用率70~80%位です。空気極では水素の

1/2酸素が必要ですが空気中の酸素濃度は約21%で残りは窒素等です、窒素分が邪魔をするので空気の利用率は30~40%位です。固体高分子形燃料電池はイオン交換膜の性能、電極の性能、ガスの流れの流路等構成部品の性能を上げることはもちろん、ガスの供給方法、生成水の排出方法等の制御技術が統合されて効率よい燃料電池システムとして使用できます。

燃料電池組み立てキット

(Pem Master) について

燃料電池をもっと身近に、発電の喜び、物作りの楽しさを目的に作りました。燃料電池組み立てキット(Pem Master)は燃料電池の仕組みを実際に組み立てることにより理解できるように設計されています。本キットでは空気は対流で取り込む構造になっていますが、オプションの酸素プレートに取り替えると酸素運転が出来、大幅な出力向上が観察できます。また、バブラー構造をもつガス流量簡易モニターを用意しています。これは水素の供給量が泡により肉眼で確認できます。本キットは、学習用教材やイベントでのデモンストレーション、多数の燃料電池部材開発メーカーにおいて、高分子電解質膜や触媒等の基礎研究開発用として採用されています。当社はこれから来る水素社会に向けて多くの人が燃料電池組み立てキットを実際に組み立てを通して、燃料電池の仕組みを理解し数十年後の燃料電池水素社会に向かって少しでも役に立っていただければと願います。

株式会社 ケミックス 技術開発部 マネージャー
 佐藤 元彦 m-sato@chmeix.co.jp
<http://www.chemix.co.jp>



電波天文コーナー
その (3)
日本における
宇宙電波観測
のはじまり

JL1KRA 中島潤一

何も無い中で

前号、前々号ではベル研究所のジャンスキーによる宇宙電波の発見、アマチュア研究者リーバーの電波望遠鏡自作という二人の先駆者が電波天文の幕開けで活躍したことを書きました。

では日本ではどうだったかというと、戦前は国策として、戦後はまずは太陽電波を対象として数々の独創性を持った研究者が連携し、限られた情報と物資でも欧米をしのぐ観測と発見を行っていました。

“1950年、私の研究者としての最初の仕事は交流安定化電源の製作だった。当時の日本の電源供給状況は劣悪で電圧は85V～105Vと安定せず、周波数も54Hz～61Hzと変動するのが常だった。このなかで電波天文の受信機に使う0.1%の安定度を持った電源を作ることが最初の仕事だった。当時は食べ物さえ満足に無かったが、研究のスピードは決して遅いものではなかった”。 晩年、東京天文台の畑中は当時の状況を懐古しています。

世界に先駆けた電波観測

太陽電波の発見は戦中の1942年2月、イギリスのJ.S.ヘイらがドイツの爆撃機をレーダ警戒中に発見したのが最初とされています。3日もの間、スノーノイズのような雑音がドーバー海峡の南で強くなりレーダが使い物にならなくなったため、ドイツ軍の新兵器かと英国軍の中では大騒ぎになりました。また、日本ではこの頃、電離層の性質解明は国としての至上命題となっていました。 学術研究振興会議の電離層特

別研究委員会では、大学関係者・電波物理研究所技官・陸軍技官・海軍技官が集まり大東亜共栄圏内の電波伝播を調査しています。大本営から外地に向けて通信・放送のインフラを確立するためには、いつ、どの周波数を用いれば最も確実なのかを知ることが戦略的にも重要事項でした(図1)。

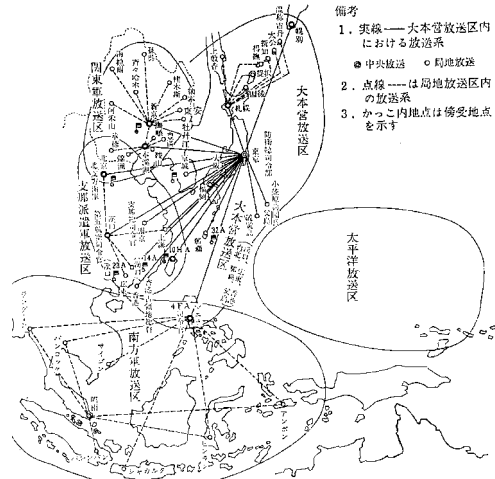


図1：大東亜共栄圏の通信・放送網
 (短波を使った通信は重要であった)

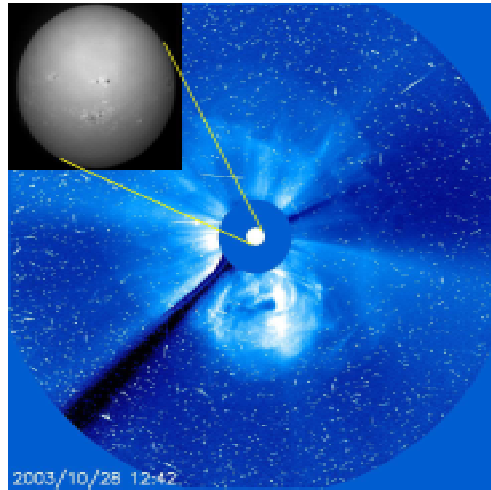


図2：太陽黒点とフレアアップの様子
 (NICT平磯、SOHO衛星データ)

しかしいギリスでも日本でも研究報告書はすべて機密扱いとなりました。発見の公表や、好奇心からの発展はあまり望めない時代でした。

太陽表面のフレアアップ(図2)による通信障害についてもデリンジャーが発表する1937年以前、1936

年には電波物理研究所の荒川という人によって雑音が報告されていた模様です。 静的な太陽 (Quiet Sun) に比べ、荒れた太陽 (Disturbed Sun) では短波～マイクロ波で 1000 倍以上電波が強くなるので、受信機の性能が低い当時には太陽発見のチャンスです。 1938 年に国際電気株式会社の仲川、宮はデリンジャー現象に伴う太陽からの雑音電波を 14.6MHz で観測していました。 彼らの装置は、地上高をそれぞれ $\lambda/2$ 、 $5\lambda/4$

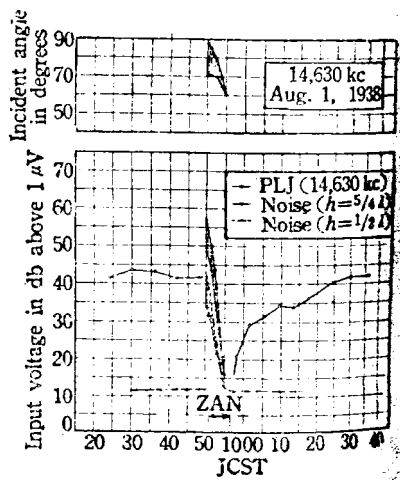


図3：デリンジャー現象発生時の
雑音電波の到来方向測定

としたダイポールで、受信の結果から電波の到来方向を測定していました (図3)。

ダイポールの垂直面パターン (打ち上げ角) が大地に対しての地上高で変化することはアマチュア無線家ならよく知るところです。 2つのダイポールで受かる

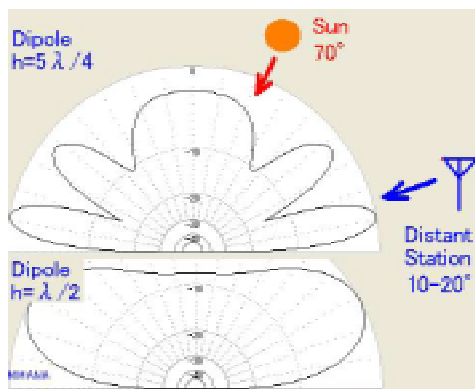


図4：地上高の異なるダイポールの
垂直面パターンシミュレーション

受信強度を比べれば入射角を測ることが可能です。参考までに MMANA でシミュレーションしたそれぞれのダイポールのビームパターンを (図4) に示します。普通フィリピンなど南方の無線局からの電波は $10^\circ \sim 20^\circ$ の低仰角から電波が届きますが、雑音電波は通常ありえないほど仰角の高い 70° でした。その方向にはまさに太陽があったので、太陽からの電波は確信的でした。しかしながらデリンジャー現象自体は太陽電波で引き起こされるのではなく、主役は荒れた太陽からの高エネルギー粒子による電離層に影響が及びます。太陽電波が普段の 1000 倍以上になる大サービスでも、フレアのエネルギーの分配はX線や高エネルギー粒子がほとんどで、太陽電波はその1万分の1程度なのです。上司に雑音は間接的にE層から来ている可能性もあると指摘されてしまい、重要視されることはありませんでした。

戦後の研究開発

戦後、電波観測を再開したのは、1949年電波管理委員会中央電波観測所 (電波研究所の前身) の対流圏課電波雑音係長の川上と、東大天文台の畑中らでした。 占領下からのスタートでしたが、禁止された航空機開発やアマチュア無線とは異なり、アメリカは日本の電波研究を評価し研究継続ができました、川上らは 200MHz での観測機器 (雑音指数=12、アンテナ利得 14dB) を三鷹に設置、61.2MHz の受信設備を埼玉

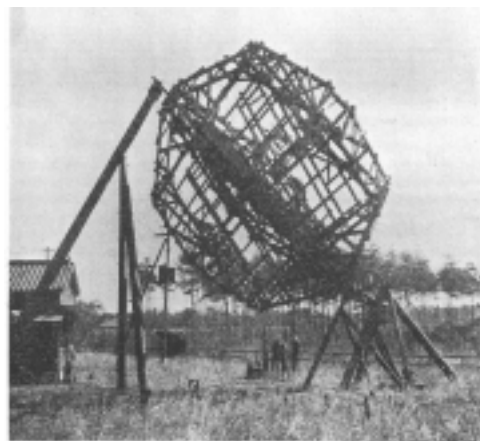
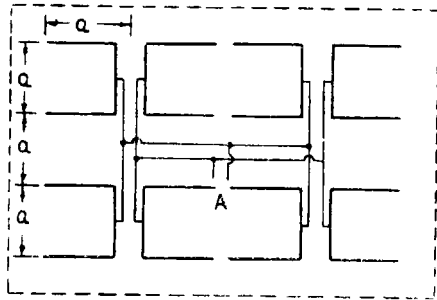


図5 電波研究所が埼玉県大井に作った
60MHz電波望遠鏡



$a : 75 \text{ cm}$
 エレメント $1.2 \text{ cm} \phi$ 銅パイプ

図6 電波望遠鏡のアンテナアレイ構造

県大井と稚内に設置し観測を行っています。埼玉県の大井に設置されたアンテナを(図5)に示します、アンテナアレイ(図6)の半地幅は 30° 、利得は10dB、接続した受信機の雑音指数2.8~6dBで帯域は40KHzでした。受信機の真空管はリーバーの用いたのと同じU954が用いられ、検波は二極管が用いられていました。受信機は定期的に雑音発生器で校正し、ペンレコーダーで記録するシステムが完成していました。稚内では真空管6AK5を用いたダブルスーパが用いられ、1950年9月12日の部分日食で太陽黒点の遮蔽と太陽電波の強度の関係を求める研究が行われています。今では太陽フレアのとき、黒点からの磁力線からまった電子から強力な電波が出ていることが判っていますが、当時は手探りで調査していたのです。実用に供しそうなVHF、UHFの周波数帯ではまだ予算



図7 大阪大学の3.3GHz
 ホーン受信機

が若干ありましたが、マイクロ波で太陽の性質を調べようとする大学での研究費はさらに乏しいものでした。大阪大学で小田と高倉は1951年に3.3GHzで太陽電波の受信実験を開始しましたが、ホーンアンテナを取り付けた架台は廃品の中から船用サーチライトを流用しました。(図7)では大きなホーンを取り付け手で追尾している様子がわかります。彼らは太陽黒点数と太陽雑音の間に相関があることを見出しています。太陽電波の性質を調べるためには偏波しているかどうか調査項目のひとつです、パラボラにすだれのような偏波板をつけた研究でもサーチライトの架台は活躍しました。小田がその後電波から分野を変えてX線衛星を作ったときに、すだれ状の検出器で成功を収めたのは太陽電波観測での偏波板がアイデアの元であることは有名です。太陽電波が定常的に受かるとなると、次は太陽電波が太陽の何処から出ているのかを調査する必要があります。大きなパラボラを作る資金はありませんが、小さな電波望遠鏡を組み合わせるとかその電波発生位置が求めたくなります。これを実現するのが電波干渉計です。名古屋大学では1951年に5素子の電波干渉計を4GHzで製作しました(図8)。

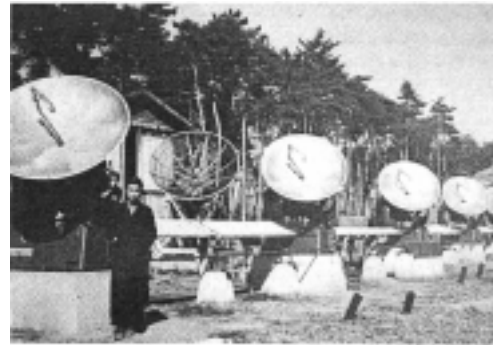


図8 名古屋大学の4GHz電波干渉計
 豊川に設置された

アンテナは共通の軸で駆動され、波の性質を使って各アンテナからの電波が強めあう方向を求めれば、詳細な電波の発生メカニズムに迫ることが可能になります。徐々に太陽フレアと黒点の関係、シンクロトロンと呼ばれる太陽電波発生メカニズムがあきらかになってゆきます。このように日本では同時多発で電波天

文研究が開始され、競争・協力することにより、敗戦国ながら欧米を越えるような研究成果が生み出されてゆきます。

かけあしで歴史編を終えましたが、現在では高度化と分業が進み、機器の製作は専門メーカにまかせ、研究者はパソコン上のデータと格闘せざるを得ない研究が増えているようにも思います。しかし、何も無いところから工夫して、ジャンクを拾い自分の五感も動員し、宇宙からのデータを獲得した当時の研究者のスピリッツをもう一度呼び起こす必要はないでしょうか。

さて、次号からは天体電波の種類、電波干渉計などの観測方法、太陽観測実践編の予定です。内容はリクエストや筆者の事情で変わるかもしれません。

(参考文献) (参考資料、画像の引用元)

The History of Radio Astronomy and National Radio Astronomical Observatory, KRIEGER 1996,

Early Years of Radio Astronomy, W.T. Sullivan, Cambridge University Press, 1984

川上、秋間、電波資料集、電波管理委員会中央電波観測所、昭和26年3月

仲上、宮、電気学会誌、59、No.6 0 8、pp.176、昭和14年3月

大野、仲上、宮、電気学会誌、56、No 5 7 7、pp. 8 4、昭和11年8月

続通信事業史、郵政省

続日本無線史、電気通信協会



ユビタキス無線デバイス

根日屋英之、小川真紀共著 東京電機大学出版局発行

アマチュア無線をやっている方には学術的で難しい話が沢山出てきてなじみにくいかも知れませんが、通達距離20cmという超QRPで構成されているカードやRFタグ、またパッチアンテナの構造とか私たちのあまり知らない話題が沢山でてきて、現在進行形の無線に関する知識を広げるには良い本だと思います。

中にほんの少しですがFCZの1200MHz、5エレプリソナも登場します。

素人のように考え、玄人として実行する

金出 武雄 著 PHP文庫

カーネギーメロン大学教授の著者が科学者、技術者の発想から展開、発表の方法を伝授。

アマチュアにとってうれしいのは、新しい研究のテーマは「何と幼稚な、何と素直な、何といいかげん

な考え方、つまり遊びの心が大切」だということから話が始まるということです。

そして省略し、抽象化してつまりシンプル化して考えて行くのです。

ここまでは全くのアマチュア的発想なのですがその後はしっかり研究をしろという話につながります。

第2章ではコンピュータと人間の頭脳構造、働きに関する記述があり、第3章で発表のテクニックについて述べています。更に第4章では日本と世界とのかわりについて、日本人独特の弱点を指摘しています。

この本は単に技術開発に関するノウハウ書ではありません。世界人として今後どうあるべきかということを示唆する本として参考になると思います。

今日の芸術

岡本 太郎 著 光文社、知恵の森文庫

大阪万博のとき「太陽の塔」を作ったり、「芸術は爆発だ」と叫んだギョロ目のおじさんの書いた芸術論です。「芸術はきれいであってはいけない」「芸術はうまくあってはいけない」「芸術は無条件でなければいけない」と、およそ逆説的な論調で芸術を語っています。

しかし、彼が語っているのは単に芸術に限ったことではなく日本文化全体にかかわることであり、私たちの生き方そのものに言及していて、芸術に興味をもたない人にも参考になる意見だと思います。

流星の音 2 題

対馬のオメガ局が 聞こえていた頃

JF2NXS 岡田 格

1. はじめに

私が小学校5, 6年生の頃でした。寒空を見上げて流星群(しし座流星群だったか?)を見ようとしていたときに、体験したことです。

流星が見えると共に「シュッ」という音がしたような気がしました。この体験自体は主観的には事実ですが、今の客観的な視点から見ると、多分に心理的な要素が大きかったのではないかと思います。というのは、私はそのとき初めて流星、それもいくつもの流星を見ました。その視覚的刺激がそのような印象を与えたのではないかと、と言わざるを得ません。その解釈とは関係なく、その記憶は10年程、思い出すことはありませんでした。

流星は高度数十kmにおいて、大気中に秒速数十kmの速度で飛び込んできた小さな粒子が大気との摩擦により、温度が上がり発光するものです。流星によっては、音が伝わるための、距離に応じた時間の後に破裂音などが聞こえる場合があります。しかし、見ると同時に音が聞こえるということは、空気振動としての音ではあり得ないことです。

2. 今までに知られていること

(1986年での話です)と私の推測

私は大学生の時に天文部だったのですが、部室で資料をひっくり返して見ているうちに、月刊天文ガイド(1982年8月号)にあった「流星の音」という記事を目にしました。その内容は以下のようなことでした。

1981年の日本流星研究会流星会議(おそらくアマ

チュア天文家の団体だと思われる)の折のアンケートでは、回答者約100名中20名が何らかの音を聞いたことがあると答えた。その音は聞こえるのは火球に多く、感度の良い地震計にも影響を与えることがあるらしい。

名古屋大学の空電研究所にあるELF/MLFの受信設備を使って、1981年のペルセウス座流星群の時に、受信記録が取られた。同時に眼視観測を行った愛知県立旭丘高校の生徒のデータを比較したところ、ある種の受信信号の時刻に一秒以内の差で眼視観測による流星の記録があるものが約30%あった。その記録では2等級以上の明るさの流星との対応が良かった。

また、8月13日03時53分41秒に潮岬上空に-6等級の大流星が現われたが、そのとき「ばーん」という電波が受信されており、その強さは空電の数十倍だった。そこから130km離れて観測していた和歌山県立海南高校の地学部員約10名のうち、2名位の人が「ばーん」という音を聞いたという報告があった。

記事の内容は以上です。

私はこの記事を読んで、それまで思い出したことが全然なかった小学校5, 6年生の頃の記憶がよみがえってきたのです。仮にそういう現象が存在すると仮定すれば、どのような原理が考えられるでしょうか。流星のうち、ELF/MLFの領域の電波を出すものがあるらしい。そして、電波が人間の聴覚器官に信号として直接誘起して、脳から見れば音として認識される。ちょっとオカルトっぽい雰囲気もありますが、私はそう推論し、何はともあれ、まずVLFの受信機を作って受信してみることが先決であると思いました。

3. 製作編

1986年8月にW郡O町の粗大ゴミ捨て場(本当は不法投棄)に友人達とテレビの廃品を拾いに行きました。そこで、ブラウン管の偏向コイルを拾ってきた

のです。

このコイルには長い電線（エナメル線）が使っており、アンテナの良い材料になります。簡単にいえば、当時学生だった私にはそのようなものを買う資金がなかったのです。廃材の木切れを利用して、枠をつくり、一辺が60cm程度の方角形に100回程、そのエナメル線を巻きました。これをアンテナとします。

さて、別にオーディオアンプを準備します。私は当時持っていたBCLラジカセ、松下RQ585のマイク端子にこのアンテナを接続しました。受信したいのはELF/MFであるので、オーディオアンプはその周波数帯域は十分です。そして、アンテナとして用いたコイルは電磁波を電流に変換する働きをします。

100回巻という回数には、はっきりとした根拠はありませんが、ラジカセのマイク入力端子（約600Ω）に対して、一回では少なくともインピーダンスが低すぎる。したがって、巻き数を増やしたわけですが、巻き疲れたのがだいたい100回巻き位の頃だったというだけです。

4. 受信実験編

家の中で上記の受信システムを動作させると、予想済みのことでしたが、家屋の交流電源からの誘導で、強い60Hzの音が出てきました。また、その陰でパツ、パツ、パツという空電音らしきものが聞こえます。しかし、予想外のものもありました。ピ、ピ、ピーと規則的な高音が聞こえました。調べると船舶航行用のビーコン（対馬から送信されている）として使われているオメガシステムの電波だということがわかりました。周波数は11～12kHz付近にあります。これは私にとっては驚きでした。原理的には受信して当然なのですが、受信機の常識である「検波」というプロセスを経ないで信号が耳に入ったことは、少々戸惑いがありました。その他には、近所の車・オートバイのエンジンから出ていると思われる電波、電気剃刀からの電波、そして、腕時計をアンテナに近づけるとクロックの音を聞くことができ、それなりに楽しめました。

屋外へ持ち出しての試験はその年のペルセウス座流

星群が最も活発になるとされる8月13日に行いました。車を持っていた友人に頼んで、市街地から離れた高台へわざわざ行ったのですが、残念ながら、その夜は曇り空で眼視観測はできませんでした。60Hzの電源ノイズはまったくくないので、フライパンで油がはねるようなピョンピョンプチプチという感じの自然ノイズが良く聞こえました。それ以上は成果もなく帰ってきました。自然ノイズの受信自体は楽しいことでしたが……。

5. 人体実験編

アンテナとしてつくったコイルを今度は逆に使い、電流を電磁波に変換します。オーディオアンプのスピーカ端子にそのコイルを接続し、適当な信号を入れたまま、自分の頭をそのコイルに近づけたり、コイルの中に入れてたりしてみました。しかし、私の聴覚にはなんの変化もありません。そんな簡単なことで、発見されるような現象であれば、既に世の常識となっているはずであり、あくまで「本当にそんなことはないのだろうか」という疑問のための確認でしたが、自分で確認すること自体は重要だと思います。

6. 評価

オメガシステムは出力数百kWの規模の施設であり、もし、人間にELF/MF認識能力があるならば、施設の職員を始めとして、対馬の住人は始終頭のなかで、「ピーピーピー」と響いてなければいけないと思うのですが、そのような社会問題はありませぬので、人間の受信感度は相当悪いということになります。つまり、流星は少なくともそれを超える規模の電磁波を出さなくてはならない。しかし、これまでに知られているような空電の何十倍やそこの強さでは、その規模には到底及ばないです。したがって、「流星がVLF放射」→「人間が直接受信」というプロセスは定量的に相当無理があるとわかりました。しかし、一方で、流星が見えると同時に音が聞こえたという報告があります。これはどうやって説明すればよいでしょうか。

そういった疑問は別にして、私はこの実験ではじめてVLFを受信し、その受信音はとても楽しいものであ

るということがわかりました。

もっと小さいアンテナでも、受信できることは確認しましたので、あなたも受信を試みられることを是非おすすめします。

残念ながら日本のオメガ局はもう運用を停止してませんが、一方でそれは自然電波が良く聞こえるようになったことも意味します。

「ジュッ」と「ヒュッ」 の中間

7N4UR / 福田 真司

CIR-Q 7号の記事を見て、私にも経験があることで
すので、メールを差し上げました。

まず、ご質問の件に関して、回答させていただきます。

(1) いつ頃のことでしたか？ 1998年11月18日
午前3時頃

(2) 季節は？ 獅子群でしたから、秋ですね。

(3) どんな音でしたか？ 「ジュッ」と「ヒュッ」の
中間のような音でした。

(4) 流星の発生との時間のずれはありましたか？
時間差はありませんでした。

(5) どんな所(場所、雰囲気)で聞きましたか？ 東
京都あきる野市二宮(秋留台公園の南側)周囲に山な
どの無い、広い畑の真ん中あたりで聞きました。

(6) その他気がついた事を教えてください。
ちょっと色々あるので、箇条書きにします。

- ・ちょうど車の中に戻った同行者も、音だけは聞いて
います。

- ・その時流れたのは大火球と言えるサイズのもの
で、10分以上永続痕が残っていました。どこかの天
文台にこの時の永続痕の写真があったかと思えます。

- ・音自体に方向性、定位感はありませんでした。

- ・ただし、一瞬遅れて地表での反射音らしい、定位
のはっきりしない感じの音を聞いたため、脳内で「聞
いた」訳ではないと思えます。

実は、悪名高き2ちゃんねるの中に天文・気象板と
呼ばれる掲示板があるのですが、そこに「しし座群で、
音聞いた人いる？」というスレッド(話題)がありま
す。まあ、音を聞いたという人間をキチガイ扱い輩
が出るなど、いかにも2ちゃんねるという場面もあり
ますが、2001年11月より、密かに議論が行われてい
ます。移り変わりの激しい中、3年以上も一つのス
レッドが続くことはまれなのですが、ここは息の長い
「良スレ」だと思います。

<http://science3.2ch.net/test/read.cgi/sky/1006270666/>

また、以下のホームページには、流星の音に関して、
比較的詳しい記述があります。

<http://astro.ysc.go.jp/index11.html#meteor-sound>

ここではオーストラリア、ニューカースル大学のコ
リン・ケイの論文に関して言及しています。

彼の説では、流星によっておこされたプラズマの乱
流が地球磁気圏の磁気を引きずる事でVLFの信号が発
生し、それが髪の毛、メガネの縁などを振動させる、と
いう事なのですが…

私は流星の電波観測も行っておりました(現在、休
止中です)ので、VLFでの観測も平行して行おうと考
えました。しかし、テストの段階で挫折したまま
になっております。ぜひ大久保OMに、簡単に良い
回路をお考えいただければ、と思っています。

私自身の仮・仮・仮・仮説ですが、流星によって発
生したVLFがメガネなどで直接音波になるのであれば、
もっと他の現象でも音が聞こえてしまうのでは
ないかと思っています。しかし、実際には聞こえない
ところを見ると、流星からのVLFと、ロランや長波
JJYなど何か別のVLF信号とのビートを聞いているの
ではないかと思っています。

最後になりましたが、開局してまもなく5年になり
ますが、寺子屋キットには、ずいぶんと助けていた
できました。購入したキットは、現在でも全て現役で
愛用させていただいております。

愚返しなどという大きな事はできませんが、私
でお役に立てるようなことがございましたら、何なりと
お申し付けください。

動く水晶 と コンデンサ

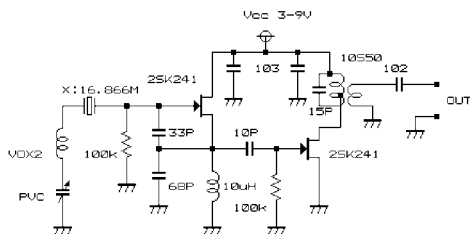
JA3PAV 仁木 弘 HIROSHI Niki

「動く水晶」はFCZ研究所発行のWeb誌CirQ#003に発表されており、興味を持っていました。あるのかな日、大阪の「アマチュア無線応援団」キャリブレーションのJR3GOX 児玉 OMから、「動く水晶が手元に届いているので実験して見てください」という電話をもらいました。早速送、2SK241基本発振+2SK241 3乗倍の回路（FCZキット #237のVXO部）をFCZ基板に組み上げて追試をしてみましたところ、極めて興味深い結果でした。

その1 FET 2SK241 基本発振+3乗倍

「水晶は、周波数を動かさないようにする素子である」といわれ、Loなどに使用するのは動かない水晶の使い方です。ところが、VXOは、それを無理やりに動かそうというのです。

従来のVXOは基本波をせいぜい0.5%位動かすことが可能でした。しかし、この「動く水晶」はCirQ#003に発表されているように、「もっと動く」ということです。組みあがった基板に周波数カウンターを接続して追試実験をおこないました(第1図)。



第1図 基本発振+3乗倍の回路

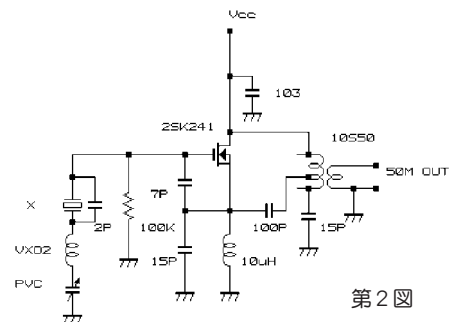
びっくりしましたが実際によく動きます。なんだか「やわらかい」イメージで何処までも動く、こりゃたまげた。水晶には、16.866MHzの表示がありました。VXO2とPVC 20PFで50.9MHz付近から50.0MHz以下まで動きます。なんと、「表示よりも下に動く」という今までの常識を破り、「表示よりも上にも動く」ことが分かりました。ドリフトは動かない水晶よりはありそうですが使えそうです。早速、50MHzのDCに組み込んで使用しています。よく安定しています。立ち上がり15分位を越えると、SSBの交信をワッチしていても追っかけることはありません。ただし、450KHzも変化させるとさすがに、安定度では自信を欠きそうです。そこで、もう一つ、これより450KHzの動く水晶があれば、50MHz帯の主要SSB/CWの範囲はカバーできます、と児玉OMに申し上げました。

後日、50.2VXO 16.7143MHzという表示の動く水晶が届きました。これを同じ回路で実験しましたところ、50.38MHz付近から50.0MHz以下までFBに変変できました。なんともすばらしいことです。これで、目的の50.9MHz～50.0MHzの範囲をわずか2個の動く水晶でカバーが出来ることになりました。

その2 FET 2SK241 で直接 50MHz 発振

次に、一度に50MHzを得る方式の回路ではどうでしょうか。これは、FCZのVXOキット #232がFBなので実験の対象としています。

まず、既接続の水晶を動く水晶50.2VXOに取り替え



第2図 FET 2SK241 で直接 50MHz 発振

う調整しても、50.27MHz付近を下に越えると異常発振してしまうようです。よく回路定数を見ていたところ、コルピッツ型発振用のコンデンサC1,C2に目が釘付けになりました。私は、50MHzでは以前からこのコンデンサは実験の結果、小さめの15PF(G-S間)と30PF(S-アース間)の組み合わせを使うようにしていました。

「ひょっとしてこれかもしれん」とひらめいたので、早速、既接続の33PFと68PFの組み合わせを取り替えて見ました(第2図)。

するとどうでしょう、なんとウソのようにスムーズに発振するではありませんか。しかも、発振の始まる上側の周波数がより高くなりました。3通倍を直接取り出す回路用に動く水晶を使う時には発振用のコンデンサは小さい方がよいようです。

それなら、もう一段進めて、7PFと15PFの組み合わせではどうでしょうか。結果は益々、感心させられました。より安定に、発振の上側の周波数はより高くなりました。

もう一声。3PF~7PFで実験しましたが、この組み合わせでは、発振そのものが止まってしまいました。従って、この動く水晶には7PFと15PFの組み合わせとすることにして回路を完成させました。

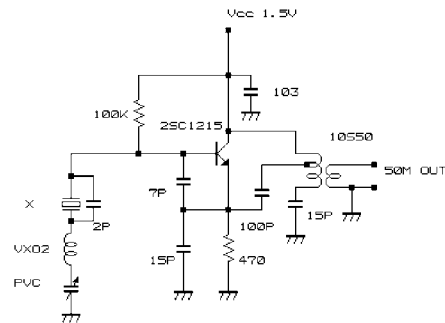
C1,C2の値を小さくしすぎるとニヤバイの発振を起こす可能性が出てくると言われていますので意識していますが実験でスベアナを見ている限りではニヤバイ発振の確認はできませんでした。

その3 Tr 2SC1215 で直接 50MHz 発振

これまでの実験は、 $V_{cc}=5V$ 以上です。更に、 V_{XO} のQRpp化が出来ないかと思い追試をおこないました。即ち、 V_{cc} を3V以下まで下げても発振するのでしょうか。3V以下ですとFET 2SK241では動作が不安定でNGでしたのでTr 2SC1215でテストを行いました。

以前に V_{XO} を2Vで稼働させて、よい結果を得ていますので今回はいきなり単5乾電池1本の1.5Vです。

やはりFCZキット #232でおこないますが、Tr用に



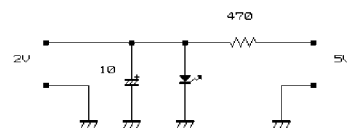
第3図 低電圧での発振回路

一部ベースバイアス等を変更しています(第3図)。その結果、 $V_{cc}=1.591V$ 、 $I_{cc}=0.8mA$ 、 50Ω 負荷出力5mVであり、注目のドリフトは、40Hz/Hと信じられないような安定度を示しています。その上、初期変動が殆ど認められませんでした。超QRppの実験をされる方は、キットをこの方法で改造して使用していただくとFBかと思えます。

これだけ出力が小さいとSA602等のアクティブDBMのLo用に使用するにはレベルが不足のようです。

そのときには、ベース抵抗を100k Ω から47k Ω に変更するか、あるいは、 $V_{cc}=2V$ にすることにより対応できます。

ここで2Vを安定に取り出す方法を紹介します(第4図)



第4図 2Vを安定に取り出す方法

。一般に5V以上の電源を使って機器の設計をする場合が多いのでLEDを使うことにします。12Vの時は、470 Ω を1k Ω に変えていただくと、LEDはパイロットランプも兼ねられるので至極FBです。

その4 減速器について

さて、以上のように V_{XO} が幾種類か出来上がってきました。これをDCトランシーバに接続して聞いてみると聞こえるのですが、SSBだとジャストインしないときれいな音が聞こえなくて合わせるのに難儀して



写真1 キャリブレーションから売り出された減速器

います。450kHzも動かすと少し大きいつまみを着けた位ではまだ足りません。そこで、「減速器」がほしくなりました。

今もパーニアダイヤルというものがあり手に入りませんが今ひとつパネル面にあいませんし、しかも高価です。

以前、そのほかにはにも減速器が販売されていて購入した記憶がありましたが、今は秋葉原にも日本橋にも見当たりません。何か方策は無いものかと兎玉OMに相談していましたところ、しばらくして「このようなものが出来ます」と連絡があり、早速拝見したところ少し大きめですが8対1減速で極めてスムーズに回転するしFBなものでした(写真1)。ただ、取り付けに一工夫が必要であったので、別途取り付け金具を作ってセットにさせていただきました。この減速器をVXOに取り付けますと極めてスムーズにSSBの信号にジャストインすることができます。したがって、VXO等を自作するときに非常に役立つパーツとして重宝しています。このFBな減速器は下記キャリブレーションから入手可能です。

その5 安定度(ドリフト)について

VXOは、水晶、アクティブ素子、抵抗、コンデンサ、コイル、配線、基板等で構成されています。ドリフトはなぜ起こるのでしょうか。水晶を含むパッシブ素子は、素子周囲の温度が変化すれば、素子それぞれが有する固有温度係数により、伸び縮みします。例えば、コンデンサであれば、温度が上がると電極面積は広くなり容量は増加する方向に変化します。最近で

は、製造技術が向上して素子もFBなものが開発されるようになり、コンデンサでは1%、抵抗では0.1%のように安定なものが入手できるようになりました。ドリフトを少なくする方策として、このように高精度の素子で設計する方法もあり、また、恒温槽を使用することも考えられますが、アマチュア的に方策を考えて見ましょう。それは、温度の変化の影響をシャットアウトすることが着眼点です。

(1)外気温との隔離

VXOの部分をケースに入れて、温度変化の大きい外気温あるいは他の回路部分とを遮断し温度の変化の影響をなくすることです。この方法でかなりの効果が期待できます。

(2)それでも完全とはいえません。隔離された内部に発熱素子があります。それは、Trと抵抗です。これらの素子からの発熱がある限り、外気温との隔離をしたとしても十分ではありません。

このことの解決法としては、発熱素子もっている温度変化の逆勾配をもった温度変化を有する素子を併用して変化を相殺する技術が開発されています。しかし、この方法は、再現性を考えると素子は個別に僅かながら特性が異なりますので技術的に困難を伴います。

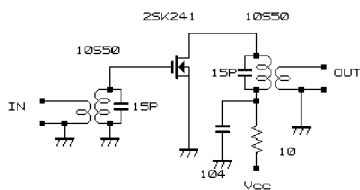
(3)そこで、VXOをQRPp化することが考えられます。それには、電源電圧を下げ、電流も下げて、発熱源であるトータルサプライ電力を下げたVXOを稼働させます。少しは発熱があるものの、この熱量は極めて僅かですので発熱素子周囲の配線に逃がすことが出来ます。

このようなメカニズムにより回路は安定度を長時間に渡って維持することが可能になります。

今回、実験した第3図のVXOはこのことを実証しています。Vccに1Ωの抵抗を入れて、Iccを測定して見ると、0.8mAでした。したがって、VXOに供給される電力は、 $1.5V \times 0.8mA = 1.2mW$ となり、出力560μWを差し引くと、周囲の配線に吸収される熱量は、640μWという僅かな電力となります。このくらいの熱量ですと、配線は十分に吸収して周囲に熱を発散で

き、素子の温度上昇を抑えてくれることでしょう。
ドリフトは、前述のように、40Hz/Hというすばらしいもので、初期変動が認められないというものでした。

もし、パワーが必要であれば、この第3図のVXO回路の外にRFアンプを加えると必要なパワーが得られ、しかも、同調回路を入れることによりスプリアスも格段に改善できます。第5図に少ないパーツで構成したRFアンプの例を示します。

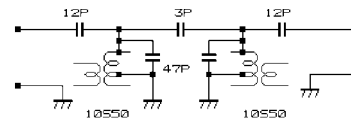


第5図 少ないパーツで構成したRFアンプ

その6 スプリアスについて

これらのVXOは、スペアナで確認する限り、スプリアスは幾分出ています。一般にVXOは、後段にいくつかのRF段が接続され、同調回路が複数個入るので回路システムとしてはすばらしく改善できます。このように後段にフィルター機能を受け持たせることも一策ですが、VXOから、よりクリーンな信号を出力したいときがあります。そのためには、ここまで実験してきたVXO回路の出力側にバンドパスフィルター(BPF)を入れることを提案します(第6図)。

このBPFは、FCZ10S50×2と3個のコンデンサで構



第6図 バンドパスフィルター

成されており、極めて単純にして効果絶大です。ちなみに、出力側のスプリアスは70dB以下でした。

しかし、BPF挿入損失が3dB前後あります。対策としては、後段アンプの利得を増加設計すること、あるいは、後段に第5図で紹介しましたRFアンプを入れることにより対応が可能です。ここに紹介しましたBPFは、「キャリブレーションキット #505」として販売されています。

以上が追試実験の報告です。本稿で紹介しました「動く水晶」は、50.6VXO(水晶)及び50.2VXO(水晶)という表示で販売されています。

お問い合わせは

水晶・FCZキット開発関連 有限会社FCZ研究所

<http://www.fcz-lab.com/index.html>

TEL:046-255-4232 FAX:046-255-2244

キット含む入手情報

アマチュア無線応援団キャリブレーション

<http://www.max.hi-ho.ne.jp/calibration/>

TEL/FAX 06-6326-5564

鉛フリー ハンダ

現在、電子回路メーカーの間では今年中に鉛フリーハンダづけの採用が検討されています。

現在使われているハンダは、鉛40%、錫60%の合金ですが、ここに含まれている鉛が環境を汚染するという理由で使用することができなくなるためです。

この鉛を使用したハンダづけに代る「鉛フリーハンダ」の組成はいろいろなものがあるが考案されています

が代表的なものは、鉛の代りに銀と銅が採用されています。銀は高価な金属ですので当然ハンダ自身が現在のものより高価なものになります。

また、ハンダの融ける温度も高くなりこれにしたがってハンダごとの温度も高くする必要があります。

アマチュアとしてもゆくゆくはこの問題に対処しなくてはならなくなるでしょう。この問題については改めて本誌で取り上げたいと思います。

