

地球環境問題に対する多角的研究

気象観測、省エネルギー、再生産可能なエネルギー資源の開発

栃木県立真岡工業高等学校

科学部

真岡工業高等学校 科学部

平成2年度から開始した研究に携わった科学部のメンバー

平成3年度 卒業	臼井 伸幸
〃	小林 正幸
〃	渡辺 崇充
〃	湊 陽一
〃	後迫 慎一
機械科3年	落合 豊
機械科2年	小柳 剛
機械科1年	柳田 伸夫
〃	小口 和明
〃	古口 博美
〃	刈部 智文
〃	澤田 佳克
〃	鳴原 和憲
土木科1年	小久保 悟
建築科1年	深町 直也
科学部顧問	中村 修

表題：地球環境問題に対する多角的研究

目次

§ 序論

§ 自動気象観測システム

1. 自動気象観測システムの特徴

§ 自動気象観測システム製作に関する全体計画

1. 観測装置の製作
2. 風速計の製作
3. 逐次比較型 A / D 変換器の製作
4. 計測用ソフト

§ 第 2 次計画

5. 風向計の製作
6. 雨量計の製作
7. 温度計の製作
8. 温度計の校正
9. 気圧計の製作
10. データ転送装置の製作
11. 高分解能 A / D 変換器の製作
12. インターフェイスの製作
13. 耐久試験の結果
14. 温度・大気圧のプログラムによる校正
15. 製作秘話

§ 測定データ

1. 1 日の気象データ
2. 気温・大気圧のデータ
3. 真岡での光化学スモッグ
4. 風速の度数分布
5. 今後の課題

§ 電気自動車にみるエネルギーの有効利用

§ チャレンジ・トゥ・ザ・リミット参加までの電気自動車の状態

1. イダテン G O の製作

§ チャレンジ・トゥ・ザ・リミット参加以後

1. 電池の特性の測定
2. 転がり抵抗の測定
3. モータの特性の測定
4. モータの効率の計算
5. シミュレーションによる解析
6. 走行実験
7. 反省
8. まとめ
9. 考察

§ μ コ・ジェネレーション・システム

1. 測定結果からの可能性
2. 太陽電池
3. 水車
4. μ コ・ジェネレーション・システム

§ 序論

地球環境問題を個人の活動と照らし合わせて考えてみると、ゴミ問題は、一人一人の出す少量のゴミが、寄せ集められると莫大な量となり、地球を汚し環境を破壊している。夏場の消費電力の伸びも、家庭で消費する電力量の増加が反映された結果で、この電力をまかなうために、更に発電施設を建設する必要に迫られているが、二酸化炭素の増加による環境破壊が心配される。日本の自動車は、低公害車とされているが、あまりにも台数が多いので、大気汚染が深刻になっている。さらに二酸化炭素の排出も問題になっている。

このように地球環境問題は、我々個人の何気ない日常生活が、地球環境をじわじわと蝕むことによって進んでいる。この様な意味から考えても、我々個人個人が行う小さな工夫でも、数が集まれば、結局地球を環境破壊から救うことになると思えてならない。

そこで、我々はクラブ活動のなかで、工業高校である本校の特色を活かした、次の3つのテーマを設定して、多角的に地球環境問題に取り組むこととした。

- 1．自然環境の調査・研究
- 2．省エネルギーの取り組み
- 3．再生産可能な、環境に優しいエネルギーの開発

このテーマに沿って研究を進め、我々のできる範囲で地球環境問題を積極的に解決しようと考えている。それぞれのテーマに関しては次のように取り組んでいる。

1．自然環境の調査・研究について。

地球環境問題は、高度成長期における公害問題の様に、過激に我々を蝕むものではない。むしろ、いつの間にか忍び寄ってくる。しかし、気がついたときは取り返しがつかない状況になってしまう。そこで、我々の住む町で、気候がどの様に変化しているのか、中国からのばい煙によって酸性雨がふる、という情報もあるが、実際に雨のPHとそのときの風向・風速からその様なことが結論づけられるのか、等確かめる為に、コンピュータで自動的に気象観測をする装置、“自動気象観測システム”を製作した。

平成4年4月から開始した試験運転はトラブル続きであったが、7月から安定な動作を続けている。そして、平成4年の夏に多発した、真岡での光化学スモッグの原因を、このシステムで測定した気象データから推定する事が可能になった。

2．省エネルギーへの取り組みについて

二酸化炭素の増加によって引き起こされる地球の温暖化は、エネルギーを大量に消費することで成立した、文化的な暮らしが引き起こしたぜいたく病である。

我々が現在の生活を維持し、なおかつこの問題に取り組む為には、無駄なエネルギーを使わない、省エネルギーへの取り組みが不可欠である。

この省エネの為に、エネルギーの有効利用の技術を、我々の技術レベルで開発することになった。“電気自動車にみるエネルギーの有効利用”に題材をとって、乾電池4本からどの様にすれば、有効にエネルギーを取り出すことができるかを研究した。研究を進めるにあたっては、電池、モータ、転がり摩擦等の基礎データを測定し、コンピュータ・シミュレーションによって問題点をあらいだす手法をとった。さらに、シミュレーションの結果を実験で検証した。

5分間でできるだけ長い距離を走行するための単純な研究であるが、ガソリン車に変わる無公害な自動車として電気自動車が注目を集めているのは周知の事実であり、電気自動車開発のための技術的ノウハウと、ソーラーカー開発の基礎データを修得することが目的である。さらに、ここで得た効率的なエネルギーの変換技術を、最終研究テーマである“μコ・ジェネレーションシステム”で展開する計画である。

3．再生産可能な、環境に優しいエネルギーの開発について

我々の身の回りにある自然のエネルギーは、商業的に開発するには規模が小さく不安定であるが、塵もつもれば山となるの例えのように、合計すると莫大な量になる。そこで風車、太陽電池、ミニ水車などを利用した小規模な発電システムを組み合わせた無公害な発電システム、“μコ・ジェネレーションシステム”を作る計画でいる。小規模であるから家庭での電力を全てまかなうことは無理であろうが、小規模であるが故に、我々の技術で製作が可能であることは、大きなメリットである。

最終的に取り組む予定であるこの研究は、効率的な装置を製作する為に、地域的な自然のエネルギーの埋蔵量を評価することが不可欠であり、自動気象観測システムの気象データはこの目的にも利用する計画である。また、省エネの研究でえた技術が発電システムの有効利用につながることは言うまでもない。

平成2年から開始した研究は、現在まだ完了してはいないが、基礎的なデータの収集が可能な状態になったことと、ある程度の技術的成果が得られるまでになった。さらに、平成4年の夏に多発した、真岡での光化学スモッグについての考察を、気象データから行うことが可能になった。そこで、全体の研究は完了していないが、中間結果を発表することにした。

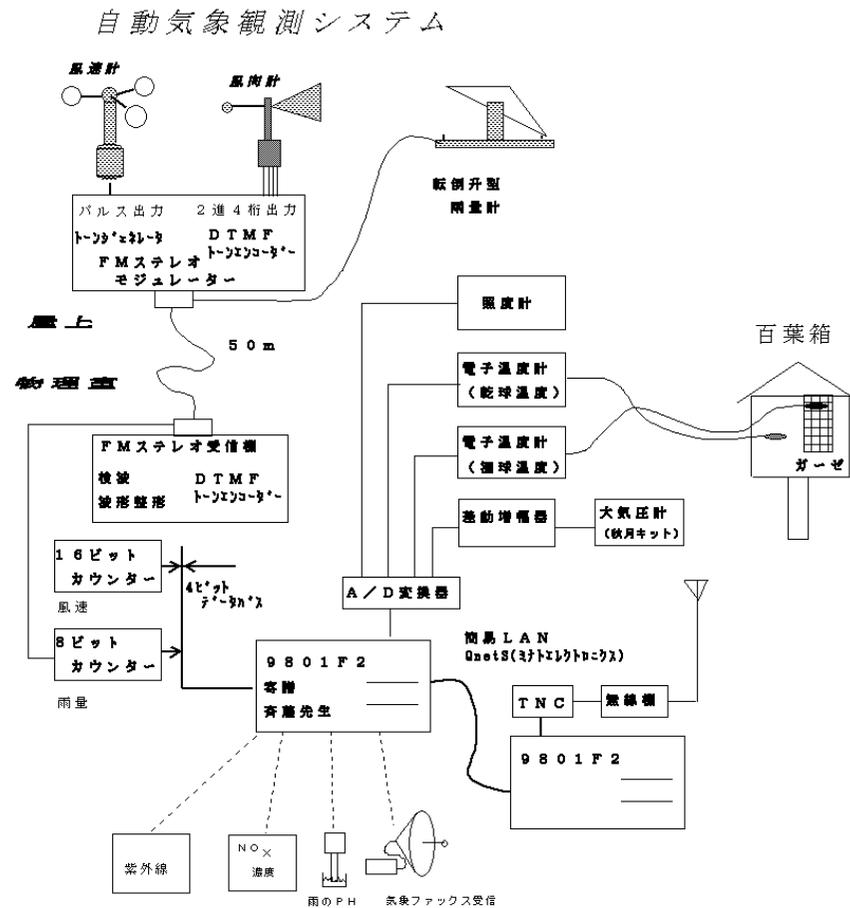
§ 自動気象観測システム

1. 自動気象観測システムの特徴

本校の所在地である真岡で、酸性雨や気候の変化を我々の目で直接確認するために製作を進めてきた気象観測装置である。勿論、市販品を購入することも可能であるが、自動的に測定できる観測装置は極めて高価で、事実上購入することはできない。従って我々自ら設計し製作をすることになった。

製作した装置は、環境の微妙な変化を捉えようとするのであるから、長期的な観測が要求される。従って、観測体制を考えれば、コンピューターにより自動的に観測が行われる方が都合がよい。また、耐久性が必要であることと同時に信頼性のあるデータを得るために、装置の精度・安定性も要求される。このような条件に合うように装置を設計し製作を進め、平成4年7月から観測を開始した。

前の図が自動気象観測システムの全体の構成を示している。屋上に風速計、風向計、雨量計を設置した。気温、湿度を測定する為の乾球温度計、湿球温度計は庭に設置した百葉箱のなかで測定する。気圧計、計測インターフェイス、計測用のコンピュータは2階の物理準備室に設置してあり、全ての装置はオンラインで接続せられ10分ごとに測定されたデータはファイルに保存される。図で点線で結ばれている測定器は現在計画中のものである。なお、簡易ネットワークシステムで本校運営のR B B Sに接続し、気象データのサービスも行う計画であり、試験的な運用で動作は確認できたが、コンピュータの故障で現在停波中である。



屋上に設置した風向、風力計



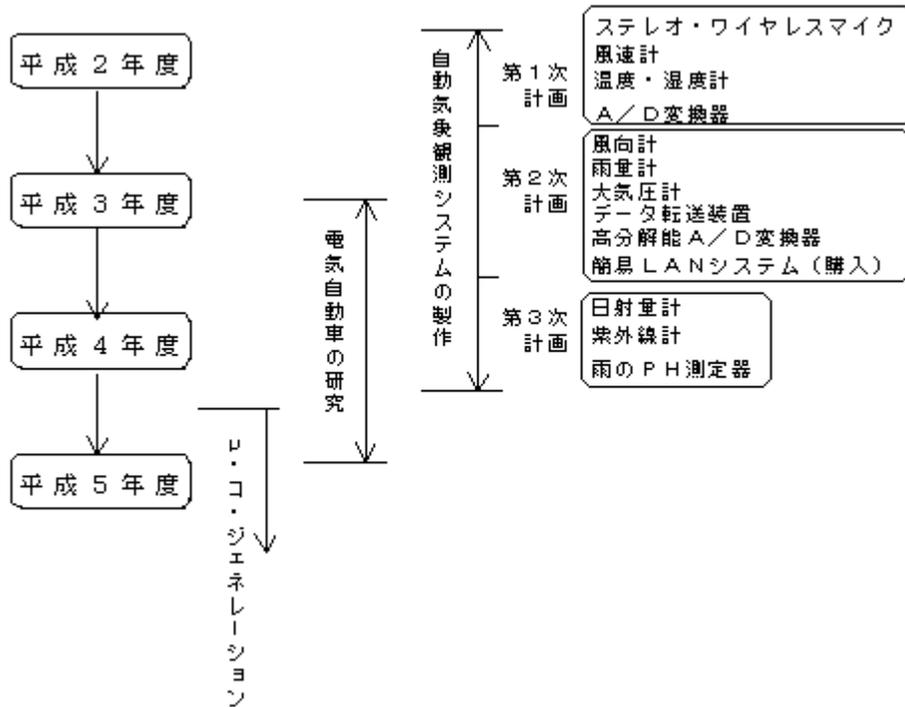
インターフェイス回路



計測中のマイコン

§ 自動気象観測システムの製作に関する全体計画

平成2年度より製作を進めてきた気象観測システムは、現在第2次計画をほぼ



終了した。この間、色々な問題点が発生したので、その度計画を修正してきた。そこで、どの様に製作を進めたかを説明する。

1 観測装置の製作

§ 第1次計画

第1次の計画で製作した装置は次のものである。

- ・ 風速計
- ・ 逐次比較型 A / D 変換器 (8 ビット)
- ・ 温度・湿度計
- ・ 計測用ソフト

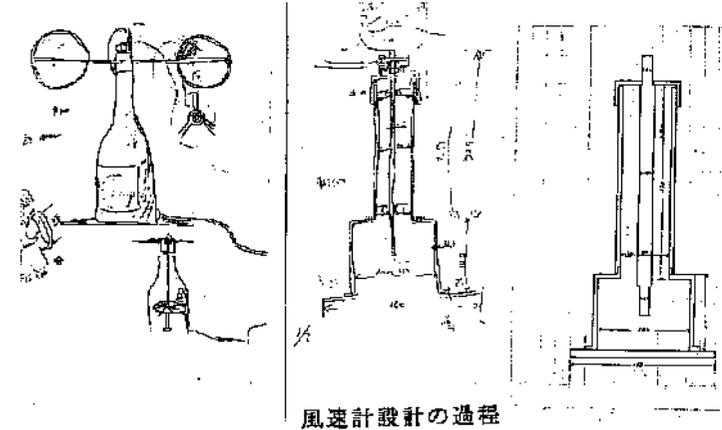
これらの装置を作るのに、約1年の時間を使った。

2 風速計の製作

(1) どのような構造にするか

風速計を製作するのに、色々な文献を調べた。現在気象庁で利用されている風速計は、風車型自記風向風速計だが、構造が複雑で製作は困難であると思われたので、3杯型のロビンソン風速計を製作する事に決定した。

風速を計測するのに、発電器を回して電圧として風速を求めようかと計画したが、少しでも滑らかに回転するように、光学的に回転を検出する方式に決めた。



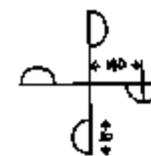
風速計設計の過程

風速計のデザイン・構造を決定するまでに描いた図である。始めは、身の回りの物を利用して作ろうと考えた。実物の風速計は、丁度一升瓶と同じ滑らかな曲線をしていたので、瓶を加工して作ろうと考えた時もあったが、パイプを使って作る事になった。

(2) 風杯の大きさ、回転半径をどうするか

ポディーの構造は簡単に決まったが、風杯の大きさ、回転半径は、風速に対する

ロビンソン風速計



Robinson's cup anemometer

気象庁では自記風速計は4杯のものが用いられている。風杯の大きさは面積に比例し、回転数は回転軸から風杯までの長さにも比例する。気象庁が採用しているものは定数のようなもので、風速100mに対して回転数は54(4杯)、43(3杯)である。

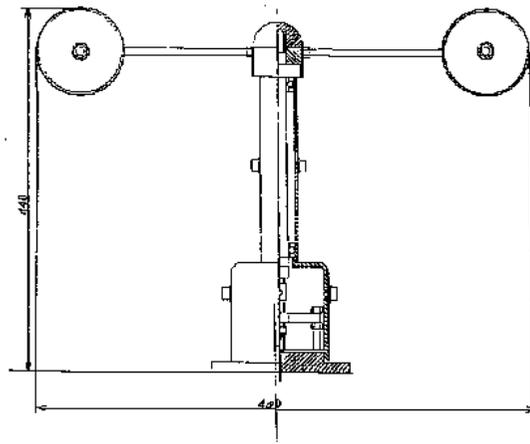
ロビンソン風速計は、もともと風杯の数は4個であったが、改良の結果、最近では3杯が主流である。初期風速は通常2m/s程度であるが、最近改良された小型で精密のものは0.2~0.5m/s程度から始動する。

回転式の風速計の感度係数は、回転定数L(m)で表される。
 $L = rU$ (m/s) r: 観測杯の半径(m)
 Lの値は測定器によって決っており、小さいもの(感管性の高い)で2~3m、大きいもので14~15m程度である。このように回転式風速計の測定値が風速の影響を受けるのが特徴であり、風速が大きいほど観測の測定値は小さくなる。

回転数が、この値で変化するはずである。そこで、気象庁で使われていた3杯型のロビンソン風速計の風速対回転数の関係を調べた。当初、回転する杯の接線速度が風速になると

思っていたものが、実は、もっと複雑な関係になっている事がわかり、資料を更に調査する事になった。しかし、結局結論が出なかった。

そこで、理論的に大きさを決定することはあきらめ、出来上がった風速計の風速に対する回転数を、実験で求めることに変更した。この結果、風杯の大きさ・回転半径は、作り易い大きさに決めて製作する事が可能になった。



この図が実際に製作した風速計である。パイプを加工して本体を製作した。回転部分にはベアリングをいれ、滑らかに回るように工夫した。また、内部に雨水が入り込まないように細工した。



右の写真は、回転検出部である。アクリルの円盤に放射状に32本の線を描き、フォトインタラプターで回転を検出する方法を採用した。

(3) 風速と回転数の関係を測定する



風速と、製作した風速計の回転数との関係を測定した時の様子がこの写真である。

風杯型の風速計は、両側の風杯に生じる風との抵抗の差が、トルクとなって回転するから、実験で風速に対する回転数を求めるには均一な風をあてて測定しなければ正しい関係を求めることができない。しかし、風速計が入る風洞がないので、扇風機とベニア板を使って簡単な風洞実験器をセットした。全面に風で流されて角度が変わる短冊を横一線に並べ、風速が横方向で同じになるようにベニア板、厚紙を調整し、最後にピラム風速計で



左右の風速を測定しさらに厚紙の角度を調整して風速を均一になるように調整した。風速が左右でほぼ同じになるのを確認してから風速を測定し、この時、風速計からのパルスを計数して、風速に対するパルス数を、風速を変えて測定した。

この表は、測定結果の一部である。この測定は1990年12月25日～27日

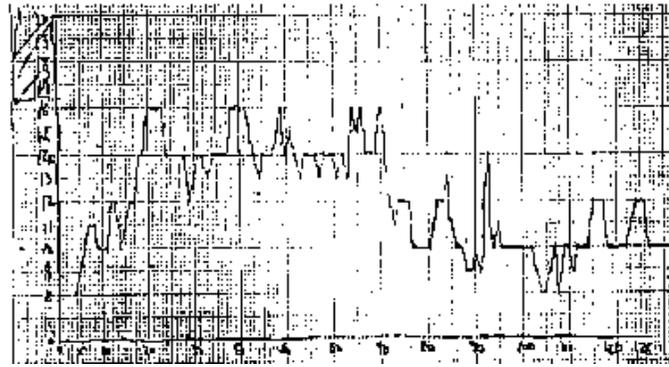
風程	平均 m	風速 m/s	パルス数
右	170	169.5	2.83
左	169		
右	138	141	2.35
左	144		
右	121	122.5	2.04
左	124		
右	170	169.5	2.83
左	169		
右	117	113.5	1.89
左	110		
右	104	103	1.72
左	102		

の真冬に、スト－ブのない部屋で行った。扇風機によって得られる風速は最大3m/s程度で、十分な精度が得られないが、2m/s程度の風速で行った測定は、再現性は良好であった。なお、風速とパルス数の関係は最小2乗法で計算したが、2m/s以上の時のデータを利用した。

ところで、表の測定データは、測定を開始した当初に計測した値で、再現性が全くなく、予想される値とも大きく食い違っている。この問題が発生したときのメモを次にしめすが、寒さと戦いながらの記録なので、手がふるえ字が汚い。

1990年12月25日(火) ① クリスマス 先降 寒 計
 11:31:57 風の向きを見ながら、アクリルの風速計を振る
 11:33:56 2ヶ所の風を送るの測定をする為、扇風機を2ヶ所から
 11:49:21 扇風機 2ヶ所での測定 1回目
 11:51:34 2回目
 11:54:26 2度の測定により出された数値の平均値を算出
 12:00:02 風力の強さを弱めての測定
 12:03:14 更に弱めての測定
 12:12:45 正確な測定を行う為、アクリルの改善を施す
 12:25:00 終了
 尚、11時31分57秒以前の記録は……
 1990年12月26日(水) ①/② 夜更
 10:28:37 昨日、改善した装置で測定 (測定器具の位置を変えなか)
 10:29:26 (計測時間は30秒)
 10:30:58
 10:34:18
 10:39:42 (計測時間 60秒)
 10:42:12
 10:52:50 風力を強めての測定
 11:09:26 測定結果の値に差異がある為、再度計測
 し、原因が解かる (風力計の向きがよか)
 11:13:25 風力計を置いての測定 (場所による違いが判明)
 本日の実験による考えられる原因
 ・ 風力計 内部モーター
 ・ 中国製 乾電池
 ・ プライムの隙隙
 ・ ベアリング
 ・ 紙の他
 動きを止め、回転させるに、ケラフは始め痛く、段々下がる
 この動きは明日入。(雨量計の製作)
 17:31:20 終了

(4) 風速計の調子がおかしい

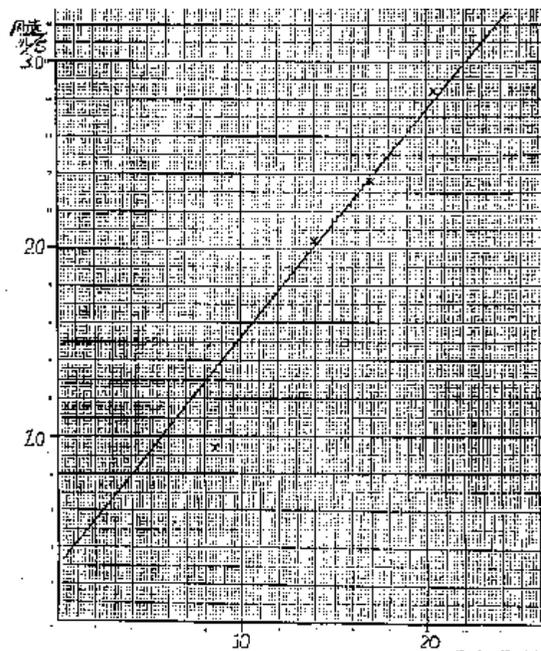


風速計の回転がおかしいことに気づいた。確認の為に、約2分間の間に、風速計から送られてくるパルスの変化を連続的にプロットした。図からわかるように動きを止め、回り始めた時は速く回転するが、ある時

点で急に回転が遅くなる現象が生じていることが判明した。

(5) 原因は

回転数を検出する為の亚克力製の円盤の軸には、上下2個のベアリングを使った。しかし、ベアリングの取り付け穴の精度が悪く、回転しているうちに上下のベアリングの中心がずれる。これが、回転にブレーキをかけることが原因のようであった。この点は、円盤の回転にガタが生じるが、上のベアリングを取り外すことによって解決した。しかし、このガタの為に、耐久試験の時に故障が生じた。(後記)



パルス数と風速の関係

パルス数	風速(m/s)
20.4	2.83
17.1	2.35
14.0	2.05
8.6	1.16

最小起動風速は、約1.2m/s

※……風速を上げていて測定した、誤差大

- 測定の結果 -

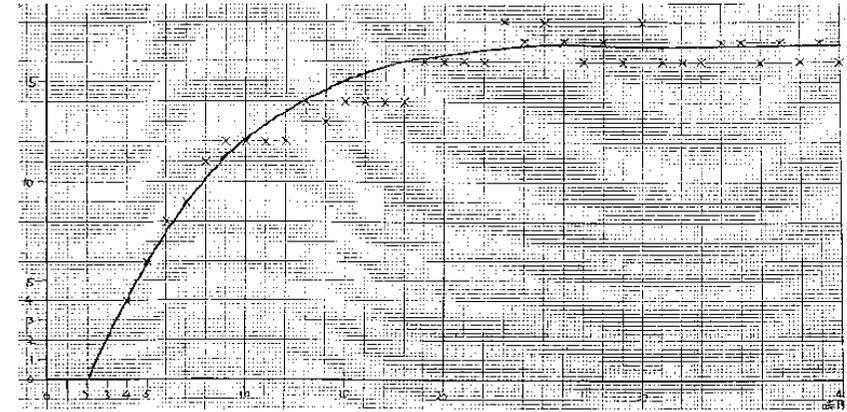
風速 F (m/s) と、パルス数 P (パルス/s) の関係は最小自乗法で $P = 0.122 \times F + 0.313$ の結果を得た。

扇風機で風洞の代用をしたので風速 2 m/s ~ 3 m/s の間でしか測定がで

きななかったので、十分なデータは得られなかったが、この風速の前後での風速の測定精度は高いはずである。

(6) 完成した風速計の性能は

このグラフは、製作した風速計の応答速度を示している。



風速 2 m/s の風に対して、何秒で回転数が一定になるかを測定した。測定の結果約 20 秒で回転数が安定する事がわかる。また、最小起動風速は約 1.2 m/s であった。製作した風速計は、耐久性に一番の注意をはらって製作したために、若干起動風速、応答速度ともに大きな値を示した。

応答速度が長いと、変動する風速を正確に測定できなくなる。また、最小起動風速が大きいと、弱い風速が測定できなくなる。我々の製作した風速計の性能をふまえて、測定データを評価する必要がある。

なお、下のプログラムは basic で書いた最小自乗法のプログラムである。

```

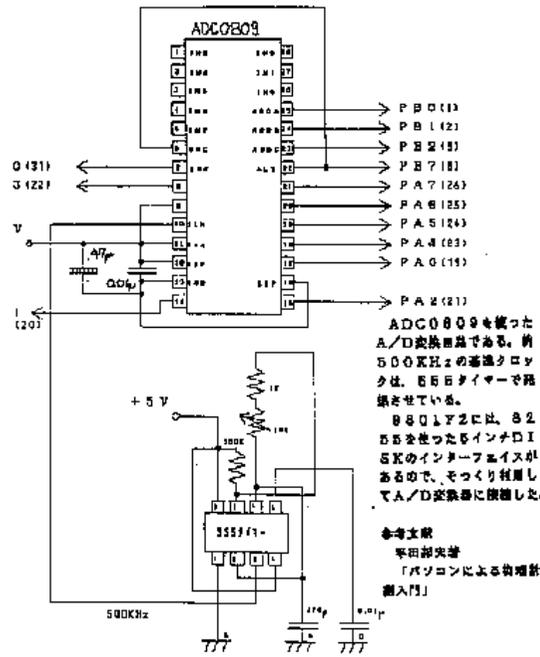
'最小二乗法により、パルス数と風速の関係を求めるプログラ
'
' 1991/2/2 by 渡 橋一
'-----
DIM R(2, 100)
CLS
N=0
FOR J=1 TO 500
  READ R(1, J), R(2, J)
NEXT J
FOR J=1 TO 500
  A=A+R(1, J)^2: B=B+R(1, J)
  C=C+R(1, J)*R(2, J): D=D+R(2, J)
  E=E+1: F=F+R(2, J)
NEXT J
P=(C*E-B*D)/(A*E-B*D)
Q=(A*F-D*C)/(A*E-B*D)
PRINT "勾配 P = "; P
PRINT "切片 Q = "; Q
FOR I=1 TO 20
  INPUT "風速を求めます、パルス数を入れてね? (m/s)"
  Y=P*I+Q
  PRINT "パルス数"; X: "に対して ";
  PRINT "風速は "; Y: "m/s です"
  PRINT
NEXT I
DATA 8.6, 1.16
DATA 14.0, 2.05
DATA 17.1, 2.35
DATA 20.4, 2.83
END
勾配 P = .122128
切片 Q = .3134663
パルス数 20.4 に対して 風速は = 2.804877 m/s です

```

3 逐次比較型 A / D 変換器の製作

温度、湿度、気圧等のアナログ量を測定する目的で、A / D 変換器を製作した。使用した IC は ADC0809 という型番の逐次比較型 8 ビット A / D 変換器で、たいへん安値で購入できるので、採用した。

逐次比較型 A / D 変換回路



この図が A / D 変換回路である。参考文献の回路をそのまま製作したので簡単に作り上げる事ができた。利用したパソコンは、特別予算の 3 万円で購入した、中古の PC - 9801F2 である。この機種は 5 インチ 2 D のインターフェイス回路が標準でついている。そして、この回路は 8 ビット x 3 ポートのデジタル I / O であるので特にインターフェイスを自作しなくとも、このポートをそのまま利用できる。

右のプログラムが F 2 用に書いた A / D 変

換器のテストプログラムである。参考文献に出ていたプログラムの入力ポートのアドレスを変更しただけのもの

A / D 変換器テストプログラム

```

1000 'STATE ADC.BAS'
1010 REM ADC
1020 REM TEST PROGRAM FOR ADC0809-BOND
1030 REM INITIALIZE DATA
1040 REM PORT-A:INPUT, PORT-B:OUTPUT, PORT-C:INPUT
1050 OUT #157,0000
1060 CLS 1
1070 LOCATE 10,8 : INPUT "Channel No.(0,1,3):";A
1080 OUT #153,A : 'Set the address of analog multiplexer
1090 OUT #153,A+0010 : 'send "S & H" pulse
1100 OUT #153,A+0020 : 'wait start pulse
1110 OUT #153,A : 'set the address of analog multiplexer again
1120 B=INP#153 : 'Detection of "EOC" pulse
1130 IF B<>000 THEN GOTO 1130
1140 C=INP#151 : 'Read the data from PORT-A
1150 LOCATE 10,8 : PRINT "Read Data:";C
1160 D=C*0.0008 : D=INT((D+0.005)+100)/100
1170 LOCATE 10,10 : PRINT "Voltage=";D;" (V)"
1180 B=INP#151 : 'Waiting until any key is hit
1190 GOTO 1000
    
```

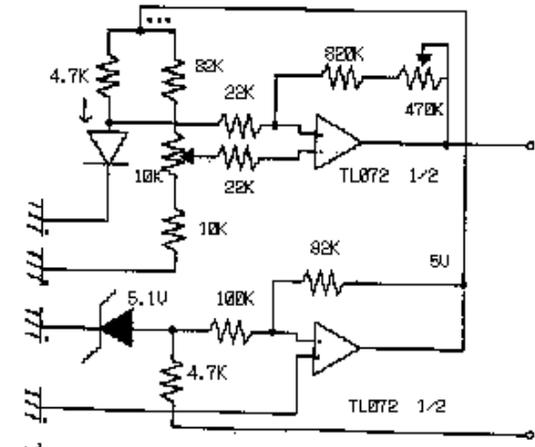
であるが、特に問題もなく、動作させる事ができて安心した。

製作した A / D 変換回路は、アナログ 4 チャンネルの入力指定ができ、1 チャン

ネル当たり 100 μ 秒で、5 V の電圧を 255 の分解能で変換する性能である。A / D 変換回路で温度を測定するために、シリコンダイオードの順方向電圧降下の温度変化を利用した回路を製作した。

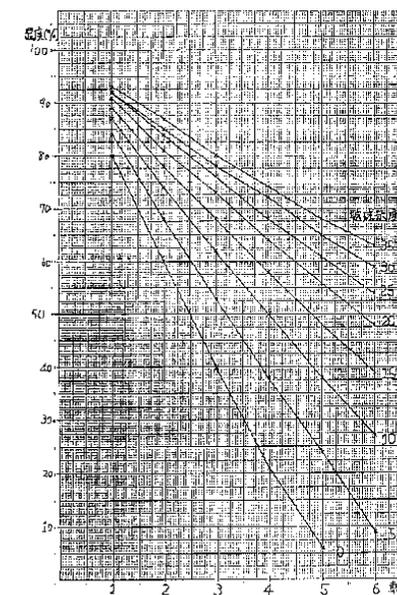
この回路は、はじめて製作した電子回路で、夏休みに 1 週間かけて作り、3 個目の製作でやっとともに動作する回路ができあがった記念すべき回路である。

温度と電圧の校正は、氷水にセンサーを入れた状態で、出力電圧がゼロボルトになるように 10 K の半固定抵抗を調整し、次に沸騰したお湯にセンサーを入れて、出力が 1.0 ボルトになるように、470 K の半固定抵抗を調整した。この調整で 0 ~ 50 の温度を 0 V ~ 5 V の電圧に変換できるようになった。



(1) 湿度の測定方法

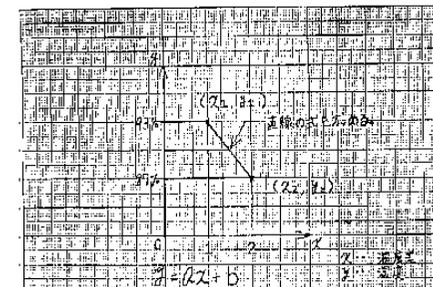
このグラフは、理科室にあった乾湿温度計の表をグラフになおしたものである。湿度を求めるのに、乾湿温度計と同じように乾球温度と、乾球温度と湿球温度の温度差から計算する方法を用いた。



湿度を求めるのに、乾湿温度計と同じように乾球温度と、乾球温度と湿球温度の温度差から計算する方法を用いた。

しかし、表に出ている温度、温度差は 1 おきなので、半端な温度や温度差では湿度が得られない。そこで、半端な温度の時は、その前後の表の値を用いて直線の式を計算して、式を用いて湿度を計算することにした。

直線補間による端数示差の湿度の計算



次のプログラムは、温度・湿度測定の実験プログラムである。このプログラムで試験的に1日の気温、湿度の変化を測定した。

温度・湿度測定テストプログラム

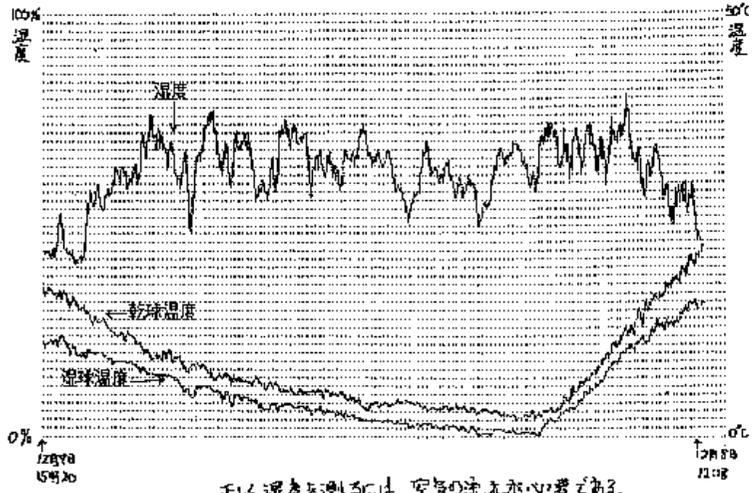
```

1000 '***' $$$$ $$$$
1010 OUT #157,SH16,60
1020 DIR DATC98,6
1030 FOR I=35 TO 0 STEP -1
1040 FOR J=0 TO 5
1050 READ BATC(J)
1060 NEXT J: NEXT I
1070 HARMS
1080 GOSUB #1JIAN:OLD#-JIAN#
1090 -----1000
1095 GOSUB #1JIAN
1098 IF JIAN#<OLD#-JIAN# THEN GOTO 1095
1097 GOSUB #1JIAN:OLD#-JIAN#
1100 CH=1:GOSUB #ADC
1110 ONDO,DRY=ADC/5.1
1120 -----
1130 CH=0:GOSUB #ADC
1140 ONDO,W=ADC/5.1
1150 GOSUB #420
1155 LOCATE 10,9:PRINT T#
1160 LOCATE 10,10:PRINT " KAN ONDO:";PRINT USING "###.##":ONE
1170 LOCATE 10,11:PRINT " SIT ONDO:";PRINT USING "###.##":ONE
1180 LOCATE 10,12:PRINT " SITU:";PRINT USING "###.##":SIT
1190
1200 FUKAI=.72*(ONDO,DRY-ONDO,W)+.06
1210 LOCATE 10,13:PRINT "FUKAI SHISU:";PRINT USING "###.###":FUK
1220
1230
1240
1250
1260
1270 LOCATE 10,16: THEN PRINT "MASASIKU,OSAHIDA !!!"
1280 IF SITU>80 AND SITU<100 THEN PRINT "TOTTEHO,FUYUKAI !!!"
1290 IF SITU>80 AND SITU<90 THEN PRINT "OMOKIJI,FUKAI !!!"
1300 IF SITU>70 AND SITU<80 THEN PRINT "SUHOJI,FUKAI !!!"
1310 IF SITU>60 AND SITU<70 THEN PRINT "TASITA,KOTO NAI !!!"
1320 IF SITU>50 AND SITU<60 THEN PRINT "CHUDOUYO,KANO ???!"
1330 IF SITU>40 AND SITU<50 THEN PRINT "SUZUJI,KANO ???!"
1340 IF SITU>30 AND SITU<40 THEN PRINT "UN ! JIYAMU SINNA!"
1350 IF SITU>20 AND SITU<30 THEN PRINT "CHITTO SAMUKANA !!!"
1360 IF SITU>10 AND SITU<20 THEN PRINT "KI MO KOORU ZE !!!"
1370
1380 OPEN "1:ONDO2.DAT" FOR APPEND AS #1
1390 PRINT #1,USING "$ $ ###.## ###.## ###.##";T#,DND0,
1400 CLOS#
1410 GOTO 1090
1420 SA=ONDO,DRY-ONDO,W
1430 IF ONDO,DRY>38 THEN BEEP:SITU=10:RETURN
1440 IF ONDO,DRY<0 THEN BEEP:SITU=20:RETURN
1450 IF SA>6 THEN SA=22:GOTO 1500
1460 IF SA<0 THEN SITU=100:RETURN
1470 X1=INT(SA)
1480 X2=X1+1
1490 Y1=INT(ONDO,DRY).X1
1500 Y2=INT(ONDO,DRY).X2
1510 SITU=(Y2-Y1)*SA+X2*Y1-X1*Y2)/(X2-X1)
1520
1530 ' print situ
1540 RETURN
1550 DATA 35,43,87,80,74,68,63
1560 DATA 34,53,85,80,74,69,62
1570 DATA 33,53,85,80,72,67,61
1580 DATA 32,53,86,79,73,66,61
1590 DATA 31,53,80,78,72,66,60
1600 DATA 30,52,85,78,72,65,59
1610 DATA 29,52,82,78,71,64,58
1620 DATA 28,52,85,77,70,64,57
1630 DATA 27,52,84,77,70,63,56
1640 DATA 26,52,84,76,69,62,55
1650 DATA 25,52,84,76,68,61,54
1660 DATA 24,51,83,75,64,65,53
1670 DATA 23,51,83,75,67,59,52
1680 DATA 22,51,82,74,66,56,50
1690 DATA 21,51,82,73,66,57,49
1700 DATA 20,51,83,73,64,65,48
1710 DATA 19,50,81,72,63,54,46
1720 DATA 18,50,80,71,62,53,44
1730 DATA 17,50,80,70,61,51,43
1740 DATA 16,49,79,69,59,50,41
1750 DATA 15,49,78,68,58,48,39
1760 DATA 14,48,78,67,47,46,37
1770 DATA 13,48,77,66,46,45,34
1780 DATA 12,48,76,65,45,43,32
1790 DATA 11,47,75,64,44,40,29
1800 DATA 10,47,74,63,43,38,27
1810 DATA 09,46,73,62,42,36,24
1820 DATA 08,46,72,61,41,34,21
1830 DATA 07,45,71,60,40,30,17
1840 DATA 06,45,70,59,39,27,13
1850 DATA 05,44,69,58,38,24,9
1860 DATA 4,43,67,57,35,20,5
1870 DATA 3,42,65,49,32,16,1
1880 DATA 2,42,64,46,29,12,0
1890 DATA 1,41,62,43,26,8,0
1900 DATA 0,40,60,40,23,4,0
1910
1920 'ADC SUBROUTINE
1930
1940
1950 'CH ADC CH (0 ~ 7)
1960 'ADC ADC DATA
1970
1980 +ADC
1990 OUT #H63,CH
2000 OUT #H65,CH+8X10
2010 OUT #H6B,CH+8X10
2020 OUT #H65,CH
2030 S=(#P/8H65)
2040 IF B<3255 THEN 2030
2050 ADD #MP/8H61
2060 RETURN
2070
2080 '***' $$$$ $$$$
2090 '***' $$$$ $$$$
2100 H#VAL(LEFT$(T#,2))
2110 M#VAL(MID$(T#,4,2))
2120 S#VAL(RIGHT$(T#,2))
2130 J#KAN#H#W#SUD#M#RD#S#
2140 IF H#D AND N#Q THEN OLD#-D
2150 RETURN

```

(不快指数も計算している)

(2) 湿度がおかしい



正しく湿度を測るには、空気の流れが不可欠である。湿度の変動が不自然なのは、風のためだと思う。

グラフを見て気がついた事は、湿度が短時間に大きく変化し過ぎている。このように激しく変化するはずがないと思った。乾湿温度計は風があたっていないと正しく測定できないと資料に出ていたので風の影響が現れていると思った。

(3) 原因？

色々な資料を詳しく調べた。正確に測定するには数m/sの風を、強制的にあてて測定するとあったが、風をあてないで測定する装置もあるようであった。湿度の計算に使った表は、乾湿温度計に表示してあったものだから、少なくとも、風を強制的にあてなくても良いはずである。

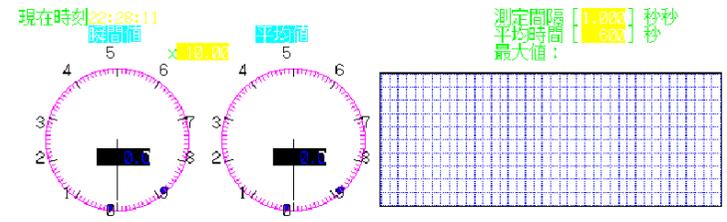
グラフを良くみると、乾球温度、湿球温度ともに細かなギザギザがある。湿球温度は風で変化しても、乾球温度が風でこのように変化するのはおかしい。

A/D変換器の精度について考えてみた。50 の変化を256に分割して測定する。だから約0.2 の細かさで温度を測っている。A/D変換器の誤差について専門の先生に訪ねたところ、“このA/D変換器は50 の高さを256段の階段で表すようなものだが、1つ1つの階段の高さが不揃いで、最大と最小の高さの間には0.4 程度のばらつきがある”と説明を受けた。また、作り方が汚いから、色々な雑音の影響もあるのではないかと指摘された。

結局、原因はよくわからないが、もっと細かく温度を測れる、分解能の高いA/D変換器に交換する方が簡単であるとの結論に達した。さらに、せっかく作った温度計測回路も、余りにも見苦しく、何時線がはずれるか不安であるとの指摘から、作り直した方が良くだろうということになった。

(4) このままでは無理

4 計測用ソフト



この図が、計測用に作ったソフトの画面である。風力計から送られてくる信号を1秒間隔で数え、左のメータに表示し、1分間の平均値を右のメータに、そして左のグラフには1秒ごとの変化を折れ線グラフで表示するテストプログラムである。

言語はQuickBasicで、パルスの計数、メータ表示のサブルーチンは先生が提供してくれたものを利用した。温度・湿度はA/D変換して求めるが、瞬間的に変換できるので、プログラムでパルスの計数を行っているが、合間に処理できると思ったが、その他の気象データの計測を行うには、パルスの計数に時間がとられ、間に合わず、無理であると思う。やはり、風速の計数は、ICを使って行わないと、難しいと思われる。

§ 第 2 次 計 画

約 1 年の歳月をかけて制作してきた、1 次計画の装置であるが、色々な問題点が確認できたので、次のように計画変更をして、2 次計画の装置を制作した。

1 次計画からの変更点

1. ADC0809 という 8 ビットの A/D 変換器では、精度・分解能が悪いので、高精度の A/D 変換器に交換する。目標は温度を最低 0.1 刻みで測定できて、-10 ~ 40 まで測定できることに置く。
2. 処理する内容が増えるので、風速の測定をソフトで計数する方法から、IC を使って計数する方法に変える。
3. PC9801F2 の CPU を 8086 から V30 に交換して、処理内容の増加で時間がかかるようになるので、少しでも速く処理できるようにする。なお、V30 に交換すると、約 30% 処理速度が向上するとのデータがあり、V30 の値段が 1500 円程度なので交換する価値はあるということになった。
4. 以前、真工高科学部で RBB S (アマチュア無線を利用したパソコン通信) を運用していたので、これを復活させ、この RBB S に計測装置を接続して、不特定多数の人に気象データを提供する計画である。今までは 1 台の 98 で行おうと思っていたが、簡易 LAN で 2 台の 98 を結んで行うことにした。
(QNET というシステムを購入できたため)

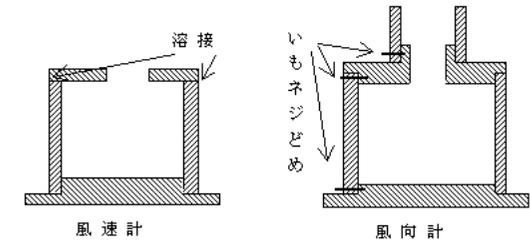
以上の計画変更をふまえて、2 次計画では、次の装置を製作した。

- ・ 風向計
- ・ 雨量計
- ・ 大気圧計
- ・ 屋上の装置から、2 階の部屋までデータを転送するための装置
- ・ 高分解能の A/D 変換器
- ・ 百葉箱
- ・ 温度計測回路 (作りなおし)

5 風 向 計 の 制 作

(1) 構造を改良する

風速計を製作したときに、回転検出回路を中に仕込むのに、狭く細工がしづらかったのと、下側の蓋をねじこむ構造であったので、配線用のケーブルを引き出すのが大変であった。これらの反省をもとに、構造を簡略化して、内部に回路を組み込み



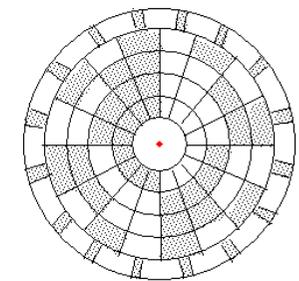
易くした。右の図が風速計と風向計の構造の違いを示した図である。風速計の場合、上の蓋を溶接したが、我々の技術では精度が良くないので、機械科の中三川先生に溶接していただいた。今回は溶接をしなくても良いように、図のような構造にした。



しかし、この構造に行き着くまでには、色々な失敗があった。はじめは、溶接をしなくてすむように、鉄の丸棒を旋盤でえぐりとりようとしたが、いつまでも削り上がらずあきらめた。この写真がその時の写真である。

(2) 方位の読みとり方

風向計では 16 方位を読み取れるような方法を考えた。やはり風速計と同じように光学的に方位を読みとれば、摩擦も少なく良いのではないかと思った。16 方位という事は、2 進数の 4 桁に対応するので、アクリルの円盤上に 4 ビットのパターンを同心円上に描いて、フォト・トランジスターと、赤外発光ダイオードで読みとる方法を採用した。この図がアクリルに描いたパターンで、



再外周にタイミング用のパターンを描いたのがみそである。もしこのタイミング信号がないと、方位の変わり目のところで、一瞬でたらめな値が出てしまう。つまり、常に方位は円弧の中心で変化するようにしてある。2 進数の 4 桁のパターンを描くには CAD システムである CAM3 をつかって、図のような溝を彫って、その後三菱のペイントマーカーで溝の内側を黒い色で塗って仕上げた。

この写真が、風向計の方位を読みとる部分の写真である。筒の中に見えるのが横一列に並んだ 5 個のフォト・トランジスターで、反対側の蓋には 5 つの赤外発光ダ

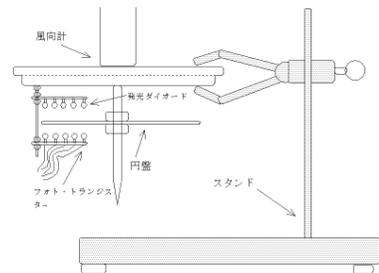
イオードがやはり横一列に並んでいる。この上下のダイオードとトランジスタがきちんと相対するように蓋をつけて、その間で円盤が回転する事で16方位が2進数4桁となって出力される。



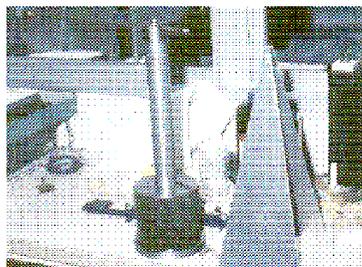
(3) 方位の値が正しく出ない

回路を組み込み、風向計を回転させたが、正しい方位が出力されなかった。方位の変わり目で、でたらめな値が出ないようにつけたタイミング信号は、全く働いていないようである。原因は、5組の赤外発光ダイオードとフォト・トランジスタの光軸が一致していない事によって生じている。そこで、「光軸を合わせ蓋をして回転させる」の繰り返しを何度も何度も繰り返した。しかし、結局何度やっても全くうまく合う事はできなかった。完全な設計ミスである。

方位を検出する部分の構造を、調整がしやすい構造に改良した。この図が、光軸の調整をするときの説明図で、上蓋に図のように全ての回路をとりつけて、調整が終わればこのままそっくり胴体の中に収めればよい。

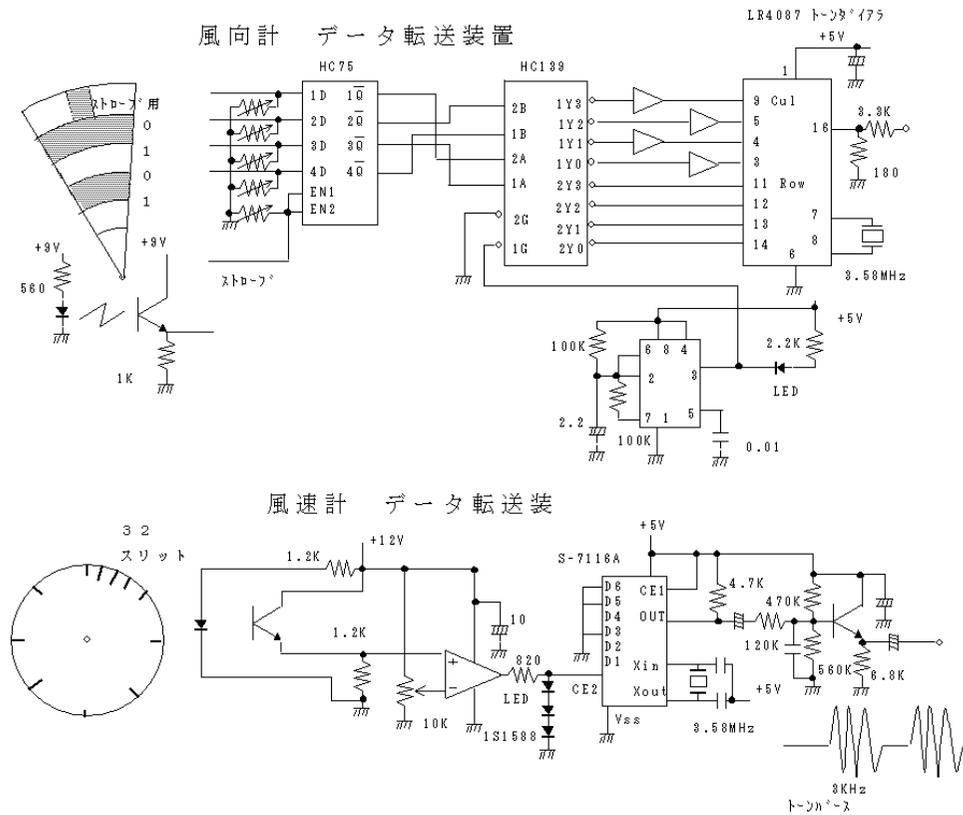


調整は大変微妙で、部品の足をピンセットで少しずつつまげて、光が最も当たるようにテスターで電圧を測りながら行った。また、一列に並んでいるフォト・トランジスタの並びが円盤の中心をずれると、方位の変わり目で、特に0と15、7と8の間でおかしな値が出てしまうので、大変苦労した。この理由は、最内周の円盤のパターンが小さすぎたため、結局タイミング信号の幅を変えるなどで、うまく作動するようになった。(約一か月の格闘であった)



風向計の矢羽根の部分の大きさに関しては、特に注意を払わなかったが、市販品の風向計の大きさ、羽根の開き角度を、そのまま、まねをした。しかし、左右・前後の重さのバランスはとったので、大変滑らかに回転するように出来上がった。風速計が回転できないような微風でも方位を示す。

(4) 風速・風向計の電子回路



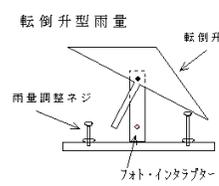
上の回路が風速計・風向計の電子回路である。風速計は信号を波形整形して、その信号で約3KHzの正弦波をオン・オフして断続した正弦波による音声信号に変換する回路である。

風向計は、2進数4桁の信号が出力されるので、DTMFエンコーダーで、プッシュフォンの音であるデュアル・トーンの音声信号に変換する。このDTMFは以前に作った回路を改造して作った。しかし、回路を設計した先生から、HC75とHC139の間の結線はこの回路とは違うかも知れないから、作って確かめろ、と言われた代物である。結局間違っていたようであるが、つなぎ変えているうちに正しく変換するようになったので、どれが正しいかわからない。この回路は、約1秒に一回、方位を示す信号をデュアル・トーンの音声信号で出力する。そしてこの音声信号をDTMFデコーダーにつなぐと4ビットの2進数が得られる。このような回路を用いる事で、一本の線で16方位を転送する事が可能になる。この方法は我々のオリジナル回路である。

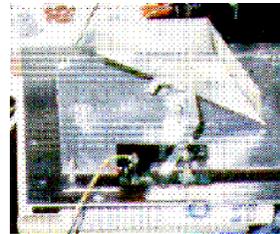
6 雨量計の製作

(1) 構造

転倒升型と呼ばれる雨量計を製作した。構造はこの図のようで、シシオドシの形をしたシーソーである。構造は資料で簡単に調べることが出来たが、具体的な大きさがわからなかった。大きさが違うと、どれだけの雨量で倒れるのかわからないが、上につける雨を集めるロートの面積で調整できるので問題は無いと考えた。しかし、今までの装置製作の教訓から、簡単に調整できないと苦労するので、とにかくアクリルで模型を作って特性を調べた。

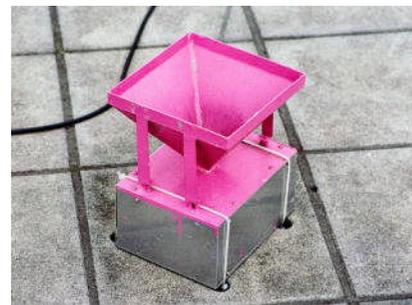


模型に水を注ぎシーソーのように倒れるのを確認したが、左右の升が倒れる為の水量に違いがある。精密に作り、差を小さくする方法もあるだろうが、調整できれば工作精度が悪くてもカバーでき、



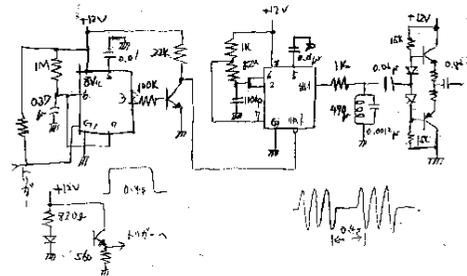
絶対に調整できた方がよい。色々試してみた結果、左右の升の転倒する角度を調整すると、転倒する為の雨量が調整できる事がわかった。そこで、図の様な構造になった。ネジで高さを変え調整した。なお、升の転倒する雨量が、角度で調整できる事は模型を作って発見したが、数学の青木先生に、数学的に証明してもらった。

雨量計は写真の様な外形をしており、屋上に設置した。雨量計は、0.5mmの雨量で升が転倒し、その都度パルス信号を出力するようにロートの面積を決めた。



升の転倒は光学的に検出し、転倒する度に約100KHzの信号をおよそ0.5秒出力する。升はアルミニウムで製作した。形を作るために溶接が出来なかったので接着剤で接続して作った。なお、比重の大きな金属で作ると、水の重さでは転倒できなくなるようである。

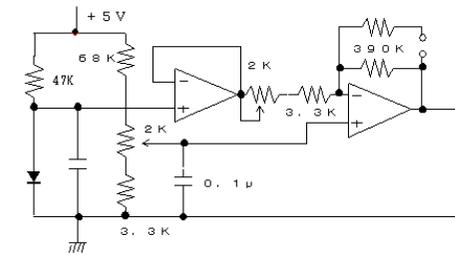
下の電子回路で雨量計からのパルス信号を、約100KHzのトーンバースに変換する。



平成4年の8月の真岡での雨量は、新聞で7.2mmと発表されたが、この雨量計で計測された8月の雨量は5.3mmであった。測定地点の違いのためか、この雨量計の誤差なのか、この原因を現在調査中である。

7 温度計の製作

第1次計画で温度・湿度を測定するために作った、ダイオードを利用した電子温度計だが、あまりにも配線が汚く、不安が残ったので、改めて回路を作りなおした。



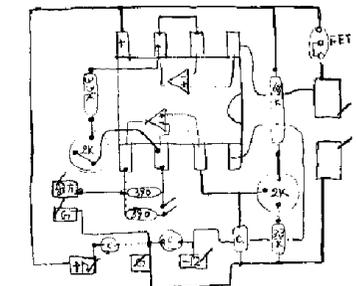
今回製作した温度計の回路はこれで、今までと違って、増幅度を決める半固定抵抗を2Kでできるように回路を変更した。理由は、2Kの程度の良い半固定抵抗を大量に電子科からもらったからで、今までの物より安定な動作が期待できるからである。

(1) プリント基盤を作って回路を組む

電子回路の製作に関して、画期的な変化が起こった。それは、今までは、穴あきユニバーサル基盤で作ったり、一面が全て銅面の基盤に、カッターナイフで銅箔を削り取って回路を作っていた。しかし、なかなか一回では、間違いなく動作する回路はできあがらなかった。そこで、小型の電気ドリルと、エッチング槽を買ってもらい、プリント基盤を製作して回路を作るようになった。

- 製作の手順 -

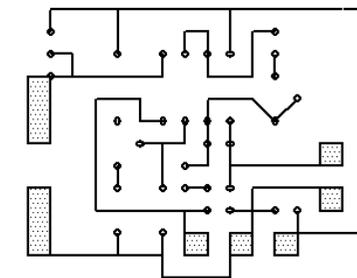
まず、左の上の図のように、部品の実体は配線図を書く。この図は上から見た図(部品面)なので、簡単に書けるので、間違いが少ない。



次に、この図をもとにソフトを使って配線パターンを書き、ソフトを使って反転させ、銅箔面のパターンに変換する。

できあがったパターンを印刷して、銅箔面にテープで固定して、ドリルで部品の穴をあける。

穴の空いた基盤に、パターンを見ながら三菱ペイントマーカーで回路を丁寧に書く。エッチング用のマジックが発売されているが、三菱ペイントマーカーがいちばん調子が良く、エッチングしても消える事がない。



エッチングする。ときどき引き上げ、確認する。

できあがったら、ペイントマーカーを金たわしできれいに取り去り、フラックスを塗る。

このようにして基盤を作り、部品を配線すればほぼ完璧に動作する回路ができる。新入部員の勉強会で9つ温度計を作ったが、全て作動した。

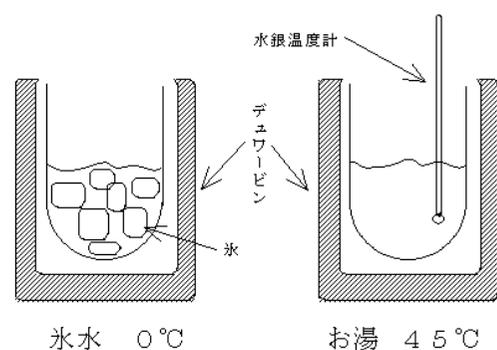
8 温度計の校正

(1) 全てのアルコール温度計の温度が違う!

できあがった、電子温度計の校正をした。参考文献等では、0 と 100 の2点間で校正しているが、気温は40 程度までなので、0 と約40 の2点で校正したほうが精度がよいと思ったからである。0 は氷を使って、約40 はお湯を適当にうめて、温度計で正しい温度を測って調整した。ところが、このお湯の温度が正しく測れない。学校にあるアルコール温度計を使おうとしたが、約20本ある温度計は全て違った温度をしめし、必ず1~2 程度の差があった。結局水銀温度計を購入してもらい、この温度計を基準に校正する事にした。

(2) 正確に温度を保つことは難しい

校正をするのにコップに氷を入れ、カップヌードルの容器にお湯をいれて温度計で温度を測定したが、ダイオード温度計の出力をデジタルメータでモニターすると0.1 程度の細かさで温度が表示されるが、お湯の温度があつという間に変化してしまう。また、0 に校正しようとしても、場所によって1 程度の温度差が生じている。そこで図のように魔法瓶を使って温度の校正をすることにした。



温度の校正の仕方

- 10 ~ 40 までの温度を0V ~ 5Vの電圧に変換するために、次のような方法で校正した。

氷と水がまんべんなく混ざっている、0 の魔王ビンの中にセンサーをいれ、ゼロ点調整のボリュームで出力を0Vにする。

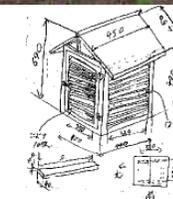
センサーをお湯にいれ、お湯の温度が45 なら、出力が正確に4.5Vになるように増幅度調整のボリュームを調整する。

室温程度の温度の水の中にセンサーをおき、電圧を正確に1Vだけ高い値になるようにゼロ点を調整する。

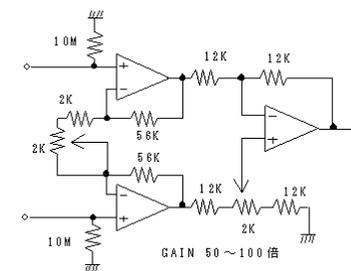
(3) 正確な校正は無理であった

温度の校正をしたが、正確にボリュームを調整して出力を0Vにする事は出来なかった。また正確に4.5Vに合わせる事も出来なかった。ボリュームをちょっと回しただけで大きく電圧が変化して、0.1 の温度を測るほど正確に調整はできなかった。ボリュームをもっと良い部品に変えれば良いのだが、我々には手に入らない。色々考えたが、マイコンで測定するのであるから、ソフトで何とかすることに、取り合えず、できる限り正確に調整した。

完成した温度計は、写真のような小型の百葉箱を製作しこの中に入っている。乾球温度はダイオードそのままに気温を測り、湿球温度は、ダイオードに水で濡れたガーゼを巻いて測定している。1週間に一度水をつぎたしている。百葉箱は、物理準備室の下側の庭に設置して、ダイオードセンサーから電線で準備室まで引いている。なお、平成4年度新入部員の初の作品である。



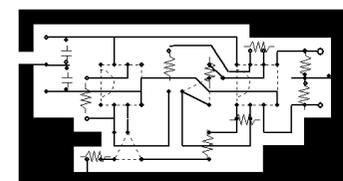
9 気圧計の製作



秋月電子から発売されている気圧計キットを購入して利用した。このキットはストレイン・ゲージを応用して気圧を測定する回路で、プリント基盤が付属しているので簡単に製作できた。しかし、大気圧への校正が大変面倒であった。温度計と同じようにゼロ点と増幅率を調整するのであるが、わかった圧力が無いので、カンチョウ

器で体積を変化させて、繰り返し繰り返し調整し、新聞の天気図にでている気圧を参考にして調整した。自信はないが、新聞に発表された気圧とほぼ同じ値を示す。

ところで、このキットは出力電圧の基準電位がゼロボルトでないために、図のような差動増幅器を自作した。この回路で約50倍増幅して、1気圧で約4V程度の電圧になるようにしている。



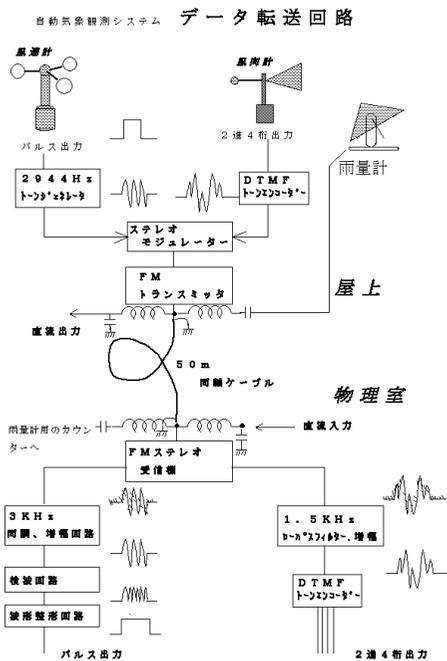
この回路も、温度計と同じようにプリント基盤を作って製作したので、間違いもなく、簡単にできあがった。ここで使用したOPアンプは、ありあわせの物で、特に高精度タイプではないが、問題は無いようである。

10 データ転送装置の製作

風速・風向計は、建物の影響を受けない高所に設置する必要がある。そこで、本館の屋上に設置する事にした。

(1) 同軸ケーブル一本で全ての信号を送る工夫

しかし、計測装置は2階の物理準備室に設置するので、この間データを送るために信号線を配線する必要がある。現在アマチュア無線用に同軸ケーブルが3本敷設してあるが、そのうちの1本は、まだ使用していないので、何とかこの1本のケーブルで全てのデータを伝送できないか工夫した。



そこで、考えたのが左の図で、これは最終的に完成したデータ転送装置の全体を示したものである。このような構成は、簡単に考えた。しかし、実際に可能であるかは、実際に作ってみるまでなんとも言えなかった。この構想のヒントになったのが、以前に作った秋月電子のステレオワイヤレスマイクである。これは、ステレオで音声を電波にのせる装置で、この装置を使って左右の信号に風速計、風向計の信号を乗せる事を思いついた。

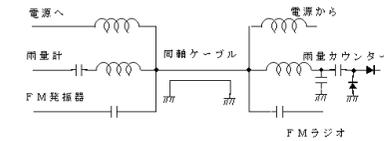
しかし、実際に信号がどの程度分離して再生できるか不明であったので、まず、実際に信号を入力して、FMのステレオラジオから出てくる信号を調べてみる事にした。



右の写真が、FMステレオワイヤレスマイクに、風速計・風向計の信号を入力して、FMラジオから出てくる信号をオシロスコープで観察しているところである。このラジオは、不燃ゴミから拾ってきたラジカセのラジオの部品であるが、大変良く分離しているので利用できる事を確認した。しかし、ラジオによっては分離できない物もあり、特に高級品ほどダメのようである。

風速計・風向計の信号は約90MHzの電波で送られてくるので、コイルを直列に入れば直流と分離できる。FMステレオマイクなどの電源は逆に2階から同じケーブルを使って送る事ができる。

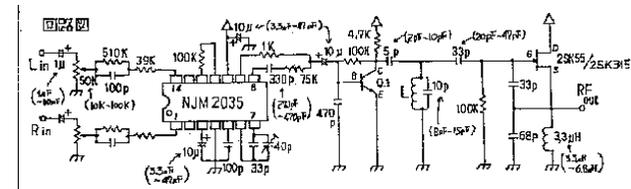
この回路は、周波数の違いを利用して3つの信号を1本の同軸ケーブルで転送し、再び3つに分けるもので、スピーカーのネットワークを参考にしたものである。後に、雨量計も屋上に設置する事になったので、このような回路になった。信号の流れを改めて説明する。



風速は3KHzの信号をON・OFFして出力され、また、風向の2進4桁はDTMFを使って音声信号に変換されているので、この2つの信号をFMステレオ電波に乗せて送信する。2階ではFMラジオで信号を受信し、デコーダで2進数に変換する。屋上に設置した装置に対する電源は逆に2階から、同じ同軸ケーブルを使って送る。更に屋上に雨量計も設置し、この同軸ケーブルに約100KHzで変調された雨量データを同時に送信する。

(2) 夜になると風速計の信号が途絶える

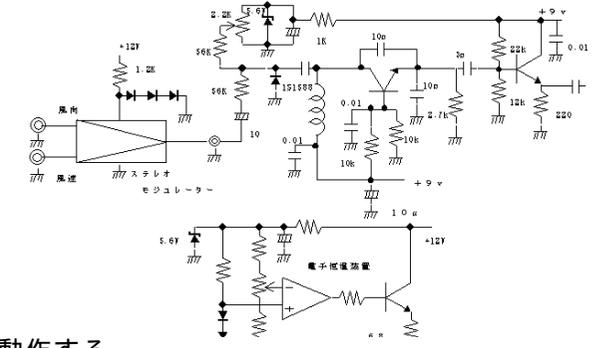
平成4年4月から、試験運転を開始したが、夜になると風速計の信号が途絶えて、風速がゼロになってしまう。また寒い朝は、信号を確認すると風があるのに風速計の信号音はかすれてしまい、カウンタがカウントできなくなっている事がわかった。屋上のFMワイヤレスマイクの周波数が温度の低下で変動してしまったのであ



った。左図がキットの回路図で、FM発振回路が不安定で、手を触れても、電圧が変化しても、温度が変わっても周波数が簡単に变化してしまう事がわかった。

(3) 必殺電子恒温槽で解決

そこで考案したのが次の回路で、FM発振回路をもっと安定な回路に変更し、さらに電子回路を使って約40度の温度に発振回路全体を保つものである。この回路は以前制作したFMワイヤレスマイクを流用した簡単な回路であるが、電子恒温回路のおかげで周波数のズレは解消できた。なお、電子恒温回路はダイオード温度計を応用したもので、発熱体としてトランジスタを利用してある。そして、温度が設定した値を越えると、TRへの通電を切り、下がれば通電する電子バイメタルとして動作する。



1.1 高分解能 A / D 変換器の製作

温度、気圧等のアナログ量を計測するための A / D 変換器の分解能は、温度を 0.1 の分解能で測定するため、10 ビット程度必要である。第 1 次計画で使った 8 ビットの A / D 変換器、ADC0809 は、分解能と精度の点で問題があり利用できない事がわかった。10 ビット以上で安値に出回っている A / D 変換器も色々あるようだが、利用している PC-9801F2 は 8 ビット × 3 の入出力ポートしかないで、ここに A / D 変換器を接続すると、他のデータを取り込むためのポートが足らなくなってしまふ。そこで、使うポートが 1 ビットでよい、V - F 変換器を自作し、A / D 変換器として利用する事を考えた。V - F 変換器は、電圧に比例した周波数で発振する回路で、電圧を周波数の形に変換する。周波数なら、1 ビットの入力ポートですみ、コンピュータを使えば、ソフトの工夫で簡単に周波数を計測できるので、結局、電圧を読み込む事が可能になる。

(1) V - F 変換器

最初にした V - F 変換器の回路がこれで、参考文献にでていた回路をそっくりまねし、プリント基盤を作ってから組み上げた。

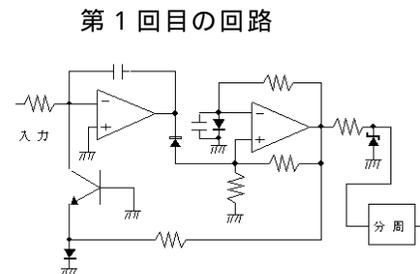
この回路は、4 V 程度の電圧で 4 KHz 程度の周波数で発振した。そこで、ソフトで 1 秒パルス数を計数すると 12 ビット程度の A / D 変換器の分解能がえられた。温度・湿度の計測には十分な分解能で、しかも、大気圧も 0.2 mb 程度の分解能で測定できた。

(2) 大気圧の値が大きく狂う

ところが、大気圧の値がキットのデジタル表示と大きく食い違うことが判明した。その都度調整するが、次の日にはまた食い違っている。また、時には調整をしてもしばらくすると 10 mb 程度すぐに狂ってしまう事もしばしばあった。原因は、

1. 大気圧の出力電圧は 4 V 近くなり、周波数が 4 KHz と高いので、ソフトが間に合わず、数え落としをする。
2. V - F 変換器が温度によって変換率が大きく変動する。

の 2 つであった。温度・湿度は 2 V 程度の電圧を変換していたので、大気圧ほど目だたなかっただけで、やはり変動していた。ドライヤーで回路を暖めると、みるみる大気圧、温度の値が変化するので、とても実用にはならないことが判明した。



第1回目の回路

V - F 変換器を作り直す

最初の回路は、温度変化で、変換値が大きく変動するので、右の回路を作って性能を確認した。また最高 3 ~ 4 KHz までしかソフトが計数できないので、大気圧の電圧を増幅している差動増幅器の増幅率をさげて、数え落としが無いようにした。

結果は、1 回目の回路よりは安定であるが、やはりドライヤーで暖めると、みるみる値が狂ってしまい、実用にならない事がわかった。

またまた V - F 変換器を作り直す

色々な回路集をみて、3 回目にしたのがこの回路である。電圧と周波数の直線性が、半固定抵抗で調整でき、高精度であるとのふれこみで試した。

結果は今までの 2 つの回路より安定

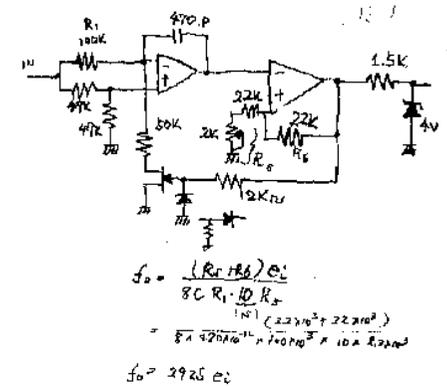
で、調整をした日は、十分正確に大気圧を表示した。しかし、それでも、日によって、無視できない狂いが生じてしまう。FM 発信器のように恒温槽の中に入れる事を考えたが、もうケースに余分なスペースがなく難しい。

(3) ソフトの力で V - F 変換器の安定度を改善する

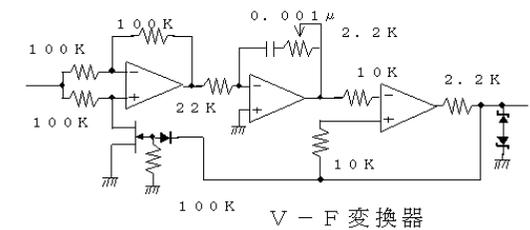
A / D 変換回路は 3 種類の回路を試作したが、何れも温度特性に難点があり、気温の変化で変換値（変換ゲイン）がドリフトする。そこで、次のような方法を使って解決した。

まず、きわめて安定な基準電源、1.2 V と 2.4 V を用意した。温度や大気圧を切り替えて測定するので、V - F 変換器の前に切り替えの電子スイッチが 6 チャンネル分ある。その内の 2 チャンネル分にこの基準電圧を接続しておく。大気圧等の電圧を測定する場合、始めに必ずこの基準電圧を測定して V - F 変換器の変換ゲイン、ゼロ点の変動を、一次関数の傾き、Y 接辺の値として計算する。そして、測定電圧を続けて変換し、その値を X の値として、一次関数から Y の値、つまり、電圧を計算する方法を採用した。この方法を使えば短時間では V - F 変換器の変動はほとんど無いので、変換器の、中点、ゲインドリフトが基準電圧の精度で安定化する。理論的には基準電圧の安定度 20 ppm / 程度に抑えられる。この結果、V - F 変換器の狂いはほとんど無視できる状態に改善された。

第2回目の回路



第3回目の回路



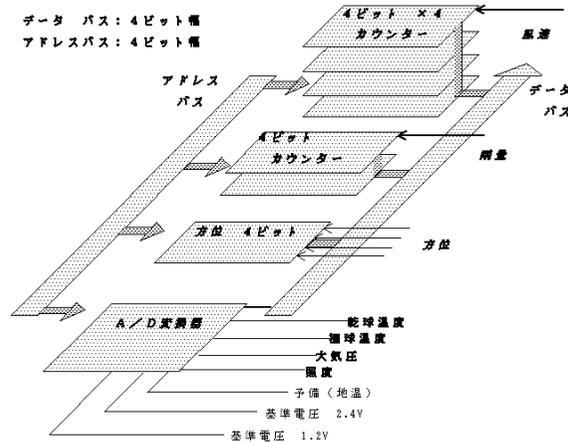
V - F 変換器

1 2 インターフェイスの製作

計測に利用しているコンピュータは中古で購入した9801F2で、この機種は、8ビット×3のデジタルI/Oポートが標準で装備されている。しかし、このポートだけでは、全ての計測装置を接続できないので、次のような工夫をした。

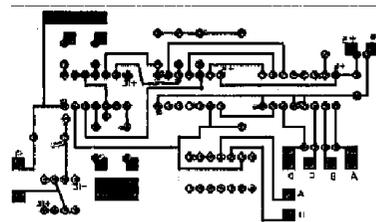
この3つのポートのうち、2つを使い、1つの出力ポートの下位4ビットをアドレスとし、1つの入力ポートの下位4ビットを入力用のデータバスとして機能させて、各装置を接続した。右の図がバスの構造を示している。風速パルスをカウントする16ビットカウンター、雨量をカウントする8ビットカウンター、風向を示す4ビットのデータ、そしてA/D変換器が接続されている。

インターフェイス部ブロックダイアグラム



(1) 基盤の製作に失敗する

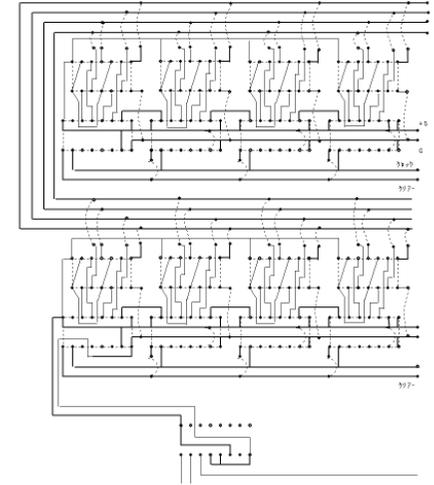
このパターンはA/D変換器の前につけるアナログSW回路のプリントパターンである。この回路は数カ所間違いがあったが、何とか動くまでに組み立てられた。ところで、今まで作ったプリント基盤は、デジタルICを使っていなかったもので、配線のパターンはこんなに混み入ってなかったもので、パターンが書きやすかったが、今回は全て書き切れずに、ジャンパー線でつなぐところが沢山あって、間違いを犯しやすくなった。正しく動くまでに、IC3個を、誤配線で壊してしまった。



風速、雨量の計数は74HC161という4ビットカウンターを、風速は4個、雨量2個使い、さらに3ステートバッファを6つ使った。このカウンター用の基盤をプリント基盤にしたが、エッチングすると細かい線は消えてしまった。またパターンの配線が基盤を一回りするような、グチャグチャな様子になってしまった。さらに、ジャンパー線を使って配線する部分がたくさん生じてしまい、とてもまともに動作する基盤になるとは思えなかった。一応プリント基盤をエッチングして作っ

たが、結局取りやめ、手配線で回路を作る事にした。

右のパターンが失敗したカウンタ用のプリント基盤である。直線で描いた線がプリント基盤に描いた線で、曲線で描いた線が、後から配線するジャンパー線の部分である。



(2) インターフェイスの機能

少ない入出力ポートを有効に使うために、工夫して、バス構造を採用したが、どのようなデータをアドレスに出力すると、どんな機能が生じるか、表にまとめた。

アドレス DCBA	機能	データバス DCBA
0 0000	風力カウンター①読みだしLSB	0000
1 0001	風力カウンター②読みだし	0000
2 0010	風力カウンター③読みだし	0000
3 0011	風力カウンター④読みだしMSB	0000
4 0100	風力カウンタークリア	XXXX
5 0101	雨量カウンター①読みだしLSB	0000
6 0110	雨量カウンター②読みだしMSB	0000
7 0111	雨量カウンタークリア	XXXX
8 1000	風向方角読みだし	0000
9 1001	基準電圧1.235V	XXXX
10 1010	基準電圧2.471V	XXXX
11 1011	拡張	XXXX
12 1100	乾燥温度測定	XXXX
13 1101	湿球温度測定	XXXX
14 1110	大気圧測定	XXXX
15 1111	湿度測定	XXXX

例えば、風速をプログラムで読み込むには、アドレスが&H53番地、入力が&H51番地に9801F2はなっている。

OUT &H53,0 : A=INP(&H51) AND &HF
OUT &H53,1 : B=INP(&H51) AND &HF
OUT &H53,2 : C=INP(&H51) AND &HF
OUT &H53,3 : D=INP(&H51) AND &HF
HUUSOKU=A+B*16+C*256+D*4096

このようにして風速カウンタの値を読み出す事ができる。

右の写真が完成したインターフェイス回路で、ケースの中に入れた状態である。

この中には、FMラジオ、風速計用のカウンター、雨量計用のカウンター、風向計用のデータラッチ、気圧計、乾燥温度計回路、湿球温度計回路、A/D変換回路、電源などがゴチャゴチャの状態に入っている。なかなかまともに動かず、やっとの思いで完成したが、結局線が絡み合っていて、誰も、もう触ろうとしなくなった。動かしたら線が切れそうで、今では門外不出の装置となっている。



1 3 耐久試験の結果

平成4年4月下旬から耐久試験を開始した。残念ながら、平成4年7月10日まで、連続して1週間以上、問題なく作動した事はない。どのような故障が生じたか列挙すると、

(1) **トラブル続発、連続で7日以上は動いてくれない**

- ア. 気圧計の値が10mb程度狂う--->A/D変換器の誤差
- イ. 気温の値が異常に高い----->百葉箱ではないので直射日光が当たった
- ウ. FM発信器の周波数がずれる----->夜間、気温の低下により、周波数がずれる
- エ. 風速計の信号が途切れる----->円盤のネジがゆるんでいた
- オ. 風向計の指示が一定しない----->本質的な設計ミス
- カ. 風速の値が異常----->風向計の信号が混信
- キ. 風速計からの信号が途切れる----->フォト・インタラプターの故障
- ク. 9801F2が故障----->サージ電圧によって生じた壊滅的な故障。
- ケ. FM発信器の周波数ずれ----->温度ドリフト、昼時に生じる。

このように色々な故障が生じた理由は、装置の置かれている条件が予想以上に過酷であったためである。原因の幾つかはすでに説明したが、それ以外の原因と施した対策を説明する。

風向計の指示が一定しない

オ.の風向が一定しない原因は、本質的に風が舞っている事もあるが、風向計の慣性で、風速にむらがあると、すぐに止まらずオーバーランするためである。風向計の回転部分に摩擦を生じさせる方法も検討したが、実験の結果、うちわを羽に仮止めすると、回転が制動される事実が解り、軽い材料で大きな羽をつけると、解決できるのを突き止めた。結局羽を大きくして、空気の抵抗を増やす事で一応解決した。また、風向の計測では、10分間に最も多く示した風向を、平均風向とした。

風速の値が異常

カ.の原因はステレオ変調器の周波数ズレで、2階のラジオがステレオに復調出来なくなり混信して風速が異常な値を示した。そこで38KHzの水晶発信器をつないで安定化した。この結果どんなラジオでもステレオで受信できるようになった。

FM発信器の周波数ずれ

ケ.の周波数ズレは、ウ.と同じ気温の変化によるものである。電子恒温槽で約40℃に加熱し安定化してあるのだが、7月に入り気温が30℃を越えるような状況になると、データ転送装置の内部温度が設定した温度の40℃を越えるために、温度がさらに上がってズレ生じた。右の写真は屋上に設置した装置である。夏は強烈な直射日光と床の照り返しで、冬は北風をもろに受ける極めて劣悪な環境に設置されている。転送装置をアルミ箔で覆って、直射日光による温度上昇を防ぐ処置と、装置に供給している電圧を若干下げる処置をした。しかし、冬場に気温が下がって逆にずれる恐れもある。

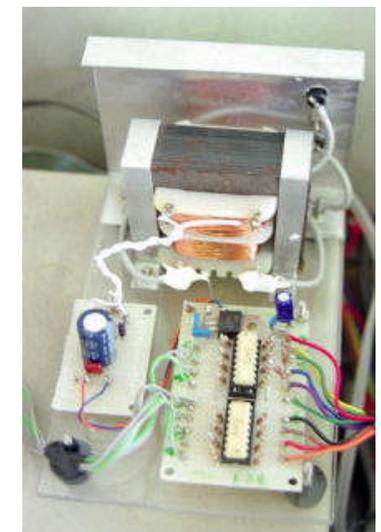


9801F2が故障

ク.の9801F2の故障には全員落胆してしまった。修理は不可能である。原因はキ.の故障をなおし、屋上のデータ転送装置の調整を行った時、接点の接触不良で、屋上の装置の電源が短時間にON・OFFして、同軸ケーブルの所に入っているコイルの為にサージ電圧が発生し、マイコンに回り込んだ為である。以前から、電源を入れたまま同軸ケーブルを抜き差しすると手にビリビリ電圧を感じたが、これほど大きな事故になるとは思っていなかった。

現在、科学部の恩人、斎藤先生より寄贈してもらったPC-9801F2で運転を続けているが、また壊すことの無いようにパソコンと装置の間は、フォト・カプラーを使って電氣的に絶縁するように改良した。これに合わせて計測ソフトの変更も行った。この変更は、フォト・カプラーが低速なため、4ビットのアドレスが同時に変化できなくなり、カウンタがクリアされる誤動作が生じた為である。

右の写真は絶縁装置の外形で、実習で作ったトランスを電源に使ったので一抹の不安は残っているが、電氣的なノイズによる故障、誤動作は無くなり、システムの信頼性は向上した。



風速計の最後の故障？

7月に入って、風速計の信号の様子がおかしくなった。風が吹いているのに異常に信号音の間隔があいている。(風速、風向の信号は音でモニターしている)そしてついに、全く信号音が聞こえなくなった。風向計の音でが明瞭に聞き取れるので、以前に生じた発振器の周波数ズレでない。以前から、Iの風速計の円盤のネジがゆるむ故障が何度あったが、この故障は強風があった時に生じていた。設計上のミスが同じ故障を生む可能性がある。今回は徹底的に原因を追求した。

原因と対策

回転を光学的に検出するために、フォト・インタラプターを使ったが、間隔が狭く、間で回転するアクリルの円盤との間隔が、数mm程度しかない。約2年前、「風速と回転数の関係を測定する」測定で、急に回転が遅くなる問題に対して、ベアリングを1つめいて、ガタを作って解決した。そのガタが原因であった。強風が吹くと、高速で円盤が回転する。その時円盤がブレて、フォト・インタラプターと接触して、円盤を止めるネジがゆるみ、空回りして信号が出なくなるのであった。

そこで、フォト・インタラプターをやめ、フォト・トランジスターと赤外発光ダイオードを使い、間隔を十分にあげて、円盤が接触しないようにして解決した。

風速計のカウンターがオーバーフロー

10月9日、強風が吹いていた。風速計の指示を見ると15m/sを越える風が吹いているが、10分間の平均を見ると1m/sと出ている。風速のカウンターは16ビットなので、カウンターがオーバーフローしている。計算してみると10分間、平均して風速12m/sの風が吹くとオーバーフローする計算になる。計測ソフトを変更して対処することにした。

14 温度・大気圧のプログラムによる校正

乾球温度、湿球温度計の校正で、半固定抵抗を回して、正確に電圧を合わせる事ができなかったので、プログラムを利用して、正確な校正を行うようにした。プログラムの流れは次のようになる。

センサーを0 の氷水に入れて、その時の電圧をA/D変換する

氷水の温度を水銀温度計で正確に測る。
測定した温度をコンピュータに入力する。

センサーを40 程度のお湯にに入れて、その時の電圧をA/D変換する。

お湯の温度を水銀温度計で正確に測る。
測定した温度をコンピュータに入力する。

このような方法で、2点の電圧と温度のデータから、1次関数の傾きと接点を求め、以後このデータをもとに電圧を温度に換算する。

この結果、次のような関係になった。

$$\text{乾球温度 ()} = 10.74441 \times \text{電圧 (V)} - 10.60031$$

$$\text{湿球温度 ()} = 10.27169 \times \text{電圧 (V)} - 10.51451$$

$$\text{大気圧 (mb)} = 251.3831 \times \text{電圧 (V)} - 13.94373$$

この方法を使えば、電子回路の調整は大まかな値に調整されていて、安定であれば、プログラムで係数を求める事で正確に校正をすることができる。

15 製作秘話

この話は、平成3年度を振り返って、出てきた話である。その時のレポートをそっくり示すことにする。



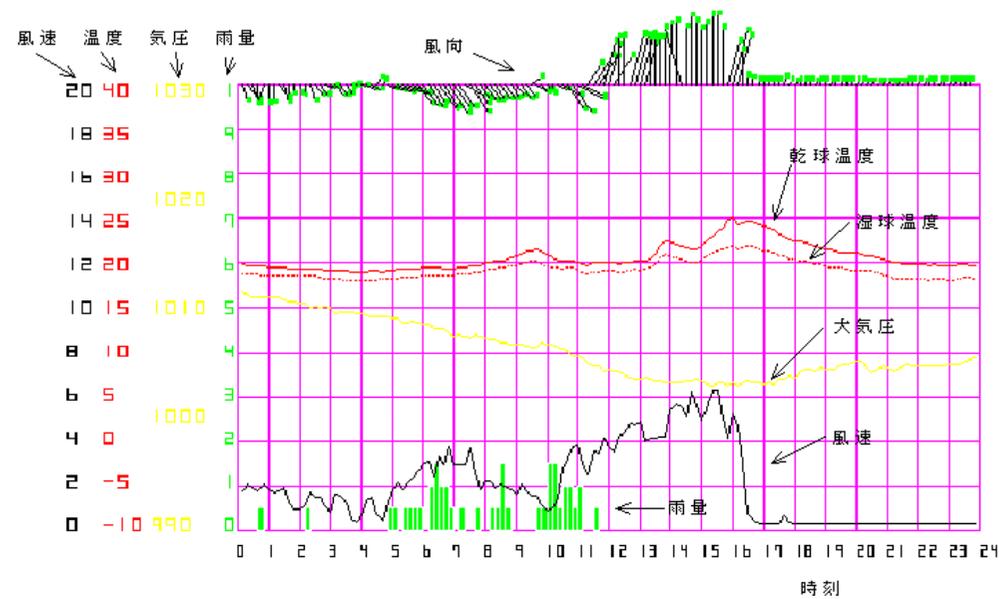
- ・計画がかなり遅れた。理由は夏休み就職活動のため殆ど部活が出来なかった。(部長は進路指導室の資料整理のバイトで活動しなかった)
(シム・シディ「ゲーム」をやって時間をつぶした)
- ・データの転送で買ったFMワイヤレスマイクが実際に利用できるとは思っても見なかった。1年生の時いたずらで作った物で、5m程度しか電波が飛ばなかった。
- ・ワイヤレスマイクに、学校寮の裏れ通りの自作テレビのブースターをつないだところ、15のm以上飛ばしてしまい驚いた。また金属ケースに入れたところ大変安定的に電波を飛ばすようになった。
- ・受領期のFM電波受信機はゴミ捨て場から拾ってきたワラジカセから取った。我々の目から見ればゴミが壁に見える時が多い。
- ・学校寮内にDTMFレシーバを製作したところ、最初動かさなかったが、何とか間違いを発見し作動した。しかし、直すより最初から作りなおした方が良いと言われた。
- ・風向計の機体を墨丸棒から削りだし、カッパ状にするつもりでいたが、いつまでたっても削りあがらないのであきらめた。
- ・風向計の機体と矢流のバランスを計算するために、サーモンの計算をしたが痛手を取った。(墨丸の機体に手取取り、おまけに電卓を忘れて手計算をした。)
- ・部活が2年の増進部活の部活を兼ねて、冬休でやっとならぶが、最近プリンターをエッチングして作ると、一瞥で動く物が出る。
- ・国産の電子回路の部品が少なくなっているが、国産部品はきれいだしであり、時々無くしてしまう。
- ・予算がついに底をついてきたが、どこからともなく部品をくすめくる人がいる。

§測定データ

1. 1日の気象データ

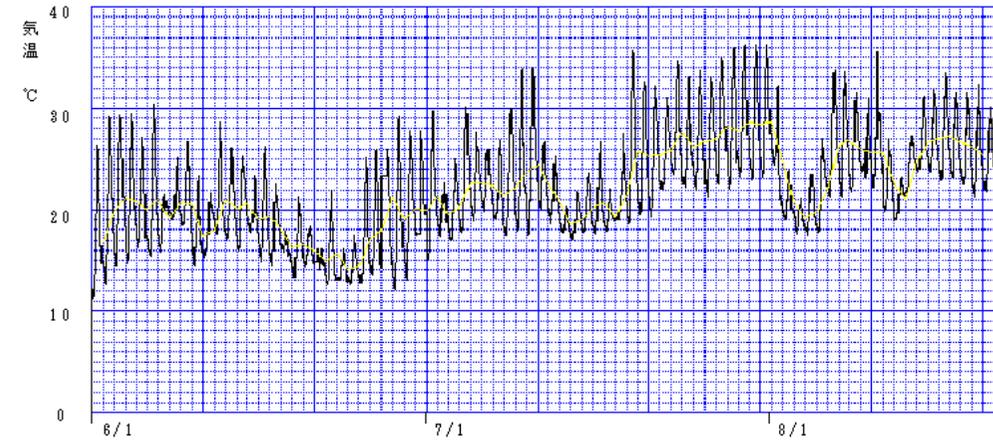
どのような型式に気象データがまとめられるのか、1992年6月8日真岡のデータをもとに説明する。この図は乾球温度、湿球温度、大気圧、雨量、風速風向を同時に表示した。風向は0～15の数字で方位を示すが、そのまま表示すると0と15では正反対に点をプロットしてたいへん見づらいので、風速を矢の長さとしてベクトル型式に表示してある。

気象データは10分ごとに記録されるので1日に144のデータが収集される。

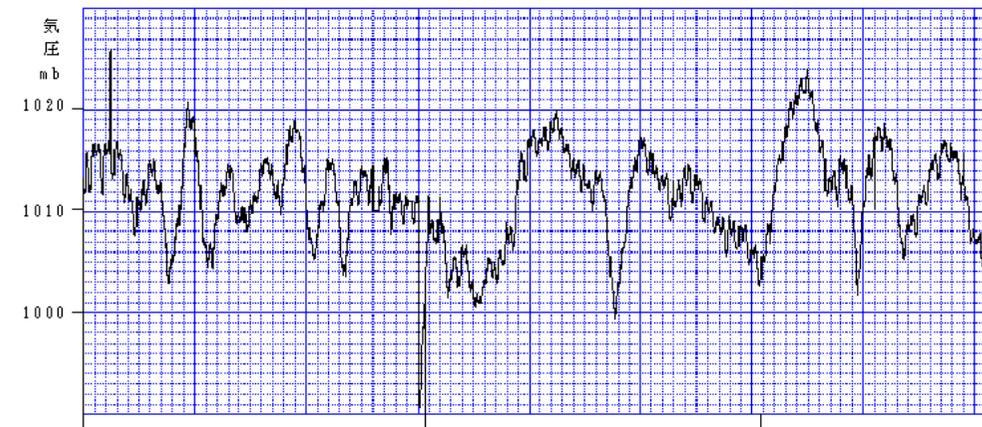


9日の新聞に掲載された宇都宮での最高・最低気温は23.2、19.7であった。測定データを見ると、真岡での最低気温が18.1、最高気温が22.0、日降水量は21.5mm、10:00～11:00の一時間に6mmの雨が降っていることがわかる。

2. 気温・大気圧のデータ

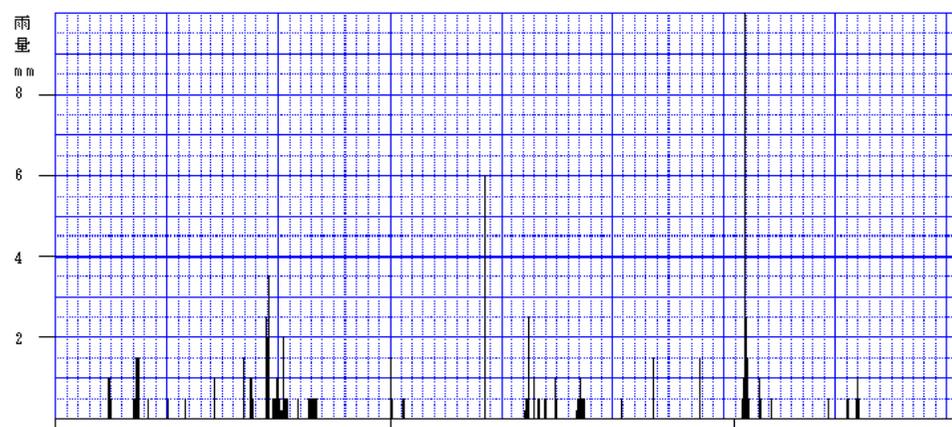


1992年6月1日～8月20日の81日間の気温の記録である。1日の変化を示す細かな波と、数週間周期の大きな気温のうねりがあることがわかる。



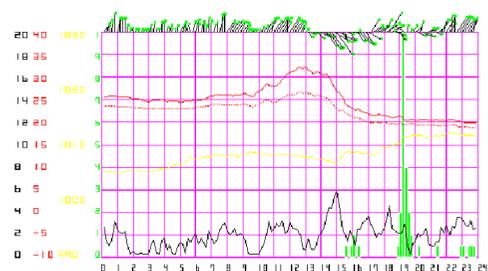
気温と同じ81日間の、気圧の変化のグラフである。気圧は天気の良い日には気温の最も高くなる時に大気圧が下がる日変化が見られるが、7/20から8/1のように、晴天が続くと徐々に気圧が減少する変化も見られる。

この期間の平均気圧は1011mbであった。



このグラフは81日間の雨量のデータを表示したものである。この期間の積算雨量は258.5mmであった。平成元年の真岡での雨量の資料と比較すると、元年度は6月～8月の3カ月で578.5mmの雨量であったから、平成4年度はこの年の半分程度であった。

8月1日の大きなピークは、10分間に10mmの雨量があった。図がこの日の気象データである。この雨は雷によるものであった。



日降水量 25.5 mm
 最高気温 32.3
 最低気温 19.8
 平均気温 24.8
 最大風速 5.9 m/s
 平均風速 2.0 m/s

3. 真岡での光化学スモッグ

1992年、8月28日現在で、光化学スモッグ注意報が16回発令されている。この記録は1987年に並び最悪の記録である。また、ここ数年発令されなかった真岡でも5回発令されている。(8/29下野新聞より転載) 県公害課の話によれば、気象条件が主な要因であるが、県南東部や東部での発生は、東風で茨城県鹿島地区の排気物が運ばれた可能性が考えられるとのことである。

そこで、本校の気象観測システムで得たデータをもとに考察してみた。夏休み中に、光化学スモッグ注意報が発生した日を宇都宮地方气象台、土浦地方气象台、栃木県公害課に問い合わせた。また、学校に連絡があったものをまとめると次の表になる。

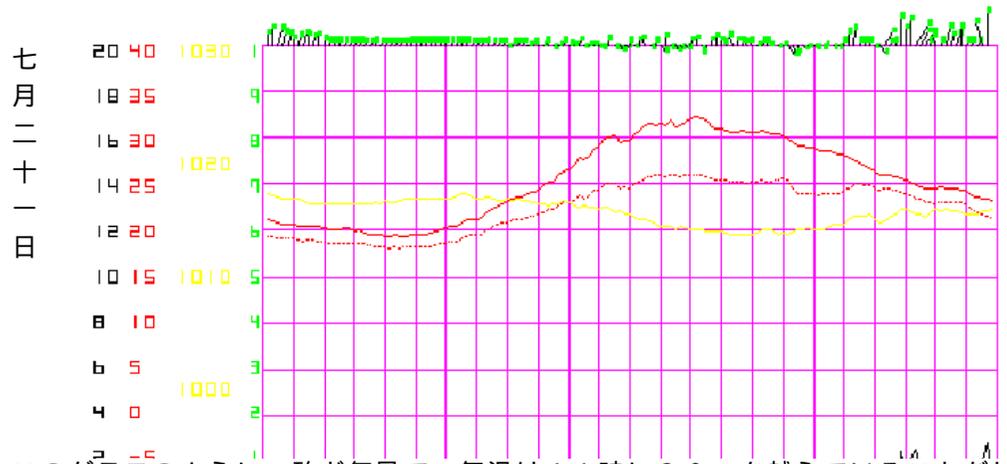
	土浦	真岡	最高気温	最低気温	平均気温	平均風速 m/s	日降水量 mm
7/20			32.6	19.5	25.2	1.5	0.0
7/21			32.2	19.3	25.4	0.6	1.5
7/22			31.0	22.1	25.8	0.4	0.0
7/23			34.7	-	27.0	0.9	0.0
7/24			33.0	22.2	26.1	0.9	3.0
7/25			33.7	21.9	26.6	0.8	0.0
7/26			33.1	21.3	27.0	0.6	0.0
7/27			34.9	22.5	28.2	0.8	0.0
7/28			35.9	22.1	27.8	1.1	2.0
7/29			36.3	23.3	28.6	1.3	0.0
7/30			36.3	22.9	28.5	0.9	0.0
7/31			36.2	23.2	28.5	1.1	0.0
8/1			32.3	19.8	24.8	2.0	25.5
8/2			23.9	19.0	20.7	1.3	10.5
8/3			21.1	17.7	19.2	2.0	5.0
8/4			23.5	17.5	19.9	1.8	0.5
8/5			26.9	17.7	22.1	0.6	0.0
8/6			33.8	21.2	26.3	0.9	0.0
8/7			33.6	21.2	26.8	1.6	0.0
8/8			31.5	21.8	26.0	2.7	0.0
8/9			26.0	-	-	3.8	0.5
8/26			34.1	22.5	26.9	2.1	0.5
8/27			31.0	22.5	26.2	1.2	0.0
8/28			33.2	23.8	27.5	1.0	0.0
8/29			31.0	22.3	25.6	1.9	0.0

注意
 : 宇都宮气象台
 : 県公害課
 : 学校への連絡
 なお、気温の測定では、8月9日以前は精度に問題があり、±1程度の誤差がある。9日以降は、温度計の校正を行い、百葉箱で計測を開始した。

若干、情報に混乱があり、真岡地区で光化学スモッグ注意報が発令された日時に不確定な点はあるが、発生時間がわかっている7月21日のデータを考えてみる。

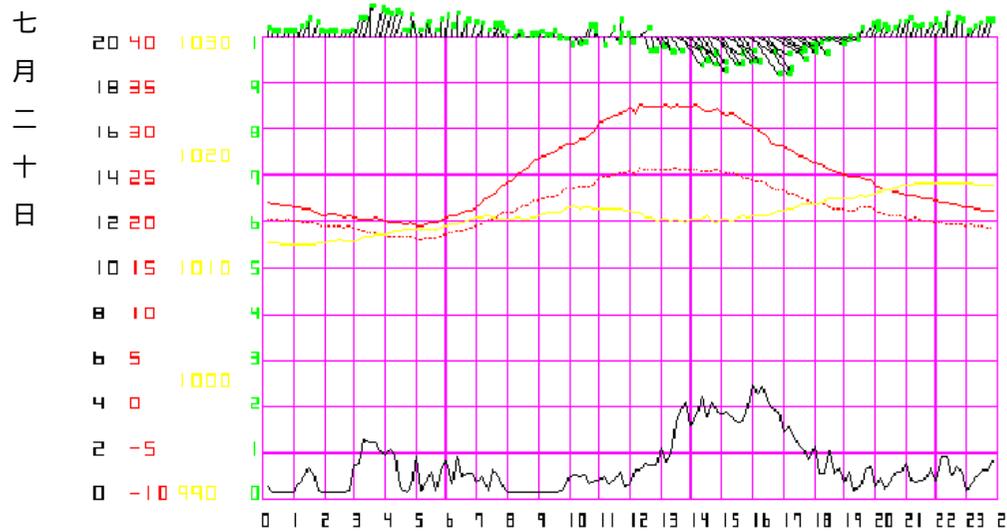
1992年7月21日の真岡での光化学スモッグ

この日は、土浦：12時～16時、真岡：3時20分と、土浦と真岡に光化学スモッグ注意報が発令された。この時の本校で観測した真岡の気象データは



このグラフのように、殆ど無風で、気温は11時に30℃を越えていることがわかる。しかし、19時以降に1.5mmの雨がふり、2m/s程度の北風がふいた。

翌日の22日は、光化学スモッグ注意報は発令されていないが、気温、風速とも21日の状況と殆ど同じである。発令されずにすんだ理由は、前日の21日、19時に降った雨と、2m/s程度の北風の影響が考えられる。



2
1日のスモッグの発生を考えるために、20日の真岡での気象データを見ると、12時～19時までの7時間の間に、平均2.9m/sの南南東の風が吹いている。

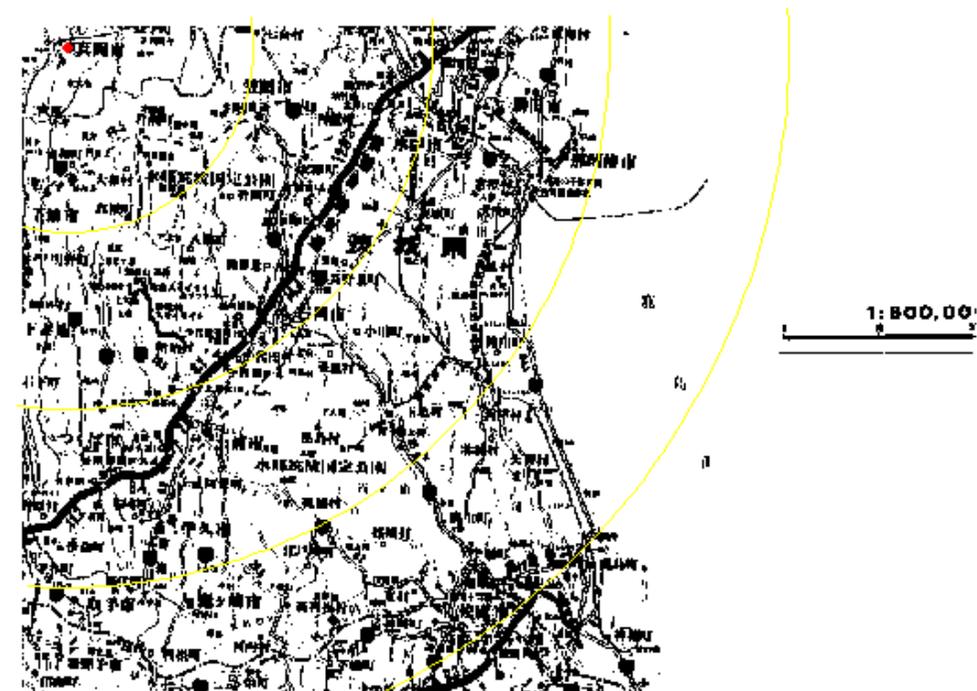
この風に乗って、汚染物質が運ばれて、翌日(21日)の光化学スモッグ注意報発令の原因になったと、仮定してみる。

そこで、汚染物質の発生源を推定するために、真岡からの距離Lを、
距離 = 平均風速 × 持続時間で計算すると、

$$L = 2.9 \times 60 \times 60 \times 7 = 73080 \text{ m}$$

となり、真岡から直線で、約73Kmの距離で、風向から考えて南南東の地点と推定することができる。

汚染物質の発生地点の推定

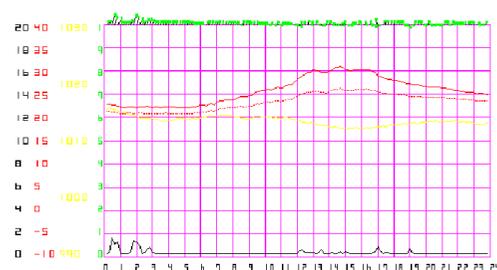


この図は、真岡から80Kmの範囲を示した地図である。この地図からあきらかなように、真岡から南東の方向約80Kmの地点に鹿島臨海工業地帯がある。また、真岡で光化学スモッグ注意報が発令されたとき、土浦でも発令されている。これらの点を考慮すると、真岡で発生した光化学スモッグは、鹿島臨海工業地帯からの汚染物質の影響であると推定できる。

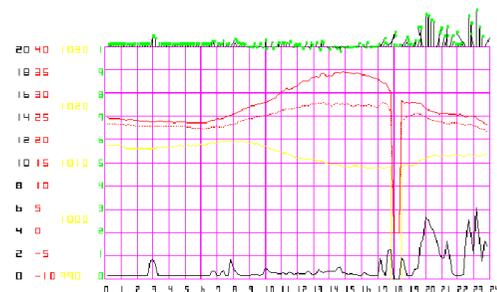
一般的に、沿岸部で大気中に排出された汚染物質は、1日の内に海風に乗って内陸を100キロくらい運ばれると言うが、真岡でも影響がでていたことになる。

1992年7月23日、8月28日の真岡での光化学スモッグ

7月22日



7月23日

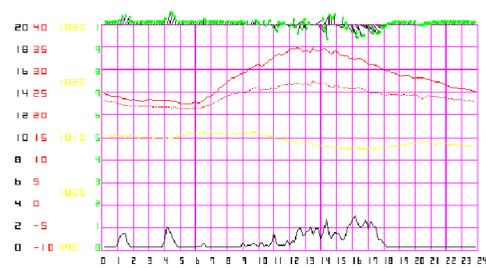


7月22日の真岡での気象データは、殆ど無風の状態であるが、気温が若干前後の日より低く、また、前日の夕方の雨の影響で湿度も比較的高かったことがわかる。この日は光化学スモッグ注意報は発令されていない。

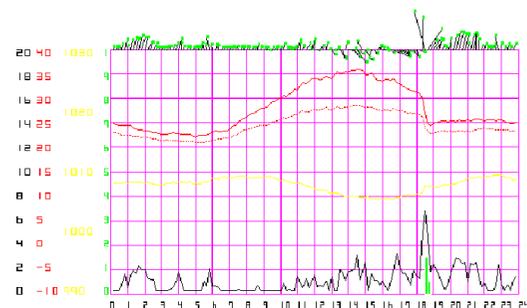
7月23日は、日中殆ど無風の状態で、22日より気温も上昇し空気は乾燥している。この日は再び光化学スモッグ注意報が発令されている。

この2日間の気象データを考えると、21日の大気は2日間、殆ど動かず、再び23日の大気の乾燥、紫外線の増加で光化学スモッグが発生したと思われる。

8月27日



8月28日



8月27日は日中南東の風が吹いており、28日はほとんど北風が吹かず、28日、光化学スモッグ注意報が発令された。この気象条件は7月21日の条件と同じであるが、土浦では注意報が発令されていない。

関東地方では、汚染源の都心や京浜工業地帯ではなく、内陸の三多摩地区や埼玉県でオキシダント濃度が高くなる現象が知られているが、同じ様な現象が28日にも生じ、内陸の真岡で光化学スモッグ注意報が発令されたと考えられる。

1992年夏の気象と光化学スモッグ

夏休みには入って、連日30℃を越える日が8月1日まで続いたが、同時にこの13日の間に、光化学スモッグ注意報が7回も発令されている。連続して発令される注意報が途切れた時は、この時、必ず雨が降っていることに気づく。このように光化学スモッグ注意報が発令された日の前後の気象データを調べてみると、次のような特徴がある。

連日、光化学スモッグ注意報が発令されているとき、雨が降ると少なくとも、次の日は発令されない。

夕方から翌日の午前中、北風が吹く日が多いが、光化学スモッグ注意報が発令された日のこの時間帯は、この北風がほとんど吹いていない。

今年の夏は、例年に比べて雷が少なかった。本校の雨量計で測定された8月の雨量は53mmで、例年の半分以下である。しかも、この雨量の大半は8月1日の降っている。

今年の夏の異常なまでの光化学スモッグは、

夕立等の雨が少なく乾燥した状態が続き、雨による大気の浄化がなかった。

連日の猛暑からわかるように陽射しが強かった。

大気が安定で、風が弱かった。

等により多く発生したと推定できる。

9月に入ってから真岡で最高気温が37℃を越える日があった。しかし、夕立がほとんどなく、立木の葉が茶色になるほどであった。夕立がくると、雨と風で大気中の汚染物質が洗い流され、吹き飛ばされるが、これがほとんどなかったため光化学スモッグが多発したと思う。さらに、日常的に海風と陸風が観測されるはずだが、ハッキリとした陸風が吹かない日が目だった。今年の真岡での光化学スモッグ注意報が多発された理由は、太平洋高気圧の勢力が安定であることによって生じた気象条件が主な原因であったと思われる。

4. 風速の度数分布

風力発電によって、どの程度のエネルギーが得られるのか、μコ・ジェネレーションシステムを構築するうえで大変興味がある。そこで、81日間に得られた風速のデータをもとにして風力エネルギーを試算してみた。

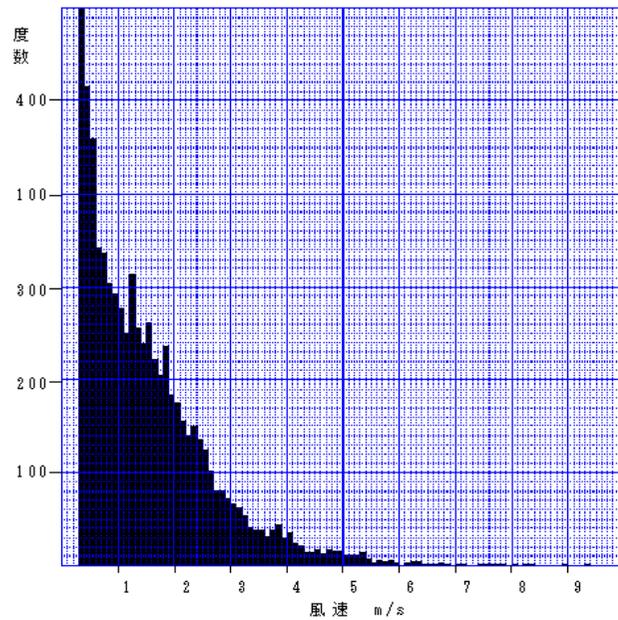
風のもつエネルギーは、 $E = 0.613V^3$ で計算することができる。この計算でわかるように、エネルギーは、風速の3乗に比例する。しかし、風力エネルギーをを求めるために、平均風速から求めることはできない。何故ならば、風速は絶えず変化しているので大きな誤差を生じてしまうからである。例えば平均風速が同じでも平均風力エネルギーは違った値を示すからである。そこで、立方係数 f_c は

$$f_c = (V^3)^{1/3} / V$$

と定義され、平均風速と、3乗平均速度の比を表す係数で、風速の度数分布型によって変化する。

一般的には風速の度数分布型をワイブル分布と仮定して、風力エネルギーを計算するが、81日間のデータをもとに直接風力エネルギーを試算した。

次のグラフが風速の度数分布である。この期間(81日間に12日間、風速型が故障で測定不能であったので、この間のデータはぬいてある)の各データは



最大風速 = 10.8 m/s
平均風速 = 1.26 m/s

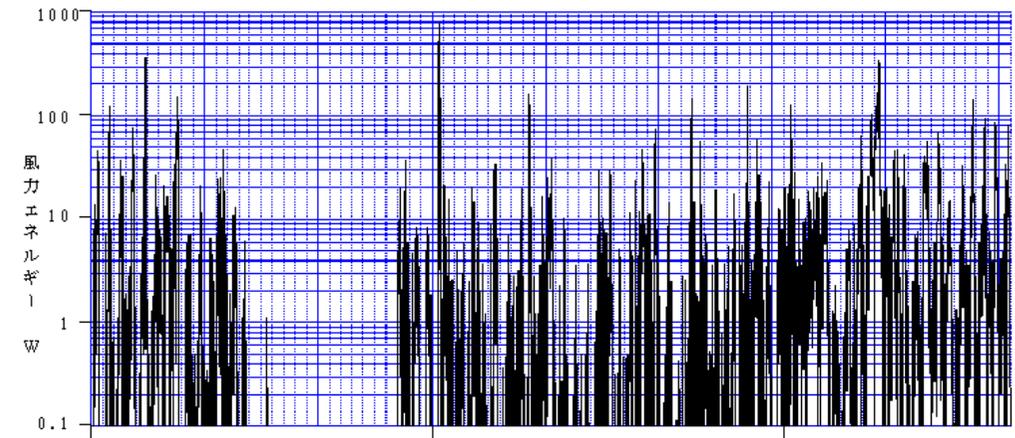
積算風力エネルギー = 5.4 KW
最大エネルギー = 765.8 W
平均エネルギー = 5.46 W

注

度数分布の全度数は
約 1×10^4 である。
風速 0.3 m/s 以下の度数は
約 0.5×10^4 もある。

平均風速 1.26 m/s をもとに風力エネルギーを計算すると、 $E = 1.23 W$ となり、全く違った値を示すことになる。

次のグラフは81日間のデータをもとに風力エネルギーをプロットしたグラフである。風力エネルギーは、風速の3乗に比例するので、変動が極めて大きくなる。したがって、縦軸(風力エネルギー)は対数目盛りで表示してある。



このグラフを見てもわかるように、風力発電で得られるエネルギーは、本校の所在地では極めて不安定であることがわかる。またそのエネルギー量も平均すると、風に直角な面において、 $5 W/m^2$ である。

ところで、太陽光のエネルギーは $1 KW/m^2$ であるが、日射量から平均エネルギーを計算すると、実際は $50 W/m^2$ と考えられる。さらに太陽電池で発電することを考えると、効率を 10% と見積もって、得られるエネルギーは $5 W/m^2$ となり、風力エネルギーと偶然にほぼ一致することがわかる。

5 . 今後の課題

やっとシステムが安定に動作するようになった。基本的な気象データは測定可能になった。今後は、なんと言っても、長期的に観測を続けることが必要である。そのためには、現在の装置の定期的な点検と一層の精度の向上が必要である。そして、データの蓄積があって、はじめて、地元の気候の変動を捉えることができる可能性がある。なお、本校運営のR B B Sシステムに接続して、地元で気象データを提供したいと考えている。

現在の測定インターフェイスには、まだ若干の余裕があるので、日射量の測定と、紫外線量の測定を今年度中に開始する計画でいる。

日射量の測定では、太陽電池を使った発電システムの基礎データに利用できる。装置もP I Nフォト・ダイオードを使って簡単に製作可能である。

紫外線量の測定には、紫外線フォトセンサー（浜松ホトニクス製、G 3 6 1 4 - 0 1）等を利用すれば簡単に測定できる。紫外線量は、オゾン層の破壊によって増加することが懸念されている。そこで、紫外線量の変化を継続的に測定する計画で、紫外線量から環境破壊の状況を把握できるはずである。また、光化学スモッグ発生の予測をするにも利用できると思う。

雨のP Hの測定器を製作したいと考えているが、技術的に難しく、なかなか見通しが見つからない。しかし、今年度中に目処をつけようと考えている。

観測を開始して数カ月の短い期間であるが、予想もしていなかった、真岡での光化学スモッグの多発と、気象条件の関係を、自動気象観測システムで捉えることができた。当初、中国からの汚染物質と酸性雨の関係を調査する計画で製作したシステムであるが、水平距離にして1 0 0 K mと規模は小さいが、同じ風によって運ばれる汚染物質により生じる環境汚染を捉えることができたのは好運であった。

今までの観測データを見ても、特に比較する以前のデータはないが、環境が思っていたより急速に変化している感じがしてならない。この感覚をできるだけ多くの人に感じてもらえば、地球環境破壊をくい止めることができるのではと思う。