

# 超音波-風速計の検討

2014/9/14

PIC情報交換会



超音波を応用して風速計が出来ないか、検討してみた。

音速は  $331.5+0.6T$  で表せる。T=温度で1°C気温が上がると0.6m速くなる。

25°Cでは約346m/秒 これに風が加わると順風なら更に速く、逆風なら遅くなる。  
距離固定でデバイスをセットして音波を発生し、その到達時間を計れば風速が判るという仕組みであり、実際にすでに実用化されている。

製品化されているモノは3次元の風向き、風速、温度も計測できる。  
メカ的にくるくる回る、古典的なモノに比べると非常にスマートであり、実験してみたくなった。



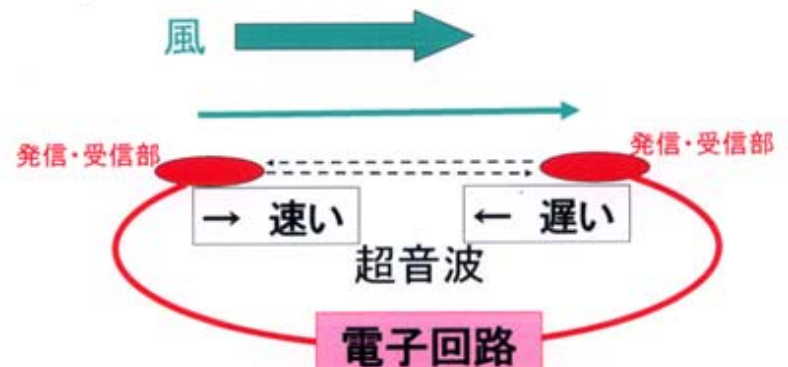
超音波を発生したり、受信したりする方法は後閑先生の距離計の製作を参考にした。

16F785 はOPアンプ、コンパレータを内蔵しているため、PIC1個で送信、受信、表示、切り替え、すべてを完結すること出来る



またCCS-Cで記述されていて大変このシリーズは素晴らしい  
CCSも書き続けて欲しい！！

## 超音波風速計の原理



超音波の到達時間の差から風速がわかる

## 製作の手順

- 1) 精度を決める。 風速1m/秒を目安にする。
- 2) 装置の大きさを決める。 10cm程度(距離が長ければ楽になるが)
- 3) 超音波の周波数を決める。 40KHzが安価 (MHzの製品がある。)
- 4) 計測周波数を決める。 外部20MHzが妥当



25°Cで10cmの距離を音が進む時間は $10\text{cm}/34600\text{cm} = 289.02\mu\text{s}$ である。

風速が順風で1m/秒、加わると  $10\text{cm}/34700\text{cm} = 288.18\mu\text{s}$ になる。

時間差は約 $0.84\mu\text{s}$  この差が計測出来ればよい。

外部クロック20MHzのPICでは5MHz( $0.2\mu\text{s}$ )なので約4カウントの差が出来る。

充分ではないが距離が小さくなり装置の小型化、SNも良くなる傾向。

風速1m/秒=4.1カウント 温度1度=2.5カウント 距離1cm=144.5カウント

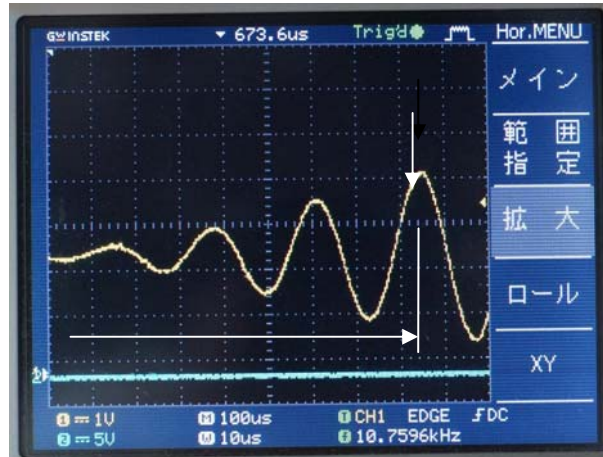
最初、距離計をそのまま、平行から対向にして、実験してみたが分解能が上がらず  
いくつか、試行錯誤で修正した。 CCS\_Cのバグらしきものもあり、難航！

Setup\_comparator(CP1\_A1\_VREF | CP1\_INVERT)を記述するとPIN\_C0などが  
使えなくなる。原因不明 CM1CON0=0xA8 等で置き換えた。



1波

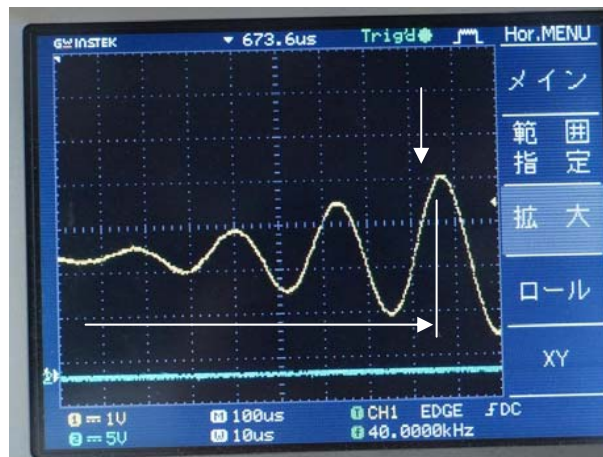
音波を受けて振動する



風なし

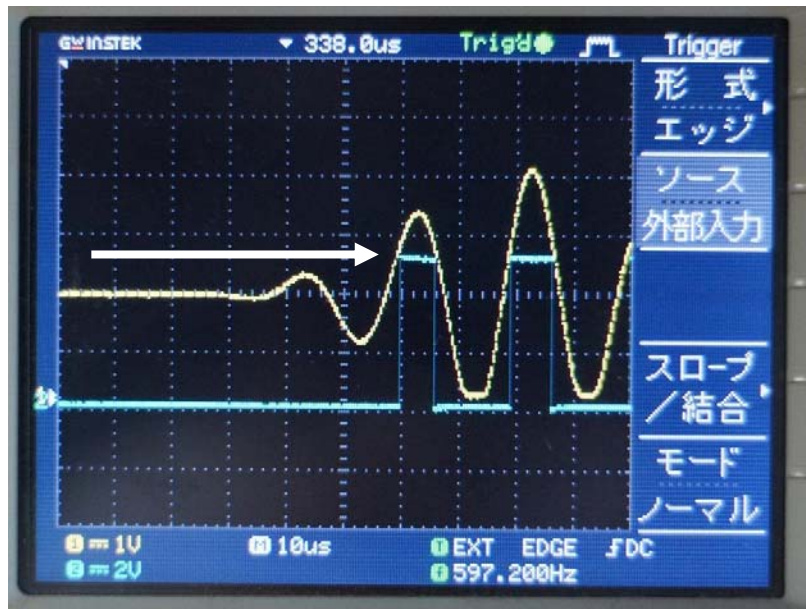
これを基準

距離 = 20cm

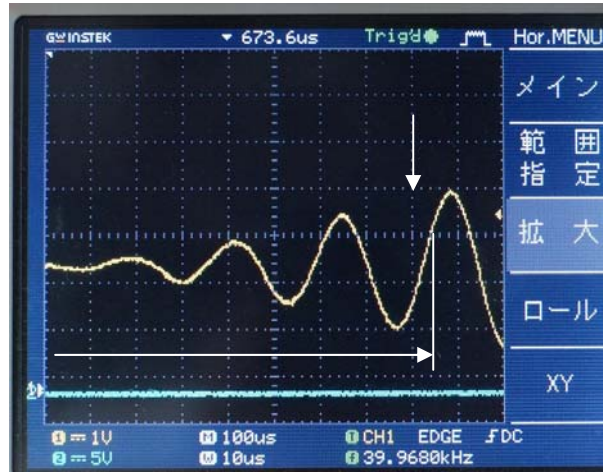


風力弱

2usずれる



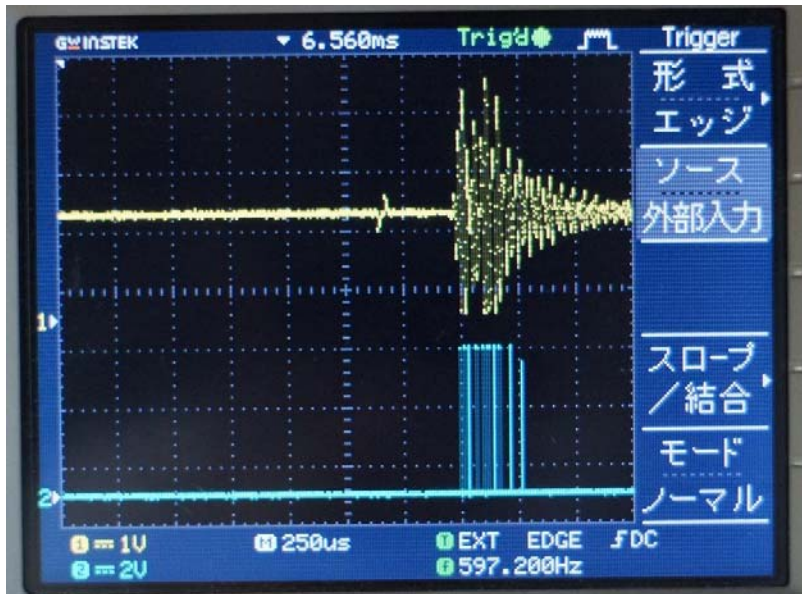
閾値を可変して安定した場所を選ぶ



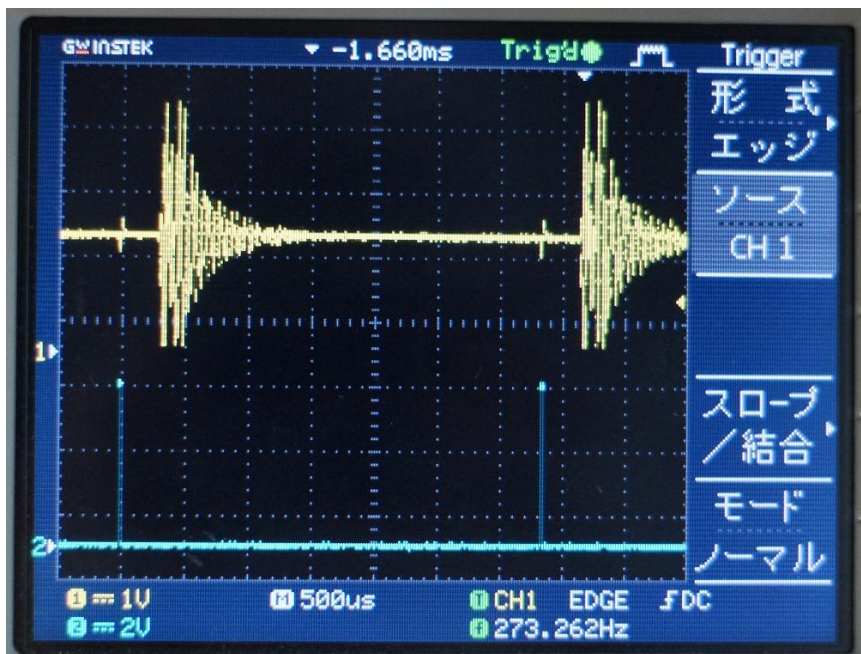
風力中

4usずれる





単発パルスの後、閾値を越える波形にはパルスが出るが先頭のみを使う。



3.6msおきに8回、時間を測定して平均値をとっている。

コンパレータの基準電圧を可変することで、計測時間が決まる。波形の高さとノイズの関係で微妙な箇所なので、すべてオシロで見えるように回路構成を変更した。また一般的な整流回路も削除した。超音波は結構、反射するのでその影響がでない様に観測する

カウント数	差分	風速換算
1443		0m/s
1446	+3	2.4m/s
1449	+3	3.4m/s
1452	+3	5.2m/s



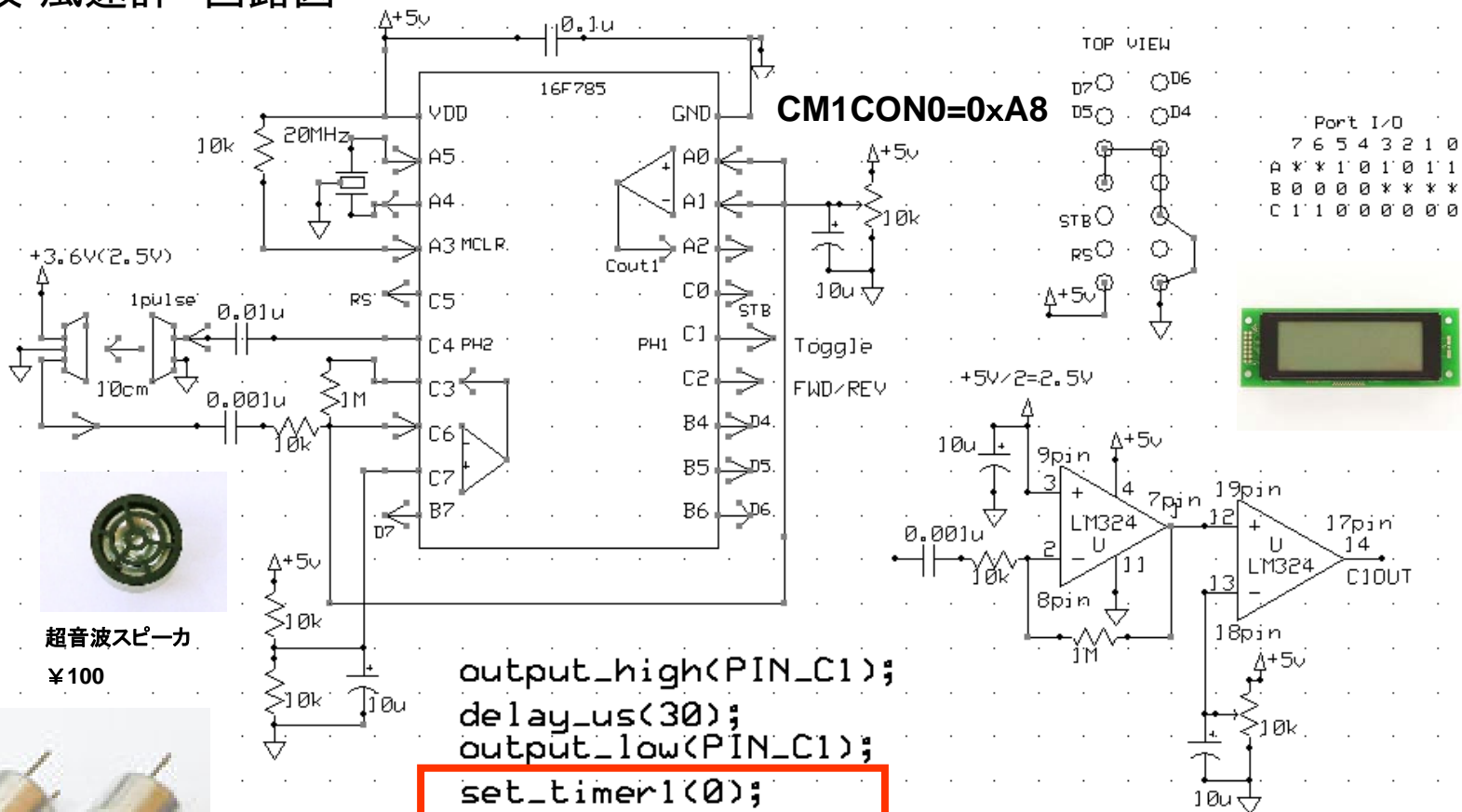
上記の風速計ではかなりの変動があり、扇風機の風ではなかなか、安定しなかった。

現状では差が出た程度の信頼性しかない

距離計の場合は往復で1cmx2の進む時間は29x2usあり、風速で1m/sの0.8usほどの精度を必要としない

# 超音波-風速計 回路図

#BYTE CM1COM0=0x119



超音波シリコン  
マイク ¥700  
感度が高い

超音波スピーカ  
¥100

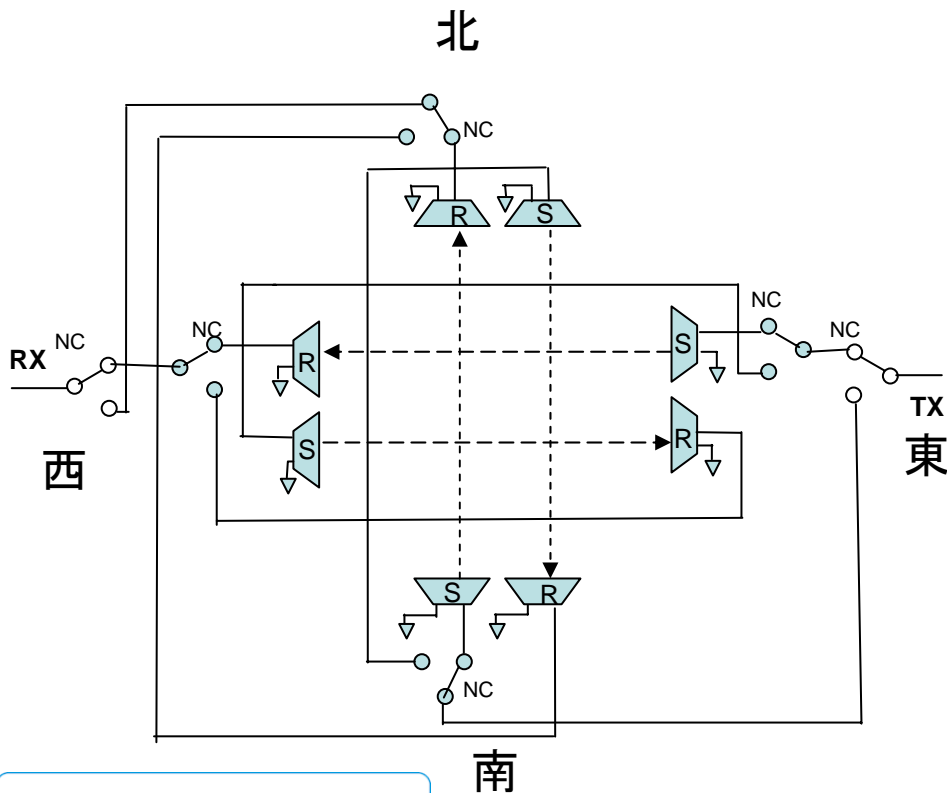


超音波 送信&受信セットでも  
良いが少し大きい ¥300

```
output_high(PIN_C1);
delay_us(30);
output_low(PIN_C1);
set_timer1(0);
while(C1OUT == 0);
D[N]=get_timer1();
delay_ms(3);
```

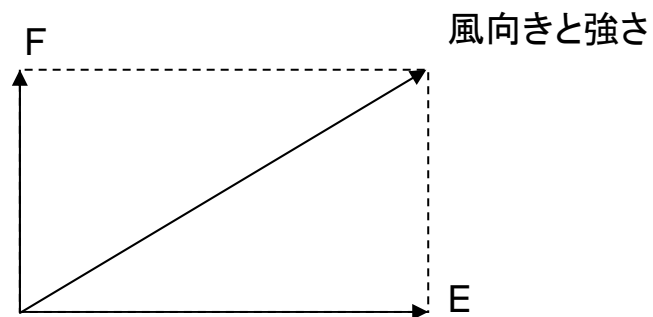
受信できない時の処理を  
入れると遅くなる。

- 距離計からの変更 外部20MHz発振 OPアンプ2段目廃止(1段目ゲインUP) 測定の高速化
- 外部レファレンス電圧(手動VR) PWM廃止(単発にしたため)
- 整流回路廃止 コンプリの駆動廃止 2PIN予備(FWD/REV エラー)

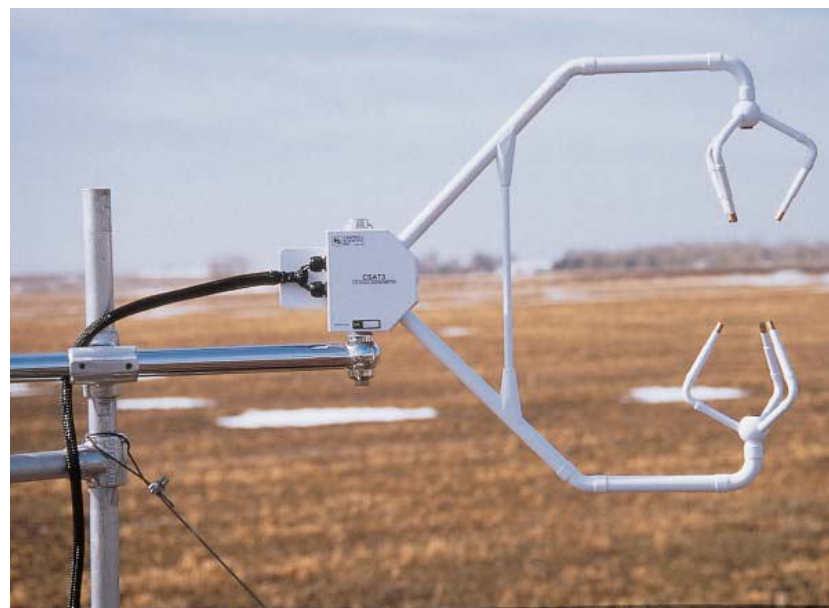


東西と南北に送受ペアを4デバイスを配置

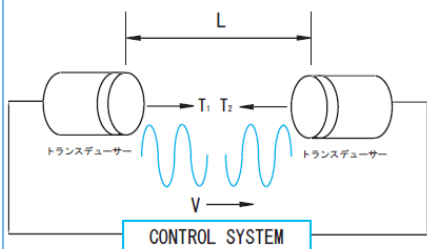
- 1) 東>西の時間計測 A
- 2) 東<西の時間計測 B A-B=E
- 3) 南>北の時間計測 C
- 4) 南<北の時間計測 D C-D=F



更に上下にも配置すれば3Dの風向きも計測可能



TIME OF FLIGHT THEORY



$$T_2 = \frac{L}{C - V} \quad T_1 = \frac{L}{C + V}$$

$$V = \frac{L}{2} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] \quad C = \frac{L}{2} \left[ \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right]$$

L= トランスデューサー表面同士の距離  
 C= 音速  
 V= 気体流速速度  
 T1= 超音波の到達時間  
 T2= 超音波の到達時間