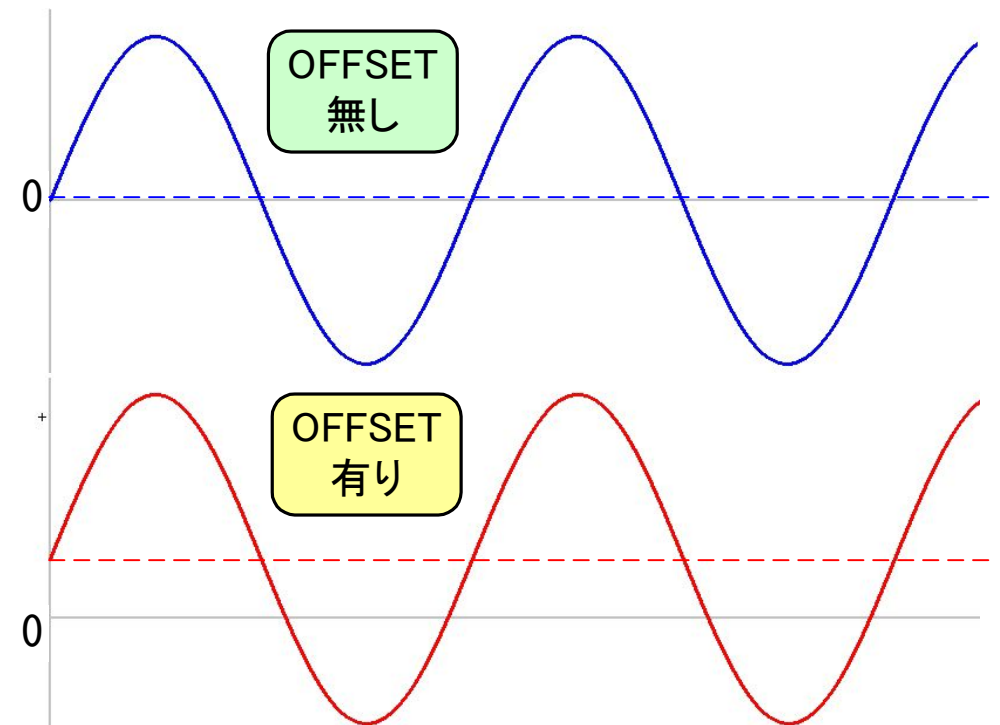


オフセットとは、何？

前々回の 3軸加速度センサの 実験で、各軸に 大なり小なり **オフセットがある**事を話しました。初心者の方で、**オフセット**って、何。？という方も おられるかもしれませんので、簡単に説明しておきます。

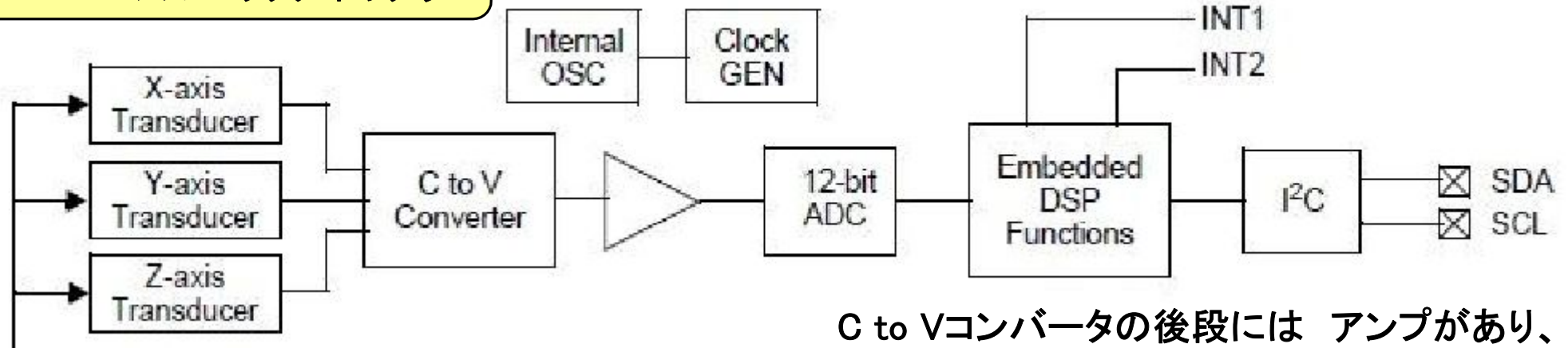
右の図で、上側の青いグラフは、0レベルを中心に 上下バランス良く正弦波が 表示されています。青の正弦波の波形の中心は 青の破線で表してます。0レベルの線と 波形の中心レベルの線が きれいに重なっているので オフセットは 無い状態です。

それに対し、下の 赤のグラフは、**中心位置が 0レベルより上に ズレた状態**で表示されています。このように **波形の中心が 0レベルから ズレている状態を オフセットがある**といいます。



上の赤の正弦波の中心レベル(破線表示)と0レベル(灰色表示)の レベル差が **オフセット値**となります。通常は 微小信号を増幅する OPAMPのオフセット電圧等が 原因である場合が多いです。その場合は電圧値でオフセットを表示します。

MME8452Qのブロックダイアグラム



上の図は **3軸加速度センサ MMA8452Q** のブロックダイアグラムです。一番左に X-axis、Y-axis、Zaxisのトランスデューサーがあります。そしてその後段に C toV コンバータがあります。この **C**は **キャパシタ**とされますので、**静電容量の変化を電圧に変換している**と思われます。よって 3つのトランスデューサーは、メカトロニクス技術で作られた 加速度を検出できる可変容量コンデンサという事になります。

C to Vコンバータの後段には アンプがあり、その後段に12bit ADCが あります。オフセットが、ADCの前段、特に 各チャネル毎に オフセットの出方が異なる事からすると 各軸のトランスデューサーが 影響しているのかなと思います。このICは 非常に高度な IC製造技術で製造されていると思います。しかしアナログ的な高い精度を実現するのは、IC製造においてはかなり難しい事と思います。よって、この ICを利用するソフトウェアで 後処理的に補正してもいいのではないかと 考えました。

具体的に どのようにオフセットを補正するか

各 加速度センサの固体において、X軸、Y軸、Z軸の 振動を入れない状態で 出力サンプルを 多数取り出し平均化したデータを 収録します。

ここで 多数という曖昧な表現をしていますが、このセンサは 各軸 12bitで 4096の分解能を持ちます。その分解能の 倍以上のサンプル数の平均を取った方がいいと思います。単純に倍だと 8192になりますが、大雑把に 10000とかで いいと思います。

今、私の前回作ったプログラムでは 50Hzサンプリングなので $10000/50$ で 200秒です。分で表すと 3.33分で ちょっと歯切れ悪いです。12000でやると 240秒で ちょうど 4分です。という事で、12000で 平均処理を行う事にします。

で、ESP32の MMA8452Qアクセスプログラムはそのままに、パソコン側で 平均化処理を行い 連続的に データを収録して行こうと思います。

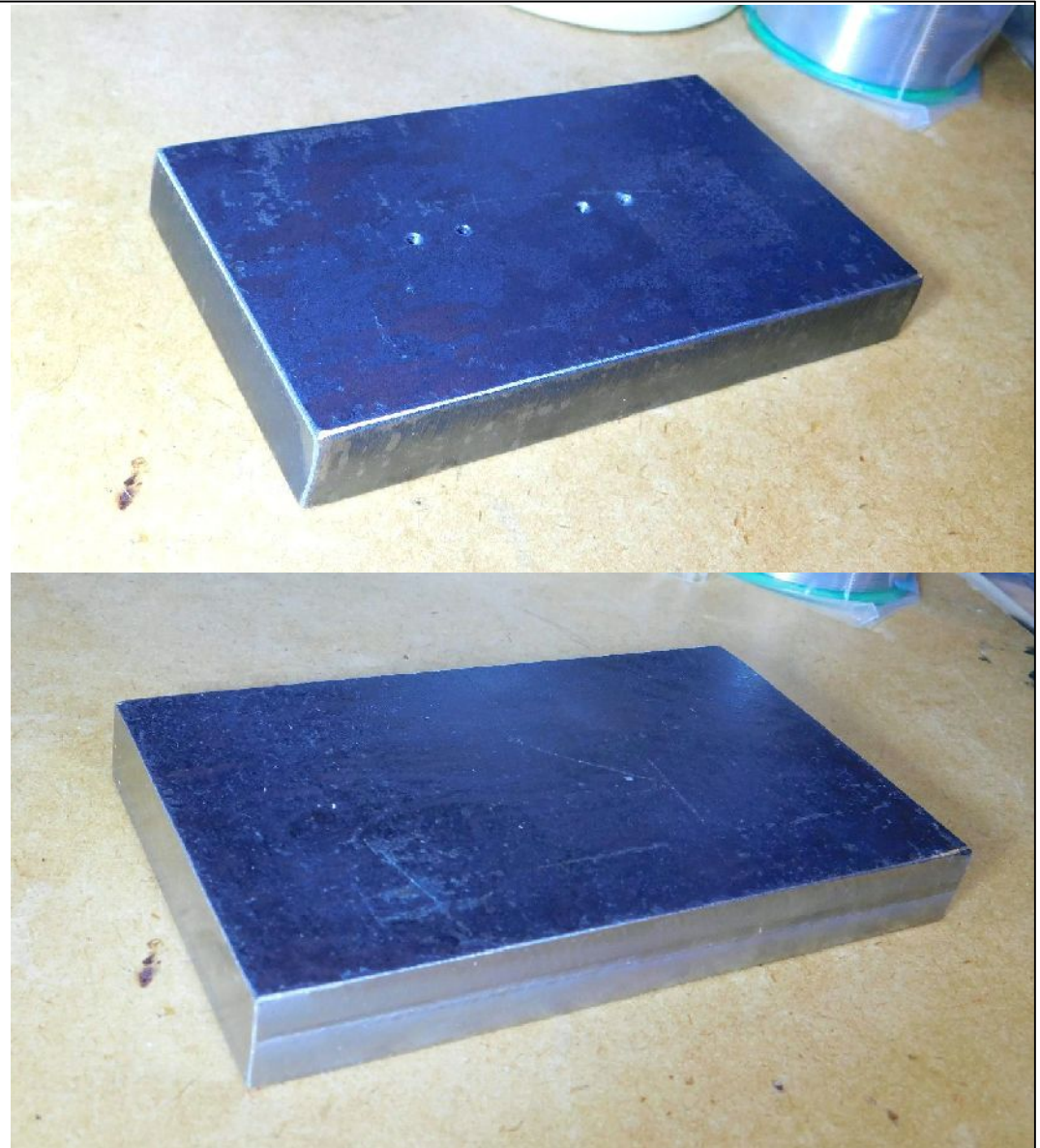
時間経過と共に 多数、データを取り込んでいくと その傾向が見える場合もあるので、平均値を 24時間 連続収録しようと思います。

それと、基板を水平設置して収録すると、Z軸に重力加速度が 入ってくるので、前々回やったように、基板のZ軸が 水平になる様に設置すると重力加速度が、Z軸に 入りません。そうするとZ軸だけ もう一度 取り直しになるかな。

それと前々回 加速度センサをアルミ板に付けて、アルミ板を 鉄板に取り付けて実験を行いました。

この時、鉄板の小口というか切断面ですね。これが 斜めになっていたり、真ん中あたりが膨らんだ小口になっていたりで 立てて置くには 安定性が悪かったので、鉄板の小口を3面 角の直角を出して 平面切削する事にしました。

切削作業は、ミニフライス盤を用い、 $\phi 10\text{mm}$ エンドミルで 行いました。鉄の切削は 久々でした。



12000サンプルの平均化データを 見る

10/04	13:00:11	...	X= 0.0255	, Y=-0.0273	, Z=-1.0031
10/04	14:03:11	...	X= 0.0255	, Y=-0.0274	, Z=-1.0031
10/04	15:01:59	...	X= 0.0255	, Y=-0.0273	, Z=-1.0031
10/04	16:00:47	...	X= 0.0255	, Y=-0.0274	, Z=-1.0032
10/04	17:03:47	...	X= 0.0255	, Y=-0.0273	, Z=-1.0033
10/04	18:02:35	...	X= 0.0255	, Y=-0.0274	, Z=-1.0032
10/04	19:01:24	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0032
10/04	20:00:12	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0033
10/04	21:03:12	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0032
10/04	22:02:00	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0033
10/04	23:00:48	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0032
10/05	0:03:48	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0033
10/05	1:02:36	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0033
10/05	2:01:24	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0033
10/05	3:00:13	...	X= 0.0256	, Y=-0.0275	, Z=-1.0033
10/05	4:03:13	...	X= 0.0256	, Y=-0.0274	, Z=-1.0033
10/05	5:02:01	...	X= 0.0256	, Y=-0.0275	, Z=-1.0033

12000サンプル 4分毎のデータを全て表示するのは、数が多いので、1時間に 1行のデータに間引きました。左の 10/04 13:00:11 は、4分毎の平均化データ作成の 月日 時刻です。

右の X= Y= Z= が 平均化したデータです。通常 マイコンから送ってくる加速度データは 12bit で、-2048 ~ 2047 の量子化数です。それを、1024で 割って -2.0 ~ 2.0 の加速度 G に 変換しています。よって元の量子化生データは、**小数点以下 3桁**の分解能しかありません。12000 サンプルのデータの平均値(浮動小数点 double)を、**小数点以下、4桁**で 表示してます。

10/05	6:00:49	...	X= 0.0256	, Y=-0.0275	, Z=-1.0033
10/05	7:03:49	...	X= 0.0256	, Y=-0.0275	, Z=-1.0033
10/05	8:02:37	...	X= 0.0256	, Y=-0.0275	, Z=-1.0033
10/05	9:01:25	...	X= 0.0256	, Y=-0.0275	, Z=-1.0033
10/05	10:00:13	...	X= 0.0257	, Y=-0.0275	, Z=-1.0032
10/05	11:03:14	...	X= 0.0256	, Y=-0.0275	, Z=-1.0031
10/05	12:02:02	...	X= 0.0257	, Y=-0.0275	, Z=-1.0032

ブレ幅は、
Xが 0.0255 ~ 0.0256 で、
Yが -0.0273 ~ -0.0275 で、
Zが -1.0031 ~ -1.0033 です。

小数点以下 4桁目が 2 ~ 3 変動する程度で、非常に小さいといえます。この実験で確認したかった事は各軸のオフセット値が変動するかどうかで、この結果を見て変動は殆ど無い。とみなせます。であれば固定の補正値を差し引く事でオフセットをある程度キャンセル出来るという事です。

今回のデータは、X軸と Y軸には外部から力は加わっていないので、今回の X軸 Y軸の平均値がそのまま補正値となります。

Z軸は重力加速度がかかっている所以、センサ基板を立てた状態(センサ基板のZ軸が水平になっている状態)で、再度測定する必要があります。

その後、Z軸の水平状態での測定を行いました。それにより Z軸=-0.0071 という値を確認しました。

尚、今回の補正値は、私が使用した MMA8452Qの固体の値です。面倒ですが他の MMA8452Qを使用する場合は、計り直す必要があります。

でも、今回の状態であれば、2時間も 測れば十分な気がします。

あと、今回の実験で分かった事で、湿度の高い時に 急激に冷やすと結露するという事で、冬場でも 温度が下がれば あり得るので 基板に防水コートとかの処置を 行う必要があります。幸い MMA8452Qの場合は、センサ IC に 穴は 開いて無いので スプレータイプのコート剤が 使用できます。

右のスプレー缶は サンハヤトの Hayacoat です。プリント基板用として作られたコート剤です。基板に 吹き付けた後にハンダ付け出来ると書いてありますが、熱が伝わるのに やや時間がかかるようで 半田付けしずらいです。それと、BME280のような 通気孔が開いているセンサICの場合は スプレータイプのコート剤は 使えませんが 別の結露対策を考えねばなりません。



次に、前々回の 172 動画の 実験部分を
一部 お見せします。

で、覚えておいてほしい部分が、X軸 Y軸
Z軸の加速度値の ぶれ幅と 2次元ベクトル
図の X-Zと Y-Zの 下に伸びている黒線の
状態です。

X軸と Y軸のぶれ幅は 0.0** で、下2桁が
パラパラぶれています。

X-Zと Y-Zの 下に伸びている黒線は、真下
ではなく 画面の 1 Dot分 左及び 右に 若
干 斜めになっています。

説明音声は、前々回のものです。

ESP32 ソースの変更箇所

オフセット補正値の 定数宣言は ソース先頭近くに
あります。 #define で 宣言しています。

```
// offset補正値 24-10-05 追加  
// -----  
#define ADJUST_VAL_X 0.0150 // offset補正値(X)  
#define ADJUST_VAL_Y -0.0274 // offset補正値(Y)  
#define ADJUST_VAL_Z -0.0071 // offset補正値(Z)
```

補正計算処理は loop() 関数内の
データを MMA8452から読み込んだ 直後に あります。

```
gx = data_conversion( buf[0], buf[1] ) - ADJUST_VAL_X; // 24-10-05 変更  
gy = data_conversion( buf[2], buf[3] ) - ADJUST_VAL_Y; // 24-10-05 変更  
gz = data_conversion( buf[4], buf[5] ) - ADJUST_VAL_Z; // 24-10-05 変更
```