

PSDの精度を計測する

PSDは安価なわりに精度が高く、ロボコンでは広く使用されている赤外線 測距センサです。測定レンジは100-800mm、近くなるほど精度が高くなるという特徴があります。ここではその精度の限界を調べてみます。

- [時間の分解能](#)
- [距離の精度の理論値](#)
- [距離の精度の実測値](#)
 - [デフォルト](#)
 - [コンデンサ\(10 \$\mu\$ F\)を入れる](#)
 - [ボルテージフォロア回路を追加](#)
 - [コンデンサを追加\(330 \$\mu\$ F\)](#)
- [距離の精度の実測値 x フィルタリング](#)
 - [平均値フィルタ](#)
 - [メディアンフィルタ](#)
- [距離の精度の実測値 x 増幅 x メディアンフィルタ](#)
- [結論](#)
- [よた話：失敗事例](#)
- [参考文献／サイト](#)

時間の分解能

まず時間ですが分解能はほぼ固定です($\pm 5\text{ms}$ と精度はありますが、変換のタイミングを知ることができない以上、上限値で固定で考えた方が楽でしょう)。PSDは時間の分解能は50msと射程のわりに案外よくありません。これが効いてくるのは特に旋回中のセンシングです。

30deg/secで旋回していると $30 \times 50 \times 10^{-3} = 1.5\text{deg}$ 毎に捜査するので、距離800mmにある物体の捜査の間隔は以下のようになります。

$$(2\pi \cdot 800) \cdot (1.5/360) = 20 [\text{mm}]$$

一周12秒の超低速旋回ですら2cmの分解能となります。対象物の大きさが知能ロボコンの対象物(半径5,6cm)と考えると有無の判別に使用できるギリギリの値です。より小さな物体をロボットが旋回しながら探査する場合は、もっと速度を落とすか、探査範囲を狭める、もしくはセンサ数を増やさないといけないということになります。

距離の精度の理論値

PSDから得られる距離の精度の理論値は、ADCの精度と、PSDの距離-出力電圧の勾配から計算できます(縦軸：出力電圧[V]、横軸：距離[cm])。具体的には、

$$\Delta l = \Delta v \cdot (\partial l / \partial v)$$

$(\partial l / \partial v)$: PSDの距離-出力電圧勾配

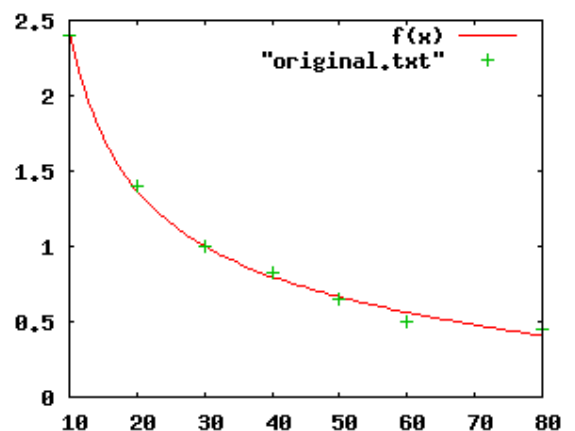
Δv : ADCで計測できる電圧の精度

Δl : PSDで計測できる距離の精度

まずSH2のADCは分解能は10bitですが精度9bitです。つまり10bitのうち、下1bitは誤差でON/OFFしてしまう可能性があるということです。電圧に換算すると以下の通りです。

$$5V / (2^9) = 0.00977 [V]$$

ここで、[PSDのデータシート](#)から距離-出力電圧曲線から大体の数値を読み取り、gnuplotを使って近似します。近似曲線は $f(x) = a/x + b + c \cdot x$ とします。理由は曲線が見た目が大体 $1/x$ になっていること、極値を持たないこと(x^2 の要素が無いこと)です。基本的に山勘です、深い意味はありません。



```
$ cat > original.txt << EOF
```

```
10 2.4
```

```
20 1.4
```

```
30 1
```

```
40 0.82
```

```
50 0.65
```

```
60 0.50
```

```
80 0.45
```

```
EOF
```

```

$ gnuplot
gnuplot> f(x)=a/x+b+c*x
gnuplot> fit f(x) "original.txt" via a,b,c
a          = 20.0773      +/- 1.013      (5.044%)
b          = 0.437557     +/- 0.08808    (20.13%)
c          = -0.00349243  +/- 0.001283   (36.75%)
gnuplot> set terminal png size 320,240
gnuplot> set output "original.png"
gnuplot> plot f(x), "original.txt"

```

この近似曲線から、電圧-距離の勾配を計算します。ここで $\Delta v(x)$ はADCの精度 $\pm 0.5[\text{bit}]=0.00977[\text{V}]$ です。 $\Delta l = \Delta v * (\partial l / \partial v)$

$$\partial v(x) / \partial x = -a/(x^2) + c$$

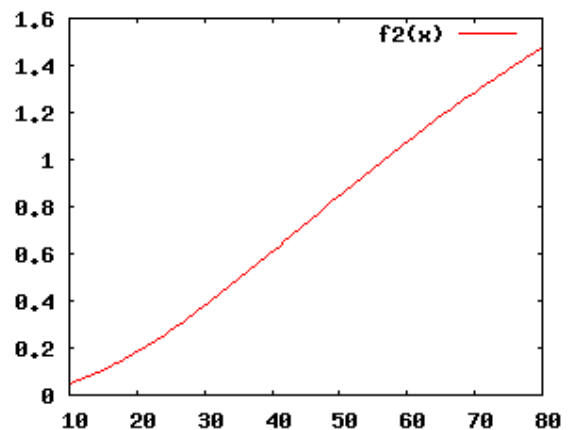
$$\Delta x = -1/(a/(x^2)+c) * \Delta v(x)$$

よって、測定可能な距離の精度は以下のとおりになります(縦軸=誤差のPeak-To-Peak[cm]/横軸=距離[cm])。※誤差は、 \pm (縦軸の値/2)になります。

```

gnuplot> f2(x)=abs(1/(-a/(x^2) +c)*0.00977)
gnuplot> set terminal png size 320,240
gnuplot> set output "error.png"
gnuplot> set xrange [10:80]
gnuplot> plot f2(x)

```

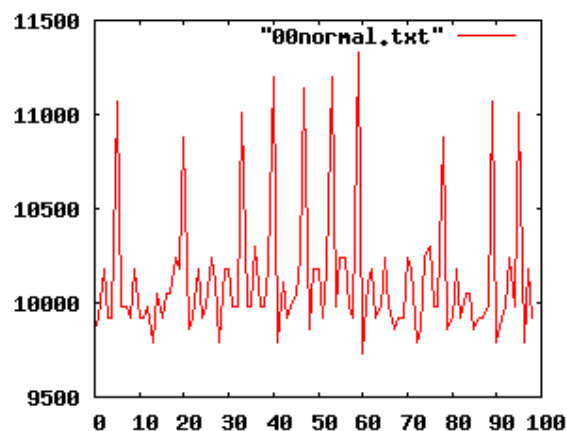


距離の実測値

時間の精度および、PSDの出力の曲線は実測値も理論値も代わりませんが、そのままでADCの精度は実測値では9bitも出ません(距離は理論値と実測値が違うということになります)。だいたい値が10000ぐらいになる程度のところで、精度を改良してみます。なお、SH2のADCで読み取った値は下6bitは0で埋められており、値が 2^6 単位でしか変化しないように見えますのでご注意ください。

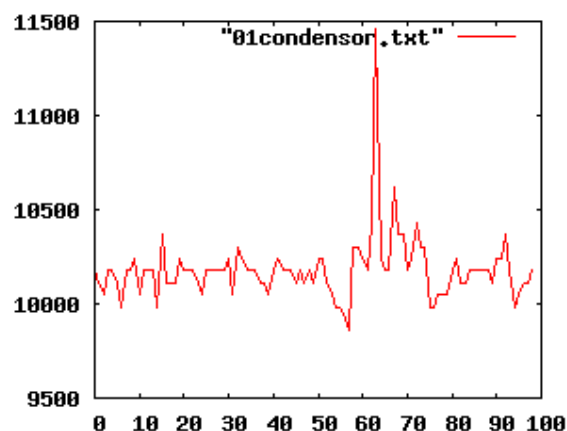
デフォルト

(縦軸：計測値、横軸：時間)なにも細工せず、ADCにPSDを直結した場合です。値はかなりふらついています。スパイク状のノイズが入っています。



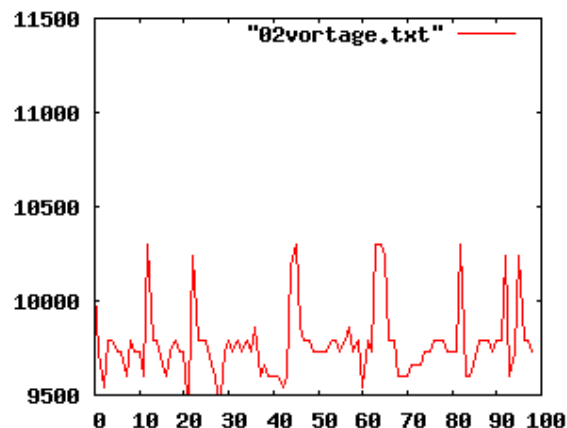
コンデンサ(10 μ F)を入れる

(縦軸：計測値、横軸：時間)スパイク状のノイズはデジタル回路から入ったものだと考え、PSDの電源とGNDの間にコンデンサを入れてみました。スパイクはへりましたが、値はふらついています。



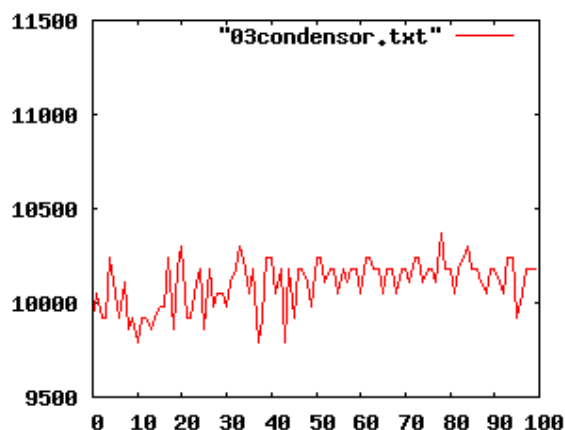
さらにボルテージフォロア回路を追加

(縦軸：計測値、横軸：時間)入力インピーダンスが大きくなるからノイズに幾分強くなるはず…が、なんも変わらん。これは無意味なようです。



さらにコンデンサを追加 (330 μ F)

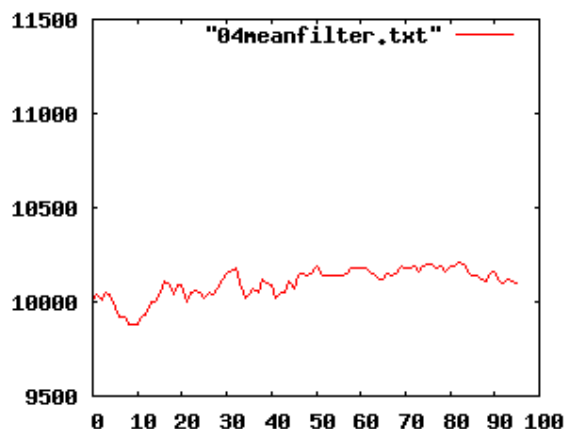
(縦軸：計測値、横軸：時間)PSDは瞬間的に電力を結構食うらしい、ということで330 μ Fを追加。初めに比べスパイクが激減し、値も落ち着いています。この値は使えそうです



実測値 x フィルタリング

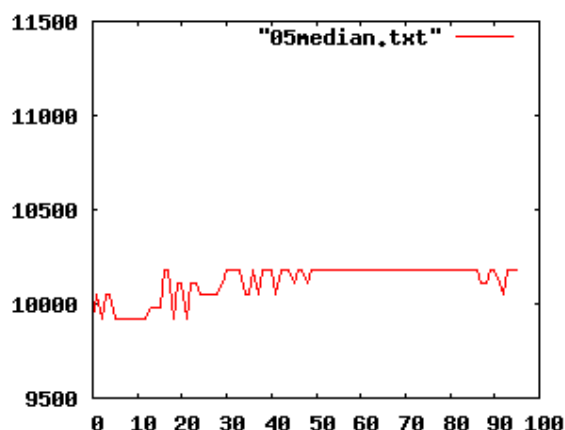
平均値フィルタ

(縦軸：計測値、横軸：時間)フィルタ長さを10で平均値フィルタを噛ませてみると、ノイズの影響が小さくなります。が、あまりフィルタを長くすると応答性能が悪化するので、微妙です。PSDが50ms程度で出力変化します。フィルタ長さ10だと、500/2ms=0.4秒…遅過ぎ



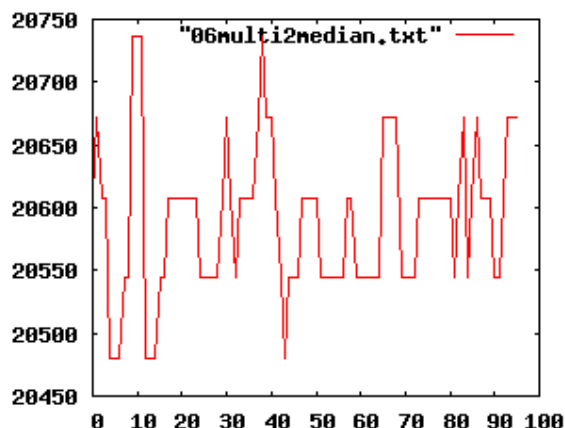
メディアンフィルタ

(縦軸：計測値、横軸：時間)やはり、スパイクノイズにはメディアンフィルタでしょう。フィルタ長さを3ぐらいでもスパイク状のノイズが小さくなります。LSBで ± 2 に落ち着きます。これが一番の候補です。



実測値 x フィルタリング(メディアン) x 増幅

(縦軸：計測値、横軸：時間)PSDの出力は範囲が狭いので、増幅してからADCに入れば実質精度は倍になるはず。ということで、非反転増幅回路で2倍に増幅した上でフィルタリングしたところ、出力値は±2に落ち着きました。増幅前の精度±1bitに相当します。

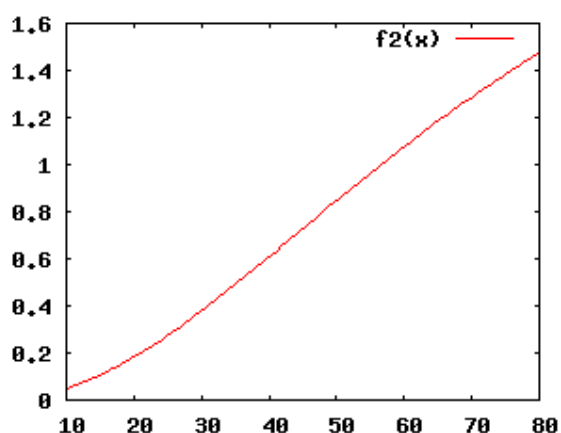


結論

実測値の誤差はフィルタリングなどの方策を施せば、理論値の倍の以下に収めることができます。このグラフの横軸の距離で、±縦軸の値だけ誤差が入ることになります。

精度向上に有効なのは以下の処理。

- 電源とGND間に大きめのコンデンサを入れる。330 μ Fあれば確実。
- フィルタ長3以上のメディアンフィルタを入れる。
- 信号の電圧をOPアンプの非反転増幅回路で2倍に増幅する。



よた話：失敗事例

PSDを使っていて、いろんな失敗があります。ほとんど知識不足とヒューマンエラーですが。

- 電源に安物のスイッチングレギュレータを使った…根本的な間違いは、アナログ系にスイッチングレギュレータはご法度。
- 電源電圧を安定させようと、緩衝回路を電源に入れたら、電圧不足でパルス状のノイズがでた。
- 外光の影響を小さくしようと囲いをつけた。射程は1mオーバーになった。が、距離と出力電圧の関係を調べたら、山が2箇所になった(囲いでPSDの赤外線が反射したと思われる)。

- 物体に赤外線が当たるか当たらないかという位置で、中途半端な値を読み取ってしまった。PSDは赤外線が半分だけ物体に当たっている場合などは、半端な値を返すので注意です(周囲の値と比較して、これを弾くべきでしょう。ロボットが空中に物体があると誤認識してしまいます)。
- 大会直前にPSD焼失。慌てて買いに行ったら売っていなかった。いや、これはマジでよくあります。ロボット関係者以外に売れないのか、在庫は少なめのようなのです。

参考文献／サイト

- [シャープ](#)

[goto TOP](#)

このドキュメントはフリーです。
勝手に再配布/変更しても構いません

\$Date: 2006/11/07 03:20:40 \$

\$Revision: 1.1.1.1 \$