



## 第5章 低雑音/低ドリフト A-D変換回路 との組み合わせで見えてくる

# 速度計測アプリケーションの 可能性

西形 利一  
Toshikazu Nishikata

本章では、本誌2007年8月号付録のdsPICマイコン基板で積分器を構成し、LCD(液晶表示モジュール)に速度を表示する1軸の速度計を製作してみました。

図1に示すように、加速度を積分すると速度が得られます。加速度センサからは、センサ自体に加速度が加わっていないときも信号が出ており、しかも変動(ドリフト)しています。この出力を積分して得られる速度の精度は低く、今回製作した速度計は実用的ではありません。ただし、製作の過程で精度を上げるためにさまざまな工夫を回路に施したため、オフセット電圧の温度ドリフトが小さい加速度センサに交換すれば、誤差は改善されるでしょう。 〈編集部〉

### ● 速度検出の方法

加速度を時間積分すると速度になります。加速度センサの出力を積分器に入れると、速度信号に変換され出力されます。本器の構成を図1に示します。

速度計の傾きによる重力を差し引くため、加速度センサは3軸のものを 사용합니다。

### ● 加速度の検出方法

水平方向の加速度を検出したいのですが、重力があるため、Z軸が垂直からずれていると誤差になります。例として、図2のようにY軸回りに $\theta$ だけ傾いている場合を考えます。X軸に発生する加速度 $g_x$ は、 $g_x = g \sin \theta$ で求められ、 $\theta$ が $1^\circ$ のときには約 $0.171 \text{ m/s}^2$ と計算できます。この値は、10秒後には人が歩く速

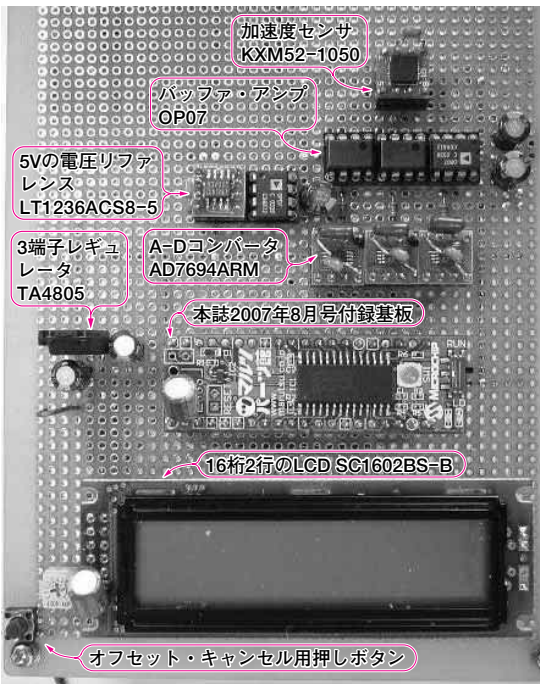


写真1 製作した速度計

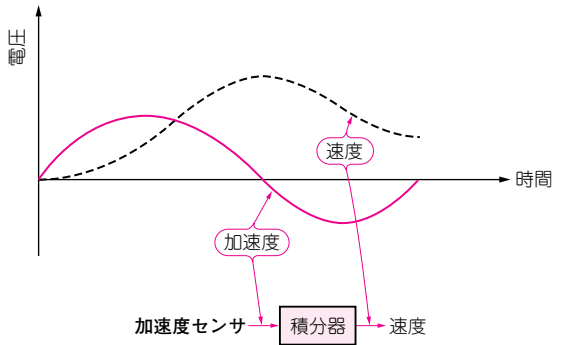


図1 加速度を積分すると速度になる

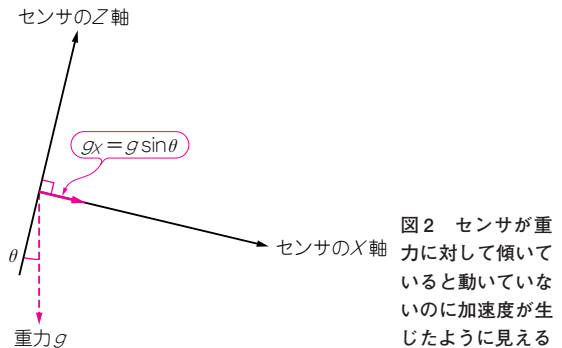


図2 センサが重力に対して傾いていると動いていないのに加速度が生じたように見える





写真2 オフセットをキャンセルしてから1分間静止時の表示  
動かしていないのに0.8 m/sと表示されてしまう

さくらいになる量の加速度です。1軸で測定するのは現実的ではありません。

3軸の各成分から加速度の絶対値を計算し、そこから、あらかじめ測定しておいた重力を差し引いた値から加速度を求める方法にしました。

## 本器の仕様

### ● 操作方法

製作した速度計の外観を写真1に示します。アナログ回路(上部)とデジタル回路(下部)を分けています。

ウォーミング・アップ後にオフセットをキャンセルするボタンを押してそのまま待ちます。約1秒後に表示がゼロになり、同時に速度の測定を開始します。速度は[m/s]と[km/h]でLCD(液晶表示モジュール)に表示されます。

### ● 仕様

- 加速度範囲：±1g
- 測定方向：1軸(水平方向)
- 速度範囲：±100 km/h(負は後ろ向きを速度を表す)
- 周波数帯域：10 Hz

## 速度表示の誤差と原因

ドリフトを確認するため以下の3場面の速度表示を確認しました。

- (1) オフセットをキャンセルしてから1分間動かさずにおいたとき
- (2) 台車に載せて動かしたとき
- (3) 台車を静止したとき

### ● 1分間静止時

オフセットをキャンセルしてからそのまま1分間速度計を放置した後の表示を写真2に示します。写真の

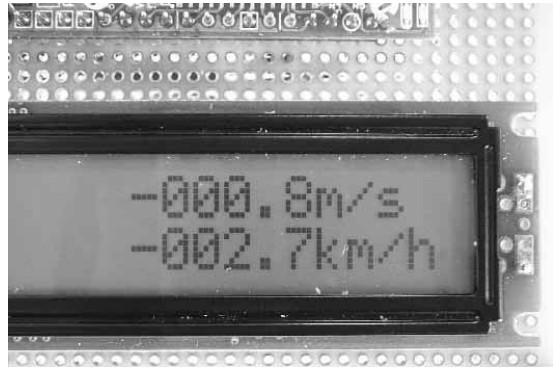


写真3 台車に載せて10 m(約10 s)移動して停止したときの表示  
静止しているにも関わらず-0.8 m/sと表示されてしまう。最悪では-2.2 m/sドリフトした

表示は0.8 m/sですが多少バラつき、およそ1 m/s程度のドリフトがありました。

ドリフトの原因を突き止めるため、センサを取り外し、代わりに信号発生器から2.5 Vをバッファ・アンプに供給しました。すると、5分ほどしても表示はゼロのままです。静止時の速度表示のドリフトはセンサのオフセット電圧の温度ドリフトが原因と考えられます。

### ● 台車に載せて動かす/静止時

基板を台車に載せ、実際に10 m程度移動したときの表示を確認しました。普通に歩くよりも遅めの移動です。歩き始めは1.0 m/s前後を表示しますが、移動中表示が減っていき、台車を停止させると-1 m/s程度の残留分がありました。

何回か試したうちの1回が写真3です。プラスにドリフトするよりもマイナスにドリフトする回数が多いことが分かりました。

### ● 結論：加速度センサを使った速度計は難あり？！

以上の結果から、加速度センサを使った速度計はちょっと実用的ではないと感じました。ただ、信号発生器から供給したときのようなすから、マイコンによる積分器はアナログ回路の積分器に比べると思いのほか安定に動作することが分かりました。温度ドリフトが規定されている加速度センサ、例えばKXR94-2050(標準±0.2 mg/°C)やKXPS5-2050(いずれもカイオニクス)などを試すとよいかもかもしれません。

## 実験回路の部品

速度計の回路を図3に示します。

### ● 加速度センサの選定

#### ▶ 測定範囲と感度

人が普段生活している範囲では重力に匹敵する加速

