

特集



第2章 屋外でも使用可能な 24 GHz ドップラー・センサを使った

シンプルなスピード・ガンの製作

辻 正敏

Masatoshi Tsuji

1 製作するスピード・ガンの概要

1.1 スピード・ガンとは

スピード・ガンは、ピッチャーが投げたボールやテニスのサーブ、キックしたサッカー・ボールなどの速度を測定できる速度計です。

24 GHz ドップラー・センサのモジュールが安価で販売されていたので、それを使ってスピード・ガン(写真1)を製作しました。本稿では、そのしくみと製作方法を解説します。

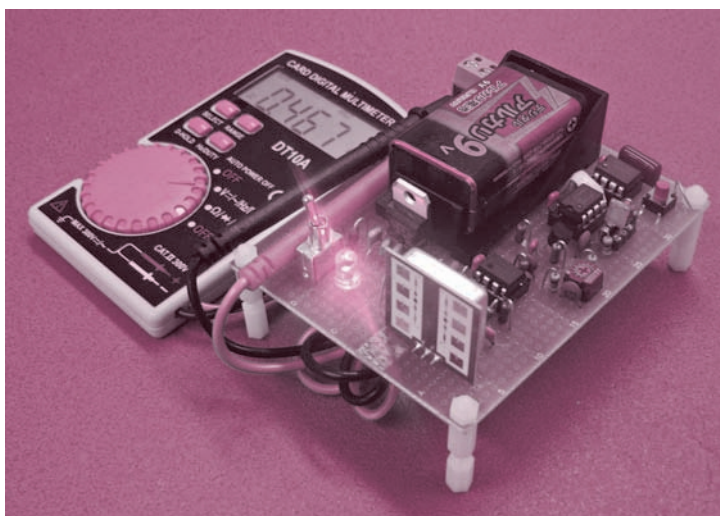
写真(a)が製作した基板上で、表示部はテストを利用しています。写真(b)はケースに組み込んだ完成品です。100円ショップで購入したミニ三脚を取り付けて、どこにでも手軽に設置できるようにしました。ミニ三脚を折りたたむとグリップ代わりにもなります。写真2は打球速度をネット越しに測定している風景です。測定精度は $\pm 5\%$ 程度です。製作費は3,500円程度(テ

スタ含まず)です。マイコンを使用していないため、プログラミングは不要です。

ドップラー・センサを使ったスピード・ガンの製作例は本誌No.5⁽¹⁾でも紹介されています。そこで紹介された測定方法は、ドップラー・センサから出力され



〈写真2〉屋外での測定風景



(a) 製作した基板上的ようす

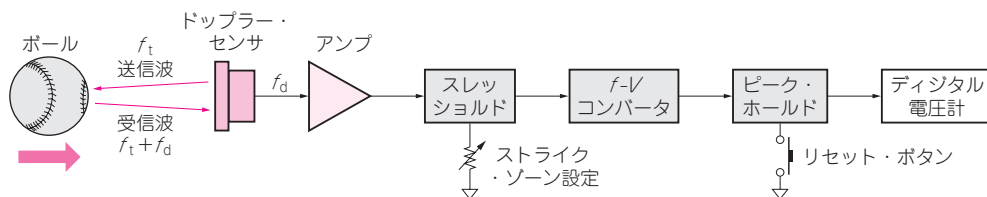


(b) ケースに組み込んだ完成品

〈写真1〉24 GHz帯センサを使ったスピード・ガン

関連するビデオはこちら▶

<http://www.rf-world.jp/go/3301/>



〈図1〉製作したスピード・ガンの構成

た信号の周波数を電圧に変換 (f - V 変換) して、その電圧を速度に換算して測定するものです。大変シンプルな回路でスピード・ガンを実現しています。

本機もこの方式を採用し、さらに以下の部分を改良しました。

- 24 GHz のドップラー・センサ・モジュールを使用し、屋外でも使用可能にした。(10.525 GHz のセンサは法令で屋外使用が禁じられている)
- アンプのゲインを高くして、飛んでくるボールを感じしやすくした。
- ストライク・ゾーンの調整機能を追加した。
- シンプルな回路にして回路動作を理解しやすくした。

また本稿では、製作しても動作しなかった際に自力で解決できるように、回路のしくみを詳しく解説しました。さらにトラブル・シューティング方法を述べて、不具合箇所を見つけやすくしました。

1.2 スピード・ガンのしくみ

製作するスピード・ガンの動作を簡単に説明します。図1は製作するスピード・ガンの構成です。ドップラー・センサから放射された電波は、ボールに当たって反射します。その反射波の一部は、センサに戻ります。ボールがセンサに向かって動いていると、反射波は、ドップラー効果によって送信周波数 f_t より高い

周波数 $f_t + f_d$ となります。センサはこの変化した周波数 f_d (ドップラー周波数) の信号を出力します。ドップラー周波数は、ボールの速度に比例しており、ドップラー周波数を測定することでボールの速度がわかります。

ドップラー信号からボールの速度を測定するしくみは、以下のとおりです。センサから出力されたドップラー信号は、アンプで増幅され、スレッシュホールド回路に入ります。そこでは、設定されたしきい値を越えた大きさの信号が出力されます。そしてその出力信号は f - V コンバータに入り、ドップラー信号の周波数は電圧に変換されます。変換された電圧は、ピーク・ホールド回路に入り、そこで最大電圧が保持されます。ピーク・ホールド回路に電圧計を接続し、その電圧値を速度に換算することでボールの最大速度を測定できます。再度測定するときは、リセット・ボタンを押して出力電圧を 0 V に戻します。

1.3 総合仕様

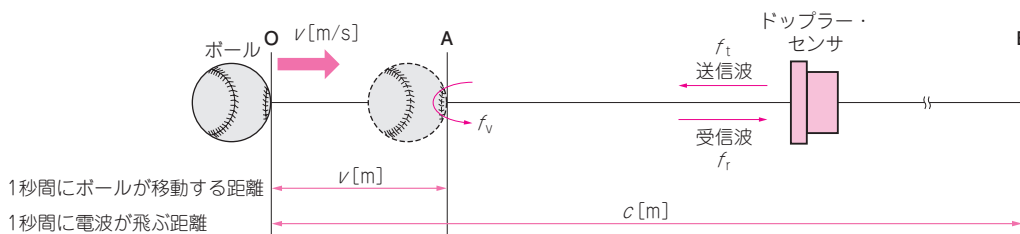
表1に製作するスピード・ガンの仕様をまとめました。ボール速度の測定範囲は 10 ~ 160 km/h です。電源は 9 V の 006P 乾電池を使いますが、USB ポートから給電しても動作するように回路は 5 V で動作するように設計しました。消費電流は 56 mA です。006P アルカリ電池を使用すれば数時間動作します。

〈表1〉製作したスピード・ガンの仕様

項目	値など
速度測定範囲	10 ~ 160 km/h
電源	9 V 電池 (006 P 型)
内部回路の動作電圧	5 V
消費電流	56 mA

2 ドップラー効果の原理

図2を使ってドップラー効果の原理を解説します。初めに、センサから放射された電波が、静止しているボールに当たる1秒間の波の数を考えます。電波の送信周波数が f_t Hz とすると電波は1秒間に f_t 回振動する



〈図2〉ドップラー効果の説明