

省力化のための農作業支援ラジコンの開発

常三島技術部門 計測制御システムグループ^a

大学院社会産業理工学研究部 電気電子系^b

北島 孝弘(Takahiro Kitajima)^a 桑原 明伸(Akinobu Kuwahara)^a

安野 卓(Takashi Yasuno)^b 鈴木 浩司(Hiroshi Suzuki)^b

Keywords: Agriculture, Smart farming, Arduino, Radio control vehicle

1. はじめに

本稿ではタキイ種苗株式会社、徳農種苗株式会社と共同で開発している農作業支援ラジコンについて技術的な視点からその概要を紹介する。農業における人手不足は深刻化しており、作業の省力化、効率化は喫緊の課題である。そこで本研究では、長時間にわたる資材の運搬や腰を曲げた状態での作業が強いられるビニル製の送風ダクトや灌水チューブの敷設作業の負担軽減を目的としている。次節以降でラジコンの概要、マイコンによる操作信号の読取り、ジャイロセンサのオフセット補正の効果について述べる。

2. 開発中のラジコンの概要

ラジコンはオフロードでの走行も可能なタミヤの CR-01 シャーシをベースとして、マイコンやモーションセンサを搭載している。図1にラジコンの概観を示す。ラジコン後部に操作データ、センサデータ記録のためのデータロガーとして小型コンピュータである Seed 社の reTerminal (Raspberry Pi Compute Module4 搭載) を取り付けている。

図2にラジコンのシステム構成を示す。ラジコン本体の受信機はコントローラからワイヤレスで送信された速度、操舵の信号を受け取り、マイコンでその信号のパルス幅を読み取る。9軸のモーションセンサ(加速度、ジャイロ、地磁気)データはマイコンへ入力され、車両の姿勢角を計算する。そして、センサ信号を基に車両の走行安定性を高めつつ、人が操作に対する違和感を感じないように制御を行う。データロガーとマイコンは USB 接続されており、データロガーはシリアル通信により受信した、操作データ、センサデータ、および

車両姿勢角(ピッチ、ロール、ヨー)などの情報を CSV ファイルに保存する。姿勢角の算出においてはジャイロセンサ値のバイアス誤差により誤差が積算されるため、電源投入後に静止状態で各軸計測値の平均値を算出し、その値を計測値から差し引いてオフセット補正を行う。それでも時間の経過とともに誤差が積算されていくため、ラジコン車両の停止時に、加速度センサから算出したピッチ角とロール角で車両姿勢角を補正する。



図1 開発中のラジコンの概観

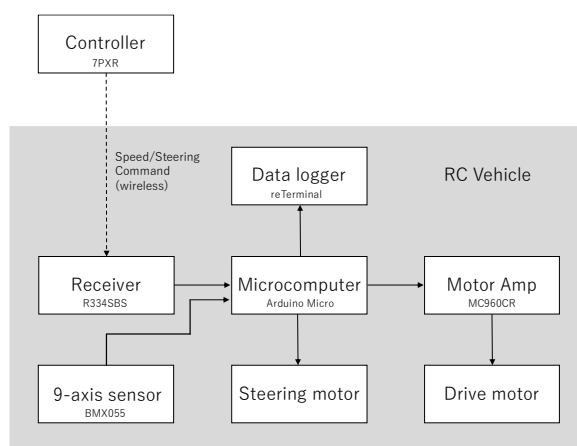


図2 システム構成

3. 操作信号の仕様

コントローラによる速度、操舵の指令はパルス幅の変化で表され、2.4 GHzの無線によりラジコン本体の受信機 (R334SBS) へ送信される。表1に受信器が受け取るパルスの情報をオシロスコープにより計測した値を示す。送信モードはアナログとデジタルがあり、それぞれパルス周期が15.0 ms、3.00 msとなっている。ただし、操作指令値となるパルス幅はどちらのモードでも同じであった。Neutralは操作入力がない状態におけるパルス幅である。

4. ArduinoのPulseIn関数の計測精度検証

人による操作を尊重しつつ、車両の挙動安定化のための介入を行うには、マイコンで読み取ったパルス幅から人の操作意思を把握する必要がある。ここでは、ArduinoのPulseIn関数を用いたパルス幅の計測精度について検証を行う。計測する矩形波(デューティ比50%, 振幅3V)のパルス幅は1.0 ms, 1.5 ms, 2.0 msの3パターンとした。周期は5 ms (200 Hz)と20 ms (50 Hz)で比較した。波形の生成にはファンクションジェネレータ(DF1906)を用いた。計測した1000パルスの平均値, 最大値, 最小値を表2, 表3に示す。結果より、PulseIn関数は50 Hz, 200 Hzともに設定パルス幅に関わらずパルス幅を約2%小さく計測する傾向があることが確認できる。

5. ジャイロセンサの補正

ジャイロセンサは、静止状態でもノイズにより計測値が零以外の値を出力するためバイアス誤差が生じる。このとき、そのまま計測値を用いて姿勢角を算出すると誤差が大きくなる。簡易的にバイアス誤差を補正する手法として、静止状態での計測値の平均を求め、オフセットとして計測値から差し引く方法がある。図3(a), (b)にジャイロセンサ(BMX055)で姿勢角(ロール: phi, ピッチ: theta, ヨー: psi)を算出した結果について補正なし, 補正ありのデータを示す。ここで、補正值は静止状態での2000サンプリングの平均値であり、各軸補正值は表4に示す。補正なしでは10分間の計測で約60度の誤差が発生しているが、補正ありでは約5度の範囲に抑えられている。

表1 ラジコン操作信号(速度, 操舵)の仕様(アナログ, デジタル)

		Min.	Neutral	Max.
Analog	Speed	1.07	1.52	1.90
	Steering	1.14	1.52	1.90
Digital	Speed	1.07	1.52	1.90
	Steering	1.14	1.52	1.90

表2 パルス幅計測(50 Hz)

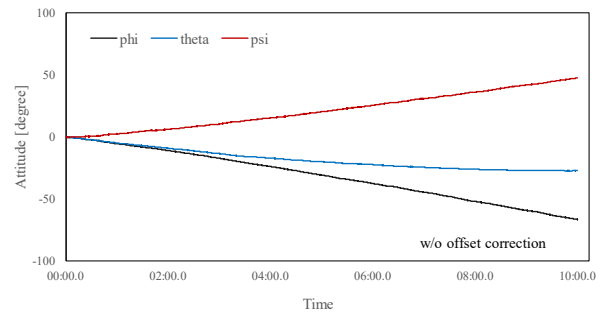
	1.0 ms	1.5 ms	2.0 ms
Average	0.9828	1.472	1.965
Maximum	0.9890	1.476	1.971
Minimum	0.9820	1.461	1.964

表3 パルス幅計測(200 Hz)

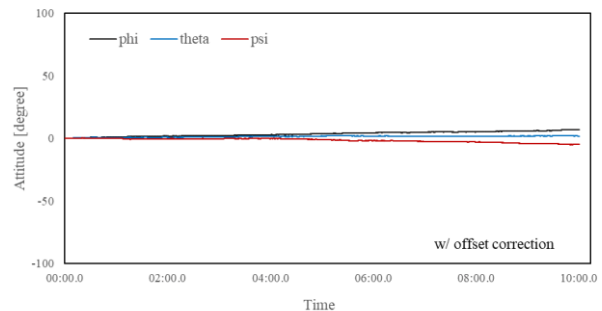
	1.0 ms	1.5 ms	2.0 ms
Average	0.9812	1.479	1.963
Maximum	0.9880	1.482	1.969
Minimum	0.9780	1.475	1.961

表4 ジャイロセンサのオフセット補正值

phi	theta	psi
-0.10	-0.11	0.060



(a) 補正なし



(b) 補正あり

図3 ジャイロセンサのバイアス補正効果