

課題情報シート

テーマ	相撲ロボットの開発		
大学校	東海職業能力開発大学校		
ホームページ	http://www3.jeed.go.jp/gifu/college/		
電話番号	0585-34-3601 学務課		
訓練課程	専門課程	訓練科	電気エネルギー制御科
担当指導員	二葉秀行		

開発（制作）年度・期間

2019（令和1）年度 ・ 10 カ月

（内訳）企画・構想：1カ月、設計：3カ月、製作：3カ月、組立・調整：3カ月

開発（制作）学生数

4名

（内訳）プロジェクトマネジメント：1名、ToF センサモジュール設計製作：1名、加速度・ジャイロセンサモジュール設計製作：1名

習得した技能・技術

全日本ロボット相撲大会出場のための相撲ロボットに新機能を付与することができました。その結果、これまで学んできた各種制御技術等を生かした上で、より実践的な活用能力を習得することができました。具体的には、工場において実際にトラブルになる主要例の一つである、対象物が過剰に光を反射する場合のセンサの調整技術や、微細な傾き検知や回転角度検知において思うような制御を得ることが難しい場合の9軸センサモジュールの調整技術等が挙げられます。

開発（制作）のポイント

本開発では最終的に、試合で機能することを目的としています。これにより、ゴールありきの開発ではなく、企業における実際の開発と同様に、顧客（大会出場者）との打ち合わせから始めることにより、仕様作成等も含めて、より実践的な経験を得ることができました。また、例えば企業との連携テーマでも同様以上の経験を得ることができそうですが、実開発に連動する場合、学生主体では企業側に影響がでてしまいます。しかし、本テーマは相手が同じ学生であるため、より学生主体の開発とすることができました。

また、グループ内の検討により、センサ活用を主体とした開発とすることで、これまでに実習等で得た技術の活用を中心に、新たな知識・技術を適度に必要とする課題となりました。

訓練（指導）のポイント

実際に試合に出て活用することを想定しているため、例えばセンサの選定においては、単に動作するかどうかだけではなく、処理能力（情報取得時間等）・モジュール体積・重量等の重要さを理解させる必要があります。それ以外にも、ロボット同士が激突した時の衝撃を考慮しなければいけない等、普段の実習ではなかなか想定しにくい要素の理解も必須です。これらについては、一度話ただけでは伝わりにくいため、何度も説明する、動画や実際の動作を見せる等の工夫が必要となります。

しかし、その反面、目的が具体的かつ考えやすい題材であるため、一度それらの重要性を理解すれば、より深く理解することが可能となります。

開発物の仕様

項 目	内 容
全体寸法 (mm)	(W) 200 × (D) 200 以内以内
全体質量 (kg)	3 以下
ToF センサ検知可能角度	65° 以上
ジャイロセンサ検知能力	ブレード乗り上げ検知可能
左右振り角検知能力	左右回転角度検知可能

使用機器

開発において使用した機器等 「機器名（メーカー・型番）」

ToF センサ（ST マイクロ・AE-VL53L0X）

9 軸センサモジュール（共立プロダクツ・KP-9250）

マイコン（Arduino® SRL・Arduino® nano）

参考文献

著者名（発行年）『著書名』出版社.
坂本潤嗣(2018)『人やモノの動きを解析・可視化する IoT 技術に関する研究』 長野県工技センター研報 No. 8, p32-33
エンヤヒロカズ(2019)『2 眼カメラ&ミリ波レーダの製作』トランジスタ技術 2019 年 3 月号
MIKE COHN(2009)『アジャイルな見積りと計画づくり』毎日コミュニケーションズ 安井力, 角谷信太郎 翻訳

相撲ロボットの開発

東海職業能力開発大学校 専門課程
電気エネルギー制御科

1. はじめに

全日本ロボット相撲大会は 1989 年より開催されている歴史あるロボット競技であり、開発の自由度が大きく、各ロボットのアイデアや技術力を発揮しやすい。また、机上の実験とは大きく異なるため、実習時には発生しないトラブルも多発し、勝負の内容により比較的成果を確認しやすい。

本競技にはコンピュータにより完全自動制御で動作する「自立型」とプロボで操縦する「ラジコン型」があるが、当校で習得した自動制御技術を活用するため自立型で出場している。また、他校ロボットと比較し自動制御技術の高さが当校の最大の特長となっており、プログラム設計技術に加えて、各種データを入手するためのセンサ技術も非常に重要となる。

本総合制作ではこのセンサ技術を中心に、年々向上する他校ロボットに対抗すべく、更なる性能向上を目的とする。

2. ロボットの課題

当校の相撲ロボットはいずれも様々なセンサを活用しており、昨年度は世界一、本年度も全国大会に 5 台が進出し世界二位を獲得するほど優秀な機体と言えるが、他校ロボットの進化も凄まじく、全国レベルで戦うためには更なる性能向上が必須であるため、下記課題を設定した。

- ・高性能ステルス機への対処
- ・近距離レンジでの敵検出精度向上
- ・敵ブレード乗り上げ時の対処
- ・バッテリー劣化度等に左右されない回転動作時の制御精度確保
- ・各種改良時の客観的運動性能評価法の確立

3. ロボット性能向上のための開発内容

前節の各種課題への対応策について以下の開発内容を実現することで能力向上を図る。

当校のロボットには敵機体検知用センサとして Panasonic 製反射型 MA モーションセンサを使用する 2 タイプが存在し、1 つは公称検出距離 800mm の反射型 MA モーションセンサ (AMBA2109) をクロス設置したもの (既存センサ 1, 図 1 参照), もう 1 つは、公称検出距離 300mm の反射型 MA モーションセンサ (AMBA210903) を平行に設置したもの (既存センサ 2, 図 2 参照) になる。しかし、高性能ステルス機は敵の光センサから検出されにくいように、外装にスモークフィルムを貼る、またはミラープレートを使用しており、確実に敵を検知出来ているとは言い難い。また、これらのセンサは今年度製造終了となってしまう、故障時対策の検討が必須である。

そのため、候補として投光パルス波と反射光パルス波との時間差から距離を算出する ToF (Time of Flight) センサ (ST マイクロエレクトロニクス製 VL53L0X) モジュールを挙げ、既存センサと比較した (表 1 参照)。その結果、同等以上の性能を有すると判断し、採用を決定した。

表 1 敵検知能力比較

スモークフィルム	設置角度	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °	85 °	90 °
既存1 (クロス)	検知距離	487 mm	489 mm	490 mm	480 mm	482 mm	478 mm	486 mm
	誤差	187 mm	189 mm	190 mm	180 mm	182 mm	178 mm	186 mm
既存2 (パレラ)	検知距離	290 mm	290 mm	293 mm	290 mm	294 mm	292 mm	300 mm
	誤差	-10 mm	-10 mm	-7 mm	-10 mm	-6 mm	-8 mm	0 mm
ToFセンサ	検知距離	304 mm	307 mm	308 mm	320 mm	314 mm	310 mm	306 mm
	誤差	4 mm	7 mm	8 mm	20 mm	14 mm	10 mm	6 mm
ミラープレート	設置角度	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °	85 °	90 °
既存1 (クロス)	検知距離	検知不可	検知不可	検知不可	225 mm	230 mm	235 mm	290 mm
	誤差	-	-	-	-75 mm	-70 mm	-65 mm	-10 mm
既存2 (パレラ)	検知距離	検知不可	200 mm	230 mm	240 mm	265 mm	315 mm	335 mm
	誤差	-	-100 mm	-70 mm	-60 mm	-35 mm	15 mm	35 mm
ToFセンサ	検知距離	検知不可	308 mm	310 mm	312 mm	309 mm	296 mm	279 mm
	誤差	-	8 mm	10 mm	12 mm	9 mm	-4 mm	-21 mm

また、現ロボットは敵ブレードに乗り上げたかどうかを判断するためのセンサを搭載していないため、退避行動等乗り上げ時の制御ができない。これに対処するため、9 軸センサ (BOSCH 製 BMX055) モジュール (3 軸加速度+3 軸ジャイロ+3 軸磁気コンパス取得可) から得られる 3 軸加速度からピッチ角度を算出し、姿勢を推定することで、乗り上げたかどうかを判断させる。

回転動作制御については、最初 9 軸センサモジ

ジュールから得られる 3 軸磁気コンパスの値にオフセット補正を行うことでヨー角度を算出し、回転角度を推定する方法を検討した。しかし、相撲ロボットは土俵接地面に強力な磁石を使用しているため、磁気コンパスに影響してしまい断念した。

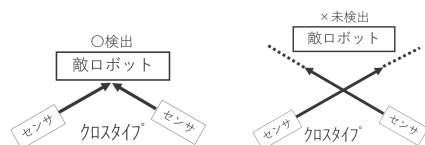


図 1 既存センサ 1(クロスタイプ)

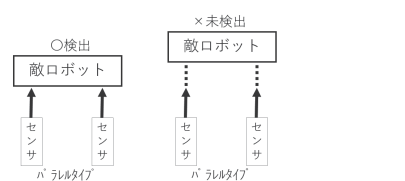


図 2 既存センサ 2(パラレルタイプ)

次善策として 9 軸センサモジュールから得られる 3 軸ジャイロを用いることを検討した。この生データはノイズやドリフト(オフセット値の蓄積)の影響で安定しないため、加速度値等を用いてフィルタ処理し補正してから活用するのが一般的だが、相撲ロボットは自分も敵も高速移動することと、使用用途が常時姿勢制御したい訳ではないため、今回は処理速度を重視し、フィルタ処理なしでデータを活用する方法を選択した。

運動性能評価については、9 軸センサモジュールから得られる加速度データから走行速度を算出することで対処することとした。

4. モジュールの設計と製作

今回のような規模の開発はメンバ全員初めての経験であり、一般的なウォーターフォール型での開発はハードルが高いため、アジャイル開発をベースとする開発手法を選択し、プロジェクト・タスク管理ツール(Trello)を活用した。これにより、細かく目標を設定し進捗を管理することができた。



図 3 プロジェクト・タスク管理ツール画面表示例

9 軸センサモジュールを活用するには、前述通り得られる生データに加工処理を行う必要があるため、マイコンの活用が必要となる。今回は各種

ライブラリが充実していることからArduino® Nanoを選択した。また、ロボット内部に設置するため小型化・軽量化も重要となる。そのため、複数モジュールに分割しケーブル接続する形態とした。また、9軸センサモジュールから出力される信号はアナログ入力する必要があるため、既存制御基板及びプログラムの修正も行った。

ToF センサについては、複雑な処理は不要なためマイコンではなく回路作成により対処し、小型化することも検討したが、今回は9軸センサモジュール用のマイコンと共通化し、マイコン部とセンサ部をケーブル接続する方法を選択した。

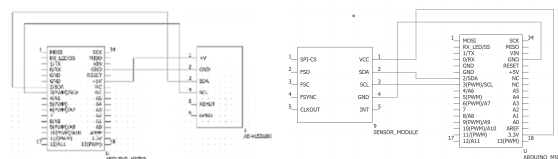


図 4 回路図(ToF センサモジュール, 9 軸センサモジュール)

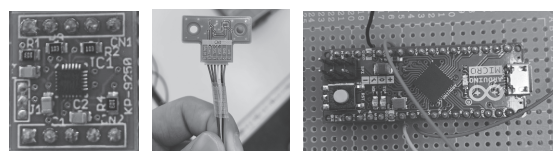


図 5 9 軸センサ部, ToF センサ部, 制御部

5. おわりに

本総合作では、来年度の全国大会に向けて新たな武器となりうるセンサモジュールを製作することができた。しかし、来年度の全国大会出場及び全国制覇を目指す場合、より高度な動作保証と改良の検討・実現が必要となる。更なる小型化及び軽量化の実現、未知の高速機体にも対応可能とするためのデータ取得間隔の短縮、ヨー角度の更なる精度向上のための各種フィルタ選択の最適化検討、回転制御の PID 制御化、2眼カメラを用いた画像処理によるセンサ誤認識用装置への対処等妥協することなく引き続き改良を継続していく。

参考文献

- (1) 坂本潤嗣(2018)『人やモノの動きを解析・可視化する IoT 技術に関する研究』長野県工技センター研報 No. 8, p32-33
- (2) エンヤヒロカズ(2019)『2 眼カメラ&ミ波レーダの製作』トラジス技術 2019 年 3 月号
- (3) MIKE COHN(2010)『アジャイルな見積りと計画づくり』安井力, 角谷信太郎 翻訳