

ボール式マウスを用いた自律型ロボット用 位置センサの開発の試み

高山大輝^{†2} 紅林秀治^{†1}

ボール式マウスを用いた自律型ロボット用位置センサを開発の過程と今後の課題について述べる。自律型ロボットを教材に取り入れた学習が行われているが、そのロボット自身の位置情報を把握できる教材はない。そこでパソコンに利用されるボール式マウスを用いることによって、ロボット自身の位置を把握しながら動くことが可能な教材用自律型移動ロボットを開発を試みた。マウス内部の2つのロータリーエンコーダーからの出力をPIC12F675へ入力し、ロボットの向きや移動距離が計算できるようにした。それによりロボットの位置座標や向きを把握できるようになったため、評価試験を行い実測値と比較した。

Attempt to Develop a Location Sensor for an Autonomous Robot using Motion of a Ball on the bottom of the Mouse as Teaching material

DAIKI TAKAYAMA^{†2} and SHUJI KUREBAYASHI^{†1}

1. はじめに

平成20年7月に新学習指導要領解説¹⁾が文部科学省から公表された。この新学習指導要領から、技術・家庭科の技術分野(以後、技術科とよぶ)の学習内容が現行の学習指導要領の学習内容「A技術とものづくり」「B情報とコンピュータ」の2種類から「A材料と加工

に関する技術」「Bエネルギー変換に関する技術」「C生物育成に関する技術」「D情報に関する技術」の4種類に変更された。特に、「D情報に関する技術」では、現行の指導要領では選択履修扱いであった「コンピュータによる制御」が、「プログラムによる計測・制御」に変更され必修内容となった。これにより、全ての中学生に「プログラムによる計測・制御」の学習を履修させる必要が生まれた。このような学習指導要領の変更を受け自律型ロボット教材が注目されているが、従来からある自律型移動ロボットでは、ロボット自身の位置情報を持っていないため、移動した位置からスタートした地点に戻ったり、動作時の位置から次の動作を判断したりすることができない。GPSや加速度センサを利用すれば位置情報をロボットに持たせることは可能だがよりわかりやすい装置で位置情報を計測する方法としてコンピュータマウスを利用することにした。光学式マウスを利用する方法²⁾もあるが、筆者らは計測方法がわかりやすいボール式マウスを利用することにした。本論文では、ボール式マウスを利用した信号のカウンタ、ロボットの位置座標と向きを割り出す計算の方法、性能試験結果および今後の課題の順に述べる。

2. マウス信号のカウント

ボール式マウスの内部には縦方向と横方向の2つのロータリーエンコーダが存在する³⁾。ロータリーエンコーダにはボールの回転(アナログ版)をデジタル量に変換することが可能である。ロータリーエンコーダを詳しく見てみると、片側から赤外線LEDによる光を照射し、回転スリット(ボールにより回転)を通した光がフォトランジスタに入るか人らないかによって回転しているかを判断する。図1にロータリーエンコーダの仕組みを示す。

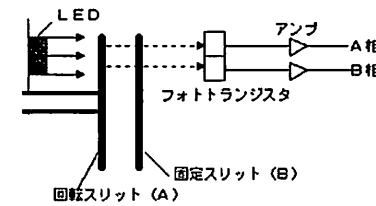


図1 ロータリーエンコーダの仕組み

図2と図3は、ロータリーエンコーダからの信号をオシロスコープに映した時の波形

^{†1} 静岡大学 Shizuoka University

^{†2} 静岡大学教育学部(学生) Shizuoka University Faculty of education(Student)

である。図2と図3の上の波形が、Ch1につなげたA相で、下はCh2につなげたB相である。ロータリーエンコーダからの信号をオシロスコープにつなげ、右に動かすと、図2のようにB相の波形がA相の波形より位相が遅れる。同様に左に動かすと、図3に示すようにA相の波形がB相の波形より位相が遅れる。A相が最大値になるタイミングとB相が最大値になるタイミングを見比べると、左に動かした場合と右に動かした場合ではA相とB相のどちらが早く最大値に達するかが変わる。これをPIC12F675⁵⁾でカウントできるようにファームウェア⁶⁾を組んだ。

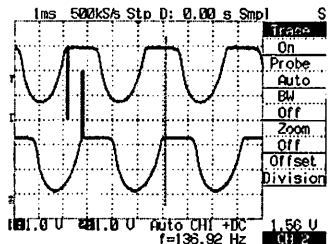


図2 オシロスコープ (右)

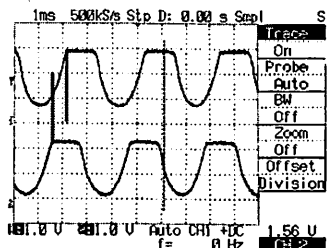


図3 オシロスコープ (左)

図4はロボットに設置したマウスの位置を示したものである。ロボットの制御用回路には紅林⁴⁾らが開発した制御用基盤を用いた。マウスは、ロボットの車軸の中心から85mmはなれた点にボールマウスの中心が来るように設置した。

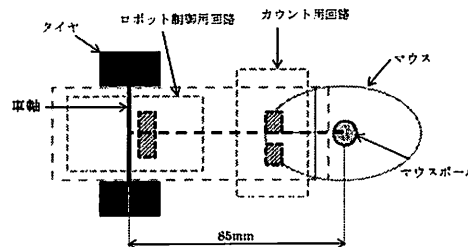


図4 マウスの設置箇所

マウスの向きは、ロボットの前進後退の方向に移動する(X軸方向の移動とする)ときに、ロータリーエンコーダの片方のみが回転するようにした。ロボットの前進後退方向(X軸方向)とは垂直の向き(Y軸方向とする)に移動するときは、別なロータリーエンコーダが回転できるようにした。使用したマウス(BAFFALO-BBMU-LLG2)ではスリットの数と軸の直径から39回カウントしたら1cm移動することがわかった。そのため、ロボットが1cm移動するごとに、PICに接続されたLEDを点灯させるようにした。回転に関しては車軸からのボール位置までの距離を半径(85mm)とする円周を求め、その円周内を5度ずつ回転するたびにLEDが点灯するようにした。

図6にセンサー側の回路、図7にロボットの回路を示す。図6のPIC12F675の3,4番ピンにマウスから信号を入力する。5,6番ピンからその結果を出力し、図7の15~18ピンに接続する。

3. 位置情報の把握方法

ロボットの位置情報をロボットが移動を開始してから停止するまでの位置座標とロボットの向き(角度)をとした。それぞれの求める方法を述べる。

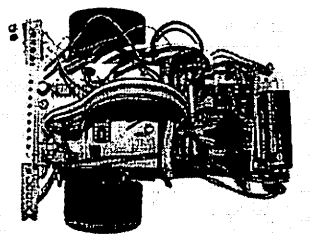


図5 ロボット

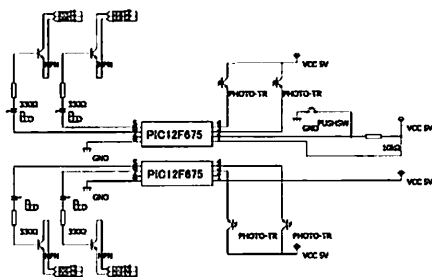


図6 センサー回路

3.1 向きを把握する方法

PIC12F675 から出力された信号は前後に関しては1cm ずつ、角度に関しては5° ずつ信号が出力される。向きを把握する方法は入力された角度をカウントし、そのカウントした角度を足し引きすることによって向きが求まる。ロボットが以下のように動作した場合を例に説明する。

- 30cm 進む
- 30° 左回転
- 20cm 進む
- 10° 左回転
- 10cm 進む

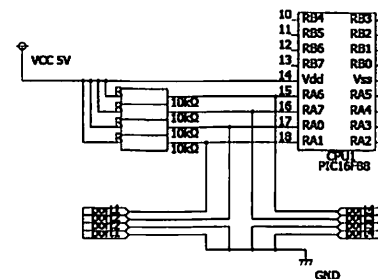


図7 ロボット側の回路

スタート地点のロボットの向きを0° とした。上述の動作では各度の合計(合計角)が70° のため、ロボットは70° の方向を向いていることになる。左回転は加算し、右回転は減算して合計角を求めた。

3.2 座標位置を把握する方法

座標は合計角と入力された距離より座標を求める。

求めたい座標を x と y とし合計角を θ 、距離を k とし、前回の座標を x_p と y_p とした場合の計算式を式(1)に示す。

$$\left. \begin{aligned} x &= x_p + k \times \cos\theta \\ y &= y_p + k \times \sin\theta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式(1)をポイントごとで計算することによって現在の座標を求めることができる。計算するポイントとはロボットが向きを変えた瞬間とした。上述の最終的な座標は(50,19)となる。PICでは三角関数は直接計算できないので、0~360° まで5° ずつ区切られた三角関数の参照テーブルを作り数値を割り出した。

4. 性能試験

性能を評価するために製作したロボットを幅1cm のマス目の方眼紙の上で動作させ、移動後の座標位置を調べた。座標位置はロボットの車軸の中心とした。ロボットの向きは、動作開始時の車軸の中心とボールマウスの接点位置を結んだ直線と動作後のその直線で調べた。また、PICで計算した結果を8bit のLED で2進表示することによって確認した。今

回命令を実行させるために dolittle を使用し、命令を転送した。転送する命令は前進後退に関しては cm 単位で命令し、回転に関しては角度で指定した。評価試験は下記の 3 パターンの命令で行った。

- (1) 20 前進
- (2) 20 前進
90 左回り
10 前進
- (3) 20 前進
45 左回り
10 前進

図 8 に命令実行時のロボットの動きを示す。

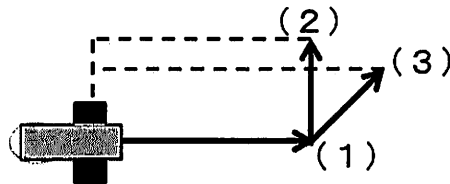


図 8 ロボットの動き

上述の命令を実行した際の実際の座標と計算によって導き出された座標の平均値を表 1 に示す。

5. 考 察

実験の結果以下のことがわかった。

- (1) ロボットの向きと合計角はほぼ一致した。
- (2) 計算結果の座標は実際の座標とほぼ一致した。
- (3) ロボットの動作が安定している。

上述の (2) でも述べたように正確に計測しその計測値を基に計算できていることがわかった。前後を 1cm 間隔、角度を 5 度間隔ので区切るファームウェアであるため 1cm 程度の誤差は、今回のロボットの限界である。計算結果が全て一致しているのは命令を計算用の引数

表 1 性能試験

検証	回数	実際の座標	計算の座標
(1)	1 回目	(21, 0)	(20, 0)
	2 回目	(20, 0)	(20, 0)
	3 回目	(21, 0)	(20, 0)
	4 回目	(20, 0)	(20, 0)
	5 回目	(21, 0)	(20, 0)
	平均	(20.6, 0)	(20, 0)
(2)	1 回目	(21, 10)	(20, 10)
	2 回目	(20, 10)	(20, 10)
	3 回目	(21, 10)	(20, 10)
	4 回目	(21, 10)	(20, 10)
	5 回目	(20, 11)	(20, 10)
	平均	(20.6, 10.2)	(20, 10)
(3)	1 回目	(27, 8)	(27, 7)
	2 回目	(27, 7)	(27, 7)
	3 回目	(26, 8)	(27, 7)
	4 回目	(27, 7)	(27, 7)
	5 回目	(28, 7)	(27, 7)
	平均	(27, 7.4)	(27, 7)

として計算させたためである。

6. 今後の課題

座標の計算までしっかりできているため、その計算された座標を基にスタート地点へ戻れるようにする必要がある。またスタート地点へ戻るときにスタート地点からずれが生じてしまう可能性がある。その場合は補正するための計算方法を考える必要がある。

参 考 文 献

- 1) 文部科学省:中学校学習指導要領解説 技術・家庭科篇, 教育図書 (2008)
- 2) 光学マウスセンサーを用いた移動ロボットの制御 (http://www.lib.fit.ac.jp/pub/ronsyu/40_2/217.pdf)
- 3) 情報機器と情報社会のしくみ素材集: マウスの動作原理 (<http://www.sugilab.net/jk/joho-kiki/1302/index.html>)
- 4) 紅林秀治, 室伏春樹, 樋口大輔, 青木浩幸, 江口啓, 兼宗: 進計測学習を取り入れたロボット制御教材, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-CE-99 No.12 2009/5/23(On web)(2009)
- 5) 中尾信治, 佐藤政次: おもしろい PIC マイコン, オーム社 (2004)
- 6) PIC-TECH: PIC マイコンアセンブラテクニク (<http://ha6.seikyuu.ne.jp/home/sasao/junkhard/pic>)