

自動運転車の制御研究

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科
B20N015 奥住 公祐 B20N016 奥村 舜

指導教員 准教授 戸花 照雄

目標

現代社会に交通手段としては、自動車や鉄道、船舶や航空機などがあり、私たちは多大な恩恵を受けている。これらの機械の多くにはコンピュータが搭載され、電気信号を介して緻密に制御されている。そこで私たちは昨年度の研究を発展させ、自動車模型をマイコンで制御することで、自動運転車についての理解を深めるべく今回の研究を始めた。

原理

ドライバーによる自動車の運転を補助するには、外界の情報を受動素子で電気信号に変換し、その入力値をもとに能動素子であるモータやエンジンを制御する必要がある。そのため、本研究では受動素子である3種のセンサおよび能動素子のDCモータを用いることで自動車制御の入出力を行う。また、マイコン部分にはArduinoを用いる。

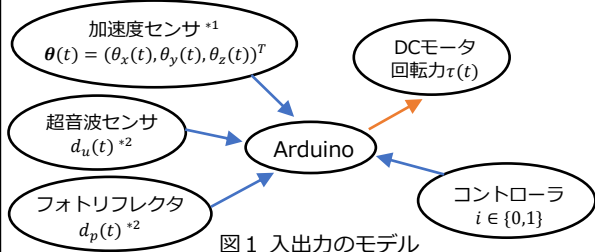


図1 入出力のモデル

車体モデル・研究概要

(1)車体モデル

本研究では障害物がなく、平坦な道を進む際には等速直線運動をするようにプログラムを作成した。

しかし、実際の自動車には多くの外力がかかるため、システムのモデルが複雑になってしまう。例として図2のような空気抵抗、動摩擦力及び地面からの振動などが考えられる。この場合、等速直線運動となる条件は、

$$M\ddot{x} = -bx - \mu Mg$$
 によって与えられる。ここで b は流体力学の知識により $b = 6\pi R\eta$ *3である。

$$M, R \ll 1$$

であるため、外力は近似的に無視できるとしてプログラムを設計した。また、振動により発生するたわみによって回転軸が破損してしまう危険性がある速度は

$$V = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}}$$

であるが、平坦な道を進むことを前提とした為、 $\lambda = 0$ とし、危険速度を考慮しなかった。

斜面によって発生する加速度(図3)は考慮し以下とする。

$$a = 9.8\sin\theta(t)$$

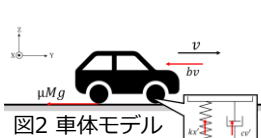


図2 車体モデル



図3 斜面での車体モデル

(2)研究概要

昨年度の知識をベースに電子素子の配線を行う。今回は配線の簡単化のためにブレッドボードおよびジャンパーワイヤを用いた。2模型を2台製作し、1台はコントローラを用いた人為的制御、もう一台は加速度センサによる自動制御とした。

製作した車体と回路

人為的制御模型には、コントローラと後方に超音波センサを、自動制御模型には加速度センサをそれぞれ追加で取り付けた。

回路の製作において、素子ごとに利用するPINを分けた。今回作った模型の外観を図4および図5、回路図を図6および図7に示す。



図4 人為的制御模型の外観



図5 自動制御模型の外観

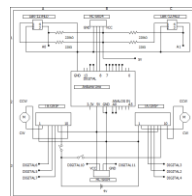


図6 人為的制御回路

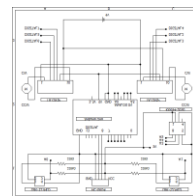


図7 自動制御回路

制御用のプログラム

(1)作成したプログラム制御の概要(1-3を繰り返す)

1. 得られた $\theta(t)$, $d_u(t)$ を数式に代入し、モータへの電圧値を決定する。前方付近に障害物がない場合は前進するよう出力値を定める。人為的制御模型の場合には前方付近に障害物がある場合、コントローラから入力があるとき後退し、自動制御模型の場合には停止するよう出力値を定める。
2. 1. の処理で前進するよう出力値が定まったとき、遠方の左右どちらかにのみ障害物がある場合、 $d_p(t)$ で得られた値により障害物避けるよう片方のモータへの出力を止める。
3. 加速度センサ $\theta_y(t)$ が $|0.03\pi| \geq \theta_y(t)$ となった時、速度に $u = 9.8\sin\theta_y(t)$ を加える事により加速を打ち消す。

(2) 停止の際に使用した関数

本実験ではSigmoid関数 *4(図8)を使用した。

$$vf(d_u(t)) = \frac{v}{1 + e^{-(d_u(t)+s)}}$$



図8 Sigmoid関数の概形 *5

実験結果

当初は停止の際に比例制御を予定していた。しかし比例制御は模型が停止するまで速度変化が極めて遅く、衝突回避ができなかった。その為、Sigmoid関数を用いることによって衝突を回避することができた。また、加速度センサを用いることによって、斜面によって発生する加速を抑えることができた。

まとめ

センサや関数を上手く活用することによって、安全な走行を実現することができた。また、研究などで予定がうまくいかなかった時、私達がどう行動すべきか、この自主研究で学ぶことができた。

参考文献

[1]高本孝顕,みんなのArduino入門,株式会社リックテレコム,2014年2月17日初版発行

*1 実際に得られるセンサの値は $\varphi(t) \in [277, 728]$ であるので、以下により $\forall \theta(t) \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ に変換した。

$$\theta = \left(\frac{\varphi - 277}{2.5} - 90 \right) \cdot \frac{\pi}{180}$$

*2 d はユークリッド距離関数: $d(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$ $p, q \in \{x, y, z\}$ である。

*3 車体前方を円形と仮定した。

*4 おもに機械学習の活性化関数に用いられる関数である。平行移動性により式を変形している。

*5 $\lim_{d_u(t) \rightarrow 0} vf(d_u(t)) = 0$, $\lim_{d_u(t) \rightarrow 10} vf(d_u(t)) = v$ である。