

Japanino を用いたマイコンロボットの製作

富山県立入善高等学校自然科学部物理班

3年 ○○○○、○○○○、○○○○

○○○○、○○○○、○○○○、○○○○

1. 動機

小惑星探査や、東日本大震災の災害時などで活躍している無人探査機に興味を持った。そこで、自分たちも自律的に運動するロボットを作って、その性能を評価したいと考えた。

2. 目的

- ①距離センサからの情報を利用して障害物を避けながら教室内を自律走行するマイコンロボット（以下、探査機）を製作する。
- ②マイコンにどのようなプログラムを送ることで、短時間で広範囲を探索できるかを調べる。

3. 実験方法・準備物

①探査機は「大人の科学」の付録であるマイコンボード Japanino を使って製作する。その他に、駆動部やセンサ部に以下の部品を用いた。

- ・赤外線距離センサ (GP2Y0A21YK)
- ・DCモーター (RE-260)
- ・ギヤボックス(ギヤ比 74:1, 64.8:1)
- ・モータードライバIC (TA7291P)

各2個を搭載し、安定して動作するよう改良を重ねた。

②ボードに書き込むプログラム (Japanino の場合はスケッチと呼ぶので、以下スケッチと記す。) を様々に変えながら、3分間に物理室 (92m²) の

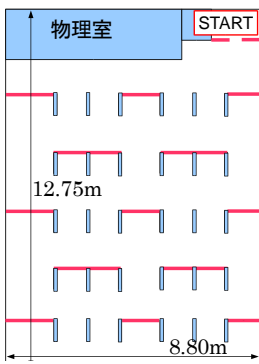


Fig. 1 物理室の見取り図。青色の部分には進入できない。

だけだけの範囲を探索できたか調べる (Fig. 1)。探査能力については、3分間経過後にスタート地点から測った最遠到達点と3分間の探索面積で評価する。

このとき、直進できる距離が長いと実験結果の再現性が低下するため、Fig. 1の赤い部分のように壁（仕切り）を設置した。また、

物理室を縦 17×横 14=238 の区画に分けて、それぞれの区画に進入したときに、その区画を「探索」できたものとし、その面積の和を探索面積とする。

なお、測定については、探査機を2台製作し、5回（1号機3回、2号機2回）走らせて、データの平均をとる。

比較したスケッチの概要は次の通りである (Fig. 2)。

スケッチS 通常は前進し、右側のセンサの値が閾値を超えた時には後退したあと左に、左側のセンサであれば後退したあと右に旋回し、再度前進する。

スケッチM 通常は前進し、一方のセンサが障害物を見つけた時、同じ側のモーターを逆転させて障害物を避ける。

スケッチA どちらかのセンサが障害物を捉えたとき、反対側のモーターを逆転させ、障害物がない方向を探して旋回し、再度前進する。

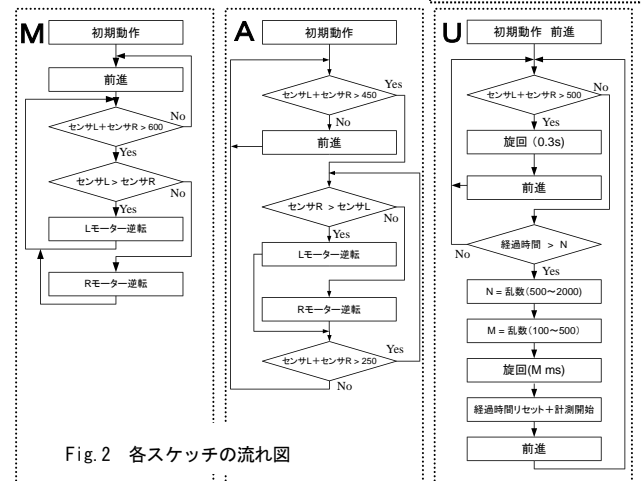
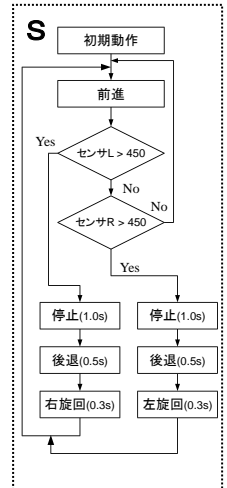


Fig. 2 各スケッチの流れ図

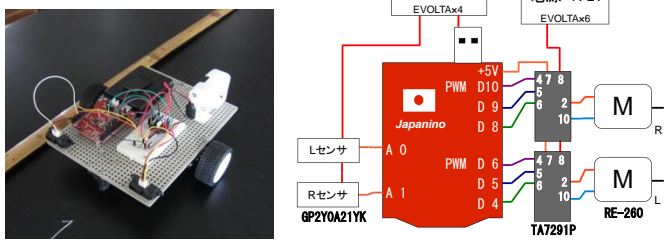
スケッチU 500~2000ms ごとにランダムに方向を変えて進む。障害物があれば旋回して避ける。

掃除機X 参考記録としてロボット型掃除機 (SZ-300) を用いて同様の実験を行った。ただし、速さが探査機と大きく異なったため、測定時間を速さの比で補正 (3分00秒→7分20秒) した。

4. 結果と考察

①再現性を高める目的で、電源には単3型の充電式 EVOLTA 電池 (1.2V) を用いた。Japanino の駆動電圧が5Vであり、モータードライバはそれを越える電圧を必要とする。そこで、Fig. 3のように電池4本と6本をそれぞれ直列接続して電源とし、制御系 (Japanino, センサ) と負荷系 (モーター) の電源を分け、挙動を安定させた。

また、D6、D10 番ピンの PWM 信号でモーターに加える電圧を制御できるが、実験の際は電池の消耗や駆動速度を考慮して、PWM の値が 100 (/255) を超えないように制限した。



寸法	21cm×22cm	駆動速度	50cm/s
連続駆動	2 時間	質量	695g (電池含)

Fig. 3 探査機の配線図と概要

当初は市販のモータードライバシールド Ardumoto と FA-130 モーターを用いていたが、TA7291P を使うことでエラーの把握がしやすくなり、スケッチも書きやすくなった。

以上のような改善により、Japanino を用いて実験のベースとなる安定して駆動するマイコンロボットを製作することができた。

②スケッチを Japanino に送り、実際に探査機を走らせてみると、スケッチ S、U、X は自律的に 3 分間探査を続けることができた。しかし、スケッチ M と A は角になっている部分に約 45° で進入すると抜け出せなくなる性質があり、途中で探査できない状態になった (Fig. 4)。そこで、実験時には探査機が有意に動いていた時間である「実探査時間」を記録した。また、それを基に、1 秒間あたりの探査面積を算出した。実験結果を Fig. 5、Fig. 6 に示す。(誤差は 1σ とした。)



Fig. 4

スケッチ	実探査時間	最遠到達点	衝突回数
S	180 (s)	8.9±2.0 (m)	2.0±2.1
	障害物の回避が「機械的」で時間がかかる。		
M	100±55 (s)	8.9±2.7 (m)	1.8±3.0
	障害に衝突することがやや多い。障害物の避け方は「動物的」でスムーズ。		
A	71±34 (s)	6.1±3.2 (m)	0.6±0.9
	障害をスムーズに避ける。		
U	180 (s)	9.7±1.5 (m)	1.8±2.2
	不連続な動きが「探査機」的である。障害から抜け出せなくなることが少ない。		
X	180 (440) (s)	4.9±1.8 (m)	-
	直進できるところでも転回する。		

Fig. 5 各スケッチにおける行動の様子

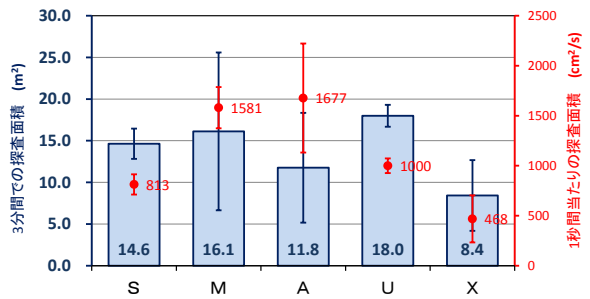


Fig. 6 各スケッチの探査面積

スケッチ U が最遠到達点、探査面積ともに最も大きく、データのばらつきも小さかった。乱数は「運任せ」ではなく、試行が増えることによって「安定」を生む可能性があることが分かった。

スケッチ S は障害物の回避に時間がかかるため、探査面積は広くはならなかったが、最遠到達点、探査面積ともにデータのばらつきが少なく、非常に安定していた。

M と A は先述の理由から 3 分間続けて探査することができず、平均の探査面積は広がらなかった。また、実験によって面積にばらつきがあり、再現性が低かった。一方、1 秒間あたりの探査面積はそれぞれ M: 1581cm²/s、A: 1677cm²/s と他のスケッチに比べて優れていた。これは、スケッチ S は障害物を見つけたときの次の進路の角度がマイナスになることが多いのに対し、M、A は障害物を発見したときに避けて進む方向がプラス、つまり新規のエリアに向かうことが多いためと考えられる。

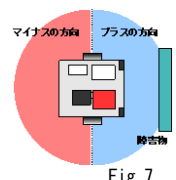


Fig. 7

異なる 4 種類のスケッチによる実験からは、短時間で広範囲を探査できるスケッチの作成には乱数の利用が効果的であることと、後退するのではなく避けて進むようにプログラムすることが回避方法として有効であることが示唆された。

5. 課題・今後の展望

条件分岐の閾値や、前進や旋回の時間を変えると探査範囲がどのように変わるかをより詳しく調べたい。それぞれのスケッチの長所を取り込みながら、30m² を目標として探査範囲が安定して大きくなるものを作成したい。

また、教室から出発して職員室前の集配ボックスに集配物がたまっているかどうかを調べて帰ってくる探査機や、前面にスポンジをつけてクリーナーとするなど、実用的な用途に特化したスケッチも考えてみたい。