

## 情報Ⅳ

学習指導要領 (3) - 知・技 - ウ

学習指導要領 (3) - 思・判・表 - ウ

学習内容 (3) - ウ モデル化とシミュレーション

ロボットに搭載されたレーザレンジセンサから得られる周囲の障害物に関する距離情報と、ロボットの位置情報から、動的に地図を構築する方法を考えよう。レーザレンジセンサとは、レーザを一点だけでなく周囲に照射し、それぞれの方向におけるレーザの反射状況から周囲の距離測定を行うセンサである。今回構築する地図は二次元のものとし、センサから得られる対象物の測距データも二次元平面上の測定値を利用するものとする。

次の文章の空欄 (52) (53) ～ (62) (63) にもっとも適したものを選択肢から選び、解答欄にマークしなさい。

(ア) レーザレンジセンサ等の距離センサから得られるひとまとまりのデータをスキャンと呼ぶ。レーザレンジセンサであれば、センサ内のミラーが1回転することにより得られたデータであり、次のように回転するレーザビームの方向  $\phi_i$  と距離  $d_i$  の列として表すことができる。ただし、ミラー1回転ごとに  $n$  個の点位置を取得できるとする。

$$(\phi_0, d_0), (\phi_1, d_1), \dots, (\phi_{n-1}, d_{n-1})$$

以下では、固定された原点と座標軸を持つ地図座標系と、現在のロボット位置を原点としロボットの進行方向を  $x$  軸とするロボット座標系の2種類の座標系を用いる。地図座標系とロボット座標系は図1(左)に示す関係にある。スキャンデータはロボット座標系を用いて表されている。

時刻  $j$  の地図座標系におけるロボットの位置と進行方向を

$$(Rx_j, Ry_j, \theta_j)$$

としよう。図1(右)ではロボットの位置を  $R_j$  で表しているが、その  $x$  軸方向の値を  $Rx_j$ 、 $y$  軸方向の値を  $Ry_j$  と書くことにする。 $\theta_j$  は、地図座標系の  $x$  軸とロボットの進行方向(ロボット座標系の  $x$  軸)の成す角度である。

ロボットの位置を推定する手法の1つがオドメトリである。オドメトリは、与えられた初期位置から微小変位を積分して現在位置を求めるしくみであり、実際のロボットでは車輪の回転数から移動量を求める手法がよく用いられる。

図1(右)を例に考えてみよう。時刻  $j$  から時刻  $j+1$  の間にオドメトリから得られた移動量を、ロ

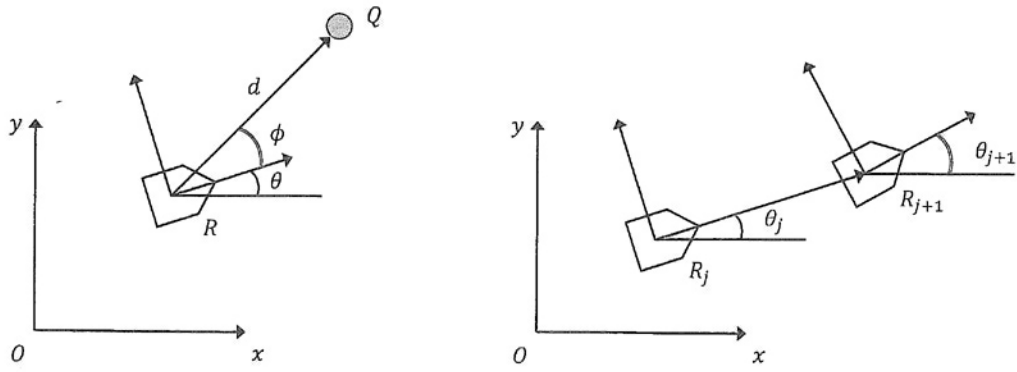


図 1

ロボット座標系での移動距離  $\Delta s_j$  と回転量  $\Delta \theta_j$  で表現すると、

$$(\Delta s_j, 0, \Delta \theta_j)$$

となる。ただし、オドメトリで得られる移動量は短時間の微小量であるため、ロボットは直進しているとみなし、ロボット座標系での  $y$  軸方向の移動量は 0 とみなす。このとき、ロボットの地図座標系での位置と進行方向は次のように計算できる。

$$Rx_{j+1} = \begin{matrix} (52) & (53) \end{matrix}$$

$$Ry_{j+1} = \begin{matrix} (54) & (55) \end{matrix}$$

$$\theta_{j+1} = \Delta \theta_j + \theta_j$$

(イ) 時刻  $j$  において、レーザレンジセンサによるスキャンと、オドメトリで得られたロボットの位置情報が次のように得られたとする。ただしスキャンはロボット座標系を用い、ロボットの位置情報は地図座標系を用いている。

$$(\phi_{j,0}, d_{j,0}), (\phi_{j,1}, d_{j,1}), \dots, (\phi_{j,n-1}, d_{j,n-1}), Rx_j, Ry_j, \theta_j$$

スキャンデータ  $(\phi_{j,i}, d_{j,i})$  に対応する点  $Q_{j,i}$  のロボット座標系での座標  $(Qx_{j,i}, Qy_{j,i})$  は次のように計算できる。

$$Qx_{j,i} = \begin{matrix} (56) & (57) \end{matrix}$$

$$Qy_{j,i} = \begin{matrix} (58) & (59) \end{matrix}$$

これを、ロボットの位置情報を用いて地図座標系の座標  $(Px_{j,i}, Py_{j,i})$  に変換するには、次のようにする。

$$Px_{j,i} = \begin{matrix} (60) & (61) \end{matrix}$$

$$Py_{j,i} = \begin{matrix} (62) & (63) \end{matrix}$$

すべてのスキャンデータについて同様に地図座標系での座標を求め、点群として二次元平面上に描画することで、地図を構築することができる。

【 $\begin{matrix} (52) & (53) \end{matrix} \sim \begin{matrix} (62) & (63) \end{matrix}$  の選択肢】

- |   |   |   |
|---|---|---|
| (11) $\cos \theta_j \cdot \Delta s_j$                                     | (12) $\sin \theta_j \cdot \Delta s_j$                                     | (13) $\cos \Delta \theta_j \cdot \Delta s_j$      |
| (14) $\sin \Delta \theta_j \cdot \Delta s_j$                              | (15) $\cos \theta_j \cdot \Delta s_j + Rx_j$                              | (16) $\sin \theta_j \cdot \Delta s_j + Ry_j$      |
| (17) $\cos \theta_j \cdot \Delta s_j + Ry_j$                              | (18) $\sin \theta_j \cdot \Delta s_j + Rx_j$                              | (19) $\cos \theta_{j+1} \cdot \Delta s_j + Rx_j$  |
| (20) $\sin \theta_{j+1} \cdot \Delta s_j + Ry_j$                          | (21) $\cos \theta_{j+1} \cdot \Delta s_j + Ry_j$                          | (22) $\sin \theta_{j+1} \cdot \Delta s_j + Rx_j$  |
| (23) $\cos \phi_{j,i} \cdot d_{j,i}$                                      | (24) $\sin \phi_{j,i} \cdot d_{j,i}$                                      | (25) $\cos \phi_{j,i} \cdot d_{j,i} + Qx_{j-1,i}$ |
| (26) $\sin \phi_{j,i} \cdot d_{j,i} + Qy_{j-1,i}$                         | (27) $\cos \phi_{j,i} \cdot d_{j,i} + Qy_{j-1,i}$                         | (28) $\sin \phi_{j,i} \cdot d_{j,i} + Qx_{j-1,i}$ |
| (29) $\cos \theta_j \cdot Qx_{j,i} - \sin \theta_j \cdot Qy_{j,i} + Rx_j$ | (30) $\sin \theta_j \cdot Qx_{j,i} + \cos \theta_j \cdot Qy_{j,i} + Ry_j$ |   |
| (31) $\cos \theta_j \cdot Qx_{j,i} + \sin \theta_j \cdot Qy_{j,i} + Rx_j$ | (32) $\sin \theta_j \cdot Qx_{j,i} - \cos \theta_j \cdot Qy_{j,i} + Ry_j$ |   |