

繰り返し順変換を用いた移動ロボットにおける経路生成

金沢大学 ○高 正 関 啓明 疋津 正利 神谷 好承  
岐阜県生産情報技術研究所 張 勤

1. はじめに

車輪型移動ロボットは非ホロノミックなシステムであり、このため一般的な制御理論の適用が難しいシステムである。本研究においてはこうした移動ロボットに対して繰り返し順変換の手法を用いることを提案する。繰り返し順変換においては2つの車輪に前進と後退の微動を与え、その結果として得られる移動ロボットの位置および姿勢を評価し、最も適切な両車輪の微動を逐次決定していく手法である。本アルゴリズムを用いたとき、心地旋回が不可能な移動ロボットに対して、移動ロボットの後退、旋回、前進の3動作を自動的に含む非常に効率のよいロボットの経路生成が可能であることを示す。次に本研究で提案するアルゴリズムの問題点を示すと共にサブゴールを設定することによりそうした問題点を克服する手法に言及する。

2. 繰り返し順変換を用いた経路生成のアルゴリズム

2. 1 移動ロボットのモデルと繰り返し順変換

車輪型移動ロボットの運動モデルを図1に示す。U<sub>l</sub>, U<sub>r</sub>を左右車輪の微小移動量、Wを両車輪間の幅とし、その中心をG(x, y)とするととき、G点は両車輪の回転によりU<sub>r</sub> U<sub>l</sub>のとき

$$\Delta x = \frac{W(U_r + U_l)}{(U_r - U_l)} \cos(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}) \sin \frac{\Delta\theta}{2}, \quad \Delta y = \frac{W(U_r + U_l)}{(U_r - U_l)} \sin(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}) \sin \frac{\Delta\theta}{2} \quad (1)$$

のように、U<sub>r</sub>=U<sub>l</sub>のとき

$$\Delta x = \frac{U_r + U_l}{2} \cos \theta, \quad \Delta y = \frac{U_r + U_l}{2} \sin \theta \quad (2)$$

のように与えられる。また移動ロボットの姿勢は

$$\Delta \theta = \frac{U_r - U_l}{W} \quad (3)$$

で表される。

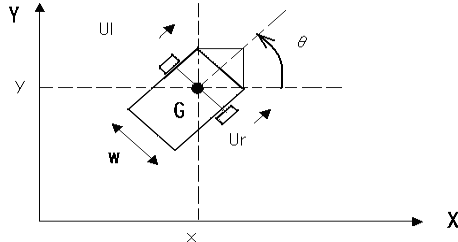


図1. 移動ロボットの運動モデル

上述の移動ロボットのモデルに対して繰り返し順変換によるロボットの経路生成を試みる。

- ① 両車輪に微小移動を与え、式(1)(2)(3)を用いた順運動学により7通りのロボット姿勢を得る。
- ② ①により得られた7つのロボット姿勢の中から座標系原点により近づく解を選び出す。
- ③ ②で選び出された解の中からロボットの目標姿勢(図2を参照)に最も近い解を選び出す。

上述のアルゴリズムではロボットが目標とする位置へ到着する以前にロボットの姿勢を優先的に目標値に近づけている。

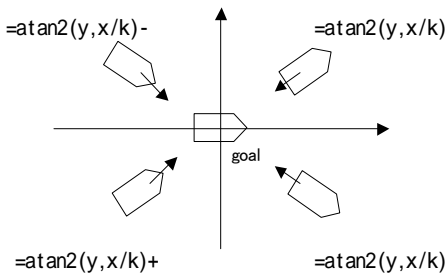


図2. 移動ロボットの目標姿勢(φ)

2. 2 移動ロボットにおける経路生成事例

前節で述べた繰り返し順変換を用いて生成した移動ロボットの移動経路事例を図3に示す。図3は移動ロボットの初期姿勢として=180degを与えたときの移動経路である。ロボットはしばらく後退して姿勢を変え、その後前進していることがわかる。

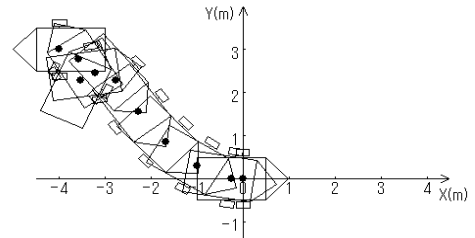


図3. 移動ロボットにおける移動経路事例

3. 本アルゴリズムがもつ問題点とその克服

前述した繰り返し順変換の手法は移動経路中のロボットの占める位置によってはロボットがゴールに到達しない場合がある。座標系の原点を移動ロボットの到着すべきゴールとしたとき、心地旋回できないロボットにおいてはゴール近傍に到るアプローチ経路にある限界が存在する。図4に移動ロボットがゴールに到着できる侵入経路の許容範囲を示す。図4中の斜線部に移動ロボットが位置したときにはうまくゴールに到着することができない。もう一つの問題点はロボットがY軸近傍に位置する場合である。第1と第2、および第3と第4象限ではロボットの目標姿勢(φ)が大きく変わるため $-w/2 < x < w/2$ の範囲にロボットが位置したときには本アルゴリズムが不安定になる場合がある。

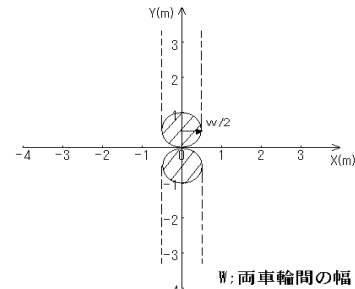


図4. 移動ロボットのゴール侵入可能領域

以上の2つの問題点を克服するためにロボットが図4の斜線部に入った場合、あるいはY軸近傍( $-w/2 < x < w/2$ )に移動ロボットがその初期位置として存在する場合にはサブゴールを設けることとする。X軸上±2Wと±3W付近にサブゴールを設け、サブゴールから再びゴールに侵入させることとする。サブゴールを設けた時の経路生成事例を図5に示す。

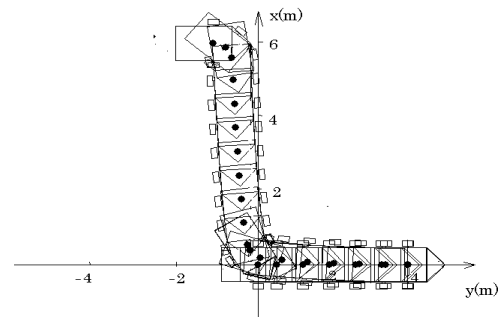


図5. サブゴールを設けた時の移動経路事例

車輪型移動ロボットのような非ホロノミックなシステムではわずかな誤差をもって目標ゴールに到着したときその誤差をその場で漸近的にゼロにすることは難しい。このため移動ロボット自身の位置決め誤差は搭載したマニピュレータ部で補償することが必要になってくる。他方、繰り返し順変換の手法は他のさまざまな移動ロボット、例えばトレーラのような構造をもつ移動ロボットにも適用可能である。