

7J-4

# 移動ロボットによる 不正確な情報に基づく外界認識

水野裕識 村岡洋一

hiro@muraoka.info.waseda.ac.jp

早稲田大学理工学部

## 【1】 目的

本稿では壁に囲まれた多角形で構成する空間で移動行動を行い、環境地図を獲得する手順について述べる。環境を効率的に移動するには、環境知識（地図）が必要でいかに地図を獲得し、表現するかが課題となる<sup>[1][2]</sup>。

本実験環境では、Robotの移動に絶対座標系を仮定しない。このため相対的な位置座標しか獲得できないので、相対性に基づく地図構築を要求される。移動ロボットは近接距離センサーのみで壁に沿うように行動する。空間と行動状態（直線移動、回転）の対応を取り、これら状態間を連結することで環境地図を作成する。この地図は移動開始位置、方向に依存しないで構築される。

## 【2】 実ロボットによる地図作成の課題

自律移動行動とセンサーデータの認識の局在化、さらにそれらを統合して得られる環境地図といった3者間を明確にしなければならない。

### [2.1] 自律移動行動

センサ情報の変化を捉え、どの行動を取るか決定することは難しい。例えば壁に沿う行動と障害物を避ける行動は、壁からの距離を縮める、離れるという意味で相反する行動である。そのためこの行為は壁からの距離を一定に保つフィードバック処理で実現される。

### [2.2] 認識の局在化

センサー入力時間毎のスナップショットの為にそれだけで外界の状態を判断することはできない。時間的に離散化した信号から、それらに関連づけて解釈しなければならない。スリップが存在しないと仮定しても、方向と距離は車輪の回転から相対的にしか獲得できず、しかも実際の行動経路は毎回変化をするのでシミュレーションのように一定でない。一方センサー信号はノイズ溢れる現実世界では不確実で時として信頼性が乏しくなる。誤差の補正を如何に行うかという課題を含んでいる。

## 【3】 行動ロボットと対象環境

ロボットの外側にRobotの信号を受け取る為にホスト(SS10)を用意し、これとRS232Cで接続した。これで双方

Recognition of the environment based on integrating the ill-defined sensor data by moving robot

Hironori MIZUNO Yoichi MURAOKA

School of Science and Engineering, Waseda University

向の通信を行わせることができる。RobotはKheperaで、68331CF16-1CPUを搭載する直径56mm、高さ30mmの小型円形robotである。2個の車輪と、8個の近接IR Sensorを周辺（前6個、後2個）に等間隔で持つ。両輪は独立に回転し、速度は80mm/secで直線移動、8mm/secで回転とした。車輪の回転量はEncoderで検出される。Batteryは内部に持つが、現在外側から供給している。

また対象環境は、3,4,5角形といった周回すると同一地点に戻る閉じた環境を用意した。IRSensorの範囲(0°1023)は材質により異なる為、環境の壁は同一材質を使用した。

## 【4】 環境地図作成

本システムは実Robotによる移動行動の行動系とセンサーデータを解釈する認識系からなる。外側にある認識系がロボットの行動系を支援する。さらに人間からの指示を認識系が解釈して行動系に伝達することも目指している。

### [4.1] 行動系・認識系について

実験環境内部をRobotにセンシングさせる。その結果をホスト側に送出してもらい、ホスト側で転送データの意味を解釈するために以下の手順で認識処理を行う（図1）

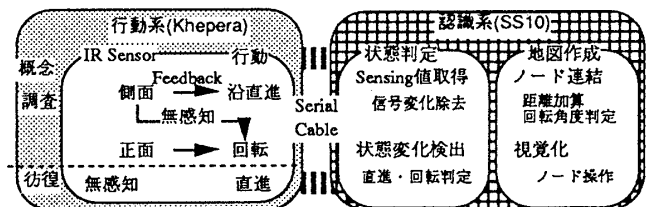


図1:行動系と認識系

行動系は反射による行動を制御する。ロボットの行動に予め意味を付し、それを認識系に送出する。認識系はそのセンサーを時系列に見ることで、大局的に環境状態を捉える。現時点では、直線行動から回転行動の組み合わせで捉えている。

### [4.2] 行動制御の推移

ロボットが環境中頑強に動き回るように、単位時間毎にセンサー信号に対する反応規則を用意し、行動を生み出す<sup>[2]</sup>。概念的には彷徨と調査という2つの行動を取る。

この制御はセンサー信号とそれに対応するモーター出力で定義される。彷徨は具体的には信号が無感知の場合、直進行動を取る。一方調査は物体を感知する場合、そ

れが側面からのみの場合にはそのまま直進する。それ以外の場合には直進できる状態（側面からのみ信号の状態）まで同一地点での回転を行う。これはロボットが2輪構成のために、直進できる状態になるまで要求される回転である。さらに壁に沿う直進行動は常に壁へのセンシングを行い一定距離に対するフィードバックを行う。これらの行動はセンシングに対する行動という処理が短時間内に繰り返される。進行途中、障害物を突然設置してもこの短い単位時間の故に、衝突を行わず回避行動を取る。ロボット側で用意する直接的な行動はその場回転と一定速度直進という2行動である。

#### [4.3] センシングの認識系について

ロボット側から連続して入力される信号の解釈を説明する。認識系は状態判定部と地図作成部から構成される。

##### [4.3.1] 転送データ定義

行動系から認識系へ転送されるデータは以下のように60byteで構成される。

State (S,K)	IR Sensor (No.1..8)	Wheel Position (Right,Left)	Wheel Speed (Right,Left)
-------------	---------------------	-----------------------------	--------------------------

図2: 転送データフォーマット

State は、直進(S)か回転(K)を示すフラグ。IR Sensor は0-1023の範囲で値を取る。WheelPosition, Speed はEncoderにより算出された回転量、速度を表す。

これらは転送中に頻繁に信号変化を起こすので、Sensing値除去で取り除かれる。

##### [4.3.2] 状態判定部

ここでは、2状態 (S,K)を分離する。

[前提1] 空間中の似たような場所は似たようなセンサー信号を獲得する。

壁はある特定のセンサー値が連続して高いことで判定できる。直線行動は、[4.2]で述べたようにState SとState Kが合わさって信号が入力される。直線移動距離を加算するためには、回転を除去する補正が必要となるが予め回転が起きるタイミングが分からない。そこで速度変化を捉えることで分離した。また、角における回転と直線状態のそれと見分けることもStateのみの監視だけでは開始、終了のタイミングを掴めないため、速度とセンサー出力に重み付けして行動を状態変数に表し閾値処理で分離した。

##### [4.3.3] 地図作成部

2状態を時間系列に連続することで、行動に連動した地図を作成する。地図は直線と回転を表現したノードとその大きさ（角度、長さ）で構成する。

[前提2] 空間中の任意の場所は、近接空間に空間的、時間的に連続している。

この仮定により地図は、移動空間を時間的に連続した部分空間のノードの系として捉え直すことができる。同一の回転や直線が連続した場合でも、加算すればよい。状態変化検出部から、回転と直線が分離できているので、それぞれの大きさを算出する。壁の直線距離は、フィードバックによる回転を除いた直線距離を車輪の回転量から加算することで求めた。壁の回転の場合には回転時間から回転量を算出した。同一地点に帰着した場合の判断は現状では行うことができない。そこで、任意の角地点に光源を置きそれを認識することで、既存のnodeに付加されないようにしている。

##### [4.4] 地図表現

多角形(3,4,5角形)からなる閉実験環境を周回して、地図が作成される。認識系の行動状態履歴と視覚出力表現の例を以下に示す。

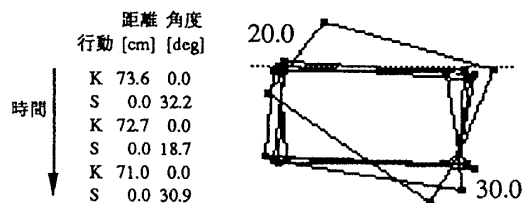


図3: 行動履歴と視覚表現の1例

これらは移動が内側の為に実際の壁よりも縮小されて表現される。実際の角度と線分の比(2:3)は保存されている。誤差を修正しきれず大きく形状を崩す場合も見られる。

##### [5] まとめ

本稿では移動行動と距離センサにより空間地図の作成手法を提案した。閉じた環境における壁の連続性は移動を通して把握可能であることを示し、周回することで距離と角度に関する環境地図を獲得可能であることを示した。この手法の立場の有効性は、部分的な解釈を矛盾なく連結していくことで、その全体解釈を行なう点にある。今後はより一層複雑な経路を対象していく。

謝辞

日頃、助言を頂ける安江俊明氏を始めとする研究室諸氏に感謝いたします

参考文献

- [1] Brooks, Rodney, A. and Mataric, Maja J., "Real Robots, Real Learning Problems", Robot Learning, Jonathan H. Connell and Sridhar Mahadevan, eds., Kluwer Academic Press, 1993, 193-213.
- [2] Mataric, Maja J., "Integration of Representation Into Goal-Driven Behavior-Based Robots", IEEE Transactions on Robotics and Automation, Journal, Vol. 8, No. 3, June 1992, 304-312.