

視覚移動ロボット「晴信4号機」の開発No. 2

4C-3

沿目標移動における視覚行動協応

中井 正幸、齊藤 和彦、森 英雄
(山梨大学)

1. はじめに

「晴信」は”サインパターンと定形行動連鎖”なる概念をもとに移動するロボットである。現在、屋外環境における視覚移動を目指したロボット「晴信4号機」を作成し、昨年より走行を開始し[1]、TVカメラ回転台を開発することによって、ロボットの首振り動作が行えるようになった[2]。

ここでは、沿目標移動における視覚行動協応、すなわち、サインパターン抽出と走行制御、TVカメラ回転台制御の協応動作について報告する。

2. サインパターンの抽出

画像処理はPILS V-5を用いる。PILSではTVカメラより入力した画像のエッジ抽出を行い、エッジを境界にして原画像の領域分割を行う。大きさ、色、形、画面上の位置などの特徴を用いて道路領域を抽出する。

道路領域の抽出が完了すると、その境界線を作成しサインパターンとする。しかし、サインパターンは道路に白線などが引いてある場合を除くと簡単にサインパターンを抽出することはできない。また、白線が途中で消えている場合も同様である。

そこで、図1のようなサインパターン予測直線(前の画面で抽出したサインパターン)より道路境界に向かって直線を引き、これと道路境界の交点を一定の間隔で集め、はずれ値の処理を行った点集合を最小二乗法を用いて直線近似し、これをサインパターンとする。

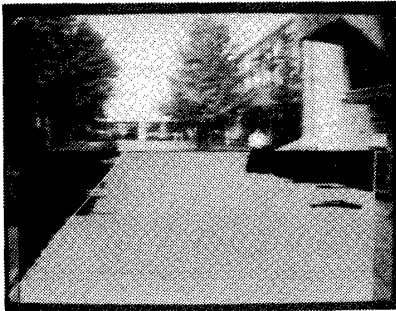


図1 サインパターンの抽出

画面上のサインパターン抽出範囲をウィンドウと呼ぶ。サインパターン抽出には350×350画素の大きさを持つウィンドウが必要で、このウィンドウでサインパターン抽出に約4~5秒かかる。これでは移動速度を上げると1回の画像処理で数メートル進んでしまい危険である。そこで、サインパターンを見つけるFINDモードと、ウィンドウを100×100に縮小して処理時間を短縮したFOLLOWモードの二つの画像処理モードを設定した。

FINDモードは、ウィンドウ内に全道路領域が見えるの

で、障害物の抽出も行う。サインパターンの抽出が成功し、障害物がなければ処理モードはFOLLOWモードに移る。障害物が近いときは障害物回避行動に移るが、まだ距離がある場合は”障害物に近づくまで”という条件を付けてFOLLOWモードに移る。

FOLLOWモードはFINDモードで検出したサインパターンを追跡するモードでサインパターン抽出のみを行う。ウィンドウは通常1個であるが、場合によっては更に小さいウィンドウを複数個用いる。サインパターンを見失ったり、終了条件を満たせばFINDモードに移る。

3. サインパターンの補正

画像処理で抽出したサインパターンの位置決め誤差は奥行方向距離の5~10%で、距離の二乗に比例して大きくなる。また、サインパターン抽出に失敗することがある。沿目標移動には、画像より抽出したサインパターン SP_i を直接使うのではなく、図2に示すように以前の画像処理で抽出したサインパターン $SP_{i-4} \sim SP_{i-1}$ を使いサインパターンを補正する。また、サインパターンの抽出に失敗したときは、 $SP_{i-5} \sim SP_{i-1}$ で補正したサインパターンを使う。補正の方法は、車軸に取り付けたシャフトエンコーダから読み取った位置 P_i よりサインパターン SP_i のロボットから最短距離にある点 Q_i を求め、 $Q_{i-4} \sim Q_i$ を最小二乗法で直線近似する。

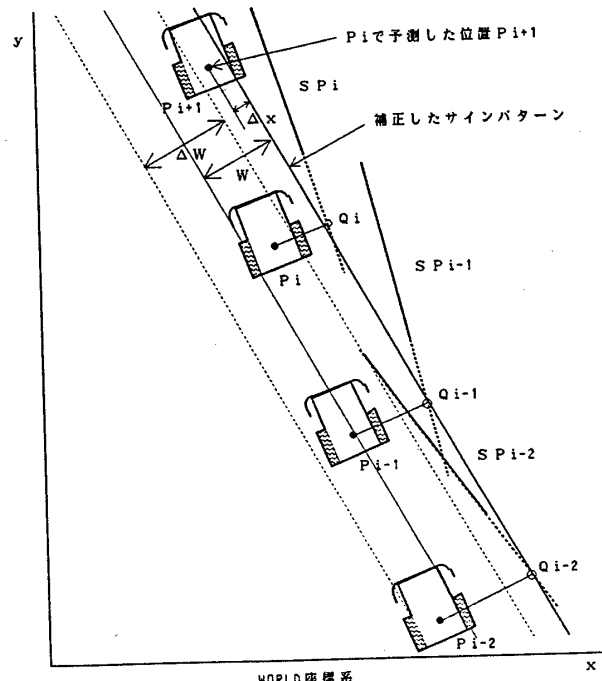


図2 サインパターンの補正

4. 操舵指令作成

「晴信」の操舵指令は左右の速度 V_r 、 V_l を車体に送ることによって行う。そこで、図2に示すように補正サインパターンより W メートル離れて目標軌道を設定し、この軌道に ΔW メートルの許容範囲をとる。点 P_i で現在の操舵指令で走行した場合ロボットが Δt 秒後に到達するであろう点 P_{i+1} を予測する。 P_{i+1} と補正サインパターンとの距離 ΔX により速度比 $\phi_i = V_r / (V_r + V_l)$ を図3のように決定する。この ϕ_i より左右の速度を求め

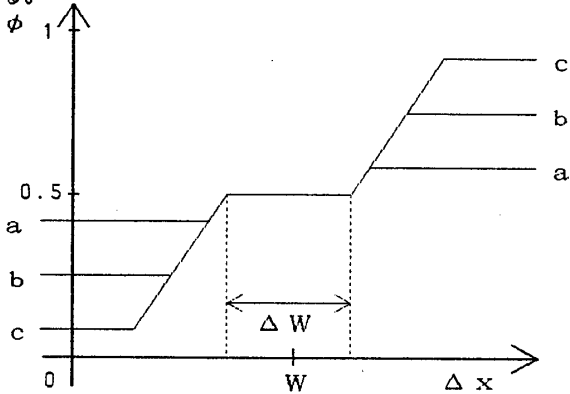


図3 速度比の決定法

4. 走行制御の流れ

- ① ロボットの現在位置、方位、状態を読み取る。
- ② Δt 秒後のロボットの位置と方位を予測する。
- ③ 補正したサインパターンと位置と方位の予測より、操舵指令と回転指令を作成する。

- ④ 画像をテレビカメラより取り込む。
- ⑤ 操舵指令と回転指令を送る。
- ⑥ サインパターン抽出、補正を行う。
- ⑦ 車体は操舵指令を実行する。
- ⑧ TVカメラ回転台は回転指令を実行する。

①～⑥は画像処理部であるホストコンピュータがシーケンシャルに実行し、⑦⑧は⑥と同時に実行を開始する。各処理時間は⑥が約3～5秒、⑦が車体の位置、方位が変わるのに2～3秒、⑧が0～1秒かかる。

6. 結果

大学構内に白線を引いて沿目標移動の走行実験を行った。その結果、最高40cm/s(1.4km/h)の速度(「晴信4号機」の現時点での最高速度)での走行に成功した。直線のサインパターンでの走行軌跡を図4に示す。図では曲がって見えるが、これは道路の傾きによるシャフトエンコーダからの誤差で実際には曲がっていない。また、白線を曲げて曲がったサインパターンの沿目標移動を行ったところ、画面上ではほぼ直線に見なせるカーブではこの移動方法で走行が可能であるが、それ以外の場合には新たなサインパターン抽出法の構築が必要である。

[参考文献]

- [1] 石黒、小谷、安富、片山、森
視覚移動ロボット「晴信4号機」の開発
情報処理学会第36回全国大会
- [2] 齊藤、沢田、茅野、森
自律移動ロボットTVカメラ回転台の開発
第6回日本ロボット学会学術講演会

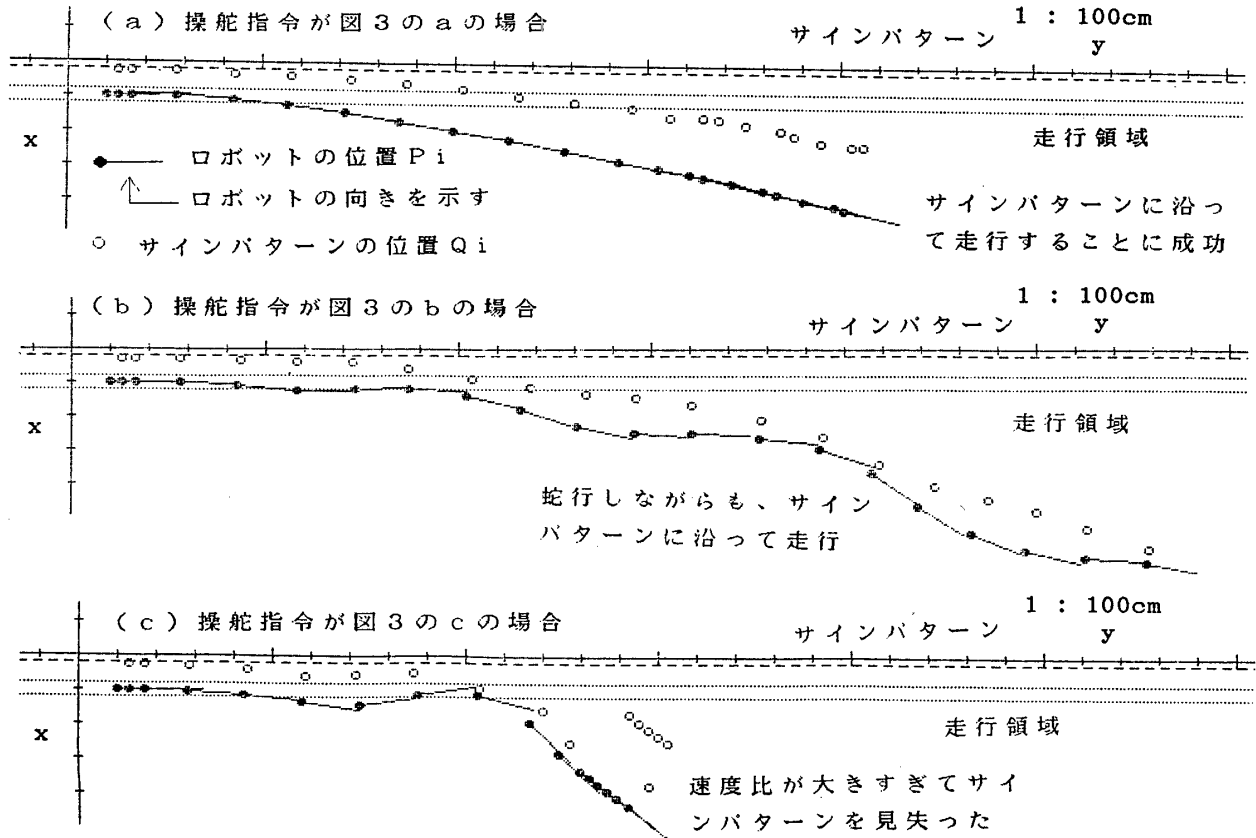


図4 走行軌跡