

視覚移動ロボット「晴信4号機」の開発 No. 4

— 影のある道路上におけるサインパターンの抽出 —

4C-5

陳 暁静、小谷 信司、森 英雄
(山梨大学工学部)

1. はじめに

晴信4号機は曇天の日にはサインパターン抽出して移動することができるが[1],晴天の日には道路上に樹木や建物の影があるため、それができなかった。影はステレオ視などの三次元処理で検出するのが一つの手法であるが、処理にかかる時間が大であるし、算出した高さの誤差が大きいため、実用的ではない。そこで、二次元画像で影のRGB特性を利用して影を検出し、影に埋れたサインパターンの抽出を試みた。

2. 道路の反射光

太陽と青空からの光が道路にあたって、道路に反射される。その反射光は以下のような式で表される。

$$H(\lambda) = \rho(\lambda) \{ (L, N) H_{\text{sun}}(\lambda) + H_{\text{sky}}(\lambda) \}$$

$H(\lambda)$ は道路全体の反射光のスペクトラムを表す。 λ は波長である。 $\rho(\lambda)$ は道路の反射係数を、 $H_{\text{sun}}(\lambda)$ は太陽光のスペクトラムを、 $H_{\text{sky}}(\lambda)$ は青空からの拡散光のスペクトラムを表す。 (L, N) は太陽光の道路と直行する成分の割合である。

撮像素子面での入射光の強度 I がダイナミックレンジの範囲内にある場合のみビデオ信号は意味を持つ。そのレンジより低ければ、ビデオ信号はノイズレベルになり、高ければ、飽和レベルになる。撮像素子の入射光強度はレンズの絞りによって変わる。レンズの絞りは画面全体の入射光の積分値によって制御される。テレビカメラが道路に向いているとき、道路全体が日向にあれば、レンズの絞りが閉じ、日影にあれば、絞りが開く。図1は横軸に道路の反射光の強さ I をとり、縦軸にビデオ信号の値をとったものである。道路における日影の割合が小さいときは、ダイナミックレンジを表す曲線は(a)のようになり、日影の割合が増すと(b)のようになる。

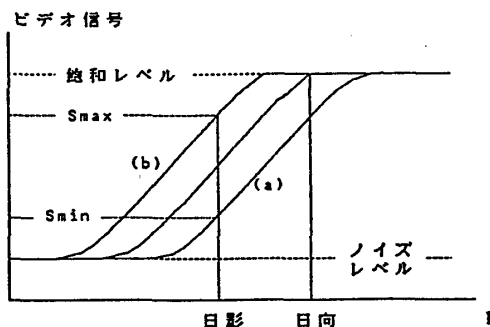


図1. ビデオ信号と反射光の強度 I との関係

日影の反射光の強度はほとんど一定であるため、影の

部分のビデオ信号は S_{min} から S_{max} までの区間内に変動する。

3. 影のRGB特性

本研究の第一歩はテレビカメラで道路の様々なシーンを撮り、日かげと日なたの区域に存在する各点のRGB値を調べた。そして、集めたデータについて統計的に分析をし、次のことをまとめた。

- (1) 2節に述べたように、日影の色のR、B成分の値はその日影の領域が全画面に占める割合によって変わるが、いずれも一定の区間を越えない(ほぼ飽和レベルの35%から65%までとなる。これは図1.に示した S_{min} から S_{max} までの区間に相当する)。
- (2) 日向と日影のR、B値を比べると、日影にある点のR、Bの値は日向より減少しているが、R成分が道路の影部分の色に占める割合は日向のR成分の占める割合より減少する。青成分の占める割合は増加する。
- (3) 時間によってR、Bの値が変わっているが、午前十時から午後三時までの間には(1)と(2)の結論が成立する。

4. 影検出アルゴリズム

上の分析結果より、以下のような影検出アルゴリズムを作成した。

- ① 直前に走行していた通路の色 (K_R, K_G, K_B) より $K_r = K_R / (K_R + K_G + K_B)$ 、 $K_b = K_B / (K_R + K_G + K_B)$ を計算する。 K_r 、 K_b はそれぞれR、B成分の占める割合である；
 - ② 画像を取り込む；
 - ③ 取り込んだ画像の各画素の色 (S_R, S_G, S_B) について $S_r = S_R / (S_R + S_G + S_B)$ 、 $S_b = S_B / (S_R + S_G + S_B)$ を計算する；
 - ④ S_r, S_b が一定の区間を越えていないか？
 - ⑤ $r_{\text{min}} < K_r - S_r < r_{\text{max}}$ を満たすか？
 - ⑥ $b_{\text{min}} < S_b - K_b < b_{\text{max}}$ を満たすか？
 - ⑦ ④⑤⑥を満たす画素の色を (K_R, K_G, K_B) に変える；
 - ⑧ 後は通常画像微分、領域分割、サインパターン抽出を行う[1]。
- ⑤と⑥にある四つのパラメータ $r_{\text{min}}, r_{\text{max}}, b_{\text{min}}, b_{\text{max}}$ は日なたと日影のR、B成分それぞれの閾値を与えるものである。道路上に存在する障害物は3節の(1)と(2)を満たすことがある。この四つのパラメータを適当に決めておけば、影と障害物を区別することができる。

5. 処理結果

この影検出アルゴリズムを68000(8MHz)上でアセンブラにより実現してみた。画像処理の範囲、影の面積および各画素のRB値によって処理速度が異なる。表1.は処理範囲270*120画素における最小と最大処理速度を示す。

全ての画素が④⑤⑥ を満たさない	全ての画素が④⑤⑥ を満たす
0.5 秒	1.5 秒

表1. 最小と最大処理速度

画像処理の際、このアルゴリズムの成功率は道路の状況によって異なる。白線のある道路では、影検出が簡単であり、成功率はほぼ80%となる。白線のない道路では、道路境界がはっきり撮れないため、成功率は40%以下である。

ここでは一つの検出例を挙げる。図2.a~2.cは原画像、微分画像およびサインパターン抽出の結果を示している。この例では、道路に白線があり、ロボットがその白線に沿って移動するのである。図2.aに示したように、道路上には木の影がある。その影響で、図2.cに示したように、抽出されたサインパターンは白線からかなりずれており、ロボットは影を高さのある障害物と見なして避けてしまう。影検出ルーチンを実行すると、道路は図3.aに示したようになり、ウィンドウ内の影の部分が埋められた（パラメータは $rmin=0.02$ 、 $rmax=0.1$ 、 $bmin=0.02$ 、 $bmax=0.1$ と設定した）。画像微分（図3.b）、領域分割、サインパターン抽出を行った結果（図3.c）、抽出されたサインパターンは白線とほぼ一致している。

6. おわりに

以上に述べたアルゴリズムは統計的な分析結果より作成したため、まだ不完全である。例えば、暗い色をしている障害物のRとB値が条件④⑤⑥を満たすケースもあるため、影として埋められてしまうことがありうる。

今後の課題は影の色特性をもっと深く追究し、影検出における不確かさをできるかぎり減少することである。

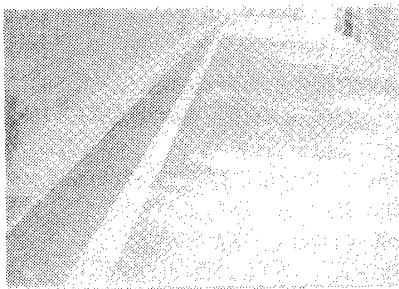


図2.a 原画像

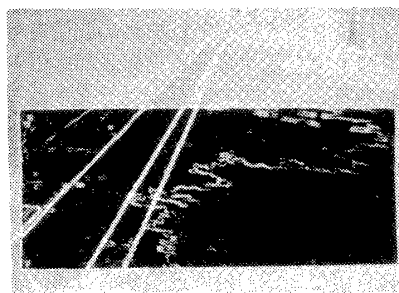


図2.b 微分画像

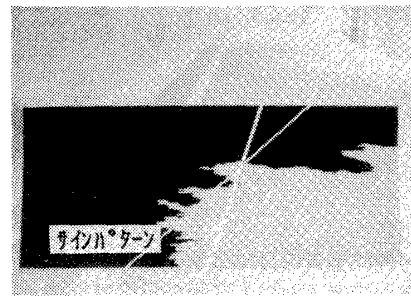


図2.c サインパターン抽出

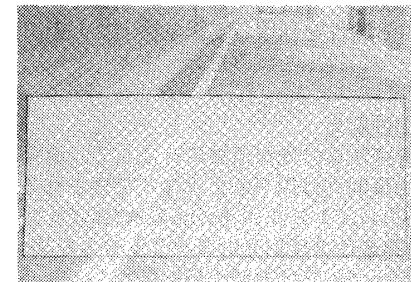


図3.a 影検出後の画像

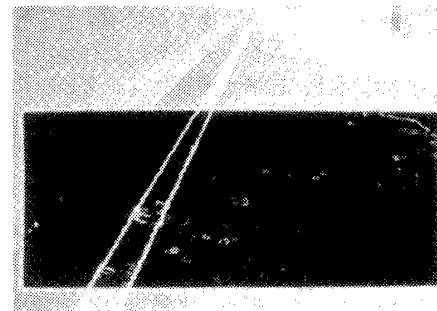


図3.b 微分画像

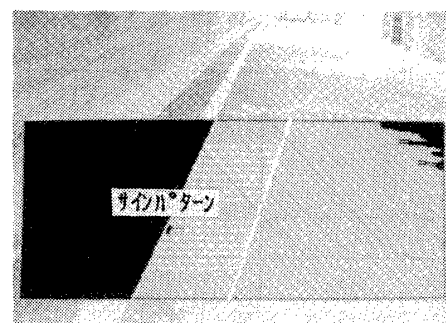


図3.c サインパターン抽出

参考文献

- [1] 石黒、小谷、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（昭和63年前期）全国大会講演
論文集 2V-4