

撮影画像による摩擦係数の推定

田村研究室 亀田 修司 島田 知季

1. はじめに

車輪型ロボットが移動する際に、床の摩擦係数の計測はモータ制御にとって重要な問題である。床の摩擦係数測定において、歩行型のロボットは足うらのセンサを用いればよいが、車輪型の場合には接触部分にセンサを用いることが出来ない為、非接触の測定が必要である。

本研究ではカメラを用いて、非接触での床の摩擦係数の推定を行う。これによりロボットが移動する際に、摩擦係数を考慮した動作をすることが出来る。本手法では、床の光源に対する反射光の色差及び、形状通過型フィルタ[1]を用いて、摩擦係数を推定する推定式を重回帰分析により求める。今回は方向によって摩擦係数が増減しない様な床素材の静摩擦係数を対象とする。

サンプルとして図1を示す。

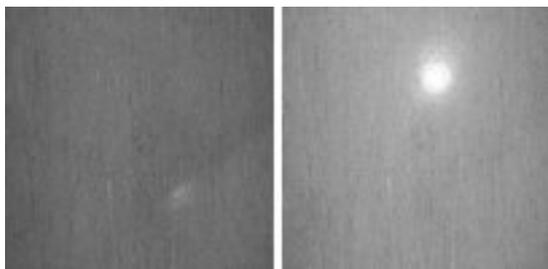


図1 画像例(左:光源なし 右:光源あり)

2. 撮影方法

サンプルの床画像の撮影には、デジタルカメラを三脚に固定し遮光 TENT をかぶせ撮影を行う。撮影条件を表1に示す。反射光の影響を用いるため、光源を加えた画像と光源を加えない画像の2種類の画像を撮影する。その際、手軽な光源である、ストロボを使用する。

床画像はリノリウムや石材等図2に示す、

12種類をそれぞれ10枚、計120枚を用意した。

表1 撮影条件

| | |
|-------|--------------------------|
| 製品名 | Canon EOS Kiss Digital X |
| 画像サイズ | 3888x2592 |
| 撮影モード | 夜景ポートレート/ストロボ発光禁止 |
| フォーカス | オートフォーカス |
| 倍率 | 1X |
| 距離 | 地面からレンズまで 40cm |

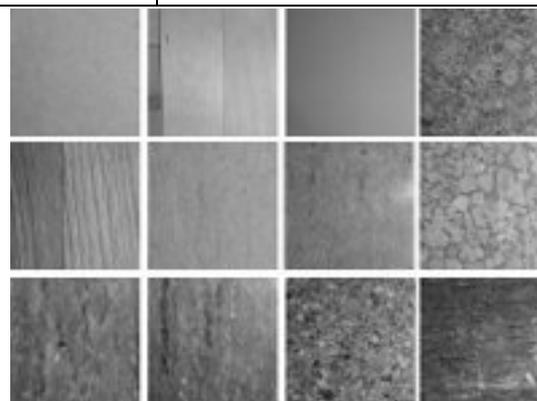


図2 用意した床画像

3. 摩擦係数の測定手順

摩擦係数の測定は床画像の撮影と一緒に、摩擦係数を測定した後に測定した場所を撮影する。機材は American slip meter 社の ASM 725 を使用した。

- (1) 測定する表面のゴミを除去する。
- (2) テグスを測定器に対して垂直、測定する表面に対して平行にして引く。
- (3) 測定器本体が動きだし、ゲージに止まった値が測定結果とする。
- (4) 測定器で摩擦係数を10回測定する。
- (5) 10回の平均をとり、対象の摩擦係数とする。

4. 推定手法

本研究では、形状通過型フィルタ[1]を用いて微小な形状特徴を検出する。抽出する特徴は図3の9種類である。各形状特徴を抽出した出力画像から、その画像に含まれる形状特徴の量を表す抽出量として R.M.S.(root mean square)値を得る。R.M.S.値とは各画素の濃度の二乗値の平均の平方根である。

また、反射光の特徴は次のように取得する。CIELa*b*表色系の a*値と b*値、CIELCh 表色系の C 値(彩度値)の画像全体の平均を計算し、光源を加えた画像と光源を加えない画像の差分を取得し、それを反射光の特徴とする。

推定式の構築には F-in、F-out を 2 に設定した増減法[3]の重回帰分析を用いる。説明変数には、図3の9種類、微小形状の大きさ5サイズ(5、7、11、15、21)と、反射光の特徴3種類、計48種類とし、目的変数は摩擦係数とした。推定式は、次のような線形結合式である。

$$y=(a_0 * x_0) + (a_1 * x_1) + (a_2 * x_2) \dots + (a_n * x_n)$$

x は分析によって選択された特徴値とし、a はその係数。n は選択要素数である。

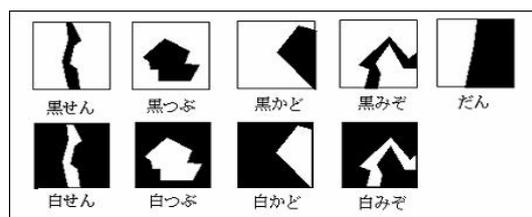


図3 基本形状特徴要素

5. 実験結果

2で示した手順で撮影した120枚の一樣な床素材の画像を256x256サイズに縮小し4.で示したとおりに推定した結果、以下のようになった。

- ① 光源なしと光源ありの画像を用いて推定した場合、自由度修正済み決定係数 0.60
- ② ①に a*値、b*値、C 値の差分を加えて推定した場合、自由度修正済み決定係数

0.85

- ③ 上半分に強く反射光が出すぎてしまう光源ありの画像を加工し、下半分のみを使用した場合、自由度修正済み決定係数 0.94

図4は実測値と③で推定された理論値の対応を示す。

また、得られた推定式において、a*値差分、b*値差分、C 値差分、白みぞ、黒みぞ等が特に重要な特徴として使用されている。

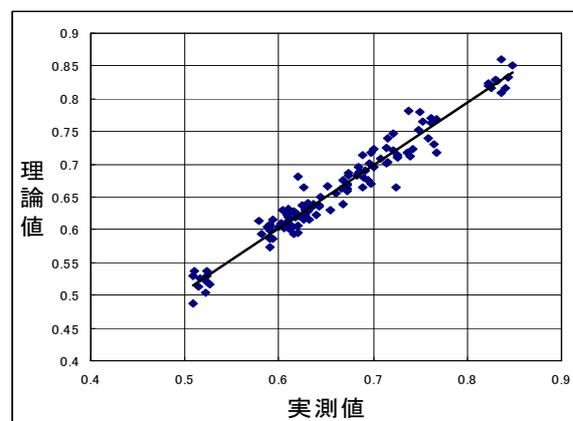


図4 実測値と理論値の対応

6. まとめ

本研究では、12種類の床を撮影した120枚をサンプルとして使用し、形状通過型フィルタと反射光を特徴として、推定実験を行った。その結果、2つを併用すれば十分に摩擦係数推定が可能であることが分かった。

参考文献

- [1] 田村仁,阿刀田央一,「自然なテクスチャの特徴抽出用形状通過型非線形フィルタバンク」,信学論 D-II,J82-DII,12,pp.2260-2270,1992-12.
- [2] 久野徹也,杉浦博明,吉田潤一,「車載カメラによる路面状態検出方式の検討」,信学論 D-II ,Vol.J81-DII No.10 pp2301-2310.
- [3]奥野忠一,芳賀敏郎,矢島敬二,奥野千恵子,橋本茂司,古河陽子,「続 多変量解析法」,日科技連,1976年.