

移動体用の撮影画像による前方路面の摩擦係数推定システム

田村研究室 金谷 潤 陳 君

1. はじめに

車椅子や、ロボット等の車輪を搭載した製品において、モータ駆動で移動する際の床の摩擦係数の計測は非常に重要な問題である。

本研究では非接触での測定を行うためカメラを用いて、床の摩擦係数の推定を行う。これにより、摩擦係数を考慮した制御が可能となる。

摩擦係数の推定には、田村らが開発した形状通過型フィルタ^[2]を用いて撮影画像から微小形状特徴を抽出する。そして、回帰分析によって摩擦係数と相関の高い特徴を選択することで推定式を構築し、摩擦係数の推定を行う。

しかし、形状通過型フィルタだけでは印刷された床の画像等を判断できないため、新たな特徴として微小凹凸特徴を提案する。

2. 撮影方法

微小凹凸の撮影方法では、図1のように凹凸あり対象物は真横から光を与えると、影ができるが、凹凸無し対象物は真横から光を与えても影ができない。そのため、意図的に床と平行に光を照射し、その影を微小凹凸特徴として追加することで、凹凸の有無を捉えることが可能となる。

サンプルの床画像の撮影には、小型で安価な web カメラを用いて動画を撮影し、1 フレーム毎に分割した画像から摩擦係数の推定を行う。

図2のマイコンロボットにカメラを搭載し、真下と前方の床の動画撮影を行う。

表1に撮影条件を示す。画像は地面より27cm。斜め前方は真下画像の中心点より

30cm前方を撮影することとした。

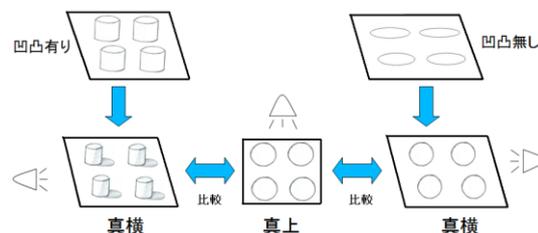


図1 微小凹凸

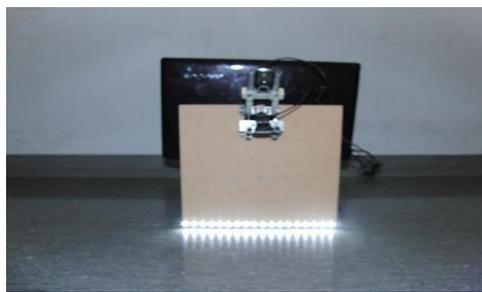


図2 マイコンロボット

表1 撮影条件

製品名	Logicool 2-MP Portable Webcam
動画形式	1280*720 30fps WMV 形式
フォーカス	固定
倍率	1 X
距離	真下：レンズから地面まで27cm 斜め前方：真下より30cm前方

3. 実摩擦係数の測定手順

実摩擦係数の測定は床画像の撮影と同時に進行。測定の手順は以下のとおりに行った。

- (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、ゲージが止まった値が測定結果とする。
- (4) 測定器で摩擦係数を50回測定する。
- (5) 50回の平均をとり、対象の摩擦係数とする。

4. 推定手順

本研究では、形状通過型フィルタ^[2]を用いて微小な形状特徴を検出する。抽出する

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。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、図の 9 種類、微小形状の大きさ 5 サイズ(5、7、11、15、21)計 45 種類とし、目的変数は静止摩擦係数とした。推定式は、以下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。

微小凹凸の推定では、以下の 2 つの方法で求めた。

- ① LED 照明有りの 45 種類の特徴と LED 照明無しの 45 種類の特徴を合わせ、全 90 種類の特徴とする。
- ② LED 照明無しの 45 種類の特徴(A)と LED 照明有りから LED 照明無しの数値の差分(B)を取り(A)と(B)を合わせ全 90 種類の特徴とする。

以上の特徴量を重回帰分析する。

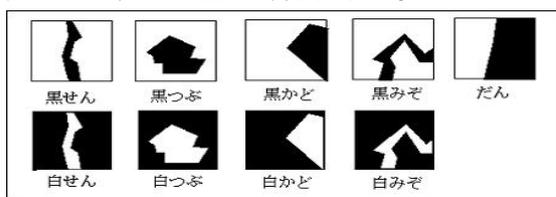


図 3 基本形状特徴要素

6. 評価

2 で示した手順で学内計 15 箇所で 1080 枚ずつ撮影した動画を 1 フレーム毎に静止画像に分解し、4 で示した通りに推定を行った結果、以下ようになった。

各箇所の実摩擦係数は平均による一定値とした。

推定を行った結果、①の場合、自由度修正済み決定係数が 0.99 となり、②が 0.99 となった。昨年度の推定方法による自由度修正済み決定係数が 0.94 だったことから、微小凹凸の撮影方法は十分に有効だと言える。

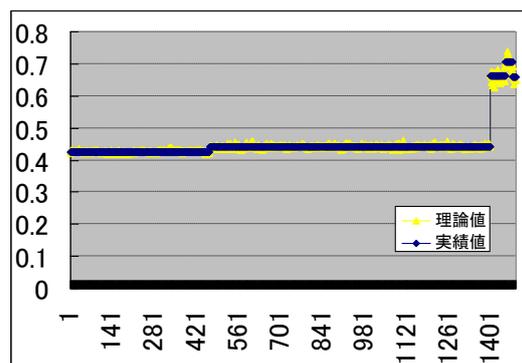


図 4 ①の結果のグラフ

決定係数	0.991853	0.991423
自由度修正済み決定係数	0.991568	0.991143
重相関係数	0.995918	0.995702
自由度修正済み重相関係数	0.995775	0.995562
ダーヴィンワトソン比	1.239343	1.313439
赤池のAIC	-11397.5	-11373.3

表 2 推定式 左:① 右:②

参考文献

- [1] 亀田修司、島田知季「撮影画像による摩擦係数の推定」卒業研究論文 日本工業大学 工学部 情報工学科 2009
- [2] 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
- [3] 後藤泰介 今泉僚太 「移動体に搭載可能な撮影画像による摩擦係数の推定」卒業研究論文 日本工業大学 工学部 情報工学科 2010
- [4] 田村仁「微小形状特徴を用いた物体の堆積画像からの堆積量の推定手法」全国大会講演論文集 第 71 回平成 21 年(2), "2-5"-2-6", 2009-03-10
- [5] 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」電子情報通信学会論文誌 D-II、J81-D-II、12, pp. 2301-2310, 1998-10.
- [6] 内山俊郎、武川直樹、中村太一、金子博「一様範囲の推定を用いたテクスチャ画像の領域分割」電子情報通信学会論誌 D-II Vol. J83-D-II No. 6 pp. 1446-1459 2000 年 6 月
- [7] 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」電子情報通信学会論文誌 D-II、J82-D-II、12, pp. 2260-2270, 1992-12.