

ハプティックビジョンに基づく摩擦係数推定 Friction Coefficient Estimation With Haptic Vision

山城太 鎌谷佳輝 島田伸敬 田中弘美
Dai Yamashiro Yoshiteru Kamatani nobutaka shimada Hiromi Tanaka

立命館大学 理工学部 情報学科
Ritsumeikan University

1. はじめに

バーチャルリアリティ空間において、実世界での現象や振る舞いに忠実なリアリティの高い操作シミュレーションを実現するためには、対象の3次元形状やテクスチャ等の視覚情報だけでなく重量[1]、摩擦、弾性等の力学的特性を知る事が重要である。そこで本稿では観測画像から自動構築するため提案した「触れて見る」ハプティックビジョン構想に基づき、既知外力が作用されている対象物体へ接触し、得られた接触力変化の観測データを解析することにより、対象物体（と支持面間）の摩擦係数を推測する方法を提案する。

2. 能動的摩擦係数推定アルゴリズム

対象物体は次の(a)~(c)の条件を満たすものとする。(a)水平支持面上に安定に置かれている。(b)少なくとも1つの重力方向を含む3次元形状の対称面を持つ。(c)密度が一様である。

対象物体の最大静止摩擦力を F_1 、対象物体を上から既知の力 W で押さえつけながら計測した時の最大静止摩擦力を F_2 とした時、 F_1, F_2 はクーロンの摩擦法則よりそれぞれ $F_1 = \mu Mg$ (式1)、 $F_2 = \mu(Mg+W)$ (式2) (物体重量 M 、静止摩擦係数 μ 、重力加速度 g) と表される。これら二つの式から静止摩擦係数 μ を $\mu = (F_1 + F_2) / W$ (式3) と推定する。

次に摩擦係数推定の処理の流れを示す。Step1) 能動視覚に基づき、多視点画像を自動獲得する。Step2) 各視点画像より抽出された物体領域の2D対象軸と2D重心を統合することにより、対称面と摩擦中心を推定する。この時の摩擦中心とは図1より、正面2D画像における重心 G_f を表し、押す力 F_c が摩擦中心を通れば、姿勢を変えずに対象物体を F_c の方向に直進移動させることのできる点とされる。Step3) 能動触覚に基づいて、推定された対称面と摩擦中心から接触点と接触力を推定し、対象物体に能動的に接触することで並進運動を生起させる。Step4) 力センサを用いて図2のように並進運動時の摩擦力 F_1 の変化を観測する。Step5) 次に、対象物体を上から既知の力 W で押さえつけながら同様の処理を行い、力センサを用いて摩擦力 F_2 の変化を観測する。Step6) Step4, Step5 より得られた情報から、(式3)より摩擦係数 μ を推定する。

3. 実験結果

Cubix 社レンジファインダを搭載している三菱電機製ロボットマニピュレータ RV-E4N をビジョンロボット、カフイードバックセンサとして A&D 製ロードセルユニット LC-4102 を搭載している三菱電機製ロボットマニピュレ

ータ RV-E2 をハプティックロボットとしたハプティックビジョンシステムを用い、対象物体はアルミニウムのブロック、上からの既知の力 W を 143g の重りとした。支持面は摩擦の大きいもの（起毛した布面）と小さいもの（起毛のない布面）の二種類とし、それぞれ5~10回の実験結果から平均摩擦力を計測した。その摩擦力より推定された摩擦係数を用いて重量を推定し、実重量とその比較から誤差を評価した結果を表1に示した。

推定摩擦係数を用いた推定重量の精度評価から、摩擦の小さい支持面に対してより安定した摩擦係数が推定できることがわかる。

4. まとめ

ハプティックビジョン構想に基づき、既知外力が作用されている対象物体へ接触し、得られた接触力変化の観測データを解析することにより、対象物体と支持面間の摩擦係数を推測する方法を提案した。

実験結果より、摩擦の小さい支持面に対してより安定した摩擦係数が推定できることを確認した。

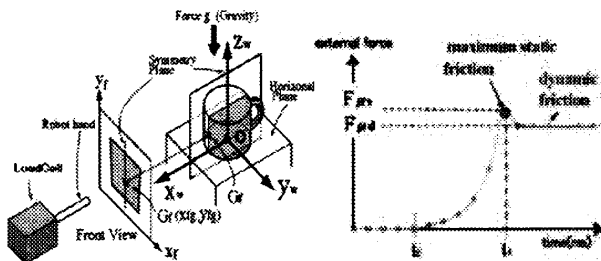


図1 接触点、外力推定 図2 摩擦力の変化グラフ

支持面	M+0g	M+143g	推定	推定	実	誤差
摩擦	摩擦力	摩擦力	摩擦係数	重量	重量	
小	56.1gw	82.5gw	0.1846153	303.9g	281g	8.1%
大	117.5gw	184.8gw	0.4706293	249.7g		11.2%

表1 実験結果

参考文献

[1] 田中士郎, 谷川武士市, 安部慶喜, 田中弘美: ハプティックビジョンに基づく能動的物体重量推定, 情報処理学会論文誌, Vol.44 No.SIG17(CVIM 8), pp.51-60 (2003)