

Raspberry Pi を用いた模擬排尿量推定

情報科学科 本多 千鶴

指導教員：河中 治樹

1 はじめに

近年、主に医療機関や福祉施設での需要から、トイレでの排尿量計測と管理に向けた研究が行われている。磯村らは簡便で衛生的な尿量計測手法としてカメラを用いた液体流量推定 [1] を提案した。この先行研究で使用されるカメラはシャッター方式やフレームレート、解像度等に制約条件がある。実環境に導入する際にサイズやコストの面での障壁となるため、カメラの仕様の自由度を緩和する必要がある。

そこで本研究では、カメラの仕様を変更することで生じる課題を画像処理によって解決し、先行研究 [1] と同等の精度の流量推定を実現する。システムの実装においては、将来的な尿量管理システムを想定し、小型なシングルボードコンピュータである Raspberry Pi とそのカメラモジュールを用いる。

2 流量推定モデル

液体の流量推定には、磯村らが提案した多重円柱モデル [1] を用いる。多重円柱モデルとは、放物線を描く液体を底面積の異なる円柱の重なりであるとして液体の流量を計算するモデルである。撮影された n フレームの画像において i フレーム目の液体の初速度を v_{i0} [pixel/s]、液体径を d_i [pixel]、フレーム間時間を t [s] とする。pixel³ から mL へ単位変換するためのイソムラン定数を I [mL/pixel³] としたとき、液体の総流量 V [mL] は式 (1) で求める。

$$V = \pi I t \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{d_i}{2} \right)^2 v_{i0} \right\} \quad (1)$$

3 提案手法

多重円柱モデルの適用には、画像の二値化による液体領域の抽出が必要である。Raspberry Pi のカメラで撮影した画像に対し、先行研究で用いている適応的背景差分法で二値化を行うと、図 2 のように蛍光灯の点滅によるノイズが現れる。これは Raspberry Pi のカメラがローリングシャッター方式であることが要因である。そこでノイズの削減に向け、走査ライン毎に背景差分法を適用することで二値化を行う手法を提案する。液体画像と背景画像のライン毎の平均輝度値 \bar{L}_v および \bar{B}_{iv} を算出し、液体画像の平均輝度値 \bar{L}_v に最も近い背景画像 \bar{B}_{iv} をライン毎に選択し、差分をとることで二値化を行う。

また、多重円柱モデルでは液体の初速度や径を求めるために、液体の近似曲線を求める必要がある。先行研究では、最小二乗法を用いることで近似曲線を求めているが、この方法はノイズに弱い。本研究では RANSAC (random sample consensus) 法を用いることでより正確な近似曲線を求める。

4 精度検証実験

提案手法の推定精度評価のために実験を行った。排尿を模擬するために注射器によって 50 mL の液体を放水した。照明は天井の蛍光灯のみとし、図 1 のように、先行研究で使用されているカメラ (Flea3) と Raspberry Pi のカメラをレンズの中心部が同じ高さになるように並べ、同時に模擬排尿を撮影した。Flea3 および Raspberry Pi のカメラのフレームレートはそれぞれ 60

表 1: 正解流量 50 mL の場合の推定誤差

条件	シャッター方式	推定手法	ϵ [%]	σ [%]
A	グローバル	先行研究	3.4	3.1
B	ローリング	先行研究	62.9	37.1
C	ローリング	本研究	3.7	3.3

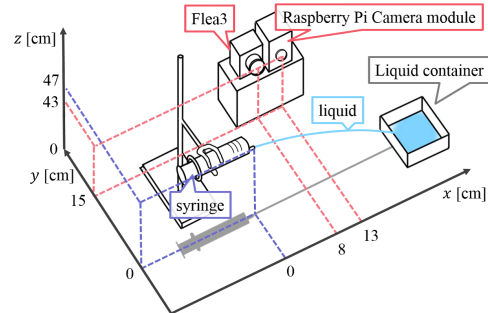


図 1: 実験環境

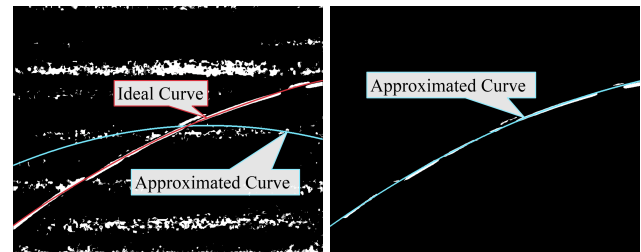


図 2: 条件 B の液体近似曲線 図 3: 条件 C の液体近似曲線

fps および 20 fps であり、撮影は 5 試行行った。提案手法の評価のために用いた 3 つの条件と、各条件における流量の平均推定誤差 ϵ [%] および標準偏差 σ [%] を表 1 に示す。

提案手法 (条件 C) は先行研究の手法 (条件 A) に近い推定精度であった。Raspberry Pi で撮影した同じ画像に対して条件 B および C によって求めた液体近似曲線をそれぞれ図 2 および図 3 に示す。条件 B では、理想とする液体の近似曲線とずれているのに対して、条件 C では液体に沿った近似曲線が求められている。提案手法によって液体のより正しい近似曲線が得られ、液体の初速度の推定精度が向上したことで、結果として流量推定精度が向上した。一方、誤差の生じた原因は、液体径が適切に抽出されていないためである。

5 まとめ

提案手法によって液体の曲線近似精度が向上したことで、先行研究と同等の推定精度が得られた。したがって、画像処理によってカメラの仕様についての制約条件を緩和できた。今後の課題として、液体径の抽出精度を向上させることでより高い精度で推定を行うことが挙げられる。

参考文献

- [1] A. Isomura, *et al.*, “Estimating Flow Rate and Volume of Simulated Urine Flow Noninvasively from a Monocular Camera”, 37th IEEE EMBC, pp.751-754, Aug. 2015.