

透視投影を考慮した多重円柱モデルによる放射液体の流量推定

情報科学科 辻元 直伸

指導教員：小栗 宏次

1 はじめに

人間の健康状態を知るために様々な測定が行われており、その中に尿流量測定がある。尿流量測定は患者の体内の水分管理や、排尿機能障害の検査に利用されている。排尿行為は人が日常生活で行う行為であり、排泄物からは非侵襲性の情報取得が可能である。

日常生活の排尿行為と同様な環境で尿流量計測を行うために、衛生陶器に設置したカメラを用いた男性排尿を模擬した放射液体の流量推定手法が提案されている [1]。しかし、先行研究では利用者の排尿が投影面に対して平行に排尿することを想定しているため、平行から逸れると推定精度が低下する問題がある。そこで本研究の目的は、放水された液体の透視図から液体の初速度ベクトルと投影面がなす角度（放水角度）を推定し放水角度に応じた補正をすることで、異なる放水角度において推定精度を低下させないことである。

2 放水角度を考慮した流量推定のモデル

流量推定モデルとして、先行研究で提案されている多重円柱モデルを用いる。多重円柱モデルでは空中に放水された液体を多数の円柱の集合と仮定し、円柱の体積から総流量を推定する。円柱の体積は撮影画像から推定した液体径と液体初速度を用いて求める。

各画像において放水角度の推定は投影される液体径の様子から推定する。液体の初速度ベクトルを v_0 [pixel/s]、焦点距離を f [pixel]、視点から放水開始地点までの距離を z_0 [pixel]、放水角度を θ [deg] とする。視点の水平方向を x 軸、垂直方向を y 軸、奥行き方向を z 軸とする。液体径 R [pixel] の液体が $x = m_v, n_v$ に存在するとき、投影面においてそれぞれ $x = m_d, n_d$ に投影されるとする。図 1 に透視投影図を示す。このとき z_m, z_n は式 (1), (2) で算出できる。 $x = m_d, n_d$ に投影される液体径 r_m, r_n [pixel] はそれぞれ式 (3), (4) で算出できる。放水角度 θ [deg] は式 (3), (4) を用いることで式 (5) によって算出できる。

$$z_m = z_0 - m_v \times \tan \theta \quad (1)$$

$$z_n = z_0 - n_v \times \tan \theta \quad (2)$$

$$r_m = \frac{R \times f}{z_0 - m_v \times \tan \theta} \quad (3)$$

$$r_n = \frac{R \times f}{z_0 - n_v \times \tan \theta} \quad (4)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{(r_m - r_n) \times z_0}{m_v \times r_m - n_v \times r_n} \right) \quad (5)$$

液体径と液体初速度を推定するために最小二乗法によって液体近似曲線を導出する。 i フレームにおける液体径は画像内の $x = u$ 列における近似曲線の法線上に存在する白色画素から r_u を探索する。 r_u と放水角度 θ を用いて R_u [pixel] を式 (6) によって算出し、 R_u の最大値を i フレームの液体径とする。

$$R_u = \frac{r_u \times z_0 \times (f - u \times \tan \theta)}{f^2} \quad (6)$$

液体の初速度は放水された液体が斜方投射に従うとし、近似曲線の二次係数と一次係数から v'_0 [pixel/s] を算出し、式 (7) によって補正後の初速度 v_0 [pixel/s] を算出する。

$$|v_0| = \frac{|v'_0|}{\cos \theta} \quad (7)$$

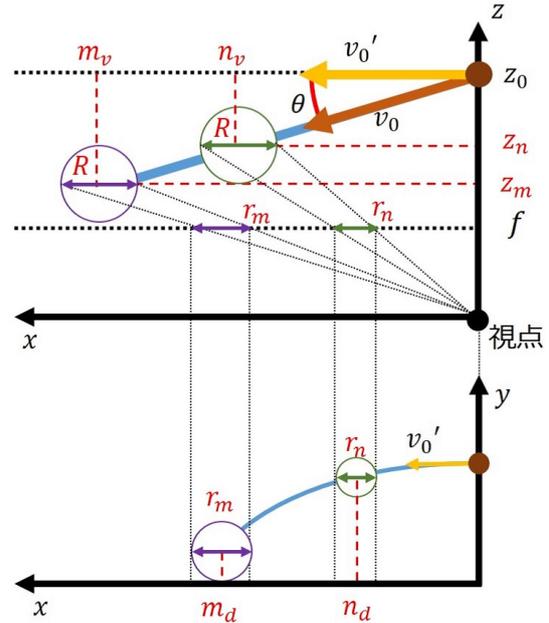


図 1 透視投影図

3 推定精度検証実験

提案手法による推定精度を検証するため、男性の排尿を模擬した液体の流量を提案手法と従来手法を用いて推定を行った。撮影は蛍光灯下で行い、1 試行につき 50 mL の水を放水した。実験機材は USB カメラと注射器を用いた。注射器の先端を放水開始地点とし、放水角度 θ が $-30 \sim 30$ [deg] の範囲で 10 [deg] ごとに設置し、各 5 試行を行った。各放水角度における各 5 試行の平均絶対誤差および提案手法による推定放水角度を表 1 に示す。表 1 より従来法より推定精度が向上していることを確認した。 $\theta = -20$ の推定精度が低い原因として推定に用いるフレーム数が他の試行よりも多いことから液体を放水する力が変化していたと考えられる。また θ の値が大きくなるにつれ放水角度の推定精度が低くなっており適切な補正が行えていないと考えられる。放水角度の推定が低い原因として、放水された液体の太さは一定と仮定しているが空気抵抗や表面張力などの影響により変化していることが放水角度の推定に影響したと考えられる。

表 1 推定結果

放水角度 [deg]	従来手法 [%]	提案手法 [%]	推定 θ [deg]
30	226.3	40.4	24.8
20	138.5	33.1	18.8
10	40.9	3.0	11.3
0	6.5	6.2	-1.8
-10	18.7	8.3	-9.0
-20	207.4	86.5	-13.5
-30	59.2	30.8	-18.6

4 まとめ

提案手法により、投影面に平行から逸れた方向に放水された液体の流量推定において放水角度を考慮することで先行研究よりも推定精度が向上した。今後の課題として、空中に放水された液体径は一定ではないことを考慮し放水角度の推定精度を向上させることが挙げられる。

参考文献

[1] A.Isomura, et al., IEEE EMBC, pp.751-754, 2015.