

# 生活支援ロボットによる液体注ぎ道具操作における軌道推定視覚処理と操作修正認識制御に関する研究

石倉 祥平† 長濱 虎太郎† 矢口 裕明† 稲葉 雅幸†

東京大学†

## 1.はじめに

やかんやペットボトルなどの道具を利用して、その道具内の液体を操作する場面は日常生活のあらゆる場面で見受けられる。ロボットに道具を操作させ目標位置に液体を注ぐためには、道具から流れ出る液体を捉える必要がある。そのため文献[1]では、やかんから注がれた水の色ヒストグラムを用いて、ヒューノイドがやかんで水を注ぐ動作が生成されている。この手法では流水の検出はなされているが、液体の形状情報を利用した水流の認識をしていないため、道具と目標位置の距離が大きくなるにつれて、正確に液体を注ぐことは困難になる。

そのため本研究では、水流の三次元点群を取得し、軌道を推定することで、水流の終端位置を予測する。この水流自体を捉える手法は空気抵抗、液体の粘性、道具出口における水流の速度の変化の影響を考慮する必要がない。そして目標位置に水流の終端位置が重なるように動作へのフィードバックをかけることで、液体を注ぐ動作を作成した。本提案手法の有用性を検証するために、生活支援ロボット HSR(Fig.1)を用いた、花壇への水やり動作実験を行った。

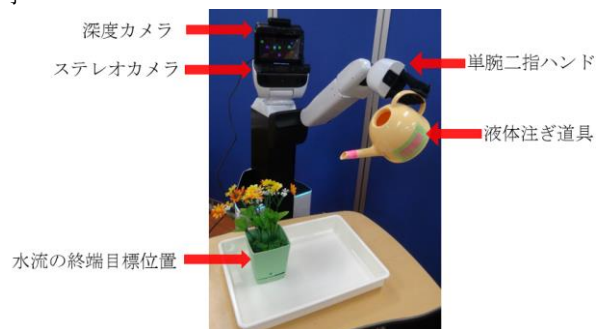


Fig.1 HSR

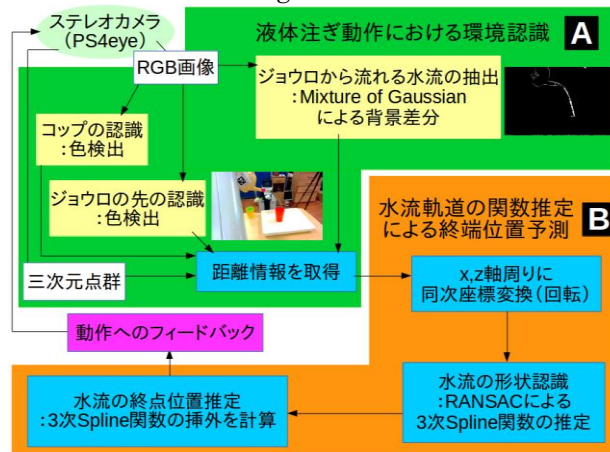


Fig.2 Pouring water system

## 2.軌道推定視覚処理

水流の軌道を推定するために、1)液体を注ぐ環境の認識と 2)水流軌道の推定と終端位置の予測に分けて取り組んだ。

### 2.1 液体注ぎ動作における環境認識

本研究における液体注ぎ動作の構成は Fig.2, 環境モデルは Fig.3 である。そこで Fig.3 を参考に、Fig.2(A)のジョウロの先とコップの認識とジョウロから流れる水の認識について述べる。

#### 2.1.1 ジョウロの先とコップの認識

ジョウロの先とコップの認識は色情報を抽出し、オープニング・クローズング処理、ラベリング処理を施すことで、ノイズや欠けの影響を受けることなく、色検出した。そして三次元点群(距離情報)を用いてそれぞれの位置を認識した。

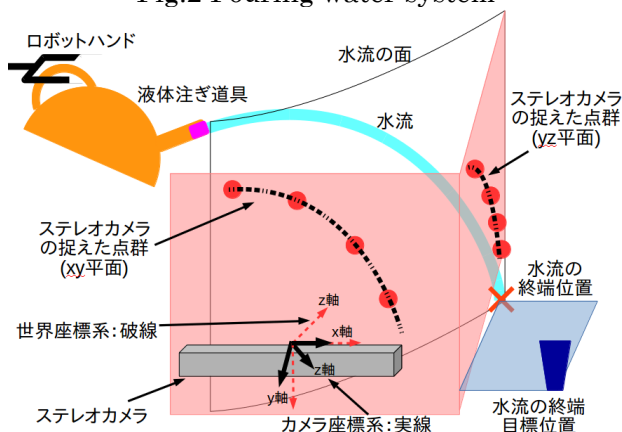


Fig.3 Environment model of pouring

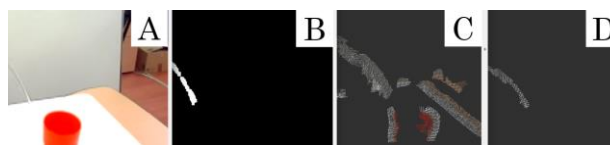


Fig.4 Flow of recognition (A)RGB image, (B) Background Subtraction, (C) Point Cloud, (D)Point Cloud of water flow

Vision based trajectory estimation of liquid flow and handling control of liquid pouring tools by a daily assistance robot

†Shohei Ishikura, Kotaro Nagahama, Hiroaki Yaguchi, and Masayuki Inaba(The University of Tokyo)

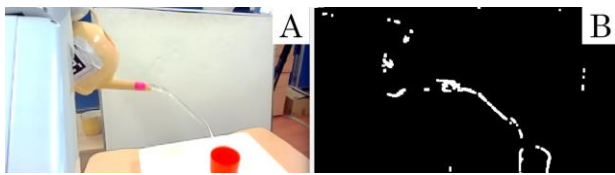


Fig.5 Background Subtraction

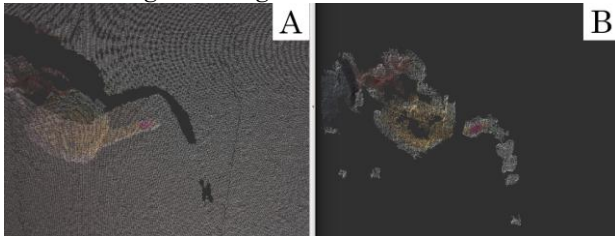


Fig.6 Point Cloud of water flow photographed with (A)depth camera (B)stereo camera

### 2.1.2 ジョウロから流れる水の認識

水流のように透明で形状が変化しやすい物体は、他の物体に比べてRGB画像から抽出しづらい。また水流はセンサによってはジョウロの先やコップのように、三次元点群を取得できない。そのためRGB画像 Fig.4(A)から水流の領域を抽出し Fig.4(B)、三次元点群 Fig.4(C)を取得後、水流領域 Fig.4(D)を抽出する方法を述べる。

まず液体注ぎ動作時のRGB画像 Fig.5(A)について、Mixture of Gaussian(MOG)による背景差分[2][3]を施すと、Fig.5(B)となる。

次に三次元点群について、赤外線パターン投影方式の深度カメラ(ASUS Xtion Pro Live)とステレオカメラ(Sony Playstation Camera)を比較することで、点群を取得するセンサを選択する。Fig.6(A)から深度カメラではジョウロのように水流の点群を取得できない。一方で Fig.6(B)からステレオカメラは水流の点群が取得できている。そのため本研究ではステレオカメラを用いた。そして2.1.1と同様に、水流の三次元位置を得た。

### 2.2 水流軌道の関数推定による終端位置予測

ステレオカメラの性能や実際の液体注ぎ動作の環境の観点から、点群から水流の領域をすべて取り出すことや水流の終端位置を計測することは困難となりうる。そこで本研究では、環境モデル Fig.3を参考に、前節により推定された水流の点群 Fig.4(D)を用いて、関数推定手法 Fig.2(B)について述べる。

まず、カメラ座標系が取得した水流の三次元位置を世界座標系の  $x, z$  軸周りに回転変換する必要性について述べる。水流の三次元位置はカメラの撮影方向による。ここで  $y$  軸が回転している場合、重力方向は変化しないが、 $x, z$  軸であれば変化する。よって水流軌道を操作修正する際

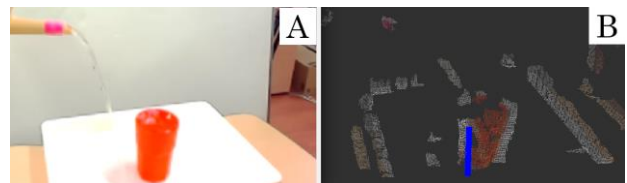


Fig.7 Estimation of water flow and end point

に、世界座標系の  $xz$  平面内のハンドの移動を容易にするために  $x, z$  軸周りに回転変換する。

次にRANSACによる3次スプライン関数の推定を行う。具体的な手法は

1. ジョウロの先の三次元位置と水流の点群からランダムに3点の三次元位置を取り出し、計4点の組を1つ作る。
2. 1で得た4点の座標を  $xy, yz$  平面に平行投影し (Fig.3)、3次スプライン関数を計算する。
3. 前節で求めた水流の点の個数の内、3次スプライン関数から距離  $w$  以内に含まれる点の個数、つまり以下の式1, 2を満たす点の個数の割合を計算する。

$$w_x > |a_x x^3 + b_x x^2 + c_x x + d_x - y| \quad (1)$$

$$w_z > |a_z z^3 + b_z z^2 + c_z z + d_z - y| \quad (2)$$

仮に割合が閾値以上であれば、3次スプライン関数により水流の軌道を推定できていると見なし、水流の終端位置を3次スプライン関数の外挿を求める方法で計算する。閾値以下であれば、再度1から繰り返す。

以上の1~3を行うことにより、Fig.7(B)の通り水流軌道の関数を推定できた。

### 4 おわりに

本論文では、液体注ぎ道具操作における、操作修正のための水流軌道推定処理について述べた。そのため水やり動作や飲料を注ぐ動作などに利用することができる。今後の課題は、水流の認識に背景差分法を用いたため、背景物体やステレオカメラが移動すると水流の認識が困難になる。よって背景差分をよりロバストに行うことが挙げられる。

### 参考文献

- [1] K. Okada et al.: "Vision based behavior verification system of humanoid robot for daily environment tasks", 6th IEEE-RAS Int'l Conf. on Humanoid Robots, pp. 7-12, 2006.
- [2] Z. Zivkovic et al.: "Efficient Adaptive Density Estimation per Image Pixel for the Task of Background Subtraction", Pattern recognition Lett., pp.773-780, 2006.
- [3] Z. Zivkovic.: "Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction", in ICPR, pp. 28-31, 2004.