

過去画像履歴を用いたロボットの遠隔操縦に適する俯瞰視点画像の生成

木下 凌 羽田 靖史

工学院大学

1. 諸言

ロボットを遠隔地から操縦する場合、ロボットに搭載したカメラから取得される映像をもとに行うことが多い。

しかしカメラから取得した映像を操縦者にそのまま提示してしまうと、ロボットと周囲の環境との相対位置関係が把握しづらく操作性が悪いという問題がある。

この問題に対して、佐藤ら[1]は広角カメラを複数台搭載し取得した画像を変形し合成することで上からロボットを見下ろすような俯瞰視点での遠隔操縦を実現している。また戸田ら[2]はバルーンにカメラを搭載し、ロボットを見下ろすことで俯瞰視点での遠隔操縦をおこなっている。しかしこれらの手法は通信容量の大きい画像を常に送り続ける必要があり、通信速度の遅い狭帯域の環境には不向きという問題がある。城間ら[3]はカメラで撮影した画像を保存していき、保存した画像の履歴から適した画像を選択し、ロボットの現在位置と姿勢に対応する箇所にロボットのCGモデルを投影することで過去に画像を撮影した位置から現在位置のロボットを仮想的に見る俯瞰視点画像を提示している。この手法は画像を連続で送信する必要がないため狭帯域の環境でも実装が容易という利点がある。しかし俯瞰視点画像の背景に使用する画像を過去画像履歴から選択する際に、画像の撮影位置・姿勢とロボットの現在位置・姿勢のみを考慮しているため、画像の撮影位置と現在位置の間に障害物があると周囲の環境が把握できなくなってしまうといった問題がある。本研究城間らの研究をベースに、提示する俯瞰視点画像の生成手法を最適とすることを目的とする。

2. 過去画像履歴を用いた俯瞰視点画像の生成

城間ら[3]の手法ではロボットの自己位置情報と撮影した画像を組み合わせることで図1のような擬似的に後方からカメラでロボットを撮影したような俯瞰視点画像の生成をおこなっている。

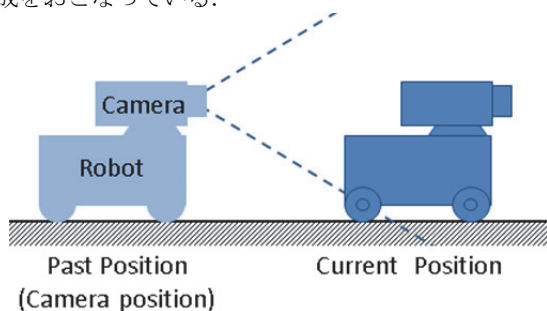


図1 システムの概観

以下に手法の流れを示す。

- (1) ロボット操縦時、常にロボットの位置・姿勢情報を取得し続ける。
- (2) カメラから画像の取得(1)で推定した位置・方向情報と共に保存する。画像の取得は一定距離移動・回転した際に行う。
- (3) (2)で保存した過去画像履歴の中からロボットの操縦に適した画像を背景に使用する画像(以下背景画像)として選択する。
- (4) 選択した背景画像中のロボットの現在位置に対応する位置にロボットのCGモデルを投影し、俯瞰視点画像を生成、操縦者に提示する。

実際にこの手法を再現し、生成した俯瞰視点画像を図2に示す。

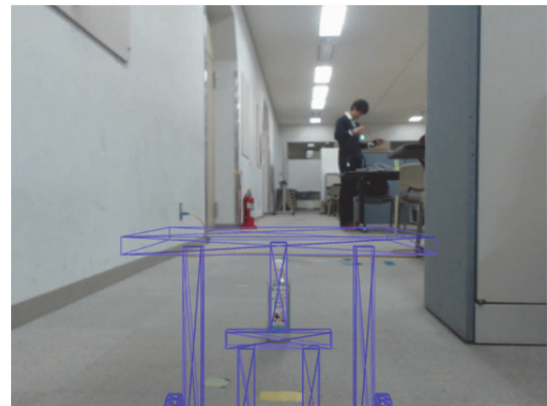


図2 生成した俯瞰視点画像

3. 操縦に適した画像の選択

3.1 現在位置と画像撮影位置の相対関係による選択

俯瞰視点画像を生成する際に保存した過去画像履歴の中から操縦に適した画像を選択する必要がある。

城間らの手法ではあらかじめ画像の撮影位置と現在位置の理想的な相対位置関係を与えておき、それにもっとも近い相対位置をとる撮影位置の画像を背景画像として選択している。実装した具体的な処理を以下に示す。

画像の撮影位置 (x_c, y_c, θ_c) から見たロボットの現在位置 (x, y) の相対位置 (x', y') は式(1), (2)のように求まる。

$$x' = (x - x_c) \cos \theta_c - (y - y_c) \sin \theta_c \quad (1)$$

$$y' = (x - x_c) \sin \theta_c + (y - y_c) \cos \theta_c \quad (2)$$

式(1), (2)で求めた相対位置とあらかじめ設定しておいた理想的な相対位置 (x_d, y_d) との距離 l を(3)式で求め、

l が最も小さくなるような相対位置を取る画像を背景画像として選択する。

$$l = \sqrt{(x_d - x')^2 + (y_d - y')^2} \quad (3)$$

しかしこの手法では画像の撮影位置とロボットの現在位置しか考慮されておらず、撮影位置と現在位置の間に障害物がある場合に図3のような画像が生成されてしまい、周囲の環境が把握できなくなってしまうといった問題がある。

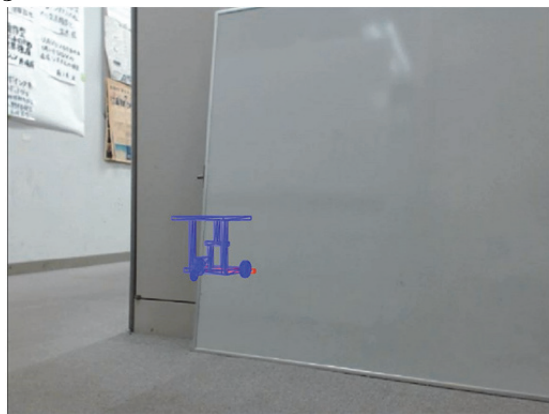


図3 生成された俯瞰視点画像

3.2 側域センサを用いた背景画像の選択

本研究ではロボットに測域センサを搭載し、画像撮影時のロボット周囲の環境情報を取得することで、この問題を解決する。具体的な処理の流れを以下で述べる。

まず画像を撮影する際に測域センサを用いて周囲の環境情報を取得する。側域センサは周囲の障害物との距離と方向を取得することができる。2次元空間を等間隔の格子で分割したグリッドマップに取得したデータを落とし込み、障害物がある/ない/未計測の3値のグリッドマップを生成し、撮影した画像と共に保存する。

次に、背景画像の選択を行う際に、グリッドマップ中の現在位置に対応するグリッドを参照することで、画像の撮影位置からロボットの現在位置が側域センサで計測できているかの確認を行う。側域センサで計測ができていない場合には、その撮影位置からは現在位置のロボットが見えていないと考え、3.1の背景画像の選択候補から一時的に除外する。以上の処理を行うことでロボットのCGモデルと周囲との相対関係が把握しやすい操縦に適した画像の選択を行うことができる。

4. 実験

図4のような障害物を回り込んで回避する経路を既存手法と提案手法でそれぞれ操縦し比較を行った。

結果、既存手法では図5のように画像中の障害物の上にCGモデルが投影されてしまい、周囲の環境がわからなくなってしまうのに対し、提案手法では画像の切り替えが行われ、図6のようにロボットの周囲の環境を把握しながら操縦が可能であることを確認した。しかし提案手法の図6の画像では、CGモデルが画面の右端に投影されてしまい、ロボットの右側の環境が把握できていない、また既存手法と提案手法の両方で、ロボットを方向転換させ移動させる際に画面の外に出てしまうことがあった、これは実験で使用したカメラの画角が小さかったためであると考えている。

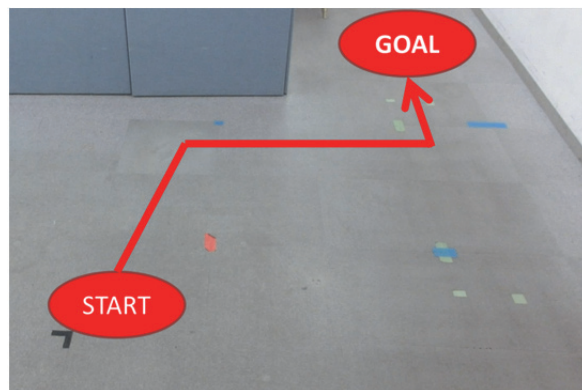


図4 実験環境

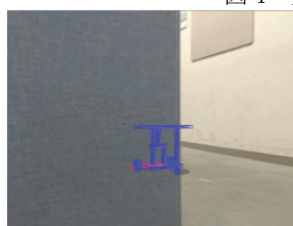


図5 既存手法

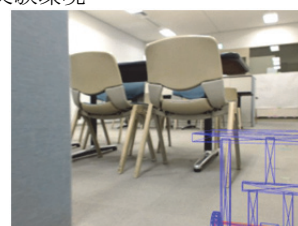


図6 提案手法

5. 結論

本論文では既存の過去画像履歴を用いて俯瞰視点画像を生成する手法に撮影時の周囲の環境情報を取得する機能を組み合わせることで遠隔操縦時の障害物による隠れの削減を行った。

今後の展望としてグリッドマップの変化をもとに隠れの少ない開けた位置での画像撮影や、画角の広い他のカメラによる画像を用いた俯瞰視点画像生成を行っていく。

6. 参考文献

- [1] 佐藤 貴亮, Alessandro Moro, 山下 淳, 浅間 一, “複数の魚眼カメラとLRFを用いた重畳型全方位俯瞰画像提示手法の構築”, 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集 (SI2012, 福岡, pp. 2433-2436, 2012.
- [2] 戸田光紀, 前田直哉, 鐘ヶ江資子, 杉浦裕太, 稲見昌彦, 杉本麻樹, “繋留浮遊体を用いた三人称視点からのロボットのリアルタイム操作支援インタフェースの提案”, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, vol. 2013, pp. “1P1-P01(1)”-“1P1-P01(2)”, 2013.
- [3] 城間直司, 長井宏和, 加護谷譲二, 杉本 麻樹, 稲見昌彦, 松野 文俊, “ロボットの遠隔操作のための過去画像履歴を用いたシーン複合”, 計測自動制御学会論文集, vol. 41, no. 12, pp. 1036-1043, 2005.