

人工物環境における 360 度カメラの自己位置推定のための CycleGAN を用いた直線情報補正

Linear Information Correction Using CycleGAN for Self-Position Estimation of a 360-degree Camera in an Artificial Environment

中央大学 ○大橋拓人, 三浦一真, Pathak Sarthak, 梅田 和昇

Chuo University ○Takuto Ohashi, Kazuma Miura, Sarthak Pathak, Kazunori Umeda

1. 序論

近年, 世界的な少子高齢化や人口減少の影響を受け, 多くの先進国では労働力不足が深刻な社会問題となっている. そのため, 効率的な業務遂行が求められている. このような背景から, 業務コストの削減手段として, 移動ロボットなどの技術の活用が注目を集めている. 移動ロボットはサービス業, 自動運転, インフラ保守点検など多岐にわたる分野で活用されており, 市場規模も拡大を続けている.

一方で, 移動ロボットを実運用する際には, 障害物が多い環境や第三者が存在する状況での安全性が課題となる. ロボットが自己位置を適切に把握し, 周囲の環境に応じた判断を下す能力が求められる. これに対し, 従来 GPS (Global Positioning System) がよく用いられている[1]. しかし, GPS は橋の下やトンネル内といった衛星信号が届きにくい環境では有効に機能しないという問題が存在する. また, マーカを用いた手法[2]も提案されているが, 事前に環境内に配置する必要がある, 実用性に欠けるという問題が存在する.

これらの課題を解決する手法として, 近年では移動ロボットに搭載したカメラから取得した画像を用いるアプローチが注目されている. [3]特に, 全天球カメラは, 360 度の視野角により, 従来の透視投影カメラでは得られない周辺環境の情報を効率的に取得できる特性を持ち, 狭い視野による情報欠落の問題を解消する有望な手段として利用が進んでいる. 一方で, 広い視野角によって, ノイズや余剰情報が含まれることが多く, 自己位置推定の精度向上のためには, ノイズや余剰情報を適切に処理する技術が求められる.

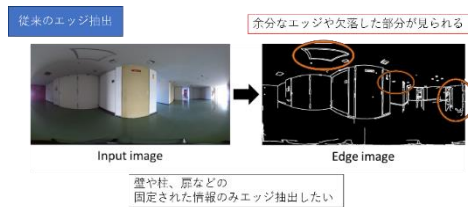


Fig. 1 全天球カメラ画像からのエッジ抽出における課題 [3]

そこで本研究では, 全天球カメラで撮影された実環境画像には, ノイズや不要な線分情報, 遮蔽物による欠損などが含まれる一方で, これらをルールベースの手法で補正することは困難であるという課題に着目する. この問題を解決するために, 欠損やノイズのない理想的な環境データを基準として, 実画像を理想的な画像へと変換する学習手法を提案する. この手法は, 現地で取得した実環境画像と理想的な画像の位置や姿勢が対応して

いなくても, ドメイン変換が可能な CycleGAN[4]を用いることで実現する. これにより, 環境の地図と実画像を活用した「自己教師」型の学習が可能になる.

2. 提案手法

2.1. 概要

提案手法の全体の概要を Fig.1 に示す.

具体的には, 全天球カメラを用いて撮影された実環境データセット (データセット A) と, CAD モデルを基に作成した理想的なデータセット (データセット B) を利用し, 2 つのデータセットそれぞれから直線特徴を抽出し, ディスクリプタを生成する. ここで, 本研究におけるディスクリプタとは, 特定の視点から取得した画像中に存在する環境内の直線の分布を記述した特徴量を指す. このディスクリプタは, 視点の位置や姿勢に依存して変化し, 視点が異なる場合には異なる特徴を持つ. 2 つのディスクリプタのデータセットをそれぞれ, データセット A' とデータセット B' とし, CycleGAN に学習させる. これにより, ディスクリプタ A のエッジ情報の欠落やノイズを補正し, 実環境のエッジ情報を精度良く再現することを目的とする. この補正プロセスにより, 位置推定や物体認識などの後続タスクにおいて信頼性の高いディスクリプタを提供する.

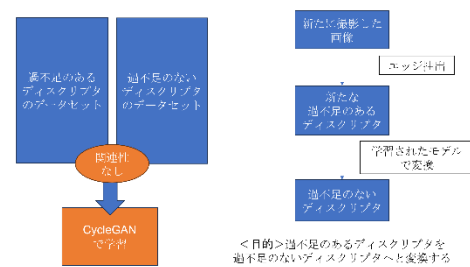


Fig.2 手法の概要

2.2. CycleGAN[4]

CycleGAN の目的は, ある 2 つの画像ドメイン (例: 景観写真と画家の絵画スタイル) の間で, ペアとなる訓練データを用いずに変換関係を学習することである.

一般的には, 画像変換タスクでは, ペアとなる訓練データが必要となる. (教師あり学習) しかし, 特定のタスクではデータを収集することが困難, あるいは不可能な場合がある. 例えば, 既に存在しない画家の作風

を再現する場合、特定の景観写真に対応するその画家の絵画を用意することはできない。

こうした課題を解決するため、CycleGANは教師なし学習のアプローチを採用し、単に景観写真の画像群と絵画作品の画像群といった非ペアのデータを用いて、二つのドメイン間の関係性を学習する。

3. 実験

3.1. 実験内容

本手法の有用性を評価するため、実験を行った。

3DCGソフトBlender[5]を使用して、部屋のCADモデルを基に以下の2種類の仮想空間を構築した。1つ目は、机やパソコンなどの可動物体を含む空間Aを作成した。2つ目は、部屋固有の直線情報のみで構成され、可動物体によるノイズを含まない空間Bを作成した。これらの仮想空間を活用してデータセットを構築した。仮想カメラを部屋の中心に設置し、ヨー角度とピッチ角度をランダムに変更しながら100枚の画像を撮影した。これにより、空間AからデータセットAを、空間BからデータセットBを構築した。

データセットAおよびBの画像に対してCanny法[6]を用いてエッジ抽出を行い、それぞれ環境中の直線分布を表現するディスクリプタを生成した。これにより、データセットAとBのエッジ抽出結果をディスクリプタAおよびディスクリプタBとして取得した。ディスクリプタ補正のためにCycleGANを使用し、ディスクリプタAとディスクリプタBを学習させることで、ディスクリプタAにおける不足したエッジの補間や余分なエッジの除去を実現した。これにより、実環境の画像を理想的な三次元モデルの画像に近づけるよう補正を行い、高精度な直線情報の抽出を可能とした。

3.2. 実験結果と考察

実験結果をFig. 3に示す。変換結果より、ディスクリプタAから不足したエッジの補間や余分なエッジの除去が行われていることが分かる。これは理想的な環境で作成したディスクリプタBから部屋固有の直線情報を学習し、本実験環境の特徴を理解したためだと考えられる。

しかし、変換画像に注目すると壁付近の動物体と部屋固有の直線情報が混在している箇所では変換がうまくできていないことがわかる。原因は現時点の学習量では、動物体と部屋固有の直線情報を適切に区別することができないからだと考えられる。



<元画像> <変換後>
(処理のため正距円筒画像の比率を変更した)

Fig. 3 提案手法による変換結果

また、変換前のディスクリプタと変換後のディスクリプタを用いて、位置推定を行った結果をFig. 4に示す。本実験における類似度には、コサイン類似度を用い、使用したディスクリプタと同じ画角の画像はphoto12とし、photo1～11は異なる画角とする。結果より、変換前のディスクリプタより変換後のディスクリプタのほうが、高い類似度を示していることから、提案手法により、より信頼度が高いディスクリプタが得られることが示されている。

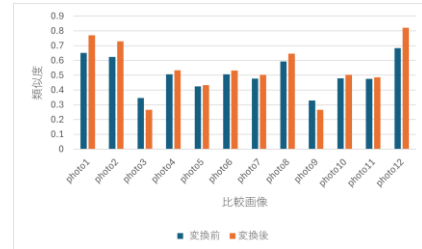


Fig. 4 提案手法を利用した位置推定の結果

4. 結論と今後の展望

本論文では、実環境で撮影された画像を基に作成したディスクリプタに対して、CycleGANを活用して補正を行うことで、より信頼性の高いディスクリプタを得ることができることを示した。

今後の展望としては、実環境で撮影された画像に対して、本手法の適用を行う。

参考文献

- [1] S. Kim, C. Roh, S. Kang and M. Park: "Outdoor Navigation of a Mobile Robot Using Differential GPS and Curb Detection", Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3414-3419, 2007.
- [2] 松下聖矢他, "全地球カメラによるマーカ位置推定と移動ロボットの制御", 第63回自動制御連合講演会 自動制御連合講演会講演論文集, 2E4-5, 2020.
- [3] 後藤翼, "人工物環境における全地球カメラの位置姿勢推定のための直線特徴に基づく3D-2Dマッチング," 精密工学会誌 83. 12 (2017): 1209-1215.
- [4] Park, Taesung, "Contrastive learning for unpaired image-to-image translation," Computer Vision-ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23-28, 2020, Proceedings, Part IX 16. Springer International Publishing, 2020.
- [5] The Blender Foundation. <http://www.blender.org/> (日本語版 <http://blender.jp/>)
- [6] Ding, Lijun, and Ardeshtir Goshtasby. "On the Canny edge detector." Pattern recognition 34.3 (2001): 721-725.