

卒業論文

トポロジカルマップを用いたシナリオによる ナビゲーション

指導教員 林原 靖男 教授

2021年12月27日

千葉工業大学 先進工学部 未来ロボティクス学科

18C1095 原桃子

目次

第 1 章 序論	5
1.1 背景	5
1.2 目的	6
1.3 関連研究	7
1.4 本論文の構成	7
第 2 章 要素技術	8
2.1 トポロジカルマップ	8
2.2 Neural Network	8
2.3 Convolutional Neural Network(CNN)	9
2.4 You Only Look Once(YOLO)	9
第 3 章 提案手法	10
3.1 全天球カメラに基づく通路認識手法	10
第 4 章 実験	15
4.1 実験の手順	15
4.2 実験装置	15
4.3 実験目的	15
4.4 実験方法	16
4.5 結果	16

4.6 考察	16
第 5 章 まとめ	17
謝辞	17

図目次

1.1	Example of spherical camera image of equirectangular projection.	6
2.1	The YOLO Detection System.(出典:)	9
3.1	Type of passage.	10
3.2	Flow of passage recognition method.	11
3.3	Preprocessing of spherical camera images	12
3.4	Preprocessing of spherical camera images.	13
3.5	An example of a dataset.	13

表目次

3.1	Class name to be labeled.	14
4.1	Specification of PC.	15

第1章

序論

1.1 背景

近年，人の移動する能力をロボットの自律移動に応用する手法が研究されている。例えば，島田らは人の道案内に注目し，道案内のアンケートを基にナビゲーションに用いるトポロジカルマップとシナリオの形式を提案し，それらを用いた実ロボットによるナビゲーションの有効性を検証した。この研究では，通路の認識が正しく行われた場合は，提案したナビゲーション手法により目的地に到達できるが，誤認識が起きた場合はロボットが経路から外れ，ナビゲーションに失敗してしまうということが報告されている。先行研究では，通路の認識には LiDAR を使用しており，通路の誤認識は，開いているドアや隙間に LiDAR が反応したことが原因であると述べられている。ここで，通路の認識にカメラ画像を用いることで，誤認識を解消し，ナビゲーション途中に経路から外れるという問題を解決できるのではないかと考えた。

1.2 目的

本研究は、全天球カメラ画像に基づく通路認識の手法を提案する。そして、先行研究により提案された、実口ポットを用いたトポロジカルマップとシナリオに基づくナビゲーションに対し、認識した通路の特徴情報を適用することで本手法の有効性を検証する。検証の際は、本研究と先行研究のナビゲーション結果に着目し、その成功回数を比較することとする。

また、本研究では Fig. 1.1 に示すような、全天球カメラの標準的なフォーマットである正距円筒図法という形式で画像を扱う。



Fig. 1.1: Example of spherical camera image of equirectangular projection.

1.3 関連研究

1.4 本論文の構成

本論文ではまず、第1章で研究背景、目的、関連研究について述べた。第2章では、本研究で用いる要素技術について述べる。また、第3章では提案した手法について述べ、第4章では提案した手法の有効性の検証を行う。また、第5章では4章で行なった実験の結果をまとめ、考察を行う。最後に、第6章で本研究のまとめを行う。

第2章

要素技術

2.1 トポロジカルマップ

私たちの身の回りには様々な種類の地図があり、活用されている。例えば、に表すメトリックマップと呼ばれる地図は、普段人が目的地まで移動する際に用いられる。しかし、本研究で用いているトポロジカルマップはのような形をしている。メトリックマップがやや複雑な形をしているのに対し、トポロジカルマップはより簡潔に、環境を抽象的に表現することができる。

トポロジカルマップは、大きく分けてノードとエッジの2つの要素により構成されている。Figでは、赤い丸の図形で表現されているのがノードである。ノードには、地図の作成者が好きな情報を入力することができる。もう1つの要素であるエッジは、それぞれのノード同士を接続するのに用いられる。ノード同士に関係性がある場合、ノードとノードはエッジにより接続される。

2.2 Neural Network

2.3 Convolutional Neural Network(CNN)

2.4 You Only Look Once(YOLO)

本研究で用いる YOLO[1] は、リアルタイム物体検出アルゴリズムである。YOLO は、画像の RGB データの配列を CNN に入力し、画像中のどの範囲に物体が存在しているのかを表すバウンディングボックスの情報と、ボックス内の物体がどのクラスに属しているのかを確率とともに表すクラス確率の情報を出力する。Fig. 2.1 は、YOLO を用いて画像中の物体を検出している様子である。

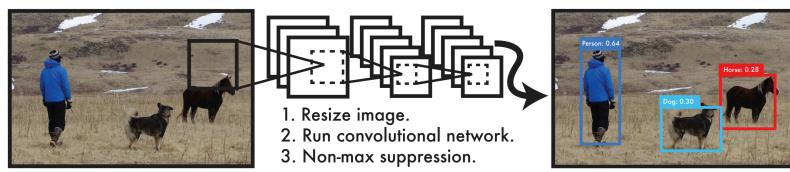


Fig. 2.1: The YOLO Detection System.(出典:)

左の画像データを入力した結果、画像からは 3 つの物体が検出されている。また、それぞれの物体が Person 0.64, Dog 0.30, Horse 0.28 の確率で予測されていることが確認できる。

第3章

提案手法

3.1 全天球カメラに基づく通路認識手法

本研究は、全天球カメラから取得した画像に基づき、通路認識を行う手法の検証を行う。ここでいう通路認識とは、画像中に通路があるかどうかを検出するだけでなく、画像中に通路がある場合、その通路がどのタイプに属するのかといった、通路の情報を取得することである。また、本研究で扱う通路のタイプは Fig. 3.1 に示すような 8 種類である。

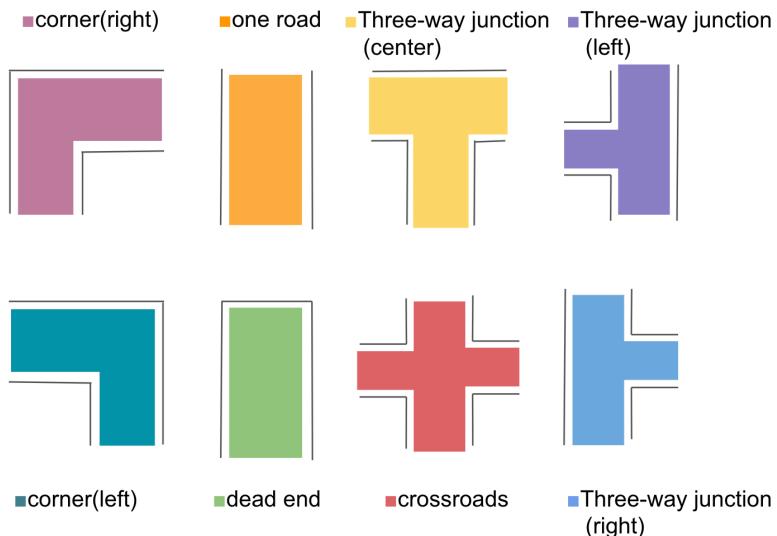


Fig. 3.1: Type of passage.

本手法の通路認識の流れを Fig. 3.2 に示す。まず、全天球カメラ画像の RGB データを YOLO の入力とし、出力された情報をもとに画像中に通路があるかどうかを検出する。画像中に通路が検出された場合、バウンディングボックスにより得られる画像中の通路の座標に基づき、通路のタイプを決定する。

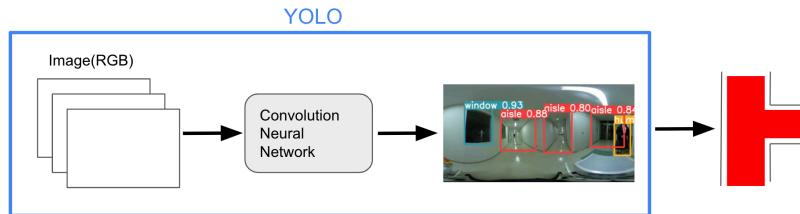
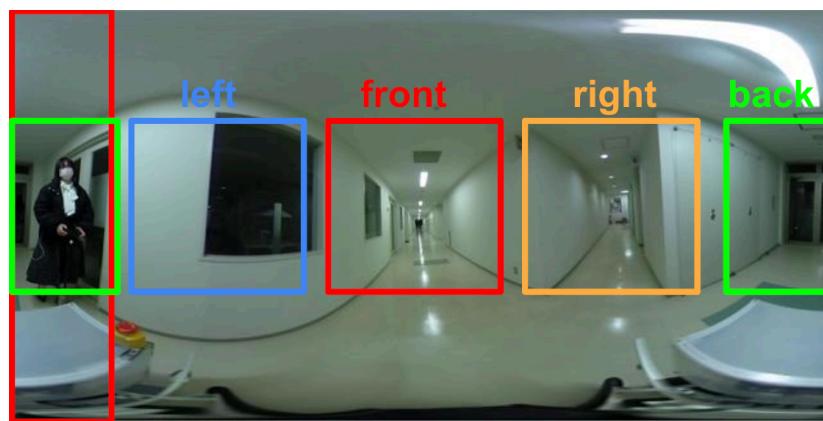


Fig. 3.2: Flow of passage recognition method.

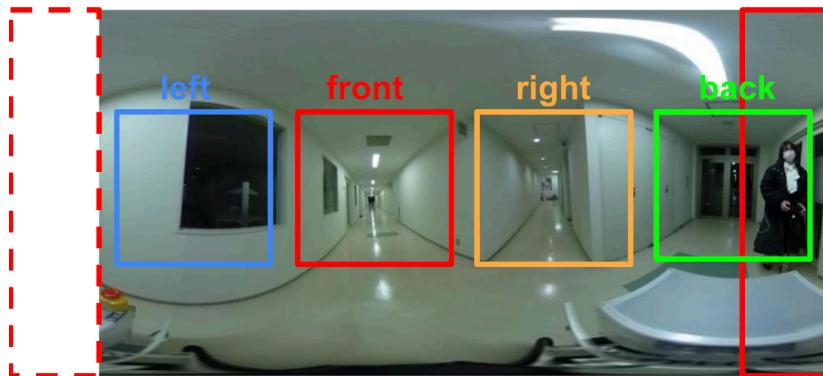
この例では、画像から通路が 3 つ検出されている。また、通路はロボットに対して前方、後方、右手側に検出されているため、タイプは三叉路であるということがわかる。

何も手を加えていない状態の全天球カメラ画像は、Fig. に示すように後方の通路が見切れてしまう。この状態の画像で学習を行なった結果、見切れた状態の通路が学習に影響を与え、通路認識に支障が出てしまった。そこで、Fig. 3.4 に示すような画像の前処理を行なった。この処理では、320*640 の全天球カメラ画像の左端を切り取り、右端に貼り付けるということを行なった。

YOLO のモデル作成のため、自作のデータセットにより学習を行う。学習に使うデータは津田沼キャンパス 2 号館 3 階で収集した。また、データセットの一例を Fig. 3.5 に示す。また、データセットのクラスは Table 3.1 の 11 クラスで設定した。先行研究では、8 つの形状タイプの通路の認識を行なったため、本研究でも先行研究と同様の通路認識を行う。次に、YOLO の出力として得られた通路の情報に基づき、を参考にし、画像中の通路が認識された箇所を場合分けし、通路の形状を決定する。



(a) no processing image



(b) preprocessing image

Fig. 3.3: Preprocessing of spherical camera images

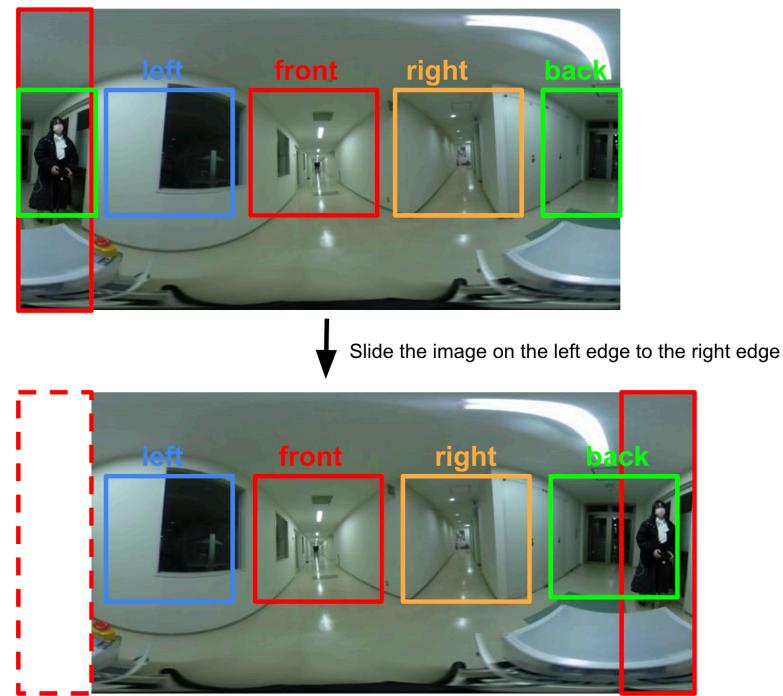


Fig. 3.4: Preprocessing of spherical camera images.

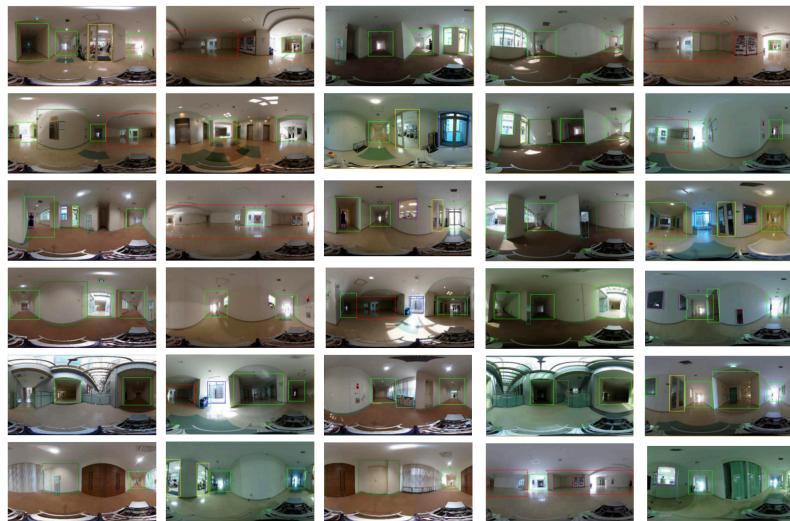


Fig. 3.5: An example of a dataset.

Table 3.1: Class name to be labeled.

name of the class
aisle
end
door_end
human
door
step
square
vending_machine
trash_can
signboard
window

第4章

実験

4.1 実験の手順

本研究では、提案した通路認識手法について2つのフェーズに分けて検証していく。まず1つ目のフェーズにおいて、提案した手法による通路認識が可能かどうかを検証する。次に、2つ目のフェーズで、提案手法をトポロジカルマップとシナリオによるナビゲーションに適用し、手法の有効性について検証する。実験環境は、に示すように千葉工業大学津田沼キャンパス2号館3階の廊下とした。

4.2 実験装置

本研究で使用した実験装置を示す。使用したPCのスペックを Table 4.1 に示す。

CPU	Core i7-9750H(Intel)
RAM	16GB
GPU	RTX 2070 Max-Q

Table 4.1: Specification of PC.

4.3 実験目的

本研究により提案した、全天球カメラ画像に基づく通路認識の手法により通路の認識ができるかを検証すること。

4.4 実験方法

4.5 結果

4.6 考察

第5章

まとめ

謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心にご指導を頂いた林原靖男教授に深く感謝いたします。また、島田先輩には研究を引き継がせていただき、多くの知識や経験をもとに研究のサポートをしていただきました。また、高橋先輩にも多くのサポートをいただきました。日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いたロボット設計制御研究室の皆様に謝意を表します。

参考文献

- [1] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", 2015 年, 1 ページ