

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29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	9
2.3 Convolutional Neural Network(CNN)	9
2.4 You Only Look Once(YOLO)	10
第 3 章 提案手法	11
3.1 全天球カメラに基づく通路認識手法	11
第 4 章 実験	16
4.1 実験の手順	16
4.2 実験装置	17
4.3 実験 1 事前取得のデータを用いた通路認識の検証	18
4.4 実験 2 ナビゲーション適用時の通路認識の検証	19
第 5 章 まとめ	20

謝辞	20
----	----

図目次

1.1	Example of spherical camera image of equirectangular projection.	6
2.1	The YOLO Detection System.(出典:)	10
3.1	Type of passage.	12
3.2	Flow of passage recognition method.	13
3.3	Preprocessing of spherical camera images	14
3.4	An example of a dataset.	15
4.1	Experiment environment	17
4.2	robot	18

表目次

3.1	Class name to be labeled.	15
4.1	Specification of PC.	18

第1章

序論

1.1 背景

近年，商業施設での掃除や屋外での宅配など，多くの場所で自律移動ロボットが活用されている。それらのロボットが安全に自律移動するには，自己位置推定や経路計画といった様々な機能が必要となる。ロボットの自律移動によく用いられる地図として，メトリックマップと呼ばれるものがある。

一方，人はそのような詳細な地図がなくても，「2つ目の信号で右」のような簡単な情報により目的地まで移動することができる。そこで，そのような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，トポロジカルマップとシナリオによるナビゲーション手法を提案した。この研究では，人が目的地まで移動する際に必要としている情報をアンケートにより取得し，得られた情報からナビゲーションに用いるトポロジカルマップと呼ばれる地図と，シナリオと呼ばれる人の道案内を言葉にしたもの的形式を決定し，人の道案内のようにロボットを目的地まで移動させるナビゲーションの手法を提案した。また，提案したナビゲーション手法の有効性を実機を用いた実験により検証した。実験の結果，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。

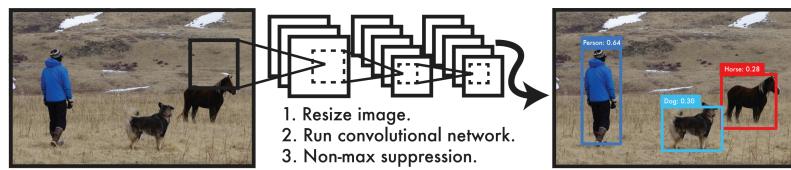


Fig. 2.1: The YOLO Detection System.(出典:)

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、通路の特徴（形状）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以下の8種類であり、図を Fig. 3.1 に示す。

- ①一本道 (straight)
- ②行き止まり (dead end)
- ③右のみ曲がれる角 (right)
- ④左のみ曲がれる角 (left)
- ⑤十字路 (cross)
- ⑥右に曲がれる三叉路 (3-way junction_right)
- ⑦左に曲がれる三叉路 (3-way junction_left)
- ⑧突き当たりの三叉路 (3-way junction_center)

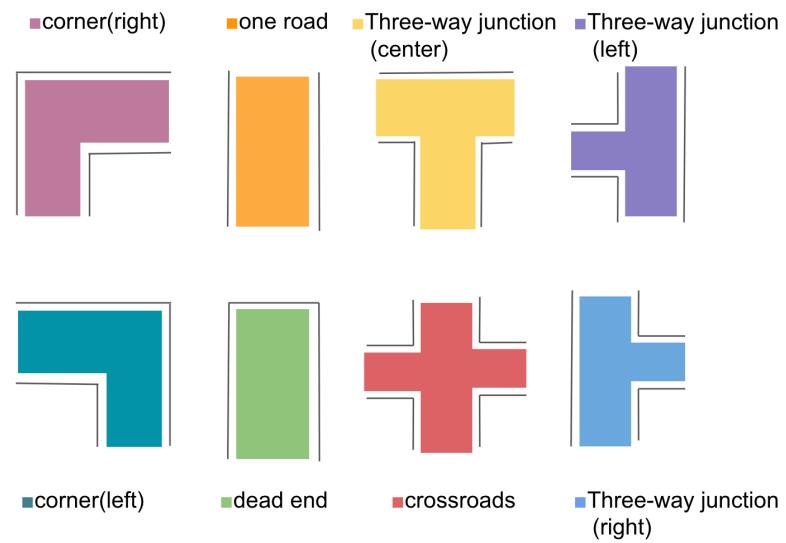


Fig. 3.1: Type of passage.

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。

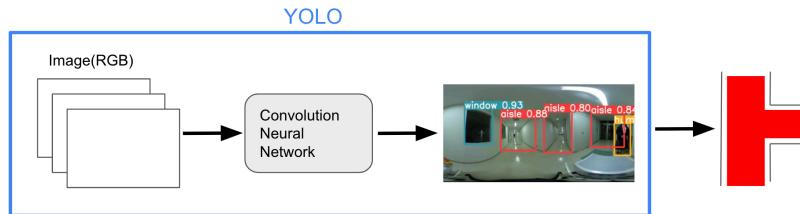
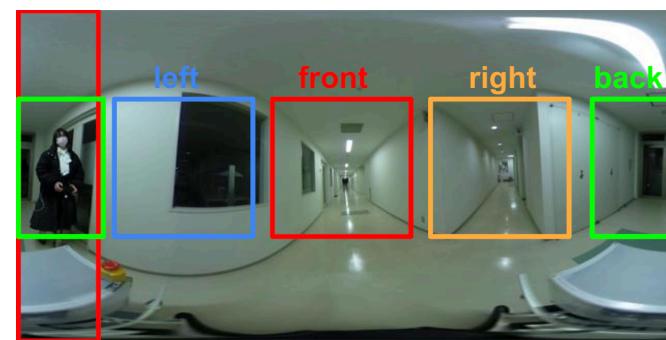


Fig. 3.2: Flow of passage recognition method.

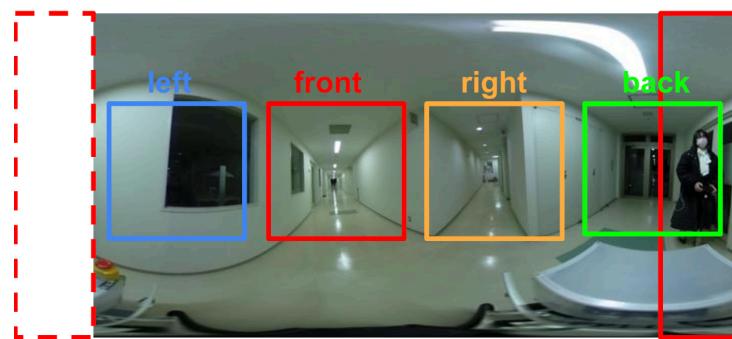
この例では、画像から通路が 3 つ検出されている。また、通路はロボットに対して前方、後方、右手側に検出されているため、タイプは三叉路であるということがわかる。

何も手を加えていない状態の全天球カメラ画像は、Fig. 3.3(a) 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. 3.3(b) 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. 3.4 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: 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

提案した通路認識の手法を 2 つのフェーズに分けて検証する。1 つ目のフェーズでは事前に実験環境で取得した画像データを用いて通路の認識ができるか検証する。また、2 つ目のフェーズでは機体に搭載したカメラからリアルタイムに取得する画像データを用いて通路認識を行い、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、先行研究の LiDAR を用いた手法と比較して有効性を検証する。実験環境は Fig. 4.1 に示す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。

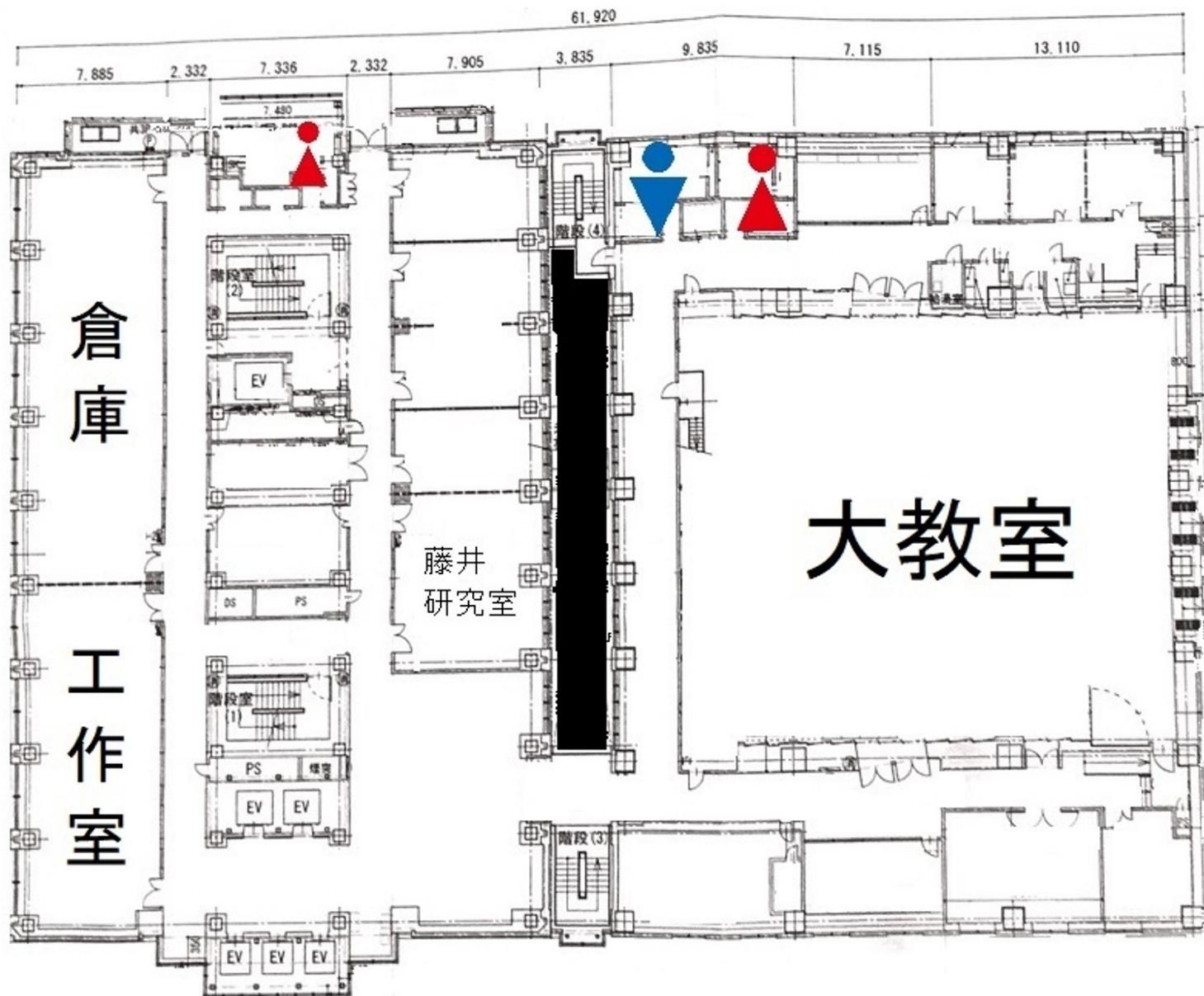


Fig. 4.1: Experiment environment

4.2 実験装置

実験には本研究室で開発をしている ORNE- を用いた。また、機体とその構成、使用した PC のスペックをそれぞれ Fig. 4.2 , Table ?? , Table 4.1 に示す。



Fig. 4.2: robot

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

Table 4.1: Specification of PC.

4.3 実験 1 事前取得のデータを用いた通路認識の検証

4.3.1 実験目的

実験 1 では、あらかじめ実験環境で取得していた画像データを用いて通路の認識ができるか検証する。

4.3.2 実験方法

実験環境で取得した Fig. ?? に示すような画像を YOLO に入力し、出力されたバウンディングボックスの情報とクラスの属性情報をテキストファイルに保存する。次に、保存したテキストファイル

ルを読み込み，通路のタイプを判定する．用意した画像12枚を上記の方法で1枚ずつ読み込み，そこには写っている通路の認識を行う．

4.3.3 結果

4.3.4 考察

4.4 実験2 ナビゲーション適用時の通路認識の検証

4.4.1 実験目的

4.4.2 実験方法

4.4.3 結果

4.4.4 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