

# 単眼カメラを搭載したクローラ型ロボットによる 不整地の環境認識に関する研究

松田 翔太

第一工科大学 工学部 情報電子システム工学科 (〒 899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

## Recognition of uneven terrain environment by a crawler-type robot equipped with a monocular camera

Shota MATSUDA

Department of Information and Electronic Systems Engineering, Daiichi Institute of Technology

**Abstract** : Crawlers are used in heavy machinery used at construction sites and in agricultural machinery because of their high traveling capacity on uneven terrain. However, no matter how high the traveling capacity, there are situations in which crawlers cannot travel. Crawler robots are thought to be able to travel independently by capturing images of the traveling environment with a camera and analyzing the images to determine if traveling is possible. The objective of this research is to enable the crawler robot to recognize the uneven terrain environment in which it is traveling and to travel autonomously using only information obtained from camera images viewed from the crawler robot. Once this technology is established, it can be applied to robots operating alone in places where radio waves cannot reach.

**Keywords** : *optical flow, Autonomous driving, Environment Recognition, crawler vision*

### 1. 研究の背景と目的

クローラ(無限軌道)は不整地走破性が高く、工事現場などに使われる重機や農工機に使用されている。ただし、いくら走破性が高くとも走行不可能な場面がある。それらは、走行している環境をカメラで写し、画像解析を行うことで走行の可否を識別でき、自動制御(自律走行)ができると考えられる。

本研究では、クローラ型ロボットから見たカメラ映像より得た情報のみで、ロボットが走行している不整地環境を認識し、自律走行させることが目的である。この技術が確立すれば、電波の届かない場所でロボット単体の作業などに応用できる。

### 2. 関連研究

関連研究は、以下3つに分けられる。

- レスキューロボ、点検ロボなどの作業用ロボット
- 複数のクローラを組み合わせたロボット
- 画像を学習して移動するロボット

クローラ型ロボットのレスキューロボットへの研究や、施設の点検ロボットとしての活用事例がある [1][2][3]。しかしながらこれらロボットは遠隔操作での使用を前提として作られており、無線の範囲外での使用はできない。点検ロボットの中では自律行動が出来るロボットがわずかながら報告されている [4]。このようなロボットは点検用であることを大前提としているため地図データがある。地図データをもとに自律走行するロボットの弱点として災害のようにデータと大きく地形が変わった場合、対応することは難しい。

単純なクローラではなく複数のクローラを組み合わせたロボットや、特殊な形状をしたクローラ型のロボッ

トなどの研究がなされている [5][6][7][8]. しかしながらこのような複雑な機構を持つロボットは部品が多く、小さな部品から壊れてしまいやすい、特殊な形状から汎用性が失われやすいといった問題がある.

画像を学習し行動を決定するロボットを探してみると視覚制御によるクローラ型ロボットが存在するがこれはクローラを活かした研究というより視覚的な移動ロボットの制御という点で使用しているためこの研究が目指す環境認識の研究と方向性が違うものと考えられる [9].

本研究では画像データのみでロボットの判断を行うため地図データはなく、自律走行を行うためこれまでの研究で上がっているクローラ型ロボットとは違うことがわかる.

### 3. クローラ型ロボットによる環境認識

本研究では、クローラを移動機構とするロボットを用いて不整地の環境認識を行う. 不整地の認識については、オプティカルフローを用いて識別を行う. そのため、クローラを移動機構としカメラで移動を制御できるロボット、不整地の実験環境を作成した. 作成したロボットを図 1 に示す. また、実験環境を図 2~5 に示す.

#### (a) 作成したロボットに関して

ロボットに必要な要件は、移動機構がクローラであること、移動時の環境を読み込むためのカメラがあること、移動の制御を行う・環境を判断させるための演算装置があることである. 作成したロボット (図 1) は、クローラに TS100-MT, カメラに ImagingSourceDFK シリーズ, 演算装置に RaspberryPi3 Model B+ を使用した.

#### (b) オプティカルフローについて

オプティカルフローとは、動画中の物体の移動を検出する手法である. 動画の原理は、パラパラ漫画と同じであり、たくさんの画像を素早く切り替えることで動いているように見える. 切り替える画像についてはまったくの別物ではなく、ある程度切り替える前の画像と似た構成であると仮定する. そうすると、前画像と切り替える画像を比べることで、移動した物体の移動ベクトルを求めることが出来る. このようにして画像中にある物体が、次の画像に切り替割った際、移動したであろうベクトルを求めることをオプティカルフローという. 今回は物体が移動するのではなく、ロボット自身の移動を行う事で画像中の物体の移動方向からロボットの環境の推定を行う.

#### (c) 環境認識方法について

今回作成したロボットのカメラから得ることのできる画像データは、縦 480px, 横 640px の px 画像データ

である. 画像データを解析する際は、ロボット自身が動いてしまうため、移動前と移動後の画像変化が大きい. そのため、縦横 60px のサイズのセルに切り分けて、1つの画像が  $8 \times 11$  のセルの塊と考え、セルの中心 (縦横 30px) の移動量を捉えることで、処理を簡略化した. 具体的には、もし、ロボットが移動していない場合は、図 6 のようにセルの原点にしか点を取らない. ロボットが移動している場合は、図 7 のように原点以外にも点をとる. また、図 7 は、ロボットが前進している走行データのフローであり、1, 2, 3, 4 行目までのセルは、セルの原点より上に点を取り、5, 6, 7, 8 行目のセルは、下方向にも点をとることがわかる. このように、前進する際には、中心 (セル 4 行 7 列) から沸きだすようなフローが検出され、後方に移動する際には、前進と逆方向になる中心に集まるようなフローが検出される.

本研究では、環境によってこの点の取る領域が、段差の違いによってフローの出方が変わると仮定し、点の領域を判定することで走行時の環境を推定できるか確認した.

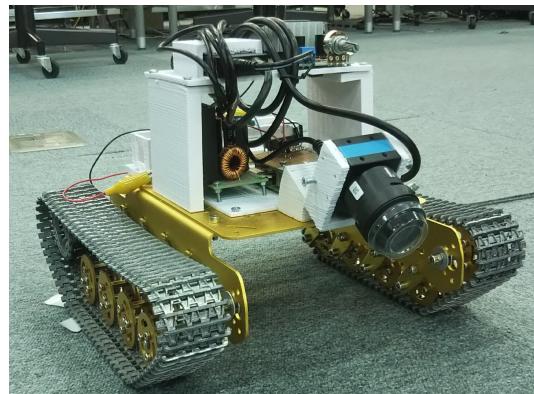


図 1: ロボット外観

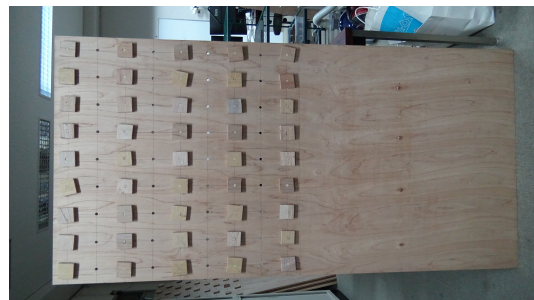


図 2: 実験環境 1: 段差

## 4. 実験

図 2~5 の環境で走行データをとる実験を行った. 各環境を 1 列に並べて走行し、動画のデータを作成した.

## 5. 実験結果

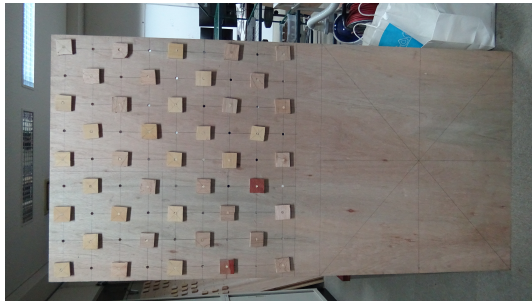


図 3: 実験環境 2:不整地

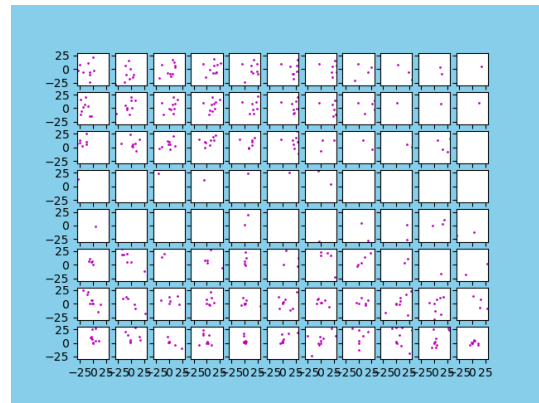


図 7: 移動時のフローの動き

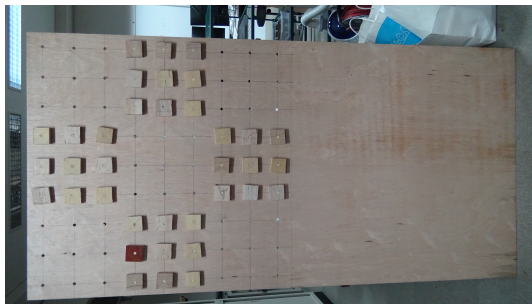


図 4: 実験環境 3:十字

走行データ全てをまとめた図を図 8 に示す. 図 8 は, 青の点が図 2 を走行した際のフローの変化, 黄の点が図 3 を走行した際のフローの変化, 緑の点が図 4 を走行した際のフローの変化, 赤の点が図 5 を走行した際のフローの変化である. また, 図 2 での走行データのフローを図 9, 図 3 での走行データのフローを図 10, 図 4 での走行データのフローを図 11, 図 5 での走行データのフローを図 12 に示す.



図 5: 実験環境 4:十字反転

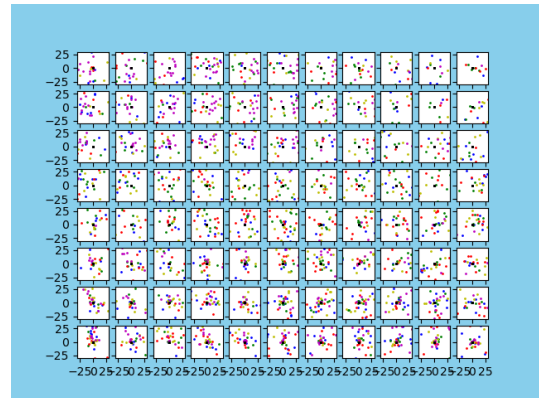


図 8: 実験結果

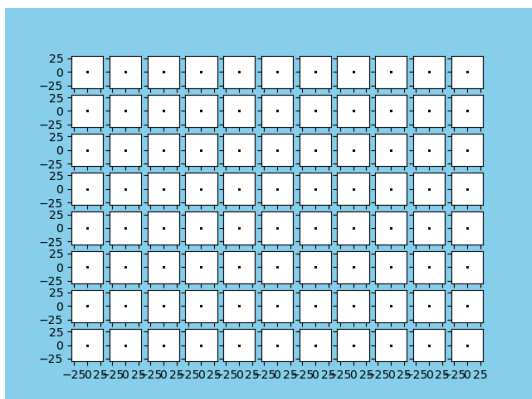


図 6: 停止時のフローの動き

## 6. 考察

結果より, 様々な環境のフローから環境を判断することができると考えられる. また, 段差によって最適な速度があるのではないかと推測できる.

## 7. まとめと今後の課題

本研究では, 実験環境を作成し, 走行データをオプティカルフロー解析を行うことで地形を判断できないか実験を行った. その結果, 走行環境の違いによる走行時のフローを確認できた. 今後の課題は, フローを学習し, 実験環境での試走, また屋外などでの走行を行い, 判別・走行できるかの検証が必要である.

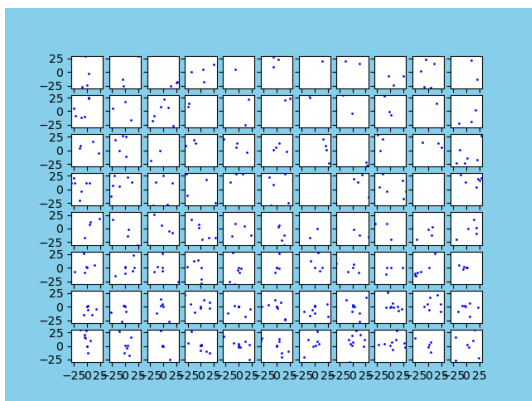


図 9: 図 2 を走行した時のオプティカルフロー

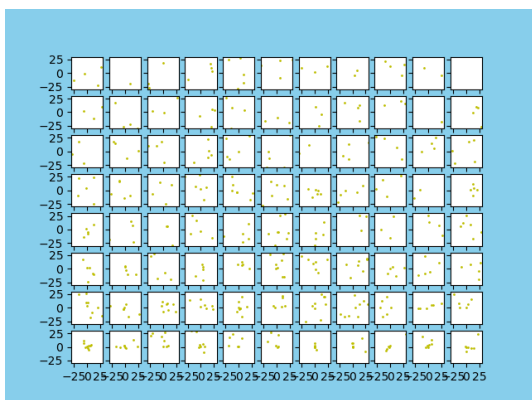


図 10: 図 3 を走行した時のオプティカルフロー

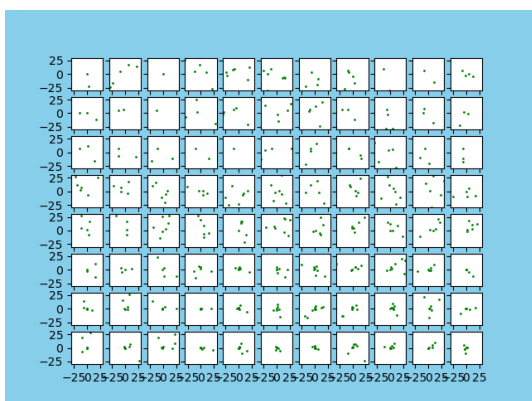


図 11: 図 4 を走行した時のオプティカルフロー

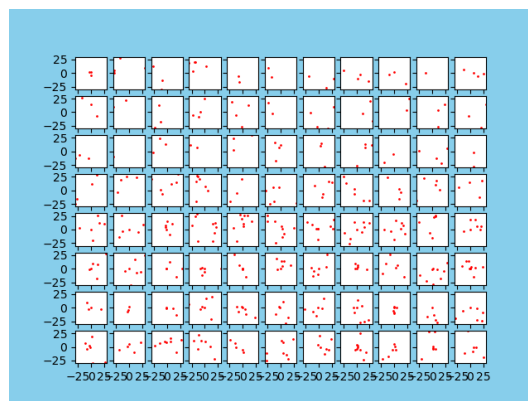


図 12: 図 5 を走行した時のオプティカルフロー

参考文献

- [1] 小柳英次: “サブローラを持つレスキューロボット”, 日本ロボット学会誌 Vol.28, No.2, pp. 147-150, 2010
- [2] 木内裕介, 小島弘義, 橋本達矢, 小野敬之, 小山貴之, 橋本健二, 高西淳夫: “三菱重工における ROS/Gazebo を活用したロボット”, 日本ロボット学会誌, vol. 35, no. 4, pp. 276-279, 2017.
- [3] 渡辺敦志: “ROS を用いた石油プラント点検ロボット開発”, 日本ロボット学会誌, vol.35, no. 4, pp. 291-294, 2017.
- [4] 竹原健, 中山良一, 前田嘉則, 八田衛明: “原子力点検用ロボットに用いる半月形クローラ車の開発”, 日本ロボット学会誌, vol.2, no.3, pp.62-67, 1984
- [5] 衣笠哲也, 吉田浩治, 大谷勇太, 大須賀公一, 土師貴史, 天野久徳: “柔軟全周囲クローラ (FMT) 無限軌道と脊椎構造を用いた新しい移動機構”, 日本ロボット学会誌, Vol.27, No.1, pp. 107~114, 2009
- [6] 妻木俊道, 加藤裕基, 福島 E. 文彦: “マルチクローラロボット— 4 クローラ型移動機構の開発と合体連節型移動機構への展開—”, 日本ロボット学会誌, vol. 36, No. 8, pp. 551-558, 2018
- [7] 尾形哲也: “深層学習とマニピュレーション”, 日本ロボット学会誌, vol.35, No.1, pp.28-31, 2017
- [8] 比戸将平: “人工知能技術のロボット産業応用”, 日本ロボット学会誌, vol.35, No.3, pp.186-190, 2017
- [9] 浅田稔, 野田彰一, 俵積田健, 細田耕, “視覚に基づく強化学習によるロボットの行動獲得”, 日本ロボット学会誌 Vo1.13, No.1, pp.68-74, 1995