

# 海洋破碎プラスチックごみ回収機構の開発

○宇野 光輝, 倉爪 亮 (九州大学)

## Development of garbage collecting robot for marine microplastics

○Mitsuki UNO, and Ryo KURAZUME (Kyushu University)

Abstract : Marine microplastics is small particles of plastic products such as PET bottles and straws crushed in the ocean. Marine microplastics washed up on beaches are mixed with sand and scattered over a wide area, and thus it is extremely difficult to collect them by hand. In this study, we have developed prototypes of garbage collecting robots for marine microplastics that move and collect marine microplastics automatically.

### 1. 緒言

海洋破碎プラスチックごみとは、人々が海へと捨てたペットボトルやストロー等のプラスチック製品が、海洋を漂う間に破碎され、砂浜等に打ち上げられた小さなごみを指す。これらのごみの存在は、砂浜の景観やそこで遊ぶ人々の安全を損なうだけでなく、海洋生物が餌と勘違いして食べてしまい、海の生態系が崩れるといった危険性を含んでいる。現在、大型のプラスチックごみは現地住民などによって清掃されているが、Fig.1 に示すように、破碎プラスチックごみは砂と交じり合い広範囲に散在しているために、非常に処理が困難である。



Fig. 1: Marine microplastics on beach

そこで本研究では、自律移動により海洋破碎プラスチックごみを回収できるロボットを開発し、自作した砂場や実際の砂浜などで動作実験、改良を行った。

### 2. ごみ回収ロボット 1 号機

#### 2.1 構成

##### 2.1.1 ごみ回収機構

海洋破碎プラスチックごみ回収ロボットの 1 号機の全体像を Fig.2 に示す。この 1 号機は、ごみ回収をするための機構として、2つのバキュームと 1つの回収機構を搭載し

ている。ロボットの前後に取り付けた 2つのバキュームのうち、前方のバキューム (GS 製, GTC-1250) で砂の表面にある比較的大きなごみを回収し、ロボットの上部にあるバキューム (モノタロウ製, No.67-20) で砂に埋まったごみや前方のバキュームで回収しきれない小さなごみを回収する。ただ、ロボット上部のバキュームのみでは砂に埋まったごみを回収することができないため、補助用の回収機構をロボットの下部に取り付けた。また、これらのバキュームはスマートプラグ (TP-Link 製, HS105) による電源制御によって ON/OFF を切り替えて動作させた。

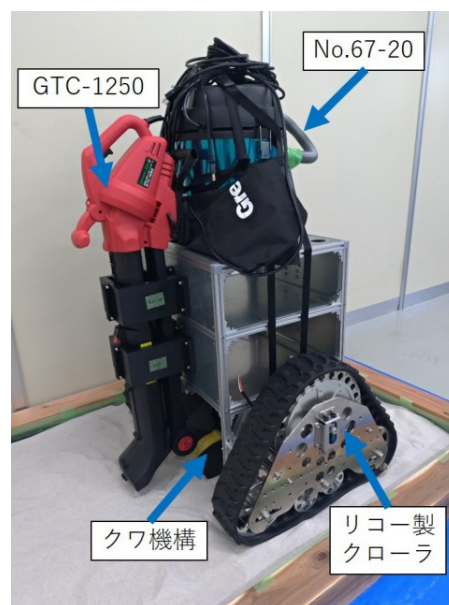


Fig. 2: The first robot

Fig.3 にバキュームの補助に使った回収機構 (クワ機構) を示す。この機構により、砂の中からごみを掘り出し、砂とごみを分離させて上部のバキュームにごみのみを吸い込むことができる。ロボットが前方に進むことで、先端に付いた高さ約 40mm の大きなツメによって砂に埋もれた

ごみを掻き出し、底面に付けた目の細かい網によってごみと砂を分離させる。

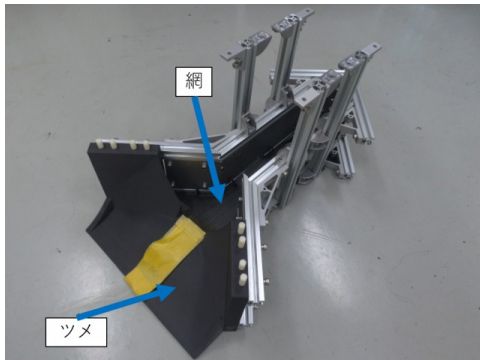


Fig. 3: The 1st hoe mechanism

### 2.1.2 駆動部 [1]

ごみ回収ロボットの駆動部には、リコー製クローラをベースに、左右のアクチュエータを超扁平アクチュエータ(日本電産シンポ製, FlexWave)に変更したものを利用しており、アクチュエータがスプロケットを介してクローラを駆動させる。また、砂浜を走行するロボットを砂や水没から守るため、アクチュエータをカバーで覆い、防塵防水を実現している。ロボット本体にモータドライバやバッテリーを搭載し、ROS[2]により左右のモータの回転速度やジョイスティックの入力を制御し、ロボットの移動速度や移動方向を操作する。このクローラは後述する2号機でも同様のものを使用した。

## 2.2 動作実験

### 2.2.1 砂場での実験

開発したロボットの動作確認として、まず自作した砂場(縦3m, 横1m, 高さ10cm)による走行実験を行った。その際の様子をFig.4に示す。ロボットを前方に進ませることで、バキュームが正常に動作しているか、クワ機構が正常に機能しているかを確認した。

結果としては、前方のバキュームは正常にごみを吸い取ることができたが、上部のバキュームについてはクワ機構のツメの高さが高すぎたことで、砂の掘り出しができず、ごみの回収が実現できなかった。

### 2.2.2 砂浜での実験

実際の環境での動作を確認するため、ごみが散在する砂浜にてロボットの動作実験を行った。その際の様子をFig.5に示す。



Fig. 4: Experiment of the 1st garbage collecting robot in a sandbox

実験の結果、前方のバキュームが拳ほどの大きさの発泡スチロールを回収できることが分かったが、クワ機構については2.2.1と同様に環境を変えても適切に動作しなかった。



Fig. 5: Experiment of the 1st garbage collecting robot on the beach

## 3. ごみ回収ロボット2号機

### 3.1 構成

1号機の不具合を解決するために、新たにFig.6, 7に示す2号機を開発した。駆動部と2つのバキュームについては1号機と同様のものを使用したためここでは述べず、本体の変更点と改良したごみ回収機構について記す。



Fig. 6: The 2nd garbage collecting robot for marine microplastics (Front view)



Fig. 7: The 2nd garbage collecting robot for marine microplastics (Back view)

### 3.1.1 本体の変更点

1号機では、本体部分に搭載したバッテリーや回路を水しぶきや砂から守るために周りを金属の板で覆っていたため (Fig.2,4,5 では取り外している), メンテナンスのしに

くさやロボットの重量がネックになり、取り扱いが困難であった。

これらを解決すべく、2号機では周りを覆う板材を鋼材からポリカーボネートのプラスチック製に変更し、また回路類の点検やバッテリーの取り扱いを簡単にするため、ロボット本体の前後に扉を搭載し、さらに回路用のボックスを追加した。これらによりロボットの軽量化、メンテナンス性の向上を実現した。

### 3.1.2 ごみ回収機構

Fig.8 に、2号機で新たに改良したごみ回収機構「クワ機構2」を示す。このクワ機構2では、1号機の問題点を踏まえ、ツメの形状を変え高さを40mmから10mmほどにし、全体の見た目を「ちりとり」のように再設計した。これにより砂の中からごみを掘り出しやすくし、網によって砂とごみを分離させるようにした。

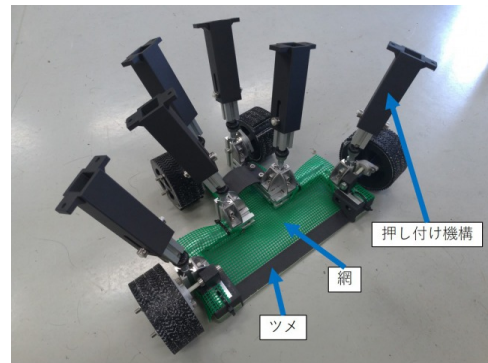


Fig. 8: The 2nd hoe mechanism

またこのクワ機構2の支柱には、機構全体が砂の凹凸に対応できるよう、ばねによる押し付け機構を導入した。その図を Fig.9 に示す。

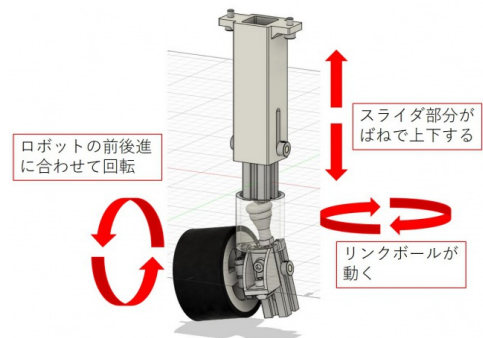


Fig. 9: The pressing mechanism

この押し付け機構は、ばねによる上下移動とリンクボールによる横方向の自由度に加え、ロボットの前移動に合わせて砂の凹凸に対応するためのタイヤで構成されてい



る。この押し付け機構を加えたクワ機構 2 を 2 号機の下部に取り付けることで、ごみ収集の性能を向上させた。

### 3.2 動作実験

1 号機同様、新たに作成した 2 号機を自作した砂場で動作させ、ごみ回収の性能向上について実験した。その様子を Fig.10 に示す。



Fig. 10: Experiment of the 2nd garbage collecting robot in a sandbox

実験の結果、前方のバキュームは 1 号機同様上手く機能したが、上部のバキュームについては、クワ機構 2 によるごみ収集はできたものの、砂とごみの分離が上手くいかず、バキュームが砂ばかりを吸ってしまう不具合が発生した。これは Fig.11 から分かるように、ロボットの前進によりクワ機構 2 が砂からごみを掘り出す際、クワ機構 2 の前方に砂山が発生することで、網による砂とごみの分離の許容範囲を越えて砂が積まれてしまうことにあると考えられる。



Fig. 11: Pile of sand

ただし、Fig.12 に示すように、実験後にクワ機構 2 に積まれた砂山を取り除いたところ、ごみ自体は収集できていたことが分かった。したがって、ごみと砂の分離を確実に行わせることで、上部のバキュームによるごみ回収が可能になると考えられる。

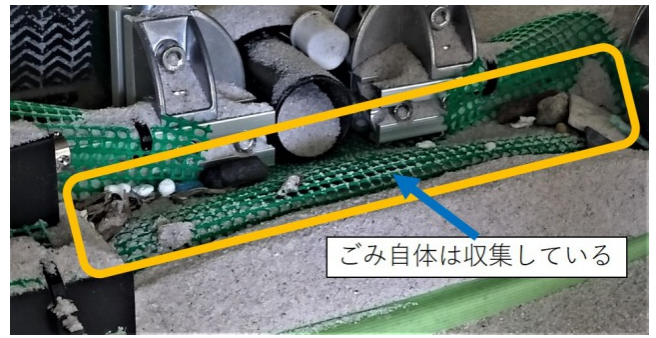


Fig. 12: Garbage collection of microplastics

## 4. 結言

本研究では、人手では回収困難である海洋破碎プラスチックごみを回収するためのロボットを開発した。しかし現状では、砂とごみの分離が難しく、今後は、モータ等のアクチュエータを加えることでごみの回収時に砂を除去する機構を作成し、ごみと砂の分離をより確実にしたロボットを開発したいと考えている。

## 参考文献

- [1] 有瀬昌矢, 倉爪亮: “海洋破碎プラスチックごみ回収ロボットシステムの開発 レーザスキャナの反射輝度を用いた海岸環境の識別”, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2021, pp.1P2-G09(2021)
- [2] Quigley, Morgan and Conley, Ken and Gerkey, Brian and Faust, Josh and Foote, Tully and Leibs, Jeremy and Wheeler, Rob and Ng, Andrew Y and others: “ROS: an open-source Robot Operating System”, *ICRA workshop on open source software*, Vol.5, No.3.2, pp.5(2009)