

J192022

揺動サイドクローラを有する移動ロボット TrackWalker II による 火山環境での不整地走行実験

永谷 圭司^{*1}, 秋山 健^{*1}, 吉田 和哉^{*1}, 西田 信一郎^{*2}

Traversal Experiments on rough terrain for "TrackWalker II"

Keiji NAGATANI^{*1}, Ken AKIYAMA^{*1}, Kazuya YOSHIDA^{*1} and Shin'ichiro NISHIDA^{*2}

^{*1} Graduate School of Engineering, Tohoku University
6-6-01, Aramaki-Aoba, Aoba-ku, Sendai, 980-8579, Japan

^{*2} Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)
3-1-1, Yoshinodai, Sagami-hara 252-5210, Japan

In extreme environments, such as a lunar surface or volcanic area in the earth, exploration by mobile robots instead of human is considered of value from the point of view of safety. To traverse a challenging surface, such as bumpy surface or loose soils, high locomotion ability is required for such mobile robots. Therefore, in our research group, we have developed a small-sized tracked robot, called "TrackWalker", which mounted two side sub-tracks. Each sub-track has a swing mechanism to enable simple legged locomotion for traversal on a weak soil. In 2010, we have conducted some field tests using the tracked robot, and found advantages and weaknesses. To improve the weaknesses, we have been developing the next generation tracked robot, called "TrackWalker II". In June, 2011, we conducted a field test in Mt. Asama using the robot to confirm advantages of our locomotion mechanisms. In this paper, we report results of the field test.

Key Words : Tracked robot, sub-tracks, Field test

1. 緒 言

月面や惑星表面の科学的探査は、宇宙・生命の起源を解明するための有効な手段と考えられている。特に、月の太古の地層が表面に出てきている可能性があるクレータ付近の探査は、理学的に重要な発見をもたらす可能性がある。このとき、ロボットは、レゴリスと呼ばれる細かい粒子で構成される軟弱土壌上を走行する機能と共に、凹凸のある不整地走行を行うことが求められる。一方、地球上においても、活動中の火山など、人が立ち入ることのできない区域では、ロボットによる遠隔探査が期待されている。このとき、ロボットは、火山灰に覆われた軟弱地盤、火口付近の急斜面、さらに岩石、小石、砂が混在する不整地を走行する必要がある。

上述の環境で共通するロボットに必要な能力は、軟弱土壌ならびに不整地の走行である。そこで、筆者らは、これまで、軟弱土壌ならびに不整地走行を目的とした移動ロボットに関する研究開発を進めてきた。この中でも、クローラ機構は、一般に不整地や軟弱土壌の走破能力が高いため、本研究グループでも、レスキューロボットなどにクローラ機構を採用してきたが⁽¹⁾、更なる走行能力向上のため、昨年度、宇宙航空研究開発機構の支援を受け、大きな接地面積を持つクローラ型移動ロボット TrackWalker (図1)を開発した⁽²⁾。この TrackWalker は、クローラ機構に加えて、サイドクローラの取り付け位置に揺動機構を搭載した単純脚機構を有している。ま



Fig. 1 Field test of Trackwalker

^{*1} 東北大学 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01)

^{*2} 宇宙航空研究開発機構 (〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1)

E-mail: keiji@ieee.org

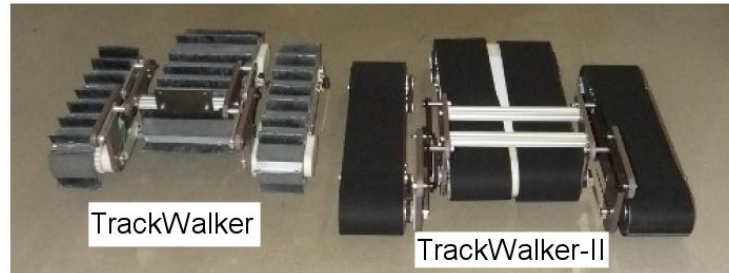


Fig. 2 Size comparison between TrackWalker and TrackWalker-II

た、サイドクローラの動作を組み合わせることで、段差を有する地形、岩石、小石、砂が混在する地形において、高い不整地踏破性能を示した。しかし、ロボットの重心が高いため、急斜面の走行中に後方に転倒する問題や、速度が遅いといった問題が見られた。

そこで、本研究では、TrackWalkerに見られた急斜面での転倒の問題を解消し、さらに不整地での安定した走行が可能で、単純脚・クローラハイブリット型移動ロボット TrackWalker-II の新規開発を行うこととした。また、軟弱土壌や急斜面、不整地における走行性能の検証試験を行うためのフィールド試験を行うこととした。

本稿では、現在開発を進めている TrackWalker-II について紹介し、さらに 2011 年 6 月 17 日～18 日にかけて TrackWalker-II を用いて行った小浅間山でのフィールド試験結果についてレポートする。

2. 単純脚・クローラハイブリット型移動ロボット TrackWalker-II

TrackWalker の初号機は、不整地で高い踏破性能を示したが、重心が高く、急斜面の走行中に後方に転倒する場面が見られた。そこで、TrackWalker-II の設計コンセプトとして以下の項目を設定した。

1. 単純脚・クローラハイブリット機構を採用

TrackWalker により、単純脚・クローラハイブリット機構の不整地での有用性が示されたため、TrackWalker-II にも同様の移動機構を採用した。

2. クローラの軸間距離を TrackWalker の 1.5 倍に設定

サイズに関しては、より走行性能、安定性を向上させるため、クローラ部分のスプロケット軸間距離を TrackWalker の 295[mm]から、約 1.5 倍の 442[mm] に設定した。これにより、TrackWalker では、ロボット本体上部に搭載していたバッテリー、無線機等をロボット本体内部に収容でき、ロボットの低重心化が実現される。

3. 軽量・低重心

ロボットの搬送を考える場合、ロボットは、できるだけ軽量であることが求められる。そこで、エンジニアリングプラスチックの利用に加え、バッテリーとして enloop を用いることで、軽量化を図ることとした。

以上を念頭に構築した TrackWalker-II と TrackWalker とのサイズ比較を図 2 に、仕様比較を表 1 に示す。なお、本ロボットのマカニズムやコントローラ、安定性の議論については、文献(3) に詳しく述べた。

Table.1 Specification comparison between TrackWalker and TrackWalker-II

	TrackWalker	TrackWalker-II
Total length	480-600 [mm]	600-700 [mm]
Total width	550 [mm]	680 [mm]
Total height	230-320 [mm]	180-280 [mm]
Link axis length	90 [mm]	100 [mm]
Center distance of Track sprocket	295 [mm]	442 [mm]
Body unit weight	6.4 [kg]	8.2 [kg]
Leg unit weight	2.4 [kg]	3.8 [kg]
Total weight	12.0 [kg]	16.0 [kg]



Fig. 3 Environmental information of Mt. Koasama (left) and experiment scene (right)

3. 小浅間山でのフィールド試験

本フィールド試験は、浅間山から約3.6m離れたところに位置する小浅間山にて、2011年6月17日から18日にかけて行われた。この山の南西側の斜面は、標高1550m地点から、およそ200m続く傾斜地であり、砂、小石、岩石が混在する地形である。ここは、図3に示す通り、標高が高くなるにしたがって傾斜が大きくなり、また構成する砂利の粒径が大きくなっていくという特徴を持つ。特に、図3中に示す地点5(斜面のふもとから100m付近、斜度25度)から地点6(斜面のふもとから120m付近、斜度30度)にかけては、粒径の大きな小石に混ざり、直径20cm程度の礫岩が多数存在するため、TrackWalkerでは、地点5付近の走行が限界であった。

試験当日は、九州から伸びた梅雨前線のため、小雨の混じるコンディションであったが、TrackWalker-IIは、地点1から走行を開始し、地点5付近まで、ほぼ問題なく直登した。その間、TrackWalkerでは、多少のスリップが見られたが、TrackWalker-IIでは、ほとんどスリップが見られなかった。これは、構築したTrackWalker-IIの重量の増加分と比較し、接地面積の拡大分が大きく影響していることが考えられる。また、ロボットの低重心化により、地点5における斜度25度程度の傾斜では、後方への転倒の恐れがほとんど見られなかった。

一方、地点5から地点6にかけて、10m程度走行したところで、ロボットの走行が不可能となった。ロボットが、礫岩などの間にスタックした際、TrackWalker-IIは、TrackWalkerと同様、単純脚・クローラハイブリット機構によって、その状況を解消する能力を有する。しかしながら、ロボットのクローラベルトに設置したラグの取り付けが甘く、スタックした状況から脱出する際、多くのラグが外れてしまい、軟弱土壌における走行性能が大きく低下した。このため、試験継続が困難となり、この時点で、走行試験を終了した。

以上のハードウェアトラブルのため、本ロボットの最大の性能を引き出すことはできなかったが、安定性や急斜面の走破性能は、TrackWalkerと比較して確実に向上したことを確認することができた。

7. 結 言

本稿では、単純脚・クローラハイブリット機構を搭載したTrackWalkerの問題点を解消するために構築した不整地移動ロボットTrackWalker-IIについて紹介し、小浅間山で実施したフィールドテストについてレポートした。今後、更なるフィールド試験を通じ、本ロボットの性能評価ならびに、性能の向上を図る予定である。

文 献

- (1) Eric Rohmer, Kazunori Ohno, Tomoaki Yoshida, Keiji Nagatani, Eiji Konayagi, Satoshi Tadokoro, "Integration of a Sub-Crawlers Autonomous Control in Quince Highly Mobile Rescue Robot", SI International (2010), pp.78-83
- (2) K.Nagatani, H.Kinoshita, K.Yoshida, K.Tadakuma, E.Koyanagi, "Development of leg-track hybrid locomotion to traverse loose slopes and irregular terrain", Proc. of the 2010 IEEE Int'l Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics (2010)
- (3) 秋山健, 木下宏晃, 永谷圭司, 吉田和哉, "軟弱かつ急斜面の不整地走行を目的とした単純脚・クローラハイブリット型移動ロボットの開発", 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 (2011), 2A2-L14