

J192011

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

-- 三原山裏砂漠と中田島砂丘における走行試験 --

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" in Mihara-Yama and Nakatajima dune

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

To explore in extreme environments, such as a lunar surface or volcanic area in the earth, our research group has been developing small-sized tracked robots, called "TrackWalker" and "TrackWalker II", in a joint research project with JAXA. Each robot mounts two side sub-tracks, and each sub-track has a swing mechanism to enable simple legged locomotion for traversal on a weak soil. From 2010 to 2011, we have conducted some field tests using the tracked robots and improved its weakness, and executed performance assessments. In 13th, March, 2012, JAXA organized a debrief session combined with field test in Nakatajima dune, in Hamamatsu, and we performed hill-climbing demonstration. In this paper, we introduce a brief of mechanism of TrackWalker-II, and report some field tests, including Nakatajima experiment.

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

1. 結 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。しかしながら、対象とする環境は、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であり、その中に、岩などの凹凸が露出している可能性がある。そのため、ロボットには、軟弱土壌を走行する能力に加えて、不整地を移動する機構も兼ね備える必要がある。

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、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 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⁽²⁾ならびに、TrackWalker-II を開発した (図 1)。これらのロボットは、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



図 1 TrackWalker-II

^{*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

を搭載している。これにより、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てきた。本稿では、三原山におけるフィールド試験の結果ならびに、JAXA が企画した中田島砂丘フィールド試験における走行試験結果について紹介する。

2. 揺動サイドクローラを有する移動ロボット TrackWalker-II

本試験で利用した揺動サイドクローラを有する移動ロボット TrackWalker-II の特徴の概要を以下に示す。このロボットの詳細については、参考文献⁽³⁾⁽⁴⁾に譲る。

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⁽²⁾、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た。
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 eneloop を用いることで、軽量化を図った。

3. 三原山におけるフィールド試験

2011 年 10 月、三原山にて、TrackWalker-II の長距離走行試験を行った。この試験は、三原山登山道に沿って行った。走行軌跡を図 2 に、走行の様子を図 3 に示す。スタート地点は標高 629 m、ゴール地点は標高 714 m であり、標高差 85 m、距離 460 m を約 2 時間で走行した。（この間、バッテリー交換は 2 回行った）。

対象環境は、敷き詰められた火山噴出物の粒径が大きく、また表面がなめらかでない環境であった。しかしながら、サイドクローラの揺動動作を組み合わせることで、安定した走行を継続することができた。なお、本試験においては、走行手法切り替えについては、ロボットの後方より目視で操作を行っているオペレータが判断した。また、標高 690 m 以降は、斜度 25 deg の急斜面であったが、TrackWalker-II は、左右の脚部を前方に展開したフリップ動作に切り替えることで、安定した走行が可能であった。

続いて、三原山のふもとに広がる裏砂漠で行った軟弱地盤走行試験について報告する。この裏砂漠は、粒径 10~20 mm 程度のスコリアに覆われた軟弱地盤である。そこで、水が流れたあとに形成された急斜面にて、登坂走行試験を行った。斜度 32 deg の斜面では、図 4 に示すように、スリップしながらもサイドクローラを駆使した登坂が可能であった。しかしながら、斜度 35 deg の斜面になると、TrackWalker-II は地



図 2 三原山の走行軌跡

©2011 Google, Image, ©2011 GeoEye, © 2011 Cnes/Spot Image

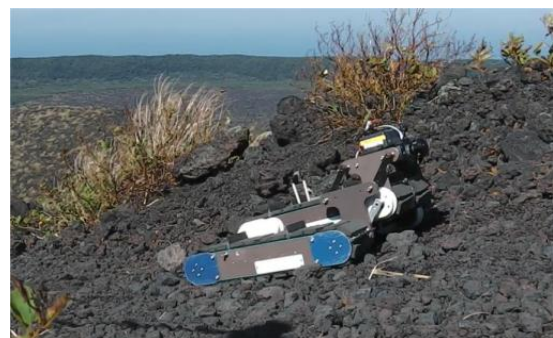


図 3 長距離走行試験の様子



図 4 軟弱急斜面の走行

盤を崩壊させ、斜面を登ることができなかった。このとき、クローラに取り付けたラグにより地面が削られ、実質的な傾斜がほぼ安息角の状態となる。これにより、ロボットが少しでも進むと、ロボットを支えている地盤が崩れ、地盤ごとロボットが滑り落ちるといった現象が見られた。

3. 浜松 中田島砂丘におけるフィールド試験

2012年3月、JAXAが主催した浜松中田島砂丘におけるフィールド試験に参加した。対象とするフィールドは、月面を想定し、図5に示すように、細かい砂の上に、直径40cm程度の岩が敷き詰められたものである。これにより、単純なクローラ機構では、走行が非常に困難である。この環境において、TrackWalker-IIは、サイドクローラの揺動動作を駆使しながら、問題なく、対象環境を走破することができた。図5に、揺動動作を用いた走行の一部を示す。試験を行った結果、浅間山や三原山のフィールドと比較し、走行が困難とは感じなかった。その理由としては、砂自体は軟弱であるが、そこに置かれている岩が十分に重く、またしっかりと固定されているため、クローラに搭載したラグを岩の上に引っかけることができたという点にある。また、揺動機構により、岩に対するラグの当て方を調節できたという点も大きい。これに対し、火山の環境では、岩のサイズが不均一であり、また、地面に固定されていない。そのため、クローラの運動により、クローラの下面に接した小さな岩が後方に移動し、土壌を崩すことで、走行性能が大きく低下した。以上より、対象とする試験フィールドについては、本機構が有効に働くことが確認できた。

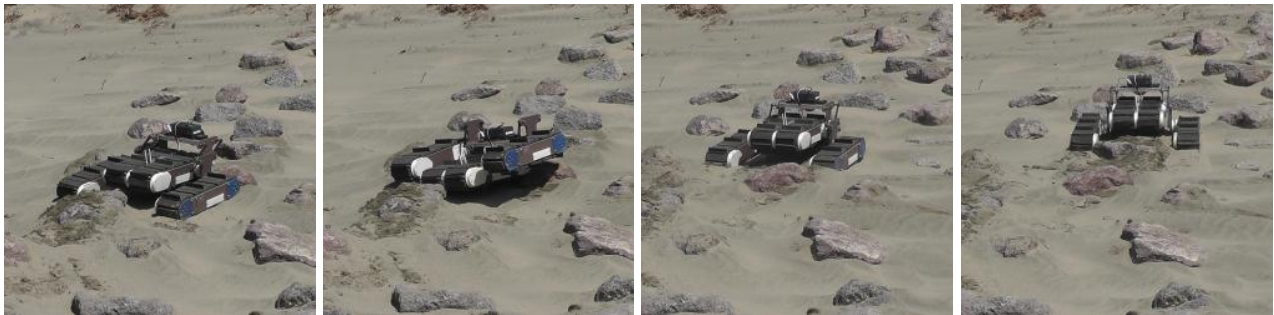


図5 中田島砂丘におけるフィールド試験の様子

7. 結 言

本稿では、揺動サイドクローラを搭載した TrackWalker-II について紹介し、伊豆大島三原山で行ったフィールド試験の様子をレポートした。その結果、構築した TrackWalker-II は、平均斜度 25 deg 程度の登山道であれば、ほぼ問題なく走行ができることが分かった。また、軟弱急斜面において、斜度 32 deg までは、走行可能であるが、35 deg では、走行困難となることが判明した。さらに、浜松の中田島砂丘で行ったフィールド試験により、大きな岩の存在が、走行性能を向上させることがあるという点が明らかとなった。

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", Journal of Field Robotics 28(6), 950-960 (2011)
- (3) 秋山健, 永谷圭司, 吉田和哉, 西田信一郎 "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 (1)-(4)
- (4) 秋山健, 永谷圭司, 吉田和哉, 西田信一郎 "軟弱かつ急斜面の不整地走行を目的とした揺動サイドクローラを有する移動ロボットの開発・浅間山で実施したフィールド試験から学んだこと", 日本計測自動制御学会 第12回システムインテグレーション部門講演会 (2011), 1001-1004