

ARLISS2009報告書

【大学名】 東北大学

【指導教官】 吉田教授, 永谷准教授

【リーダー】 砂長 麻美

【メンバー】 伊藤 毅, 木下 宏晃, 砂長 麻美



1. 機体の紹介

我々は、不整地における車輪型移動ロボットの走破性能を向上させるため、劇的に且つメカニカルに車輪径を拡大できる機構を提案し、これを搭載した展開車輪型ローバーを開発した(図 1)。以下に、考案した機構について簡単に説明する。



図 1. 展開車輪型ローバー「WindMill-II」

1.1 展開車輪の基本構成

展開車輪は左右それぞれ 8 つの脚で構成されている。材料は ABS 樹脂であり、3D プリンタを用いて作製した。円筒に収納する際、これらの脚は図 2 左のように折りたたまれた状態となる。一方、展開時には図 2 右のように脚が本体に対して 45 度の状態で固定される。

この展開機構により、車輪径の拡大だけでなく輪距(左右の車輪間距離)の拡大も可能となるため、不整地での走破性能の向上と同時に安定性の向上も期待できる。展開前後での車輪径及び輪距の変化について、昨年のローバー(図 3)と比較したものを表 1 に示す。

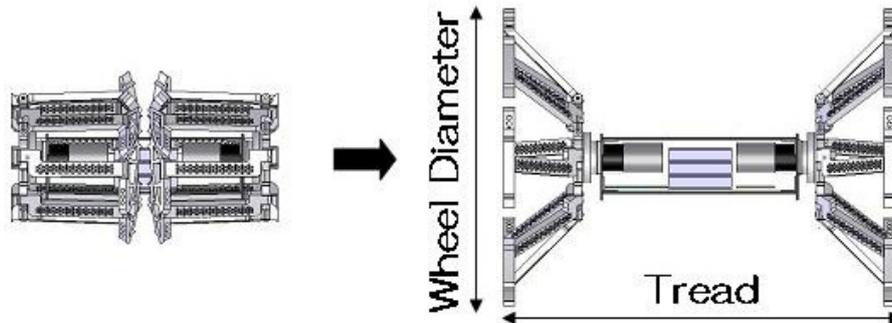


図 2. 展開前後でのローバーの様子

表 1. 昨年ローバーとの比較

	車輪径の拡大	輪距の拡大
スポンジ車輪(昨年)	$\phi 145\text{mm} \rightarrow \phi 180\text{mm}$	210mm \rightarrow 220mm
展開車輪(今年)	$\phi 140\text{mm} \rightarrow \phi 240\text{mm}$	220mm \rightarrow 310mm



図 3. 昨年のローバー

1.2 パラシュート分離及び車輪展開機構

車輪の構造や強度を考慮すると、車輪の展開は軟着地後に行うのが望ましい。そこで地面に軟着地後にパラシュートの分離と車輪の展開を同時に行う機構(以下、分離展開機構)を考案した。まず、分離展開機構をローバーに巻きつけ、テグスで固定する。ローバーを分離展開機構に包んだ様子を図 4 に示す。そして、着地後のパラシュート分離及び車輪の展開は、テグスを電熱線(ニクロム線)により焼き切ることで実現している。



図 4. 分離展開機構に包まれたローバーの様子

2. 苦勞したこと, 工夫したこと

前述した展開車輪型ローバーの開発において最も苦勞した点は, 重量とパラシュート分離機構である. それぞれについて, 以下に詳しい内容を述べる.

2.1 重量

7月に完成した WindMill- I では重さが 1190g であり, ARLISS で定められた重量制限に対し 140g オーバーであった. そこで7月末になり車輪・ボディー・回路・マイコンについて以下のような見直し・再作製を行うことで, 重量制限内におさえることができた.

【車輪】脚の厚みと幅を減らし, かつ肉抜きを行った.

【ボディー】モータ・バッテリー・回路系が搭載できる最低限の大きさにした.

【回路・マイコン】WindMill- I では Yellow 社の H83048F ボードを用いていたが, ボディーの大きさに合わせマイコン・電源系を含んだ基盤の設計・作製を行った.

この軽量化に伴いいくつかの問題点が発生してしまった. まず, 車輪の肉抜きにより走行に必要なだけの車輪強度が出せず, 走行中に車輪の脚が折れてしまった. そこで, 接着剤により折れやすい部位の肉抜きを埋め, スポーツ用テーピングを巻き補強を試みたが, 重量制限内では十分な強度までの補強はできなかった.

また, マイコンについて, 軽量化により ATMEL の AVR168P を用いた. マイコンに AVR を用いたことでそれまでの開発環境・コードが使えなくなり, コードを最初から書き直すことになってしまったため, 軽量化前と同じく 3048 を用いればよかった. 軽量化により WindMill- II の完成が8月末となったため, 実験数が少なく, 本番直前までバグ取り作業に追われてしまった.

2.1 分離機構

分離機構作製にあたり, 2つの大きな問題があった. 1つ目は, 車輪の構造と強度上, 落下時の衝撃で車輪が破損してしまう可能性が高いことである. 2つ目は, 展開後の車輪にパラシュートが絡まりやすいということである. そのため, 着地時の衝撃を和らげ, かつパラシュートに車輪が絡まらないような分離機構が必要となった. さらに, 重量にも余裕がなかったため分離機構には軽量であることも求められた. そこで, 1つ目の問題に対しては, 実験の結果から最適な緩衝材を選定し, 地面との接触部分にのみ用いた. 2つ目の問題に対しては, 図4のようにパラシュートを取り付けている PP クラフトシートを山形に折り曲げることで, シートが長く伸びた状態で着地するようにした. これらの工夫により, 着地ーパラシュート分離ー走行開始までの成功率を高めることができた.

3. 成果

本年度は, 競技としては非常に悔しい結果となった. しかしながら, 競技におけるパラシュート分離, 車輪展開の成功や, 長距離ナビゲーション実験においてナビゲーションプログラムが正常に動作していたことから, 展開車輪ローバーとナビゲーションプログラムの ARLISS における実用性は実証されたため, 来年度の ARLISS につながる成果は得られた.

以下に, ARLISS の2回の打ち上げ結果と, Black Rock 砂漠で行った長距離ナビゲーション実験の結果を述べる.

3.1 打ち上げ結果

本年度は2回の打ち上げを行った. 2回の打ち上げにおける落下軌跡を図5に示す. 以下に, それぞれの打ち上げ結果を述べる.

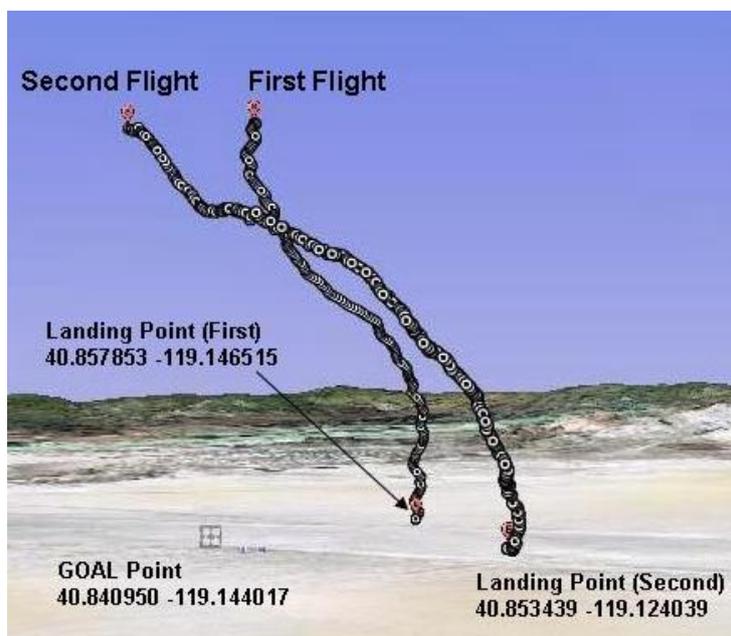


図 5. 放出から着地まで

【First Flight】

着地ーパラシュートの分離ー車輪展開ー走行開始までは成功した。しかし、走行開始後の走行制御によりパラシュート上を走行し、車輪にパラシュートが絡まったことで走行停止してしまった。着地してから走行停止するまでの走行経路を図6に示す。図6において、数字の振ってあるポイントは3秒おきに取得した GPS データを、google earth で地図上にプロットしたものである。図中の Stack Point でパラシュートが絡まり走行停止した。

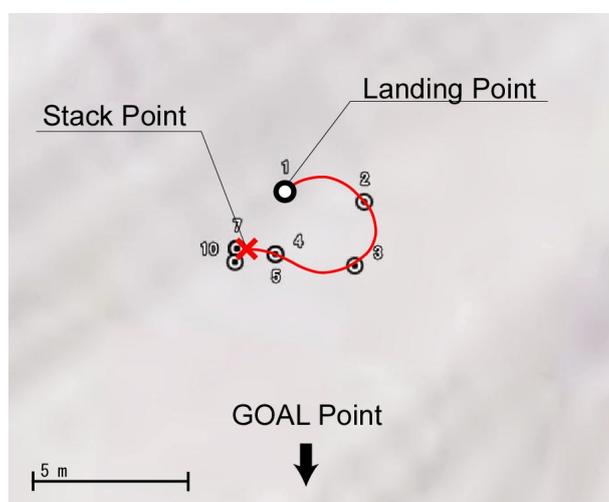


図 6. 着地後からスタックするまでの走行経路 (First Flight)

【Second Flight】

着地時の衝撃によりモータとモータドライバ間のコネクタが抜けてしまったため、プログラムは正常に動いていたのだがローバーが走り出すことができなかった。また、着地時の衝撃で車輪の脚が折れてしまったため、走行を開始したとしても、正常な走行は不可能であったと考えられる。

3.2 長距離ナビゲーション実験

競技終了後に、Black Rock 砂漠にて長距離ナビゲーション実験を行った。実験で走行した経路を図7に示す。図より、ナビゲーションシステムによりゴールを目指した走行制御が正常に行われたことがわかる。しかし、図中に示した3つの Broken Point で車輪の脚が折れてしまい、修理をして実験を再開した。車輪が折れてしまった点までの走行距離を、表2に示す。この実験結果より、ナビゲーションシステムは正常に動作していたが、車輪の強度上、長距離走行に耐えられないことがわかった。来年度の ARLISS において展開車輪型ローバーを起用するのであれば、車輪の設計や材料を見直し、軽量かつより強度の高い車輪の開発が必要である。

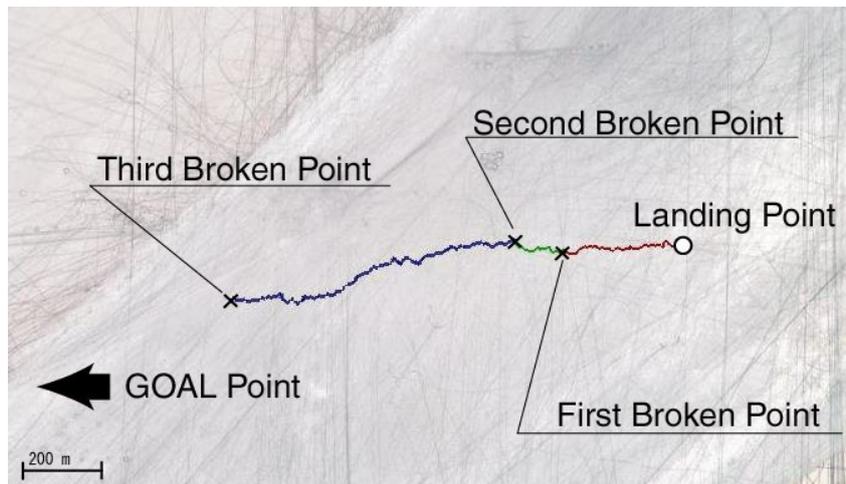


図 7. 長距離ナビゲーション実験の走行経路

表 2. 長距離ナビゲーション実験において車輪が破損するまでの走行距離

走行間	距離 (m)
Landing Point - First Broken Point	260
First Broken Point - Second Broken Point	140
Second Broken Point - Third Broken Point	700

4. 今後の課題・感想

本年度は、昨年度までとは大きく異なる新しい機体を開発したため、多くの課題や反省点が残る結果となった。ここで、本年度の反省・これからの課題について大きなものを3つほどあげる。

まず1つ目は、苦労した点でも述べた軽量化に関してである。重量に関しては、機体や回路を作製する前に細かく調べるべきであった。早い段階で重量を考慮した設計を行っていれば、車輪の強度について改良する時間があつたのではないかと思う。来年度は、常に重量を意識して開発を行って欲しい。

2つ目は、軽量化に伴い実験期間が十分にとれなかったことである。本年度の ARLISS での打ち上げ結果は、実験の中で起こりうることであった。そのため、より多くの実験を行っていれば防げたと考えられる。特に、2回目の打ち上げにおいて着地時にコネクタが抜けたことに関しては、落下試験を多く行っていれば防げた可能性が高い。実験数を増やし、様々な状況を想定して実験を行うなど、実験方法にも工夫が必要である。

3つ目は、車輪強度についてである。実験中にも車輪が破損することは多々あり、強度が足りないことは十分

にわかっていた。しかし、重量制限と時間の問題から簡単な補強を施すことしかしていなかった。来年度は材料や設計を再検討し、ゴールまで完走し得る車輪を開発して欲しい。

本年度は、チームメンバー3人のうち2人がロボットの開発にまったくの無知である状態からのスタートであったため、苦勞したことも多かった。しかし、ARLISSでのローバー開発を通し多くのことを学ぶことができ、また今後に活かせる多くの反省点もあった。ARLISSに参加し、多くの良い経験をすることができ本当に良かったと思っている。