

# ARLISS2010

電気通信大学 高玉研究室



【大学名】電気通信大学

【ローバ名】Touch

【指導教官】高玉 圭樹准教授

【プロジェクトマネージャ】佐藤 史盟

【参加メンバ】大谷 雅之, 松島 裕康, 市川 嘉裕, 牛田 裕也, 大瀧 篤, 廣瀬 孝行, 原田 智広, 東 江里子, 岡村 怜奈, 沢田石 祐弥, 中田 雅也, 中山 洋一

【開発メンバ】(参加メンバは省略) 伊勢谷 沙織, 井上 智代, 崔 暁巍, 金丸 彩乃, 島田 智大, 中澤 賢人

【オブザーバ】服部 聖彦

【エアロパックメンバ】Jonathan(1<sup>st</sup>,3<sup>rd</sup>launch), James(2<sup>nd</sup> launch), David(4<sup>th</sup> launch)

## 1.ローバ “Touch”

### 1.1. 概要

本チームのローバは、前年度に轍に乗り上げてスタックした失敗から、本年度はその対策に力を入れた。具体的には轍対策及び直進安定性の強化に焦点を当て、(1)去年のタイヤよりも直径や横幅の拡大をめざした伸縮タイヤの制作と、(2)クリアランスの向上を目的とした、ハードウェアの構成の見直しによる重心の位置と車高の大幅な改良を施した。さらに、轍を全走破することは困難であると考えられるため(3)轍で停止したこと(スタック)を判定する機構を新たに開発した。

我々のローバは昨年と同様に PDA により制御されているが、PDA による制御はリソースが豊富でソフトウェアの自由度が高い反面、ハードウェアに関して大きさや重量、配置場所等による制約が大きいという欠点がある。そこで、ハードウェアの設計の自由度が高いマイコンによる制御システムを開発することで、誘導制御部分を開発目的や状況に応じて柔軟に切り替えられる体制を構築した。この体制を活用し、それぞれの制御システムの特徴を調査するため、本年度は PDA ナビゲーションによる「PDA ローバ」と Arduino ナビゲーションによる「マイコンローバ」の 2 台のローバを製作した。

### 1.2. 工夫したこと

#### マイコン(Arduino)による制御システム

本年度は PDA ローバに加え、Arduino をメイン MPU として採用したマイコンローバも作成した。MPU 以外の特徴として GPS 測位モジュールである SiRFstarIII および SD メモリカードスロットを搭載することで、PDA と同等の制御とログの記録を可能にしている。制御システム以外は PDA ローバとコンパチブルとした。具体的には H8 マイコンはモータおよびセンサを制御し、センサ情報を制御システムへ送信する。制御システムはセンサ情報から状況を判断し H8 に指令を送信する。マイコンによる制御システムは PDA による制御システムと比較して車体重量を 30~40g 削減することに成功した。



図 1 PHAROS 525(PDA)と ArduPilot MEGA・マイコン基板 EM

### クリアランスの向上(伸縮タイヤ・新フレーム)

昨年度のローバは轍に乗り上がってしまい、ゴールに辿り着くことができなかった。そこで本年度は、シャーシと地面との間のクリアランスを確保するためにタイヤ径を拡張し、かつキャリア収納が可能となる伸縮タイヤを開発した。具体的には、タイヤの素材にウレタンフォームを採用し、筒内部では収納シートを用いタイヤを押し縮めることで径を縮小し、筒から放出された際にシートが外れることでタイヤ径を拡張させることに成功した。

さらに、ハードウェアの構成を見直し、フレーム及び個々の機構の配置変更により、**図 2** に示すように昨年のローバと比較し 3 倍を超えるクリアランスを確保することに成功した。

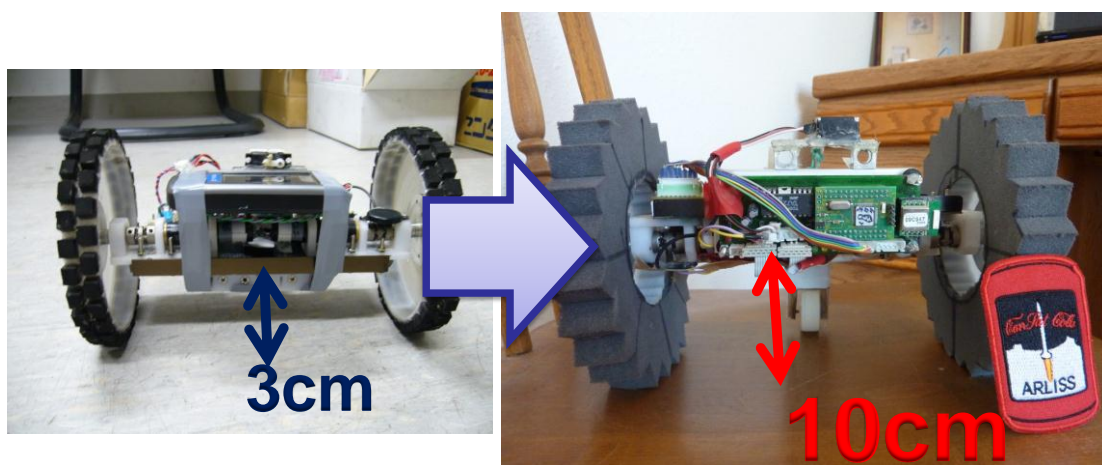


図 2 昨年のローバとのクリアランス比較

### 轍判定

クリアランスを向上させることにより走破性を向上させることは重要であるが、サイズおよび重量が制限されているローバでは、ブラックロック砂漠のような不整地にある轍すべてを走破することは困難である。そこで、轍により停止した状態(スタック)を判定し、そこから抜け出す機構を実装する。昨年は加速度センサを用いた轍判定機構を実装したが、轍の形状に判定精度が大きく依存してしまい轍判定が困難であった。そこで本年度は、ロータリーエンコーダを用いることで轍の形状に依存しない高精度な轍判定機構を新たに開発した。具体的には、ロータリーエンコーダを用いて左右のモータ回転数を取得し、左右の回転数差を用いてスタックしているかを判定する。

## **2.成果**

### **2.1. 本年度の打ち上げ結果概要**

今回私たちは PDA ローバとマイコンローバの 2 種類のローバを 2 回ずつ、計 4 回打ち上げた。それぞれの打ち上げについて、1st, 3rd Launch は PDA ローバ、2nd, 4th Launch はマイコンローバを使用した。

すべての Launch において、何かしらのトラブルが発生し、2nd Launch においてのみナビゲーションを開始できた。また、2nd Launch においてもパラシュートに絡まってしまい数メートルでスタックしてしまった。

### **2.2. 1st Launch (PDA ローバ)**

ローバをキャリアに収納するためにローバ本体に巻かれていた収納シートが開かず、補助パラシュートのみで落下し、走行不可能となった。

### **2.3. 2nd Launch (マイコンローバ)**

2nd Launch ではマイコンローバによる実験を行った。2nd Launch での制御ログを図 3 に示す。2nd Launch では二段目のパラシュートの展開、および着地判定とパラシュート分離に成功したが、ローバの走行開始後にパラシュートに絡まり走行不能となった。これは、パラシュートに取り付けている絡まり防止機構の不具合により、着地時にローバとパラシュートの距離が近くなっていたためであると考えられる。また図 3 の解析結果から、二段目のパラシュートを展開するための命令を送信後、②約 3 分間の落下速度が一段目のパラシュートのみの落下速度と同じであった。このことから、二段目のパラシュートを展開する時に分離機構の動作のみでは展開できず、落下時の振動によって二段目のパラシュートが展開されたことが明らかになった。

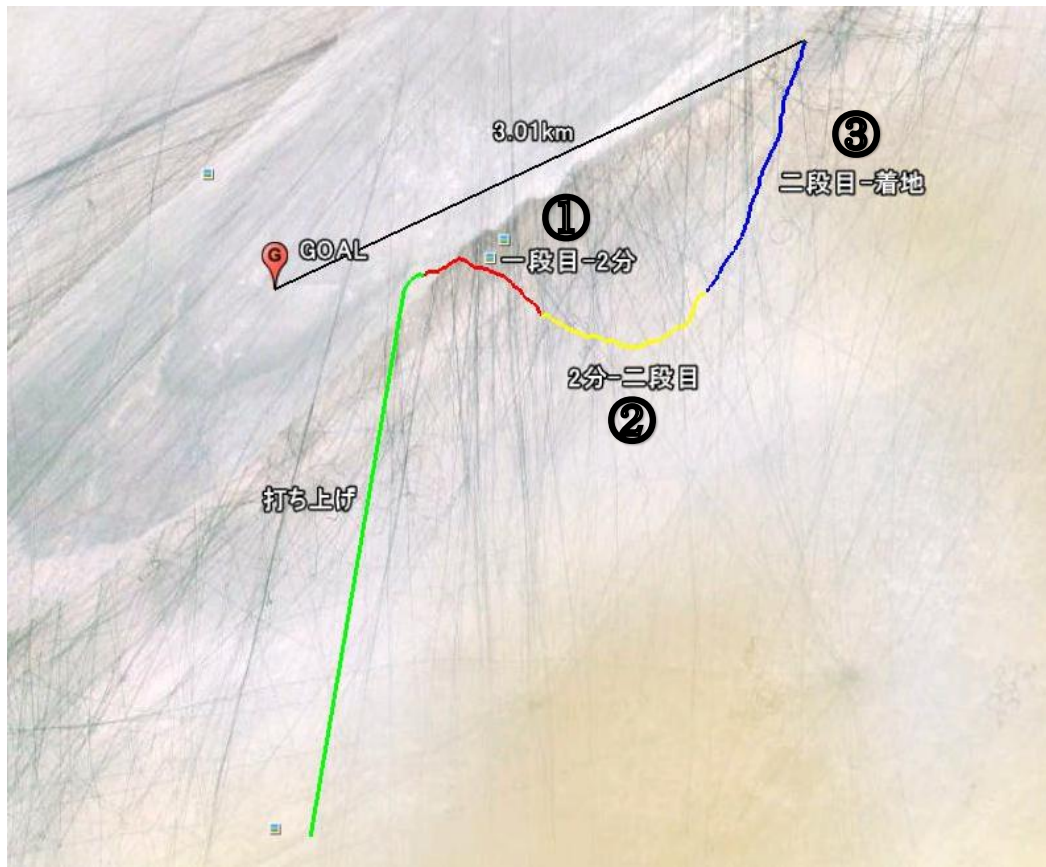


図 3 2nd Launch の制御ログ

#### 2.4. 3rd Launch (PDA ローバ)

本パラシュートが完全に開かず、補助パラシュートのみでの落下となった。原因としては、補助パラシュートが絡まってしまい、予測よりも早く落下してしまったことが考えられる。本パラシュートが開かなかったために、カップリングが破損し走行不可能となった。

#### 2.5. 4th Launch (マイコンローバ)

二段パラシュートの展開に成功しゴール地点から約 3.8km の地点に着地した。しかし着地時にカップリングが破損、さらに Arduino の電池残量が少なくなっていたために走行不可能となった。

#### 2.6. マイコンローバ ナビゲーション実験

2nd Lunch 後に、マイコンローバによるナビゲーション実験を行った。制御ログを図 4 に示す。実験ではゴールから約 450m の地点からナビゲーションを開始した。その結果、大きくゴール方向から外れることなくナビゲーションを実行し、ゴール条件を満たす約 9m の地点に到達することができた。この他にもゴールから約 1km の地点からナビゲーションを開始し、ゴールに到達することができた。以上の検証から、マイコンローバが砂漠におい

でも正しく制御できることが確認された。2回目のフライトにおいてパラシュートに絡まらずに走行することができていれば、ゴールに到達できていた可能性が高いと考えられる。

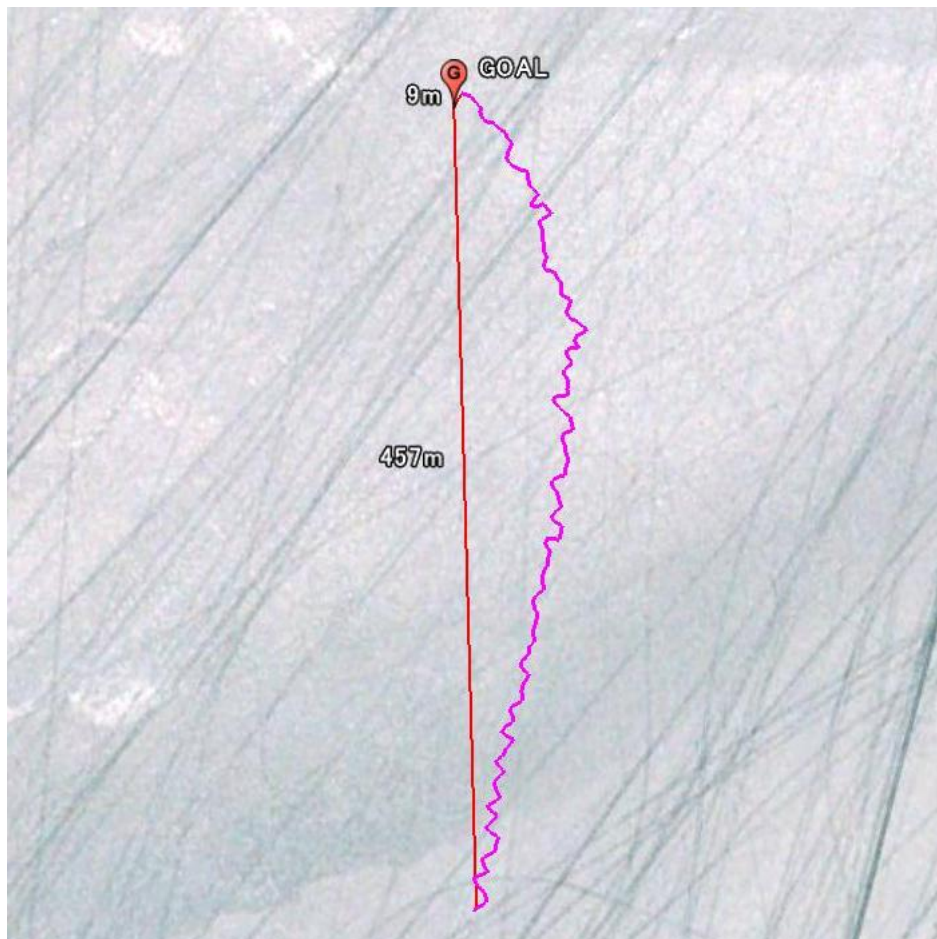


図 4 ナビゲーション実験結果

### 3.まとめ

#### 3.1. 本年度の成果

本年度の我々のローバの成果として、(1)PDA と同等の役割を果たす Arduino による制御システムを開発した事、(2)轍に対する走破性を向上させた機体の開発があげられる。

1 つ目の成果として、Arduino による制御システムは高精度の GPS 測位機能をもつ SiRFstarIII や ArduPilot Mega によるシリアル通信を用いることで、現在 PDA が実行している動作と同等の役割を果たすことが可能になった。また、Arduino ローバを 1.5km 離れた地点からスタートさせたところ、問題なくゴールに到達可能な事を現地の実験により確認できた。1.2 節で述べたように、Arduino による制御システムは既存の PDA による制御システムよりも小型であるため、他の機能向上における重量制約が緩和された。これに伴い、ローバの設計に幅が広がり、機体の強化や精度向上のための材料や部品を使用でき

る。

2つ目の成果として、昨年度までの課題であった轍に対する走破性を向上したことである。  
具 体 的 に は

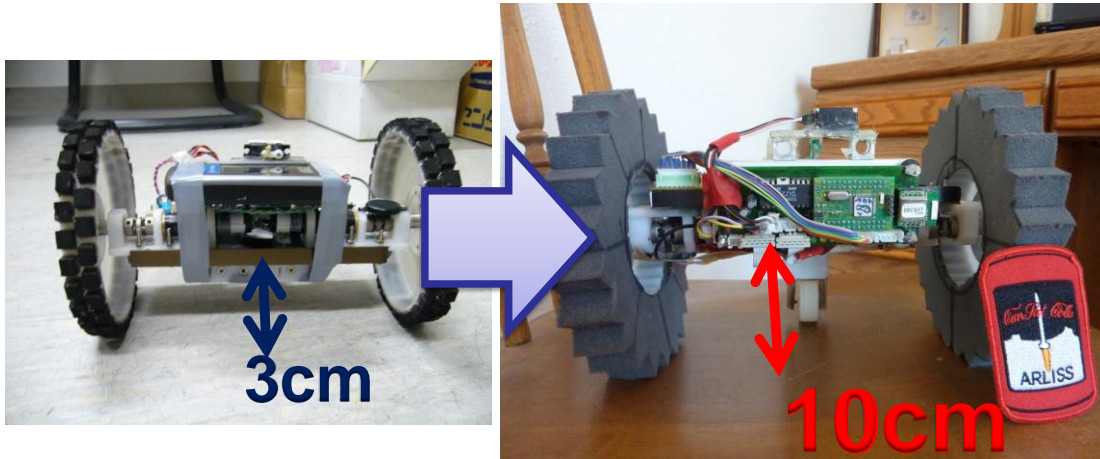


図 2 の様に昨年度よりもタイヤの径を拡張し、モータホルダや基板の位置などを見直したシャーシを採用することにより、ローバの車高を高くすることに成功した。これにより、ローバが地面に乗り上げてしまう問題を解消でき、轍に対する走破性を向上させることができた。

### 3.2. 今後の課題

今年度は拡張タイヤを用いた事により、轍走破性が改善されたが、カップリングが破損したために走り出すことができなかった(4<sup>th</sup> Launch)。この原因として、キャリアに収納するために用いたシートが、放出時にローバへ負荷を与えた事が考えられる。今後の課題として、轍走破性を維持し、着地までのシーケンスに支障をきたさない拡張タイヤの形状改善、および収納方法の検討する。また放出時の負荷を模擬した実験を行い、実際に耐久性を検証する。

### 3.3. 感想

今年度は、メンバが計 19 名いたため、前年までは取り組むことが出来なかった多くの課題に取り組むことが出来た。我々は情報を専門とする研究室であることから、轍判定や Arduino による制御システム構築など我々が得意とするソフトウェアによるアプローチはもちろんのこと、なかなか手が回らなかったハードウェアからのアプローチも積極に取り入れた。今年の取り組みにより、轍に対する走破性は大きく向上した。しかし、ARLISS における打ち上げ実験では予期せぬトラブルが続き、ほとんどの打ち上げにおいて走行に至れないという大変残念な結果となってしまったが、新たな課題やその予防策が明確となった。今年の反省を研究室のメンバと共有することで、来年以降、同じミスやトラブルの防止に取り組んでいきたい。