

ARLISS2009

電通大チーム「Takadama Agents」



【大学名】 電気通信大学

【ローバ名】 スピリタス

【指導教官】 高玉 圭樹

【リーダー】 大瀧 篤

【参加メンバー】 松島 裕康, 大谷 雅之, 八町 康世, 伊勢谷 沙織, 市川 嘉裕, 崔 曉魏,
廣瀬 壱行, 佐藤 史盟, 島田 智大, 池田 美沙子, 金丸 彩乃, 原田 智
広, 中田 雅也

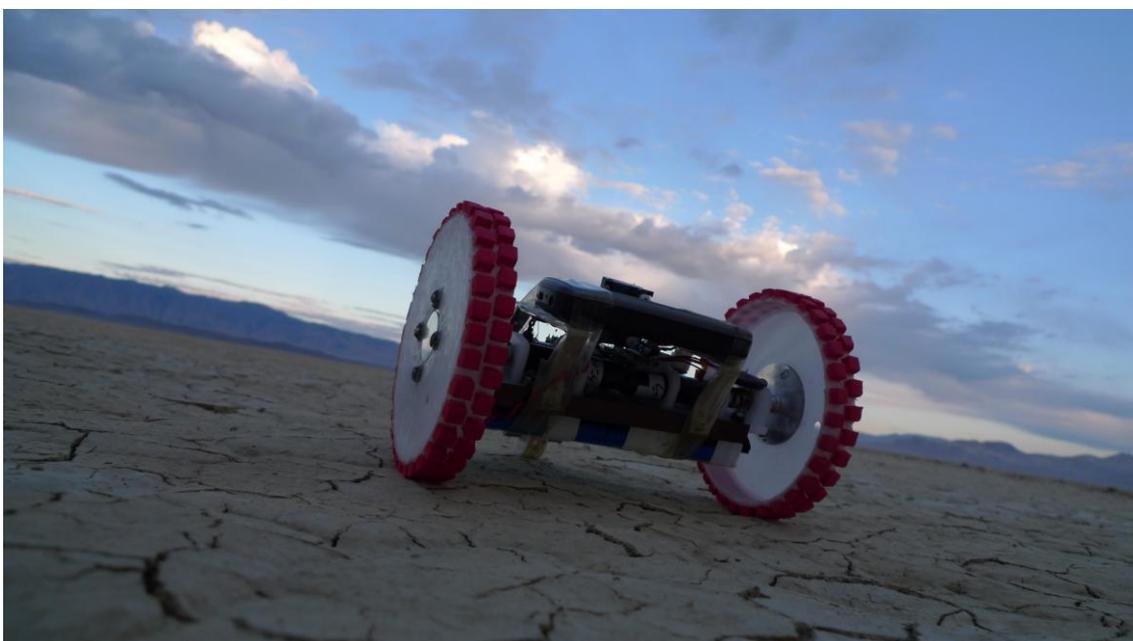
【開発メンバー】 上記参加メンバー + 井上 智代, 中澤 賢人

【オブザーバー】 服部 聖彦

【ローバの紹介】

本チームのローバの最大の特徴は、市販の PDA を用いていることである。これにより、高い計算能力と多彩な制御が可能となっている。この特徴を活かし、PDA で複雑な GPS 補正の計算を行い、その結果から判断した命令を H8 に送り、H8 で PDA からの命令に従ってモータの制御を行う。また、PDA のプログラムは SD カードの差し替えのみで可能なことから、状況に応じたプログラムの修正や選択が容易になっている。

また、ゴールへより近くへ落下することを目指し、1) 今年から新規に二段パラシュートを搭載し、2) 轍の踏破性を向上させるためにトルクのあるモータを搭載するために、シャーシやモータホルダ、タイヤ等ハード部分を全て自ら作りなおして本版に挑んだ。これらの詳細は以下の項目で述べる。



【苦勞したこと、工夫したこと】

私達のローバは、ロケットから放出後、二段パラシュートの一つ目である小さいパラシュートを展開し、高度約 1000~2000 メートルで二つ目の大きなパラシュートを展開する。着地後にパラシュートを切り離して、GPS データを基に自律走行し、ゴールを目指す。また、トルクを上げるために今回新しく採用したモーターに合わせて、シャーシを始めモーターフォルダやタイヤ等、多くの部品を一から新規に自作して ARLISS に挑んだ。

以下、具体的に工夫した点を項目ごとに説明する。

・二段パラシュート

私達のローバは PDA を載せていることから重量の関係上物理的耐久性向上が困難であるため、去年は大きなパラシュートを用いて着地時の衝撃を緩和していた。その結果、ゴー

ル地点から遠くまで流されていたため、今年は着地時の衝撃の大きさは去年と同じでかつゴールにより近い地点に着地することを実現するために、新規に二段パラシュートの開発に取り組んだ。

・ 轍対策に特化した自律制御

ローバーがゴールするために必須となるのが轍対策である。去年、私達のローバーは轍を越えることが出来なかったためゴールに至らなかった。今年は轍対策のために、①直進性自動調整②センサーによる轍判定、③轍脱出の機構を取り入れることで昨年以上の成果を目指した。

・ Bluetooth による PDA と H8 のハンドシェイク

ローバーは PDA と H8 を搭載しており、Bluetooth を媒介に通信を行っている。キャリア内ではエアロパックとの規定により電波を出してはならないので、ローバーがキャリア内にある時は Bluetooth をオフにし、キャリア放出後にオンにするというハンドシェイクを実装した。

【成果】

1st flight 実験日時：9/14

カムバックミッション

1 回目のフライトでは、下記に示す (1) Bluetooth による PDA と H8 のハンドシェイク、(2) 二段パラシュートによる落下地点制御に成功することが出来た。

(1) Bluetooth による PDA と H8 のハンドシェイク：成功

1st フライトでは、このハンドシェイクに成功することが出来た。H8 側では光センサーでキャリア放出を検知し、PDA 側では GPS による高度降下情報から放出を検知する。両側から検知に成功した場合、Bluetooth をオンにしたローバーは再び H8 と PDA 間で通信を開始する。

(2) 二段パラシュートによる落下地点制御：部分的成功

風でゴールから遠ざからないため、一段目は小パラシュート、落下してもローバー本体へのダメージを緩和するため、二段目には大きなパラシュートが開くようになっている。

冗長性を持たせるために、H8 のタイマー、もしくは PDA の取得高度情報のうち、先に条件を満たした側の命令を受け取り次第、二段目のパラシュートを開く。二段目のパラシュート展開には失敗したが、PDA のログから、PDA が条件である高度 1500m 以下を認識し、パラシュート展開の命令を送っていたことがわかった。

展開に失敗した原因は、打ち上げ時の振動でセンサ類の外部ポート付属基板が外れてしまったことがログ解析により判明した。外部ポートは、パラシュート分離機

構であるサーボモータの制御を担っていたため、命令が来ても実行が出来ず、二段目のパラシュート展開が行えなかった。一段目のパラシュートだけでは落下スピードが速過ぎたため、落下後は片側のタイヤが破損し、走行不可能となった。

表 1: 1st flight のカムバックシーケンス達成度

		評価
打ち上げ前	PDA と H8 間で Bluetooth を用いて通信を開始する	○
	キャリアに挿入後 Bluetooth 通信を切断する	○
放出時	ロケットから放出後 H8 が光センサを用いて放出検知する	○
	PDA が高度降下情報から放出検知する	○
	Bluetooth のハンドシェイク後再び PDA と H8 間で通信する	○
	H8 のタイマー or PDA の取得高度情報から 2 段目のパラシュートを開く命令を出す	○
	サーボモータを用いて 1 段目のパラシュートを切り離す	×
着地時	加速度センサと衝撃センサから着地を検知する	×
	サーボモータを用いて 2 段目のパラシュートを切り離す	×
ナビゲーション時	走行を開始する	×
	取得 GPS からナビゲーションをし、ゴールに向かう	×
	自動 Ratio 調整により直進性を上げる	×
	時速 6km 以上で走行する	×
	加速度センサを用いて轍を検出する	×
	PDA プログラムにより轍から脱出する	×
	ゴールに到達する	×

ミニマムサクセス 二段パラシュートを確実に開き、着地後に切り離して走行を開始する 3 / 10

ミドルサクセス 昨年の最高速度 6km 以上で走る — / 20

フルサクセス GPS 誤差の範囲内でゴールする — / 30

アドバンストサクセス 平均速度 5km でゴールする — / 40

ス

点数 3 / 40

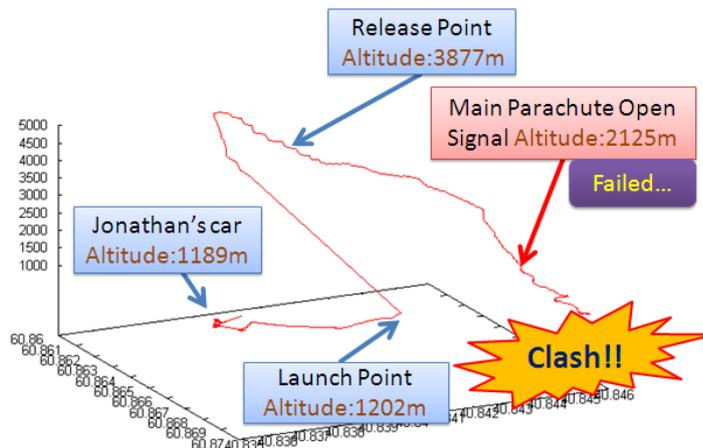


図 1 : 1st flight のローバーの軌跡

ミッション：二段パラシュート

ミニマムサクセス	二段パラシュートの一段目を確実に開く	3.5 / 3.5
ミドルサクセス	二段目のパラシュートを開き、着地後に切り離す	4.9 / 7.7
フルサクセス	一段パラシュートで着地した場合のゴールからの予測距離に対して 2 割減の距離に着地する	— / 11.8
アドバンストサクセス	一段パラシュートで着地した場合のゴールからの予測距離に対して 3 割減の距離に着地する	— / 13.8

点数 4.9 / 13.8

一段目を確実に開き、ゴールから約 1300m 地点に落下したが、二段目が開いていないため、予測距離は計算することが出来ない。二段目は切り離し機構に接続されている外部ポートが、打ち上げ時の振動によって外れ、一段目パラシュートのみで落下した。一段目パラシュートでの落下速度は約 10m/秒であることがわかる。

ミッション：轍対策に特化した自律制御

ミニマムサクセス	轍回避率向上のため一時停止せず、進路変更する	— / 5.9
ミドルサクセス	直進性自動調整をして走行する	— / 10.0
フルサクセス	センサを用いて轍判定をする	— / 13.2
アドバンストサクセス	轍判定のデータを基に轍脱出するプログラムを実行する	— / 16.7

点数 — / 16.7

本番では走行出来なかったため、轍判定は出来なかったが、ARLISS 現場で事前走行実験を行った限りでは、一時停止なしでの轍回避時の進路変更、自動調整による直進性、加速度センサの閾値調整による高確率での轍検出の成功、及び轍脱出成功の、全てのミッション達成を確認出来た。

具体的には轍脱出時はバックや、片輪回転並びにトルクの増大を行い、適切に機能していることを検証した。

2nd flight 実験日時：9/16

カムバックミッション

2回目のフライトでは(1) BluetoothによるPDAとH8のハンドシェイク、(2)二段パラシュートによる落下地点制御に成功し、(3)轍対策をローバーが実施した。

(1) BluetoothによるPDAとH8のハンドシェイク：成功

打ち上げ時に一旦通信を切断し、キャリア放出後にH8が光センサを用いて、PDAが高度データを用いて放出を判断し、その後再カップリングに成功した。

(2) 二段パラシュートによる落下地点制御：成功

キャリア放出後約2分間は1段目の小さなパラシュートで毎秒約10mの速さで降下し、その後H8のタイマーによりパラシュート切り離し機構であるサーボモータを作動させ、二段目の本パラシュートの正常な展開に成功し、毎秒約2.9mの速さで降下した。本パラシュート展開30秒後から衝撃センサ、加速度センサの観測をし、放出から約12分後、落下の衝撃から着地判定を行い、二段目のパラシュートを切り離して走行に移ることが出来た。ゴールから約810mという近距離への落下に成功した。

(3) 轍対策：部分的成功

パラシュート切り離しの際に、機体がパラシュートに引きずられ、反転してからのスタートになった。この時機体の中心付近の地面に膨らみがあり、タイヤの片輪が空転し、もう片方のかろうじて接地していたタイヤもトルクが足りず、数cm走行したが、その後走行が不可能になった。ただ、この走行不可能時にもPDAに組み込まれたモーターのレシオ調整が正常に作動しており、走行開始命令時に左62、右55だったレシオが、最終的に左66右60にまでモーターのトルクを増大させていたことから、ローバーが轍対策を実施していたことがわかった。

しかし、反転した際の機体はパラシュート分離機構であるサーボモータが地面に引っかかっていたことも走行不可能の一因であった。機体のクリアランスが上があれば、ナビゲーションを無事開始することが出来たと考えられる

表2：2st flight のカムバックシーケンス達成度

		評価
打ち上げ前	PDAとH8間でBluetoothを用いて通信を開始する	○
	キャリアに挿入後Bluetooth通信を切断する	○
放出時	ロケットから放出後H8が光センサを用いて放出検知する	○
	PDAが高度降下情報から放出検知する	○
	Bluetoothのハンドシェイク後再びPDAとH8間で通信する	○

	H8 のタイマーor PDA の取得高度情報から 2 段目のパラシュートを開く命令を出す	○
	サーボモータを用いて 1 段目のパラシュートを切り離す	○
着地時	加速度センサと衝撃センサから着地を検知する	○
	サーボモータを用いて 2 段目のパラシュートを切り離す	○
ナビゲーション時	走行を開始する	△
	取得 GPS からナビゲーションをし、ゴールに向かう	△
	自動 Ratio 調整により直進性を上げる	△
	時速 6km 以上で走行する	×
	加速度センサを用いて轍を検出する	×
	PDA プログラムにより轍から脱出する	×
	ゴールに到達する	×

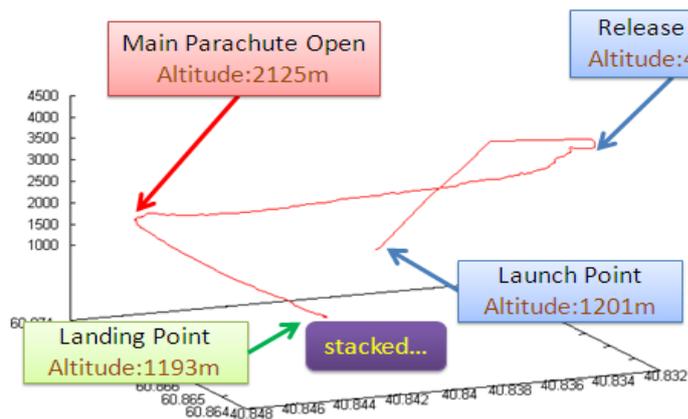


図 2 : 2st flight のローバーの軌跡

ミニマムサクセス	二段パラシュートを確実に開き、着地後に切り離して走行を開始する	10 / 10
ミドルサクセス	昨年の最高速度 6km 以上で走る	— / 20
フルサクセス	GPS 誤差の範囲内でゴールする	— / 30
アドバンストサクセス	平均速度 5km でゴールする	— / 40

点数 10 / 40

ミッション：二段パラシュート

ミニマムサクセス	二段パラシュートの一段目を確実に開く	3.5 / 3.5
ミドルサクセス	二段目のパラシュートを開き、着地後に切り離す	7.7 / 7.7

フルサクセス	一段パラシュートで着地した場合のゴールからの予測距離に対し て2割減の距離に着地する	11.8 / 11.8
アドバンストサクセス	一段パラシュートで着地した場合のゴールからの予測距離に対し て3割減の距離に着地する	13.8 / 13.8
		点数 13.8 / 13.8

二段目までパラシュート展開し、ゴールから約 810m 地点に落下することが出来た。一段目の落下速度は約 10m/秒で、二段目の落下速度は約 2.9m/秒である。キャリア放出時の最大高度の見積もりは約 2961m であったのに対し、二段目パラシュートの落下速度から、もし流される速度が同じならば、計算上1021秒でローバーは落下するはずであるのに対し、実際は約 720 秒で落下しているため、このことから予測距離に対し、約 30%減の距離に着地出来たことが算出された。

ミッション：轍対策に特化した自律制御

ミニマムサクセス	轍回避率向上のため一時停止せず、進路変更する	— / 5.9
ミドルサクセス	直進性自動調整をして走行する	2.9 / 10.0
フルサクセス	センサを用いて轍判定をする	6.1 / 13.2
アドバンストサクセス	轍判定のデータを基に轍脱出するプログラムを実行する	— / 16.7
		点数 6.1 / 16.7

轍から実際に抜け出すことは出来なかったが、GPS データから轍判定を行い、走行開始命令時に左 62, 右 55 だったレシオが、最終的に左 66 右 60 までモータートルクを増大させていたことから、轍を抜けるためのプログラムとして、自動レシオ調整を実施していたことがわかった。なお、ARLISS 事前現場検証では、上述したように全てのミッションを達成することが出来た。

【今後の課題・感想】

今年には轍対策のために前述したような様々なソフトとハードの両面から工夫も行ってきたが、轍に車体が乗ってしまった場合は動き出すことが出来なかったため、根本的な対策として車輪系を大きくすることが大事だと感じた。また、モータのトルクが向上し、轍踏破性があがったがローバが跳ね過ぎてしまいナビゲーションが困難になっていたため、荒れた地面でも車体が安定するようなスタビライザーの形状追及や、ソフトウェア面のアプローチとして轍が多いところでは跳ね過ぎないようにスピードを抑え、平面の多いところではモータのスピードを上げるような制御をする等が今後の課題として考えられる。

しかしながら、今年の結果としてカムバックコンペティションで優勝をすることが出来たことは、私達の大きな自信となり、これまでの様々な苦勞が報われたと感じた。ソフトウ

エア系の研究室にも関わらず不慣れなハード面の製作を試行錯誤してきたことや、今年から Bluetooth による PDA と H8 のハンドシェイクを新規に取り入れたこともあり、振動実験も去年までの 4 倍行ったこと等、苦勞したことも多くあったが、それらの積み重ねがこの結果に結びついたのでと思う。

今年の反省点は全て来年の開発で克服し、来年こそゴールをして優勝を飾りたいと思う。