

1. はじめに

本制御レポートはキャリアへの搭載からゴールまでの過程で得られたログをまとめ、ゴールが偶発的ではないものを証明するレポートである。レポート中の表やグラフは取得したログから一部抜粋したものである。また取得したログ（生データ）も添付する（「第2射 取得ログ.xlsx」）。

2. 本競技におけるローバーの動作の流れ、フェーズ内容

まず本競技におけるローバーの動きのフローチャートを図1に示す。

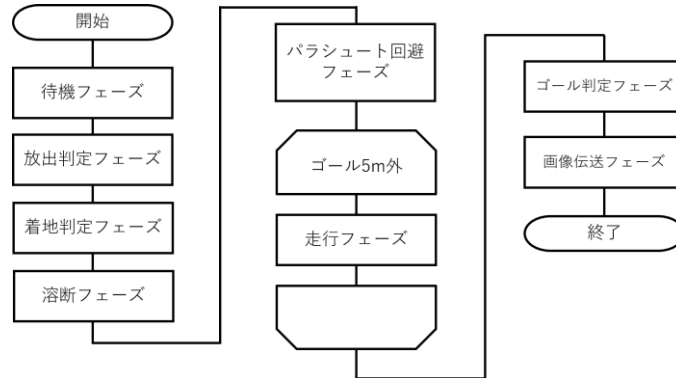


図1 プログラム全体のフローチャート

各フェーズの動作内容は以下の通りである。

- ・待機フェーズ : 初期設定およびキャリアに搭載する間、待機する
- ・放出判定フェーズ : ロケット打ち上げ後、空中に放出されたかどうかを判定する
- ・着地フェーズ : 放出後、着地したかどうかを判定する
- ・溶断フェーズ : 着地後、テグスを溶断しローバーをパラシュートから分離する
- ・パラシュート回避フェーズ : パラシュートに絡まらないようにパラシュートを回避する
- ・走行フェーズ : GPS データを参照してゴール 5m 付近まで走行する
※走行中も 3分に1回の間隔で画像伝送を行う
- ・ゴール判定フェーズ : 画像認識によりゴールに近づき 0m ゴールを達成する
- ・画像伝送フェーズ : 画像を伝送する（ミッション）

各フェーズが開始するとローバーはフェーズ名とその開始時間をログに保存する。フェーズ開始時間を保存したログを表1に示す。

表1 各フェーズの開始時間

番号	フェーズ名	経過時間 [s]
1	Program Started	2.550137997
2	Sleep Phase Started	2.691978931
3	Release Phase Started	905.7176502
4	Landing Phase Started	1103.305644
5	Melting Phase Started	1808.775518
6	ParaAvoidance Phase Started	2134.792632
7	Running Phase Started	2363.429487
8	GoalDetection Phase Started	5316.131147
9	Sending Photo Phase Started	5405.374357

以降、判定・制御が必要とされるフェーズ（放出、着地、パラシュート回避、走行、ゴール判定フェーズ）のログおよび判定・制御履歴の解析結果を報告する。

3. 放出、着地判定フェーズ

放出および着地は気圧センサを用いて判定を行った。気圧が上昇したら落下、放出と見なし、その後、気圧変化が見られなくなったとき着地と見なす。図2に放出、着地判定中の気圧変化を示す。

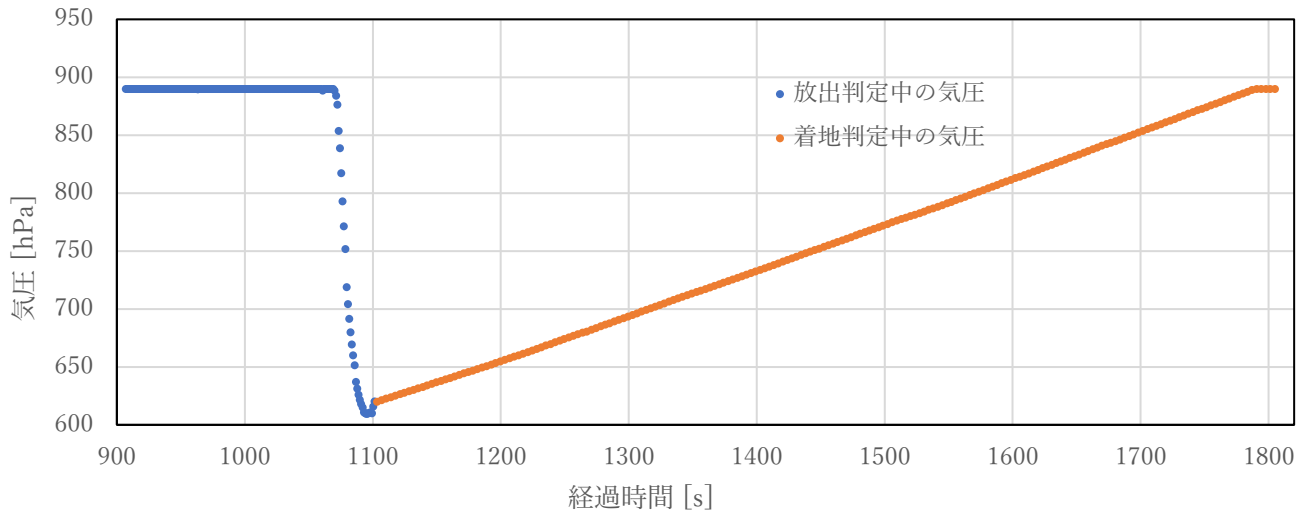


図2 放出、着地判定中の気圧変化

図2より1100秒あたりで気圧が上昇し始め、放出されていることが分かる。また1800秒あたりで気圧変化がなくなり着地していることが分かる。表1より放出判定終了後は約1103秒で着地判定フェーズに、着地判定終了後は約1808秒で溶断フェーズに移行し、次のフェーズが始まっていることから、表1、図2を比較すれば、正常に放出・着地判定を行えたことが分かる。

4. パラシュート回避フェーズ

分離機構から分離後、パラシュートが付近にあり絡まる危険性があるためパラシュート回避を行った。画像処理によりパラシュートの有無を確認し、パラシュートが存在しなければ前進、存在すれば後進するように制御する。表2にパラシュート回避時のログを一部抜粋したものを、図3、4にパラシュート回避に使用した画像を示す。なおパラシュート回避は2回続けて行った。

表2 パラシュート回避のログ

経過時間	使用写真	パラシュート有無	パラシュートエリア
2134.935713	ParaAvoidance Start		
2153.023127	/home/pi/photo/photo0060.jpg	0	0
2165.425178	/home/pi/photo/photo0061.jpg	0	0
2165.428332	ParaAvoidance Finished		

※「パラシュート有無」：[1, パラシュート有り]、[0, パラシュート無し]



図3 画像/home/pi/photo/photo0060.jpg



図4 画像/home/pi/photo/photo0061.jpg

表2と図2、3を比較するとパラシュートがないことを正常に確認できたことが分かる。

5. 走行フェーズ

走行フェーズでは、ローバーが向いている角度とゴールが存在する角度の差（相対角度）がゼロになるようにモータを制御した。走行フェーズの約4244秒～約4324秒あたりを抜粋した相対角度を図5に示す。

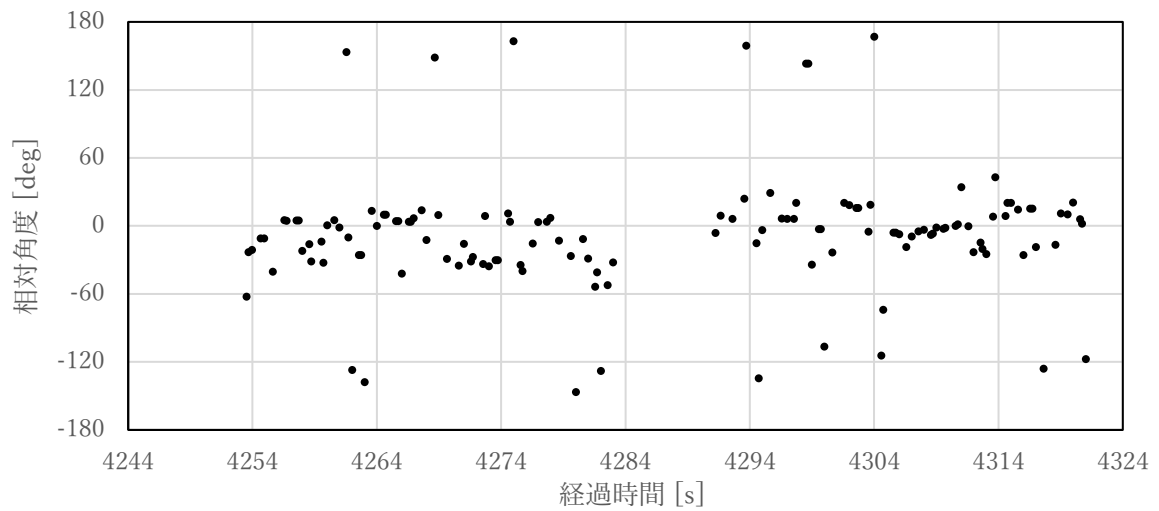


図5 ローバーが向く角度とゴールがある角度の相対角度
(一部プロットされていない部分は、画像を撮影していた時間)

図5の相対角度を基にローバーの回転成分を求めたものを図6に示す。

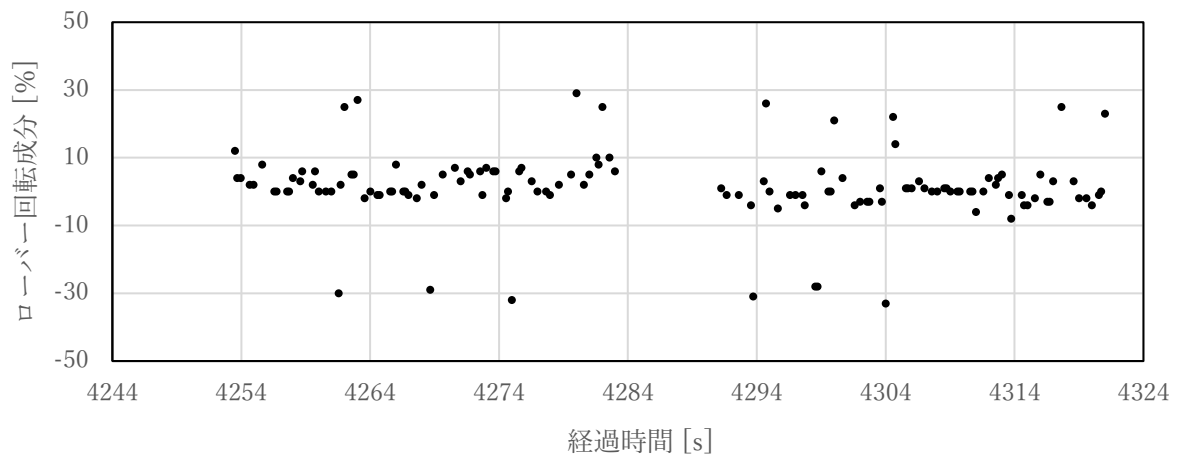


図6 ローバーの回転成分

図 5、6 を比較すると縦軸がゼロの線を境に上下対象となっており、相対角度がゼロになるようにローバーを回転させていたことが分かる。ローバーの前進成分（左モータ：70%、右モータ：70%）に図 6 に示すような回転成分を加えることで図 7 に示すようなモータへの制御入力を得られる。

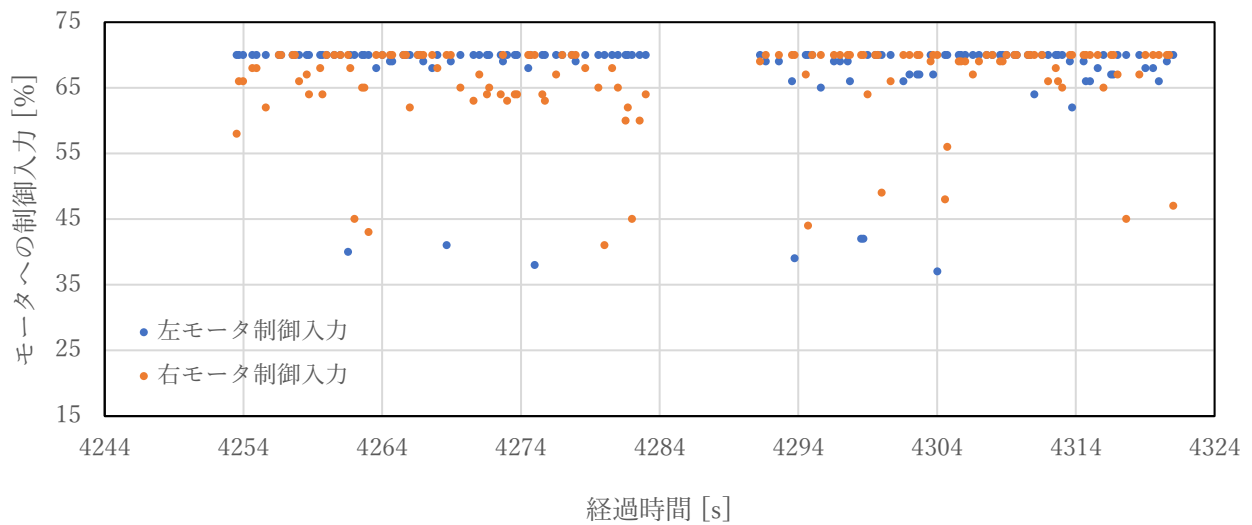


図 7 モータへの制御入力

上述のように制御入力を計算しモータを動かすことでローバーは図 8 に示すような経路で移動した。

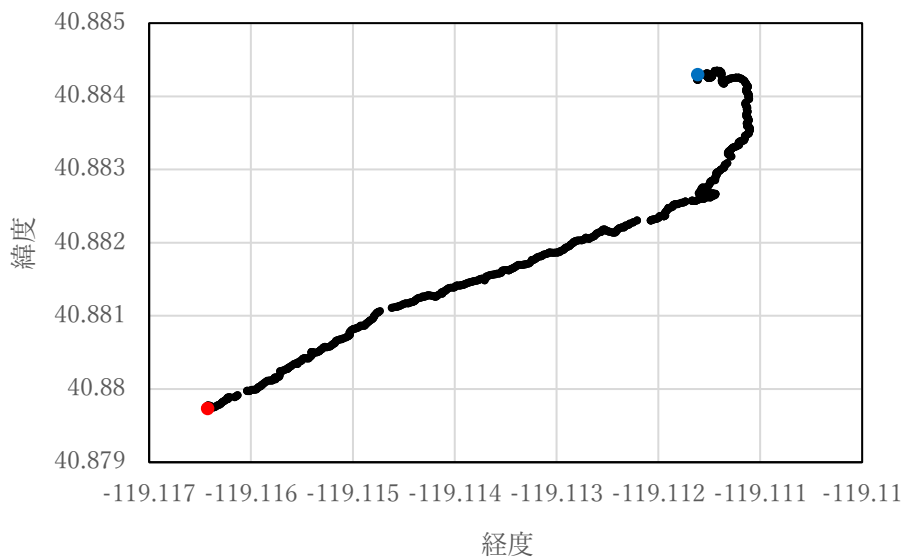


図 8 ローバーの移動経路 (赤点：走行開始地点、青点：ゴール)

4244 秒～4324 秒は図 8 における(緯度 40.882055, 経度-119.11268)～(緯度 40.882558, 経度-119.111735)の範囲である。図 7 ではモータ出力は左右どちらも大方 60%以上であり前方へ進んでいたことが分かる。図 8 の移動経路からも該当部分は前方に進んでいたことを確認できることから、制御入力通りにローバーが動いていることが分かる。

上述のようにモータへの制御入力を計算しモータを動作させることで、ローバーはゴールに向けて移動した。

6. ゴール判定フェーズ

走行によりゴール付近 5m に入った後、画像認識によりゴール接近を行った。ゴール判定では画像を撮影

しゴールが存在すれば位置（左、右、真ん中）を確認し、ゴールが真ん中に来るように前方へ移動する。もしゴールが存在しなければ 30 度ほど左回転する。ローバーがゴールに十分近づき、撮影した画像の 15.6%（76800 ピクセル中 12600 ピクセル以上）が赤色であった場合、「0 m ゴールした」と判定する。ゴール判定フェーズのログを表 3 に示す。またゴール判定に使用した写真を図 9~15 に示す。

表 3 ゴール判定時のログ

経過時間	ゴール有無	ゴール面積	ゴール位置	使用写真名
5326.721824	-1	0	-1	/home/pi/photo/photo0084.jpg
5337.795621	1	126	-84	/home/pi/photo/photo0085.jpg
5348.83233	1	277	-40.5	/home/pi/photo/photo0086.jpg
5359.782045	1	1110.5	-113	/home/pi/photo/photo0087.jpg
5370.850353	1	4206.5	-20.5	/home/pi/photo/photo0088.jpg
5381.573008	0	67091	0	/home/pi/photo/photo0089.jpg
5392.317088	0	76241	0	/home/pi/photo/photo0090.jpg

※ゴール有無：[-1, ゴールなし]、[1, 左側にゴールあり]、[2, 右側にゴールあり]、[0, ゴール目の前]

ゴール面積：画像内に存在するゴールのピクセル数

ゴール位置：画像の中心と画像内のゴールの中心との差（右方向が正）



図 9 画像/home/pi/photo/photo0084.jpg



図 10 画像/home/pi/photo/photo0085.jpg



図 11 画像/home/pi/photo/photo0086.jpg



図 12 画像/home/pi/photo/photo0087.jpg



図 13 画像/home/pi/photo/photo0088.jpg



図 14 画像/home/pi/photo/photo0089.jpg



図 15 画像/home/pi/photo/photo0090.jpg

上記の写真で画像処理を行った結果の一部を図 16 に示す。ローバーに搭載したマイコンでは解析結果を画像で表示できなかったため、競技終了後パソコンを用いて解析した。解析結果は表 3 のものと一致している。

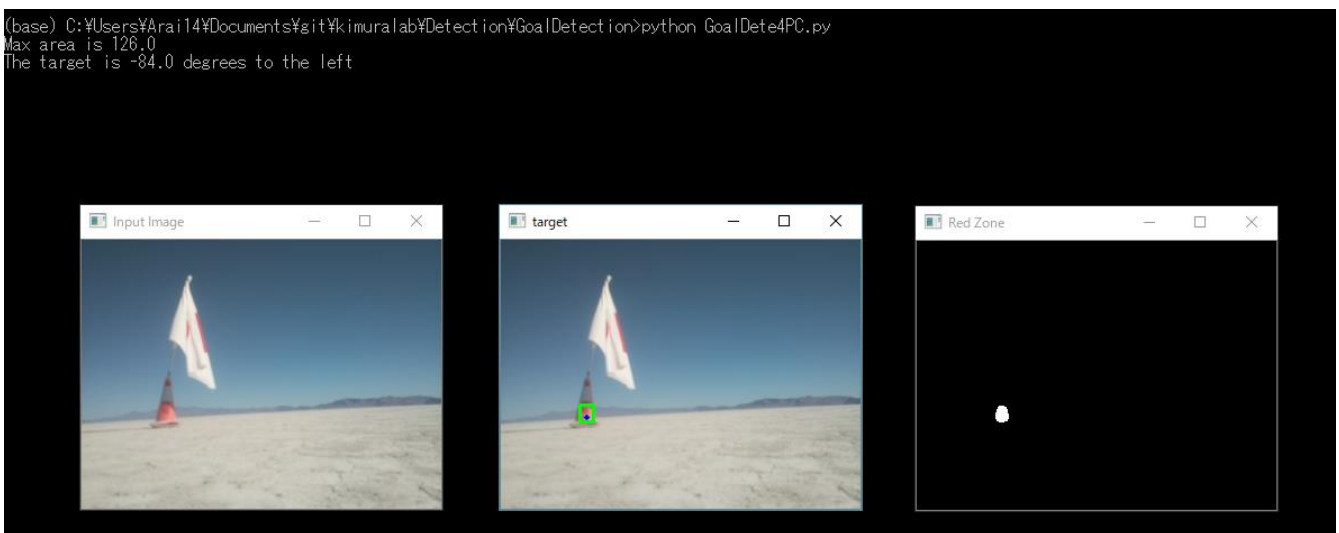


図 16 ゴール判定の画像解析結果 (図 11, /home/pi/photo/photo0085.jpg の画像を解析)

※上図内の画像は左から「元の画像」「ターゲット」「赤い領域の最大領域」

ログと画像から実際行った動作を説明すると、最初に撮影した画像 (図 9) にはゴールがなかったため左回転したところ、図 10 のような画像が撮影された。図 10 では左側にゴールがあるため左前方に進んだ。撮影・移動を繰り返したことで、最終的には図 15 のような画像が得られ、ゴールに十分接近したと認識、「ゴ

ールした」と判定した。

以上より画像判定によりゴールを認識し位置を修正しながら 0m ゴールができたことを確認できる。

7. まとめ

以上にまとめたような判定、制御によりローバーは 0m ゴールを達成し、またそれが偶発的なものでないことを証明できたと考える。