

大会報告書

東京電機大学

TDU Space Project

目次	ページ数
1 チームについて.....	2
2 CanSat 機体概要	
2.1 ミッションステートメント.....	2
2.2 サクセスクライテリア.....	2
2.3 ミッションシーケンス.....	3
2.4 制作スケジュール.....	4
2.5 システム図.....	5
2.6 機体外観.....	5
2.7 機体構造・仕組み.....	8
2.8 制御アルゴリズム.....	10
2.9 モータの制御方法.....	18
2.10 特に工夫した点・苦勞した点.....	17
3 ARLISS	
3.1 目的.....	18
3.2 結果.....	18
3.3 取得データ.....	18
3.4 原因解析.....	19
4 まとめ.....	20
5 責任教員所感.....	20

2016 年 10 月 12 日

作成者名：大橋 憲悟

1 チームについて

指導教員 氏名 小平和仙

学年	名前	製作担当箇所
B1	大沼 将太	基板の作製、プログラミングの構築
B2	菅沼 彩希	BODY COWLING・WHEEL の作製
B1	大橋 憲悟	DRIVE UNIT 製品の作製

ARLISS 大会への参加を通して、次世代を担うエンジニアになるために必要な技術力や思考力を身に着ける。また、国を超えて世界の大学と交流を行うことで、国内だけでなく広い世界を視野に入れた国際的な活動ができるエンジニアになる。

2 CanSat 機体概要

2.1 ミッションステートメント

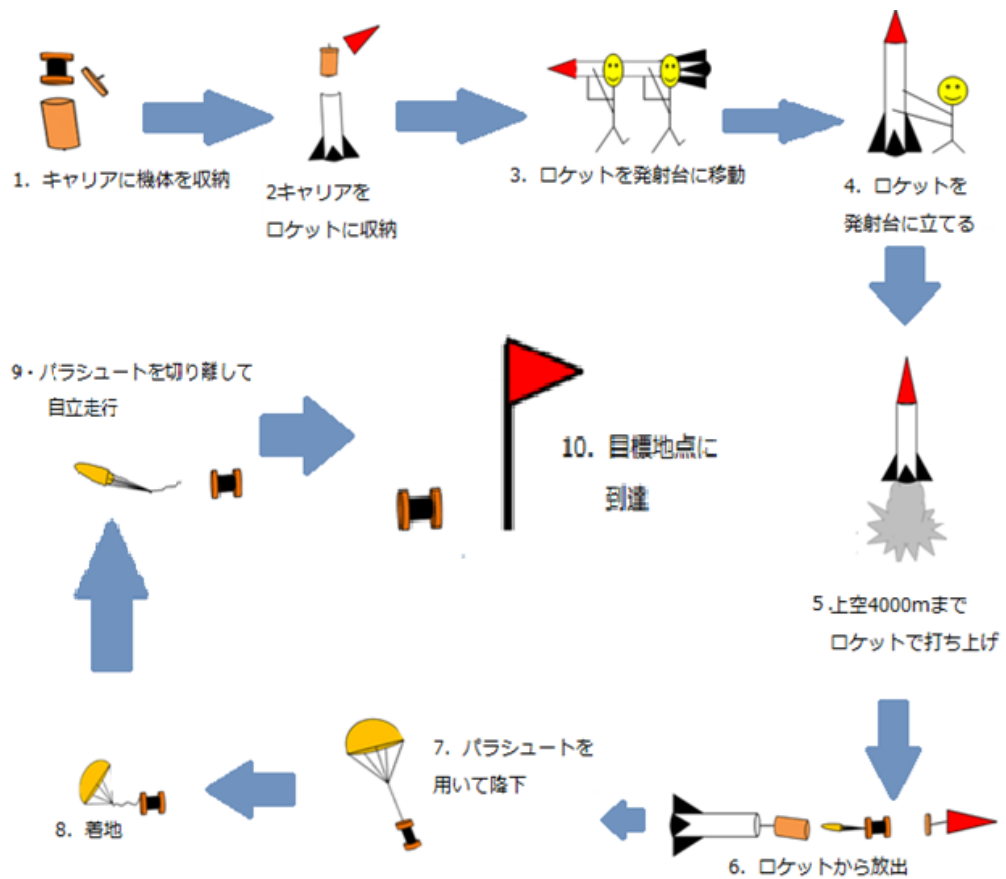
どのチームよりも早くゴールに到達するためには、機体をゴール近くに落とす必要があり、早い速度で降下させ、風に流されないようにした。そのため、着地時の衝撃は大きくなるので、衝撃緩和機構や応力外皮構造を利用して機体にかかる力を小さくした。私たちは、着地衝撃によって機体が損傷せず、どのチームよりも早く到達することで、高い信頼性と正確な制御を獲得する。

ゴールに確実に到達するだけでなく、より高いレベルでゴールに辿りついたかったのでこの目標にした。しかし、過去三年間同じ目標をベースに機体を作り上げているが、一度もゴールに到達していない。前年度の大会では着地衝撃による WHEEL の破損や制御の調整不足があった。なので、今年は衝撃に対する機体の耐久性向上と確実にゴールに到達するための制御の構築に力をいれた。

2.2 サクセスクライテリア

課題	内容
ミニマムサクセス	パラシュートの切り離し
フルサクセス	機体が損傷することなく、目標座標に到達する
アドバンスドサクセス	衝撃値などのデータを確実に記録する

2.3 ミッションシーケンス



2.4 製作スケジュール

チーム内ミーティングの頻度・・・チーム全体で毎日一回（人数が少ないため、班・部署の会議は不必要）

・評価会…大会終了後に引率の先生と遠征メンバー全員で一度行った。

・今後の方針確認…引率しなかった顧問の先生と遠征メンバー全員でこれからの日程とコンセプトの確認を行った。

構想開始・・・2016 年 4 月上旬

設計開始・・・2016 年 7 月下旬

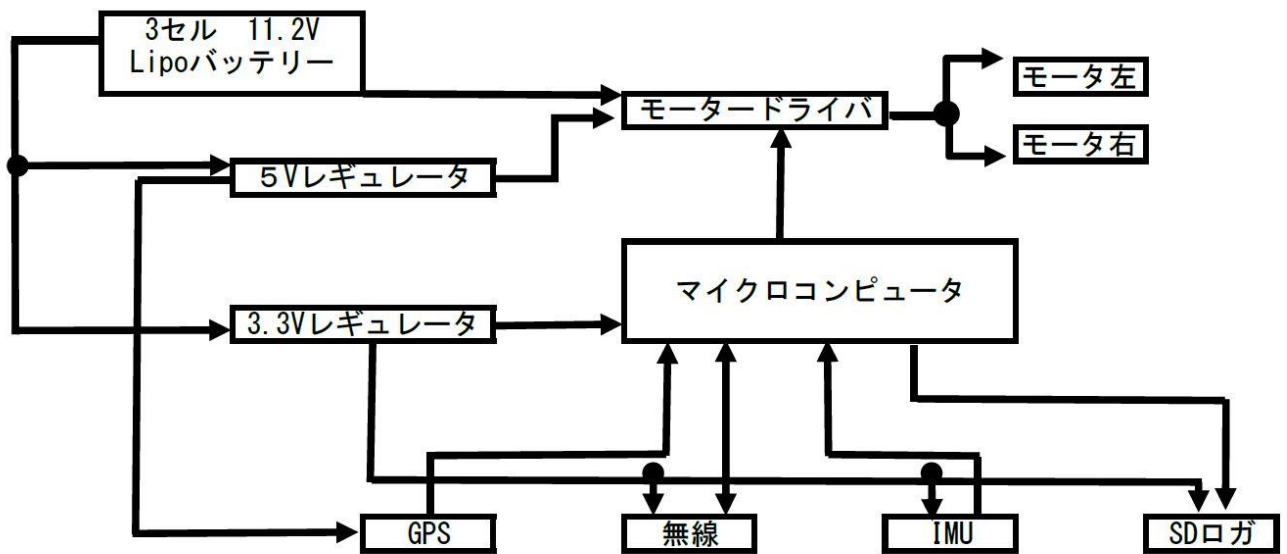
設計開始および設計図完成の時期・・・2015 年 8 月下旬

製作開始および終了時期・・・2015 年 8 月下旬～9 月

最終試験の時期・・・2015 年 9 月

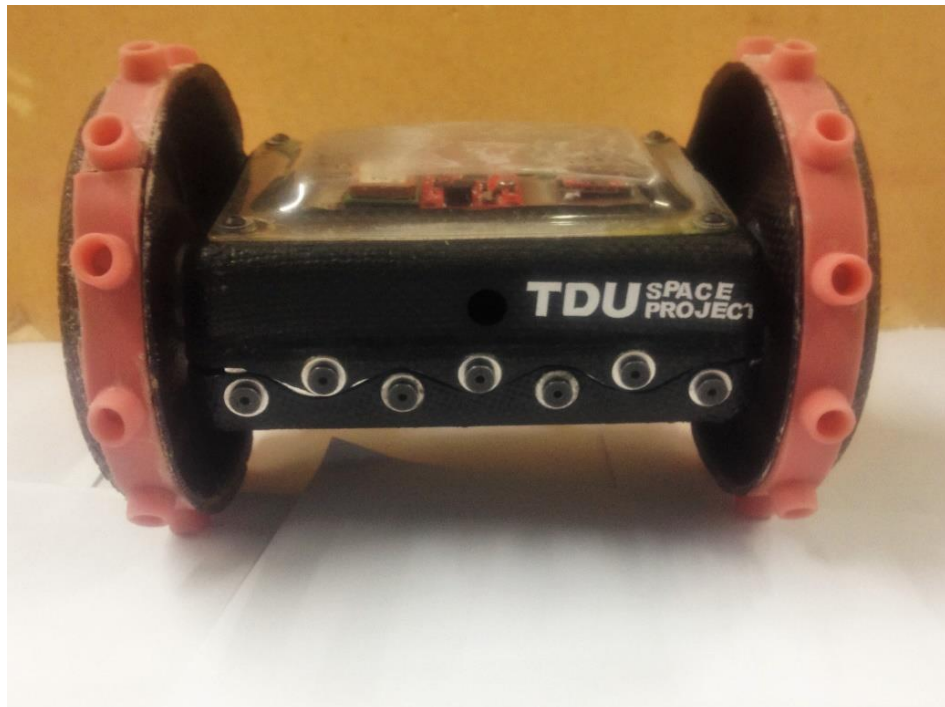
[..¥..¥..¥日程¥大会報告書 製作日程.xlsx](#)

2.5 システム図

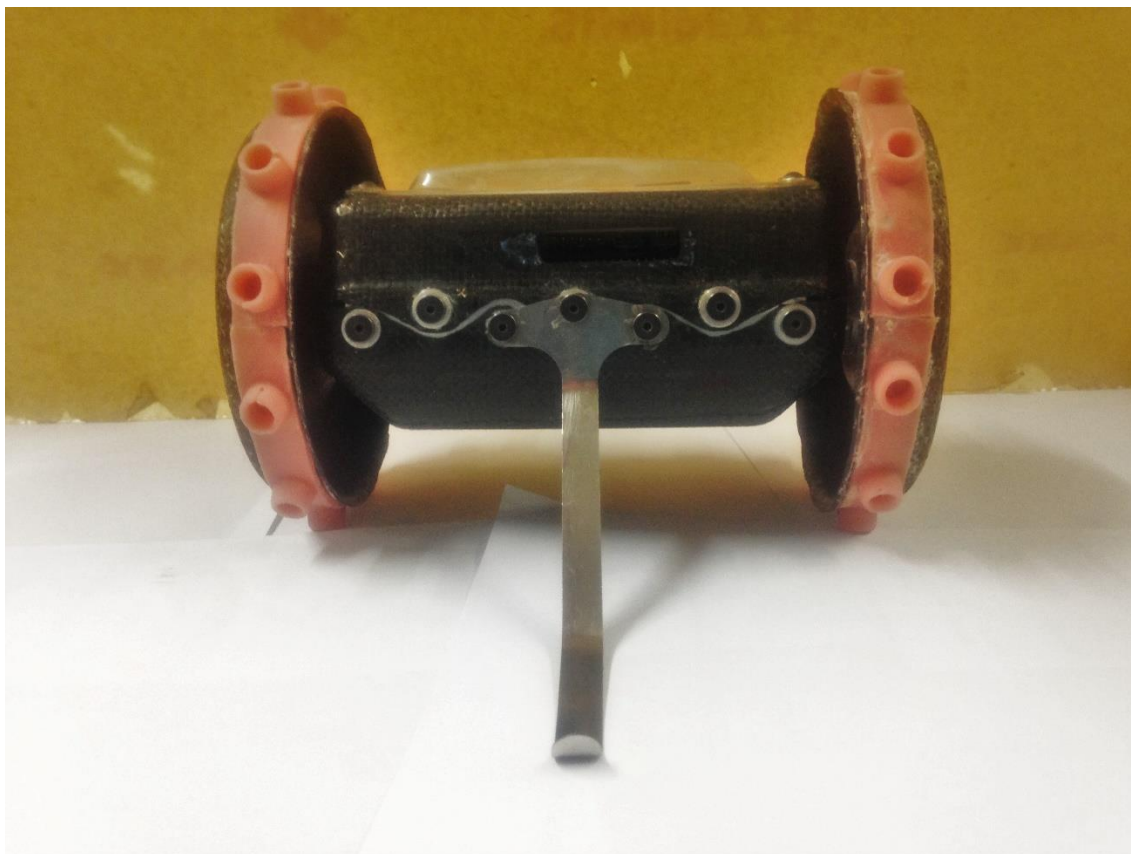


2.6 機体外観

前



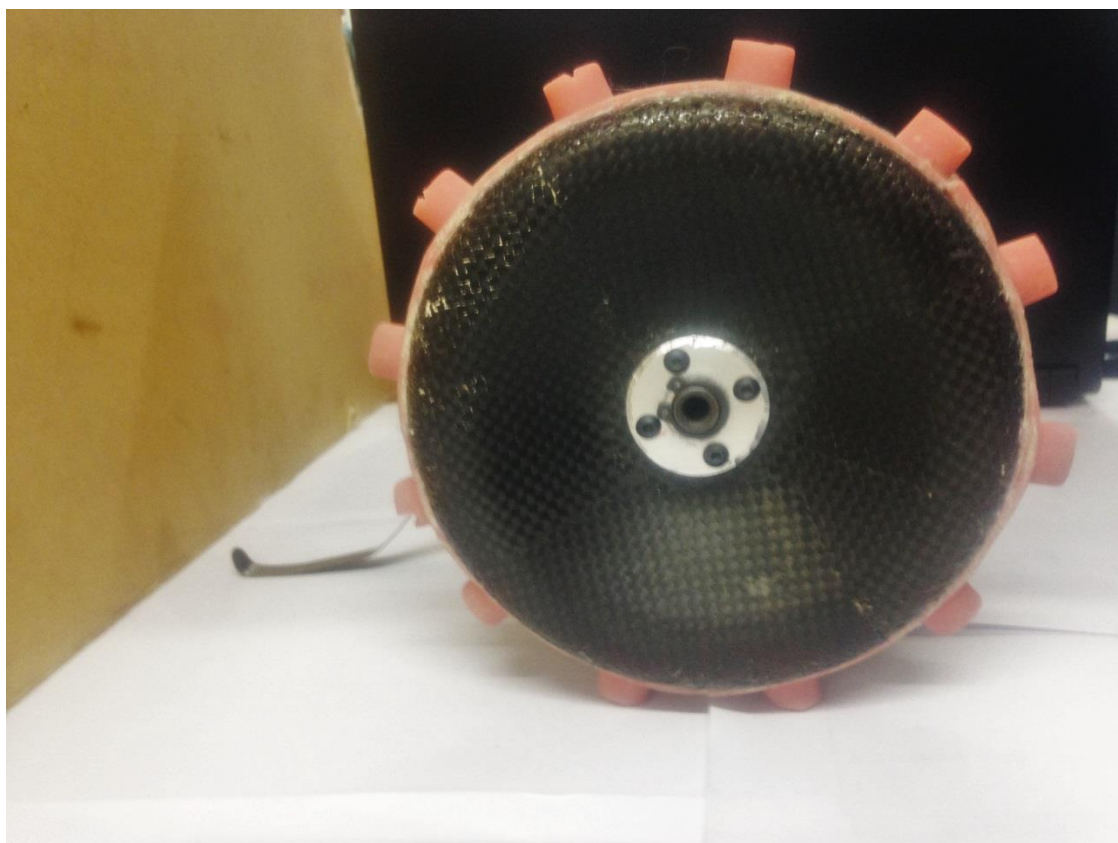
後



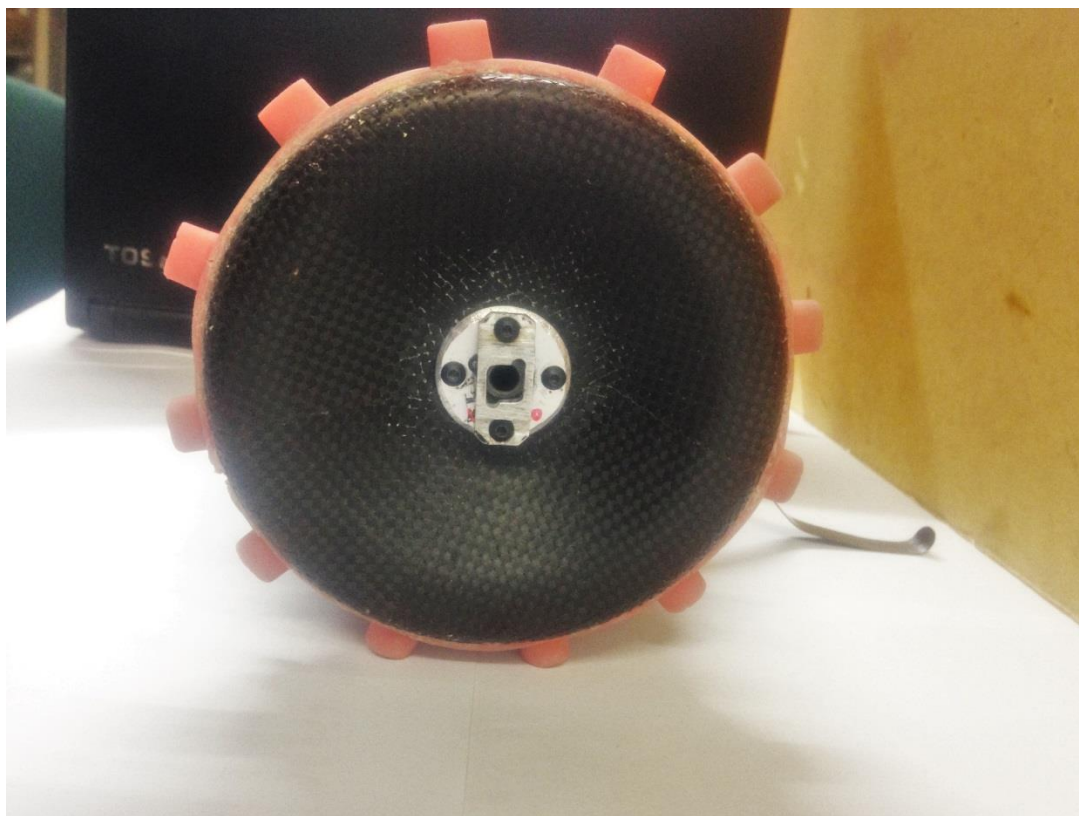
上



右



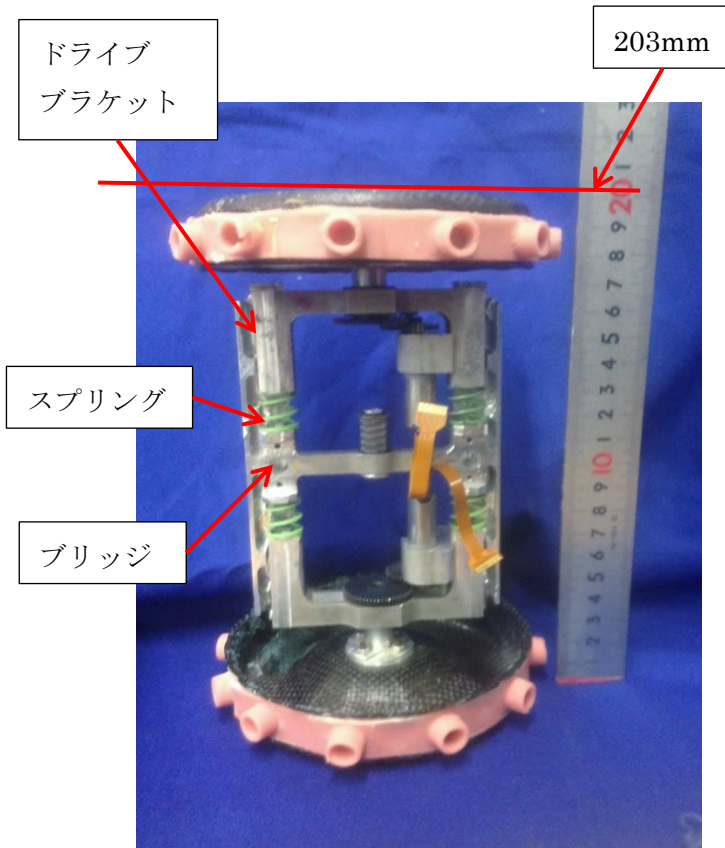
左



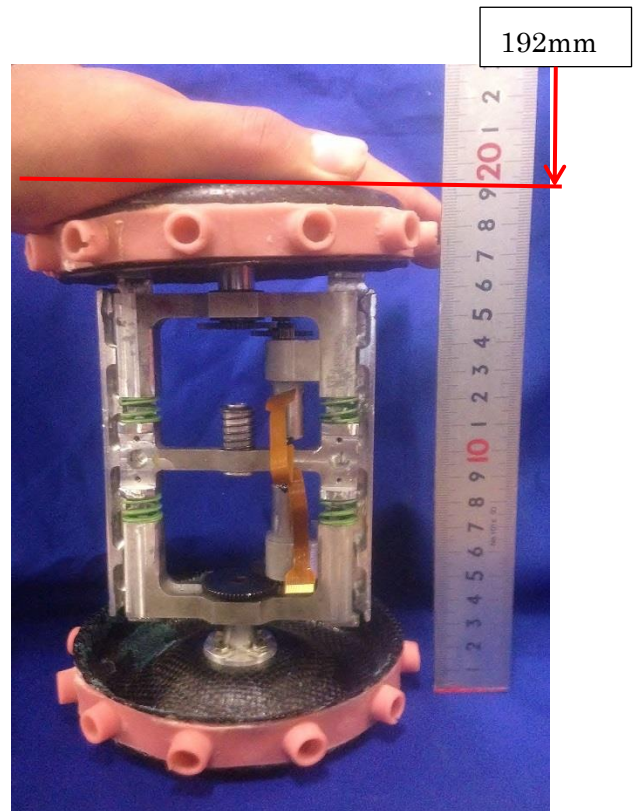
2.7 機体構造・仕組み

・衝撃緩和機構

着地や放出の衝撃から基板やモータの破損を防ぐ為に、ドライブ ブラケットとブリッジの間にスプリングを入れ衝撃を緩和する機構とした。



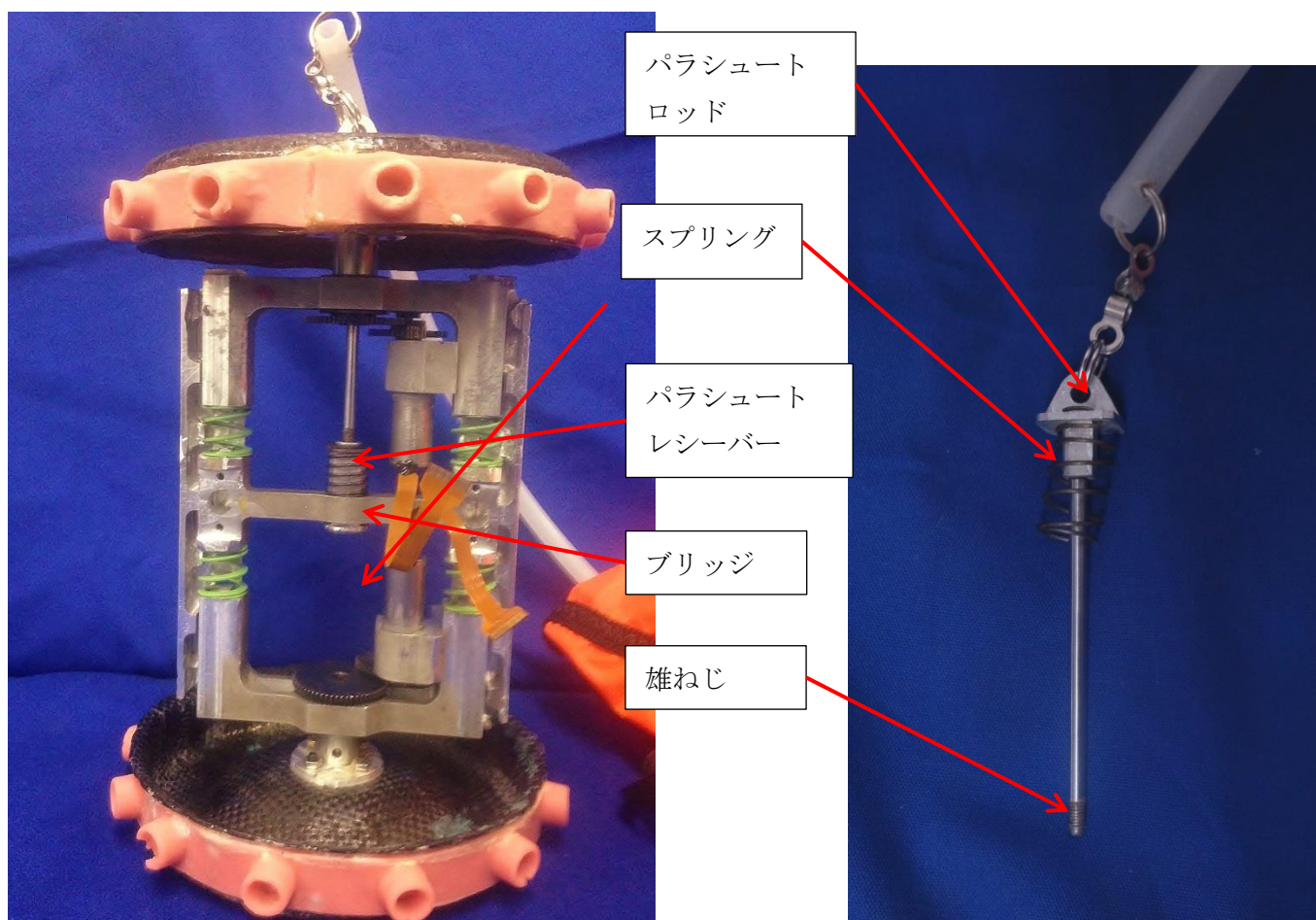
力を加える前の全長（203mm）



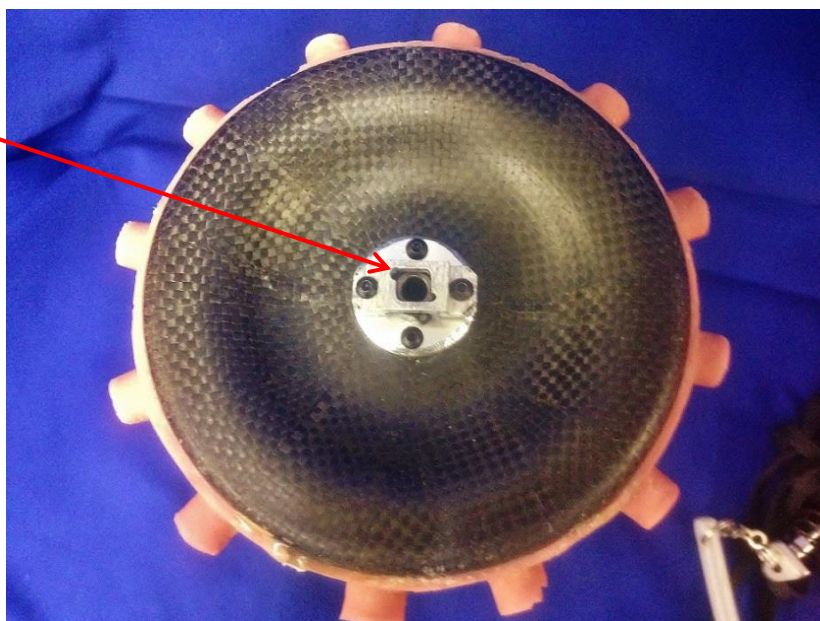
力を加えた後の全長（192mm）

・パラシュート分離機構

ホイールの回転によってパラシュートを分離する機構にした。これによって、分離専用の機構を搭載しないので機体の軽量化に成功した。仕組みは、パラシュートロッドの四角断面部がホイールの四角穴部にはめあい、先端の雄ねじが雌ねじを切ってあるパラシュートレシーバーに挿入されることで、機体に固定される。分離時は、固定時とホイールを逆方向に回転させて、パラシュートロッドについているスプリングによって放出される。



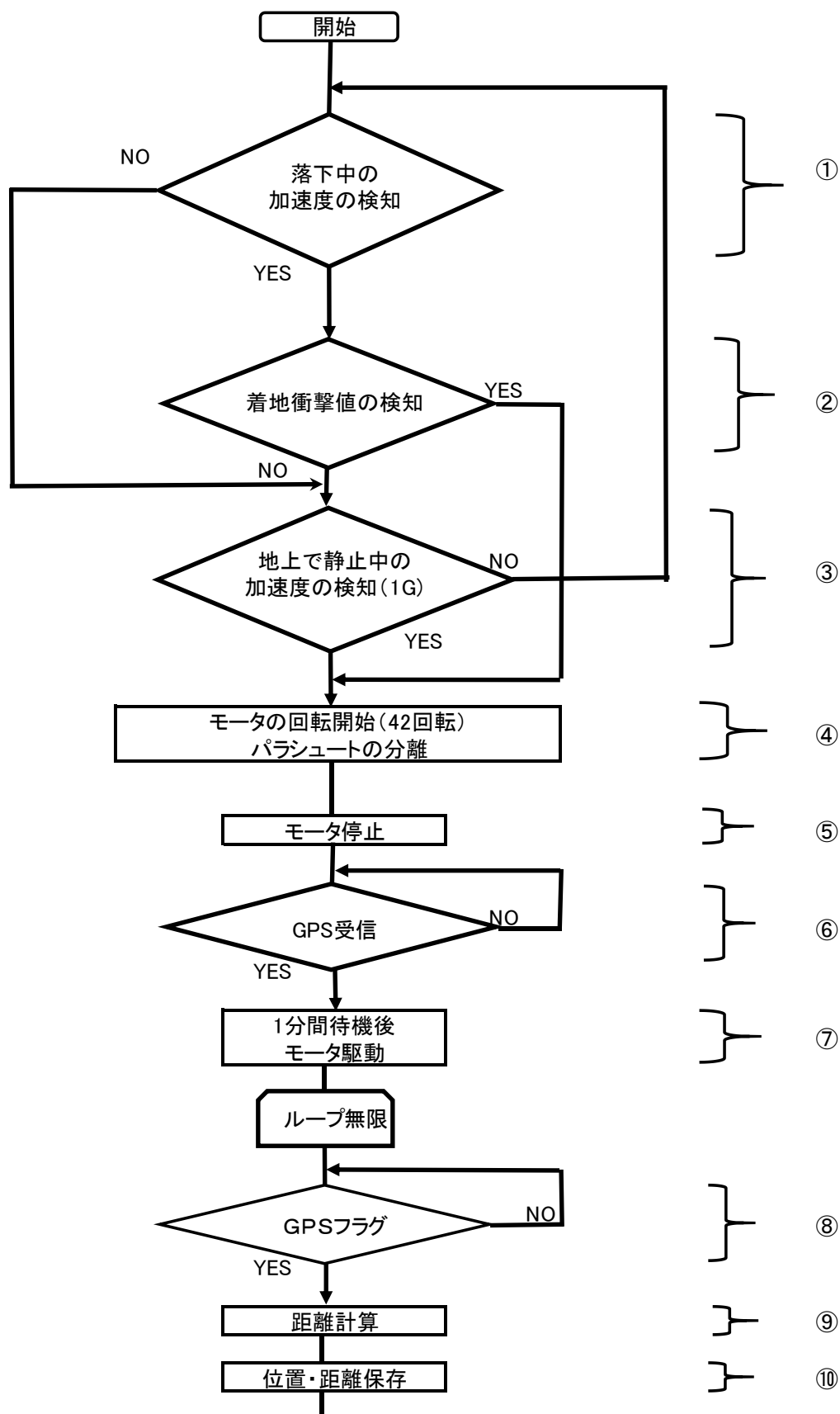
ロックプレート
アウト（四角穴部）

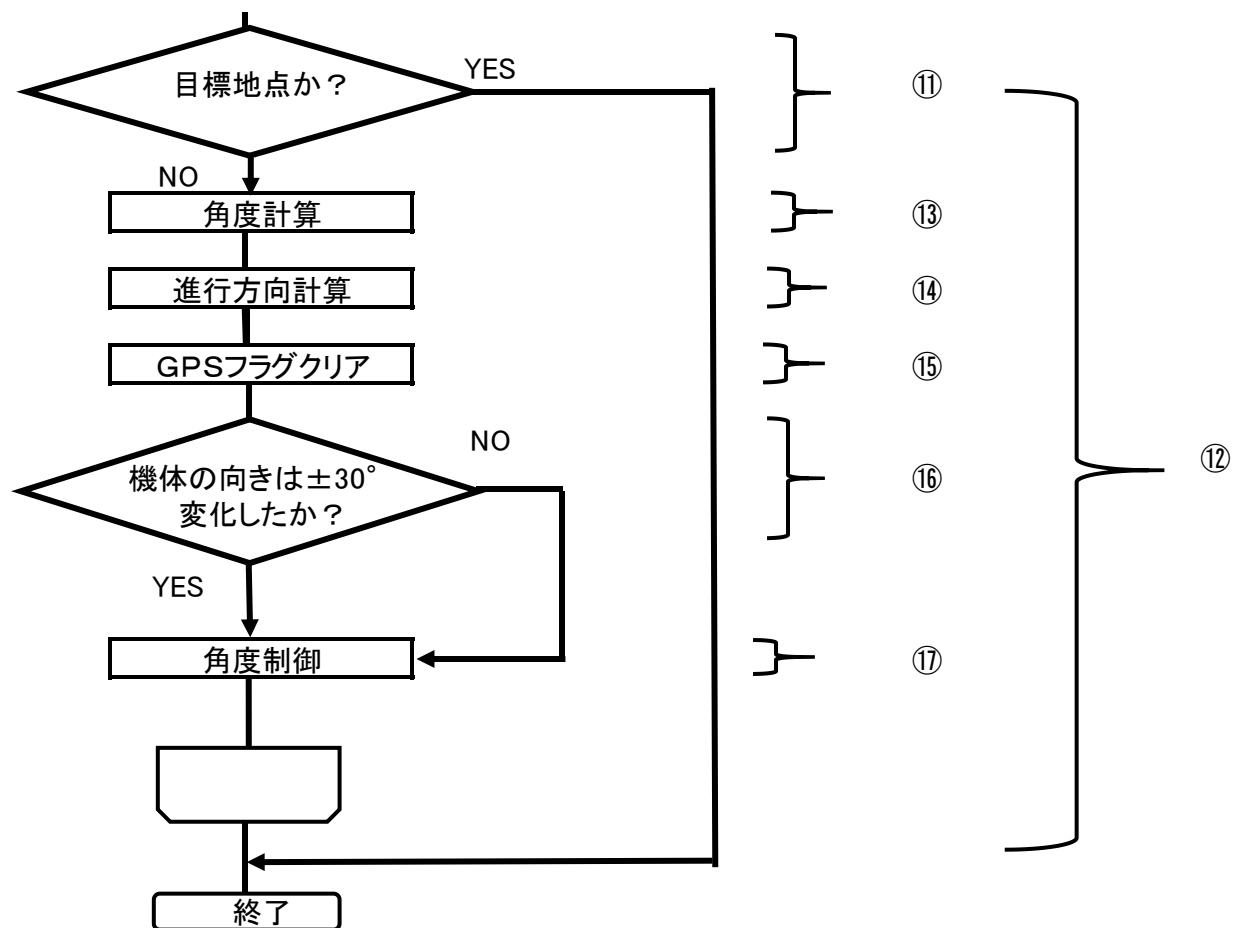


2.8 制御アルゴリズム 全体のアルゴリズム

使用言語:C++

機体がロケットから放出されてからゴールに到達するまでのアルゴリズムを示す。

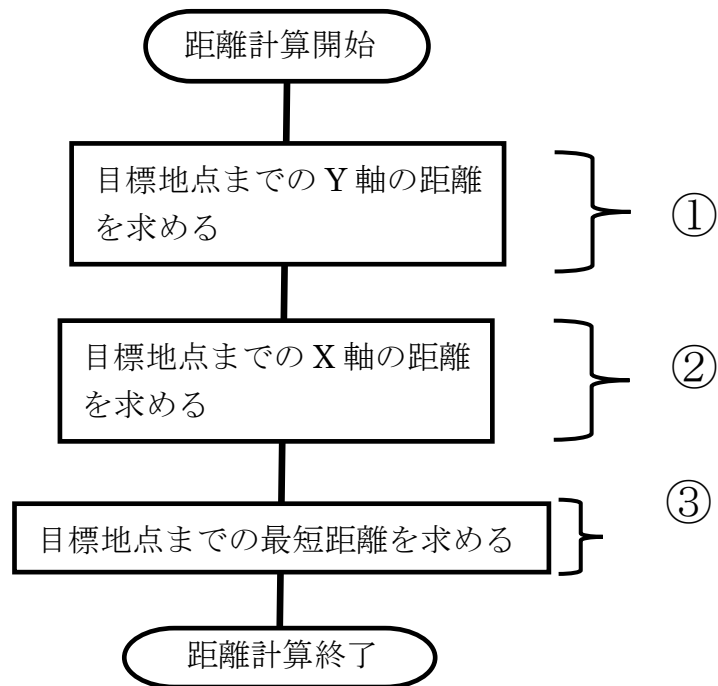




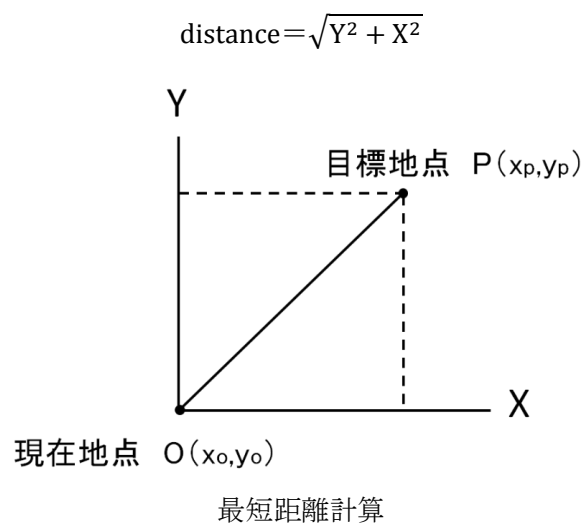
- ① 落下中の加速度の検知
- ② 着地衝撃を検知
- ③ 地上で静止していることを確認するために1Gの加速度を検知する。
- ④ パラシュートを分離するためにモータを回転させる（42回転）
- ⑤ GPS座標を取得するために停止させる
- ⑥ GPS座標を受信するまで待つ。
- ⑦ 受信し始めて1分間はGPSモジュールがGPS衛星をとらえきれず、データの誤差が大きいため、データの値が落ち着いてからモータを駆動させてメインループに入る。
- ⑧ GPSのデータは20秒に一回受信するので、最新のデータになるように受信待ちをする。
- ⑨ 距離計算の関数に入る。GPS座標から目標地点までの最短距離を計算する。
- ⑩ 機体が現在どの位置にいるか、目標地点とどのくらい離れているのかをSDカードに保存する。
- ⑪ 現在地点が目標地点かどうか判断する。目標地点でなければ⑬の処理へ移り、目標地点であれば無限ループを抜けだし、プログラムを終了する。
- ⑬ 角度計算の関数に入る。目標地点までの最短経路から何度外れているかを計算する。
- ⑭ 進行方向計算の関数に入る。目標地点へ向かっているのかを確認するため、現在位置のGPS座標のX軸・Y軸がそれぞれ目標地点座標に近づいているかどうかを計算する。
- ⑮ 最新の情報を取得するためGPS受信フラグをクリアする。
- ⑯ 小石などに引っ掛かり進行方向が±30°変化してしまった場合、⑭の処理に入る。
- ⑰ 角度制御の関数に入る。変化した角度分モータ制御を行う。

距離計算アルゴリズム

距離計算関数のフローチャートを示す。以下に詳細なアルゴリズムの説明を記す。

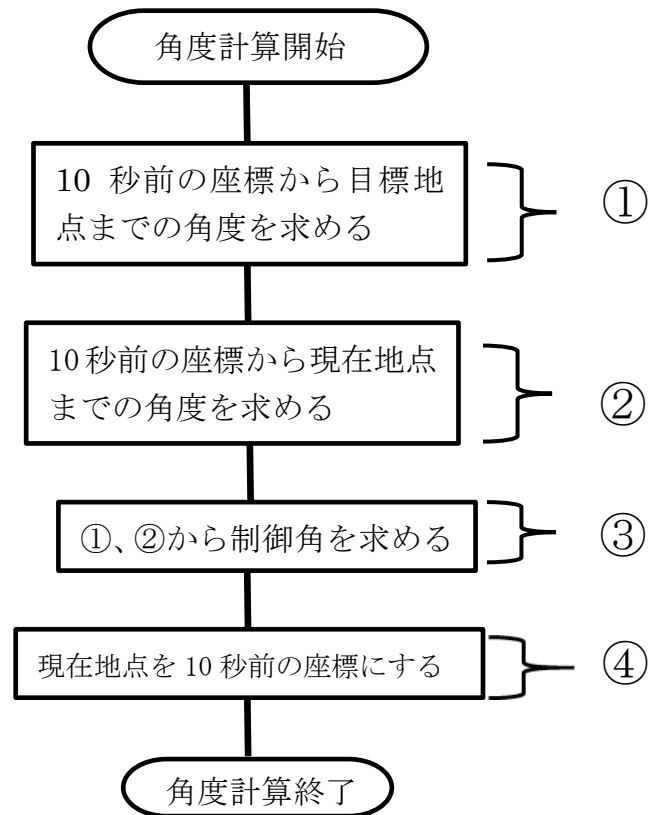


- ① 目標地点の Y 座標と現在地点の Y 座標の差を求め、緯度 1 度あたりの距離をかけることで Y 軸の目標地点までの距離を算出する。
- ② ①と同様に差を求め、経度 1 度あたりの距離をかけて X 軸の目標地点までの距離を算出する。
- ③ ①と②で算出した値を用いて最短距離を求めます。



角度計算アルゴリズム

角度計算関数のフローチャートを示す。以下に詳細なアルゴリズムの説明を記す。



① 10 秒前の座標から目標地点までの角度を求める。

$$\text{goal_deg} = \tan^{-1} \left(\frac{x_p - x_o}{y_p - y_o} \right)$$

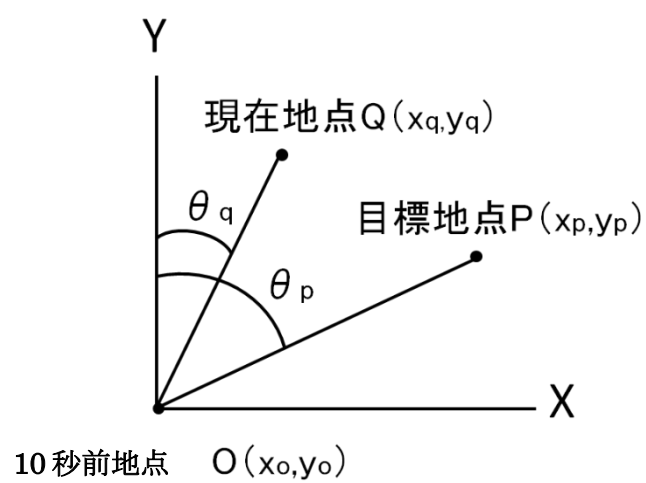
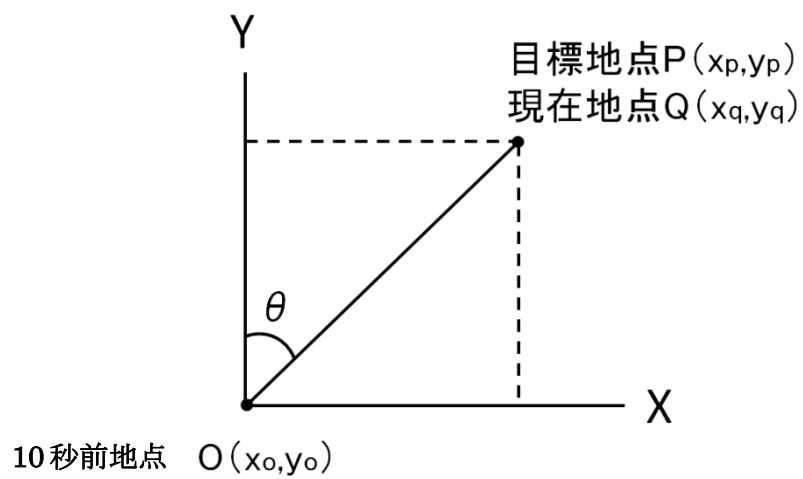
② 10 秒前の座標から現在地点までの角度を求める。

$$\text{now_deg} = \tan^{-1} \left(\frac{x_q - x_o}{y_q - y_o} \right)$$

③ 進行方向の正面に目標地点があるためには、何度旋回すればよいのか、①、②で求めた値から求める。

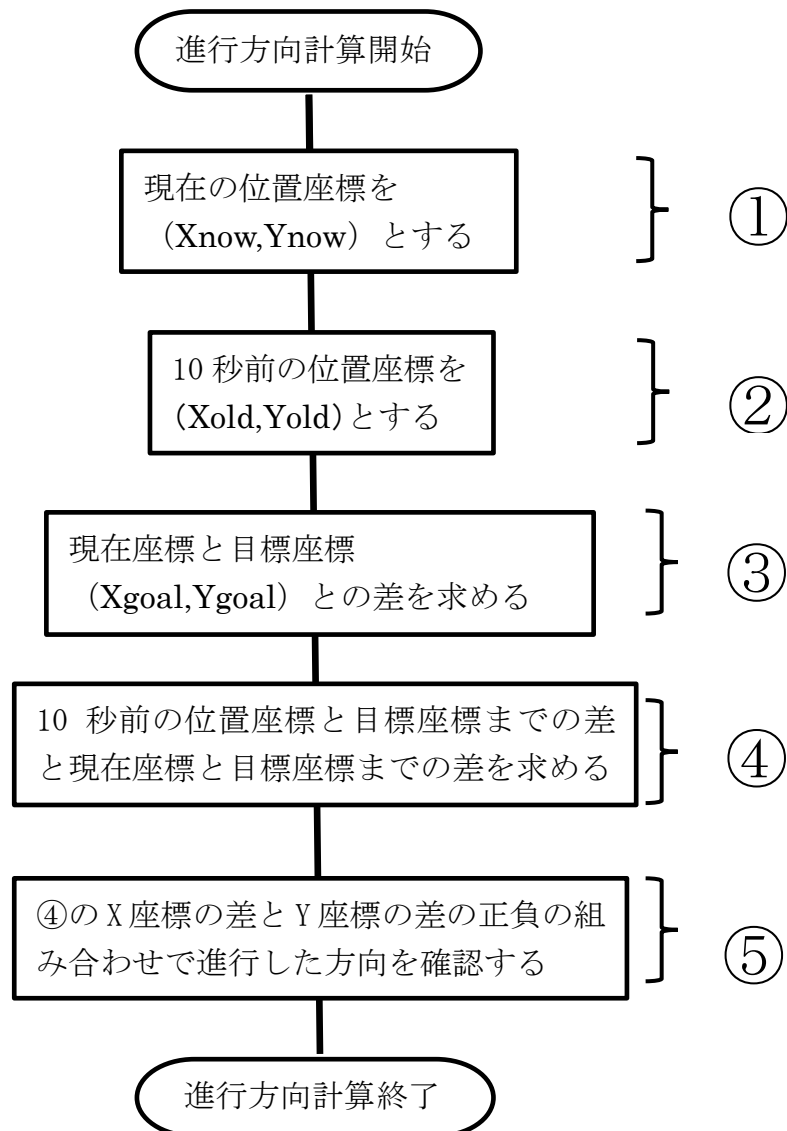
$$\text{control_deg} = \text{goal_deg} - \text{now_deg}$$

④ 現在地点の座標を 10 秒前の座標の変数に代入する。



進行方向計算アルゴリズム

進行方向は 10 秒前の位置座標と目標座標までの差と現在座標と目標座標までの差をくらべることで求める。以下に詳細な説明とフローチャートを示す。



① 現在の位置座標を (Xnow,Ynow) とする。

② 10 秒前の位置座標を (Xold,Yold) とする。

③ 現在の位置座標と目標座標 (Xgoal,Ygoal) までの差を求める。

$$\text{X 座標の目標座標までの差} = \text{Xgoal} - \text{Xnow}$$

$$\text{Y 座標の目標座標までの差} = \text{Ygoal} - \text{Ynow}$$

③' 10 秒前の位置座標と目標座標までの差も同じ方法で求める。

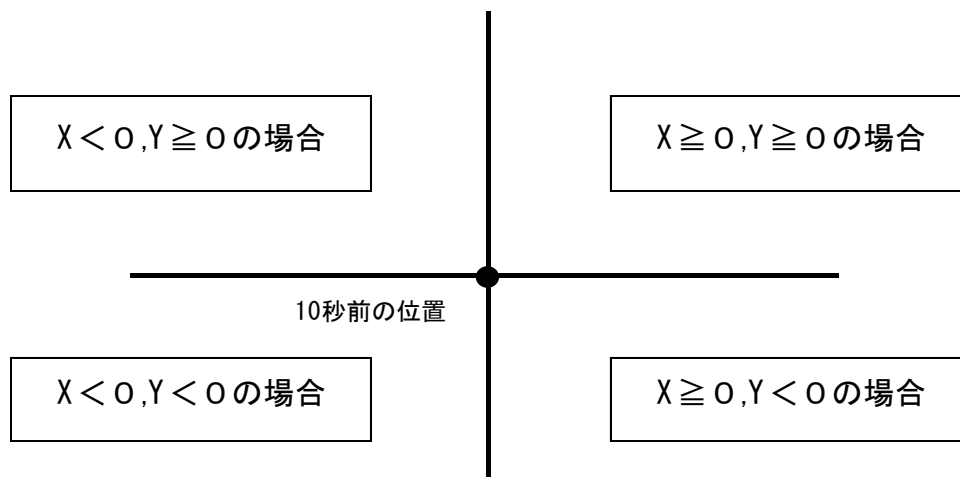
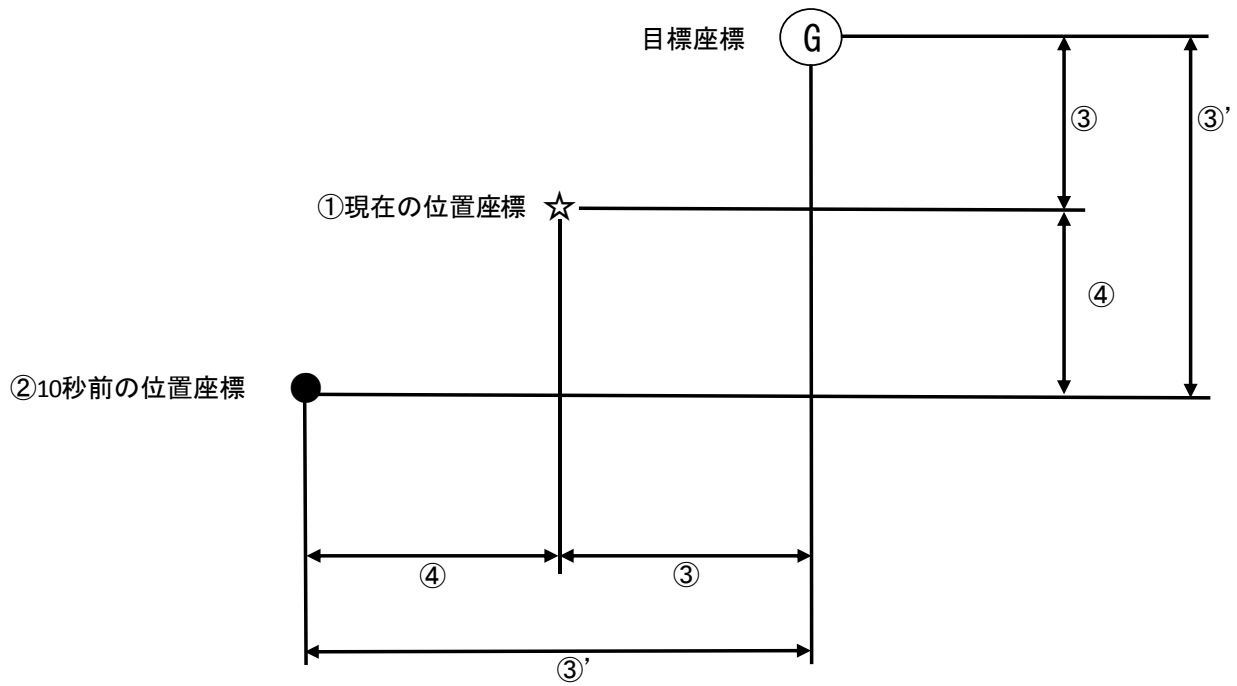
④ ③で求めた目標座標との差を (X₁,Y₁) として、10 秒前の目標座標との差を (X₀,Y₀) として 10 秒前と現在の目標座標との差を求める。

$$\text{X 座標の差} = |\text{X}_0| - |\text{X}_1|$$

$$\text{Y 座標の差} = |\text{Y}_0| - |\text{Y}_1|$$

⑤ ④で求めた X 座標と Y 座標差の正負の組み合わせで現在地からの進行した方向を判断する。

- ⑥ 図に正負の組み合わせによって10秒前からどの方向に進行したかを示す。



X座標,Y座標の正負による進行方向の判断図

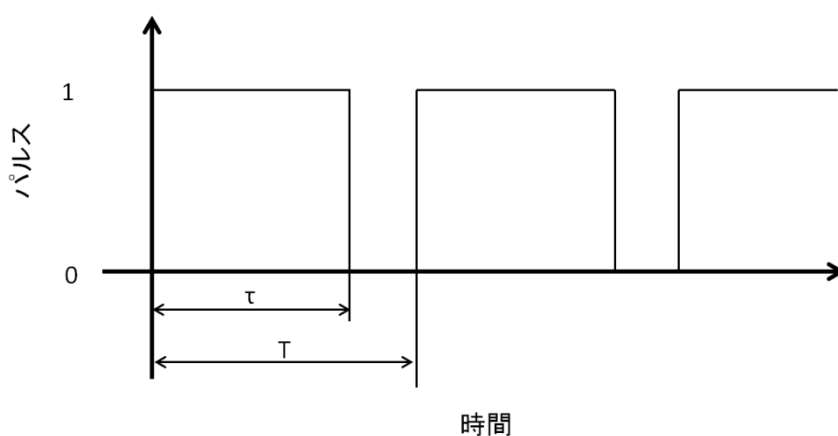
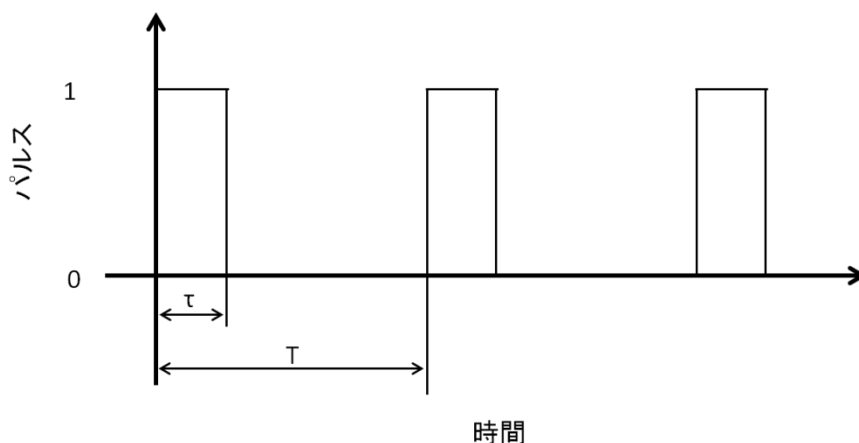
2.9 モータの制御方法

PWM(Pulse Width Modulation)

PWM 制御とは日本語でパルス幅変調制御といい、パルス波の ON 時間・OFF 時間の比(デューティ比)を変えて変調するもの。デューティ比とはパルス波を出したときの周期と ON 状態のパルス幅の比です。デューティ比の式を以下に表します。

図 1、2 のようにパルスの ON 時間の割合を変化させることで、出力の割合を調整することが出来ます。今回はこの PWM 制御を利用し、DC モータの出力を変化させてモータを制御しています。

$$D=\tau/T \quad D: \text{デューティ比} \quad \tau: \text{パルス幅} \quad T: \text{周期}$$



2.10 特に工夫した点・苦労した点

- ・カーボン製品 (BODY COWLING・WHEEL) の型への追従性が悪く、設計通りに作ることが苦労した。
対策として CFRP の型への貼り方を変更した。
- ・ピニオンギアが他のギアと干渉しないように軸に固定するのが難しかった。対策として、従来の接着剤 による固定から、圧入による固定に変えることによって精度を出すことに成功した。
- ・OB の方々の助言や同じ部屋で活動しているフォーミラーSAE プロジェクトの皆様に製作方法の指導を頂いて、より精度の高い機体を作り上げることができた。

3 ARLISS

3.1 目的

機体をゴール近くに落とすために速い速度で落下させた。それによって大きくなった着地衝撃によって機体が損傷せず、どのチームよりも早く到達することで高い信頼性と正確な制御を獲得したい。

3.2 結果

サクセス クライテ リア	パラシュ ート開傘	壊れずに 着地	パラシュ ート分離	走行 開始	10m 以上 制御走行	100m 以上 制御走行	1km 以上 制御走行	ゴール
結果	○	×	×	×	×	×	×	×

[事象]

- ・基板がショートをしたので走行しなかった
- ・駆動機部分のピニオンギアがモータの軸から外れてしまった。そのため、駆動力が WHEEL に伝わらなかった。
- ・BODY COWLING の CFRP が剥離を起こしていた。

[原因]

振動試験によって 25G 以上の衝撃を加えたが、機体には損傷はなかった。また、現地で終端速度が得られる高さから落下試験を行ったが、損傷はなかった。そのため、今回の損傷は打ち上げ時に想定以上の衝撃がかかったと考えられる。考察理由として

- ・ロケット本体が機体を放出したのち、パラシュートが開かずに地面に突き刺さっていた。(衝撃が大きくパラシュート放出機構が故障したと考えられる)
- ・振動試験ではショートしなかった基板が本番だけショートした。

以上の 2 つの理由から、今大会の損傷原因は打ち上げ時の過剰の衝撃だと考えられる。

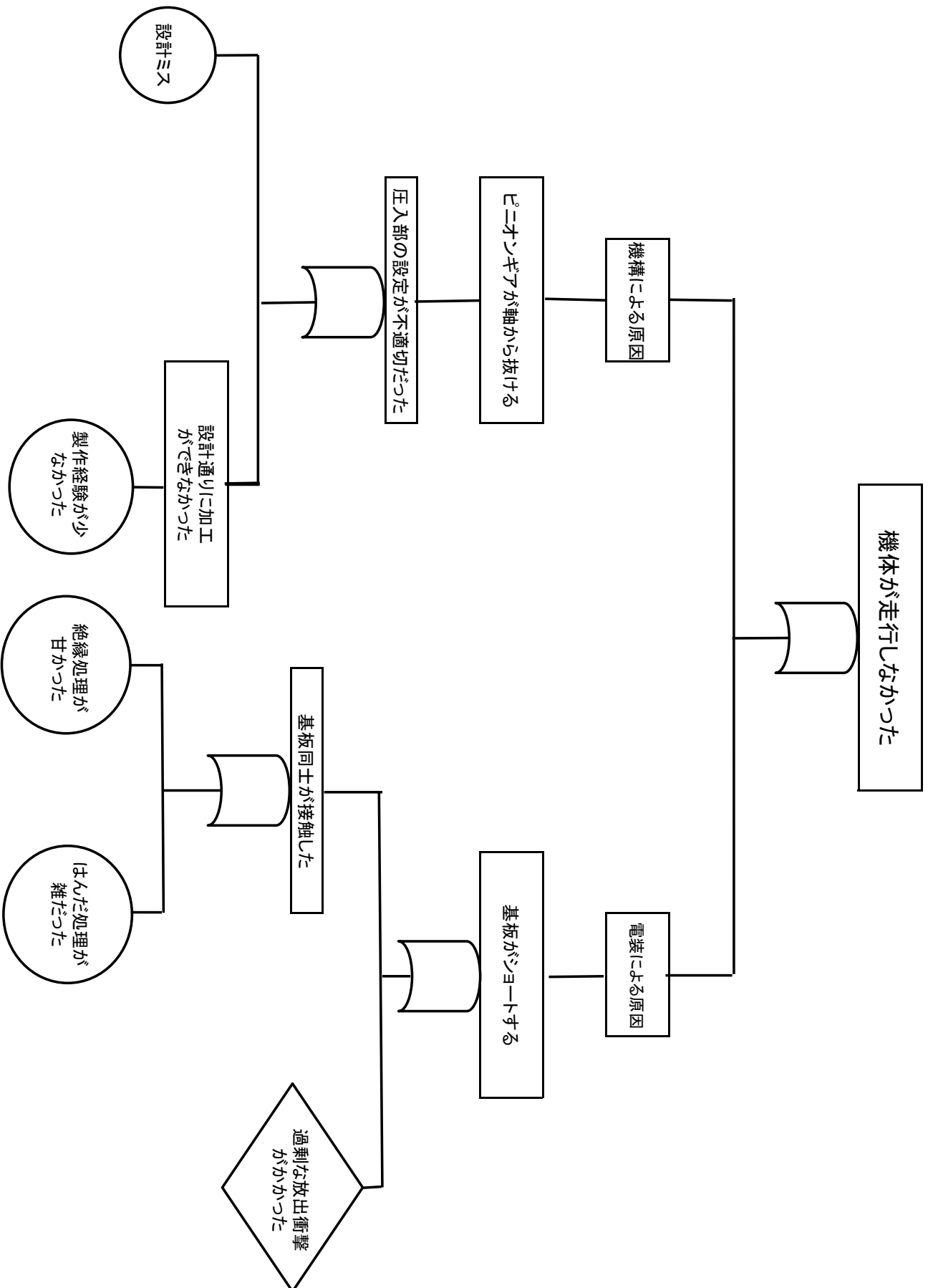
3.3 取得データ

基板のショートにより記録が残っていない。

しかし、ショートするまでの間の記録が SD カードに残っている可能性も考えられる。現在、検証中。

3.4 原因解析

今回の故障の原因は、打ち上げ時に想定以上の衝撃が機体にかかったためだと考えられる。しかし、G データの解析ができないため、本当にこれが原因だったのかは証明できない。また、FTA 分析を行った結果、根本的な原因は設計ミスや製作時間が少ないなど、メンバーの大会に対する意識が低かった故に発生した原因だと思う。この原因は、意識次第でいくらかでも減らすことができるのでチーム全員で今回の大会の反省を話し合い、気持ちを引き締めて行きたいと思う。次のページに FTA 分析の結果を示す。



4 まとめ

今大会での故障は、チームの意識の低さが原因で製作の遅れや設計ミスに繋がったと思う。製作が遅れたため、試験を行う時間が少なくなり制御面での調整が間に合わなかった。よって、次の大会では日程管理の重要性を意識し、チーム一丸となって協力しながら製作していこうと思う。

また、大会全体を通して、学部1・2年生の三人だけのチームで、わからないことが多い中、自ら進んで知識を吸収しようとする姿勢はよかったと思う。これからも、現状の機体に満足せず、よりよい機体を作るための努力を励んでほしい。

5 責任教員所感

未経験者によって構成されたチームとしては良くやったし、良い経験ができたと思う。反面、自発性や主体性は十分とは言えず、工数の見積りが甘く、机上の作業に多く

の時間を費やしたために、部品の製作や完成後の機体のリファインなど、実際に物に向き合う作業がおろそかになる傾向があった。しかしながら、これらは初心者ゆえの結果と言えるので、今後は今回の経験をもとに、より実践的なチームに成長することを望む。

東京電機大学 講師 小平 和仙