技術詳細報告書

電気通信大学高玉研究室
HighBall

内容

1. ミッションについて
2.要求分析
3.試験/解析の結果・内容
3. 会計/電力/質量/サイズの配分
5.設計図
6.使用部品
7.製作時に使用した機材・サービス
8.その他

2016 年 10 月 12 日
梅内祐太

1. ミッションについて

―ミッションステートメント―

火星有人探査に向けた火星の情報取得を目指し，ルートと画像を対応させたマップ作成に加え物体の３Dモデル作成のための情報を取得する機能と走行性を有したCanSatを用いてARLISSの場で実証する．

―サクセスクライテリア―

	内容
ミニマムサクセス	CanSat の走行経路とその安全性を示すルートマップを形成する．具体的には，CanSat が行動を開始し行動を終了するまでの GPS 情報からルートを割り出し，画像処理を用いて判別した危険地域を提示するマップが生成できたかを測る．
ミドルサクセス	なし
フルサクセス	CanSat が目的地まで安全にたどり着くためのルートマップを形成する．具体的には，CanSat が目的地まで到達できることを確認し，その後目的地到達までのルートマップを作成し，それを用いてCanSatを安全に目的地へ到達させることが出来るか検証する．検証は別のCanSatにルートマップデータを取り込み，目的地へ 3 回中 2 回到達できるかを調査する．
アドバンスドサクセス	目的地到着後，対象物の 3D モデリングを行う．具体的に，対象物を測距センサ，画像処理により形状情報を取得し，ログデータから対象物の3Dモデルが完成するか評価する．

―システム図―

システム図を図1-1として以下に示す．

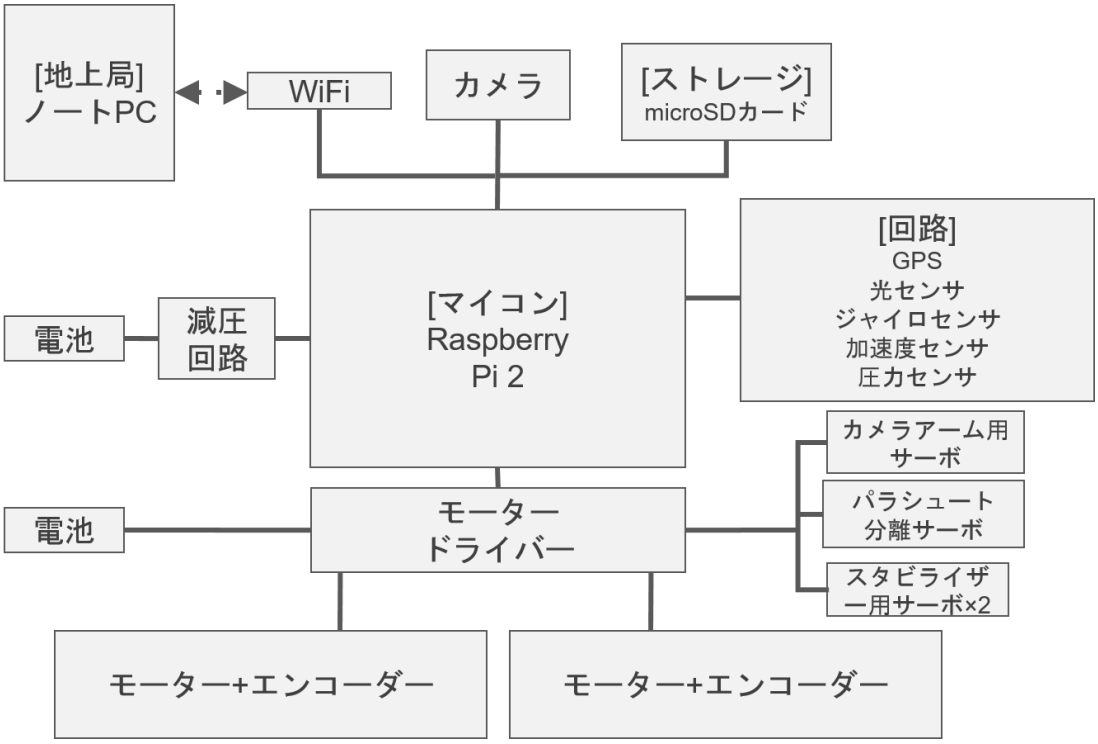


図1-1. システム図

2.要求分析

要求番号	仕様値	設計方針	保証方法	設計結果	備考
R1.パラシュート分離機能	着地後に確実にパラシュートを分離する。	パラシュートの先についたピンをサーボモーターを用いて外すことで分離を行う.	パラシュート分離試験を成功する。	サーボモータのホーン取り付けたピンでパラシュートの先についたバネを固定し，サーボモーターを動かしてピンを抜くことで固定したバネを伸長させパラシュートを分離する。	
R2.ロケットの上昇時の静荷重に耐えられること	静荷重 25G に耐えられる.	構造的に脆い部分が発生しないように CanSat を作成する.	3 回の静荷重試験を行いすべて成功する.	CanSat はギミックのつかないシンプルな設計を心がけ，力のかかる部分をカーボンで作る等の工夫をした．また，静荷重試験によりその効果を確認した.	
R3 .通信機能	WiFi を用いて PC と通信を行うことができる.	RaspberryPi2 に WiFi モジュールを取り付けて通信を行う.	PC と WiFi を用いた通信を成功させ，通信試験で実証する.	レギュレーションを満たす WiFi モジュールを取り付けることで WiFi による通信を確認した.	
R4.走行機能	CanSat がモーターを回すことで走行できること.	CanSat に 2 つの車輪を付けてモーターで回す.	走行実験により走行性能を確認する.	各車輪に 1 つずつモーターを付け左右の出力を調整することで走行性能を確保した.	
R5.データ送信機能	各種センサーのデータを PC に送信できること	I2C 通信を用いて各種センサーの値を取得して WiFi を用いて送信する	データ取得試験によって検証する	I2C 通信を用いて各種センサーの値を取得して WiFi を用いて送信することを確認した.	
R6.ロケット上昇時の振動に耐えられること	ロケット上昇時の振動に耐えられること	ホットボンドを用いて部品をしっかり固定し，振動に強い設計にする.	振動試験により保障する.	ハードウェアはホットボンドで固定し，回路はユニバーサル基板を用いることで振動対策を行った．また，振動試験によりその効果を確認した.	
R7.放出判定機能	放出を判定できること	光センサーを用いて検知する	放出試験によって動作を保証する.	光センサーと可変抵抗を用いることで閾値を調整できるようにした.	
R9.着地衝撃に耐えられること.	着地衝撃に耐えられること.	着地衝撃を緩和するようにタイヤの素材をスポンジにし，部品の配置を考慮する.	着地衝撃試験を成功させることで保証する.	着地衝撃を緩和するようにタイヤの素材をスポンジにし，部品の配置を考慮した.	
R10.センサー値取得試験	各センサーの値が取得できること	I2C 通信を用いて各種センサーの値を取得する	データ取得試験により確認する.	I2C 通信を用いて各種センサーの値を取得できることを確認した.	
R11.撮影機能	CanSat にとりつけたカメラで写真が撮れること	CanSat にカメラを取り付け，raspberryPi2 により撮影する	撮影試験により確認する.	CanSat にカメラを取り付け RaspberryPi2 と繋ぎ，撮影できることを確認した.	
R12.走行撮影機能	走行しながら CanSat に取り付けたカメラで写真が撮れること	走行しながら撮影を行うために CanSat の前後にスタビライザーを取り付けることでカメラが正面を向くようにする.	走行撮影試験により確認する.	CanSat の前後にスタビライザーを取り付けることでカメラが正面を向くようにした．また，走行中でも必要な画像が撮影できることを確認した.	
R13.轍回避機能	轍を検知したあと回避行動がとれること	検知シーケンスで轍を検知したときに回避行動へうつ	轍回避実験により確認する.	轍検知をしている間 90 度横向きに走行し，検知が終了するときナビゲーションに移行	

		るようにする.		することで轍回避を行う.	
R14.轍検知機能	CanSat が撮影した写真から轍を検知できること	撮影した画像にフィルタをかけることで検知を可能にする.	轍検知実験により確認する.	撮影した画像にガウシアンフィルタをかけてその上 Canny フィルターをかけることでエッジを抽出した.	
R15. 3 D モデリング実験	CanSat に搭載したカメラで撮った写真を用いて 3D モデルを作成する.	外部サービスを利用することで 3 D モデリングを行う	3 D モデリング実験により確認する.	CanSat で様々な角度から画像を撮影できる様にサーボを 2 個付け, その画像を基に Autodesk ReMake を用いて 3 D モデリングする.	

3.試験/解析の結果・ 内容

3.1 検証項目一覧

番号	検証項目名	対応する 要求番号(複数可)	実施日
V1	轍検知試験	R13	6 月 23 日
V2	轍回避試験	R14	9 月 15 日
V3	センサー値取得試験	R5	8 月 1 日
V4	通信試験	R3	8 月 19 日
V5	走行試験	R4	6 月 13 日
V6	パラシュート分離試験	R2	9 月 14 日
V7	撮影試験	R11	6 月 13 日
V8	走行撮影試験	R12	6 月 13 日
V9	3D モデリング試験	R15	6 月 21 日
V10	放出試験	R7	8 月 14 日
V11	着地衝撃試験	R9	7 月 30 日

3.2 検証詳細

(V1)轍検知試験

内容)

砂漠での写真から，画像処理を施して轍を検知できるかを確かめる．

結果)

現段階では，機体が完成していないので，去年の現地で機体に搭載したカメラから撮影して得られた画像を用いた．撮影した画像に対してエッジ検出を行ない,その後，画像を分割し，ブロックごとに地面の凹凸度を数値化し識別することができた(図 3.2−1)．

図 3.2−1 画像処理の結果

結論)

凹凸の少ない部分を認識することができたのでこの情報をもとに凹凸の少ない危険度の低い場所を検知し走行することのできる可能性が高まった．

(V2)轍回避試験

内容）
機体前方の轍を検知後，その轍を回避できるかを確認する．
結果）
以下のリンク参照．轍を検知すると，ピーというブザー音を発し，回避行動をとる．動画より検知および回避に成功していることがわかる．
https://www.youtube.com/watch?v=uqhgzjLSQCQ
https://www.youtube.com/watch?v=KloOH1mQo3g
結論)動画より障害物の検知および回避に成功していることがわかる．

(V3)センサー値取得試験
内容）
機体に搭載したセンサーが正常にデータが取得できるかを確認する．
結果）
機体が取得しているセンサーの値を撮影した動画を以下のリンクに示す．
https://www.youtube.com/watch?v=z-MQgV3lodM
結論）
センサーから正常なデータが取得できることが確認できました．

(V4)通信試験
内容）
通信を行う基地局を固定して開始地点とし，機体との通信を行う．
結果）
試験を実施し，34m 離れた地点から PC と機体の通信が行えた．以下の図は通信時での実験の様子を表したものである．

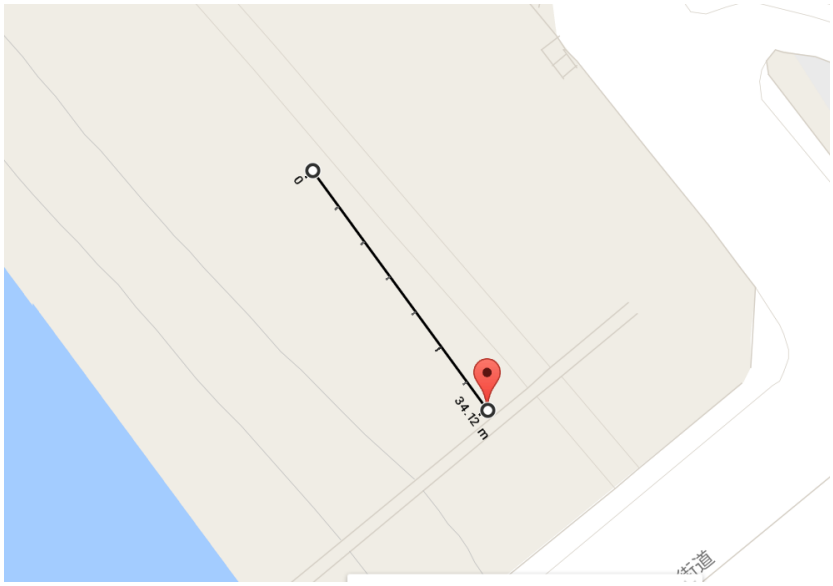


図 3.2−2 画像処理の結果

結論）
Wifi を用いて PC との通信が行えた．

(V5)走行試験
内容）
ローバーが走行できることを確認する．
結果）
以下のリンク参考．
https://youtu.be/8JPmAj38j20
結論）
ローバーが走行できることが確認できた．

(V6)パラシュート分離試験
内容）
パラシュート分離機構が正常に動作し，ローバーからパラシュートを分離できることを確認する．
結果）
切り離し試験の動画を以下のリンクに示す．どの動画でも確実にパラシュートを分離できていることがわかる．

https://www.youtube.com/watch?v=PMpN1ID8EPA

結論)

パラシュート分離機構が正常に動作した.

(V7)撮影試験

内容)

カメラが正常に動作し, 画像を撮影可能であることを確認する.

結果)

撮影した画像の一部を抜粋し, 以下に示す.

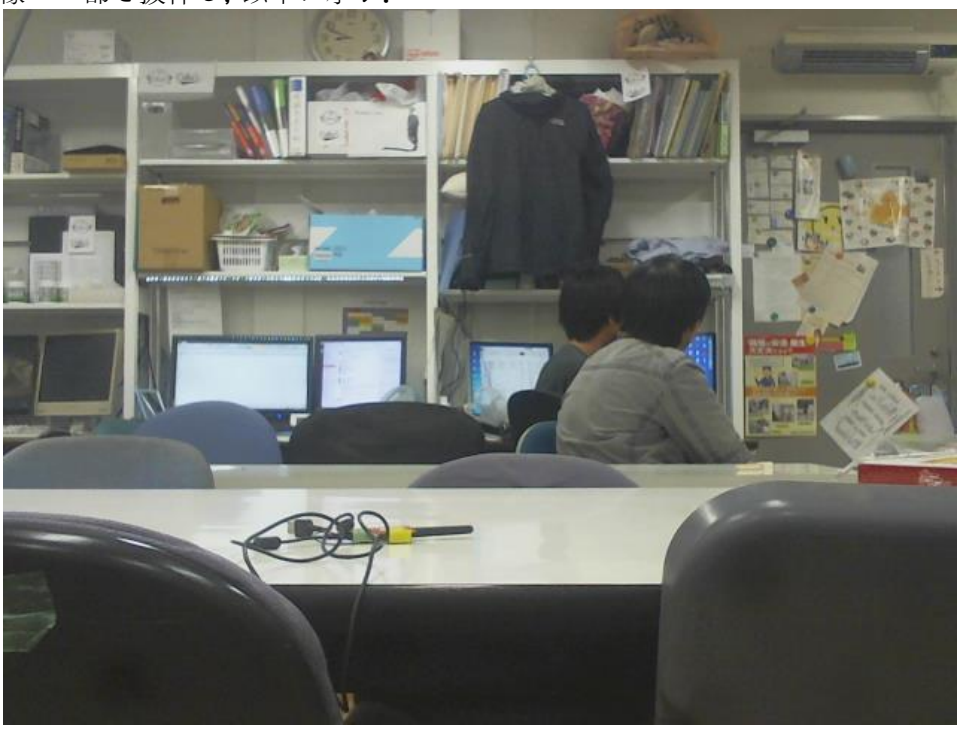


図 3.2-3 機体からの撮影画像

結論)

カメラが正常に動作することを確認した.

(V8)走行撮影試験

内容)

走行しながら写真を撮影できることを確認する.

結果)

撮影した画像の一部を抜粋し, 以下に示す.

図 3.2-4 走行中の機体からの撮影画像

結論)

走行しながら写真を撮影できることを確認した.

(V9)3D モデリング試験

内容)

画像から対象物を 3D モデリングできるかを確認する.

結果)

対象物の写真を 60 枚撮影し，その画像を Autodesk の Memento というソフトに入力した．3D モデリングの結果を図 3.2-5 に示す．また，使用した 60 枚の写真と 3D モデリング結果を同フォルダに保存した.

図 3.2-5 3D モデリング結果

結論)

既存のソフトウェアを使用すれば，対象物の 3D モデリングが可能であることが示された.

(V10)放出試験

内容)

機体をキャリアに収納し，放出できるかを確認する.

結果)

キャリアからの放出ができることが確認できた．以下に実験の様子を撮影した動画のリンクを貼り付ける．

https://www.youtube.com/watch?v=KokWaaTk4F0

結論)

キャリアから問題なく放出が行えた．

(V11)着地衝撃試験

内容)

機体が着地時に受ける，衝撃に耐えられるかを確認する．

結果)

着地衝撃が加わっても，着地の前後で機体に動作上の問題は発生しなかった．以下に実験の様子を撮影した動画のリンクを張り付ける．

https://www.youtube.com/watch?v=6K5aoGxC7jY&feature=youtu.be

結論)

機体が着地衝撃に耐えられることが確認できた．

4. 会計/電力/質量/サイズの配分

【会計】

総額：21 万円(予備部品，開発費含む)

センサー：37860 円

ハード：33113 円

回路素子：7048 円

マイコン：19800 円

モーター：89280 円

サーボモーター：14472 円

その他(ねじなど)：8427 円

【電力】

メイン基板

バッテリー：エナジャイザーリチウム×6 本 (3000mAh)

一般にリチウム電池は容量の記載がないが 3000mAh であると仮定する．

電圧は 1.8V×6 本=約 10.4V

3000mAh / 1000 × 10.8V = 32.4Wh

ラズベリーパイ 2 の消費電力は電流 900mAh，電圧 5V であるので

900mAh / 1000 × 5V = 4.5Wh

32.4Wh / 4.5Wh = 7.2 時間

モーター(モータードライバ)

バッテリー：エナジャイザーリチウム×6 本 (3000mAh)

電圧は 1.8V×6 本=約 10.4V

3000mAh / 1000 × 10.8V = 32.4Wh

モーターの電流量は一定ではないが常に最大連続電流が流れていると仮定する．

仕様書から最大連続電流は 0.556A である．

公称電圧は 7.2V であるから

0.556A × 7.2V = 4.0032W

4.0032W × 8h ≒ 32Wh

となり理想的には 8 時間弱持続する計算になるが

モータードライバ回路の消費電力と他のサーボ系さらにタイヤにかかる負荷により消費電力が増すが

半分の 4 時間は持つと考えられる．

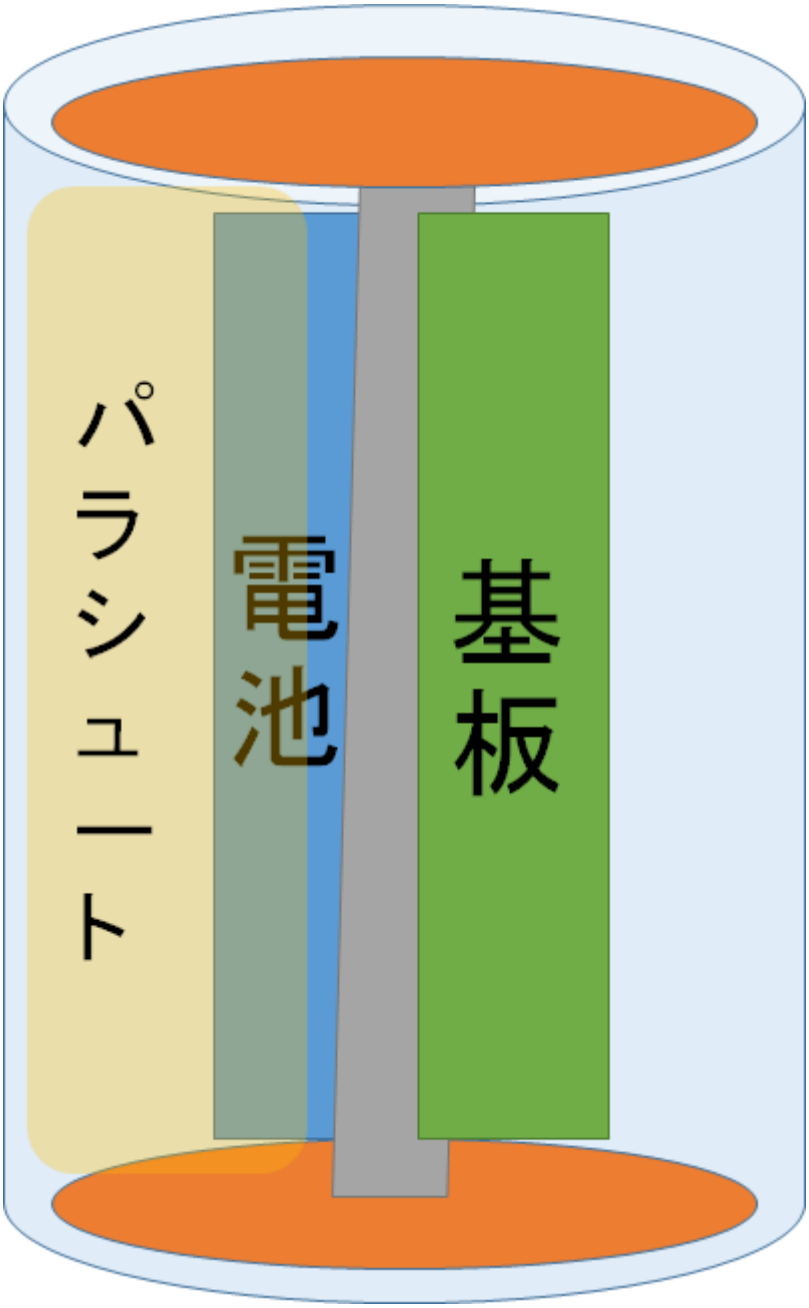
参考 URL1(http://qiita.com/windows222/items/1f4834cecb63f578877c)

参考 URL2(http://jpn.faq.panasonic.com/app/answers/detail/a_id/18184/~/%5B%EF%BE%98%EF%BE%81%EF%BD%B3%EF%BE%91%5D-%E3%83%AA%E3%83%81%E3%82%A6%E3%83%A0%E4%B9%BE%E9%9B%BB%E6%B1%A0%E3%81%AB%E3%81%AF%E9%9B%BB%E6%B1%A0%E3%81%AE%E5%AE%B9%E9%87%8F%E3%82%92%E8%A1%A8%E7%A4%BA%E3%81%97%E3%81%A6%E3%81%84%E3%81%AA%E3%81%84%E3%81%AE%E3%81%AF%E3%81%AA%E3%81%9C%E3%81%A7%E3%81%99%E3%81%8B%EF%BC%9Fpz18184)

参　　考
URL3(http://www.maxonjapan.co.jp/maxon/view/catalog?etcc_med=Shop&etcc_cmp=alle&etcc_cu=onsite&etcc_var=%5bjp%5d%23jp%23_d_&etcc_plc=home)

【質量】
本体(電池，センサー含む)：898
パラシュート：137.5g
最終固定用ホットボンド：12g
合計：1049

【サイズ】



5.設計図

以下に、各ハードウェア要素の設計図を示す．設計には Autodesk Inventor 2017 を用いた．

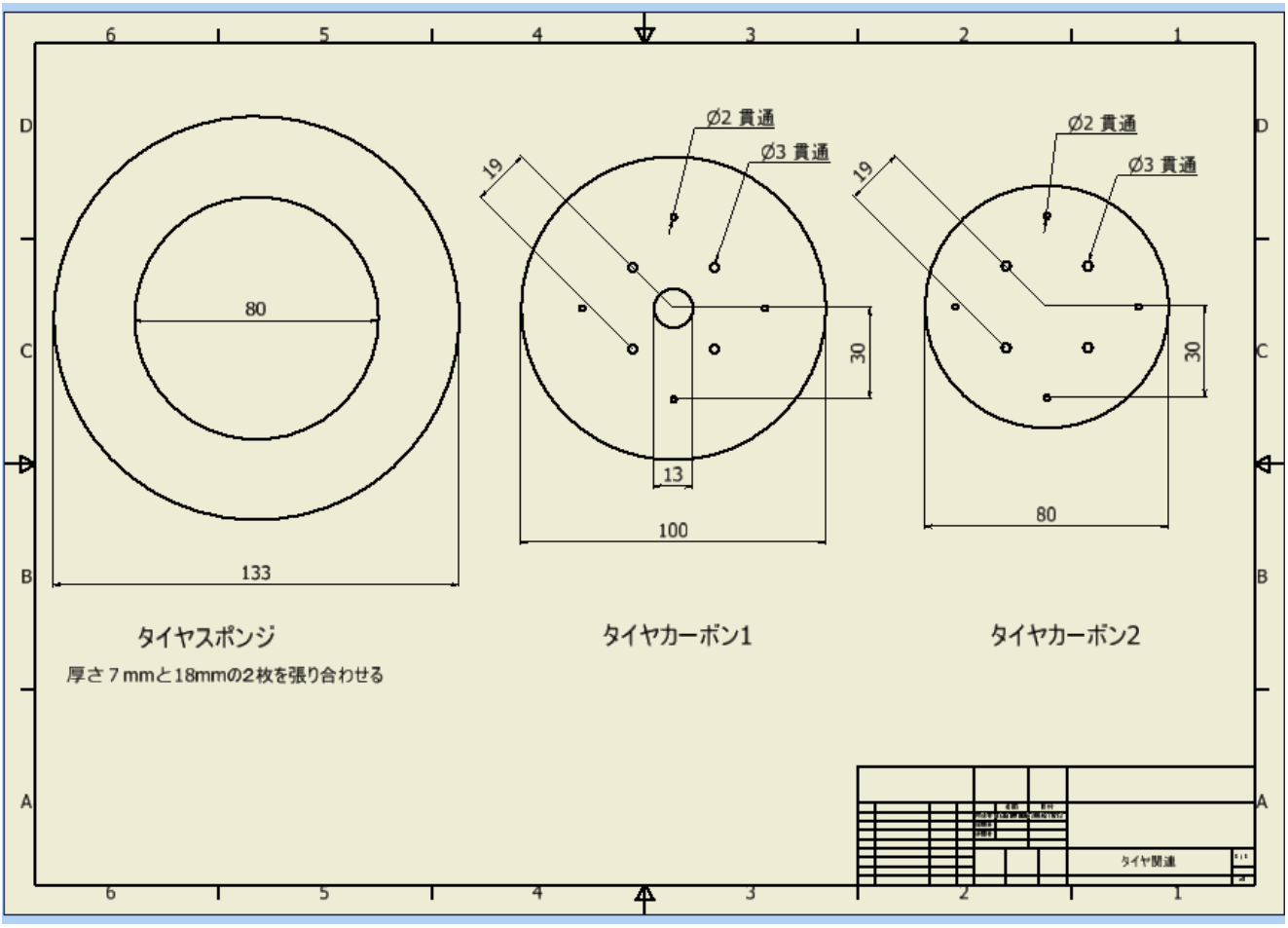


図 5−1. タイヤ関連

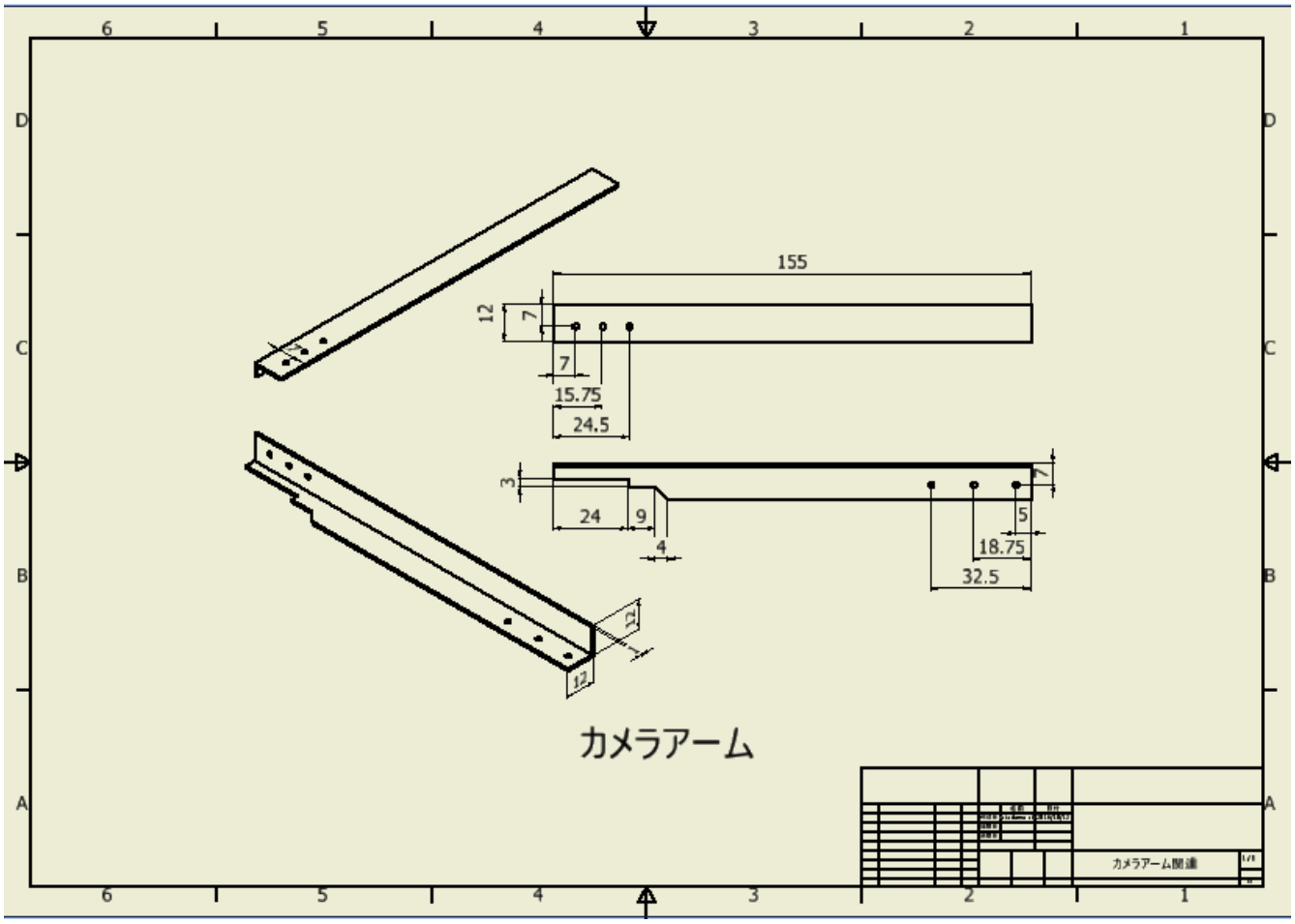


図 5−2. カメラアーム関連 1

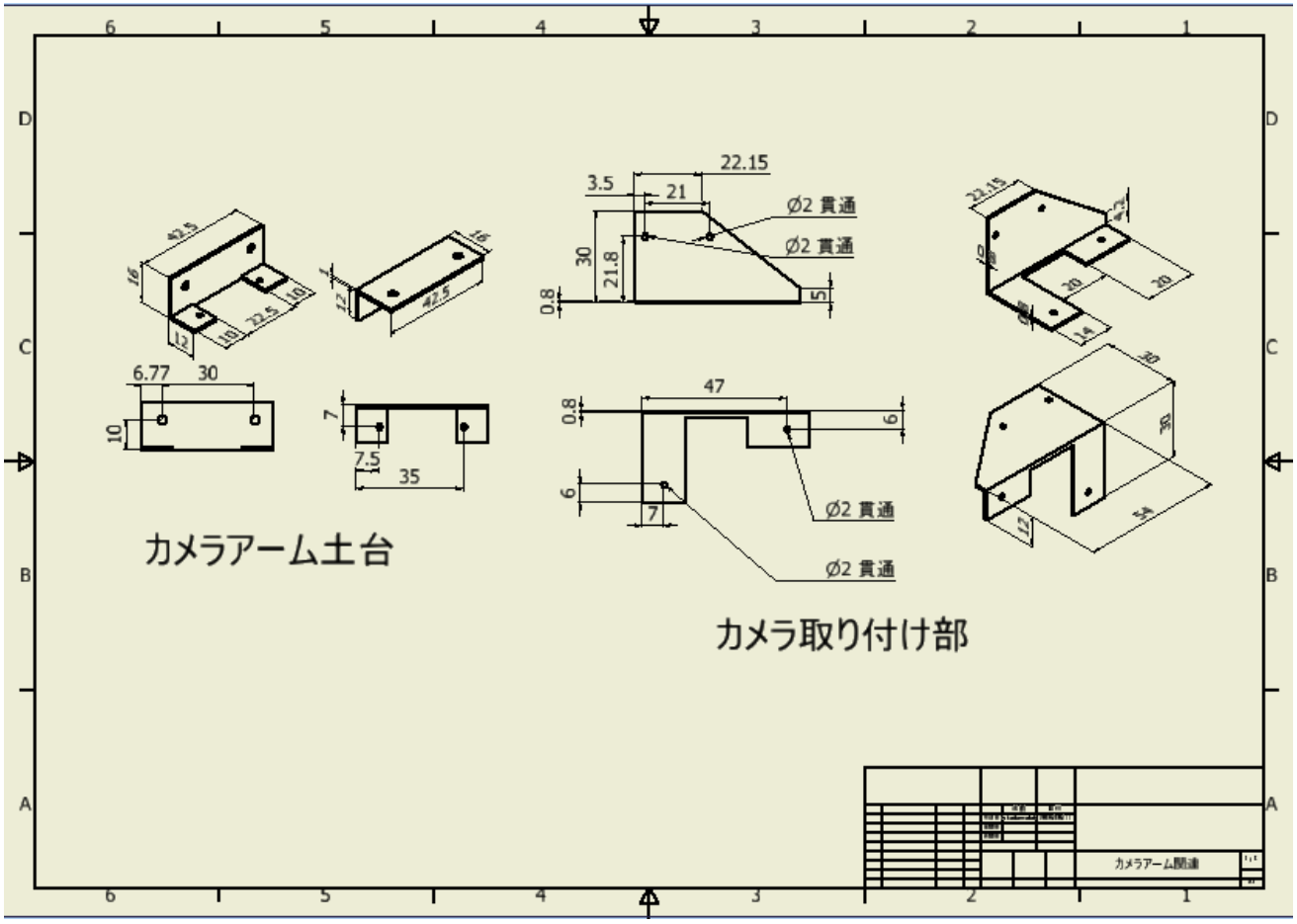


図 5−3 カメラアーム関連 2

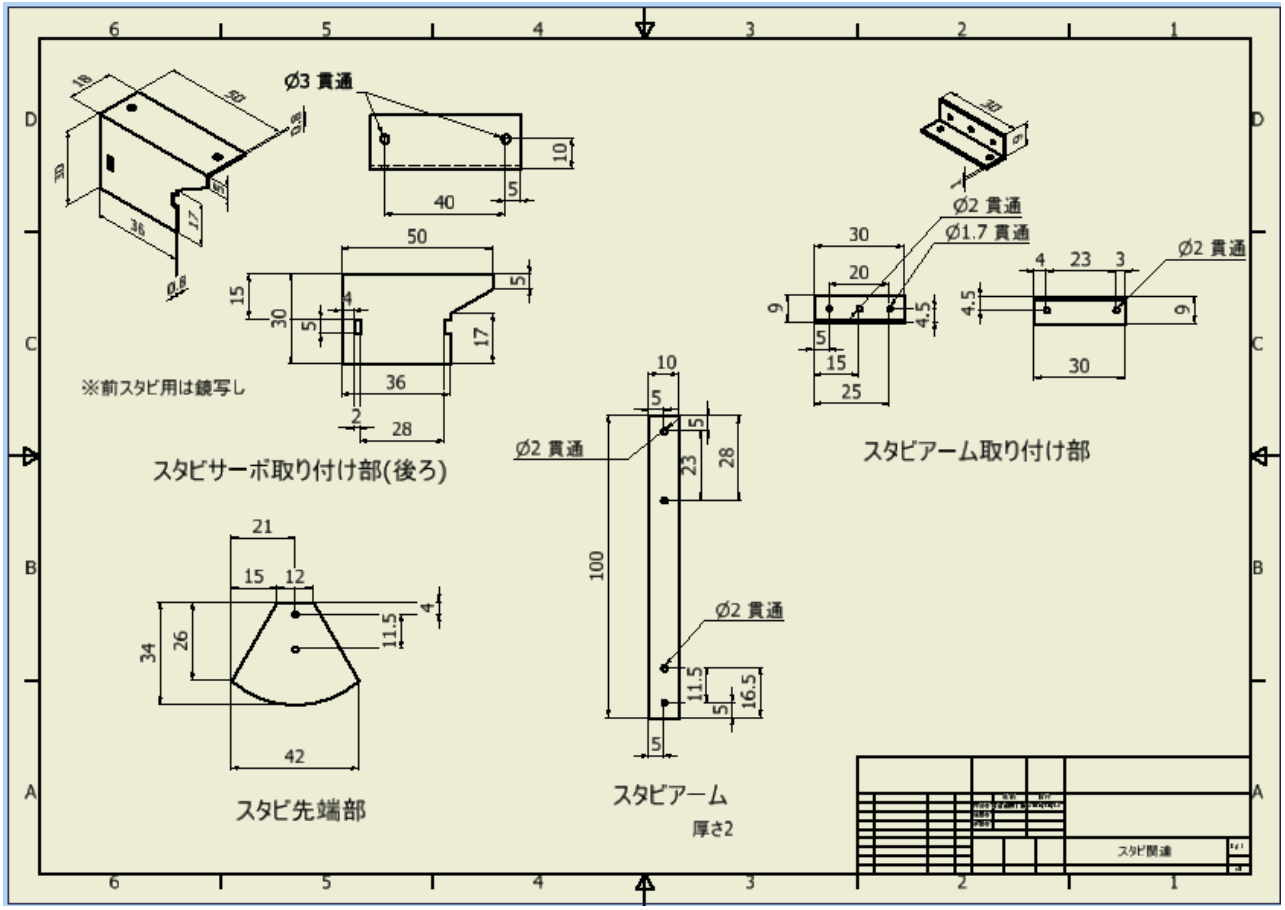


図 5−4. スタビライザー関連

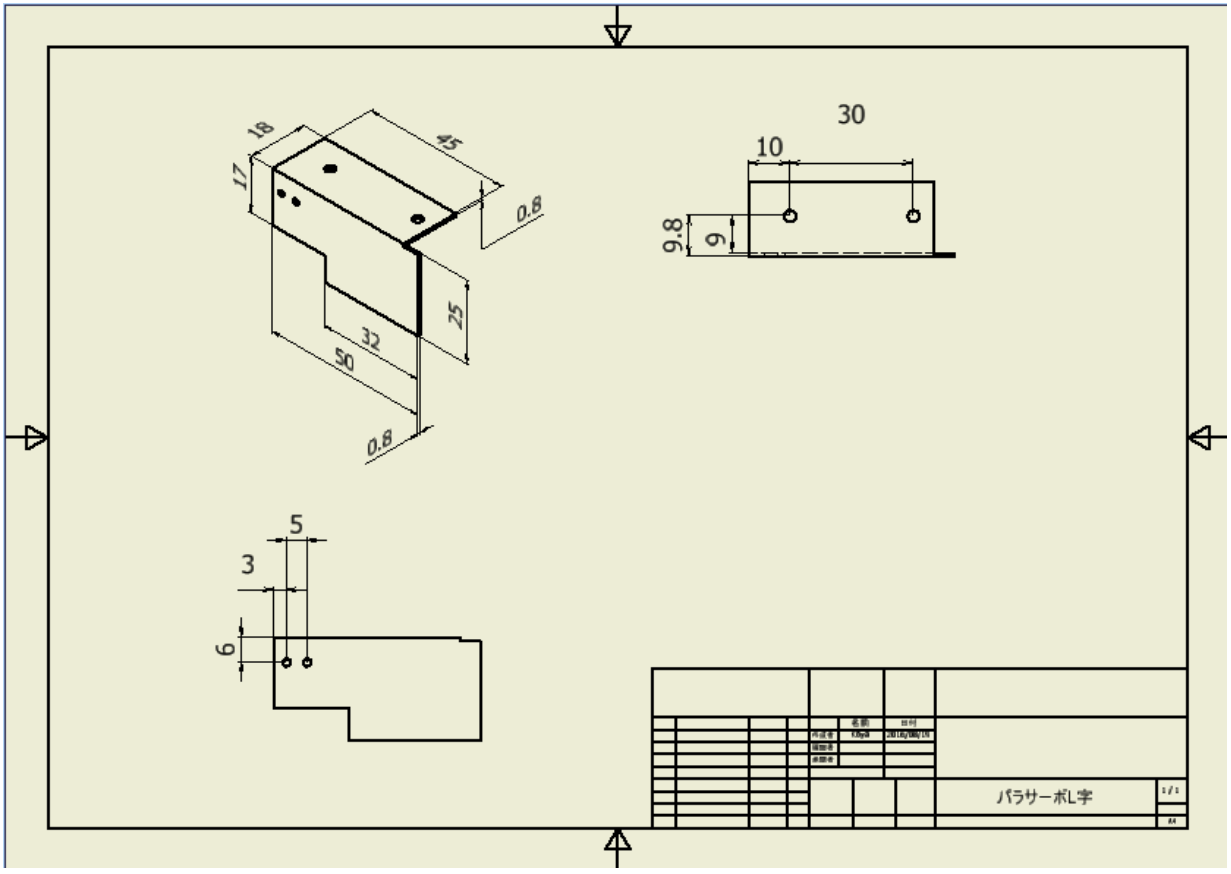


図 5−5. パラシュート取り付け部関連

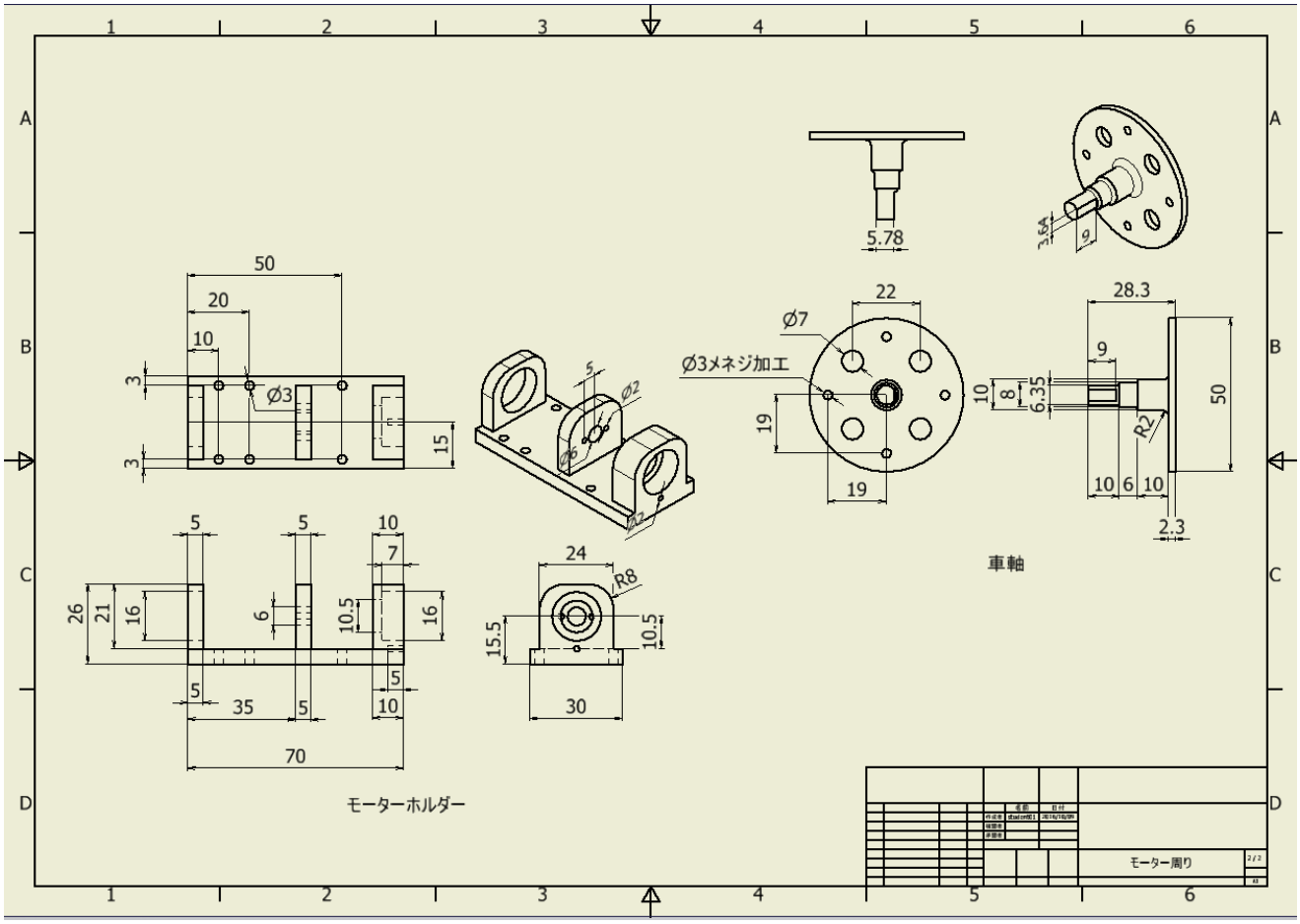
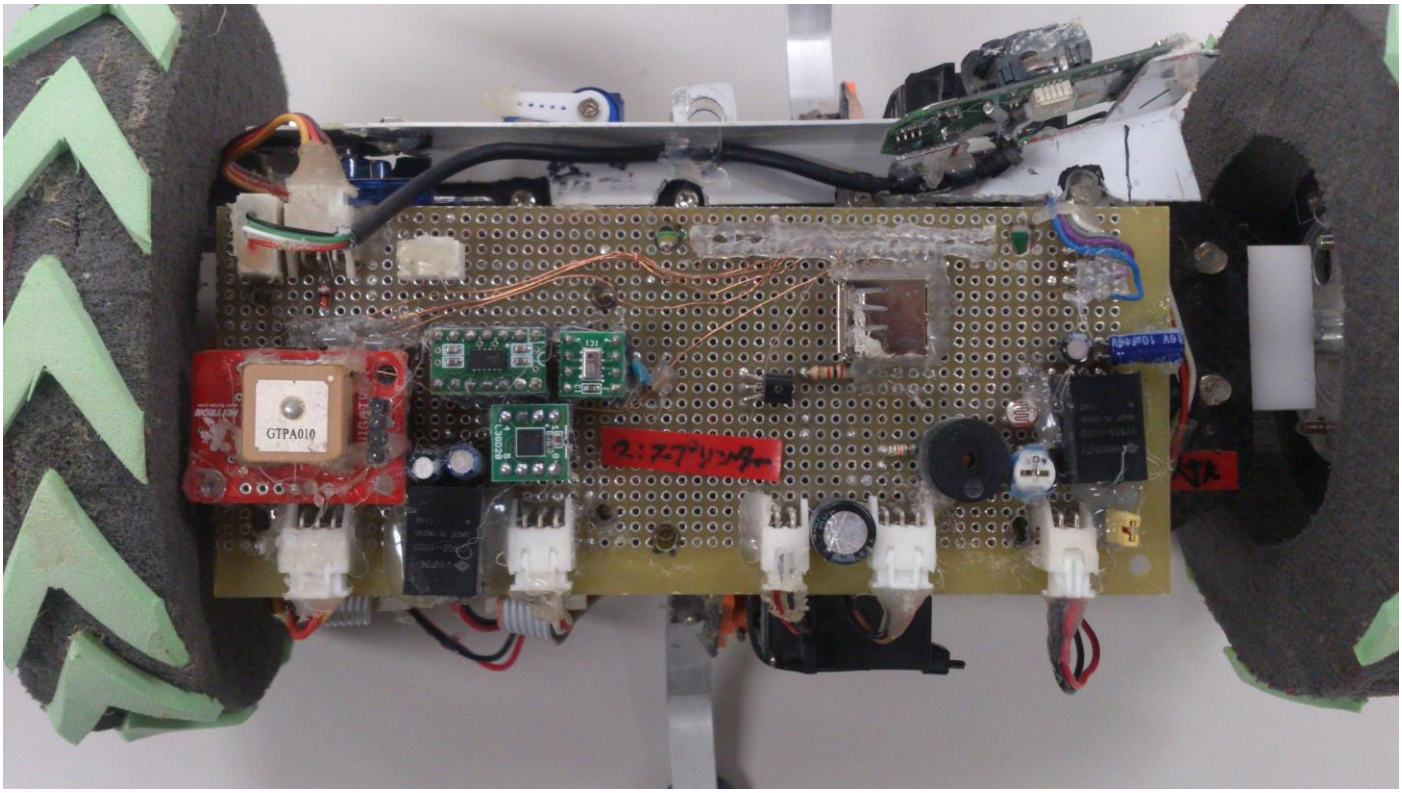


図 5−6. モーターホルダ・車軸

回路



6.使用部品

<<電子系>>

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
GPS	Navigatron v2 - I2C GPS for MultiWii and Others	http://www.flytron.com/sensors/180-i2c-gps-for-multiwii-and-others.html	現在入手不可

光センサー	ＣｄＳセル　５ｍｍタイプ	http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-00110/	
ジャイロセンサー	ＳＴマイクロＬ３ＧＤ２０使用　３軸ジャイロセンサーモジュール	http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-06779/	
加速度センサー	３軸加速度センサモジュール MMA7455L（ディジタル出力）	https://strawberry-linux.com/catalog/items?code=12102	
大気圧センサー	ＭＰＬ１１５Ａ２使用大気圧センサーモジュールキット（Ｉ２Ｃ）	http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-04596/	

<<動力系>>

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
モーター	MAXON 436470	http://www.maxonjapan.co.jp/maxon/view/catalog;JSESSIONID=31EC9FDA9CBAAC41E122D548015B87DE.node1?etcc_med=Shop&etcc_cmp=alle&etcc_cu=onsite&etcc_var=%5bjp%5d%23jp%23_d_&etcc_plc=home	2 個
前後スタビライザー用サーボ	ＧＷＳサーボ ＭＩＣＲＯ／２ ＢＢＭＧ／Ｆ（フタバ）	http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-01908/	2 個
カメラアーム用サーボ	SG92R	http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-08914/	
パラシュート切り離しサーボ	SG90	http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-08761/	

<<構造系>>

分類	材質・型番	入手先・参考情報等	備考
モーターホルダ	ジュラコン (200x300x25)	http://www.tokukin.com/01sozai/04plastic_free.html	
タイヤ車軸	ジュラルミン	http://www.tokukin.com/01sozai/02alum_free.html	
タイヤ接地面エッジ	eva スポンジ (厚さ 4mm)	ダイソー	
タイヤスポンジ	黒スポンジ		
タイヤカーボン	CFRP 板 0.5mm×100mm×330mm	https://www.amazon.co.jp/dp/B0056EOJ70	
シャーシ	カーボン		
回路類	ユニバーサル基盤?		
カメラアーム土台	L 字アングル 20*20*1	ホームセンターくろがねや	
カメラアーム	L 字アングル 12*12*1	ホームセンターくろがねや	
カメラ取り付け部	L 字アングル 30*30*0.8	ホームセンターくろがねや	
前後スタビサーボ取り付け部	L 字アングル 30*30*0.8	ホームセンターくろがねや	
前後スタビアーム	アルミ板 10*2		
前後スタビアーム固定部品	L 字アングル 9*9*1	ホームセンターくろがねや	
前後スタビ先端	カーボン	シャーシ用カーボンの端材を使用	
パラサーボ取り付け部	L 字アングル 25*25*0.8	ホームセンターくろがねや	

パラピン取り付け部	コの字アングル	ホームセンターくろがねや	

7.製作時に使用した機材・サービス

特になし

8.その他

特になし