

2011 年度 SATT
宇宙エレベータ報告書

1 2011 年活動目的

一昨年、JSETEC2010 に参加したときローラの強度、機体重量、制御法が問題となった。そこで、高度が数百メートル以上の高高度まで昇降が可能である機体の作成するために必要なことは何かを研究するためにJSETEC2011 へ参加する機体を作成した。

2 うなぎのぼり参考

JSETEC2011 に参加したうなぎのぼり参考の使用を説明する。まず、自立制御による昇降をさせ、プロボなどの電波が届かず、手動では制御が不可能な高高度での昇降を可能とする。次に、上空における機体の状態をデータとして取得し、機体の挙動を把握し今後の製作に反映させる。データの取得と保存、自立制御はともにソフトウェアの面での技術であるからプログラミングと電気回路技術の習得が必須となる。

2.1 ハードウェア

JSETEC2011 参加機体の紹介をする。初めにハードウェアについて説明する。機体概形は図1である。機体データは表1に示す。昨年度との変更点は、ボディを板中心に製作したことで、部品とネジの点数を削減した。

モータについては、4200W 出力のモータを使用した。これは、昨年度使用した 200W 出力のモータでは出力が不十分であると判断したからである。今回使用したモータでは理論上 20kg のクライマーを秒速 17m、時速約 60km で昇降が可能であり、理論上は過去最高速度を更新できることから採用した。

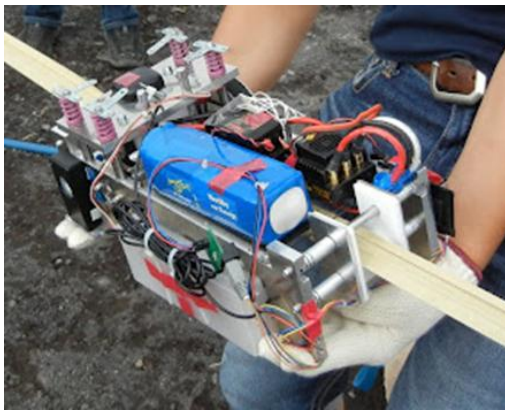


Fig.1 UNAGINOBORI

Table.1 Parameters

寸法	428 mm × 198 mm × 153 mm	
重量	5.3kg	
駆動方式	対向ローラ	
モーター	方式	ブラシレスDCモーター
	出力	4000 W
バッテリー	種類	リチウムポリマー
	駆動電圧	22.2 V
	駆動容量	5000 mAh
駆動ローラー	ローラー材料	ウレタンローラ
	ローラー直径	25 mm
制御方式	自動制御(マイコン使用)	

次に、ローラについてである。JSETEC の反省より、より耐摩耗性が高いものを採用した。また、耐摩耗性以外にもローラには必要な要素がある。それはローラへの摩擦力をいかに大きくするかである。この摩擦力が大きいほどロスが減りクライマーの速度は大きくなる。一般的に摩擦力は圧縮力と摩擦係数に比例する。一方、ゴムの場合には、しなやかに変形をするため圧縮力と摩擦係数に加えて接触面積にも比例して摩擦力は大きくなる。よって、ローラの素材にはゴムのようにしなやかであり、そのうえで摩擦係数が高いものが良い。以上より私たちは一般的なゴムと比較して機械的強度に優れ、耐摩耗性が高く摩擦係数も平均以上であるからウレタンゴムを使用した。

ガイド部の説明をする。ガイドはテザーがローラより外れることを防ぐ部分である。ローラをテザー出入口上部に取り付け両端をテフロン製板で覆った。これにより、ローラにより滑らかにテザーを送り、テフロン板によりテザーが能動輪から外れることを防止した。

ローラとテザーの締め付け法を示す。図2 部品①に圧縮バネがついていて、ネジで固定するときにはスプロケットとともに挟み込むことで抑える。

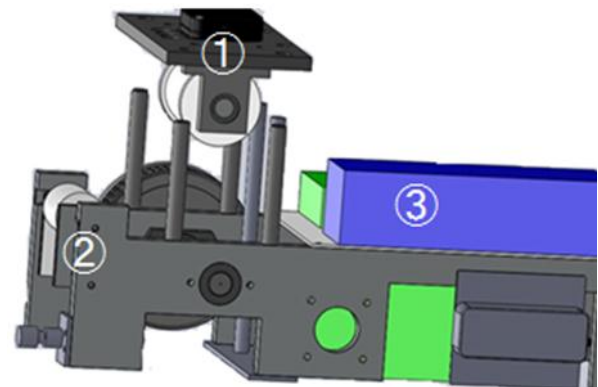


Fig.2 installing

機体のインストール法の説明をする。初めに部品②ガイドローラと部品①受動輪、部品③バッテリーが乗っている板をそれぞれ外し

ておく。テザーを通した後は、部品①受動輪付きの抑え板を載せ、圧縮バネとネジで締め付ける。次に部品②ガイドローラを取り付け、最後に部品③バッテリーのついた板をネジで固定する。締めなくてはならないネジが 10 本以上ありインストールに時間がかかることとなってしまった。JSETEC では競技時間が決まっており、インストールにも含まれている。よってインストールに時間がかかるこの仕組みでは問題がある。

2.2 ソフトフェア

ソフトウェアについて説明をする。表 2 で電子機器を示す。

Table 2 electronic equipment

システム	機器
クライマー制御	モータ
	緊急停止スイッチ
	バンパー探知用プッシュスイッチ
環境測定	GPS
	3軸加速度センサ
	ローラ回転数測定センサ
通信	MU1
データ保存	EEPROM
中央管理	マイコン

3 大会結果

3.1 1回目

JSETEC2011 における結果を示す。実験 1 回目はプロポによる手動制御により昇降をさせた。100m ほど進んだところで昇降しなくなったので終了した。環境測定データの取得では、測定高度と時間の GPS データとローラの回転数、3 軸加速度センサのデータそれぞれに成功した。GPS データより図 3 のグラフのようになり、高度約 50m まで昇降をしたことが分かった。今回の実験によりローラは図 4 に示すように摩耗した。さらに、上昇途中で機体が横倒しとなり、テザーがローラの片側へよった。よってローラとテザーとの間の接触面積が減少し、テザーに働く摩擦力が減少して最終的にはローラの摩耗の一因となった。これは機体の重心がテザー上になかったことが原因と考えられる。

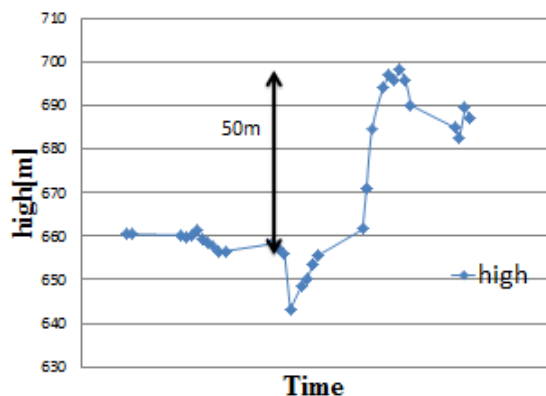


Fig 3 Height

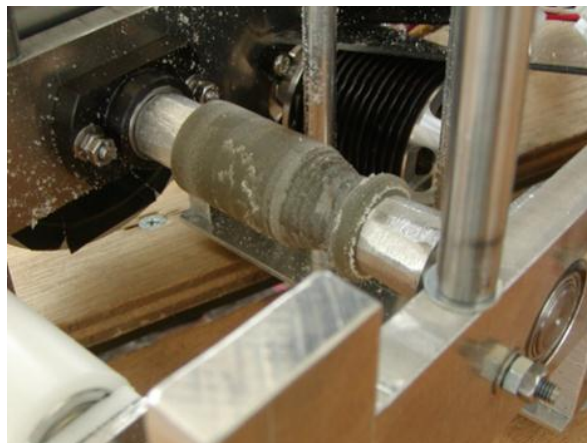


Fig.4 wheel

3.2 2回目

2 回目の実験での 1 回目との変更点を挙げる。まず、ローラは摩耗したことを考慮しショア硬度を 70 から 90 へ上げた。それに伴い摩擦力の低下が考えられたため圧縮力を上げるためにバネ定数が高いバネへ変更した。また、機体の重心位置をテザー上となるように予備のプーリを搭載し調整を行った。一回目の実験の際機体が逆さまとなったことを踏まえ、ガイドローラの取り付け位置を上下逆とし、あらかじめ機体を逆さまの状態インストールすることとした。今回の制御は当初の目的と同様にマイコンによる自立制御で行った。

2 回目の実験の結果を示す。スタートさせると逆走してしまった。よって上昇距離は 0 メートルであった。

4 考察

JSETEC2011 より判明したうなぎのぼり参考の問題点を表 3 に示す。問題点の中でローラの摩耗と機体重心、自立制御は到達高度へ直接関係する問題であるから JSETEC2011 参加の目的である高度数百メートル以上の高高度まで昇降させる機体の作成を達成するためには解決すべき問題である。

Table 3 Problems

ローラの摩耗
機体重心がテザー上にない
自立制御ができない
インストールに時間がかかる
電子機器を搭載するスペースが少ない
メンテナンス性が悪い

4.1 ローラの摩耗

それぞれの問題を考察する。まず、ローラが摩耗したことである。これはテザーとローラがスリップしていたことを意味している。ス

リップの原因としては2点考えられる。1点目はローラの摩擦力を高くすることである。ゴム素材の摩擦力は摩擦係数と圧縮力、接触面積に比例して大きくなる。よって摩擦係数が高いローラ素材を見つけたことが重要である。接触面積を増やす方法としては1つの能動輪に接触させる面積を増やす方法と能動輪を増やす方法がある。前者では、ローラの形に添ってテザーを曲げることとなり受動輪にかかる荷重が高くなってしまふ。一方能動輪を増やすという方法では搭載するモータの数が増えることとなり機体の重量が大きくなってしまふ。搭載するモータの数を増やさず、1つのモータで複数のローラを回転させる方法もあるが、駆動部分が複雑となる。

2点目は構造面の問題である。テザーが水平に近いほどこの構造では能動輪をテザーに押し付けるバネ部分に機体の全荷重がかかりローラにかかる締め付け力は機体の重量分減少してしまふ。テザーが水平に近いほど生じやすいが、よって能動輪をテザー上部またはテザーと平行に設置するか、バネをさらに強力なものとするのが対策となる。

4.2 機体重心

機体重心をテザー上にくるようにする対策を述べる。設計の際のCAD 使用時に電子部品も含めて重心バランスを考慮することが最も基本的である。しかし、重心がずれていたことにより今回生じた機体の傾きが生じても問題がないように設計することも必要である。

4.3 自律制御

自律制御が行えなかった問題であるが、当初はカウントが速い(約2倍)。おそらく、回路上のミスでクロックが変わってしまっている。どこかが短絡してしまっているのではないかと考えられる。これによりモータドライバーがインシャライズできず、逆走してしまつたと考えられる。大会終了後の制御の確認では、プログラム通りの挙動を見せた。また、大会時に見られたような挙動が見られなかった。大会時に見られた挙動は、プログラムの下降シークエンスと類似することから、大会時のエラーは何らかの理由で上バンパー検知のスイッチが押されたか、ショートしてしまつていたことに起因すると考えられる。失敗時データを確認したところ、明らかにスイッチが押され続けているというデータが発見された。よって、wait のミスは主原因ではなく、スイッチ周りでの干渉、ショートなどが原因であると考えられる。この対策のためには自作した回路の動作チェックを厳格に行うことと、回路をカバーする箱を用意する必要がある。さらに、ノイズ対策も考えアルミ製の箱が良いと考えられる。

4.4 インストール

インストールに時間がかかる原因はバッテリーを搭載している板にある。設計当初バッテリーの配置を踏まえていなかった。その結果、搭載スペースが不足し、新たに板スペースを増設することとなり、インストールの際に取り外す必要がある部分へ配置することとなった。よって、設計段階よりもインストールの手順が増えた。

さらに、設計段階で盛り込んでいなかったことで機体の全体把握と重心の位置をより正確に把握することもできなかった。

4.5 メンテナンス性

メンテナンス性の悪さが現れている部分はモータ固定部である。モータ固定ではモータ本体に金具を取り付け、さらに金具を4本のネジで機体の側面へ取り付ける構造となっている、しかし、ネジが歯付きベルトと干渉するので3本のネジしか固定することができない。また、電子部品を乗せるスペースが不足しており、上記のソフトウェアの不良の一因となっている。対策として、機体設計段階で搭載するスペースを確保することである。設計の際にはCAD を使用しているから、電装部品もCAD 化をしておくこともなおよい。機体製作においてハードウェア班とソフトウェア班に分かれて行った。これにより、各自が持つ知識、技能が偏り、互いに相手が行っている作業を理解できない事態が生じ、情報の共有が図れなかった。よってハード班もソフトウェアのノウハウを知っておき情報共有が円滑に行われるようにすることも必要である。

5 今後の課題

高高度までの昇降を成功させるために解決すべき問題点を挙げることはできたが、解決法はまだ分かっていない。今後これらの研究を続けなければならない。

また、解決法の検証を行うとしても、機体がさらされる環境は高度数百メートルから地上までであるから、普段我々がいる地上と比べると異なる環境である。よって、解決法が適当であるかは実際に高度数百メートルの環境にて実験を行うか、シミュレーションをしなければならない。

そのためには風や振動など機体に影響を与える大きさを測定しなくてはならない。よって、GPS や3軸 加速度センサにより機体の挙動を正確に把握することは機体にかかる力を推測することであり、今後の機体設計においては重要なことである。JSETEC2011では機体の位置と高度、加速度、ローラの回転数を測定したが、カメラの搭載も含め、取得するデータの種類の検討を行い、さらにデータの精度を向上させる必要がある。

文献

“一般社団法人 JSEA 宇宙エレベータ協会”. (オンライン), 入手先<<http://jsea.jp>>, (参照 2012-3-8)
“JSEA JAPAN SPACE ELEVATOR ASSOCIATION”. (online), <<http://jsea.jp>>, (2012-3-8)