

# 課題情報シート

テーマ名 :	宇宙エレベーター技術競技会用モデルの開発				
担当指導員名 :	工藤裕之、奈須野裕、大内敬仁	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産システム技術系		
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	8	時間 :	54 (972h)

## 課題制作・開発のポイント

### 【開発（制作）のポイント】

未来の乗り物、宇宙エレベーターを夢見て、その競技用モデルを製作しました。従って、学生の興味の度合いは高く、自主的に活動する姿勢が維持されました。しかし、一般エレベーターに比べ、テザーを2つのローラーで強く挟み、駆動輪を回転させてクライマーを押し上げなければならない点に難しさがありました。将来的には、摩擦係数が大きく、摩耗に強い材料の選定が重要となります。

### 【訓練（指導）のポイント】

一般エレベーターの昇降原理と異なるため、初めに、その違いを把握させることが肝要です。また、細かい点では、テザーの変形を考慮したローラー形状、静止摩擦係数が高く、摩耗に強い材料の選定、目標速度を考慮したモータ選定、バッテリー容量及びその状態の把握等の大切さを、早い段階で学生に説明することもポイントとなります。

## 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校  
住所 : 〒987-2223 宮城県栗原市築館萩沢土橋 26  
電話番号 : 0228-22-6614 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/miyagi/college/>

## 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# 宇宙エレベーター技術競技会用モデルの開発

東北職業能力開発大学校

生産機械システム技術科 及川琢也 佐藤駿 我妻潤哉

生産電子システム技術科 伊藤翼 千葉泰之介

生産情報システム技術科 板橋一志 遠藤英樹 熊谷泰幸

指導教員 大内敬仁 工藤裕之 奈須野裕

## 1. はじめに

宇宙エレベーターは、地球と静止衛星の間をケーブル(以下テザーと呼ぶ)でつなぎ、自動昇降機(以下クライマーと呼ぶ)で往復する未来の交通システムである。米国では2005年からNASA主催で太陽光などによる外部エネルギー供給による昇降技術の向上を目指し、宇宙エレベーター技術競技会を開催している。

国内では一般社団法人宇宙エレベーター協会が中心となり昇降制御技術等の向上を目指して、米国とは異なる角度から競技会を主催している。

そこで、私達も身近にある宇宙技術開発に取り組みたいと考え、競技会仕様準拠したクライマーを開発することにした。

## 2. 宇宙エレベーター技術競技会について

宇宙エレベーター技術競技会の目的は、エレベーターに使用する機構や性能技術の比較・検証を行い、今後の研究の基礎となるデータを収集することである。

内容は上空にバルーンを浮かせ、テザーを垂らし、昇降するクライマーの速度や性能を競うものである。クライマーの規格は長さ・幅・高さがそれぞれ200[cm]以内、質量15[kg]以内となっており、競技の前後において重量が5[%]以上変化してはならないことになっている。

## 3. クライマーの仕様

製作するクライマーの仕様を表1に示す。昇降にはロープ状のテザーを使用し、自律して動作する。クライマーの状態は各種センサで取得し、Zigbee®により地上のPCへ情報を送る。

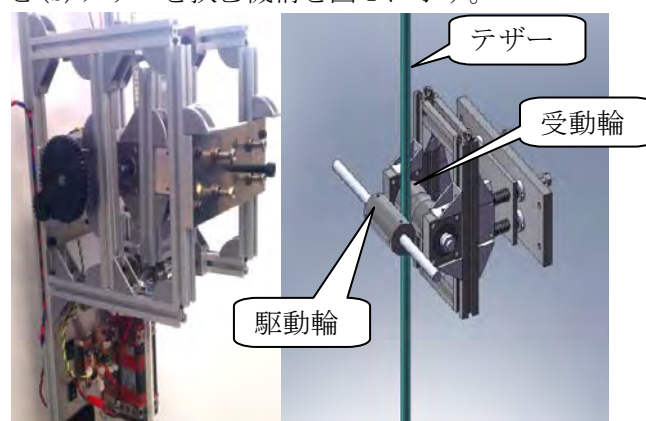
表1 クライマーの仕様

サイズ[cm]	長さ：62、幅：19、高さ：25.5
質量[kg]	10.0
モーター	60W グラファイトブラシ
電源	単三電池(マイコン用) Li-po バッテリー(モータ用)
マイコン	ATMEGA328
通信	無線通信(Zigbee®)
搭載 センサ	加速度センサ
	超音波センサ
	温湿度センサ
	電圧・電流センサ

通常は自律制御であるが、PCからの手動制御も行うことができる。

### 3-1. 昇降機構

今回製作した(a)クライマーの昇降機構部分と(b)テザーを挟む機構を図1に示す。



(a) クライマーの昇降機構部分 (b) テザーを挟む機構

図1 クライマーの昇降機構

機体が上昇するためにはローラーの摩擦力が重要である。それを増すためにウレタン製の円筒ローラーを使用している。また、受動輪に溝をつけることでくさび作用により、溝がないものより強い摩擦力を発生させている。

テザーを挟む機構としては、モーターの動力で回転する駆動輪の上にテザー、さらにその上にバネ圧で常に一定の垂直力をテザーに加える受動輪を配置した。

### 3-2. 制御と情報取得

自律制御、手動制御、及び情報取得の流れを図2に示す。機能としては、モーター制御、各種センサからの情報取得、それらの情報に基づいた制御がある。

モーターの最大連続電流は4[A]で、マイコンからのPWM信号により速度制御も可能である。

超音波センサは、スタートとゴールまでの距離を計測するために用いている。テザーの上下にバンパーを配置し障害の有無を確認すると減速し、安全に昇降を行えるようになっている。

加速度センサは、機体の揺れを感知するために使用する。強い揺れを感知した場合、動作を止め、機体が安定するまで静止する。

温湿度センサは、昇降している状態で外部の情報を取得するために用いている。

電圧・電流センサは、バッテリーの残量を検知するために組み込んでいる。昇降途中で止まらないようバッテリー残量が少なくなった時は地上に戻るよう設定している。

PC画面にはGUIでクライマーからの情報が随時表示されており、手動制御もこちらから行え

るようになっている。GUIを用いたのは誰でも簡単にPC側からクライマーの操作、クライマー側の情報確認を行えるようにするためである。

また、各種センサ値を数値として確認できるだけでなく、メイン画面の左側にクライマーの昇降状態を画像で表示することで、視覚的にもわかりやすいものとした。さらに、データベースを用いることで過去の情報も確認することができる。グラフとして出力する機能を使用することで、視覚的に過去のデータを確認することもできる。無線通信では各種センサ値をクライマー側からPC側に一定間隔で送信している。

### 4. 評価

実験場所は現在、7号館3階の組み立て調整室で行っており、約3.0[m]の高さで昇降実験をしている。仕様決定時は、クライマーの速度を0.6[m/sec]としていた。しかし、仕様変更が行われた結果、最高0.24[m/sec]となった。その理由としては、モーターのトルクが足りなかった事が挙げられる。減速比1の状態ではトルクが足りず昇降動作を行えなかったため、減速比を1から3へと変更した結果、昇降に必要なトルクは得ることができたが、速度は下がってしまった。

質量は10[kg]となり、競技会に参加した各クライマーを参考として考えると、重量級の低速となっている。

自律制御時には、昇降、安全確保のためのブレーキが動作することを確認し、手動制御時には、PC側から制御できることも確認した。各種センサの情報も、PCで正常に取得できている。

### 5. おわりに

動作実験の結果、クライマーの自律走行、手動制御の動きを確認した。現段階での問題点としては防水加工を行っておらず、雨天時に外での運用が行えないことや当初の仕様を満たした速度を達成できなかったことが挙げられる。

今後の改善策として、基板やバッテリーに対する防水カバーの取り付けを行い、速度に関しては、更なる高速での昇降動作ができるよう進める。

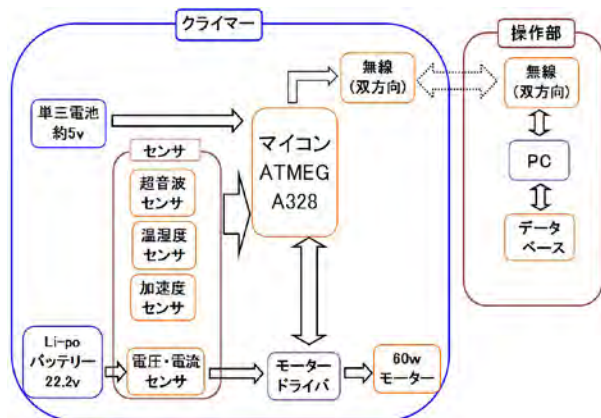


図2 自律制御、手動制御、情報取得の流れ

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 9月21日

科名：生産システム技術系

教科の科目	実習テーマ名	
精密機器設計製作課題実習（生産機械システム技術科） 電気制御システム課題実習（生産電子システム技術科） 組込みシステム応用課題実習（生産情報システム技術科） （開発課題実習）	宇宙エレベーター技術競技会用モデルの開発	
担当教員	担当学生	
○生産機械システム技術科 工藤 裕之	及川 琢也	佐藤 駿
	我妻 潤哉	
生産電子システム技術科 奈須野 裕	伊藤 翼	○千葉 泰之介
生産情報システム技術科 大内 敬仁	板橋 一志	遠藤 英気
	熊谷 泰幸	
課題実習の技能・技術習得目標		
宇宙エレベーター技術競技会用モデルの開発を通して、「ものづくり」全工程を行うことにより、複合した技能・技術及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的能力等）を習得することを目的としています。具体的には、3次元CAD設計技術、機械加工技術、各種センサ技術、通信技術、制御技術、回路設計技術、ソフト開発、各種アルゴリズム設計、製品設計製造情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にします。		
実習テーマの設定背景・取組目標		
実習テーマの設定背景		
最近まで、宇宙エレベーターとは空想の産物でした。これは、宇宙エレベーターのケーブル(以下テザーと呼ぶ)の材料として耐えられる素材がなく、開発が不可能と考えられたからです。しかし、カーボンナノチューブが発見された事により、十分な強度を持ったテザー開発の見込みができました。さらに、将来的に建設を目指している企業が出てきた事で宇宙エレベーターの開発というものが現実味を帯びてきました。日本では宇宙エレベーター協会が軸となり技術競技会等を主催し、研究開発が行われています。宇宙エレベーター技術競技会用モデルに準拠した自動昇降機(以下クライマーと呼ぶ)の開発を目標としました。		
実習テーマの特徴・概要		
競技会の目的は、宇宙エレベーターに使用する機構や性能技術の比較・検証を行い、今後の研究の基礎となるデータを収集する事です。上空にバルーンを浮かせてテザーを垂らし、テザーを昇降するクライマーの速度や性能を競います。使用するクライマーの規格としては、縦・横・高さがそれぞれ2[m]以内、質量15[kg]以内となっており、分離する等、途中で質量が変化しない事も条件となっています。ロープ状のテザーを使用し、自立昇降する。クライマーの状態は各種センサで取得し、Zigbeeにより地上のPCへ情報を送る。また、風等による強い振動や、モータ・バッテリーの温度異常を感知した場合、PCからクライマーを操作できるように設計・製作をします。		
取組目標		
①	専門的知識及び工学的理論体系を実務に適用することができる。	
②	品質、コスト及び納期をバランス良く調和させることができる。	
③	独自性を持って創意工夫できる。	
④	技能・技術の複合に対応できる。	
⑤	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）を身につけ職業人としての行動ができる。	
⑥	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案することができる。（課題発見、分析能力）	
⑦	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整することができる。（計画推進力）	
⑧	グループメンバーの意見を取りまとめて課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を成立させることができる。（コミュニケーション力）	
⑨	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持できる。（チームワーク力）	
⑩	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。	