S3-16

宇宙エレベーターをテーマにした PBL と工学導入教育への展開

The project based learning and The Engineering introduction education on the Space Elevator

○竹澤雄理[1]，原愛美子[1]，　田中慎也[1]，田畑昭久[2]，青木義男[2]
*Yoshinori Takezawa[1], Emiko Hara[1], Shinya Tanaka[1], Akihisa Tabata[2], Yoshio Aoki[2]

Abstract: The space elevator was first proposed in the 1960s as a method of getting into space. The actual concept of the space elevator system includes a tether reaching from the surface of the Earth to the geostationary orbit, and the machine, called climber, is attached to the tether which carries the payload up to the space station or to the satellite. But actually, the system includes some unclear point. The paper says the students in the College of Science and Technology, Nihon University researched the point through making the model of the climber and had a meaningful experience.

１．はじめに

日本大学理工学部は，平成 21 年度の文部科学省・特色ある大学教育支援プログラム（大学教育 GP）に教育方法の工夫改善を主とする取組み「気づかせ教育による自律性と想像力の覚醒」として採択された．現在，この未来博士工房では，人力飛行機，小型人工衛星，ロボット，フォーミュラーカーなど，さまざまな技術開発学生プロジェクトが実施されている．

本報告では，この未来博士工房の次世代技術学生プロジェクトとして開始された「宇宙エレベーター開発プロジェクト」について，その活動と成果を中心に述べる．

２．宇宙エレベーター

宇宙エレベーターとは，静止軌道上の衛星と地表を昇降路となるケーブルで繋ぎ，このケーブルを昇降する自立昇降システムによって物資や人を宇宙空間に運ぶ，完全往還型宇宙輸送機器である．このような構想は 1960 年代には存在したものの，昇降機器の軌道として十分な強度と耐久性を有する材料が存在しなかったため技術開発に至らなかった．しかし，1991 年に日本の飯島澄男氏によって発見されたカーボンナノチューブ（以下 CNT）の強度が，理論上テザーに十分耐えうることがわかり，本格的に研究が始まった．中でも，2003 年に NASA の B.C. Edwards によって書かれた”The space Elevator NIAC Phase II Final Report”[1] は宇宙エレベーターの構築手段，クライマーの基本的設計，エレベーターの建造場所，建造予算など，様々な要素を検討した報告書であり，現在の宇宙エレベーター研究における指針となっている．

３．次世代技術学生プロジェクトへの適用

宇宙エレベーターの基本的な概念やシステム構成は”The space Elevator NIAC Phase II Final Report” に記載されているものを参考にするが，クライマーの昇降機構やその動的特性や制御方式などについてはくわしく検討されていない．そこで主としてクライマーの開発をテーマとした次世代技術学生プロジェクトを開始した．

４．クライマー設計・開発

現在考えられている宇宙エレベーターの構想は，CNT でできたテザーが地表面の法線方向に伸展され，自立制御方式のクライマーが昇降するといったものである．（Fig. 1）しかし，このような昇降システムはほとんど存在しない．また，テザー断面の形状，クライマーの駆動方式，最適な材料の選定など，精査すべき要素は多い．そこで昨年，多様な観点から検討しモデル製作されたクライマーの反省，改良点をもとに，新しいモデルを製作し，基本昇降性能の適切さを評価した．

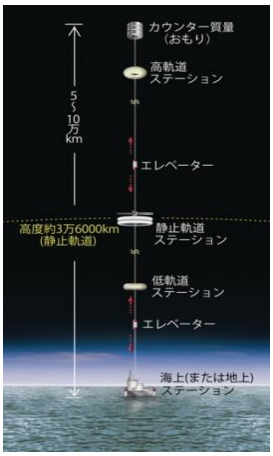

Fig. 1. The space elevator system

１：日大理工・院・精機　２：日大理工・教員・精機

現在作製されているクライマーは，主にベルト状のベルトテザー，ワイヤー状のロープテザーの二種類を昇降するものである．昨年製作したクライマー（Fig. 2）は CFRP による軽量化を目指したものであり，遠隔制御により昇降させることに成功した．

機体重量は約 3(kg)，最大昇降速度は 0.5(m/s)，積載貨物は最大で 2.5(kg)であった．今年は，このクライマーの昇降性能面（速度，ペイロード）での向上を目的とし新たな機体の設計・製作を行った．（Fig.3）この機体は重量約 11(kg)と重くなったが，学内での昇降実験では最大昇降速度は 4(m/s)を達成した．

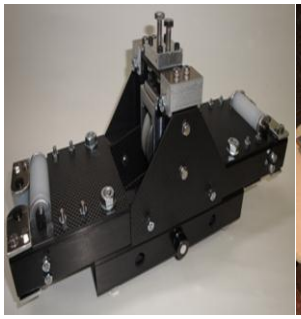

Fig. 2. Panda 1

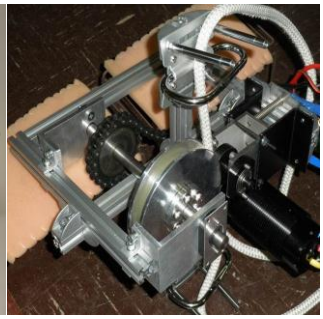

Fig. 3. Alpha

５．宇宙エレベーター競技会への出場

今回クライマーを開発するにあたり，モチベーションの向上，および他開発者との交流のため，日本での宇宙エレベーター技術競技会（以下 JSETEC），およびドイツでの欧州宇宙エレベーター技術競技会（以下 EuSEC）への参加と上位入賞を目標として定めた．これは，上空から垂下したロープテザー上を，クライマーを昇降させ，昇降性能，ペイロード，機能性など，多面的にクライマーを評価し競う競技会である．

競技会までの製作期間は約 4 か月と短く，まったく設計・製作の経験のない学生も参加していたため，製作は困難を極めた．しかし，設計に対する検討会や関連情報収集を積極的に推し進め，最終的には，各々自分の意見をもち，進んで製作の過程に加わるようになった．また，競技会当日もクライマーの調整，さらなる改良を時間の許す限り進めており，モチベーションの向上も見受けられた．

JSETEC には，社会人チーム含む計 16 チームが参加し，競技と並行して相互のクライマーのプレゼンテーション，および積極的な質疑応答，情報交換を行った．JSETEC での成績は総合第 3 位，および制御賞を獲得した．また，EuSEC では，アメリカ，ドイツの開発チームともプレゼンテーションを含めて交流を図り，さらなる知識の向上，国際的コミュニケーションに努めた．この結果 EuSEC での成績は，総合第 2 位であった．

以上，クライマーを新たに設計・開発し，二つの大会で賞を受賞したがそれ以上に，チームの統率，学生への技術的指導，その結果としての，モノづくりの知識，モチベーション，積極性などの向上を図れたことが，何より価値のある成果と感じている．

６．次世代への引き継ぎ

宇宙エレベーターの開発チームは，下級生，地域との交流も積極的に行っている．付属中高生や周辺地域への小学生を対象とした，LEGO によるクライマーモデルの製作イベント，オープンキャンパスにおける宇宙エレベーターの紹介などを行い，宇宙エレベーターへの関心を促している．その結果，興味を持って未来博士工房に訪れる下級生が増えており，下級生のみでクライマーの設計・開発を始めたチームもある．このように，宇宙エレベーターに関するアウトリーチ活動を継続的に開催していた結果が実りつつある．

７．今後の展望

以上より，クライマーの開発を通したモノづくり，プロジェクトの遂行やチームワークの向上，広い範囲の学生との交流は非常に有意義な経験となった．今後さらにこのプロジェクトを推進させ，多くの学生に興味を持ってもらい，様々な分野の学生が自由な発想を持って参加できる体制を構築していきたい．参加人数が増えることにより，複数のチームを構成し，学内でも互いに切磋琢磨できる環境で開発を進められれば，より良いクライマーの開発が実現できるであろう．また，競技会に併せて，クライマー開発講習会への参加・情報交換も予定されており，さらなる知識の向上につなげたい．

８．参考文献

[1] Bradley C. Edwards: “The space Elevator NIAC Phase II Final Report”, March 1, 2003