

## 不安定条件下での宇宙エレベーターの挙動

# 辻野 勇樹 [1]; 羽田 亨 [2]; 松清 修一 [3]  
[1] 九大・総理工・大海; [2] 九大総理工; [3] 九大・総理工

### Dynamics of the space elevator under unstable conditions

# Yuki Tsujino[1]; Tohru Hada[2]; Shuichi Matsukiyo[3]  
[1] ESST, Kyushu Univ.; [2] IGSES, Kyushu Univ.; [3] ESST Kyushu Univ.

The space elevator, which basically is a cable connecting the earth and the outer space (up to  $\sim 16$  Re), is expected as a new means of transport. If it is realized, it can be a traffic infrastructure that can be used continuously for a long time. Also, by the departure of spacecraft from the satellite on the space elevator, people can advance further into the universe. The technical demands of the space elevator are high, and it was far from realization, but with the discovery and development of new materials typified by carbon nanotubes, the feasibility has increased, and the research is progressing. Recently there appears an increasing number of academic studies about the conceptual design (e.g., Edwards, 2007) and climber and wind influence (e.g., Lang, 2005, Williams, 2009), although, overall, the research is still at the initial stage of examination.

Since there is numerous debris flying near the earth that can collide the space elevator, and since the debris density is greatly influenced by the atmospheric density, one cannot ignore the space weather connection to the stable and long-term operation of the space elevator. In this research, we focused on the dynamics of the cable when a significant impact is given to the space elevator. First, we developed a numerical model to simulate the motion of the cable using the lumped-mass model, i.e., the cable is modeled by a continuous elastic spring-mass point system. The following forces are included in the model: gravitational force due to the Earth, the centrifugal force and the Coriolis force due to the revolution movement around the earth, internal stress and the friction of the cable. We first determined the equilibrium positions of the mass points and then checked small-amplitude oscillations of the system correspond to those obtained by eigenvalue analysis. We will report the simulation results on the cable movement when a finite amplitude impact is given at various locations, directions, and magnitudes, with and without including the effect of cable disconnection.

現在、宇宙（16Re程度）と地上で物や人のやり取りをする唯一の手段はロケットである。ロケットは、コスト、環境への影響、安全面に課題がある。これらを解決する新たな宇宙への輸送手段として、宇宙エレベーターの概念が提唱されている。宇宙エレベーターは、静止軌道以遠での遠心力と静止軌道以内の重力とによる張力を利用して地上と宇宙をつなぐ建造物（ロープ）である。したがって、ロケットのように使い捨てではなく、長期にわたって継続的に利用できる交通インフラとなる。また、宇宙エレベーター上の衛星から探査機や宇宙船が出発することで人類がさらに遠くの宇宙へ進出することができる。宇宙エレベーターの技術的要求は高く、実現には程遠いものであったが、カーボンナノチューブに代表される新素材の発見や開発をきっかけに実現性が高まり、研究が本格化している。Edwards[2007]による宇宙エレベーターの概念設計に始まり、Lang[2005], Williams[2009]たちのケーブルの展開や、クライマーや風の影響についての学術的研究はあるが、まだ初期的な検討に過ぎない。

地球近傍には多くの宇宙デブリが存在するため、長時間スケールではこれらと宇宙エレベーターの衝突事故を考慮する必要がある。また宇宙デブリ密度は高高度における大気密度に影響されるため、宇宙天気との関連も重要である。本研究では宇宙エレベーターに大きな衝撃が与えられた時のケーブルのダイナミクスに注目した。まず、ケーブルの運動をシミュレートするための数値モデルを開発した。ケーブルは Lumped Mass 法により多数の弾性ばね-質点系として近似し、これらの地球による重力、地球の自転に起因する遠心力とコリオリ力、ケーブルの伸縮による内部応力を考慮した。まず力学的平衡位置を求め、固有値問題の解として微小振動スペクトルを求め、シミュレーションの結果と一致を確認した。ケーブルに微小ではなく有限の力積が加わる場合を想定し、様々な条件下でのケーブル運動を計算した。ケーブルの有限振幅振動と地球への落下について、またケーブルに加わる張力が限界値を超えた場合にケーブルが切断されることをとりいれたモデルを用いて破壊条件を求めた結果を報告する。