

ベア導電テープテザーの理工学に関する観測ロケット実験

首都大/TMIT 藤井裕矩、首都大 渡部武夫、草谷大郎、小島広久、小山孝一郎 ISAS/JAXA 佐々木進、田中孝治、阿部琢美、下山学、静岡大 山極芳樹、大津広敬、九工大 趙孟佑、九大 羽田通、Universidad Politecnica de Madrid Juan R. Sanmartin, Mario Charro, ESA Alain Hilgers, Jean-Pierre Lebreton, Delta-Utec Erik J. van der Heide, Michiel Kruijff, Fabio De Pascale, CSU John Williams, Binyamin Rubin, Casey Farnell, NASA/MSFC Charles Les Johnson, George V. Kazanov, RMIT Pavel M. Trivailo

Science and Engineering Experiment of Bare Tape-Tether on Sounding Rocket

Hironori A. FUJII, Takeo WATANABE, Tairo KUSAGAYA, Hirohisa Kojima, Koh-ichiro Oyama (TMIT/TMIT), Susumu Sasaki, Kohji Tanaka, Takumi Abe, Manabu Shimoyama (ISAS/JAXA), Yoshiki Yamagiwa, Hirohisa Ohtsu (Sizuoka U.) Mengu Cho (KIT), Tohru Hada (KU), and European/American/Australian members as above.

E-mail: fujii@tmit.ac.jp, tmit@pa2.so-net.ne.jp

Abstract: Two projects are introduced in this paper to verify the performance of space tether technology. A sounding rocket will be launched in the summer of 2009 to deploy a bare electro-dynamic tape tether having a length of 300m. The other project to verify the space tether technology is a small satellite to deploy a bare 25km electro-dynamic tape tether, and the launch is expected in 2013 with employing a new solid motor rocket. These verifications of tether technology will lead to a large numbers of applications of space tether technology and some future projects are also introduced.

テザー技術の宇宙実験

テザー技術によって、シンプルであり、コンパクトな収納が出来、軽量で非常に長大、人的資源の少ない自立構築が可能、かつ、燃料消費のほとんどない経済的な推進器の構成が可能となる。このため、将来の太陽発電衛星や大型宇宙構造物や、深宇宙探査衛星などの構成においては、宇宙テザー技術は必須なものとなると考えられる。テザー技術のこれらの種々の性能を宇宙で検証することは重要である。

観測ロケット S520 によるベア導電テザー実験は (FIG. 1) そのような宇宙実験のひとつである。この観測ロケット S520 の 25 号機は、ISAS/JAXA によって 2009 年夏の早朝に鹿児島県内之浦より高度 300km (対気速度約 0.5km/s) で打ち上げられる予定である (Ref. 1)。この導電テザー (EDT) の飛行方向は地球磁場をほぼ 45 度で横切り、これは制御はされないが磁気計によって計測する (Fig. 2)。この S520 観測ロケット実験によって 3 つの工学実験と 3 つの理学実験が予定されている。それらは、1) 300m の長さの導電テープの 2 分間での高速伸展、2) ホローカソードの 3 分間での高速点火、3) テザーロボットの制御、4) EDT 推進器の性能検証、5) 宇宙電流収集理論の検証、6) 再突入時の空力特性などである。これらの宇宙実証実験の項目はいずれも将来の宇宙テザー技術の応用のためには欠かすことの出来ない重要な実証実験であり、いずれも世界初の成果をもたらすものである。用いるテザーはベ

アの導電テザーで、PET 樹脂により強化された幅 25mm、厚さ 0.05mm のアルミのテープであり、ラングミュアチューブなどで計測される。この導電テザー技術の理学実験によって 1920 年ころに提唱された電子収集理論である OML (軌道運動制限) 理論などの宇宙での実証が始めて可能になる。

長さ 300m の導電テザーは Fig. 1 S520 ロケット 500 秒に満たない全飛行時間から 300 秒程度の理学

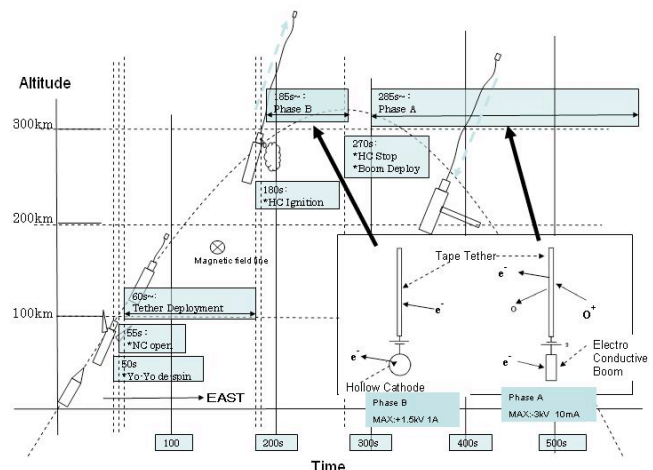


Fig. 2 S520 の 25 号機の実験シーケンス

実験の時間を確保するために120秒で展開され、ホローカソードは180秒で高速点火される (Fig. 3)。このプロジェクトは日本/欧州/米国/豪州の国際協力によって行われるものであって、欧州宇宙機関 (ESA)、米

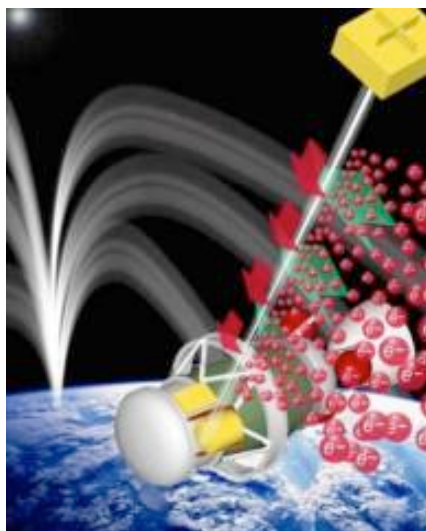


Fig. 3 ホローカソードの高速点火 (コロラド州立大学提供)

国 NASA などの協力を得て行われるものである。この観測ロケット実験は、次の段階として25kmの長さの導電テザーを用いた小型衛星での低価格の低軌道宇宙実験につなげることが出来る。これによって、アルフヴェン波の非線形効果の研究 (Fig. 4) などの非常に重要な理学実験、電力供給、燃料を用いない打ち上げや軌道高度変換 (Fig. 5) などの有用な工学実験を含む多くの宇宙テザーの応用を展開することが可能となる。

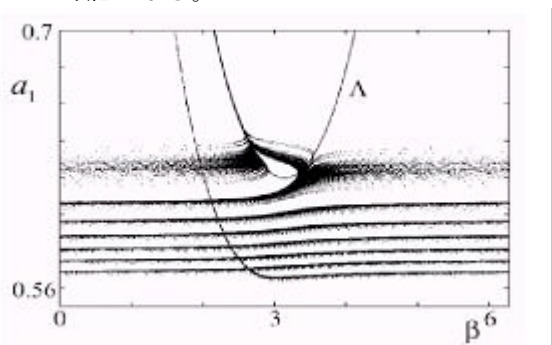


Fig. 4 非線形アルフヴェン波

アルフヴェン波の宇宙実験では、このアルフヴェン波を人工的に作り出し、地球、木星、や彗星の作り出す宇宙の自然なアルフヴェン波と干渉させることによって非線形効果など理学的に非常に興味深い現象を観察することが可能となる。

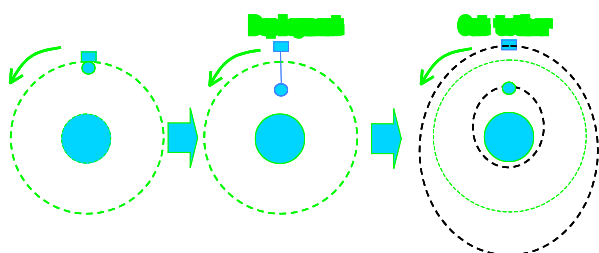


Fig. 5 燃料を用いない軌道変換

また、宇宙においては質量を失わないことは、打ち上げ費用や宇宙船の寿命時間を確保するために非常に重要なものであり、工学実験においては電力供給、燃料を用いない打ち上げや軌道高度変換 (Fig. 4) の導電テザーの利点を検証することが可能となる。



Fig. 6 木星の衛星群の探査

将来の宇宙テザー実験技術

宇宙テザー技術の活用の主要な動機は、低価格、シンプルなミッションコンセプト、そして短期間での実現可能性である。この将来の応用では、搭載燃料をほとんど搭載することなく木星の衛星群を探査する計画が欧州宇宙機関を中心として行われている (Fig. 6)。また、宇宙デブリの経済的な捕獲・投棄に活用することも可能となる。さらに、軽量で長大な構造物が構成できることによって10km以上となる太陽発電衛星のような巨大な構造物が計画されている。

このように、宇宙探査のみならず商業的にも応用価値の大きい宇宙テザー技術の応用は、本観測ロケット実験や小型衛星実験によってますます応用価値が増加すると思われる。

まとめ

日本/欧州/米国/豪州の国際協力による2009年夏打ち上げ予定の観測ロケット実験、さらにこれに続く小型衛星実験は、ベア導電テザー技術を含む宇宙テザー技術の新しい局面を展開し、将来にわたって非常に多数の有用な宇宙利用を引き出すことが期待され、宇宙開発の新しい局面を展開するための一つの重要な要素となるであろう。

Reference

1. Fujii, H. A., Takegahara, H., Oyama, K., Sasaki, S., Yamagiwa, M., Kruff, M., Van der Heide, E. J., Sanmartin, J. R., and Charro, M. "A proposed bare-tether experiment on board a sounding rocket," *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*, at the Providence, RI, August 16-19 2004.