

第37回日本大学理工学部図書館公開講座

「宇宙シルクロード実現に向けた取組み—軌道エレベーターによる宇宙物流と惑星開発—」が終了しました

2021年2月1日

令和3年1月27日(水)18時よりビデオ会議ツール「Zoom ミーティング」を使ったライブ配信型公開講座として、第37回日本大学理工学部図書館公開講座が開催された。今回は理工学部長でもある精密機械工学科の青木義男教授による「宇宙シルクロード実現に向けた取組み—軌道エレベーターによる宇宙物流と惑星開発—」をテーマとして、169名の聴衆に向けて質疑応答を含めた70分にわたって「現在から近未来の宇宙開発」について、実際に競技会で使用された昇降ロボット(クライマー)を展示しながら講演がなされた。若い人には是非、宇宙開発に興味を持っていただき宇宙シルクロード構築に参加してほしいという熱いメッセージで締めくくられた。その後、数件の質疑応答を行い講演会は終了した。

○青木先生講演概要

宇宙シルクロードの実現に向けた取組みについて、現在の身近なことから近い将来の火星開発までを技術的な視点で「産」「官」「学」による取組みについて詳細に語られた。

○新たな宇宙利用技術の潮流と展望・宇宙開発の4つのポイント

現在、宇宙が生活の中で極めて身近な存在になってきている。その背景には、宇宙開発の観測衛星、通信・放送衛星、測位衛星、地上インフラの4つのポイントがある。これらは現在の生活インフラとして欠かせない存在になっている。

【観測衛星】

現状 2000 億円市場と言われ、今後も成長が見込まれている。特に気象分野で注目されている。現在、大型衛星デジタルグローブ(高解像度観測衛星)や小型衛星コンステレーション(多数個・低軌道衛星)などを活用して GPS など絶え間なく切れ間なく運用できるようになっている。これらを担う民間企業が多数参入してきている。

【通信・放送衛星】

スカパーJ-SAT に代表される静止衛星・大容量通信衛星(HTS)、マルチスポットビーム、デジタルビームフォーミング、チャネライザ、オール電化など各分野で衛星事業の企業参入が図られている。その他多数の通信技術により世界の隅々まで通信やリアルタイムコミュニケーションが可能となっている。

【測位衛星】

GPS(現在第2世代)は準天頂衛星システム(日本は 2023 年には 7 機体制構築)をはじめ各国が取り組んでいる。

【地上インフラ】

Amazon 社のビジネス戦略であるミッション to MARS(Machine Learning 機械学習<AI 人工知能>, Automation<自動化>, Robotics<ロボティクス>, Space<宇宙>の略称)に代表される様々な民間参入が行われている事業分野である。

○日本の宇宙ビジネス参入企業

地上・地上から宇宙・宇宙の3つにわけて日本の宇宙ビジネス参入企業について解説された。

地上では、ALE(人工流れ星)・アストロスケール(宇宙ゴミ回収)・ウミトロン(海洋事業・潮の流れ・魚類魚群の移動を宇宙から観測)をはじめとした各社の衛星および衛星データの利活用が事業化されている。

地上から宇宙では、宇宙へのアクセス(ロケットや宇宙機の開発・製造・打上げ)としてインターステラテクノロジー(堀江貴文氏の会社)をはじめ多くの企業が事業参入している。

地球近傍宇宙・低軌道では、衛星インフラの構築(宇宙及び地上)についてはアクセルスペースやキャン

電子などベンチャー企業から大企業まで広く参入している。軌道上サービスについてはアストロスケールの微小重力実験等がある。また、PD エアロスペースの宇宙旅行やホテル等の個人向けサービス、Ispace(HAKUTO)の深宇宙探索・開発事業、トヨタ自動車のスペースローバーなど多数の企業が事業参入している。

○政府の取り組み

日本における宇宙利用の未来予想図は、新・宇宙戦略概論(自由民主党総合政策研究所 坂本規博著、科学情報出版)で近未来・21世紀半ば・22世紀までの3区分で、どの時期にどのようなニーズがありどのような輸送システムが必要かが検討提案されている。

近未来では月や火星の探査が行われている。その中にはその物流を担う軌道間輸送機(軌道エレベーター)が提言されている。21世紀半ばには大量物資輸送システムが稼働する。22世紀には火星・火星の衛星への物資輸送・軌道間輸送が始まる。さらに人が住める空間をつくる(スペースコロニー)、そのためには革新的輸送システムが必要(ロケットでは輸送量ペイロードが小さい)となる。

○日本学術会議マスタープラン 2017

日本学術会議マスタープランに2017年ハイブリッド宇宙エレベーターが採択された。これにより地上から大気圏への物資輸送・宇宙空間の物資輸送・その間をつなぐ物資輸送、3つをあわせたハイブリッド宇宙エレベーター構想の基礎研究・基礎実験が行われるようになっている。

○大林組の取り組み

建設会社大林組の宇宙関連プロモーションビデオを動画で視聴した。大林組のプロモーションビデオはTVCMでも放映され大変注目されており、そこには宇宙ステーションに到着する宇宙エレベーターが描かれている。

○青木研究室の取り組み

日本大学理工学部精密機械工学科青木研究室では宇宙開発のために必要な自動昇降ロボット(クライマー)の研究開発を2008年から始めた。ユーロスペースエレベータチャレンジ EuSEC(競技会・コンペティション)に出場し、青木研究室は2012年と2018年に総合優勝し、2011年と2016年には総合準優勝した。

講演では欧州宇宙エレベーター競技会の動画、2018年の決勝の様子が流された。競技はエレベーターの昇降(100m上昇)を準備から撤収までのすべてを20分間で行うものであり、高速移動に耐えられる耐久性・制御技術・省エネ性能が必要となる。マイコンを組み込んだ昇降ロボットやレゴブロックで作成されたものまで様々なものが参加している。青木研究室の自動昇降ロボットは超小型人工衛星(10cm角のキューブサット)モデル8台を乗せて昇降させ総合優勝した。残念ながら2020年は新型コロナウイルス感染症対応のため中止となった。

2020年欧州宇宙エレベーター競技会用に製作したクライマーを宇宙エレベーター協会の支援のもと、国内で昇降実験(500mの崖を利用)を実施することができた。そこで時速約170kmを記録した。これは現状では世界最高記録となっている。

○宇宙での開発・STARS-Me

2つの衛星を宇宙空間に放出してミニエレベータ移動デモンストレーション実験を行う、Space Tethered Autonomous Robotic Satellite-Mini elevator (STARS-Me)は静岡大学(山極研究室・桑原研究室)、日本大学(青木研究室)、株式会社大林組の共同研究である。この中でテザー展開・クライマー昇降などのミッションシステムを青木研究室が担当している。

テザーはケーブルやひものようなイメージだが、宇宙空間で安易に伸ばすと絡まり・伸び切った時の反動などが問題になる。スプリングテザー、コンバックステザーなどの技術、新素材などでこれらの解決を目指し

ている。テザーに銅テープを活用してリニアモーターカーの原理で非接触移動ができる。

地上で十分な実験を行わないとロケットに乗せて宇宙空間での実験は許可してもらえない。そのため、無重力化での実験、温度変化への対応、宇宙放射線に対応、原子状酸素に対応、放出ガス(アウトガス)の影響に対応などをクリアする必要がある。

そこで人工衛星モデルをホバークラフトに乗せた人工衛星モデルで広い空間でテザー展開実験を行った(その実験の様子も動画によって紹介)。スプリングテザーを利用した実験では安定した展開を実現した。この制御は非常に重要であり、最終的には再度収納し大気圏突入させることまで想定している。制御がうまくいかないと収納時に衛星筐体が回転をはじめて制御不能になる。地上での知見の積み重ねが極めて重要であり、この段階でのミッションを成功させている。

2個連結した実験衛星は2018年このとり7号機搬送ロケットに相乗りの形で2018年9月23日に宇宙ステーションに向けて運ばれた。ロケットは宇宙ステーションの軌道に合わせるため上昇後に斜めに向いて飛行し調整・同期をとり9月27日に到着した。その後、2個連結した実験衛星は宇宙ステーションから放出され、その瞬間の映像動画を視聴した。軌道投入実験は成功しテザー展開までの信号確認ができた。しかしその後通信ができない状態となっている。

このように日本学術会議マスタープラン2017に沿う形で地上・宇宙での実験を積み重ねている。

○JAXA International Space Exploration 火星衛星探査ミッション

JAXA はかぐや(月の裏側の詳細画像探査)・はやぶさ(サンプルをとって戻ってきた世界でも稀有な成功例)に続けて月の資源開発、火星探査 MMX2025、火星の衛星探査から火星の資源探査開発などのロードマップを示している。地球に近い惑星である火星(自転がほぼ同じ24.5時間、温度が場所によって地球に比較的近い、重力は地球の3分の1)が注目されている。資源開発も期待されている。

火星には2つの衛星があり、そのひとつダイモスは火星の静止軌道に近いところにある。つまりダイモスはそのまま宇宙ステーションとして使える可能性のある衛星として注目されている。火星と衛星をつなぐカーボンナノチューブなどの軽量高強度新素材によるテザー開発が期待されている。またもうひとつの衛星フォボスは約6000kmの軌道上にあり、火星に近いので PIPD Fiber や Zylon Fiber などの既存素材によって軌道エレベーターが完成する可能性があり、実現性が非常に期待されている。火星への物資輸送では、火星の衛星にまず物資を送り、そこから火星に運搬するほうが効率的と考えられている。

また火星には地中に水やメタンなどの資源があることが期待される根拠が見つかっている。そこで火星の温度を上げ、これらを地中からとり出すことが検討されている(シリカエアロゲルによる紫外線反射と赤外線透過による温暖化など)。また金属等の地下資源も期待される。

現在は、世界各国が火星および火星開発を目指している。特に米国・中国が人類火星到達を目指している。

○火星ローバーと先行探査ロボット

月と同様に火星にも先行探査ロボットを送ってサンプル(水、鉱物、金属など)採取し、帰還させること(サンプルリターン)が重要になってくる。地表では段差、穴やくぼ地などが想定されることから走行部と探査部が分離する分離型探査ロボットや展開車輪懸垂型ローバー、摩擦駆動型惑星ローバー(中には柔らかい素材を有効活用したもの)などさまざまな検討と開発が行われている。

○まとめ

次世代の研究開発として、高校生・大学生(若い人)には、宇宙事業と宇宙シルクロードを目指してほしい。

(宇宙ビジネスアイデアコンテスト S – Booster2017 大林組賞受賞)
関東工学教育協会賞 受賞