

卓越した大学院
「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
平成 27 年度 博士課程後期学生国際会議派遣 参加報告書

氏名／専攻・学年 Name / Department	湯口 雄大／航空宇宙工学専攻・博士後期課程 2 年
学会名 Conference's name	30th International Symposium on Space Technology and Science
開催地 Venue (Name of the facility, city & country)	Kobe International Conference Center, Kobe, Japan
日程 Conference period	4-10, July, 2015
発表タイトル Presentation Title	Analysis on Motion Control Based on Reaction Null Space for Ground Grip Robot on an Asteroid
<p>【発表概要 Brief summary of your presentation】</p> <p>Asteroids are likely to hold clues that could reveal the origin of our solar system and its evolutionary process. Thus, asteroid exploration has become an important scientific objective in current space development. In particular, unmanned exploration using robots is regarded as being an effective method for investigating the surface of an asteroid. However, it is not easy for the robot to implement locomotion on the surface. This is because, I) the asteroid surface is an unknown irregular terrain, and II) the gravity of the asteroid is extremely low. Therefore, robotic exploration in an asteroid requires the adoption of an appropriate locomotion strategy. Moreover, an exploration robot is expected to be capable of moving to an area of scientific interest. In response to this, we have proposed a ground grip robot that moves by gripping the surface like a rock climber. Given the very low level of gravity on the asteroid surface, there will be very little gravel or sand. Therefore, the robot avoids flotation and rotation by gripping the asperities of the surface, and thus can move about and explore the surface. When the idling arm is moved while the supporting arm's gripper is attached to the surface, all of the reaction forces act on the gripper. If the gripping force is to be exceeded, however, it becomes detached from the surface and the robot is not able to move forward. In this paper, therefore, we propose a motion control method that does not act the reaction force on the gripper by utilizing the reaction null-space, which is the projector onto the null space of the inertia coupling matrix. Additionally, when the reaction force acting on the tip of the idling arm exceeds the gripping force of the supporting arm's gripper, the gripper becomes detached from the asteroid surface. For that reason, the robot cannot continue to move forward. Thus, it is necessary for the force acting on the idling arm's gripper to be as small as possible. Therefore, the tip position trajectory is generated as an ellipse to enable smooth movement and eliminate any frictional force. Furthermore, the control law was made by setting the task priority for these two control tasks. The control law was validated by a planar dynamic simulation. The simulation model assumes a dual-armed robot with three degrees of freedom (DOF) in each arm, while the uneven surface is simulated under certain conditions. As a result, the robot was able to move continuously with reactionless motion and the propriety of the control law was confirmed.</p>	

【他の講演等から得られた知見、感想等。What you learned from other presentations, general impression you had, etc.】

私は、学会最終日の Small Body (3) というセッションで発表を行った。微小重力かつ不整地の小惑星表面に対して、ロッククライミングのように表面にしがみつきながら移動するロボットの運動制御について、シミュレーションを実施した結果について発表した。質疑応答では、ロボットが有するマニピュレータの自由度の選定理由や、小惑星表面に砂が存在する場合の対処法に関して議論を行った。特に、砂が存在する場合の対処法について、これまで小惑星のように重力が極めて小さな環境では細かな砂を留めておくことはできないという仮定の下で研究を行ってきたが、実際に小惑星探査機「はやぶさ」が調査したイトカワでは砂の存在が確認されている。表面が砂などの軟弱土壌ではしがみつくなことができないため、安定した移動が困難となる。よって、軟弱土壌が存在する場合も想定したロボットハンドが必要であり、今後のロボットハンドの開発に繋がる有意義な議論を行うことができた。また、同セッションでは、その他に3件の発表が行われた。1つ目は、小惑星のサンプル回収の方法に関する発表であった。日本刀の技術を応用した芯抜き器を小惑星表面に対して高速で突き刺すことによってサンプルを回収するという斬新な方法であり、実験によりその有用性が確認されていた。2つ目は、宇宙機を用いた小惑星の軌道変更に関する発表であった。小惑星は数多く存在するため、それらの幾つかが将来地球に衝突することは十分考えられる。一方で、小惑星は豊富な資源を有しているとも考えられており、小惑星を通じた資源確保も計画されている。これらの課題を解決する方法として、本発表では複数の宇宙機を用いて外力を加えることにより、小惑星の軌道を変更して地球や月の軌道上を周回させるミッションを提案し、効率やコストの面からイオンビームが適していると結論づけていた。3つ目は、ラブルパイル小惑星の探査ミッションに関する発表であった。ラブルパイル小惑星とは、複数のがれきが集まって構成されている小惑星のことであり、イトカワへの探査によってその存在が初めて確認された。本発表では、NASAのミッションコンペティションに応募した BASiX ミッションの詳細について述べられていた。これらの発表から、小惑星探査では、私が研究している表面の移動方法の他にも、サンプルの回収方法や、地球の安全および資源確保を目的とした小惑星の軌道変更、さらにラブルパイル小惑星の成分や成り立ちに関する研究に至るまで、多岐にわたる研究内容が存在することを学んだ。

本学会では、小惑星探査に関する発表だけではなく、ロケット等の推進技術に関する研究や小型人工衛星の開発や商業的利用価値に言及した発表、軌道力学、空気力学等、様々な観点から宇宙開発の最新動向について学ぶことができた。また、JAXA や宇宙開発に携わる企業の展示ブースもあり、企業の方々と宇宙の技術開発について深く議論することもでき、とても有意義な学会活動を経験することができた。

【写真 Pictures】

