

平成 25 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	機械宇宙システム専攻
研究者 (ふりがな)	中西 洋喜 (なかにし ひろき)
タイトル	宇宙ロボットのためのスペースデブリ捕獲機構の研究
助 成 名	新任助教研究助成
採択金額	1,000,000 円

研究の背景

スペースデブリ（宇宙ゴミ）の増加に伴う宇宙環境の悪化は加速的に進んでおり、今後デブリを能動的に除去していくことが必須とされている。しかし、デブリの除去は非常に危険な作業でありロボットによる作業が望まれるがその技術が未だ確立されていない。デブリ除去技術のキーの一つとなっているのが捕獲技術である。専用の被把持機構を持たず、タンブリングと呼ばれる回転運動をしている非協力的ターゲットであるデブリを安全・確実に把持することが喫緊の課題である。本研究は非協力的ターゲットの把持および除去デバイスの固定を実現するシステムの確立を目的としている。申請者は、近年開発された、これまでに無かった宇宙環境下で使用可能な粘着機構「ヤモリテープ」（日東電工）に注目しており、本課題ではこの粘着特性を利用した非協力的ターゲット捕獲機構の検討を行う。粘着や摩擦を宇宙での捕獲に積極的に用いることは、材料が無かったこともありこれまでに無い新しい試みである。

結果と考察

本研究では、デブリに代表される宇宙空間の非協力的ターゲットを安全かつ確実な把持を実現できる機構について、優先的な除去対象とされている大型デブリ（大型衛星、ロケット上段）の把持を仮定し、2種類の把持手法を検討した。

(1) 大型衛星太陽電池パネル把持

衛星は一つ一つの形状が大きく異なり、把持しやすい突起状の構造も少ない為、汎用的な把持手法・機構が確立されていない。太陽電池パドルは数少ない共通の大型突起物であるが、脆弱であり、集中荷重に弱いという問題があった。ここでは、板状のハンドで挟み込み、摩擦力または剪断粘着力により把持を維持する手法を考案し、ヤモリテープの適用性ととも、実用性の検討を行った。太陽電池パドルを挟み込むグリッパーを JAXA と共同で開発し、ここにヤモリテープを取り付け、パドルの挟み込み特性や、デブリ除去ミッションを想定した耐荷重試験を実施し、本手法がデブリ除去に適用できる可能性が十分に高いとの結論を得た。

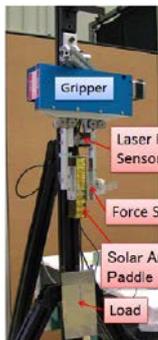


Fig.1 太陽電池パドル把持実験

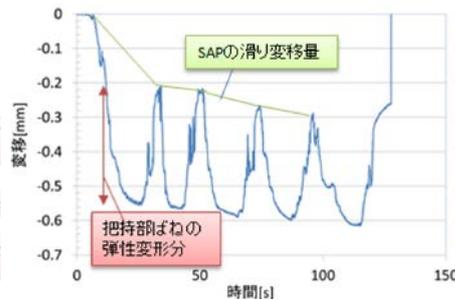


Fig.2 除去ミッション中に発生する最大応力（5回）に対する把持部の滑り量

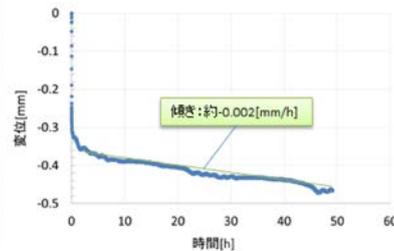


Fig.3 デブリの除去時に発生する連続荷重に対する把持部の滑り量

2) ロケット上段把持

ロケット上段は突起が少なく、ロケットノズルと衛星搭載部は配管等が複雑に絡み合っており、通常のロボットハンド等による把持は容易ではない。本研究では、ロケットの側面を包み込む（巻き付く）ように把持し、摩擦または剪断粘着力により把持を保持する機構についての検討を行った。十分に摩擦力を働かせるためには、把持部に均等な垂直応力を発生させることが重要である。申請者はソフトグripper（広瀬，1978）の均等圧把持（関節に根元から二次関数状にトルクを与えると把持力が均一になる）を応用し、これをトーションばねにより実現する把持機構を開発した。把持機構は、ばねポテンシャルを持った状態から一瞬で展開し対象物体に巻き付く（Fig.4）。巻き付き後の荷重分布（Fig.5）一方向に荷重が偏らない事が確認された。また、内側に高摩擦材を取り付けた把持試験では、デブリ除去ミッションで想定される最大応力（約 80[N], 5 回）に対して、把持部のずれ量が 5[mm]程度となり、有望であると判断できる結果が得られた。



Fig.4 円筒（ロケット上段を模擬）把持実験

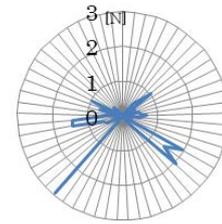


Fig.5 把持時垂直応力分布

結論と今後の課題

本研究では、専用の被把持機構を持たない、デブリ等の非協力的ターゲットを安全・確実に把持できる機構について、これまで積極的に用いられてこなかった剪断粘着力・摩擦力を前提とする新しい機構を開発し、その有効性について検証を行った。太陽電池パドルおよびロケット上段の把持に対し、デブリ除去ミッションを想定した力環境を与えた検証実験により、本把持機構の有用性が確認された。今年度は、主として、把持完了後における静力学的な評価を行ったが、今後は、把持の瞬間における動力学、接触力学等について検討を進め、本機構を使用する際に適した制御法を確立するとともに、より実用性の高いシステムの構築を目指す予定である。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品1	解析用コンピュータ	297,150
備品2		
消耗品		481,750
旅費	JAXA, 学会 (Robomec, ISTS, 宇科連)	221,100
その他		
合計		1,000,000

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。