

レーザーによるスペースデブリ除去技術

理化学研究所 1), スカパー-JSAT2), 名古屋大学 3)
 小川貴代 1), 津野克彦 1), 福島忠徳 1, 2), 戎崎俊一 1),
 和田智之 1), 中村友祐 3), 佐宗章弘 3)

1. 宇宙デブリの現状と将来

1-1 宇宙デブリの現状

通信における 5G, 6G 化, GPS, 地球観測衛星など宇宙空間の高度な利用が進む中で, 軌道のコントロールができなくなった衛星や, 故障した衛星などデブリと呼ばれる宇宙ゴミの存在は, 大きな社会課題となっている。具体的には, 1) 宇宙デブリとの衝突が宇宙機に破壊的なダメージを与えること。2) 宇宙デブリを除去することが非常に困難であること。3) 宇宙機の破損によって宇宙デブリの数が一挙に増加すること等により, 今後の宇宙利用, 宇宙開発が停滞することが危惧されている。

1) は, 地球を周回する全ての物体が 7km/s 以上の速度で運動し, 非常に大きい運動エネルギーを持つことが原因である。このため, 宇宙デブリと宇宙機の衝突時の相対速度もほとんどの場合, 数 km/s 以上になる。この速度は, 一般的な銃弾の発射速度である数 100m/s (地上での音速) の 10 倍以上もあり 1 グラム以下の小さな物体であっても, 高い運動エネルギーで宇宙機を貫通, 破壊してしまい, 防御は困難である。質量をもつ物質をガス化して消滅させるためには, 大きなエネルギーが必要であり, ガス化してデブリを消滅させることは不可能である。他の物体を衝突させたところで, 物質は消滅せず, 小さな物体に分離し宇宙デブリの個数を増やす効果しかもたらさない。これが 2) の宇宙デブリ除去が困難であることの理由でもあり, 3) の宇宙機の衝突などの破損によって宇宙デブリの数が増加することの原因でもある。

図 1 は, 人類が宇宙空間で活動を始めてから現在までの 60 年余りの運用中の宇宙機, 宇宙デブリの変遷を示したものである¹⁾。宇宙デブリが不連続的に増加した 3 点は, それぞれ, ①中国の衛星破壊ミサイルの実験, ②通信衛星 Iridium33 と機能を喪失していた Cosmos2251 号の衝突事故, ③2021 年にロシアによる衛星破壊ミサイル実験によって, 多数の破片が宇宙デブリとなった事件を示している。このように, 宇宙空間での衛星の衝突が起きると多数の新たなデブリが発生し, さらに事故が起きやすくなる。

一方, 運用中の衛星数そのものも, 2018 年ごろを境に急激な増加を示している。これは, Starlink システムに代表される低軌道コンステレーション通信衛星が, 数千機から数万機の衛星を用いた通信ネットワークの構築を始めたためである。

また, 機能を失った衛星だけでなく, 天然に地球軌道に存在している直径 10cm 以内のデブリも存在する。現時点では, 十分観察しきれていないものの, その分布は図 2 に示すように高度 800km 近辺をピークとして, その数は, 数万に及ぶことがわかっている²⁾。その速度は, 秒速 7m 程度で, 相対的な衝突は, 大きな事故を引き起こすことが予想され, 衛星由来のデブリや, これらの小さなデブリの除去は今後, 人類が宇宙

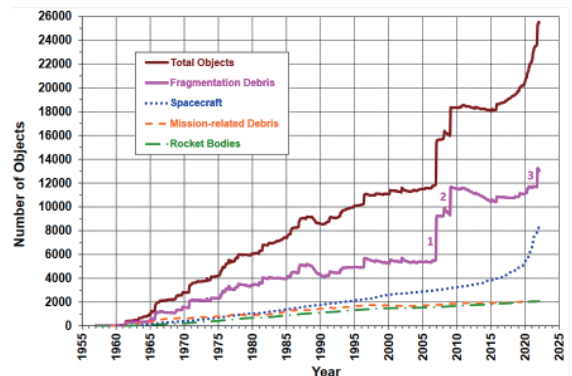


図 1 サイズ 10cm 以上の宇宙デブリ, 及び運用中の衛星の個数 (参考文献 1)より抜粋)