

# スペースデブリ 増加の推移

～ 宇宙活動年表 ～

1965 ▶ フランス初の人工衛星 打ち上げ

1966 ▶ エクスプローラ1号(アメリカ初) …1958年2月打ち上げ、1970年3月落下

1967 ▶ パンガード1号(アメリカ) …現存する最も古いスペースデブリ

1968 ▶ 4億8千万本の微小針を散布し 宇宙通信実験と称して米国が実施

1969 ▶ 人類初の有人飛行 …ガガーリン

1970 ▶ 日本初の人工衛星打ち上げ …おおすみ

1971 ▶ イギリス初の人工衛星打ち上げ

1972 ▶ 中国初の人工衛星打ち上げ

1973 ▶ スペースシャトル 初飛行

1974 ▶ 初めての人工衛星回収・修理 …スペースシャトルで回収したNASA太陽観測衛星の外壁に約1,000個の微小な衝突痕を確認。その内700個程度が人工物と判明

1975 ▶ 宇宙用材料の長期曝露実験衛星で、大量のデブリ・マイクロメテオロイドを確認 …1990年スペースシャトルで回収

1976 ▶ スペースシャトル チャレンジャー爆発事故

1977 ▶ ロシア・ミール 宇宙ステーション打ち上げ

1978 ▶ 日本人初のスペースシャトルによる宇宙飛行 …毛利宇宙飛行士

1979 ▶ インド初の人工衛星打ち上げ

1980 ▶ ハッブル宇宙望遠鏡打ち上げ …以後スペースシャトルで5回の改修・修理

1981 ▶ 国際宇宙ステーション 組み立て開始

1982 ▶ ロシア・ミール 宇宙ステーション落下

1983 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1984 ▶ 中国が自国の衛星を地上からのミサイルで破壊 …3000個以上のスペースデブリが発生

1985 ▶ 日本初の無人輸送船HTVが大気圏に突入し地上に落下

1986 ▶ ロシア・ミール 宇宙ステーション落下

1987 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1988 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1989 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1990 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1991 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1992 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1993 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1994 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1995 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1996 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1997 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1998 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

1999 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2000 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2001 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2002 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2003 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2004 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2005 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2006 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2007 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2008 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

2009 ▶ 宇宙ステーション 組み立て完了

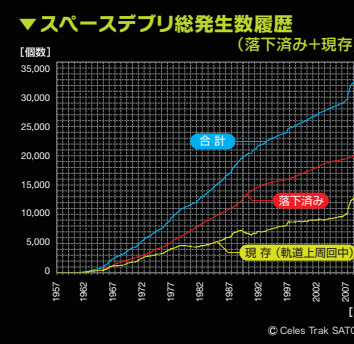
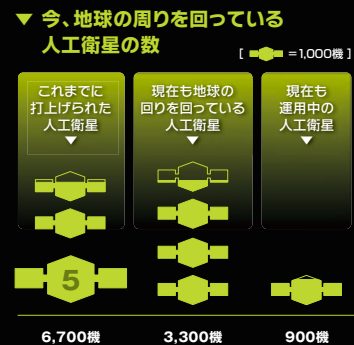
## 宇宙の環境問題

# スペースデブリ

SPACE DEBRIS

## 宇宙のゴミ「スペースデブリ」

スペースデブリとは、地球の周りを回っている人工物体のことです。例えば、人工衛星、ロケット、ロケットから切り離された部品、人工衛星から切り離された部品、人工衛星破壊実験で発生した破片、人工衛星の劣化に伴って剥がれた塗料・断熱材の破片、衛星やロケット自体が破裂した時の破片、宇宙飛行士が宇宙遊泳中に手放してしまった手袋・工具等があります。



▼ スペースデブリ発生国トップ5

2009年12月22日現在

No.	国名	人工衛星	ロケットの機体や破片	合計
1	ロシア	1,423	4,279	5,702
2	アメリカ	1,084	3,755	4,839
3	中国	82	3,066	3,148
4	フランス	48	424	472
5	日本	122	77	199
	その他	652	288	940
	合計	3,411	11,889	15,300

クレーター・シンドローム

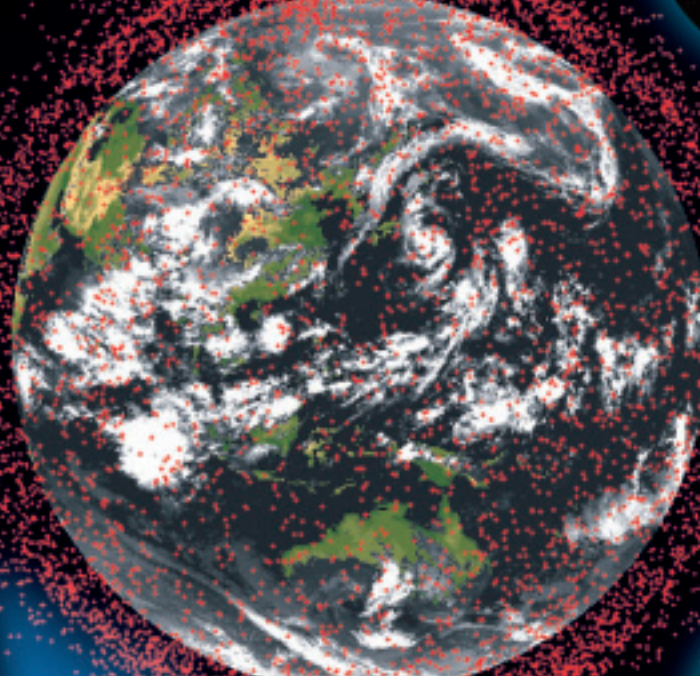
米国のスペースデブリ研究者Kesslerが警鐘を鳴らした、スペースデブリの自己増殖現象で、既に地球周辺には膨大なスペースデブリが存在し、これらスペースデブリ同士が衝突を繰り返す。今後、人工衛星の打ち上げがなくても、地球周辺のスペースデブリが急増する現象をさします。

ブレークアップ(破壊)

ロケットや人工衛星に残留する燃料や、使用停止したバッテリーが何らかの理由により破裂することで、毎年、数回発生しています。

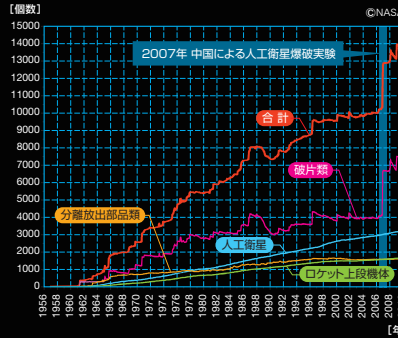
4億8千万本の針

プロジェクト・ウェストフォードと呼ばれる実験が、アメリカ・マサチューセッツ工科大学のリンカーン研究所によって1963年に行われました。これは長さ2cmの鋼製の針を高度3,500-3,800km、傾斜角87-96度の軌道に散布し、これに電波を反射させる(電離層を宇宙空間に人為的に作り出す)ことで長距離通電を可能にするものでした。当初の目的は達成されたものの散布された針は実に4億8千万本に及び、国際的な批判を浴びました。現在でも多くの針が軌道上を周回しています。



## 増え続ける「スペースデブリ」

▼ スペースデブリ増加の履歴(種類別)



静止衛星 (ひまわり・CS-BS) 36,000km

地球周辺を24時間周期で周回しています。スカパーのCS衛星、NHKのハイビジョン放送でお馴染みのBS衛星等、現在、300機以上の静止衛星が登録済みです。

GPS 20,200km

カーナビでお馴染みの測位衛星群で、地球全体をカバーするために24機が配置されています。各衛星は12時間で地球を1周しています。測位のためには、24機中、同時に4機以上の衛星からの電波を受信する必要があります。(現在29機が運用中)この他に既に打ち上げられ、運用を終了した衛星が29機あり、スペースデブリとなっています。

イリジウム衛星 800km

イリジウム衛星を利用すると、世界中どこからでも衛星電話が可能で、軌道上に予備機を含めて、90機以上が地球の回りを周回中です。2009年2月11日、運用中の第33号機がシベリア上空で、すでに運用を停止していたロシアの通信衛星と衝突しました。

地球観測衛星(だいち) 690km

地図作成、土地利用や植生、地質調査等の「だいち」や、温室効果ガス観測の「いぶき」等の地球観測衛星が、地球全体を観測するために、北極から南極を通過する軌道を利用しています。

ハッブル望遠鏡 600km

1990年打上げ後、過去5回、スペースシャトルにより修理や機能向上等を実施。大気の無い宇宙から地上の望遠鏡では得られない鮮明な多くの天体写真を提供しています。

スペースシャトル 0-400km

1981年初飛行以来、129回飛行。飛行中に微小なスペースデブリがガラス窓に衝突したことが分かっている。これまでに90枚以上の窓ガラスの交換を余儀なくされています。

国際宇宙ステーション 350km

1998年から組立てを開始、2008年～2009年にかけて日本の実験棟「きぼう」が完成。

## 「スペースデブリ」Q&A

Q スペースデブリの衝突の威力は?

A スペースデブリは、秒速約7.5kmで地球の回りを待っています。これは、新幹線の約100倍の速さですから、スペースデブリが10グラム程度でも、約1トンの乗用車が時速100kmで走って衝突する時の威力に相当します。

秒速7.5km = 時速 27,000キロ

新幹線の100倍

自動車の300倍

Q スペースデブリに寿命はあるの?

A スペースデブリも人工衛星等と同様、様々な軌道に存在するため、地球重力や大気抵抗により、落下し、大気との摩擦熱により消滅するものがあります。地球を取り巻く大気は、太陽活動により厚さが変動、例えば、太陽活動が活発な時には大気の厚みが増し、より早く、より多くのスペースデブリが落下することが知られています。

a) 高度200km以下のものは、数日で大気圏に落下、消滅

b) 200～600kmのものは、数年で落下、消滅

c) 600～800kmのものは、数十年で落下、消滅

d) 800km以上のものは、数百年で落下、消滅

e) 静止軌道(36,000km)以上のものは、永久に落下することは無い。

Q 役目を終えた人工衛星の運命は?

A 人工衛星の寿命は、宇宙放射線による太陽電池の発電能力低下やバッテリーの劣化、姿勢や軌道制御用燃料枯渇等により、その他故障等によりスペースデブリ化した人工衛星は、地球の重力や大気抵抗により、徐々に高度が下がり200km以下になると大気圏に高度低下し、地球に落下、摩擦熱により消滅します。まれに大型の構造物で燃えにくい材料が地上に落下する場合があります。

過去の大型衛星の落下事例 (燃え尽きずに破片が地上に落下した)

- 1978年 旧ソ連の原子炉衛星「コスモス954号」がカナダに落下
- 1979年 米国の宇宙ステーション「スカイラブ」がオーストラリアに落下
- 2001年 ロシアの宇宙ステーション「ミール」の一部が南太平洋に落下

Q スペースデブリを片付けることはできるの?

A 幾つかの方法が世界中で研究されていますが、実用的な方法はまだありません。導電性デザイヤーや投網のような方法が考えられています。

Q スペースデブリを減らす工夫は?

A スペースデブリを能動的に減らす工夫は現状見つかっていません。従って、国連レベルで、スペースデブリをこれ以上出さないための「デブリ低減ガイドライン」が合意されました。高度2,000km以下の軌道に投入した人工衛星は運用終了後、25年以内に地球に落下するよう軌道変更することを要求しています。勿論、衛星開発や衛星打ち上げ時、不必要に部品等を放出することを禁止することを求める等、ガイドライン作成には、日本は積極的に貢献しました。

Q 宇宙ステーションでのスペースデブリ対策とは?

A 国際宇宙ステーションでは、1cm大のスペースデブリの衝突に耐えることのできるパッシブな対策は、全て軌道が掌握されているため、事前に接近解析をNASAやロシアが実施し、衝突の可能性のある場合には、宇宙ステーションの軌道を若干変更し、衝突回避を行っています。スペースデブリの接近で、これまで9回軌道変更、その他1回は軌道変更が間に合わず、宇宙飛行士をISS内の安全な場所に避難させたこともあります。

地上からスペースデブリは見える?

A アメリカ軍が全世界に保有するレーダーや望遠鏡による監視網により、中低高度では10cm以上のサイズのスペースデブリがカタログ化されており、インターネットで公開されています。(スペーストラックといいます。)現在、約15,000個が登録されています。その他、米国及び欧州が所有するレーダーでは5mm大のスペースデブリも観測されていますが、軌道の特定には至っていません。