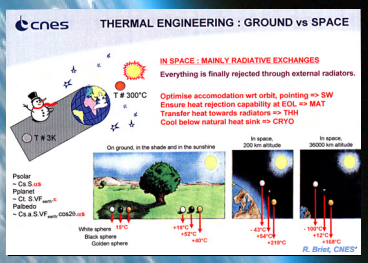
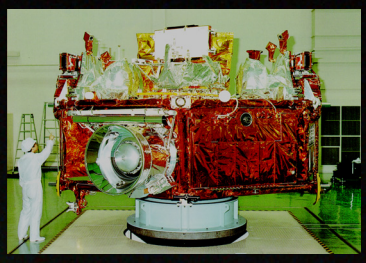
宇宙環境の特殊性 -Space Environment-

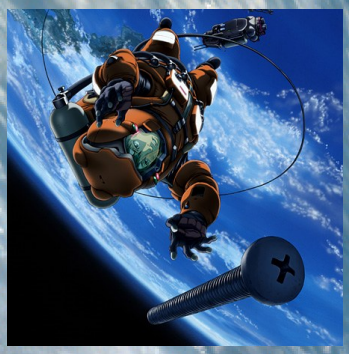
神戸大学大学院工学研究科　機械工学専攻　宇宙材料研究グループ★
准教授　田川雅人、 助手　横田久美子

宇宙環境は衛星軌道により大きく異なりますが、材料やシステムに影響を与える要因としては、微小重力、真空、温度、紫外線、放射線、プラズマ環境、デブリ、中性ガス環境などが挙げられます。このうち、微小重力は液体や気体を用いないシステムや固体材料にはあまり影響を与えません。一方、宇宙空間での圧力は高度とともに指数関数的に減少します。そのため、宇宙機が通常周回する高度300km以上では、ほぼ真空環境とみなすことができます。真空では対流が生じません。このことは、熱は輻射と伝導でしか逃げないことを意味し、わずかな熱の発生が顕著な温度上昇を引き起こすことになります。また太陽指向面には大きな熱入力があり、深宇宙指向面では極低温への熱放射が生じますので、宇宙機表面の温度は-100℃から+100℃まで変動します。しかし、搭載機器は室温程度で動作するように設計されているので、宇宙機ではシステムとしての熱設計が重要になります。宇宙機の熱設計には赤外線放射率と可視光反射率をコントロールするための宇宙機表面の材料選定と断熱がきわめて重要です。そのため宇宙機の色を勝手に変更することはできないのです（アニメの世界では自由ですが・・・）。
波長の短い紫外線も大きな問題です。波長の短い紫外線は大気に吸収されるため地表には届きませんが、宇宙では大気がないことから波長の短い高エネルギー紫外線（真空紫外線、極端紫外線）が宇宙機材料と直接相互作用することになります。高エネルギー紫外線により光化学反応が誘起され、特に有機材料に大きな影響を与えることが知られています 。さらに放射線としては地球の地磁気に捉えられた比較的低エネルギーの電子・イオンや、高エネルギー銀河放射線などがあります。これらは固体材料内で材料を構成する原子と衝突し、イオン化や点欠陥を発生させ、これらにより分子構造の切断や架橋などの化学反応が生じるとともに、色中心の形成による着色が生じ、熱光学特性に影響を与えることがあります。また、高エネルギー粒子は衛星内部の電子回路に侵入し、その電荷により電子部品のメモリー情報を書き換え、プログラムエラーを引き起こすことがあります（シングルイベント）。このような放射線環境は太陽活動と密接な影響があり、大規模な太陽フレアにより通信衛星等の全損事故に発展することがあります。そのため、宇宙天気予報と呼ばれる警報システムが運用されています。
一方、有人宇宙機が周回する高度200-500kmの低地球軌道(LEO)では、酸素は太陽の紫外線によって解離し原子状酸素となっています。低軌道では地球高層大気の主成分である原子状酸素が宇宙機前面(RAM面)に秒速約8kmで衝突することにより宇宙用材料の急激なエッチング現象が生じます。

このように宇宙環境は材料やシステムに大きな影響を与えます。その影響を評価するためには、打ち上げ前の地上試験がきわめて重要です。しかしながら、宇宙環境を地上実験装置内で正確に再現することは、現状の技術レベルでは非常に難しく、定量性のある地上実験方法の確立が求められています。我々のグループでは宇宙航空研究開発機構(JAXA)や国内外の研究機関と共同で、宇宙環境の地上実験の精度向上を目指した研究を行っています。

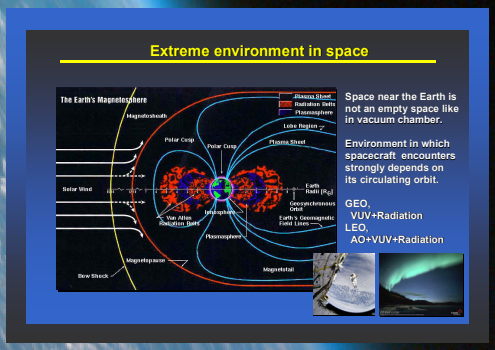


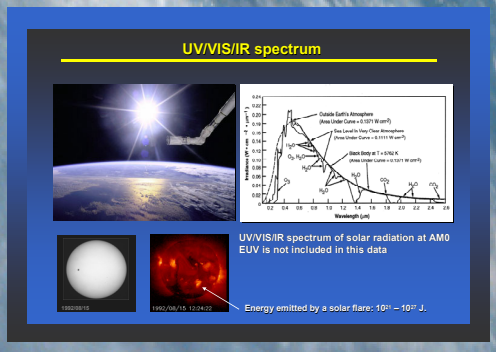


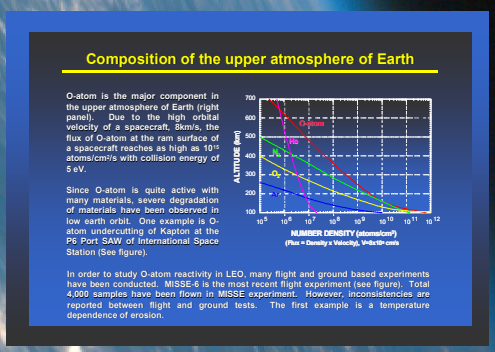


Courtesy by Kim K. de Groh (NASA GRC)

Figure 6. Severe degradation to the aluminized-Teflon outer layer of multilayer insulation on the Hubble Space Telescope after 19 years of space exposure.







★正式な研究グループ名ではなく、有志による研究グループです。