

Starlink等の大規模衛星 コンステレーションが天文観測に 与える影響と国際動向

大規模衛星コンステレーションにより、可視光・赤外線・電波天文観測に対する影響が懸念されている。現時点では深刻な影響はないが、2030年頃までに衛星数が10倍以上になると想定され、影響軽減策（技術面/制度面）を検討しておく必要がある。また、将来の月面電波天文台を見越して、月面の観測環境保全活動も開始する必要がある。

2024年1月29日

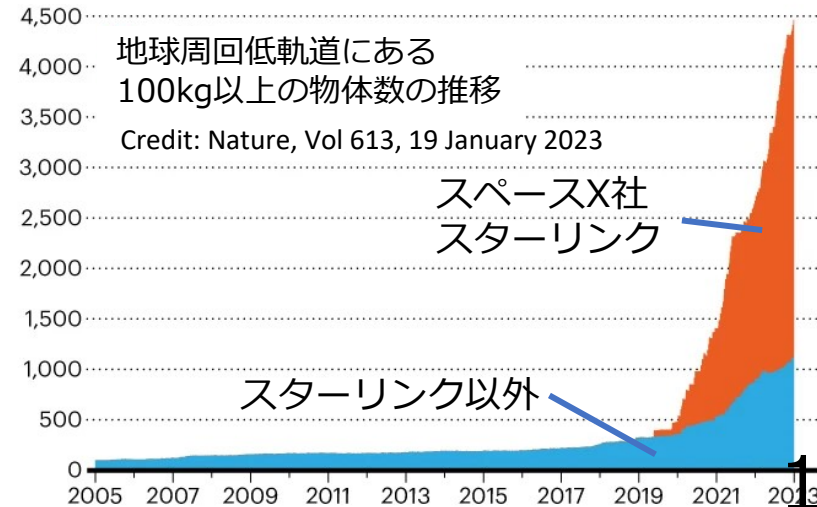
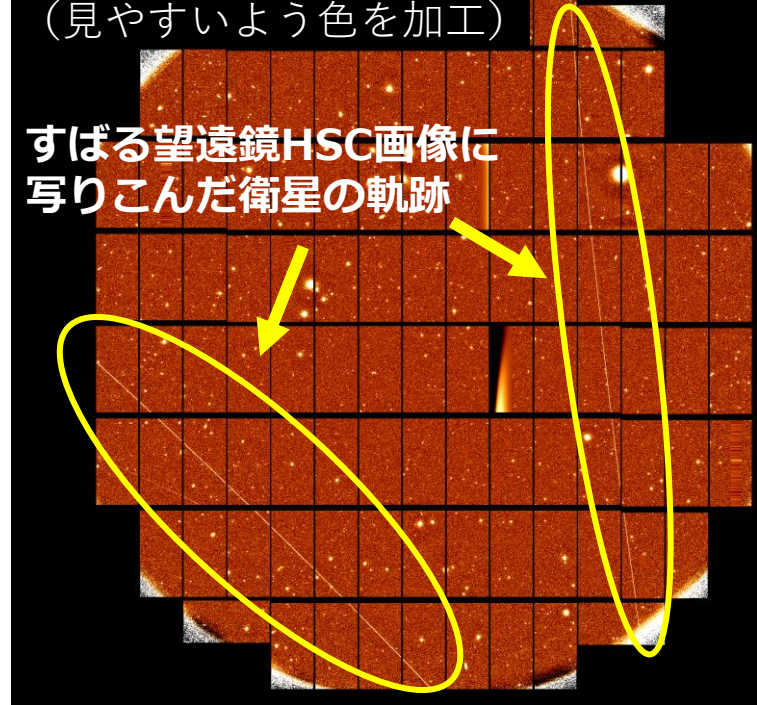
自然科学研究機構 国立天文台

衛星コンステレーションによる 天文観測への影響

- 衛星が太陽光を反射することで、明るく見える。
- 現時点で、すばる望遠鏡HSCの観測画像の約10枚に1枚の割合で人工衛星が写りこんでいる。
- データ処理で衛星の軌跡部分を除外しており（マスク処理）、現時点ではHSC観測に深刻な影響を及ぼすレベルではない。
- ただし、爆発天体など時間変化の把握が重要な場合に観測が欠けると研究に支障が出る。また、マスク処理によりデータの一部を破棄することが増えると全体の観測効率は低下する。
- 衛星は急増しており、**2030年頃には現在の10倍以上の数**になる可能性がある。これに伴い、反射光による観測への影響は今後大きくなることが危惧される。

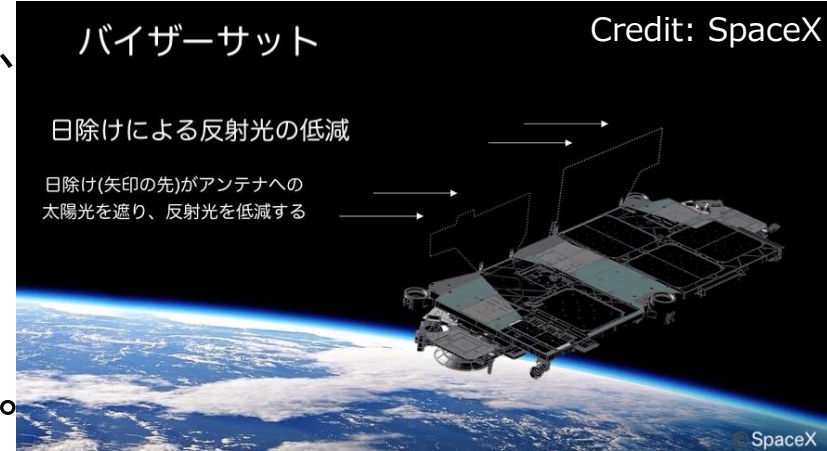
観測日：2023年3月、50秒露光
(見やすいよう色を加工)

すばる望遠鏡HSC画像に
写りこんだ衛星の軌跡

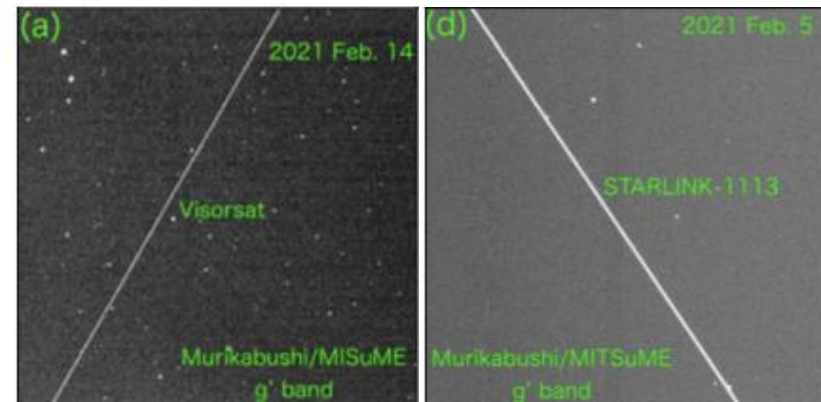


衛星運用側の対策と観測結果

- 天文コミュニティからの指摘を受けて、スペースXは反射光軽減策を実施。
 - ダークサット：衛星を黒く塗装
 - バイザーサット：衛星に日除けを追加
- 国立天文台は、石垣島天文台及び国内の大学運営望遠鏡を活用し衛星を観測。
 - ダークサット、バイザーサットともに無対策のスターリンク衛星に比べて反射光は半分程度に低減されていることが分かった。
- スペースXは、2023年2月から次世代衛星（Starlink V2 mini）を打ち上げ。
 - V2 miniは誘電体ミラーフィルムを採用してさらなる反射光低減を図っている。
 - 従来機より機体が大きいのにもかかわらず反射光は暗いという報告がある。
- 2024年1月には、さらに形式の違うスターリンク衛星を打ち上げ開始。



石垣島天文台での観測結果



バイザーサット

無対策スターリンク

※ 衛星の明るさは、観測者と衛星と太陽との位置関係によって変動するため、画像の明るさの単純な比較はできないことに注意。

天文観測への影響を軽減するための 国際的な取り組み

国際天文学連合（IAU）

- 2019年6月、最初のスターリンク打ち上げ直後に懸念の声明を発表。
- 2022年、衛星コンステレーションの影響から天文学を守るための新しい組織（CPS）を設立した。
- 2023年10月の国際シンポジウムに250名が登録。天文観測への影響の実測と予測、影響低減手法、規制の可能性を議論した。



国際電気通信連合（ITU）

- 2023年11月の無線通信総会にて、非静止軌道衛星が使う無線周波数及び関連軌道の持続可能な利用を確保するための活動を実施することを決議した。
- 2023年12月の世界無線通信会議にて、非静止軌道衛星による干渉から電波天文学を保護するための研究を実施することを決議した。

国連宇宙空間平和利用委員会 （UN COPUOS）

- 2020/2021年に、IAUと共催で“Dark and Quiet Skies”シンポジウム開催。
- 2022年、科学技術小委員会で“Dark and Quiet Skies”が正式議題となり、作業班の設置が議論された。

G7科学技術大臣会合

- 2023年7月に仙台で開催された会合の共同声明に以下が含まれた。
『天文学に必要な暗く静かな夜空を保護するため、UN COPUOS、国際電気通信連合（ITU）及び国際天文学連合（IAU）の枠組みで、衛星ラージコンステレーションの天文学への影響について議論を継続ことの重要性を認識する。』

月面電波天文台のための観測環境保全

- 月の裏側（極地を含む）は地球からの人工電波が届かず、電波干渉が極めて少ない。また、地球では電離層によって低周波（ < 10 MHz）の電波が跳ね返されてしまうが、月は電離層が極めて薄く観測が可能である。このため、月の裏側は宇宙の電波観測には適している。
- 米国等で月面電波天文台計画が検討されており、我が国でも、宇宙基本計画に「月面からの天体観測（月面天文台）」が記載されている。
- 一方で、アルテミス計画や民間企業主導の計画も含め月開発の動きが進展しており、人工電波による干渉の少ない環境を保全するための枠組みを構築する必要性が増している。
- 無線通信規則（ITU条約補足文書）では、月の裏側では探査等の一部業務を除いてすべての電波放射を禁止する条項がある。ITUでは月の裏側における電波天文学の特性を研究課題とすることが採択された。
- 月面活動に必要な無線通信と良好な天文観測環境との両立を図るため、月周辺で使用する周波数について国際的な検討が必要である。

