

F1

京都大学におけるスペースデブリへの取り組み  
～軌道・観測・低減～  
Space Debris Related Research Activities at Kyoto University

山川 宏 (京都大学)  
Hiroshi Yamakawa (Kyoto University)

京都大学におけるスペースデブリへの取り組みについて概要を述べる。軌道に関しては、微小なデブリに注目して、その軌道推移について検討しており、その初期検討結果について述べる。また、京都大学生存圏研究所のMU (Middle and Upper Atmosphere) レーダを用いたデブリ観測の可能性について、検討を開始しており、その概要について述べる。最後に、スペースデブリの低減に向けて、デブリを積極的に帯電させることで、軌道を変化させる可能性について、概要を述べる。

Space debris related research activities at Kyoto University are outlined in the presentation. As for the space debris trajectories, we pay attention to very small-scale debris clouds and their trajectory evolution. In terms of observation, we started observing large space debris using Kyoto University MU (Middle and Upper Atmosphere) Radar, whose summary will be presented. Finally, the possibility of mitigating space debris by positive charging will be discussed.

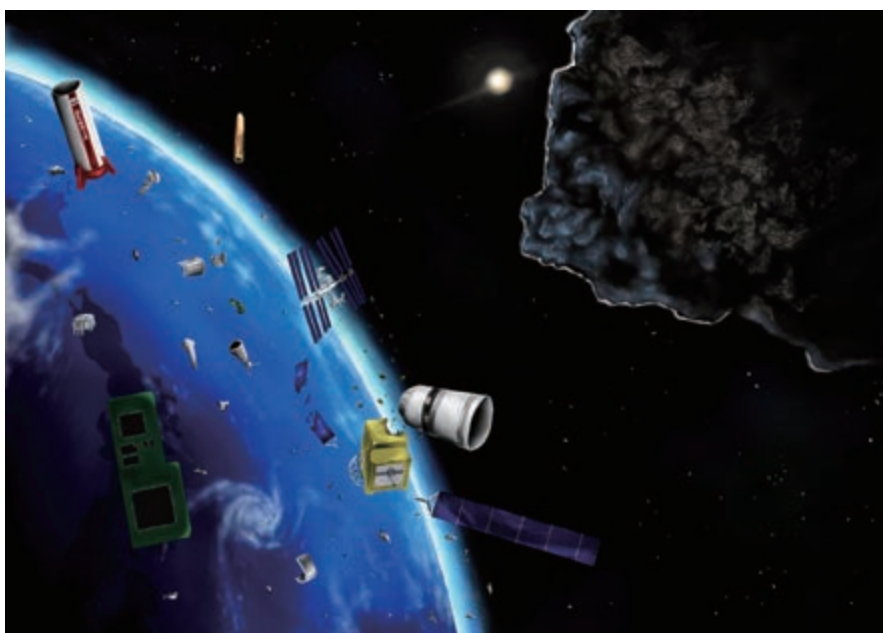
# 京都大学におけるスペースデブリへの取り組み ～軌道・観測・低減～

## Space Debris Related Research Activities at Kyoto University

Hiroshi Yamakawa  
Kyoto University

6<sup>th</sup> Space Debris Workshop  
December 19, 2014, JAXA

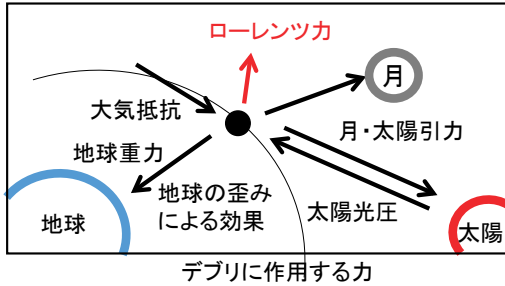
## Space Debris and Asteroids



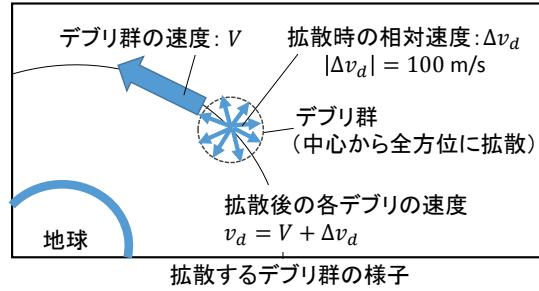
京都大学 山口皓平氏

# Charging Effect on Space Debris Orbital Evolution

## 1. 単一デブリの軌道シミュレーション



## 2. デブリ群の軌道シミュレーション



京都大学 植田有希子氏、増成一樹氏

## Space Debris Observation

～Kyoto University MU Radar～

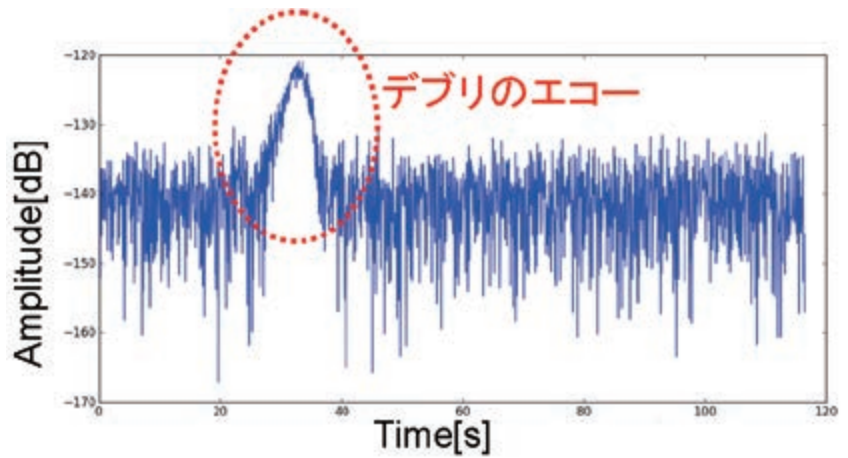
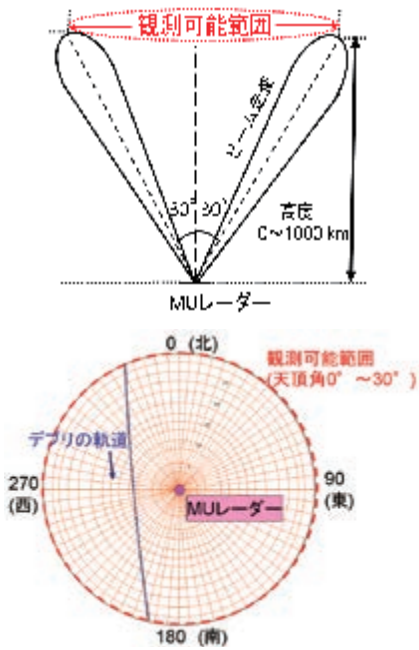


<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/DCRP/MU.html>



<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~mu/detail.html>

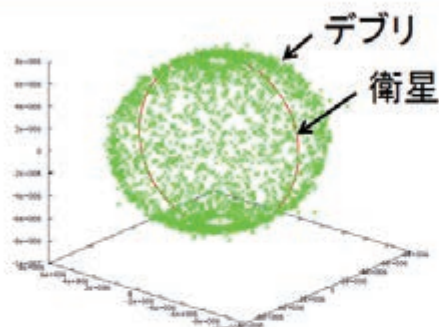
# Space Debris Observation by MU Radar



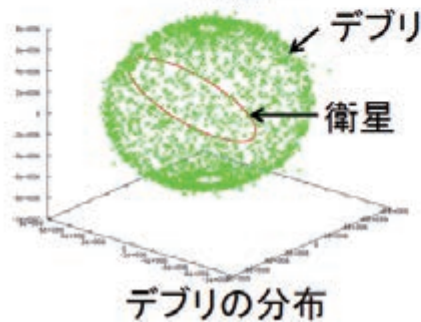
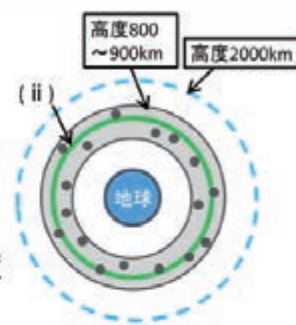
京都大学

河原淳人氏、増成一樹氏、岩堀太紀氏

# Space Debris On-Orbit Observatory Concept



- 衛星の軌道(A)**
- 円軌道
  - 高度: 900km
  - 軌道傾斜角: 99度



- 衛星の軌道(B)**
- 円軌道
  - 高度: 900km
  - 軌道傾斜角: 155度

京都大学 岩永直也氏

# Positive Charging of Satellites and Space Debris

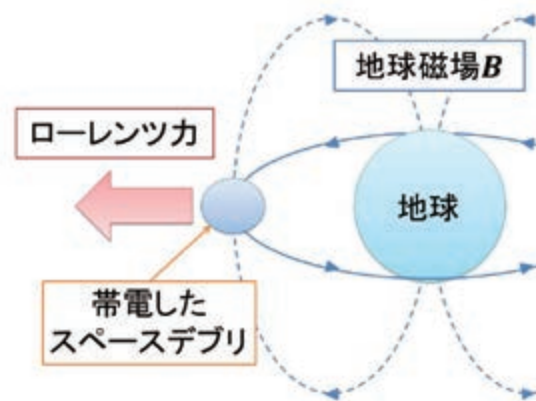
スペースデブリに接近、帯電機器  
(電子エミッタなど)を取り付ける



帯電機器の動作によりデブリを**帯電**  
させる



地球磁場との相互作用による**ローレンツ力**により軌道変更、衝突回避



† J. F. FENNELL et al. "A Review of SCATHA Satellite Results: Charging and Discharging"

京都大学 星賢人氏 7

## Space Debris & Satellite Orbit Simulation Model with Lorentz Force

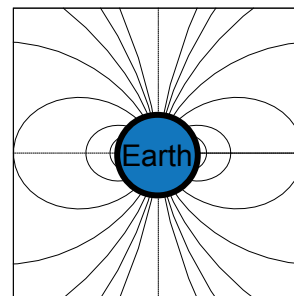
$$\vec{F} = q(\vec{v} - \omega_E \vec{n} \times \vec{r}) \times \vec{B} + \vec{F}_{AD} + \vec{F}_G$$

$q$ : 帯電量(制御変数)  $\vec{v}$ : 速度  $\vec{B}$ : 磁束密度  
 $\omega_E \vec{n}$ : 自転角運動量ベクトル

大気抗力 
$$\vec{F}_{AD} = -\frac{\rho(z)C_D S}{2} |\vec{v}| \vec{v}$$

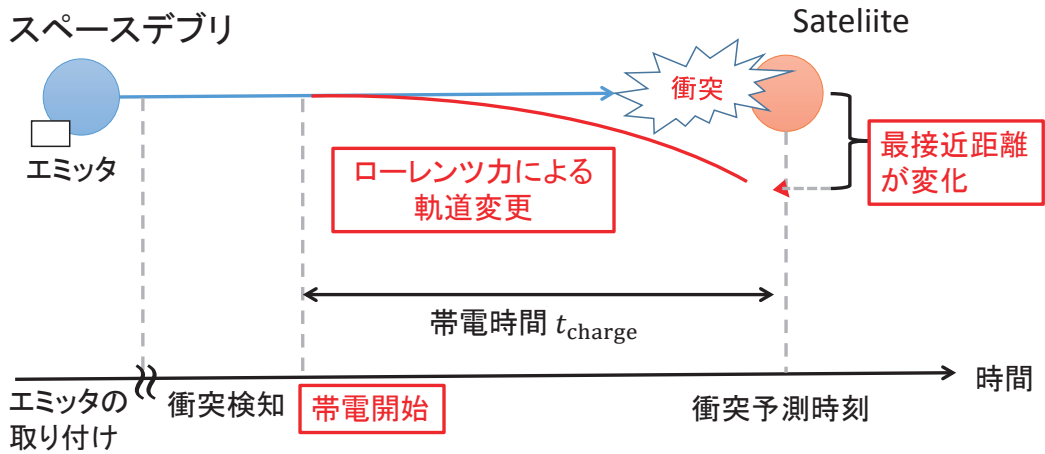
重力 
$$\vec{F}_G = -m \frac{MG}{r^3} \vec{r}$$

磁場モデル:  
ダイポール磁場 
$$\vec{B} = \frac{B_0}{r^3} \left[ 3(\hat{z})\hat{r} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \right]$$



京都大学 赤司陽介氏、中宮賢樹氏

# Debris Orbit Deviation by Positive Charging to Avoid Collision

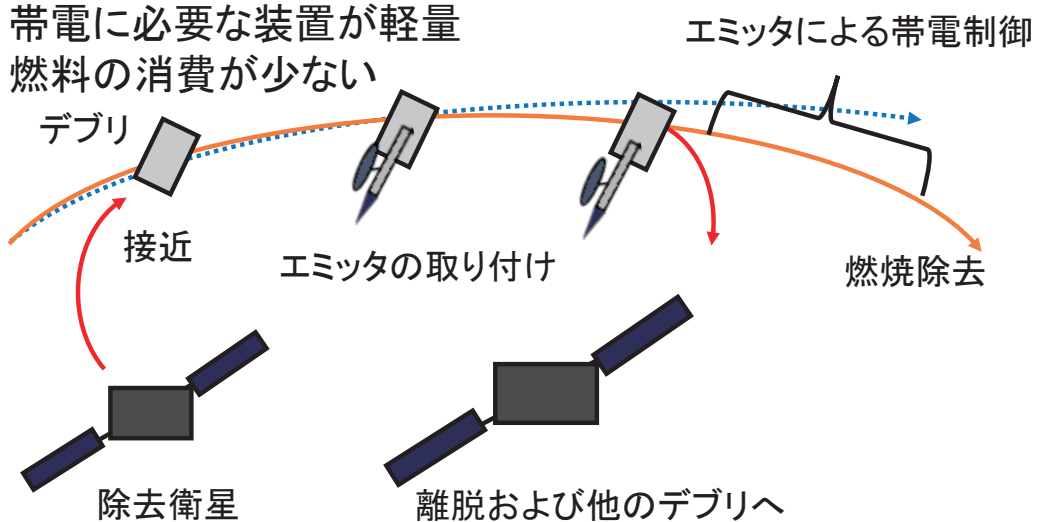


京都大学 池田成臣氏

9

# Debris Mitigation by Positive Charging

- 帯電に必要な装置が軽量
- 燃料の消費が少ない



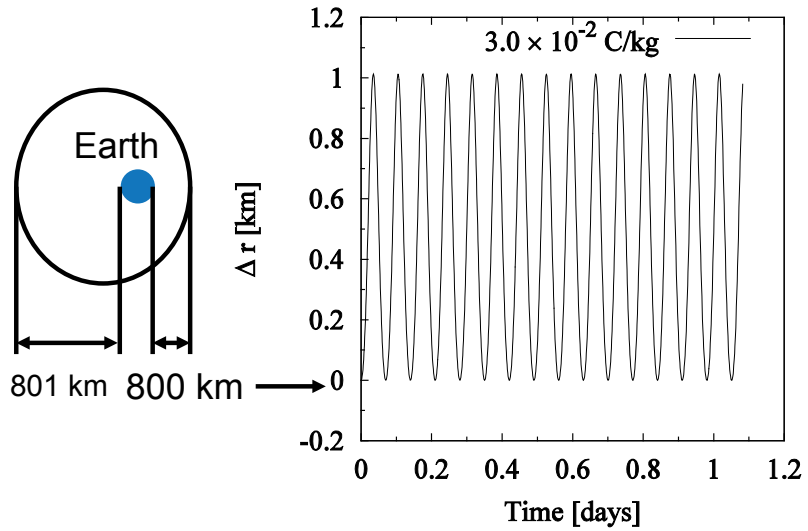
京都大学 赤司陽介氏、中宮賢樹氏

# Orbital Evolution ~ Constant Charge Amount Case ~

周期的に、しかも、  
わずかに高度が  
変化する程度

一定帯電によるデブ  
リ除去は困難

帯電量の制御を行  
うことでデブリ除去  
実現を目指す



京都大学 赤司陽介氏、中宮賢樹氏