

かぐや衛星の波形捕捉器で観測されたダスト衝突波形の研究

#大坪 靖典¹⁾, 笠原 禎也¹⁾, 松田 昇也¹⁾, 栗田 怜²⁾, 小嶋 浩嗣²⁾

(¹ 金沢大学, (² 京都大学 生存研

Study on the dust impact signals observed by the WFC aboard KAGUYA

#Yasunori Otsubo¹⁾, Yoshiya Kasahara¹⁾, Shoya Matsuda¹⁾, Satoshi Kurita²⁾, Hirotsugu Kojima²⁾

(¹Kanazawa University, (²RISH, Kyoto University

Dust particles ranging in size from nanometers to micrometers are widely distributed in space, and it has been suggested that there exists a large number of dust particles around the moon in particular [1]. When such particles collide with spacecrafts, they generate plasma clouds around the spacecraft, which will affect electric field measurements[2]. The WFC (Waveform Capture) onboard the lunar orbiter KAGUYA has detected numerous waveforms believed to originate from dust impacts[3]. Horie et al. have extracted pulse-like waveforms, to be plausibly caused by dust impacts, from the WFC waveform data using pattern matching techniques and have statistically analyzed their characteristics. A notable feature of the KAGUYA observations is that such waveforms have been detected not only in monopole measurements, but also in dipole measurements, where the detection of dust impact signals is theoretically less likely. Horie et al. have suggested that in dipole mode, dust-related waveforms are observed due to sensitivity imbalances between the two antennas caused by partial shading from the satellite body. However, the detailed physical mechanism remains insufficiently understood. Therefore, in this study, we investigate the conditions under which dust impact waveforms are more likely to be detected and explore why such signals can be observed even in dipole mode, primarily based on monopole measurement data. Characteristic features of dust impact waveforms include their asymmetric shapes and the simultaneous appearance of similar waveforms across multiple antennas. However, due to contamination of the internal artificial noise, it is difficult to distinguish true dust signals from the monopole measurements data. To address this issue, we improved the detection accuracy by focusing on parameters such as the time intervals and the polarity consistency among the detected pulse signals. As a result, we found that the amplitudes of dust impact signals detected in monopole mode varied depending on the antenna, and that the amplitude ratio exhibited a correlation with the direction of the Sun as seen from the spacecraft. In this presentation, we discuss the relationship between these amplitude ratios and the solar direction, as well as the possible mechanism behind the generation of these waveforms.

References:

[1] Stubbs et al. (2005), Adv. Space Res., 37, 59 – 66, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.04.048>.

[2] Meyer Vernet et al. (2017), J. Geophys. Res. Space Phys., 122, 8 – 22, <https://doi.org/10.1002/2016JA023081>.

[3] Horie, K., et al. (2009), Proc. 126th Meeting of the SGPSS.

ナノメートルからマイクロメートルサイズのダスト粒子は宇宙空間に広く分布しており、特に月周辺にはダスト粒子が数多く存在する可能性が指摘されている [1]。これらの粒子が人工衛星に衝突すると、衛星周囲にプラズマ雲が生成され、電場観測に影響を及ぼすことが知られており [2]、月探査衛星「かぐや」に搭載された電場計測器（WFC: Waveform Capture）でも、ダスト起源と考えられる波形（ダスト衝突波形）が多数検出されている [3]。

堀江らは、かぐや衛星で観測されたダスト衝突波形と考えられるパルス波形を WFC 波形データからパターンマッチングを用いて抽出し、その特徴を統計的に研究している。かぐや衛星では、モノポール観測のみならず、原理上はダスト衝突波形が観測されにくいと考えられるダイポール観測で数多くのパルス波形が検出されていることが特徴である。堀江らは、かぐや衛星がダイポール観測時にもダスト衝突波形が多数検出されたのは、衛星の影がアンテナに部分的に落ちることで、左右のアンテナ感度のアンバランスが生じることが原因と結論付けているが、詳細な物理機構は十分解明されていない。そこで本研究では、どのような条件下でダスト衝突波形がより多く検出されるのか、また、なぜダイポールモードでも検出できるのかを、主にモノポール観測の結果を用いて検証する。

ダスト衝突波形の特徴として、非対称なパルス形状に加え、複数アンテナで同時刻かつ同形状の応答が観測されることが挙げられる。しかし、モノポール観測では人工ノイズが混入し、ダスト衝突波形との識別が難しいという課題がある。そこで本研究では、波形の検出時間間隔や前後の信号との極性の一致などに注目し、検出精度をさらに高める改良も行った。

解析の結果、モノポール観測時のダスト衝突波形の振幅値が、アンテナごとに異なる事例が観測され、その振幅比が衛星から見た時の太陽方向と相関があることが明らかになった。このことは、ある一定条件下でダイポール観測でダスト衝突波形が観測される結果と整合的であり、本研究では、これらの振幅比と太陽方向の関係を詳細に解析することで、波形発生メカニズムについて議論を行う。