

DMSP 衛星観測データを用いた表面帯電を引き起こすプラズマ環境の調査#升野 颯人¹⁾, 寺本 万里子¹⁾, 荒木 大智¹⁾, 北村 健太郎¹⁾, 奥村 哲平²⁾, 古賀 清一²⁾, 岡本 博之²⁾, 谷嶋 信貴²⁾¹⁾ 九工大, ²⁾ JAXA**Investigation of the Plasma Environment Responsible for Spacecraft Surface Charging Using DMSP Satellite Observations**#Hayato Masuno¹⁾, Mariko Teramoto¹⁾, Daichi Araki¹⁾, Kentarou Kitamura¹⁾, Teppei Okumura²⁾, Kiyokazu Koga²⁾, Hiroyuki Okamoto²⁾, Nobutaka Tanishima²⁾¹⁾ Kyushu Institute of Technology, ²⁾ Japan Aerospace Exploration Agency

Surface charging on low Earth orbit (LEO) satellites, the subject of this study, is induced by electrons with energies ranging from a few keV to several tens of keV. This research focuses on auroral activity because the plasma responsible for surface charging is generated during the auroral process. Clarifying the relationship between auroral activity and satellite surface charging will allow more accurate predictions of surface charging. This study aims to elucidate the plasma environmental conditions that lead to surface charging in LEO, particularly during plasma precipitation in polar regions. The data used in this study were obtained from the plasma sensor (Special Sensor for Precipitating Particles: SSJ) onboard the polar-orbiting DMSP F-16 satellite during Solar Cycle 24 (2009-2019). The SSJ observed the energy flux data of precipitating ions and electrons in the range of 30 eV to 30 keV. During surface charging events, the SSJ often detected an elevated ion flux corresponding to the charging potential of the satellite (e.g., Anderson, 2012). Therefore, we identified events in which a particular energy channel among the 18 energy channels (30 eV to 30 keV) detected significantly elevated ion flux. In addition, because surface charging is induced by electrons with energies greater than a few keV, we also examined the conditions of electron energy flux that cause charging. The plasma environmental conditions examined were: (1) the threshold for the sudden increase in ion flux, (2) the electron energy flux and energy during charging events, and (3) the duration of ion lines. The analysis revealed the following conditions for the plasma environment during surface charging: (1) the peak value of energy flux in the ion energy channel showing a sudden increase exceeded 1×10^7 [eV cm⁻² s⁻¹ sr⁻¹ eV⁻¹], (2) the electron energy flux exceeded 1×10^8 [eV cm⁻² s⁻¹ sr⁻¹ eV⁻¹] at energies above 14 keV, and (3) both (1) and (2) persisted for at least 2 seconds. Among the events detected under these conditions, only those where continuous ion lines corresponding to the charging potential were observed were identified. As a result, of the 2,435 events detected, ion lines were confirmed in 868 cases. The fact that 76% of the detected charging events occurred on the duskside (18:00-24:00 MLT) suggests that satellite charging is induced by discrete auroras. In addition, as the charging potential increased, the location of the charging event sifted from the dusk side to around midnight (24:00 MLT). However, charging potentials above -300V accounted for only about 5.5%, indicating that high-potential charging events were relatively rare. In this presentation, we will report on the plasma conditions that lead to surface charging, as revealed by this study.

本研究での研究対象である低軌道を飛行する人工衛星の表面帯電は、数 keV～数十 keV 程度のエネルギーを持つ電子により引き起こされる。表面帯電の要因となるプラズマは、オーロラ発生の過程で生成されるため、本研究では焦点をオーロラに当てている。オーロラ活動と衛星の表面帯電の関係性を明確にできれば、表面帯電の正確な予測が可能になる。

そこで本研究は、極地でのプラズマ降下によって引き起こされる表面帯電の予測に向け、低高度軌道での表面帯電が引き起こされる際のプラズマ環境の条件を明らかにすることを目的とする。

使用したデータは、太陽活動第 24 周期の 2009 年から 2019 年の 11 年間に極軌道衛星である DMSP 衛星 F-16 号機に搭載されたプラズマ計測器 (Special Sensor for Precipitating Particles : SSJ) が観測した 30 eV～30 keV の降下イオン・電子のエネルギーフラックスデータを使用した。表面帯電時には、SSJ が衛星帯電電位に対応するエネルギーのイオンフラックスを多く観測する (e.g. Anderson, 2012)。そのため、30 eV～30 keV の 18 エネルギーチャンネルのうち、ある特定のエネルギーチャンネルのみにイオンフラックスが極端に多い事象を検出した。また、表面帯電は、数 keV 以上のエネルギーを持つ電子により引き起こされるため、帯電を引き起こす電子エネルギーフラックスの条件についても検討した。

検討したプラズマ環境の条件は (1) イオンの急激な増加の閾値、(2) 帯電時の電子のエネルギーフラックスとエネルギー、(3) イオンラインの継続時間、の 3 つである。検討した結果、帯電時のプラズマ環境の条件は、それぞれ (1) 急激な降り込みが見られたイオンのエネルギーチャンネルで、エネルギーフラックスのピークの値が 1×10^7 [eV cm⁻² s⁻¹ sr⁻¹ eV⁻¹] 以上 (2) 14 keV 以上の電子のエネルギーフラックスが 1×10^8 [eV cm⁻² s⁻¹ sr⁻¹ eV⁻¹] 以上 (3) 少なくとも (1)、(2) が 2 秒以上継続、と定めた。この帯電条件で検出したイベントのうち、帯電時に起こるとされる、帯電電位に対応するイオンのフラックスの増加が継続しているイオンラインが確認できるもののみを検出した。結果、検出したイベント 2435 例の内、実際にイオンラインが確認されるものは、868 例となった。上記の条件で検出された帯電イベントの 76% は日暮れ側 (18 時～24 時磁気地方時) に存在したことから、本研究の結果はディスクリートオーロラにより衛星帯電が引き起こされていることを示唆している。また、帯電イベントの発生場所は、帯電電位が上がるほど、日暮れ側から真夜中前後 (24 時磁気地方時) に遷移した。しかし、-300V 以下の帯電は 5.5% ほどであり、高電位での帯電はそれほど見られなかった。

本講演では本研究によって明らかにした表面帯電を引き起こすプラズマの条件について報告する。