

タイタン上層大気のイオン組成モデル

中岡 啓 [1]; 渡部 重十 [2]; 堺 正太郎 [2]
[1] 北大・理・宇宙; [2] 北大・理・宇宙

An ion composition model of Titan's upper atmosphere

Kei Nakaoka[1]; Shigeto Watanabe[2]; Shotaro Sakai[2]
[1] CosmoSciences, Hokkaido Univ; [2] CosmoSciences, Hokkaido Univ.

An ion composition model of Titan's upper atmosphere
K. Nakaoka(1), S. Watanabe(1), S. Sakai(1)
(1) Department of CosmoSciences, Hokkaido University

The Langmuir Probe (LP) onboard the Cassini spacecraft measured the ion mass distribution in the Titan's upper atmosphere [Wahlund et al., 2005]. The ion mass obtained from the LP is about 20-40 amu at altitudes from 1200 km to 1800 km, and the ion mass exceeds 60 amu near 1200 km altitude [Wahlund et al., 2005]. However, the ion composition has not yet been understood. In this study, we tried to understand the ion composition in the Titan's upper atmosphere by solving the momentum and the continuity equations including the photochemical processes.

Based on the photochemical model by Krasnopolsky [2009], we calculated the ion and electron densities in the Titan's upper atmosphere, where the atmosphere and the plasma temperatures were assumed to be constant for altitude during a day. We used the neutral atmosphere consisting of 27 species, which was obtained from the observation of the Ion Neutral Mass Spectrometer [Waite et al., 2007, Vuitton et al., 2007] and the Composite Infrared Spectrometer [Vinatier et al., 2007] onboard the Cassini spacecraft. Our model includes 35 ion species. The calculation results show that HCNH^+ , C_2H_5^+ , C_3H_5^+ are main ions at altitudes from 1000 km to 1500 km (Solar Zenith Angles = 30), and the daytime ion densities are about 700 cm^{-3} , 350 cm^{-3} , 600 cm^{-3} at the peak density, respectively. The light ions under 30 amu distribute mainly at altitudes from 1000 km to 1500 km and the heavy ions over 50 amu such as $\text{C}_4\text{H}_3\text{NH}^+$, C_7H_7^+ , C_6H_7^+ distribute at altitudes from 500 km to 1200 km. The heavy ions don't have clear diurnal variation of the density. The HCNH^+ density increases at dusk and decreases at dawn at altitudes from 1500 km to 2000 km.

Since the modeling results are consistent with the Cassini observations, we suggest that the heavy ions observed by the LP on the Cassini spacecraft are C_6H_7^+ and C_7H_5^+ at altitude of 1200 km.

References

- V. A. Krasnopolsky., 2009. A Photochemical model of Titan's atmosphere and ionosphere. Department of Physics, Catholic University of America, Washington, DC20064, United States.
- V. Vuitton., R. V. Yelle., M. J. McEwan. 2007. Ion chemistry and N-containing molecules in Titan's upper atmosphere. *Icarus*, Volume 191, Issue 2, p.722-742.
- J.-E. Wahlund., R. Bostrom., G. Gustafsson., D. A. Gurnett., W. S. Kurth., A. Pedersen., T. F. Averkamp., G. B. Hospodarsky., A. M. Persoon., P. Canu., F.M. Neubauer., M. K. Dougherty., A. I. Eriksson., M. W. Morooka., R. Gill., M. Andre., L. Eliasson., I. MullerWodarg. 2005. Cassini Measurements of Cold Plasma in the Ionosphere of Titan. *Science*, Volume 308, Issue 5724, pp. 986-989.
- S. Vinatier., B. Bezard., T. Fouchet., N. A. Teanby., R. de Kok., P. G. J. Irwin., J. B. Conrath., C. A. Nixon., P. N. Romani., F. M. Flasar., A. Coustenis. 2007. Vertical abundance profiles of hydrocarbons in Titan's atmosphere at 15 and 80N retrieved from Cassini/CIRS spectra. *Icarus*, Volume 188, Issue 1, p. 120-138.
- J. H. Waite Jr., D. T. Young., T. E. Cravens., A. J. Coates., F. J. Crary., B. Magee., J. Westlake. 2007. The Process of Tholin Formation in Titan's Upper Atmosphere. *Science*, Volume 316, Issue 5826, pp. 870-(2007).

タイタン上層大気 of イオン組成モデル

中岡 啓 (1), 渡部重十 (1), 堺正太郎 (1)
(1) 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻

カッシーニ探査機に搭載されているラングミュアプローブからタイタン大気 of イオン分子量が得られている [Wahlund et al., 2005]. 高度 1200-1800 km で、イオンの分子量は 20-40 amu であるが、高度 1200 km 付近で 60amu を超えている [Wahlund et al., 2005]. しかし、この観測から具体的なイオン組成については明らかにされていない。本研究では、光化学反応を取り入れた連続の式と運動方程式を用いてイオン数密度の時間・空間分布を求めた。

Krasnopolsky [2009] が示す光化学反応式を連続の式に取り入れ、同時に運動方程式を解くことによりイオンと電子の数密

度の緯度, 高度分布, 日変化を計算した。ここで, 大気とプラズマ温度については一定の値を用いた。カッシーニ探査機に搭載された Ion Neutral Mass Spectrometer[Waite et al., 2007, Vuitton et al., 2007] と Composite Infrared Spectrometer[Vinatier et al., 2007] の測定から得られた 27 種の分子の数密度から中性大気の数密度高度分布を推定した。35 種類のイオンの数密度について計算した結果, 昼側(太陽天頂角 = 30 度)における高度 1000 km-1500 km での主要イオンは HCNH^+ , C_2H_5^+ , C_3H_5^+ であり, 最大数密度はそれぞれ約 700 cm^{-3} , 350 cm^{-3} , 600 cm^{-3} であった。また分子量 30 以下の軽いイオンは, 高度 1000 km-2000 km 付近に多く分布し, $\text{C}_4\text{H}_3\text{NH}^+$, C_7H_7^+ , C_6H_7^+ のような分子量 50 を超える重いイオンは高度 500 km-1200 km に分布した。重いイオンは軽いイオンよりも日変化が緩やかで, 高度約 1500 km - 2000 km では日没時に, 数密度が増加するイオンも存在した。

計算結果とカッシーニ探査機によって観測されたイオン数密度がほぼ一致していることから高度 1200 km 付近で観測されたイオン分子量 60amu を超えるイオン分子は, C_6H_7^+ や C_7H_5^+ のようなイオン分子である可能性が高い。

参考文献

- V. A. Krasnopolsky., 2009. A Photochemical model of Titan's atmosphere and ionosphere. Department of Physics, Catholic University of America, Washington, DC20064, United States.
- V. Vuitton., R. V. Yelle., M. J. McEwan. 2007. Ion chemistry and N-containing molecules in Titan's upper atmosphere. *Icarus*, Volume 191, Issue 2, p.722-742.
- J.-E. Wahlund., R. Bostrom., G. Gustafsson., D. A. Gurnett., W. S. Kurth., A. Pedersen., T. F. Averkamp., G. B. Hospodarsky., A. M. Persoon., P. Canu., F.M. Neubauer., M. K. Dougherty., A. I. Eriksson., M. W. Morooka., R. Gill., M. Andre., L. Eliasson., I. MullerWodarg. 2005. Cassini Measurements of Cold Plasma in the Ionosphere of Titan. *Science*, Volume 308, Issue 5724, pp. 986-989.
- S. Vinatier., B. Bezard., T. Fouchet., N. A. Teanby., R. de Kok., P. G. J. Irwin., J. B. Conrath., C. A. Nixon., P. N. Romani., F. M. Flasar., A. Coustenis. 2007. Vertical abundance profiles of hydrocarbons in Titan's atmosphere at 15 and 80° retrieved from Cassini/CIRS spectra. *Icarus*, Volume 188, Issue 1, p. 120-138.
- J. H. Waite Jr., D. T. Young., T. E. Cravens., A. J. Coates., F. J. Crary., B. Magee., J. Westlake. 2007. The Process of Tholin Formation in Titan's Upper Atmosphere. *Science*, Volume 316, Issue 5826, pp. 870-(2007).