

土星電波活動の南北非対称性及び季節変動

佐々木 歩 [1]; 笠羽 康正 [1]; 木村 智樹 [2]
[1] 東北大・理; [2] RIKEN

North-south asymmetry and seasonal variation of Saturn's radio activities

Ayumu Sasaki[1]; Yasumasa Kasaba[1]; Tomoki Kimura[2]
[1] Tohoku Univ.; [2] RIKEN

Saturn emits intense radio emissions, Saturn Kilometric Radiation (SKR), from the northern and southern polar region in 3-1200kHz. SKR is generated by field-aligned energetic auroral electrons via Cyclotron Maser Instability (CMI) [Wu and Lee, 1979] at local cyclotron frequency. In the Saturn's magnetic field directions (similar to the Earth's), the CMI theory predicts the right-handed circularly polarization (RH) emissions are from north and the left-handed circularly polarization (LH) ones are from south, respectively. Cassini observations in the southern summer (2004-2009) showed that the SKR intensity shows daily variation [Kurth et al., 2008]. Its period is slightly longer in the southern SKR than the northern one [Gurnett et al., 2009], and it was reversed near the equinox (September in 2009) [Gurnett et al., 2010]. Related to this, we studied other trend in 2004-2010, and showed that the averaged intensity of LH component (summer, south) is stronger than that of RH component (winter, north) [Kimura et al., 2013]. Those characteristics suggested that the auroral activities are controlled by the north-south asymmetry of the polar ionospheric conductivities, which are related to the seasonal variations of the solar EUV flux. However, the scenario that can totally explain all observed features has not been yet established. For example, in the observations after 2010 (the Northern summer), both northern and southern SKR periods are not clearly different [Provan et al., 2014; Fischer et al., 2015]. This fact is contrary to the simple idea based on the polar ionospheric conductivities.

In this study, we extend the seasonable variation study in Kimura et al. (2013) covering the northern (summer) in 2010-2015. First we try to study the north-south ratio of the SKR intensity. We note that a simple extension of this analysis has a problem, caused by the Cassini orbit bias. Since the SKR are stronger in the dawn side, Kimura et al. (2013) adopted the detection criteria that Cassini is at the dawn side, (2h to 10h LT) and in the latitude and distance where SKR propagation is outside of the radio-invisible zone (latitude: -5 to +30deg (RH), +5 to -30 (LH); radius: 10 to 100 Rs). However, because of Cassini's orbital transition, apokrone after 2010 has shifted to the dusk side, and it becomes hard to get a large number of observations with the same data selection criteria.

At the moment, we removed the LT constraints and roughly investigated the SKR intensity ratio at all LT experimentally. In 2004-2007 the intensity of LH component (south, summer) was stronger by 7dB than RH (north, winter). In 2009-2011, the both SKR intensity became similar. After 2012, RH (north, summer) was stronger by 4dB than LH (south, winter). For further study, we will establish the new selection criteria based on additional analysis of the latitude - LT relationships in southern and northern SKR in overall periods.

We also note that the solar activity was minimum in 2008-2010, near Saturn's equinox. It means that solar EUV variation and Saturn's seasonal variation were not decoupled. We will also check this point as the investigation of the EUV influence on the SKR in 2004-2010 included in the work of Kimura et al. [2013].

土星は、Saturn Kilometric Radiation (SKR) と呼ばれる強力な電波放射を 3-1200kHz で南北両極から放射している。SKR は沿磁力線加速されたオーロラ電子からサイクロトロンメーザー不安定性によって励起され、サイクロトロン周波数で放射される。土星磁場の配位(地球と同様)から、北側からは右旋円偏波 (RH)、南側からは左旋円偏波 (LH) で放射されるため、円偏波度を用いて南北要素を分離可能である。この性質を利用した Cassini 探査機による土星南半球夏季の観測 (2004-2010) から、自転に伴う SKR 日変動周期が時間変動すること [Kurth et al., 2008]、日変動周期が南半球でより長いこと [Gurnett et al., 2009]、春分点 (2009 年 9 月) 付近で南北周期の逆転が見られること [Gurnett et al., 2010] 等、ユニークな土星の電磁圏活動特性が発見された。この南北非対称・季節変動に絡んで、Kimura et al. (2013) では、南北 SKR 強度の長期変動を追跡し、南半球夏季では LH 成分 (南半球・夏側) が RH 成分 (北半球・冬側) よりも平均的に強いことを見出している。これらの統一的な原因として、土星の極域沿磁力線電流量・降下電子量・オーロラ活動量が、極電離圏の電気伝導度の南北非対称 (夏側が冬側より高い) およびその季節変動・太陽 EUV フラックス応答により制御されるシナリオが示唆されているものの、決定的な結論は未だ確立されていない。特に、春分点を過ぎた 2010 年以降の観測 (北半球夏季) において、南半球夏季に見られた南北日変動周期の相違が見出せなくなっている [Provan et al., 2014; Fischer et al., 2015]。この事実は、極域電離圏伝導度の相違に原因を委ねる簡易なアイディアに反している。

本講演では、SKR 南北強度比の季節変動について、Kimura et al. (2013) で提示された南半球夏・春分点 (2004-2010) の追跡を北半球夏 (2015 春) まで拡張した結果を速報の予定である。なお、この解析の単純延長には、Cassini の軌道の偏りに起因する問題があることがわかっている。土星 SKR の放射は、朝側領域でより強いことが確認されているため、Kimura et al. (2013) では、Cassini がこの朝側領域を観測可能で (ローカルタイム: 2-10h)、かつ放射域近傍の高密度域に電波伝搬が阻害されない位置 (緯度: RH (北側) で -5~+30deg、LH (南側) で +5~-30deg、距離: 10-100Rs) に絞って解析を行った。しかし、Cassini は軌道遷移のため 2010 年以降には遠土点夕方側へ移行しており、同様な制限を設けると適用可能データが著しく減少してしまう。このため、まずローカルタイム制約を外して、試験的に観測可能な全ローカ

ルタイムにおける SKR の南北強度を比較調査した。この結果、2004~2007 年は LH 成分（南半球・夏側）が平均約 7dB 電波強度が大きく（先の結果と矛盾せず）、春分点直前から 2 年後に至る 2009~2011 年では両極の SKR 強度はほぼ同程度、2012 年以降には RH 成分（北半球：夏側）が約 4dB 大きくなる様子が見られた。この結果は「夏側半球の側でオーロラ活動がより増大する」という予測と整合はする結果である。この解析の正当性を確立するため、各ローカルタイム毎の観測緯度-電波強度（周波数依存性含む）を確認し、南半球夏季（朝側から観測）と北半球夏季（夕側から観測）の接続がどういう前提のもとで可能か、確認しつつある。

なお、太陽活動は 2008-2010 に極小期を迎えていた。このため、太陽 EUV 放射量は土星の春分点近傍で最も下がっており、太陽 EUV 強度変動と季節変動とは同期してしまっている。Kimura et al. (2013) では、太陽 EUV 放射強度と SKR 強度との相関をとってこの影響を季節変動とは独立に評価したが、2010-2015 年についても同様な追跡を行う必要がある。特に、2011 年まで SKR 南北比がはっきり見えなかったという我々の暫定結果と太陽 EUV 放射量との関係確認は重要な視点となりうる。さらに、2010 年以降の Cassini 軌道は、遠土点が Magnetopause よりも上流側に位置するため、太陽風磁場・密度と SKR 活動量との相関を直接比較可能となっている可能性がある。これは過去の解析期間では追跡不可能だった視点であり、この解析にも随時発展させたい。