

土星オーロラ電波放射の季節変動：太陽風活動度及び太陽紫外線強度との相関

佐々木 歩 [1]; 笠羽 康正 [1]; 木村 智樹 [2]; 埜 千尋 [3]
[1] 東北大・理; [2] 理研; [3] NICT

The seasonal variation of Saturn's auroral radio emissions: The correlation with solar wind activity and solar EUV flux

Ayumu Sasaki[1]; Yasumasa Kasaba[1]; Tomoki Kimura[2]; Chihiro Tao[3]
[1] Tohoku Univ.; [2] RIKEN; [3] NICT

Saturn emits intense radio emissions, Saturn Kilometric Radiation (SKR), from the northern and southern polar regions in 3-1200 kHz. SKR is generated by field-aligned energetic auroral electrons via the Cyclotron Maser Instability (CMI) at local cyclotron frequency. Evaluation of Saturn's rotation period is based on the occurrence period of SKR because the SKR source is fixed in the planetary magnetic field with highly anisotropic beaming and forms a corotating searchlight of radio emission. For the Saturn's magnetic field direction, the right-handed circularly polarized (RH) emissions are from the northern region and the left-handed (LH) ones from the southern region. Cassini observations in the southern summer (2004-2009) showed that the period of SKR daily variation is variable [Kurth et al., 2008]. It was slightly longer in the southern (summer) hemisphere [Gurnett et al., 2009], but close to each other near the equinox (September 2009) [Gurnett et al., 2010]. We also studied the flux variation between northern and southern SKR in 2004-2010, and showed that the LH (summer, south) is stronger than the RH (winter, north) in average [Kimura et al., 2013]. Those characteristics could be related to the north-south asymmetry in the polar ionospheric conductivities, which are related to the seasonal variations of the solar EUV flux illuminating to the polar region. However, its comprehensive explanation has not yet been established. In 2010-2013, the observations during the northern summer also show northern and southern SKR periods merge together without clear separation [Provan et al., 2014; Fischer et al., 2015]. In 2015, both SKR periods at last becomes to be separated [Ye et al., 2016].

In this study, we extend our last SKR flux variation study in 2004-2010 [Kimura et al., 2013] toward the northern summer (-2015 DOY264). We note that the simple extension of the analysis period is not adequate because of the bias in the Cassini orbit. Since the SKR is stronger in the dawn side, we only used the data when Cassini was at the dawn side (2h-10h LT). And, in order to avoid the visibility effect of SKR caused by its propagation, we also limited the data by the Cassini's latitude (-5 to +30deg (RH), +5 to -30deg (LH)) and the distance from Saturn (10 - 100 Rs). However, because of Cassini's apokrone after 2007 was gradually shifted from dawn to dusk, the same criteria prevents from collecting enough dataset for the analysis.

For this study, we kept the same latitude and distance criteria but didn't adopt LT condition. In the data when Cassini was close from the equator, both northern and southern SKR are observed simultaneously. Therefore we selected the data when Cassini was in the latitude within +5deg and verified the result. The variation of SKR peak intensity was evaluated by a running median with a window of +35 days. In this result, the intensity of LH component in 2004-2009 (south, summer) was ~+10 dB stronger than RH (north, winter), which is consistent with the result in Kimura et al. (2013). In 2010-2012, the both SKR intensities got close to each other. After 2013, RH (north, summer) was stronger by a few dB than LH (south, winter). Those variations of the flux ratio between Northern and Southern SKR after 2010 seems to be linked with those of the Northern and Southern SKR periods. We also note that the flux ratio was more than 10 in southern summer but only 2.5~5 in northern summer, in the analyzed term. On the other hand, in order to check the LT dependence effect, we divided the data with 4 LT sectors (3-9h, 9-15h, 15-21h, 21-3h). We could confirm that the south-to north ratio changed from 10 to 0.2 and reversed in the 3-9h and 9-15h sector and didn't clearly reverse in 15-21h and 21-3h sector.

In this paper, we will also show the correlations of the SKR flux variations to the solar activity, solar EUV flux in 2004-2015, as the extension of the results in 2004-2010 done by 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 で南北両極のオーロラ発光領域上空から放射している。この電波は、沿磁力線加速されたオーロラ降下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、放射源におけるその場のサイクロトロン周波数で放射される。背景磁場に対して強い放射異方性を持ちながら、磁場に固定されて土星と共回転している特性から、土星の自転周期の評価に用いられてきた。SKR は土星磁場の向き (地球と逆) に従い、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、自転に伴うとされてきた SKR 日変動周期が時間変動すること [Kurth et al., 2008]、この周期は南北で差があり南 (夏側) でより長いこと [Gurnett et al., 2009]、春分点 (2009 年 9 月) 付近に向かって南北間の周期差が縮小したこと [Gurnett et al., 2010] 等の特性が発見された。さらに Kimura et al. (2013) では 2004-2010 (南半球夏~春分点直後) の南北 SKR 強度長期変動を追跡し、この期間には 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た。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・オーロラ活動量に対する極電離圏電気伝導度 (太陽放射に照らされる夏側がより高い) による制御、及びこの電気伝導度の季節変動・太陽紫外線輻射量への応答が示唆されるものの、結論は確立されていない。2010~2013 年まで (北半球春~初夏) には、南半球夏季にはっきり見られた南北日変動周期の相違が不明瞭 [Provan et al., 2014; Fischer et al., 2015] であることも問題である。

我々は「北半球夏季」条件も網羅すべく、南北 SKR 強度の季節変動について、南半球夏~春分点 (2004-2010) の解析 [Kimura et al., 2013] を北半球夏 (現時点で入手可能なのは 2015DOY264 まで) に拡張した。ただしこの延長には、Cassini 土星周回軌道の偏りが問題となる。土星 SKR の放射は朝側領域でより強く、また極域上空に位置する放射源位置とそこから電波指向性の影響で近距離 (10 Rs 以内 (Rs: 土星半径)) や高緯度側・反対半球側 (北側放射: 磁気緯度+30~-5 deg 以外、南側放射: 同+5~-30 deg 以外) では観測電波強度が低下する。このため、Kimura et al. (2013) では Cassini の位置を「朝側領域 (ローカルタイム (LT): 2~10h)、土星からの距離 10-100Rs、RH(北側)・LH (南側) に対しそれぞれ磁気緯度+30~-5 deg・+5~-30 deg」に絞って解析した。しかし 2007 年以降、Cassini 軌道は遠土点がそれまでの朝側から夕側へと移行し、また軌道傾斜角も 2015 年初頭に至るまで大きく、この制限、特に LT の制約を維持すると採用可能データ量が著しく減少する。

このため本研究では、磁気緯度と土星距離に関しては Kimura et al. (2013) と同条件を用いるものの、LT に対する制約を外して南北 SKR のピークフラックス及びその比を調査した。赤道面を離れると北・南両極からの電波の同時観測は困難なため、両者は異なる LT で観測された量となる。このため南北比については磁気緯度 ± 5 deg に絞り、南北同時観測データだけを選別して検証した。衛星位置による見かけの変化を避けるため、 ± 35 日幅 (70 日間) で running median を取ったところ、2009 年までは平均的に LH 成分が ~ 10 dB ほど強く、2010~2012 年の間は明瞭な差はなく、2013 年以降は RH 成分が数 dB ほど強くなる様子が見えた。2010 年までの結果は Kimura et al. (2013) の結果と同様の傾向である。周期逆転については遷移がはっきりしなかったものの、南北比については 2013 年以降 RH 成分が数倍卓越し逆転する様相が見えた。ただし、冬半球側に対する夏半球側のフラックスは 2004 年 (南半球夏) では 10 倍以上あるのに比べ、2015 年 (北半球夏) では 2.5~5 倍程しか差がない。なお、LT 依存性の影響を確認すべく、観測データを 4 つ (3-9h、9-15h、15-21h、21-3h) に区切り、南北比を解析した。データが存在する期間に偏りが生じるものの、同じ解析期間で、3-9h 側及び 9-15h 側では南北比が約 10 から 0.2 へ変化し逆転する様相が、15-21h 側と 21-3h 側では 1 付近の値を取り、判然としない様相が見てとれた。

本講演では、Kimura et al. (2013) で行われた 2004-2010 の SKR - 太陽紫外線強度・太陽風活動度相関解析の 2015 年までの延長についての、その進捗も述べる。