

5/21 金環日食と6/6 金星日面通過を用いた月・金星ナトリウム大気成分の検出試行

笠羽 康正 [1]; 坂野井 健 [2]; 上野 悟 [3]; 鈴木 大志 [4]; 鍵谷 将人 [5]; 岡野 章一 [6]; 山崎 敦 [7]; 吉川 一朗 [8]; 金尾 美穂 [9]

[1] 東北大・理; [2] 東北大・理; [3] 京大・理・附属天文台; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [5] 東北大・理・地球物理; [6] 東北大・理・PPARC; [7] JAXA・宇宙研; [8] 東大・理・地惑; [9] 宇宙科学研究所

Trial of the Sodium detection in the Lunar and Venusian atmosphere during the Solar Eclipse (May 21) and Venus Transit (June 6)

Yasumasa Kasaba[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Satoru UENO[3]; Taishi Suzuki[4]; Masato Kagitani[5]; Shoichi Okano[6]; Atsushi Yamazaki[7]; Ichiro Yoshikawa[8]; Miho Kanao[9]

[1] Tohoku Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] Kwasan and Hida Obs. Kyoto Univ.; [4] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [5] Dep. of Geophys., Tohoku Univ.; [6] PPARC, Tohoku Univ.; [7] ISAS/JAXA; [8] EPS, Univ. of Tokyo; [9] ISAS

We tried the detection of sodium in the Lunar and Venusian atmosphere by the absorption of Na DI (5895.92 Å) during their transit on the solar surface occurred in 2012.

Both observations were done by the 60cm Dome-less Solar Telescope (DST) of Kyoto University Hida Observatory (by Kasaba, Sakanoi, Suzuki [for Moon], and Ueno.) Lunar transit = the Annular eclipse occurred in 6:19-8:59 JST (partial eclipse at Hida) on 21 May 2012. It was fine weather but at lower elevation angle, 18-50 deg. Venusian transit occurred 7:09-13:49 JST on June 6 2012. The elevation was enough, 29-76-60 deg, but the weather was not stabled. The latter was also observed at Mt. Haleakala by Univ. Hawaii 50cm Solar telescope SOLAR-C (by Kagitani, Okano). HINODE observation was also performed (by Kanao, Yamazaki), which will be reported in another paper.

Both Hida observations were performed by same settings. This telescope succeeded to detect Herman sodium atmosphere (Doppler shift: ~5 km/s, absorption: ~6%, column density: $6 \times 10^{10} / \text{cm}^2$) in the Herman transit on Nov. 9, 2006 [Yoshikawa et al., 2007]. We used the Vertical Spectrograph with the spectral resolution of 840,000 (7mÅ) with a long slit spectrum (width: 0.32 arcsec). We attached our CCD detector (Andor, 512x512 pixel), which achieved the field length 52.5 arcsec (1 pixel: 0.1 arcsec) and the wavelength range 1.58Å (1 pixel: 3 mÅ).

The lunar observation aimed the detection of sodium atmosphere nearby the surface. Na DI/DII emission lines have been observed from ground-based telescopes and JAXA lunar orbiter Kaguya [Kagitani et al., 2010]. However, Na below the altitude of 10 km (~5 arcsec) is hard to detect by the contamination from strong scattered light. We observed four points, dawn-side N20deg (mere), dawn-side S20deg (mountain), dusk-side N20deg (mountain), and dusk-side N0deg (mere), for 30 min each. Seeing was ~2-3 arcsec. Expected column density above 50km is $\sim 1 \times 10^9 / \text{cm}^2$ (absorption: ~0.1%) which is less than 1/10 of the Mercury case. It is also sever that the Doppler shift is less than 1km/s. By those reasons, we have assumed that the identification of Lunar Na DI migrated in the solar Na DI absorption was difficult. In our tentative analyses, some spectra show ~2-3% excessed absorption below the altitude of ~20 km (~10 arcsec). However, solar Na DI absorption is not stable in time and space (variation: ~10-30% in maximum), and also has the Doppler changes (10s mÅ, several 100 m/s) by solar atmospheric turbulence.

The Venus observation aimed the first detection of sodium layer in the upper atmosphere. It is supposed that the terrestrial sodium layer ($2-5 \times 10^9 / \text{cm}^2$) around 90km in altitude is maintained by the supply of interplanetary dust. The dust number density has the distribution of $R^{-1.5}$ in which R is solar distance [Mann et al. 2004]. It means the possibility of the denser sodium layer in Venus. However, the detection should be hard because the transparent light in the Venusian atmosphere is mixed with background sunlight when the seeing is not good. In our observation, we used Tip-Tilt stabilization and achieved the seeing of 1-2 arcsec. But if it is 1 arcsec, expected excess of the Na DI absorption was only ~0.3%. And it is also severe that we only had the Doppler shift less than 1 km/s. In the tentative result, the Venus Na excessed absorption is 2-3% in several min integration, probably the result should be 1% or less. It means that the Na in the Venusian upper layer is less than at least 10 times, probably 3-4 times of the Earth's. It is consistent with our expectation.

2012年に起きた2つの「太陽面通過」を活かし、Na DI (5895.92 Å) 吸収線による月・金星大気中のナトリウム成分検出を試みた。観測は、京都大学・飛騨天文台の口径60cmドームレス望遠鏡で行った(担当: 笠羽・坂野井・鈴木[月]・上野)。月の日面通過すなわち日食は5月21日6:19-8:59 JST(金環食: 飛騨では93.3%部分食)、また金星の日面通過は6月6日7:09-13:49 JSTに起きた。前者は好天だが高度18-50degと低く、特に前半の条件がよくない。後者は高度29-76-60degと恵まれたが、曇と晴の入り混じる不安定な天候だった。金星日面通過は、ハレアカラ山頂のハワイ大・口径50cm太陽望遠鏡Solar-C(担当: 鍵谷・岡野)でも行っており、本講演はその結果も含め報告する。太陽観測衛星による酸素原子

大気観測試行も行ったが、この内容は別講演となる（担当：金尾、山崎）。

飛騨天文台での観測は、月・金星とも同一設定で行った。この望遠鏡では2006年11月9日の水星日面通過観測に成功しており、5km/s程度のDoppler差も相まって $6 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ のNa大気検出に成功している（吸収量～6%）[Yoshikawa et al. 2007]。本望遠鏡には2つの分光器があるが、そのうち垂直分光器を波長分解能84万（7mA）・ロングスリット分光（スリット幅: 0.32 arcsec）で用いた。これに東北大CCD検出器（Andor社製、512x512 pixel）を装着し、視野長52.5 arcsec（1 pixel: 0.1 arcsec）、波長範囲1.58Å（1 pixel: 3 mA）を得た。

月観測は、金星観測の予行演習として行っただけでなく、月表面から放出されるナトリウム大気、特に表面近傍の低温成分検出を企図した。月ナトリウム大気は地上望遠鏡（含：東北大八ヶ岳観測施設）・月周回探査機Kaguya (Kagitani et al., 2010) によるNa輝線観測が行われてきた。しかし、高度10km（5 arcsecに相当）以下における分布は昼側月面の散乱光が強く難しい。今観測ではDawn・Dusk比較が可能だが、Dawn側は太陽加熱による急激な昇温でNa放出量が大い可能性がある。また表層ぎりぎりの観測によって、山・海間のナトリウム放出量差の検出可能性もでてくる。このため本観測は「Dawn側N20deg（海）」、「Dawn側S20deg（山）」、「Dusk側N20deg（山）」、「Dusk側N0deg（海）」の4点を30分程度データ取得した。seeingは2-3 arcsec程度である。月の高度数十km程度でのNa柱密度はせいぜい $1 \times 10^9 / \text{cm}^2$ （吸収量：0.1%程度）と水星の一桁以上少なく、Doppler差も1km/s以下でしかないため太陽NaDI吸収との分離は至難と想定した。ここまでの解析では、高度20km（10 arcsec）以下で2-3%の超過吸収の兆候の例がある。ただし太陽NaDI吸収は時間・空間一定でなく（最大～10-30%変動）、また太陽大気運動によるDoppler遷移（数十mA、数百km/s程度）もあり、慎重に解析を進めている。

金星観測は、その上層大気に存在しうる高高度ナトリウム層の初検出を企図した。地球ナトリウム層（高度90km前後、 $2-5 \times 10^9 / \text{cm}^2$ ）は惑星間空間塵の降下による供給によって維持されているとされる。惑星間空間塵は太陽距離に対し $R^{-1.5}$ で依存する[Mann et al. 2004]ため、金星大気上層への塵供給量は地球の倍程度である可能性がある。ただし、Limbから透過観測してもseeingが悪ければ背景太陽光が混入し吸収は希釈される。この観測ではTip-Tiltによる補正によってseeingは1-2 arcsec程度を得たが、1 arcsecでも0.3%程度の超過吸収しか見込めない。Doppler差も1km/s以下で、太陽NaDI吸収線からの分離は月観測以上に至難と予想した。ここまでの解析では、金星Na超過吸収量は2-3%以下、おそらく1%以下との暫定結果を得ている。これは「金星Na層は地球Na層の10倍以下、おそらく3-4倍以下である」ことを意味し、予測と整合する。

水星日面通過を「系外惑星の恒星面transitの練習台」として捉える見方があった。実際系外惑星でNa吸収超過例があるが[cf. Charbonneau et al. 2002]、それらはNa混合比が太陽並とみなせるHot-Jupiter天体であり、分化が進んだ地球型惑星の大気でNa・Fe等の量は地球並に少ないはずで、transitでの検出は本来至難である。