

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：30115

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14786

研究課題名（和文）探査機「あかつき」と地上望遠鏡で迫る金星雲層構造の新たな姿

研究課題名（英文）Cloud structure of Venus revealed by new observations using Akatsuki spacecraft and ground-based telescope

研究代表者

佐藤 隆雄 (Sato, Takao)

北海道情報大学・経営情報学部・准教授

研究者番号：50633509

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：金星全球を覆う光学的に厚い硫酸雲の時空間変動を、探査機「あかつき」と地上望遠鏡「IRTF」を用いて観測的に調査した。「あかつき」の近赤外画像から導出した雲頂高度は赤道対称構造であり、低緯度では比較的一定だが高緯度になるに従い下降する事が分かった。過去の探査機観測の結果を踏まえると、雲頂高度分布は約10年近く安定している事を突き止めた。「あかつき」が発見した山岳波に起因した定在構造は、雲頂高度にして数百m程度の高度差として表れることを初めて定量的に示した。「IRTF」の近赤外高分散分光装置で取得したCO₂吸収線から導出した雲頂高度分布は、「あかつき」で得られた分布を定性的に支持する結果であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

全球を覆う光学的に厚い硫酸雲は金星全体の熱収支を支配しており、この振る舞いが金星の気候進化に大きく影響してきたと考えられる。従って、雲層構造の空間分布とその時間変動の理解は、金星の気候システムを解明する上で重要な基礎情報となる。本研究では、欧州探査機Venus Express以降では唯一となる雲層の詳細観測を実施した探査機「あかつき」と地上望遠鏡による観測データを用いて、雲頂高度分布と山岳波に起因した定在構造を含む微細構造について新たな知見を得た。これらは大気大循環モデルやデータ同化手法による大気現象の再現や気候システムの解明に必要な制約情報となった。

研究成果の概要（英文）：Optically thick clouds of sulfuric acid on Venus were observationally investigated by new observations using Akatsuki spacecraft and a ground-based telescope, IRTF. From near-infrared images of Akatsuki, the cloud tops were found to have an equatorially symmetric structure. The average cloud top altitude showed a gradual decrease from low to mid latitudes. It rapidly dropped from mid to high latitudes. The cloud tops on Venus are basically stable for nearly ten years in light of previous studies using past spacecraft data. The stationary gravity wave features first discovered in mid-infrared images of Akatsuki were also seen in the near-infrared images. The bright contrast of the features could be interpreted as resulting from the difference in cloud top altitude of a few hundred meters. The cloud tops derived from CO₂ lines obtained by a high-resolution infrared spectroscopy using IRTF qualitatively supported the results from the near-infrared images of Akatsuki.

研究分野：宇宙惑星科学

キーワード：金星 雲層構造 探査機「あかつき」 地上望遠鏡 放射伝達 微量大気

1. 研究開始当初の背景

地球と同時期に似た過程で誕生した金星は、高度 50-70km に広がる光学的に厚い硫酸の雲に覆われている (図 1)。この雲は入射太陽光の約 8 割を宇宙空間に反射するが、雲層上部に存在する未同定化学物質と共に大気中に侵入した太陽光の約半分を吸収する。つまり、雲層は大気加熱源として惑星全体の熱入力を支配しており (太陽光の大部分を地面が吸収する地球とは決定的に異なる点である)、この振る舞いこそが金星の気候進化に大きく影響してきたと考えられる。従って、雲層構造の空間分布とその時間変動の理解は、金星の気候システムを解明する上で重要な基礎情報となる。さらに、大気中を浮遊する雲に焦点をあてた惑星研究は、惑星科学の使命である惑星環境多様性の起源を探るための一つの方法論の提示ともなる。

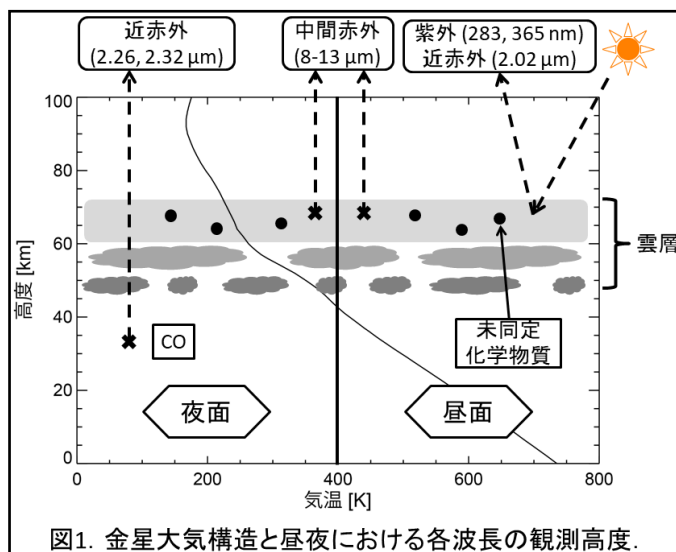


図1. 金星大気構造と昼夜における各波長の観測高度.

欧州探査機 Venus Express (VEX) の約 8 年に及ぶ観測は、我々の知見を飛躍的に向上させた。例えば、近赤外 (1-5 μm) 分光観測から求めた雲頂高度は大局的には極に向かうにつれ下降することが分かかってきたし [e.g., Ignatiev et al., 2009; Haus et al., 2014], 紫外 (110-320nm) 分光観測から雲形成に寄与する SO₂ は時空間変動に富んでいることが示唆されている [e.g., Marcq et al., 2013]. しかし、VEX は極軌道を採用したため「スーパーローテーション」などの特異な大気現象が卓越する赤道域データが決定的に不足したままであった。これに対し、雲層構造の時空間変動の理解を深める機会が日本の探査機「あかつき」によってもたらされた。「あかつき」は紫外から中間赤外までの多波長撮像を赤道周回軌道から行うことで、複数高度での大気運動や雲分布を可視化する気象衛星であり [Nakamura et al., 2007, 2016], VEX の観測を補いつつ新たな観測情報を定常的に提供できる現在唯一の手段である。

2. 研究の目的

雲層構造の時空間変動の理解には、(A) 雲頂高度や雲の光学的厚みの変動を調べるだけでなく、(B) これらの大気物理量の変動を引き起こす大気運動との関連や (C) 雲形成に関与する微量大気の時空間分布との比較といった 3 方向からのアプローチが有効と考えた。本研究では、地球と大きく異なる金星の気候システムに深く関与している雲層構造の時空間変動を解明することを目的に、(A) 雲層構造自体、(B) 雲層を変動させる大気運動、(C) 雲形成に関与する微量大気の把握を、「あかつき」と地上望遠鏡による観測データとこれらを解釈する大気放射伝達モデルを用いて実施した。

3. 研究の方法

(1) 研究に用いた観測データ

① 「あかつき」の 2 μm カメラ (IR2)

IR2 は、金星の昼面と夜面それぞれの観測に最適化された 4 枚のフィルター (1.735, 2.02, 2.26, 2.32 μm) を用いた近赤外撮像装置である。本研究では昼面観測用の 2.02 μm フィルターで取得した 93 枚の画像 (観測時期: 2016 年 4 月 4 日-5 月 25 日) を利用した。

② NASA 赤外望遠鏡 (IRTF) の近赤外高分散分光器 iSHELL

IRTF はハワイ・マウナケア山頂にある口径 3.2m の赤外望遠鏡である。iSHELL は近赤外域 (1.06-5.3 μm) を網羅するエッセル分光器であり、波長分解能は約 8 万である。この高波長分解能力と地球・金星間のドップラー効果を利用することで、地球大気の影響を抑えた金星大気吸収スペクトルを取得できる。本研究では 2018 年 8 月 6-7 日と 2022 年 8 月 18-20 日 (UTC) に金星の昼面を観測したスペクトル (3.57-3.95 μm) を利用した。

(2) 解析の概要

① 大気放射伝達モデル

リモートセンシング手法によって取得した画像やスペクトルから大気物理量を導出するためには、大気放射伝達モデルが必要不可欠である。このモデルでは、惑星大気を

表現するいくつかの大気物理量(本研究では雲頂高度や微量大気の混合比を可変とし、これら以外を固定値として扱う)と観測時のジオメトリを入力すると、数値計算によって観測される放射輝度を求めることができる。本研究では、研究代表者が以前に作成したモデル [Sato et al., 2013, 2014] を最適化し利用した。

- ② 観測データから雲頂高度を導出する方法
金星大気の主成分である CO₂ は場所に依らず一様な高度分布をしていると考えられる。従って、CO₂ 吸収帯における反射太陽光の明暗は反射体である雲層までの光路長の違い、すなわち雲頂高度の違いを反映している。IR2 の 2.02 μm フィルターはこの観測原理を利用しており、観測された放射輝度を最もよく再現する雲頂高度を、①で述べた大気放射伝達モデルと反転解析から導出することができる。iSHELL で取得した吸収スペクトルについても同様であるが、波長分解能が高いため CO₂ 吸収線を 1 本ずつ分解することができる。
- ③ 観測データから微量大気の混合比を導出する方法
iSHELL で取得した金星の昼面スペクトルは、雲頂高度付近までの微量大気(本研究では HCl) のカラム量に感度を有している。従って、HCl の混合比分布を仮定する必要がある(本研究では高度一様分布とした)。CO₂ 吸収線から雲頂高度(HCl 吸収線に影響を与える高度範囲)を、HCl 吸収線から HCl の混合比を、大気放射伝達モデルと反転解析から導出することができる。

4. 研究成果

(1) IR2 画像から導出した金星昼面の雲頂構造 (A)

- ① 本研究で使用した IR2 の画像 93 枚は、金星を様々な太陽位相角 (0-120 度) から観測したものである。反射太陽光強度の太陽位相角依存性と各画像の周辺減光を利用することで、低緯度域 (30° 以内) における平均的な雲の粒径とスケールハイトを導出した。その結果、雲の粒径は 1.06 μm、スケールハイトは 5.3km となり、スケールハイトはやや大きい。両者とも先行研究と整合することが分かった。
- ② ①で求めた雲の粒径とスケールハイトは全球で不変であると仮定し、各画像に対して雲頂高度をピクセル単位で導出した(図2)。得られた雲頂高度の緯度分布は赤道対称構造をしており、赤道域では平均して 70.5km に位置し、北緯(南緯) 45 度までに緩やかに(約 2km) 下降する。一方で、北緯(南緯) 50-60 度からは急激に下降し、高緯度域では 61km になることが分かった。低緯度域における雲頂高度には明確な太陽地方時依存性は見られず、変動は最大で 1km 程度しかない。これらの結果は VEX のデータを用いた先行研究と概ね一致しており、VEX の時代から約十年近く雲頂高度の緯度分布が安定していることを突き止めた。
- ③ 「あかつき」の中間赤外カメラ(LIR)によって世界で初めて発見された山岳波(気流が山を越えた時に励起される大気の波動現象)に起因した定在構造[Fukuhara et al., 2017] は、IR2 の 2.02 μm フィルターで取得した昼面の画像にも多数捉えられていることが分かった。この山岳波に起因した定在構造は、雲頂高度に換算して数百 m 程度の高度差として表れていることを初めて定量的に示すことができた(図3)。

ここに述べた研究成果は、査読付き欧文学術雑誌 Icarus に掲載された [Sato et al., 2020]。

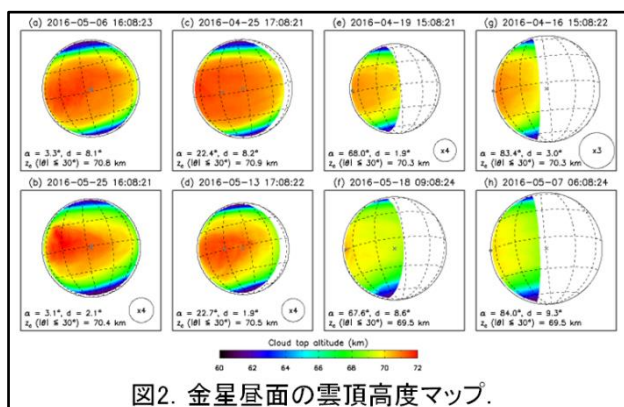


図2. 金星昼面の雲頂高度マップ。

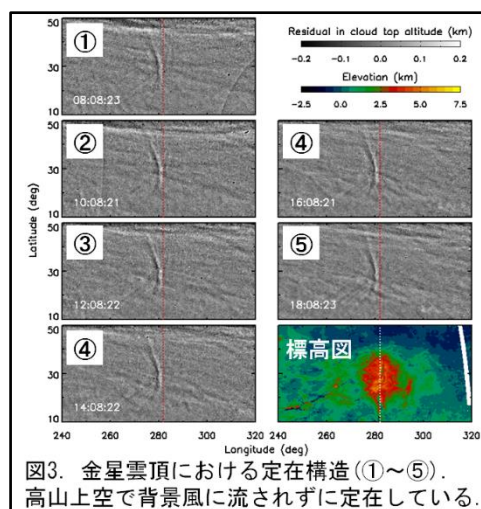


図3. 金星雲頂における定在構造(①~⑤)。

高山上空で背景風に流されずに定在している。

(2) iSHELL スペクトルから導出した金星昼面の雲頂構造及び HCl の空間分布 (C)

- ① 2018 年と 2020 年に実施した近赤外高分散分光観測では、金星昼面に対して南北にスリットを当てて、117 地点におけるスペクトルを解析した。それぞれのスペクトルに対して、CO₂ (¹⁶O¹²C¹⁸O) 吸収線から金星の雲頂高度を導出した。雲頂高度の緯度分布は赤道対称構造をしており、低緯度域では平均して 70.8km に位置し、高緯度に向かうに

つれて下降する結果となった(図4)。2018年と2020年では、高緯度における雲頂高度に最大5km程度の違いが見られたが、刹那的な観測では、この違いが太陽地方時依存性、長期変動、あるいは偶然によるものなのか結論を得るには至らなかった。

- ② HCl吸収線を用いて、雲頂高度付近のHClの混合比を導出した。HCl量は緯度や太陽地方時に依らずほぼ一様で、混合比は0.379ppmvであった(図4)。この結果は、赤外やサブミリ波を用いた過去の地上望遠鏡観測や大気化学モデルの結果と整合しているが、VEXの太陽掩蔽観測装置SOIRの結果[Mahieux et al., 2015]に比べて約1桁大きい結果であった。太陽掩蔽観測の原理上、SOIRは6時と18時における微量大気の高高度分布しか測定できない。一方で、本研究のような金星の雲層で反射する太陽光を用いた地上望遠鏡観測では、この時間帯の解析が困難である(大気放射伝達モデルで使用する平行平板大気仮定が成立しない)ため、直接比較できない。しかし、この著しい乖離を太陽地方時依存性だけで説明できるとは考えにくく、SOIRデータの解析手法について検討する余地があることが分かった。

ここに述べた研究成果は、査読付き欧文学術雑誌Icarusに掲載された[Sato et al., 2023]。

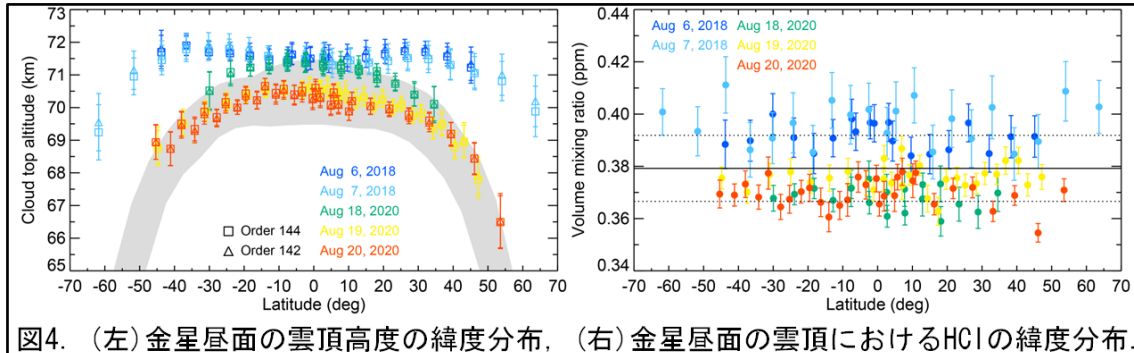


図4. (左)金星昼面の雲頂高度の緯度分布、(右)金星昼面の雲頂におけるHClの緯度分布。

- (3) LIR画像から推定した雲層から励起される熱潮汐波の鉛直伝搬

金星の「スーパーローテーション」の生成・維持メカニズムについて議論する上で、熱潮汐波の鉛直伝搬の様子を観測的に調査する必要がある。LIRは広帯域フィルター(8-12 μ m)で金星の中間赤外面像を取得しており、複数波長から様々な高度情報を抽出するといった方法を用いることはできない。一般に、観測高度は衛星天頂角が大きくなるにつれて上昇することから、大気放射伝達モデルを用いてLIRの観測高度と衛星天頂角の関係を定量的に示した。これにより、LIRのような限られた波長でも、大気力学を議論する上で重要な熱潮汐波の鉛直伝搬の様子を抽出する研究が可能となった[Kouyama et al., 2019; Akiba et al., 2021]。

- (4) 当初予定していた研究で計画通りに進まなかった課題について

- ① 研究目的で述べた(B)については、IR2の2.26, 2.32 μ mフィルターで取得した金星夜面の画像を使用する予定であった。夜面の画像は、昼面からの漏れ込み光等の影響を評価し軽減するためのデータ校正に時間を要し、当初予定していた雲層下部のCOの時空間分布を導出するには至らなかった。但し、夜面の画像に関する校正手法は確立されたので[Satoh et al., 2021]、今後研究を継続できる見込みである。
- ② 研究目的で述べた(C)については、iSHELLで取得したスペクトルから雲形成に関与する水蒸気(H₂OとHDO)の時空間分布を導出する予定であった。初期解析を実施したところ、iSHELLの高波長分解能力と地球・金星間のドップラー効果を以てしても、金星のH₂O吸収線を地球のH₂O吸収線から分離することは難しく、H₂OとHDO量を同時に推定することは困難であることが分かった。但し、HDOに関しては、地球に比べて金星の方が大気中に占める量が多いため、十分な強度で観測されている。従って、HDO単体で研究を進めることは可能である。

<引用文献>

- Akiba, M., et al., 2021. Thermal tides in the upper cloud layer of Venus as deduced from the emission angle dependence of the brightness temperature by Akatsuki/LIR. *Journal of Geophysical Research (Planets)* 126, e2020JE006808, <https://doi.org/10.1029/2020JE006808>.
- Fukuhara, T., et al., 2017. Large stationary gravity wave in the atmosphere of Venus. *Nature Geoscience* 16, doi:10.1038/NGEO2873.
- Haus, R., et al., 2014. Atmospheric thermal structure and cloud features in the southern hemisphere of Venus as retrieved from VIRTIS/VEX radiation measurements. *Icarus* 232, 232-248.
- Ignatiev, N.I., et al., 2009. Altimetry of the Venus cloud tops from the Venus Express observations. *Journal of Geophysical Research* 114, E00B43, doi:10.1029/2008JE003320.

- Kouyama, T., et al., 2019. Global structure of thermal tides in the upper cloud layer of Venus revealed by LIR on board Akatsuki. *Geophysical Research Letters* 46, <https://doi.org/10.1029/2019GL083820>.
- Mahieux, A., et al., 2015. Hydrogen halides measurements in the Venus mesosphere retrieved from SOIR on board Venus express. *Planetary and Space Science* 113-114, 264-274.
- Marcq, E., et al., 2013. Variations of sulphur dioxide at the cloud top of Venus' s dynamic atmosphere. *Nature Geoscience* 6, 25-28.
- Nakamura, M., et al., 2007. Planet-C: Venus Climate Orbiter mission of Japan. *Planetary and Space Science* 55, 1831-1842.
- Nakamura, M., et al., 2016. AKATSUKI returns to Venus. *Earth, Planets and Space* 68:75, doi:10.1186/s40623-016-0457-6.
- Sato, T.M., et al., 2013. Retrieval of jovian cloud structure from the Cassini ISS limb-darkening data I. Continuum scattering phase functions for cloud and haze in the South Tropical Zone. *Icarus* 222, 100-121.
- Sato, T.M., et al., 2014. Cloud top structure of Venus revealed by Subaru/COMICS mid-infrared images. *Icarus* 243, 386-399.
- Sato, T.M., et al., 2020. Dayside cloud top structure of Venus retrieved from Akatsuki IR2 observations. *Icarus* 345, 113682.
- Sato, T.M. and Sagawa, H., 2023. A new constraint on HCl abundance at the cloud top of Venus. *Icarus* 390, 115307.
- Satoh, T., et al., 2021. Venus night-side photometry with “cleaned” Akatsuki/IR2 data: Aerosol properties and variations of carbon monoxide. *Icarus* 355, 114134.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 7件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Sato Takao M., Sagawa Hideo	4. 巻 390
2. 論文標題 A new constraint on HCl abundance at the cloud top of Venus	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 115307 ~ 115307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2022.115307	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sato Takehiko, Uemizu Kazunori, Ueno Munetaka, Kimata Masafumi, Sato Takao M.	4. 巻 12264
2. 論文標題 Modeling a point-spread function originating from multiple reflection of light in the substrate of array sensor: the case of Akatsuki/IR2	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2638444	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akiba Masahiro, Taguchi Makoto, Fukuhara Tetsuya, Imamura Takeshi, Kouyama Toru, Sato Takao M.	4. 巻 126
2. 論文標題 Thermal Tides in the Upper Cloud Layer of Venus as Deduced From the Emission Angle Dependence of the Brightness Temperature by Akatsuki/LIR	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JE006808	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sato Takehiko, Yun Choon Wei, Kimata Masafumi, Horinouchi Takeshi, Sato Takao M.	4. 巻 355
2. 論文標題 Venus night-side photometry with "cleaned" Akatsuki/IR2 data: Aerosol properties and variations of carbon monoxide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114134 ~ 114134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.114134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sato T.M., Satoh T., Sagawa H., Manago N., Lee Y.J., Murakami S., Ogohara K., Hashimoto G.L., Kasaba Y., Yamazaki A., Yamada M., Watanabe S., Imamura T., Nakamura M.	4. 巻 345
2. 論文標題 Dayside cloud top structure of Venus retrieved from Akatsuki IR2 observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113682 ~ 113682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.113682	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kouyama T., Taguchi M., Fukuhara T., Imamura T., Horinouchi T., Sato T. M., Murakami S., Hashimoto G. L., Lee Y. J., Futaguchi M., Yamada T., Akiba M., Satoh T., Nakamura M.	4. 巻 46
2. 論文標題 Global Structure of Thermal Tides in the Upper Cloud Layer of Venus Revealed by LIR on Board Akatsuki	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 9457 ~ 9465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL083820	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計16件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 A new constraint on HCl abundance at the cloud top of Venus
3. 学会等名 NOMAD SWT Meeting #23 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 A new constraint on HCl abundance at the cloud top of Venus
3. 学会等名 Venus Surface and Atmosphere Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 A new constraint on HCl abundance at the cloud top of Venus
3. 学会等名 第152回地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 A new constraint on HCl abundance at the cloud top of Venus by IRTF/iSHELL observations
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 Inconsistency of HCl abundance at the cloud top of Venus between ground-based and VEX/SOIR measurements
3. 学会等名 第23回惑星圏研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 Retrieval of HCl abundance at the cloud top of Venus from IRTF/iSHELL spectra
3. 学会等名 第150回地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 Ground-based measurements of HCl abundance at the cloud top of Venus
3. 学会等名 Europlanet Science Congress 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 Spatial distribution of HCl abundance at the cloud top of Venus retrieved from IRTF/iSHELL spectra
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤隆雄
2. 発表標題 地球型惑星の大気化学
3. 学会等名 第22回惑星圏研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 Initial results of HCl abundance at the cloud top of Venus retrieved from IRTF/iSHELL spectra
3. 学会等名 第148回地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sato, T.M., Satoh, T., Sagawa, H., Manago, N., Lee, Y.J., Murakami, S., Ogohara, K., Hashimoto, G.L., Kasaba, Y., Yamazaki, A., Yamada, M., Watanabe, S., Imamura, T., Nakamura, M.
2. 発表標題 Dayside cloud top structure of Venus retrieved from Akatsuki IR2 observations
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sato, T.M., Sagawa, H.
2. 発表標題 High resolution 3-4 micron spectroscopy of Venus' atmosphere by IRTF/iSHELL
3. 学会等名 第21回惑星圏研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sato, T.M., Satoh, T., Sagawa, H., Manago, N., Lee, Y.J., Murakami, S., Ogohara, K., Hashimoto, G.L., Kasaba, Y., Yamazaki, A., Yamada, M., Watanabe, S., Imamura, T., Nakamura, M.
2. 発表標題 Dayside cloud top structure of Venus retrieved from Akatsuki IR2 observations
3. 学会等名 第146回地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, T.M., Satoh, T., Sagawa, H., Manago, N., Lee, Y.J., Murakami, S., Ogohara, K., Hashimoto, G.L., Kasaba, Y., Yamazaki, A., Yamada, M., Watanabe, S., Imamura, T., Nakamura, M.
2. 発表標題 Dayside cloud top structure of Venus retrieved from Akatsuki IR2 observations
3. 学会等名 EPSC-DPS Joint Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, T.M., Satoh, T., Sagawa, H., Manago, N., Lee, Y.J., Murakami, S., Ogohara, K., Hashimoto, G.L., Kasaba, Y., Yamazaki, A., Yamada, M., Watanabe, S., Imamura, T., Nakamura, M.
2. 発表標題 Mapping of Venus' cloud top altitude from Akatsuki IR2 dayside images
3. 学会等名 International Venus Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, T.M., Satoh, T., Sagawa, H., Manago, N., Lee, Y.J., Murakami, S., Ogohara, K., Hashimoto, G.L., Kasaba, Y., Yamazaki, A., Yamada, M., Watanabe, S., Imamura, T., Nakamura, M.
2. 発表標題 Cloud top structure of Venus retrieved from the Akatsuki IR2 dayside observations
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------