慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	階層的数値モデルによる金星大気重力波の励起、伝播、散逸過程の解明
Sub Title	Elucidation of generation, propagation, and dissipation processes of Venusian atmospheric gravity waves using a hierarchical numerical model
Author	杉本, 憲彦(Sugimoto, Norihiko) 高木, 征弘(Takagi, Masahiro) 安藤, 紘基(Ando, Hiroki) 野口, 克行(Noguchi, Katsuyuki) 黒田, 剛史(Kuroda, Takeshi) 宮本, 佳明(Miyamoto, Yoshiaki)
Publisher	
Publication year	2023
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2022.)
JaLC DOI	
Abstract	大気重力波は、運動量やエネルギーを輸送、再分配し、惑星大気において重要な働きを担う。本課題では、階層的な数値モデルを用いて、金星大気の重力波の諸過程を包括的に解明することを目標とした。 その結果、惑星規模の重力波である熱潮汐波の励起、伝播、散逸による運動量輸送のみならず、短周期の重力波である赤道ケルビン波の励起メカニズムや雲量変動への役割、さらには小規模な重力波が熱潮汐波から自発的に励起され、運動量の再分配を担うことまで、世界初となる様々な成果をあげた。 Atmospheric gravity waves transport and redistribute momentum and energy, and play an important role in planetary atmospheres. The objective of this research is to comprehensively clarify various processes of gravity waves in the Venus atmosphere using a hierarchical numerical model. As a result, not only the momentum transport by the excitation, propagation and dissipation of thermal tides, which are planetary scale gravity waves, but also the excitation mechanism and role of equatorial Kelvin waves, which are short period gravity waves, in cloud variation. Furthermore, it is elucidated for the first time in the world that small-scale gravity waves are spontaneously generated from thermal tides and redistribute momentum in the super rotation.
Notes	研究種目 : 基盤研究 (B) (一般) 研究期間 : 2019 ~ 2022 課題番号 : 19H01971 研究分野 : 地球流体力学、惑星大気科学、気象力学、計算科学、数値流体力学
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_19H01971seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５ 年　 ５ 月 ３１ 日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2019～2022
課題番号：１９Ｈ０１９７１

研究課題名（和文）階層的数値モデルによる金星大気重力波の励起、伝播、散逸過程の解明

研究課題名（英文）Elucidation of generation, propagation, and dissipation processes of Venusian atmospheric gravity waves using a hierarchical numerical model

研究代表者
杉本　憲彦（SUGIMOTO, Norihiko）

慶應義塾大学・法学部（日吉）・教授

研究者番号：１０４０２５３８

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　13,300,000円

研究成果の概要（和文）：大気重力波は、運動量やエネルギーを輸送、再分配し、惑星大気において重要な働きを担う。本課題では、階層的な数値モデルを用いて、金星大気の重力波の諸過程を包括的に解明することを目標とした。
その結果、惑星規模の重力波である熱潮汐波の励起、伝播、散逸による運動量輸送のみならず、短周期の重力波である赤道ケルビン波の励起メカニズムや雲量変動への役割、さらには小規模な重力波が熱潮汐波から自発的に励起され、運動量の再分配を担うことまで、世界初となる様々な成果をあげた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
金星は地球の姉妹星と称されるが、その大気大循環は地球と大きく異なっている。この大気大循環の違いが、どのような力学の相違によるのかを理解することは、大気科学や流体力学のもっとも重要な学術的「問い」の一つである。
本研究では、モデル内の取扱いや理論的な理解が不十分な金星の大気重力波に焦点をあて、階層的な数値モデルを用いて、重力波の励起、伝播、散逸といった諸過程を調べ、その大気大循環への役割を世界で初めて明らかにした、大きな学術的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Atmospheric gravity waves transport and redistribute momentum and energy, and play an important role in planetary atmospheres. The objective of this research is to comprehensively clarify various processes of gravity waves in the Venus atmosphere using a hierarchical numerical model.
As a result, not only the momentum transport by the excitation, propagation and dissipation of thermal tides, which are planetary scale gravity waves, but also the excitation mechanism and role of equatorial Kelvin waves, which are short period gravity waves, in cloud variation. Furthermore, it is elucidated for the first time in the world that small-scale gravity waves are spontaneously generated from thermal tides and redistribute momentum in the super rotation.

研究分野：地球流体力学、惑星大気科学、気象力学、計算科学、数値流体力学

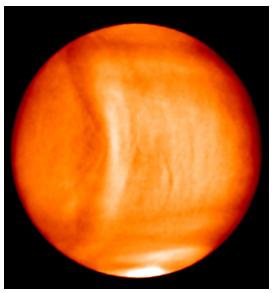
キーワード：大気重力波　金星　パラメタリゼーション　データ同化　観測システムシミュレーション実験

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

金星のスーパーローテーションなど、地球型惑星の大気大循環は互いに大きく異なる。この大気大循環の違いが、どのような力学の相違によるのかを理解することは、大気科学や流体力学のもっとも興味深く重要な学術的「問い」の一つである。研究開始当初、その鍵の有力候補として考えられたのが、モデル内の取扱いや理論的な理解が不十分な大気重力波であった。金星では、地形や地方時に強く相関する惑星規模の弓状構造(Fukuhara et al., 2017; 下図)や、大規模山岳地帯上空のスーパーローテーションの風速変動(Bertaux et al., 2016)など、地球大気では想像もしえなかった重力波による新現象が発見されていた。しかし、これらの現象を再現し、力学的な効果を定量化できる数値モデルの基盤は未だ存在していなかった。



地球では、観測や計算技術の向上により、大気重力波が中層大気の大循環を駆動し、物質輸送を通して気候変動に大きなインパクトを与えることが知られるようになっていた。このため、重力波の放射、伝播、散逸の諸過程の解明が重要な研究課題となっていた(Alexander et al., 2010)。伝統的に、重力波の放射過程は、初期に非平衡状態を仮定する地衡流調節理論(Gill, 1982 等)で説明されてきた。しかし、ほぼ平衡状態にあるジェット・フロントからも、その時間変動に伴って重力波は自発的に放射される(Plougonven and Zhang, 2014)。自発的な重力波放射は、台風などの強い小規模渦でも重要である(Anthes, 1972 など)が、未だ十分に理解されていなかった。金星でも、観測やモデル研究により、傾圧波や小規模渦(Limaye et al., 2018)の存在が報告され、上層大気の夜光観測でもスーパーローテーションから放射される重力波の可能性が示唆(Hoshino et al., 2012, 2013)されていたが、非地形性の重力波放射の研究は皆無であった。

２．研究の目的

そこで本研究では、大気力学の理論・数値モデル研究に実績のある研究者が、大気重力波を鍵として結集し、階層的な数値モデルを用いて、金星大気の重力波の諸過程を包括的に解明することを目的とした。様々な励起源からの重力波をモデル内で再現・定量化し、さらに自発的放射も含めた新しい重力波パラメタリゼーションを構築することで、地球を含めた惑星大気の数値モデルの質的かつ量的な改善を目指した。重力波の諸過程を適切に導入した金星の大気大循環の正確な再現は、地球と金星を隔てた要因の解明、系外惑星の大気・表層環境の理解、地球を含めた惑星大気のより信頼性の高い気象予報、気候予測の達成も期待できる。

３．研究の方法

(1)　2019 年度は、現実的な金星大気の状態をモデル内に再現するための予備実験を行った。現実的な太陽加熱と低安定度層を考慮した金星大気大循環モデルを、中解像度で超長時間の数値実験を行うことにより、子午面循環メカニズムのみで、高速のスーパーローテーションの再現を目指した。その際、これまであまり調査されてこなかった鉛直渦粘性の感度実験も行った。また、データ同化を用いた研究では、金星探査機「Venus Express」の風速観測を用いて、惑星規模の重力波である熱潮汐波の再現性の向上とその役割の調査を行った。

(2)　2020 年度は、再現性の高くなった大気大循環モデル内での、短周期の重力波である赤道ケルビン波の雲層への役割を調査するため、新たな雲物理過程を開発、導入した。特に観測で示唆されている雲層下部の赤道ケルビン波と雲量変動の調査を目標とした。また、T639L260(1920×960×260 格子点)での世界最高解像度の数値実験を行い、熱潮汐波から細かいスケールの大気重力波の自発的な放射の再現を目指した。データ同化に関しては、金星探査機「あかつき」の風速観測を用いて、熱潮汐波の再現性の向上を目指すとともに、赤道ケルビン波の観測システムシミュレーション実験を行った。

(3)　2021 年度は、T639L260(1920×960×260 格子点)の数値実験の結果を解析し、熱潮汐波からの自発的な重力波放射と、そのスーパーローテーションへの役割を調査した。また、雲物理過程を導入した数値実験結果の解析を進め、赤道ケルビン波が雲量変動に与える影響についても調査を行った。データ同化に関しては、世界初となる金星大気の客観解析データの作成と公開準備を進めるとともに、客観解析データおよび観測システムシミュレーション実験の結果の解析も熱潮汐波および赤道ケルビン波に焦点をあてて進めた。

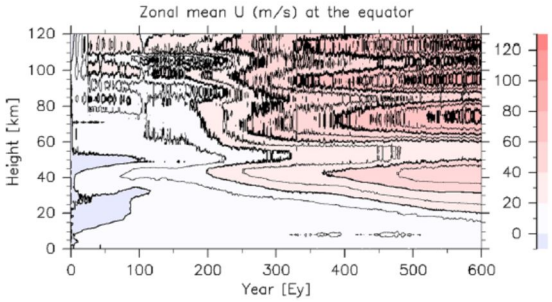
(4)　2022 年度は、まず金星探査機「あかつき」および「Venus Express」の電波掩蔽観測によって近年に明らかにされた雲層下部の温度構造を、我々の金星大気大循環モデルで整合的に再現する成因の調査を行う。また、この電波掩蔽観測による安定度分布を雲層上部でも模擬した設定へモデルの改良を行うことで、熱潮汐波やケルビン波の再現性の向上を目指した。さらに近年、

金星大気大循環モデルで再現されるスーパーローテーションが水平粘性に大きく依存することが示唆されているため、水平粘性の感度実験を行った。雲層下部でのケルビン波と雲量変動に関しては、鉛直流の寄与が示唆されているため、異なる金星大気大循環モデルと雲物理過程を用いて、この可能性の調査も行った。データ同化では、熱潮汐波の運動量輸送に着目した解析も行うとともに、中間赤外カメラ観測を想定した温度データの観測システムシミュレーション実験を行う。

４．研究成果

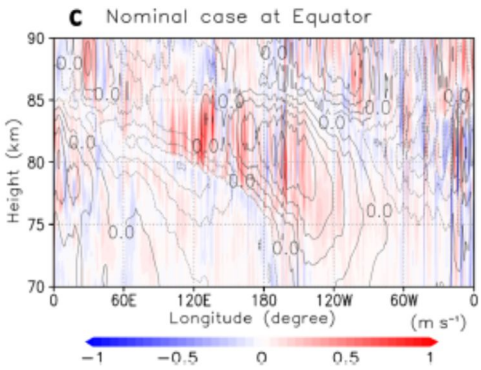
4 年の研究期間で計 17 本の査読付き論文を出版した。これら一連の成果は金星大気中での大気重力波の重要性を強く示唆する内容であり、本研究課題の推進によって得られた重要な研究成果である。

(1) 2019 年度は、まず予備実験により、現実的な太陽加熱と低安定度層を考慮した金星大気大循環モデルの中解像度、超長時間の数値実験によって、子午面循環メカニズムのみで、高速のスーパーローテーションの再現に成功した(下図)。鉛直渦粘性の感度実験から、鉛直渦粘性がある程度小さい設定であれば、どの場合でも高速なスーパーローテーションが再現される一方、それより大きい場合には、静止・スーパーローテーション初期値ともに、弱いスーパーローテーションに最終状態が落ち着くことがわかった。また、データ同化では、初めて実観測データの同化に成功した。同化した観測データは、雲層上端高度 70㎞ の南半球の昼面のみの限られた領域で導出された風速で、一日に一回程度の低頻度なものである。そのような観測であっても、温度場を含めた熱潮汐波の位相構造を改善可能であるだけでなく、全球的なスーパーローテーションの風速、温度構造を大きく修正することがわかった。



(2) 2020 年度は、惑星規模の重力波である熱潮汐波や赤道ケルビン波が雲層内部のスーパーローテーション構造の維持、運動量や熱の再分配に重要な働きをもたらすことを明らかにした。また雲層下部においても、赤道ケルビン波と雲量変動の関係の調査を可能とするモデル開発に成成功した。雲量の変動は、太陽光の吸収率の変動を通して金星大気のエネルギー収支にも重要な寄与をもたらすことが想像される。今後、赤道ケルビン波と雲量変動の関連を調べるのみならず、金星大気のエネルギー収支の調査においても重要な布石となる。

(3) 2021 年度は、金星大気における惑星規模の重力波である熱潮汐波や赤道ケルビン波のみならず、それらの相互作用で生じた小規模な大気重力波も、雲層内部のスーパーローテーション構造の維持、運動量や熱の再分配に重要な働きをもたらすことを明らかにした(右図)。雲層下部では、雲物理過程を導入した新たな数値モデルの実験により、赤道ケルビン波が雲量変動に影響を与えることを示した。論文化した T639L260(1920×960×260 格子点)での世界最高解像度の数値実験では、低緯度の熱潮汐波のみならず、中緯度の傾圧不安定や高緯度の順圧不安定からも、細かいスケールの自発的な大気重力波の放射が再現されている。



(4) 2022 年度は、電波掩蔽観測による雲層下部の温度構造を、我々の金星大気大循環モデルは整合的に再現しているため、その成因の解析を行い、力学的効果が重要であることを示した。さらに、この電波掩蔽観測による安定度分布を雲層上部で模擬した設定にモデルの改良を行うことで、熱潮汐波やケルビン波の再現性が向上し、ケルビン波とロスビー波のカップリング不安定が生じることを明らかにした。また、金星大気大循環モデルで再現されるスーパーローテーションの水平粘性依存性について、中解像度 T42L60(128×64×60 格子点)および高解像度 T159L120(480×240×120 格子点)での感度実験を行い、水平粘性に依存しないスーパーローテーションの再現と、スペクトル解析による最適な水平粘性の大きさを示した。雲層下部のケルビン波と雲の変動では、異なる金星大気大循環モデルと雲物理過程を用いて、鉛直流の重要性を示唆する結果も得た。データ同化では、あかつきの風速を同化し、熱潮汐波の再現性を向上させることでスーパーローテーションの構造がより現実的になることが示された。また、観測システムシミュレーション実験では、中間赤外カメラ観測を想定した温度データの同化テストを行い、現実的な観測条件で熱潮汐波の再現性の向上が可能であることを示した。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計17件（うち査読付論文　17件／うち国際共著　3件／うちオープンアクセス　11件）

１．著者名 Sugimoto Norihiko、Fujisawa Yukiko、Shirasaka Mimo、Hosono Asako、Abe Mirai、Ando Hiroki、Takagi Masahiro、Yamamoto Masaru	４．巻 12
２．論文標題 Observing System Simulation Experiment to Reproduce Kelvin Wave in the Venus Atmosphere	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Atmosphere	６．最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/atmos12010014	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 Ando Hiroki、Takagi Masahiro、Sugimoto Norihiko、Sagawa Hideo、Matsuda Yoshihisa	４．巻 125
２．論文標題 Venusian Cloud Distribution Simulated by a General Circulation Model	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	６．最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019JE006208	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 Ando Hiroki、Imamura Takeshi、Tellmann Silvia、Patzold Martin、Hausler Bernd、Sugimoto Norihiko、Takagi Masahiro、Sagawa Hideo、Limaye Sanjay、Matsuda Yoshihisa、Choudhary Raj Kumar、Antonita Maria	４．巻 10
２．論文標題 Thermal structure of the Venusian atmosphere from the sub-cloud region to the mesosphere as observed by radio occultation	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Scientific Reports	６．最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-59278-8	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 SUGIMOTO Norihiko、ABE Mirai、KIKUCHI Yukako、HOSONO Asako、ANDO Hiroki、TAKAGI Masahiro、GARATE LOPEZ Itziar、LEBONNOIS Sebastien、AO Chi	４．巻 75
２．論文標題 Observing system simulation experiment for radio occultation measurements of the Venus atmosphere among small satellites	５．発行年 2019年
３．雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A2 (Applied Mechanics (AM))	６．最初と最後の頁 I_477～I_486
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejam.75.2_I_477	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 Sugimoto Norihiko、Kouyama Toru、Takagi Masahiro	4．巻 46
2．論文標題 Impact of Data Assimilation on Thermal Tides in the Case of Venus Express Wind Observation	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Geophysical Research Letters	6．最初と最後の頁 4573～4580
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019GL082700	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 Sugimoto Norihiko、Takagi Masahiro、Matsuda Yoshihisa	4．巻 46
2．論文標題 Fully Developed Superrotation Driven by the Mean Meridional Circulation in a Venus GCM	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Geophysical Research Letters	6．最初と最後の頁 1776～1784
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2018GL080917	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 Sugimoto Norihiko、Fujisawa Yukiko、Shirasaka Mimo、Abe Mirai、Murakami Shin-ya、Kouyama Toru、Ando Hiroki、Takagi Masahiro、Yamamoto Masaru	4．巻 13
2．論文標題 Kelvin Wave and Its Impact on the Venus Atmosphere Tested by Observing System Simulation Experiment	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Atmosphere	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） 10.3390/atmos13020182	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 Yamamoto Tomotaka、Ikari Satoshi、Ando Hiroki、Imamura Takeshi、Hosono Asako、Abe Mirai、Fujisawa Yukiko、Sugimoto Norihiko、Kawabata Yosuke、Funase Ryu、Nakasuka Shinichi	4．巻 69
2．論文標題 Orbit Design Optimization for Planetary Crosslink Radio Occultation	5．発行年 2021年
3．雑誌名 JOURNAL OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES	6．最初と最後の頁 179～186
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2322/jjsass.69.179	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 Sugimoto Norihiko、Fujisawa Yukiko、Kashimura Hiroki、Noguchi Katsuyuki、Kuroda Takeshi、Takagi Masahiro、Hayashi Yoshi-Yuki	4．巻 12
2．論文標題 Generation of gravity waves from thermal tides in the Venus atmosphere	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Nature Communications	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） 10.1038/s41467-021-24002-1	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 Ando Hiroki、Takagi Masahiro、Sagawa Hideo、Sugimoto Norihiko、Sekiguchi Miho、Matsuda Yoshihisa	4．巻 126
2．論文標題 Quasi‐Periodic Variation of the Lower Equatorial Cloud Induced by Atmospheric Waves on Venus	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） 10.1029/2020JE006781	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 Sugimoto Norihiko、Fujisawa Yukiko、Komori Nobumasa、Kashimura Hiroki、Takagi Masahiro、Matsuda Yoshihisa	4．巻 75
2．論文標題 Super-rotation independent of horizontal diffusion reproduced in a Venus GCM	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Earth, Planets and Space	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） 10.1186/s40623-023-01806-7	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 Karyu Hiroki、Kuroda Takeshi、Itoh Kazunari、Nitta Akira、Ikeda Kohei、Yamamoto Masaru、Sugimoto Norihiko、Terada Naoki、Kasaba Yasumasa、Takahashi Masaaki、Hartogh Paul	4．巻 128
2．論文標題 Vertical‐Wind‐Induced Cloud Opacity Variation in Low Latitudes Simulated by a Venus GCM	5．発行年 2023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） 10.1029/2022JE007595	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 Sugimoto Norihiko、Fujisawa Yukiko、Komori Nobumasa、Ando Hiroki、Kouyama Toru、Takagi Masahiro	4．巻 9
2．論文標題 Akatsuki LIR observing system simulation experiments evaluated by thermal tides in the Venus atmosphere	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Geoscience Letters	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） 10.1186/s40562-022-00253-8	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 Fujisawa Yukiko、Murakami Shin-ya、Sugimoto Norihiko、Takagi Masahiro、Imamura Takeshi、Horinouchi Takeshi、Hashimoto George L.、Ishiwatari Masaki、Enomoto Takeshi、Miyoshi Takemasa、Kashimura Hiroki、Hayashi Yoshi-Yuki	4．巻 12
2．論文標題 The first assimilation of Akatsuki single-layer winds and its validation with Venusian atmospheric waves excited by solar heating	5．発行年 2022年
3．雑誌名 Scientific Reports	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） 10.1038/s41598-022-18634-6	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 Suzuki Anna、Takagi Masahiro、Ando Hiroki、Imai Masataka、Sugimoto Norihiko、Matsuda Yoshihisa	4．巻 127
2．論文標題 A Sensitivity Study of the Thermal Tides in the Venusian Atmosphere: Structures and Dynamical Effects on the Superrotation	5．発行年 2022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） 10.1029/2022JE007243	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 Takagi Masahiro、Ando Hiroki、Sugimoto Norihiko、Matsuda Yoshihisa	4．巻 127
2．論文標題 A GCM Study on the 4‐Day and 5‐Day Waves in the Venus Atmosphere	5．発行年 2022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） 10.1029/2021JE007164	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 Ando Hiroki、Takaya Koutarou、Takagi Masahiro、Sugimoto Norihiko、Imamura Takeshi、Sagawa Hideo、Tellmann Silvia、Patzold Martin、Matsuda Yoshihisa、Hausler Bernd、Limaye Sanjay、Choudhary Raj Kumar、Antonita Maria	4．巻 127
2．論文標題 Dynamical Effect on Static Stability of the Venus Atmosphere Simulated Using a General Circulation Model: A Comparison With Radio Occultation Measurements	5．発行年 2022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） 10.1029/2021JE006957	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 －

〔学会発表〕　計7件（うち招待講演　5件／うち国際学会　6件）

1．発表者名 Y. Fujisawa, S. Murakami, N. Sugimoto, M. Takagi, T. Imamura, T. Horinouchi, G. Hashimoto, M. Ishiwatari, T. Enomoto, T. Miyoshi, Y.-Y. Hayashi
2．発表標題 Trials toward first Venus analysis product by data assimilation of Akatsuki observation
3．学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020（招待講演）（国際学会）
4．発表年 2020年

1．発表者名 Norihiko Sugimoto, Mimo Shirasaka, Yukiko Fujisawa, Asako Hosono, Mirai Abe, Hiroki Ando, Masahiro Takagi, Masaru Yamamoto
2．発表標題 Observing system simulation experiments of the Venus atmosphere to reproduce planetary-scale waves
3．学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly 2021（国際学会）
4．発表年 2021年

1．発表者名 M. Takagi, N. Sugimoto, H. Ando, H. Kashimura, and Y. Matsuda
2．発表標題 Numerical modeling of the Venus atmosphere
3．学会等名 International Venus Conference 2019（招待講演）（国際学会）
4．発表年 2019年

１．発表者名
Sugimoto Norihiko, Kouyama Toru, Takagi Masahiro

２．発表標題
Impact of data assimilation on thermal tides in the case of Venus Express wind observation

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
杉本憲彦，藤澤由貴子，安藤紘基，高木征弘， AFES-Venusチーム，ALEDAS-Vチーム，

２．発表標題
金星大気大循環モデルとデータ同化システムの紹介

３．学会等名
第23回 惑星圏研究会（招待講演）

４．発表年
2022年

１．発表者名
N. Sugimoto, Y. Fujisawa, N. Komori, H. Ando, M. Takagi, H. Kashimura, Y. Matsuda, AFES-Venus team, and ALEDAS-V team

２．発表標題
Introduction of AFES-Venus (Venus GCM) and ALEDAS-V (AFES LETKF Data Assimilation System for Venus)

３．学会等名
The 5th R-CCS International symposium（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2023年

１．発表者名
N. Sugimoto, Y. Fujisawa, N. Komori, H. Ando, M. Takagi, H. Kashimura, Y. Matsuda, AFES-Venus team, and ALEDAS-V team

２．発表標題
Introduction of AFES-Venus (Venus GCM) and ALEDAS-V (AFES LETKF Data Assimilation System for Venus)

３．学会等名
Venus Science Conference 2022（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2022年

〔図書〕　計2件

1．著者名 杉本 憲彦、杵島 正洋、松本 直記	4．発行年 2020年
2．出版社 慶應義塾大学出版会	5．総ページ数 336
3．書名 はじめての大学教養地学	

1．著者名 杉本憲彦（著），金子幸代（イラスト）	4．発行年 2020年
2．出版社 福音館書店	5．総ページ数 40
3．書名 空があるから 「月刊たくさんのふしぎ2020年8月号」	

〔産業財産権〕

〔その他〕

個人ページ
http://user.keio.ac.jp/~nori/
researchmap
https://researchmap.jp/read0131932
KRIS
https://k-ris.keio.ac.jp/html/100000669_ja.html
keio.pure.elsevier
https://keio.pure.elsevier.com/ja/persons/norihiko-sugimoto

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
研究分担者	高木　征弘 (TAKAGI Masahiro) (00323494)	京都産業大学・理学部・教授 (34304)	

6．研究組織（つづき）

	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
研究分担者	安藤　紘基 (ANDO Hiroki) (00706335)	京都産業大学・理学部・准教授 (34304)	
研究分担者	野口　克行 (NOGUCHI Katsuyuki) (20397839)	奈良女子大学・自然科学系・准教授 (14602)	
研究分担者	黒田　剛史 (KURODA Takeshi) (40613394)	東北大学・理学研究科・助教 (11301)	
研究分担者	宮本　佳明 (MIYAMOTO Yoshiaki) (90612185)	慶應義塾大学・環境情報学部（藤沢）・准教授 (32612)	

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			
米国	NASA			
フランス	Sorbonne Universite			
スペイン	Bilboko Ingeniaritza Eskola			
ドイツ	Universitat zu Koln			
インド	Indian Space Research Organization			