

Title	金星大気の数値シミュレーションおよび金星探査機あかつきのデータ同化
Sub Title	Numerical simulation and Akatsuki data assimilation for the Venus atmosphere
Author	杉本, 憲彦(Sugimoto, Norihiko)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2021
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2020. )
JaLC DOI	
Abstract	<p>金星は高度45-70 km付近に存在する厚い雲層に覆われ、自転の60倍にもなる平均風 (スーパーローテーション) などの興味深い大気循環の全貌がいまだ解明されていない。観測の困難を克服するため、地球の大気大循環モデル(GCM)を金星に改変した研究もなされているが、モデルと観測の間の隔たりは依然として大きい。観測とモデルの不整合を改善する一つの手法がデータ同化である。本研究では、これまで我々が開発してきた、世界初の金星大気データ同化システム(ALEDAS-V; AFES LETKF data assimilation system for Venus)を用いて、金星探査機「あかつき」の観測データを同化し、世界初の「金星再解析データセット」を作成、その解析と公開を主な目標とした。</p> <p>今年度は、あかつきの紫外観測画像(UVI)から導出される風速データを同化し、いくつかの観測期間で再解析データセットの作成に成功した。現在、これらのデータセットに含まれる熱潮汐波の構造や、極域の周極低温緯度帯(cold collar)の成因などを解析している。また、地球シミュレータ上で金星大気大循環モデル(AFES-Venus; Atmospheric GCM for the Earth Simulator for Venus)単体を世界最高解像度で計算し、新たに熱潮汐波から自発的に重力波が放射させる可能性を見出した。さらに、雲モデルの新規導入や静力学平衡を仮定しない非静力モデルの開発も進めた。また、データ同化技術を用いて、いくつかの観測システムシミュレーション実験(OSSE)を行い、赤道域のケルビン波の再現に必要な観測条件の提示や、新規衛星間電波掩蔽ミッションの提案につながる全球温度観測のインパクト調査、実軌道を用いた周極低温緯度帯の再現に必要な条件の提示も行った。</p> <p>これらの成果は英文誌への査読論文3報として掲載されたほか、国内外での多数の講演で公表した。また現在も複数の論文を投稿、改訂中である。</p> <p>Venus is covered with a thick cloud layer that exists in about 45-70 km altitudes, and the whole picture of interesting atmospheric circulation such as the fast average zonal wind (super rotation; 60 times faster than the planetary rotation) has not been clarified yet. Studies have been conducted by modifying the Earth's atmospheric general circulation model into Venus's one in order to overcome observational difficulties, but the gap between the model and observations is still large. One method of improving the inconsistency between observations and models is the data assimilation. In this research, the observation data of the Venus "Akatsuki" orbiter is assimilated using the world's first Venus atmospheric data assimilation system (ALEDAS-V; AFES LETKF data assimilation system for Venus) that we have developed so far. The main goal is to create the Venus first analysis data, and analyze and publish them.</p> <p>This year, we assimilated the wind velocity data derived from Akatsuki's ultraviolet observation images and succeeded in creating a reanalysis dataset for several observation periods. Currently, we are analyzing the structure of thermal tides in these datasets and the origin of cold latitudinal band surrounding the hot polar vortex (cold collar). We also calculated the Venus atmospheric general circulation model (AFES-Venus; Atmospheric GCM for the Earth Simulator for Venus) alone on the Earth Simulator with the world's highest resolution, and found the possibility of spontaneous gravity wave radiation from thermal tides. Furthermore, we proceeded with the introduction of a new cloud physics scheme and the development of a non-hydrostatic general circulation model that does not assume hydrostatic balance. In addition, using data assimilation, we conducted several observation system simulation experiments. First, we presented the observation conditions necessary for reproducing Kelvin waves in the equatorial region. Second, we proposed a new mission for radio occultation observation among small satellites. We evaluated their impact on the general circulation with global temperature observation and presented the observation conditions necessary for reproducing the cold collar with polar temperature observation using real orbits.</p> <p>These results were published as three peer-reviewed papers in English journals, and were presented in several domestic and international conferences. In addition, several papers are still being submitted and revised.</p>
Notes	
Genre	Research Paper

URL

[https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara\\_id=2020000009-20200027](https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2020000009-20200027)

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.

研究代表者	所属	法学部	職名	教授	補助額	800	千円
	氏名	杉本 憲彦	氏名（英語）	Norihiko Sugimoto			
研究課題（日本語）							
金星大気の数値シミュレーションおよび金星探査機あかつきのデータ同化							
研究課題（英訳）							
Numerical simulation and Akatsuki data assimilation for the Venus atmosphere							
研究組織							
氏名 Name		所属・学科・職名 Affiliation, department, and position					
杉本憲彦 (Norihiko Sugimoto)		法学部・教授					
森本睦子 (Mutsuko Morimoto)		法学部・助教					
藤澤由貴子 (Yukiko Fujisawa)		自然セ・研究員					
村上真也 (Shinya Murakami)		自然セ・研究員					
宮本佳明 (Yoshiaki Miyamoto)		環境情報学部・専任講師					
1. 研究成果実績の概要							
<p>金星は高度 45-70 km 付近に存在する厚い雲層に覆われ、自転の 60 倍にもなる平均風（スーパーローテーション）などの興味深い大気循環の全貌がいまだ解明されていない。観測の困難を克服するため、地球の大気大循環モデル(GCM)を金星に改変した研究もなされているが、モデルと観測の間の隔たりは依然として大きい。観測とモデルの不整合を改善する一つの手法がデータ同化である。本研究では、これまで我々が開発してきた、世界初の金星大気データ同化システム(ALEDAS-V; AFES LETKF data assimilation system for Venus)を用いて、金星探査機「あかつき」の観測データを同化し、世界初の「金星再解析データセット」を作成、その解析と公開を主な目標とした。</p> <p>今年度は、あかつきの紫外観測画像(UVI)から導出される風速データを同化し、いくつかの観測期間で再解析データセットの作成に成功した。現在、これらのデータセットに含まれる熱潮汐波の構造や、極域の周極低温緯度帯(cold collar)の成因などを解析している。また、地球シミュレータ上で金星大気大循環モデル(AFES-Venus; Atmospheric GCM for the Earth Simulator for Venus)単体を世界最高解像度で計算し、新たに熱潮汐波から自発的に重力波が放射させる可能性を見出した。さらに、雲モデルの新規導入や静力学平衡を仮定しない非静力モデルの開発も進めた。また、データ同化技術を用いて、いくつかの観測システムシミュレーション実験(OSSE)を行い、赤道域のケルビン波の再現に必要な観測条件の提示や、新規衛星間電波掩蔽ミッションの提案につながる全球温度観測のインパクト調査、実軌道を用いた周極低温緯度帯の再現に必要な条件の提示も行った。</p> <p>これらの成果は英文誌への査読論文 3 報として掲載されたほか、国内外での多数の講演で公表した。また現在も複数の論文を投稿、改訂中である。</p>							
2. 研究成果実績の概要（英訳）							
<p>Venus is covered with a thick cloud layer that exists in about 45-70 km altitudes, and the whole picture of interesting atmospheric circulation such as the fast average zonal wind (super rotation; 60 times faster than the planetary rotation) has not been clarified yet. Studies have been conducted by modifying the Earth's atmospheric general circulation model into Venus's one in order to overcome observational difficulties, but the gap between the model and observations is still large. One method of improving the inconsistency between observations and models is the data assimilation. In this research, the observation data of the Venus "Akatsuki" orbiter is assimilated using the world's first Venus atmospheric data assimilation system (ALEDAS-V; AFES LETKF data assimilation system for Venus) that we have developed so far. The main goal is to create the Venus first analysis data, and analyze and publish them.</p> <p>This year, we assimilated the wind velocity data derived from Akatsuki's ultraviolet observation images and succeeded in creating a reanalysis dataset for several observation periods. Currently, we are analyzing the structure of thermal tides in these datasets and the origin of cold latitudinal band surrounding the hot polar vortex (cold collar). We also calculated the Venus atmospheric general circulation model (AFES-Venus; Atmospheric GCM for the Earth Simulator for Venus) alone on the Earth Simulator with the world's highest resolution, and found the possibility of spontaneous gravity wave radiation from thermal tides. Furthermore, we proceeded with the introduction of a new cloud physics scheme and the development of a non-hydrostatic general circulation model that does not assume hydrostatic balance. In addition, using data assimilation, we conducted several observation system simulation experiments. First, we presented the observation conditions necessary for reproducing Kelvin waves in the equatorial region. Second, we proposed a new mission for radio occultation observation among small satellites. We evaluated their impact on the general circulation with global temperature observation and presented the observation conditions necessary for reproducing the cold collar with polar temperature observation using real orbits.</p> <p>These results were published as three peer-reviewed papers in English journals, and were presented in several domestic and international conferences. In addition, several papers are still being submitted and revised.</p>							
3. 本研究課題に関する発表							
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)				
N. Sugimoto, Y. Fujisawa, 他 6名	Observing System Simulation Experiment to Reproduce Kelvin Wave in the Venus Atmosphere	Atmosphere, Vol.12, No.1, 14, 16pp, (2021), doi:10.3390/atmos12010014.	2021年1月				
H. Ando, M. Takagi, N. Sugimoto, H. Sagawa, Y. Matsuda	Venusian cloud distribution simulated by a general circulation model	Journal of Geophysical Research: Planets, Vol.125, e2019JE006208, (2020), doi:10.1029/2019JE006208.	2020年6月				

T. Horinouchi, S. Murakami(11 番目), 他 15 名	How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere	Science, Vol.368, 6489, 405-409, (2020), doi:10.1126/science.aaz4439.	2020 年 4 月
---	---	---	------------