

Title	地球型惑星大気のモデリングとデータ同化の連携による研究
Sub Title	Study on the general circulation and data assimilation for the atmosphere of the terrestrial planets.
Author	杉本, 憲彦(Sugimoto, Norihiko)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2019
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2018.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>地球型惑星（地球、火星、金星など）の大気は、惑星半径に比べて薄く下端に地面を持つという共通性がある。これらの大気の大循環の特徴は、地球と同様の力学的枠組を用いて記述されるはずであるが、その理解は未だ不十分である。本研究では、地球シミュレータ上で地球大気の数値計算を目的に開発された大気大循環モデルを各惑星大気に適用するために改造し、高解像度の数値実験を行った。また、観測データを有効に利用するためのデータ同化システムを開発し、同化データの解析も行った。</p> <p>今年度は特にこれまでよりも高解像度の数値実験を行うとともに、金星探査機「あかつき」の観測で得られた惑星規模の筋状構造の再現に成功した。また、低解像度で数千年の長期間の数値実験を行うことによって、金星のスーパーローテーションの再現にも成功した。さらに、放射や雲の物理過程モジュールを開発・導入し、数値実験を段階的に行っている。</p> <p>さらに「あかつき」の観測を有効に活用するため、大気大循環モデルで作成した疑似観測データを用いて、アンサンブルカルマンフィルタを用いたデータ同化を実施し、あかつきの集中観測計画を立案した。この集中観測は昨年末に実施され、現在この観測データの解析を行っている。金星探査機「Venus Express」の画像解析によって得られた風速データの同化研究では、太陽加熱によって励起される熱潮汐波の位相構造が大きく修正され、大気大循環に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。</p> <p>これらの成果を英文誌への査読論文3報、国内外の招待講演2件等として公表した。また、宮本との共同研究により、台風の壁雲の交換過程についての新たな理論の構築に成功し、この成果を利用した地球型惑星大気モデリングも継続中である。この成果は、英文誌への査読論文1報のほか、国内外での多数の講演として公表した。</p> <p>The structure of the general circulation differs significantly in each of the atmospheres of terrestrial planets. Understanding physical mechanisms causing such a variety of features in the general circulations of those atmospheres is one of the most interesting and important open questions of the atmospheric science and fluid dynamics. The aim of this study is to understand dynamical processes that characterize the structure of each planetary atmosphere by performing simulations of those planetary atmospheres by using GCMs (General Circulation Models).</p> <p>In this year, high resolution simulations of the Venus atmospheres have been performed. We have adopted higher resolutions (T319L120, T159L240) than prior experiments in order to make comparison with observations of Venus Climate Orbiter/AKATSUKI, and succeeded in producing a feature resembles to planetary scale streak structures found by AKATSUKI IR2 images.</p> <p>Furthermore, we have reproduced the fully developed super rotation for the first time in a GCM by performing long time numerical integrations of thousands years.</p> <p>Moreover, using an idealized data assimilation based on the local ensemble transform Kalman filter (LETKF), we have proposed intense continuous AKATSUKI observations, which was realized last year. Those observations are being analyzed. Also, we have performed the data assimilation of horizontal winds derived from UV (ultra violet) images taken by Venus Climate Orbiter/Venus Express, and shown that the phase of thermal tides and zonal mean fields are significantly improved globally.</p> <p>Those works have been published in refereed 3 papers and introduced in 2 invited lectures and others. Finally in collaboration with Dr. Miyamoto, we have proposed a new dynamical mechanism for secondary eyewall formation in tropical cyclones and now are planning to their modelling to terrestrial planets. This work has been published in refereed paper and introduced in many conferences.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2018000006-20180403

研究代表者	所属	法学部	職名	准教授	補助額	600 千円
	氏名	杉本 憲彦	氏名（英語）	SUGIMOTO Norihiko		
研究課題（日本語）						
地球型惑星大気のモデリングとデータ同化の連携による研究						
研究課題（英訳）						
Study on the general circulation and data assimilation for the atmosphere of the terrestrial planets.						
研究組織						
氏 名 Name		所属・学科・職名 Affiliation, department, and position				
杉本憲彦 (SUGIMOTO Norihiko)		法学部・准教授				
宮本佳明 (MIYAMOTO Yoshiaki)		環境情報学部・専任講師(有期)				
1. 研究成果実績の概要						
<p>地球型惑星(地球、火星、金星など)の大気は、惑星半径に比べて薄く下端に地面を持つという共通性がある。これらの大気の大循環の特徴は、地球と同様の力学的枠組を用いて記述されるはずであるが、その理解は未だ不十分である。本研究では、地球シミュレータ上で地球大気の数値計算を目的に開発された大気大循環モデルを各惑星大気に適用するために改造し、高解像度の数値実験を行った。また、観測データを有効に利用するためのデータ同化システムを開発し、同化データの解析も行った。</p> <p>今年度は特にこれまでよりも高解像度の数値実験を行うとともに、金星探査機「あかつき」の観測で得られた惑星規模の筋状構造の再現に成功した。また、低解像度で数千年の長期間の数値実験を行うことによって、金星のスーパーローテーションの再現にも成功した。さらに、放射や雲の物理過程モジュールを開発・導入し、数値実験を段階的に行っている。</p> <p>さらに「あかつき」の観測を有効に活用するため、大気大循環モデルで作成した疑似観測データを用いて、アンサンブルカルマンフィルタを用いたデータ同化を実施し、あかつきの集中観測計画を立案した。この集中観測は昨年末に実施され、現在この観測データの解析を行っている。金星探査機「Venus Express」の画像解析によって得られた風速データの同化研究では、太陽加熱によって励起される熱潮汐波の位相構造が大きく修正され、大気大循環に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。</p> <p>これらの成果を英文誌への査読論文 3 報、国内外の招待講演 2 件等として公表した。また、宮本との共同研究により、台風の壁雲の交換過程についての新たな理論の構築に成功し、この成果を利用した地球型惑星大気モデリングも継続中である。この成果は、英文誌への査読論文 1 報のほか、国内外での多数の講演として公表した。</p>						
2. 研究成果実績の概要（英訳）						
<p>The structure of the general circulation differs significantly in each of the atmospheres of terrestrial planets. Understanding physical mechanisms causing such a variety of features in the general circulations of those atmospheres is one of the most interesting and important open questions of the atmospheric science and fluid dynamics. The aim of this study is to understand dynamical processes that characterize the structure of each planetary atmosphere by performing simulations of those planetary atmospheres by using GCMs (General Circulation Models).</p> <p>In this year, high resolution simulations of the Venus atmospheres have been performed. We have adopted higher resolutions (T319L120, T159L240) than prior experiments in order to make comparison with observations of Venus Climate Orbiter/AKATSUKI, and succeeded in producing a feature resembles to planetary scale streak structures found by AKATSUKI IR2 images. Furthermore, we have reproduced the fully developed super rotation for the first time in a GCM by performing long time numerical integrations of thousands years.</p> <p>Moreover, using an idealized data assimilation based on the local ensemble transform Kalman filter (LETKF), we have proposed intense continuous AKATSUKI observations, which was realized last year. Those observations are being analyzed. Also, we have performed the data assimilation of horizontal winds derived from UV (ultra violet) images taken by Venus Climate Orbiter/Venus Express, and shown that the phase of thermal tides and zonal mean fields are significantly improved globally.</p> <p>Those works have been published in refereed 3 papers and introduced in 2 invited lectures and others. Finally in collaboration with Dr. Miyamoto, we have proposed a new dynamical mechanism for secondary eyewall formation in tropical cyclones and now are planning to their modelling to terrestrial planets. This work has been published in refereed paper and introduced in many conferences.</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, M. Takagi, Y. Matsuda	Fully developed super-rotation driven by the mean meridional circulation in a Venus GCM.	Geophysical Research Letters, Vol. 46, (2019), p1776 – 1784, doi: 10.1029/2018GL080917.	2019 年 1 月			
H. Kashimura, N. Sugimoto, 他 10 名	Planetary-scale streak structure reproduced in high-resolution simulations of the Venus atmosphere with a low-stability layer.	Nature Communications, Vol. 10, (2019), 23, 11pp, doi:10.1038/s41467-018-07919-y.	2019 年 1 月			
Y. Miyamoto, D. Nolan, N. Sugimoto	A dynamical mechanism for Secondary Eyewall Formation in Tropical Cyclones.	Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 75, No. 11, (2018), p3965 – 3986, doi:10.1175/JAS-D-18-0042.1.	2018 年 10 月			

H. Ando, M. Takagi, T. Fukuhara, T. Imamura, N. Sugimoto, 他 14 名	Local time dependence of the thermal structure in the Venusian equatorial upper atmosphere: Comparison of Akatsuki radio occultation measurements and GCM results.	Journal of Geophysical Research: Planets, Vol. 123, (2018), 2970–2980(11pp), doi: 10.1029/2018JE005640.	2018 年 7 月
Y. Miyamoto, D. Nolan, N. Sugimoto	Dynamical Mechanism for Secondary Eyewall Formation in Tropical Cyclones.	33rd AMS Hurricane Conf., Ponte Vedra, FL, U.S.	2018 年 4 月
N. Sugimoto	(Invited lecture) Introduction of the data assimilation for the Venusian atmosphere.	Akatsuki science working team meeting #9, JAXA, Kanagawa, Japan.	2018 年 7 月
Y. Miyamoto, D. Nolan, N. Sugimoto	Dynamical Mechanism for Secondary Eyewall Formation in Tropical Cyclones.	The 13th Conference on Mesoscale Convective Systems and High-Impact Weather in East Asia, Naha, Japan	2019 年 3 月
N. Sugimoto	(Invited keynote lecture) Introduction of the Venus AFES LETKF Data Assimilation System.	RIMS Gasshuku Seminar 2019 “Mathematical science in numerical modeling and data assimilation of planetary atmospheres from Earth and Mars to Venus, Kansai Seminar House, Kyoto, Japan.	2019 年 3 月