

## 国立天文台客員教授等報告書

受入教員 プロジェクト名：天文シミュレーションプロジェクト 氏名：伊藤孝士

客員氏名：林 祥介

称号：客員教授 客員准教授 客員研究員 (○をつける)

期間： 平成28年4月1日～平成29年3月31日

### I. 以下の項目について、客員教授等本人が記入してください。

#### [1] 主な活動と成果（当初の計画についても記入すること）

##### （共同研究）

研究の目標は太陽系惑星ならびに系外惑星の大気、あるいはガス惑星の場合はその内部構造に迫るシミュレーションソフトウェア群の開発と数値実験を行い、太陽系ならびに系外の惑星表層環境の多様性に関する考察をすすめることである。気象学・気候学として得られてきた地球科学的知見を天文学の扱う対象に拡張一般化するとともに、天文学で活動する研究者との交流を介してこれを提供、議論を進めることでこれを深化させ、太陽系ならびに太陽系外の惑星環境に関する研究推進と人材育成に貢献する。また、原始惑星系円盤等に見出される惑星系の流体力学的な諸問題についても地球流体力学の見地から再検討を試みていく。

シミュレーションソフトウェアに関しては、我々（林祥介と共同研究者）が主宰して来た学術的有志集団「地球流体電腦俱楽部」<http://www.gfd-dennou.org/> に於いて開発を進めてきた、階層的に構成された惑星大気シミュレーションモデルの汎惑星化改良を継続した。前年度に引き続き、金星・地球・火星の観測されている現在気象・気候を検証点とした検証実験を進めるとともに、水をその構成成分とする、いわゆる生命生存可能惑星の大気の放射パラメタ生成を進めた。これらのモデル群はウェブサイト <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmodel/> に於いて公開している。

これらを用い、以下のような研究を進めた。厚い CO<sub>2</sub> 大気での対流構造の研究：古火星の環境で存在した可能性がある厚い CO<sub>2</sub> 大気での対流では、大気の主成分が凝結し、気液平衡線に空気塊の熱力学が拘束され、対流運動の様相が地球の水蒸気凝結対流（雲対流）とは大きく異なることが予想される。我々の大気対流解像モデル（CRM）による数値計算によって、その可能な様相の具体像が明らかになった。同期回転水惑星の気象・気候：潮汐固定され自転周期と公転周期が同期し、半球が常に昼である水惑星の気象・気候を、数値計算により徹底的に調べ、現在地球の太陽定数に対してはそのような惑星でも暴走温室状態にいたらな蚕と、また、自転・公転周期が 1/2 日程度以上であれば超回転東西風が形成されることなどを示した。ガス惑星の縞模様構造：深い対流の見地から球殻対流モデルを、浅い対流の見地から先の GCM を用い、昨年度得た、既存の考え方に対する計算結果の検証計算を進めつつある。

これらに加え、高解像度大規模数値計算を進めている。地球シミュレータに最適化された地球大気モデル AFES (Atmospheric model For Earth Simulator) を火星ならびに金星パラメタで稼動するようにチューンしてきた。「あかつき」観測の進展にあわせた数値計算により、IR2 画像で新たに見つかったストリーム構造と対応すると見られる構造が表現され、現在その解析を進めている。また、理研 AICS グループと共同して「京」での、火星大気シミュレーションの実現に着手した。

惑星探査や系外惑星研究を我が国が主体的に進められるためには、そのための経験の蓄積を可能とする、「惑星」にフォーカスをあてたシミュレーションソフトウェアの開発コアチームの確立が必要である、と論じてきたが、一方で、地球気象・地球気候のシミュレーションでの知見はその重要な礎となる。今年度も理研 AICS グループを中心に、気象庁をはじめとする国内の主要な地球大気計算グループの現場開発者が参加する、大気シミュレーションモデルの共通ライブラリ化を検討する活動に、我々の関係者含め積極的に関与した。地球気象・地球気候シミュレーションコミュニティーとの連携を強化し、地球大気で得られてきた知見の導入・検証をより加速する方向づけを行った。

惑星大気研究、特に、系外惑星大気の研究に弾みを付ける企画としては、従来から実施してきたネットワークセミナーを中心とする惑星大気研究会 <http://www.gfd-dennou.org/seminars/wtk> を継続して展開し、神戸大学惑星科学研究センター(以後では CPS)が中核機能するネットワークセミナー群の他、毎夏開催している合宿型研究会の「地球流体セミナー」においては、工学院大学の武藤恭之

氏に主講師にお願いし、地球流体力学で培われてきたシアー不安定理論の、原始惑星系円盤の流体力学への応用可能性を議論と展開を図った。国立天文台においては、昨今期待される、系外惑星環境における「海」の考慮への研究展開をうけ、英国の Reading 大学から David Ferreira 教授の招聘し、以下のような研究会を開催、資料は CPS のサーバーに公開した。

惑星大気研究会「LAND PLANETS – OCEAN PLANETS」プログラム  
21, Feb. Tue @ NAOJ Lecture Room, Mitaka

#### “ATMOSPHERES FROM AQUA-PLANET TO EXOPLANET”

10:00 David Ferreira (Reading U.) "Studying Earth (and other planets) as an aqua-planet"

13:00 Ryo Furue (JAMSTEC) "Comment on Antarctic Circumpolar Current on the Earth"

13:30 George Hashimoto (Okayama U.) "Variety of thermal structure of earth like planets"

14:10 H. Kashimura (Kobe U., CPS) "Simulation of Venus atmosphere"

15:10 Shin-ichi Takehiro (RIMS) "Zonal mean flow of giant planets"

15:50 Masaki Ishiwatari (Hokkaido U.) "Climate of synchronously rotating planets"

16:30 Takashi Ito (NAOJ) "Comment: Eccentric Lidov-Kozai effect and planetary orbits"

17:30 Discussion

23, Feb. Thr @ CPS, Kobe

#### “TERRESTRIAL ATMOSPHERE AND OCEAN”

10:00 David Ferreira (Reading U.) "The Southern ocean dynamics and its implications for global climate"

13:00 Y. Matsumura (Hokkaido U.) "Modeling microscale processes in the ocean"

13:45 M. Nonaka (JAMSTEC) "Potential predictability of interannual variability in midlatitude Pacific Ocean circulation & Short Introduction of OGCM for Earth Simulator (OFES)"

14:30 T. Enomoto (Kyoto U.) "Predictability of tropical cyclone tracks: a multi-model multi-analysis approach"

15:30 K. Nakajima (Kyushu U.) "Aqua-planet experiment (APE) review"

16:10 T. Horinouchi (Hokkaido U.) "Dynamical study of the Venusian atmosphere by using cloud tracking with the Venus satellite Akatsuki"

#### “MODEL DEVELOPMENT”

24, Feb, Fri @ CPS Kobe

10:00-12:00 David Ferreira (Reading U.) "MITgcm capabilities and development"

13:00 S. Takehiro (Kyoto U.) "Development of hierarchical system of models: GFD Dennou Club and Spmodel: A series of spectral models for GFD and its applications"

13:30 Y. O. Takahashi (Kobe U.) "DCPAM: a GCM for planetary atmospheres"

14:00 K. Nakajima (Kyushu U.) and K. Sugiyama (National Inst. Tech., Matsue College) "Deepconv, moist convection model for planetary atmospheres and moist convection in the giant planets"

14:30 Y. Kawai (Kobe U./AICS) Development of a coupled model for aqua-planet simulations and aqua-planet simulation with zonally symmetric dynamic ocean

15:30 S. Nishizawa & H. Tomita (AICS, RIKEN) SCALE-\* and CBLEAM

Y. Kawai (Kobe U./AICS) Development of a coupled model for aqua-planet si

参加者 25 名超

(その他)

日本地球惑星科学連合 JpGU の 2016 年大会ではセッション MG-I22 「計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開」(企画代表 牧野淳一郎) の企画立案に参加し、伊藤氏ほか天文学分野の計算科学研究者の協力も得てこれを開催した。CPS での惑星探査・系外惑星関係の各種研究会開催を含め国立天文台 CfCA の皆さん、特に木村優子事務支援員には大変にお世話になった。

(教育関係) 今年度は集中講義を行わなかったので、直接該当するものは無い。



## [2] 本制度に対する意見、要望など

受け入れ部局となった天文シミュレーションプロジェクトのみなさん、特に伊藤孝士さんと木村優子さんによる様々な配慮により、国立天文台における私の客員教員としての存在と予算は、系外惑星気象・気候研究の推進にとって大きな力となったと思います。今年度も、研究者の参集（特に海外から一名招聘できる予算がある！）を得て、その議論の場を提供できたことは非常にありがとうございます。共同利用機関としての国立天文台のミッションとして、客員教員にもこのような外向き（国立天文台内の職員・学生向きのみならず）の、台外ならびに辺縁分野に対する仕事の機会を与え、分野の裾野を広げることに貢献させるという例になれたかなと自負しています。天文学のメインストリームとして位置づけられてこなかったこのような領域においてはこうした機能が中核研究所にあることはとても重要なことではないかと思っています。一方、今年度は、ようやく、惑星の自転角速度や公転軌道の多様性・安定性に関して伊藤さんと議論し、惑星気象・気候多様性への可能性検討を着手することができました。まだ論文出版という形にまでには至っていませんが、さらなる展開に向けて今後も当該分野へのご支援をよろしくお願ひします

## [3] 国立天文台職員や大学院生と共同して行った研究等の学会発表、学術論文、解説等

### (学術論文)

- Nakamura, M., et al., 2016: AKATSUKI returns to Venus, *Earth, Planets and Space*, Springer, 68, 75, doi:10.1186/s40623-016-0457-6.
- Nishizawa, S., Odaka, M., Takahashi, Y., Sugiyama, K., Nakajima, K., Ishiwatari, M., Takehiro, S., Yashiro, H., Sato, Y., Tomita, H., Hayashi, Y.-Y., 2016: Martian dust devil statistics from high-resolution large-eddy simulations, *Geophysical Research Letters*, 43, 4180-4188, doi: 10.1002/2016GL068896.
- Noda, S., Ishiwatari, M., Nakajima, K., Takahashi, Y. O., Takehiro, S., Onishi, M., Hashimoto, G. L., Kuramoto, K., Hayashi, Y.-Y., 2017: The circulation pattern and day-night heat transport in the atmosphere of a synchronously rotating aquaplanet: dependence on planetary rotation rate, *Icarus*, 282, 1-18, doi:10.1016/j.icarus.2016.09.004.
- Yamashita, T., Odaka, M., Sugiyama, K., Nakajima, K., Ishiwatari, M., Nishizawa, S., Takahashi, Y., Hayashi, Y.-Y., 2016: A numerical study on convection of a condensing CO<sub>2</sub> atmosphere under early Mars like conditions, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 73, 4151-4169, doi:10.1175/JAS-D-15-0132.1.
- Matsui, M., et al., 2016: Performance benchmarks for a next generation numerical dynamo model. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17, 1586-1607, doi:10.1002/2015GC006159.

### (学会発表)

- 安藤 紘基, 杉山耕一朗, 小高 正嗣, 中島 健介, 今村 剛, 林 祥介: 雲解像モデルを用いた金星大気重力波の2次元数値実験, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 石渡 正樹, 納多 哲史, 中島 健介, 高橋 芳幸, 竹広 真一, 林 祥介: 地球型系外惑星の気候の数値的探索, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 石渡 正樹, 納多 哲史, 中島 健介, 高橋 芳幸, 竹広 真一, 林 祥介: 暴走温室状態の発生条件に関する大気大循環モデル実験, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 大西 将徳, はしもと じょーじ, 倉本 圭, 高橋 芳幸, 石渡 正樹, 高橋 康人, 林 祥介: 湿潤大気に現れる対流圏界面高度の異なる二つの大気構造, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 河合 佑太, 高橋 芳幸, 石渡 正樹, 西澤 誠也, 竹広 真一, 中島 健介, 富田 浩文, 林 祥介: 大気海洋海水結合モデルによる水惑星の気候の数値実験, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 佐々木 洋平, 竹広 真一, 石岡 圭一, 中島 健介, 林 祥介: 高速回転する薄い球殻内の熱対流により生成される表層縞状構造への力学的境界条件の影響, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 杉本 憲彦, 高木 征弘, 安藤 紘基, 横村 博基, 今村 剛, 松田 佳久, 大淵 済, 榎本 剛, 高橋 芳幸, 林 祥介: 金星 GCM(AFES)で再現された小規模擾乱の解析, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- Takahashi, Y. O., Hayashi, Y.-Y.: Numerical simulation of water cycle in a Martian atmosphere by the use of a planetary atmosphere general circulation model, DCPAM, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 竹広 真一, 高橋 芳幸, 中島 健介, 林 祥介: 潮汐固定されたガス惑星の大気大循環の多様性 -- 入射中心星放射強度に対する依存性, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 中島 健介, 杉山 耕一朗, 小高 正嗣, はしもと じょーじ, 高橋 芳幸, 石渡 正樹, 竹広 真一, 林 祥介: 対流が抑制される雲層における凝結物粒子の落下に伴う熱輸送, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 西澤 誠也, 小高 正嗣, 高橋 芳幸, 杉山 耕一朗, 中島 健介, 石渡 正樹, 竹広 真一, 八代 尚, 佐藤 陽祐, 富田 浩文, 林 祥介: 高解像度LESによる火星ダストデビルの統計的性質, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 西澤 誠也, 小高 正嗣, 高橋 芳幸, 杉山 耕一朗, 中島 健介, 石渡 正樹, 竹広 真一, 八代 尚, 富田 浩文, 林 祥介: 火星境界層の高解像度LES実験, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.
- 林 祥介: 汎惑星気象・気候シミュレーションに向けて, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 2016.05.

- 安藤 紘基, 杉山 耕一朗, 小高 正嗣, 中島 健介, 今村 剛, 林 祥介: 雲解像モデルを用いた金星重力波の2次元数値実験, 2016年日本気象学会春季大会, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 2016.05.
- 大西 将徳, はしもと じょーじ, 倉本 圭, 高橋 芳幸, 石渡 正樹, 高橋 康人, 林 祥介: Line-by-line 放射計算による湿潤大気の 2 つの圈界面レジーム, 2016 年日本気象学会春季大会, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 2016.05.
- 佐々木 洋平, 竹広 真一, 中島 健介, 林 祥介: 高速回転する薄い球殻内の熱対流により生成される表層縞状構造への力学的境界条件の影響, 2016 年日本気象学会春季大会, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 2016.05.
- 竹広 真一, 高橋 芳幸, 中島 健介, 林 祥介: 潮汐固定されたガス惑星の大気大循環の多様性 -- 入射中心星放射強度に対する依存性, 2016 年日本気象学会春季大会, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 2016.05.
- Ishiwatari, M., Noda, S., Nakajima, K., Takahashi, Y. O., Takehiro, S. Hayashi, Y.-Y.: A numerical experiment on occurrence condition of the runaway greenhouse state with an atmospheric general circulation model, AOGS 2016 China National Convention Centre, Beijing, 2016.08.
- Nakajima, K., Kanda, M., Takaya, K., Ishiwatari, M., Ohfuchi, W., Takahashi, Y. O., Hayashi Y.-Y.: Reexamination of the concept of "Walker Circulation" --implication from the variety of large-scale tropical atmospheric response to equatorial SST anomaly in Aquaplanet Experiment --", 热带気象研究会, 京都大学防災研究所, 2016.09.
- 村橋 究理基, 西澤 誠也, 石渡 正樹, 小高 正嗣, 中島 健介, 竹広 真一, 杉山 耕一朗, 高橋 芳幸, 林 祥介: 高解像度ラージエディーシミュレーションで得られた火星大気最下層における対流の微細構造, 日本惑星科学会 2016 年秋季講演会, ノートルダム清心女子大学, 2016.09
- 横村 博基, 杉本 憲彦, 高木 征弘, 大淵 濟, 榎本 剛, 高橋 芳幸, 林 祥介: 簡易金星版 AFES 高解像度計算におけるエネルギースペクトルの鉛直分布, 2016 年日本気象学会秋季大会, 名古屋大学, 2016.10.
- 村橋 究理基, 西澤 誠也, 石渡 正樹, 小高 正嗣, 中島 健介, 竹広 真一, 杉山 耕一朗, 高橋 芳幸, 林 祥介: SCALE-LES を用いた火星大気高解像度計算で得られた大気最下層の循環構造, 2016 年日本気象学会秋季大会, 名古屋大学, 2016.10
- 横村 博基, 杉本 憲彦, 高木 征弘, 松田 佳久, 大淵 濟, 榎本 剛, 中島 健介, 高橋 芳幸, 林 祥介: 簡易金星版 AFES 高解像度計算における運動エネルギースペクトル解析, 第 30 回 大気圏シンポジウム, 宇宙科学研究所, 2016.12.
- 林 祥介, 石渡 正樹, 高橋 芳幸, 竹広 真一, 中島 健介, はしもとじょーじ, 地球流体電腦俱楽部: 大循環/気候モデルはどれほど汎惑星的になりうるか, 地球型惑星圏環境に関する研究集会, 立教大学池袋キャンパス, 2016.12.
- Takahashi, Y., Nishizawa, S., Yashiro, H., Sato, Y., Miyamoto, Y., Tomita, H., Hayashi, Y.-Y., Odaka, M., Ishiwatari, M., Sugiyama, K., Nakajima, K., Takehiro, S.: High Resolution Simulations of Dust Devils and Global Circulation of the Martian atmosphere, Sixth International Workshop on the Mars Atmosphere: Modelling and Observations, 2017.01
- 横村 博基, 八代 尚, 西澤 誠也, 富田 浩文, 中島 健介, 石渡 正樹, 高橋 芳幸, 林 祥介: 正二十面体格子モデル SCALE-GM による火星大気シミュレーションに向けて, ポスト「京」萌芽的課題・計算惑星 第 1 回 公開シンポジウム, 神戸大学 CPS, 2017.03

## II. 以下の項目について、受入教員が記入してください。

### [4] 本制度に対する意見、要望など

客員教授等報告書（つまりこれ）が平成 26 年度のものしか公開されておらず、平成 25 年度以前及び平成 27 年度の報告書は非公開となっている。これらの報告書もすべて公開されるべきだと強く意見する。（理由）客員教授等の中には単なるトンネル（=名前だけ客員になり、実質的に何の活動もしない（例. 年度末ぎりぎりに 2,3 日だけ来台してお茶を濁す）。更には支給された研究費が本人ではなく受け入れ教員もしくは受け入れ部局の運営の足しになる）と言った例を幾つも仄聞する。このような事態を極小とするため、研究費の利用状況も含めた客員教授等報告書を完全に公開して情報共有を行う事が何よりも重要である。そしてこの原則は平成 26 年度以降の客員のみならずそれ以外の年度の客員についても適用され、過去に遡れるだけ遡って報告書情報の公開が行われるべきである。平成 25 年度以前に私が招聘した客員に関する報告書ファイルを見ると能書き部分には「これを公開する」とは書いていないが、「非公開にする」とも書いていない。国費を使った研究報告である以上、そして営利目的や軍事研究でも無い以上、研究活動の報告書を非公開にする選択肢はあり得ない（申請書であれば研究アイディア保全のために非公開にするのは妥当だが、報告書はそうではない）。平成 28 年度当時の研究支援係長から得た情報によると「平成 25 年度以前は報告書を公開するか非公開にするかという観点が無かった」との事だが、昨今の社会状況を考えれば客員報告書を非公開にする選択肢は非常識以外の何物でも無い。平成 26 年度以外の客員報告書、特に研究費の使途に関する詳細をすべて公開することを非常に強く要望する。