

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

成果報告書

提出日：平成31年3月1日

【基本情報】

○申請者

採 択 年 度：平成29年度  
部 局 名 等：情報学研究科数理工学専攻  
職 名：准教授  
氏 名：柴山 允瑠  
研究課題名：ハミルトン力学系の研究

○渡航先

国 名：アメリカ合衆国  
研究機関名：メリーランド大学  
研究室名等：[研究室名] 数学教室  
[職名等・氏名] 教授 ヴァディム・カローシン  
渡 航 期 間：平成30年3月15日～平成31年1月19日（日本到着日：平成31年1月21日）

○渡航期間中の出張

出 張 先：京都大学  
目 的：研究集会に参加，発表のため  
期 間：平成30年6月4日～平成30年6月16日

出 張 先：ボストン  
目 的：研究集会に参加，発表のため  
期 間：平成30年6月25日～平成30年6月29日

出 張 先：台湾  
目 的：研究集会に参加，発表のため  
期 間：平成30年7月5日～平成30年7月9日

出 張 先：バークレー  
目 的：研究集会に参加，発表のため  
期 間：平成30年8月15日～平成30年8月24日，平成30年10月8日～平成30年10月23日，平成30年11月26日～平成30年12月6日，

出 張 先：バルセロナ  
目 的：研究集会に参加，発表のため  
期 間：平成30年9月3日～平成30年9月7日

## 京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム 研究者派遣プログラム

### 【成果】

#### ○プロジェクトの成果及び今後の展開

##### ・研究概要

太陽系における小惑星の運動について数学的に研究した。太陽系において Kirkwood gap と呼ばれる部分には他の部分に比べて小惑星の個数が非常に少ない。この部分は太陽系モデルに摂動論を適用する際に共鳴が起こる部分(不安定領域)で、KAM トーラスと呼ばれる不変多様体が存在しない部分である。不安定領域から抜け出る現象はアーノルド拡散と呼ばれ、受け入れ研究者であるカローシン氏が長年精力的に研究してきたテーマである。

本研究では、太陽-木星-火星-小惑星をモデルとした制限 4 体問題において、小惑星がアーノルド拡散により Kirkwood gap から抜け出し、それが火星に達することを示した。

今後、アーノルド拡散に Kirkwood gap から抜け出した小惑星が火星に捕獲される軌道の存在について引き続きカローシン氏と研究していく予定である。これは、Kirkwood gap にあった小惑星が火星の衛星になる可能性を理論的に示し、未解決な部分が多かった衛星形成の機構に関する数学的な説明を与えることになり、数学的にも天文学的にも重要な研究であると考えられる。

##### ・国際共同研究の立上げ・ネットワークの構築

滞在中はメリーランド大学で毎週開催されている Dynamics Seminar に参加し、研究討論を行ってきた。また、カローシン氏の別の研究における共同研究者とも議論した。パークレーの Mathematical Sciences Research Institute では、カローシン氏も組織委員を務めるハミルトン力学系を特集とした研究集会在 4 度あり、全て参加した。その際には、多くの研究者と議論した。それらを通して、多くの研究者と知り合うことができ、新たな共同研究も立ち上げた。この期間に構築したネットワークにより、今後の研究を広く展開していくことができると考えられる。

受け入れ研究者のカローシン氏とは滞在中週に 1, 2 度は議論してきた。今も引き続き共同研究を継続している。日本学術振興会の外国人招聘研究員に応募し採択され、2019 年度はカローシンに 1 ヶ月半ほど京都に滞在してもらう予定である。その間にさらに研究を発展させると同時に、カローシンによる先端的な成果を国内の研究会やセミナーで発表してもらう予定であり、日本国内の研究の促進にも貢献してもらえると考えている。

##### ・国際共著論文の投稿・発表等の状況、国際学会等での発表状況 [予定を含む]

共同研究の最終的な目標(Kirkwood gap からの Arnold 拡散と火星の捕獲軌道)まで完成していないので、引き続き研究を継続し、完成したら論文を執筆、投稿する予定である。

##### ・在外研究経験によって習得した能力等

カローシン氏の研究構想は非常に壮大であった。共同研究を始めて数ヶ月間は全く思うように進展しなかった。しかし、カローシン氏はテーマを変えるようなことはなく、諦めることはなかった。そして、役に立つ可能性のある理論を貪欲に調べ、様々な手法を試みた。そのような研究態度から感じた諦めない姿勢と態度は今後の私自身の研究の展開や学生や若手研究者育成にも役に立つと思う。

## 京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム 研究者派遣プログラム

カローシン氏が拠点をなしているアーノルド拡散の研究やビリヤード問題について、先端的な情報を得ることができた。

様々な理論を試みたり、関連する多くの論文を読んだので、多くの理論を知ることができた。そのことからまた別のいくつかのテーマが閃いた。今後の研究は、在外研究をする前より大きく広げ、またより深く行うことができると思う。

### ・在外研究経験を活かした今後の展開

今回の在外研究により、多くの理論を習得することができ、研究の幅を広げることができた。それを今後の研究に生かし、より大きな成果を出すように努めるとともに、学生や若手研究者育成にも役立てていきたい。

また、多くの外国人研究者と知り合うことができ、ネットワークも広げられた。その点でも、今後国際共同研究を続けたりすると同時に、国内にも優秀な研究者を招聘し、国内の力学系理論の発展に貢献したい。

実際、カローシン氏には2019年6月中頃から1ヶ月半ほど京都に滞在してもらう予定である。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

英文成果報告書

○申請者情報

部 局 名 : Graduate School of Informatics  
職 名 : Associate Professor  
氏 名 : Mitsuru Shibayama  
研究課題名 : Research of Hamiltonian dynamical systems  
渡 航 期 間 : March 15<sup>th</sup>, 2018~January 19th, 2019

○渡航先情報

国 名 : United State of America  
研究機関名 : University of Maryland  
研究室名等 : Group of Dynamical Systems  
受入研究者名 : Vadim Kaloshin

○渡航報告

I studied the movement of asteroids in the solar system mathematically with Kaloshin. The number of asteroids in the part called the Kirkwood gap in the solar system is much smaller than the other parts. This part is a part (unstable region) where resonance occurs when applying the perturbation theory to the solar system model, and it is a part where invariant manifold called KAM torus does not exist. The phenomenon that escapes from the unstable region is called Arnold diffusion and it is the theme that Kaloshin energetically studied for many years.

In this study, we showed that in the restricted four-body problem modeled by solar - Jupiter - Mars - asteroid system, the asteroid leaves the Kirkwood gap by Arnold diffusion and reaches Mars.

In the future, we will continue to study with Kaloshin about the existence of orbits where Mars will capture asteroids that have escaped from Kirkwood gap for Arnold diffusion. This theoretically shows the possibility that an asteroid in Kirkwood gap will become a satellite of Mars, which is considered to be an important mathematical and astronomical study.

During my stay I participated in weekly Dynamics Seminar at the University of Maryland and have been doing research discussions. We also discussed with colleagues in another research by Kaloshin. At Mathematical Sciences Research Institute in Berkeley, Kaloshin also participated in four research meetings featuring the Hamiltonian dynamics system which also serves as an organizing committee. At that time, I discussed with many researchers. Through them, I was able to meet many researchers. I discussed with Kaloshin once or twice a week during my stay. Now we continue to conduct joint research. It is planned that Kaloshin will stay in Kyoto for a month and a half in 2019 by adopting as applicant for inviting foreign researchers of the Japan Society for the Promotion of Science. In the meantime, we will further develop our research, and at the same time we will have more advanced results by Kaloshin presented at domestic research groups and seminars.

Since the final goal of collaborative research (Arnold diffusion from Kirkwood gap and trapping trajectory of Mars) has not been completed, we will continue the research, and then will write and submit the paper once it is completed.

**京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム**

Kaloshin's research plan was very magnificent. We could not make progress as we had expected at all for several months after we started collaborative research. However, Kaloshin never changed the theme and never gave up. Then we greedily studied the theories that might be useful and tried various methods. I believe that what I felt from such a research attitude is useful for my own future research development and teaching of young researchers and students.

We were able to obtain advanced information on Arnold's diffusion research and billiard problem that Kaloshin has been studying.

I tried various theories and read many relevant papers, so I was able to acquire a lot of theories.

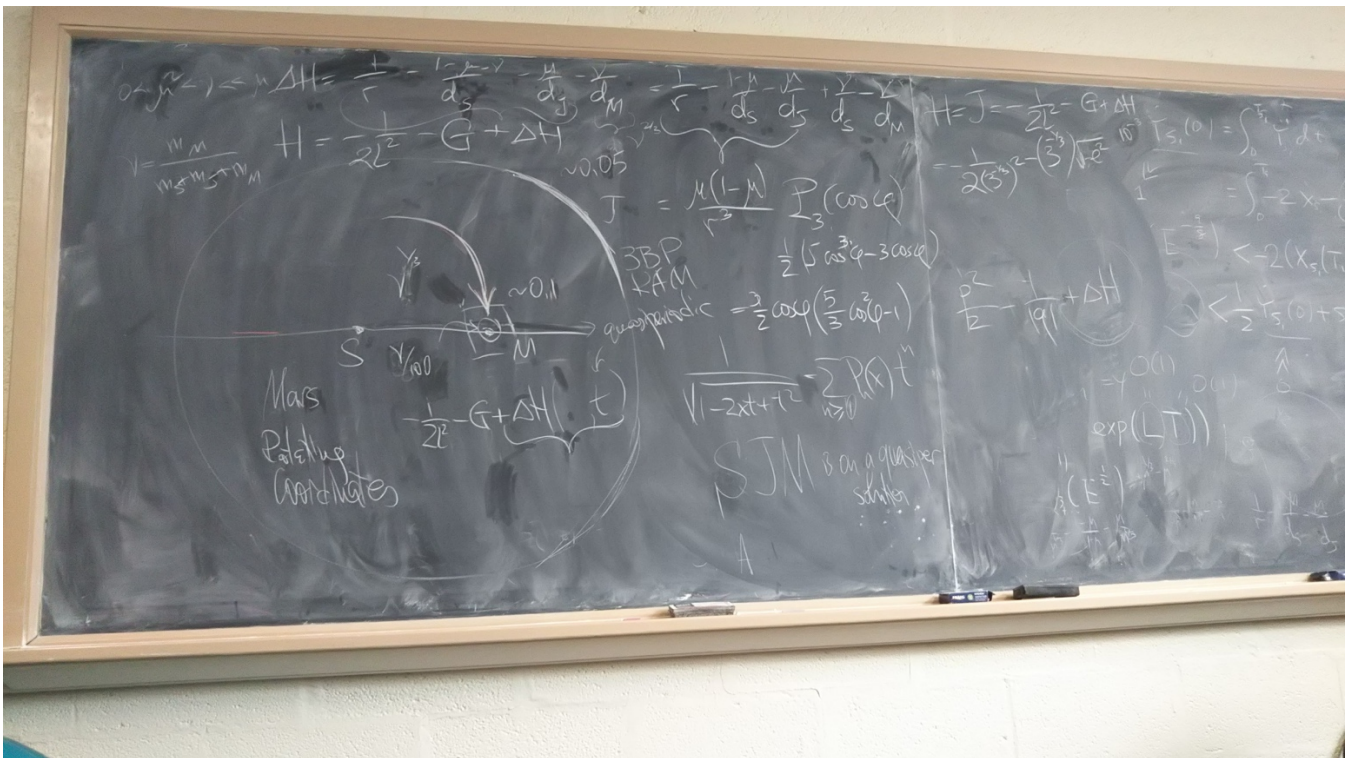
Several other themes have been obtained as well. I think that future research can be widely expanded and deeper than before overseas research.

With this overseas study, I was able to acquire many theories and expand the range of my research.

We will make use of it in future research, we strive to produce greater results, and also use it to teach students and young researchers.

Also, I got acquainted with many foreign researchers and expanded the network. In that regard, as well as continuing international collaborative research in the future, we also invite outstanding researchers to domestic and contribute to the development of domestic dynamical theory.

Actually, Kaloshin is planning to stay in Kyoto for about a month and a half since June mid-2019.



京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

