

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 4月25日

【基本情報】

○申請者

採 択 年 度：平成30年度

部 局 名 等：工学研究科電気工学専攻

職 名：助教

氏 名：細江 陽平

研究課題名：確率的動特性をもつ離散時間線形系のLMIに基づく解析および設計に関する研究

○渡航先

国 名：フランス

研究機関名：フランス国立科学研究センター・システム解析構築研究所

研究室名等：【研究室名】制御法および制御アルゴリズムの研究チーム

【職名等・氏名】シニア研究員・ポーセル ディミトリ

渡 航 期 間：平成30年6月28日～31年3月29日（275日）

○渡航期間中の出張

出 張 先：

目 的：

期 間：

出 張 先：

目 的：

期 間：

出 張 先：

目 的：

期 間：

# 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

報告者は2012年頃より、確率的な動特性をもつシステムを制御するための理論整備に関する研究を行っており、その研究を加速させるため、本プログラムにより支援いただいてトゥールーズ・フランスのLAAS-CNRSを約9ヶ月間訪問した。本渡航ではとくに、上記研究を推進する上で重要な学術的要素の1つとなっている線形行列不等式(LMI)に造詣が深いDimitri Peaucelle博士のもとで、関連する課題を解決することを主目的とした。渡航期間中、研究を円滑に遂行でき、予定していた内容の一部については時間的制約と先方の専門との相性の観点から検討を見送ったものの、新たなひらめきから別の方向性に関して研究を大きく進展させることができた。総じて、本渡航は大変有意義であった。渡航先で遂行した主な研究課題は以下の通りである。

「課題1」：システムの確率的動特性を特徴づけるランダム行列の確率分布が、確率的ポリトープと呼ばれる概念で表現される不確かさをもつ場合に（例えば正規分布の母数に関する不確かさ等がこれにより表現できる）、その不確かさを考慮してシステムを制御するための基礎理論について検討を行った。

「課題2」：確率的動特性をもつシステム（以下、確率系ないし系と呼ぶ）の内部状態が直接測定できない場合に、測定可能な出力のみを用いて閉ループ系を安定化する静的出力フィードバック制御器を設計するための理論を構築した。

「課題3」：上記課題2と同様、確率系の内部状態が直接測定できず、さらに系の確率的動特性を決める確率過程の分布も明らかでない場合に、測定可能な出力のみを用いてその分布をモデル化し、かつ状態の推定値を用いて状態フィードバックにより系を安定化するための自動制御技術について検討を行った。

上記課題1は当初から予定していた研究課題であったが、課題2はPeaucelle博士との打ち合わせから、課題3については渡航期間中のひらめきから内容が具体化し、成果に結びついた。いずれの課題についても成果を学術誌へ投稿済みである。また、上記課題以外にも、Peaucelle博士やその同僚たちとのディスカッションを通じて萌芽的なアイデアが得られており、引き続き連携して研究に取り組む予定である。

今後の発展としては、上記成果を受けてさらに確率系制御のための理論の整備を進めることがまず考えられる。とくに、上記課題1や3の成果は、事前に厳密なモデルを得ることが難しい制御対象に対して、制御器が観測データからその特性を自律的に推定しながら制御をかけられるようになるための基礎技術に相当するものであり、昨今の社会的課題と密接に関連する重要なものである。整備した制御理論や制御技術の有効性は、実機実験等を通して検証を行っていきたい。

#### ・国際共同研究の立上げ・ネットワークの構築

本渡航では上記の3つの研究課題を、Peaucelle博士と打ち合わせをしながら遂行した。Peaucelle博士との共同研究は2014年頃から継続しており、本渡航に関連するものを除いても、すでに学術誌2件、国際会議1件の共同研究発表実績がある。今後も継続的に渡航するなどし、連携して成果を出していくつもりである。このような連携を続けるためには当然ながら研究資金が必要になるので、外部研究資金の申請も積極的に行っていく予定である。

## 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

また、本渡航期間中に報告者の研究を紹介する機会が2回あった。1つは、訪問開始直後の7月に LAAS-CNRS の MAC Team の研究者を対象として行われたセミナー発表であり、報告者の最新の研究成果を紹介させていただいた。もう1つは、フランス国立宇宙研究センター (CNES) の研究者グループ COMET-SCA とフランス国立科学研究センター (CNRS) の研究者グループ MOSAR GT により帰国直前の3月に共同開催されたワークショップ Robust Control and Convex Optimization での発表であり、上記課題3に関する研究成果を中心に紹介させていただいた。これらの発表を通して、共同研究者である Peaucelle 博士以外の方からも同研究に対して関心が寄せられ、そのうちのいくつかについてはその後さらに詳細に関してディスカッションを行った。いずれも現時点ではただちに成果に結びつくような道筋が見えているわけではないが、今後のさらなる交流を通して具体的な進展が得られることを期待している。

共同研究や研究者ネットワークに関しては、上記セミナー等以外にも、日常のコミュニケーションや相談等を通して可能性を模索した。そのうちの1つとして、Peaucelle 博士より LAAS-CNRS 内の MAC とは別の研究チームである DISCO Team の研究者を紹介していただき、渡航期間中に何度か共同研究に発展させるための打ち合わせを行った。この件を含め、現時点で共同研究としての発展が考えられる方向性は大きく分けて3つあり、それぞれの方向に関して専門性を有する研究者たちと課題の共有等の基礎的な打ち合わせを済ませた状況であるので、これらについても今後の進展が見込めれば、成果を出しつつパイプを太くしていくつもりである。

なお、報告者の訪問とは直接は関係ないが、受け入れ研究者である Peaucelle 博士 (MAC Team の Head であり、2019年1月に部門長に昇進) は日仏の自動制御コミュニティの正式な共同研究体制を構築する構想を持っており、実現するかは未定であるものの現在フランス側で調整中とのことである。協力できることがあれば、微力ながら報告者も協力したいと考えている。

### ・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]

上記3つの研究課題に関して国際誌に3件、国際会議に1件投稿済みである (いずれも報告者が第一著者)。そのうちの1件については arXiv 版を以下の通り公開している。

Yohei Hosoe and Dimitri Peaucelle, Distribution modeling and stabilization control for discrete-time linear random dynamical systems using ensemble Kalman filter, arXiv:1904.05030

また、前述の通り本渡航期間中にセミナー発表を1件、ワークショップ発表を1件行った。

### ・在外研究経験によって習得した能力等

欧米での在外研究経験がある研究者がよく口にすることだと思うが、学生やポスドクを含む研究者間の関係がかなりフラットであり、コミュニケーションをとるための障壁がかなり低かったことが印象的である。日本においても、企業に比べれば大学はまだそのような文化が根付いた組織であると思うが、学部や学科単位で職階や職責を問わず自由に部屋 (LAAS では2, 3人に1部屋が割り当てられていたがほとんどの部屋がドアを開放) を出入りしてひらめいたアイデアについてディスカッションできるような環境になっているところはほとんどないのではないかと思う (研究室内に限ったとしても、難しい場合があるかもしれない)。そのような環境あるいは文化と、一部の管理職を除く研究者に (日本人から見れば) かなり時間的な余裕があることが、家族や友人との時間を大切にしつつもきっちりとインパクトのある成果を出す効率的な研究の進め方を可能にしているのだと感じた。時間的な余裕を確保することは研究者個人の単位では残念

## 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

ながら難しい面もあるが、コミュニケーションを活発にして研究を進めることはかなり効果的だと感じたので、今後も国内外を問わず実践していきたいと考える。

### ・在外研究経験を活かした今後の展開

本在外研究を通して、自身の研究を加速させるとともに、様々な専門性を有する欧州の研究者とつながりをもつことができた。とくに後者については、前述の通り将来的な発展につながる可能性のあるテーマを共有している方々もおり、今後も継続して関連課題について検討していきたいと考えている。

最後に、本在外研究の実現に協力くださった関係者各位に厚く御礼申し上げます。

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 : Department of Electrical Engineering

職 名 : Assistant Professor

氏 名 : Yohei Hosoe

研究課題名 : Research on LMI-based analysis and synthesis for discrete-time linear systems with stochastic dynamics

渡 航 期 間 : 28/06/2018 -- 29/03/2019

○渡航先情報

国 名 : France

研究機関名 : LAAS-CNRS

研究室名等 : MAC Team

受入研究者名 : Dimitri Peaucelle, Senior Researcher - Head of MAC Team

○渡航報告

The author visited LAAS-CNRS (Fig. 1) in Toulouse, which is one of the laboratories constituting the French National Center for Scientific Research (Centre national de la recherche scientifique: CNRS), the largest governmental research organization in France. Toulouse is famous for the air industry (Fig. 2), and associated companies and institutions are located in the city. The team of Methods and Algorithms for Control (MAC Team) is one of the research units in the laboratory, and I participated in the team as a visiting scholar. The team currently consists of 17 permanent researchers and about 10 PhD students and Post-Docs. Each of the offices for the team was shared by a couple of researchers (including visitors like me and PhD students), who had their own desks. The researchers can have passed between the offices without any barriers, and discussions and conversations started everywhere every day. Such an environment was very impressive, and affected me in the sense of change of mind for research activities. During this stay, I discussed not only with Dr. Peaucelle but also with many other researchers, and this was really a great experience.



Fig. 1: Main Entrance of LAAS-CNRS under construction



Fig. 2: An exhibit of Airbus in Toulouse

## 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

My main studies were carried out with Dr. Peaucelle (Fig. 3), and three journal papers were successfully submitted by the end of the stay, as the outputs of this research collaboration. A part of the results was also introduced at the domestic workshop "Robust Control and Convex Optimization" co-organized by COMET-SCA, a network of researchers in CNES, and MOSAR GT, a network of researchers in CNRS, on 12 and 13 March. The title of the presentation was "Stability of discrete-time linear systems with stochastic dynamics." A related arXiv paper can also be found as:

Yohei Hosoe and Dimitri Peaucelle,

Distribution modeling and stabilization control for discrete-time linear random dynamical systems using ensemble Kalman filter, arXiv:1904.05030

In addition to these specific progresses in the study with Dr. Peaucelle, I also explored possibilities for additional research collaborations with other researchers. In my feeling, some of them are in a place close to the reality, and I am planning to consider more for the possibilities.

The atmosphere and the culture of France were also comfortable, and I enjoyed both the research activities and the life in France very much. During the stay, many people helped me, who cannot speak French almost at all. I really appreciate all the people who did for me. In particular, I would like to express my sincere gratitude to Dr. Dimitri Peaucelle for his acceptance of my visit at LAAS-CNRS and the related coordination.

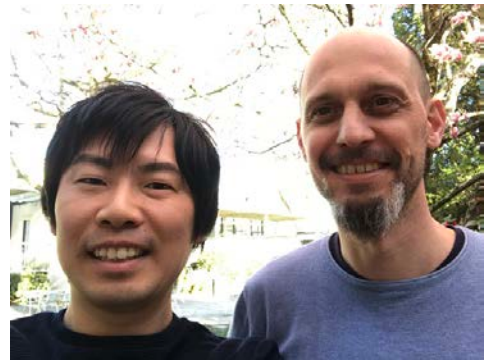


Fig. 3: Selfie taken in front of flowering trees in courtyard of LAAS-CNRS; Dr. Dimitri Peaucelle (right) and me (left)