

# 平成 22 年度 海外学生派遣事業 実績報告書

## 1. 基本事項

所属：物理科学研究科 宇宙科学専攻

氏名：山口 智宏

海外派遣先国名：ドイツ

海外派遣先：European Space Agency / European Space Operations Centre

海外派遣先所属：Mission Analysis Section

海外派遣期間：2010 年 7 月 14 日～2011 年 2 月 21 日

## 2. 海外派遣先について

European Space Agency (ESA) はヨーロッパの宇宙機関として、様々な宇宙探査プロジェクトの計画・運用を行っている。現在ヨーロッパの 18 カ国およびカナダが ESA に加盟している。予算は日本の宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の約 2 倍。私が滞在した European Space Operations Centre (ESOC) は、ESA のセンター



の 1 つで、主に宇宙機の運用や地上インフラストラクチャの管理を行っている。私が所属した Mission Analysis Section (MAS) は、将来の宇宙探査計画における軌道計画、軌道解析を担当しており、約 15 名の ESA スタッフと企業の方が一緒に働いている。ESOC は Darmstadt という町にあり、欧州中央銀行がある Frankfurt am Main から南 30 km に位置する。人口約 14 万人の町ではあるが、ESOC の他に EUMETSAT (欧州気象衛星開発機構) の本部もこの町にあり、ヨーロッパの宇宙開発における重要な拠点となっている。(上の写真は ESOC のメインゲート)

## 3. 海外派遣のモチベーションと準備

いくつかの国際会議に参加しているうちに、JAXA とは別の機関で宇宙機プロジェクトに携わる経験を得たいと考えていた。私の研究分野における国内の研究者・

専門家は少ない。国際会議などの短い期間ではなく、海外の宇宙機関に比較的長期間滞在し、その研究者・技術者たちとじっくり議論を行う必要性を感じていた。また、宇宙開発は、今後より一層の国際協力を要することが確実であり、今のうちに国外の機関で研究を行い、異なった背景で動くプロジェクトに関わる経験を得たいと考えた。

最初は、国際会議で知り合った研究者の方に直接メールを送り、受け入れを打診してみたのだが、断られてしまった。実力不足を痛感しながら、今度は知り合いの日本の先生に、今回の受け入れ教官である R. Jehn 氏を紹介していただいた。何回かメールをしているうちに、同じ国際会議に参加することが分かり、そこで話し合うことになった。その国際会議で、彼と話し合い、私の研究内容や ESOC でやりたいことなどを話し合った。その場で Jehn 氏には、受け入れを許可していただいたが、最終的に正式な受け入れ許可を得るまでに 3 ヶ月弱の時間を要した。非 ESA 加盟国の人間の ESA への受け入れはあまり例がなく、手続きにかなりの時間がかかったと伺った。

受け入れの許可をいただいてからは、航空券の手配、アパートを決めるまでのホテルの手配など、通常の間際会議と同じような用意を行った。ビザは現地で発行すれば良いので、事前準備としては、在籍証明書や収入証明書などの各種書類を用意しただけだった。

#### 4. 海外派遣中の勉学・研究

ESOC 滞在中に行った研究活動は大きく 2 つに分類される。ESA のプロジェクトに関する作業と JAXA の研究者と行った研究である。

ESA 関連の作業では、具体的な探査プロジェクトの解析を行った。主に宇宙探査プロジェクトの初期フェーズ（概念検討から打ち上げ前まで）における軌道解析（軌道設計、クリティカルフェーズの詳細解析、修正マヌーバ評価）を行った。受入教官の Jehn 氏とはほぼ毎日会うことができ、頻繁にディスカッションを行った。受入教官だけでなく、同じく MAS のスタッフである M. Khan 氏とも議論を行うことができ、渡欧前には予定していなかった解析も行うことができた。また、同分野の研究者・技術者だけでなく、科学者とも議論することができた。具体的には、Max Planck Institute for Nuclear Physics (MPIK) の研究者たちである。彼らの彗星サンプルリターン計画に関する軌道設計を行い、その解析結果を報告し、議論することができた。

JAXA 関連の研究でも、実プロジェクトの解析を行ったのだが、主に運用フェー

ズにおける軌道解析（軌道決定、モデル推定）を行った。これらは、日本と定期的にテレビ会議を使い、議論した。また、ESOC の Flight Dynamics Section の研究者を訪ね、いくつか具体的なアドバイスを得ることができた。

具体的には、下記の 5 項目に関する研究を行った。

#### 【ESA 関連】

##### ①. 水星探査機 BepiColombo のバックアップ軌道計画における修正マヌーバ解析

BepiColombo の惑星間軌道における軌道決定解析を行い、各惑星重力アシストに要求される精度を達成するために必要なマヌーバのコストを求めた。必要に応じて、Delta-DOR 観測の基線数、軌道修正マヌーバのシーケンスを変更した。また、インパルス的な修正マヌーバを電気推進に置き換え、燃料消費を抑えた。

##### ②. 火星ダストサンプルリターンのための軌道解析

火星大気中に存在するダストのサンプルリターン計画を達成するためには、低高度（50 km 以下）の火星フライバイを達成する必要がある。その低高度のため、探査機は大気不確定性の影響を大きく受けてしまう。この解析では、その影響を考慮した軌道最適化を行い、よりロバストな地球-火星往復軌道を提案した。

##### ③. 彗星・惑星間ダストサンプルリターンのための軌道設計

MPIK の科学者の計画を実現させるための軌道設計を行った。打ち上げウィンドウと彗星フライバイ速度が異なるいくつかの軌道案を提供した。さらに、Stardust 計画のような、地球帰還後の追加ミッションの可能性についても解析した。

#### 【JAXA 関連】

##### ④. ソーラーセイル実証機 IKAROS のソーラーセイル加速度のモデル化およびトラッキングデータを用いた評価

滞在中に打ち上がった実証機のデータを用いて、ソーラーセイル加速度のモデル化を行った。主に、ノミナルフェーズ（2010 年 6 月から 12 月）におけるデータを用い、太陽輻射圧モデルのパラメータ評価、加速度評価を行った。月に 1 度のペースで日本とテレビ会議を行い、進捗報告や議論を行った。

##### ⑤. 小惑星探査機はやぶさの光学望遠鏡観測を用いたリエントリ解析

はやぶさの地球突入直前には、地上望遠鏡による光学観測が行われた。その

データを用い、探査機が途中で故障した場合、光学観測が有用なバックアップになることを明らかにした。

## 5. 海外派遣中における勉学・研究以外の活動

ESOC 滞在中には週 2 回程度、昼休みに近くの森を走っていた。受け入れ教官の Jehn 氏や他の部署の人たちとも走った。全力で走るわけではなく、ゆっくり話しながら走った。そこでいろいろな仕事をしている人と出会い、面白い話をたくさん聞くことができた。晩夏には、ESOC で開催されたマラソン大会にも参加した。(右下の写真はその参加賞の T シャツ)

滞在中 3 ヶ月ほどドイツ語を習った。週 3 時間程度で、私自身も気分転換程度としてやっていたので、しゃべられるようにはならなかった。ただ、数は聞き取れるようにはなり、スーパーや公共交通機関を利用する時に重宝した。

旅行としては、ドイツ国内外様々な場所を訪ねた(左下の図は、Darmstadt の位置と今回の滞在で訪ねた場所、電車で通過しただけの場所も含む)。特にオランダ人の同僚に案内してもらった Amsterdam と Delft への旅行は面白かった。観光だけでなく、その同僚が学生時代に住んでいた学生寮のようなところに泊まり、その学生と交流したことが最も印象に残っている。また、2008 年の夏にアメリカで一緒に活動していたドイツ人の友人を訪ねた。懐かしい話や今後の野望などを聞くことができ、やる気がでた。



MAS の若手メンバーで飲みに行くことは結構あった。それぞれの国籍が異なり、どんな話でも面白かった。私が想像していた各国のイメージと微妙にずれていたのも興味深かった。

## 6. 海外派遣費用について

当初は本海外派遣ではなく、別の助成を用いての渡欧を考えており、2010年4月から2011年3月までの滞在を考えていた。しかしながら、その助成が打ち切られたため、滞在の期間を2つに分けた。第1期を4月から6月とし、その航空運賃には特別研究員奨励費を適応した。第2期を7月から2月とし、渡欧費用として本学の海外派遣事業に申請した。本事業は本来6ヶ月という制限があるのだが、大学側にお願ひし、1ヶ月半の延長を認めていただいた。

最初は一人暮らしのアパートを探したが、どれも非常に高価であったため、ルームシェアのアパートを探した。特に家具付きの部屋は少なく、見つけるのに大変苦労した。最終的にはDarmstadtで働いているドイツ人とルームシェアをした。食事は、朝晩は家で自炊を行い、昼はESOCの食堂で食べた（ESOCの食堂は大変おいしい）。また、中古の自転車を購入し、それで通ひ、電車代を節約した。帰国時には、現地で購入した自転車と小さな家具を、知り合いに売却した。

もちろんすべての費用を本事業だけでは賄うことはできず、前述の特別研究員奨励費、特別研究員の研究奨励金を組み合わせてまかなった。

## 7. 海外派遣先での語学状況

ESAは国際機関であるため公用語は英語である。そのため、研究をするためのコミュニケーションで、大きく困ることは無かった。ただし、コーヒブレイクや食事時の会話では、ドイツ語でしゃべることがあり、その場合は話を理解することができなかつた。また、英語でしゃべっている場合にも、話の内容によっては理解するのに苦労した。特に政治の話題が難関であった。ただ、この滞在中で、英語に対する耳が良くなった気がする。ESAには欧州各国の人が集まっているので、様々な種類のNonnative-Englishを聞くことができたためだと思っている。

日常生活も英語で何とかすることができた。部屋をシェアしているドイツ人も英語をある程度理解していたので、問題なかつた。スーパーでは物を見ればある程度推測できるので、特殊な物を求めなければ、困ることは無かつた。しかしながら、見た目だけで買っていたので、何度かひどい経験もした。具体例を言うと、赤いスープのパッケージをトマトスープのつもりで購入したが、唐辛子のスープだっ

た。

## 8. 海外派遣先で困ったこと

4月に行ったアパート探しが最も苦勞した。初めはESOCの事務の方に手伝ってもらはずだったのだが、約束の日時に行くと、担当者は休暇中で出勤していなかった。そのため、最初のホテル暮らしが予定よりも長くなり、大きな出費となった。

また、失敗したのが、海外滞在時の保険であった。ESAとの契約書に保険に関する条件があることを確認せずに、適当な安い保険に加入して渡欧した。そのため、6月に一時帰国した際に追加で新たな保険に加入することになった。

## 9. 海外派遣を希望する後輩へアドバイス

是非ともまとまった期間、海外で活動することを勧めたい。金銭的にはかなり厳しくなるが、期限一杯滞在し、人脈を広げるべきだと思う。短い滞在だと、「一緒に研究している同僚」ではなく、「お客さん」という立場で終わってしまう気がする。確かに、渡航準備などに時間をとられてしまうが、必ずそれ以上の価値を得ることができると思う。そして、異なった文化、視点を持つ人たちと話し、一緒に食べ、一緒に騒ぐことは本当に楽しめると思う。

具体的なアドバイスとしては、海外で活動することを考えたら、すぐに目当ての研究者、研究機関にコンタクトするべきだと思う。大学の募集が告知されてからの行動では遅く、早めに用意をする必要がある。特に宇宙機関などのセキュリティの厳しい施設では、正式な受け入れ許可を得るのに想像以上の時間がかかることを念頭に置くべきである。思い立ったが吉日。

## 10. 謝辞

このような海外派遣の機会を与えて下さった指導教官の吉川真先生、この海外派遣に関して相談に乗ってくださった京都大学の山川宏先生に感謝いたします。また、私をESAに受け入れてくださったESOCのR. Jehn氏とMission Analysis Sectionの皆様に感謝いたします。最後に、滞在期間の延長を認めていただき、さらに度重なる予定の変更に対応してくださった総研大国際交流係の皆様に感謝致します。本当にありがとうございました。