

公立はこだて未来大学 2020 年度 システム情報科学実習  
グループ報告書

Future University-Hakodate 2020 System Information Science Practice  
Group Report

プロジェクト名

JUNO AI project

Project Name

JUNO AI project

グループ名

グループ A

Group Name

Group A

プロジェクト番号/Project No.

16

プロジェクトリーダー/Project Leader

和田英典 Hidenori Wada

グループリーダー/Group Leader

小倉 颯 Hayate Ogura

グループメンバ/Group Member

小倉 颯 Hayate Ogura

田中恭人 Yukito Tanaka

和田英典 Hidenori Wada

村田健鷹 Yasutaka Murata

指導教員

リャボフ・ヴラジミール 香取勇一

Advisor

Volodymyr Riabov Yuichi Katori

提出日

2021 年 1 月 20 日

Date of Submission

January 20, 2021



## 概要

2011年8月5日にNASAによって打ち上げられた Juno は、木星を周回する無人探査機である。2016年7月4日に木星に到達し、木星の探査を開始した。NASA は、アトラスロケットと呼ばれるロケットでの打ち上げに成功した。本プロジェクトの前期の目的は、木星及び木星を取り巻くプラズマによって生成された電磁波の研究を通して、英語やデータ分析の方法等を学ぶことである。我々のグループは木星のオーロラに焦点をあて、調べていく中でデータ分析の方法を学習しながら活動した。オーロラ現象についてすべての範囲を細かく学習していくにはあまりに膨大な量であるため、いくつかのポイントに絞って学習した。Juno や木星の知識を取り入れる際、英語で発信されている文面やインターネットを見るが多かった。一方、日本語で発信されている情報を見るのが少なく、日本語での検索も困難であった。加えて日本語のページで最上位に出てくる Juno の日本語版 Wikipedia は内容が非常に乏しい。そのため、英語の文章を読む必要があり、時間がかかるという問題に直面した。そこで後期は日本語での情報発信を目的として活動を行った。その中で我々は Wikipedia の編集を行った。wikipedia の編集を行う上で、内容が比較的充実している英語版 Wikipedia の翻訳をメインとし、ただ翻訳するだけでは学習内容等を反映させることができないため新たに情報を追加することとなった。結果、現在公開されている Juno の日本語版 Wikipedia は編集前と比べ、より Juno についてより理解が深まるようになった。

**キーワード** Juno, 木星, Wikipedia, 電磁波

(※文責: 村田健鷹)

# Abstract

Juno, launched by NASA on August 5, 2011, is an unmanned spacecraft orbiting Jupiter; it reached Jupiter on July 4, 2016, and began exploring Jupiter; NASA successfully launched it on a rocket called the Atlas rocket. The purpose of the first semester of this project is to learn English, data analysis methods, etc. through the study of electromagnetic waves produced by Jupiter and the plasma surrounding Jupiter. Our group focused on the aurora of Jupiter and worked on learning how to analyze data as we studied them. We often looked at texts in English or on the Internet to get knowledge about JUNO and Jupiter. On the other hand, we rarely saw information in Japanese, and it was difficult to search in Japanese. In addition, the Japanese version of Juno's Wikipedia, which appears at the top of Japanese pages, is very poor in content. Therefore, I had to read the English text, which was a time-consuming problem. Therefore, in the latter half of the project, we worked to disseminate information in Japanese. In editing Wikipedia, we mainly translated the English version of Wikipedia, which has relatively rich contents, and added new information to it because we could not reflect the contents of our study just by translating it. As a result, the current Japanese version of Juno's Wikipedia page is much more informative than the original version.

**Keyword** Juno, Jupiter, Wikipedia, Electromagneticwave

(※文責: 村田健鷹)

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>背景</b>	<b>1</b>
1.1	前期 . . . . .	1
1.1.1	該当分野の現状 . . . . .	1
1.1.2	現状の問題点 . . . . .	1
1.2	後期 . . . . .	2
1.2.1	該当分野の現状 . . . . .	2
1.2.2	現状の問題点 . . . . .	2
1.3	課題の概要 . . . . .	4
<b>第 2 章</b>	<b>到達目標</b>	<b>5</b>
2.1	本プロジェクトにおける目標 . . . . .	5
2.2	通常の授業ではなく、プロジェクト学習で行う利点 . . . . .	5
2.3	具体的な手順・課題設定 . . . . .	5
<b>第 3 章</b>	<b>課題解決のプロセス (概要)</b>	<b>8</b>
<b>第 4 章</b>	<b>課題解決のプロセス (詳細)</b>	<b>9</b>
4.1	各課題の概要とプロジェクト内における位置づけ . . . . .	9
4.2	各課題解決過程の詳細 . . . . .	9
4.3	各課題とほかの課題の連携内容 . . . . .	11
<b>第 5 章</b>	<b>結果</b>	<b>12</b>
5.1	プロジェクトの成果 . . . . .	12
5.1.1	前期 . . . . .	12
5.1.2	後期 . . . . .	15
<b>第 6 章</b>	<b>ポスターとプロジェクト紹介動画</b>	<b>20</b>
6.1	ポスター . . . . .	20
6.1.1	中間発表用メインポスター . . . . .	20
6.1.2	成果物発表用メインポスター . . . . .	20
6.2	プロジェクト紹介動画/web サイト . . . . .	21
6.2.1	中間発表用紹介動画 . . . . .	21
6.2.2	成果物発表用 web ページ . . . . .	21
<b>第 7 章</b>	<b>成果発表</b>	<b>23</b>
7.1	中間発表について . . . . .	23
7.1.1	評価 . . . . .	23
7.2	後期成果発表会について . . . . .	23
7.2.1	評価 . . . . .	24

第 8 章	グループ全体での課題	25
8.1	メンバーの課題と展望 . . . . .	25
参考文献		28

# 第 1 章 背景

Juno は木星の周りを周回している衛星であり、磁場や重力場、電磁波を測定し、地球上の電波望遠鏡にデータを送信している。また木星の表面の撮影なども行っている。JUNO AI project での前期の目標は主に二つである。一つは、Juno に関する知識を習得する際に必要となる物理学と天文学の基礎知識の習得である。二つ目は、実際に Juno が計測したデータをグラフ化、考察することでデータ分析の手法を学んでいくことである。後期では Juno に興味を持ってもらった方への情報の手助けとなるように日本語版 Wikipedia の編集を行うことにした。

## 1.1 前期

### 1.1.1 該当分野の現状

前期では 2 つの基礎的学習を行った。1 つ目は、Juno が計測した電磁波の周波数データのグラフ化である。IDL を用いて、2016 年から 2019 年までの 21 個のデータをスペクトログラムにした。これにより、データの可視化を学習した。2 つ目は、周波数に関する計測方法、大気の影響、天体の位置関係による影響について学習した。プロジェクトメンバーがそれぞれのテーマを分担し、プレゼンテーションという形で知識を共有した。以下にテーマを示す。

- 電波望遠鏡
- 電磁波の性質
- 電磁波放出のメカニズム
- 電磁波と大気の関係
- 電波のドップラー効果
- 木星の衛星からのプラズマ波
- 天体の座標系
- 銀河系と太陽系の位置関係
- 木星の衛星
- 木星の電波放射

前期ではグループ分けをしていなかったため、上で述べた 2 つの基礎学習はプロジェクトメンバー全員で行った。

### 1.1.2 現状の問題点

現状直面している問題点は大きくわけて 3 つある。1 つ目はオーロラの研究にあたって必要な学習量が膨大であるということである。プロジェクト学習の期間内ではオーロラに関する内容をすべて学習する時間はない。学習内容を特定分野に集中することで掘り下げた内容を研究することができると考えられる。2 つ目は論文を読むための英語読解能力が不足しているという点。木星やオーロラの学習に必要な論文は多くが英語で書かれている。これを誤訳なく正確に理解するためには機械的な翻訳ではなく、文脈を考えた自然な翻訳である必要がある。3 つ目は研究対象が定まってい

ないという点である。オーロラを研究するという事は決定したが、その中でどのような現象に注目していくかの詳細は決まっていな。前期に続いて木星やオーロラの学習を続けていく中で、グループ内で興味のある分野などを共有し研究対象を決定する必要がある。

## 1.2 後期

### 1.2.1 該当分野の現状

我々は成果物を後期プロジェクト開始のタイミングで変更した。当初の目標は、オーロラに焦点をあて、データ分析を通して実際の研究活動を実践的に学ぶことであった。しかし、後期ではJunoの情報を一般の人により知ってもらうことを目標とした。目標の変更に伴って、最終成果物の内容も大幅に変更した。変更に至った経緯は第三章に記載している。

本プロジェクトの活動開始時、Junoをwebブラウザで検索した場合、上位に表示されるのはJunoのWikipediaだけであった。また、Junoの日本語版Wikipediaは内容が非常に乏しい状態であった。

(※文責: 和田英典)

### 1.2.2 現状の問題点

問題点は大きく分けて3つある。一つ目は、Junoに関する知識が不足していることである。Wikipediaは多くの人が見るサイトである。情報を発信する立場として、編集箇所の内容を理解していなければならない。しかし、我々の現状の知識量ではすぐに翻訳作業に取り掛かることが不可能である。二つ目は、Wikipediaの編集方法や著作権などの権利侵害についてである。Wikipediaに載っているページは一般商業利用が可能となっている。そのため、商業目的が許されていない画像などは利用できない。また、NASAが公開している画像についても、Wikipediaでの使用が可能であるかが不透明であった。3つ目は活動時間が少ないことである。限られた時間の中でWikipediaの編集箇所の選定や学習、編集作業を行わなければいけない。

(※文責: 和田英典)

変更前の日本語ページと英語ページを比較すると、以下のような問題点が挙げられた。



図 1.1 開始前

## JUNO AI project

この画像は我々が編集する前の Juno の日本語 Wikipedia のページである。我々が日本語 Wiki 読むにあたって Juno が具体的に何を目的に探査を行っているのか、どのように計測しているのかということがわかりづらいという問題があると感じた。どんなことを測定しているかに関しては一番上の部分で触れられてはいるが、それ以外の部分でどのような活動を行っているのかについては全く触れられていない。またそもそもの分量が多くないという印象も受けた。その結果、日本語 Wikipedia のみで Juno について理解することは難しいと考えた。

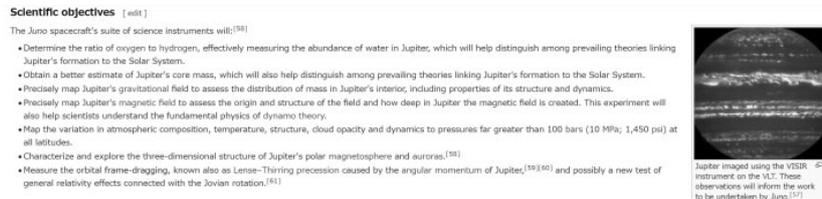


図 1.2 計測内容（英語版）

これは英語 Wiki の Scientific objectives の項である。この項には Juno がどのような目的で打ち上げられたのかが書かれている。このように目的が書かれていることによって、Juno がどのような探査を行っているかを知るきっかけのひとつとなると考えられる。

Illustration	Instrument name	Abb.	Description and scientific objective
	Microwave radiometer	MWR	The microwave radiometer comprises six antennas mounted on top of the axis of the body of the probe. They will perform measurements of electromagnetic waves on frequencies in the microwave range: 500 MHz, 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 and 22 GHz, the only microwave frequencies which are able to pass through the thick Jovian atmosphere. The radiometer will measure the abundance of water and ammonia in the deep layers of the atmosphere up to 200-bar (20 MPa; 2,900 psi) pressure or 500–600 km (310–370 mi) deep. The combination of different wavelengths and the emission angle should make it possible to obtain a temperature profile at various levels of the atmosphere. The data collected will determine how deep the atmospheric circulation is. <sup>[10]</sup> <sup>[14]</sup> The MWR is designed to function through orbit 11 of Jupiter. <sup>[10]</sup> (Principal Investigator: Mike Janssen, Jet Propulsion Laboratory)
	Jovian Infrared Auroral Mapper	JIRAM	The spectrometer imager (JIRAM), operating in the near infrared (between 2 and 5 μm), conducts surveys in the upper layers of the atmosphere to a depth of between 50 and 70 km (31 and 43 mi) when the pressure reaches 5 to 7 bar (73 to 102 psi). JIRAM will provide images of the aurora in the wavelength of 3–4 μm in regions with abundant H <sub>2</sub> ions. By measuring the heat radiated by the atmosphere of Jupiter, JIRAM can determine how clouds with water are flowing beneath the surface. It can also detect methane, sulfur oxides, ammonia and lithium. It was not required that this device meets the radiation resistance requirements. <sup>[10]</sup> <sup>[13]</sup> <sup>[17]</sup> The JIRAM instrument is expected to operate through the eighth orbit of Jupiter. <sup>[10]</sup> (Principal Investigator: Alberto Adriani, Italian National Institute for Astrophysics)
	Magnetometer	MAG	The magnetic field investigation has three goals: mapping of the magnetic field, determining the dynamics of Jupiter's interior, and determination of the three-dimensional structure of the polar magnetosphere. The magnetometer experiment consists of the Flux Gate Magnetometer (FGM), which will measure the strength and direction of the magnetic field lines, and the Advanced Stellar Compass (ASC), which will monitor the orientation of the magnetometer sensors. (Principal Investigator: Jan Cammer, NASA's Goddard Space Flight Center)
	Gravity Science	GS	The purpose of measuring gravity by radio science is to establish a map of the distribution of mass inside Jupiter. The uneven distribution of mass in Jupiter induces small variations in gravity all along the orbit followed by the probe when it runs closer to the surface of the planet. These gravity variations drive small probe velocity changes. The purpose of radio science is to detect the Doppler effect on radio transmissions issued by Juno toward Earth in Ka band and L band, which are frequency ranges that can conduct the study with fewer disruptions related to the solar wind or Jupiter's ionosphere. <sup>[10]</sup> <sup>[13]</sup> (Principal Investigator: John Anderson, Jet Propulsion Laboratory; Principal Investigator (Juno's Ka-band Transmitter): Luciano Iorio, Sapienza University of Rome)
	Jovian Auroral Distributions Experiment	JADE	The energetic particle detector JADE will measure the angular distribution, energy, and the velocity vector of ions and electrons at low energy (ions between 1.3 keV and 20 keV, electrons of 200 eV to 40 keV) present in the aurora of Jupiter. On JADE, two JEDI, two JEDI, the electron analyzers are installed on three sides of the upper plate which allows a measure of frequency three times higher. <sup>[10]</sup> <sup>[13]</sup> (Principal Investigator: David McCombs, Southwest Research Institute)
	Jovian Energetic Particle Detector Instrument	JEDI	The energetic particle detector JEDI will measure the angular distribution and the velocity vector of ions and electrons at high energy (ions between 20 keV and 1 MeV, electrons from 40 to 500 keV) present in the polar magnetosphere of Jupiter. JEDI has three identical sensors dedicated to the study of particular ions of hydrogen, helium, oxygen and sulfur. <sup>[10]</sup> <sup>[13]</sup> (Principal Investigator: Barry Heck, Applied Physics Laboratory)
	Radio and Plasma Wave Sensor	Waves	This instrument will identify the regions of auroral currents that define Jovian radio emissions and acceleration of the auroral particles by measuring the radio and plasma spectra in the auroral region. (Principal Investigator: William Kurth, University of Iowa)
	Ultraviolet Spectrograph	UVS	UVS will record the wavelength, position and arrival time of detected ultraviolet photons during the time when the spectrograph slit views Jupiter during each turn of the spacecraft. Using a 1024 × 256 micro channel plate detector, it will provide spectral images of the UV auroral emissions in the polar magnetosphere. (Principal Investigator: G. Randall Gladstone, Southwest Research Institute)
	JunoCam	JCM	A visible light camera/telescope, included in the payload to facilitate education and public outreach, later re-purposed to study the dynamics of Jupiter's clouds, particularly those at the poles. <sup>[17]</sup> It was anticipated that it would operate through only eight orbits of Jupiter ending in September 2017. <sup>[16]</sup> due to the planet's damaging radiation and magnetic field. <sup>[16]</sup> but as of September 2020 (29 orbits), JunoCam remains operational. <sup>[16]</sup> (Principal Investigator: Michael C. Hall, Utah State University)

図 1.3 計測機器（英語版）

またこの画像は英語 Wiki の Scientific instruments の部分である。日本語のページでは名前が触れられているのみである。英語の Wiki では機器の写真やその機器がどんなことを計測しているのかについて書かれている。観測機器がどのように測定しているかを知ることは Juno がどのような活動を行っていることにつながると考える。

（※文責: 小倉 颯）

### 1.3 課題の概要

我々のグループは後期の初めのプロジェクト時間に最終成果物を変更した。限られた時間の中で翻訳箇所の選定、Juno に関する勉強、著作権等の確認を行わなければならない。翻訳箇所の選定では Juno の英語版 Wikipedia から日本語版 Wikipedia に存在しない重要な情報を選定する。また、期間が限られていることから、選定した内容に正しい優先順位をつけなければならない。Juno に関する勉強では、編集と翻訳をする立場上、誤った内容を公開しないように、我々自身がしっかりと内容を理解しなければならない。著作権等の確認では、権利を侵害しないように画像などの出典に気を付けなければならない。また、Wikipedia 上の記事は、商業目的での利用が許可されている。つまり、商業目的不可の画像や引用文献を Wikipedia 内の記事に載せることはできない。このことから、画像の選定などにも時間がかかると想定している。

(※文責: 和田英典)

## 第 2 章 到達目標

### 2.1 本プロジェクトにおける目標

本プロジェクトの目標は Juno や木星に関する情報を外部に発信することにより、外部の人に Juno や木星について興味を持ってもらうことや興味を持ってもらった人により Juno や木星について知ってもらうことである。

### 2.2 通常の授業ではなく、プロジェクト学習で行う利点

通常の授業ではなく、プロジェクト学習で行う利点として、5つ挙げる。1つ目は知識と情報の共有が容易なことである。少人数で行うことにより全員が同じ知識、情報を共有しやすく、成果物を作成する際に誰かが極端に活躍し、誰かが全く仕事ができないという状況を防ぐことができる。2つ目に柔軟にスケジュールを組むことが可能なことである。通常の授業では少なくとも10～20人程度と人数が多い。そのため所定の時間外での活動を行う際のスケジュールを全員で合わせるものが困難である。しかしプロジェクトという場であれば人数が限られているためスケジュールを合わせるものが容易である。また、時間外での活動で得た情報がメンバーに共有されていなかったり、進捗状況に大きく差が出てしまったりすることを防ぐことができる。3つ目は学生自身で到達目標を決定することができることである。通常の授業では先生が目的や課題設定をするのに対して、プロジェクト学習では学生が課題設定するという違いがある。今後控えている研究の場や就職した後の活動において目的や課題設定がすでに与えられているという状況は限りなく少ない。そのため、より実践的な活動が授業時間を通して行うことができるということはプロジェクト学習の大きな利点であると考えられる。4つ目に何かわからないことや疑問点が出てきた際に、質問が容易なことである。通常の授業のような講義形式ではないため、わからないことがあった時にその場で質問を行うことができる。その結果わからないことをそのままにしまい、授業についていけなくなるという状況を防ぐことができる。また講義形式でないことはほかのメンバーにも質問がしやすく、メンバー間の交流を活発にできる利点もある。5つ目にメンバーの意見や不満点を聞き修正することが容易なことである。プロジェクトの場においては通常の授業のように既に活動形式が決まっていたり、制作物の内容が決まっていたりすることはない。そのためメンバーからの意見や不満点を積極的に取り入れ活動に反映しやすいという利点がある。学生主体で活動を行うことができるため、学生自身が満足する環境を作ることが可能である。

### 2.3 具体的な手順・課題設定

グループ発足段階では以下の手順にて活動を行うことを計画していた。

1. オーロラに関する情報の取得
2. 研究目標の設定
3. 研究分野のより深い学習
4. 情報の可視化

5. 最終成果物の作成

6. 発表

1. オーロラに関する情報の取得

木星のオーロラについての論文や記事から木星のオーロラの発生原因や規模、地球との違いなどのオーロラに関する知識を収集することにより我々のグループはオーロラについて特に何に興味があるのかを探す。

2. 研究目標の設定

1で決定した分野に関してどのような手段で調べたり、分析したりするのかということについて決定する。

3. 研究分野のより深い学習

1,2で決定したことを実現するために足りない情報を追加で収集する。データ分析に必要なデータを入手したり、手法を検討したりするのもこの段階である。

4. 情報の可視化

これまでに決めた内容に関して情報をまとめる、データを分析しグラフの形として表すなどの活動を行う。

5. 最終成果物の作成

4で作成したものを一つの web サイトやポスターといった形態でまとめる作業を行う。

6. 発表

最終の成果物発表会にて外部に発表する。

後期の活動開始時点で手順 1, 2 に関する内容で活動を行っていた。オーロラに関する情報の取得では、オーロラに関する論文を読むことによりオーロラの発生原因やオーロラの規模、地球との違いなど、オーロラに関する内容を理解しようとした。しかし実際には英語の論文を読解するための言語力がない、また内容を理解するための基礎的な知識がないという問題があった。そのためインターネット上の記事からオーロラに関する情報の収集を行うことに変更した。この変更により情報収集の時点で本来の予定より多くの時間を費やすこととなった。またその後の研究内容を決める部分でも問題が発生した。調べた情報や教員からのアドバイスから木星のオーロラの原因となるものが何であるかを知ることができた。そこで木星のオーロラと地球のオーロラの原因となるデータと比べるとその違いがわかり面白いのではないかということになったが、そのデータをどこで入手すればよいのかということが学生の中では見当がつかなかった。またデータを分析するための時間がたりないという問題も起こった。後期のプロジェクト活動の時間内で分析し、そのデータから考察を行い、成果物としてまとめ発表することが困難であるということが分かった。このことから我々のグループは前期に行った計画をすべて 1 から見直し、活動内容を考え直すこととなった。活動内容に関して教員も交えた話し合いの中で Juno の磁気圏に関する Wikipedia のページが英語版はあるが日本語版はないというところから、英語の Wikipedia のページを参考にし、日本語のページを作成するのはどうかという案がでた。当初のデータ分析を行うという内容とは大きく違ってくるため、メンバー内でも話し合った結果、同意の上 Wikipedia の日本語ページを作ることを後期の活動内容とした。そのためグループの課題も木星のオーロラをテーマにデータ分析の方法や研究とは何かについて学習していくことから、Wikipedia の日本語ページを通して Juno に興味を持ってもらった人に対して情報の手助けをすることに変更した。次に Wikipedia のどのページを編集するのかについて話し合った。元の提案の時点では木星の磁気圏に関する日本語ページを作成するということがあった。しかし木星の磁気圏のページは Juno との関連が薄いという問

## JUNO AI project

題があった。また学生の中でも興味を持つ内容ではなかった。Juno や木星に関する Wikipedia のページを見ていく中で、Juno 自体のページに目が留まった。前期 Juno について全く知らない状態で、Juno とは何で、どのような活動をしていて、どんなものを計測しているのかということ調べていく中で、Wikipedia のページは内容が乏しく参考にできなかったという事実があった。また Wikipedia のページは日本語で Juno を検索した際に上位に出てくるため、Juno について知りたいと思っている人の目に留まりやすい。そのため Juno 自体のページを英語のページを参考にしながら付け足していくことを後期の活動内容に決定した。

(※文責: 小倉 颯)

## 第 3 章 課題解決のプロセス (概要)

前項で記載したように後期の活動開始段階での目標と最終的に目指したものは異なっている。ここでは最終成果物とその作成過程について触れていく。最終的な目標は Juno や関連情報について調べた際、日本語で簡単に情報を得られるような成果物をつくることとなった。実際に私たちがプロジェクト開始時、事前知識がほぼない状態で学習を行った。先生にいただいた物理学と電波天文学の資料を Juno に関連付けてプレゼンした。Juno との関連を調べる際、主にインターネットで情報を集めたがほとんどは NASA の公式ページや論文など英語で書かれたものばかりであった。日本語の Wikipedia も存在はしたものの情報が乏しく、英語版と比較すると半分以下の情報量しか記載されていなかった。中間発表時にはグループでの具体的な目標は決定することができなかった。前期では主に学習を行うことがメインであり、ここで得た知識をどのように使って成果物を作ればよいかわからなかったためだ。中間発表での質問や先生からいただいた意見の中に「Juno や木星に関する情報に興味がある人は多い」というものがあった。そこから実際に調べたときに上位に表示される日本語版 Wikipedia を編集するということになり、計画が進んだ。内容が比較的充実しておりリファレンスも揃っている英語版 Wikipedia の翻訳をメインに、ただ翻訳するだけでは学習内容等を反映させることができないため新たに情報を追加することとなった。

(※文責: 田中恭人)

## 第 4 章 課題解決のプロセス (詳細)

### 4.1 各課題の概要とプロジェクト内における位置づけ

1. 基礎的な知識の学習  
プロジェクトの活動方針を決定するための基礎的な学習
2. 目標の設定  
学習した知識を基に最終的な目標を決定
3. 必要分野のより深い学習  
最終成果物を作成するにあたり、さらに必要な専門的な学習
4. 最終成果物の作成  
二段階に分けて行った学習を基に成果物を作成する
5. 発表  
成果物として作成した Wikipedia のページを公開、活動内容や結果を発表

### 4.2 各課題解決過程の詳細

1. 基礎的な知識の学習  
前期のほぼすべての時間を使い、基礎的な物理や電波天文学についての学習を行った。これらの内容を Juno の探査内容と結び付けてプロジェクト内で発表することで知識を共有しあった。参考とした資料は発表順に専門性が増していき、それまでの知識は前提となるような構成になっていたため、わかりやすくまとめる必要があった。プロジェクト内で別の範囲をリレー的に学習しそれを共有することで、各々が各自で学習するよりも広い範囲を効率的に理解することができた。  
また、Juno が観測したデータを用いてデータ分析の演習を行った。電磁波データをグラフ化し、その特徴や差異について学習した。実際に NASA の公開している情報を使用することで Juno の観測内容やそれによってわかることなどを学ぶことができた。  
基礎となる学習にここまで大きく時間を確保したのは、プロジェクト配属段階では木星や Juno に関しての知識が薄く、活動の方針を決定するためにもある程度時間をかけて学習する必要があったためだ。
2. 目標の設定  
1 の学習と並行して最終目標をプロジェクト内で検討した。しかし、ここまでの学習内容をどのように形にすればよいかがかつかめず、中間発表会までに方針を決定することができなかった。中間発表会では学習内容等の公開と検討している方針の提示しかできなかったが、そこで多くのフィードバックを得ることができた。「木星や Juno を知ることができるようなものはそれだけで成果となる」という意見は完全に盲点であり、実際に私たちが学習するときに直面した問題を解決するようなものであった。そこで、Juno についての情報を得るために役立つ web ページの作成をするということになった。しかし、新しく web ページを作成、公開したとしても一般にそれが閲覧されるとは考えにくい。このような考えから一般

に広く認知されており検索時に閲覧されやすいという点、もともと項目が存在しても内容が極端に少ないという点から日本語版 Wikipedia を編集するという方針が決まった。新規の記事作成ではなく元々ある程度情報の揃っている英語版 Wikipedia の翻訳を原型として作業することとなった。また、ただ翻訳するだけではプロジェクト学習の課題として不十分であると考え、私たちが学習し元の記事にも存在しなかった内容も反映させることとなった。

### 3. 必要分野のより深い学習

Wikipedia を編集するにあたり、まずは追加する項目の選択、学習をする必要があった。追記する項目は Juno の概要、計測機器、計測内容とその活用方法となった。Juno の概要に関しては情報が少なく、これを読んでも結局 Juno がどういったものなのかについて理解することはできないものだった。計測機器は名称のみが列挙された状態で掲載されており、その役割や観測内容がわからなかった。活用法は全く触れられておらず、Juno の活動の意義を伝えるためにも必要であると考え、この項目を選んだ。

NASA の公式ページや Juno から得たデータを基にした論文、英語版 Wikipedia の出典資料などを読んで学習を行った。学習を進めていく中で、日本版 Wikipedia は運用していくなかで変化した状況などが更新されていないことが分かった。Juno の運用終了を延長したことなど新たな記載すべき事項が多く見つかった。

また、Wikipedia の編集するためのルールを確認する必要があった。記事翻訳や NASA が公開している画像の著作権規定を守るためだ。Wikipedia の記事翻訳に関しては専用マニュアルが用意されており、基本的に多言語翻訳時には文章の著作権を自由に行っているため問題がなかった。画像利用に関しては日本と米国で著作権の扱いが異なっており、翻訳記事であっても個別に確認が必要であった。NASA の英語ページ、JAXA の著作権について記載されたページにも利用制限はない旨の表記があったため、著作権の問題も解決した。

最後に Wikipedia で用意されているスクリプトの学習を行った。単純なテキストの編集は知識なしでも行えるが、図の挿入や出典などを形式に沿って掲載する場合学習が必要であった。

### 4. 最終成果物の作成

ここでは web ページに掲載する文章の作成と実際の編集の二つの段階を踏んだ。

文章作成では、3 での学習を基に英語版の Wikipedia と照らし合わせながら翻訳・加筆を行った。原型となる Wikipedia やその出典とされている資料はすべて英語であるため、誤訳などが無いよう二人ずつのグループに分かれ相互確認を行った。英文の解釈など私たちでは確実でない部分は先生に協力いただき、誤った情報を掲載しないよう十分配慮しながら作成した。Juno の概要は NASA の公式ページから一部削除された状態で掲載されていたため、日本語の体裁を整える意味も含め、英語版 Wikipedia に加筆することで記事を作成した。計測機器については元ページの内容が十分であったため基本的に翻訳をしたものの文章の修正にとどめた。観測内容に関しては、重複した内容が多く翻訳すると内容のまとめ方に違和感があったため文章の修正を主に行った。

実際の編集では、作成した文章を web ページの体裁に合うように編集、訂正を行い、投稿した。プレビュー機能を使って実際のサイトの形で表示、確認しながら編集することで初めて使用する Wikipedia 用のスクリプトでも問題なくページを作成することができた。ここで最も重要な作業は公開前の誤植確認だった。Wikipedia は更新のログが残っており、これを用いて更新内容の確認作業も行っているためむやみに更新することはできない。よって実際の編集作業は発表会のポスター作製と同時期であり二人ずつのグループに分かれて作業して

いたが、確認作業は四人で行うことで誤字脱字がないようにした。

#### 5. 発表

最終成果物となる Wikipedia を完成させ成果発表会を迎えた。ここでは事前に成果物を公開、実際の発表では質疑応答を主に行った。本プロジェクトの最終的な目標は広く見れば Juno に関する情報を広めるということでもあり、この発表会も重要なものであった。最終発表では、発表前に資料を用意し準備を行ったことで、質問や意見に対し滞りなく解答することができ、良い発表になったと感じる。

### 4.3 各課題とほかの課題の連携内容

各課題はそれぞれ次のステップに進むための前段階となっている。1で前提知識を学習し、2でその活用方法について議論し決定する。3で最終的な目標解決のために必要な知識を学習し、これを用いて最終的な成果物を作成する。実際に1、3で学習したことで、当初思いつかなかったようなアイデアがでる等多くの発見があり、次の段階への作業に反映された。

(※文責: 田中恭人)

## 第 5 章 結果

### 5.1 プロジェクトの成果

#### 5.1.1 前期

前期は主にデータ分析とデータ分析を行う際の最低限の知識の習得を行った。知識の習得に関しては、グループメンバー各人が他のグループメンバーと教員に対し、プレゼンテーションを行い、お互いに知識を修得した。プレゼンテーションを行ったテーマを以下に示す。

- 電波望遠鏡
- 電磁波の性質
- 電磁波放出のメカニズム
- 電磁波と大気の関係
- 電波のドップラー効果
- 木星の衛星からのプラズマ波
- 天体の座標系
- 銀河系と太陽系の位置関係
- 木星の衛星
- 木星の電波放射

(※文責: 村田健鷹)

ここでは我々が担当した学習の内容を記載する。

- 電波望遠鏡

このテーマでは電波望遠鏡や電波天文学の歴史や電波望遠鏡の特徴について学んだ。電波望遠鏡や電波天文学の歴史については 2 人の人物を取り上げた。地球外からの電波を観測したジャンスキーと、自作の電波望遠鏡を作成し第 2 次世界大戦まで唯一の電波天文学者であるグロートレーバーを紹介した。電波望遠鏡の説明については電波望遠鏡の外見の特徴であるパラボラについての説明を主におこなった。また世界の特徴的な電波望遠鏡について 3 つ説明を行った。1 つは日本の電波望遠鏡として野辺山を。2 つ目に世界で一番大きな球面鏡を持つ中国の FAST を。3 つ目に複数の電波望遠鏡を組み合わせて使うことにより詳細な情報を得ることができる array からアメリカの VLA(カールジャンスキー超大型電波望遠鏡群) を紹介した。プレゼンの後の質問から追加の調査もおこなった。そこでは電波望遠鏡で撮られた画像はどのようにして作られているのかということについて発表した。また電波望遠鏡のそれぞれのパーツの役割や電波望遠鏡での研究が盛んな国なども調査した。

(※文責: 小倉 颯)

- 電磁波の性質

電磁波(電磁放射)は電荷の移動によって生じる電界と磁界の変化を伝える波のことである。電磁波はその特徴によって分類され、性質や用途が異なる。主に周波数(一秒間

に繰り返す波の数)と波長(一回振動する長さ)によって特徴づけられる。高周波数帯の非常に狭い範囲で定義される可視光線や低周波数帯の電波通信に用いられる無線周波数放射などがある。無線周波数放射は特に使用用途や特徴によってL,S,C,X,Kバンドに分類されており、順に周波数が高くなっていく。すべての電磁波は同じ速度で移動し、光も電磁波の一種であることから光速で知られる299,792km/sが電磁波の移動する速度である。光だけでなく赤外線や放射線、X線なども電磁波の一種である。

また、電磁波解析の重要な要素として電磁波の性質として波の偏波がある。電磁波そのものは障害がない限り直線に伝播する。しかし電磁波の生成する磁界、電界は電磁波の進行方向と直角方向に振動しながら伝播している。電磁波自体の方向は電気ベクトルによって定義され、この振動が規則的なものであるとき偏波されている状態である。偏波の種類は大きく分けて3種類あり、電界と磁界が同周期でかつ同時に振幅しているとき、直線偏波という。電界と磁界が同周期ではあるが異なる振幅である場合、電界と磁界の振動ベクトルが交互にかつ円状に周回するため、円偏波という。円偏波の電界と磁界の振幅がきれいにかみ合わず正円を描かないとき、楕円偏波という。これらに当てはまらず不規則な振幅をしているとき偏波されていない状態である。観測した電磁波の偏波状態を観測することで、その発生源や特徴を探ることができる。

宇宙空間でエネルギーの放射を考えると、重要な要素として逆二乗の法則がある。これは電磁放射を受け取る一定面積あたりの量は発生源からの距離の二乗に反比例するというものだ。地上での観測ではなく、Junoを打ち上げて電磁波解析を行っているのは、この法則によって地球は木星からの非放射量が少なく、木星電波を地球上で観測することが難しいためである。また、Junoに搭載されている太陽光発電パネルが他の衛星と比較して大きいのは太陽から地球の距離と太陽から木星の距離が5倍あり、発電効率が25分の1となってしまうためである。

(※文責: 田中恭人)

- 電磁波と大気の関係

このテーマでは主に3つの内容を学習した。1つ目は、電磁波が大気から受ける影響についてである。2つ目は、影響を受けた際に現れる特徴についてである。3つ目は、大気は電磁波に影響を与えるメカニズムである。以下に3つの説明を記載する。宇宙からの電磁放射は、ガンマ線から電波までのすべての波長で発生する。しかし、特定の電磁放射は大気を通過するなかであらゆる媒体の影響を受け、地球上の私たちのもとには届かない。特定の波長範囲の電磁波だけが大気の影響を受けることなく通過することができる。これらの波長範囲を大気の窓という。人工衛星から地球上に電磁波を送信する際は、大気の影響を最小限に抑えるためにこの波長域を用いる。ではなぜ大気中の原子は電磁波に影響を与えるのかについて簡単に説明する。原子の周りには負に帯電した電子があり、原子の周りを回転している。電子が軌道を周回する際、加速するためにエネルギーとして電磁波を放出しなければならない。電磁波が大気を通過する際、大気中に存在する原子は電磁波を外部エネルギーとして吸収し利用することで安定化を行う。また、電磁波を安定化させるために、大気を通過した電磁波にエネルギーを放出する場合もある。電磁波は原子から放出された電磁波を加算する。大気の影響を受けた際、電磁波スペクトルにある特徴が現れる。その特徴を放出線と吸収線と呼ぶ。そもそも電磁波はエネルギーを持っている。大気を通過する際、このエネルギーを特定の原子が吸収、もしくは原子が過剰に所有しているエネルギーを特定の波長の電磁波に放出する。特定

の波長域の電磁波エネルギーを原子が吸収した際、電磁波の連続スペクトル上に黒い垂直線が現れる。この黒線を吸収線と呼び、黒の垂直線を含めたスペクトルを吸収線スペクトルと呼ぶ。一方、特定の原子によってエネルギーを放出された際、電磁波の連続スペクトル上に、黒以外の垂直線が現れる。この垂直線を輝線と呼び、輝線を含んだスペクトルを放出線スペクトルと呼ぶ。では、吸収線や放出線によってどのようなことが分かるのか。それは、大気中の原子の種類である。特定の原子は特定の波長域の電磁波にのみ影響を与える。その特性により、大気上に存在する気体を特定することができる。これらは Juno の木星探査でも活用されている。木星から発せられる電磁波を Juno が観測した際、上記の特徴が現れたとする。その場合、Juno と木星の間にはどのような気体が存在するかを特定することができる。このように電磁波は大気中の原子によってエネルギーを吸収、もしくは放出される。この現象は宇宙空間だけでなく、地球上での電磁波の送信にも活用される。

(※文責: 和田英典)

- 天体の座標系

天体の座標系について説明を行う。GAVRT について説明する。GACRT とは、ゴールドストーンアップルバレーラジオ展望協に略で、アメリカのカリフォルニア州に設置されている。これは教育目的で使用される再構成されたアンテナである。太陽時と恒星日について説明する。地球は太陽に対して 24 時間ごとに軸を中心に回転し、太陽の周りの軌道面から 23.5 の傾きで太陽時を意味する。平均太陽時は、地球の非円軌道によって引き起こされる変動の平均を意味する。地球の自転周期は、平均太陽時より 3 分 56.55 秒短くなっている。太陽の日を完了するには地球はさらに 1/365 回転する必要がある。これにより約 4 分かかる。よって太陽時は恒星日より約 4 分長くなる。よって、恒星時を対象とした時計は、1 年の間に、通常の時計より約 24 時間遅れる。地球軸の歳差運動について説明する。地球の軸は、その軌道面に対して、コマのようなぐらつく運動をする。地球の軸は、約 26000 年にわたって空間内の固定点に対して半径 23.5 度の円を描くようになる。座標系について説明する。地球上の場所のマッピングは簡単だが、空では物体が動いているため、空の物体を見つけるための座標系は、動きを考慮に入れる必要がある。地球に対する天体の位置を記述するために、いくつかのシステムがある。そのシステムは、4 つあり地平線座標系、赤道座標系、黄道座標系、銀河座標系がある。

- ・ 地平線座標系

地平線は、地上の観測者から見た、地球と空の境界線として定義される。地平線座標系では、周囲の地形が完全に平坦である場合に観測者が見るように、地球と空の間の仮想の境界面である。地平線と方位を基準として使用する。だが、天体の高度や方位角は同じ事故行でも観測する地点の緯度や経度に依存して変化し、また日周運動や年周運動によって観測時刻で変化するため、地平線座標で天体の位置を表す場合には観測地点の緯度、経度、観測の時刻を指定する必要があるため、使用することは少ない。

- ・ 赤道座標系

赤道座標系は、地球の赤道が基準面である。地球の経度と異なり、赤経は通常、度ではなく時を単位として表す。

- ・ 黄道座標系

黄道座標系は、太陽の周りの地球の軌道によって形成される平面である。物体の座標系

は、黄道から黄道に沿って東向きに測定された天球の経度と、黄道から北または南に測定された天球の緯度として与えられる。これは、地球の周囲を周回する人工衛星の位置を記述するために、日心黄道座標は太陽の回りを公転する天体、人工惑星の位置を記述するために使用される。

・銀河座標系

銀河座標系は、銀河の平均平面に平行な太陽を通る平面である。銀河円盤内の天体の公転運動の方向は銀河の北極側から見ると時計回りとなっており、銀経の値の増える方向とは逆になる。赤経の増加する方向と地球の自転の方向、黄経の増加する方向と地球の公転の方向が同じになっているのとは対照的である。

(※文責: 村田健鷹)

データ分析では NASA から送られてきたデータをもとに時間と周波数に絞って分析を行った。IDL と呼ばれるプログラミング言語を用いて、2016 年から 2019 年までの 21 個のデータをスペクトログラムにした。スペクトログラムとは、音声や周波数の信号を図に表した表である。横軸を時間、縦軸を周波数の大きさとしてグラフで表す。色の青い部分は信号が弱く赤い部分は強くなっている。今回作成したのはペリジュールと呼ばれる Juno が木星に接近した時のグラフである。グラフの特徴は似ているが同じグラフは 1 つもない。その結果を以下に示す。

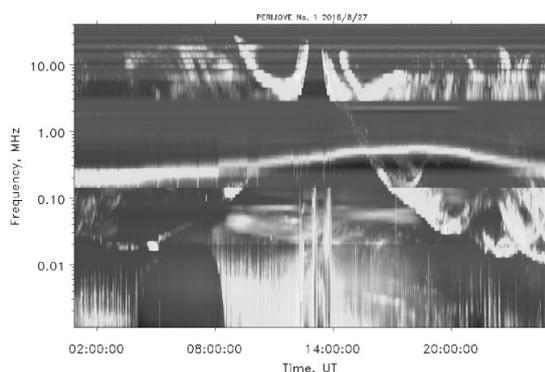


図 5.1 2016/8/27 のスペクトログラム

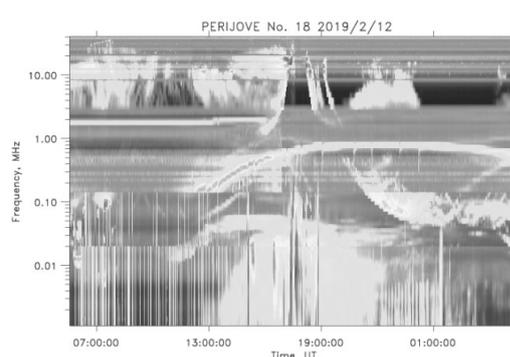


図 5.2 2019/2/12 のスペクトログラム

### 5.1.2 後期

後期に Wikipedia を編集する際に必要になった知識を知れた。以下に示す。Juno の主な観測内容は以下である。

- 木星大気の深部から発せられる熱放射から酸素と水素の入津を観測し、木星の水の量を測定する。木星の形成と太陽系を結びつける有力な説を区別するのに役立つ
- 木星の核の質量をより正確に推定することで、木星の形成と太陽系を結びつける有力な理論を区別するのに役立つ。
- 木星の重力場を正確にマッピングし、木星内部の質量分布を評価する。
- 木星の磁場を正確にマッピングし、磁場の起源と構造、そして磁場が木星内部のどれほどの深さで作られているかを評価する。この実験は、ダイナモ理論の基礎物理学の理解にも役立つ。
- 全緯度の 100 バールをはるかに超える圧力に対する大気組成、温度、構造、雲の不透明

度、ダイナミクスの変化をマップ化する。

- 木星の極磁気圏とオーロラの三次元構造を特徴づけ、探査する。
- 木星の角運動量に起因するレンズ・サーリング、歳差運動としても知られる軌道上の慣性系の引きずりの測定や木星の自転につながる一般相対性理論の効果の新しいテストを行う。

#### Juno に搭載されている 9 つの観測機器の説明

- 磁力計 Magnetometer



図 5.3 磁力計

MAG は木星の内部構造と磁場について調べるための機器である。MAG は磁力線の強さと方向を測定するフラックス・ゲートセンサ 2 つと磁力センサーの向きを監視する Advanced Stellar Compass(ASC) で構成されている。MAG はほかの観測機器からの磁場の干渉を防ぐため、太陽パネルの先端に取り付けられている。

- マイクロ波放射計 Microwave Radiometer(MVR)

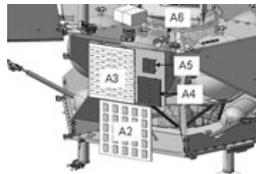


図 5.4 マイクロ波放射計

MVR は木星の大気構造、動きのデータを得るために利用される機器である。また木星に含まれる氷の量も測定している。この機器は 6 つのアンテナで構成されており、それぞれ、600MHz,1.2,2.4,4.8,9.6,22GHz の周波数帯で測定を行う。異なる周波数のマイクロ波放射を測定することにより、内部の様々な層を調べることができる。

- 重力測定装置 Gravity Science(GS)



図 5.5 重力測定装置

GS は木星の重力場を測定し、木星の内部構造を明らかにする機器である。木星の内部構造の変化は木星の重力場に影響を与える。また、Juno の軌道に変化も及ぼし、木星に近づくほどその変化は顕著になる。これを利用して、Juno は地球との通信の中で地球上に送信した信号と地球から送られてきた信号のずれにより重力を測定する。地球との通信では X バンドと Ka バンドが用いられている。

- エネルギー粒子検出装置 Jovian Energetic Particle Detector Instrument(JEDI)



図 5.6 エネルギー粒子測定装置

JEDI は木星の特定の範囲内のエネルギー、角度、イオンの種類 (水素、ヘリウム、酸素、硫黄) を検出する機器である。マイクロチャンネルプレートとフォイル層を利用した 3 つの同一の検出器で構成されている。400keV から 500keV の電子と 20keV から 1000keV のイオンを検出できる。

- オーロラ分布観測実験装置 Jovian Energetic Particle Detector Instrument(JADE)



図 5.7 オーロラ分布観測実験装置

JADE は木星のオーロラを生み出す電子やイオンを検出するセンサーである。木星のオーロラを生み出すプロセスと木星の磁気圏の 3 次元地図の作成に役立てられる。4 つのセンサーで構成されており、そのうち 3 つは Juno を取り巻く空間の電子を、残り 1 つは正に帯電する水素、ヘリウム、酸素、硫黄のイオンを識別する。高エネルギー帯を測定する JEDI に比べ、JADE は低エネルギー帯の測定を行う。

- 電波実験装置 Waves



図 5.8 電波実験装置

Waves は電波とプラズマ波を研究するための機器である。この機器は木星の大気、磁場、磁気圏の間の相互作用を解明し、木星のオーロラの発生機構を明らかにするように設計されている。50Hz から 40MHz の無線周波数、50Hz から 20kHz までの磁場を検出する。ダイポールアンテナと磁気サーチコイルの 2 つの主要なセンサーがある。

- 紫外線撮像スペクトロメーター Ultraviolet Spectrograph(UVS)

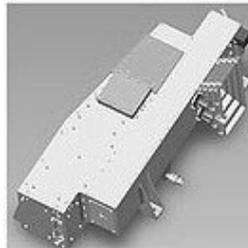


図 5.9 紫外線撮像スペクトロメーター

UVS は木星のオーロラを赤外線で撮影する機器である。JADE や JEDI と組み合わせることでオーロラ、大気に衝突する粒子、惑星全体の磁気圏との関係を理解するために利用される。UVS は 70~200 ナノメートルの波長範囲における紫外線光子に敏感に反応する。

- 赤外線オーロラマッピング装置 Jovian Infrared Auroral Mapper(JIRAM)



図 5.10 赤外線オーロラマッピング装置

JIRAM は、木星のオーロラや大気を至近距離から観測するために設計された赤外線分光器である。地球の 57 倍の気圧である雲の上から 50~70km の深さの大気に探査することができる。ホスフィン、メタン、アンモニア、水を測定する。

- ジュノーカメラ JunoCam



図 5.11 ジュノーカメラ

JunoCam は Juno に搭載されているカラーカメラである。JunoCam は特に一般の人を対象にして搭載されており、Juno のミッションの科学機器の 1 つとしては含まれない。JunoCam の広角カメラは 1 ピクセルあたり最大 25km の解像度で搭載する。JunoCam で取られた画像は Juno のミッションの web サイトで公開され一般の人がカラー画像に加工することができるようになっている。木星を取り囲む高エネルギー粒子が電子機器に損傷を与え装置を停止せざるを得ないことが予想されていたが、2020 年 9 月時点でも動作し続けている。

(※文責: 村田健鷹)

## 第 6 章 ポスターとプロジェクト紹介動画

### 6.1 ポスター

#### 6.1.1 中間発表用メインポスター

中間発表、成果発表では本プロジェクトの活動内容を 1 枚にまとめたメインポスターを作成し提出した。中間発表用のメインポスターでは主に以下の内容を記載した。

1. 本プロジェクトの目的
2. 前期で行った物理学や天文学の学習内容
3. 作成した電磁波のスペクトログラム

中間発表用メインポスターでは、最終成果物が決まっていなかったこともあり、上記の内容となった。活動内容が伝わるようスペクトログラムやマインドマップを載せるなどの工夫を行った。反省点は二つある。一つ目は、ポスター作成を提出期限のぎりぎりに行ったことである。我々は前期のプロジェクト授業時間のほとんどを勉強やデータ分析に費やした。ポスター作成やプロジェクト紹介動画などを授業時間外で作成しなければならぬことは把握していた。しかし、メンバーの予定が合わない。また、プロジェクト内で出された課題に時間を取られてしまった。このことからポスター作成が遅れてしまった。ポスター作成が遅れてしまったことによる問題は、内容の査読をあまり行えなかったことである。二つ目は、情報を詰め込むがゆえに文字数がかなり多くなってしまったことである。余白をうまく分散できなかったことで、なにも書かれていない部分と文章を記載した部分の差が過剰に大きくなってしまった。半年間の活動を伝える重要なポスターであるため、レイアウトをもっと考えて作成するべきであった。

#### 6.1.2 成果物発表用メインポスター

成果発表用のメインポスターには主に以下の内容を記載した。

1. Wikipedia の編集に至った経緯
2. Wikipedia 編集の過程や作業内容
3. Wikipedia の編集前と編集後の比較

成果発表会用のメインポスターには前回の反省点を踏まえ、最終成果物が分かるよう端的な説明を意識し、中間発表用メインポスターよりも全体の文字数を減らした。しかし、ポスター作成期間は中間発表用メインポスターの作成時とあまり変わらなかった。理由は、最終成果物の作成に当初の予定よりも時間がかかってしまったからである。中間発表用メインポスターの二の舞にならない様、最大限の工夫を凝らした。中間発表用メインポスター作成は 6 人で行った。理由は、ポスター作成にかかる労力をなるべく減らすためであった。しかし、コミュニケーションをあまりとらずに作成したため、内容の重複や情報が不足する事態が起こった。それらの改善に多くの時間を費やしてしまった。これらの問題が起こらぬよう、成果物発表用のメインポスターでは各グループから 2 人ずつの計 4 人で行った。結果としては、内容の重複等の問題は起こらず、効率的にポスターの作

成ができた。

## 6.2 プロジェクト紹介動画/web サイト

発表会の直前に他プロジェクトの紹介動画を閲覧する。そこでそのプロジェクトの活動内容や成果物について知り、そのうえで疑問点について質疑応答を行う。そのためプロジェクト紹介動画や web サイトは本プロジェクトの概要を知っていただく重要なメディアである。紹介動画と web サイトは各プロジェクトで自由に選ぶことができる。紹介動画は 10 分から 15 分程度の長さで作成する。

### 6.2.1 中間発表用紹介動画

中間発表ではポスターに記載した内容をより詳しく説明した紹介動画を作成した。紹介動画の作成は 4 人で行った。紹介動画はパワーポイントで作成したスライドを流していきながら口頭で説明を行う方法で行った。スライドを作成する際にはなるべく短い文章でわかりやすく伝えることを意識した。また日本語と英語の両方をスライドに記載したため、文字の大きさや配置についても工夫した。先生から画像をもっと使用してもよいという指摘があったため、説明にあった画像を多く用いることにした。その結果、木星や Juno について全く知らない人に対しての理解の手助けにつながった。口頭での説明は 1 人が作成した原稿を最後まで読むという形式をとった。紹介動画は約 9 分であったため、1 回ですべての文章を読み切ることが難しかった。いくつかに分けて音声収録し、それをつなげることによって 1 つの動画とした。結果的にその作業が文章を読む人の作業量を増やすことにつながってしまった。また紹介動画の作成に余裕をもって取り掛かることができなかつたため、声の抑揚など表現にこだわって作成をすることはできなかつた。発表会後にアンケートにて参加者からレビューをもらった。内容を大まかに把握できたなどの良い意見もいただいた。画像を多めに用いた部分もわかりやすかつたといふ評価をいただいた。一方で 1 人に口頭での説明を割り当てている分後半が聞き取りづらいつ、スライドに箇条書きが多く読みづらいつなどの意見もいただいた。紹介動画を作るにあたっての段階や作業量の多さや、ただ発表するのではなく発表技術に工夫をしなければならないといふ課題が見られた。

(※文責: 和田英典)

### 6.2.2 成果物発表用 web ページ

成果物発表ではポスターに記載した内容をより詳しく説明した web ページを作成した。前期紹介動画を作成するにあたって、作業工程が多く内容や発表技術についてこだわりきることができないといふ課題を発見した。動画制作には内容の決定、スライド作成、撮影、編集の 4 つの工程がある。それに対して web ページは内容の決定、web ページの作成と工程が 2 つである。そのため作成時間を減らすことができる。作成時間を減らすことにより、より分かりやすくなるよう文章や構成について考える時間を増やすことができると考え、後期は web ページを作成することとした。作成には Google サイトを用いた。Google サイトは難しいコードを書く必要がなく、直感的な操作で web サイトを作成することができるツールである。限られた短い時間の中で web ページを作成しなければならないため、Google サイトのようなノンコードのツールを用いることによって、さらに作業時間を短縮することができた。web ページにはプロジェクトと各グループの概要が

書かれたホームページ、wiki グループと VR グループそれぞれの班の内容、チームメンバー紹介、Juno について、木星についての合計 6 つのページを作成した。グループごとの活動内容については、このページを見ることによって成果物発表会に参加してもらう人に活動を知ってもらうため、自分たちの活動の多くが伝わるよう工夫した。我々のグループは前期の時点でグループに分かれておらずその活動内容をメンバー以外が誰も知らない状況であった。そのためどうしてこの活動をするに至ったのかという背景の話から説明を行った。そこから課題点の比較、実際の活動内容、成果物のリンクといったように順序ごとに章立てを行い、文章を記述していくことによって読み手が読みやすくなるようにした。また比較の部分には画像を用いたり、わかりづらい単語には注釈をつけて説明を行ったりした。Juno や木星の説明のページはより分かりやすくするポイントの 1 つである。我々は 1 年を通してプロジェクトとして木星や Juno について触れてきたため、ある程度木星や Juno について知っている状態である。しかし参加者の方々は仮に中間発表に参加していただいていたとしても約半年ほどの期間が空いてしまうこととなり、そもそもプロジェクトが扱っている Juno がどんなもので、その Juno が観測している木星は一体どんな惑星であるのかを知らないという方が多いのではないかと考えた。そこでもう 1 度 Juno や木星について軽くおさらいをするようなページを追加することにより、我々のプロジェクトに対してさらに理解してもらえるようにした。発表会後の評価では見やすかった、簡潔にまとめられていてよかった、詳しい内容が知れたなどの良い評価が見られた。また Juno について知らなかったがわかりやすく説明されていたというコメントもあり、Juno 自体の説明のページを追加した効果があったように感じた。一方で最終成果物について追加した部分がわかりづらいという指摘も見られた。我々は最終成果物について編集した Wikipedia のリンクを貼るということしか行っていなかった。これは直接ページの内容をのせてしまうのではなく、実際に編集したページを見てもらいたいという意図があったのだが、結果的にわかりづらくなる原因になってしまったように考えた。最終成果物についても課題の比較と同じように画像を用いることによってどこがどれくらい増えているのかといった部分を視覚的に見せることができればよかったように考える。

(※文責: 小倉 颯)

## 第 7 章 成果発表

### 7.1 中間発表について

2020 年 7 月 17 日にプロジェクト学習の中間発表を行った。今年は新型コロナウイルスの影響で中間発表はすべて zoom にて行われた。発表は 1 つ 15 分間の発表を 3 回行った。当日は、最初の 5 分間でプロジェクト紹介動画で用いたスライドを端的に説明し、残りの 10 分間を質疑応答の時間とした。中間発表では学生と教員を合わせた 36 名の方に評価していただいた。また、発表についての評価を我々が作成したアンケートシートに記入していただいた。

#### 7.1.1 評価

アンケートには発表内容と発表技術についての二つを設定した。記入していただいたアンケートには高い評価から厳しい意見まで様々であった。発表技術に関しては、質疑応答が迅速かつ正確であった、発表によって Juno がどういうものなのかが理解できたなどの高い評価をいただいた。

一方、発表内容に関しては、目標の設定が薄い、なぜデータ分析を行ったのかが分からない等厳しい意見が目立った。このような評価について我々は二つの理由があると考えた。1 つ目は最終成果物が決まっていなかったことである。中間発表時点では最終成果物がまだ決まっていなかった。このことから、最終成果物の説明をほとんど行なわなかった。また発表内容のほとんどが前期の活動内容であった。2 つ目は、データ分析の目的である。我々は前期の活動の一環でデータ分析を行った。データ分析を行った理由は、担当教員が設定した前期の活動だからである。我々はデータ分析の手法を学ぶことを目的としており、なぜデータ分析を行ったのかの目的を理解していなかった。データ分析は本来、予測や仮定を立て、その予測が正しいかどうかの判断の為に用いられるツールである。仮定や目的を持たずに行うデータ分析について聴衆が疑問を持つことは当たり前である。以上の二つが今回の発表内容に対する評価に直結したと考えた。したがって、我々は早急に成果物を決め、作業の準備を行った。

(※文責: 和田英典)

### 7.2 後期成果発表会について

今年度の後期成果発表会については新型コロナウイルスの影響もあり zoom を用いてオンライン上で行われた。発表ではそれぞれの班の成果物をまとめた web ページを公開した。発表当日は公開した web ページを確認してもらった後、それぞれのミーティングルームに移り 1 回 15 分の質疑応答を行った。それぞれの質疑応答の時間の初めに web ページを用いて軽く成果についての紹介も行った。質疑応答は計 6 回行われた。質疑応答を終えた後評価シートを記入してもらい、発表技術と発表内容に関して評価していただいた。

### 7.2.1 評価

はこだて未来大学の学生と教員、計 39 名から評価していただいた。発表に関しては丁寧な受け答えをしているというコメントを多くいただいた。木星という、未来大の授業の中では全く触れられることのないテーマであったため、来ていただいた方にとっては難しい内容も多かったと思うがその中でも自分たちなりにかみ砕いて、わかりやすい受け答えができたのではないかと感じた。Wikipedia を編集するという点に関してはよかったという評価が多かった。しかし、どこを加えたのかわからなかったというコメントがいくつか見られた。初めの紹介の時にもう少し詳しくページの編集点について紹介するべきであったと考える。編集作業に関しては慎重でよかったという意見をいただいた。我々のグループが完全な個人作業とするのではなく 2 人 1 組に分かれて作業を行った意図が伝わったように思えた。内容に関しても基本的にはよい評価が多かった。また評価者の方から前期に行ったような Juno が計測したデータの分析結果も追加できるとよいのではないかとアドバイスもいただいた。現状、前期に行ったデータ分析の活動は後期の成果物発表に全く生かしていない状況のため、今後活動を行うのであれば前期の作業を取り込んだ編集を行えるとよいのではないかと考える。また編集したページのタイトルについてのコメントもいただいた。現状では“Juno”という文字列での検索では編集した Wikipedia のページは出てこない。タイトル部分の編集については活動期間内で全く触れられていない部分であったため、今度の編集の際に生かしていきたい。また、ほかの Wikipedia のページからのリンクという部分に関しても今後の作業に生かせる部分であると感じた。特に木星のページは Juno との関連が深いため、Juno についてもっと知ってもらうためにもリンクをつなげる作業を行っていきたいと感じた。Juno について知ってもらうという点では、Juno について全く知らない人に対する活動についての指摘もあった。今期の活動に関しては、既に Juno という名前は知っていて、そのうえでさらに Juno について知ってもらう際の手助けというような活動内容になっている。今期行った深める作業以外にも Juno について新たに触れてもらえるきっかけづくりになるような活動が今後できるとよいのではないかと感じるように感じた。

(※文責: 小倉 颯)

## 第 8 章 グループ全体での課題

1 年間のプロジェクト活動で Juno に興味を持ってもらった方への情報の手助けを行う目標を達成することができた。しかし、改善すべき点が 2 つある。1 つ目は、Wikipedia の翻訳箇所が目標の量に届かなかったことである。我々は当初、Overview、Naming、Scientific Objectives、Scientific Instruments の 4 つの項目を翻訳し、残った時間で 2 つの別の項目を翻訳する予定であった。しかし、4 つの項目の翻訳作業でプロジェクト時間を終えることとなった。翻訳する箇所の勉強に時間がかかりすぎたことが理由として挙げられる。我々のスケジュール管理は適切ではなかった。2 つ目は、編集した Wikipedia が本当に一般の方の情報収集の手助けになっているかが分からないことである。Juno を知るきっかけがなければ Wikipedia を閲覧する可能性が低いことということが理由として挙げられる。成果物発表会では、記載内容に関して高い評価を得ることができたものの、Juno を知るきっかけがないという指摘を多くいただいた。我々の目標は Juno に興味を持ってもらった方への情報の手助けを行うことであるが、Juno の知名度を広めようという意味も含まれている。これらの反省点を踏まえ、Wikipedia の翻訳箇所を増やす、Juno を知るきっかけ作りを考えることが今後の展望である。

(※文責: 田中恭人)

### 8.1 メンバーの課題と展望

- 和田

プロジェクトリーダーとして、担当教員とのコミュニケーションや全体のスケジュールの管理を行った。前期の反省点は 3 つある。

1 つ目は、スケジュール管理にて各メンバーの作業内容や進捗を把握できず全体の進行を妨げてしまう場面が何度かあったことである。特に中間発表用のポスター作成では、各メンバーの作業の進捗を把握できず、メンバーに負担をかけ、ポスター作成が予定よりも遅くなってしまった。

2 つ目は、グループメンバーとのコミュニケーションが少なかったことにより、意見の食い違い等があったことである。これにより、プロジェクト進行や最終成果物の決定に時間がかかってしまった。

3 つ目は、教員とのコミュニケーションが円滑に進まなかったことである。担当教員は外国籍であり、日本語でのコミュニケーションが困難であった。このことから、担当教員とのコミュニケーションの多くを英語で行った。しかし、私も英語での会話が苦手であった。よって、私が担当教員の意図を正しくくみ取ることができない、逆に私の意図を担当教員に伝えることができない場面が多くあった。これにより、最終成果物の決定が遅れるなどの問題や関係のない作業を行ってしまうなどの問題が発生した。

後期の反省点は 1 つある。英語の読解能力が低いことである。Wikipedia の編集を行う過程のなかで、多くの論文や web ページに目を通した。それらの文章の大半は英語で書かれており、これらの読解に多くの時間を費やした。プロジェクト学習を通して英

語の能力不足を痛感した。今後の課題は、積極的なコミュニケーションと英語の技能を向上させることである。特に英語の技能向上は、4年生の卒業研究でも必要となる為、早急に取り組まなければならない。

(※文責: 和田英典)

- 小倉

前期ではデータ分析と木星に関する基礎的な物理の学習プレゼンを行った。英語の能力に不安があったため、活動がうまくいくかどうか不安であったがプロジェクトメンバーの力を借りながらなんとかやって行けたと思う。前期に目標にあげていた学生同士のコミュニケーションに関しては、プロジェクト開始直後の堅い雰囲気をもたためるための提案を行うなど自分なりに行動を行えたことがよかった。特に前期ではプレゼンが今後に生かせる部分であると感じた。資料の調べ方や発表の方法、スライドの作り方などメンバーと自分を比べたり、先生からの質問を受けたりすることによって気づかされる部分も多かった。

後期でも Wikipedia の編集ということで文献を調べたりする作業が多かった。また外部に公開する文章の作成ということで正しい文章を書くことを意識した。

(※文責: 小倉 颯)

- 村田

前期では、知識の獲得と共有を行った。担当教員から配布された Juno や木星、物理の知識などの資料が 10 個配布され 10 人のメンバーがそれぞれ発表を行った。学生同士が意見や質問を出し合いながら知識の理解を深めることが出来たと思う。だが、10 個全部の理解を深めることはできなかった。知識の共有を行った後、木星の電波のデータを用いてスペクトログラムへの変換を行った。そこで初めて IDL を使用したが、説明が足りず基本的には写すことが多くなってしまい、理解できなかったため、その点で理解をもっと深めるべきだと思った。

後期では Wikipedia の編集を行った。適切な文章を書くところを注意して、編集した。1 年間を通して、学生と教員とのコミュニケーションの大変さがあった。学生が英語に慣れていなく、あまりうまく話せないといったり、英語で話したことを理解することが出来ないという問題があったため、情報共有が大変であった。

(※文責: 村田健鷹)

- 田中

まず一つは活動の最大の障害となった教員とのコミュニケーションの問題があった。全員が英語でのコミュニケーションに慣れていなく、円滑に情報を共有することができなかった。プロジェクトの途中から改善しようと学習したが、結果的に効果を実感することはなくもっと早くから着手すべきであったと感じた。また、英語に関しては Juno や木星についての学習においても問題となった。実際に使用した資料やデータはほとんどが英語であり、学習に時間がかかってしまった一つの要因であった。

次に、活動計画の見立ての甘さがあった。前期は中間発表前までに成果物を決定させグループ分けをする予定であったが後期の序盤までかかってしまい計画通りにはいかなかった。後期では余裕をもってポスター等の発表準備に取り掛かる予定であったが、成果物の遅れもありぎりぎりになってしまった。前期の振り返りでスケジュール管理の反省もあり改善しようと考えていたが、結果的に後期の活動でも改善することはできなかった。卒業研究においても一年間のスケジュール管理は重要であると考えため、こ

れは確実に改善していかなければならない。

次は成果物の連携についてだ。成果物発表会でもらった意見の中に「成果物は学習を始めたときに役立つが、新たに興味を持てるような活動は行ったのか」というものがあった。この案は活動の方針を決定するときに一度考えはしたが、その手法は見つからずに断念していた。二つグループがあるのだから片方はその方針で活動していればよかったのではないかと考えた。実際に今考えてみてもすぐに思いつくようなことではないが、成果物を決定する話し合いの中で断念せず意見を出し合っていればなにか案が出たのではないかと今になって思う。

(※文責: 田中恭人)

## 参考文献

- [1] NASA, [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/juno/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/juno/main/index.html), 2018
- [2] NASA, [https://www.jpl.nasa.gov/news/press\\_kits/juno/pdf/juno-hires.pdf](https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/juno/pdf/juno-hires.pdf)