

平成 31 年度地球観測技術等調査研究委託事業

「超小型衛星による民間宇宙利用拡大を推進する  
国際連携人材育成プログラム」

委託業務成果報告書

令和 2 年 5 月

国立大学法人東海国立大学機構

本報告書は、文部科学省の地球観測技術等調査研究  
委託事業による委託業務として、東海国立大学機構  
が実施した平成31年度「小型衛星による民間宇宙利  
用拡大を推進する国際連携人材育成プログラム」の  
成果を取りまとめたものです。

## 内容

委託業務の目的 .....	1
実施内容 .....	2
1. カリキュラムの検討、準備 .....	2
1-a. アンケート調査結果分析 .....	2
1-b. 2 週間コースカリキュラム改善 .....	2
1-c. 4 週間コースカリキュラム編成 .....	4
新型コロナウイルス対応 .....	7
1-d. 「Study abroad」プログラムの準備 .....	8
2. 広報活動 .....	9
2-a. 名古屋大学内の学生を対象とした広報活動 .....	9
2-b. 東海地方の大学や高等専門学校を対象とした広報活動 .....	9
2-c. 民間企業を対象とした広報活動 .....	9
3. 宇宙利用 2 週間コースの実施 .....	10
受講生内訳 .....	10
4. 宇宙利用 4 週間コースの試行 .....	12
受講生内訳 .....	12
基礎コース実施内容 .....	13
上級コース実施内容 .....	27
アンケート集計結果 .....	35
まとめ .....	52
添付資料 .....	54

## 委託業務の目的

日本の宇宙産業の健全な発展には、民間の宇宙利用拡大が不可欠であり、超小型衛星によって参入障壁を下げることに超小型衛星を活用できる人材を育成することが肝要である。本課題では、宇宙利用のリテラシーを持った人材を広く産業界に輩出し、宇宙利用の潜在的ニーズを掘り起こすことを目的とする。そのために、航空宇宙工学を必ずしも専門としない文系を含む大学院生、大学生、高等専門学校生も履修可能な2週間および4週間の実践型超小型衛星利用プログラムを提供する。本提案課題は、海外の大学とも連携して実施するものであり、宇宙利用に必要な基礎を学ぶ講義や実習のほか、超小型衛星を活用するミッションを検討するグループワーク、超小型衛星に関連する検証試験を実践するコースなどを提供し、学修した基礎を実践することで比較的短期間で宇宙利用リテラシーを修得できるコースとする。

## 実施内容

### 1. カリキュラムの検討、準備

#### 1-a. アンケート調査結果分析

受講生の意見に基づき 2019 年 8 月に実施する宇宙利用短期コース（2 週間基礎コース）のカリキュラムを改善するため、2019 年 2 月に実施した宇宙利用短期コース（2 週間コース）における受講生のアンケート結果を分析した。2019 年 2 月に実施したカリキュラムに対する履修生の評価は概ね好評であったため、それをベースとしてアンケートでの意見を反映させることでカリキュラムを改善した。グループワークでは、話し合う時間が不足している等の受講生からの指摘に基づいて時間の追加を検討した。また、超小型衛星利用提案演習の前提となる知識不足や実習や演習でのグループワークの進め方に困難があったことなどの指摘があったため、必要な講義をできるだけ前倒しする方向でスケジュール変更することにした。その他、初心者向けの講義の要望があったため、講義の内容についても講師と調整することとした。

2020 年 2 月～3 月に実施する宇宙利用 4 週間コース（2 週間基礎コース及び 2 週間上級コース）のカリキュラム改善に反映させるため、2019 年 8 月に実施したアンケート結果を分析した。基礎コースでは、グループワークでの人数を少なくして欲しいという指摘を反映してグループあたり人数を適正化した。また、このアンケートでは、上級コースではどのような講習や実習に関心があるか調査した。その結果、実際の衛星データ解析や実験、より専門的な講義、宇宙法や宇宙ビジネス等に関心が高いことがわかったため、カリキュラム編成時の参考とした。

#### 1-b. 2 週間コースカリキュラム改善

カリキュラム編成に際しては、2019 年 4 月より毎週木曜日にスタッフ会議を実施し、本課題での目的を明確にした上でスタッフの意見交換を行い、カリキュラム案を作成した。

衛星データ利用実習及び超小型衛星利用提案演習はグループワークであるため、8～9 月の 2 週間コースでは、グループワークの進め方、アイデアの創出方法、プロジェクト管理の内容を含んだ「人工衛星プロジェクトの進め方」の講義を実習及び演習より前に実施することにより、実習及び演習でのグループワークがより効率的に進めることができるようにした。また、これらの実習や演習での検討時間不足の意見を反映して検討時間を 1 コマずつ追加した。

小型衛星キット実習は、一度に参加できる人数が限定されるため、受講者をグループ分けし、交替で実施することで対応できる人数を増やした。その際、並行してグループワークを実施することで、当初と同じ履修時間を確保した。

これらの検討の結果、次のようなカリキュラムおよび講師担当で 2 週間コースを実施することとした。

## スケジュール（第2回基礎コース：2019年8月26日～9月6日）

### 宇宙航空人材育成プログラムカリキュラム

	8/26 Monday	8/27 Tuesday	8/28 Wednesday	8/29 Thursday	8/30 Friday
10:30-12:00				超小型衛星利用提案演習 理学A館102号室	超小型衛星利用提案演習 中間発表 理学A館402号室
13:00-14:30	オリエンテーション 理学A館402号室	人工衛星プロジェクトの進め方 理学A館402号室	衛星データ利用実習 理学A館102号室	超小型衛星利用提案演習 理学A館102号室	かかみがはら航空宇宙博物館 見学
14:45-16:15	宇宙開発の現状と未来 理学A館402号室	衛星データ利用の実例 理学A館102号室	衛星データ利用実習 理学A館102号室		
	9/2 Monday	9/3 Tuesday	9/4 Wednesday	9/5 Thursday	9/6 Friday
9:00-10:15			小型衛星キット 実習 理学A館102号室	超小型衛星利用 提案演習/ 衛星通信実習 理学A館414号 室	
10:30-12:00		超小型衛星の基礎 (宇宙開発実験室見学含む) 工学部2号館231号室		超小型衛星利用提案演習 プレゼン準備 (Reserved) 理学A館102号室	
13:00-14:30	超小型衛星開発動向および 将来展望 工学部2号館231号室	超小型衛星利用提案演習 理学A館102号室	小型衛星キット 実習 理学A館102号室	超小型衛星利用 提案演習/ 衛星通信実習 理学A館414号 室	超小型衛星利用提案演習 最終発表会 理学南館セミナー室
14:45-16:15				超小型衛星利用提案演習 プレゼン準備 理学A館102号室	修了式 理学南館セミナー室

### 講師担当表（第2回基礎コース）

講義	日時	講師名	演習	日時	講師名
1. 宇宙開発の現状と未来	2019/8/26 14:15-16:15	田中秀孝（名大）	A. 衛星データ利用実習	2019/8/28 13:00-16:15	高橋暢宏（名大）
2. 超小型衛星開発動向および将来展望	2019/9/2 13:00-16:15	金岡充晃 CS Japan	B. 超小型衛星利用提案演習	2019 8/29 10:30-16:15, 8/30 10:30-12:00, 9/3 13:00-16:15, 9/4 9:00-16:15 9/5 10:30-16:15	田中秀孝 山岡和貴 (名大)
3. 超小型衛星の基礎 (宇宙開発実験室見学含む)	2019/9/3 14:15-16:15	稲守孝哉（名大）	C. かかみがはら航空宇宙 博物館見学	2019/8/30 12:30-18:00	田中秀孝 山岡和貴 (名大)
4. 人工衛星プロジェクトの進め方	2019/8/27 14:45-16:15	田中秀孝（名大）	D. 小型衛星キット実習/衛星 通信 実習	2019/9/4 9:00-16:15	宮田喜久子 山岡和貴 (名大)
5. 衛星データ利用の実例	2019/8/27 13:00-14:30	高橋暢宏（名大）			

カリキュラム編成に際しては、各講師と次の通り調整を実施した。

### 講師との調整表（第2回基礎コース）

講師名（敬称略）	日時	調整内容
高橋 暢宏	2019/5/20	第2回基礎コース計画を説明、講義・演習を依頼し、承諾を得る。
	2019/6/13	講義・演習の実施日程を調整。
	2019/7/5	講義内容及び日程を調整、確認。
	2019/8/23	講義及び演習での必要な機材、講義方法、演習方法の確認、受講生状況を連絡。
金岡 充晃	2019/6/13	第2回基礎コース計画を説明、講義依頼。
	2019/6/18	講義承諾を得る。
	2019/8/19	受講生状況を連絡し、実施方法で問題の有無の確認。
稲守 孝哉	2019/6/12	講義依頼し、承諾を得る。
	2019/7/31	日程確認。
宮田 喜久子	2019/6/12	実習講師を依頼。
	2019/7/12～7/14	日程調整し承諾を得る。
	2019/8/20	実習方法を最終調整。

## スケジュール（第3回基礎コース）

宇宙航空人材育成プログラムカリキュラム(第3回基礎コース)						
	2/12 Wednesday	2/13 Thursday	2/14 Friday	2/15,2/16 Sat&Sun	2/17 Monday	2/18 Tuesday
10:30-12:00				Holiday	超小型衛星利用提案演習 理学A館102号室	超小型衛星利用提案演習 中間発表 理学A館402号室
13:00-14:30	オリエンテーション 理学南館 セミナー室	人工衛星プロジェクトの進め方 理学A館102号室	衛星データ利用実習 理学A館102号室		超小型衛星利用提案演習 理学A館102号室	超小型衛星利用提案演習 理学A館102号室
14:45-16:15	国際宇宙開発の現状と未来 理学南館セミナー室	衛星データ利用の実例 理学A館102号室	衛星データ利用実習 理学A館102号室			
	2/19 Wednesday	2/20 Thursday	2/21 Friday	2/22,2/23/2/24 Sat,Sun&Mon.	2/25 Tuesday	2/26 Wednesday
9:00-10:15		小型衛星キット実 習 理学A館102号室	超小型衛星利用 提 案演習/ 衛星通信実習 理学A館414号室	Holiday		
10:30-12:00	超小型衛星の基礎 *1 (宇宙開発実験室見学含む) B館 012号室				超小型衛星利用提案演習 プレゼン準備 (Reserved) 理学A館102号室	
13:00-14:30	かかみがはら航空宇宙博物館 見学	小型衛星キット実 習 理学A館102号室	超小型衛星利用 提 案演習/ 衛星通信実習 理学A館414号室		超小型衛星利用提案演習 プレゼン準備 理学A館102号室	超小型衛星利用提案演習 最終発表会 理学南館セミナー室
14:45-16:15			超小型衛星開発国際動向 および将来展望 理学南館セミナー室			修了式 理学南館セミナー室
16:30-17:30			意見交換会 理学南館セミナー室			
	*1 10:00~11:30					

講師担当は第2回基礎コースと同じで実施することとした。

## 講師との調整表（第3回基礎コース）

講師名（敬称略）	日時	調整内容
高橋 暢宏	2019/10/21	第3回基礎コース計画を説明、講義・演習を依頼し、承諾を得る。
	2019/1/21	講義・演習の実施日程を確認。
	2020/2/10	講義及び演習での必要な機材、講義方法、演習方法の確認、受講生状況を連絡。
金岡 充晃	2019/10/21	第3回2週間コース計画を説明、講義依頼し、承諾を得る。
	2019/11/1	日程調整を実施。
	2020/1/22~1/29	講義内容調整(国際協力、国際動向)
	2020/2/18	受講生状況を連絡し、最終確認。
稲守 孝哉	2019/10/31	講義依頼し、承諾を得る。
	2019/12/11	日程確認。
	2020/2/7	最終確認。
宮田 喜久子	2019/10/12	実習講師を依頼。
	2020/2/9	受講生状況を連絡。
かかみがはら航空博物館/各務原市役所	2019/12/4~12/11 2020/2/12	日程調整(メンテナンス作業実施があったため)。手続き、見学方法調整。

### 1-c. 4週間コースカリキュラム編成

2020年2~3月に実施を開始する4週間コースは、2週間の基礎コースと2週間の上級コースの2部編成とし、基礎コースは2週間コースと同一とすることで、2週

間コースの受講生が効率よく4週間コースを修了できるようにした。(以降、2週間コース、4週間コースではなく、基礎コース、上級コースの呼称を用いる。)

4週間コースで追加となる上級コースの編成にあたっては、2018年2~3月と2019年8~9月のアンケートで、「より高度な衛星データの利用法」や「実際の衛星に関わる実習」、「衛星開発初心者向けの専門的な講義、実習」、「衛星通信や小型衛星キット実習の応用編」、「宇宙ビジネス」、「宇宙法」などの関心が高かったことを考慮した。「より高度な衛星データの利用法」に対する要望を反映して「リモートセンシングデータ解析講義・実習」を導入した。この講義・実習では、衛星データ利用を実現するために必要な知識として、実際の衛星データ処理方法を学び、実践することにより、自ら提案したデータ利用に対する学習意欲を喚起する。具体的には、講義でリモートセンシングデータを使用してのデータ処理を学び、グループでデータ利用提案に対するデータ処理をアクティブラーニング形式で実施する方式を採用した。「実際の衛星に関わる実習」や「衛星開発初心者向けの専門的な講義、実習」、「衛星通信や小型衛星キット実習の応用編」に対する要望を反映して、専門的かつ理工学的な予備知識が必要となる衛星機器の振動試験や熱真空試験を体験する試験体験実習を上級コースの科目とした。また、「宇宙ビジネス」に関する要望を反映して、民間における宇宙ビジネスの事例を学ぶ講義「宇宙ビジネスが拓く新たな市場」を導入することで、受講生が新しい宇宙利用を考案する際の参考となる情報を提供した。

2019年11月に実施した宇宙航空科学技術推進委託費中間報告において「国際連携人材育成のための活動に具体性が薄い」との指摘があったことを受け、グローバル化が進む産業界で国際的なセンスにより活躍できる宇宙利用のリテラシーを持った人材を育成するため、2020年2~3月に実施したコースではカリキュラムを次のように改訂した。

- 基礎コースの改訂
  - 「超小型衛星開発動向および将来展望」の講義において国際的開発動向に重心を置くように変更し、「超小型衛星開発国際動向および将来展望」とする。
  - NASAの講師によるNASAの国際共同プロジェクト等に関する英語の講義をオプションとして提供する。
- 上級コースの改訂
  - 国際宇宙法の最新状況に関する講義「国際宇宙法の最前線」を導入する。(アンケートでも宇宙法に関する要望があった。)
  - 「宇宙ビジネスが拓く新たな市場」において世界の宇宙ビジネスに重心を置いた講義とする。
  - 「国際宇宙プロジェクト管理・システムズエンジニアリング」を導入する事で、今後の国際的な宇宙ビジネスにおいて想定すべき課題等を修得できるようにする。

以上の改訂により、受講生が国際的宇宙利用に関する知見を修得し、グローバルな視野からの発想を育むことができるようなカリキュラムに変更した。

この結果、次のようなカリキュラムおよび講師担当で基礎コースおよび上級コースを実施することにした。



スケジュール（第1回上級コース）  
宇宙航空人材育成プログラムカリキュラム(上級コース)

	2/27	2/28	2/29,3/1	3/2	3/3	3/4			
	Thursday	Friday	Sat&Sun	Monday	Tuesday	Wednesday			
10:30-12:00		宇宙ビジネスが拓く新たな市場 理学A館402	Holiday		熱真空試験/振動試験 講義 理学A館102				
13:00-14:30	オリエンテーション 理学A館402			リモートセンシングデータ 解析講義 理学A館402	リモートセンシングデータ 解析演習 理学A館102	熱真空試験 実習 理学B館112 Aチーム	振動試験 実習 理学B館110 Bチーム	熱真空試験 実習 理学B館112 Aチーム	振動試験 実習 理学B館110 Bチーム
14:45-16:15									
16:30-17:30				意見交換会 理学A館402					
	3/5	3/6	3/7,3/8	3/9	3/10	3/11			
	Thursday	Friday	Sat&Sun	Monday	Tuesday	Wednesday			
8:45-10:15				熱真空試験 実習 理学B館112 Bチーム	振動試験 実習 理学B館110 Aチーム				
10:30-12:00	リモートセンシングデータ 解析演習 理学A館102								
13:00-14:30	熱真空試験 実習 理学B館112 Bチーム	振動試験 実習 理学B館110 Aチーム	国際宇宙法の最前線 理学A館402	リモートセンシングデータ 解析演習 理学A館102	リモートセンシングデータ 解析演習最終発表会 理学A館102		修了式 VBL		
14:45-16:15					国際宇宙プロジェクト管理・ システムズエンジニアリング 理学A館402			NASA宇宙開発利用計画 VBL	
16:30-17:30						意見交換会 VBL			

講師担当表（第1回上級コース）

講義	日時	講師名	演習	日時	講師名
1. リモートセンシ ングデータ解析講義	2020/2/27 14:15-16:15	石坂 丞二 (名大)	A. リモートセ ンシングデー タ解析演習	2020 3/2 10:30-16:15 3/4 10:30-12:00 3/5 08:45-12:00 3/6 13:00-14:45	石坂 丞二 相木 秀則 (名大)
2. 宇宙ビジネスが 拓く新たな市場	2020/2/28 13:00-16:15	大貫 美鈴 (スペースア クセス)	B. 熱真空試験 実習	2020 3/3 13:00-16:15 3/4 13:00-16:16 3/5 13:00-16:15 3/6 08:45-12:00	宮田 喜久子 富岡 孝太 (名大)
3. 熱真空試験/振動 試験講義	2020/3/3 10:30-12:00	山岡 和貴 (名大)			
4. 国際宇宙プロジェ クト管理・システム ズエンジニアリング	2020/3/10 14:00-15:30	田中 秀孝 (名大)	C. 振動試験 実習	2020 3/3 13:00-16:15 3/4 13:00-16:16 3/5 13:00-16:15 3/6 08:45-12:00	山岡 和貴 山口 隆正 (名大)
5. 国際宇宙法の 最前線	2020/3/13 13:00-16:15	青木 節子 (慶応大)			

講師調整表(第1回上級コース)

講師名 (敬称略)	日時	調整内容
石坂 丞二	2019/10/11	本プログラムの主旨説明。講義、演習の依頼し、可能性を打診。
	2019/10/13	講義、演習の講師承諾を得る。
	2019/12/2	上級コースでの目的、主旨を説明。講義、演習の内容等の調整。
	2019/12/2～12/27	日程調整。
	2020/2/21～2/23	実施方法確認
	2020/2/25～2/27	新型コロナ感染防止対応策調整
大貫 美鈴	2019/10/21	講師依頼。
	2019/10/23	講師承諾を得る。
	2019/11/15	日程調整。
	2020/2/13	<b>問題ないことを最終確認。</b>
青木 節子	2019/10/10	本プログラムの主旨説明。講義依頼し、可能性を打診。
	2019/10/29	講義実施の承諾を得る。
	2019/11/15～12/24	日程調整。
	2019/12/3	講義タイトル、内容調整
	2020/2/7	日程最終確認
	2020/2/25～3/2	新型コロナ感染防止対策の為にオンライン実施に変更及び日程調整 (3/6から3/13に変更)
	2020/3/11、3/12	オンライン講義調整

## 新型コロナウイルス対応

新型コロナウイルスに対しては、内閣官房のウェブページ「新型コロナウイルス感染症に備えて」の感染拡大防止の留意点に基づいて、次の感染拡大防止対策を実施した。

- 風邪のような症状がある場合の参加中止の呼びかけ
- 咳エチケット励行の呼びかけ
- 手洗い、消毒励行の呼びかけ (除菌液の配布)
- 8月にもコースがあることを周知 (受講生を減らすことで感染のリスクを低減する目的)

また、学外の参加者を含むイベントを原則中止とする大学の方針が、上級コース開始前日に通知されたが、すでに遠方からの受講生が名古屋に到着しており、直前にコースをキャンセルすることは混乱を招くことから、次のようにスケジュールを変更し、当初のカリキュラムと同等の内容で実施した。

- 大学でしか実施できない演習、実習を当初の予定より前倒しで実施することで、受講生が大学に来る日数を極力減らす。その際、午前中にコース外で受講生が演習内容について自身で検討できる時間が減ることを考慮して、グループワークを1コマ追加して十分な検討時間を確保した。
- オンラインで実施可能な講義は最終週に実施した。

以上の変更を実施したことで、受講生が大学に来る日数を最小にしつつ、スケジュール変更前と同等のコース内容を維持した。変更後のスケジュールを以下に示す。

## 変更後のスケジュール（第1回上級コース）

宇宙航空人材育成プログラムカリキュラム(上級コース)									
	2/27 Thursday	2/28 Friday	2/29, 3/1 Sat&Sun	3/2 Monday	3/3 Tuesday	3/4 Wednesday			
10:30-12:00			Holiday	リモートセンシングデータ 解析演習	熱真空試験/振動試験講義		リモートセンシングデータ解 析演習		
13:00-14:30	オリエンテーション	宇宙ビジネスが拓く 新たな市場			熱真空試験 実習	振動試験 実習	熱真空試験 実習	振動試験 実習	
	リモートセンシングデータ 解析講義								
14:45-16:15									
16:30-17:30		意見交換会							
	3/5 Thursday	3/6 Friday	3/7, 3/8 Sat&Sun	3/9 Monday	3/10 Tuesday	3/11 Wednesday			
8:45-10:15		熱真空試験 実習	振動試験 実習	Holiday	<div>以下の講義はオンライン講義を予定しています。 日時については決定次第連絡致します 講義：国際宇宙法の最前線 講義：国際宇宙プロジェクト管理・システムズエンジニアリング</div>				
10:30-12:00	リモートセンシングデータ 解析演習								
13:00-14:30	熱真空試験 実習	振動試験 実習	リモートセンシングデータ 解析演習 発表準備						
14:45-16:15			リモートセンシングデータ 解析演習 最終発表会						
16:30-17:30		修了式							

### 1-d. 「Study abroad」プログラムの準備

2019年4月にパデュー大学の担当者と協議して2020年度に実施する予定であった「Study abroad」プログラムのテーマについて検討し、ロケットや人工衛星の推進機構とその民間宇宙利用をテーマとすることに合意した。しかし、7月末に、パデュー大学側から延期の申し入れがあったため、実施は2021年度に延期となった。

## 2. 広報活動

### 2-a. 名古屋大学内の学生を対象とした広報活動

宇宙利用短期コースのポスター、チラシの作成にあたり、今年度からはデザインを買い取ることで、印刷費を十分の一程度に低減した。チラシは各部局の事務で配布したほか、教養科目の講義がある建物の付近で学生に直接配布するなど、できる限り多くの学生の目に留まるようにした。

ポスター、チラシ配布・掲示以外にも、電子メールによる広報活動も実施した。学内においては、各部局の事務を通して学生にメールで開講の通知を配信した。学外においては、2019年2月に実施した第1回基礎コースの受講生に、第2回基礎コースの開催について連絡し、部分履修生に参加を呼びかけるとともに知人等に開催案内の周知を依頼した。2020年2～3月の基礎、上級コースの開催においても同様に、過去の基礎コースの受講生に開催案内の周知を依頼した。

### 2-b. 東海地方の大学や高等専門学校を対象とした広報活動

今年度から学外からの受講生も積極的に受け入れる予定であったため、中部地区の大学、航空宇宙関連の博物館、科学館にポスター、チラシを郵送して掲示を依頼した。さらに、2020年2～3月に実施した短期コースでは、名古屋地下鉄主要駅(金山、栄など)でのポスター掲示も行い、広く学外(他大学や社会人)への広報活動も実施した。2～3月のコースで他大学生、非宇宙分野の企業及び官公庁からの申込者が多かったのは、地下鉄駅でのポスター掲示の成果だと考えられる。また、日本の大学生が主催する「宇宙開発フォーラム」において本コースを紹介した。

### 2-c. 民間企業を対象とした広報活動

愛知県の産業労働部 産業振興課を通して宇宙利用に関心のある企業に本コースの内容、日時を広報した。その他、航空宇宙学会中部支部主催の「航空宇宙フェア」における本コースの紹介や、学会誌への開催の案内掲載、本課題の参加教員からの個別の企業への開催案内周知などの広報活動も実施した。

### 3. 宇宙利用 2 週間コースの実施

#### 受講生内訳

#### 第 2 回基礎コース

前述の広報活動の結果、次の表に示す通り、第 2 回基礎コース（2019 年 8 月 26 日～9 月 6 日）は 27 名の受講申請があった。そのうち、3 割にあたる 8 名が学外（6 名が他大学、2 名が社会人）からの参加であり、学外での広報活動の成果があったと考えられる。また、文系学生、さらに、1 名の留学生と 7 名の女性が受講しており、多様な受講生構成となった。他大学からの参加は中部地区だけでなく、東京、九州等の遠隔地からの参加があった。これは幅広い広報の結果であり、本プログラムに興味を持っている人材が全国に多数いることが伺える。27 名のうち、全ての科目を履修し修了した受講生は 14 名であったが、本課題では、受講記録を保存することで、複数のコースにわたって必要科目を履修した場合の修了を認定できるため、今回修了しなかった受講生の一部は今後修了すると期待できる。

第 2 回基礎コース受講生内訳

	所属	申請者	修了者
名古屋大学 学部生	工学部	4	4
	理学部	5(2)	4(1)
小計		9(2)	8(1)
名古屋大学 大学院生	教育発達科学研究科	1[1](1)	0
	生命農学研究科	1(1)	0
	工学研究科	5	2
	理学研究科	3	1
小計		10[1](2)	3
学外学部生	日本文理大学工学部 南山大学理工学部 愛知工大工学部 東海大工学部 東京理科大工学部	5	3
学外大学院生	京都大学経済研究科	1(1)	0
小計		6(1)	3
社会人	公的機関、教育関係	2(1)	0
総計		27[1](7)	14(1)

\*[]は留学生、()は女子学生の内訳を示す。

#### 第 3 回基礎コース

第 3 回基礎コースを 2020 年 2 月 12 日～2 月 26 日に実施した。28 名の受講申請があったが、4 割にあたる 12 名が学外（他大学 3 名、社会人が 9 名）からの応募であった。社会人の参加が増加しているが、アンケート結果を見る限り、本コースのことを知った手段は多岐にわたっており、多様な学外での広報活動強化が必要であることがわかった。

第3回基礎コース受講生内訳

	所属	申請者	修了者
名古屋大学 学部生	医学部	1	0
	工学部	6(1)	4(1)
小計		7(1)	4(1)
名古屋大学 大学院生	情報学研究科	2	0
	環境学研究科	2(1)	0
	生命農学研究科	1	0
	工学研究科	2[1](1)	0
	理学研究科	2	1
小計		9[1](2)	1
学外学部生	名古屋工業大学工学部 東海大工学部	2	2
学外大学院生	京都大理学研究科	1	0
小計		3	2
社会人	公的機関、教育関係	5(1)	1
	民間企業	4(1)	2
小計		(2)	3
総計		28[1](5)	10(1)

## 4. 宇宙利用 4 週間コースの試行

### 受講生内訳

#### 第 1 回上級コース

4 週間コースの後半となる上級コースを 2020 年 2 月 27 日～3 月 6 日に実施した。32 名の応募があったが、15 名が名古屋大学以外からの受講であり、内 11 名は、社会人であった。新型コロナウイルス感染症の拡大に伴って、名古屋大学の方針が直前に変わったため、スケジュールを変更し、名古屋大学内で実施する演習や実習を当初の予定より前倒しして実施した。

第 1 回上級コース受講生内訳

	所属	申請者	修了者
名古屋大学 学部生	法学部	1 (1)	0
	医学部	1	0
	工学部	4	3
	理学部	1 (1)	1 (1)
小計		7 (2)	4 (1)
名古屋大学 大学院生	情報学研究科	2 (1)	0
	環境学研究科	1 (1)	0
	生命農学研究科	1	0
	工学研究科	3 (1)	0
	理学研究科	3	0
小計		10 [1] (3)	0
学外学部生	日本文理大学工学部 室蘭工大工学部 東海大工学部 岐阜高専	4 [1]	3
学外大学院生	鹿児島大理工学研究科	1	1
小計		5 (1)	4
社会人	公的機関、教育関係	3	0
	民間企業	7	2
小計		10	2
総計		32 [1] (6)	10 (1)



## 基礎コース実施内容

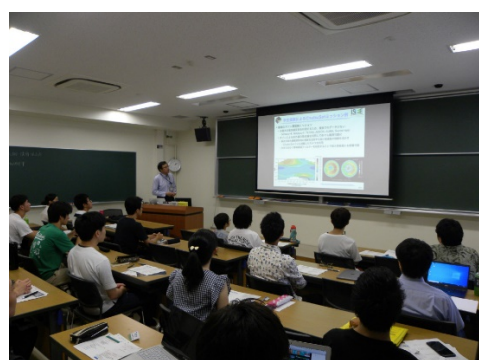
### オリエンテーション

本コースの目的が民間における宇宙利用の潜在ニーズの人材を育成することにあることを説明し、受講生が目的を理解した上で受講できるようにした。また、コース体系を受講生に説明し、それぞれの科目の目的や位置づけの理解の一助とした。履修生の簡単な自己紹介も実施した。

2019年8月に実施したコース、2020年2～3月に実施したコースでそれぞれのオリエンテーションを実施した。



オリエンテーション



開会の挨拶



コース概要説明



応募者の自己紹介

## 講義

### (1) 宇宙開発の現状と未来

本講義では、無人（人工衛星・ロケット等）・有人（宇宙船・国際宇宙ステーション等）の宇宙開発背景を含めた過去から将来の宇宙開発・探査までの概要を学ぶことを目的とした。宇宙開発・利用における基礎知識を習得し、宇宙開発技術の利用（社会への還元）およびこれからの宇宙開発・利用において必要となる宇宙関連法案の状況の理解を促す講義とした。また、これからの社会（第四次産業革命）にも目を向けて多様な宇宙利用による社会的発展構想できる素養を涵養し、将来への宇宙利用への思いを馳せるように、超小型衛星による宇宙利用の最新情報、将来展望に関する講義を実施した。

2月に実施した際は、「国際的宇宙開発の現状と未来」として宇宙開発の現状と未来を国際的観点からの状況を多く取り入れた内容にし、国際的観点から将来を展望できる内容とした。





宇宙開発の現状と未来講義

## (2) 衛星データ利用の実例・実習

人工衛星により取得されたデータが人類の活動にどのように利用されているか具体例を挙げて示し、衛星データ利用実習の導入として、名古屋大学宇宙地球環境研究所で実施している衛星による大気観測に関する講義を行った。

また地球観測衛星のデータ（二周波降水レーダ）の読み方を習得し、地球環境をグローバルな視点で考えることに意義を見出させると共に人工衛星ができることを考察する実習を行った。



衛星データ利用の実例Ⅰ



衛星データ利用の実例Ⅱ

## (3) 人工衛星プロジェクトの進め方

本講義では、人工衛星等の宇宙開発・利用プロジェクトを進める上で重要となる、チームビルディング、プロジェクトマネジメント、議論、開発プロセス上での主要な基本的知識を習得することを目的とし、プロジェクト成功のための考え方を紹介した。

また、衛星のシステム設計と解析では、実際にこれまで適用されている衛星のシステム設計のプロセスや技術解析の内容を紹介した。

第1回からの変更点としては、本講義を衛星データ利用実習及び超小型衛星利用提案演習の実践に活かせるような事例を紹介し、実習及び演習より前に実施して実習・演習を円滑に進められるよう配慮した。



人工衛星プロジェクトの進め方 (1/2)



人工衛星プロジェクトの進め方 (2/2)

#### (4) 超小型衛星の開発動向及び将来の展望

これまでの超小型衛星の開発・利用の日本及び世界の動向を目的、市場、戦略等の幅広い分野からの分析をもとに概観し、超小型衛星で切り開かれる未来について学び、宇宙利用のリテラシーを持った人材としての必要な知識を習得することを目的とした講義を実施した。

2月に実施したコースでは、国際的なセンスにより活躍できる宇宙利用のリテラシーを持った人材育成のため、超小型衛星における国際動向の動向に重心を置いた講義を実施した。

2月に実施した講義の概要を以下に示す。

2019年における1kg～300kgにおける打上げ数は380機であり、2018年と比較して約20%増加した。打上げ数が多くなった背景には、通信衛星コンステレーションであるONEWEBとStarlinkが打上げ元年となったことにある。また、10cm四方のキューブサット規格衛星は0.25U～16Uサイズまで165機が軌道投入されている。これらキューブサットは実用レベルへ到達しており、民間では事業開始している光学衛星サービスのPLANET社が32機、AIS/ADS-B/気象データを提供するSPIRE社が18機打上げられた。

2019年は通信コンステ元年の一方、中国の民間キューブサットの打上げが数多く見られている。具体例として、Guodian Gaoke社、Laser Fleet社、SPACETY社、MinoSpace Technology社であり、各々6Uサイズの光学・IoT衛星等が13機打ち上げられた。

また米国以外の民間衛星も参入が相次いでいる。フランスでは民間Unseenlabs社が実証機を打ち上げ、スペインのAISTECH SPACE社、スイスASTROCAST社、イスラエルElbit社、ポーランドSatRevolution社、リトアニアNanoavonics社らが事業化を目的に光学やIoT衛星を打ち上げた。これら動向から、2019年はIoT衛星打上げラッシュともいえる。

サイエンスミッションでも打上げや打上げ計画が発表されている。特にキューブサットミッションでは最も困難とされている宇宙物理ミッションとしてNASAが年間500万ドル(約5億円)の予算を準備し、5ミッション計画を発表し、ESAもキューブサット探査機やフォーメーションフ

ライトミッションという、次世代の商用及び探査ミッションの基盤技術開発を実施している。

日本の宇宙開発の位置や世界でリードする宇宙民間企業の現状を認識させる。

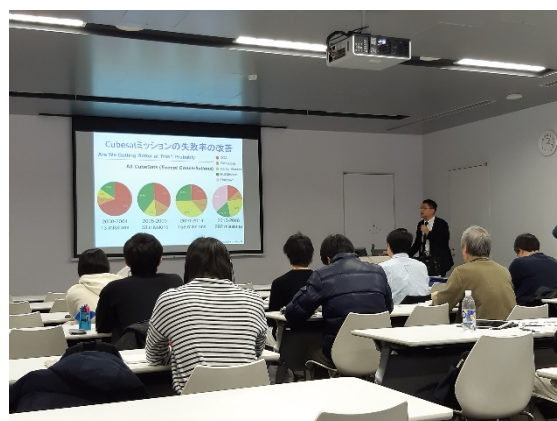
講義後、ビジネスとしての観点での活発な質問等があった。



超小型衛星の開発動向及び将来展望



講義後の意見交換会



国際動向と将来展望の講義



講義に聴き入る受講生

#### (5) 超小型衛星の基礎

超小型衛星のシステム構成とその応用について事例を通して紹介した。

前年度、文系、理系から幅広いバックグラウンドを持つ参加者が多かったことを考慮して、今年度は人工衛星の知識がない文系の学生でも理解が容易なように構成を工夫した。本講義では最初に通常サイズ衛星から導入し衛星システム構成の基本的な考え方を示し、さらに超小型衛星と通常サイズ衛星との相違点について説明した。特に衛星システムの特徴や姿勢・軌道ダイナミクスでの相違点について事例を通して解説した。講義では超小型衛星の単純な知識伝達だけではなく、衛星の姿勢や軌道運動とそれに伴う衛星コンフィグレーションとの関連など理由や原理から説明し、受講生の理解と興味が得られるように心がけた。これにより、受講生自身が超小型衛星利用について自由で発展的な発想を得られるように配慮した。

本講義後で実際の衛星開発に興味を持った受講生（東京理科大学、日本文理大学の学部生が1名ずつ）が、講義後も名古屋大学航空宇宙工学専攻における衛星開発



プロジェクトに参加を希望し意欲的に活動を継続しており、一定の成果が得られたと考えている。



超小型衛星の基礎



超小型衛星の基礎講義に聴き入る受講生

#### (6) NASA 宇宙開発利用計画（オプション課目）

NASA の国際共同プロジェクトを紹介し、国際化する衛星プロジェクトに関連する課題等を英語で説明する講義をオプション課目として実施する予定であった。しかし、新型コロナウイルス感染拡大中であったため、米国大使館の方針により依頼した NASA 所属の講師が出張できなくなったため、延期とした。

### 実習・演習

#### (1) 衛星データ利用実習

衛星データ利用の実例講義で認識を深めた上で、衛星データ利用実習を行った。具体的には各個人で興味のあるテーマを考慮してグループ分けを行った。グループ毎にテーマを決め、NASA や JAXA の人工衛星から得られた大気観測の実データをもとにパソコンによる解析演習を行い、人工衛星データの実践的活用方法を学んだ。各グループでの演習成果発表を行い、受講生間及び教員との活発な意見交換を行った。

衛星データ利用実習における学生発表内容の概要は次の通りであった。

#### 第 2 回基礎コース（2019 年 8 月 26 日～2019 年 9 月 6 日）

##### ・ 1 班：一攫千金プロジェクト（天然高麗人参を探す）

現在わかっている天然高麗人参（サンサム）の植生と一致する土地を人工衛星データより調査し範囲を絞り込み、土壌成分などのデータを文献から探してさらに絞り込みを実施する。人工衛星により標高データ、地面湿度分布、地上部にある時期と地下部に埋まっている時期の適応の違いを用いた温度データの絞り込みを画像処理によって実施する。これにより、効率的なビジネスができる。

##### ・ 2 班：アマゾン周辺火災の原因を探る

アマゾン周辺における火災に注目した。現在、アマゾン周辺では過去 10 年間で最も火災が起こっている。ブラジル国立宇宙機関(INPE)の発表によると、昨年（2019 年）の 1 月～8 月の同時期に比べ、約 2 倍のペースで火災が発生している。この原因として我々が考えたのは、雨量が例年より減少していることによる災害。もしくは、放火

による人災の2つである。ここで、GSMaPを利用することで、今回の火災に雨量との相関関係を見いだせるのではないかと考えた。

調査を進めて行くと、火災件数が多い場合には雨量が少ないという関係がありそうだが、断定はできないという結論に至った。しかし、今回の数値データには統計的に十分でなく、正確に比較できているわけではない。また、調査の時間が限られたことにより、雨量データのみでの調査となってしまった。雨量のデータにおいても、6月から8月の期間のみ調査したため、もっと広い範囲で調査することで、新たな事がわかるのではないかと考える。

### ・3班：世界気候の地域ごとの変化

世界の気候が地域ごとにどの様に推移しているかについて調べてみました。具体的には、図の様にケッペンの気候区分図上で単に色の変化としてのみ表現されている気候の境界で、実際にはどのような変化が起こっているのかを、雨温図を用いて月の降水量や平均気温を比べた。

今回の調査で、同じ気候に分類されている地域同士でも、微妙にもしくは急激に気候が変化していることがわかった。ちなみに、今回使用したデータは、衛星のものではなく、地球表面に設置された雨量計のものでした。地上の雨量計では地域の発達度合いによってデータの頻度、件数に差が出てしまい、さらに海上に雨量計は置けないため、やはり衛星のデータは重要であると考えた。

### ・4班：北海道が太っているのは台風を食べているから説（台風のエネルギーを吸収）

北海道の面積は日本一であり、2位の岩手県を突き放すほどの圧倒的な数字をもつ。その地理的な面を、エネルギーを吸い取って大きくなったとユーモアのある捉えかたをし、その仮説が正しいのかを雲画像とレーダを使って検証する。まず、気象庁のページ（[https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route\\_map/index.html](https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/index.html)）より、台風進路図を使い2007~2019年での台風の日本陸上または近郊での消滅する所を調べた。これにより北海道の沖で消滅する台風がかなり多いことがわかった。次に、JAXAのGSMaPを用いて、北海道沖での降水量が台風の勢力の大きい時より減っていることを確認した。

この仮説は、立証することができたため、気象学的な面でこの仮説を再度考察した。台風は熱帯低気圧の発生から始まり、エネルギーの減少により熱帯低気圧に戻ったり、寒気との衝突により温帯低気圧に変わったりする。さらにエネルギーが低くなると消滅となる。ここで、北海道の地理的な面を考えると、高緯度による温度の低下や大きい面積を持つなど、台風の消滅の原因と考えられる理由が複数個あり、これが重なることによって北海道沖で消滅しやすくなると考えられる。

### ・5班：熱帯地域の森林分布調査のための降水量データ利用

近年、問題視されている地球温暖化対策の一つとして、REDD+という途上国における温室効果ガスの削減を目的とした森林保全の国際的なメカニズムがある。東南アジアにおける取り組みとして、熱帯林の森林分布図の作成などがある。特に生物多様性の高い熱帯林の森林管理の観点からも、森林分布図の作成は肝要である。本発表では、植生分布と降雨量の相関に着目した研究について紹介する。その研究内容として、衛星画像では、区別が難しい木の分布をTRMM(熱帯降雨観測衛星)の降雨量データを、補助データとして用いて推定することは可能かどうかを調べている。

具体例として、東南アジアのラオスの年間平均降水量の分布データと実際の森林分布の図を比較すると、降水量が多いところほど常緑林が分布しているという相関が見られた。しかし、一部常緑林については、降水量が少ないのにも関わらず、常緑林が分布しているという場所があり例外もあった。降水量だけでなく土地条件が考慮された土壌中の水分量と相関があるのではと考え、NASA の WORLDVIEW からラオスの土壌中の水分量の分布を確認したところ、降水量が少ない場所で常緑林が分布している場所は、他の場所と比べ相対的に土壌の水分量が多かった。よって、土壌の水分量で森林分布を予測できるのではと考えた。また、調査を通して衛星によるリモートセンシングは、観測所などが設置しづらい場所でも有用であると考えた。

#### ・ 6 班：ゲリラ豪雨予測の現状と課題と提案

都市部などで起こる集中的な豪雨であるゲリラ豪雨はヒートアイランド現象によりその頻度は増している。そのため、ゲリラ豪雨予測の精度向上は喫緊の課題である。

現在、ゲリラ豪雨予報を提供する Weather news は地上データのみに頼っており、予報精度は約 90%である。より高精度の予測をするためには衛星データが必要である。しかし、ゲリラ豪雨の特徴である、短いタイムスケールと小さい空間スケールは衛星観測において壁となる。小型衛星を用いて、その両方を満たす観測を東京 23 区のみで実施するには、約 150 機必要となり、コストを概算すると 1500 億円となる。故に、既存技術を用いた場合の実現可能性は低いと言える。従って、観測技術・データ解析技術の向上が課題である。一方、飛行機にレーダを載せる観測案では、2 分おきの観測、かつ、小型衛星のおよそ 40 倍の空間分解能が実現可能であり、なおかつ、コストや観測失敗のリスクも抑えられることがわかった。

次世代技術を用いた衛星観測や、飛行機を用いた観測を通じてゲリラ豪雨の発達メカニズムやその他の気象データとの相関を調べることで、将来的に、東京以外でのゲリラ豪雨予報の精度向上をも見込める可能性がある。



グループに分かれてデータ利用実習



グループでの検討



各グループの検討結果発表



検討結果に対する質疑応答

### 第3回基礎コース（2020年2月12日～2020年2月26日）

#### ・S-1 チーム：人が住める条件

人工衛星からの世界の人口密度のデータと、気温・湿度を重ねて比較することにより人の住める条件を探した。夏季及び冬季の場合を分析した。その結果、人の住める条件は、気温が $-20\sim 40^{\circ}\text{C}$ 、湿度が30%以上であることがわかった。この条件に当てはまらなくても大きな川があれば住めることがわかった。

#### ・S-2 チーム：太陽光発電所を建てるならここだ！

太陽光発電所建設に良い条件を検討した。人工衛星からの日射量データ及び標高、人口密度データを分析した。日射量が多い方、標高が高い、人口密度が高いのが良いのが割ったが、それぞれ実現には課題があるのが分かった。回帰線付近が良いのと言える。

#### ・U チーム：イベントと人流の相関

名古屋地区のイベントとイベント会場を例にとり、その時の衛星からの人流データを分析した。「にっぽんど真ん中祭り」の開催前と開催時、レゴランドのオープン前後の人流データを比較した。将来の展望として、現段階では利用できるデータは少ないが、将来的にはデータ量の増加を行い、どのような情報で人が動くのか、動かせるのかわかってくる。人の動きは様々な要因によってコントロールされるものと考えられ、その要因分析結果は、旅行会社や航空会社夜利用が考えられる。

### (2) 超小型衛星利用提案演習

人工衛星で得られたデータを利用してどのようなサービスが可能か、もしくは、超小型衛星でできるミッションを自ら考え、グループでアイデアを出し合い、グループ活動を実践し、提案を纏めた。

グループは、専攻分野、男女、学年、社会人のバランスをとった2グループに分けて検討した。本提案利用演習活動の中でアイデアの創出法、チーム活動方法、プロジェクトマネジメント活動を実践習得する。ブレインストーミングの提案内容を検討し、更なるグループ分けは受講生の判断により実施した。

異分野間でのコミュニケーション能力も養うとともにプレゼンテーション能力も養い、中間発表及び最終発表のプレゼンテーションを行い、専門家からの意見をもろう。中間発表会及び最終発表会において、学生から及び教員からの活発な質疑応答がなされた。中間発表でのコメントは、検討して最終発表へ反映されてより充実した内容になった。



最終発表会における発表内容は次の通りであった。

## 第2回基礎コース（2019年8月26～2019年9月6日）

### ・Sチーム(6名)：宇宙望遠鏡のシェアリングサービス

世界中に存在するアマチュア天文家は、「自分で撮る写真」という価値を大切にしている。その撮る写真を宇宙空間にすることにより、大気による影響がない、昼夜を問わない、光害の影響がほぼない等のメリットがある。開発費用や期間を考慮して、超小型人工衛星での需要に見合った宇宙望遠鏡の開発、シェアリングサービスを提案する。アマチュア天文家の傾向を調査して、サービスとしての成立性を確認した。その結果、多くのアマチュア天文家がいることがわかり、その多くのアマチュア天文家の需要があると考えられる。顧客要望を分類してのサービス提供を行なう。技術的には、望遠鏡の指針として土星観測を基準にして性能計算を行うとともに超小型衛星サブシステム要求を検討した。各種小型カメラセンサーの検討した結果、限界等級はクリアしたものの分解能の観点から口径を大きくすることが必要であることがわかった。使用する CCD センサー及びアマチュア天文家や天文ファンへのサービス方法を提案する。

### ・U-1 チーム(5名)：DREAM プロジェクト

これまでの世界のデブリ除去研究の動向を調査し、デブリ除去技術を認識したもとでデブリ検出衛星の提案をする。小型衛星でのデブリの検出方法、検出衛星のサイズと運用起動、検出した情報の伝達システム、デブリを捕獲して大気圏へ突入時の発光観測を実施する。小型衛星に搭載する観測機器の検討も実施した。今後の課題として、軌道変更、高度維持技術、電力問題がある。

### ・U-2 チーム(3名)：リアル VR 世界マップの構築

リアル VR マップ構築のための人工衛星を提案する。この人工衛星は、高分解能の人工衛星である。高分解能の画像と AI を駆使し、ゲームマップ等に利用できるのではないかと考えた。AI を利用によりデータの処理を簡素化することも可能である。VR 世界マップの構築を提案する。商業的な利用に限らず、研究的の面でも有益なデータが得られる。この人工衛星が実現すれば、ゲームの分野のみならず観光名所を VR 化することでバーチャル旅行等も可能になる。このサービスは旅行に行けない人などに有効である。これらから、斬新的でありユーモアのある案として提案する。



アイデア検討（各自）

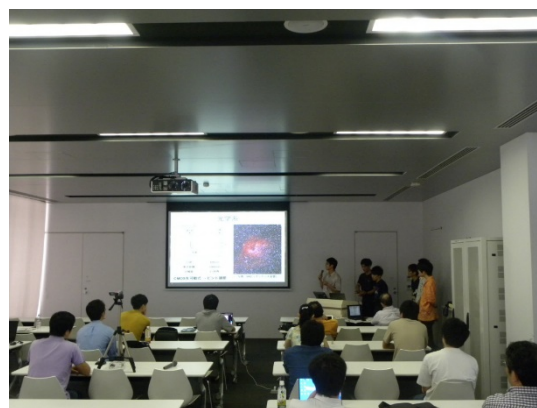


アイデア出しをしてブレインストーミング





S チーム最終発表会



U チーム最終発表会



質疑応答（教員からの質問）



質疑応答（質問への回答）

### 第3回基礎コース（2020年2月12日～2020年2月26日）

#### ・S チーム：月面 VR 開発小型 SAR 衛星

漫画「宇宙兄弟」には、宇宙飛行士がローバーの運転を誤り、事故を起こすというシーンがある。私たちが提案したのはそのような事故を無くすための月面 VR 開発に向けた小型 SAR 衛星だ。具体的には、衛星からのデータを用いて運転シミュレータ VR を開発する。自動運転システムではなく、運転シミュレータである理由は衛星からの画像では自動運転に必要な解像度を得ることが難しいからだ。また、月面 VR は宇宙機の設計や理学研究にも応用可能であると考えている。

#### ・U チーム：組み立て型超小型人工衛星モデル

現在の超小型人工衛星は、バス部とミッション部が一体となっているため、壊れた際のリスクや開発期間・費用の大きさといった欠点がある。そこで、組み立て型の超小型人工衛星を提案する。

バス部とミッション部を別の事業者が開発し、利用者にはミッション部のみの開発、打ち上げを行ってもらおう。そしてバス部を共用として、そこに複数の利用者のミッション部をドッキングする。

メリットは、従来よりも低コストで宇宙利用に参入でき、また利用者がミッション部開発に専念できることである。しかし、主な課題としてドッキング技術の向上が求められる。



Sチーム最終発表会



Uチーム最終発表会



質疑応答（教員からの質問）



質疑応答（質問への回答）

### (3) かかみがはら航空宇宙博物館見学

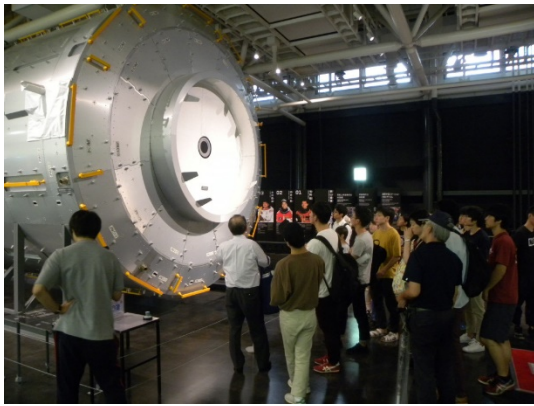
宇宙機器実物大モデルを体感することにより、受講生が講義群での内容をより身近に感じてもらうことを目的として、かかみがはら航空宇宙博物館において、宇宙ステーションモジュールおよび超小型衛星の実物模型等を見学した。さらに施設内にて、開発関係者によるミニ講義を実施した。

実物大モデルを身近に見て、多くの活発な質問があり、通常では説明が困難な事柄でも、実物を見ながら口頭で説明したため、受講生は深く理解が得られたのではないかと考えている。

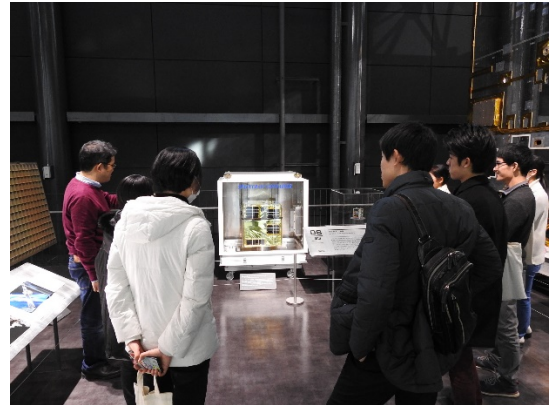
また、博物館にご協力をいただき、短時間で効率的に見学し、日本及び世界の宇宙開発に関する映画、および地元の産業が宇宙開発に寄与している映画を鑑賞することができた。

実物を実際に見学することにより、参加した多くの受講生からその開発の素晴らしさとこれからの宇宙開発に希望を持って携わっていきたいとの感想を得ることができた。





日本実験モジュールのミニ講義



ChubuSat（名古屋大学）のミニ講義



日本実験モジュール前での集合写真



かかみがはら航空博物館前集合写真

#### (4) 宇宙開発実験室見学

受講生の理解を深めるため、超小型衛星（キューブサット）の実際の開発環境を対象に見学会を行った。このキューブサットは大学院生の教育と研究を目的として進めており、教育・研究との関連から開発中のキューブサット・ミッションの概要を説明した。さらにキューブサットの電気モデル、構造モデルを示すと共に、開発における試験の実施方法など、クリーンブースなどの開発環境や実際の作業内容などを説明した。見学会で超小型衛星のサイズ感や搭載部品、クリーンブースを始めとした開発環境などを実際に見て触れることで(5)の講義の理解の定着を図った。見学会後半の質疑応答では昼休み時間に入っても活発な意見交換がなされ、受講生のより深い理解と興味が得られたと考えている。



宇宙開発実験室見学 I



宇宙開発実験室見学 II

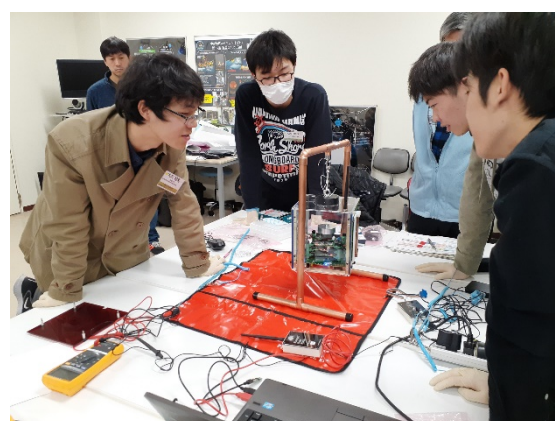
その他、衛星通信実習後にリーディングプログラムで所有する宇宙環境試験設備の見学と紹介も行った。主に上級コースの実習で使用する熱真空試験設備と振動試験設備である。ChubuSat-2 衛星に搭載した放射線センサのエンジニアリングモデルの紹介や、振動試験設備では実際にロケットの振動を体感してもらうことも行い、上級コースへの関心を高めた。

#### (5) 小型衛星キット実習/衛星通信実習

超小型衛星キットを用いてサブシステムの基礎（構成、機能）を体感することで、超小型衛星に関する幅広い知識や技術を修得するため、演習を実施した。超小型衛星の組立方法も実践した。

また、本実習は、衛星通信実習は、実際に飛翔している人工衛星からのデータを受信し、どのようなデータがどのような方法で取得できるかを理解することを目的とした。

今回は、気象衛星 NOAA が日本上空を約 10 分間程度の間に通過する際の電波を受信するため、理学部の屋上にあがり、簡易なアンテナと受信機とパソコンを使って、衛星電波をとらえ日本付近の雲の状態の画像を取得した。これにより、地球周回衛星の軌道やデータのダウンリンクなどを実感することができたと思われる。



小型衛星キット実習（第2回基礎コース） 小型衛星キット実習（第3回基礎コース）



屋上で衛星通信実習



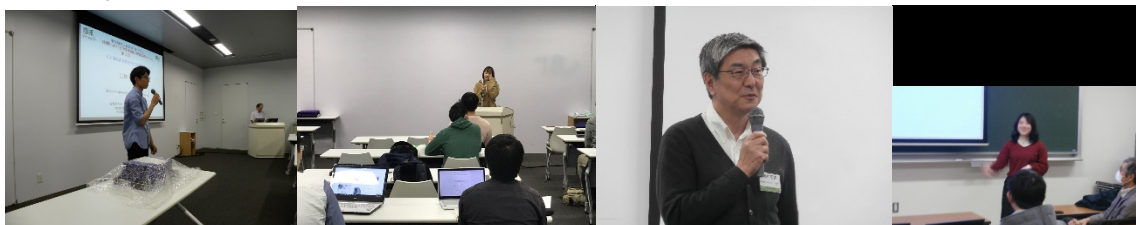
取り込んだ衛星データに見入る受講生



## 修了式

第2回基礎コースでは、最終日の9月6日に修了式を実施し、全科目を履修し合格した受講生に修了証書を授与した。また、受講生が本コースに対する感想、意見を発表した。さらに、アンケート調査も実施した。

第3回基礎コースでも最終日の2月26日に同様に修了式およびアンケート調査を実施した。



本コースに対する感想、意見スピーチ（修了式）



修了式及び修了証書授与



第2回基礎コース修了者集合写真



第3回基礎コース修了者集合写真

## 上級コース実施内容

### オリエンテーション

4週間コースのオリエンテーションでは、基礎コース及び上級コースの違いや関係を説明した。

### 講義

#### (1) リモートセンシングデータ解析講義

本講義は、リモートセンシングデータ解析演習の導入となるもので、衛星リモートセンシングの概要にはじまり、特に講師の専門とする海洋リモートセンシングについて述べ、JAXAの衛星データを紹介し、どのように衛星データが得られるか、解析できるかということについて紹介した。

衛星リモートセンシングの概要では、衛星での空間・時間分解能や観測する波長によっても長所短所があり、地上観測やモデルと合わせて取り組んでいることや、人工衛星の軌道や小型・大型衛星の利点を組み合わせることで多角的に理解しようとしていることが述べられた。海洋では、可視・赤外、マイクロ波などで海面高度、温度、海流、塩分プランクトンなどが人工衛星で監視されている。海面高度が年々増加していることや、北極海の氷が年々少なくなっていることなどを紹介した。また、JAXAの衛星しきさいやひまわりのセンサデータについて、WEBサイトを

示しながら、どのような波長・分解能・形式で得られているかを紹介した。WEBサイトで簡単な解析ができるツールはあるものの、より発展的にはPythonを使用してデータ解析が行われていることも示した。最後に講義の中でアンケートをとり、演習で受講生が取り組みたいリモートセンシングのテーマを決定し、3つにグループ分けした。



リモートセンシングデータ解析講義

#### (2) ビジネスが拓く新たな市場

「宇宙ビジネスが拓く新たな市場」のタイトルで、国内外の民間宇宙ビジネスの現状と今後の展望について紹介するとともに、宇宙開発や利用が持続可能な開発目標(SDGs)の17の目標にいかに関与しているかを説明した。

商業宇宙開発や利用の進展にともない、現在、宇宙経済圏は低軌道から深宇宙へと広がろうとしている。小型衛星の多数コンステレーションにより製造革命や規模の経済が宇宙産業に持ち込まれ、衛星で取得する宇宙ベースの情報利用はさまざま

なデータと結びついて新たな価値を生み、宇宙を利用したプロダクトやサービスは宇宙産業市場を創出・拡大している。さらに、宇宙 3D プリンティングで宇宙製造や軌道上組み立てが始まり、月や小惑星における宇宙資源利用や経済開発、有人火星探査まで拓かれようとしている。世界の宇宙産業の売り上げは 2007 年の 17 兆円から、現在は 2 倍以上の 40 兆円になり、2040 年代には 300 兆円を越えると展望されている。

15 年あまりの宇宙商業化の中で生まれた数々の宇宙ベンチャーは世界で 1500 社を超え、2030 年には 1 万社を超えるという予測もある。宇宙ベンチャーは、米国や欧州のみならず、宇宙新興国にも広がってきた。米国をはじめ世界における商業宇宙の新潮流の中、日本でも新たなビジネスモデルによる市場の開拓が促進されている。日本には現在 50 社以上の宇宙ベンチャー企業があり、ロケットや小型衛星から月面輸送やエンターテインメントにいたるまで宇宙機器産業から宇宙利用・サービス産業まで事業領域はさまざまであり、資金調達においては 100 億円を超える資金を調達する企業が複数出ている。また、ソニーやキャノン、ANA や JAL、トヨタなどの異業種企業の宇宙参入も活発であり、さらに従来の大手宇宙企業も政府以外の新たな市場を獲得するための取組みを始めるなど多彩な展開が加速している。

宇宙開発はもともと資源の枯渇、人口爆発、食糧不足、環境破壊など地球の問題を解決するために始まり、これまでは各国の政府が地球の問題解決に貢献してきた。今後は民間の宇宙ビジネスによる貢献も期待されている。



宇宙ビジネスが拓く新たな市場



講師との活発な意見交換会

### (3) 熱真空試験/振動試験講義

この講義では、熱真空試験実習や振動試験実習を行う上で重要となる知識を座学で導入として与え、実習をスムーズに進めることを目標とした。まずは冷暗黒・放射線・原子状酸素・ロケット振動衝撃など宇宙環境の特有の厳しさを述べ、衛星打ち上げに向けてどのように開発を進めていくかを説明し、衛星試験の中で熱真空試験と振動試験が最もトラブルが多い重要な試験であることを強調した。続いて振動試験に移り、まずは目的について触れた後、ロケットのもつ固有振動数をさけるため、衛星やコンポーネントは剛性要求を満たす必要があること、また、ロケット振動や衝撃、準静的加速度による荷重を模擬するための、正弦波振動、ランダム振動、サインバースト試験を突破する必要があることを述べた。その試験手法について H-IIA ロケットやイプシロンロケットの具体例を出しながら、実験システムやパワースペクトルなどとともに解説した。3 つ目に、熱真空試験について述べた。宇

宙では熱伝達の3要素（伝導、対流、輻射）のうち、対流が効かず、排熱は、衛星内を伝導で運んだ後、宇宙空間に向けて輻射で行うことしかないと述べ、受動素子ではその表面状態によって大きく温度が異なることや熱デバイスとして、ラジエータ、ヒートパイプやMLI(多層断熱材)などが使用されることを説明した。その後、熱真空試験の目的や進め方、その大変さ、熱設計の方針についてChubuSat衛星の開発経験とともにふれた。最後に1時間後にはじまる実習の内容やグループ分けを含む進め方を説明した。

#### (4) 国際宇宙法の最前線（オンライン講義）

本講義は、「国際宇宙法の最前線」と題して、現在、国際宇宙法で最も注目されている宇宙資源採掘およびスペースデブリ積極的除去ビジネスについての国際法上の問題点を扱った。

天体の土地を国家が領有することや私人が所有することは、宇宙条約2条により禁止されているが、宇宙資源自体の採掘について、すべての宇宙活動国が批准している宇宙条約には規定がない。そこで、禁止されていないことは自由という解釈に基づき、米国やルクセンブルクは国内法で私人の宇宙資源所有を認めた。他方、国際法が規定しないことは国際社会で行為規範を作り上げなければならないと考える西欧諸国や途上国もあり、両者の対立を解消するために2017年以降、国連宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）法律小委員会での議論が開始された。本講義では、宇宙条約や月協定の解釈、COPUOS法小委での議論、地球上の類似の制度としての深海底の開発制度などを説明し、対立するそれぞれの立場の論理構成について説明した。受講生からは、衛星の運航による一定の軌道位置の長期の占有は事実上の所有とならないのか、科学探査による資源採取と地球への持ち帰りは、合法なのかという点など、条約解釈についての興味深い質問がなされた。前者については、排他的使用权と所有の相違、後者については、批准数は少ないが、COPUOSで全会一致採択された月協定の規定から、科学探査には適量の試料採取と所有が認められている点などを説明した。

2つめの主題としてのスペースデブリについては、その急激な増加が安全で長期的に持続可能な宇宙活動に対して最大の脅威であることから、軌道上にあるデブリを除去するビジネスが実験段階にある。企業間でデブリ除去契約を結ぶ場合には、衛星に管轄権を行使する登録国の同意が必要であるが、未登録衛星が3割程度あり、必ずしもその条件を満たせないこと、また、複数ある打上げ国が除去失敗の賠償につき連帯責任を負うが、必ずしも打上げ国が明らかでない場合があることなど、衛星運用についての条約上の問題点とそれを乗り越えるために契約に盛り込むべき事項等について説明した。受講生からは、デブリの始期、同意なきデブリ除去が合法とされる場合、デブリ除去の失敗からの多数の衛星衝突の連鎖反応により大事故になった場合の賠償問題など、興味深い質問があり、それぞれについて回答した。

本講義は、新型コロナウイルスの影響で急遽オンライン講義に変更にした。オンライン講義としたため、受講生にレポートの提出を課して、履修達成度を確認した。



#### (5) 国際宇宙プロジェクト管理・システムズエンジニアリング（オンライン講義）

近年の宇宙開発での衛星利用では、これまでになく多くの人が興味を持ち、超小型衛星のコンステレーション計画等の検討がされており、次世代社会への活用が望まれている。また、月面周回ステーション、月面基地計画、火星探査等の国際宇宙開発プロジェクトも検討されている。衛星利用及び宇宙開発計画では、国際化は必然のことになってくる。このような背景をもとに、本講義を実施した。

本講義は、「国際宇宙プロジェクト管理・システムズエンジニアリング」と題して国際宇宙プロジェクトの開発とともに進められてきたプロジェクト管理・システムズエンジニアリングについて、理系・文系を問わず理解できるように紹介するとともに、宇宙プロジェクトのみならず、多分野の多くのプロジェクトに考え方が応用できることを理解させることを目的とした。これまでの本講義課題に対して、理解の難しさ、適用によるコスト・ロードの増加があると懸念されていた傾向がある。しかし、考え方の知識を得て、適切な適用の仕方を見直す動きが近年のあらゆる業種において取り組まれており、また研究課題としても進められている状況である。これらの背景を考慮して、これまでの国際宇宙プロジェクトにおけるプロジェクト管理・システムズエンジニアリングを紹介した。プロジェクトエンジニアリングの考え方、重要性を紐解き、定義、必要性、手法、ツール等のプロジェクト実施に際して必要最小限の知識を紹介する。履修生は、各自 PERT というプロジェクト完了までの最適計画設定及びクリティカルパスを見つける手法を実践演習として行った。ガントチャート、リスク管理、技術成熟度評価、プロジェクトを成功させるには等の内容を講師の実務経験から理解できるように紹介した。

システムズエンジニアリングでは、プロジェクトを実際に具体的に実行していく上での考え方、手法を紹介した。これらの考え方は、宇宙プロジェクトだけでなく、履修生の現在、将来の研究、業務等にいかされるものとする。受講生からのレポートでは、「演習は良かった。もっと他の演習もして欲しい」という意見があった。また、本講義の内容は、履修生の「これからの研究、業務、人生で適用したい」との意見が多くあり、本講義の意図を理解しており、成果があったと考える。

本講義は、新型コロナウイルスの影響で急遽オンライン講義に変更にした。オンライン講義としたため、受講生にレポートの提出を課して、履修達成度を確認した。

### 実習・演習

#### (1) リモートセンシングデータ解析演習

リモートセンシングデータ解析講義で得た知識、手法を基に3グループに分かれて解析したいデータを提案し、衛星からのデータを用いて提案に結び付くようにPythonやOpen CV等の解析ツールを用いて解析演習を実施する。解析演習が身につきように演習時間を多くとって実施し、修了式の前に各グループのリモートセンシング解析演習結果を発表した。発表に対し、専門の分野の方からのコメントをいただいた。受講生は、各グループの中で積極的に役割を果たしており、データ解析の手法を修得したものとする。

以下に各グループの成果を示す。

・A班(4名): 地域の使える水の量の算出

ため池の数のカウントと水柱補正の適用の検討を行った。ため池の表面積の取得は、センチネル2を用いたNDWI画像の生成、ランドサット8を用いたNDWI画像の生成を行った。NDWI画像から水域だけを抽出しピクセル数からため池表面積を算出し、両画像からの結果を比較した。ランドサットとセンチネルのデータによるNDWI処理後の画像比較での誤差は約7.57%だった。NDWI画像では、太陽光とかアスファルトも一緒に反応していると考えられる。今後の展望としては、水深データを取り込むことにより、地域の季節ごとの総水量から水資源の最適化提案ができると考える。

・B班(4名): Beauty with Satellite

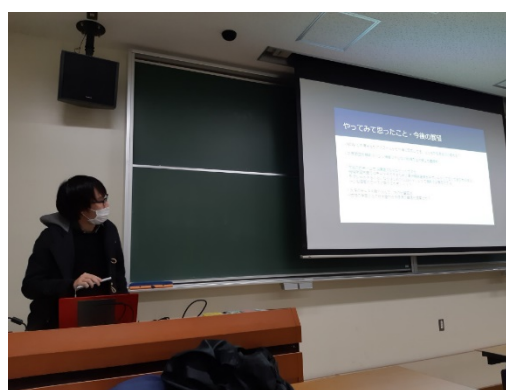
日常生活において、清潔感はかなり重視される。その清潔感を維持するために肌に着目している事例はあるが、髪に着目した事例はない。そこで、髪への影響として湿度、紫外線などを定量評価した評価指数(HBI: Hair-Beauty-Index)を算出し、その指数から髪ケアに有効な手法を提案する。衛星データを用いることにより、日本あるいは世界の広い地域をカバーできる。電波レーダーなどの地上観測と衛星観測を組み合わせることにより、雲やエアロゾルなどの三次元的構造の解明できる。気象データの動的現象の全体像を把握できる。評価指数は、湿度、風速、エアロゾルの量、紫外線強度から設定する。HBI指数は5段階評価指数とする。実際の衛星データ(札幌市付近の2017年冬)用いてHBI指数を算出した。その結果、1月は指数1、11月は3、12月は1となった(指数が高い程髪への負担が大きい)。今後の展望及び応用範囲としては、指数の段階に応じた対策手法の提案、大気モデル等を組み込んだ予報、世界の途上国の健康意識の向上への寄与、ビジネスへの展開も可能である。

・C班(6名): オーストラリアで発生した大規模森林火災の被害を衛星データで分析

2019年9月からオーストラリアで大規模な森林火災が発生した。被害の範囲が広すぎることから地上だけで分析するのは困難であるため、地球観測衛星のデータを利用し被害状況を把握した。焼失面積の分析、生体系への影響、大気への影響を分析した。解析ツールはPython, Open CVを使用した。森林焼失面積は、オーストラリア全土で約25万km<sup>2</sup>、ニューサウスウェールズ州で約6万km<sup>2</sup>前後であった。犠牲になった動物数は、オーストラリア全土で約42億匹、ニューサウスウェールズ州で約10億匹、大気への影響として、火災によりエアロゾルの濃度が上がった。演習を通して、欲しい衛星データを探すのに苦労したため、細分化されたニーズに対応した小型衛星の量産の必要性をあると考える。また、高精度の小型SAR衛星が開発されれば、より解析制度の高い分析ができると考える。



各グループでの解析演習



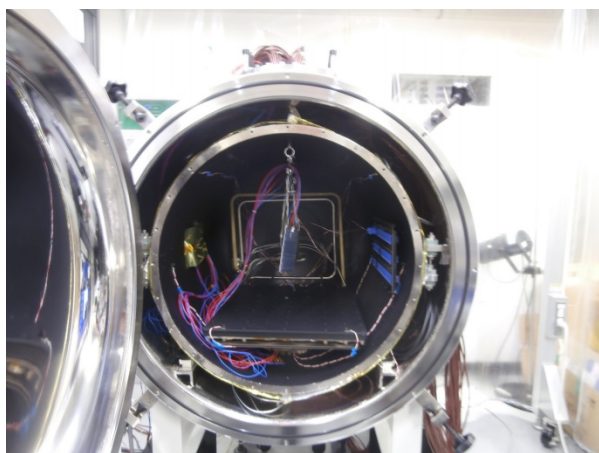
リモートセンシング解析演習

## (2) 熱真空試験実習・振動試験実習

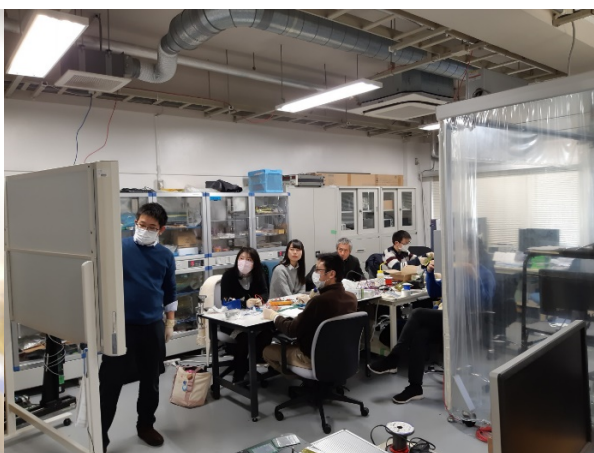
この試験実習では、1度に参加できる受講生の数に制限があるため、受講生を2グループ(各グループ7,8名)に分け、1回の実習を2日間4コマとして、2回で計4日間8コマを行い、どちらのグループも熱真空試験と振動試験を実習できるようにした。新型コロナウイルス感染拡大に対応するため、カリキュラムを変更したが、前倒し及び集中的に実施することにより、当初の計画を満足する内容で実施できた。この上級コースでの実習には宇宙開発利用に深く関わりたいと要望する社会人及び学生の参加があった。特に、熱真空・振動試験講義と実習だけに参加する企業からの参加者が多数みられた。

### (2)-1 熱真空試験

本プログラムでは、宇宙機熱設計および検証試験の特性を実感・理解することを目的とし、宇宙機熱設計の特徴である輻射に焦点をあて、受講生が主体的に試験を行うプログラムを提供した。内容は名古屋大学が所有する熱真空試験装置を用いた、特性の異なる複数の熱制御材の熱光学特性評価試験である。加えて、座学よりも詳細に、宇宙空間での熱伝達特性、熱設計方針および最新の熱制御材料の紹介を行った。熱光学特性評価試験では、3種類(銀蒸着テフロン、アルミ、MLI)のサンプルを受講生に作成してもらった後、真空チャンバー内にセットアップした。十分にシュラウド(サンプル周囲の空間)が冷却された後で、既知の熱量をヒーターで加え、輻射で冷却すると両者がバランスして平衡に達した温度を熱電対で測定することにより、全半球放射率を測定した(カロリメータ法)。さらに、名古屋大学が所有するポータブル測定器による垂直放射率および太陽光吸収率測定もあわせて実施し、結果について議論した。新型コロナウイルス感染症拡大の影響によるキャンセルなどもあり、最終的な受講生は15人であった。事後の受講生アンケートでは、細かい指摘点はあるものの、全受講生が有意義な講習だったと回答した。



熱真空チャンバーにセットされたサンプル



試験内容についての説明

## (2)-2 振動試験実習

本実習では、SOLID WORKS を用いた有限要素法による単純はりなどの固有振動数の計算と名古屋大学が所有する振動試験機を用いて振動試験手法について学ぶことを主眼として行った。固有振動数計算では、単純はり構造をアルミ合金で再現し、固有振動数を計算した後に、その実物の振動試験を行い、固有値が一致するかどうかを確認した。また、途中でネジ止めしてあるものも振動試験機にかけて、ネジで止めることで剛性が弱くなり、固有振動数が低くなることもシミュレーションと実験から確認できた。2 日目は 1U キューブサットと同様な形状の衛星モデルを用いて、振動試験を行った。まずは CAD データを与えて、SOLID WORKS で固有振動数を確認した後で、衛星を簡易的に組み立ててもらい、振動試験を行った。振動試験については、正弦波振動やランダム振動といった重要な試験を、実際に超小型衛星が搭載されるであろう H-IIA やイプシロンロケットと同じ振動レベルを体感しながら行った。一通りの試験を知ることができて、有意義だったという意見があった。



振動試験を見守る受講生



固有値計算の結果について解説

## 修了式

第 1 回上級コースを大学内で実施する最終日である 3 月 6 日に修了式を実施した。この時点では、2 つの講義を未実施であったが、他の全科目を履修、合格し、次週のオンライン講義を履修予定の受講生に修了証書を授与した。(修了証書を授与した受講生は、全員オンライン講義を履修して合格した。)





第1回上級コース修了者集合写真

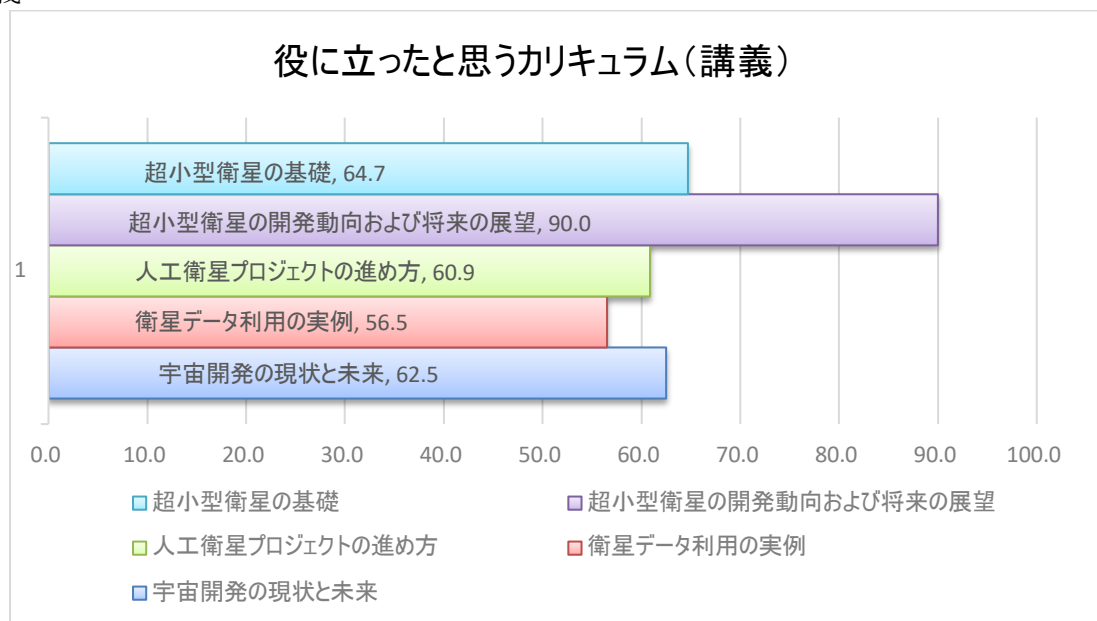
## アンケート集計結果

### 第2回基礎コース

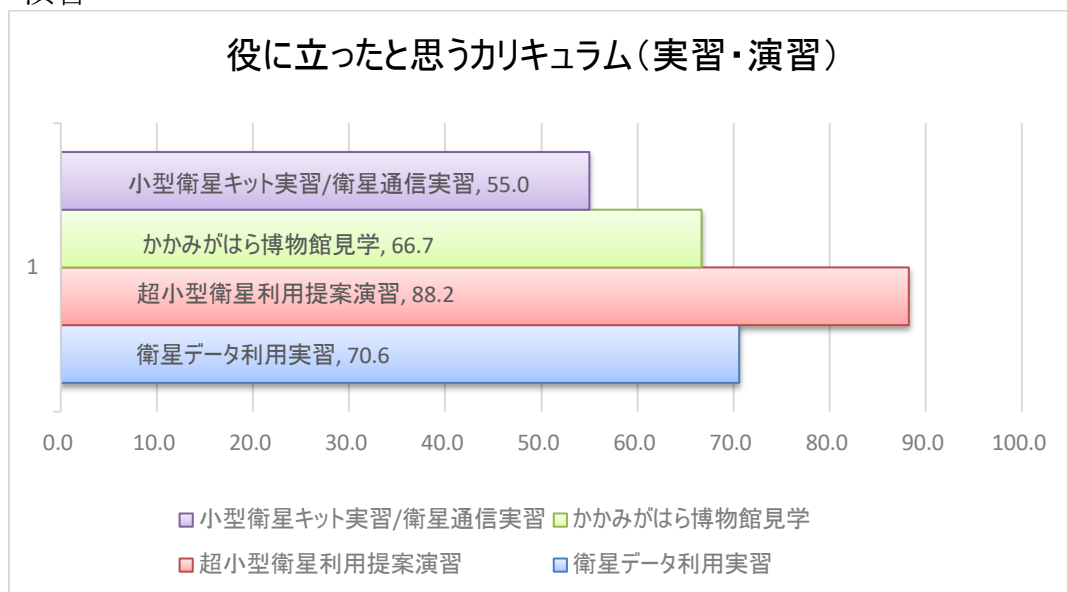
アンケートはコースの最終日に実施し、部分参加者を含む 23 名 (27 名参加) から回答を得た。

1. 受講してみて役に立ったと思うカリキュラム（複数回答可）  
講義実習ごとに、全参加者に対する役にたったと思う参加者の割合を%で表示。

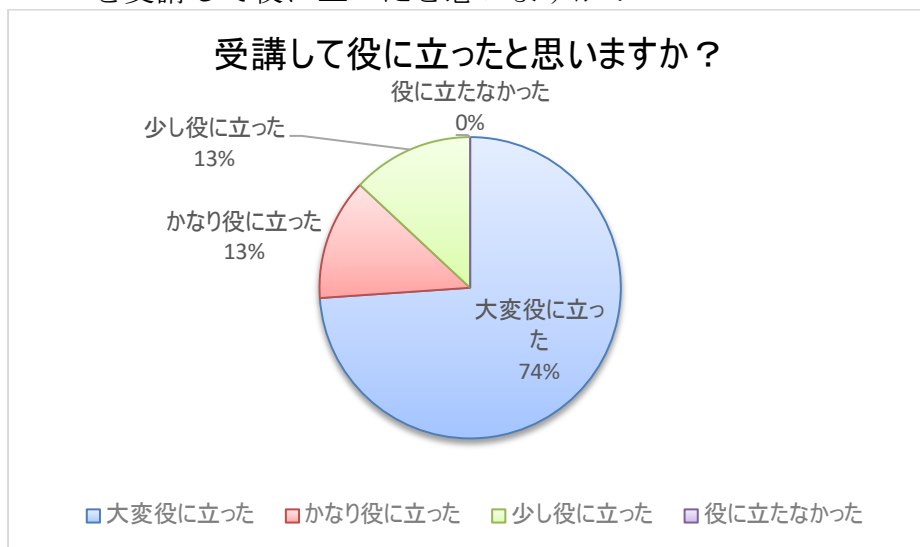
#### 講義



#### 実習・演習



2 週間基礎コースを受講して役に立ったと思いますか？



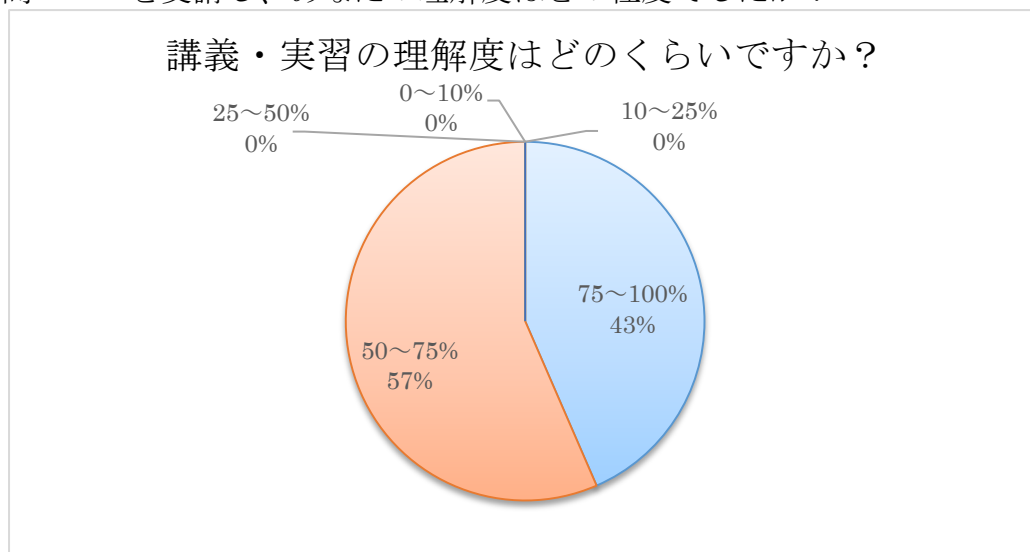
選択した理由

- 自分の知らない知識、経験を得られた。
- 同じように、宇宙に興味をもち、ある程度の知識を持った人達と意見を交わすいい機会となったから
- 流れを理解することができたため
- 自分の知らなかったことをたくさん知れたため。
- こう言ったセミナーは学校生活だけでは受けることが出来ず、グループ活動を二週間本格的に行う機会も少ないので、私に取っては楽しい学びに溢れた 2 週間でした。
- 自分たちでミッションのアイデアを出して、実現するためにはどうすれば良いかを現実レベルに落とし込むというプロセスを、短いながらも経験できたのは非常に意義深かったです。また、チームでの取り組みだったので、たくさんのアイデアから選んだり、物事を進めることが難しく感じたりしたところもありましたが、チームで取り組むことでより深められるなど感じました。個人的に最も勉強になった実践的な講義でした。
- 航空宇宙工学を専攻しておりますが、受講した講義はどれも衛星開発に必要なエッセンスが盛り込まれているとともに、最新の話題なども盛り込まれており、新しい知識の習得、及び学び直しにも大変有用でした。
- 衛星データ利用はもちろんですが、その他にプロジェクトの進め方について学ぶことができたのがとても有意義だったので、「大変役に立った」を選択しました。
- 現在の宇宙産業、また未来の宇宙産業の動きについて深い知識を得ることができたから。
- 自分の知りたかったこと以外にも多くの発見や課題が見つかったから。普段はどうやって人工衛星を作るかということを考えているが、今回はどう使うかという普段とは違う観点から人工衛星について考えたので、今後に役立てていきたいです。
- 全体的に、普段過ごしているだけではできない知識を得られたからです。また、演習ではグループで協力して取り組んでいくなど、貴重な体験ができた

と感じられたからです。

- 私は将来宇宙開発の分野で活躍したいと考えているため、衛星開発・利用の現状を知ることと体験することは重要であると考えている。本コースではそれがほぼ達成できたため上記を選択した。
- 他では聞けないような宇宙開発に関するお話を伺えました。
- 民間による宇宙利用の現状と展望がかなり具体的に知ることができ、今後自分がどうするかを考えるのにとっても有益であると感じたからです。
- 講義しか受講出来なかったが、人工衛星についての基本知識を得られた。また実物の小型人工衛星を見ることが出来て嬉しかったから。
- 自分が途中からついていけなくなりました。
- 新しい事を学べた
- 仕事には関わらない分野のため役に立つわけではないが、興味の範囲が広がり、知識欲が満たされました。
- 部分的な履修であったことと、実践部分にタッチできなかった為
- 講義と実習により、宇宙において将来どんなことが期待されているのか、自分がどのような人材になればいいのかのイメージがつかめた。  
超小型人工衛星だけでなく、衛星全般の技術なども教えてくださり、それによって超小型衛星の技術と何が違うかが大変理解できた。
- 今まで全くの無知だった宇宙産業について知る取掛かりができたからアカデミックの題材で企画プレゼンできたため。

## 2. 2週間コースを受講し、あなたの理解度はどの程度でしたか？



### 選択した理由

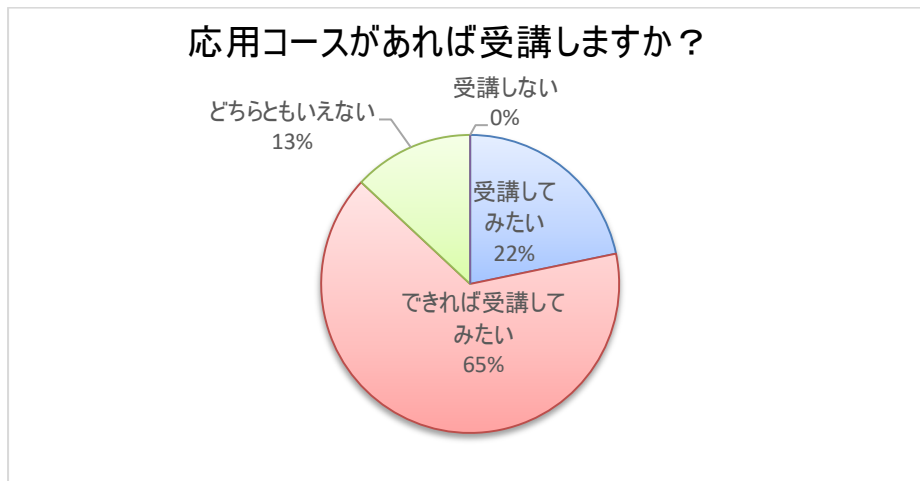
- 先生方の分かりやすい説明のおかげです。
- 専門の知識が多くまだまだ学ぶべきものが多いなと感じた。
- 完璧には理解しきれていないが、おおまかな流れは理解できた
- 私は元々人工衛星の詳細を知らずにこの講義を受けたため、100%理解したかと言われると私にとっては難しい部分があったのですが、前向きな姿勢で受けた為、私にとって十分な勉強になりました。
- まだまだ、衛星の様々なことについて、理解していないことが多いなと実感し



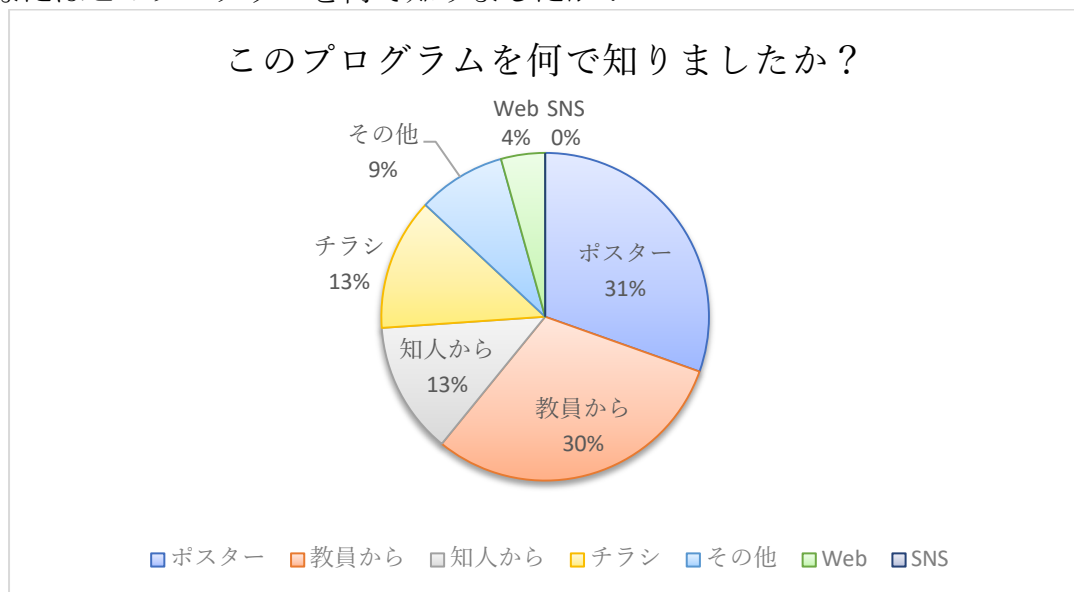
たからです。

- 超小型衛星の話題に要点を絞った内容であったことと、それぞれの講義が理解しやすいよう組み立てられていたため。
- 工学的な仕組みに関しては僕の勉強不足で理解できていない部分があったので選択しました
- 宇宙について無知の状態に参加したのですが、色々な人と話すことで新たな知見が加わったから。
- 短期間で非常に沢山の内容を学んだので、再度復習するまでは定着していないと思うから。
- どの講義もとても興味深い内容で、とても分かりやすかったです。
- 全体的に非常にわかりやすかったため、かなり理解できたと感じたからです。
- 各講義・実習、非専門家でもわかるように丁寧に説明していただき、質問にも丁寧に対応していただいたため。
- 講義だけでしたが、授業内容がわかりやすかったからです。
- 先生が生活に即した話に展開して講義をしてくださったので、分かりやすかったです。
- 自己判断であり、誰かと理解を確認出来る機会があったわけではない為
- 2週間という短い期間で本当に多くのものを学べた。しかし、広く分野を学んだため、広く濃い講義内容で復習がすごく大変だった。まだまだ知らない語句や知識があり、もっと深める必要があると思った。

3. 今後上級コースが来年2月頃に開催される予定ですが、受講してみたいと思いますか？



#### 4. あなたはこのプログラムを何で知りましたか？



#### 5. コースを通じて得た事柄、またご意見ご要望がありましたら、ご記入ください。

- 個人的にはもう少し発表準備時間があればと思いました。
- 理系の人にはかなり興味を引くもので、有意義だったが、文系の人にはかなり敷居が高いように感じた
- 非常にいい経験になりました、次回もぜひ参加したいです。ありがとうございました。
- 衛星に関する知識が深まった。
- 実際に宇宙開発に携わる先生方からの講義を受けることができ、感銘の一言に尽きます。このような機会を設けていただけて感謝しています。本当にありがとうございました。
- キットを使った演習は意義深かったです。
- 超小型衛星プロジェクトの進め方に対する考え方、宇宙利用の現状に関する内容が聞けたのは非常に良かったです。今後、衛星開発に取り組んでいる初心者向けの専門的な講義、実習なども提供して頂けると良いかと思いました。
- グループワークの進め方、伝わりやすいスライドの作り方を学ぶことができたのと、すごい熱量の方々と会っていい影響を受けることが出来たのが本当に良かったですと思います
- 本当にとっても満足しました。このような機会は大切だと思うので、これからも企画してほしいと思います。
- 本プログラムを通じて、私が一番学びたかったことは、人工衛星の観測データがどのように民間利用できるのか、ということである。この目的に関しては、概ね達成できたと考える。なぜならば、講義やプリントで様々な実用例を確認できたからだ。今後、これらの知識をもとに、更なるデータの利用法を考えたい。

次に、私が一番重要だと感じたことは、主体的にアイデアを出し合い、協力して問題を解決する姿勢である。超小型衛星提案演習では、アイデアから実現させるまでの一連の流れを通して、どのような問題が発生するか、どうすれば解決できるかを主体的に考える大切さを学んだ。特に、全員で意見を出し合うこ

とで、自分一人では解決できない課題を乗り越えたときは大きな達成感があった。

最後に、私が一番解決すべき課題だと感じたのは、人工衛星のビジネス化である。最終発表でも商業利用についてはどうしても解決できなかった。そのために、宇宙産業に一般人の関心が向かないのだろうと感じた。皆が宇宙に興味を示すようなアイデアについて、今後も検討していく必要があると思った。

- 様々な分野の人と交流出来てよかったと思います。ありがとうございました。
- 2週間という非常に短い期間でしたが、内容がぎゅっと詰まった濃密な時間となりました。今回この講座で得たマネジメント・技術両面を今後活かしていきたいと思います。ありがとうございました。

講座中に配られなかった資料や衛星通信実習でとれたデータ、また講座中に撮っていた写真(一部でも良いので)頂けたらと思います。

- 本コースはインプット(講義など)とアウトプット(実習)のバランスが絶妙であり素晴らしいと思う。講義で得た知識をもとに実際に、衛星データ利用や小型衛星の利用提案を通して自分たちで考えることで理解の定着や新たな気づきに繋がった。2週間という短い期間で効果を最大にできるようなコースだった。

要望は、小型衛星の利用提案のチームをもう少し少人数にしてほしいことです。私は9人のSチームに所属していましたが、大人数のチームには、以下のメリット、デメリットがあると感じました。私の感覚では、4~5人が最適かなと思いました。

<メリット>

- ・大きなチームでのリーダーシップ、フォロワーシップを学ぶことができる。
- ・マンパワーを活かした幅広い事項の検討が可能。

<デメリット>

- ・一人一人の責任感が低下しやすく、モチベーションの差が大きくなりやすい。

(リーダーシップをとる人間の課題でもありますが。)

- ・短い期間を考えると、チームで行ったことの全体像をチームメンバー全員と共有することが難しい。

- ・リーダーを経験する人数が少なくなる。

(我々のチームは、チーム全体を2つのサブグループにわけ、サブグループ長のようなリーダーを決めました。これが、思っていたよりうまく機能したので、次回からは大きなグループに助言するのもアリかもしれません。)

- 今回は全日程で参加することができなかったのですが、それでも多くのことを学ぶことができました。
- 今回は講義の受講と博物館見学だけでしたが、意義あるものが学べたと思います。民間が宇宙を利用することとなる背景と、民間が参入するさいの問題点、参入するための方法、そして将来予測を知ることができました。またほかの大学生や社会人、小学生との交流もわずかでしたがあり、とても有意義でした。
- 部分履修が可能なのはとても良かったです。
- もし、また座学だけでも受講できるなら、聴講したいです。よろしくお願いいたします。
- 関係者の方に継続したコンタクトをとることが許可されたら有難いです。

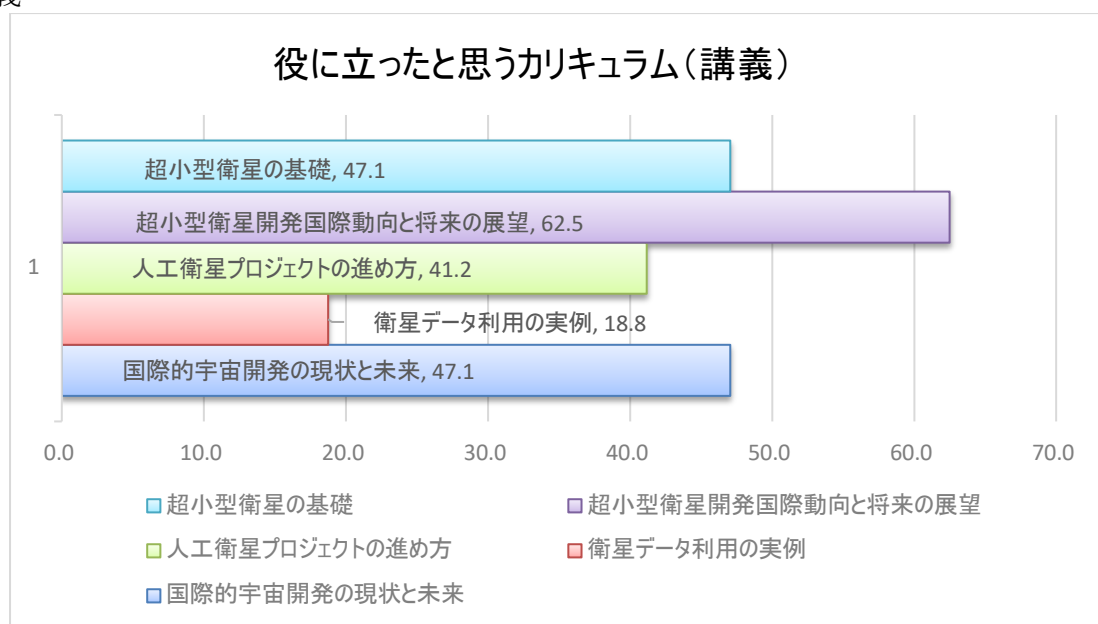
- 1つ、意見を言うのであれば、複数の講義で、小さい字や印刷の粗さがあり復習がし難い部分がありました。  
東京から参加しましたが、このプログラムは名古屋大学だったからこそここでしか体験できないものだと感じています。指導される方やメンター、事務の方に大変お世話になり、感謝しています。  
ありがとうございました。
- 衛星の技術がどこまで進んでいるか、現在どのような課題があるか
- 院生の田中さんをはじめ、優秀な方がたくさんいたように思った。そのような環境で活動・就労したいと心の底から思う、たいへん貴重な機会でした。

### 第3回基礎コース

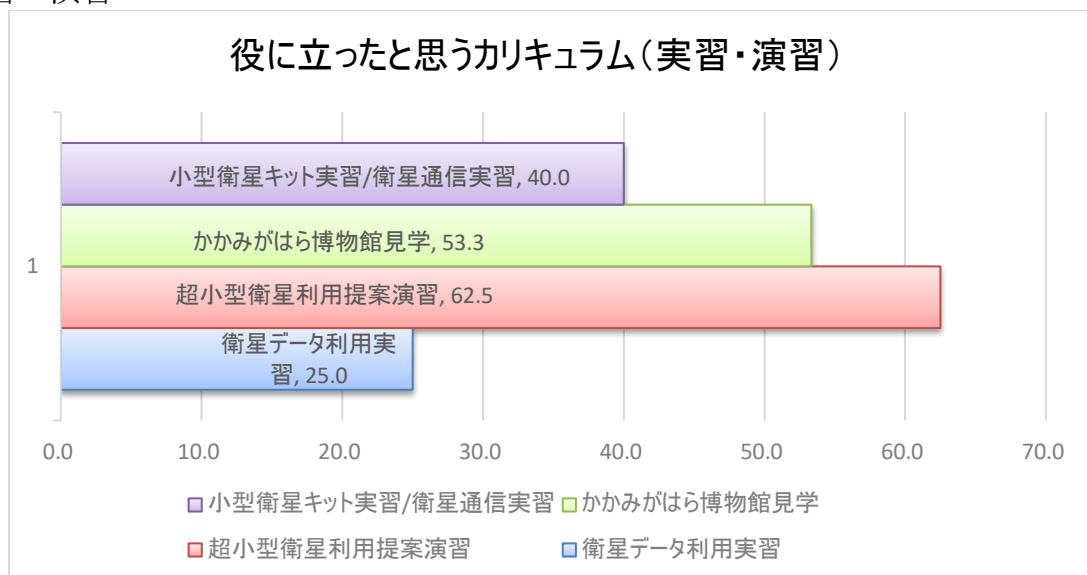
前回の結果を活かしてより正確に受講生の考えを把握できるようにアンケートの質問事項を改定して実施した。アンケートはコースの最終日に実施し、部分参加者を含む14名から回答を得た。

#### 1. 基礎コースを受講してみて、役に立ったと思うカリキュラム（複数回答可）

##### 講義



##### 実習・演習



##### 選択した理由

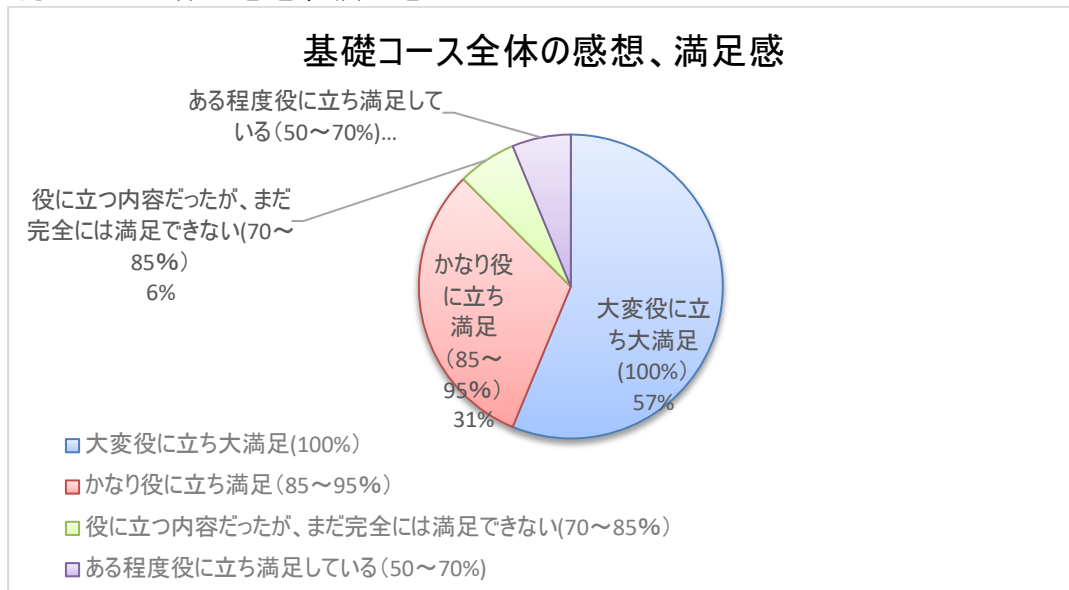
- 座学で終わることがなく、学んだことをその場でアイデアを出したり、自分で実際に試すことが出来ることばかりであった。座学だけでは、ここまでの理解は得られなかったと考えている。
- どのような人や組織がどのような考えを持って宇宙からの観測を試みた結果、



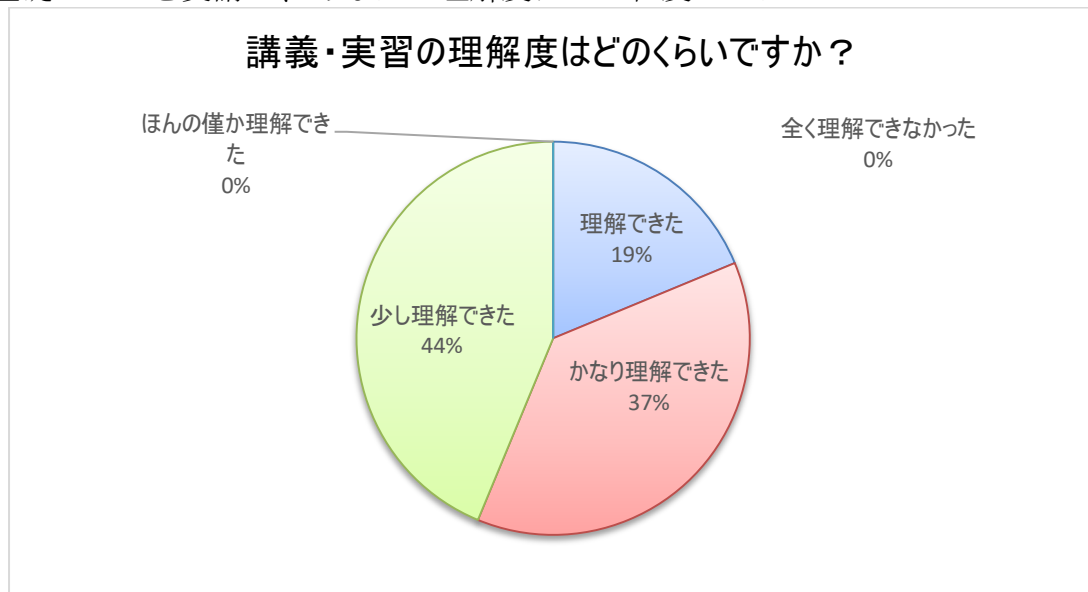
私が今までに学んできた知識を構築するためのデータが得られてきたのかが分かり、良い刺激となったから。

- 「人工衛星プロジェクトの進め方」や「超小型衛星利提案演習」を通してプロジェクトを進める上で重要になるチームワークについて学ぶことができた。「超小型衛星の基礎」や「超小型衛星の開発国際動向および将来の展望」を通して、小型衛星の基礎的知識や世界の宇宙ビジネスの状況を知ることができた。
- 背景知識 0 の僕でも分かりやすく宇宙開発の現状を知ることが出来た。
- 近年の小型衛星開発および利用の国際的な動向を詳しく知ることができたため。
- かなり細かいところまで真剣に衛星の利用方法についてグループで議論をすることができたから。
- 以前受講したときに、大変興味深く、もう一度最新動向を知りたいと思ったから。
- 国際的宇宙開発の現状を知りたいです。衛星データ利用の興味を持っています。
- 宇宙ビジネスや超小型衛星利用、ISS の構造と特徴など、色々なことを学べたため。
- 研究に応用できるため
- 今回は講義のみの参加だったが、どれも参考になった。
- 講師の質が高かった。駆け足だったにも関わらずわかりやすく、公開されていない情報も出し惜しみがなく情報の密度が高かった。

## 2. 基礎コース全体の感想、満足感



3. 基礎コースを受講し、あなたの理解度はどの程度でしたか？



選択した理由

A：理解できた

- 説明や資料が分かりやすかったから

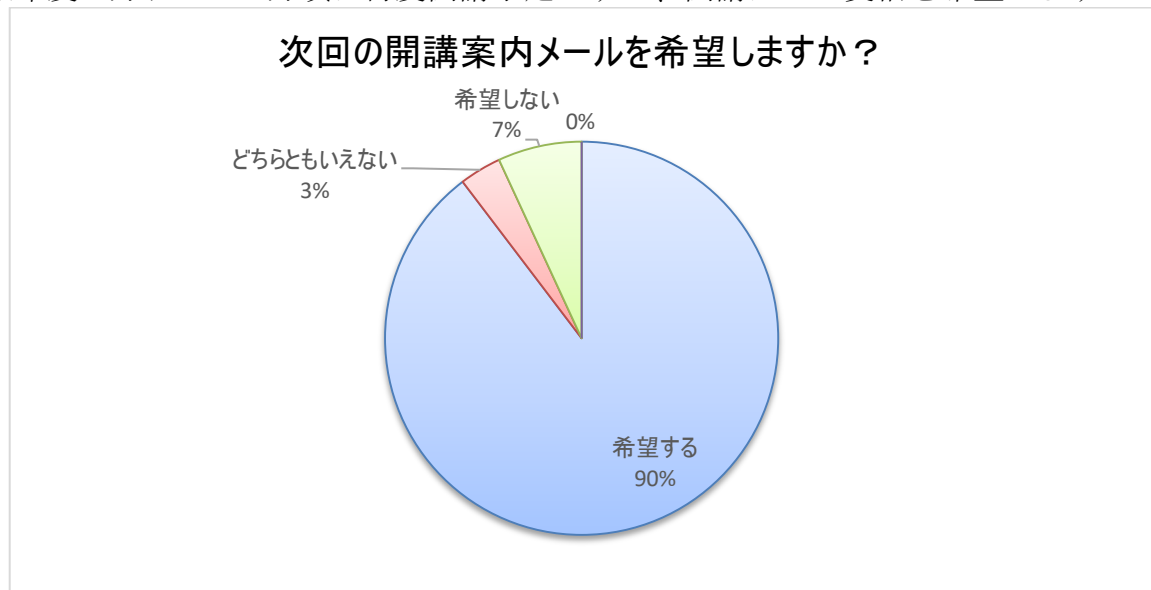
B：かなり理解できた

- 工学系の単語などの意味が分かりにくいところがあったが、概ね理解できた。
- 2度目の受講である程度理解している状況でお話を聞けたから。
- 講義と実習のバランスも良く、理解の進行に役立ったと思います。
- 講義だけでは追えなかった内容についても、レポート作成などを通して理解を深められたため。
- いままで感じていたことや疑問に思っていたことがクリアになった。

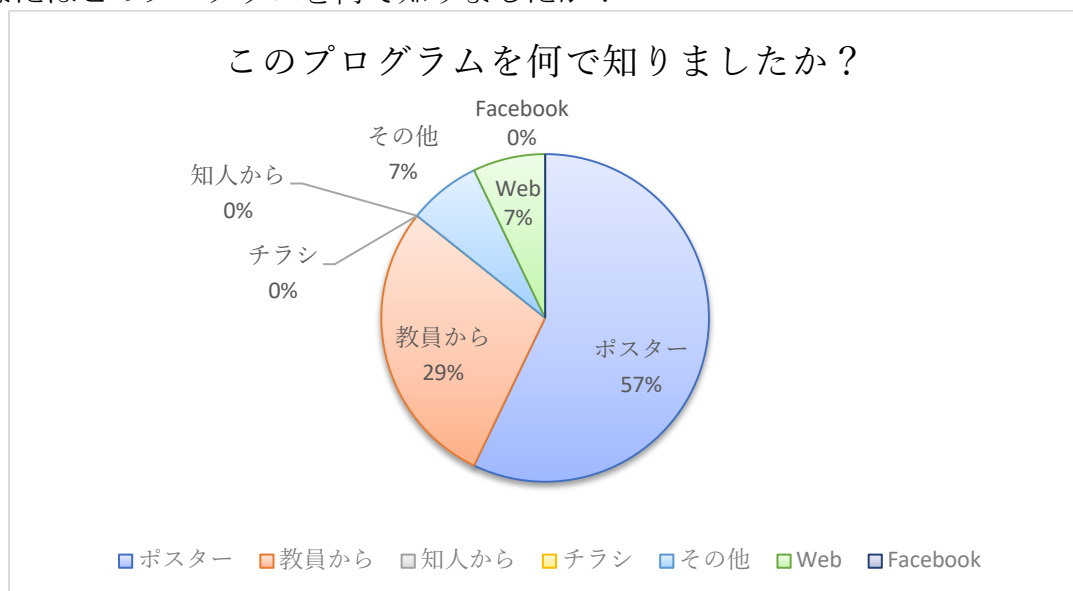
C：少し理解できた

- 中には前提知識がないと理解できないような講義も含まれていたから。
- 新しい単語を拾い集める作業をしている私がいいます。座学で学んだ宇宙ビジネスの現状も同様でした。全体像を把握できる様に私自身の知識を追い付かせたいと考えています。
- 実習には参加できなかったため。
- 全ての講義と実習を受講したわけでは無いため。演習に時間がもう少し欲しかった。

4. 来年度8月および2月頃に再度開講予定ですが、開講メール受信を希望しますか？



5. あなたはこのプログラムを何で知りましたか？



6. コースを通じて得た事柄、またご意見ご要望がありましたら、ご記入ください。

- 人工衛星について、全くと言っていいほど何も知らなかったが、基本的なことからビジネスへの応用まで幅広い知識を得られた。
- 大変ためになりました。
- 全く新しい教え方を体験した気持ちでいます。運営された方々に感謝の気持ちでいっぱいです。
- 宇宙開発、衛星データ利用の最先端状況、超小型衛星開発の将来性が分かりました。部分参加の方々も多く、グループのメンバーも変化しましたが、色々な方々の話が聞けて結果的には良かったと思いました。
- 新鮮で面白い講義（座学）や博物館見学を経験できて光栄でした。ありがとうございます。
- 衛星データの利用方法、および、データフォーマットについて大まかに理解す

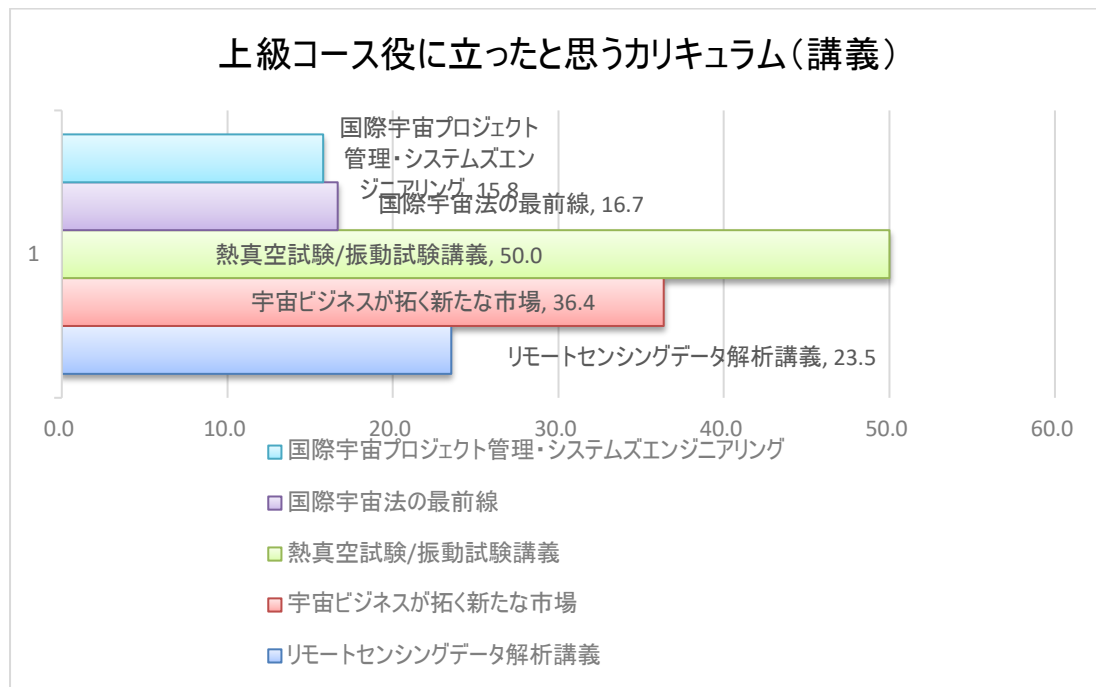
ることができた。

- すでに利用できる宇宙データがあることを今回初めて知りました。機会があれば使ってみたいと思います。組込みソフトウェアの RTOS や通信が専門なので実際の衛星ソフトウェアや制御アプリケーションに関する講義や演習があると嬉しいと感じました。

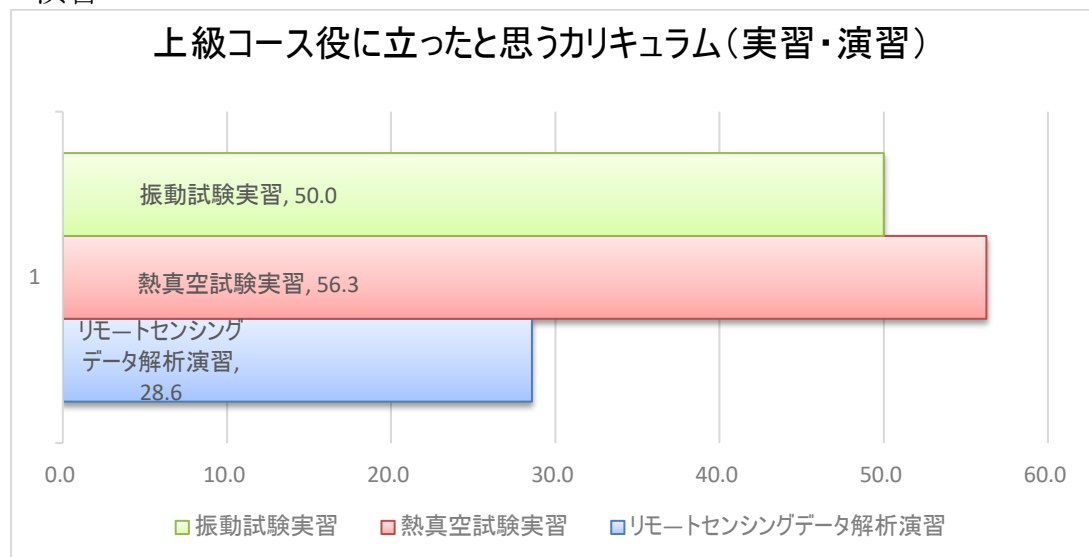
## 第1回上級コース

アンケートはコースの最終日に実施し、部分参加者を含む20名から回答を得た。

### 1. 上級コースを受講してみて、役に立ったと思うカリキュラム（複数回答可） 講義



### 実習・演習



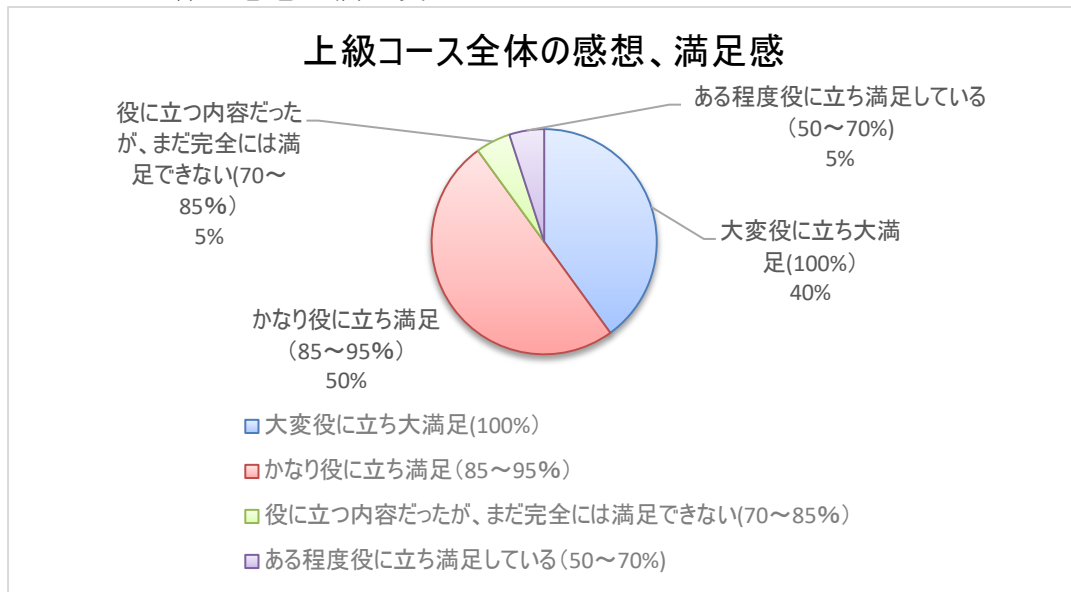
### 選択した理由

- 個人では収集・実行できない事ができたから。
- 理系的な視点ではなかなか話すことのない、ビジネスという視点の話を聞けて、とても有意義と感じたからです。その他は、普段学部での授業等では接することのない学びや機器に触れることができ、非常に良い学習ができたと感じたからです。

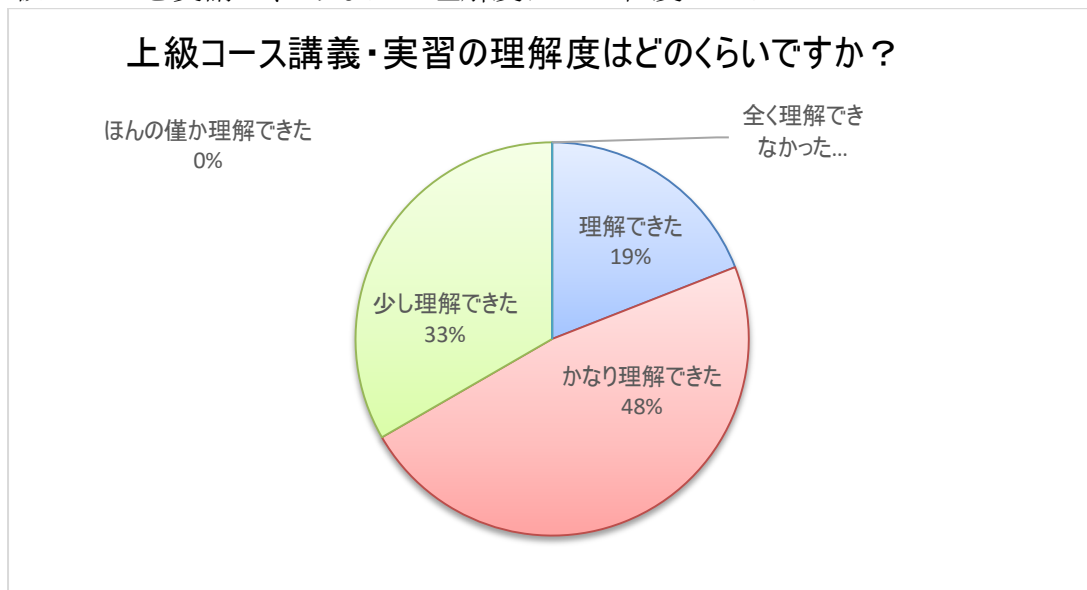


- 衛星データをどのように利用するのかを考えるきっかけになったため
- 受講して面白いと感じたため。
- 上記が受けた授業なのと、いずれも役立つ宇宙産業を考えるのに役立つ情報であったから。
- グループで議論をしてアウトプットを出すことができたから、普段は扱うことができないような機械を使って試験をすることができたから。
- Solidworks の振動試験のシミュレーションの仕方を学ぶことができたから。
- あれだけの設備で実習できる機会はなかなかないと思ったため。
- 衛星開発をする上で大切な実験をすることができたため。

## 2. 上級コース 全体の感想 満足度



## 3. 上級コースを受講し、あなたの理解度はどの程度でしたか？



選択した理由

A：理解できた

- 当然、熱真空に対して理解したわけではありませんが、概要・装置の特性についてはある程度把握できたと判断している為。

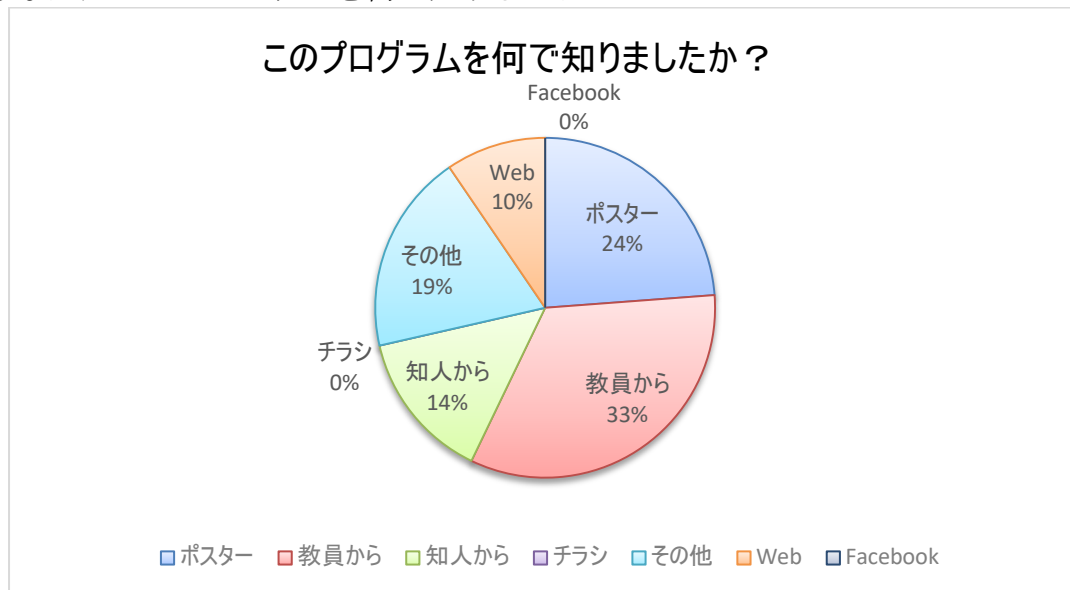
B：かなり理解できた

- データ解析は、時間内での理解が難しかった。それ以外は講義以上のことを理解できた。
- 授業がわかりやすく、ロジカルに説明されていたから。
- 法律や熱、振動について前提となっている知識がまだ足りてないように感じた。しっかり勉強していきたい。
- 実習が多くあったことがとてもよかったと思います。特に熱真空・振動試験は、どこでも見られるものではないので、とても楽しく学ばせていただきました。
- レポートを作成した後は、自分で分からないことを調べて理解が深まると同時に、宇宙ビジネスや宇宙法に関する自分の意見を述べられたため。
- 実際に実験を行うことで、理解度が進んだ。
- 衛星に求められる振動試験において、どのような仕様があり、確認すべき項目を理解することができた
- 事前に JAXA 文書を読み込んでいたが、実際に実施することで納得する部分が多かった。

C：少し理解できた

- 自分にまだまだ足りない知識が多かったため、短期間では理解しきれない部分も多かったと感じたからです。
- 上級コースと言うことで、専門的なことも多くなり、自分の知識ではまだよく分からないなと思うことが多かったため。
- ある程度理解できていたつもりだったが、今思い出そうとしても思い出せない部分も多いから。
- 自分の学習不足もあり、新しい知識が多かった。なんとかついて行けたと思う。
- 裾野が広く、奥が深いことが深いことが分かりました。まだまだこれからです。
- 演習する時間が少なかったため
- オンラインでの受講だとどうしても集中力が続かない。双方向性を実現するためのツール(sli.do など)を使うなど、工夫が必要。

4. あなたはこのプログラムを何で知りましたか？



5. コースを通じて得た事柄、またご意見ご要望がありましたら、ご記入ください。

- 可能なら放射線の試験をやってみたい。個人では出来ないため。
- 振動試験、熱真空試験の実学的な知見を得られたのは大きかった。次回以降も続けて欲しい。
- 普段講義ではできないような演習や実験などに触れられ、非常にためになりました。
- 熱試験や振動試験など、より具体的なことを学べて面白かった。
- 今回のコースでは衛星データの利用というところがメインとなっていたと思います。私は衛星開発を軸に活動してきたため、これまで触れていなかった部分に触れ、体験することができ、宇宙開発における新たな一面を知ることができました。

将来はやはり衛星開発をしたいと思っていますが、衛星がとってきたデータがどのように使われるか知れたことで、より一層衛星開発の意義を理解できたと感じております。

- この度はこのような機会を設けていただき、貴重な体験お話をいただけたこと、誠にありがとうございました。現在開発中の衛星について、ご相談させていただきたいと思っておりますので、その際は何卒よろしくお願いいたします。2週間、本当にありがとうございました。
- 一口に人工衛星とは言っても、衛星データの利用から、実際の衛星製作、資金調達などの市場動向や法律など知るべきこと、やることは幅広いが、今回の講義ではそれぞれについて広くやっていただいたことが非常に良かった。今回学んだことだけで第一線で活躍することは難しいと思うが、学んだどの分野もこれから自習していく足掛かりとして重要な意味を持つと思った。2週間程度という短い期間だからこそ、幅広い分野の学ぶ機会を提供していただけることで、専門外の知識あるいはある分野の専門家になる足掛かりとなる知識を得ることができて非常に有意義だったと思った。
- 熱真空に関する知識(概要・装置)を得ることができ、感謝しております。ありがとうございました。

- 今回、受講できたのは2コマ程度ですが、普段の研究とは異なる視点、異なる立場の方からの話を伺うことができ勉強になりました。本校から参加した学生にとっても、良い経験になったものと思います。ありがとうございました。
- 振動への信頼性の考え方、真空下での温度計算と実測がどの程度乖離するか、勉強になりました。
- 振動試験を受講しましたが、一連の流れ、確認すべき項目を学ぶことができました。

## まとめ

1. 本プログラムの特徴として民間（利用者）の潜在的ニーズを発掘できる人材育成によって宇宙利用の裾野拡大に寄与することであり、潜在的に宇宙利用に関心のある学生、社会人を対象として募集した。2019年8月26日から9月6日まで2週間コース、2020年2月12日から3月13日まで2週間コースおよび4週間コースを実施した。それぞれの実施に際しては、前回のアンケート結果等を分析し、募集、講義及び実習・演習内容に反映させた。その結果、8～9月の2週間コースでは募集人員20名を上回る27名、2～3月の2週間コースおよび4週間コースでは、基礎コース28名、上級コース32名の応募があり、この人材育成プログラムに対する期待度及び関心が高いことがわかる。
2. 本人材育成プログラムの応募者の内訳を見ると、学部生では、法学部、教育学部、工学部、理学部、大学院生では、農学研究科、経済研究科、情報学研究科、環境学研究科、医学研究科、工学研究科、理学研究科と多分野および学年にわたっている。また、学生は、北海道、鹿児島、東京、京都、大分と全国からの受講があった。今年度は、学外での広報活動を強化したため社会人の応募も増え、地元の企業、官公庁等からの応募が多くあった。この様に幅広い分野、職業、地域からの応募があったことは、これからの社会で宇宙利用に関与することの潜在的需要、関心の高さを示しているものと考えられる。
3. 幅広い分野、学年、職業の受講生を対象としたコースにおいて、有効にかつ短期間での人材育成をめざし、応募時に記入してもらった応募理由、期待することなどを、講義や演習、実習の進め方に反映した。
4. 今年度3月に試行した4週間コースの第2部に相当する上級コースは、実際の衛星データの解析を体験する演習、衛星の打ち上げ及び軌道上での環境とそれに対応する試験の理解を深める実習（熱真空環境試験、振動環境試験）を実施することで、体験を通して衛星利用を修得できるカリキュラム編成とした。講義では、国際的なセンスにより活躍できる宇宙利用のリテラシーを持った人材育成を目的として、国際衛星ビジネスや国際連携に関する内容を盛り込んだ。講師との意見交換では、経験談や活発な質問等で盛り上がり、受講生の宇宙利用拡大に対する意欲の大きさを示していると考ええる。
5. コース終了後でのアンケート及びレポートの結果では、第2回基礎コースでは87%、第3回基礎コースでは88%、上級コースでは90%の受講生がかなり役に立った、もしくは大変役に立ったととらえており、より宇宙利用を身近に感じ、超小型衛星活用に必要なリテラシーを持つ人材としての能力を修得したものと考ええる。
6. 衛星データ利用実習、超小型衛星利用提案演習、小型衛星キット実習、衛星通信実習を通して、異分野の学生とのグループワークで、アイデアの創出能力の養成、チームワークにおける活動の重要性、プロジェクトマネジメント手法を身につけた。各グループでの活動は非常に活発な議論のもとに円滑進み、最終発表に向けての非常にいいチームワーク形成ができたものと評価している。その一つとして、最終日には受講生同士での自主的な懇親会も開催され、今後の活動に互いに一助となるようにネットワークが形成された。
7. 受講生は、各講義、各実習に意欲的に取り組み、通常の講義・実習では得られない能力を醸成したものと考ええる。
8. 4週間コースの実施においては、新型コロナウイルス感染拡大防止の対応に直面し、後半の上級コースのスケジュールを変更したが、オンライン講義の活用等に



より、当初のカリキュラムと同等の内容を実施することができた。オンライン講義は、受講生の利便性向上につながり、今後受講対象を拡大するための手法として有効であることを認識した。

9. 中間報告会での指摘を受けた、国際宇宙法、国際ビジネス、国際連携による宇宙プロジェクトなどの講義の導入や強化によって、本課題の目的である「国際的なセンスにより活躍できる宇宙利用のリテラシーを持った人材育成を」を達成しつつあるものとするが、今回の成果を生かし、今後、本課題の目的により一層近づけるよう取り組んでいく。

## 添付資料

1. 受講生募集チラシ。ポスターは、チラシの表面と同じデザイン。
  - 1.1. 民間における宇宙利用 2 週間基礎コース第 2 回受講生募集
  - 1.2. 民間における宇宙利用 2 週間基礎コース第 3 回受講生募集
  - 1.3. 民間における宇宙利用 2 週間上級コース第 1 回受講生募集
2. 講義、実習資料
  - 基礎コース
    - 2.1. コース案内
    - 2.2. 国際的宇宙開発の現状と未来
    - 2.3. 衛星データ利用講義
    - 2.4. 衛星データ利用実習
    - 2.5. 人工衛星プロジェクトの進め方
    - 2.6. 超小型衛星の基礎
    - 2.7. 小型衛星キット実習
    - 2.8. 衛星通信実習
  - 上級コース
    - 2.12. 宇宙ビジネスが拓く新たな市場
    - 2.13. 国際宇宙法の最前線
    - 2.14. 国際宇宙プロジェクト管理・システムズエンジニアリング
    - 2.16. リモートセンシングデータ解析講義