

# 九州大学の宇宙戦略A,B,C ガイダンス資料

A,B,Cの連続受講が理想であるが、複数年度による受講も可

- 人工衛星開発に関わる基礎から応用、実践までを学ぶ
- 学内外で世界的に活躍する専門講師による講義および実習

人工衛星開発に関わる基礎的な知識から、実際の衛星測器開発やシステムの組み立てやレギュレーション等の専門的知見、さらに衛星開発の背景と現状について総合的に学ぶ場を提供

## 春学期：宇宙戦略A コア編

人工衛星開発の各構成について学ぶ

1	衛星観測技術と科学技術社会論 (小林俊哉) <b>B</b>
2	宇宙とアントレプレナーシップ (金子) <b>B</b>
3	宇宙における通信 (中村) <b>新</b>
4	衛星運用のための地上システムおよび関連法規制 (倉原) <b>B</b>
5	軌道力学 (花田)
6	宇宙の電源系 (奥村)
7	宇宙応用における電子回路 (服部) <b>B</b>
8	宇宙用半導体デバイスの放射線影響とそのメカニズム(小野田) <b>新</b>

## 夏学期：宇宙戦略B アドバンス編

人工衛星開発の推進に必要な知見を総合的に学ぶ

1	人工衛星工学 (花田)
2	材料と宇宙環境劣化 (岩田) <b>A</b>
3	推進系 (山本直)
4	光センシングの基礎と宇宙における適用 (吉武)
5	電気化学センシング (榎木野)
6	電波一計測・通信への応用 (間瀬) <b>A</b>
7	情報通信技術(ソフトウェア) (小林泰三) <b>A</b>
8	情報通信技術(ハードウェア) (小林泰三) <b>A</b>

**A**: R7年度A(夏学期)に実施、**B**: R7年度B(秋学期)に実施、**新**: R8年度に新規解説

## 夏期集中：宇宙戦略C 実践編：初学者～経験者向け

宇宙戦略A、Bの知識を活かして実際の基盤工作や通信等、人工衛星開発に関わる基礎的な手作業(ハンズオン)を通じた技術の習得を目指す。また技術習得を介して宇宙戦略B(深堀編)の人工衛星運用に係る知見との結びつきを目的として、知識の固定化を図る。

宇宙戦略Cの履修登録締め切り7月中旬。応募多数の場合：希望書(500字程度, 〆切7月下旬)による「選抜」。内定通知7/28  
受講者向けガイダンス：7月下旬 昼休み。教科書「CPUの創り方」購入およびその予習とショートレポート課題(8月末〆切)

1日目	8:50～9:20(2)	安全講習 & ガイダンスと導入講義(八田) 国際宇宙惑星環境研究センターi-SPESの紹介(阿部)	伊都) 国際宇宙惑星環境研究センター i-SPES
	13:00～16:20(2)	半田作業 4bit CPU製作による電子回路製作事始め(履修者全員実施)	伊都) i-SPES
2日目	8:50～12:00(2)	宇宙科学技術者による講話 4bit CPU製作による電子回路製作事始め(履修者全員実施)	伊都) i-SPES
	13:00～16:20(2)	4bit CPU製作による電子回路製作事始め(履修者全員実施)	伊都) i-SPES
3日目	8:50～12:00(2)	宇宙センシング実践 (* 少人数グループによる実習) ① ダイヤモンド素子を用いたセンシング ② 電磁波レーダー ③ 赤外線放射計	筑紫)九州大学グローバルイノベーションセンターGIC、総合理工学府
	13:00～16:20(2)	宇宙センシング実践 (*)	筑紫)
4日目	10:30～12:00(2)	宇宙センシング実践 (*)	伊都) i-SPES, QREC ToP
	13:00～16:20(2)	成果報告会 (*)	伊都) i-SPES, QREC ToP

九州大学の宇宙戦略A

# 春学期 コア編

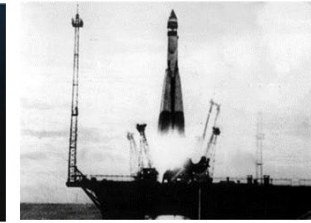
# 衛星観測技術と科学技術社会論(小林俊哉)

科学技術社会論とは「科学技術と社会の界面に生じるさまざまな問題に対して、真に学際的な視野から、批判的かつ建設的な学的研究を行う」学問分野です。遺伝子組み換え、ゲノム編集、生殖医療、ICT、AI、新素材、金融工学などの新技術は、社会に新たな効用をもたらす一方で、これまでになかった環境問題や生命倫理、環境倫理、情報倫理、人道面での課題を生み出しています。

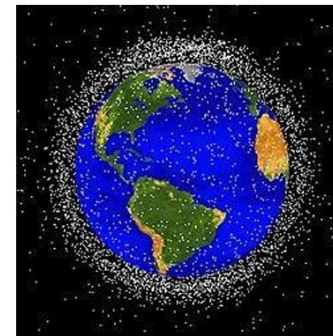
人類の宇宙開発の歴史は、1957年10月4日に旧ソ連が人類初の人工衛星スプートニク1号を打ち上げてから、来年で70年の歴史を刻もうとしています。宇宙開発の中でも衛星観測技術は気象予報、環境モニタリング、資源探査など、計り知れない効用を人類にもたらしてきました。特に21世紀に入って以降の四半世紀の間に衛星観測技術の急速な進歩と民間セクター参画の拡大は、既存の法規制では対処しきれない課題を生み出す可能性が高まっています。例えばスペースデブリの増加や光害による宇宙環境汚染、デュアルユースに象徴される宇宙の軍事利用、モニタリングで収集された情報の反社会的利用の懸念などです。

科学技術社会論の観点から、衛星観測技術の**これまでとこれから**を考えます。

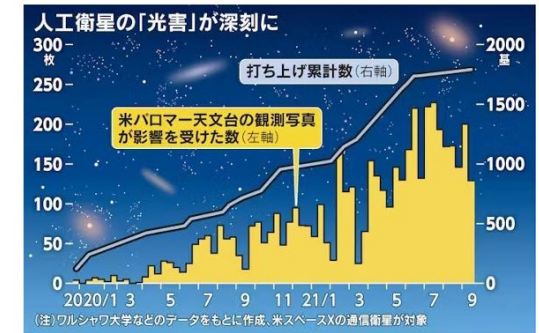
\* 科学技術社会論学会設立趣意書より<https://jssts.jp/prospectus>



1957年10月4日 スプートニク1号と打ち上げロケットR-7  
資料: <https://www.turbosquid.com/ja/3d-models/sputnik-1-3d-1726085>



衛星軌道上の大量のスペースデブリ  
資料: ウィキペディア



人工衛星の打ち上げ増加による光害の深刻化  
資料: 日本経済新聞 2024年1月6日



衛星を破壊する宇宙兵器  
資料: <https://uchubiz.com/article/new43882/>

# 宇宙とアントレプレナーシップ(金子晃介) オンデマンド



Robert T.Huang Entrepreneurship  
Center of Kyushu University

九州大学 ロバート・ファン/アントレプレナーシップ・センター

社会に「**新しい価値を創造していく人材**」を  
育成するための教育

Individual's  
Initiative  
主体性

自分が「**熱量**」をもって取り組める活動

## 学生発の宇宙関連プロジェクト支援の事例



← スペースバルーンの開発・打ち上げの様子などをYouTubeで見れます。

QREC チャレンジ&クリエイション 2021, 2022

「**スペースバルーンプロジェクト**」の資料より引用



QREC チャレンジ&クリエイション 2023, 2024

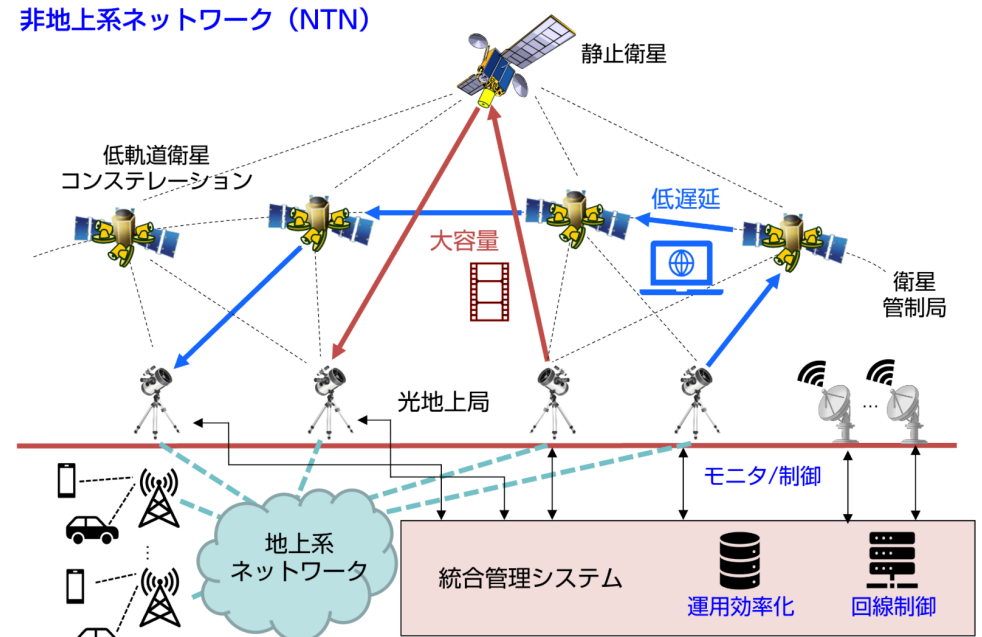
「**地球超低軌道衛星の実現に向けた  
プラズマ推進器の技術開発**」

の資料より引用

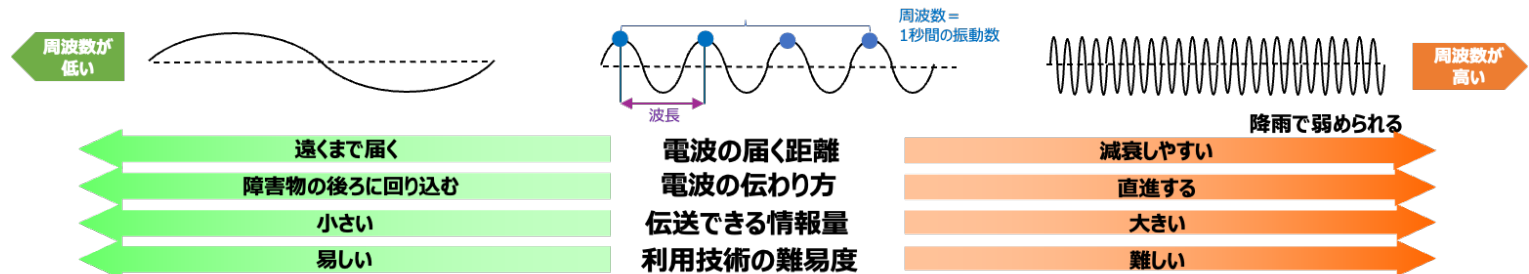
# 宇宙における通信 (中村 元)

宇宙空間からの情報を地上で受け取るためには通信技術の利用が不可欠となるほか、近年ではあらゆる場所での通信を可能とする非地上系ネットワーク(NTN)が注目されており、宇宙における通信の重要性は今後も高まっていくものと考えられる。

本講義では、通信の基礎、電磁波の性質、宇宙通信技術の動向を概説し、宇宙における通信の概要とその重要性について学ぶ。



出典: 情報通信研究機構 (NICT) 資料



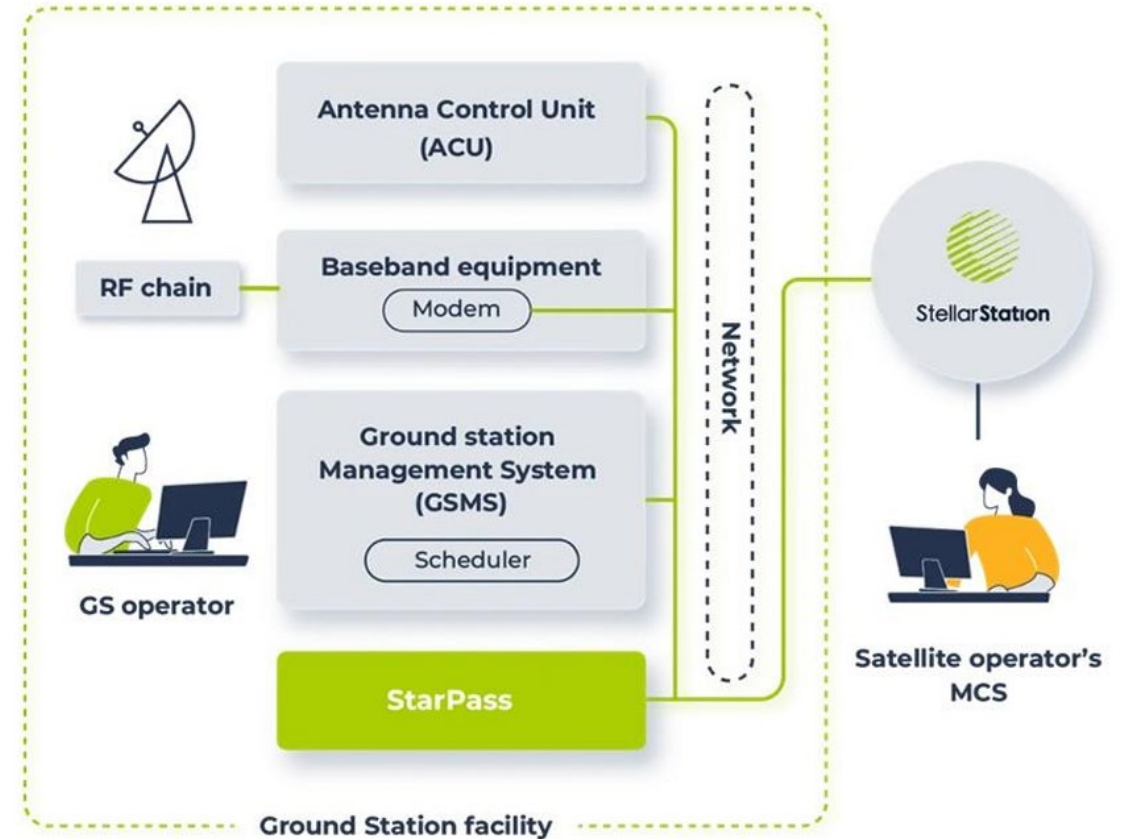
出典: 総務省資料

# 衛星運用のための地上システムおよび関連法規制

(倉原 直美)

人工衛星を開発、打上げた後には宇宙空間を飛翔する衛星を地上から運用しなくてはならない。衛星を運用をするためには無線通信設備、衛星管制システム、運用計画システム、データ解析システムなど様々な設備が必要である。また、電波法やリモートセンシング法などの法規制への対応も必要である。

本講義では人工衛星の運用に必要な地上システムについて概説するとともに、衛星運用に関連する法規制、特に周波数調整と無線免許について実例を交えて紹介をする。



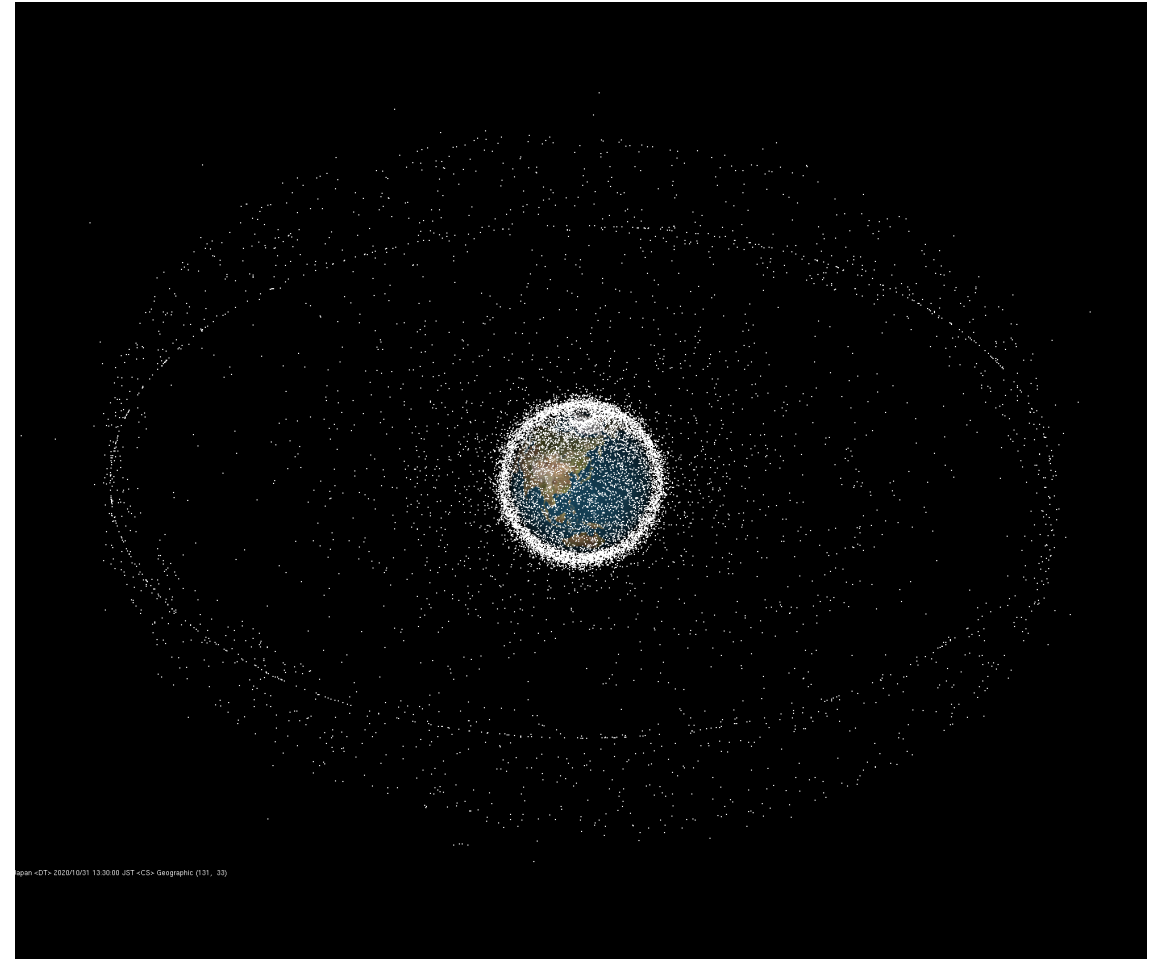
地上システムの構成例

<https://www.infostellar.net/service/StellarStation>

(株式会社インフォステラ)

## 軌道力学 (花田 俊哉)

地球を周回する人工天体の軌道は、様々な外力を受けることによって時々刻々と変化する。外力には、地球が完全な球体でないことによる重力の偏り、月や太陽といった第三天体の引力、大気の抵抗や太陽光の圧力などがある。これらの外力を受けて変化する人工天体の軌道を計算するには「天体力学」の知識が必要となることは容易に理解できるだろう。その「天体力学」に基づいて、地球周回軌道について授業する。



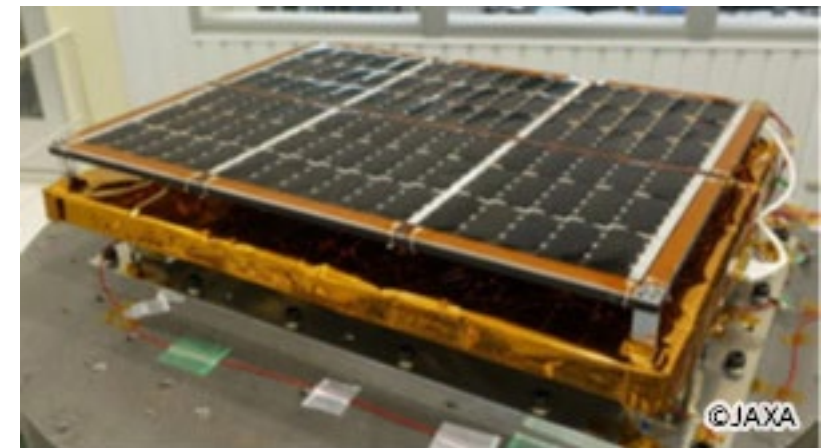
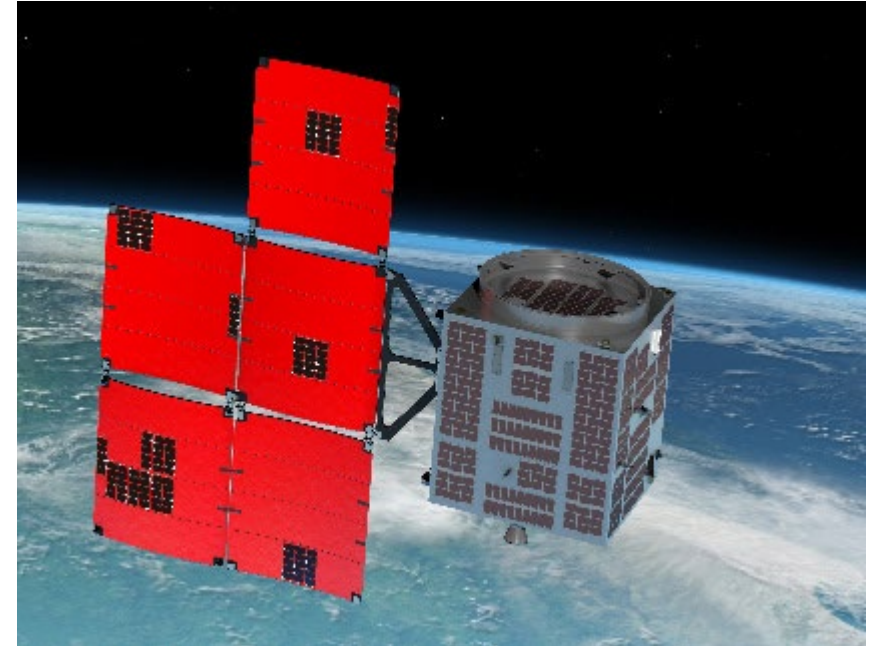
## 太陽電池の品質管理とその信頼性(奥村哲平)

本授業では太陽電池という半導体デバイスを開発してから人工衛星の太陽電池パドルとして使用できるようになるまでの実証試験について話をする。

太陽電池パドルは軌道上で最大10年間(静止軌道)の寿命が求められるので、地上とは異なり放射線に対する耐性が求められる。

また太陽電池パドルは軽量化と打ち上げ振動に耐える剛性の両立が求められる。

これらを満足していることを確認するために地上での検証試験や、軌道上での確認結果について説明する。



## 宇宙における電子回路(服部励治) オンライン開催

宇宙用電子機器はロケット発射時の激しい振動、宇宙空間での過酷な温度変化、太陽風による高い放射線量に耐えなければなりません。

本講義では、このような宇宙船の厳しい環境条件が電子回路にどのような影響を与えるかを考え、どのような対策がデバイス、回路、モジュールに必要なかを講義します。

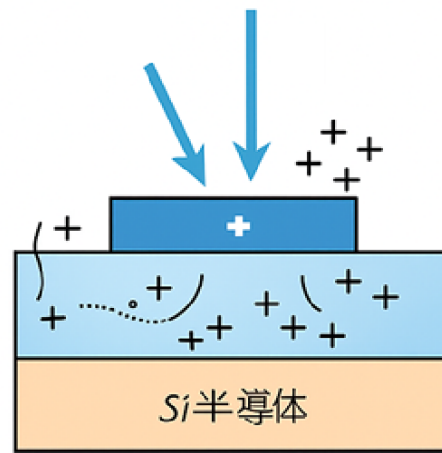


# 宇宙用半導体デバイスの放射線影響とそのメカニズム (小野田 忍)

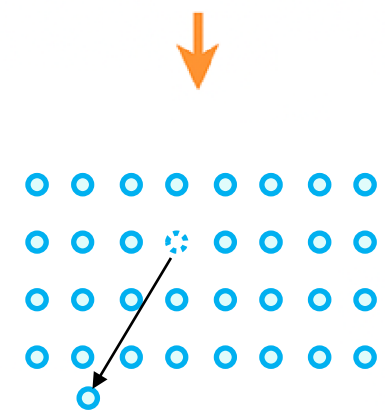
宇宙空間に存在する放射線環境の特徴を理解するとともに、そのような環境下に半導体デバイスが置かれた際に生じる「放射線と物質の相互作用」について体系的に学ぶ。

本講義では、放射線影響を「トータルドーズ効果」「はじき出し損傷効果」「シングルイベント効果」の三つに分類し、それぞれの物理的メカニズムを解説する。さらに、これらの影響がトランジスタ特性や寿命にどのような形で現れるかを例示し、宇宙機搭載用半導体デバイスの設計・評価において放射線影響を考慮する重要性を明らかにする。

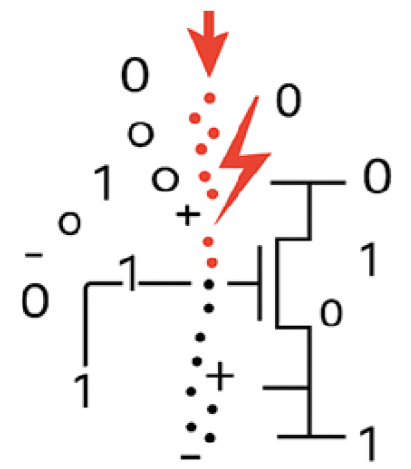
トータルドーズ効果



はじき出し損傷効果



シングルイベント効果

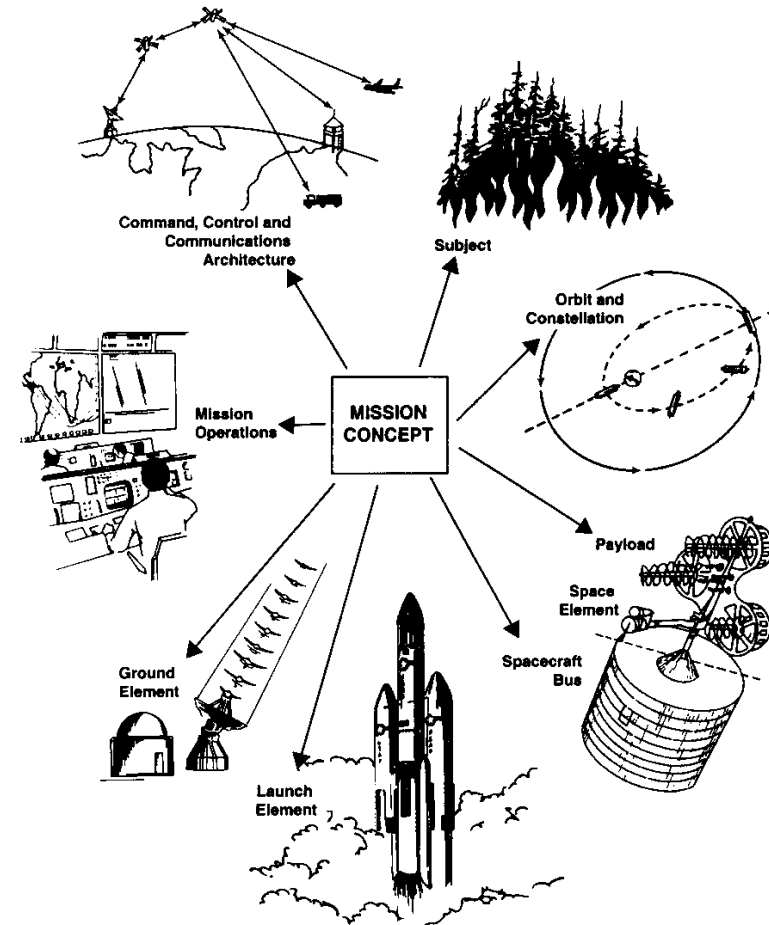


九州大学の宇宙戦略B

# 夏学期 アドバイス編

# 人工衛星工学 (花田 俊哉)

人工衛星は大きく分けてペイロード(ミッション機器)とバスに分けられる。さらにバスは構造系, 熱制御系, 電源系, データ処理系, 姿勢・軌道制御系に分けられる。本授業では, 人工衛星がミッション期間中に健全性を保証すべき宇宙環境(放射線, 高エネルギー粒子および宇宙ごみ)について授業し, また, 人工衛星の構成要素ならびに全体システムの設計・評価手法について概要を授業する。



## 材料と宇宙環境劣化(岩田稔)

宇宙機に使用されている材料は、地上とは異なる過酷な環境要因によって必ず劣化する。宇宙機は一部の例外を除いて修理・交換が困難であることから、プロジェクトの開始から材料の劣化を考慮した設計が必要になるので、宇宙開発プロジェクトを進める上で材料の劣化について理解を深めることが重要となる。

本講義では宇宙機に使われる材料と、これらの材料と宇宙環境との相互作用によって引き起こされる劣化現象について概説する。



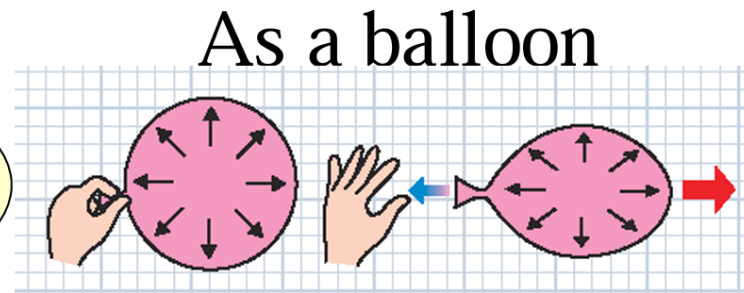
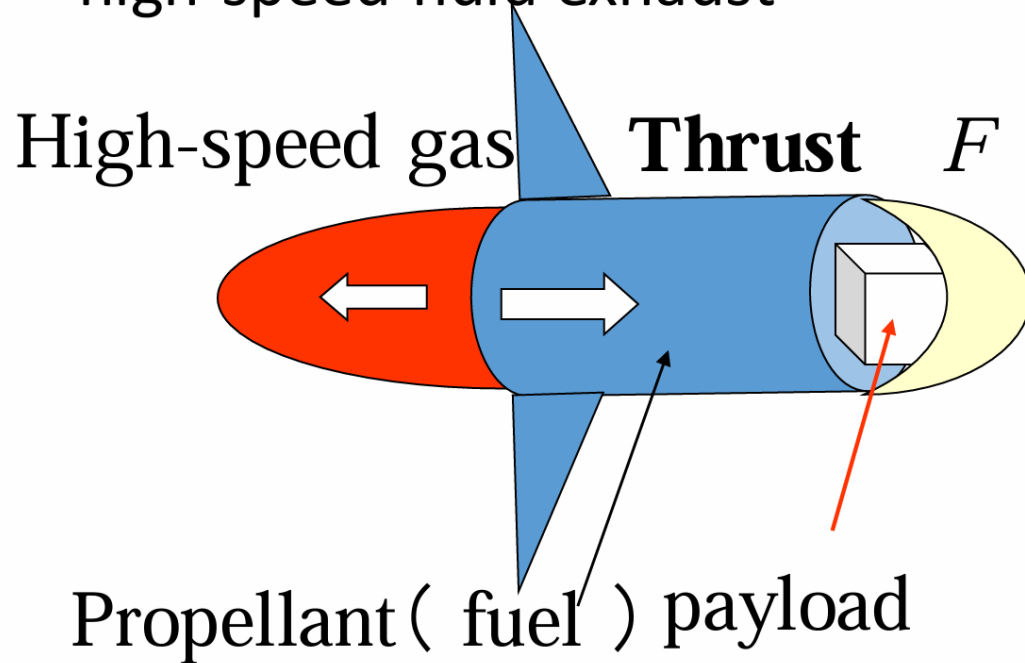
宇宙機を断熱するためのフィルムが宇宙環境劣化により大きく破断している

Hubble Space TelescopeのMLI破断事故。  
宇宙飛行士による修理が行われた。

S. K. R. Miller and B. Banks, Degradation of  
Spacecraft Materials in the space environment,  
MRS Bulletin, 35, pp.20-24 (2010).

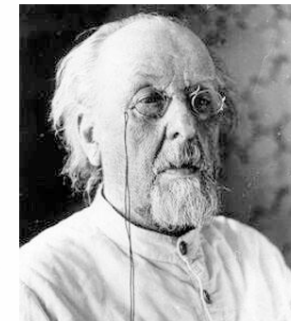
# Rocket engine(thruster) (山本 直嗣)

Rocket engines produce thrust by the expulsion of a high-speed fluid exhaust



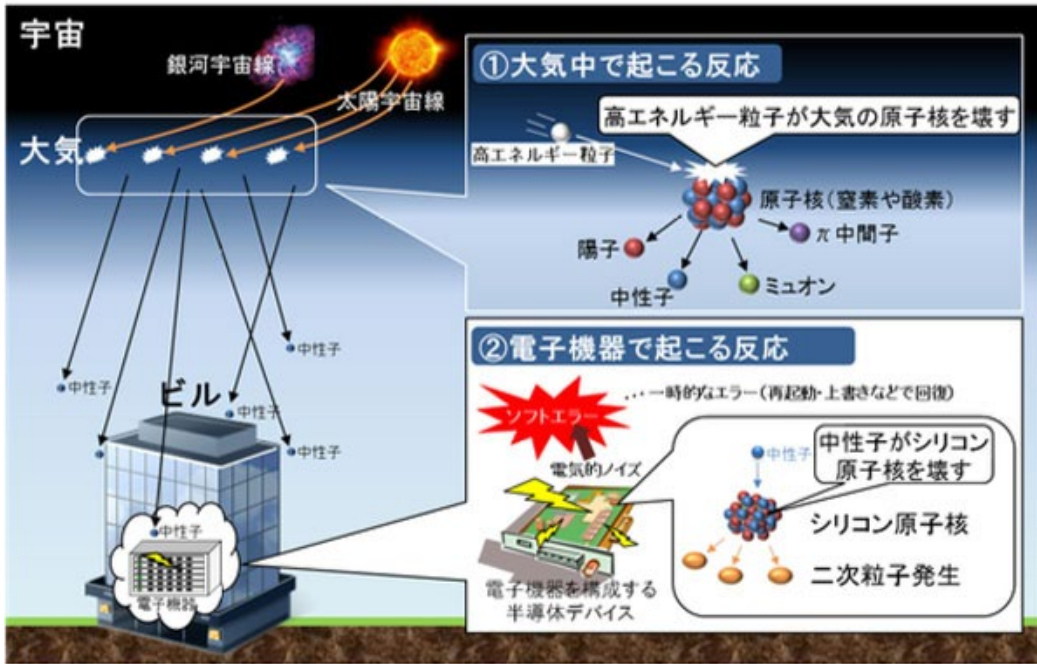
$$F = \frac{mV}{\Delta t} = \dot{m}V$$

Rocket engines obtain thrust in accordance with Newton's third law.



Tsiolkovsky

光センシングの基礎と宇宙における適用 (吉武 剛)



原子力産業新聞(17 Mar 2023)

現在のセンシングデバイスは、高い性能が得られるようになった一方で、平穏な環境が前提となっており、特殊な状況下では下記のような脆弱性を有する。

- ・ 宇宙線や電磁パルスによる素子の破壊および劣化
- ・ 放射線下で劣化、あるいは破壊が起こる
- ・ 温度上昇により性能が劣化あるいは動作しなくなる
- ・ 酸への暴露で容易に損傷を受ける



ダイヤモンドの優れた耐環境性能

高温 (~600°C) でも動作するデバイスを作製可能

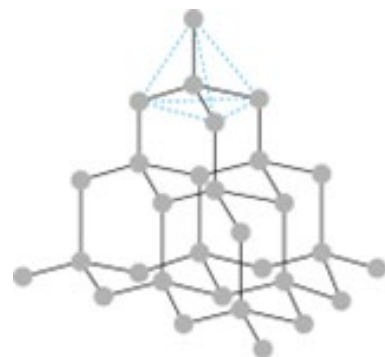
5.5 eVのバンドギャップ

宇宙線を浴びても誤動作しにくい

優れた耐放射線特性

耐腐食性・耐酸性が極めて高い

化学的に極めて安定



オールダイヤモンドのデバイス創製を目指す。

半導体：単結晶ダイヤモンド

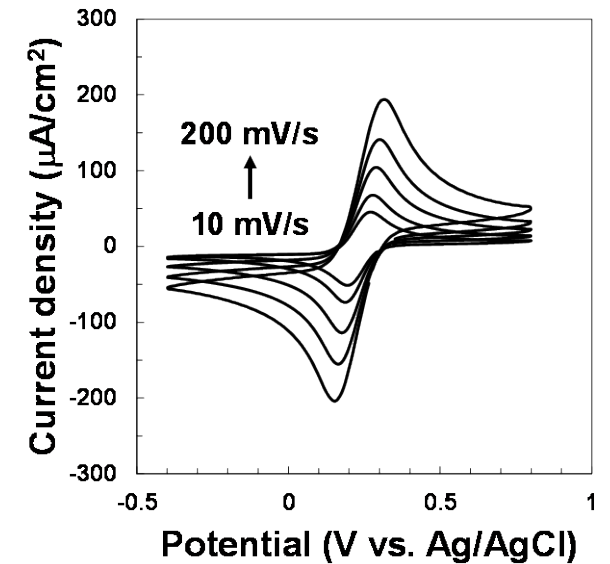
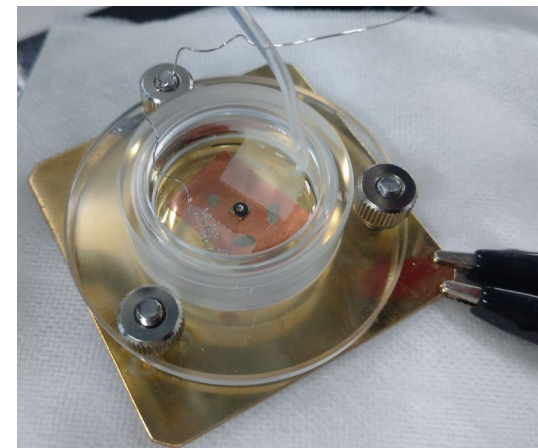
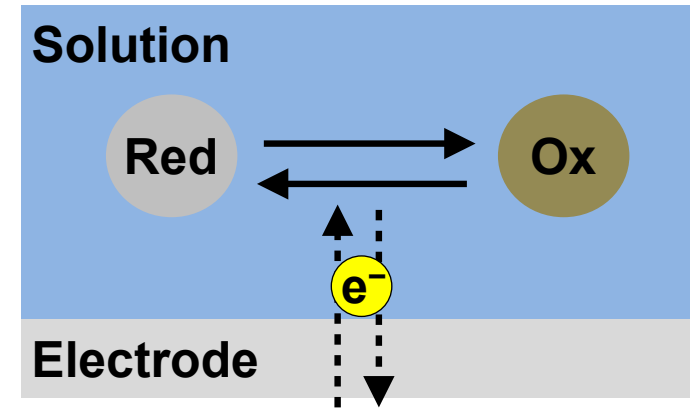
電極：水素フリー導電性Q-dia

但し、Q-diaとは水素フリーの導電性ナノダイヤモンド

## 電気化学センシング(梶木野 宏)

電気化学(electrochemistry)は、物質から物質への電子の移動、すなわち酸化と還元を伴う様々な現象を取り扱う学問である。電池、鍍金(めっき)、防食なども電気化学で取り扱われる領域である。

本講義では、電気化学センシングの基礎と電極材料に着目した応用事例について紹介する。



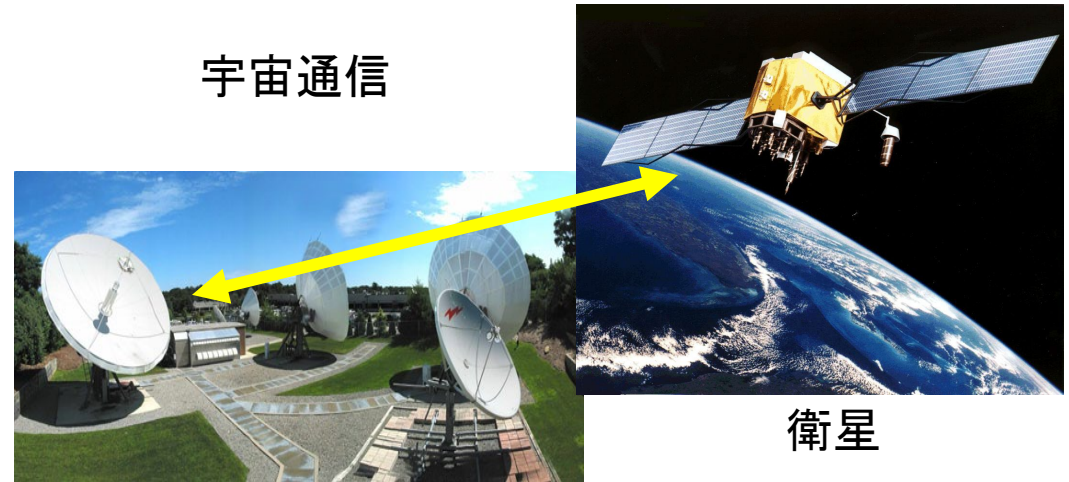
# 電磁波応用—通信および計測(間瀬 淳)

地上は勿論のこと宇宙においても、電磁波(マイクロ波~光)の通信および計測応用が広く普及している。

講義では電磁波の発生および伝搬の基礎、電磁波を利用した通信(携帯電話、無線LAN、放送等)および計測(レーダ)の実際について学ぶ。

実験ではレーダ計測の原理実証—対象の位置・方位を決定する手法、物体の形状把握(イメージ化)を実現する手法について学ぶ。

宇宙通信



衛星

基地局

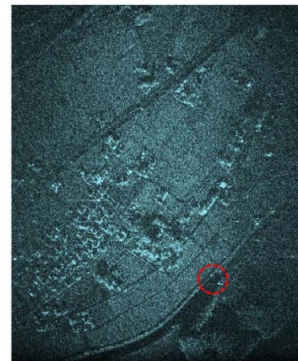
合成開口レーダ(SRA)の例



ヘリコプター搭載 SARシステム



Google earth

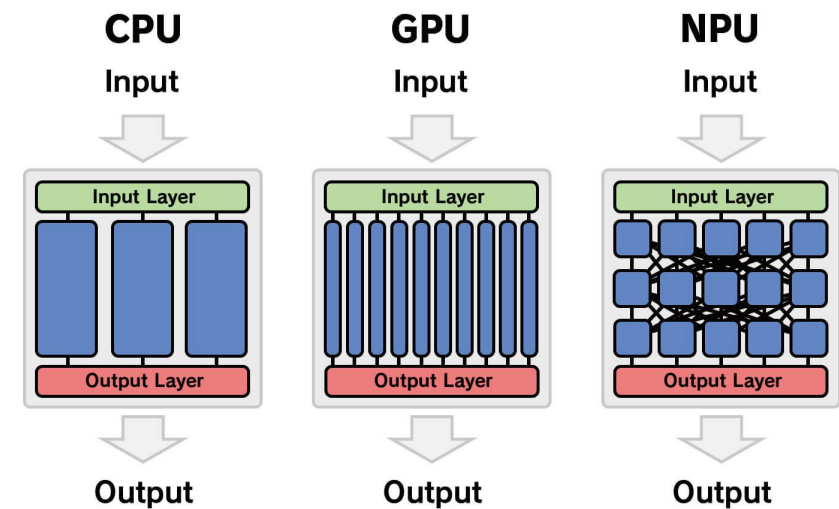


SAR画像

## コンピューター(CPU)とは I , II (小林泰三)

人工衛星のセンサー・アクチュエーター・スラスタから地上局のシステムまで、コンピューターはそれらの機器が機能を確実に発揮できるように情報処理と制御の側面から支えています。

本講義では、情報処理と制御のエンジンである中央演算装置(CPU)の原理と動作を出発点にして、AIでも利用されているGPU/NPUなどのハードウェアと、人工衛星から地上局まで運用に必要なICTシステムを構築するソフトウェアについて講義します。



概念図

<https://www.pc-koubou.jp/magazine/90479>

九州大学の宇宙戦略C

# 夏季集中 実践編

## 集中講義のねらい

高等学校までの学習との大きな相違「学ぶべきことを探索し続ける精神的態度」を身に着ける

高等専門学校、高等学校のコース/部活動などで習熟している学生は、「チーム内で教える技術」を学ぶ

初心者の学生は、「チーム内で学ぶ技術」を学ぶ

本来は週3回通年で学ぶべき内容を、4日で全力疾走するので、予習が極めて重要情報の入り口であるセンシングの‘入り口’を学ぶ

宇宙技術で留意すべき点の‘入り口’を学ぶ

エッジAIコンピュータの'Spresense®' を補助手段として使うことで、先端テクノロジーの‘入り口’に立つ

## 4bit CPUを作る

- 目標: ‘スマホは魔法の箱’の状態からの脱出  
「実習で作ったアレの大きいのだね」と認識が変われば成功
- CPUはすべてのプロセッサの基本型  
NPU, 量子プロセッサなどの新技術の理解にも不可欠
- 「理工系じゃないから、科学や技術はわかりません！」  
と言い切る困った大人にならないために学ぶ



## 宇宙センシング実践 I

### ① ダイヤモンド素子を用いたセンシング (吉武剛、八田真児、藤井雅之)

ダイヤモンドの特徴

高い耐放射線性

ワイドギャップ半導体 (600°Cでも動作可能)

高い耐腐食性

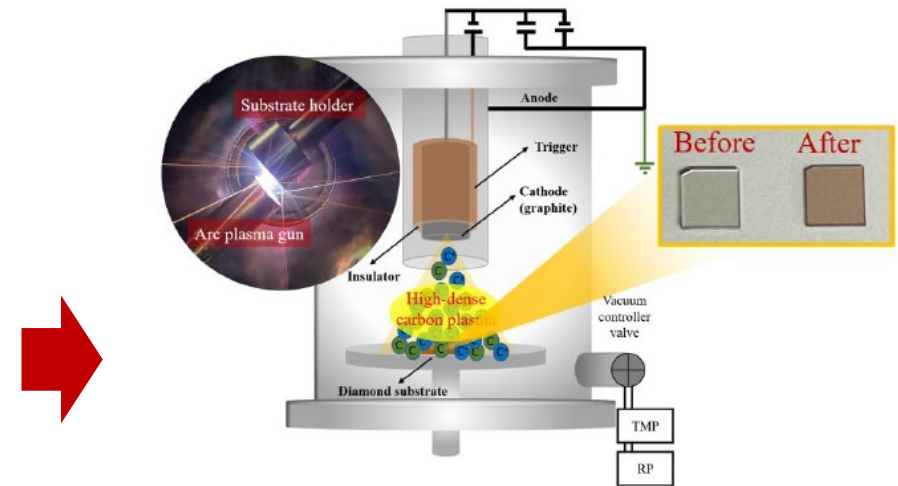
物質中で最小の熱膨張係数

→ 金属電極は温度変化で容易に剥離

+

水素フリー導電性ナノダイヤモンド膜の電極適用

オールダイヤによるセンシングデバイス



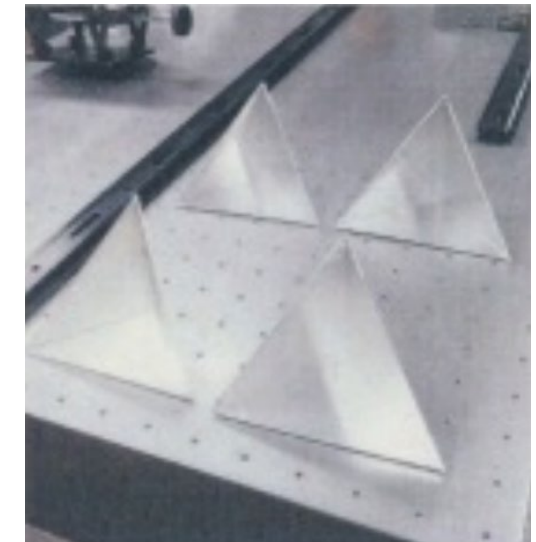
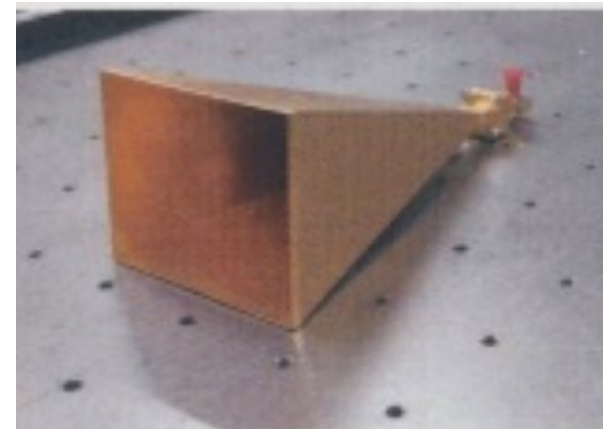
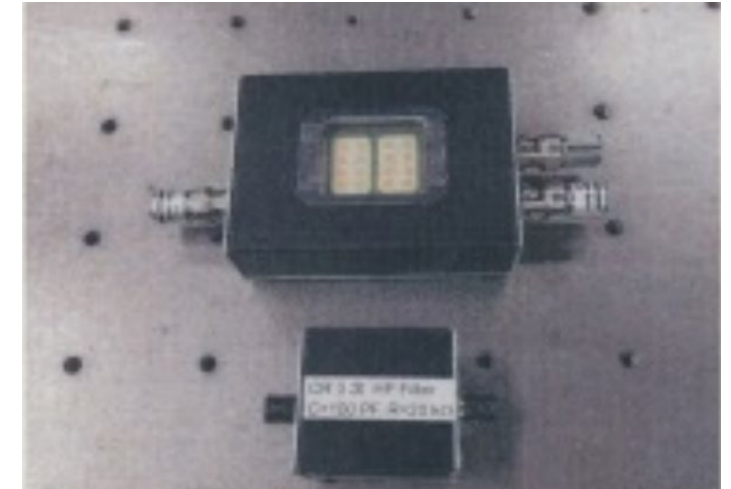
同軸型アークプラズマ堆積法による導電性ナノダイヤ膜の室温成長

## 宇宙センシング実践 I

### ② 電磁波レーダー（間瀬敦、八田真児、藤井雅之）

通信工学実験：24GHzレーダーを用いた基礎実験

1. 24GHzレーダーの発振周波数
2. 発振パワー評価
3. レーダーの原理について定量的に確認および証明
4. レーダー方程式の証明



## 宇宙センシング実践 I

### ③ 赤外線放射計 (江口菜穂、八田真児、藤井雅之)

赤外線センサーとSPRESENSE (SONY)  
を用いた大気計測



超小型の変形型月面ロボット「SORA-Q」に搭載！

