

# 宇宙安全保障を支える 人材の確保に関する一考察

東京大学 中須賀真一

2023.1.12 安全保障部会資料

# 宇宙開発利用に必要な素養は？

---

1. 衛星・ロケット・コンポ等開発の技術・マネジメント力
  - ① 与えられたミッションから設計に落とし込む上流のシステム技術
  - ② 宇宙環境・開発の進め方などを熟知した「宇宙特有」の素養
  - ③ 一般の電気・通信・熱・構造・制御・ソフト等の要素技術分野の素養
  - ④ 大量生産のラインの設計、品質維持などの製造面の素養
2. 利用を開拓し、ユーザーと共にそれを継続・発展させる力
  - ① 社会問題などに敏感で、宇宙を使って解けるものを見つける構想力
  - ② 必要なスペックを持った人材・機関などをつなげる力・ネットワーク力
  - ③ ビジネス一般に必要な各種素養(ファイナンス、法等含む)
  - ④ 政府のルール・習わしなどを熟知し、利用への予算を引き出せる力
3. 国際連携・交渉力
  - ① 国際標準のプロトコル(進め方)、ルールなどを熟知していること
  - ② 国際的ネットワーク力
  - ③ 知らない世界に飛び込んで、何かを持って帰ってこれる力
4. どこにも必要:問題解決力、粘り、継続力、決断力---

# 宇宙開発利用に必要な素養は？

1. 衛星・ロケット・コンポ等開発の技術・マネジメント力
  - ① 与えられたミッションから設計に落とし込む上流のシステム技術
  - ② 宇宙環境・開発の進め方などを熟知した「宇宙特有」の素養
  - ③ 一般の電気・通信・熱・構造・制御・ソフト等の要素技術分野の素養
  - ④ 大量生産のラインの設計、品質維持などの製造面の素養
2. 利用を開拓し、ユーザーと共にそれを継続・発展させる力
  - ① 社会問題などに敏感で、宇宙を使って解けるものを見つける構想力
  - ② 必要なスペックを持った人材・機関などをつなげる力・ネットワーク力
  - ③ ビジネス一般に必要な各種素養(ファイナンス、法等含む)
  - ④ 政府のルール・習わしなどを熟知し、利用への予算を引き出せる力
3. 国際連携・交渉力
  - ① 国際標準のプロトコル(進め方)、ルールなどを熟知していること
  - ② 国際的ネットワーク力
  - ③ 知らない世界に飛び込んで、何かを持って帰ってこれる力
4. どこにも必要: 問題解決力、粘り、継続力、決断力---

# 外から持ってこれる人材

- ③ 電気・通信・熱・構造・制御・ソフト等の要素技術分野の素養
- 地上の製品を生産する**多分野の企業の人材**でも十分使える(東大・福井県企業との連携において、十分、戦略として貢献していただいた)
    - 本番の前に、1回は彼らの技術を宇宙に利用する機会を提供してあげる
  - 逆に専門の技術力が**宇宙関係者より高い**ケースも多い
  - 本来は「技官」として大学・研究所で維持すべきだが、国の施策で減らしているのは大問題⇒各機関**内部での常駐する技術専門家の育成、人材を供給する企業**(既に一部存在している)
- ④ 大量生産のラインの設計、品質管理などの製造面の素養
- 衛星開発数が増えても総数は数十なので、実は中途半端。
    - **宇宙以外の分野の製造の専門家に宇宙特有の知識をつける必要**
  - コンステ・ベンチャーからの外部への依頼製造が今後増えるので、それに対応できる**下請け大量製造の企業の必要性**高い
    - QPSは地元企業群、シンスペクティブ・アクセルスペースは他企業と連携

# ①②育てるべき人材あるいは素養

- ミッションサイド(顧客)との議論で適切な目標設定ができる力
  - 衛星開発で何が難しいかを、実プロジェクトで経験していること
  - 低レベルの「出来高」衛星ではなく、しっかりしたミッションを持った衛星開発の経験がないとできない(地球観測、宇宙科学探査など)
  - 大学レベルでの本格的ミッションを宇宙からの資金で回す
  - JAXAの拡充PJなど本格的な宇宙科学・地球観測のミッションを継続
- 宇宙特有の状況を知り、衛星プロジェクトを動かせるプロジェクトマネージャー、システム設計者、各サブシステム専門家
  - CanSatレベルの基礎ハンズオンから、1U~3UのCubeSatを経て、さらに上記の本格的プロジェクトの中で育成(ステップアップが重要)
  - 失敗の経験が重要(プロジェクトが小さい内に経験し反省する必要)
- 大学のコミュニティUNISECが一つのプラットフォーム
  - 継続したお金がつかないため(科研費程度)、継続した育成が難しい
  - 各大学がきっちりした衛星開発を通した人材育成をしていない
  - 大学内拠点を作り、そこでしっかりした衛星PJを回し、実践的な教育を

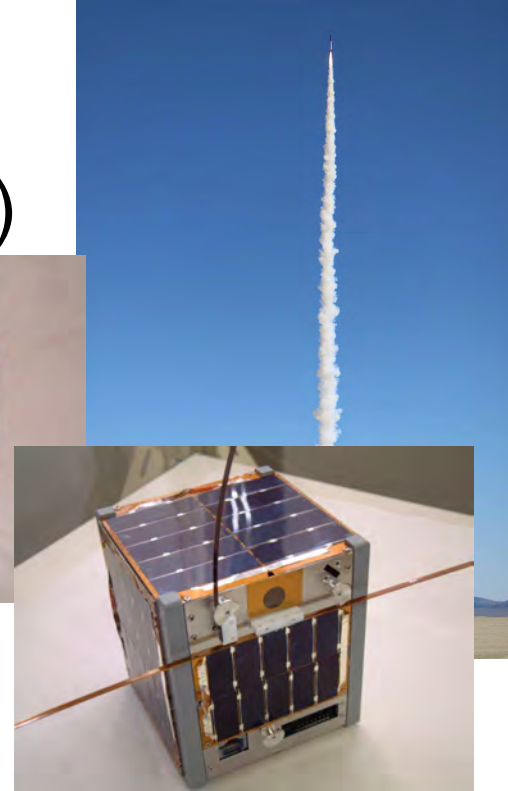
# 東京大学での超小型衛星の人材育成

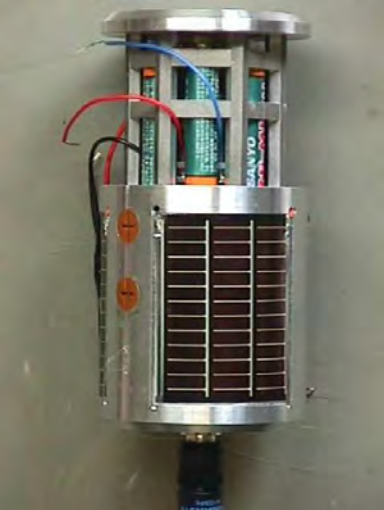
- 2年生：電子回路・ものづくり研修
- 3年生：CanSatでアメリカ実験(現場!)
- 4年生～(研究室に入る)

- ①サブシステムメンバー
- ②サブシステムリーダー
- ③プロジェクトマネージャー

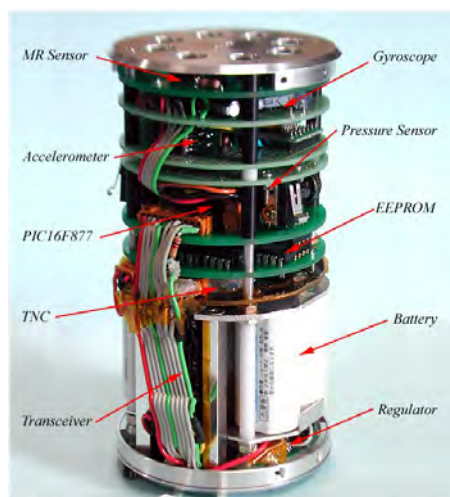
外の機関・企業との連携も勉強

- できるだけ学生が「責任を持ってやる姿勢」を
- 小さいプロジェクトからだんだん高度にしていく流れ
- 繰り返しが大事。失敗を小さいプロジェクトで経験！





# 登竜門: 訓練の場 CanSats 1999- 現在



# ARLISS (A Rocket Launch for International Student Satellites)

スタンフォード大に滞在時に現地ロケットGと相談して開始

## - Annual suborbital launch experiment -

- **ARLISS 1999**: Sept. 11 (Japan:2, USA:2)
  - Univ.of Tokyo, Titech, Arizona State, etc.
- **ARLISS 2000**: July 28-29 (Japan:4, USA:3)
- **ARLISS 2001**: August 24-25 (Japan:5, USA:2)
- **ARLISS 2002**: August 2-3 (Japan:6, USA:3)
- **ARLISS 2003**: Sept.26-27 (Japan:6, USA:3)
- **ARLISS 2004**: Sept.24-25 (Japan:6, USA:3)
- **ARLISS 2005**: Sept.21-23 (Japan:7, USA:3)
- **ARLISS 2006**: Sept.20-22 (Japan:8 USA:3 Europe:1)
- **ARLISS 2007**: Sept.12-15 (Japan:10 USA:3 Korea:1)
- **ARLISS 2008**: Sept.15-20: **10<sup>th</sup> Memorial ARLISS !**



- **ARLISS 2016**: 18<sup>th</sup> (Japan:12, USA:2, Korea, Egypt)
- **ARLISS 2017**: 19<sup>th</sup> Sept.13-17 (Japan:13 USA:2 Kore
- **ARLISS 2018**: **20<sup>th</sup> Memorial !!** **2019** **21<sup>th</sup>**, **2022** **22<sup>nd</sup>**





# CanSatでの失敗例(2000年)

パラシュートとCanSat本体がパラシュート展開時の衝撃で分離、本体は地面に激突



- ・失敗は大事。そこからは多くのことが学べる。緊急対応も必要！
- ・失敗はプロジェクト規模が小さい時に経験しておくべし。
- ・失敗しそうになって周りが手を差しのべることはマイナスのことも

# Nakasuka, Funase Lab.

Intelligent Space Systems Laboratory  
The University of Tokyo

15  
Satellites Launched

2  
Satellites will be launched soon

19  
Years of In-orbit Satellite Operations

125  
Students Graduated @2020

**教育・実験**

XI-IV (2003)  
In operation (17 years)




XI-V (2005)  
In operation (15 years)



**宇宙科学**

Nano-JASMINE  
Awaiting launch  
Collaborator: NAOJ



**海外教育支援**

MicroDragon (2019)  
In operation  
Collaborator: VNSC



**地球観測**

PRISM (2009)  
In operation (11 years)


HODOYOSHI 1, 3, 4 (2014)  
In operation (6 years)  
Collaborator: Axelspace, NESTRA



**技術実証**

TRICOM-1R (2018)  
End of operation (0.5 years)  
Collaborator: JAXA


RWASAT-1 (2019)  
In operation (1 years)  
Collaborator: Rwanda



**エンターテインメント**


AQT-D (2019)  
In operation (1 years)  
Collaborator: UT-SPL

G-Satellite (2020)  
In operation  
Collaborator: TOCOG, JAXA



**宇宙探査**

Strix-α (2020)  
In operation  
Collaborator: Synspecive




PROCYON (2014)  
End of operation (3 years)  
Collaborator: JAXA



2022.11.16

EQUULEUS  
will be launched in 2021  
Collaborator: JAXA



**宇宙探査**

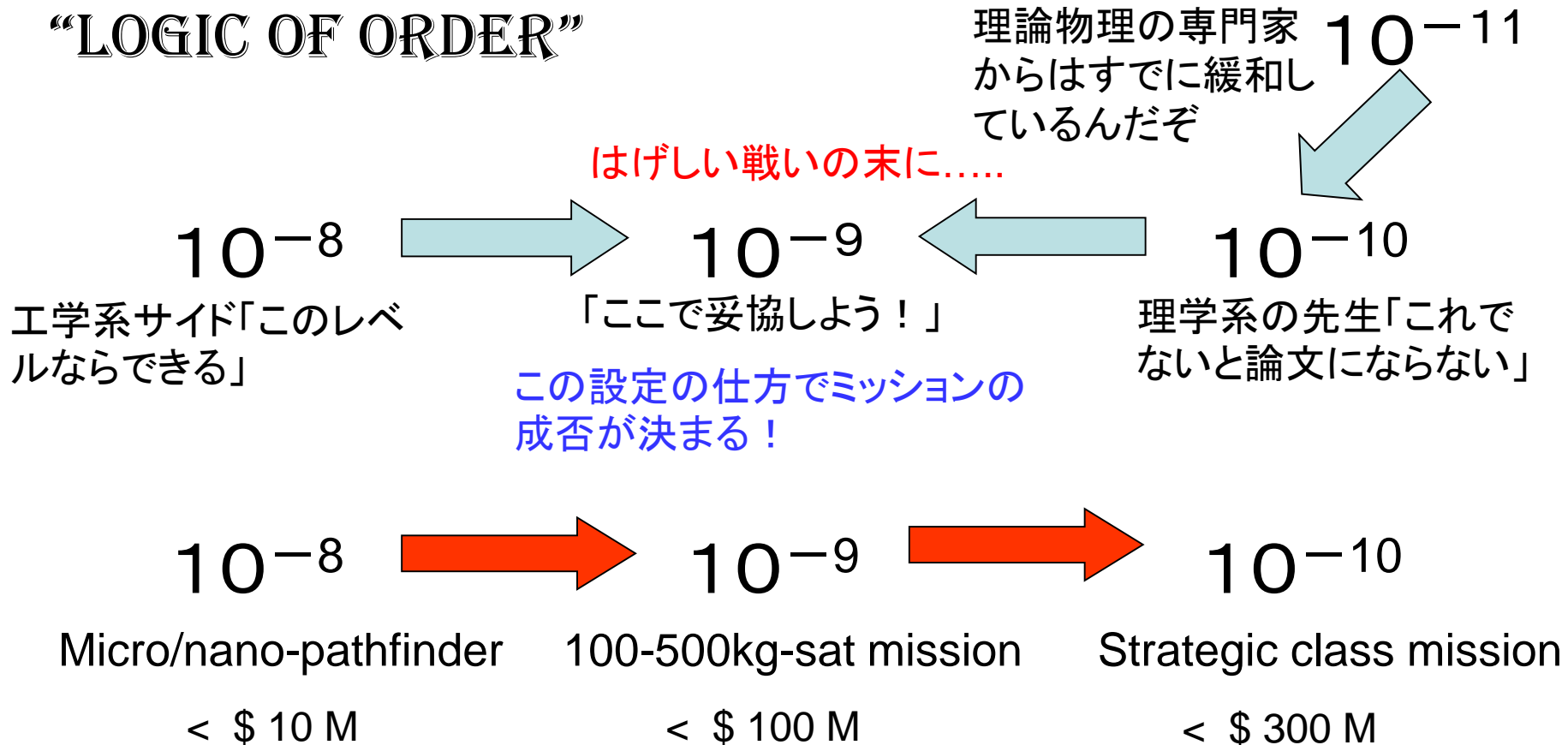
Next-Generation 6U CubeSat 2023.1.3  
under development

**汎用6U**



# プロジェクトの目標の設定が重要

## “LOGIC OF ORDER”



- ・どこまでできるかの工学判断が極めて重要(厳しい議論必要)
- ・プロジェクトではなくプログラム化(小さいところから Quick Startし、成功してお金が取れたら次のステップに)
- ・このプロセスが日常的に起こる環境が重要(コロケーション)

# ミッション要求を設計に落とし込むシステム技術

## 1. 姿勢制御系への要求。姿勢制御系には以下のオプションがある

- 自由に運動させる(制御しないので楽。カメラを特定の方向に向けられない)
- 受動的にラフに姿勢を安定化(重力傾斜安定、沿磁力線安定)
- 3軸制御(複雑なシステムが必要だが、特定の方向に衛星を向けられる)
  - 姿勢決定精度、姿勢安定度、指向精度の三種類を定義する必要。

## 2. 通信系への要求

- 1日に獲得するデータ量を下すための回線設計。衛星の姿勢制御、アンテナ配置、地上局、周波数調整、法規など様々な環境条件を考慮して実施。

## 3. 電源系への要求

- 最大電力量、電力使用量(エネルギー量)のバランス、バッテリーサイジング

## 4. 熱制御系への要求

- 各コンポーネントの温度要求値の範囲内に抑える設計

## 5. 構造系への要求

- 打ち上げ時の荷重、振動、衝撃などに耐える設計

# 宇宙開発利用に必要な素養は？

## 1. 衛星・ロケット・コンポ等開発の技術・マネジメント力

- ① 与えられたミッションから設計に落とし込む上流のシステム技術
- ② 宇宙環境・開発の進め方などを熟知した「宇宙特有」の素養
- ③ 一般の電気・通信・熱・構造・制御・ソフト等の要素技術分野の素養
- ④ 大量生産のラインの設計、品質維持などの製造面の素養

## 2. 利用を開拓し、ユーザーと共にそれを継続・発展させる力

- ① 社会問題などに敏感で、宇宙を使って解けるものを見つける構想力
- ② 必要なスペックを持った人材・機関などをつなげる力・ネットワーク力
- ③ ビジネス一般に必要な各種素養(ファイナンス、法等含む)
- ④ 政府のルール・習わしなどを熟知し、利用への予算を引き出せる力

## 3. 国際連携・交渉力

- ① 国際標準のプロトコル(進め方)、ルールなどを熟知していること
- ② 国際的ネットワーク力
- ③ 知らない世界に飛び込んで、何かを持って帰ってこれる力

## 4. どこにも必要:問題解決力、粘り、継続力、決断力---

# 人材獲得・育成における課題

- 他分野から集める
  - 潜在利用者に「宇宙で何ができるか」の情報の提供が必要
    - 各分野の会合に押しかけ、宇宙では何ができるかを講義し、まずは興味を持ってもらう
  - 他分野ではなく「宇宙に参入したい」気持ちをどう醸成するか？
    - 宇宙への興味・ロマンだけでは長続きしない(やがてがっかりする人多数)
    - 宇宙で大もうけした事例が必要？
  - 興味を持ったそれぞれの利用分野の専門家が宇宙の専門家と組むのが有効(伴走。でも、誰がやるのか？)。試行錯誤の回数が必要
- 育てる
  - 試行錯誤が重要なので、POCをQuickにしきい低くできる仕組み
  - アイデアコンテスト(Copernicus Mastersなど)で「考える」ことを推奨
  - JAXAや政府関係者が周りを巻き込んで利用開拓、Start-upを起こす
  - 大学のリモセン関係の研究室などでは、データ解析だけでなく、実際の事業につなげるLast One Mileの検討まで実施させ、起業も推奨

# 宇宙開発利用に必要な素養は？

1. 衛星・ロケット・コンポ等開発の技術・マネジメント力
  - ① 与えられたミッションから設計に落とし込む上流のシステム技術
  - ② 宇宙環境・開発の進め方などを熟知した「宇宙特有」の素養
  - ③ 一般の電気・通信・熱・構造・制御・ソフト等の要素技術分野の素養
  - ④ 大量生産のラインの設計、品質維持などの製造面の素養
2. 利用を開拓し、ユーザーと共にそれを継続・発展させる力
  - ① 社会問題などに敏感で、宇宙を使って解けるものを見つける構想力
  - ② 必要なスペックを持った人材・機関などをつなげる力・ネットワーク力
  - ③ ビジネス一般に必要な各種素養(ファイナンス、法等含む)
  - ④ 政府のルール・習わしなどを熟知し、利用への予算を引き出せる力
3. 国際連携・交渉力
  - ① 国際標準のプロトコル(進め方)、ルールなどを熟知していること
  - ② 国際的ネットワーク力
  - ③ 知らない世界に飛び込んで、何かを持って帰ってこれる力
4. どこにも必要:問題解決力、粘り、継続力、決断力---

# 人材獲得・育成における課題

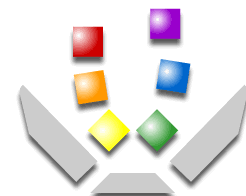
- 日本に最も素養・経験が欠ける分野。宇宙産業は海外の市場を目指さないと成り立たない。
  - 政府の需要だけ受注する際には必要ないので、育ってこなかった
- 他分野から集める
  - 市場拡大を狙う国の**仕組みを知りネットワークをもった企業のOB等**
  - **その国の人を雇う**(日本への貢献のモチベーションをどう作るか?)
    - UNISEC-GLOBALなどで連携している大学の職員・学生など
  - その国に**継続して滞在し、御用聞き**ができる人材を作る
    - **大使館の職員**、JICA、JETROなどの駐在員(2年で変わる人はだめ)
    - **その国の宇宙のコンサル**になるくらいの信頼関係を作る
- 育てる
  - Workshopやイベントに出るだけの学生の海外体験は効果は薄い
  - **キャリアパス**として仕事を見せ、**学生時代からの目標**とさせる
  - **大学レベルでのOJT**の機会提供(UNISEC-GLOBALなどで)
  - 若いころから**海外に行かせて何かを取ってこさせる**教育の機会
    - 海外展開タスクフォースの調査予算などの中で、あるいはASTEC活動の中で



# 大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC)

- **大学・高専のロケット・衛星作りのコミュニティ**
  - 宇宙機関等からの研究開発資金の分配
  - 共同開発、共同購入、ARLISSなどの共同実験の企画運営
  - シンポジウム、合宿、勉強会の開催、学会派遣、技術交流
  - 宇宙機関・メーカー等からの技術支援(部品、コンサルティング、試験設備借用等)の窓口
  - 法的問題、政府手続きへの共同での取り組み、コンサルテーション
  - 宇宙関連講義を航空宇宙学科がないところに提供など
  - **お互いに活動を見合うことにより「ライバル心」に火つける**
- 2003年2月NPO認定 (東京都)
  - 現在、50+団体の加盟、20+企業/200名+の支援

<http://www.unisec.jp>



UNISEC

University Space Engineering Consortium

# UNISECは多くの大学の開発熱に火をつけた - 19年間に50以上の大学衛星が打ち上げられた -



Aug. 2017 © University Space Engineering Consortium. All rights reserved.

教育目的からより実用的な衛星へ(科学、地球観測等)

# UNISECの国際化 UNISEC-GLOBAL

～日本の主導による大学連携組織～

**POC in 60+ regions:** Algeria, Argentina, Bangladesh, Belarus, Bolivia, Brazil, Bulgaria, Canada, Chile, Colombia, Costa Rica, Egypt, Ethiopia, Germany, Ghana, Guatemala, El Salvador, India, Indonesia, Italy, Japan, Kazakh, Kenya, Lebanon, Lithuania, Luxemburg, Malaysia, Mexico, Mongolia, Morocco, Nepal, New Zealand, Nigeria, Oman, Peru, the Philippines, Saudi Arabia, Singapore, Samara, Slovenia, South Korea, Serbia, Spain, South Africa/Angola/Namibia, Sudan, Switzerland, Taiwan, Thailand, Tunisia, Turkey, Ukraine, USA and Vietnam

(赤字はLocal Chapters設立)



24 Local Chapters,  
60 Points of Contact,  
204 university members,  
10 corporate members

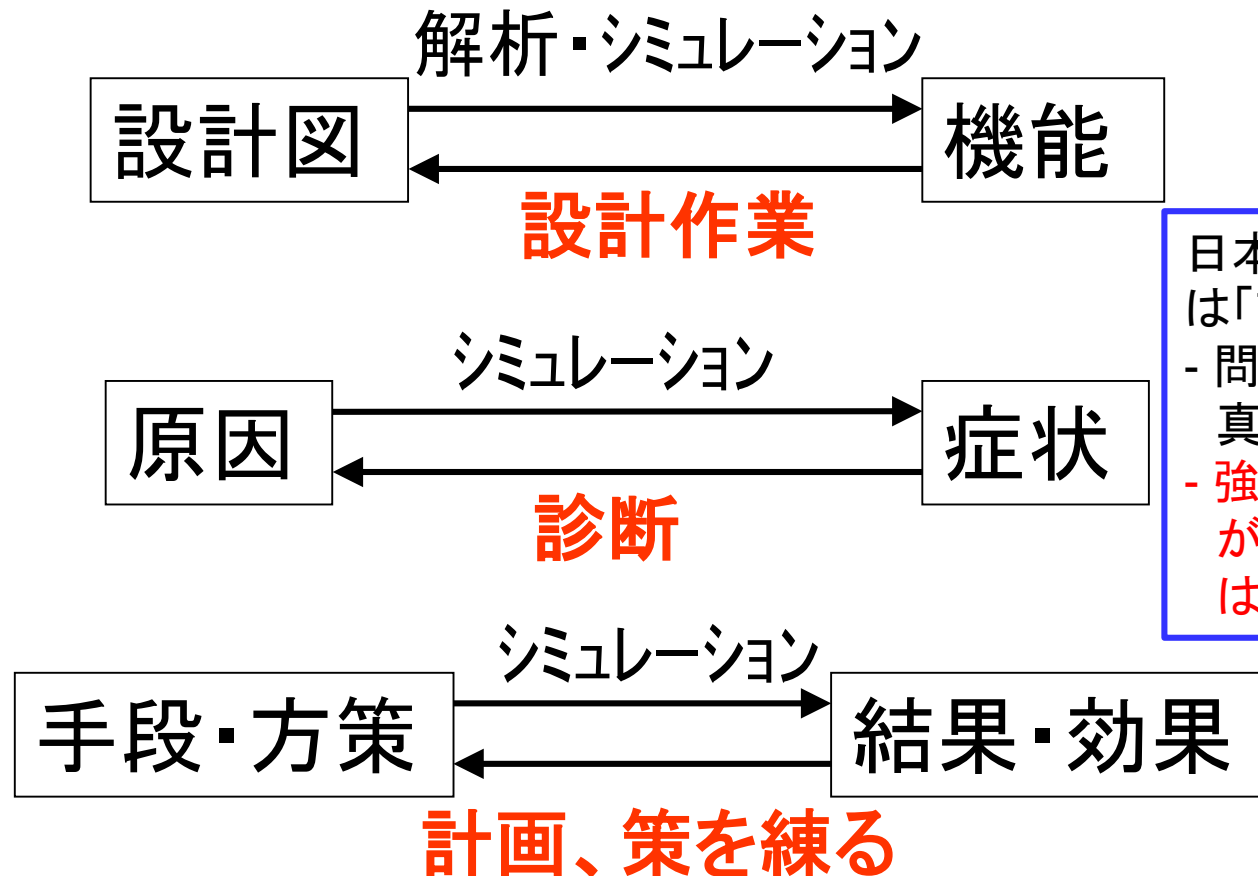
(2017年国連の  
Permanent  
Observer  
の地位獲得)

国際連携プロジェクト斡旋、CANSAT・ミッションアイデアコンテストなどの教育、デブリへの関心醸成、などの活動を実施し、日本がリーダーシップを発揮

# 宇宙開発利用に必要な素養は？

1. 衛星・ロケット・コンポ等開発の技術・マネジメント力
  - ① 与えられたミッションから設計に落とし込む上流のシステム技術
  - ② 宇宙環境・開発の進め方などを熟知した「宇宙特有」の素養
  - ③ 一般の電気・通信・熱・構造・制御・ソフト等の要素技術分野の素養
  - ④ 大量生産のラインの設計、品質維持などの製造面の素養
2. 利用を開拓し、ユーザーと共にそれを継続・発展させる力
  - ① 社会問題などに敏感で、宇宙を使って解けるものを見つける構想力
  - ② 必要なスペックを持った人材・機関などをつなげる力・ネットワーク力
  - ③ ビジネス一般に必要な各種素養(ファイナンス、法等含む)
  - ④ 政府のルール・習わしなどを熟知し、利用への予算を引き出せる力
3. 国際連携・交渉力
  - ① 国際標準のプロトコル(進め方)、ルールなどを熟知していること
  - ② 国際的ネットワーク力
  - ③ 知らない世界に飛び込んで、何かを持って帰ってこれる力
4. どこにも必要: 問題解決力、粘り、継続力、決断力---

# 宇宙プロジェクト＝「問題解決」



日本で教えているのは「前向き推論」

- 問題解決の鍛錬が真に必要
- 強いモチベーションがないと教育効果はあがらない

問題解決(目標を設定し、実現するには何をやればいいのか)を強く意識し、そのためには何を学ばないといけないか、を追究する

# 「問題解決力」の強化が急務

- 社会・人生・地球は複雑な問題解決の課題が山積
  - － 答えがあるかどうかわからない問題ばかり
  - － 特定の分野(科学、数学、経済学、法律など)だけで解ける問題は入試問題まで。
    - あらゆる分野を統合して解く必要
- 解くべき問題に気づくセンスが必要
- 問題解決力の鍛錬の必要性
  - － 「強いモチベーションをもって何かにこだわること」がないと鍛錬できない
    - 宇宙の実PJ(絶対成功させたい!)は格好の題材
  - － 自分で全部解かなくてよい、人の力を組み合わせて解く
    - ネットワーキング力の必要性を感じ、それを試行すること
  - － 失敗が許容できる状況に。その方が答えに早くたどり着く

2001年～ Comeback Competition





2017年の東大チーム：  
ゴール間際、逆光で動  
けなかった1回目の後、  
2回目に目標点到達  
(0m)、優勝！

- 2回目までの2日の時  
間の中で、どうやれば  
逆光問題を解決でき  
るかを真剣に考えた  
成果
- 現地にあるものだけし  
か使えない
- アイデア、実行力

問題解決の鍛錬の場！