

宇宙産業に必要な人材と その育成のあり方について

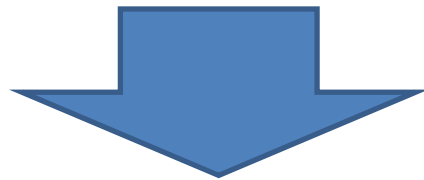
和歌山大学 教授

千葉工業大学 惑星探査研究センター 主席研究員
宇宙開発戦略推進事務局 宇宙政策委員会専門委員

秋山 演亮

今後の宇宙『産業』

- 「宇宙飛行士」や「研究者」で『産業』は廻らない
- ロケットを打ち上げること、衛星を打ち上げすることは「目的」ではなく「手段」
- 「夢」は大切だが社会の維持・日々の生活を護る「現実」も大切



- 宇宙分野によって育まれる夢と希望も確かにあり、また宇宙分野が支える我々の安全 / 安心で豊かな生活があり得る
- 「目的」と「手段」を理解して利用・発展させることが重要

我が国の宇宙開発は
2010年に大きな政策変更を実施

「文部科学省から内閣府へ」

今後の宇宙政策の在り方に関する有識者会議(2010/03) 提言

提言1

『自在な宇宙利用能力』*は、我が国の「外交力・ソフトパワーの維持」および「安全保障」のために「戦略的に維持すべき政策課題」である。

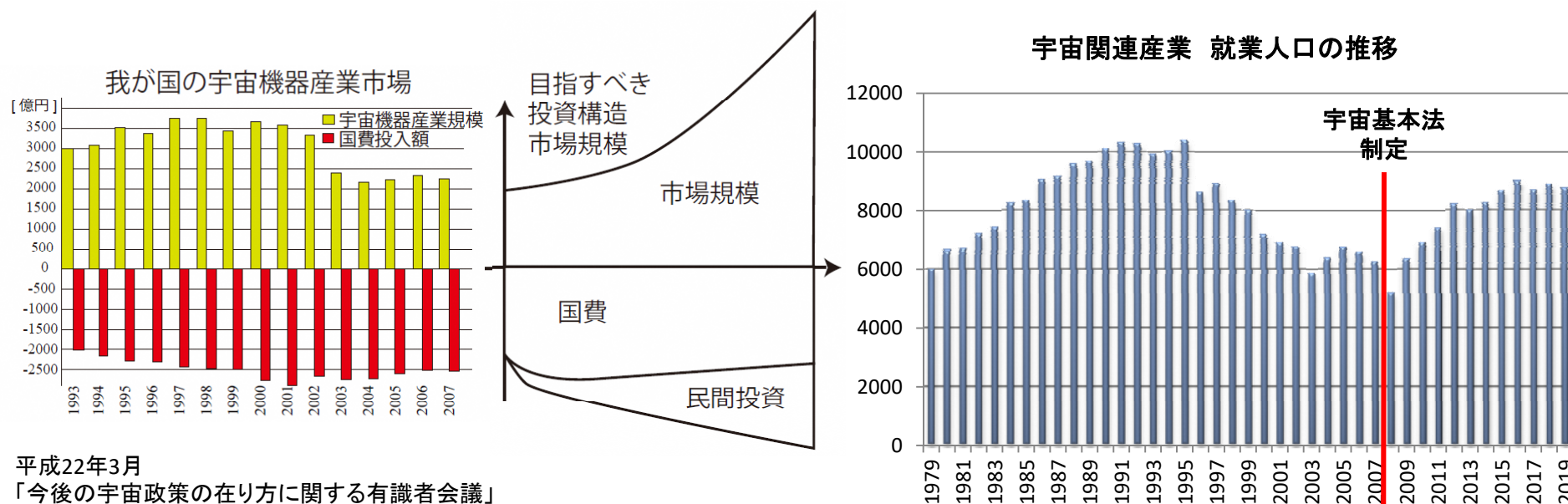
提言2

国の投資が効果的に宇宙政策の実現に寄与し、さらに新規参入を含めた民需の拡大に繋がる施策が緊急かつ最重要な課題である。

提言3

我が国の宇宙政策の透明化、および意思決定と予算執行の一元化を促進するために、内閣府の下に宇宙庁(仮称)を設立するべきである。

⇒ 「目標達成のために、**国内の宇宙産業(人材・技術と製造ライン)の成長が必要**」とされていた



4兆円規模の宇宙産業を支える人材育成プラン

～2050年世界シェア4%以上 研究者3万人高度技術者2万人その他就業者11万～

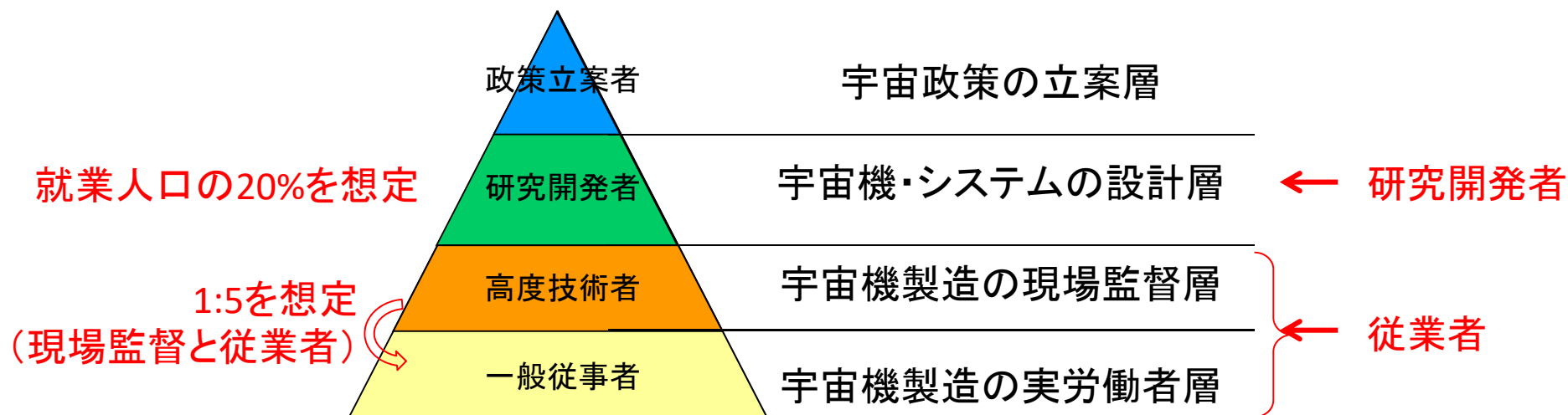
2050年における宇宙ビジネス市場規模(グローバル)



*1 三菱UFJリサーチ&コンサルティングウェブサイトから2016年における平均TTMを算出(1ドル=108.84円)

- 2050年には世界の宇宙ビジネス市場規模は200.7兆円。波及的産業を除く宇宙関連産業83.1兆円のうち日本が各分野**最低4%シェア獲得**を目指す場合の市場規模は**約4.4兆円**。(現状4%以上のシェア獲得分野は現状維持を想定)
- 宇宙機器産業(輸送系 / 宇宙機 / 地上系)だけで約5万人、観測分野で約2万人、電気通信事業 / コンシューマサービスで約9.3万人、合計で**16万人**(**研究者約3万人、高度技術者2万人、その他就業者11万人**)にもおよぶ人材が必要。

想定される必要人材数



レイヤー	2020年代 前半	2020年代 後半	2030年代 前半	2030年代 後半	2040年代 前半	2040年代 後半
研究開発者	4374	4,499	5,499	8,874	16,874	32,499
高度技術者	771	816	1,442	3,889	9,941	21,847
一般従事者	3,855	4,078	7,211	19,446	49,704	109,234
合計	9,000	9,393	14,152	32,209	76,519	163,580

市場規模は指数関数的に増加すると仮定し、2020年代前半と2040年代の市場規模から従業員数を算出。

今日的に求められる高度技術者とは？

- 全産業においてシステム人材(アーキテクト)が不足
→小プロジェクトを起ち上げから終了まで廻すことで得られる人材
- 「判断」出来る人材
→25～30: 社会に出て様々な事を学ぶ
30～35: 各分野で責任を担い判断が求められる
- 技術営業が出来る人材 / 融資を獲得出来る人材
→得られるデータや機会をどのように一般の生活に活かせるか考えられる人材、きちんと説明して売り込める人材(エレベータートーク等)

プロジェクト体験
「知識」の実活用
自然への挑戦

3ヶ月～半年ぐらいのプロジェクト体験

1年以上の長期プロジェクト

宇宙甲子園

大学共同実験

インターン
高度実験

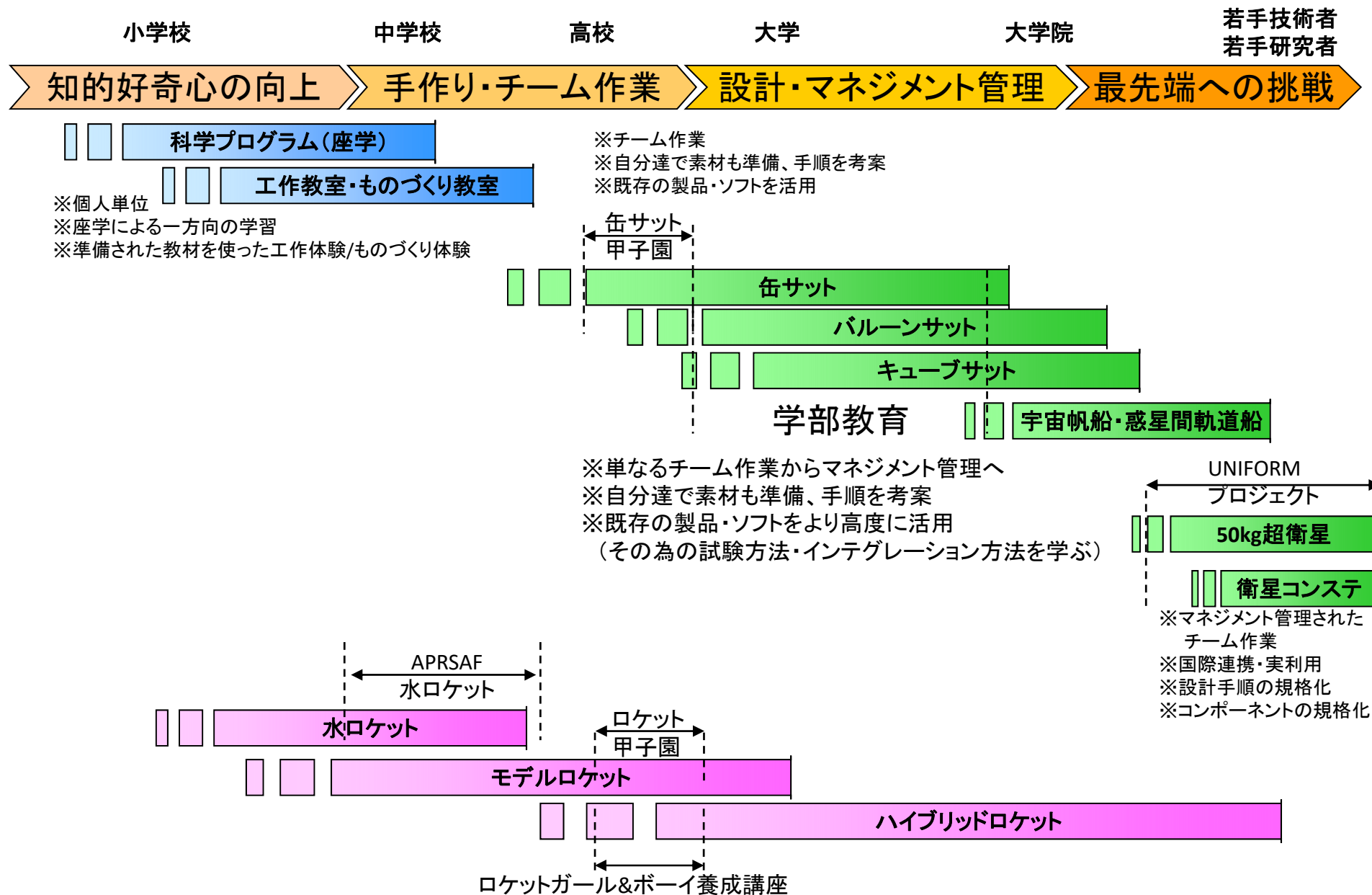
オン・ザ・ジョブ
トレーニング



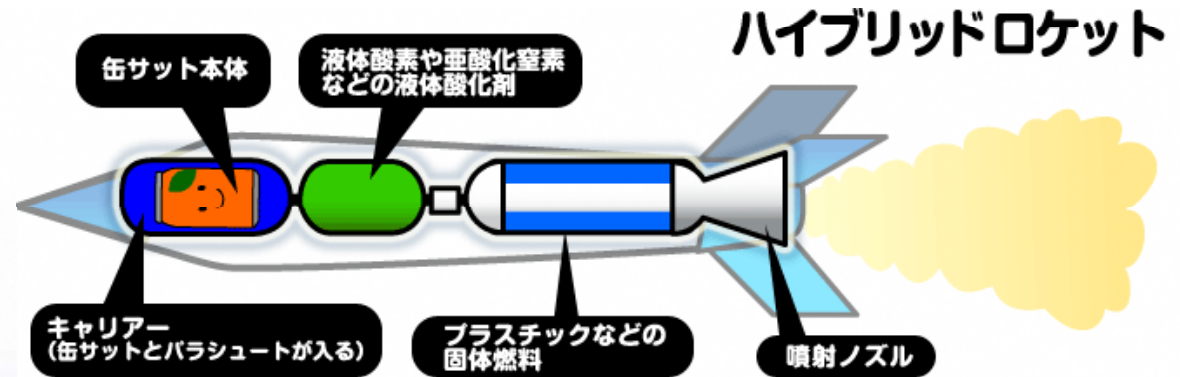
ベースとなる「知識」の学び、先人の軌跡の振り返りによる気づき

- 「夢」の育み
- 「興味」「関心」喚起
 - 「知識」の蓄積
 - 「チーム」による作業
 - 「社会との関わり
 - 「目的」の設定と実現する「手段」への挑戦
 - 「決断」の体験
- 「社会実装」への責任
- 「最先端」「高度技術」への挑戦

宇宙教育の対象と目的、具体的なプログラム



小型ロケットの打上/燃焼試験 教材



- ハイブリッドロケットは、爆発物・高圧ガスを使わない、安全なロケットです。
- 国内で十分な打上実績があり、打上に際しての安全基準も確立しています。
- 打上高度は、陸上発射/陸上回収の場合は500m～1km程度で、陸上発射 / 海上改修の場合は～20kmです。
- 高校生/大学生向けの実践的なプロジェクトを通じた活動としては、最適とされる数名のチーム活動によって実現することができます。
- 輸送系のマネジメントに留まらず、搭載物(缶サット)との調整マネジメントなども実践できます。



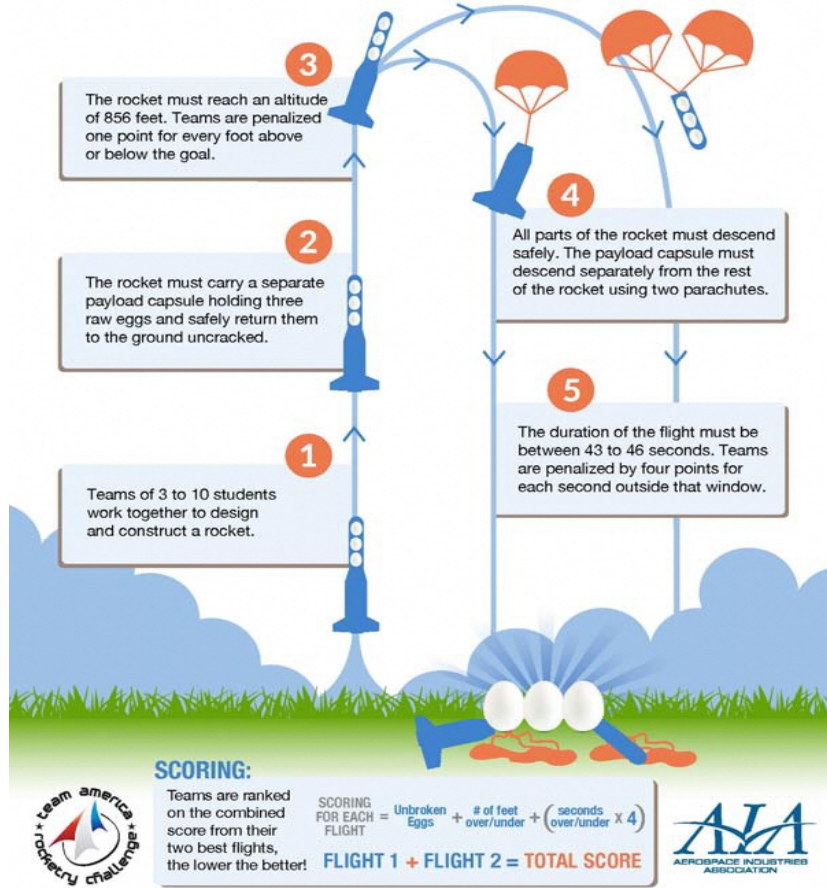
上空撮影動画（キャプチャー）



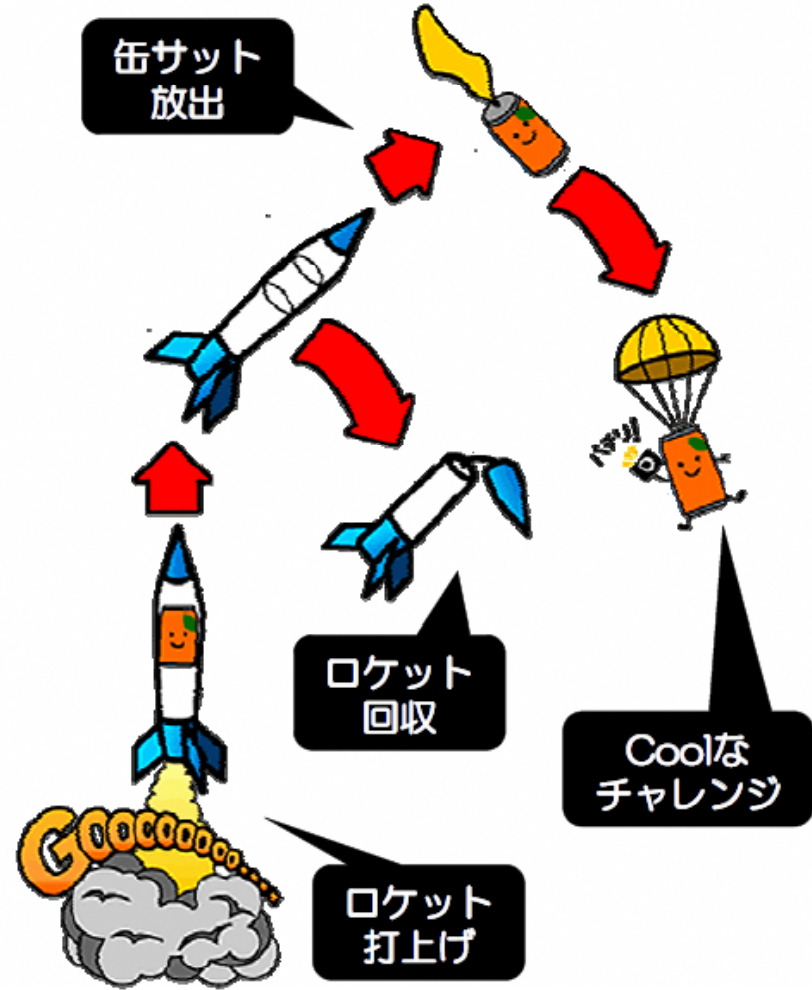


ロケット甲子園

Team America Rocketry Challenge 2019 Explained



缶サット甲子園



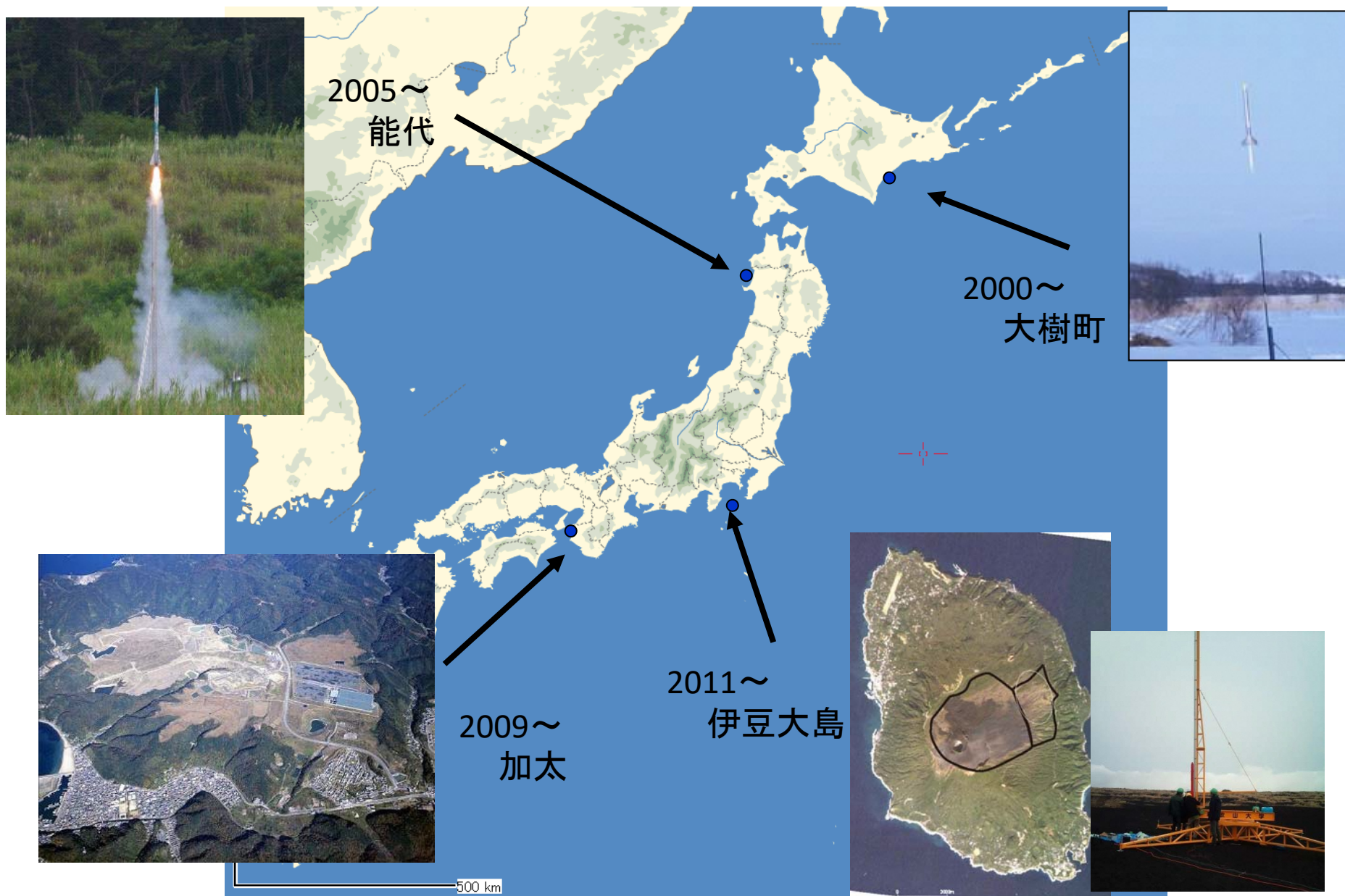
天測甲子園



「宇宙甲子園」に属する各甲子園

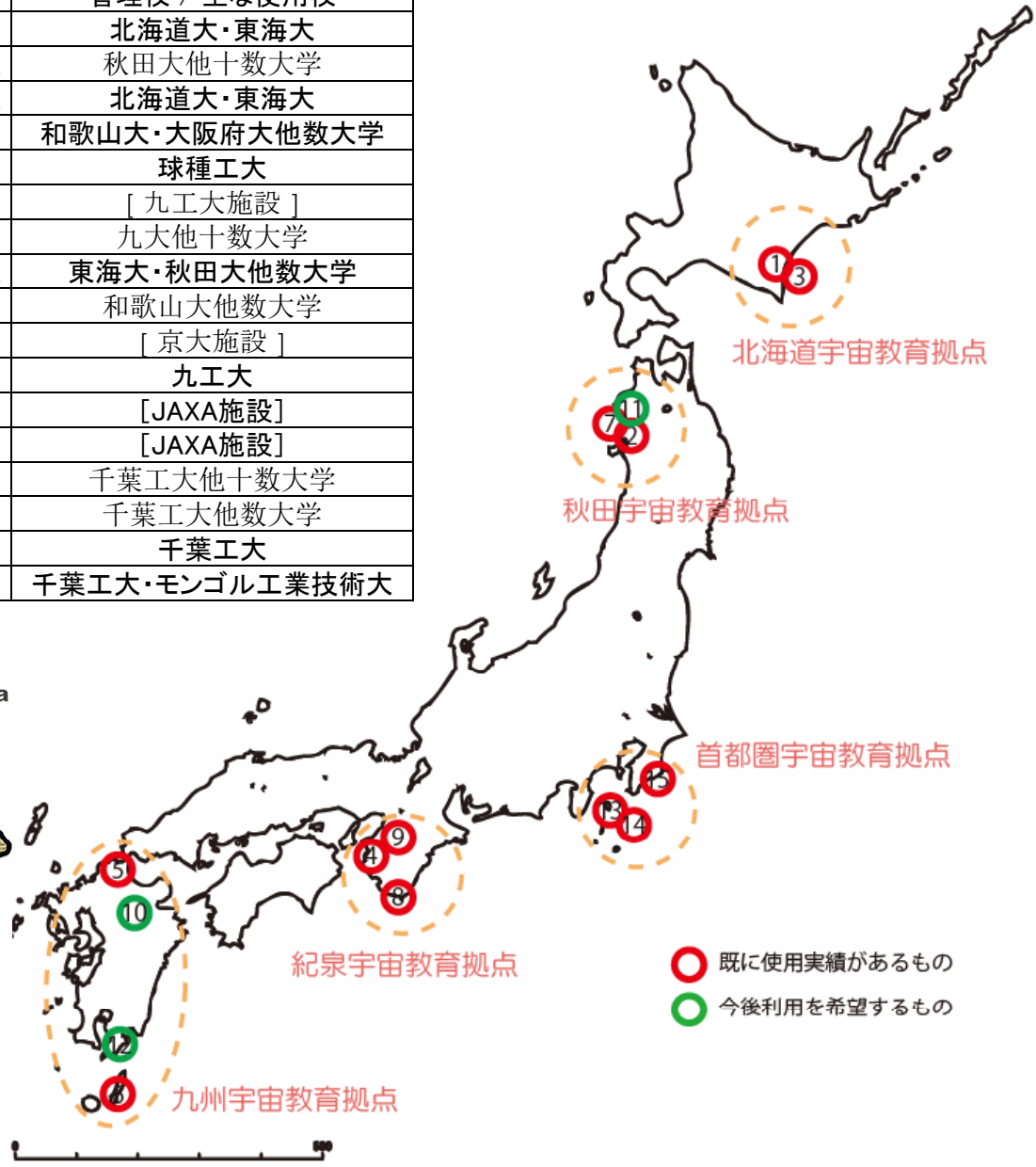
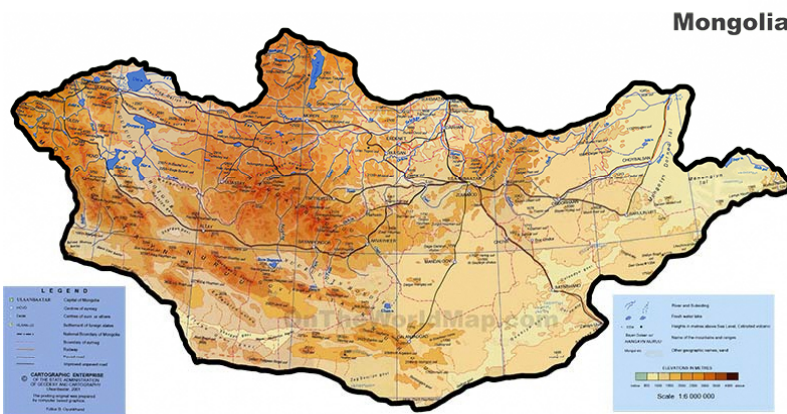
名称	目的	対象	予選	全国大会	海外大会
缶サット 甲子園 (毎年開催)	衛星に見立てた空き缶サイズの自律動作機機を空中に打ち上げ、落下までのcoolな活動を競う。評価は非定量相対評価。	各高校を代表する3~4名の高校生で構成された1チーム。毎年春に参加公募を行い、夏休み頃までに地方大会を実施。全国大会は冬休み時期に開催。	全国大会主催者が認定する運営団体により地方大会を開催する。(全国で最大20箇所程度)参加チームはどの地方大会にも参加できるが、参加機会は1回とする。	各地方大会参加校数比により参加校数を決定し、最大20校チームで実施。全国大会会場は地方大会実施地域から全国大会事務局が選定する。	主催者であるESAの承認が得られた場合日本代表としてEuropean CanSat Competitionへのオブザーバ参加権を得る。
ロケット 甲子園 (毎年開催)	搭載物(生卵)・機体を破損することなく、規定の高度・滞空時間ロケットを飛翔させる正確さを競う。評価は定量評価。	同一組織に所属する3~10名の中学生・高校生から構成されるチーム。同一組織から複数チームが参加可能だが、各個人は別組織からであっても複数回参加不可毎年春に参加公募を行い、夏休み頃までに地方大会を実施。全国大会は秋に開催	全国大会主催者が認定する予選会で実施。予選会数には上限を設けない。同一地域で複数回、複数時期に実施可能。予選会ではエンジン推力を半分(全国大会はF型、予選大会はE型)を使うことで飛翔高度を抑える。	全国の予選会上位最大20チームを選抜して実施。全国大会会場は静岡県あさぎりフードパークとする。	主催者である英米仏航空宇宙工業会の承認が得られた場合、日本代表としてRocketry Challengeへのオブザーバ参加権を得る。
(TBD) 気球甲子園 (随時開催)	成層圏で稼動する装置の製造・運用を行い、技術的な高度さ・安定性を競う。評価は行わない。	高校生チーム。	実施時に書類審査。	予選を通過したチームの機器を搭載して実施。	無し。ただし欧州のASGARD公募時に紹介有り。
(TBD) 天測甲子園 (通年開催)	様々な天文・地文現象を計測し、その測定精度と誤差分析の正しさを競う過去・現在・未来の中高生との競技であり、実施時期は問わない。同一物理量の計測に関しては、評価を行う。	中学生・高校生チーム	無し	計測方法・結果分析を「天測絵馬」として奉納。同一物理量に関しては過去年度分を上回った場合は最上位表示とし、他は絵馬記録として保管する。	無し。ただし奉納絵馬は将来的に、web上で海外にも公開し勝負を募る。

首都圏(人口密集地)では不可能な共同実験

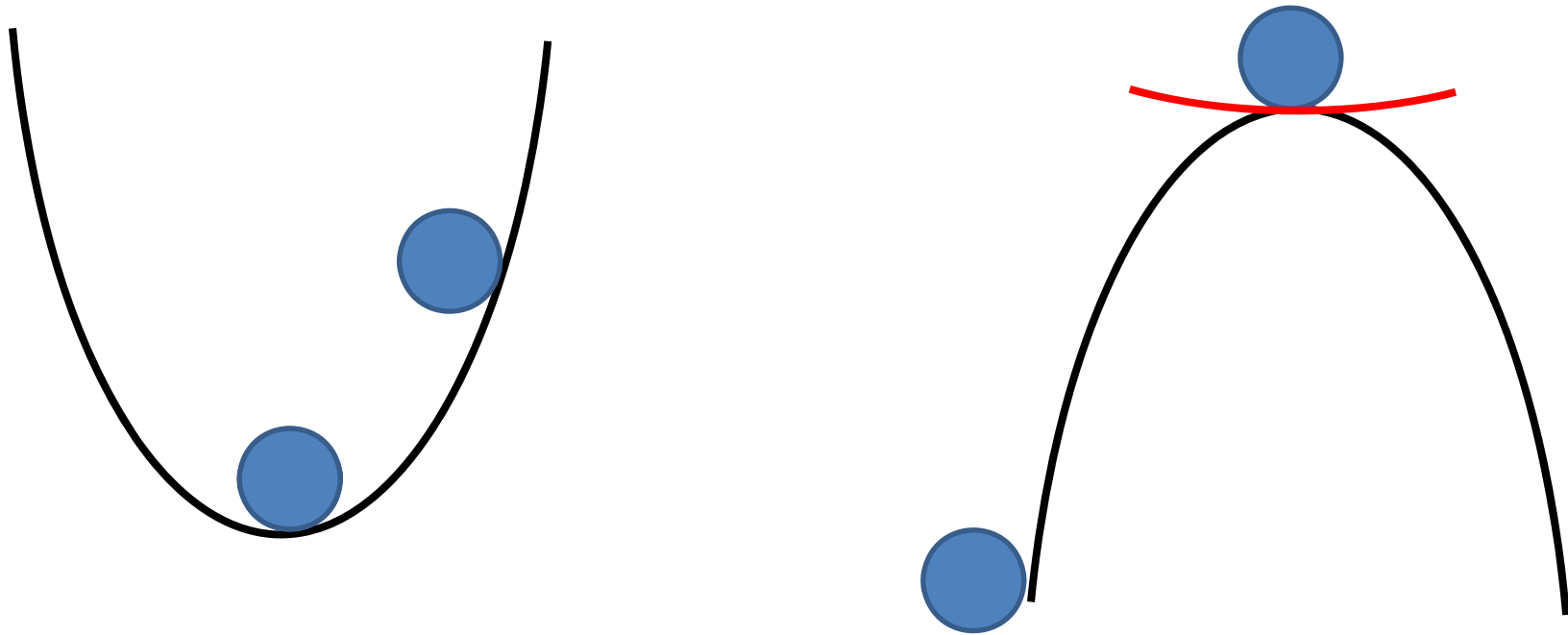


日本の大学 / 学生が利用している宇宙教育試験場

	所在地	種類	着地点	高度規制	利用時期	管理校 / 主な使用校
①	北海道大樹町	射場	陸	1km	3月	北海道大・東海大
②	秋田県能代市	射場	陸	400m	春・夏・秋	秋田大他十数大学
③	北海道大樹町	射場	陸	10km	春・夏・秋	北海道大・東海大
④	和歌山県加太	射場	陸	400m	通年	和歌山大・大阪府大他数大学
⑤	福岡県北九州市	射場	陸	800m	通年	球種工大
		各種衛星試験			通年	[九工大施設]
⑥	鹿児島県種子島	射場	陸	600m	3月	九大他十数大学
⑦	秋田県能代市	射場	海	10km	春・夏・秋	東海大・秋田大他数大学
⑧	和歌山県串本	気球	海	40km	通年	和歌山大他数大学
⑨	大阪府熊取	耐高エネルギー粒子試験			通年	[京大施設]
⑩	大分県日出生台	射場	陸	5km	通年	九工大
⑪	秋田県能代市	地上燃焼試験			通年	[JAXA施設]
⑫	鹿児島県内之浦	射場	海	最低5km	通年	[JAXA施設]
⑬	東京都伊豆大島	射場	陸	1km	通年	千葉工大他十数大学
⑭	東京都伊豆大島	射場	海		通年	千葉工大他数大学
⑮	千葉県御宿	射場	海		通年	千葉工大
⑯	モンゴル	気球	陸	40km	通年	千葉工大・モンゴル工業技術大



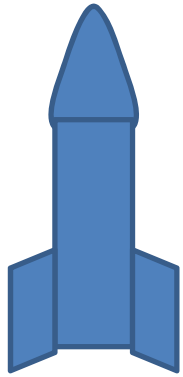
○ 既に使用実績があるもの
○ 今後利用を希望するもの



危ない事をやってはいけない

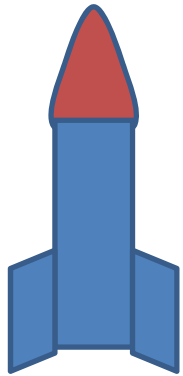
危ないままで

共同実験での人材育成の狙い



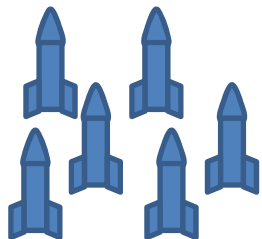
1. 打上プロジェクトメンバーとして学ぶ

- プロジェクトの一員として、チームによる「仕事」への参加やプロジェクトの推進方法を学びます
- Active Learningにより、STEM教育に参加します。加えて安全に関する考え方を学び必要な知識を学習します。



2. プロジェクトリーダーとして学ぶ

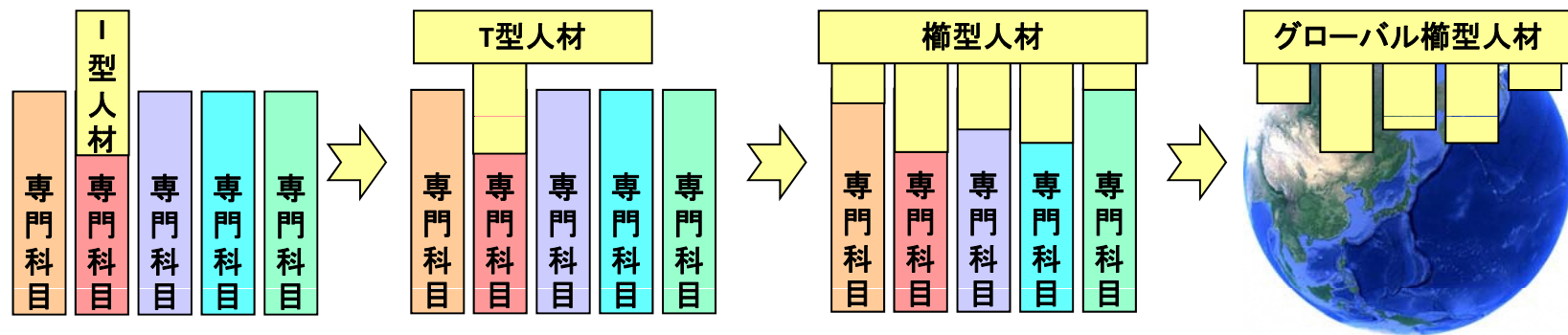
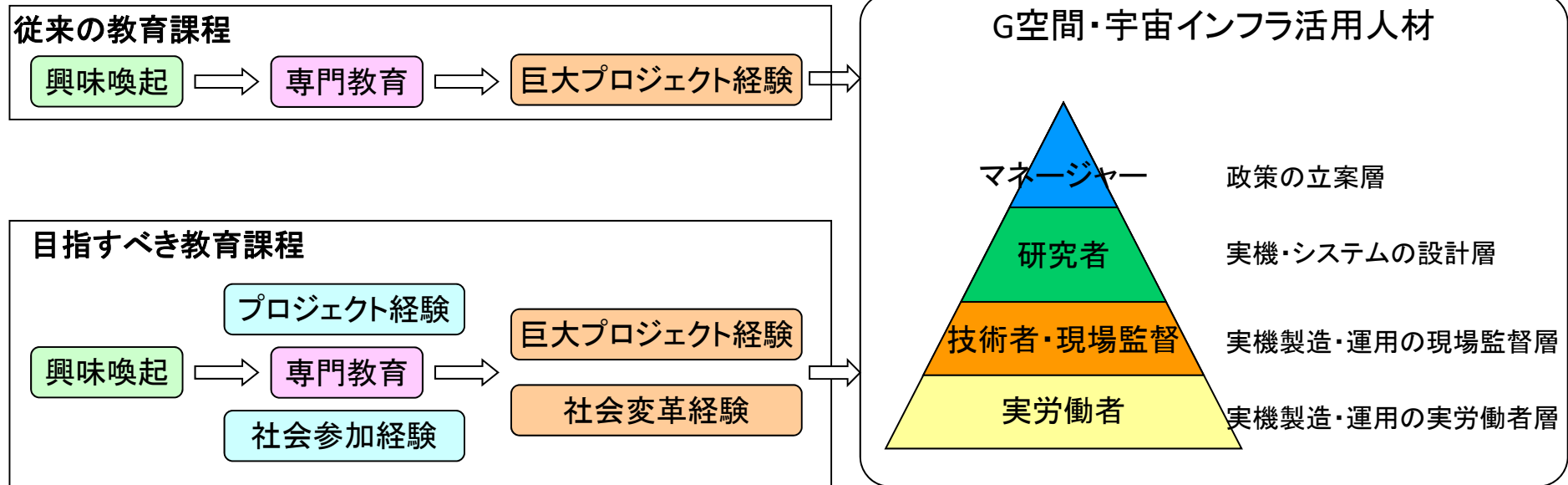
- プロジェクトの目標設定とリーダーとしての自プロジェクトの進め方、取り纏め方を学びます。
- 共同実験運営や他プロジェクトの折衝を通じて、ステークホルダーとの調整能力を育成します。



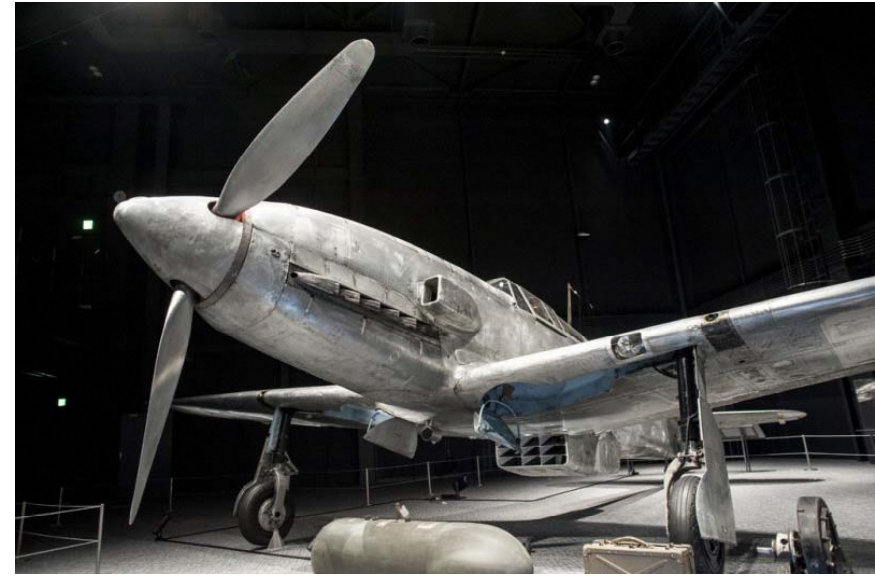
3. 共同実験運営として学ぶ

- 各プロジェクト間の調整、自治体や関係省との調整を通じて、ステークホルダーとの調整能力を育成します。
- 周囲が「安心」できる実験環境整備を通じて、管理能力/調整能力を育成します。

宇宙教育が目指す教育課程



岐阜県の強み



『歴史』から学ぶ
各務原航空宇宙博物館

『宇宙教育』を支える
高校・大学の教師陣



宇宙産業のサプライチェーン構造

和歌山大学 教授

千葉工業大学 惑星探査研究センター 主席研究員
宇宙開発戦略推進事務局 宇宙政策委員会専門委員

秋山 演亮

シリーズ 人(ひと)

和歌山大学で最も金を稼ぐ男

◆ 国内最大級のパラボラアンテナ

和歌山大学前(ふじと台)駅の駅前から、起伏の緩やかな坂道をバスで何度か上り下りして数分走ると、小高い丘に臨む和歌山大学がある。構内から総合研究棟に向かう途中、パラボラアンテナが視界に入ってきた。大学の「稼ぎ頭」と呼ばれる秋山演亮教授(写真1)が建てたものだ。空に向けてそびえ立つその姿は教授の象徴のようにも思える。



写真1 和歌山大学クロスカル教育機構 教授 秋山演亮(あきやま ひろあき)氏

旧有識者会議メンバー
2010

松井孝典 先生

薬師寺 先生

中須賀 先生

山川 先生

秋山

初期 2012

宇宙政策委員会メンバー



JAXA 理事長

2018

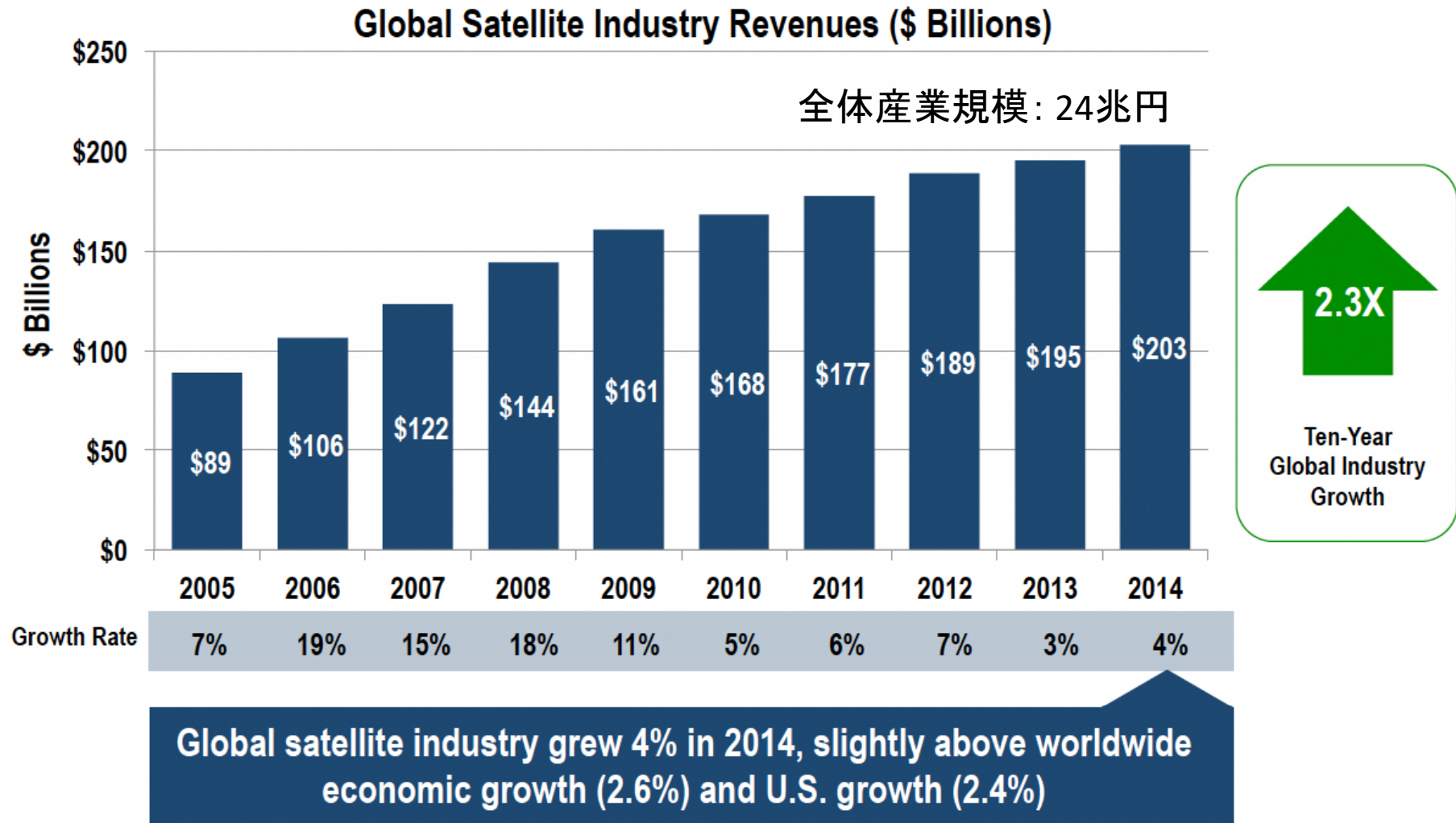


宇宙政策委員会 専門委員

(海外案件担当)

2018

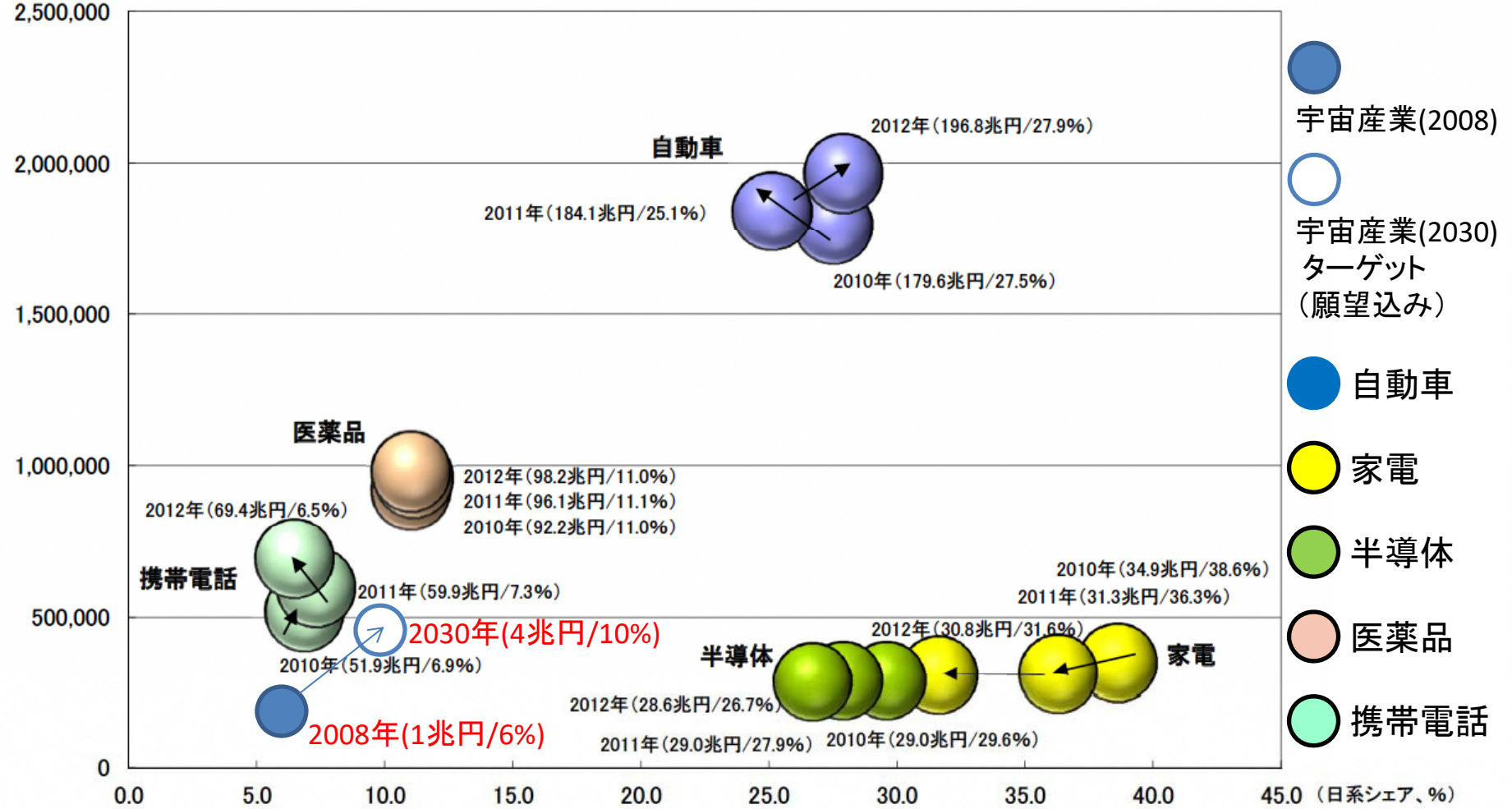
世界の宇宙産業規模(全体)



2010年～2012年カテゴリ別市場規模および日系シェア推移(30兆円以上:2012年市場規模)

(市場規模、億円)

凡例:年(世界市場規模/日系シェア)

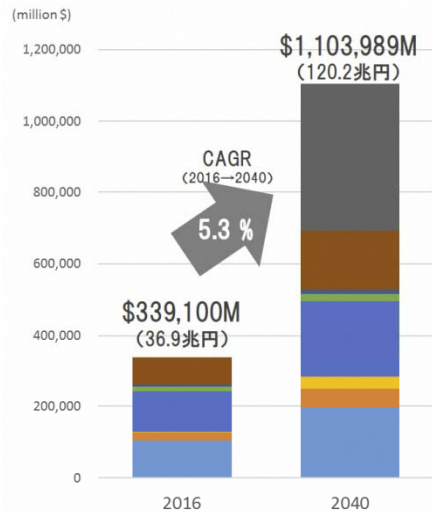


「我が国企業の国際競争ポジションの定量的調査」 経済産業省・富士キメラ総研26年3月

「宇宙ビジネス」市場規模の予測

総務省 宙を拓くタスクフォース(第6回)(株)NTTデータ経営研究所資料より抜粋

宇宙ビジネス市場規模予測(モルガン・スタンレー)



インダストリー毎の市場見通し

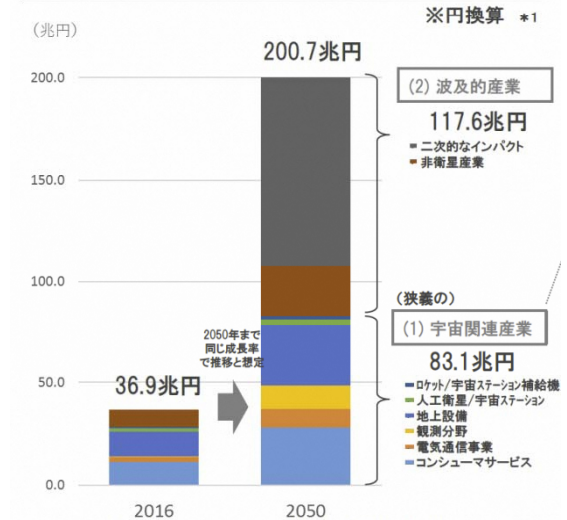
インダストリー毎の見通し	CAGR (2016→2040)
■ 二次的なインパクト	-
■ 非衛星産業	3.1%
■ ロケット/宇宙ステーション補給機	3.0%
■ 人工衛星/宇宙ステーション	1.6%
■ 地上設備	2.7%
■ 観測分野	12.4%
■ 電気通信事業	4.1%
■ コンシューマサービス (TV, ラジオ, ブロードバンド)	2.7%

出所: Morgan Stanley, 『Space: Investment Implications of the Final Frontier』(2017年10月)

2040年の世界市場規模予測

推定

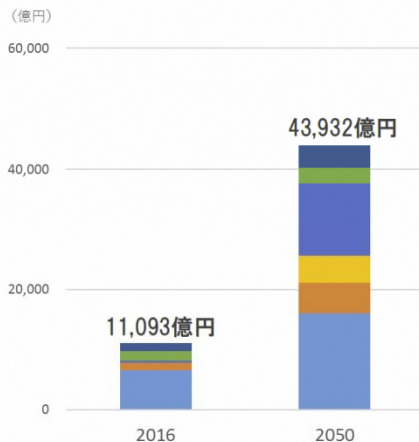
2050年における宇宙ビジネス市場規模(グローバル)



*1 三菱UFJリサーチ&コンサルティングウェブサイトから2016年における平均TTMを算出(1ドル=108.84円)

2050年の国内市場規模予測

国内市場予測 - (1)宇宙関連産業



各セグメントにおける内訳

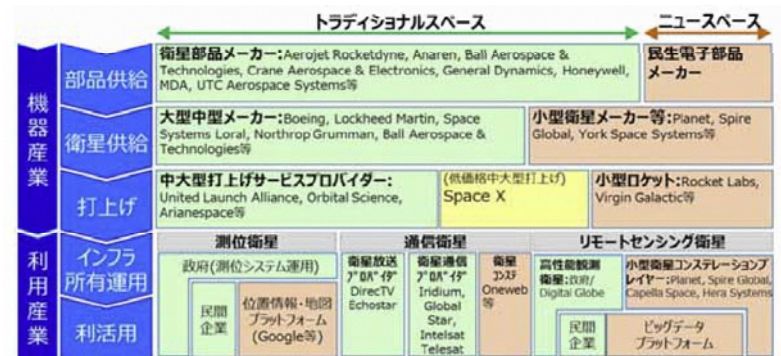
セグメント	国内市場規模(億円)		グローバルシェア (2016時点)	年平均成長率 CAGR (2016→2050)
	2016	2050(予測)	(2016時点)	(2016→2050)
■ ロケット/宇宙ステーション補給機	1,356 ^{*3}	3,665	22.7%	3.0%
■ 人工衛星/宇宙ステーション	1,556 ^{*3}	2,633	10.3%	1.6%
■ 地上設備 *1	357 ^{*3}	12,031	0.3%	10.9%
■ 観測分野	16	4,523	0.7%	18.1%
■ 電気通信事業	1,254	4,983	5.5%	4.1%
■ コンシューマサービス (BS・CS放送事業)*2	6,554	16,097	5.8%	2.7%

※ 2050年までに世界シェア4.0%に到達するよう高い成長率を設定。

*1 グローバル市場側の「地上設備」にはGNSSチップセット等、日本航空宇宙工業会「宇宙産業データブック」の分類における「民生機器」の一部が含まれているとみられるため、実際の世界シェアはもっと高い可能性がある。
 *2 グローバル市場側の「コンシューマサービス」にはブロードバンドサービスも含まれており、国内でも当該セグメントの今後の成長においてはブロードバンドサービスの出現・成長が寄与すると考えられる。
 *3 日本航空宇宙工業会「宇宙産業データブック」の分類では、宇宙機器産業において「ソフトウェア」分野が独立して示されているため、グローバル市場の分類と平仄をとるため2016年時点の他分野市場の構成比に応じて振り分けを実施。

Space-X等が安価な輸送系を実用化することで現状のシェアを維持できるのか？

MELCOのロラール衛星受注が終了し、HTVの打上げが止まると大きくシェアが落ちる？



2050年 狭義の国内宇宙ビジネス市場

日本政策投資銀行 (出典: 内閣府「我が国の宇宙機器産業の課題、現状及び対応の方向性検討」における論点」等に基づき当作作成)

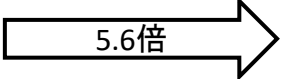
市場規模予測からみる従業員数推定

赤字は予測・推定

	2016
■ ロケット/宇宙ステーション補給機	1,356 ^{*3}
■ 人工衛星/宇宙ステーション	1,556 ^{*3}
■ 地上設備 *1	357 ^{*3}
■ 観測分野	16
■ 電気通信事業	1,254
■ コンシューマサービス (BS・CS放送事業)*2	6,554

売上 3269億円
内研究開発費 70億円
従事者 8980名

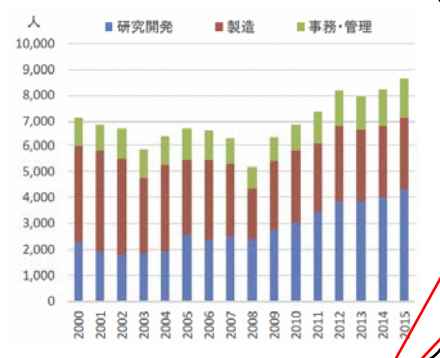
従事者1人あたりの売上げ0.36億
研究開発費 78万円
cf. 全産業では売上げ0.24億円 / 1人



2050年予測
売上 1兆8329億円
内研究開発費 392億円
従事者 50,288名

	2050(予測)
	3,665
	2,633
	12,031
	4,523
	4,983
	16,097

2018年度の科学技術研究費は全体で19兆5260億円。研究者数は87万4800人。一人当たりの研究費は2232万円となるので、**宇宙関連の研究開発費70億円から考えると研究者数は313名が妥当。しかし実際の内訳では4000名近くと研究開発偏重が続いている。**



19,665名
0.23億/人

13,467名
0.37億/人

80,485名
0.2億/人

合計 163,905名

統計局2016資料 産業別売上げ・従業員数

	売上げ(億円)	従業員数(人)	1人あたり売上げ
全産業	16,247,140	56,873,000	0.29
農林漁業(個人経営を除く)	49,940	363,000	0.14
鉱業, 採石業, 砂利採取業	20,440	19,000	1.08
建設業	1,084,510	3,691,000	0.29
製造業	3,962,750	8,864,000	0.45
電気・ガス・熱供給・水道業	262,420	188,000	1.40
情報通信業	599,460	1,642,000	0.37
運輸業, 郵便業	647,910	3,197,000	0.20
卸売業, 小売業	5,007,940	11,844,000	0.42
金融業, 保険業	1,251,300	1,530,000	0.82
不動産業, 物品賃貸業	460,550	1,462,000	0.32
学術研究, 専門・技術サービス業	415,020	1,843,000	0.23
宿泊業, 飲食サービス業	254,810	5,362,000	0.05
生活関連サービス業, 娯楽業	456,610	2,421,000	0.19
教育, 学習支援業	154,100	1,828,000	0.08
医療, 福祉	1,114,880	7,375,000	0.15
複合サービス事業	95,960	484,000	0.20
サービス業(他に分類されないもの)	408,540	4,760,000	0.09

研究開発費から見た研究者数は1756名が妥当だが、2015年度割合(48.6%)で考えると2050年度には79,658人も必要となる。

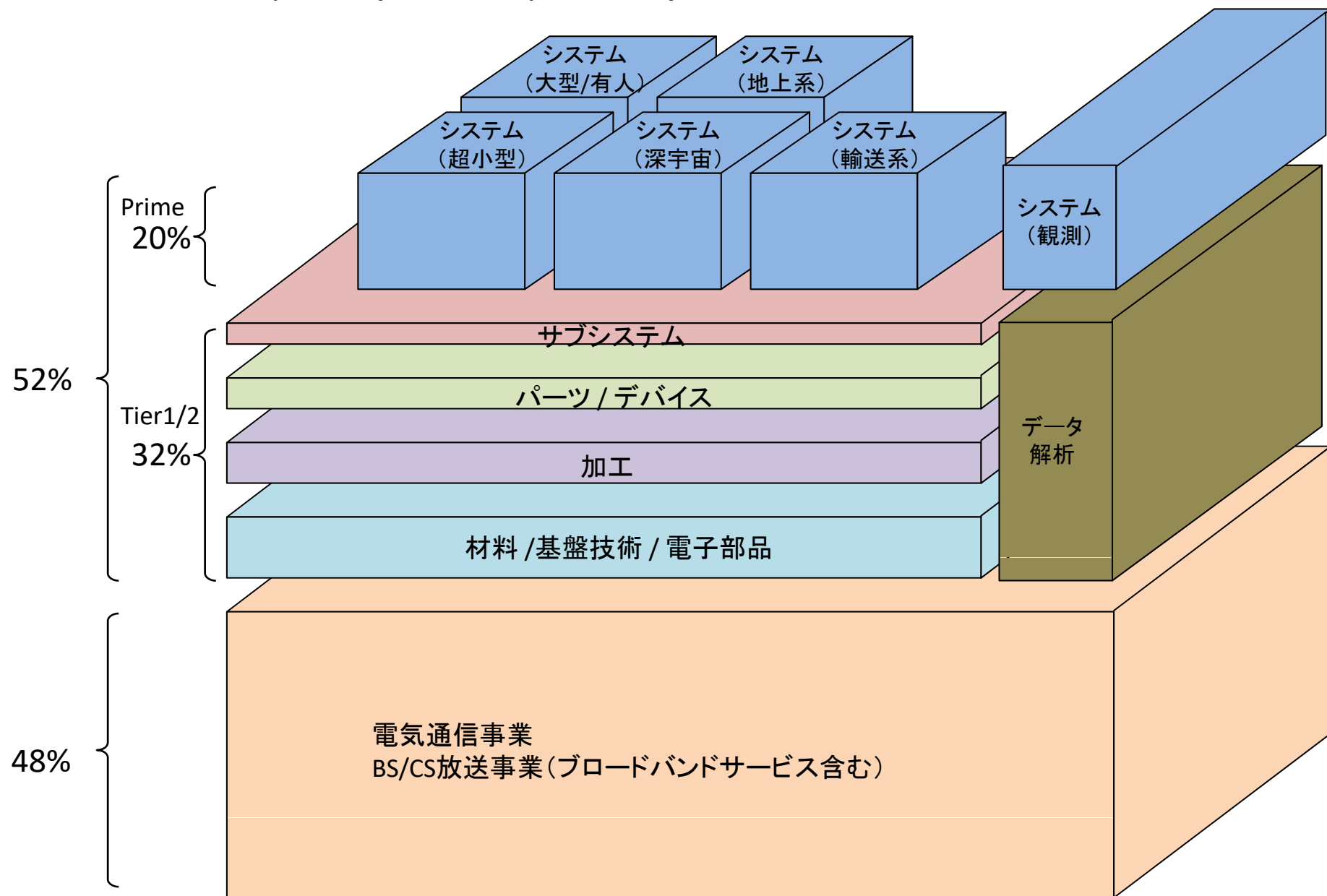
一方、全産業で見た場合、研究者数の割合は平均8.79%、製造業だけに限っても10.52%、専門技術サービス業では19.27%に留まっている。

産業として機能するためには20%程度まで抑える必要がある(32,781人)が、そもそも2012年段階で宇宙関係学科の入学定員は博士450名(学部1,681名・修士1,819名)に過ぎず、博士卒が全員研究者に成り就労年数を40年としても18,000人に留まる。(この場合の研究者割合は10.98%)

他分野からの研究者の新規参入を進める必要がある。

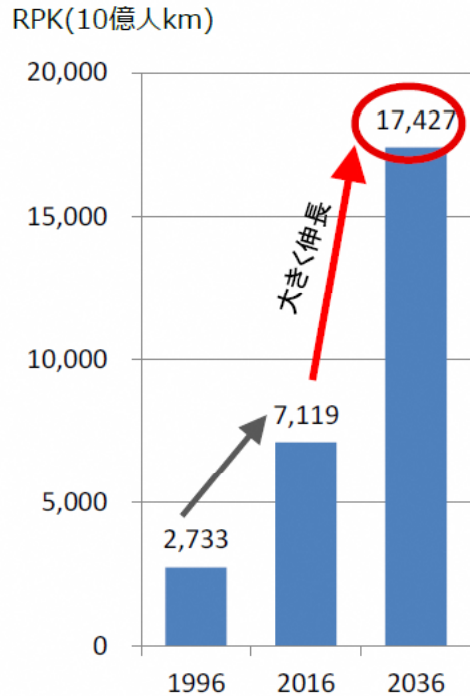
2050年における狭義の宇宙関連分野就業人口内訳

(就業人口 163,580人 / 市場 43,932億円 / 世界シェア分野別に最低でも4%確保した場合)

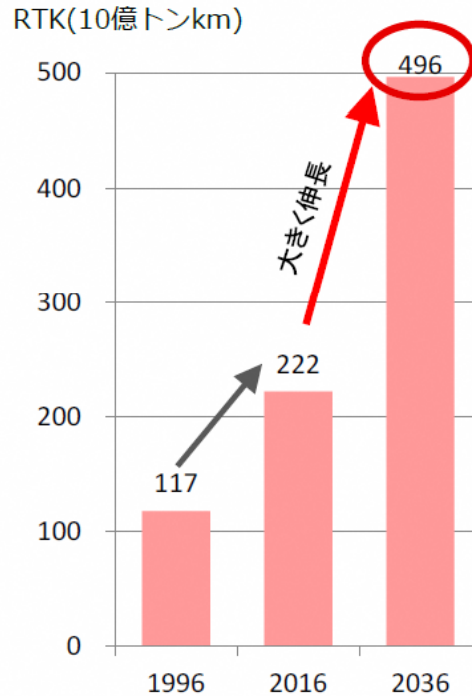


民間航空機市場の成長見込みとの比較

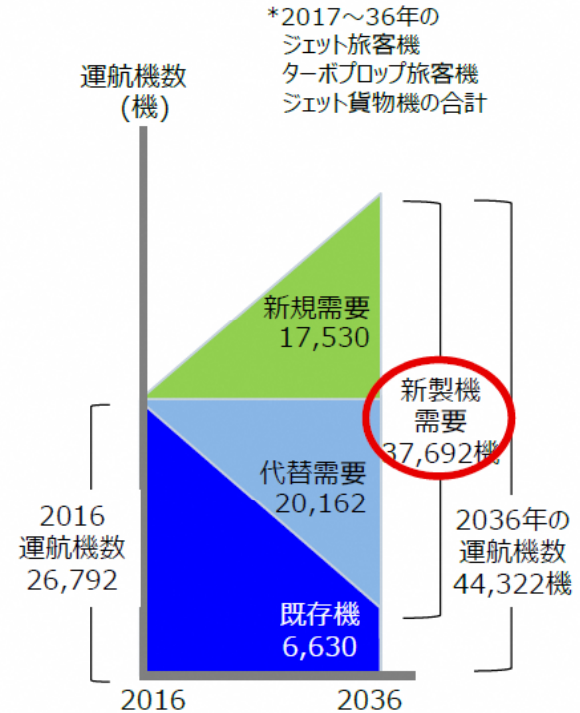
【図表1.世界の航空旅客需要予測】



【図表2.世界の航空貨物需要予測】



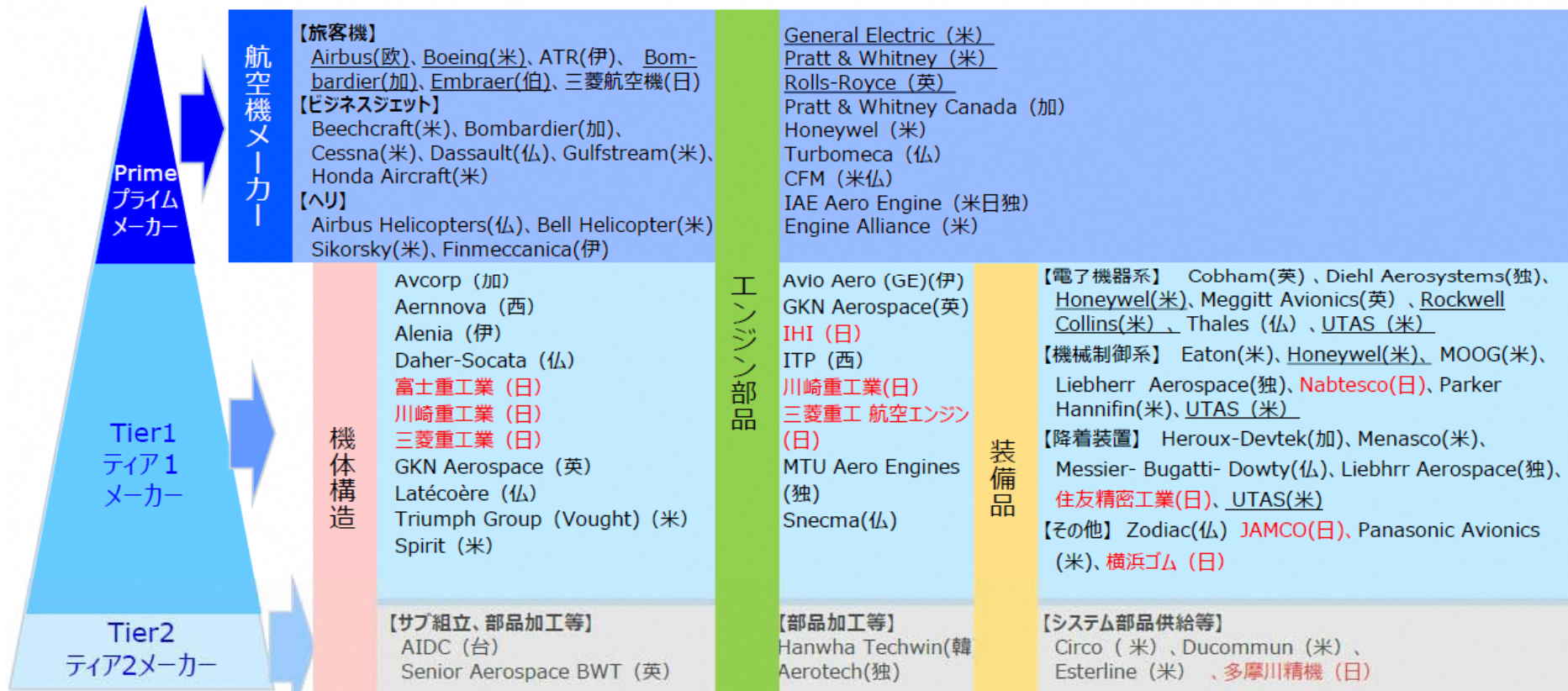
【図表3.航空機の機材別納入機数*】



注釈) RPK (Revenue Passenger Kilometers) : 有償旅客キロメートル、RTK (Revenue Ton Kilometers) : 有償貨物トンキロメートル
資料) 日本航空機開発協会(JADC)「民間航空機に関する市場予測2017-2036」2017.3より三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

- 民間航空機市場は年率約5%での成長が見込まれており、宇宙産業市場と類似している。(宇宙産業市場も5.3%の成長見込み)
- 市場成長は幾何級数的ではなく、指数関数的な増加が見込まれている。産業を支える人口に関しても指数関数的な増加を見込むべき。

民間航空機製造にみる業界構造



資料) 中部経済産業局「航空機産業海外ビジネスのヒントと知財対策」2017.2 より三菱UFリサーチ&コンサルティング 作成

- 民間航空機製造分野では国際分業が進んでおり、日本企業はPrimeでは無くほとんどがTier1。
- 我が国として衛星系 / 輸送系のPrimeを維持すべきであるが、海外企業PrimeのTier1・Tier2としても参画すべき。
- Prime、Tier1/2に供給される人材像は、必ずしも同一では無い。

10年後の宇宙産業ではなく 5年後の売上を！

- 「宇宙教育」を1つの産業に
 - 高校 / 大学と通貫の宇宙教育体験（県内の高校生・大学生に向けて）
 - 打上実験 / 気球実験機会等の提供（県外の高校生 / 大学生、一般 / 社会人に向けて）
ex. ベンチャーは新人を採らない。他産業からの再就職訓練
- 既存の企業との相談 / 営業活動の強化
 - 3年以内の「エアショー」への各企業ブース出展
 - 5年以内の売上げ

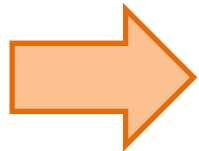
ポイント

「技術力」よりも「チャレンジ精神」のある社長と会社が重要

- 「平時」が続くのであれば、宇宙関連分野は日常生活を含めた様々な分野に拡大 ← 産業種別に寄らない
- ISO等の品質保証は必ずしも必須ではない
- 宇宙に特化して言えば、日本の強みは「デバイス」(部品)と「素材」。これらは必ずしも宇宙産業から産まれてきたわけではない。

- 「目利き」による企業面談

判断基準は「やる気」(自己投資意欲)と「実現性」



- 「企業」と「教育」の連携

「宇宙甲子園」等の地元サポート

「実証機会」としての高大連携衛星チャレンジ活用