

公益社団法人 日本技術士会 中国本部 事業委員会主催

## 平成 30 年度 年次大会／記念講演会（ご案内）

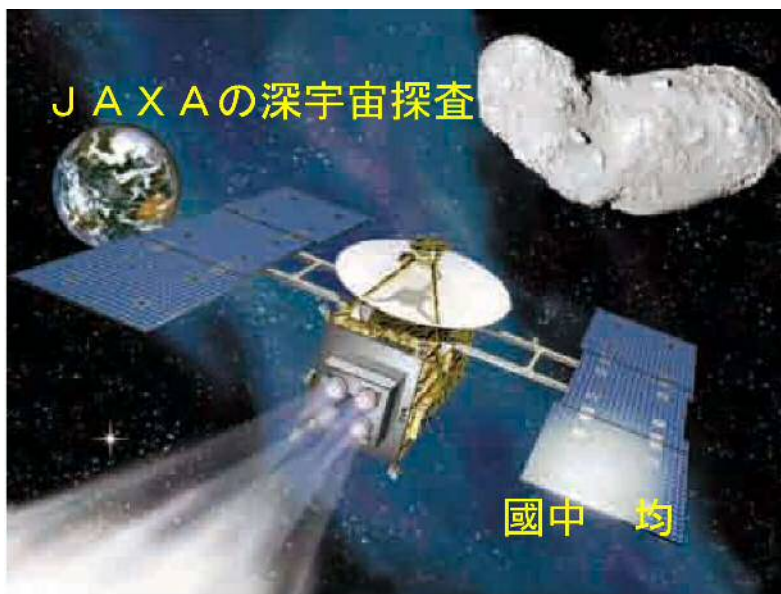
【建設系 CPD プログラム】

本記念講演会は、宇宙航空研究機構(JAXA)宇宙科学研究所 國中 均 所長をお迎えし、わが国の最先端の総合科学技術である下記の宇宙開発に関するご講演をいただきます。

**演 題：「日本が拓く太陽系宇宙大航海時代と宇宙探査イノベーション」**

**講 師： 國中 均 氏（JAXA 宇宙科学研究所 所長）**

記念講演会は、日本技術士会会員以外の一般市民、学生の方の参加も歓迎しますので、お誘いあわせのうえ、是非とも多数ご参加くださいますようご案内申し上げます。



### 【講演概要】

宇宙は、その誕生、生命と科学、多分野の技術のフロンティアである。日本は、米欧とは技術的に一線を画して研究開発したイオンエンジンは、「はやぶさ」小惑星探査機の主推進として採用され、地球～小惑星イトカワ間宇宙往復航海を世界に先駆けて達成した。それに続き、「はやぶさ2」が小惑星リュウグウに向けて航行中で、今年の6月27日前後に到達予定である。今現在、「あかつき」は金星周回軌道上で観測を行っている。この後、月・水星・小惑星・火星・木星に向けて続々と探査機を打ち上げる。太陽系宇宙大航海時代が拓かれようとしている。

宇宙探査イノベーションハブ事業は、産学官と連携した宇宙からの多分野の技術開発を展開している。

『記念講演会』開催日時:平成30年7月7日 15時～16時40分

広島会場:広島市文化交流会館 〒730-8787 広島市中区加古町3-3 TEL 082-243-8881

\*参加制限、広島会場 定員約200名。

岡山、山口会場にて記念講演会をSkype中継します。(以降の添付「地域会場」参照)

問合せ:公益社団法人日本技術士会・  
中国本部事務局 TEL:082-511-0305(勝田)

**平成 30 年度年次大会／記念講演会**  
**2018 年 7 月 7 日(土) 参加申込書**  
**主催：公益社団法人日本技術士会中国本部 事業委員会**  
**申込FAX:082-511-0309**

※メール送信可能な方は、事務局の省力化のため、メールによる申込をお願いします。

下記の通り申し込みます

**岡山、山口会場では、Skype 中継をします。詳細は、以降の地域会場の案内をご参照ください。**

(下記に■(または☑)ください)

・記念講演会：参加【広島会場、岡山会場、山口会場】 不参加（技術士の他、一般の方対象）

	氏 名		資格(注1)	区分(注2)
申 込 者			<input type="checkbox"/> 技術士 <input type="checkbox"/> 修習技術者 <input type="checkbox"/> その他(一般の方、学生)	(技術士の方のみ) <input type="checkbox"/> 会員 <input type="checkbox"/> 非会員
(技術士の方のみ) 技術部門 (注3) ※複数選択可	<input type="checkbox"/> 機械 <input type="checkbox"/> 船舶・海洋 <input type="checkbox"/> 航空・宇宙 <input type="checkbox"/> 電気電子 <input type="checkbox"/> 化学 <input type="checkbox"/> 繊維 <input type="checkbox"/> 金属 <input type="checkbox"/> 資源工学 <input type="checkbox"/> 建設 <input type="checkbox"/> 上下水道 <input type="checkbox"/> 衛生工学 <input type="checkbox"/> 農業 <input type="checkbox"/> 森林 <input type="checkbox"/> 水産 <input type="checkbox"/> 経営工学 <input type="checkbox"/> 情報工学 <input type="checkbox"/> 応用理学 <input type="checkbox"/> 生物工学 <input type="checkbox"/> 環境 <input type="checkbox"/> 原子力・放射線 <input type="checkbox"/> 総合技術監理			
勤 務 先 (大学 学校)				
連 絡 先	E-mail		<input type="checkbox"/> 会社 <input type="checkbox"/> 自宅	
	F A X		<input type="checkbox"/> 会社 <input type="checkbox"/> 自宅	
	T E L		<input type="checkbox"/> 会社 <input type="checkbox"/> 自宅	

注1) 資格は該当するものに■(または☑)を入れる。

注2) 区分で会員とは日本技術士会会員を指し、該当するものに■(または☑)を入れる。

注3) 技術部門は技術士か修習技術者のみ、該当するものに■(または☑)を入れる。

注4) 連絡先は(会社・自宅)のうち、該当するものに■(または☑)を入れ、E-mail 等を記入。

注5) 同行者がいる場合は下記に記入。

注6) この個人情報は、本行事の参加申込み以外には使用しません。

	氏 名		資格(注1)	区分(注2)
同 行 者			<input type="checkbox"/> 技術士 <input type="checkbox"/> 修習技術者 <input type="checkbox"/> その他(一般の方、学生)	(技術士の方のみ) <input type="checkbox"/> 会員 <input type="checkbox"/> 非会員
			<input type="checkbox"/> 技術士 <input type="checkbox"/> 修習技術者 <input type="checkbox"/> その他(一般の方、学生)	(技術士の方のみ) <input type="checkbox"/> 会員 <input type="checkbox"/> 非会員
			<input type="checkbox"/> 技術士 <input type="checkbox"/> 修習技術者 <input type="checkbox"/> その他(一般の方、学生)	(技術士の方のみ) <input type="checkbox"/> 会員 <input type="checkbox"/> 非会員

問合せ先：〒730-0017 広島市中区鉄砲町 1-20 第3 ウエノヤビル 6 階  
 公益社団法人日本技術士会 中国本部

TEL:082-511-0305 FAX:082-511-0309 E-mail: [ipej-hiro@rapid.ocn.ne.jp](mailto:ipej-hiro@rapid.ocn.ne.jp)

## 広島会場 「広島市文化交流会館」へのアクセス



	乗り物	乗り場	所要時間	降り場及びご案内
広島駅より	広島バス	24番吉島行(吉島病院)	南口Aホーム 3番乗場	25分 8つ目「加古町」下車 <a href="#">広島バス時刻表はこちら</a>
	広島電鉄	広島港(宇品)1番線	南口	20分 「市役所前」下車、徒歩12分 <a href="#">広島電鉄時刻表はこちら</a>
	タクシー(小型)		南口 北口(新幹線)	20分 25分
広島空港より	リムジンバス	バスセンター行	広島空港1番ホーム	バスセンターまで 51分 バスセンターより徒歩20分、広島銀行本店前より24番吉島行乗車 <a href="#">リムジンバス時刻表はこちら</a>
	レンタカー及び自家用車			70分 山陽自動車道「本郷IC」乗車「広島IC」下車→岡山方面よりと同じ
山陽自動車道より	自家用車	山口方面より	「廿日市IC」下車→「広島市内方面」国道2号線→「住吉町交差点」左折、標識「平和記念公園」方向で信号機2つ目の「加古町の交差点」左側に白い建物「広島市文化交流会館」がございます。	
		岡山方面より	「広島IC」下車→「国道54号線」広島市内方面→広島城横「城南通り」左折、1つ目の信号機を「国道54号線」右折→紙屋町交差点通過→「白神前交差点」右折(NHKビル)→平和大通り「平和大橋」通過後、「平和公園前交差点」左折後、「吉島通」に入り200m1つ目の信号機右側に白い建物「広島市文化交流会館」がございます。	
		「広島東IC」→広島高速「湯品」CT 呉方面(広島高速2号線)→広島高速「仁保」CT 吉島方面(広島高速3号線)→「吉島」下車後、吉島通りを北へ(平和公園方面)2号線を通じた左奥側に白い建物「広島市文化交流会館」がございます。※注意：手前にある白い建物は「アステールプラザ」		
※中国自動車道の場合は「五日市IC」下車で国道2号線→「住吉町交差点」→「広島文化交流会館」				

### ■ 駐車場のご案内 (屋外平面駐車場 95 台)

駐車料金：20分/100円 (駐車30分まで無料)

吉島営業所行き、●：吉島病院行き口：ワステップ  
(南口Aホーム3番乗場) 平成28年5月14日

9	03	10	17	24	31	38	46	54
10	02	10	17	24	31	38	45	52
11	06	13	20	27	34	41	49	56
12	04	11	18	25	32	39	46	54
13	02	10	18	26	34	42	50	57
14	06	14	22	30	38	46	54	
15	02	10	17	24	32	40	46	53
16	01	07	14	21	28	35	42	49
17	03	10	17	24	31	38	45	52

## 岡山会場

株式会社ウエスコ 岡山支社  
(公益社団法人日本技術士会 中国本部 岡山県支部 事務局)  
岡山市北区島田本町 2-5-35 TEL. 086-254-2422

## 地域会場



岡山駅西口より 1.3km (徒歩 約 15分)  
※専用駐車場はございませんので、公共交通機関等をご利用ください。

## 山口会場

山口大学工学部同窓会「常盤工業会館」案内資料  
〒755-0039 山口県宇部市東梶返 1-10-8 Tel (0836) 32-7599  
<http://park14.wakwak.com/~tokiwa/>



# JAXA 宇宙科学研究所の太陽系宇宙探査計画

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所  
國中 均

## 概要

日本の宇宙技術は、1955年ペンシルロケット水平発射から始まった。不断の努力により技術は洗練化されて、2003年に打ち上げた「はやぶさ」小惑星探査機は2010年に地球帰還を果たした。日本は、独自の技術で海外と協力しながら20機近い探査機を太陽系宇宙に散りばめて、自ら科学を探求する能力がある。このような事業実施に当たり、多額の費用と優秀な人材と長期間を要することに国民の理解を求める努力を厭わない。

## 1. 宇宙開発の黎明

日本の宇宙技術は、故・糸川英夫教授を開祖として1955年ペンシルロケット水平発射から始まった。弾道ロケットは1957年国際地球観測年（IGY）を契機に高度100kmに到達し、超高層大気や電離層プラズマの研究に供された。さらに技術を進捗させ、ラムダ・ロケットにて1970年「おおすみ」の地球周回軌道投入に至る。さらに射程を



図1 小惑星サンプルリターン小研究会（1985年）冊子の表紙 [1]。宇宙飛行士が小惑星に取り付いて、削岩機で表面を削りサンプル採取する様子が描かれている。

伸ばし1985年には、「さきがけ」「すいせい」と2機の探査機がミュー3型ロケットにて太陽周回軌道に投入されて、ハレー彗星の観測を行った。この同じ年に「小惑星サンプルリターン小研究会」[1]という集まりが宇宙科学研究所にて催されている。図1にその小冊子の表紙を示す。宇宙飛行士が小惑星に取り付いて、削岩機で表面に穴を開けて標本を取り出して、地球に持ち帰ろうとする様が描かれている。当時の実力からして、到底実現するはずのない崇高な目標であったが、このような未来を拓くために、科学技術研究開発に果敢に挑戦をしていた。さらなる超遠距離飛行を達成するため、次にミュー5型ロケットを完成させ深宇宙に500kgを投入し本格的深宇宙探査に乗り出すことが、1990年代初頭の宇宙科学研究所の最大テーマであった。我々電気推進工学部門も、この次期ロケットに最適化された電気推進の研究開発を続けていた。

## 2. 小惑星サンプルリターン

ミュー5型ロケット開発が具体化するにつれ、深宇宙探査機の机上検討が開始される。複数候補から、技術的成立性があり多くの工学研究分野を包含し且つ科学的価値ある宇宙ミッションが選別され、1993年11月に「ネレウス小惑星サンプルリターン計画90日検討会」が招集された。この勉強会を契機に、小惑星サンプルリターン法の技術実証を目的

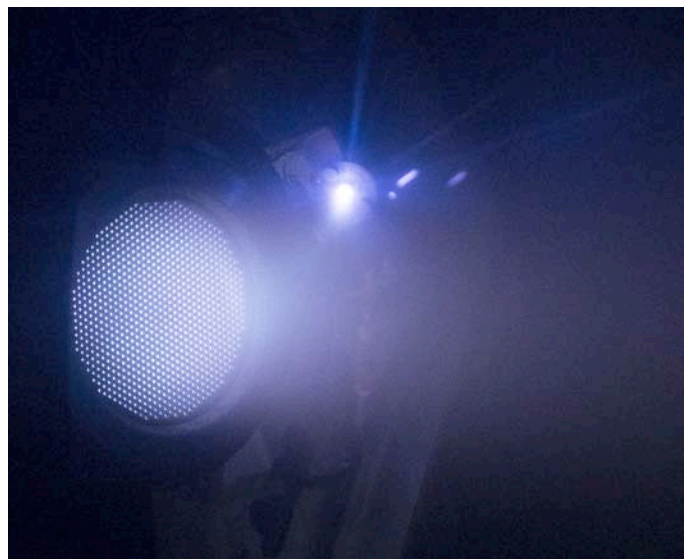


図2 マイクロ波放電式イオンエンジンのプラズマ噴射。多孔グリッドからイオンが高速噴射され、右斜上の中和器から電子が供給されている。

として工学試験機MUSES-C (Mu Space Engineering Satellite-C) 開発が着手される。小惑星サンプルリターンを実現するには、地球～小惑星間を往復できる長距離飛行を実現するには、電気ロケットが必須である。私は、電気推進イオンエンジン [2] (図2参照) の担当として本計画に加わり、世界標準とは一線を画した無電極でプラズマを生成するマイクロ波放電式イオンエンジンの宇宙実現に挑戦した。突拍子もないアイデアなど成就するはずがない、日本なんかにはそんな大事業は出来るはずがないと揶揄されつつも、批判をバネとして跳ね返す意気込みで邁進してきた。幸いなことに、システム設計・電気推進機器設計・耐久試験設備の建設・耐久試験・フライトモデル製造試験・宇宙機組み立てと順調に進んだ [3]。地上において2年半を要する2万時間の長時間耐久試験を2度実施して、合計5年間で費やし宇宙運用に備えた。

小惑星着陸とサンプルリターンを目標とするMUSES-C改め「はやぶさ」は、野心的な工学の粋をたった500kgのボディーに最適化して詰め込んで完成し、2003年5月9日にミュー5型ロケット5号機により深宇宙投入された。直ぐさまイオンエンジンによる動力航行を開始し (図3参照) [4]、2005年9月12日に小惑星とのランデブーに成功した。イオンエンジンを停止して慣性飛行で接近するに連れて、日々小惑星が詳らかにされて行く2週間は、まさに「技術イノベーションによるフロンティア開拓」を実感する至福の時であったと記憶する。往路運用にて、イオンエンジンは延べ25,800時間運転、22kgの推進剤を消費し、1,400m/sの増速を行った。小惑星の遠隔観測の後、2回の着陸を敢行した。しかし、姿勢制御用リアクションホイール (RW) 3台のうち2台の機能を喪失し、さらに2005年12月8日に化学推進用燃料が漏洩して姿勢制御を失い行方不明となった。幸運にも2006年1月23日に通信が回復し、電力を用いず四つのイオンエンジンからキセノ



図3 宇宙動力航行する「はやぶさ」小惑星探査機。地球と小惑星は、はやぶさ探査機による実写。

ンガスをそのまま噴射することにより、スピン姿勢安定の状態での探査機の復旧に成功した [5]。

残存した健全なRW1台を作動させて、バイアスモーメンタム方式の非スピン姿勢安定を確立し、イオンエンジンによる並進加速を再開して地球帰還を目指した [6]。地球帰還目前に、部分故障が発生したものの、本来の組み合わせを超え、健全なイオン源と中和器をバイパス回路で接続し、急ごしらえの1式のイオンエンジンとして作動させる「クロス運転」にて窮地を脱した。第1期復路軌道変換を2007年4月から10月まで、第2期として2009年2月から2010年3月まで実施し、地球～小惑星間の往復宇宙航行を達成した。この間イオンエンジンは延べ39,600時間の宇宙作動を行い2,200m/sの増速にて、「はやぶさ」小惑星探査機の地球～小惑星間往復動力航行を完遂した [7]。

技術的な観点から、図4に示すような order of magnitude の技術革新を主張したい。「はやぶさ」以前では、望遠鏡やレーダーしか小惑星の観測手段はなく、その空間分解能は100mがせいぜいであった。「はやぶさ」がランデブーや着陸を果たした時、それは1mや1mmに改善された。採取された小惑星試料は、顕微鏡を介してミクロン級でその姿を現した。原子レベルの分析は、オングストロームの精度に至る。両者とも赤丸で囲む点に過ぎないが、図4の最左と最右の写真は隔世の技術差を示している。もはや、太陽系宇宙研究は、望遠鏡によるリモートセンシングや現場観測ではなく、物質を採取して地球で研究する時代になり、「小惑星サンプルリターン」が有効な観測手法であることを世界に知らしめた。「はやぶさ」の地球～小惑星往復探査は、科学や技術の範囲を越えて大きな社会反響をもたらし、映画がいくつも作られたことは我々の想定外であった。

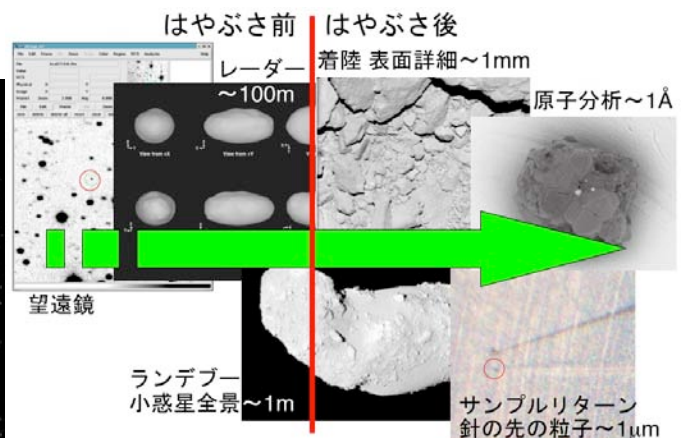


図4 「はやぶさ」による観測分解能の向上経緯 (2003年～2010年)。天文単位からオングストロームへ、21桁の技術革新・イノベーションの事例である。

### 3. はやぶさ2小惑星探査

工学技術試験機として運用された「はやぶさ」にて培われた技術を用いて、次の小惑星探査を目指した「はやぶさ2」ミッションが進行している[8]。2014年12月にH2Aロケットで打ち上げられた600kgの探査機(図5参照)は、イオンエンジン加速と地球スイングバイを組み合わせた $\Delta VEGA$ (Delta-V Earth Gravity Assist)航法にて巡航中である。目的天体に2018年ランデブーし、リモートセンシングの後、標本採取のための着陸運用を複数回行い、再度イオンエンジン動力航行にて2020年に地球帰還する計画だ。



図5 打上直前の「はやぶさ2」小惑星探査機(2014年11月、種子島宇宙センターにて)。円錐形のPAF(Payload Attach Fitting)の上に搭載された探査機。4台のイオンエンジンが見える。

### 4. 宇宙研の太陽系宇宙探査

今現在「はやぶさ2」のみならず、金星周回軌道において「あかつき」が観測を続けている。本年秋には、水星に向け「BepiColombo」の打ち上げが控えている。また、月着陸「SLIM」計画、火星フォボスからのサンプルリターン「MMX」計画、木星ガニメデ探査「JUICE」計画の開発を進めている。図6に、過去・現在・未来の探査計画をまとめる。日本は、独自の技術で海外と協力しながら20機近い探査機を太陽系宇宙に散りばめて、自ら科学を探求することができる。このような事業には、多くの費用と人材と、10年20年に及ぶ日月を必要とする。多額の開発運用費を拠出いただくことに納税者のご理解とご支援をもとめる努力を引き続き行いたい。また、長期の事業を実現するために多く

の若い優秀な人材に参画を求めたい。

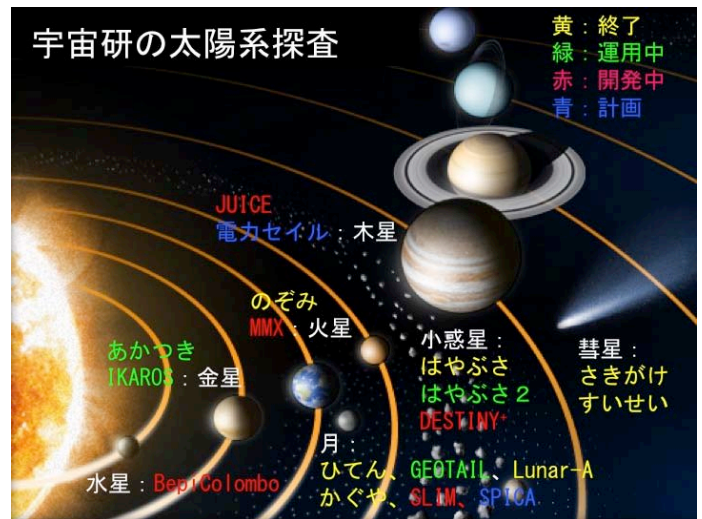


図6 宇宙科学研究所の太陽系宇宙探査計画

### 参考文献

- [1] 「小惑星サンプルリターン小研究会」、1985年、宇宙科学研究
- [2] H. Kuninaka and S. Satori, “Development and Demonstration of a Cathode-less Electron Cyclotron Resonance Ion Thruster”, Journal of Propulsion and Power, Vol.14, No.6, Nov-Dec 1998, pp.1022-102
- [3] 國中均、「無電極マイクロ波放電式イオンプラズマの研究・開発」、日本航空宇宙学会誌、第46巻、第530号、1998年3月、ページ174-18
- [4] 國中均, 西山和孝, 清水幸夫, 都木恭一郎, 川口淳一郎, 上杉邦憲、「小惑星探査機「はやぶさ」搭載マイクロ波放電式イオンエンジンの初期運用」、日本航空宇宙学会論文集、第52巻、第602号、2004年、ページ129-13
- [5] 川口淳一郎、「はやぶさによる小惑星イトカワの探査」、學士會会報、第858号、2006年、ページ100-11
- [6] 細田聡史, 國中均、「イオンエンジンによる小惑星探査機はやぶさの帰還運用」、プラズマ核融合学会誌、第85巻、第5号、2010年、ページ282-29
- [7] K. Nishiyama, S. Hosoda, H. Koizumi, D. Nakata, Y. Shimizu, I. Funaki, H. Kuninaka and J. Kawaguchi, “Hayabusa's Way Back to Earth by Microwave Discharge Ion Engines”, AIAA-2010-6862 (2011)
- [8] H. Kuninaka and Hayabusa-2 Project, “Deep Space Exploration of Hayabusa-2 Spacecraft”, ISTS-2015-k-61, 30th ISTS, Kobe July 2015