

Nextcom

特集 これからの

宇宙開発



Feature Papers

特集論文

競争と共創で広がる 世界の宇宙活動

神武 直彦 慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授

特集論文

宇宙ビジネス最前線

浅田 正一郎 株式会社Synspective CEO補佐

特集論文

宇宙ビジネスの発展と調達制度の重要性

新谷 美保子 TMI総合法律事務所 パートナー(弁護士)

Paper

公募論文

中国の5G市場における 政府介入と事業者戦略

華 金玲 慶應義塾大学 総合政策学部 訪問講師

Articles

学会長に聞く

原田 保

地域デザイン学会 理事長

デザイン理論を研究して、 地域価値の発現を行う

5年後の未来を探せ

中川 智皓さんに聞く

大阪公立大学 大学院 工学研究科 機械系専攻 准教授

歩くよりも速くて安全で楽な乗り物 PMVで移動の自由を拡張する

江口 絵理 ライター

Report

学会リポート

米谷 南海 一般財団法人マルチメディア振興センター チーフ・リサーチャー

「Pacific Telecommunications Council

第45回年次国際会合(PTC'23)」参加報告

金 樹延 関西外国語大学 英語国際学部 助教

「64th International Studies Association Annual Convention」参加報告

明日の言葉

人はみな、未来に向かってともに旅するタイムトラベラーだ。
…… スティーヴン・ホーキング

「世界で最も優れた科学者」といわれたホーキングは、
最後の著作『ビッグ・クエスチョン』にこう記した。
言葉は、「誰もが行きたい未来にするために力を合わせようではないか」と続いている。

特集

これからの

宇宙開発

INDEX
summer
2023

- 2 | **すでに始まってしまった未来について
何のために宇宙に行くのか**
平野 啓一郎 作家
- 4 | **特集論文
競争と共創で広がる世界の宇宙活動**
神武 直彦 慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授
- 16 | **特集論文
宇宙ビジネス最前線**
浅田 正一郎 株式会社 Synspective CEO補佐
- 28 | **特集論文
宇宙ビジネスの発展と調達制度の重要性**
新谷 美保子 TMI 総合法律事務所パートナー（弁護士）
- 40 | **公募論文
中国の5G市場における政府介入と事業者戦略**
華 金玲 慶應義塾大学 総合政策学部 訪問講師
- 50 | **学会長に聞く
原田 保 地域デザイン学会 理事長
デザイン理論を研究して、地域価値の発現を行う**
- 52 | **5年後の未来を探せ
中川 智皓さんに聞く
大阪公立大学 大学院 工学研究科 機械系専攻 准教授
歩くよりも速くて安全で楽な乗り物
PMVで移動の自由を拡張する**
江口 絵理 ライター
- 58 | **学会リポート
米谷 南海 一般財団法人マルチメディア振興センター チーフ・リサーチャー
「Pacific Telecommunications Council
第45回年次国際会合(PTC'23)」参加報告
金 樹延 関西外国語大学 英語国際学部 助教
「64th International Studies Association Annual Convention」参加報告**
- 62 | **お知らせ
「Nextcom」論文公募のお知らせ
2023年度著書出版・海外学会等参加助成に関するお知らせ**
- 64 | **情報通信の歴史探訪
「電波」の発見で大変貌を遂げた国際通信**
- 66 | **情報伝達・解体新書
サンゴも喧嘩する？
大久保 奈弥 東京経済大学 全学共通教育センター 教授**
- 68 | **明日の言葉
時間とは意志のもちよう
高橋 秀実 ノンフィクション作家**

写真：暗黒星雲の複合体であるへびつかい座 ρ 分子雲領域。

©2010 Luis Argerch

すでに始まってしまった未来について——⑤④

文：平野啓一郎

絵：大坪紀久子

何のために宇宙に行くのか

2030年代を舞台とした長篇小説『ドーン』を執筆した時、私はヒューストンにあるジョンソン宇宙センターにまで取材に行き、日本のJAXAにもお世話になった。

『ドーン』は、人類初の有人火星探査を主題とした近未来小説で、三年に及ぶ苛酷なミッションと、帰還後のアメリカ大統領選を巡る騒動が物語の背景となっている。

この小説を準備しながら、私は、そもそも何故、人間は火星に行く必要があるのか、という問いに何度となくぶつかった。それは、自分でも考えたことだが、予算獲得の必要もあり、宇宙開発の対外的な説得的理由は、当事者にとっても重要な課題のようだった。

有人火星探査は、地球と火星の公転周期の違いのために、最も近い距離を狙おうとすると、どうしても往復で三年ほどかかってしまい、火星でも長期の滞在を余儀なくされる。その間は、閉鎖空間の中で、六人ほどのクルーと共同生活を行わなければならない、果たして人間の精神がもつのかどうか。——当然、ロボット技術も大いに進歩しているはずで、だったら人間を送り込む必要はないのでは？とは当然に考えることである。

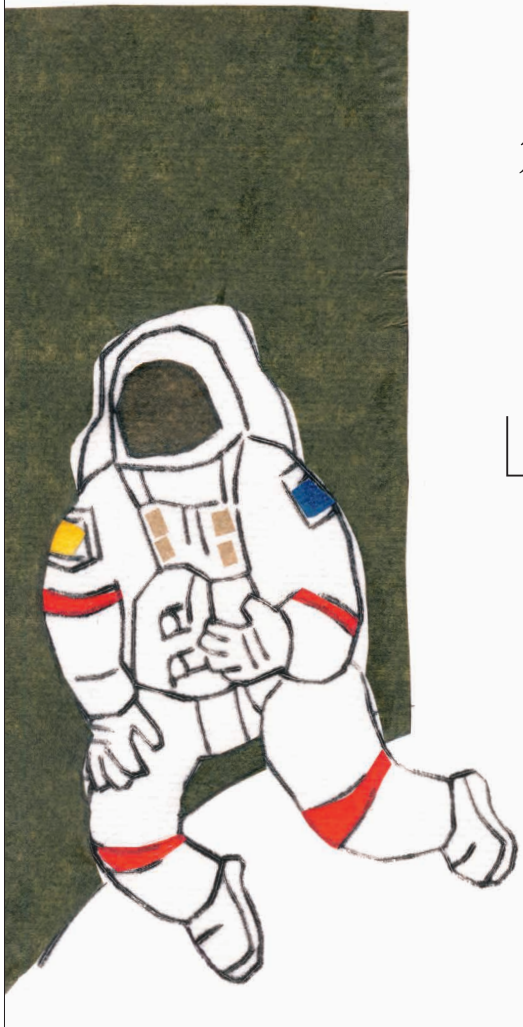
火星を人が住める環境にするというテラ・フォーミングなども主張されているが、これは、遠大すぎてまだまだ現実的とは受け止められていない。

宇宙開発自体は、軍事利用や鉱物資源の獲得など、「現実的」な理由が既に幾つも準備されているが、結局のところ、人間の認知に或る領域が収まってしまった以上は、合理的な動機の説明は難しくとも、そこを目指さざるを得なくなるのであろう。南極然り、そこに到達したいという欲求は抑え難く、何の成果が得られるかは、行ってみないとわからないというのも、「現実的」であるには違いない。

気候変動による地球自体の危機下で、そんなことに^{かま}っている場合か、という批判の声もあり、それではあまり説得的な説明にならないであろうが。

Keiichiro Hirano

小説家。1975年生まれ。1999年京都大学在学中に『日蝕』により芥川賞を受賞。以後、『葬送』、『ドーン』、『空白を満たしなさい』、『透明な迷宮』、『マチネの終わりに』、『ある男』、『「カッコいい」とは何か』、『本心』、『死刑について』など、数々の作品を発表。最新刊は『三島由紀夫論』（新潮社）。



特集

これからの

宇宙開発

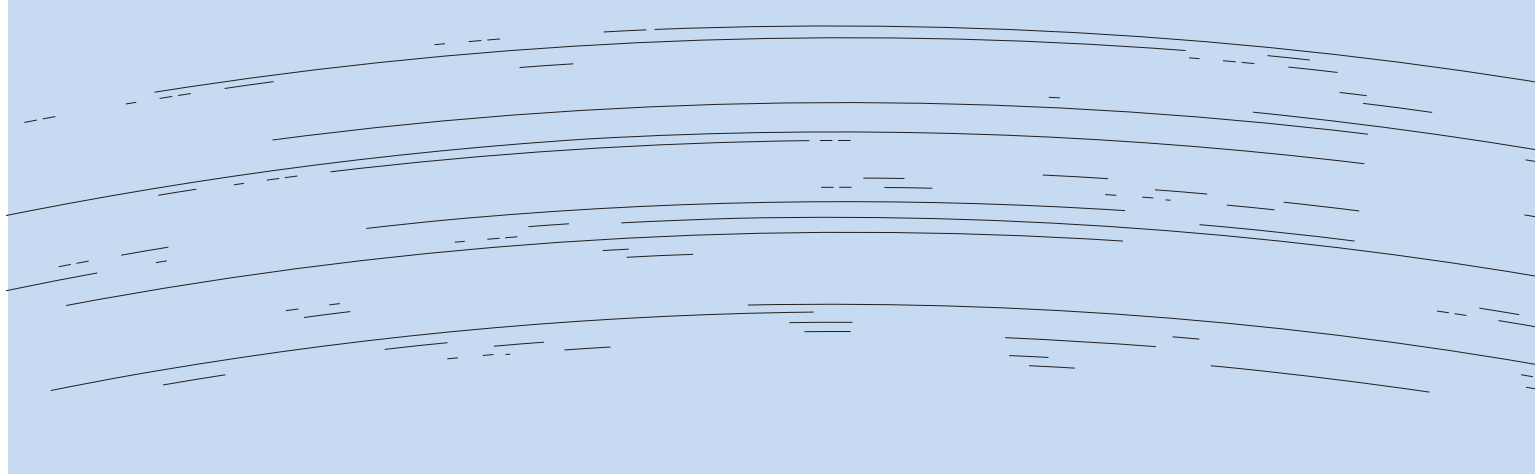
今、宇宙が熱い。

世界の主要国が宇宙政策を打ち出し、宇宙開発に名乗りを上げている。
ベンチャーの参入も活発で、次から次へとロケットが打ち上げられ、
宇宙ビジネスが多様化している。

そしてその先は未知なる可能性を秘めている。

各国・各社がわれ先に宇宙での先行利権・利得の獲得に躍起になる中、
わが国の出遅れが指摘されている。

宇宙開発の現状と未来について、技術、制度の両面から斬り込む。



これからの
宇宙開発 1競争と共創で広がる
世界の宇宙活動

慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授

神武 直彦

Naohiko Kohtake

東西冷戦の象徴でもあった宇宙開発競争はアポロ 11 号の月面着陸を節目として共創による宇宙開発に移行し、国際宇宙ステーションの国際共同建設と運用をはじめとするさまざまな宇宙活動が国を超えて行われている。その中で、日本も日本実験棟「きぼう」や宇宙飛行士のISS長期滞在、宇宙ステーション補給機「こうのとり」などによる貢献により、重要な役割を果たしてきた。この10年間では、ニュー・スペースといった新たな宇宙活動を主体とした1,000社ほどの宇宙ベンチャーが世界各地で誕生しており、新たな国際月面探査計画である「アルテミス計画」もスタートしている。その中で日本の宇宙活動の現状と、日本が今後世界を牽引する存在になるための競争と共創について論じる。これからの世界の宇宙活動が、従来から宇宙活動に関わっている専門家以外の方々にとっても関わりのあるものになっていくということを感じていただきたい。

キーワード

宇宙活動 宇宙利用 競争 共創 ニュー・スペース

1. 世界の宇宙活動の現状

1.1 世界の宇宙活動の規模と種類

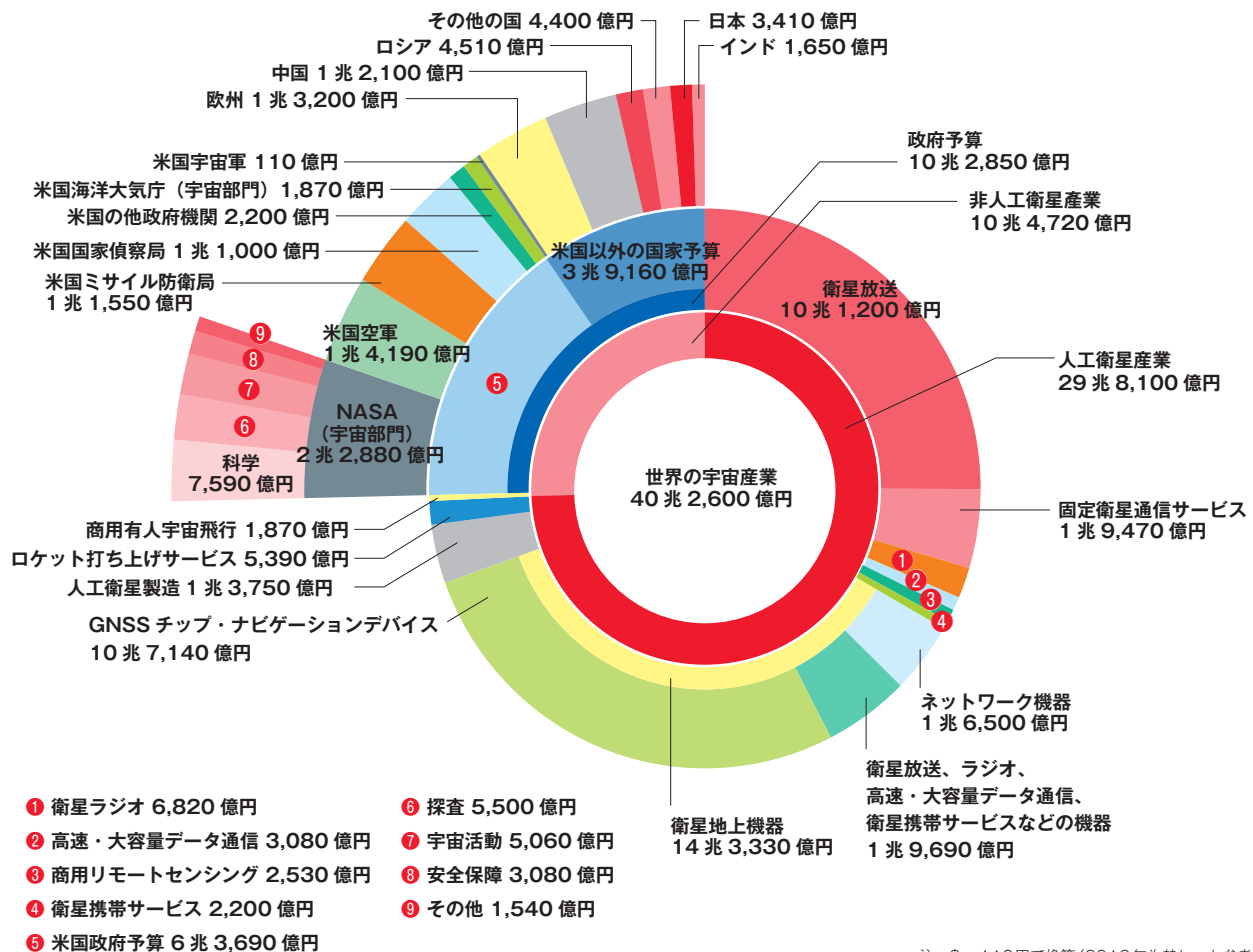
現在の世界の宇宙活動の規模と種類についてさまざまな調査結果があるが、図表1は、Bryce Space and Technology 社が集計した2019年のデータ¹⁾である。これによるとその規模は全体で\$366B（40兆円：

\$1を当時の為替レート参考に110円として換算、B = billion:10億²⁾）であり、その中で民間事業の規模は約74%（\$271B）、政府事業の規模は約26%（\$95.2B）であり、全体の約25%（\$92B）が民間による通信事業、約27%（\$97.4B）が米国のGPSや日本の準天頂衛星「みちびき」に代表される測位衛星（GNSS：Global Navigation Satellite System）からの信号を受信する受信チップやナビゲーションのためのデバイスによる

事業である。なお、世界中に普及している大半のスマートフォンには、GNSS 受信チップが内蔵され、これによりルート検索やナビゲーションを可能にしている。一方、これらが人工衛星を利用する事業なのに対し、人工衛星を製造する事業やその人工衛星を宇宙空間にロケットで打ち上げる事業の規模は、それぞれ\$12.5B と\$4.9B であり、人を宇宙空間に運ぶ事業の規模は\$1.7B と、さらに規模が小さく、これら三つの事業を合計しても、その規模は約5% (\$19.1B) であ

る。つまり、現状の民間事業の多くは人工衛星による通信事業と測位事業によって占められている。また、政府事業の過半数が米国政府によるもので、その中でNASA 以外の米国組織の事業を全て合計した規模約10% (\$37.1B) はNASA の事業規模約6% (\$20.8B) よりも大きく、米国における宇宙事業の多様性やプレーヤーの多さを示している。日本政府の事業規模は\$3.1B であり、米国、欧州、中国、ロシアに次いで5 番目の規模となっている。

図表 1 世界の宇宙事業の規模と種類^{1) 2)}



注：\$ = 110円で換算(2019年為替レート参考)

出所：2019 Global Space Economy at a Glance by Bryce Space and TechnologyよりANAていくおふ作成図表²⁾を基に作成

1.2 競争から共創への転換の象徴：

国際宇宙ステーション計画

1969年にアポロ11号が月面着陸に成功したのを機に、東西冷戦を背景にした宇宙開発競争は大きな節目を迎え、共創による宇宙開発が始まった。その象徴的なものが1984年に当時のレーガン大統領から発表された米国の宇宙ステーション計画「フリーダム」(Freedom)と、それより前から提案されていたソビエト連邦(当時)による計画「ミール2」(Mir-2)を融合し、発展させた国際宇宙ステーション(International Space Station:ISS)計画である。米国は日本や欧州にもISS計画への参画を呼び掛け、結果的に米国、ロシア、日本、欧州各国(イギリス、フランス、ドイツ、イタリア、スイス、スペイン、オランダ、ベルギー、

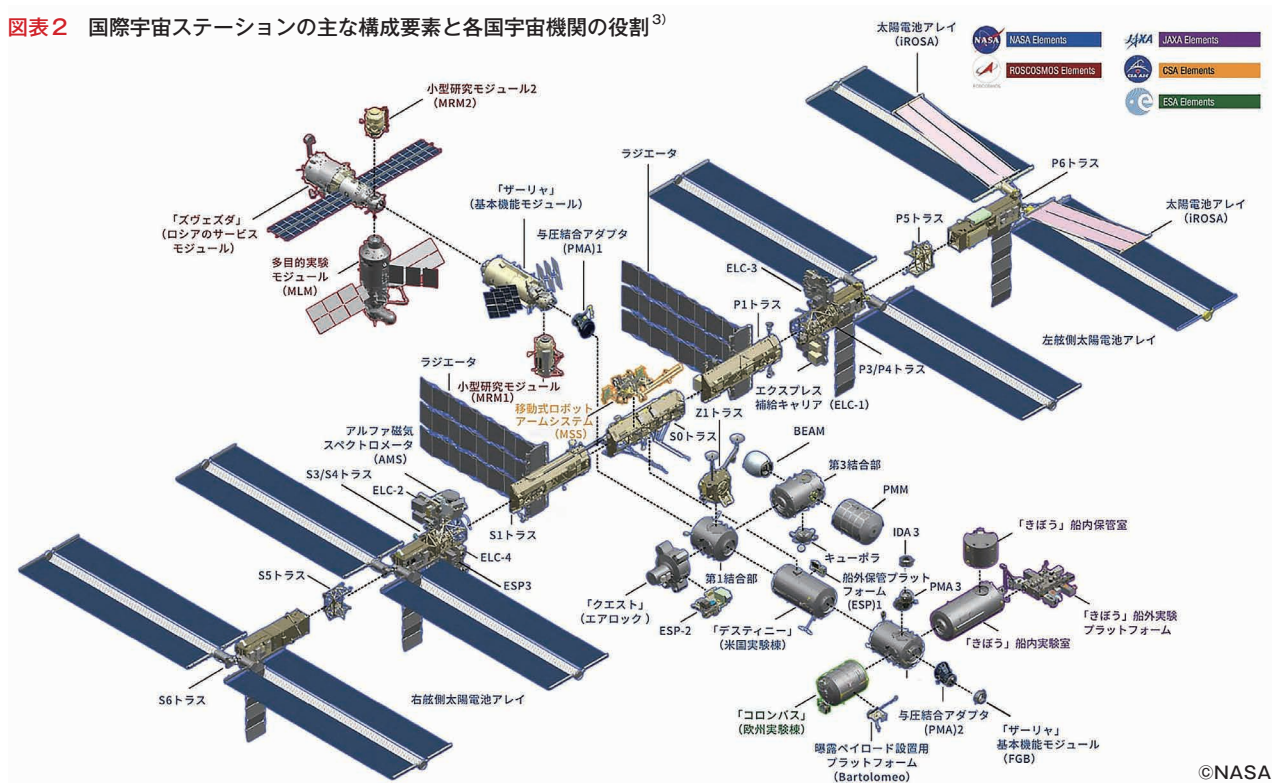
デンマーク、ノルウェー、スウェーデン)、カナダの15カ国、五つの宇宙機関が協力して計画を進め、運用する多国籍共同プロジェクトになった。1998年からISSの建設が始まり、2011年に完成した。初のISS長期滞在は2000年11月に3人の宇宙飛行士で開始し、現在は6人の体制で運用が行われている。なお、当初は2024年までとされていた運用期間は、2030年まで延長されることが決まっている。図表2に国際宇宙ステーションの主な構成要素と各国宇宙機関の役割を示す。

1.3 テクノロジーの高機能化と

コモディティー化による宇宙ベンチャーの増加

21世紀に入り、宇宙に関連するビジネスを行う宇

図表2 国際宇宙ステーションの主な構成要素と各国宇宙機関の役割³⁾



©NASA

出所：JAXA Humans in Space「ISSの主な構成要素」

宇宙ベンチャーに相当する企業が増えている。国家プロジェクトを主体とする従来の宇宙活動を「レガシー・スペース」と呼ぶのに対し、急激に増加している民間主体の新たな宇宙活動を「ニュー・スペース」と呼んでいる。世界ではこの10年間でニュー・スペースを主体とした1,000社ほどの宇宙ベンチャーが立ち上がっていると推測されており、日本でも100社ほどまで増えている。事業の領域は、人工衛星やロケットの開発・運用から、宇宙データの利活用、宇宙探査などさまざまだ。それに伴って、そこに投資を行う企業も150社以上あり、年間で200億～300億円程度の民間投資が行われる規模になっている。日本を拠点に特徴的な取り組みを行っているいくつかの宇宙ベンチャー企業を図表3（次頁）で紹介する。

多くの宇宙ベンチャーが誕生しているひとつの背景には、人工衛星の開発や製造をはじめとした宇宙活動に係る技術の高度化とコモディティ化という流れがある。その代表例が100kg以下の衛星である超小型衛星である。例えば、地球近傍小惑星「リュウグウ」から鉱物サンプルを持ち帰ることに成功した探査機「はやぶさ2」を、2014年12月3日に打ち上げたH-IIA ロケット26号機には、三つの超小型衛星が相乗りしていた。そのひとつが、東京大学とJAXAが共同開発した超小型深宇宙探査機「プロキオン」(PROCYON)である。はやぶさ2の質量が約600kgなのに対し、プロキオンは約65kg、衛星本体は55cm立方程度のサイズであり、そのミッションは電源確保や熱耐性、通信確保、軌道決定・制御など、深宇宙探査を行うための基礎的な工学技術を検証することなどであり、打ち上げから1年後に通信が途絶えたが、地球から約6,000万km離れた距離での超遠距離通信を成功させただけでなく、世界最高性能の高効率通信増幅器や深宇宙での高精度な軌道決定技術などを実証した。また、約1,500万km離れた宇宙空間での地球水素コロナの撮像にも成功した。

従来の宇宙開発は人工衛星をはじめとするシステム

の規模が大きく、それに要する時間と予算も大きく、重厚長大型のプロジェクトによって行われるものが多かった。それに対し、超小型衛星の開発および運用は、秋葉原の電気街で手に入れることができるような部品を活用し、比較的短期に低コストで実現できる人工衛星を数多く宇宙空間に届けることで、多様な宇宙活動を展開するとともに、その取り組みへの参入障壁を下げることを可能にしている。ひとつの大型の人工衛星が実現することを、複数の小型の人工衛星で実現することによって、宇宙事業のリスクを低減する、また、技術の高度化に対応して、一部の小型の人工衛星を入れ替えるということでアップデートを図る、機能を拡張するというようなことが実現しつつある。このような多数の人工衛星を協調して目的を達成する方式を「衛星コンステレーション」という。なお、10cm立方の1kg級の超小型衛星を世界で初めて成功させたのは、2003年に2機のCubeSatを成功させた東京大学と東京工業大学の学生である。

米国のスペースX社(SpaceX)は、ロシアから侵略を受けているウクライナに衛星インターネットサービス「スターリンク」(Starlink)を提供し、そのサービスが世界中に知られることになり、米軍も欧州とアフリカでの利用のために契約を行うなど、脚光を浴びている。また、日本でも2022年10月よりサービス提供を開始している。そのスターリンクは、1万機以上の250kg級の人工衛星を高度550～1,150kmの地球低軌道に打ち上げる計画にしており、その数は徐々に増加している。スターリンクは、衛星通信のサービスだが、地球観測衛星の領域では、米国のプラネット社(Planet)が5kg級の3m分解能の衛星を200機程度打ち上げており、1日に数回程度の頻度での画像提供を事業化している。これらの企業は、米国政府と継続購入に関する契約を締結しているため、事業規模を拡大する施策を取りやすく、世界的な規模で事業展開を行っている。日本においては、2003年に超小型衛星を世界で初めて成功させたメンバーなどが中

図表3 日本のニュー・スペース企業の例

企業名	創業年	事業概要
アストロスケール Astroscale	2013	宇宙空間のスペースデブリ（人工衛星の残存物などの宇宙ゴミ）を除去・低減するために、人工衛星の寿命延長や、故障機や物体の観測・点検・運用終了時のデブリ化防止、既存デブリの除去などの軌道上サービスを開発している。
アクセルスペース AXELSPACE	2008	2003年に超小型人工衛星 CubeSat の開発・運用に世界で初めて成功した東京大学と東京工業大学の学生が中心になって創業し、2013年に北極海航路の運行支援や流氷情報の提供を目的とした世界初の商用超小型衛星「WNISAT-1」の打ち上げに成功した。現在は、地球上のあらゆる地点を高頻度で観測できる次世代ステイクプラットフォーム「AxelGlobe」などの事業を展開している。
エール ALE	2011	人工衛星から放出する小型金属球を大気突入させることで流れ星を人工的に作り出すことができることを利用したエンターテインメント事業を中心に、気候変動の解明に貢献する大気データの蓄積と活動などに関する事業を推進している。
デジタルブラスト DigitalBlast	2018	宇宙ビジネスに関するコンサルティング事業や宇宙ビジネスに関するメディア配信を行っている。国際宇宙ステーションに搭載する植物実験プラットフォームの開発や日本初の民間宇宙ステーション建設の検討を実施している。
アイスペース ispace	2010	月への高頻度かつ低コストの輸送サービスを提供することを目的としたランダー（月着陸船）と月探査用ローバー（月面探査車）を開発しており、2022年12月11日にランダーがファルコン9によって打ち上げられた。今年3月21日にはランダーの月周回軌道投入を完了し、月周回軌道に投入する能力を実証した。月面着陸に失敗してしまったものの、貴重なデータを取得することに成功し、今後の飛躍が見込まれる。
シンスペクティブ Synspective	2018	天候に左右されにくい地上観測が可能な合成開口レーダー（SAR）を搭載した小型衛星の開発および運用を行うことで衛星データを提供するとともに、衛星データとそれ以外のデータを組み合わせ、それを活用した防災などへの寄与を目的としたサービスを提供している。
スペースビーディー Space BD	2017	宇宙産業で技術開発を必要とする事業者の負担軽減や技術の商業活用の拡大に貢献する宇宙商社として創業し、2018年にはISSの日本実験棟「きぼう」から超小型衛星放出事業を開始した。ロケットなどを用いた相乗り打ち上げの使用権を購入し、研究機関や企業などに販売する人工衛星打ち上げ事業などを行っている。

心となって創業したアクセルスペース社や QPS 研究所、Synspective 社が、光学もしくは合成開口レーダー (SAR) のセンサーを利用した小型衛星をそれぞれ数機の規模で打ち上げ、運用を行っている。人工衛星によるサービスは地球規模で展開することが可能なため、日本政府がどのような戦略で他国との差別化を図ることができるのかが重要な点のひとつである。

ロケットについても民間企業による宇宙活動が国内外で増加している。前述のスペース X 社はロケットの開発と打ち上げについても世界を牽引する企業のひとつであり、近年、国際宇宙ステーションへの宇宙飛行士の飛行は、ファルコン 9 (Falcon9) ロケットに搭載された宇宙船クルードラゴン (Crew Dragon) によって行われている。ファルコン9をはじめとする同社のロケットの開発や打ち上げは、その目的に対して効果的かつ合理的な方法で進められている。例えば、ロケットを実現する上で難易度の高いエンジンについては NASA が過去に開発を行った低コストのエンジン技術が活用されたエンジンを開発し、同規模のロケットエンジンとしては極めて廉価なものである。日本でも、インターステラテクノロジズ社 (Interstellar Technologies) が低コストで打ち上げ可能な液体燃料による小型ロケットを開発中であり、北海道大樹町に本社を置き、事業を展開している。また、スペースワン社 (SPACE ONE) は、個体ロケット開発を得意とする IHI エアロスペース社の技術を基盤として小型ロケットを開発しており、和歌山県串本町にロケット打ち上げ射場を構築している。他にも、PD エアロスペース社 (PD Aerospace) やスペースウォーカー社 (SPACE WALKER) などが独自性のあるロケットや宇宙輸送サービスに関する活動を行っている。

人工衛星やロケットを開発し、運用すること以外にもさまざまな宇宙活動が存在する。例えば、人工衛星と通信をする地上設備については、従来まではそれぞれの宇宙機関や企業が所有し、必要に応じて連携をするという形での競争と共創が行われていた。それに対

して、最近では世界各地の衛星通信アンテナをシェアリングするサービスなどが生まれており、日本のインフォステラ社 (Infostellar) などがその領域をリードしている。また、図表1に示したように、世界の宇宙事業においては、人工衛星やその人工衛星のデータを活用し、宇宙事業のみならず、他の事業に新しい価値を生み出したり、既存の価値を向上させたり、効率を高めるといったものが多い。これらの事業を「宇宙利用事業」と呼んでいるが、数多くのロケットが打ち上げられ、宇宙空間に存在する人工衛星の数が増加し、機能が高度化し、そこから得られる信号やデータが質、量、共に豊富になってきている。それに伴って、宇宙利用事業の規模が今後、飛躍的に拡大すると予測されており、さまざまな形態での競争と共創によって人々の生活をより豊かにすることが期待できる。

2. 事例紹介

2.1 宇宙活動のさまざまな分野への拡がり

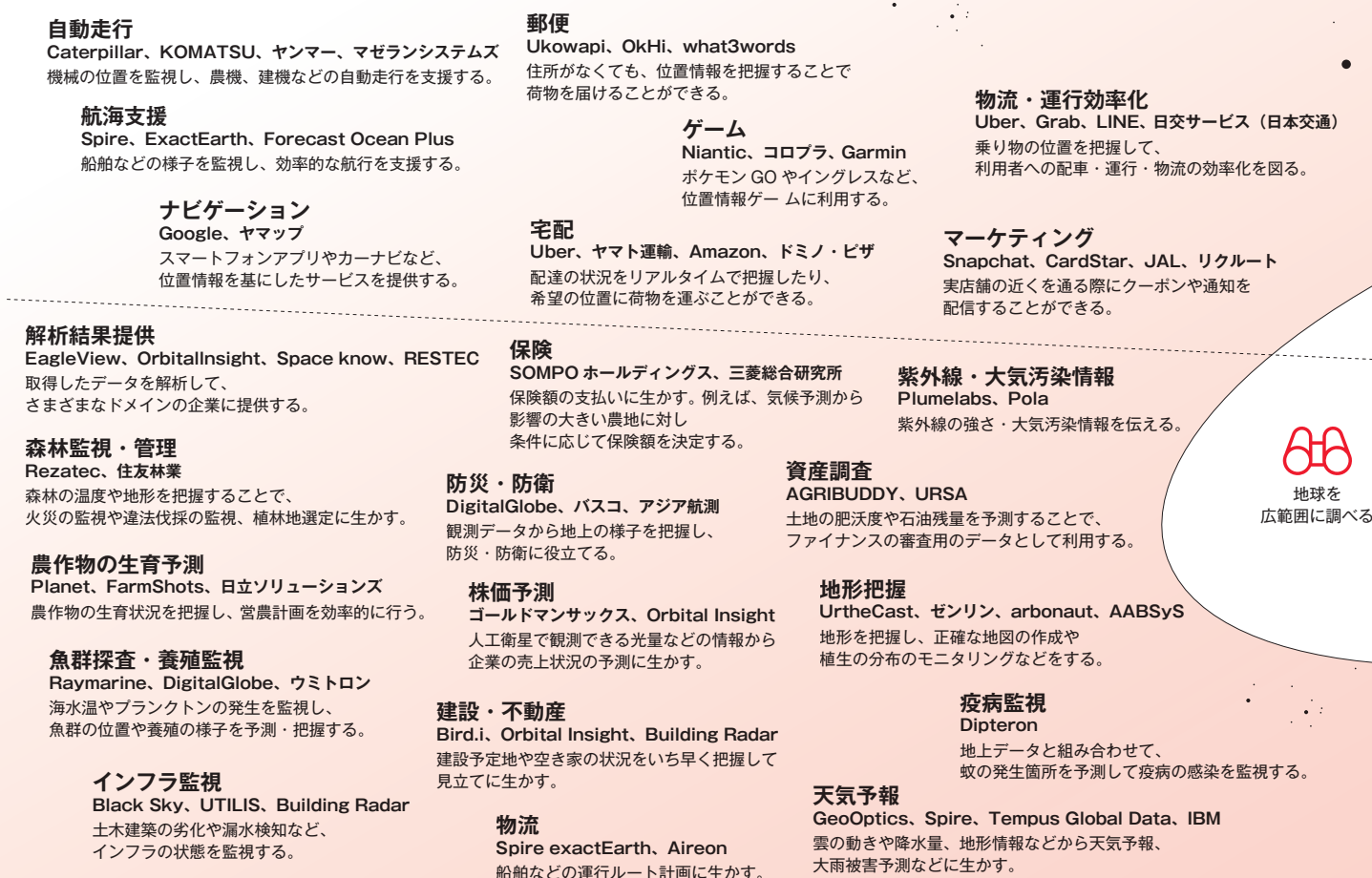
世界の宇宙活動の流れが変化の中で、宇宙領域を活用した新たな社会サービスやビジネスが生まれようとしている。また新たな宇宙活動へ日本はどのように参画できるのかといった課題や、国家の安全保障分野でも従来とは異なる環境や状況が出現している。そうしたいくつかの事例について取り上げたい。図表4 (次頁) は、宇宙ビジネス情報サイト「宙畑 - sorabatake-」がまとめた宇宙利用に関する事業マップ⁴⁾である。人工衛星を利用する事業と宇宙空間を利用する事業に分類されており、前者については、さらに衛星測位 (高度な位置情報を検出する)、衛星観測 (地球を広範囲に調べる)、衛星通信 (時と場所を選ばずに通信を行う) に分類されている。従来、直接宇宙事業とは関わりがなかった企業や組織が協調や共創によって宇宙利用事業を行っていることが示されており、実際には、これら以外の領域を含め、その数が日々増加している。

2.2 宇宙規模でのIoT サービス

あらゆる分野や領域で、IoT やデジタルツイン、デジタルトランスフォーメーション (DX) の動きが加速している。つまりテクノロジーとデータを駆使して事業を効率化したり、新しい事業の仕組みを創造したりするものである。そこに宇宙に関するテクノロジーとデータもより活用されるようになってきている。例えば、私たちが関わっている取り組みのひとつに放牧牛の体調把握や飼育を中心としたマネジメント手法の確立のための研究開発と、それを活用した事業がある。すでに私たちはラグビー選手の背中の肩甲骨あたり

に装着した米国の GPS や日本の準天頂衛星「みちびき」からの測位信号 (GNSS) を受信する受信機から得られる位置と時刻に関するデータを活用して、その選手の練習や試合でのパフォーマンスや運動量を把握してコンディショニングマネジメントやパーソナルトレーニングに活用するシステムを構築し、事業としても行っている (図表5、次頁)。それによって、それぞれの選手の位置や運動量、スピード、スプリント回数などに関するデータを数値で解析し、個々の選手の能力や特質、疲労度合いなどを客観的に把握することができるようになる (図表6、次頁)。例えば、疲労が蓄積した

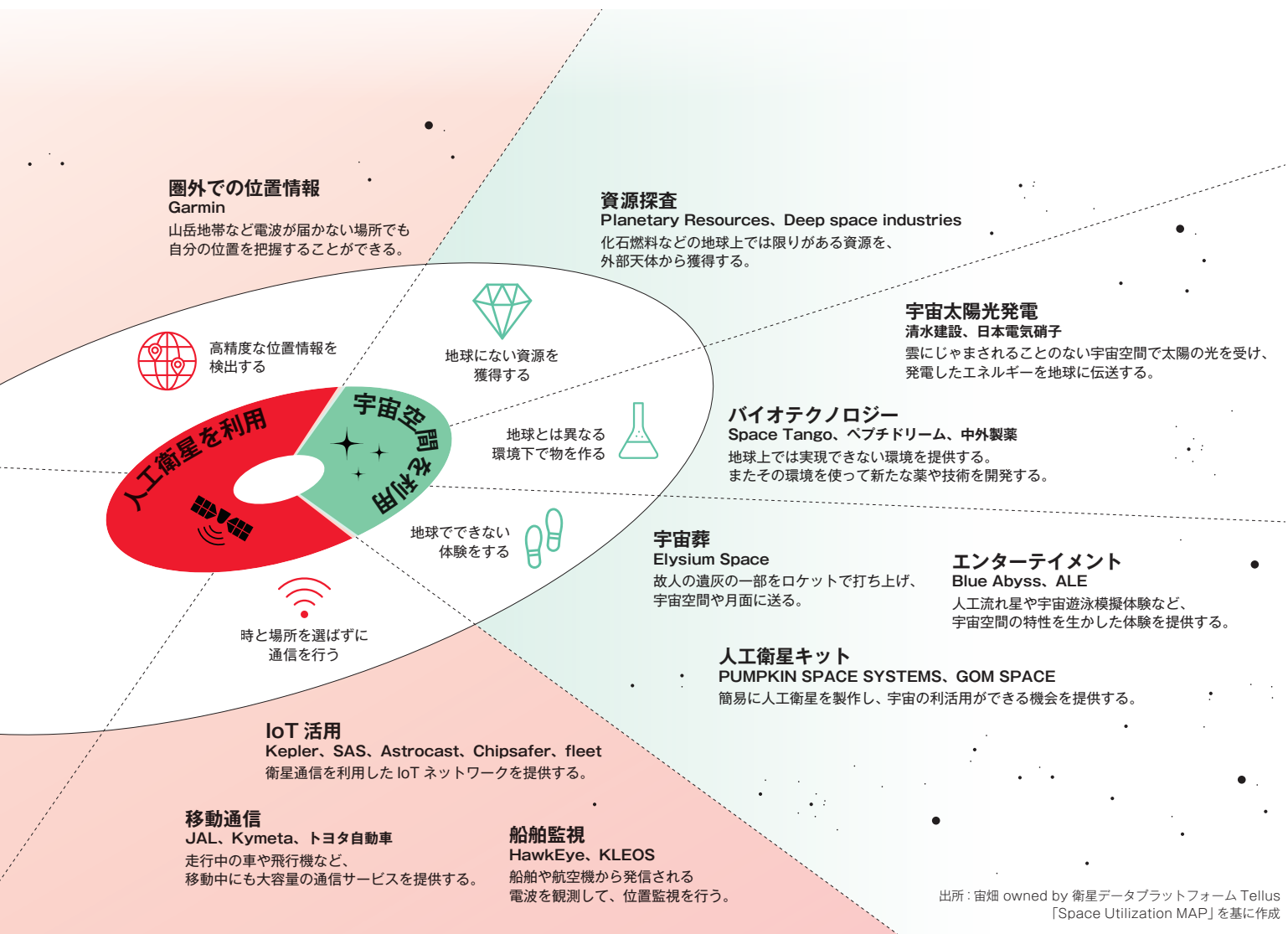
図表4 宇宙利用に関する事業マップ⁴⁾



選手が急激に筋肉に大きな負荷をかけると肉離れになる可能性が高まるが、疲労度合いを客観的に把握することでコーチによる効果的な指導ができ、選手も自身の状態を適切に把握することができるようになる。

放牧牛のマネジメント手法確立のための取り組みは、これらの知見やシステムを放牧牛にも活用できないかという相談をいただいたところから始まっている。宇宙利用事業は国を超えて展開が可能だということに加えて、同様もしくは類似の仕組みを領域を超えて展開しやすいという特徴がある。私たちの取り組みは、スポーツでの選手に対する能力や特質、疲労度合

いなどの把握の仕組みを放牧牛を対象とした畜産領域に適用する試みである。牛を牛舎に閉じ込めるのではなく、ストレスや苦痛の少ない環境に放牧して育てたいと考えている畜産事業者や宇宙事業に興味を持つ専門家からの要請によって、熊本や鹿児島などで実施している。図表7(次頁)は、放牧牛がGNSS受信機を内蔵した首輪を装着している様子である。これによって、牧草地でのそれぞれの牛の行動の特質や体調などを把握することができ、また、広大な放牧地においては目視では難しい全ての牛の個数や位置管理が業務効率の向上に寄与している。



また、同様の考え方で、海の養殖漁業では海水面温度や潮流の変化などについて衛星データを活用し、水中に設置したカメラなどのIoTセンサーから魚の状況を把握することで、魚への適切なタイミングや量の給餌を可能にする事業も日本の宇宙ベンチャーのウミトロン社(UMITRON)によって推進されている。

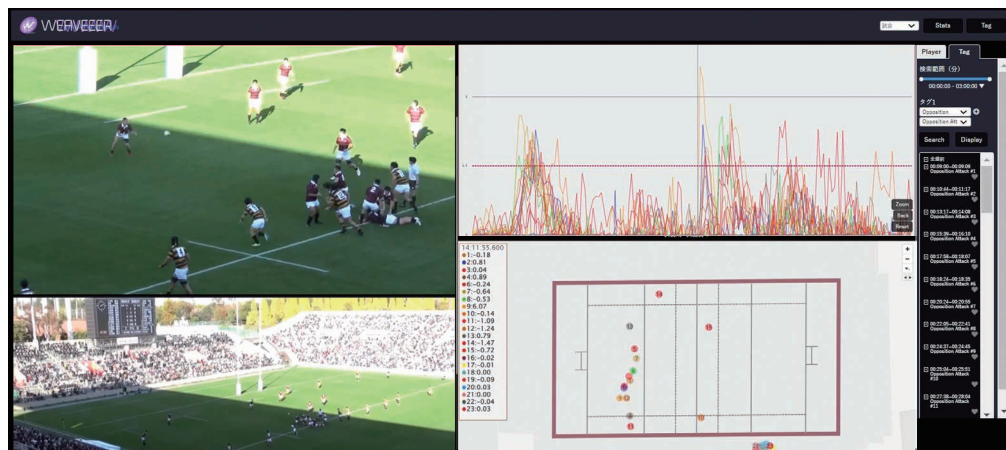
2.3 安全保障と防災

宇宙開発と安全保障は、より密接なものになろうとしている。2022年12月に閣議決定された国家安全保障戦略、国家防衛戦略、防衛力整備計画(戦略3文書)では、2018年の防衛大綱に引き続き、サイバー、電磁波といった新領域で強化を掲げた分野のひとつが宇

図表5 GNSS受信機を内蔵したビブスを装着したラグビー選手(右側画像提供: 日本ラグビーフットボール協会)



図表6 GNSS受信機データとカメラ映像を利用したゲーム分析システム(画像提供: 慶應義塾大学)



宙となっており、国家安全保障戦略では「宇宙空間の安全かつ安定した利用を確保するため対応能力を強化する」と記載されている。具体的には、相手のミサイル発射拠点などを攻撃する反撃能力やミサイル迎撃に必要な情報収集能力の強化などを目的としており、宇宙ゴミや不審な人工衛星の動向といった宇宙状況の把握のために宇宙領域把握 (Space Domain Awareness: SDA) のための人工衛星の開発と運用などを実施する予定である。また、航空自衛隊は2027年度までに「航空宇宙自衛隊」に名称を改称する方針になっており、宇宙領域での活動を充実させるため、「宇宙作戦群」を新たに編成している。

一方、防災に関連する宇宙活動は既に多様な取り組みが行われており、災害時の宇宙データの国際的な共同利用では、日本は大きな貢献を果たしている。例えば、「宇宙技術によるアジア太平洋地域の災害管理への貢献」を目的に設立された国際協力プロジェクト「センチネルアジア」(Sentinel Asia)である。2005年にJAXAが提唱し、アジア太平洋地域宇宙機関会議 (APRSFA) が推進を決定し、2006年にプロジェクトチームが発足した。このプロジェクトでは、地球観測

衛星などの宇宙技術を使って得た災害関連情報をオンライン上で共有し、台風・洪水・地震・津波・火山噴火・山火事などの自然災害被害を軽減したり、予防したりすることを目的としている。現在は29カ国96機関17国際機関が参加している。具体的には、各国の衛星から得られたデータを重ねる形で、森林火災や洪水などの被災状況を迅速かつ詳細に把握でき、また、山火事分析ではオーストラリア、洪水分析ではタイにというように、それぞれの国には得意とするデータ活用経験や分析ノウハウがあり、それらを共有できるという価値が高く、災害時には各国で利用がなされている。

3. 日本がこれからすべきこと

前述のように2019年の世界の宇宙活動の規模は40兆円程度で今後もその規模は大きくなり、2050年には200兆円を超えるという予測もある。現状、世界の宇宙活動の規模の中で1%程度が日本政府の宇宙活動の規模である。そのような状況の中で日本の宇宙活動をどう進めていくべきか。三つの点について論じる。

図表7 GNSS受信機内蔵の首輪を装着した放牧牛



3.1 技術開発とサービス開発

政府事業および民間事業問わず、他者と比較して価値のある差別化できる技術を創出する、もしくは手に入れるための取り組みが必要である。特に、ロケットや人工衛星を開発して運用するには、そのための設備や宇宙空間での実際の運用経験が重要であり、打ち上げや運用における国際調整なども含めたシステム全体を俯瞰したシステムズ・エンジニアリングおよびプロジェクトマネジメントの視点や経験が求められる。それらを培うには、ある程度の予算と時間が必要であり、5年後や10年後の世界の変化とそれに伴う宇宙事業への需要を視野に入れた技術開発やサービス開発を進める必要がある。特に、アルテミス計画によって一気に加速する可能性が高い月面探査に関わることは、10年後、もしくはそれ以降に世界の宇宙活動の中心になる可能性もあり、取り組みを進めるべき領域だと考えている。また、今後その規模が大きく拡大すると予測されている宇宙利用の分野においては、ロケットや人工衛星の開発や運用と比較して参入障壁が低い地球観測データや衛星測位信号を扱うようなことが多く、他の事業との連携による技術開発やサービス開発にはさまざまな可能性がある。「誰のために、なぜ、どのような価値を提供するのか?」という視点で実現したい未来を想像し、技術やサービスを創造する取り組みが重要だと考える。

3.2 ダイナミックな官民共創

宇宙関連技術の高度化とコモディティ化によって、宇宙事業での官と民の連携や役割分担を、よりダイナミックに行うことが可能になってきている。つまり、開発や製造、運用のリスクをある程度抑えることができ、収益を確保することができる事業であれば、民間企業の参入を促すことができるので、その事業領域については企業同士の競争領域、そして、官民による共創領域として推進することが可能になる。例えば、前述のように高度約400kmの比較的地球から近い

軌道を周回しているISSへの輸送については民間企業に委ねられる形になってきており、最近の宇宙飛行士のISS滞在のための宇宙飛行はスペースX社の宇宙船クルードラゴンをファルコン9ロケットで打ち上げる有人運用飛行によるものである。欧州や日本をはじめとする世界の宇宙事業でも類似の形態が増えてきており、日本でもJAXAや政府機関が宇宙ベンチャー企業に投資をして民間企業による技術やビジネスのレベルアップを促している。超小型人工衛星の打ち上げなどについては、民間企業主体になると考えられる。一方、月や火星探査を行うような宇宙活動は、未知の領域でもあり、そこは官主導でリスクを負うという考え方が主流になっている。アルテミス計画はその象徴で、NASAをはじめとする各国の宇宙機関が主導権を持って進めているが、アイスペース社の民間月探査プログラム「HAKUTO-R」の推進など、民間による積極的な参入も行われている。このように、国や地域、そして官民の競争と共創がさまざまな形で広がっているのが世界の宇宙活動の現状であり、今後はさらにその共創の形態がダイナミックになっていくものと考えられる。

また、日本では、今年2月に宇宙産業のオープンイノベーションを推進し、さらに宇宙ビジネスが拡大することを目指して東京・日本橋を拠点とした宇宙ビジネス共創プラットフォームとして一般社団法人「クロスユー」が設立された。JAXAとの連携協定に基づく宇宙ビジネス創出活動や、実施主体である三井不動産社による共創のための場の提供と機会の提供が行われている。従来、宇宙活動に関わりがなかった企業や組織も加わりつつあり、新たな共創が期待できる。

3.3 プレーヤーの増加と人材育成

日本の宇宙活動におけるひとつの大きな課題は、宇宙ベンチャーの数が増加し、予算規模も増加している中で、そこに関わるプレーヤーが増えておらず、また、宇宙活動に必要なさまざまな人材が十分育っていない

ないという点であり、多くの宇宙ベンチャーが頻繁に事業に必要な技能と知識を持った人材の採用を行っており、日本では必要な人材を採用することができないため、海外の人材を積極的に採用し、育成しているということもある。また、アジアや中東、アフリカなどの新興国においても相次いで宇宙庁が設立されるなど、世界的に宇宙活動に取り組む国が増えてきており、日本の大学や研究機関にもさまざまな国の将来の宇宙庁幹部候補生が留学生として入学しており、学位を得ている。その領域も、宇宙科学や宇宙工学のみならず、宇宙に関わるビッグデータや人工知能、システムズエンジニアリング、法律など多岐にわたる。つまり、世界的に宇宙活動に関わる人材の需要が増え、その流動性が高まっている中で、いかに日本の宇宙活動に関わる人材を増やし、育てていくかといったタレント発掘と育成についての戦略が必要であり、雇用という面では給与や働き方、文化といった点で世界的な競争の中で日本が優位に立つ必要があり、この点についても民間企業の間での競争と共創、そして、官民学が一体となってその仕組みをより良いものにしていく必要がある。産業の育成と人材の育成を両輪で行う視点とそのための共創が重要である。



Naohiko Kohtake

神武 直彦

慶應義塾大学 大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授
慶應義塾大学理工学部卒。同大学院政策・メディア研究科博士課程修了。博士(政策・メディア)。宇宙開発事業団、宇宙航空研究開発機構にてH-IIAロケットの設計開発・打ち上げ、宇宙機搭載ソフトウェアの独立検証などに従事。欧州宇宙機関を経て2009年慶應義塾大学准教授。18年より現職。
宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合代表理事。日本航空宇宙学会宇宙ビジネス共創委員会委員長。政府の宇宙政策各種委員。慶應義塾横浜初等部長などを歴任。専門はシステムズエンジニアリング、デザイン思考、宇宙IoT。『いちばんやさしい衛星データビジネスの教本』(インプレス)など著書・論文多数。

注

- 1) 2019 Global Space Economy at a Glance by Bryce Space and Technology
<https://news.satnews.com/2020/10/05/bryce-technology-publishes-2019-global-space-economy-igraphic/>
- 2) 神武直彦「競争から共創へー多様なプレーヤーによる宇宙事業の発展」
『ていくおふ』170号 株式会社 ANA 総合研究所発行
- 3) JAXA Humans in Space 「ISSの構成」
<https://humans-in-space.jaxa.jp/iss/about/config/>
NASA "International Space Station Facts and Figures"
<https://humans-in-space.jaxa.jp/iss/about/config/>
<https://www.nasa.gov/feature/facts-and-figures>
- 4) 宙畑 owned by 衛星データプラットフォーム Tellus 「Space Utilization MAP」
<https://sorabatake.jp/>

これからの 宇宙開発 2

宇宙ビジネス最前線

株式会社 Synspective CEO 補佐

浅田 正一郎

Shoichiro Asada

宇宙インフラの提供や宇宙データを利用する宇宙ビジネスは、現在でも約50兆円の規模を有し、2040年ごろには120兆円に達すると予測される成長産業である。

この原動力となっているのが、スタートアップによる参入と、新しい宇宙ビジネスの展開である。先人の成功例、衛星の小型化、データ処理技術の向上によるビッグデータ×AI活用に触発されてスタートアップが次々と宇宙ビジネスに参入し、既存産業の破壊と創造が始まった。

日本政府も宇宙ビジネスを、将来の日本の産業の柱とすべく、スタートアップ振興策を次々と打ち出しており、地方創生の一手段としての宇宙事業への取り組みも見られる。

キーワード

宇宙ビジネス スタートアップ 小型衛星 宇宙データ利用

1. まえがき

「宇宙ビジネスに関わっています」と自己紹介すると、具体的にどのような活動なのか、現状はどうなっているのかと興味を持って聞かれることもあるが、ほとんどの場合は、「夢があっていいですね」という反応とともに、自分と関係のない世界の人だと思われることが多い。

しかし、今や宇宙産業は人々の生活にとって必要不

可欠なインフラを支えているし、多くのスタートアップ企業が参入している業界でもある。モルガンスタンレー¹⁾によると、約50兆円規模の宇宙産業は、2040年には120兆円に達すると予測されている(図表1)新たな成長産業なのである。

宇宙産業は、従来、国が資金を準備し、大企業が担うといった構図であったが、近年、スタートアップの参入により、裾野が広がるとともに、全く新しい宇宙の利用の仕方も提案されつつある。ポスト自動車産業として、日本の将来のために投資する分野の一つでも

あり、地方活性化にも一役を担う可能性を秘めている。

本稿では、この新しい潮流、ニュースペースを中心に最新の宇宙ビジネスの動向を紹介してみたい。

2. 伝統的な宇宙産業

まず、大企業が担ってきた伝統的な宇宙ビジネスについて述べる。

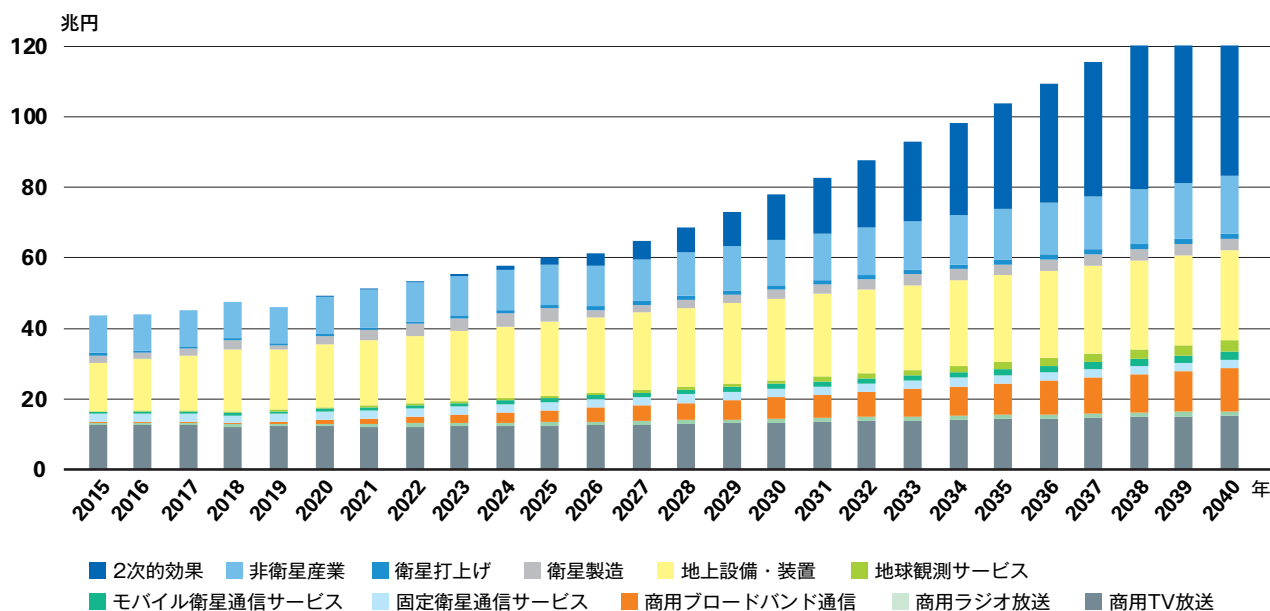
宇宙のビジネスとして最初に花開いたのは、静止軌道を使った通信、放送である。静止軌道は高度約36,000kmにあり、人工衛星はこの軌道上において、地球の回転と同じ角速度となり、地球から見たときに静止しているように見える。この位置からは、常に地球のある面を見続けることはできるので、気象衛星に好都合な軌道といえる。また、通信や放送にも適しており、一気に広範囲の領域にサービスを提供することができる。例えば、アラビア語圏に対応した放送衛星が

あれば、中東から北アフリカ諸国まで国境を越えて放送が可能となる。

二つ目はわれわれの生活にとって不可欠となってきた米国GPSに代表される衛星測位システムである。衛星測位システムそのものは、非常に重要なインフラなので、政府が運用しているのが実態であるが、受信機やアプリといった形で商用化されている。例えば、スマートフォンでは、衛星測位システムから送られてくる電波を受信し、その情報から自分の位置を計算して、グーグルマップなどに表示することができる。衛星測位システムは航空管制、船舶の運用、近い将来には自動運転に利用されるだけでなく、高精度な時刻同期を提供している。

米国がGlobal Positioning System（GPS、全地球測位システム）を軍事用として最初に開発したが、1993年に米国政府は民間が無償で利用できるようにした。衛星測位システムが与える情報は非常に重要だと認識され、ロシア、中国、欧州、インドが米国に頼らない

図表1 世界の宇宙産業規模（130円/\$で換算）¹⁾



出所: Haver Analytics, Morgan Stanley Research forecasts "The Global Space Economy" を基に作成

独自のシステムを構築している。日本もそれに追随し、「みちびき」を運用し、アジア太平洋地域に限定するが高精度な位置情報を提供している。

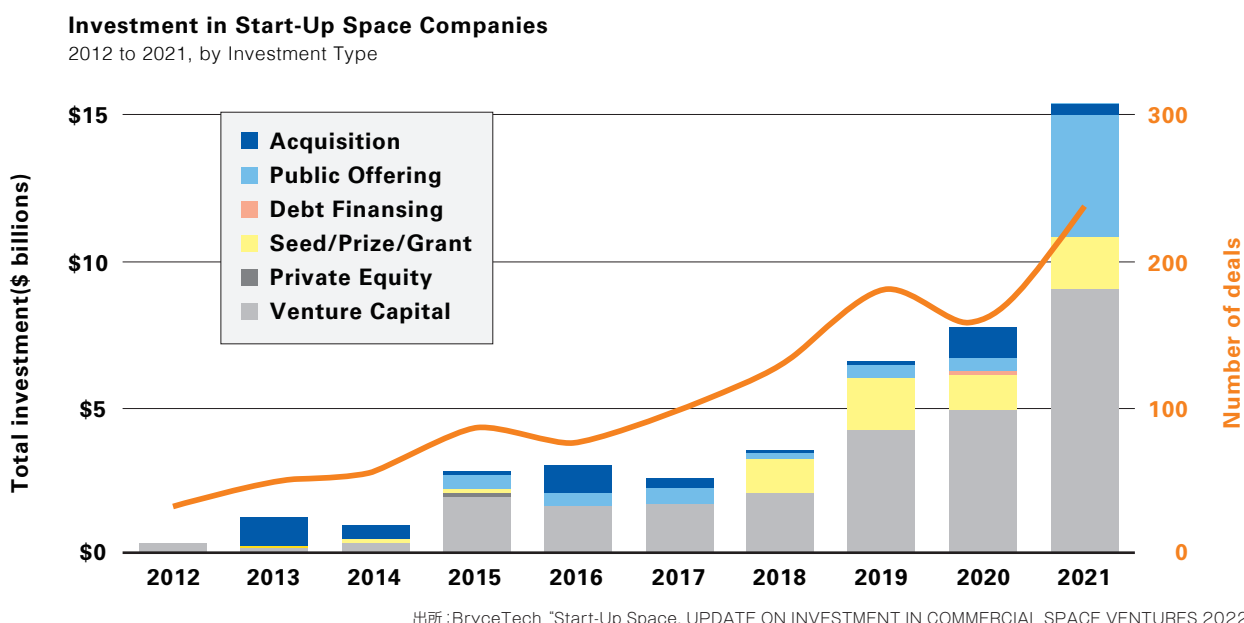
次に、グーグルアースなどで一般の方も利用されている地球観測サービスという分野であるが、光学カメラを人工衛星に搭載して地球を観測する光学地球観測衛星、それと人工衛星自らが電波を発してその反射波を受け取るレーダー地球観測衛星がある。光学地球観測衛星は、太陽の光が反射したものを撮影するので、夜間とか雲が覆っている場合は撮像できなくなるが、それに対してレーダー地球観測衛星では、夜でも雲下でも観測できるという特徴がある。ただし、光学地球観測衛星ではカラー画像や、分光画像が得られる一方で、レーダー画像は一般には理解が難しい白黒画像ということで、それぞれの特性に合った利用が行われている。従来は、画像を販売するだけであったのが、近年は画像を基に得た情報提供サービスへと進化している。

最後に、ロケットを使って人工衛星を宇宙空間に届けるという衛星打上げビジネスである。先日、日本の次期基幹ロケットである H-3 が残念ながら打上げに失敗したが、従来はこのような大型ロケットが主流であり、官民の大きな衛星を打ち上げるサービスを担っていた。大型ロケットを発射、運用できる国は限られており、米国、欧州、中国、ロシア、インドおよび日本である。ロシアはウクライナ侵攻後に制裁を受けたために、海外の衛星の打上げが激減している。

3. 新しい宇宙産業(ニュースペース)の勃興

宇宙スタートアップへの投資額と投資数を図表2に示す²⁾。2012年以降、急激に宇宙スタートアップへの投資が拡大していることが見て取れる。2021年は総投資額が150億ドル(\$15B)を超える勢いとなっている。それだけ、宇宙スタートアップの起業も多いということになる。

図表2 宇宙スタートアップへの投資²⁾



では、なぜ新しい宇宙企業(ニュースペース)が勃興しているのでしょうか？ 私見として、下記の三つの要因を挙げたい。

- ① 先人の成功例
- ② 参入障壁の低下
- ③ 新しい宇宙データ利用

「先人の成功例」としては、SpaceX 社を起業した Elon Musk の存在が大きな影響を与えている。Elon Musk は、最近、Twitter社を買収して話題になっているが、電気自動車の会社である Tesla 社を立ち上げると、ほぼ同時期の2002年に SpaceX 社というロケット製造、運用の会社を立ち上げた。従来のロケッ

トは、国が資金を準備し、大会社がその開発、運用を請け負うという仕組みであったところに、Elon Musk は民間から投資を仰ぎ、その資金を基に自らロケット開発に挑戦した。初期には多くの失敗を経験したが、20年経った現時点では、世界で最も打上げ回数の多い Falcon9 を運用している。米軍の衛星は、従来、Lockheed Martin 社と Boeing 社の合弁企業である United Launch Alliance 社が独占していたが、近年では SpaceX 社がその牙城を崩し、軍の衛星のみならず多くの NASA の衛星打上げや、ひいては国際宇宙ステーションへの人員、物資輸送も担うほどになっている(図表3)。

図表3 Elon Musk と Falcon Heavy



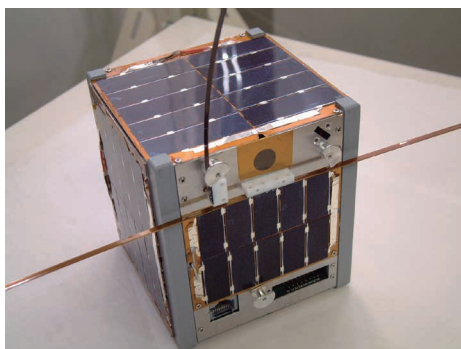
©Steve Jurvetson (写真左)

図表4 Falconロケットの1段帰還



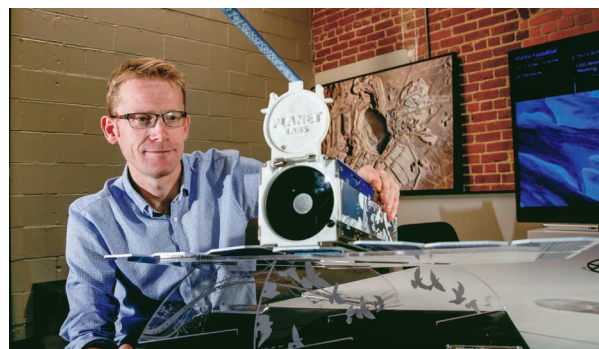
©Space X

図表5 東大のXI-4³⁾



©東京大学 中須賀・船瀬研究室

図表6 Planet社の光学地球観測超小型衛星⁴⁾



©San Francisco Chronicle/Hearst Newspapers via Getty Images / Hearst Newspapers

Elon Musk は自動車業界にも革新をもたらしたが、ロケット業界にも革新的な技術を導入した。従来のロケットは、ほぼ使い捨てであったのに対して、彼は、ロケットの1段目を再使用することに挑戦し、最近では、ほぼ定常的に1段目は再使用されている。Falcon9の1段目には9個のエンジンが搭載されているが、それらを何度も利用し、大幅なコストダウンを達成している(図表4、前頁)。

2002年当時にロケットスタートアップとして登場し、資金と優秀な人材を集め、今は米国の主力のロケットを提供する会社になったという成功例である。

「参入障壁の低下」は、衛星の小型化が牽引している。その草分けは英国のSurrey大学であり、大学での教育・研究を目的とした小型衛星開発を先導したが、現在は大学発のスタートアップとしてSurrey Satellite Technologyに引き継がれている。この動きに触発されて、1999年にCalifornia Polytechnic大学とStanford大学が規格化したCubeSatが登場した。

わずか10cm角の超小型衛星であり、2003年に東大と東工大がこの規格に即したCubeSatを世界で初めて打上げに成功した³⁾(図表5、前頁)。非常に手軽に作れるので、高校や大学の教材として活用されているが、最近では、商用衛星としても使われるようになってきた(図表6、前頁)。米国Planet社は200機以上もの超小型衛星を展開し、非常に頻度の高い地球観測データの提供を行っている⁴⁾。

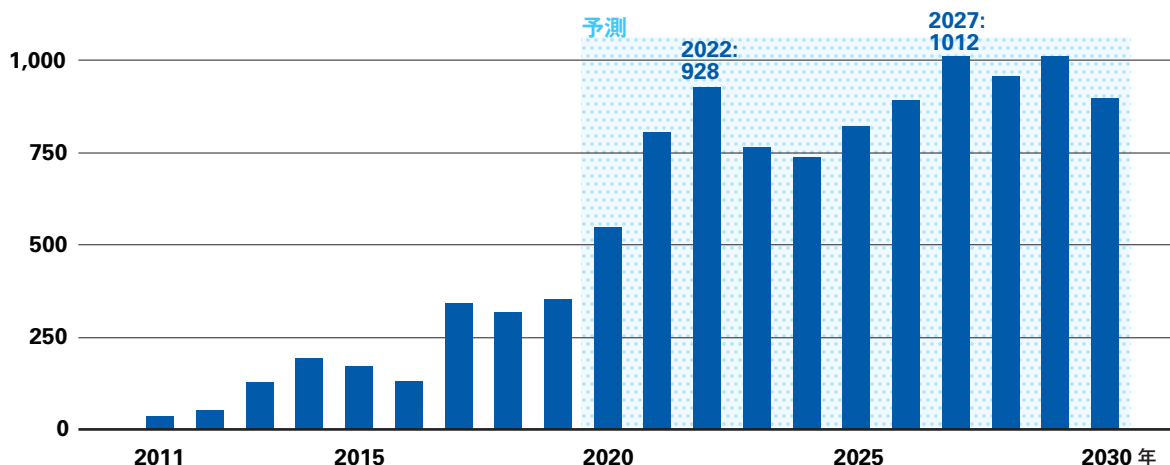
小型衛星の需要はとどまることを知らず、500kg以下の小型衛星は今後毎年1,000機程度打ち上げられるとPwCは予測している⁵⁾(図表7)。小型衛星の需要が伸びれば、それに応じた小型ロケットの需要も伸びる。従来は大国でしかできなかったロケット開発が、小型化により、より多くの国で、スタートアップが参入可能となる。

三つ目の要因として挙げた「新しい宇宙データ利用」により、宇宙利用の可能性が大きく広がった。人工衛星から地球上に画像や電波などのビッグデータが

図表7 500kg以下の小型衛星の打上げ数予測⁵⁾

The rise of small satellites

smallsats for single missions and constellations to be launched from 2011 to 2030

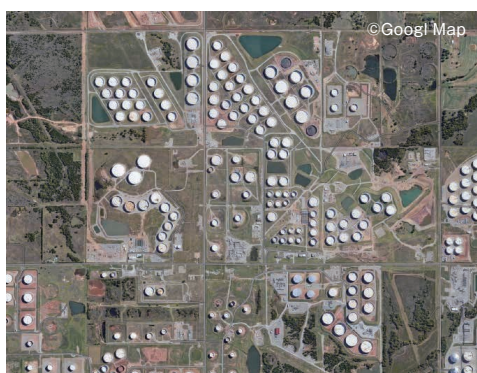


出所:PwC Launch database, 2019を基に作成

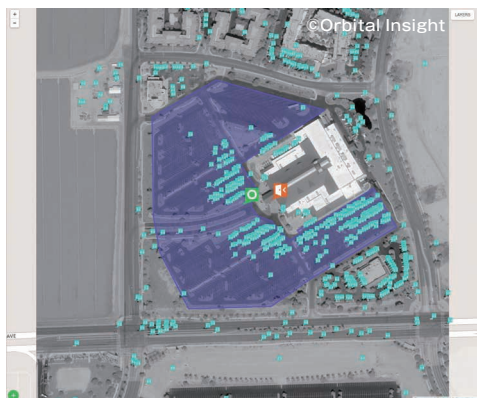
届けられており、その宇宙ビッグデータをAIを使って分析して、金融保険業、農林水産業、エネルギー、製造建設、気象、交通および教育などに役立つ情報を提供することが行われるようになった。

代表的な例として、Orbital Insight 社が実施した石油備蓄量の推量について示す^{6) 7)}。図表8に人工衛星から撮った石油タンク群を示すが、個々の石油タンクには影があることが分かる。石油タンクの構造は、浮屋根と呼ばれる石油の貯蔵量に応じて上下する屋根が用いられている。石油タンクの影は、タンクの高さに応じたものと、浮屋根が沈下したことにより生じたものができる。この二つの影を利用して、個々の石油タ

図表8 人工衛星から撮像した石油タンク群



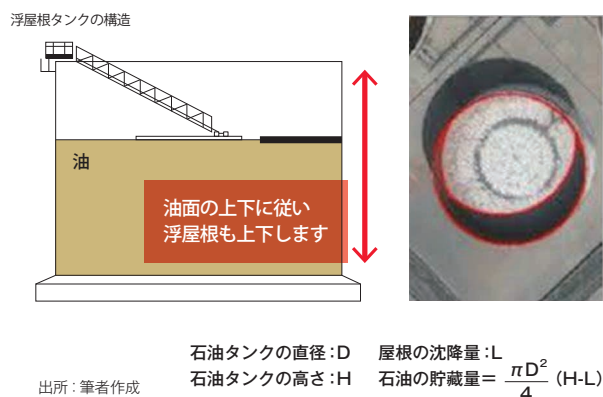
図表10 人工衛星画像から特定した車



ンク内の貯蔵量は計算できる(図表9)。人工衛星から撮った写真で、石油タンクの貯蔵量が分かるといった、考えてみれば非常に簡単な原理であるが、世界中にある石油タンクの貯蔵量を一つ一つ割り出すのは容易ではない。ここに機械学習を用いたAIを駆使して、コンピュータに解析させることにより、それが現実的な方法となってきた。例えば各国の石油備蓄量を割り出すことも可能であり、石油の今後の需要がどうなるかを予測し、石油の先物取引などの判断材料として貴重な情報を提供することになる。

同じく機械学習を用いたAIを使って、衛星から撮像したスーパーマーケットの駐車場の画像から、図

図表9 石油タンクの構造と貯蔵量の推算



図表11 車の台数と店の売上高の相関関係

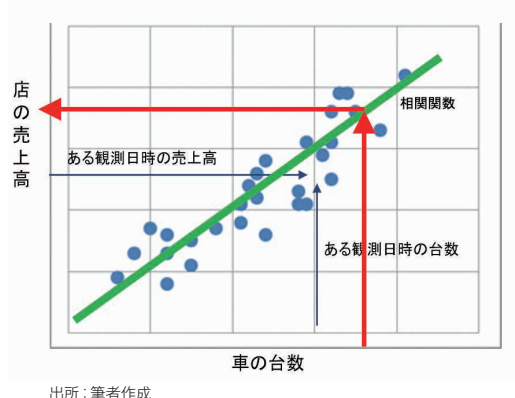


表10(前頁)に示すように車の数を割り出すことも考えられた⁸⁾。この手法は、スーパーマーケットだけでなく、ディズニーランドの駐車場や、自動車工場の完成車置き場にも同様に適用できる。では、車の数を割り出して、いかなる情報に変えるか？ スーパーマーケットの例で言えば、いったん駐車場の車の数と売上高の相関関係が把握できれば、その後は衛星写真から割り出した車の数で、そのときの売上高を予測できることになる(図表11、前頁)。データを集積すれば、スーパーマーケットの業績予想ができることになる。

このように、従来は、単なる衛星画像を提供してきたビジネスから、衛星画像を基に割り出した経済指標の情報を付加価値として提供するビジネスに発展した。

4. ニュースペースによる宇宙ビジネスの拡大

近年、急速に拡大しつつある宇宙ビジネスを、特にニュースペースに焦点を当てて紹介したい。

(1) 宇宙データ・技術利用

ニュースペースが最も取り組んでいる分野は、宇宙データ・技術利用分野である。既に紹介した、衛星画

像データから石油タンクの備蓄量の推算や、スーパーマーケットの駐車場の車を数えて、経済指標データを提供する分野である。衛星測位システムを利用した、農業作業機械の自動運転などもこの分野に含まれる。日本のニュースペースとしては、レーダー衛星画像を分析する Synspective 社、SPACE SHIFT 社、漁業者に海洋情報を提供する UMITRON 社などが挙げられる。

ロシアのウクライナ侵攻で衛星から撮像した戦況の画像が注目されたが、もう一つ忘れてならないのが、低軌道の通信衛星群によるインターネット網の提供である(<https://www.bbc.com/news/technology-60561162>)。Elon Musk の SpaceX 社は Starlink という小型衛星通信網を構築し、地上に数10cmのアンテナを設置すれば、地球上のあらゆるところで、インターネットに接続可能となるビジネスを展開している。ロシア軍の攻撃でずたずたにされたウクライナの通信網は、Elon Musk が提供した Starlink の受信装置により復活した。

(2) 衛星インフラ構築・運用

宇宙データを提供する、特に小型衛星群の構築が盛

図表 12 レーダー地球観測小型衛星群



©Synspective Inc.

図表 13 Starlinkの人工衛星網のイメージ



©istock/Getty Images

況となっている。100機レベルの光学地球観測小型衛星群、数10機レベルのレーダー地球観測小型衛星群(図表12)などにより、頻度の非常に高い画像提供が行われている。ここでも、日本のスタートアップが参戦しており、光学小型衛星群の Axelspace 社、レーダー小型衛星群の Synspective 社、iQPS 社などが挙げられる。

通信衛星群の数はすさまじくて、Starlink⁹⁾は現時点で4,000機を超える小型衛星で構成されている(図表13)し、将来的には10,000機以上が計画されている。Amazon社も Kuiper という3,000機以上の衛星群を計画するなど、この分野が急速に拡大している。衛星通信は、従来、静止軌道に大型衛星を投入し、広範な領域を一気にカバーする方式であったが、高度36,000kmとの間の通信の時間遅れがあったことと、地上に大きなアンテナが必要であったことが難点であった。これに対して、低軌道衛星通信では、通信距離が大幅に短縮されるため、通信速度の遅延の問題が改善されるとともに、地上の受信装置を小型化することができる。

衛星が増えれば、衛星を製造する産業や、部品のサプライチェーンが拡大するのみならず、衛星画像を受信するための地上局や、クラウドデータサービスなど

が付随して広がりをみせている。

(3)衛星輸送

衛星の数が飛躍的に増大しているため、衛星の打上げビジネスへの参入も非常に盛んである。従来は、大国でしか保有できなかったロケットであるが、衛星が小型化したことにより、多くのニュースペースが小型ロケットの開発に挑戦している。小型ロケットの開発には世界中で100社以上がしのぎを削っており、日本でも Space One 社、インターステラテクノロジズ社などが今年から来年にかけての初飛行を目指している。現在、最も成功している小型ロケットは、ニュージーランド出身の Peter Beck 氏の Rocket Lab 社が開発した Electron である(図表14)。2017年に初飛行を行ってから、現在までに30機以上を打ち上げている。Electron の打ち上げ能力は低軌道に150kg程度であり、まさしく小型衛星の打ち上げ専用機となっている。

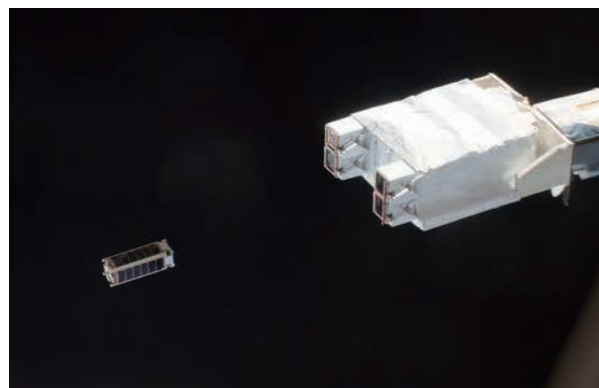
先に紹介した超小型衛星 CubeSat は、国際宇宙ステーション (ISS) から放出的できる。CubeSat を日本の「こうのとりの」のような宇宙ステーションへの輸送機でISSに搬入し、宇宙飛行士が開梱して、個々に

図表 14 Peter Beck と Electron



©Phil Walter/Getty Images

図表 15 「きぼう」の装置(右)から放出される超小型衛星
(2017年1月)



©JAXA/NASA

宇宙へ放出させる(図表15、前頁)。日本のニュースペースである Space BD 社は、このような超小型衛星放出サービスを提供している。

(4)軌道上サービス

全く新しい分野として、宇宙空間にある人工衛星へのサービスなどを行う軌道上サービスがある。まだ実現はしていないが、車に例えると、給油したり、修理を行ったりするガソリンスタンドの役割を、宇宙の軌道上で人工衛星に対して行うビジネスである。

このサービスの一つとして、不要になった衛星を軌道上から撤去するサービスを提案しているのが日本の Astroscale 社である。衛星の数が近年飛躍的に増大していることを述べたが、それ以外に不要になった衛星や、ロケットの残骸、破片など宇宙空間には宇宙デブリと呼ばれるごみが観測可能な10cm以上の大きさのものだけで約2万個以上ある。衛星と宇宙デブリは増える一方であり、このままでは宇宙空間での人類の活動に支障が生じてしまう可能性があり、各国ともその対策に頭を悩ませている。Astroscale 社は、誰もが関心を示さなかった宇宙デブリ除去ビジネスに真正面から取り組んでいる。

(5)地球近傍宇宙旅行・滞在

2021年、Sir Richard Bransonが創業したVirgin Galactic社は、民間人による宇宙旅行を成功させた。宇宙空間にはほんの数分滞在するだけの旅行であるが、ほとんど訓練も受けていない民間人が宇宙に行ける機会を創出した(図表16)。これ以前にも、民間人がロシアのSoyuz ロケットに搭乗し、宇宙ステーションに滞在するサービスはあったが、数億円以上の費用がかかるため、限られた大金持ちだけを対象としたサービスであった。

Virgin Galactic 社に続いて、Jeff Bezos が創立した Blue Origin 社や、SpaceX 社が商用宇宙旅行サービスを始めた。日本のニュースペースである Space Walker 社や PD AeroSpace 社も有人宇宙飛行のための機体開発に取り組んでいる。

また、宇宙ホテルの構想もあり、日本では月面などでの宇宙建築物を開発しているニュースペースの Outsense 社なども活動している。

(6)月、火星、深宇宙旅行・資源開発

宇宙条約では、宇宙空間の領有の禁止が定められているが、民間企業による資源の利用については制約が

図表 16 Virgin Galactic社が提供する宇宙旅行イメージ



©Virgin Galactic/gettyimages

図表 17 ispace社が開発するランダーのコンセプトモデルイメージ



©ispace

ない。日本では、米国・ルクセンブルク・アラブ首長国連邦に次いで、世界で4番目に宇宙資源法を2021年に制定し、民間企業が宇宙空間で採取した資源について、国として所有権を認めることを定めた¹⁰⁾。

日本のニュースペースである ispace 社が民間初の月着陸に挑戦した(図表17)。月の極には水が存在していることが判明し、各国がこの水資源の利用について躍起となっている。水は人類の宇宙活動に不可欠な存在であり、電気分解で酸素を作ることでもある。

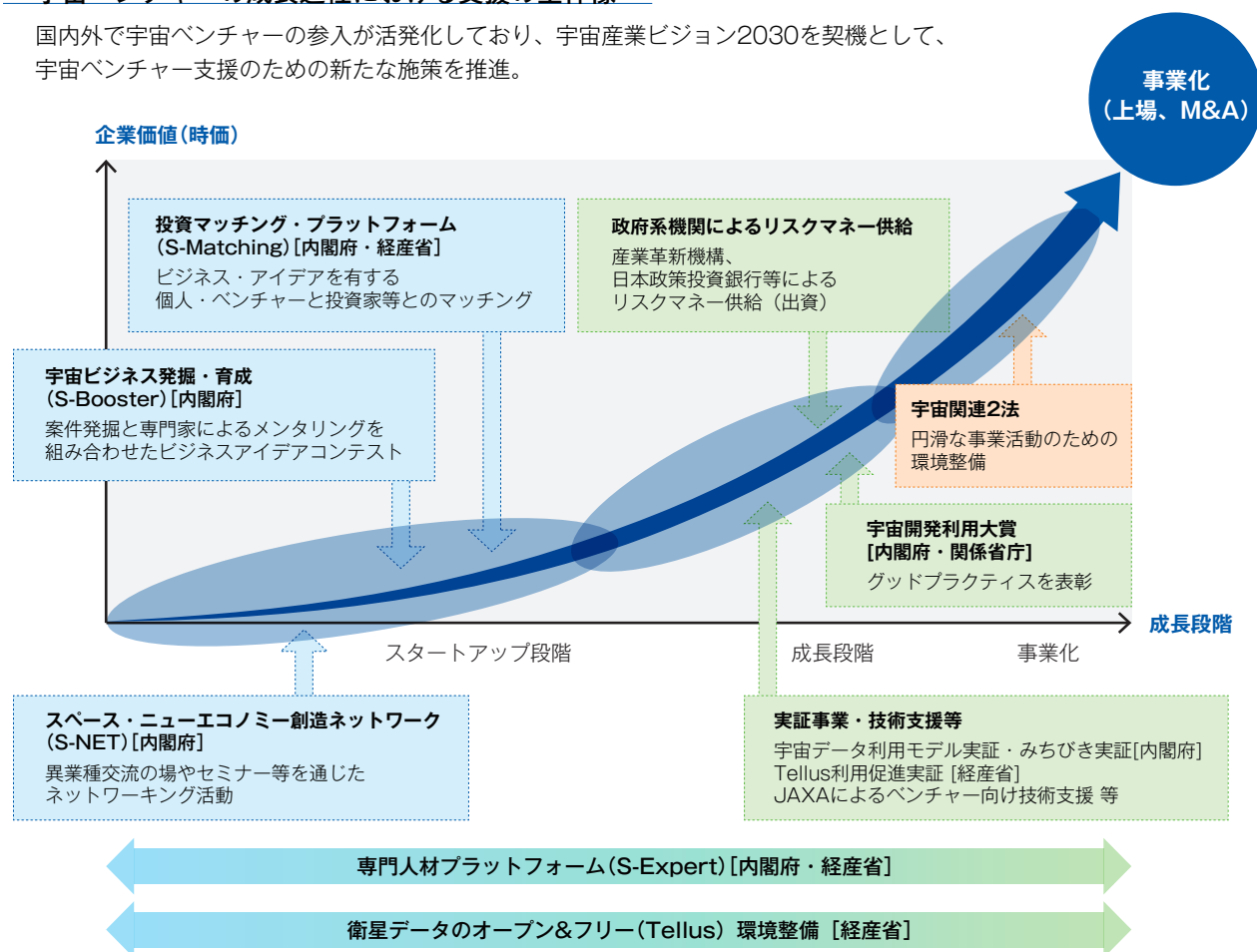
inspace 社は、この水資源の活用を含めた月面活動をビジネスに考えている。

Elon Musk や Jeff Bezos は、月のみならず火星旅行、移住も視野に入れた活動を行っている。Elon Musk の SpaceX 社は Starship という超大型ロケットを開発中であり、将来的には火星旅行に用いることが計画されている。ZOZO 社の創業者である前澤友作氏が、このロケットによる月周回旅行を申し込んだことが話題となった¹¹⁾。

図表 18 政府による宇宙スタートアップの支援策

宇宙ベンチャーの成長過程における支援の全体像

国内外で宇宙ベンチャーの参入が活発化しており、宇宙産業ビジョン2030を契機として、宇宙ベンチャー支援のための新たな施策を推進。



出所：内閣府宇宙開発戦略事務局「宇宙ベンチャーの振興について」を基に作成

5. 日本政府の支援策

宇宙産業は日本の将来を支える産業の一角になる可能性もあるということで、日本政府は内閣府宇宙開発戦略推進事務局が中心となって、ニュースペースに対する支援策を図表18(前頁)に示すとおり、数々と打ち出している¹²⁾。スタートアップ時の投資マッチングなどに加えて、成長段階に至る際のいわゆる「死の谷」を乗り越えるための支援策として、実証事業などの政府による開発支援、アンカーテナンシーと呼ばれる調達事業は、非常に有効な施策と考えられる。

経済産業省が主催した2022年の日本スタートアップ大賞では、宇宙ビジネスだけが対象ではないが、Astroscale社が大賞を受賞し、Synspective社が文部科学大臣賞を受賞しており、宇宙ビジネスへの期待値が高いことを表している。

また、スペース・ニューエコノミー創造ネットワーク(S-NET)では、北海道、茨城県、福井県、山口県、福岡県、大分県が宇宙ビジネス創出推進自治体に選定され、地方活性化の一つの手段として宇宙産業の育成を図ろうとしている。

大分県では、Virgin Orbit社のLauncher Oneのアジアでの発射飛行場を大分空港に誘致しており、地元の国東高校では宇宙専門コースを開くなど、宇宙に関連する教育、産業の振興に力を入れている。福井県では、福井県民衛星技術研究組合を設立し、Axelspace社と協力して小型衛星の製造・組立試験を県内で行えるようにしている¹³⁾。また、Synspective社はレーダーアンテナ量産組み立てを福井県のセーレン社と共同で行う計画も発表している¹⁴⁾。

このように、宇宙産業は地方活性化の一つとして大いに活用されつつある。

6. まとめ

スタートアップの参入により、宇宙ビジネスの裾野が広がりつつある。参入障壁も下がり、もはやひとつの世界ではなく、誰でも宇宙ビジネスに取り組める環境が整っている。2040年には120兆円規模になると予測される宇宙ビジネスを、日本の将来の基幹産業として捉え、官民一体となって、それを推進していくことを期待する。



Shoichiro Asada

浅田 正一郎

株式会社Synspective CEO補佐
1980年4月、三菱重工株式会社入社、2011年に宇宙事業部長および宇宙戦略ビジネスユニット長、2014年4月に執行役員フェローに就任。2017年6月退社。
2014年6月から2016年6月まで、日本ロケット協会会長。2017年6月から2021年6月まで、(一財)日本宇宙フォーラム常務理事。2021年6月から2023年3月まで、宇宙政策調査研究センターフェロー。2018年6月より株式会社Synspectiveの執行役員、ビジネス開発部ゼネラルマネージャー。2022年10月より現職。

注

- 1) Space:Investing in the Final Frontier, Morgan Stanley, July 24, 2020,
<https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>
- 2) Start-Up Space, UPDATE ON INVESTMENT IN COMMERCIAL SPACE VENTURES 2022, BryceTech, LLC, April 6, 2022, https://brycetek.com/reports/report-documents/Bryce_Start_Up_Space_2022.pdf
- 3) 打ち上げ相次ぐサイコ衛星、日本がさきがけ、日経サイエンス、2011年7月25日、
<https://www.nikkei.com/article/DGXBZO32688860S1A720C1000000/>
東京大学工学系研究科航空宇宙工学専攻「中須賀・船瀬研究室」
<https://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/nlab/project.html#s>
- 4) <https://www.planet.com/>
- 5) PwC : Main trends and challenges in the space sector June 2019
<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/DI487/MEΛETEΣ/fr-pwc-main-trends-and-challenges-in-the-space-sector.pdf>
- 6) USE CASES, Oil Inventories, Orbital Insight,
<https://orbitalinsight.com/use-cases/oil-inventories>,
- 7) This Startup Makes Money from Oil Tank Shadows, Bonnie Cao, Harvard Business School Deditat Initiatives, APR 6, 2017,
<https://d3.harvard.edu/platform-digit/submission/this-startup-makes-money-from-oil-tank-shadows/>
- 8) J.C. Penney's troubles are reflected in satellite images of its parking lots, Adrienne Jeffries, February 28, 2017, <https://theoutline.com/post/1169/jc-penney-satellite-imaging>
- 9) Rivals Argue Musk's Starlink Satellites Are Overcrowding Space, By Wall Street Journal, January 10, 2022,
<https://www.wsj.com/video/series/news-explainers/rivals-argue-musks-starlink-satellites-are-overcrowding-space/BB524542-5141-41E6-A3D2-0DDD72594E90>
- 10) 宇宙資源法に関する申請受付について、内閣府宇宙開発戦略推進事務局
<https://www8.cao.go.jp/space/application/resource/application.html>
- 11) Elon Musk just revealed who's going to fly to the moon on SpaceX's new rocket ship, Dave Mosher and Dana Varinsky, September 18, 2018, INSIDER,
<https://www.businessinsider.com/spacex-moon-mission-passenger-bfr-big-falcon-rocket-2018-9>
- 12) 宇宙ベンチャーの振興について、内閣府宇宙開発戦略推進事務局、令和2年2月20日
- 13) 福井県民衛星技術研究組合設立申請のお知らせ、Axelspace、2016年8月5日
https://www.axelspace.com/ja/news/press_20160805/
- 14) 小型 SAR 衛星用アンテナ量産プロセス構築における協業に関して Synspective とセーレンが覚書を締結、株式会社 Synspective、セーレン株式会社、2021年9月28日
<https://synspective.com/jp/press-release/2021/synspective-and-seiren/>

これからの 宇宙開発 3

宇宙ビジネスの 発展と調達制度の重要性

TMJ総合法律事務所 パートナー（弁護士）

新谷 美保子 Mihoko Shintani

宇宙開発はもはや国のプロジェクトを遂行する「官需」のみならず、民間開発に基づくサービス提供としての「民需」が活況になってきている。特に米国の民間企業による宇宙ビジネスの拡大は目覚ましく、その起爆剤となったのは米国政府による、調達方式による民間育成にあるのではないかと考えた。本稿では米国の調達制度を俯瞰しつつ、日本に取り入れる可能性について検討している。宇宙ビジネス分野における弁護士の役割についても冒頭で少し触れている。読者の皆様が、少しでも宇宙ビジネスを自分にも関係し得るビジネスかもしれないと身近に感じてくれることを祈っている。

キーワード

調達制度 NASA FAR（連邦調達規則） SAA（国家航空宇宙法を根拠とする契約）
COTS（商業軌道輸送サービス） CRD2（商業デブリ除去実証）

1. はじめに（宇宙ビジネスとは）

読者の皆様は、現在の宇宙ビジネスがもはや官需（国の予算で宇宙開発を行うこと）によってのみ成り立っているものではないことは、たとえ宇宙にご興味のない方でもご存じなのではないかと思われる。それほどまでに、毎日のように新聞等で民間企業による宇宙ビジネス活動が報道されている。米国の民間企業の振興をきっかけに、低軌道への人や物資の輸送は、国

が民間のサービスを調達する形で実現される世界が来てしまった。この米国の輸送サービス（簡単に言えばロケット打上げ）が民間企業によって実現されるようになった背景には、「調達制度」が大きく関係している。この論稿では、その調達制度について触れてみたいと思う。

2. 宇宙ビジネスにおける弁護士の役割

民間の宇宙ビジネスが発達するに従って、それをサ

ポートする弁護士の仕事も出てくることになる。調達制度の難しい話に入る前に、私が宇宙ビジネスを専門とするようになったきっかけ、そして今何をしているのかについて簡単にお話ししたい。

(1) きっかけのとき

私の所属する事務所は日本人弁護士だけで500人以上、日本人弁理士も80人以上が所属している大規模な日本の法律事務所であり、世界各地にもオフィスを複数持っている。大規模な法律事務所のアソシエイト弁護士は、事務所の費用で米国などに留学する機会を与えられる。私もニューヨークにあるコロンビア大学ロースクールで勉強し、卒業後に海外研修を行うことになった。その際、現地のローファームを紹介してもらい1年働くのが一般的だが、私は事務所からの紹介は「不要」と書類に大きく書いて提出した上で留学に向かった。貴重な1年の海外研修期間において、日本人の自分に一体何ができるのか、米国の地で学んだ上で考えたかったためだ。ロースクール留学前は、知財訴訟を中心に、外資系クライアントの案件も多く扱う機会を与えられ、とても充実していた(そして息つく暇もなくとても忙しかった)。米国のロースクールでも知財紛争を専門にするために勉強しようと思っていたが、ひとたび海外に出てみると、現地では優秀なエリートサラリーマンたちが、日本のモノづくりに誇りを持ち、日本の製品を米国式の営業方法で懸命に売り込んでいた。その姿を見て、「弁護士として日本のモノづくりのためにもっと尽力しなくては」と強く思い立ち、2年目の研修先には日本の重工業メーカーの米国本社での研修をしたいと思うようになった。英語で履歴書を書き、人づてに面接の機会をやっと取り付け、リーガルインターンとして雇ってもらった先で私が学んだ多くのことはここでは語り尽くせないが、その一つに「日本にはSpace Lawyerがいなくて国益を損なうレベルだ」ということだった。ちょうど10年前のことである。このことを教えてくれた General

Counsel (法務部長)は今も私がメンターと仰ぐすてきな女性である。帰国した私は、必死で勉強しつつ、少しずつ宇宙ビジネスを扱う機会を得るようになった。当時日本で「宇宙ビジネス」を専門にしている事務所も弁護士も全くの皆無であり、留学に行って頭が少しおかしくなってしまった(笑)というようになりアクションを受けたことも度々あった。そんな折でも、新しいことに挑戦することを応援してくれる所属事務所の先輩方に支えられ、今では数十人が同時に稼働するほど、弊所の宇宙ビジネスチームは大きくなっている。それは、日本の民間の宇宙ビジネスの成長と同じ歩みだったと自負している。

(2) 具体的な業務

私は自身のことを「宇宙法の専門家である」とご紹介をいただくことがあるのだが、「宇宙法」という名前の法律はない。国境のない宇宙を規律するのは一義的には条約である。この宇宙に関する条約は、宇宙の憲法とされる基本原則を定めた①宇宙条約に続き、②宇宙救助返還協定、③宇宙損害責任条約、④宇宙物体登録条約、⑤月協定の5条約があり、これらを国際宇宙法と言ったりもする。しかし⑤月協定は自由競争に基づく資源の獲得を許容していないためか加盟国が少なく、また1980年以降は冷戦も終わり条約を作るインセンティブがなくなり、現在は国際的なガイドライン等がソフトローとして上記①から④の4条約を補完する格好になっている。

これに加えて、ロケットの打上げや衛星の運用に関する安全基準や事故が起きた際の損害賠償のルールなどを定める国内法を整備している国が複数存在する。日本も2016年11月9日、国内法として①人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律(通称：宇宙活動法、以下「宇宙活動法」という。)②衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律(通称：リモセン法、以下「リモセン法」という。)が成立し、運用が始まっている。これらを総称して「宇

宙二法」と呼んだりもする。この宇宙二法がどんな法律かについては、筆者が別の機会に解説¹⁾をしているので、もしご興味があれば詳細はそちらを読んでいただきたいが、どんな法律かについて簡単に触れておくと、宇宙活動法は、ロケット打上げ許可制度、衛星管理許可制度、第三者賠償責任制度がその柱となっている法律で、ロケット打上げが失敗して第三者に損害が生じた場合、ロケット打上げ事業者はその責任を集中させ無過失責任を負わせることにしている。ロケット製造、打上げには膨大な数の下請け企業が参加しているため、損害賠償責任を恐れて宇宙産業に参入することを躊躇する企業が出ないよう産業促進の意味も持っているといえる。一方ロケット打上げ事業者は第三者賠償責任保険(TPL保険)に加入することが強制されている代わりに、保険金で填補できる額を超える損害が生じた場合は政府補償が付くことになっている。一方のリモセン法とは、衛星画像により軍事的な機密など機微な情報が不適切な者の手に渡らないよう、解像度の高い衛星画像を取り扱える者を限定するための許可を定めている法律である。

このような国内法は、世界中全ての国にあるわけはもちろんない。宇宙開発が進んでいる国のみに置かれているかと思えば、そうとも限らないところが興味深い。国内法制定において進んでいる国、他国がその国内法を参考にしていない国を挙げるとすれば、アメリカとフランスだと考えている。この2カ国はそもそも宇宙産業が発達しており、国内法の議論で世界をけん引してきたのみならず、国際的な宇宙ビジネスの実務(国際的な取引慣行)も作り上げてきた2国であるといえる。最近ではイギリスがBrexitに伴い独自の宇宙ビジネス拡大路線を取っており、有人宇宙飛行とSpaceport整備のための法律(Space Industry Act)を整え、オーストラリアや東南アジア、UAE等の国々でも国内法の整備が進みつつある。

ここまで見てくると、私たちが日々扱っている「宇宙ビジネス法務」の中心は、宇宙条約と宇宙二法だと

思われるかもしれないが、条約や国内法(日本の法律のみならず各国法もある程度)は、当然の前提としてある程度理解しておくべきだとは思っているものの、日々の国際宇宙ビジネスの場面で主役として現れることはほとんどない。理由は簡単であり、ロケット打上げの許可などを事業者が取得しなければいけないのは当然のこととして、日々の宇宙ビジネスの実務は、契約実務で動いており、民法の原則とは大きく違う商慣習が多く存在する世界で取引が行われているためである。例えば、宇宙空間に打ち上げてしまった衛星を地上に戻して修理して納入し直すことはできないし、最善の設計・製造をしても、コントロールし難い事情で衛星と通信できなくなることもあるため、契約ではさまざまな工夫が取り込まれている。そこで、日々(時には夜を徹して)対応している具体的な業務は、契約書の交渉、文言調整、そして紛争解決、これに加え、宇宙スタートアップへの投資、これに伴う法務デューデリジェンスの実施、防衛産業に関わる交渉、輸出規制対応、データビジネス、サイバーセキュリティ、ファイナンススキームの検討、知財戦略、国際周波数調整、そして政府間の調整や協議など多岐にわたる。紛争は裁判所や仲裁に持ち込まれることはなく、企業間で先に和解により決着させることを前提として決め、その上で巨額の損害賠償の分担を調整することも複数件経験している。裁判所や仲裁に持ち込まれない理由は多々あるが、業界が極めて狭いことに加え、技術資料等を第三者に公開できないこともその理由となっている。よって私たちのチームは必死になってクライアントから開示された資料を読み込み、技術面についても必要な限りで十分に理解できるよう努力し、国内のみならず時には海外の企業とも紛争解決の交渉を行う。

弊所宇宙ビジネスチームが日々扱う実務を、扱う法分野ごとに整理してみると図表1のようになる。多岐の法分野にわたっていることがお分かりになると思うが、大人数の弁護士および弁理士が協働する総合事務所では、案件ごとに最適な専門性を持つ弁護士、弁理

士によるチームを組んで各案件に対応することが可能である。私は宇宙ビジネスチームのリーダーとして、常に最適なメンバーで同時に複数のケースを処理することができている。

このように私たちが民間の宇宙ビジネスをサポートしていく日々の業務の中で、省庁やJAXAから出される調達契約に出くわす機会は多くある。入札参加をサポートする場合もあれば、調達契約を受けたプライム企業とその下請け企業間での交渉や紛争解決を担当し、その中で調達契約の改善点に気付くこともある。そして現在、政府における検討においても、調達制度の見直しについて提言する機会をいただいている²⁾。次項ではまず、冒頭に述べた成功事例ともいえる米国の調達制度についてご紹介したい。

3. 米国調達制度について

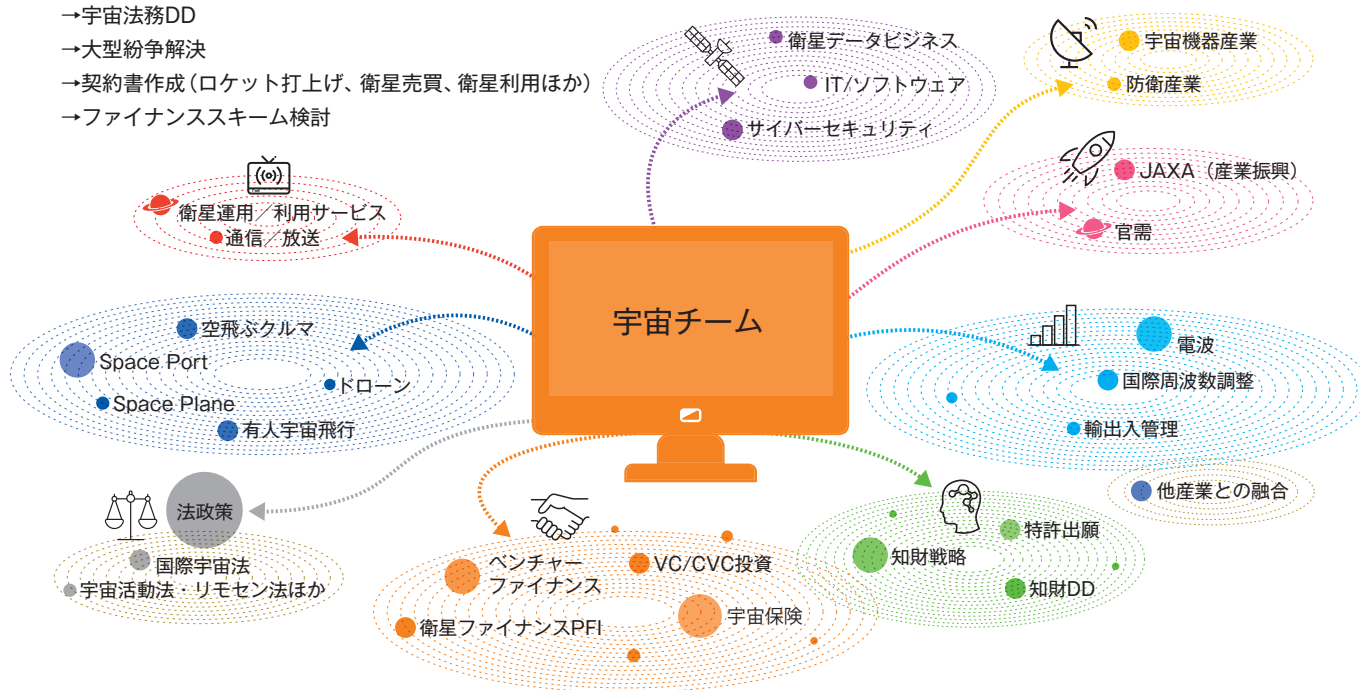
(1) 調達制度の概要

米国政府機関は、調達方式について、原則として、Federal Acquisition Regulations（連邦調達規則、以下「FAR」とする。）に基づいて行うこととされている。FARは、米国の政府調達に関する原則を定めたものであり、例外はあるものの、入札招請から契約締結までのオープンな競争手続を規定している。全ての執行機関による調達について、統一の方針および手続きの成文化と公表を行うFARシステムは、FARおよびFARを補完する政府機関調達規則から構成されている³⁾。

図表1 宇宙ビジネスチームの分野と実務

宇宙ビジネス特有のリスク

- 宇宙法務DD
- 大型紛争解決
- 契約書作成（ロケット打上げ、衛星売買、衛星利用ほか）
- ファイナンススキーム検討



NASA は、FAR を補完する政府機関調達規則として、NASA FAR Supplement (NASA 調達規則、以下「NFS」とする。)を定めている⁴⁾。NFS は、FAR または NFS により明確に除外される場合を除き、全ての調達に適用されることが原則であるが、後述するとおり、宇宙ビジネスに関する調達については、NASA の設置法である国家航空宇宙法 (National Aeronautics and Space Act of 1958、以下単に「Space Act」とする。)に規定されている「その他取引権限 (Other Transaction Authority)」に基づき、FAR システムにのっとった場合の制限や必要手続き等を回避して、必要な技術等を調達することができるとされている。

以下では、実際に米国内で宇宙ビジネスの振興に役立っていると考えられる米国政府の調達方式のうち、FAR に基づく調達および Space Act に基づく調達に分けて検討する。

(2) FAR に基づく調達制度

NASA および米空軍は、通常の確定価格契約による調達方式とその他の調達方式を使い分けて発注しているが、宇宙ビジネスにおける輸送系の調達において好んで利用しているその他の調達方式として、「未確定調達 (Indefinite-Delivery)」が挙げられる。

未確定調達とは、契約締結時にはまだ、将来必要となる供給の正確な時期や数量が未確定な物品・サービスの調達に用いられるものであり、対象の物品およびサービスがある期間内に必要としているが、将来の確定的な予算までを保証できないことから考案された方

式である。産業振興の場面に置き換えて言えば、「いつ、何台のロケット打上げを依頼できるか確定的には分からないが、民間企業を育てたい」場合に取りることができる契約形態であるといえる。原則として最長5年 (オプションを行使することで延長可能) の契約を締結することができる。

(3) Space Act に基づく調達方式について

Space Act に基づき、宇宙ビジネスに関する調達においては、NASA 長官に、FAR の適用外で、事業遂行に必要な契約を自らが妥当と考える条件で契約 (Space Act Agreement、以下「SAA」とする。)を締結できる権限が与えられている。SAA が導入された背景には、NASA と企業が迅速にパートナーシップを組み、NASA のミッションを実現するとともに、NASA の人材・設備の利用や NASA が開発した技術を産業界へと移転させる目的があるとされている。FAR 適用外の調達方式を準備した理由としては、NASA の側から企業側に対して技術的要求を示すのではなく、設計製造段階から、コスト管理等あらゆる面において、民間企業の自律性を促したことにあるものと考えられる。

具体的な適用例として最も有名なものは、Space Exploration Technologies Corp. (以下「SpaceX」とする。)および Orbital Sciences Corp. と締結した Commercial Orbital Transportation Services (商業軌道輸送サービス、通称「COTS」と呼ばれる。)があり、ロケット業界を席巻するイーロン・マスク氏率いる SpaceX 社が

「NASA によって育てられた」といわれる理由はここにある。次にこの内容についてさらに詳しく記載する。

4. 民間企業を育てた SAA と COTS

(1) SAA の3類型

既に述べたとおり、Space Act Agreement とは、NASA の設置法である国家航空宇宙法 (National Aeronautics and Space Act of 1958) を根拠とする契約形態であり、Space Act に基づき、NASA は、契約、リース、協力協定以外に、SAA を含む「その他取引 (other transactions)」を締結する権限を有するとされている⁵⁾。「その他取引」ができるのは、米国では NASA、DoD を含めた8機関のみで、研究開発に用いられている⁶⁾。

SAA においては、民間企業の自律性を促すために、開発におけるマイルストーン、費用負担や責任の所在、知的財産権の配分等について自由に契約条件が作成できる。主な規定内容は、①各当事者の責任、②責任・成果のマイルストーン、③資金面でのコミットメント、④リソースのコミットメント、⑤当事者間のリスク配分、⑥知的財産権の配分、⑦権利義務の解除、⑧有効期間の八つである⁷⁾。NASA によれば、SAA のような自由な契約形態を採れることによって、FAR に基づく複雑な要求条件がある伝統的な契約形態では実現できない民間企業との協力関係を築くことができ、産業界の新たな努力を促すことができるとし

ている⁸⁾。

SAA⁹⁾ は償還型 (reimbursable) SAA、無償型 (non-reimbursable) SAA、ファンド型 (funded) SAA に大別され、外国契約は償還型・無償型のみ可能である。

償還型 SAA では、一定の条件を満たす場合に、契約を締結した民間企業が NASA の設備等を有償で使用でき、この費用は民間企業側が負担するのが原則だが、NASA が民間企業側の発明を使用できる場合には減免することもできる¹⁰⁾。なお、全ての償還型 SAA は、NASA の財政管理ポリシー (NASA financial management policy) に従わなければならない。

無償型 SAA では、NASA および民間企業側のそれぞれが、契約実施にかかる費用を自己負担することが原則である。NASA は、職員や情報、設備等を提供することになるため、NASA にとっても利益がある場合に締結される。

ファンド型 SAA において、NASA は国内の民間企業に対し、NASA の宇宙開発を行うことを目的として、適切な資金を提供することが認められている。ただし、このファンド型 SAA の適用は限定的であり、他の契約類型では目的を達成できないと考えられる場合に限られている。ファンド型 SAA の適用は限定的であるとされ、適用された産業振興プログラムとしては、前述の商業軌道輸送サービスである COTS や、商業有人プログラムのうち、商業有人輸送開発 (CCDev1/2) および商業乗員統合能力 (CCiCap) と呼ばれるプログラムがあり、次に COTS の具体的な内

容を検討する。

(2) COTSの選定経緯

SAAの契約類型の中でも最も産業振興の色が濃く、その効果も大きいと考えられるファンド型SAAが適用された事例として日本においても知られているプログラムは、COTSと称される Commercial Orbital Transportation Services (商業軌道輸送サービス)であろう。COTSとは、国際宇宙ステーション(ISS)までの物資の補給、クルーの輸送を民間サービスに委ね、地球低軌道の運用について、NASAはあくまでも民間からサービスを購入することを目指す産業振興プログラムである。

2012年5月、SpaceXが貨物輸送船ドラゴンの最終デモンストレーションに成功し、2014年10月にはOrbital Sciencesが貨物輸送船シグナスの最終デモンストレーションに成功したことによりCOTSプログラム自体は終了したが、この実現の裏にはNASAおよび民間企業側の試行錯誤や新しいことを成し遂げる強い意思があったことが感じ取れる¹¹⁾。COTSでNASAの資金提供を受けることになったこれらの会社は、どのように選定されたのだろうか。

COTSのRound 1について、2006年3月以下の公募条件が発表された。

- ①50%以上米国国籍を有する者に保有される企業を対象とする。
- ②所定のフォーマットで、Capabilityの提案がされた後、デューデリジェンスを行う。
- ③公募に添付されているSAA案に対しては、NASAが修正を要求できる。

公募条件では、Capability (チャレンジできる能力があるかどうか)の提案は求められたが¹²⁾ 技術的な要求はされず、企業による自由な発想が求められ、Boeing、Lockheed Martinといった伝統的な宇宙企業

はもちろんのこと、中小規模のスタートアップ企業を含む20社から提案が出された。Round 1では、提案書に書かれたプランの実現可能性と、NASAが予定しているスケジュールで商業的な供給が受け続けられるかなどが主に評価された。

ファイナリストは、政府との契約が未経験である新興企業6社¹³⁾であり、宇宙業界において新世代を示す“NewSpace”の台頭を示す形となった。6社のファイナリストは、詳細な対面のデューデリジェンス・ミーティングを受け、SpaceXとRocketplane Kisteler Limited Inc.が選定されたものの、2007年10月にRocketplane Kisteler Limited Inc.が資金繰りに失敗しCOTSから撤退した。その後の2007年から2008年に実施されたCOTSのRound 2では、Orbital Sciencesが選定された。

結果として、SpaceXの資金調達は自己資金が4億5,400万ドル、NASAからの資金が3億9,600万ドルの合計8億5,000万ドルであり、Orbital Sciencesは自己資金が5億9,000万ドル、NASAからの資金が2億8,800万ドルの合計8億7,800万ドルであった。いずれもCOTSプロジェクトに基づくファンド型SAAの締結で受け取った政府資金よりも多くの資金を民間企業自身が調達していることになる。

さらにCOTSでは、NASAは選定されなかった会社のうち5社と無償型SAAを締結した。このことは、NASAの産業振興プログラムに応募して選ばれなかったとしても、NASAと別の形で関係を継続できるチャンスがあることを示しており、NASAのサポートを受けられることで技術の実現性を高めることができ、NASAの別プログラムに選定されたり、NASAとの関係を根拠に市場から資金を調達しやすくなるなどのメリットが考えられる。なお、SAAの締結過程は、図表2のとおりである。

図表2 NASA's Space Act Agreement Formulation and Approval Process¹⁴⁾

5. 米国調達制度を 日本において応用する可能性

(1) 現在の調達制度の枠組みの中で

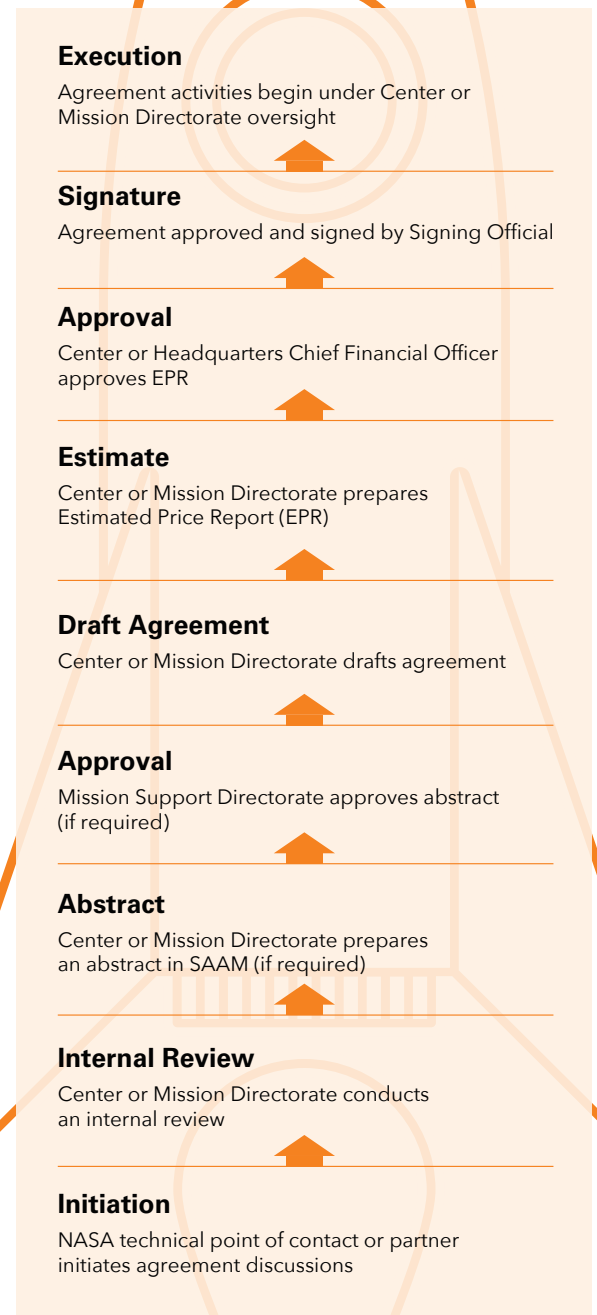
執筆現在、私が内閣府において検討している令和4年度における調達制度改革は、上記 COTS のような民間企業を積極的に育成する制度を新設しようとするものではなく、現状における問題点を洗い出し、現在の制度の中で改善できるものをしていこうという検討である。

現在の省庁や JAXA における詳しい調達制度の内容自体をここで詳細に書き記すことはできない。しかしながら、宇宙開発においては、「世界初」の開発が行われることが多い中で、①フロントローディングを充実し、②詳細設計までは国の研究開発として予算を組み、③見積もりが正確に作り上げられるようになった段階で、請負契約として民間に業務を委託していくことが、民間企業に必要以上の不確定さを与えて赤字の増幅を発生させず望ましいと考えている。さらに国として、宇宙産業や防衛産業にかかわる民間企業がわが国から減り続けていることを勘案し、利益率の見直しをするべきだと考えている。この点、防衛力の抜本的強化を進める中で令和5年度の予算において、予定価格算定に付与する利益率を変更し、企業の能力を引き出すべくコスト変動調整率と QCD 評価¹⁵⁾に基づく利益率を大幅に引き上げることを発表している¹⁶⁾。

(2) JAXA による CRD2 について

では次に、日本においても上記 COTS のような制度を考えることはできないか。この点に関し、JAXA において進行中のプログラムである CRD2 について紹介したい。

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」とする。）は、現在、民間事業者と連携してスペースデブリ対策の事業化を目指す商業デブリ除去



実証 (Commercial Removal of Debris Demonstration, 以下「CRD2」とする。)を実施している。CRD2においては、大型デブリ除去を二つのフェーズで行うことになる。2019年10月、JAXA はフェーズ I に関する技術提案要請 (RFP) を発出し、株式会社アストロスケールが契約相手方として選定された¹⁷⁾。フェーズ I の目的は「非協力ターゲットであるデブリへの接近、近傍制御を行い、世界的にも情報の少ない軌道上に長期間放置されたデブリの運動や損傷・劣化が分かる映像の取得を目指す」ことである。フェーズ II においては、デブリへの接近、近傍制御、撮像、除去、リエントリが行われる (図表3)。

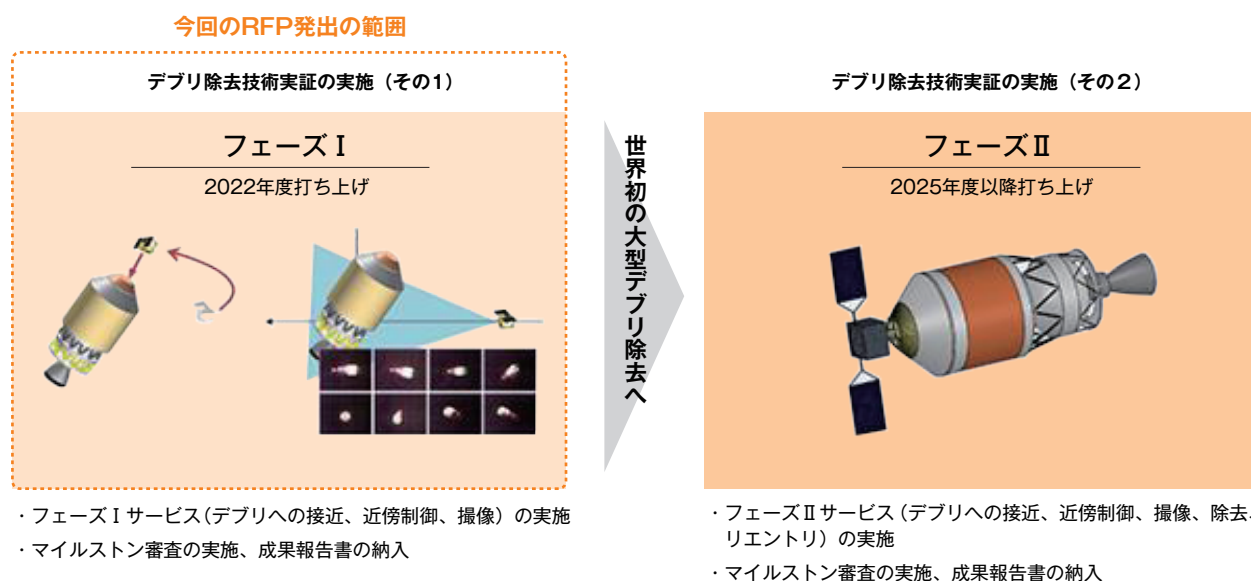
JAXA によるロードマップは図表4のとおりであり、2024年までにはCRD2のフェーズ II が開始される (図表4)。

このCRD2は日本版 COTS と称されることもある。しかし、CRD2は現時点ではまだ計2回の実証にすぎないのに対し、米国の COTS は継続的に国が民間の

打上げサービスを購入し続けるという点で異なるものである。一方、民間事業者が、デブリ除去を新規宇宙事業として JAXA と共に技術的な実現可能性を高められる点において、CRD2は大いに産業振興に資するプログラムであるといえる。

前述のNASAが締結しているSAAのうち、償還型SAAについては、いわゆる有償の受託契約や、JAXA の設備を民間企業に使用させる設備共用の契約でほぼ同じことが実現できていると考えられる。また、無償型SAAは、JAXA が民間企業との間で結んでいる無償の共同研究契約などがこれに当たるといえる。一方で、ファンド型SAAに関しては、NASAにおいても非常に限定的に適用されているものであるが、これと同種のことは日本においては執筆時点でもまだ実現できていない。直接的な理由としては、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構法 (いわゆる「JAXA 法」) 上、産業振興業務は、民間事業者の求めに応じて援助および助言を行うという限定的な規

図表3 RFP 発出の範囲¹⁸⁾



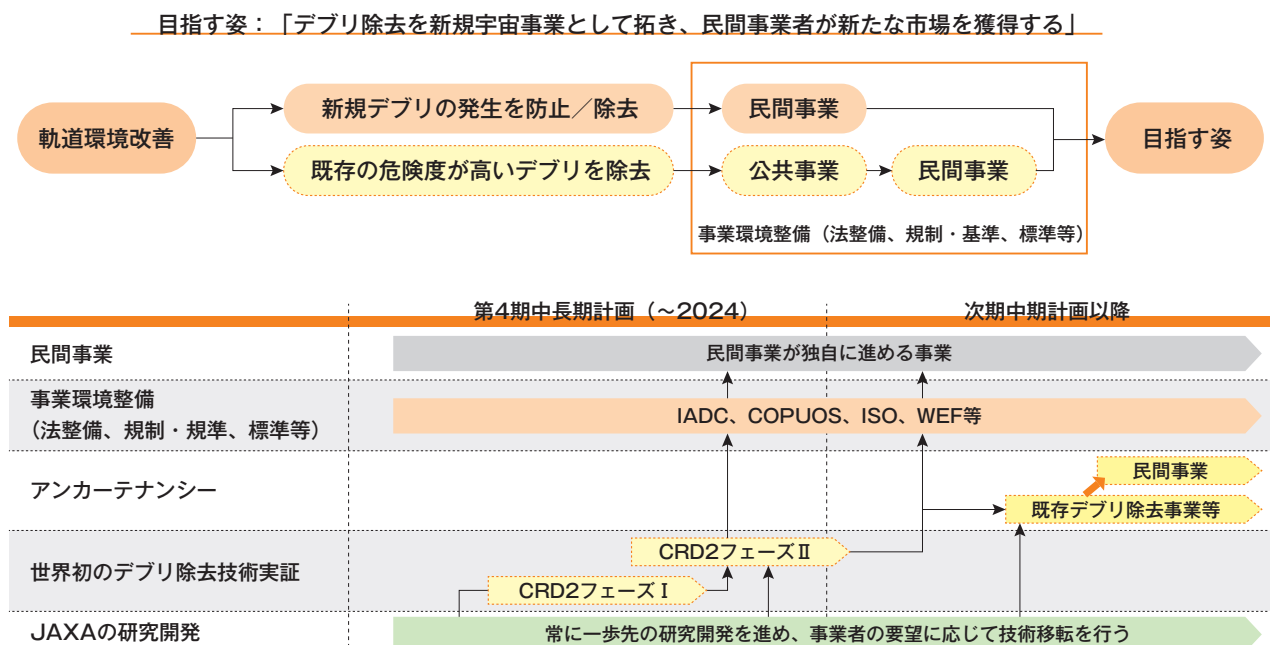
定がされていることが挙げられていた²⁰⁾。すなわち、JAXAの業務としては、JAXAの研究開発に資する範囲で調達を行うという考え方が原則であり、とりわけ大型ロケット開発においては、技術の維持による宇宙へのアクセス権・国としての自律性確保を重視する必要もあるといえる。

一方で、令和3年4月1日の科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律第34条の6第1項の改正により、研究開発法人の出資規定の整備により産学官の連携が活性化されることとなった。JAXAは出資業務を行うことができるとして追加された5法人に含まれている²¹⁾。既に1件の出資案件が公表されているが、さらなる出資機能の活用が期待されている。

また今後、国際競争力の強化を主眼とする大型ロケットへの発展を目指す場合など、JAXAは開発面で技術、資金面の援助をしつつ、衛星顧客として打上げサービスを購入し続けることが重要になると考えられる。現状では、JAXAは研究開発機関であり、

NASAと比べても大型衛星調達が極めて少ないことから、JAXAの調達のみで民間事業者の事業が成立することは難しい。そこで、政府衛星全体の計画も含め、多角的な観点から市場の成立性、事業計画の検討が必要であり、民間企業側によるイノベーティブな発想や、市場からの資金調達の努力も不可欠である。いずれにしても、米国のファンド型SAAと同様の日本版COTSを導入するには、国内市場における民間企業の役割の拡大と新規参入の促進という目標の下、新興企業に対する政府機関からの大型の資金提供ができる新たな仕組みが必要となる。これらは、上記新設の出資機能に加え、防衛や経済安保予算で確保される公的資金の流入が、宇宙開発や国力を保持するための宇宙ビジネスの振興に資するよう、全体を見て適切に行われることが望ましい。

図表4 CRD2のロードマップ¹⁹⁾



6. 終わりに

本論稿では民間の宇宙ビジネスを支える私たちの実務をご紹介します、また米国の調達方式を取り上げ、これを利用した産業振興プログラムにより、米国のスタートアップが政府の宇宙開発案件を受注することができ、新興の民間企業を育てることに役立っていることを説明した。米国の産業振興プログラムにおいては、民間企業が革新的な製造過程やビジネスプランを生み出し、NASA は自国の商業サービスを利用することで物資や宇宙飛行士を ISS に輸送することを可能にし、未来の商業輸送能力の基盤を築いている。米国政府が宇宙産業において取っている調達方式を含む産業振興は、世界の中で最も効果を上げていると言って過言ではなく、日本もこれを参考にして、次に日本が獲得すべき技術（例えば宇宙に人を送る有人輸送技術）など、国にとって必要な技術を民間企業の力を使って獲得して欲しいと考えている。



Mihoko Shintani

新谷 美保子

TMI総合法律事務所 パートナー（弁護士）

慶應義塾大学法学部法律学科卒業後、2006年弁護士登録（TMI総合法律事務所所属）。専門分野は知的財産権、IT・通信、新規事業立ち上げ、リスク管理、宇宙法・航空法、防衛・安全保障。2013年米国コロンビア大学ロースクール卒業後は、宇宙航空産業に複数のクライアントを持ち、民間企業間の大型紛争、宇宙ベンチャー投資、宇宙ビジネスにおける大型取引を含めた多くの実務を扱う。

注

- 1) 2016/09/21「民間の宇宙活動を規律する宇宙活動法案」ビジネス法務
2017/11/01「衛星リモートセンシング法の概説と衛星データ活用の未来」NBL
- 2) 内閣府「宇宙分野における調達・契約に関する調査」有識者委員
- 3) Federal Acquisition Regulations 1.101
<https://www.acquisition.gov/content/part-1-federal-acquisition-regulations-system>
- 4) NASA FAR Supplement
<https://www.hq.nasa.gov/office/procurement/regs/NFS.pdf>
- 5) The National Aeronautics and Space Act of 1958, § 20113 (e)
- 6) L. Elaine Halchin, Other Transaction (OT) Authority, CRS Report for Congress (2010)
- 7) David S. Schuman “Space Act Agreements”, Journal of Space Law p.282
Space Act Agreements Guide pp. iv - xi
- 8) NASA Office of Inspector General “NASA’s Use of Space Act Agreements”

注

- 9) NASA <https://www.nssc.nasa.gov/saa>
- 10) ガイドラインによれば、全額を請求しないという判断は、以下の要素を満たしているべきである。
1) Be accomplished consistent with statute and NASA's written regulations and policies; 2) Articulate the market pricing analysis, benefit to NASA, and other legal authority that supports less than full cost recovery; and 3) Account for recovered and unrecovered costs in accordance with NASA financial management policy.
- 11) NASA, "Commercial Orbital Transportation Services, A New Era in Spaceflight"
<https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/SP-2014-617.pdf>
- 12) 過去の実績は問われず、ビジネスプラン、マネジメント構造を含む企業のリーダーとしての経験・実績、資金調達能力を含めた資金プランが評価対象とされ、また、伝統的な点数評価は採られなかった。
- 13) Andrews Space Corp., Rocketplane Kisteler Limited Inc., SpaceDev Inc., SpaceX, SpaceHab Inc., Transformational Space Corp.
- 14) 2014/6/5 NASA Office of Inspector General "NASA's Use of Space Act Agreements"
- 15) 防衛事業に対する Q: 品質管理、C: コスト管理、D: 納期管理などを評価し、利益率に反映する評価手法のことをいう。
- 16) 「我が国の防衛と予算(案)」
https://www.mod.go.jp/j/yosan/yosan_gaiyo/2023/yosan_20221223.pdf
- 17) 宇航研第19TK01203GKGI号「契約相手方の選定結果の公示」:
<http://stage.tksc.jaxa.jp/compe/tec-p/FY2019-0358.pdf>
- 18) 宇宙航空研究開発機構「商業デブリ除去実証」:
<http://www.kenkai.jaxa.jp/research/debris/crd2/crd2.html>
- 19) 前掲注18)
- 20) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構法18条6号
- 21) JAXA法にも上記同法18条に10号が加えられ、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律(平成二十年法律第六十三号)第三十四条の六第一項の規定による出資並びに人的及び技術的援助のうち政令で定めるものを行うこと。」が定められた。

中国の5G市場における 政府介入と事業者戦略

慶應義塾大学 総合政策学部 訪問講師

華 金玲

Jinling Hua

中国の5Gサービスが2019年11月に商用化して3年以上経過した。
2022年末には中国全国で5G基地局を231.2万カ所整備し、5G携帯電話利用者は5億6,100万人、
5G料金プラン利用者が10億9,468万人に達している。
産業向けには5Gベースの自動運転が人々の身近になり、完全無人運転のロボタクシーが
2022年8月から重慶市、武漢市、上海市、北京市などで実用化し始めているなど、
中国は世界に先駆けて5Gを広く利用する社会になりつつある。
本研究は、中国の5G市場における中央政府と地方政府の介入状況、
通信事業者の料金設定などの5Gサービス展開戦略を時系列的に考察し、中国独自の5G戦略を明らかにする。

キーワード

5G市場 政策的推進 事業者戦略 5G料金プラン 中国独自の5G戦略

1. はじめに

中国の5G サービスが2019年11月1日より起動して3年以上経過した。中国情報通信産業の最高行政省庁である工業・情報化部の発表によると、2022年12月の中国5G 携帯電話利用者は5億6,100万人、普及率は32.2%、全国各地で231.2万¹⁾の5G 基地局が整備され、地方都市までエリア拡大している。中国三大通信事業者からの発表によると、同時期の「5G 料金プラン」利

用者が10億9,468万人(図表1)²⁾、中国携帯電話市場全体の16億8,431万人の64.9%となった。サービス提供してわずか3年間で5G 市場をここまで成長させた背景には、中国政府が5G 市場にどのように介入し、通信事業者がどのような事業戦略を展開してきたかが本研究の大きな関心事となった。

5億6,100万の人が5G 携帯電話、10億9,468万の人が4G の端末で「5G 料金プラン」、あるいは5G の端末で4G の料金プランを利用している中国には、一体どのような状況があり、そのような中国ならではの特徴

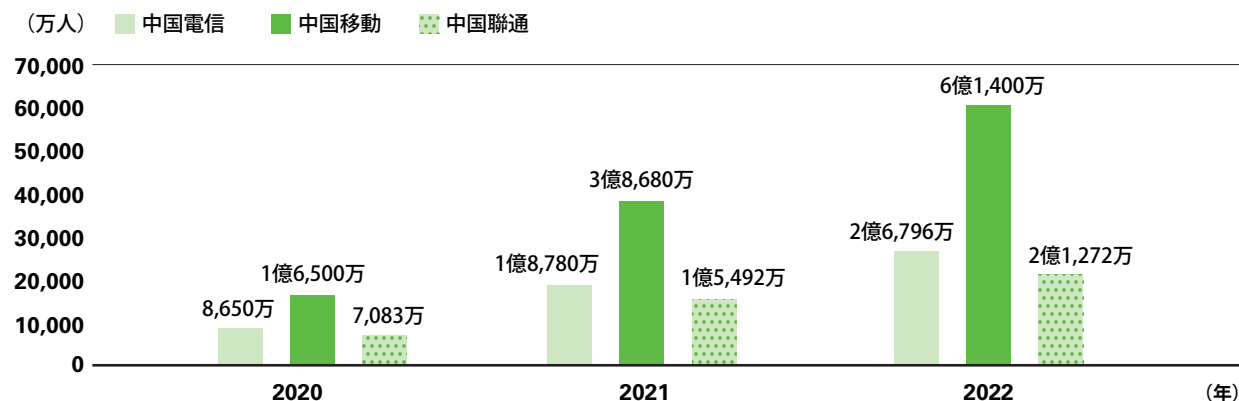
が中国の5G 市場発展とはいかなる関係があるのか。また、中国の人々が5G についてどのような関心を持ち、5G をどう捉え、どのように使っているのか。一連の疑問をめぐって、第2章では中国政府による5G への政策的介入について、中央政府と地方政府が発行する5G 関連政策文書を整理し、政策内容の構造的な関係性を分析する。続く第3章では、まず中国消費者の視点から、中国国内最大のソーシャルメディアである Weibo の5G 書き込みテキストを収集し、テキストマイニング分析を行い、中国一般消費者の5G 関心の所在とその変化を明らかにする。次に、通信事業者が設定した中国消費者のニーズに応えた中国独特の「5G

料金プラン」の設定と選択性について考察し、終章で本稿の結論を述べる。

2. 中国5G 市場の政府介入

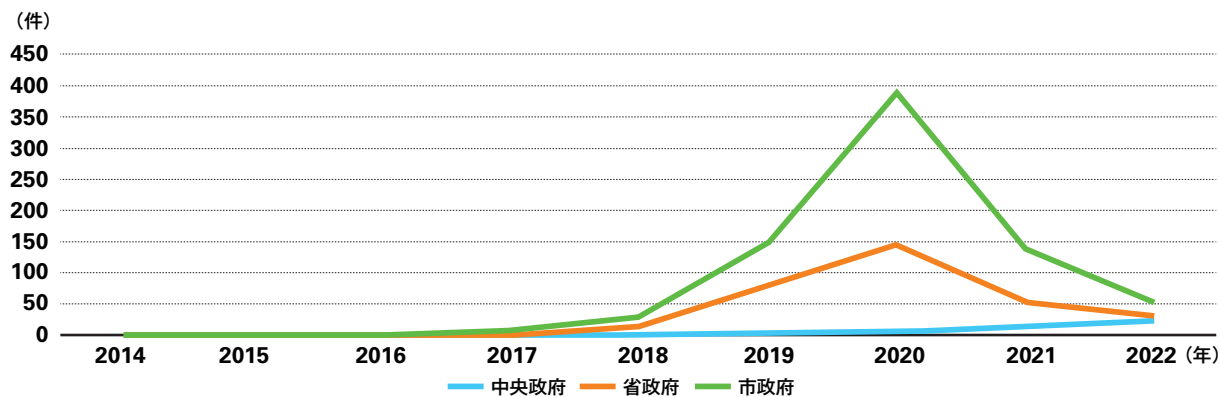
これまで5G への中国政府の介入は主として、(中央政府、省政府、市政府という三つの行政レベルから行われてきた(図表2)。そのため、本研究は各級政府関連部門の公式サイトより5G 関連政策文書を幅広く収集することとした。また、政策文書データの整理に当たり、中央省庁から公布した関連政策を中央政府として、その他を地方政府として扱った。加えて、省政

図表1 中国三大通信事業者5G料金プラン利用者数の推移



出所：各通信事業者年報や公開データを基に筆者作成

図表2 中国中央政府・省政府・市政府が発行した5G関連政策の公布(件)



出所：中央・省・市政府関連部門公式サイトより収集した5G関連政策を基に筆者作成

府と市政府についてはさらにそれぞれ整理し分析を行うこととした。

これまで進めてきた調査では、2013年から2022年12月までの10年間で中央政府関係部庁から51件、地方政府関連部門から1,102件の5G関連政策が確認できた。地方政府としては、31の省政府からは329件、337の市政府から773件発行されている5G関連政策のうち、66%が市政府によるものになっている。時系列的に見ると、省政府と市政府のいずれも2020年が最も多くなっている。

2.1 中央政府による政府介入

中央政府の政策的指向性から見て(図表3)、5G開通の準備、ネットワークの急整備、産業実用化という3段階あることが確認できる。2013年から5G開通に向けた技術的研究開発が開始し、2015年以降の「中国製造2025」や一連の国家級計画、政府活動内容によって5Gの技術的重要性と国家戦略的位置付けが確立されるようになった。同時にネットワークの整備も並行して推進され、2019年初頭には全国26の重点地域で5G通信網が整備されるようになり、2019年6月6日に工業・情報化部よりの5Gライセンス交付があり、同年の11月1日に主要都市から5Gが商用化した。

5Gが商用化してわずか2カ月後にCOVID-19パンデミックが広がり、事実上、COVID-19の感染爆発が中国の5Gの全国エリアの拡大に拍車をかけることになった。武漢市の感染拡大で中国政府は感染情報の開示と、武漢をはじめとする全国規模の人流データ、感染クラスターの追跡、感染経路の究明という莫大なデータ処理作業が迫られるようになった。そのため、中国ではコロナ対策に寄与するであろうとされる、ビッグデータやAI、ドローン、さまざまなロボット、5Gなど利用可能なテクノロジーを広く駆使するようになった(Hua et al, 2022; Shaw et al, 2020; 華, 2022a)。巨大なデータ量の収集と計算を処理し得る多くのテクノロジーを必要な場所で利用できるように

する工夫として、日本で早くから指摘されてきた社会基盤としての情報通信(小檜山&栗原, 2000)への意識が芽生えた。中央政府は2020年3月から「新型インフラ建設」政策を打ち出し、全国規模で情報通信インフラの急整備を進めるようになった(華, 2022a; 2022b; He et al, 2022; Shaw et al, 2020)。「新型インフラ建設」の最大の急務は、ビッグデータ、AI、ドローン、さまざまなロボットの効果的利用に不可欠な情報通信プラットフォームである、5G通信網の整備であったため、5Gが「新型インフラ建設」政策のリード役ともされるようになっていた(華, 2022b; He et al, 2022)。

こうして「新型インフラ建設」を経た5G通信網の急ピッチな整備が2020年末まで全国で一斉に声高く進められ、中国のゼロコロナ政策の技術的なベースを一気に作り上げたことにもなった(Hua & Shaw, 2022; 華, 2022a)。一方、中央政府が産業向けの5Gの社会実装も同時並行で大々的に推し進めてきた。図表3が示しているとおり、工業インターネット、知能ネット自動車、新型消費、スマート製造、エネルギー、スマート教育分野への5Gの活用支援策が幅広く矢継ぎ早に公布されていた。この一連の政策形成が後の諸分野での5Gの実用化に主導的に働きかけたと考えられる。最も産業化が進んだ知能ネット自動車については、百度(バイドゥ)が2022年8月8日に重慶市と武漢市で中国初の完全無人運転ロボタクシーの商用化を実現したことが挙げられる。

2.2 地方政府による政府介入

2.2.1 5G政策の地域性

2015年以降、地方政府としての省政府、市政府からも5G関連政策が公布されるようになった。政策文書の発行件数から見て、いずれも広東省が最多となっている(図表4、次頁)。

広東省は5G基地局をはじめ、新型インフラからデジタル化、ハイテク産業の発展においても中国で最も積極的に取り組んでいる地域として知られてい

る。5G が商用化した2019年末、当時中国で整備できた5G 基地局の30%が広東省にあった。その3年後の2022年末には広東省で22万局の整備が済み、全国の10%も占めている（広東省工業・情報化局, 2020）。

これまでの政策から見て、中央政府からは重要な方針が公布されているのに対して、地方政府からは中央

政府の方針に応えた地方目標、具体的な支援策になる内容が多い。例えば、広東省広州市政府が2020年3月工業・情報化部発「5G 発展の推進に関する通知」に応える形で、2020年6月25日に「広州市5G 発展の推進に関する方案」を公布している（広州日報, 2020）。同方案は広州市における優れた5G 市場の発展環境の

図表3 中央政府の主な5G施策（2013～2022年末までの10年間）

No.	施策名	交付した主要官庁	交付日
1	IMT-2020 (5G) 推進グループの設立	発改委	2013/2
2	《中国製造 2025》	国務院	2015/5
3	《国家情報化発展戦略》	国務院	2016/7
4	《スマート製造工程実施マニュアル(2016-2020年)》	工業・情報化部	2016/8
5	《十三五国家情報化計画》	国務院	2016/12
6	《情報通信産業発展計画 2016-2020》	工業・情報化部	2017/1
7	《政府活動報告(2017)》	国務院	2017/3
8	《政府活動報告(2018)》	国務院	2018/3
9	《情報消費拡大の三年行動計画（2018-2020年）》	工業・情報化部	2018/7
10	《消費構造仕組み改造の実施方案》	工業・情報化部	2018/10
11	《5G+ 工業 Internet 512 推進方案》	工業・情報化部	2019/11
12	《5G 発展の推進に関する通知》	工業・情報化部	2020/3
13	《2020 年新型インフラ建設に関する通知》	工業・情報化部	2020/3
14	《新業態・新ビジネスモデル・新型消費促進の加速意見》	国務院	2020/9
15	《戦略性新興産業投資拡大と新成長分野の育成・拡大指導意見》	国務院	2020/9
16	《内需拡大消費促進に関する業務方案》	発改委	2020/10
17	《5G + 医療健康分野応用試験プロジェクト募集通知》	工業・情報化部	2020/11
18	《工業 Internet イノベーション発展行動計画（2021-2023）》	工業・情報化部	2021/1
19	《国家知能ネット自動車産業基準（スマート交通関連）構築指南》	工業・情報化部	2021/2
20	《新型消費育成加速実施方案》	発改委	2021/3
21	《十四五スマート製造計画》	国務院	2021/4
22	《エネルギー分野 5G 応用実施方案》	発改委	2021/6
23	《5G 応用「揚帆」行動計画（2021-2023）》	工業・情報化部	2021/7
24	《5G+ スマート教育応用パイロットプロジェクト申請に関する通知》	工業・情報化部	2021/9
25	《十四五情報通信産業発展計画》	国務院	2021/11
26	《十四五現代総合交通運輸システム発展計画に関する通知》	国務院	2022/1
27	《政府活動報告（2022）》	国務院	2022/3
28	《県地域を中心とした都市化建設の推進に関する意見》	国務院	2022/7
29	自動車分野の 5G、C-V2X 発展計画・技術標準の共同研究協定	情報通信研究院	2022/7
30	《情報通信分野グリーン低炭素発展行動計画（2022-2025年）》	工業・情報化部	2022/8
31	《900MHz 帯域の 5G 転用を決定》	工業・情報化部	2022/11
32	上海商用飛行機社への中国初ローカル 5G 免許の交付	工業・情報化部	2022/11

出所：工業・情報化部（MIIT）・国務院などの中国国家省庁公開資料を基に筆者作成

* 発改委：国家発展改革委員会（中国経済・社会の発展に関する政策研究、立案、構造調整および経済体制改革の指導に責任を担う中国国務院のマクロコントロール部門）

構築、5Gと実体経済の深い融合の促進を目指して、5G基地局の整備、製造業企業生産ラインの5G導入、5G人材の育成について具体的な支援策を打ち出している。補助金支給の対象には通信事業者の地方会社、製造業企業、広州市内主要企業およびその本社、個人の5G人材が列記され、豊富な支援条件と多額の補助金額が盛り込まれている(図表5)。

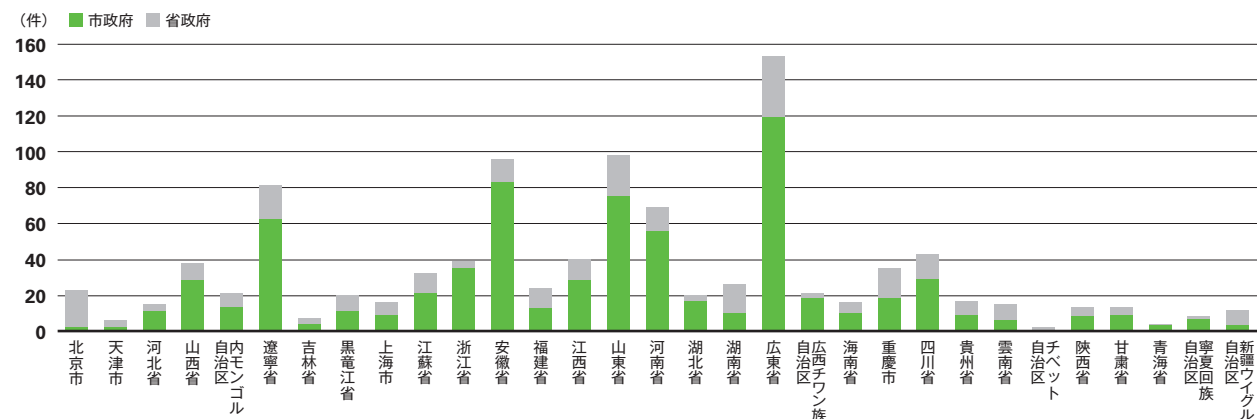
2.2.2 5G政策文書内容の構造的な関係性

全国の省政府と市政府の5G関連政策文書の傾向について全体的に把握すべく、政策文書全文の単語間の構造的な関係性を図表6に視覚的に表現した。共起

ネットワークは単語の同時登場数に基づいているため、頻出度が高ければ高いほど単語の丸が大きくなり、より緊密な関係性のある単語間が線で結ばれるようにプロットされる。図表6から地方政府としての省政府(a)と市政府(b)間でその頻出単語と関係性、言及している産業分野の相違点について具体的に確認することができた。

省政府では5G、応用、プロジェクト(項目)、ネットワーク(ネットワーク)、産業、技術、スマート(智慧)順に単語が頻出しているが、市政府では5G、建設、ネットワーク、発展、通信、資源、企業(単位)になっている。応用に関する記述には利用シーン(場面)にお

図表4 地方政府による5G政策の地域性(2013~2022年12月までの10年間)



出所：中国各地方政府公開情報を基に筆者作成

図表5 「広州市5G発展の推進に関する方案」の支援内容

対象	支援条件	補助内容
通信事業者の広州市子会社	5G基地局整備	整備総額の30%以内で最大2万元/5G基地局当たり
製造業企業	生産ラインの5G導入／連続な5Gカバーエリア設置 5Gアプリケーション3つ以上活用 5Gアプリケーション開発計画ある	固定資産投資額30%以内で500万元から1000万元
広州市主要企業とその本社	登録資本金2000万元 年間売上高1億元以上	市政府と通信事業者が連携した形で5G導入を直接サポート 規模によって500万元、1000万元、2000万元、5000万元の奨励金支給
個人の5G人材	5Gコアデバイス、ネットワーク、5Gアプリケーション関連で評議会の審査を通過した者	業績に合わせて50万元、100万元、500万元の一次手当支給

出所：広州日報(2020)「広州市5G発展の推進に関する方案」より抜粋

けるイノベーション(創新)がつながっている点も興味深い。

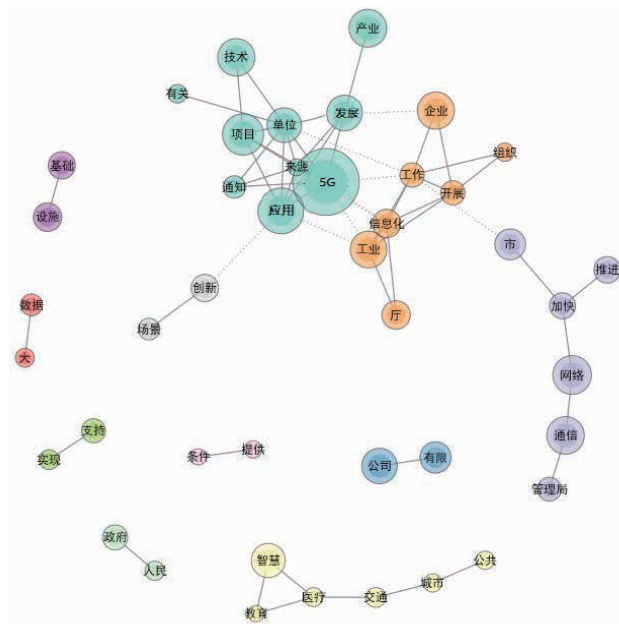
それぞれの関係性を見ると、省政府では応用、プロジェクト、技術、産業、発展といったキーワードが5Gと同時登場する頻度が高くなっているため、省政府からの政策文書では5G技術の応用を通じたプロジェクトで産業発展を図る文脈が多いと理解できる。一方、市政府では発展、情報化、工業、局、通知が5Gと関係して多く登場している。工業・情報化部の地域部門として「工業・情報化局」があり、そこからの5G発展についての通知が多く言及されていると捉えられる。他にも市政府の特徴として公共関係で資源、交通、電力などの都市環境関連、ネットワーク建設の推進と加速、エコシステム(生態)環境の加速建

設による保障を提供するといった文言が確認できている。

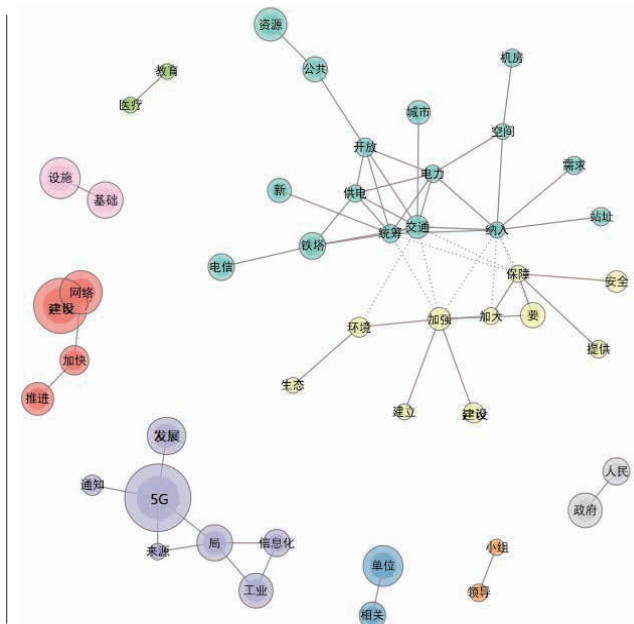
産業分野の言及については、省政府では幅広くスマート(智慧)教育、医療、交通、公共が出現しているのに対して、市政府では相対的に少なく、電力、交通の二つのみとなっている。しかし、この二つはいずれもより具体的なキーワードと同時に登場している。例えば、交通は都市(城市)、計画(統籌)、電力提供(供电)、通信事業者の中国電信(電信)、中国鉄塔(鉄塔)とも同時出現している。電力は開放、電力提供(供电)、計画(統籌)、交通、空間、基地局設置場所(机房)と関連付けて政策内容で指示していることが見て取れる。

図表6 5G政策文書のキーワードとその関係性

a: 省政府政策文書のキーワード間の共起ネットワーク



b: 市政府政策文書のキーワード間の共起ネットワーク



出所：中央・省・市政府行政関連部門より収集した政策的文書を基に筆者作成

3. 通信事業者の5G 戦略

3.1 ソーシャルメディアから見る

中国消費者の5G への関心

中国通信事業者の5G 事業の最大のセールスポイントは、4Gの10倍以上の高速通信体験、社会や産業全体の変革をもたらすということである。消費者の関心について中国国内最大のソーシャルメディアである Weibo の5G に関する書き込みを調査したところ(華ほか, 2022)、5G サービス開始を控えた2019年10月(開通前)の5G への最大の関心が料金関連であった。うち通話料、パケット、料金プランがあり、とりわけ料金プランへの投稿が最も多くなっている(図表7、図表8)。5G 開通前と開通して最初の半年(前半年、2019年11月から2020年4月までの間)、後の半年(後半年、2020年4月から2020年11月までの間)を時期別に見ると、開通前に多かった料金プランの投稿が5G 開通後に急激に減少している。具体的な投稿内容から確認したところ、5G 料金プランの公開と設定に満足した消費者がこのタイミングで次の関心トピックに移っていた。それが携帯電話のブランド、機能、機種である。一方、5G 基地局やカバー、信号などを含むエリアの投稿がコロナ禍で一度低下したものの、2020年3月以降各地の5G 基地局整備ラッシュに伴って、「身近なところに5G 基地局ができたため、電波が良くなった」、「エリアも拡大した」といったつぶやきが多くなり(図表7)、5G 開通後のサービスと具体的に関連付けて投稿されるようになっていった(図表8)。

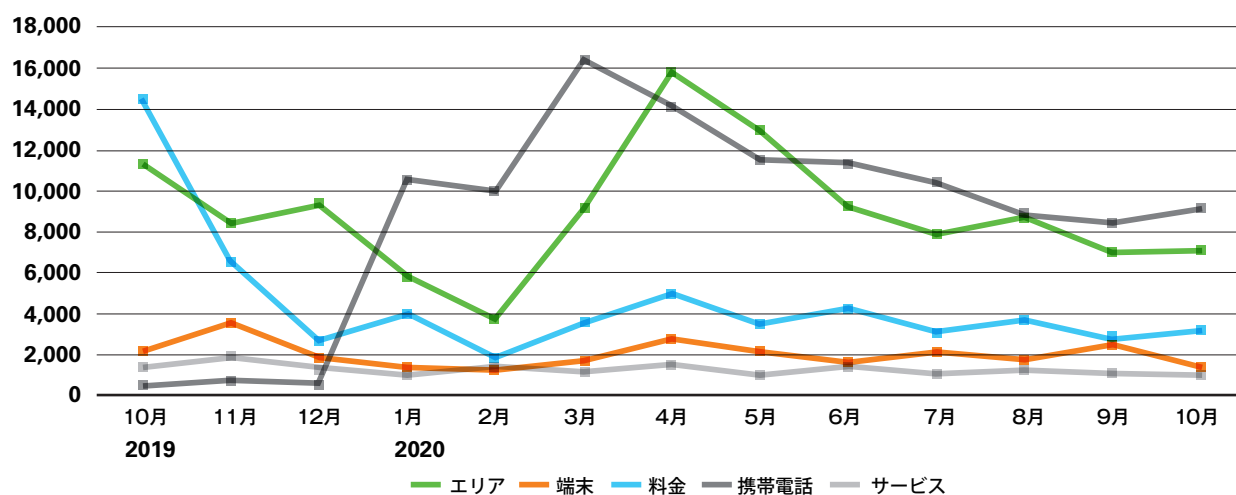
3.2 通信事業者の5G 料金設定と5G 誘導戦略

中国通信事業者には電気通信事業範囲と営業地域内の市場経営裁量権が与えられているため、域内各種料金プランを設定することが可能である。実際、通信事業者が固定通信と移動通信サービスを同時に提供しているため、移動通信と固定・光通信のプロードバンド

などの各種料金プランを選択し、組み合わせて使うのが一般的である。携帯電話の場合、中国の通信事業者はGPRS (General Packet Radio Service)時代から基本プランにあるデータ通信量が足りなくなった消費者向けの追加オプション³⁾として、データ通信パッケージを商品化して提供するようになっていた。以降、利用者が個々の使い勝手によって基本プランと、このパッケージを組み合わせて選べるようになっていたため、5G の料金設定当初もこのデータ通信パッケージのオプションを継続し「5G 料金プラン」として設定した。消費者にとって、この設定こそが5G サービスの敷居を低くし、5G への大きな入り口になったと考えられる。なぜなら、この時点の中国消費者にとって、5G の最大の魅力はこれまで誰もを経験したことのない高速通信の体験にあるからである。消費者にとって比較的容易に体験できる仕組みを「5G 料金プラン」という形で実現した。

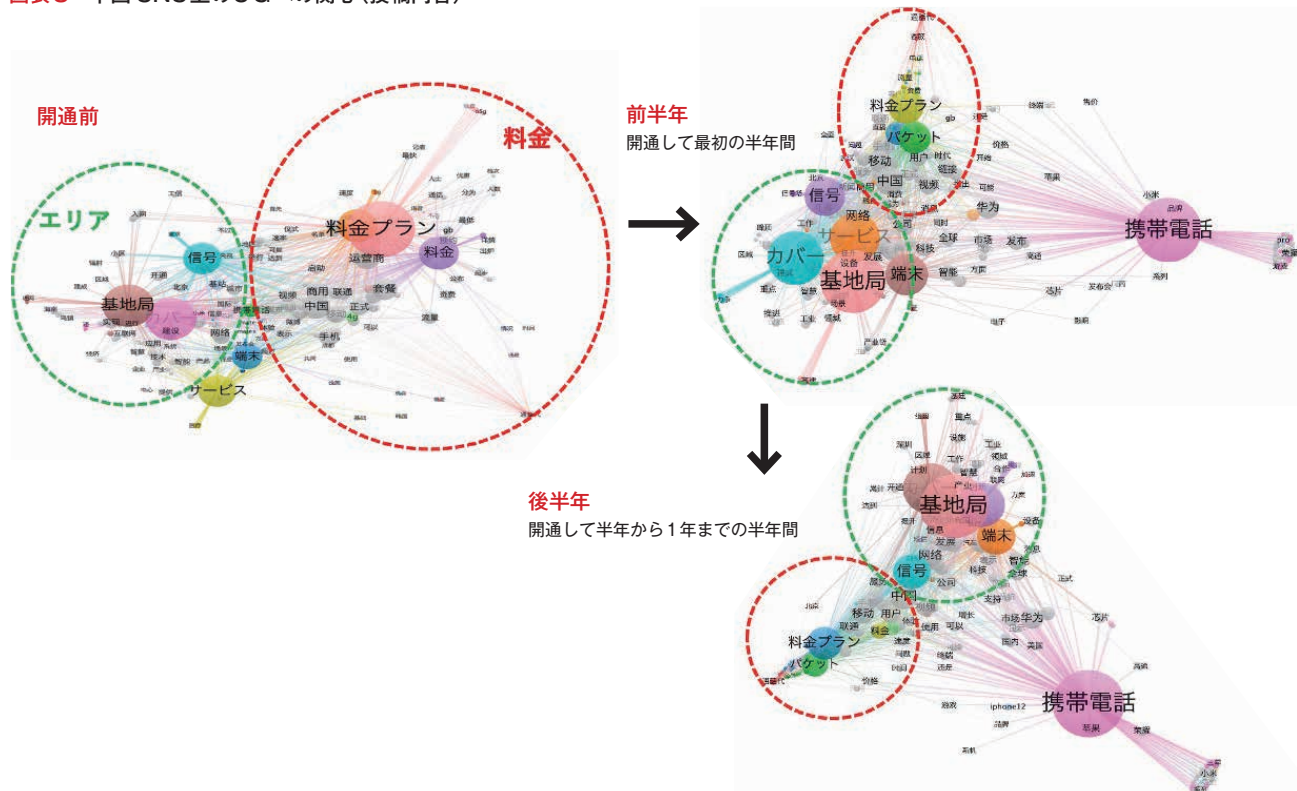
その結果、市場では4Gの端末と基本プランを利用している消費者も「5G 料金プラン」を容易にプラスして利用することができ、4G 利用者も一定条件内で5G の高速通信を体験することが可能になったのである。中国で平均して3日間に1台の5G 新機種が市場デビューする中(中国情報通信研究院, 2022)⁴⁾、2020年ごろから廉価な5G 端末も出回るようになり、4Gの端末と価格の差も次第に縮まったため、機種変更をきっかけに高性能で通信速度も高い5G 端末に切り替える人が急増している。一方、5G 端末に切り替えでも比較的廉価である4Gの月基本料金と5Gの料金プランを選択して組み合わせて使っている人も少なくない。月基本料金に関して見れば、中国では4Gより5Gの月基本料金が2割から4割ほど高く設定されているからである。消費者は「4Gの月基本料金+5Gの料金プラン」の組み合わせによって、本来の4Gの月基本料金と4Gの料金プランでは決して体験できない高速通信を最低限の費用で体験できるようになる。しかし、やはり4Gの月基本料金にプラスされたオプション的

図表7 中国 SNS上の5Gへの関心 (投稿数)



出所：中国 Weibo の5G書き込みテキストデータを基に筆者作成

図表8 中国 SNS上の5Gへの関心 (投稿内容)



出所：中国 Weibo の5G書き込みテキストデータを基に筆者作成

な「5G 料金プラン」であるため、その通信速度には一定の制限があるという条件付きのサービスとなっている。そのことに気付いて、さらなる高速な通信体験を求めたい人には、「5G 端末 + 5G 基本料金 + 5G 料金プラン」、つまり正真正銘の5G 携帯電話利用という最速の組み合わせを通信事業者の方から提案される。これが中国の通信事業者が消費者の高速通信の体験願望を最大限に生かした3段階方式の5G 利用誘導戦略となっているようである。

以上をまとめると、中国の携帯電話市場には月基本料金とデータ通信パッケージを分けて考える文化があり、実際4G と5G に関する多種多様な料金設定と選択肢が存在することによって、4G と5G 間の垣根をなくし、4G 消費者が比較的容易に5G を体験、利用できるようになっている。そのような文化は消費者ニーズに応えるための方策として通信事業者によってGPRS時代から作り出されているものである。つまり、データ通信消費が爆発するはるか以前の第2.5世代移动通信時代という早い時点で、消費者がより多くのデータ通信を消費しやすくした段取りが今日の中国の5G 利用者規模の拡大につながったとも理解できる。「5G 端末 + 5G 基本料金 + 5G 料金プラン」を利用する消費者は「5G 携帯電話利用者」として行政部門の工業・情報化部が集計し、5G の料金プランを利用する人については通信事業者側が集計し、それぞれ発表している。事実として通信事業者が集計している「5G 料金プラン利用者」には4G の端末で5G 料金プラン、5G の端末で4G 料金プランを利用する消費者も含まれているゆえんでもある。

4. むすびに代えて

これまで述べてきたように、中国では中央政府と地方政府が連携した形で5G の市場発展に介入している。特にコロナ禍以降、5G 基地局の整備を中国国家戦略の一環として全国の情報通信インフラの整備を急

ピッチで進めてきた。このような中央政府と地方政府間の強い連携が全国の5G インフラ整備、5G 利活用、5G 人材確保、5G サービスの展開を促進し、実際、そのような政府主導型の情報通信インフラの整備が5G の市場発展にとって有利な客観的条件となったのである。

一方、通信事業者の5G 料金プランの設定こそが5G サービスの敷居を低くし、誰もが容易に5G を体験し、利用できるようにした。これまで3年以上に及ぶ中国5G 料金プラン利用者の堅調な成長から見て、この料金プランの設定が有効であり、消費者にとって5G への最短ルートになっているといえよう。この客観的条件と通信事業者の多様性のある5G 料金設定、5G 誘導戦略がうまく機能することで中国独自の5G 戦略が成り立ち、今日の中国5G 市場の発展につながっていると考えられる。



Jinling Hua

華 金玲

慶應義塾大学 総合政策学部 訪問講師(招聘)

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士課程修了、博士(政策・メディア)。慶應義塾大学非常勤講師を経て現職。

主要な業績として、「中国の5G 政策とデジタル社会の持続的発展」、菅谷実・山田徳彦編著『情報通信産業の構造変容—一次世代移動ネットワークがもたらすイノベーション—』、白桃書房、2022年、Considerations for a Post COVID-19 Tech-nology and Innovation Ecosystem in China (編著) Springer、2022年、「Corona Virus (COVID-19) 'Infodemic' and Emerging Issues through a Data Lens: The Case of China」、2020年、「新型コロナウイルス感染症対策の「中国方式」と情報技術」、『日中社会学研究』第29号、2022年などがある。

注

- 1) 国務院新聞弁公室主催「2022年工業と情報化発展状況」新聞記者会(2023年1月18日)より引用。工業・情報化部は2022年1月20日まで「5G端末接続数(5G端末から接続のある端末数)」、同月25日から「5G携帯電話利用者(5G携帯電話の接続がある中で3G、4Gを除き、5G通信網にのみ接続する利用者)」を発表している。
<http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/49421/49502/wz49504/Document/1735611/1735611.htm>
(2023年1月27日閲覧)
- 2) 中国の3大通信事業である中国移動、中国电信、中国聯通各社各月公表データより引用。「5G料金プラン」利用者には、4Gの端末で5G料金プラン、5Gの端末で4G料金プランを利用する消費者も含まれる。
- 3) 1GB、2GB、3GB、5GB、10GB、20GB、30GB、50GBなどがあり、必要に応じて自由に購入でき、携帯電話番号で認証すればデータ通信の追加購入分として即座に利用できるようになっている。
- 4) 2022年11月分の最新データによると、中国国内携帯電話市場向けに出荷している携帯電話端末の約8割近くが5G対応端末になっている。

参考文献

- Jinling Hua, Bismark Aby Gyamfi and Rajib Shaw eds (2022) *Considerations for a Post COVID-19 Technology and Innovation Ecosystem in China*, Springer.
- Jinling Hua, Rajib Shaw (2022) *Technology Landscape in Post COVID-19 Era: Example from China*, Sakiko Kanbara, Rajib Shaw, Naonori Kato, Hiroyuki Miyazaki, Akira Morita eds, *Society 5.0, Digital Transformation and Disasters*, Springer.
- Rajib Shaw, Yooh-kyun Kim, Jinling Hua (2020) "Governance, Technology and Citizen Behavior in Pandemic: Lessons from COVID-19 in East Asia", in *Progress in Disaster Science*, Page 100090.
- Zuquan He, Jinping Hua, Yishuang Zhang, Jingnan Deng, Bismark Adu-Gyamfi, Rajib Shaw (2022) *Reflections on pandemic governance in China and its implications to future 5G strategy*, Indrajit Pal and Rajib Shaw eds., *Risk Governance, Response and Resilience in COVID-19 Pandemic*, Elsevier.
- 小檜山賢二、栗原聡(2000)『社会基盤としての情報通信』、共立出版。
- 華金玲(2022a)「新型コロナウイルス感染症対策の「中国方式」と情報技術」、『日中社会学研究第29号特集高度情報化と社会統制—中国の場合—』、日中社会学会、16-32頁。
- 華金玲(2022b)「第9章中国の5G政策とデジタル社会の持続的発展」、菅谷実・山田徳彦編『情報通信産業の構造変容—次世代移動ネットワークがもたらすイノベーション—』、白桃書房。
- 華金玲、欧吉虎、陳怡廷、白土由佳(2022)「SNSにおける5G関心の日中台比較分析—情報通信産業構造の視点から—」、2022年第46回情報通信学会大会発表資料、2022年6月25日。
- 広東省工業・情報化局(2020)「広東省5G基地局とデータセンター全体計画(2021-2025)」、2020年7月8日。
- 広州日報(2020)「広州市5G発展の推進に関する方案」、2020年6月25日。
- 中国情報通信研究院(2022)「中国国内携帯電話市場運営分析月次報告」(2022年1月～11月までの各月号)、2022年1月4日。

地域デザイン学会

原田 保 理事長

デザイン理論を研究して、 地域価値の発現を行う

地方創生や震災復興では、課題が山積している。

地域の価値を発現するためのロジカルな方法論として打ち立てた、ZTCAデザインモデルとは――。

理論から実践へと歩み続けようとする学会の理事長に話を聞いた。

学会の設立と背景

～地方創生、震災復興の取り組みにデザイン手法を～

地域デザイン学会では、学問としての地域デザインを研究しています。

「デザイン」に関心を持ったきっかけは、1960年代、早稲田大学在学時にデザインの研究を行ったことです。これからはデザインの時代だ、特に理論としてのデザインが重要だと感じたので、社会に出てビジネス戦略やマーケティングにデザインを導入（コンテクストベース）してきました。

「地域」を研究対象とした一つのきっかけは、いわゆる「地方創生」や東日本大震災後の復興に向けた取り組みに疑問を持ったことです。特に、地域の価値を発現するためのロジカルな方法論や、人口が減少している現実を受け止めた根本的な解決策の必要性について、静かに声を上げなければならないと考えたことも、2012年に地域デザイン学会を立ち上げた理由になっています。

本学会は、地域を研究対象とする学会の中で後発であり、また大きなバックボーンも存在していないので、設立当初からオリジナリティーで勝負することが

期待される状況でした。そこで、地域政策や地域活性化とは異なるアプローチとして、デザインが選択されました。

学会の活動

～地域デザインのための理論を確立、そして実践へ～

地域デザイン学会では、ZTCAデザインモデルを提唱しています。これは、「ゾーン (zone) を起点として、トポス (topos)、コンステレーション (constellation)、アクターズネットワーク (actors network) の四つの要素が効果的に連携することによって、期待される地域価値が発現できる」*というデザインモデルです。ゾーンを起点とした地域デザインは、「市町村合併などで人為的に再編された存在意義が明確でない空間からは生まれない地域価値を新たに現出させる戦略的行為」であり、トポスはギリシャ語が語源で「意味のある場所」、コンステレーションは星座のように「関係がないものを結び付ける方法論」、アクターズネットワークは「個々のアクターが無数に関係して出来上がるネットワーク」を指します。

当学会ではこれまで、ZTCA デザインモデルを中

心とした理論の形成に取り組んできましたが、最近では理論の実践に向けた活動も行っています。例えば、2022年から「実装ラボ」を立ち上げ、ZTCA デザインモデルの実装化に向けた方法論を構築しています。また、分野・地域ごとにフォーラムを多数開催しています。特に2015年に始まった「瀬戸内フォーラム」は、小豆島や尾道で開催され、地域デザインの事例を基に議論を行っています。瀬戸内は、地方公共団体の枠組みにとらわれず、「瀬戸内」として広く捉えたことでブランドを確立できた好事例であると考えています。

当学会には、経済、経営、情報システム、農業、観光、法律を専門とする研究者や、民間企業出身者、首長をはじめとした地方公共団体関係者などが所属しております。幅広い分野の専門家をつなぎ、新たな価値を作っていくことが学会の役割だと考えていて、専門分野の異なる学会員が共著で論文を執筆することもあります。今後も幅広い分野から当学会に参加してもらえるよう、積極的に募集を行っていきます。

展望と課題

～確立したモデルで地域の価値増大に貢献～

現在、地域デザインに関わる人材が不足しています。地域のために人を巻き込み、地域と「アクター」たちとの関係性を構築していく仕組みを作れる人が必要です。地域の問題に当事者意識を持つ人材が増えること、そしてそのような人を支援していくことにも学会として取り組んでいきたいと考えています。

また、「地方創生」といわれる概念には課題があると考えています。その一つが、それぞれの「地方」が自治体単位で独立して施策を打っていることです。しかし、実際の人の活動、特に経済活動では、大都市と各地域が多様に連携しています。そこで、すべての都市に同様にリソースを配分するのではなく、地域の中心都市をエンジンとして周縁都市も含めた全体が機能するように、取り組みを設計すべきです。そして、その地域全体を意味付けるストーリーを与えていく。そのためには、まずロジカルな理論を基に、広域で地域を見ることから始めるべきだと考えています。

今後も、ZTCA デザインモデルを活用して地域の価値増大に貢献していきたいと思っています。

*原田保ほか編著『地域価値発見モデル：ZTCA デザインモデルの進化方向』（地域デザイン学会叢書9、学文社、2022）を参照。



原田 保 Tamotsu Harada

1947年生まれ。早稲田大学政治経済学部卒業。
米国シアーズ・ローバック社・マネジメントトレイニー、株式会社西武百貨店取締役企画室長、香川大学経済学部教授、多摩大学大学院客員教授などを歴任。
日本ベンチクラブ会員。一般社団法人日本スロースタイル協会会長、一般社団法人地域ブランド・戦略研究推進協議会代表などを務める。

学会概要



名称：	一般社団法人 地域デザイン学会
欧文名：	THE ASSOCIATION OF DESIGN ABOUT STRATEGY FOR ZONE INDUSTRY AND ZONE BRAND
ホームページ：	http://www.zone-design.org/
学術研究領域：	哲学 地域研究 経済学 経営学 農学 食料科学 健康・生活科学 情報学
発足：	2012年1月20日 (2015年一般社団法人設立)
役員数：	29人
刊行物：	学会誌および学会叢書

学会誌



誌名：	『地域デザイン』 Journal of Zone Design
資料種別：	ジャーナル
使用言語：	和文
発行頻度：	年2回
発行部数：	500部/回

（構成／『Nextcom』編集部 森 京子 撮影／関 幸貴）

5年後の 未来を 探せ

大阪公立大学 大学院 工学研究科 機械系専攻 准教授

中川 智皓さんに聞く

歩くよりも速くて安全で楽な乗り物 PMVで移動の自由を拡張する

取材・文：江口絵理 図版提供：中川智皓

電動キックボードが自転車のような手軽さで公道を走るようになって2年。日本では、セグウェイなどのパーソナルモビリティ・ビークル (PMV) はずっとレジャーアクティビティや業務用の乗り物とされてきたが、この数年で急速に社会での存在感を増してきた。それでは「歩行者と共存できるPMV」とはどのようなものか——大阪公立大学大学院工学研究科機械系専攻准教授の中川智皓さんは、PMVと人の挙動について力学的な解析と実験を重ね、誰もが利用できる乗り物の実現を目指している。

多様なPMVと操縦者の動きを 運動力学から解析

左右に研究室が並ぶ廊下を、歩くよりも遅いぐらいの速度で小さなタイヤの自転車がまっすぐに進む。驚くことに、乗っている人はハンドルから完全に両手を離している。中川智皓さんが行っている研究の実験風景だ。

「これほど低速だと、人間の操舵能力では倒れずに乗ることはできません。さらに、タイヤの径が小さければ小さいほど車体は倒れやすくなります。この自転車は車体の傾きを感知するセンサーを車体に付け、ハンドルや前輪操舵軸に付けたセンサーからの情報と合わせて、前輪を自動で操舵する『ステアバイワイヤ』を

採用することで、安定して走れるようにしています」

と中川さんが解説してくれた。

PMVとは、個人の新しい移動手段となる乗り物のこと。最も普及しているPMVといえば自転車だが、安定して走るためにはそれなりにスピードを出さねばならず、歩行者と安全に空間を共有するのは難しい。といって日本では、自転車専用レーンの普及も進んでいない。

従来の自転車が抱えている問題は、そのほかのPMVにも共通の課題。今、必要とされているのは「歩行者と共存できるPMV」だ。

「PMVには1人から2人乗りの自動車も含まれますが、私が研究対象としているのは、歩行の延長として使うコンパクトな乗り物です。歩くよりも速くて安全で楽な乗り物を目指しています」

それでは低速でも安定していて、周囲の歩行者に脅威や不快感を与えないコンパクトなPMVとはどのようなものだろうか。セグウェイのように2輪を左右に配し、操縦者の重心移動でコントロールするもの（「倒立振子型」PMVと呼ばれる）、倒立振子型で1輪車のタイプ、あるいはシニアカーやコンパクトな電動車椅子など、多様なPMVが次々に誕生している。

「そこがPMV研究の面白いところでもあり、大変なところでもあります」

Chihiro Nakagawa

中川 智皓

大阪公立大学 大学院 工学研究科 機械系専攻 准教授
東京大学大学院 工学系研究科 産業機械工学専攻 博士課程
修了、博士(工学)。大阪府立大学 工学研究科 機械工学分
野 助教を経て2018年より現職。2022年よりカリフォル
ニア大学バークレー校 客員研究員。学生時代から、イギリ
ス議会での討論をモデルにした即興型英語ディベートの普
及活動も行っており、一般社団法人パラメンタリーディ
ベート人財育成協会を設立し代表理事を務めている。



と中川さんは苦笑する。1輪か2輪か3輪以上か。同じ2輪でも車輪を自転車のように前後に置くか、セグウェイのように左右に置くか。立ち乗りか着席か。そうした違いによって、各PMVの挙動はまったく異なってくる。

自動車の力学についてはあまたの研究蓄積があるが、PMVの力学を精緻に追究した研究は多くない。そこで中川さんはさまざまなPMVについて、その動きの背景にある原則を見だし、運動方程式として記述しようとしてきた。

「それぞれの運動力学が分かれば、シミュレーションによって『安全に操縦できる条件』を見つけることもできますし、『PMVを作ってみたが、なぜか分からないけれどあるポイントでうまく動かない』というときに原因を探ることができるようになります」

例えば、あるPMVで坂道をジグザグに下るときに、ごくまれにスリップが起きることがある、しかし原因が分からない、と企業から相談が来たことがあった。中川さんは何が起きているのかをシミュレーションし、駆動力を持たないキャスターの向きがスリップの原因であることを突き止めた。

原理が分かっているれば、その場をしのぐだけのトラブルシューティングではなく、根本的な解決策を取れる。大学の研究ならではの強みだ。

「こうした知見を蓄積していけばPMVの安全試験で

どのようなポイントを確認すべきか見極められますし、既存の自転車や自動車のためのルールを一律にPMVにも当てはめて公道利用を制限してしまう事態も避けられるでしょう」

例えば、機械式ブレーキの装備を公道走行の必須条件としてしまうと、倒立振子型PMVが公道を走れる日は決して来ない。倒立振子型PMVは車輪を常に細かく前後に動かすことで姿勢安定を図るシステム故に、機械式ブレーキで車輪をがっちりと止めればバランスを保てなくなり転倒してしまうからだ。

このようなとき、「信頼し得る制動システムを備えていること」を条件とすれば可能性は開ける。では、信頼し得る制動システムとはどのようなものか。

運動モデルが分かれば、新しいタイプのPMVに対して一つずつ制動の条件を決めていくのではなく、倒立振子型PMV全般に適用される条件や、あるいはPMV全体に適用し得る条件などを探れるかもしれない。

操縦者の重心と“意図”の有無がPMVの動きを大きく左右する

ところが、ここでもう一つ課題がある。PMVは自動車よりはるかに軽いため、乗っている人の重心移動の影響を大きく受けてしまうのだ。運動モデルはそのぶん、自動車よりずっと複雑になる。

Figure 1 ステアバイワイヤ自転車の手離し運転



ハンドルを切った方向や車体の傾きから、操舵軸に組み込んだモーターで前輪の向きを制御する

中川さんは、PMVでも自動運転を実現しようと研究を進めているのだが、人の重心の動きは、操縦者自身が意図を持って操縦しているのか、自動運転のように意図せずに「運ばれている」だけかによって異なる。例えば、立ち乗り式車両の場合、自分で操縦していて急ブレーキをかけるときには、前につんのめらないように自分の体をコントロールできるが、自分の意図とは無関係に急ブレーキがかかるとそうはいかない。しかも、PMVは軽いので乗り物ごと前に転倒してしまうおそれがある。

そこで中川さんは操縦者の意図の有無による人間の動作の違いを、モーションキャプチャによって膝や腕の動きまで詳細に追跡し、運動モデルを作って比較してみた。

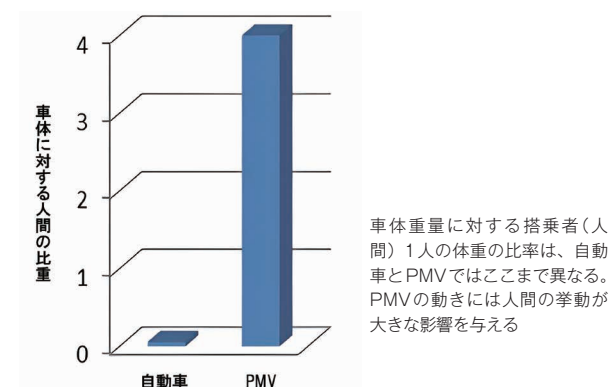
解析してみると、やはり自身が意図して急制動をかけた場合は、直後にいくぶん重心が前に出るもののすぐに元に戻る。一方、自動で急制動がかかった場合は重心が大きく前に移動してしまい、その後もなかなか元に戻らない。

「危険を感知したら制動のタイミングは早いに越したことはないのですが、操縦者の意図のないときは、急な減速度での制動は必ずしも安全ではないことがデータでも確認されました」

それでは、そもそも機械式ブレーキによる急な制動ができない倒立振子型ではどうすればよいか。シミュレーションと実験を行ったところ、制動の直前にほんのわずかに急加速すると、人間の重心が後ろに下がり、素早く制動できることが分かった。

操縦者の意図と機械側の制御をどうかみ合わせるかは目下の課題、と中川さんは言う。

Figure 2 車体に対する人間の比重



旋回の際にも、人は左に曲がろうと意図していれば遠心力で外に振られまいと体を左に傾けるが、意図していないと右側に振られてしまう。

「このときも、自動制御するならば直前にちょっとだけ曲がる方向とは逆に切っておいてから旋回すると、人は無意識に曲がる側に重心を移すことが実験で確認できました」

人間の無意識とPMV側の制御とのコミュニケーションというべきか、化かし合いというべきか。中川さんは機械や人間の身体だけでなく、「人間の意図の有無」という客観的計測が難しいものを相手に、使える法則を見いだそうと奮闘している。これがうまくいけば、自動運転の車にも利用されるものになるだろう。

最適解は、中高速と低速で変形するPMV

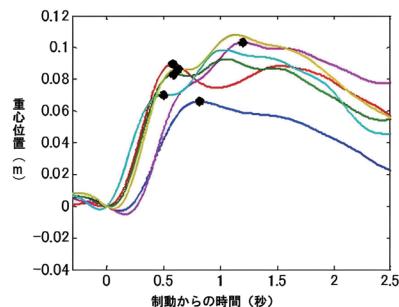
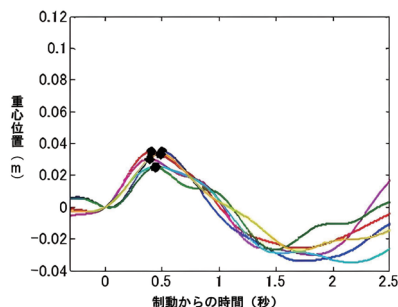
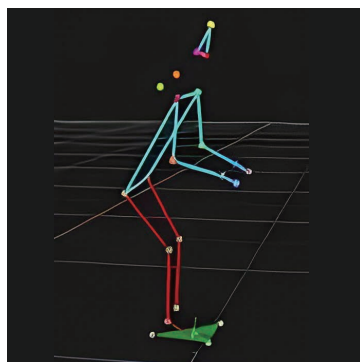
大学時代に機械工学を専攻した中川さんは最初、PMV全般ではなく自転車の研究から入った。

「モビリティの研究室に所属したのですが、身近な乗り物をやりたいと思って。自転車の運動方程式を立てよう、という研究を始めました」

当時はようやくセグウェイが登場した頃で、ここまでPMVが多様になっていくとは想像もしていなかったが、中川さんの中に、「歩行者と共存できるPMVを」というビジョンはあった。

歩行者と同じ空間でも使えるPMVは、低速でも安定して走れ、しかもコンパクトでないといけないが、自転車は中高速の方が安定し、また、タイヤ径が大きいほど安定する。そのトレードオフをどうしたら解決

Figure3 「意図あり」「意図なし」旋回時の重心移動



立ち乗り式PMVでの制動時のモーションキャプチャ (左)と、「意図あり」(中)、「意図なし」(右)制動時の重心位置の変化(いずれも複数回の実験結果)。「意図あり」では制動後2～4cmほど重心が前に移動し、いったん後ろに戻った後、元の位置に戻るが、「意図なし」では重心が6～10cm前に移動し、なかなか元の位置に戻らない

できるか。中川さんはその解をずっと考えてきた。

自転車の運動方程式を研究した中川さんは、従来の自転車の「操舵できるのは前輪だけ」という条件を取り払い、シミュレーションを行った。すると、歩行者とも共存できる自転車として最適な解は「中高速のときは自転車のようには前後に車輪を配し、低速で小回りが必要なときは両車輪の向きを90度変えて左右に配して走る」という形だった。そしてなんと、二つの車輪の向きを左右に配したときの運動方程式は、倒立振り子型と一致していた。

「中高速では自転車、低速では倒立振り子型に変形」とは、とりあえず実機を作ってみて調整を重ねるアプローチからはとうてい出てこない答えだろう。とはいえ、理論的に導き出される解がこれだとしても、そんな変形機構が可能なのだろうか？

中川さんは2分の1サイズでモックアップを作り、そのような変形が物理的に可能であることも確かめた。既存の自転車やバイクのようにハンドルで車輪の向きを変えようとするハンドルのハンドルと車輪をつなぐ軸が必要になってしまうが、中川さんが考案した変形自転車は、冒頭に紹介した手離し低速自転車と同じく、車輪の向きは電気信号で操作するので軸は不要。そのぶん、形に自由度が生まれるのだ。実際に乗って走れるPMVも製作し、実験を重ねている。

「ここからは中高速モード」「ここからは低速」と自分で折り畳んだり開いたりすることを想定しているが、速度や状況に応じて自動制御で変形される形も考えているという。

「さらに、降りて歩きたいときには自分の後ろをついてきてくれると便利ですね」

歩行者との親和性を調査し 福祉機器への応用も

自動制御の際の運転者の意図の問題、コンパクトなPMVの安定性の問題に加え、PMV開発者が考えなくてはいけないのが「歩行者との親和性」だ。

中川さんはトヨタ自動車との共同研究で、商店街を模倣した歩行者の流れを人為的に作り、そこに自転車や倒立振り子型PMVが混じったときに、歩行者がどれだけ不快感・恐怖感を抱くか、そして操縦者が歩行者を自在に回避できるか(回避難易度)をアンケート調査によって調べた。

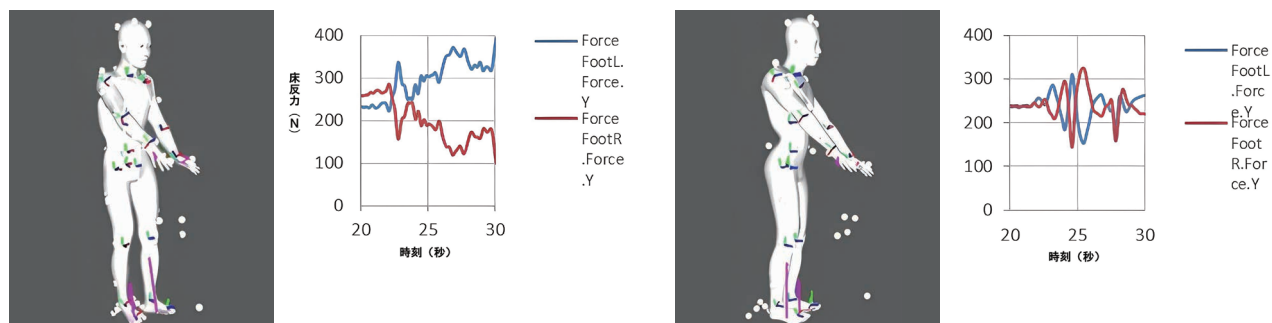
すると、歩行者の感覚としては、自転車よりも倒立振り子型に対する不快感の方が少なく、運転者の感じる歩行者回避難易度も自転車より倒立振り子型の方が小さかった(倒立振り子型の方が歩行者を回避しやすく感じられた)。

こうした実験により、操縦者にとって違和感がないだけでなく、周囲の歩行者と共存できる車両の条件が見えつつある。

自動車に比べて不安定なPMVの姿勢安定に関する研究は、半分は操縦者である人間の姿勢安定に関する研究といえる。あるとき、中川さんは高齢者のリハビリテーションの研究者から相談を受けた。

人は体のバランスを崩しそうなとき、若いうちは足首を柔軟に使い、足の力で姿勢を安定させるが、高齢になると上半身しか使わなかったり腰を引いてしまったりして不安定になりがちだという。リハビリの現場では姿勢安定のために足を使うよう促す機器を作りたいが、いったいどう作ればいいのか分からない、とのこ

Figure4 「意図あり」「意図なし」旋回時の重心移動



立ち乗り式PMVでの「意図あり」(左2点)、「意図なし」(右2点)旋回時のモーションキャプチャと床反力(足から床にかかる力に等しい)。「意図あり」では片足にしっかり荷重がかかっているのに対して、「意図なし」では左右の足への荷重が短時間で入れ替わり続け、左右にふらついているのが分かる

とだった。

「そこで、PMVの不安定さを逆に利用するような形で、床面を細かく動かして足首のリハビリを行える機器を考案しました」

残念ながらそのすぐ後にコロナ禍が始まってしまい、考案したデバイスを高齢の被験者に実際に使ってもらった実験までには至らなかったが、PMVの姿勢制御研究の知見が、移動のためだけでなく福祉機器へ応用されるポテンシャルも持つことが示された。

PMVが担う、移動のラストワンマイル

PMVは今後、日本でどのように広まっていくだろうか。社会への普及は加速度的に進むのか、それともブームと下火になるのを繰り返すのか。中川さんはこう見ている。

「直近数年というスパンで見ると、公道利用が一般的になった電動キックボードで事故が多発したりすれば、さらなる導入の機運は冷え込むことが予想されます。大きな事故がなければ、電動キックボードが突破口となってさまざまなPMVが公道を利用できるような法令改正やメーカーの新規参入・開発が進むかもしれません」

では、日本のPMV研究の未来はどうだろうか。いま中川さんは1年間の在外研究で、自動運転研究の世界的中心地となっているアメリカ西海岸で研究を行っている。PMVの自動運転化に向けて刺激を受けることも多い。

「アメリカでは、いま私がいるカリフォルニア州、ア

リゾナ州、テキサス州などで公道での自動運転実験が顕著に進んでいます。実環境で実験できればただデータが大量に、ほかの地域の人よりも早く手に入りますから、研究者にとってもメーカーにとっても有利な環境であることは間違いありません。自動運転やモビリティのベンチャーの数も驚くほど多く、私もこれまで情報収集はしていたはずなのですが、知らなかったメーカーの存在やアイデアにハッとさせられることがあります」

自動運転の研究が進められているのは、乗用車だけではなく、バスなどの公共交通機関、物流を担う輸送機器まで多岐にわたる。中でも需要が急増している宅配業界では、都市間をつなぐ基幹運送の自動化よりも、最終運送拠点から個々の住宅や施設の玄関口まで荷物を届ける「ラストワンマイル」の部分に課題が大きいといわれる。玄関口まで荷物を運んでくれる搬送ロボットも出てきてはいるが、歩行者と空間を共有することになるので、安全性の確保に膨大なリソースを割かなくてはならないことがネックとなっている。

歩行者との共存はPMVも共通して抱える課題だが、中川さんが驚いたのは、自動配送車が歩道に上がることなく、車道から、家の前に設置された宅配ボックスに荷物を収納するというアイデア。歩行者と共存する必要なくラストワンマイルを届け切るという発想の転換に驚かされた。

一方、中川さんは電動車いすWHILLを用い、室内からそのままシームレスに屋外に出ていける完全自動運転の車椅子を作れないか検討している。ラストワンマイルを車道で終える前述の自動配送車とは真逆の発想だ。

Figure5 自転車・倒立振り型変形 PMV



「ただ、GPSでは室内のナビゲーションはできないので、あらかじめ室内のマップや写真を読み込ませておくなど、別の仕組みを考える必要があります、これから研究すべきテーマだと思っています」

さらに、完全自動運転で歩行者をうまくよけていこうと思ったら、相当に高精度なセンサー、場合によっては自動運転車よりも高い精度のセンサーが求められるのではないかと聞くと中川さんは破顔した。

「そこまで高精度なセンサーを付けたら多くの人の手に届く価格帯のPMVにはならないでしょうね……。でも自動運転車が普及し、『自動運転社会』が来たら町中のセンサーも利用できるようになるので、それが自動運転PMV普及の端緒となるかもしれません」

「欲しいPMV」が選べる世界を目指して

今後、日本では公共交通空白地域がますます増えていくと予測される。その解決策の一つとして自動運転車に期待がかかっているが、4~6人が乗ることを前提として設計されている自動車に1人が乗って移動するようでは、その環境負荷は高い。そこにはPMVが活躍する余地があるだろう。

公共交通機関があるエリアでも、個人にとってのラストワンマイルは存在する。駅やバス停から遠くまで歩かなくてはならない場合には、歩行がままならない人は交通弱者として取り残されてしまう。中川さんが考えている「歩行の延長となるPMV」はこうした課題を解決するものになるだろう。

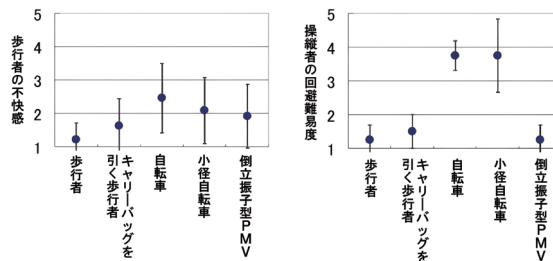
1輪、前後2輪、左右2輪にそのハイブリッド、3輪、

Figure6

多様なPMVの歩行者との親和性調査

歩行者が行き交う中で各種PMVを利用したときの影響を調査した(右)

歩行者が抱く不快感(下左)、操縦者が感じた歩行者の回避難易度(下右)とも倒立振り型が最も小さかった



4輪、立ち乗り型に着席型——PMVには次々に新たな形態が生まれ、多様性を増している。いずれ、自然淘汰のようなことが起きて、そのいずれかに収れんしていくのだろうか？ 中川さんはそういう未来は想定していない。

身体能力が十分にあるユーザーは、多少不安定さがあっても、よりコンパクトで気持ち良く操縦できるPMVを好み、乗りこなすだろう。

歩行に不安がある高齢者には着席型が安全だが、アクティブシニアであれば、荷物も載せて運べる安定感のある立ち乗り型PMVを巨大ショッピングモールでの移動などに気軽に使えるだろう。産前産後の女性は歩くのがつらい時期があるが、といって電動車椅子ではちょっと大げさに感じるかもしれない。

よそ見をしていても目的地に連れていってくれる、あるいは行き方が分からなくても家の中から目的地まで連れていってくれる自動運転PMVを求める人もいれば、機械によるコントロールは最小限にして、風を切って走りたい人もいるだろう。

「多様なPMVからニーズに応じて選べる、というのが理想だと思うんです。そのためにも、こんなPMVが欲しいけど技術的にはできない、技術的にはできるけど法令上はできない、法令で認められたけど人々に受容されないといったハードルを解消する役に立てたらと思っています」

さまざまな方向に進化を続けるPMVのニーズやトラブルに対応するためには、PMVの運動力学への根本的な理解が基盤として欠かせない。中川さんの研究は、そのピースを一つずつ作り、組み上げていこうとしている。

「Pacific Telecommunications Council 第45回年次国際会合 (PTC'23)」参加報告

米谷 南海

一般財団法人マルチメディア振興センター チーフ・リサーチャー

2023年1月15日～18日、ハワイ州ホノルルでPTC'23(Pacific Telecommunications Council 第45回年次国際会合)が開催された。

参加者は、オンライン、オフライン合わせて60カ国、3,000人に上り、過去最大の規模になった。

はじめに

太平洋電気通信協議会(PTC)は1980年に日本、米国、カナダ、メキシコの提唱によって設立された非営利公益法人である。現在は60以上の国・地域から政府機関や学術機関、営利団体が参加する産官学連携の場となっており、毎年1月に米国ハワイ州において開催される年次国際会合を中心に、環太平洋地域におけるICTの発展について多面的な議論を行っている。

今回、筆者は公益財団法人KDDI財団より「海外学会等参加助成」を受け、2023年1月15日から18日にかけて開催された第45回年次国際会合「PTC'23」に参加した。PTC'23はオンサイトとオンラインのハイブリッド形式で開催され、参加者3,000人超と過去最大規模の会合となった。以下、その模様を報告する。

1. 基調講演やパネル討論

PTC'23では、デジタルデバイスからメタバースに至るまで多種多様なテーマで15本以上の基調講演やパネル討論が行われたが、特に目立ったのは、デジタルインフラの近未来を占う議論である。新型コロナウ

イルス感染症流行や米中摩擦によるグローバル・サプライチェーンの混乱といった以前からの懸念に、ロシアによるウクライナ侵攻の長期化や世界経済の失速という新たな要因も加わって、世界がますます混迷の度を深める中、信頼できる安全なデジタルインフラへの投資をいかに促進するかに注目が集まった。

大手企業経営陣による基調講演では、デジタルインフラ、特にデータセンター産業に対する需要は今後も拡大し続けるとの楽観的な見通しを示す声が多く聞かれた。一方、1月16日のパネル討論「Policy and Perspective for the New Digital Infrastructure Era」では、総務省 官房審議官の内藤茂雄氏、米国情報技術産業協議会 政策担当上級副会長のロバート・ストレイヤー氏、GSM協会 最高規制責任者のジョン・ジュスティ氏、ポール・ヘイスティングス法律事務所パートナーのタラ・ジュンタ氏が登壇し、各国政府が実効的な国際的枠組みと官民連携を構築する必要性について議論が交わされた。特に、主要国で加速している技術主権やデジタル主権確立の動きが経済成長やイノベーション、通信機器・端末のアフォーダビリティに負の影響を及ぼし得るとの懸念から、技術やデータの越境移転に関する相互運用可能な枠組みの実装が喫緊



PTC'23会場のロビー



パネル討論「Policy and Perspective for the New Digital Infrastructure Era」



セッションの報告者一同（筆者は前列左から2番目）

の課題であるとの指摘がなされた。デジタル分野での連携強化は G7広島サミットでも重要議題となることが予想され、引き続き注視していきたいテーマである。

2. トピカルセッションやワークショップ

海底ケーブル、サイバーセキュリティ、環境負荷軽減、災害復旧等、多岐にわたる個別の調査・研究報告も行われた。中でも興味深く感じたのは「ICT産業の持続的発展」について取り上げる発表が例年よりも多かったことである。例えば1月15日には、ICT人材不足を問題意識として掲げる「Get ready Dinos - Here come the new faces of the digital world!」が開催され、ジレニアル世代(ミレニアル世代と Z世代の中間の世代)を ICT産業に引き寄せるためには何が必要なのか、活発な意見交換が行われた。ICT産業の持続的発展について人材確保の側面からアプローチする議論に参加するのは今回が初めてであったため、自身の視野を広げる貴重な機会となった。

3. 筆者の研究報告

筆者は1月15日のトピカルセッション「Societal value, trends in social media, and online streaming」にて、「American Streaming Giants in Japan: Policy and Business Implications」と題して研究報告を行った。米国を拠点とする大手動画配信サービスの世界的躍進を背景に、諸外国では動画配信規制の検討・導入が活発化しているが、日本ではグローバルな競争状況を視野に入れた規制議論はいまだ十分になされていない。そこで本報告では、一般財団法人マルチメディア振興センターにて実施した文献調査と全国アンケート調査の結果を基に、米動画配信サービスがわが国に及ぼす

産業・制度上の影響を検討し、日本の動画配信政策の在り方について考察を加えた。

質疑では日本の映像メディア市場の特異性に関心が集まり、有料放送や定額制動画配信サービスが他の先進国ほど普及していない要因等について質問をいただいたほか、放送・動画配信ビジネスの持続可能性や海外市場における日本製コンテンツの需要について意見交換することもできた。また、世界的にもユニークな日本の事例研究を継続していくよう励ましの言葉も掛けていただき、大きな励みとなった。

おわりに

PTC'23への参加を通じて、自身の研究成果を発表することができたばかりでなく、急速に揺れ動く社会情勢や技術の進化に対応せんとする世界各国の研究者や政策立案者、民間事業者のそれぞれの知見や意見を吸収することができ、今後の研究意欲がより一層かき立てられた。世界的なインフレと円安により海外学会への参加ハードルが高まる中、このような刺激的かつ有意義な機会を与えてくださった公益財団法人 KDDI 財団には心より厚く御礼申し上げたい。



Nami Yonetani

米谷 南海

一般財団法人マルチメディア振興センター チーフ・リサーチャー
慶應義塾大学博士(政策・メディア)。
専門はメディア産業論と情報通信政策論。慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科非常勤講師。主な著書に『情報通信産業の構造変容』白桃書房(2022年:共著)、『Perspectives on the Japanese Media and Content Policies』Springer(2020年:共著)、『メディア・ローカリズム』中央経済社(2020:共著)、『東アジアのケーブルテレビ』中央経済社(2019:単著)。

「64th International Studies Association Annual Convention」 参加報告

金 樹延

関西外国語大学 英語国際学部 助教

2023年3月15日～19日、カナダ・ケベック州モントリオールで
第64回 International Studies Association Annual Conventionが開催された。
3年ぶりのオフライン会議とあって、4,700人もの参加者があり、議論が展開された。

ISAとは

公益財団法人 KDDI財団の海外学会等参加助成を受
け、筆者は2023年3月15日から19日にかけて、カナ
ダ・ケベック州において開催された世界国際関係学会
(International Studies Association: ISA)年次大会に参
加した。

今回参加した ISA学会は、1959年に設立された国際
的な学会であり、100以上の国から専門家や研究者た
ちが参加し、政治、経済、国際関係、メディア、テク
ノロジー、政策、グローバル開発、安全保障など多岐
にわたる分野について議論する学会である。

今年度大会は、“Real Struggles, High Stakes:
Cooperation, Contention, and Creativity”というタイト
ルで開催された。コロナ以来対面では3年ぶりになる
学会だったこともあり、世界100カ国から4,700人もの
研究者や実務者などが参加し、1,033個のパネルセッ
ションにおいて多くの参加者による熱心な議論が展開
された。

3年ぶりの face-to-face 現地開催にて発表

筆者は15日「News coverage around the world:
setting the agenda, framing the stories and impacting
opinion」というテーマの International Communication
セッションにおいて口頭発表を行った。筆者が発表
した論文は「Media scramble for Africa? Coverage in
Chinese, Japanese, and South Korean newspapers」で
ある。本研究は、日中韓の3カ国のメディアにおける
対アフリカ報道に焦点を当て、それらの報道要因を明
らかにした上で、政治的関係性の深い3カ国のメディ
アがどのように影響し合っているのかを検討するもの
である。メディア分析を用いることで、通信の発展や
報道量の増加によって、より精密な分析が可能とな
り、報道に対する政策の影響力を明らかにすることが
できる。さらに、東アジア3カ国の対アフリカ報道を
分析することにより、各々の報道要因を明確にす
ることができるため、情報通信メディアによる国際相互理
解の促進や発展にも貢献できると考え、今回発表を
行った。



会場の様子



筆者の発表時の様子



会場内での筆者

その中で討議者を含め、複数の方々に研究に関して建設的な質問およびコメントをいただいた。また、同じセッションで発表を行った5人の研究者の発表を拝聴することで、メディアの議題設定やICT分野の協力についても学ぶことができた。

なお、ISA Committee on the Status of Women Meeting、Early Career Scholar Loungeなどに参加し、大変充実した時間を過ごすことができた。特に「New Insights on Climate Change and (In) Security」セッションでは非常に興味深い発表がなされた。気候変動問題は、政治化されていない問題から政治化された問題を経て、安全保障の課題に変換したとされ、ある問題が社会的に安全保障問題として構成されていくプロセスを分析する「安全保障化」は、多くの場合、政治的言説を射程に入れているとした。だが、ある問題が安全保障の問題であると見なされるようになるためには、受け手である大衆によって受容されなければ意味がないという点を聞き、筆者はメディアという視点に立脚する必要があるのではないかと考えた。なぜなら、気候変動のような科学的知識に関する情報源として大衆はメディアに依存する傾向が強いからである。また、メディアによる報道は、大衆の認識や態度を変えることができる。発表後、発表者らとこの点についてさらに意見交換を行うとともに、今後の共同研究課題について交流を深めた。

会議参加を通じて

本会議を通じて、研究の質を高めることができ、研究者として成長する機会となった。本学会は博士論文の研究成果を発表する初めての国際学会だったこともあり、学会に参加することで研究に対する質やモチベーションの向上のみならず、世界中の研究者から有

益な批判とコメントをいただく好機となった。今回の学会を通じて研究課題を再考することで、今後研究者としてのキャリアを歩む上で重要な一歩となったと思う。

また、メディア学の研究者らと人的ネットワークを構築する上でも大きな好機となった。筆者の研究分野はメディア学と政治学(国際関係)にまたがるため、研究者と学术交流し、意見交換を行い、成果を得ることができる国際学会を探すことは困難だが、本学会は両分野を含む学際的なものであることから、分野横断的に世界の研究者との関係を築くことができた。

今後も海外の学会に積極的に参加することで、自身の研究成果を世界に発信し、最新の研究課題について理解するとともに常に学び続けたいと考えている。さらに国際学会への参加を通じて、世界で活躍する気鋭の研究者たちとの学术交流が可能となり、世界規模の学術コミュニティに参加し、国際関係学とメディア学に貢献できる研究を続けたいと思った。

このような貴重な機会を与えてくださった公益財団法人 KDDI財団に心より感謝申し上げたい。



Sooyeon Kim
金 樹延

関西外国語大学 英語国際学部 助教
韓国出身。2020年、大阪大学大学院国際公共政策研究科博士課程修了。2021年より現職。「グローバリズムとメディア」、「国際関係論」、「外交政策」を担当。専門分野は国際関係学とメディア学。日本国際政治学会、国際メディア・コミュニケーション学会(IAMCR)、世界国際関係学会(ISA)に所属。

「Nextcom」 論文公募のお知らせ

本誌では、情報通信に関する社会科学分野の研究活動の活性化を図るため、新鮮な視点を持つ研究者の方々から論文を公募します。

【公募要領】

申請対象者：大学院生を含む研究者

*常勤の公務員（研究休職などを含む）の方は応募できません。

論文要件：情報通信に関する社会科学分野の未発表論文（日本語に限ります）

*情報通信以外の公益事業に関する論文も含みます。

*技術的内容をテーマとするものは対象外です。

およそ1万字（刷り上がり10頁以内）

選考基準：論文内容の情報通信分野への貢献度を基準に、Nextcom 監修委員会が選考します。

（査読付き論文とは位置付けません）

公募論文数：毎年若干数

公募期間：2023年4月1日～9月10日

*応募された論文が一定数に達した場合、受け付けを停止することがあります。

選考結果：2023年12月ごろ、申請者に通知します。

著作権等：著作権は執筆者に属しますが、「著作物の利用許諾に関する契約」を締結していただきます。

掲載時期：2024年3月、もしくは2024年6月発行号を予定しています。

執筆料：掲載論文の執筆者には、5万円を支払います。

応募：応募方法ならびに詳細は、以下「Nextcom」ホームページをご覧ください。

その他：1. 掲載論文の執筆者は、公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版助成に応募することができます。

2. 要件を満たせば、Nextcom 論文賞の選考対象となります。

3. ご応募いただいた原稿はお返しいたしません。

「Nextcom」ホームページ

<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/support/>

問い合わせ先：〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-10-4 オークラプレステージタワー

株式会社 KDDI 総合研究所 Nextcom 編集部

E-mail: nextcom@kddi.com

2023年度 著書出版・海外学会等参加助成に関するお知らせ

本誌では、2023年度も公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版・海外学会等参加助成に、候補者の推薦を予定しています。

【著書出版助成】

助成内容：情報通信に関する社会科学分野への研究に関する著書

助成対象者：過去5年間にNextcom誌へ論文を執筆された方

助成金額：3件、各200万円

受付期間：2023年4月1日～9月10日（書類必着）

【海外学会等参加助成】

助成内容：海外で開催される学会や国際会議への参加に関わる費用への助成

助成対象者：情報通信に関する社会科学分野の研究者（大学院生を含む）*

助成金額：北米東部 欧州 最大40万円 北米西部 最大35万円 ハワイ 最大30万円
その他地域 別途相談（総額100万円）**

受付期間：随時受け付け

*常勤の公務員（研究休職などを含む）の方は応募できません。

Nextcom誌に2頁程度のレポートを執筆いただきます。

**助成金額が上限に達し次第、受け付けを停止することがあります。

推薦・応募：いずれの助成も、Nextcom監修委員会において審査・選考し、公益財団法人KDDI財団へ推薦の上、決定されます。応募方法ならびに詳細は、以下「Nextcom」ホームページをご覧ください。

「Nextcom」ホームページ

<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/support/>

問い合わせ先：〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-10-4 オークラプレステージタワー

株式会社 KDDI総合研究所 Nextcom編集部

E-mail:nextcom@kddi.com



「電波」の発見で大変貌を遂げた国際通信

1888年、ドイツの物理学者であるハインリヒ・ヘルツによって電波の存在と、それが空間を伝わることを証明された。これ以降、国際通信は海底電信ケーブルから、無線通信へと大きく変わっていった。

「電波」の発見

1871年、日本で初めての国際通信は、デンマークの大北電信会社が敷設した長距離海底電信ケーブル（長崎～上海、長崎～ウラジオストク）を活用してスタートした。しかしその後、科学技術の急速な進歩により、短期間で国際通信は無線通信へと、大きく変貌を遂げていく。

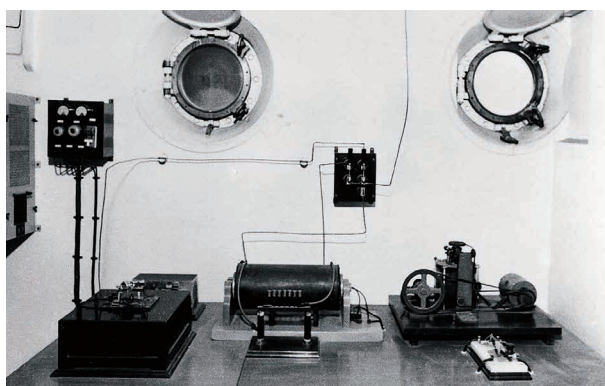
「無線通信」とは、主に電波を用いた通信方法を指す。電流を流すための銅線などを必要としないのが特徴だ。1888（明治21）

年、ドイツの物理学者、ハインリヒ・ヘルツが電波の存在と、それが空間を伝わることを証明。1895（明治28）年には、イタリアの電気技術者、グリエルモ・マルコーニが無線電信の実験に成功した。

これは大変な発明であった。何しろ、無線電信設備は海底電信ケーブルに比べると建設コストが安価。他国にケーブルを陸揚げする必要もないし、ケーブルが途中で切断される心配もない。このメリットを見て、欧米はもちろん、日本でも無線を使



最初の無線通信として登場したのは「長波」によるもの。長波通信には、写真の巨大碍子（がいし）のほかにも巨大アンテナなど、大掛かりな設備が必要だ



復元された三六式無線電信機（記念艦「三笠」蔵、写真提供：財団法人三笠保存会） 1934（昭和9）年9月、東京～マニラ間の国際電話開通式で記念通話が行われた

用した通信への移行が急速に進んでいった。

日本では海軍でも無線電信機の開発が行われ、1903（明治36）年に完成した「三六式無線電信機」は海軍の全艦船に装備。日露戦争では日本の勝利に大きく貢献したといわれている。

長波から短波へ

「波長の長い電波が遠方まで伝わる」。このことが分かってくると、世界各国は大陸間の遠距離通信に長波通信を使うようになっていった。「長波」は30～300キロヘルツの周波数帯で、地表面に沿って遠くまで届く。

長波を発生させるには、大きな電力と、巨大なアンテナを備えた送受信所が必要だった。しかも、長波の通信に適した電波の数は世界で134しかなく、各国による争奪戦も激しくなっていた。1920年代後半、この争奪戦が激化した中で登場したの

が、「短波」による通信方式だ。

短波の周波数は3～30メガヘルツ。当初は長距離通信には向かないと考えられていたが、電離層や地層に反射させることによって、わずか数ワットの電力で遠距離通信が可能だということが分かってきた。以降、国際通信は長波から短波へと急速に移行していった。日本で初めての短波専用局舎は、1931（昭和6）年に栃木県の「小山送信所」に建設された。

1934（昭和9）年には、この短波無線を活用した、日本初の国際電話サービスが日本～マニラ間で開始された。その後、日中戦争が起こった1937（昭和12）年には、ヨーロッパ諸国へはロンドンやベルリンを中継し、南米へはブエノスアイレス中継、南アフリカ連邦へはベルリン中継でといった具合に、世界の主要な地域との通話が可能となった。1936（昭和11）年のベルリンオリンピックでは、「前畑がん

ばれ」のアナウンスが国際電話回線を通じたラジオ実況中継として放送され、日本中が沸いた。

ちなみに、日本初の国際電話の通話料は1分35円。当時、公務員の初任給が75円という時代で非常に高額なサービスであった。個人での利用はほとんどなく、報道関係や証券会社の使用に限られていた。

1934年には短波を使った海外放送も開始され、今なお、ラジオなどで活用され続けている。大容量の光海底ケーブルや通信衛星が全盛の現代、短波通信は非常に非効率ではあるが、海底ケーブルは相手国に中継局が必要なので、有事が起きた際には使えなくなるリスクもある。その点、短波は日本側に送信所施設がありさえすれば通信できるため、非常時でも日本から海外へ情報発信ができる貴重な手段なのだ。

取材協力：KDDI MUSEUM

彼らの流儀はどうなっている？ 執筆：大久保 奈弥 絵：大坪 紀久子

植物と見まがうサンゴは、動物だ。口もあるし胃腔もある。子どもも産む。
そして、生存をかけた喧嘩もする。

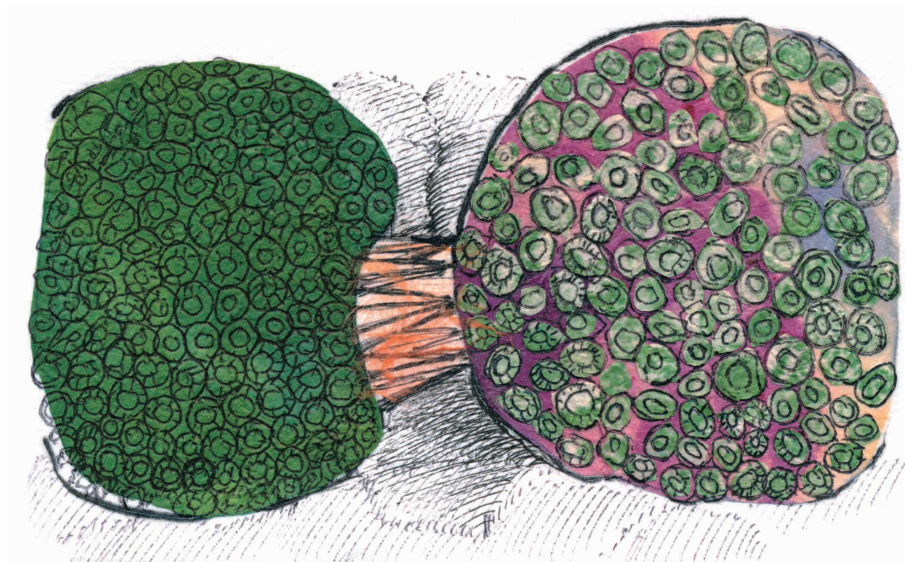
サンゴも喧嘩する？

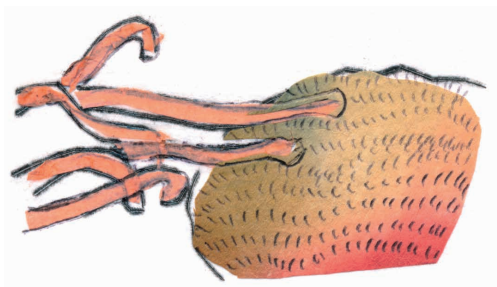
藻の産物で 生きている

皆さんはサンゴが動物だと知っていましたか？

植物に間違えられることも多いのですが、実は、刺胞動物門というクラゲやイソギンチャクの仲間です。サンゴの体内には褐虫藻と呼ばれる藻類が共生していて、サンゴはその光合成産物をもって成長します。

沖縄の海に行かれたことのある方は、ゴロゴロとした白い礫がたくさん落ちているのをご覧になったでしょう。あれは、サンゴの中でもイシサンゴ目という骨格を形成するグループの骨です。骨の隙間には海水をきれいにするバクテリアがすんでいます。そこには毎年新たに産まれてくるサンゴの赤ちゃんやいろいろな生物がくっつきます。そうやって、サンゴや星の砂などの生き物の遺骸が徐々に積み重なってできた地形のことを「サンゴ礁」と呼びます。





Nami Okubo 東京経済大学 全学共通教育センター 教授

1976年生まれ。立教大学文学部ドイツ文学科卒業後、東京水産大学大学院資源育成学専攻博士前期課程、東京工業大学大学院生命理工学研究科博士後期課程を修了。博士（理学）。日本学術振興会特別研究員（京都大学・オーストラリア国立大学）、慶應義塾大学自然科学研究教育センター特任助教を経て、2022年より現職。専門はサンゴの基礎生物学、サンゴ礁生態系の保全論。

赤ちゃんは泳いで好きな場所へ

日本に生息するサンゴの多くは、一年に一度、産卵します。石垣島では4月から5月、沖縄では5月から6月、高知では7月から8月といったように、北に向かうにつれて産卵時期は後ろにずれていきます。一斉産卵といって、同じ種類が同日同時刻に産卵し、ものすごい数の赤ちゃんを産みます。いったいどうやって時間を合わせているのでしょうか？ 太陽の当たる時間や、月の光、水温が関係していると考えられていますが、まだはっきりしたことは分かっていません。

直径1ミリ未満のサンゴの赤ちゃんが、プラヌラ幼生という泳ぐ姿になると、好きな場所を見つけて着底し、今度はお花のような形へと変態します。その後、自身のクローンを分裂や出芽で増やし、まるで体内の褐虫

藻の光合成を促進させるかのように、体のサイズをどんどん大きくしていきます。

いよいよ、生息場所をめぐる争いの始まりです。

スウィーパー触手のすごい力

同種のサンゴは好みの場所が似ているせいか、同じ場所に争うように着底します。しかし互いにそれほど嫌がったりすることはありません。一方、別の種類のサンゴが近くに着底すると、すぐさま喧嘩を始めます。種類にもよりますが、丸い形をした地味な色のサンゴは、喧嘩の強さが横綱クラスです。相手を攻撃するためのスウィーパー触手を伸ばして、強力な毒のある刺胞を発射し、相手をすぐに殺してしまいます。

一方、幕下クラスのサンゴも負けてはいません。きれいな枝状のサンゴは刺胞毒が強くない

のですが、横綱サンゴよりもはるかに成長が速く、あっという間に枝を伸ばして、広い面積を分捕ってしまいます。光が当たらなければ、サンゴは大きくなられません。

早い者勝ちですね。

そんな面白い生態を持つサンゴですが、残念ながら、多くが沿岸開発や水質汚染により死んでしまいました。1990年代からは、温暖化による高水温の影響で、サンゴの体内の藻類が失われる「白化現象」が起こるようになりました。

現存するサンゴの仲間は、はるか昔の古生代に生まれたと考えられています。そんな貴重な生き物をわれわれの手で絶滅させてしまうのはもったいないような気がしませんか。多様な生き物の生息する美しいサンゴ礁生態系が、いつまでも私たちに喜びを与えてくれるよう祈るばかりです。

人はみな、未来に向かってともに旅するタイムトラベラーだ。
……スティーヴン・ホーキング

時間とは意志のもちよう

高橋秀実

私は宇宙論が苦手である。「宇宙」と聞いただけで、軽く気が遠くなるし、「時空の歪み」などと論じられるとたちまち睡魔に襲われる。物理学者たちは統一理論で宇宙を把握したいそうなのだが、別に統一しなくてもよいのではないだろうか。理論は数式であり、数式とは人類の「集団幻想」*1にすぎない。たとえ統一理論が完成しても、それはあくまで統一された宇宙像であって実際の宇宙とは別物だろう。宇宙はビッグバンで始まったとされているが、それも数学的には特異点ということ。つまりは数字の辻褃合わせのビッグバンではないだろうか。

「車椅子の天才」「世界で最も優れた科学者」などと賞賛されたスティーヴン・ホーキング博士は、ほとんど数式を使わずに宇宙を論じる人だった(2018年に76歳で逝去)。それゆえ彼の著作を読むと、わかったような気にはなるのだが、数式がないために「本当に理解できている

のか」という疑念がぬぐえない。彼の遺言ともいうべき『ビッグ・クエスチョン』*2も、わかったようなわからないような朦朧とした状態で読み進めていたのだが、なぜか次の一節が目にとまった。

「人はみな、未来に向かってともに旅するタイムトラベラーだ」

ん？ 思わず私は目をこすった。重複が多く、眠気で文章がダブって見えただのではないかと思ったのである。「旅する」のだから「トラベラー」に決まっているし、誰もが「未来に向かって」生きているのだから、ことさら「タイムトラベラー」などと言うまでもない。この一文は「人はみな旅人だ」を増幅している。何やら無理やり「時間(タイム)」をねじこんでいるようで、こんな一節もあった。

「私は時間に対して、きわめて個人的な興味を持っている」

実は博士は自称「時間のスペシャリスト」だったのだ。世界的なベストセラーになった『ホーキング、宇宙を語る』*3も原題は

article: **Hidemine Takahashi**

ノンフィクション作家。1961年横浜市生まれ。東京外国語大学モンゴル語学科卒業。

『ご先祖様はどちら様』で第10回小林秀雄賞、『「弱くても勝てます」開成高校野球部のセオリー』で第23回ミズノスポーツライター賞優秀賞受賞。他の著書に『からくり民主主義』『趣味は何ですか?』『損したくないニッポン人』『定年入門』『悩む人』『道徳教室』など。最新刊は『おやじはニーチェ 認知症の父と過ごした436日』(新潮社)。

『A Brief History of Time (時間小史)』。これも宇宙ではなく時間について語っていたのである。

彼の時間感覚は21歳の時にALS (筋萎縮性側索硬化症) を発症し、余命5年を宣告されたことに由来するらしい。研究者になる夢も絶たれて絶望に落とされたが、逆に「新たな一日一日は思いがけない贈りもの」になったという。贈りものとしての時間を精一杯生きる。「命あるかぎり、希望はある」と気づいたらしい。

毎日が特異点ということか。時間とは意志のもちょうであり、宇宙に置き換えればブラックホールにもビッグバンにもなりうるのだろう。

*1『数とは何か そしてまた何であったか』足立恒雄 著 共立出版 2011年

*2『ビッグ・クエスチョン』スティーヴン・ホーキング 著 青木薫訳 NHK出版 2019年

*3『ホーキング、宇宙を語る』スティーヴン・W・ホーキング 著 林一訳 ハヤカワ文庫NF 1995年

背景

スティーヴン・ホーキング(1942～2018年)の著書『ビッグ・クエスチョン』の副題は「〈人類の難問〉に答えよう」。難問に科学と技術が答えを与えてくれるという力強いメッセージを発している。

編集後記

今号では「宇宙」を取り上げた。

未知なるフロンティアを求めて闘いの火ぶたが切られたようだ。

人類は文明を築き、豊かな生活を手に入れたように見える一方で、多くの課題を抱える。資源が枯渇し、争いが絶えることはなく、あと50億年も経てば太陽が地球を飲み込むといわれる中、どのように宇宙開発が進んでいくのか、本誌でそのヒントが見つければ幸いである。

3年にわたり編集長を務め、情報通信に軸を置きつつも新たな分野に挑戦してきた所存です。多くの執筆者や読者の皆さまと接し、たくさんの刺激を頂戴できましたこと、感謝申し上げます。

私事ながら、今後はNextcomとも所縁のある公益財団法人KDDI財団に移り、ICT分野の研究助成・普及支援や国際協力を行って参ります。引き続きご指導賜りますようお願いいたします。

次号は「次世代のライフスタイル(仮)」を取り上げます。ご期待ください。(編集長：花原克年)

Nextcom (ネクストコム) Vol.54 2023 Summer
2023年6月1日発行

監修委員会

委員長 辻 正次 (神戸国際大学 学長/大阪大学 名誉教授)

副委員長 川濱 昇 (京都大学 大学院 法学研究科 教授)

委員 依田 高典 (京都大学 大学院 経済学研究科 (五十音順) 教授)

菅谷 実 (慶應義塾大学 名誉教授)

田村 善之 (東京大学 大学院 法学政治学研究科 教授)

舟田 正之 (立教大学 名誉教授)

山下 東子 (大東文化大学 経済学部 教授)

発行 株式会社KDDI総合研究所

〒105-0001

東京都港区虎ノ門2-10-4 オークラプレステージタワー

URL: www.kddi-research.jp

編集長 花原克年 (株式会社KDDI総合研究所)

編集協力 株式会社ダイヤモンド社

株式会社メルプランニング

有限会社エクサビーコ (デザイン)

印刷 瞬報社写真印刷株式会社

本誌は、わが国の情報通信制度・政策に対する理解を深めるとともに、時代や環境の変化に即したこれからの情報通信制度・政策についての議論を高めることを意図しています。

ご寄稿いただいた論文や発言などは、当社の見解を示すものではありません。

●本誌は当社ホームページでもご覧いただけます。

<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/>

●宛先変更などは、株式会社KDDI総合研究所Nextcom編集部にご連絡をお願いします。(E-mail: nextcom@kddi.com)

●無断転載を禁じます。





