

Title	フランスにおける衛星リモートセンシングの発展要因： SPOT衛星プログラムの政策過程を中心に
Sub Title	Key development factors of satellite remote sensing in France : a case study on the policy process of the French SPOT satellite program
Author	栗山, 育子(Kuriyama, Ikuko)
Publisher	慶應義塾大学大学院法学研究科内『法学政治学論究』刊行会
Publication year	2017
Jtitle	法學政治學論究：法律・政治・社会 (Hogaku seijigaku ronkyu : Journal of law and political studies). Vol.112, (2017. 3) ,p.1- 33
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN10086101-20170315-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

フランスにおける衛星リモートセンシングの発展要因

——SPOT衛星プログラムの政策過程を中心に——

栗 山 育 子

- 一 はじめに
- 二 フランスにおける衛星リモートセンシングの体制と現状
- 三 SPOTプログラムと仏衛星リモートセンシング政策の歴史的发展
 - (一) プログラムの立ち上げと基本方針の設定
 - 1 ミッションの設定とステークホルダーとの関係（SPOT1号機）
 - 2 プログラムの基本方針の設定と大規模プロモーション（SPOT2号機）
 - (二) 衛星打上げ後のプログラムの戦略的運営
 - 1 軍事への展開と基本方針フォローアップの努力（SPOT3号機、4号機）
 - 2 パートナリシップの追求とシステムの高度化（SPOT5号機）
 - (三) 民営化の達成と民間事業としての展開（SPOT6号機、7号機）
 - 四 日本における衛星リモートセンシング
 - 五 フランスにおける衛星リモートセンシングの発展要因

一 はじめに

「リモートセンシング（遠隔探査）」とは、対象に直接触れることなく、対象から離れた場所に設置した装置により収集したデータを分析して、特定の対象物や領域の形状や大きさ、性質、現象等に関する情報を取得する技術である。「衛星リモートセンシング」は、このようなりリモートセンシング技術を応用し、人工衛星に搭載したセンサー（観測装置）により地球の大气や表面を観測することを目的とした事業であり、「地球観測」とも呼ばれる。宇宙開発・利用活動には、ロケットの打上げ、宇宙ステーションや宇宙飛行士が活躍する有人宇宙環境利用、月・惑星の探査、衛星通信・放送・測位等があるが、衛星リモートセンシングは宇宙活動への新規参入者が最初に取り組む傾向があり、参入の増加に伴い、この分野への投資は年々増加している。ある調査では、二〇〇五〜一四年の間に官民あわせて一七九機のリモートセンシング衛星が打ち上げられ、次の一〇年では四二七機になると予想されている。^①

日本の宇宙活動においても、衛星リモートセンシングは柱の一つであり、後述するように古くから様々な取り組みがなされてきた。昨今は、衛星リモートセンシング活動の世界的な活発化に伴い、特に宇宙政策の対象として関心が高まっている。例えば、平成二八年一月に民間事業者によるリモートセンシング事業を規定する日本初の法律「衛星リモートセンシング記録の適切な確保に関する法律」（平成二八年法律第七七号）が制定された。また、宇宙政策の重要事項を審議する宇宙政策委員会において、衛星リモートセンシング関連政策に関する方針が審議されている。背景となる問題意識の一つは、欧米に比べ日本では民生利用や産業的発展が遅れていることである。宇宙政策委員会は、日本の現状として、国内需要の大半が安全保障用途で民生用途が僅かであること、リモートセンシング衛星を保有・運用し、データサービスを提供する事業者が十分存在しないことを指摘している。^②一方、新たな衛星リモートセンシ

ングの計画がなかなか立ち上がらないという課題もある。リモートセンシング衛星の開発には、一般に、数百億円の経費と一〇年程度の期間を要するため、財政的制約の中で継続的に衛星を開発・運用していくのは容易ではない。⁽³⁾ それでは、日本の衛星リモートセンシングが継続的に実施されつつ、民生に活用され、民間事業者が活発に事業展開し、産業として発展していくにはいかにすればよいか。

今後の日本の衛星リモートセンシングの在り方を検討するにあたり、特に産業的發展という観点で参考となるのは、フランスではないだろうか。米国は一九七二年に世界に先駆けて民生リモートセンシング衛星 Landsat を打ち上げ、現在も衛星リモートセンシングが最も盛んな国といえるが、宇宙予算・人員の規模は民生分野だけでも日本の約一〇倍であり、加えて軍事宇宙プログラムが大規模に展開されている。これに対し、フランスの宇宙予算は約三千億円程度で日本とほぼ同規模であり、⁽⁴⁾ その予算の中で、ロケット、リモートセンシング、宇宙科学、有人宇宙利用と幅広く宇宙活動を行う点で日本と共通している。一方、フランスは第三章で述べるように、米国に次いでリモートセンシング衛星 SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) を打ち上げ、シリーズ衛星を長きにわたり運用し、ついには米国の Landsat がなしえなかった商業化にも成功した経験がある。また、日仏両国はいずれも民主的かつ中央集権的な政治体制を持っており、政策決定システムという観点からの類似性もある。

そこで、本稿では、SPOT衛星プログラムを中心に、フランスにおける衛星リモートセンシング政策の歴史的発展過程を振り返り、政策過程論のアプローチから衛星リモートセンシングが宇宙利用産業として発展に成功した要因、すなわち、「なぜ、衛星リモートセンシングが継続的事業として定着し、その中で民間事業者が育ち、事業成長が可能になったのか」を検討してみたい。SPOTプログラムを構成する個々の衛星プロジェクトが、フランスにおいてどのように形成され、意思決定されたか、どのように運営されてきたか、特にアクターと合意形成の方法・内容に着目する。その上で、日本の状況とも比較しながら、今後の政策策定の含意を得ることとする。

二 フランスにおける衛星リモートセンシングの体制と現状

フランスにおける宇宙開発は、衛星リモートセンシングも含め、一九六一年に設立された国立宇宙研究センター C N E S (Centre National d'Etudes Spatiales) を中心に実施されている。C N E S はフランスの宇宙政策の立案と実施に責任を有し、当初は民生宇宙機関として設立されたが、現在は高等教育研究省と国防省の管轄下におかれ、民生プログラムとともに軍事宇宙プログラムの研究・開発も担っている。産業的商業的性格を持つ公的法人として位置づけられており、公的セクターながら自律的運用を行い、有限会社等に出資する機能を持つ。設立当初から科学研究だけでなく、宇宙産業の育成も C N E S の目的に含まれており、調達や子会社の設立、出資を通じて、C N E S の影響力を維持しつつ、宇宙の商業化を促進している。⁽⁶⁾

リモートセンシング衛星には、大きく、太陽光等の光の反射を捉える光学衛星と電波等を自ら投射してその反射を捉えるレーダー衛星の二種類があり、フランスは伝統的に光学衛星に注力してきた。前述の S P O T は、C N E S が開発し、Aihus Defence and Space (A D S) 社が画像販売を行うフランスの高分解能光学衛星である。一九八六年の1号機打上げ以降シリーズ化され、最新の7号機は二〇一四年に打ち上げられた。現在、運用中の S P O T 6号機、7号機は分解能一・五〜二・二mで、A D S 社が自社で開発、保有する。Pleiades は、白黒〇・七mの分解能を持つ C N E S が開発した軍民両用の超高分解能光学衛星で、A D S 社が民生ユーザーへの画像販売を行う。Helios は国防省装備総局が調達し、C N E S が設計・開発を管轄したフランスの軍事光学偵察衛星で、S P O T と一部のシステムを共通化して開発された。S P O T、Pleiades、Helios プログラムとも、フランス以外に欧州諸国が数%の出資で参加し、出資に応じた画像取得権を持っている。フランスはこの他、米国、インド、中国等と国際協力による地球観測

衛星の開発を進めている。

また、フランスは欧州の宇宙協力枠組である欧州宇宙機関ESA (European Space Agency) の加盟国であり、ESAへの拠出を通じて多様なプログラムを進めている。ESAは一九七五年に設立され、二〇一六年現在二二カ国が加盟する国際機関で、GDPに応じた拠出をベースとしたESA予算で負担される必須プログラム(宇宙科学、基礎研究等)と関心国だけが拠出・参加する任意プログラム(リモートセンシング、通信、測位、宇宙輸送、宇宙ステーション等)を実施する。⁷⁾ CNESは、ESAの衛星Sentinelを光学分野で技術支援している他、ESAの衛星にセンサー等を提供している。国家の宇宙予算を配分するESAの存在は、特に通信やリモートセンシング等の宇宙利用プログラムをいかに進めるかに関するフランスの選択に少なからず影響を与えてきた。⁸⁾ フランスのESA拠出額は加盟国中で長年一位、二位を占めており、二〇一四年はフランスの宇宙予算の約三五%を拠出する。なお、二〇一四年のフランスの総宇宙予算の約二〇%がリモートセンシング分野で、その内訳は民生が約六%、ESAへの拠出が約四%、軍事が約一〇%となっている。⁹⁾

ADS社の二〇一四年の画像販売関連の収入は約三百億ユーロで、世界第二位、全世界のデータ販売の約一九%になる。うち、八〇%が公的機関ではほぼ安全保障ユーザーだが、注目すべきは、収入の半分が欧州以外での販売となっていることである。高分解能光学衛星からレーダー衛星まで最も多様なラインナップを持ち、画像販売だけでなく、資源、防衛、農業等の付加価値サービスを提供している。¹⁰⁾ また、ADS社はSPOUTやHeloを製造してきたメーカーでもある。このADS社とTales Alenia Space (TAS)社はフランスに拠点を持つ欧州の二大衛星メーカーで、二〇〇五〜一四年に製造された世界のリモートセンシング衛星一四八機のうち、それぞれ一二%について主契約者を務めた。これらの収入の約二〇%が輸出となっている。¹¹⁾

このようにフランスは、自国、欧州諸国との共同事業、ESA、国際協力等、多様な枠組みで衛星リモートセンシ

ングを推進しており、それへの参画を通じて民間事業者が衛星を保有・運用し、データサービスをを行っている。まさに、日本が課題とする官需を呼び水に民間事業者が事業を展開し、成長する好循環が形成されているケースといえる。以下では、このようなフランスの衛星リモートセンシングの姿を形作ってきた約三〇年にわたるSPOTプログラムの政策過程を三つの時期に分けて分析する。

三 SPOTプログラムと仏衛星リモートセンシング政策の歴史的展開¹²⁾

(一) プログラムの立ち上げと基本方針の設定

1 ミッションの設定とステークホルダーとの関係 (SPOT1号機)

フランスにおける衛星リモートセンシング活動が開始されたのは、米国 Landsat の打上げの二年程前、一九七〇年のことである。米国では、この年、後に Landsat と改称される地球資源衛星 ERTS プロジェクトが正式に承認され、既に衛星の製造が着手されていた。この Landsat の存在と Landsat のデータ検証に参画した経験に触発され、仏宇宙コミュニティは、独自の衛星リモートセンシング能力の保有を支持することとなった。こうしてフランス初のリモートセンシング実験が、CNES と国立地質学研究所 (IGN) の協力の下、IGN の航空機と成層圏バルーンに観測装置を搭載して実施された。取得されたデータは、地質・鉱山研究所 (BRGM)、仏石油研究所 (IFP) 等の研究機関や大学に提供され、フランスにおけるリモートセンシング技術とその応用分野の理解増進に貢献するものとなった。その後、CNES と IGN は、一九七三年に共同で航空宇宙リモートセンシング開発グループ (GDTA) を設立し、後に BRGM や IFP 等もこれに加わることとなった。これと並行し、CNES は一九七四年からツールーズ

宇宙センターにおいて、後にSPOTとなる新たなリモートセンシング衛星の計画案の検討を開始した。一方、一九七四年には、地図作製、海洋、地質、農業等のリモートセンシングの応用可能性を国家レベルで評価するための作業グループ（GRT）が多数の関連公的機関の代表が参加して組織された。一九七六年にGRTはCNESに報告書を提出し、CNESが掲げるSPOTの基本理念「衛星リモートセンシングデータ取得における欧州とフランスの自律性確保」を確認し、フランスが主導して開発中のArianeロケットで打ち上げる地球観測プラットフォームを開発すべきと提言した。また、多様なテーマでの利用を前提とするマルチミッションに対応するデータの取り扱い体制や衛星設計を勧告し、優先テーマとして土地利用をあげた。こうして、SPOTの技術コンセプトの主軸の一つは、様々な観測センサーが搭載可能なマルチミッションプラットフォームの実現となり、もう一つは、当時の最先端技術であるCCD検出器を用いて、可視光線と近赤外線と波長帯で最先端の分解能を持つ観測機器を定義することと設定された。⁽¹³⁾

初期検討が順調に進んだことから、CNESは一九七七年にSPOT計画をESAのプロジェクトとして提案することとした。これは、新規の利用衛星プロジェクトを決定する前に、プロジェクトの欧州化を提案することを求めるESA協定に則ったものであり、また、ESAを強く支持し、ESAを通じたプロジェクトの遂行を志向する当時の仏政府の方針に沿ったものであった。しかしながら、フランスの提案に対するESA加盟国の反応は懐疑的であった。支持したのはベルギーとスウェーデンのみで、その他の国は、時期尚早と考えるか、資金上の心配をした。また、特にドイツは、曇りがちな欧州北部でも天候に左右されずに画像取得が可能なリーダー衛星の開発を主張し、雲の影響を受ける光学センサーを搭載するSPOT計画に反対した。結局、フランスはSPOTをESAプロジェクトとすることを断念し、国家プロジェクトとして実施することとした。⁽¹⁴⁾

そこで、CNESは自国で実施可能な開発予算に合わせてSPOTの野心的計画を見直した。当初計画では、

Landsatと同様の中程度の分解能100〜200mの可視赤外センサーM R V I Rと、CCD技術による高分解能可視センサーH R Vの二種類のセンサーを搭載予定であったが、M R V I Rの搭載をやめ、代わりに同一のH R Vを二機搭載することが迅速に決定された。その上で、H R Vは当初のカラー20m分解能に加え、白黒でより高度の10m分解能を持つものとし、H R Vの入口にあるミラーの傾斜可能角度を拡張することで、センサーの直下だけでなく斜めから画像を取得するポイントング機能を持たせた。それにより、立体視画像の作成に必要なペアの画像セットの取得と特定の関心地域を定期的に観測できる頻度を最短で二・五日に一回と大幅に増加させた。この決定は、同じ陸域観測を目的とする米国のLandsatに対して高分解能画像の取得というS P O Tの独自性を際立たせ、地図利用に対する潜在性を高めることを意図していた。Landsatの従来センサーは分解能80m、当時計画中の最新号機Landsat 4号(一九八二年打上げ)のセンサーT Mでも分解能は30mであり、同一地域の観測頻度は一日に一回であった。S P O Tの能力は、米国と違い土地区画の小さい欧州のニーズを満たし、観測頻度を上げたいユーザーにとっては大変魅力的であった。こうして、民生衛星として世界初のCCDを採用する、Landsatよりも高性能なS P O Tの計画は一九七七年に政府に提出され、一九七八年に国家プロジェクトとして実施することが正式決定された⁽¹⁵⁾。

国家プロジェクトとして実施することとなったことは、S P O Tプログラムのその後の安定性に大きく寄与することとなったといえる。一九七三〜七六年頃にかけてのC N E Sは、予算の削減、欧州プロジェクトへの関与拡大に伴う国家プロジェクトの削減を主要因として、職員のストライキが頻発し、幹部が辞任に追い込まれる等、困難な状況に陥っていた。そのような中、S P O TプログラムはC N E Sのツールズ宇宙センターに仕事を与え、その技術を維持するものとなった。また、E S Aのプロジェクトにならなかつたことで、出資割合に応じて契約を配分するE S Aのルールや加盟国との調整から解放され、プロジェクトの意思決定が容易になった。もともと、フランスはS P O Tに関心を示したスウェーデン、ベルギーの二カ国との協力は追求し、それぞれの国と協定を締結し、数%の出資を

得ることとなった⁽¹⁶⁾。

S P O Tはまた、プログラムの立ち上げにおいて国家戦略や重要政策と結びつき、それらとシナジーを持つことによつて、それを国家として進める意思決定において戦略的な優位と合理性を持っていた。その一つは、軍事プログラムとの結びつきである。フランスでは一九七七～八二年にかけてS P O T技術をベースとする偵察衛星S A M R Oが検討された。既に述べたとおり、S P O T計画の確立した基本理念は、欧州及びフランスのリモートセンシングデータの自律的取得の実現にあった。フランスの自律性拡大を掲げるド・ゴール政権の下で、宇宙は主権のツールとして位置づけられており、特に一九六六年のN A T O脱退以降、仏政府は米国に依存しない戦略情報の取得に関心があつた。S P O Tは民生プログラムとして地図作製や植生調査といったニーズを満たすだけでなく、偵察衛星を持たないフランスにとつて偵察衛星の代替手段であり、その開発技術を獲得するためのステップであつたといえる。もう一つは、C N E Sの最優先プログラムであるArianeロケットとのシナジーである。S P O Tは、米国に依存しない自律的な輸送手段の確保というArianeロケットの開発根拠に具体性を与えるものとして、仏宇宙輸送政策とも切つても切り離せない関係にあつた⁽¹⁷⁾。

S P O Tの潜在的なユーザー機関の中でC N E Sと最も関係が深かつたのはI G Nである。G D T Aの共同設立等、両機関は当初から連携関係を構築したが、プロジェクトの進行と共にこの関係は深化した。C N E SのS P O TプロジェクトチームにI G Nの職員が参画するとともに、地上の画像処理システムの設計と運用は写真画像処理に専門性を持つI G Nが主に担うこととなった。そのため、S P O TのシステムはI G Nの持つ地図システムと相互運用性が確保され、ユーザーニーズを反映したシステムとなり、後のS P O Tの成功を支えるものとなった。また、協定書を通じた二機関間の合意は、仏政府によるS P O T 2号機の開発承認を後押しし、I G NはS P O T計画を進める上で、C N E Sの強力なパートナーとなった。このように、S P O T計画が軍やI G N等のユーザー機関の関心を取り込み

つつ、他の国家プログラムと相乗効果を持って設定できた要因の一つは、仏政府内に衛星リモートセンシングプログラムに対する主導権争いが生じなかったこと、すなわち、CNESに一極集中し、そのリーダーシップに疑いがないフランスの宇宙開発体制の特質にあると考えられる。これは、プログラムの立ち上げにおいて、軍やインテリジェンスコミュニティの反発に加え、NASA・ユーザー機関間の競争がプログラムの安定性を損ね、技術的選択にも影響を与えた米国の Landsat とは大きな違いであった。¹⁸⁾

2 プログラムの基本方針の設定と大規模プロモーション (SPOT 2号機)

未だ1号機の開発中であった一九八一年一〇月、SPOT 2号機の開発承認とSPOT Image社の設立という後のSPOTの成功に大きな影響を与える意思決定が実施された。承認されたSPOT 2号機は、SPOT 1号機と同一の画像を取得するのがミッションで、その違いはCCDが米国製から国産化されたこと、軌道位置決定システムDORISが搭載されたことのみであった。この決定により、ユーザーは少なくとも2号機までのデータの継続が保証されることとなった。そして、SPOT画像のマーケティングを目的とするCNESの子会社SPOT Imageの創設は、SPOTが実用かつ商業プログラムとしての位置づけを持つことを意味していた。¹⁹⁾

このような意思決定の背景には、綿密な市場調査とSPOTシステムの運用及びデータ配布・利用体制の検討があった。一九七八〜七九年にかけての市場調査の結果、地図作製分野と北米市場に経済的利益が存在することが確認されると共に、SPOTの明確な運用方針とマーケティング部門の設置が提言された。同じ頃、CNESはGDTAの枠組みでSPOTのユーザーサービスについて検討し、同様にマーケティング会社の設立について提言を受けていた。これらの結果を踏まえ、CNESは、政府がSPOTの将来シナリオの評価を求めたのに対し、商業的かつ無差別のデータ配布、データ配布と顧客サービスのためのSPOT Image社の設立、仏政府によるSPOT 3・4号機の

コミットメントを通じた最低一〇年間のサービスの継続の保証を勧告した。政府はSPOT 2号機の開発承認と共に、これらの方針を採択した。未だ衛星画像の市場が実在するか不確かな中で、初めは衛星開発をSPOT Imageの売上げとは切り離し、政府がサービスの継続性を保証した上で市場を試すという実利的な選択がとられたのであった。この方針は、自国の産業界の参画に関心のあるベルギー、スウェーデンにも受け入れられ、特に後者はSPOT Imageの姉妹会社のSatimageを設立した⁽²⁰⁾。このように、SPOTにおいては、プログラムのブランドデザインの実質的な決定権が、政権や議会ではなく、CNEC、IGN等のプログラムを促進するコミュニティ側にゆだねられており、また、ステークホルダー間に目立った意見の対立はなく、SPOTプログラムに対する支持が広く形成されていたといえる。

衛星打上げまでの間、SPOT Imageは、ユーザーに常時取得画像へのリモートアクセスを可能とするカタログシステムを初めとする国内外のユーザーとのインターフェースや国際的な画像配布ネットワークの構築を精力的に進めた。SPOT Imageは、各地域の衛星画像配布・販売に経験を持つ機関へライセンスする形式で販路を拡大し、衛星打上げまでに三七の配布機関や代理店ネットワークを構築した。一九八二年の早い段階で北米子会社SPOT Image Corporationを設立すると、二三州六一カ所のテストサイトにおける大規模航空機シミュレーションキャンペーンやその結果を報告する米国測量写真学会とのシンポジウムの共催等、積極的なマーケティング活動を展開した。また、CNECと共に、多様な利用分野に対するSPOT画像の有効性を評価するPERSプログラムを一九八四年から開始し、国際公募した提案を海外委員も含む委員会を選定する等、SPOTの国際的なユーザーコミュニティ形成に取り組んだ⁽²¹⁾。

こうした中、仏政府はSPOTプログラムの継続的サービスを保証し、国際的な信頼を高める布石を打った。一九八四年にSPOT 3号機の準備作業の開始が決定され、一九八五年には国際的商業ネットワーク構築を促進するため

SPOT Image 社の増資が実施された。これに続き、SPOT 1号機の打ち上げが一年以内に迫った一九八五年六月には、キュリアン科学技術大臣が、政府がSPOT 3号機及び4号機の開発着手を承認したことを発表した。この発表は、SPOT 衛星による観測の継続が一〇年間保証されることを意味し、SPOT 2号機の承認時の基本方針を実現するものであった。3号機と4号機は、単に観測の継続を保証するだけでなく、最先端技術を取り入れて多くの改良を行い、衛星の設計寿命を倍増して三機必要であったサービス期間を二機の衛星で対応することが計画されていた。⁽²²⁾ 継続性確保のための一貫した戦略が衛星の設計思想にも反映されていたといえる。当時、米国ではレーガン政権の急激な商業化政策によって、Landsat プログラムは混乱し、観測の継続が危機的な状況にあった。大臣の戦略的な発表は、潜在的ユーザーに対し、見通しの立たないLandsat に対してSPOT 衛星の信頼性、安定性を印象付けるものとなったと推察される。

(二) 衛星打上げ後のプログラムの戦略的運営

1 軍事への展開と基本方針フォロアップの努力 (SPOT 3号機、4号機)

一九八六年二月二日、SPOT 1号機はギアナ宇宙センターから Ariane ロケットで打ち上げられた。取得された画像は、期待された当時最高の性能を示しており、SPOT の成功は、軍事衛星ではない、民生分野における高分解能衛星の出現という画期的な出来事となった。SPOT は、事故直後のチェルノブイリ原発の姿を最速で捉え、ソ連版スペースシャトルの開発が着々と進む様子を明らかにした。米国の偵察能力に依存しないソ連領土内の情報収集の快挙は、フランスのSPOT 開発の精神を具現化し、軍事的監視目的に対するSPOT の潜在性を高めるものとなった。⁽²³⁾

SPOT の運用において、CNES と SPOT Image 社の責任分担は明確であった。CNES と仏政府は SPOT

衛星の運用者として、衛星の運用と後継プロジェクトに対する責任を負い、一方、SPOT ImageはSPOT画像のマーケティングと配布に責任を負っていた。CNESが狙ったこのSPOT Image社のデータ販売ビジネスと衛星の開発資金調達との分離は、未成熟な衛星画像市場に柔軟に対応することを可能とした。当面の間、CNESは販売実績に依存せず衛星開発の要求を行い、技術的観点からSPOTプログラムを管理できる一方、SPOT Imageは衛星予算獲得のポリティクスを回避してビジネスに集中することができた。どのような画像を取得するかはSPOT Imageが決定し、地上でデータを受信した後はSPOT Imageがこれを引き継いだ。その一方、将来の完全な資金的自活の必要性と商業ベースでのデータ配布という最終目標の存在が、CNESとSPOT Imageとの間の連携を強化し、それぞれが自己の業務にコミットすることで全体としてシナジーを生み出すことができた⁽²⁴⁾。

SPOT 2号機を引き継ぐSPOT 3号機の開発は、一九八七年一〇月に仏政府に承認された⁽²⁵⁾。既に述べたとおり、当初3号機と4号機はより高性能のセンサーと長寿命の次世代衛星とすることが計画されていたが、技術的及び商業的理由から、最終的にSPOT 3号機は2号機と同型として製造することとし、衛星の高度化は4号機に延期された。初期のSPOTの運用状況は、成功と困難が入り混じっていた。主な成果は、北米市場に浸透するとともに、欧州委員会(EC)から衛星リモートセンシングを使用した農業統計プロジェクトMARSの大規模受注に成功した点である。1号機の打上げ後、SPOTの画像が多様な利用分野に適用できることが判明すると、リモートセンシングや地理空間情報分野のコンサルティングニーズを満たす必要から、CNESは、SPOTの処理・配布にフォーカスするSPOT Imageとは別の新たな有限会社SCOT Conseil社の設立を決定した。SCOT Conseilは、SPOT画像の販売先を開拓し、ミニパイロットプロジェクトを実施し、その後、利用を継続する方法により、MARSを初めとする多様な分野の制度的利用の開拓に貢献した。一方、地図作製の分野では思うように利用が進まず、気象衛星のように確立した利用者が存在しない中で衛星画像の販売は伸び悩んだ。レコーダーの故障等のシステム上の不具合という技術

的な問題もあって、当初二年間の業績の悪化は、SPOT Image の立ち上げに尽力したマネージャーが更迭される事態をもたらした。しかし、幸いにして、このような業績の悪化がSPOT衛星の開発の継続をストップすることはなかった。⁽²⁶⁾

商業面で期待通りの成果が得られない中、SPOTプログラムの継続的な開発承認に推進力を与えたのは、軍事プログラムとの連携であったと考えられる。SPOT3号機の製造が承認された一九八七年、仏政府はSPOTプログラムと並行して、軍事偵察衛星Heliosプログラムを遂行することを決定した。初期の偵察プログラムSAMROの棚上げ後、軍は米国のSDI構想に刺激を受けて偵察能力の向上に関心を高めていた。そこにCNESによる次世代SPOTとHeliosとの共同開発の働きかけが功を奏した。仏政府は、HeliosをSPOT4号機と共に開発することで開発費が削減できること、米国の偵察の裏付けとなる独自の情報源として米国の意思決定プロセスからの自律をもたらすとしてHeliosの開発を正当化した。このような宇宙プログラムにおける民生と軍事のシナジーは通信衛星分野において出現し始めていたが、Helios開発の決定以降、急速に拡大した。当初、CNESの設立法はCNESの活動を民生分野に限定していたが、政府が一九八〇年代初頭に軍事宇宙計画を導入した頃から状況は変化し、HeliosプログラムにおいてCNESは主契約者を務めることとなった。⁽²⁷⁾ SPOTの開発承認に推進力を与えたと考えられるもう一つの政策的試みは、SPOT画像の軍備検証分野での活用である。ミッテラン政権は欧州独自の検証手段を保有する必要性を訴え、西欧同盟(WEU)の枠組で積極的なプロモーションを行った。一九八八年には、WEU独自の軍備検証機関の必要性が議論され、最小限のオプションとしてSPOT画像を購入し、検証を行うセンターの設立が検討された。この動きは最終的には、衛星画像の処理・解釈を行う一九九一年のWEU衛星センターの設立につながった。⁽²⁸⁾ いずれにしても、SPOTプログラムは、米ソとは独立した衛星監視システムの構築という仏政府の戦略的な目標に深く結びついていたといえる。

この様な状況を背景に、一九八九年七月、偵察衛星 Helios-1 と同型の新たなマルチプラットフォームを使用する SPOT 4 号機の開発が仏政府に承認された。一九九〇年には、一体的に開発を行う、SPOT 4 号機、Helios-1A/1B の三機の衛星に関する契約が締結され、CNES はシステムと衛星の調達権限者として包括的な責任を取得し、主契約者は Matra-Espace 社が務めることとなった。SPOT 4 号機の計画には、従来どおり、スウェーデンとベルギーが同様の貢献で参加した。SPOT 4 号機は、Helios とのシステム共通化により、プラットフォームやリーダーの性能が大幅に向上しただけでなく、新たに赤外線波長の追加された高解像度可視近赤外センサー HRV IR (分解能 10m) が搭載された。また、後述するように、欧州連合 (EU) との共同開発の Vegetation センサーや多くの実証機器を搭載した大型衛星となった。⁽²⁹⁾

2 パートナーシップの追求とシステムの高度化 (SPOT 5 号機)

一九九〇～九一年の湾岸戦争は軍事的な観点からのリモートセンシング衛星データの世界的な需要を喚起した。米軍は商業衛星画像の最大の購入者となったが、最も購入したのは米国の Landsat ではなく、SPOT の画像であった。打上げ二年目以降、売上は回復し、SPOT データの販売は世界第一位となっていた。SPOT 1 号機は設計寿命の二年を超えて六年間運用され、一九九〇年二月の 2 号機打上げ後に一旦引退したが、EC の農業モニタリング要求に対応するために EC 契約による運用費で再稼働することとなった。これは、小規模ながら衛星の運用費用を市場が負担する始まりとなり、一九九三年九月の SPOT 3 号機の打上げ後、SPOT 2 号機も同時に運用され、同じく運用費は EC 契約で負担された。⁽³⁰⁾

一方、SPOT 4 号機の打上げを待たずに、CNES、SPOT Image、産業界のチームは、一九九〇年代初頭までに二〇〇〇年代にデビューする次世代 SPOT の検討を開始し、広範なユーザー市場調査や様々なシナリオ検討を実

施した。その結果、SPOTの5号機は、ユーザーコミュニティとSPOT Imageが設定した主たるミッション要求に基づき、従来の軌道、波長、観測幅を採用しつつ、SPOT4号機とHeliosのために開発されたプラットフォームに、SPOT4号機のHRVIRの二倍の解像度となる5m分解能の高幾何解像度センサーHRGを三機搭載することが計画された。設計思想は、従来どおりの画像の取得やサービスの継続、そして絶え間ない品質向上であった。こうして、次世代SPOTの計画は、同型二機の衛星として計画され、一九九四年一〇月、政府に承認された。しかし、この政府決定は、一九九五年五月のシラク大統領の勝利で交代した新政権により異議申立てを受けた。仏政府内の財政縮小により宇宙予算は大幅に削減され、本計画も一九九六年に再定義されることとなった。再定義後の計画は、二機体制からSPOT5号機一機となり、HRGセンサーも三機から二機に搭載数が削減された。その一方、従来は安全保障的配慮から禁じられていた5m以下の地上分解能に対する政府の許可が下りた³¹。

最終的に開発されたSPOT5号機は、Super Modeと呼ばれる新技術により、二列の検出器で同時取得した二枚の5m分解能のHRGセンサー画像から二・五m相当の高分解能の画像取得を可能とした。これにより、後に分解能1mの米国の超高分解衛星が出現した際も、SPOTはある程度の国際競争力を維持できた。さらに、SPOT5号機には、HRGだけでなく、CNEOS、SPOT Image、SPOT5号機の主契約者のEADS/Astrum社(元Mara Marconi Space)の三者間の官民連携(PPP)という新たなスキームにより、高解像度立体視センサーHRGが搭載されることとなった。こうして高機能化されたSPOT5号機は、二〇〇二年五月の打上げ後、SPOT Image社の収益の半分を稼ぐ衛星となり、六年間の連続売上げ増加に貢献した。プラットフォームについては、SPOT4号機と同くHelios-2とのパッケージ開発で軍民間のシナジーが追求された。一方、CNEOSにおける次世代SPOTの検討と並行して、国防省とMara Marconi Space社を中心とした産業界はHelios-1の後継機の議論を開始し、SPOT5号機にも採用された赤外線センサーの搭載を検討した。そして、一九九四年四月には、産業界の提案に基づき、

Helios 2 の開発が決定された。⁽³²⁾ S P O T を保有しつつも湾岸戦争における米国の宇宙システムの能力を目の当たりにした仏政府は、宇宙偵察能力の向上の必要性を痛感していた。また、一九九〇年代初頭は、フランスにおいて軍事と民事のデュアル・ユースに関心が高まった時期であった。こうした背景の中、キュリアン研究大臣とジョックス防衛大臣は会談し、C N E S の監督省として国防省を加える決断をした。一九九三年からC N E S は研究、産業、国防の三省の下に配置され、国防省装備総局とC N E S との協定に基づき、C N E S のプログラム担当局長は国防省からの派遣者が務める一方、C N E S は軍事宇宙研究分野の責任を委任され、軍事宇宙プログラムの調達者として、軍事宇宙政策の策定に直接的に関与することとなり、C N E S の軍事宇宙利用分野での役割は拡大した。⁽³³⁾

S P O T 4 号機、5 号機では、防衛省との S P O T - Helios 連携や前述の H R S にみられる官民連携以外にも、S P O T の性能向上や新たなセンサーの搭載を実現するための様々な外部機関との連携が模索された。その一つは、土地利用監視に特化した 1 km 分解能の Vegetation センサーの搭載に代表される E U との連携である。E C は、従来 E S A の枠組で実施されてきた欧州レベルの宇宙プログラムに独自の役割を模索するようになっていたが、農業政策の実施を通じて欧州最大のリモートセンシング画像の顧客であったことから、宇宙分野ではリモートセンシングに最も関心を持っていた。一九九四年、E C とフランスを含む欧州諸国の提案を受け、E U は Vegetation の開発コストの半分を負担することを決定した。C N E S は Vegetation を強力に支持し、E C と共同提案を行うとともに、センサー開発の責任機関となった。⁽³⁴⁾ その他、いずれも実現はしなかったが、C N E S は、S P O T 5 号機について、イギリスとの共同開発、独宇宙機関 (D L R) との立体視ミッションの協力等、欧州諸国との国際共同開発も積極的に模索した。なお、国際協力は民生分野のみならず軍事衛星にも及び、Helios と独リーダー衛星との協力も何度か試みられたが、失敗に終わった。⁽³⁵⁾

3 新コンセプト (デュアル・ユース) の導入 (Pleiades)

一九八六年の SPOT 1号機の打上げ以降、SPOT は長期間にわたり民生初の高分解能衛星としての恩恵を受けてきたが、リモートセンシングの商業的利益は期待通りではなかった。衛星データの主たる顧客は公共機関で、本来の意味での市場の存在は不確かであり、米国の Landsat や ESA、日本等の他のリモートセンシング衛星の多くは公共目的に無償でデータを提供していた。そのような中で専門分野に特化した小規模の企業の参入で市場は分散化していた。このような市場の状況は新たな事業戦略を SPOT Image に迫るものとなり、SPOT 5号機の後継機においては新たな解決策を見つける必要があった。一方、米国は、従来、高分解能データを商業販売する民間事業者の衛星運用を奨励しない方針であったが、一九九四年の大統領令に基づきこの方針を転換し、軍事技術のスピノフによる分解能 1m の Ikonos のライセンスを許可した。超高分解能データを解禁する新たな米国政策の出現は、これまで解禁に慎重であった仏政策決定者に高分解能商業衛星に関する政策を再検討させることとなった。その検討の中で関心の一つとなったのは、衛星リモートセンシング技術の軍民両用性であり、米国のように軍事と民生のシステムを厳格に分離しないアプローチであった。⁽³⁶⁾

こうして、一九九〇年代後半から二〇〇〇年代初頭にかけて、Pleiades と呼ばれる全く新しいリモートセンシング衛星のコンセプトが定義された。それは、複数センサーを搭載した大型衛星に代わる、単独センサーを搭載した低コストの小型衛星のコンステレーションで、ユーザー要求の充足と技術的イノベーションの両立、軍民デュアル・ユースシステム、重要な欧州パートナーの確保、科学者及び各国機関によるリモートセンシングの利用の構築を目的とするものであった。この方向性を受けて、具体的にいかなる衛星を開発するかは、IGN、BRGM等の政府ユーザー機関や SPOT Image、SCOT Conseil等のサービスパロバイダー、産業界を含む、フランスのリモートセンシングに関連する主要アクターが参加して分析された。分析には、政府主催の様々な会議やシンポジウム、Pleiades のための

ワークショップの提言、その他、後述するGMESプログラム等のESA及び欧州の取組みが考慮された。その結果、一〇のセンサー案とその実現方法が取りまとめられた。これら一〇のテーマのうち、最も優先度が高いのは、一m以下の超高分解能光学センサーと合成開口レーダー(SAR)であった。フランスはいくつかの欧州諸国との共同プロジェクトを模索してきたが、小型のデュアル・ユースSAR衛星COSMO-SkyMedの開発を進めるイタリアとの間に最も利益を見出し、二〇〇一年一月の両国首脳による政府間協定の締結の下、SPOT・Heliosに代わるフランスの小型高分解能光学衛星Pleiades-HRとイタリアのCOSMO-SkyMedからなる一m級高分解能軍民両用光学・レーダー観測システムORFEOを共同開発することとした。フランスは、光学衛星を柱にしつつも、戦略的に重要なSARにも常に関心を持っており、ESAのSAR衛星への参画の他、一九八〇年代後半には独自にSPOTRADERと呼ばれるレーダー衛星の開発に従事し、SAR衛星を計画するドイツ等との連携を模索してきたが、ORFEOの合意により、光学衛星に集中できるようになった。⁽⁴⁷⁾

二〇〇三年一〇月、二機の新たな光学衛星がEADS/Astrum社に発注された。Pleiades-1A/1Bと呼ばれる二機の衛星は、二〇kmの観測幅で、分解能白黒〇・七m、カラー二・八mの画像を取得する高分解能イメージャーHiRIを搭載する。高性能のジャイロやポインティングシステムの技術開発により実現した高度の敏捷性と二機の衛星配置により、世界中のどの地点も二四時間以内に画像取得を可能とした。Pleiadesの開発資金の九〇%は国防省からCNESへの拠出で負担され、残りの一〇%はベルギー、スペイン、スウェーデン等の少額参加国の負担で賄われた。プログラム予算の九割を負担する仏政府が五〇%の画像取得権(国防省と政府の研究及び地図作製のために確保)を持ち、残りの五〇%はSPOT Imageを傘下に収めたEADS/Astrumが商業販売する形態がとられた。Astrum社と国防省からのデータ要求をCNESが統合し、CNESが一体的に衛星を運用する体制となっている。⁽⁴⁸⁾国防省とCNESとの制度的な提携関係は年々強化されており、二〇〇五年に締結された枠組協定に基づき、CNES、国防省装備総

局は、セキュリティと防衛分野におけるニーズを共同で特定するようになり、CNESと国防省間の戦略及びプログラム選択における調和とシナジーの確保が可能となった。⁽³⁹⁾

こうしたPleiadesプログラムの設定や戦略は、欧州及びグローバルな地球観測を推進する活動と産業界の動きを踏まえて巧みに設定されていた。フランスにおいてPleiadesのコンセプトが検討されている頃、欧州レベルでは後にCopernicusと改称されるEUの新たなイニシアティブ、衛星、航空、地上の多様な観測を含む環境・セキュリティのためのグローバル監視プログラムGMES (Global Monitoring for Environment and Security) が開始された。Copernicusの衛星システムSentinelシリーズはESAが開発を担い、五つの観測ミッションのうちSentinel-2は、LandsatやSPOTタイプの画像の継続を目標とする光学衛星として設定された。Sentinel-2は、一三波長の分析能力を持つセンサーを搭載し(分解能は波長により一〇m、二〇m、六〇m)、観測幅二九〇km、周期五日で、分解能は劣るが、観測幅一五〇km、周期二六日のSPOT5号機よりも広域で頻度よく観測する。Sentinel衛星に対し、超高分解能の能力を持つPleiades及び従来のSPOTシリーズは、Sentinelを補完するCopernicus貢献ミッションとして認定されている。⁽⁴⁰⁾

このようなESAミッションと商業衛星の棲み分けは、産業界の動きとも連動するものであった。この頃、欧州宇宙産業界では、冷戦終結と欧州統一に伴う財政的制約や米国宇宙産業界の再編等をきっかけに、大規模な統合合併による国を超えた欧州巨大企業EADS社、TAS社等が誕生していた。各国の出資に応じて契約を配分するESAのルールの下ではせっつかくのスケールメリットが生かせないため、研究開発や欧州全体のインフラ衛星はESAの枠組で開発しつつ、商業的潜在性がある衛星は一国又は少数国の共同事業として開発する傾向が顕著となった。そして、後者においては、民間資金を活用した官民連携の採用が盛んになった。⁽⁴¹⁾

(三) 民営化の達成と民間事業としての展開 (SPOT 6号機、7号機)

Pleiades のミッション分析の一〇のテーマには、Pleiades-HR のような 1m 以下の超高分解能衛星とは別に、従来の SPOT のようなより広い観測幅で二〜3m 分解能の観測の必要性も認識されていた。産業界の関心も高かったが、当面 SPOT 5号機がニーズを充足するとして優先度は高く設定されず、結局、実現しなかった。二〇〇二年打上げの SPOT 5号機は、設計寿命の五年を経過して運用されており、SPOT Image が切れ目なくサービスを提供するには、タイムリーな衛星打上げが必要であった。二〇〇八年初頭から、EADS/Astrum 社では SPOT 6号機の設計に着手し、並行して CNEC の保有する SPOT Image の株式をすべて引き継ぎ、SPOT Image を傘下に収めた。そして、二〇〇九年六月、Astrum は自ら SPOT 6号機、7号機を開発することを発表した。Astrum は政府支援を求めたが、CNEC は SPOT 6・7号機には投資しない決断をした。CNEC はますます官民連携を追求するようになっており、一億ユーロの収入がある SPOT システムは政府支援の対象外と判断したとされる。⁽⁴²⁾ CNEC としては、SPOT の後継機として既に Pleiades を開発しており、ESA の Sentinel もあるところ、SPOT の継続を正当化する十分な理由がたたなかつたと考えられる。結果的に、仏政府の決定は二〇年間の SPOT プログラムの慣例を破ると共に、民間資金のみで衛星開発コストが負担されるというリモートセンシング産業史上初の出来事となった。⁽⁴³⁾

EADS/Astrum 社が、SPOT データの継続性を確保するために、自らリスクを負って SPOT を継続する判断をした背景として、Astrum が政府一〇〇%出資の Pleiades のデータ販売を一手に任され、二つの衛星間のシナジーを創造できたからであるという見方がされている。⁽⁴⁴⁾ 実際、分解能一・五m、観測幅七〇km、五波長の画像を提供する SPOT 6号機及び7号機は、Pleiades-1A/1B と同じ軌道に一八〇度ずらして配置され、ユーザーは毎日同じ地点について SPOT と Pleiades の両方の画像を取得することが可能となった。また、同じく Astrum 社傘下の

Infoterra社が商業販売する独DLRの1m分解能のリーダー衛星TerraSAR-XとTanDEM-Xと並行して運用することにより、Astrumは光学とリーダー衛星を組み合わせた多様なサービスの提供が可能となった。衛星は、Pleiadesにも使われた機器をベースに設計から製造まで三年半という最短期間で開発され、重さ・大きさともSPOT5号機の数分の一となった。SPOT6号機は二〇一二年六月、7号機は二〇一四年六月に、インドのロケットPSLVで打上げられた。衛星は一〇年間という従来よりも長い設計寿命を持ち、広域で高分解能のデータの継続に貢献が期待されている⁽⁴⁵⁾。

民営化の後、SPOTシリーズはAstrum社による自在かつ大胆なセールスプロモーションの試みを実施されている。例えば、二〇一四年一月には、EADS/Astrumから社名変更したADS社が、軌道上で機能確認が終了したばかりの7号機の所有権をアゼルバイジャン通信・ハイテク省傘下の国営企業Azertkosmosに売却する戦略的協力契約を締結し、7号機はAzertkyに改称されることになった。これに先立ち開催された両国の首脳会談が、ADS社とAzertkosmosの商業リモートセンシングの長期パートナーシップをセットした⁽⁴⁶⁾。一方、こうして商業衛星として柔軟な経営戦略をとりつつ、SPOT衛星の公共政策への貢献はこれまで通り維持されている。SPOT6号機は、SPOT5号機やPleiadesと共に、欧州共通農業政策に適用される衛星として認定され、また、EUの進めるCopernicusを構築するプログラムとして認証されている⁽⁴⁷⁾。政府が公共政策の実施手段として商業衛星データを認定することにより、商業衛星データの利用促進につながっているといえよう。

現在の衛星シリーズを引き継ぐ衛星開発も国家プロジェクトとして進んでいる。軍事偵察衛星Hellasの後継機は、フランス、イタリア、ドイツ等が参加する欧州の次世代衛星偵察システムMUSESイニシアティブの下で整備が検討されてきた。フランスが開発する二機の光学衛星CSOは、CNESがプロジェクトの実施責任を負い、資金は国防省装備総局が負担する。二〇一〇年には、装備総局から、CSOの衛星製造契約がADS社とセンサーを担当

するTAS社に発注された。また、二〇一五年には、CNESが、Pleiadesの後継機となる次世代の超高分解能光学衛星の実現性検討を、ADS社とTAS社にCSOと同じ役割分担で発注したこと発表した。⁽⁴⁸⁾ 仏政府は二〇一三年に、宇宙関係省庁、仏航空宇宙工業会、企業、運用人、ユーザー等が参加する政府・企業間宇宙協議会 CoSpace を設立し、仏宇宙政策のステークホルダーの意見集約を行っている。Pleiades 後継機の検討契約の発注が、CoSpace 会合後に仏宇宙産業の国際競争力強化策として発表されたことは、フランスにおける政府、産業界、宇宙機関の緊密な連携関係を示唆しているといえるだろう。

四 日本における衛星リモートセンシング

前章でみてきたSPOTプログラムを中心とするフランスのリモートセンシング政策からの含意を抽出する前に、本章では日本の状況を概観しておく。日本の衛星リモートセンシングは、Landsat のデータ利用から開始された。一九七八年にはLandsat のデータを受信する地球観測センターが開設されるとともに、国の政策文書「宇宙開発政策大綱」においてリモートセンシングの自主技術開発が要請された。⁽⁴⁹⁾ 一九八七年に、日本初のリモートセンシング衛星となる海洋観測衛星「もも1号」の打上げに成功し、一九九二年には地球資源衛星「ふよう」が打上げられた。その後も、陸域観測技術衛星「だいち」、温室効果ガス観測衛星「いぶき」、日米共同の降雨観測衛星TRMM等、多様な衛星を打ち上げてきた。

このような日本の衛星リモートセンシングプログラムは、政府全体の中核的実施機関と位置付けられている国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)を中心に、多くの関係省庁が責任を分担する形で実施されている。⁽⁵⁰⁾ 二〇一四年に打ち上げられた「だいち2号」は、JAXAが開発・運用する分解能一〜三mの陸域観測レーダー衛星で

あり、民間企業がデータを商業販売している。JAXA以外では、経済産業省が分解能〇・五mの能力を持つ小型光学高分解能衛星のASNAAROを二〇一四年に打上げ、実証中である。二〇一七年にはリーダータイプのASNAARO2号の打上げが予定されている。安全保障用途では、内閣衛星情報収集センターが光学とリーダーの計四機体制で構成する高分解能の情報収集衛星システムを調達・運用している。その他、センサー開発には、従来から経産省、環境省、総務省が従事し、新たに国防省も赤外線センサーを開発予定である。日本には、首相をトップとする宇宙開発戦略本部があり、内閣府宇宙戦略推進事務局が司令塔として日本の宇宙開発全体をとりまとめる体制となっているが、現在のところは宇宙予算の再配分といった踏み込んだ機能は果たしていない。また、情報収集衛星の主要部分や環境省センサーの開発等はJAXAに委託契約されているが、CNEISと国防省に見られるような制度的連携関係の構築には至っていない。なお、二〇一四年の日本の宇宙予算の約三二%が衛星リモートセンシング分野であり、うち民生が六%、安全保障が二五%であった。⁽³¹⁾

日本では、宇宙開発を中心に担うJAXAの前身の宇宙開発事業団が研究開発機関と位置付けられていたことや、実用衛星の国際公開調達を求める日米衛星調達合意の存在等から、従来、衛星リモートセンシングにおいて実用よりも技術開発に重点が置かれてきた。そのため、実用と位置付けられた一部の衛星を除き、多くの研究開発衛星では観測の継続が必ずしも政策的に担保されてこなかった。⁽³²⁾ ようやく、平成二七年に改訂された宇宙基本計画から、民間事業者の予見性を確保するため、「だいち」につながる光学とリーダー衛星については、継続的な開発・運用が工程表で確認されるようになった。但し、ASNAAROも含め、その他の多くの衛星の観測の継続は確保されていない。⁽³³⁾ そして、第一章で述べたとおり、衛星データ利用や民間事業者による事業展開は未だ不十分であると認識されている。衛星データやソリューションを提供する企業は多数あるが、自前の衛星を保有・運用し、データサービスを本格的に行う企業は未だなく、取り扱うデータは海外衛星が中心である。⁽³⁴⁾ また、リモートセンシング衛星に関わらず日本の衛

星メーカーの海外受注は数件に留まる。⁽⁵⁵⁾

こうした中、広域観測と分解能1m以下の高分解能を両立させる衛星としてJAXAが開発を計画し、二〇二〇年に打ち上げを予定している「先進光学衛星」では、民間事業者の活力の活用がプロジェクトの目標の一つとされ、民間事業者が自らの投資で地上システム整備、衛星管制・運用、データ配布事業を行う計画である。そして、民間を主体とした官民連携による光学地球観測事業の継続を目指している。⁽⁵⁶⁾ このような官民の役割分担は、日本にとっては新たな試みであり、目標達成に向けて、今後、具体的にどのような対応をしていくのか課題は多い。

五 フランスにおける衛星リモートセンシングの発展要因

第四章で概観したように、産業としての日本の衛星リモートセンシングの姿はフランスのそれとは異なるが、一方、国が行うプログラムの規模という点では、フランスと比較してもそれほど遜色はないのではないだろうか。それでは、日本とほぼ同水準の比較的小規模の予算でありながら、なぜ、SPO Tプログラムに代表されるフランスの衛星リモートセンシングは継続的に発展し、同国がこの分野において国際競争力を持つようになったのであろうか。第三章で記述したSPO Tプログラムに対する政策決定の分析から、発展の成功要因と考えられる点をあげる。

第一は、SPO Tプログラムが、確立した複数の政策的根拠に支えられてきたことである。SPO Tは、立ち上げ時から、雇用や技術力の維持、ロケット開発の意義づけに加え、フランス及び欧州の情報収集における自律性確保という国家の戦略的な目標と深く結びついていた。加えて、仏政府は自国のリーダーシップとして欧州の安全保障や農業政策における制度的な衛星利用を積極的に推進した。政権交代でもゆるがないコアな理念と複数の政策的裏付けが継続的実施の意義をSPO Tに与え、プログラムの安定的運営を可能にしたと考えられる。そして、公共政策の具体

的な実施手段となることは、SPOTを支える公共ユーザーや公的資金の獲得にもつながった。

第二の要因は、官民一体での衛星リモートセンシングの利用の開拓と促進、その仕組みの構築である。商業配布を専門とするSPOT Imageの設置は一つの大きな成功要因だが、CNESはSPOT Imageだけにまかせず、衛星打上げ前から共同してPERS等のプロモーション活動を展開し、仏政府も欧州枠組における制度的な顧客開拓に貢献した。こうして衛星の打上げ前から構築され、確立した配布ネットワークは、現在でも、データの長期的継続性と共に海外顧客獲得における仏リモートセンシング衛星の競争力に貢献していると分析されている。⁽⁵⁷⁾更に、フランスが、SPOT Imageに加え、利用開拓とコンサルテーションを専門に行うSCOT Conseilを早期に創設したことは、その先見性を評価できる。このことが、欧州農業政策での利用といった大規模契約や開発援助資金を使った途上国でのプロジェクトを実現した。

三つ目の要因は、政府の衛星開発投資のリターンを最大化するために、徹底した政策間のシナジーや戦略的パートナーシップを追求する等の実利的選択を厭わないことである。特筆すべき点の一つは、民生と軍事のシナジーにあり、商業利用するSPOTシステムの高度化やDual-Useの開発が国防予算により実現したように、国防予算を安全保障ニーズの充足のみに留めず、むしろ民生分野での事業展開の促進のために積極的に活用していることである。また、他国との間で自国が持たないレーダー衛星との補完的なデータ交換や開発費のシェアと引換えにしたデータ配布・利用権の設定を行う等、大胆な国際連携を模索し、衛星への投資から最大限の利益を引き出す工夫をしている。

四番目の要因は、技術のみならず、開発スキームや実施体制まで含めた絶え間ない変革である。SPOTは、後発ながら、最先端技術CCDの採用とポインティング機能の付加により、Landsatよりも大幅な分解能と観測頻度の向上を達成し、その後も、Super Mode等のイノベーションを起こし、高分解能化と性能向上を図り続けた。加えて、世界初の商業的データ配布に始まり、軍事プログラムとの共同開発やデュアル・ユースの導入、PPPの活用等、C

NE Sはプログラムの実行方法においても常にイノベーションを起こしてきた。ここには、外部環境の変化にあわせ、C N E Sが様々な工夫をこらして、主体的、戦略的にプログラムのスキームを変え、実行リソースを確保してきた様子が読み取れる。この絶え間ない変革により、S P O Tは時代遅れにならず、国際競争力を維持できたと考えられる。商業リモートセンシングにI T業界起源の新たなプレーヤーの参入が相次いでいる今、フランスが次にどのようなモデルチェンジで対応するかが注目される⁽⁵⁸⁾。

第五の要因は、プログラムの基本方針や個々のプロジェクトの設定方法にある。S P O Tでは、衛星の設計思想と共に商業化といったプログラムの基本的な運営方針が、政治家や議会ではなく、常にC N E Sを中心とする専門家コミュニティで策定されてきた。C N E Sは、推進団体G D T Aの設立やI G N、国防省等との連携を通じてユーザー意見を集約しつつ、衛星計画の検討に早期からS P O T Imageや産業界を参加させてきた。近年でも、P i e t a r e sの検討やC o S p a c eの取組にみられるように、産官学が一体となって新たなプロジェクトの方向性を議論、設定する形式がとられている。つまり、フランスではC N E Sを中心に構築された衛星リモートセンシングの政策ネットワークが存在し、機能していると考えられる。そして、プロジェクト設定時には、必ず事前に綿密なマーケティング調査が実施され、その結果が考慮されてきた。こうして、S P O Tのシステムやデータ製品・サービスの仕様は、ユーザーや関係者のコンセンサスの下に、市場動向を踏まえて設定されてきたといえる。

そして、最後の要因は、S P O Tプログラムのマネージメント、言葉を換えれば、フランスの衛星リモートセンシングの運営体制が中央集権的で分散していないことである。C N E Sは宇宙政策の実施のみならず、立案にも責任を負っており、民生分野だけでなく軍事もカバーしている。産業界では、A D S社とT A S社とが二大欧州衛星メーカーとして存在し、特に前者は旧S P O T Imageらを傘下におき、衛星開発からデータ配布やソリューション提供までを一貫して行っている。この形態は、政策立案と実施、衛星開発と運用・利用、民生と軍事がそれぞれ別の多様な

プレーヤーによって担われる日本とは大きく異なる点である。フランスでは、この集権的な体制によりCNESを中心に衛星開発から利用までの方針策定が垂直統合されるため、衛星開発にあたって事前に利用までの首尾一貫した明確な長期シナリオを策定することができ、また、策定された計画の実行性も確保できると考えられる。SPO T、Pleiades、Helios、Sentinelとフランスが同時に投資するプログラムは多数あるものの、それぞれの役割は調整され、全体としてプログラム間にシナジーが創出されること、そして、思い切った変革が可能となることの背景には、仏リモートセンシング体制の集権的特徴があると推察される。このように、本要因は、これまであげた他の要因を可能ならしめるものとして、最も本質的な要因と捉えることができるだろう。

以上のフランスの成功要因をまとめると、コアな国益や政策との結びつき、国内外の戦略的パートナーシップとプログラム間のシナジーの追求、外部環境変化に合わせた技術と運用の革新、開発から利用まで官民・軍民首尾一貫したプロジェクトの立案と実施、それらを可能とするCNESを中心としたステークホルダーの集権的合意形成システムといえる。ここにあげた発展の成功要因は、日仏の実施環境の違いもあり、必ずしもすべてが直接的に日本の参考となるわけではない。例えば、フランスには、日本にはないESAやEUという欧州枠組が存在する。国家予算の投資先が増え、政策調整も煩雑だが、逆に言えば、プログラムのリスクやリソースを国際分担でき、欧州全土を市場とする事業展開が可能となる。広範な領域に及ぶ活動ほど、地上技術よりも宇宙技術の利用に強みが出るのであり、SPO Tも欧州や全世界への事業展開によってプログラムの基盤を強固にできたといえる。しかし、日本にも共通する財政的な制約やますます熾烈化する国際的な競争の中で、リモートセンシング大国のフランスが、今後、いかにかに取りをしようとしているかは、環境の違いを超えてもなお、学ぶべき点が多いのではないか。特に、日本では、先述のとおり、数年後に打上げが予定されている先進光学衛星において、いわばSPO Tモデルともいえる民間事業者の参画方を新たに導入することとした。今後、とりわけフランスがいかなる条件下においてその試みに成功したかを

詳細に分析し、グローバル市場の動きや日本独自の環境も踏まえて、具体的実行に移すことが必要となると思われる。

- (1) Euroconsult, *Satellite Based Earth Observation, Market Prospects to 2024* (2015), p. 2.
- (2) 内閣府宇宙政策委員会「中間とりまとめ」(平成二十八年六月三〇日) 一六頁。
- (3) そのため、従来の大型・中型の衛星にかえて、近年は低コストの小型衛星を多数打上げるコンスタレーション方式が注目を集めている。
- (4) Euroconsult, *Profiles of Government Space Programs* (2015).
- (5) 本章におけるCNESの組織及び活動については、本稿で注記した文献の他に、CNES (<https://cn.es.fr/en>) ; Carlier, C., & Gilli, M., *The First Thirty Years at CNES* (English Edition) (CNES, 1995) を参照。
- (6) 分解能は、観測の細かさ、どの程度の大きさの観測対象を識別できるかを示す。分解能1mという場合、1m×1m以上のものを見分けることができる。
- (7) ESA, *What is ESA?* (http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/What_is_ESA) (Last update Nov. 19, 2015).
- (8) 宇宙利用プログラムの実施枠組を巡るCNESと欧州協力枠組との相互関係については、栗山育子『政府リモートセンシング衛星プログラムの長期継続に関する要因分析——アメリカとフランスの陸域観測衛星を巡る政策過程を事例として——』(政策研究大学院大学博士論文)(二〇一六年) 第2章第2節参照。
- (9) Euroconsult, *supra* note 4 のデータより、筆者算出。
- (10) Euroconsult, *supra* note 1, pp. 80-81 参照。
- (11) *Ibid.*, p. 58 参照。
- (12) 本章における仏衛星リモートセンシングの歴史的過程については、本稿で注記した文献の他に、主としてCNES, *SPOT Mission* (<https://spot.cnes.fr/en/mission-spot>) ; Gérard Brachet, ex-CEO/President SPOT Image and ex-Director General of CNES, personal communications with author (Feb. 2013-Aug. 2014) を参照。
- (13) Carlier & Gilli, *op.cit.*, pp. 28, 218-219; Soubès-Vergier, I., & Pasco, X., *The French Pioneering Approach to Global Transparency*. In J. C. Baker, et al. (Eds.), *Commercial Observation Satellites: At the Leading Edge of Global Transparency*.

- (RAND and ASPRS, 2001) pp. 188-190.
- (14) Carlier & Gilli, *ibid.*, pp. 47, 219-220; Soubès-Vergier & Pasco, *ibid.*, pp. 189-191.
- (15) Carlier & Gilli, *ibid.*, pp. 47, 220-222; Soubès-Vergier & Pasco, *ibid.*, p. 191; CNES, *The Earth Observation Test System, SPOT General Description* (1978).
- (16) Carlier & Gilli, *ibid.*, pp. 43-45, 48; Soubès-Vergier & Pasco, *ibid.*, pp. 189-190; 栗山龍徳社 (∞) 11114-11116頁。
- (17) Office of Technology Assessment, *Civilian Space Policy and Applications* (U.S. GPO, 1982) pp. 189-190; Suzuki, K., *Policy Logic and Institutions of European Space Collaboration* (Ashgate Publishing Ltd., 2003) p. 109; 栗山龍徳社 (∞) 11119-11111頁。
- (18) Brachet, *op.cit.*, June 4, 2013. なお、米仏の衛星リサーチ・マネジメントに関するシステム・プログラムの設定との関係性に関する考察については、栗山龍徳社 (∞) 第9章第1節を参照。
- (19) Carlier & Gilli, *op.cit.*, pp. 52-53; Courtois, M., & Traizet, M., *The SPOT Satellites: From SPOT 1 to SPOT 4, Geocarto International*, Vol. 1, 3 (1986) p. 14.
- (20) Brachet, *supra* note 18; Soubès-Vergier & Pasco, *op.cit.*, pp. 192-193.
- (21) Cazenave, M., & Durpaire, J. P., *The Preliminary Evaluation Program for SPOT (PERS), Geocarto International*, Vol. 1, 3 (1986) pp. 33-36; Fontanel, A., & Rivereau, J. C., *The Distribution of SPOT Products: The SPOT IMAGE Company, Geocarto International*, Vol. 1, 3 (1986) pp. 41-42; Soubès-Vergier & Pasco, *ibid.*, pp. 195-196.
- (22) Courtois & Traizet, *op.cit.*, p. 14; Soubès-Vergier & Pasco, *ibid.*, pp. 193-194.
- (23) Harvey B., *Europe's Space Programme: To Aviate and Beyond* (Springer-Praxis Publishing Ltd., 2003) pp. 71-72; Weber R. A., & O'Connell, K. M., *Alternative Futures: United States Commercial Satellite Imagery in 2020* (Innovative Analytics and Training, LLC, 2011) pp. 76-77.
- (24) Brachet *supra* note 18; Cazenave & Durpaire, *op.cit.*, pp. 33-34; Lodge, G. C., *Comparative Business-Government Relations* (Prentice-Hall Inc., 1990) p. 368; Soubès-Vergier & Pasco, *op.cit.*, p. 194.
- (25) 政府承認は一九八六年一月月ヤチの文献 (Soubès-Vergier & Pasco, *ibid.*, p. 194) を含むが、本稿では Carlier & Gilli, *op.cit.*, p. 225 を参照。

- (26) Brachet, op.cit., July 9, 2014.
- (27) Carlier & Gilli, op.cit., p. 225; Jane's Information Group, Jane's Space Directory 1998–1999 (1998) p. 37; Suzuki, op.cit., p. 148.
- (28) Soubès-Verger & Pasco, op.cit., p. 201; Weber & O'Connell, op.cit., p. 77.
- (29) Carlier & Gilli, op.cit., p. 225; Bond, P. R. (ed), IHS Jane's Space Systems & Industry (Ihs Global Inc., 2013) pp. 522–523.
- (30) Brachet, op.cit., Aug. 7, 2014; Jane's Information Group, op.cit., p. 97.
- (31) Brachet, ibid.
- (32) Bond, op.cit., pp. 444, 524; Brachet, ibid.
- (33) Carlier & Gilli, op.cit., p. 73; Suzuki, op.cit., pp. 148–149.
- (34) Jane's Information Group, op.cit., pp. 97–98; Suzuki, ibid., pp. 185–189. 森林 Vegetation の SPOT-15 号機にも搭載されたが、目には参画しなかつた。
- (35) Brachet, supra note 26, 30; Jane's Information Group, ibid., p. 37.
- (36) Soubès-Verger & Pasco, op.cit., pp. 197–199, 202.
- (37) Baudoin, A., The French Earth Observation Programme, In B. Jesani, & G. Stein, *Commercial Satellite Imagery: a tactic in nuclear weapon deterrence* (Springer, 2002) pp. 98–118; Baudoin, A., *Beyond SPOT 5: Pléiades. Part of the French-Italian Program ORFEO* (<http://www.lspns.org/proceedings/XXXX-congress/comm1/papers/49.pdf>) (Jan. 31, 2015); Bond, op.cit., pp. 520–521; CNES, *Pléiades* (<https://Pléiades.cnes.fr/en/PLÉIADES/index.htm>).
- (38) Bond, ibid., pp. 114, 520–521.
- (39) CNES, *Annual Report 2007* (2008) p. 49.
- (40) ESA, *Sentinel* (<http://www.esa.int/web/sentinel/home>); EU, *Copernicus* (<http://www.copernicus.eu/>) 参照。
- (41) 鈴木一人『宇宙開発と国際政治』(岩波書店)二〇一一年)八一―八七頁。
- (42) de Selding, P. B., *Indian Rocket Lofjs Spot 6 Earth-observation Satellite*. (<http://spacenews.com/article/indian-rocket-lofts-spot-6-earth-bserving-satellite>) (Sep. 17, 2012).
- (43) *EoPortal Directory : Satellite Missions : SPOT-6 and 7* ([https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/spot-](https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/spot-6)

- 6-7) (Retrieved Nov. 14, 2014).
- (44) de Selding, P. B., *Europe Seeks Right Public, Private Funding Mix for Imaging Sats*. (<http://www.spacenews.com/article/Europe-seeks-right-public-private-funding-mix-imaging-sats.html>) (May 30, 2012).
- (45) Airbus Defence and Space, (<https://airbusdefenceandspace.com/>) 参照。
- (46) de Selding, P. B., *Airbus Sells In-orbit SPOT 7 Imaging Satellite to Azerbaijan*. (<http://spacenews.com/42840airbus-sells-in-orbit-spot-7-imaging-satellite-to-azerbaijan/>) (Dec. 4, 2014).
- (47) Airbus Defence and Space, *Airbus Defence and Space's satellites qualified by the European Union within the framework of CAP* (http://www.space-airbusds.com/en/press_centre/airbus-defence-and-space-s-satellites-qualified-by-the-european-union-within-the-framework-of.html) (July 18, 2013).
- (48) de Selding, P. B., *French Unveils Commercial Space Investment Initiatives*. (<http://spacenews.com/france-unveils-commercial-space-investment-initiatives/>) (Sep. 11, 2015).
- (49) 福田徹「日本の地球観測衛星計画30年」『日本リモートセンシング学会誌』第三一卷二号(二〇一一年)一五九―一六七頁。
- (50) 宇宙航空研究開発機構「人工衛星・探査機による貢献」(http://www.jaxa.jp/projects/sat/index_j.html)；内閣府宇宙戦略本部「宇宙基本計画工程表(平成二七年度改訂)」(二〇一五年一月二日)参照。
- (51) Euroconsult, *supra* note 4のデータより、筆者算出。
- (52) 福田前掲注(49)。
- (53) 内閣府宇宙戦略本部前掲注(50)。
- (54) 宇宙航空研究開発機構「衛星データ・サービス・ソリューション企業一覧」(<http://www.sapc.jaxa.jp/company/>) (二〇一六年四月一日)。なお、独自に小型衛星を打上げ、観測サービスを行う計画を持つ事業者が出現し始めている。例えば、株式会社アクセルスペース(<https://www.axel-space.com/>)。
- (55) 宇宙航空研究開発機構「国際競争で日本企業が受注した人工衛星一覧」(http://aerospacebiz.jaxa.jp/spacelindustry/sat_table.html) (参照日二〇一六年八月七日)。
- (56) 宇宙航空研究開発機構「先進光学衛星プロジェクト移行審査の結果について」(文部科学省宇宙開発利用部会資料27-1)

(二〇一六年五月一〇日)。

(57) Euroconsult, *supra* note 1, p. 78.

(58) ADS社は、二〇一六年九月十五日、Deaidesを継続するため、超高分解能衛星のコンステレーションを二〇二〇年以降に自己投資で打ち上げられることを発表した (https://airbusdefenceandspace.com/wp-content/uploads/2016/09/press-release-ivr2020_en.pdf)。

〔付記〕本稿は、筆者が個人的資格において執筆したものであり、本稿に示されたいかなる見解も筆者の所属組織の立場を反映するものではない。

栗山 育子 (くりやま いくこ)

所属・現職 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・参事

最終学歴 政策研究大学院大学政策研究科政策専攻 (博士・公共政策分析)

所属学会 国際法学会、American Society of International Law

専攻領域 公共政策研究、国際法

主要著作

「政府リモートセンシング衛星プログラムの長期継続に関する要因分析——アメリカとフランスの陸域観測衛星を巡る政策過程を事例として——」政策研究大学院大学博士論文 (二〇一六年)

“Supporting Multilateral Environmental Agreements with Satellite Earth Observation”, *Space Policy*, Vol. 21 (2005) pp. 151-160.

「国際環境法における事前協議制度に関する一考察」慶應義塾大学大学院法学研究科修士論文 (一九九八年)