

インテリジェンスにおける新技術の利用とその要件整理 — 米国の GEOINT を中心として — 第 1 部：必要な技術

日本大学大学院危機管理学研究科 研究生 /
一般社団法人 日本宇宙安全保障研究所 主任研究員

葛岡 成樹

はじめに

(1) 研究の背景・動機と目的

近年衛星で取得した画像を活用した地理空間情報 (Geospatial Intelligence : 以下、GEOINT) が安全保障におけるインテリジェンス活動の重要技術として発展している。筆者は長年 GEOINT 技術開発に携わってきたが、最先端の技術が必ずしもインテリジェンスの本質的な目的に整合しないのではないかという問題意識を抱いてきた。

本研究の目的は、GEOINT 業務で、どのような新技術が要求されているのかを明らかにし、それら技術が必要とされる要件を、インテリジェンス理論を実務に適用して体系的に整理することにある。本稿では世界的な GEOINT の最先進国である米国の状況を調査した。また本研究は従来の研究で扱われていた抽象的な「人工知能」や「衛星技術」といった技術観に留まらず、より具体的かつ実装的な観点から技術を分類・分析してインテリジェンス業務との接続性を高める点に独自性がある。

研究の成果としての本稿は 2 部構成とし、今回は第 1 部として「必要な新技術」について報告する。また次回の第 2 部では「新技術の利用」として報告する。なお参考文献は全て次回第 2 部の文末に掲載する。

(2) 用語の定義

本稿で「インテリジェンス」とは、国家安全保障にとって重要な特定類型の情報 (すなわち

意思決定を支援する情報) を、明示的な要求に基づき、計画的に収集・処理・分析し、最終的に意思決定者に提供する一連のプロセス、あるいはそのプロセスの生成物を指す。この定義において、意思決定者すなわちインテリジェンスカスタマが政策決定者の場合は国家安全保障のためのインテリジェンス (以下 NS-INT) となり Lowenthal の定義となる¹⁾。ただし本研究ではインテリジェンスカスタマが軍人の場合の軍事インテリジェンス (以下 ML-INT) も含むこととする。

また GEOINT の定義として米国 National Geospatial Intelligence Agency (NGA) の定義を用いる。すなわち、GEOINT は画像、画像インテリジェンス、地理空間情報を用いて地球上の特徴、活動、位置情報を記述・表現し、ユーザーが特定の時間と場所で何が起きているかを視覚化するのに役立つ技術である²⁾。

既存研究の調査

インテリジェンス活動における新技術の導入に関しては、近年人工知能 (以下 AI) や衛星利用をキーワードとした議論が多く見られる。筆者が調査した単行本 *INTELLIGENCE ANALYSIS IN THE DIGITAL AGE*³⁾ および専門誌 *Intelligence and National Security* の論文でも、これらの技術の重要性は強調されていた。しかし、これらの先行研究では、AI や衛星がインテリジェンス体制や組織運用に与える非技術的側面に重点が置かれており、かつ

AIや衛星といった大枠の技術要素に着目しているに留まって、それらがインテリジェンスプロセスのどの局面でどのように機能すべきか、あるいは技術としての具体的な要件についての言及はなかった。

例えば Tess Horlings, “Dealing with Data: Coming to Grips with the Information Age in Intelligence Studies Journals”⁴⁾ では89件の論文を精査し、情報時代におけるデータの影響を分析しており AI の非技術的な側面については詳しく論じているが、インテリジェンスコミュニティ (IC) のために技術者が実際にどのような AI を開発すればよいのかの示唆はない。

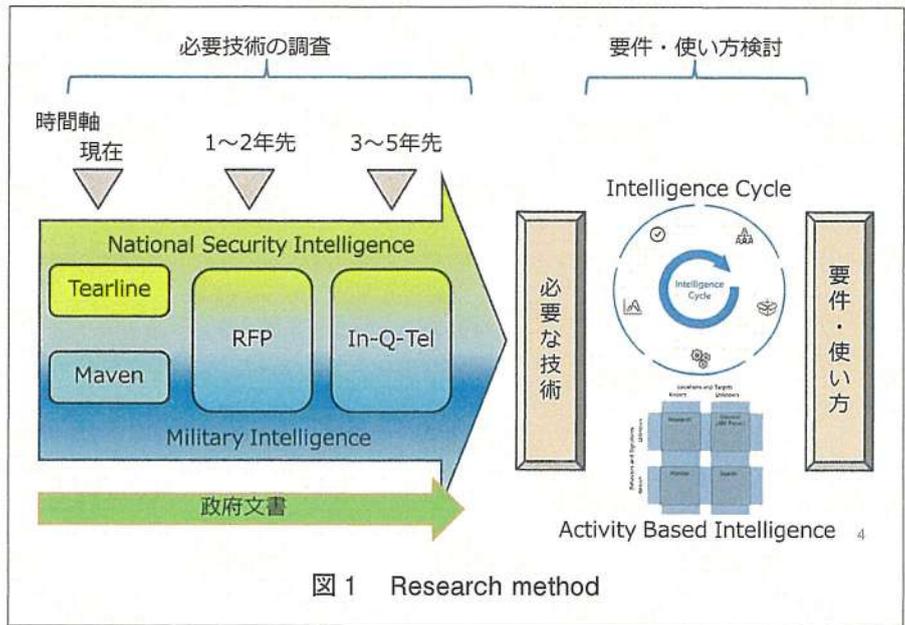


図1 Research method

技術を調査する。

第1に、米国の政府文書を分析し、現在および近未来に必要なとされる技術を把握する。第2に GEOINT 業務にて現在使用されている技術を調査する。第3に、1~2年先の将来を見据え、米政府が発行している提案要請書 (RFP) を調査し、1~2年先に整備しようとしている技術を分析する。第4に3~5年後の将来を見据えていた IC の投資先企業の傾向を分析し、将来的にインテリジェンスに求められる技術を調査する。更にこれらの調査結果をもとに、それぞれの技術がどのように使われるのか、要件は何かについて検討する (図1)。

リサーチエスチョンと研究方法

(1) リサーチエスチョン

本研究におけるリサーチエスチョンは、「米国における GEOINT 業務において、どのような新技術がどのインテリジェンスプロセスの段階で、どのような要件のもとに必要とされているのかを明らかにすること」である。

この問いに答えるためには、第一に、新技術を単に「AI」や「衛星」として捉えるのではなく、それを構成する個別技術の特定と機能面での整理が必要である。第二に、現時点のみならず、今後3~5年を見越した技術動向を把握し、将来的に求められる技術の要件を考察することが求められる。更に第三に、それぞれの技術がインテリジェンスプロセス内のどの段階で機能するのかまたどのような機能が必要とされるのかを明示する必要がある。

(2) 研究方法

本研究では、まず以下のアプローチで必要な

調査結果と分析

1. 政府文書の分析

① 調査の意図と制約

ここでは米国政府が公式に表明している技術への要望を把握することを目的に、米国政府文書を分析する。

② 調査方法

米国政府が発行した三つの主要な文書を対象に分析を行った。すなわち、国家情報長官室 (ODNI) による “Vision for the IC Information Environment”⁵⁾、バイデン大統領名で発出さ

れた "National Security Memorandum (NSM) on Artificial Intelligence (2024年10月)"⁶⁾、および NGA による "NGA Tech Focus Areas 2020"⁷⁾である。

③ 調査結果

参考文献5)では、五つの重要分野としてデジタル基盤強化、サイバーセキュリティ強化、現代的な実践とパートナーシップの促進、データ中心アプローチの強化、AIといった先進技術と労働対応加速を挙げている。インテリジェンス全体の上位概念から見た重要分野を特定してはいるが、抽象的な記述に終わっている。参考文献6)は、軍およびICがAIを使用するときのガイドラインを示している。

このガイドラインでは、核兵器の使用決定から難民の受け入れ判断に至るまでの分野でAIを制御する役割を果たすことが求められている。またICに対しては、倫理的利用と人権保護やAIモデルの透明性と説明責任、更にリスク管理などが要求されている。この文書も技術としての具体的な内容については触れておらず、AIという一般論にと留まっている。参考文献7)はNGAが「民間に開発してほしい」と思っている技術分野を5分野に分類し、以下のように列記している。

- ・ Advanced Analytics and Modeling
- ・ Data Management
- ・ Modern Software Engineering
- ・ Artificial Intelligence (AI)
- ・ Future of Work

この文書では、上記の各技術分野を更に一段ずつ細分化し、具体的な必要技術項目を明示している。例えばAI分野では、利用に適合した機械学習モデル、リスクアセスメント、行動の解釈、対象物検知、特徴抽出、地理空間最適化のための量子計算と細分化している。ただし発表されたのが2020年と古く、その後の急速な技術発展情勢を取り込めていない。

④ 調査のまとめ

これらの三つの文書に共通するのは、インテ

リジェンス活動のあらゆる段階においてAI技術の活用が不可欠であるとの認識である。とくに参考文献5)と6)ではAIの重要性について強く述べ、かつAIを軍やインテリジェンスに用いるときの注意事項について強調している。ただしAI技術としてはそれ以上深掘することはない。また参考文献7)はAIの重要性について触れた後、AI技術をいくつかに分けて細分しているが、発行年が古く更新されていない。更に、いずれの文書も政権の交代とともに今後の適用性に疑問が残る。

2. Tearline 実例の分析

① 調査の意図と制約

Tearline (<https://www.tearline.mil/>) は NGA が支援するプラットフォームであり、学術機関や非営利団体がオープンデータや商業画像を使用して作成した非機密の地理空間インテリジェンスを公開している。投稿者は編集上の独立性を維持しており、一方 NGA は投稿者に商用および非機密の地理空間データへのアクセスを提供し、コンテンツに関するアドバイスをを行っている。

② 調査方法

2024年11月1日時点で公開されていた92件の *Tearline* 事例で使用されている衛星、解析手法を整理した。

③ 調査結果

(i) 使用された衛星画像 (図2)

高分解能光学としたものの大半は MAXAR (旧 Digital Globe) 社の衛星であり、Google Earth でも GoogleEarth 上の MAXAR を利用しているのが大半である。

(ii) 使用された解析方法

解析手法としては目視判読 (含む目視による特徴抽出および複数画像間の変化検出) が大半であった (図3)。

④ 調査のまとめ

Tearline で現状使用された衛星データは GoogleEarth を含む高分解能光学 (MAXAR 社)

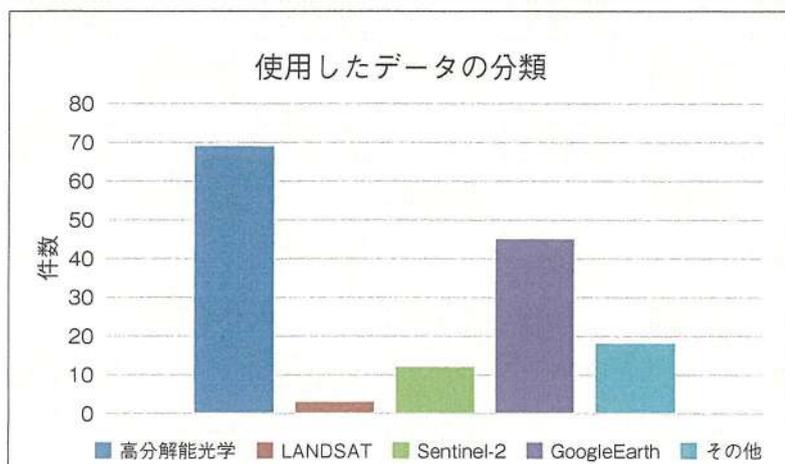


図2 Used Satellite Data

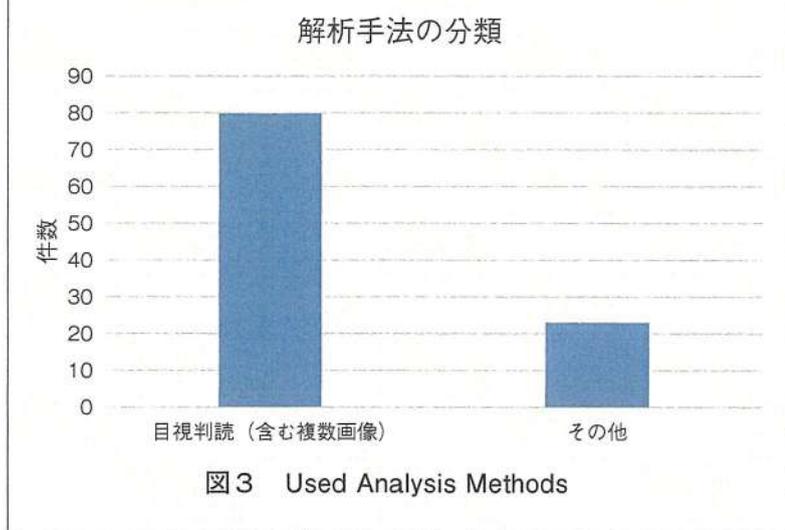


図3 Used Analysis Methods

が圧倒的である（含む複数時期での観測）。また使用された解析手法としては、目視による判読が圧倒的である（含む特徴抽出、変化抽出）。広域低分解能光学センサを搭載した Sentinel-2 は時々利用されており、Sentinel-2 で広域を分析した後に高分解能光学衛星を用いて詳細解析するといった使い方である。AI を利用した特徴抽出や目的情報推定の事例も見られたが、全体に対して少数事例に留まった。

なお *Tearline* は全体に NS-INT 向けであり、作戦行動に直結する MIL-INT は含まれていないことが改めて確認できた。

3. Project MAVEN の分析

① 調査の意図と制約

米国国防総省が推進する Project MAVEN は、

無人航空機 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) から撮影した画像を AI で解析して、建物・人などの対象物を判別するプロジェクトである。Project MAVEN に使用されている技術を明らかにすることにより、特に MIL-INT の分野で要求されている技術を明確にする。

② 調査方法

Project MAVEN についてのまとまった公開資料はなく、予算や目標精度など公開されている情報が限定的である。このためキーパーソンの講演や新聞・雑誌記事などを調査して可能な限りの要求条件を推測した。

③ 調査結果

Project MAVEN は、2017年7月の Defense One Tech Summit にて海兵隊の Drew Cukor 大佐がその内容を初めて説明した⁹⁾。彼によると、「2017年の終わりまでに国防総省では先端コンピュータアルゴリズムを政府プラットフォームに載せ、大量動画・静止画から目標物を抽出できるようになる。この作業は人間と機械との協業であり、最終的

には、現在のオペレータの2倍、究極的には3倍の作業をこなすことを期待している。現在イラク・シリアでの Islamic State との戦闘に必要な38種のオブジェクト抽出を当面の抽出対象としている」とのこと。

Project MAVEN の詳細は2017年12月に Defense One の記事¹⁰⁾で現れ、「ペンタゴンの新しい AI が既にテロリストを狩りたてている」とある。「試験運用の数日で、計算機は人・車・建物といった種類を60% 識別し、それから1週間余りその場でソフトウェア更新を繰り返し、その結果精度は約80% にまで向上した。来月、ソフトウェアとハードウェアの更新により更に精度が上がるだろう」と John N.T. “Jack” Shanahan 空軍中將が語っている。

また NGA の Mark Munsell は2023年の GEOINT

Symposium において、「目標性能は物体識別 100%、精密誘導弾のターゲットとして位置の特定精度が 2 m 以下であるが現状ではまだ十分ではない。ただし進歩のための環境は整っている」と述べた¹¹⁾。

④ 調査のまとめ

画像から AI を用いて目標物を自動的に抽出する Project MAVEN は、予算の大幅増や予算の公記録からの抹消処置などを考えても国防総省は重要技術として認識している。またウクライナへの実戦配備¹²⁾など、MIL-INT としての重要性も増している。

Project MAVEN の調査で注目されるのは、オペレータの作業負荷を 2～3 倍に高めることを目標とする「人間・機械協業」の考え方である。その要件は以下の通りである。

- ・ AI による目標抽出 (object detection)
- ・ 目標位置の地理空間位置確定 (Minotaur 位置特定支援システムとの連携)
- ・ 識別精度 100% / 位置精度 2 m 以内 (目標であり、2023 年には未達成)
- ・ リアルタイム処理による攻撃意思決定支援

4. NRO/NGA の RFP 発行・採択状況の分析

① 調査の意図と制約

この節では、米国の GEOINT 中核組織である NRO および NGA による近年の提案要請書 (RFP) を調査する。RFP を評価することにより、NRO や NGA が近未来で必要とする技術を把握することを目的とした。

表 1 RFPs from NRO

契約名	RFP 発行日	契約締結日	受注企業	契約期間	契約額	概要
電子光学商業層 (EOCL)	2021/11/3	2022/5/25	BlackSky, Maxar, Planet	10年間 (5年の基本期間と5年のオプション期間)	Maxar: 最大32億 \$ BlackSky: 最大10億 \$ Planet: 非公開	光学衛星画像調達
戦略的商業強化 (SCE) 商業レーダー契約	2021/10	2022/1/20	Airbus U.S., Capella Space, ICEYE U.S., PredaSAR, Umbra	商業レーダー能力を評価 / 検証	不明	SAR データ調達
商業電波 (RF) 研究リモートセンシング研究契	2022/7/14	2022/9	企業名非公開 (複数)	商業 RF データの能力を評価 / 検証	不明	RF データ調達
戦略的商業強化 (SCE) 電子光学能力評価契約	2023/5/24	2023/12/5	Airbus U.S. Space and Defense, Albedo Space, Hydrosat, Muon Space, Turion Space	新しい電子光学イメージング能力を評価 / 検証	不明	熱・ハイパーなど新しいセンサ

表 2 RFPs from NGA

契約名	RFP 発行日	契約締結日	受注企業	契約期間	契約額	概要
SEQUOIA データラベリング契約	2024/9/30		単一企業	最大7年間	最大7億8,000万 \$	無期限配達・無期限数量 (IDIQ) 契約 AI/ML のための能力を強化するため高品質なデータラベリングサービス
研究開発契約 (RDC) IDIQ		2024/1/25	Booz Allen Hamilton, Lockheed Martin Corporation, Reinventing Geospatial, Inc., Solis Applied Science, LLC	5年間の基本期間と2年間のオプション期間	7億9,410万 \$	NGA の研究開発部門に対して、概念の開発、プロトタイプ作成、運用能力への移行などのサービスを提供
Luno A 商業データ契約	2024/1/10	2024/9	Maxar, CACI International など10社	5年間	2億9,000万 \$	NGA と国家安全保障機関の顧客に対して、分類されていない商業の地理空間情報 (GEOINT) データと分析サービスを提供
Luno B 商業データ契約	2024/5/6	2025/1/15	Airbus U.S. Space & Defense, Inc., BAE Systems, Inc., Booz Allen Hamilton Holding Corporation など13社	5年間	最大2億 \$	国家安全保障コミュニティに対し、高品質な商業地理空間情報 (GEOINT) データと分析サービスを提供すること。
NERVE 契約		2024/7/25	BAE Systems	5年間	3億4,700万 \$	NGA の既存の国家システム地理空間情報 (NSG) ソフトウェアの維持と、新機能や強化の開発
Commercial GEOINT Access Portal 契約		2024/8/29	Maxar	5年間	3億5,900万 \$	ウェブベースの商業衛星画像と製品ソリューションをユーザーに提供する

② 調査方法

米国 GEOINT のための組織、NRO および NGA で公開調達された案件のうち2020年から現在までの発行状況・採択状況を調査し、近未来（3年程度）で必要とされている技術を知る。

③ 調査の結果

2020年から2025年1月までの NRO の RFP 発行状況を表1に、NGA の RFP 発行状況を表2に示す。

④ 調査のまとめ

NRO は、高分解能光学衛星を中心にインテリジェンス活動に必要な数量の画像を長期的に購入する計画を立てている。長期的計画的に購入を表明することにより、民間企業である衛星運用会社が次世代の衛星を自ら開発製造する見通しを立てることを容易にしている。

次段階として SAR、RF データの調達、更に将来の可能性検討として熱赤外センサ、ハイパースペクトルへ評価・調達が進んでいる。これら新しいセンサはそれぞれの特性を活かし、高分解能光学衛星で対象物の形状・色だけを取得していたのに比べて対象物の稼働状況など新しい情報が収集できることが期待されている。ただし現状ではまだ実運用ではなく、研究としてそれらの利用方法を更に広げてかつ信頼度を上げる必要があると判断しているようだ。

またセンサデータ購入と併せて、センサデータ解析のための AI 用データラベリングサービスが目玉を引く。このサービスは、衛星画像に対して AI 技術を適用する際に、教師用データを作成するための業務と考えられる。人間による衛星画像の判読では増大する画像の量に業務が追い付かないため AI の利用が必須ではあるが、AI を正しく稼働させるためには教師データとしてラベル化されたデータが大量に必要である。例えば特定の航空機でも、上・下・横・斜めなど複数の方向から加速した画像を AI に対する教師として整備する必要がある。NGA のこの試みは、AI を確実に運用する

ための基礎的ではあるが必須の業務である。

5. In-Q-Tel 社投資先の分析

① 調査の意図と制約

米国 IC における技術需要の先行指標として、IC が支援するベンチャーキャピタル In-Q-Tel 社の投資傾向を分析した。In-Q-Tel 社 (<https://www.iqt.org/>) は、非営利ベンチャーキャピタル企業であり、インテリジェンス業務を支援するため情報機関に最新の情報技術を装備させることを目的として企業への投資を行っている。

In-Q-Tel が対象技術を精査したのち資金提供を決めたスタートアップ企業は、IC にとって必要な技術かつ技術開発可能性が高い企業と判断できる。ただし、これらの技術は今すぐ使えるものではなく、資金を投下して開発・製品化が必要なものであり5年程度先を見込んだ要求を示していると考えられる。

② 調査方法

2024年12月31日時点で、In-Q-Tel 社の HP にポートフォリオとして掲載されている367社を、投資先のカテゴリー「AI、Cyber、Energy、Enterprise、Hardware、Life Science、Microelectronics & Quantum、Space」での分布を調べる。また AI と Space については、その投資先企業のプロファイルを調べ、筆者の判断により更に細分化した。

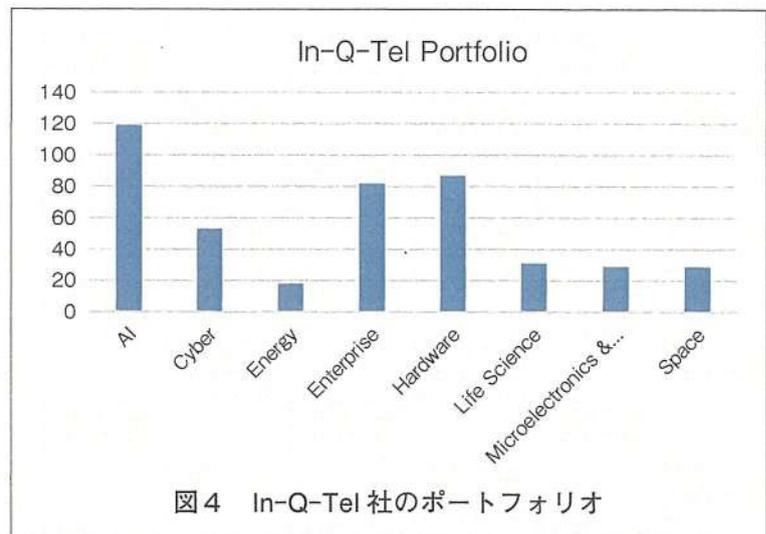


図4 In-Q-Tel 社のポートフォリオ

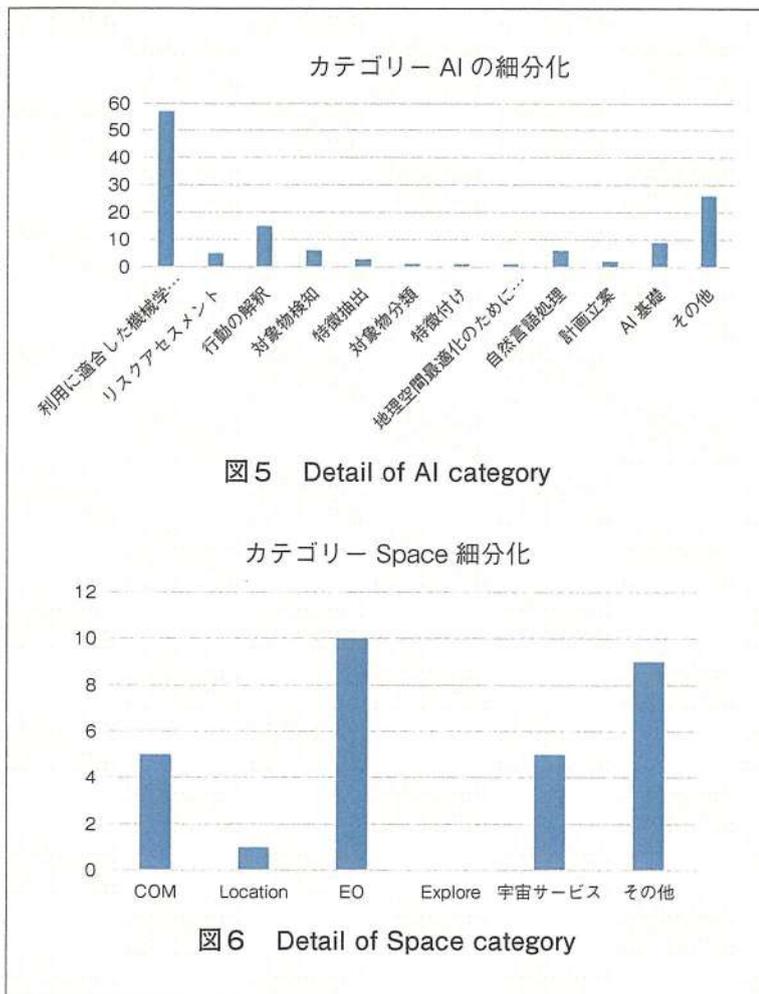


図5 Detail of AI category

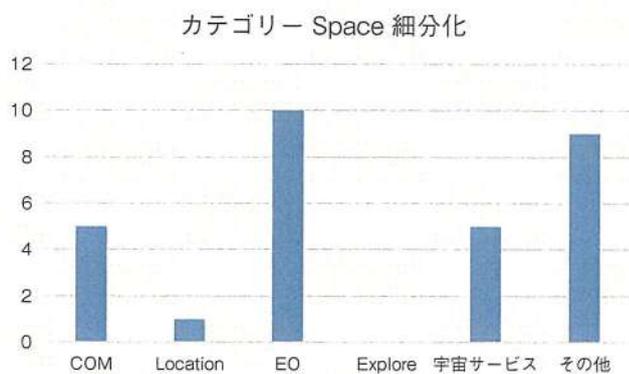


図6 Detail of Space category

③ 調査結果

In-Q-Tel 社のカテゴリー別投資先を図4に示す。ここで、“Enterprise”は主に組織全体の運営、セキュリティ、データ管理、分析を効率化・最適化する技術を対象とした分類と考えられる。また一社で二つ以上のカテゴリーに属している企業がいくつかあり、図4のグラフの単純和(448)は調査した企業総数367社を超えている。

更にAIについては、参考文献7)によるAI技術の細分化を適用し、利用に適合した機械学習モデル、リスクアセスメント、行動の解釈、対象物検知、特徴抽出、地理空間最適化のための量子計算と細分化し、また自然言語処理など経験から重要と思われる細分を追加した(図5)。またSpaceについては、宇宙ビジネスの代表的な細分、すなわち通信、測位、地球観測に加え、今後増えるであろうExplore、宇宙

サービスを追加した(図6)。なお、この細分化は対象企業のホームページなどから筆者が分類した。

④ 調査のまとめ

In-Q-Tel社の投資先カテゴリーとしてはAIの多さが目を引くが、ICには一見関係なさそうなEnergyやLife Scienceなども含まれている。またHardwareカテゴリーとして、ICとして将来利用できそうな通信機器、光学機器などの企業が選定されている。一方SpaceカテゴリーにはICEYE社やROCKET LAB社など、よく知られている衛星やロケット企業が含まれる。またSpaceカテゴリーにはOrbital Insight社など衛星で取得したデータのAI処理企業も含まれる。Enterpriseカテゴリーの中にも、AIを使ったプラットフォームを開発している企業がいくつかある。

AIカテゴリーの細分化を見ると、利用に適合した機械学習モデルの多さが目を引く。これは特定課題を解決するためのAIシステム、プラットフォームに関する企業をこの細分としたためである。またAIのIntelligenceにおける直接の利用として、Project MAVENにおいてNGAの調達企業となったPalantir社、衛星画像の自動判読技術を開発しているOrbital Insight社などに対してもIn-Q-Tel社が投資しており、投資対象と技術実装が密接に連携していることが窺える。

Spaceの細分化については、EOでは熱赤外センサやハイパースペクトル、SARなど多様なセンサ開発企業が目立った。またAI区分中のOrbital Insight社やnear real-time 3D subsurface作成のFleet Space社などセンサデータの利用技術、更にそのプラットフォーム(Open COSMOS)が選定されている。

6. 調査結果のまとめ

本節では、これまでの各節で明らかにした各種調査結果全体をまとめる。

(1) National Security Intelligence における要求技術

米国は国家安全保障分野では、軍事以外に経済・環境など広い分野で GEOINT 業務を進めている。現在は高分解能光学衛星画像の目視判読による状況把握が依然として中心である。今後はこれに加えて SAR、RF（無線周波数）が使われるようになり、更に熱赤外、ハイパースペクトルといった多様なセンサの活用が進む見込みである。SAR は雲があっても夜間でも観測でき、継続監視に必須である。RF は対象物が能動的に稼働 / 電波発射しているかどうか稼働状況確認が可能である。

熱赤外は建屋温度や排水温度を検知して原子力発電所などの稼働状況を、またハイパースペクトルは対象物の表面物性を把握でき、人工物の種別判別やカモフラージュ検出に役立つ。従来の高分解能光学画像だけでは形状と色情報しか取得できなかったのに比べ、これら新しいセンサは統合的に利用することにより継続監視、稼働状況把握、対象物の特性把握といった踏み込んだ観測が可能である。

NS-INT のデータはその利用目的から数日程度の観測頻度でよく、リアルタイム性は要求されない。一方、観測範囲は比較的広域になり、広いエリアを多種多様なセンサで繰り返し観測することが求められている。解析手法としては、現在は目視による変化抽出が中心ではあるが、今後判読すべきデータが多種多様、更に大量になることを考えると、AI によるターゲットの自動抽出、特徴抽出などが必要になる。

従来は高分解能光学画像を用いて主に形状の変化に応じた時系列変化を抽出していたが、この調査の結果によると被雲時や夜間でも確実にデータが欠損なく経時的に収集できる SAR、

また対象物の形状ではなくその表面特性を知るためのハイパースペクトルセンサや稼働状況を知る熱赤外 / RF センサを用い、ビッグデータとして複合的な判断による時系列の変化を抽出しようとしていると考えられる。

AI による画像解析の導入も進行しており、特に対象物の自動検出や分類の分野において技術的に鍵となるデータラベリング・教師データ整備が重要視されている。将来的には、目的特化型の AI プラットフォームの整備が必要となる可能性が高い。

(2) Military Intelligence における要点

MIL-INT においては、UAV から得られる画像データのリアルタイム解析が中心的な役割を担っており、リアルタイム AI によるターゲット抽出と位置特定が求められる技術である。特に Project MAVEN の事例に見られるように、リアルタイムオペレータ支援型の AI は既に実戦運用の段階にある。戦闘に直接結びつくインテリジェンスには衛星は観測頻度が不十分であり、リアルタイム性を確保するために UAV の利用、またリアルタイム・オンボードでのターゲット抽出・位置特定が必須となっている。

リアルタイム性の高いインテリジェンス活動において、その計画立案や観測・処理・解析を自動的に高速に遂行する必要がある、計画立案やインテリジェンス活動全体を管理するために AI を利用することが期待されている。この場合、利用するのは光学を中心とした静止画 / 動画を用いて対象物が何か、更に攻撃対象物か否かを瞬時に判断するため、人間では判読対象量が膨大になってくると対応できず AI の利用が必然的に進むと考えられる。

(つづく)