

【特集：安全保障関連技術】

無人機とエア・パワー戦略

航空研究センター防衛戦略研究室
3等空佐 山本 哲史

はじめに

エア・パワーが防衛戦略¹において重視されるようになってから、既に一世紀が経とうとしている。この間、主流的考え方の変遷や理論の継続的な発展が見られた²。

一般的には、エア・パワーとは物理的に空を飛ぶアセットによって投射される戦力のことである。ただしこれが戦略上重視されるようになったのは、この物理的特性によるのではない。機能的に、その突破力や機動力といった、いわゆる戦域や戦線を一举に貫くことのできる戦力として、すなわち戦局を左右するほどの決定的な力として、エア・パワーは 20 世紀から今日に至るまで世の耳目を集めてきたのである³。つまり空を飛ぶアセットであるからといって、それが即座にエア・パワーの構成物と言えるかは明らかではない。この意味で、いわゆる無人機（Drones / Unmanned Aerial Vehicle: UAV / Unmanned Combat Aerial Vehicle:UCAV）もまた、その機能面からエア・パワーの一翼を成すものと言えるのが問われねばならない⁴。

この点、無人機についてはイメージが先行し、実際の運用については不明な点が少なくない。主要とされる著書や論文においてさえ、実のところ無人機の戦略上の機能については、実証的な説明が尽くされてはおらず⁵、従来の議論の多くは、無人機によってどのような戦果ないし被害が生じたかを述べるにとどまり、個別単体の性能に加えてその戦略上の機能が論じられることは稀である⁶。

一般的に、無人機には有人機と異なる特徴として、3Ds や 4Ds⁷が期待されて

いる。これは、戦略を創造的発想と制約のせめぎ合いの中で構想する場合に、従来あった制約が除去ないし軽減され、創造的発想の余地が拡大したことを意味する⁸。有人機であれば、運用者の身体的安全や疲労などに配慮しなければならなかったものが、無人機の導入によって考慮事項から外れた、ということになる⁹。ただし制約を変化させるものは、何も科学技術ばかりではない。政府の方針をはじめ、経済合理性や、各種規範、慣例、信頼性など、多角的に見てゆく必要がある¹⁰。

無人機が世界の安全保障環境において存在感を増している¹¹。米空軍のマシュー・テデスコ大佐（Col. Matthew Tedesco）は、『無人機の脅威への対応』と題する論考のなかで、「無人機からの防衛を検討できていない軍があるとすれば、それは次の戦争に適切に備えることができていないことになる」と述べている¹²。また、安全と思われがちな米国の本土防衛においてさえ喫緊の課題となっていることにつき、FBI長官が、国土安全保障及び政府政策に関する上院委員会（Senate Homeland Security and Government Affairs Committee）において（テロリストと名指ししながらも、論理的にはテロの文脈に限られないものとして）敵が無人機を用いて米国本土を攻撃することは「もうそこまで来ている（I think the expectation is that it's coming here imminently）」と述べたことは当時衝撃的であった¹³。時期を同じくして、2016年暮れには、米国の上院は国防権限法（National Defense Authorization Act 2017）を採択し、合衆国法典（the United States Code）の第10編（Title 10）に無人機に関する規定を挿入することを決定すると共に、米軍を脅かす無人機対策の可能性につき調査し議会に報告することを国防長官（the Secretary of Defense）に要請した¹⁴。

この米国の例に象徴的に見られるように、今や無人機の脅威は、各所において組織的対策を具体的に要するところまで来ている。更なる事態の進展は加速度的である。

1 エア・パワーにおける無人機の位置付け

(1) エア・パワーの枠組みと戦略構想の案出

無人機のエア・パワーとしての有用性を踏まえ、それぞれの無人機の機能に即した戦略上の意義を検討するという作業の前提として、本稿におけるエア・パワーの定義を明らかにしておく。無論、戦略を考える上で、シー・パワーやランド・パワーといった軍種の別にこだわること自体に意味はないどころか、

戦略思考の柔軟性を失わせる形式として害さえあると言わねばならない。ここでエア・パワーの定義を明らかにすることの趣旨は、戦略の構成要素となる機能を明確にすることにある¹⁵。

この点、エア・パワーの機能を捉える思考枠組として、マイケル・クラーク（Michael Clarke）の整理は参考になる¹⁶。過去、各種の現実の戦役においてエア・パワーが果たした役割は、大枠5つ — (1) 主戦に先行する予備的戦闘（preparation of the battlefield）、(2) 近接航空支援/航空阻止（close air support / air interdiction to ongoing operations¹⁷）、(3) 敵正面との戦闘（primary strategic effect¹⁸）、(4) 政治的強制（political coercion）、(5) 人道支援等の戦闘外の役割（other operations, in which air power played no significant combat role, or a humanitarian role）に分類できるとする考え方である¹⁹。

エア・パワーの歴史に詳しい者は、この枠組を見れば、それが後世に整理されたものであって、当初からこのような全体像があったわけではないことをまず想起するであろう²⁰。歴史的には、エア・パワーに限らず、何らかの新技术の実用性が現実味を帯びる度、将来の戦闘様相や戦略コンセプトを開発するということが繰り返されてきた。そこでは、方針の異なる考え方が同時代に複数提起され、実戦経験を交えつつ思想が精錬されるプロセスが見られた。新技术の活用方法そのものを個別に追いかけることは、それ自体重要な戦略研究である。他方、無人機に限らず、新技术というものは新しいものが古くなることを常に繰り返すのであり、個別の技術を追いかけることだけでなく、その新しいものをどう受容してゆけるのか、という一般的方法論への意識が重要である。

このことをより広い視野から捉えると、他者の考えを尊重しつつ批判的に精査し受容するというところに寛容な姿勢こそ重要である。この点、米空軍士官学校長であったジェイ・シルベリア（Jay Silveria）中將は、学校内で発生した人種差別的落書きの問題に向き合う際、学生らに対し、米空軍の強さの根底に兵員らの多様性があることを明確に指摘し、その価値を損ねる言動、すなわち他者を尊重しない言動を絶対に許さない旨、指揮官として、一人の人間としての信念と迫力の溢れる訓示が注目を集めた²¹。とはいえ、様々な関心から注目されたものの、その訓示本来の趣旨は、多様性を精強さの核心と心得よ、というものであった。移民国家である米国に固有の事情と矮小化して捉えるのではなく、未知なる戦略の案出にとって極めて重要な環境条件として意識すべきであろう。

無人機がエア・パワー戦略にどう影響を及ぼすか、についても、この意味で、諸説のうち主流と亜流を先入観で差別的に扱うのではなく、それぞれの内容を機能的に精査することこそ必要である。総じて、エア・パワーとは空を使い戦闘を優位に進める能力のことであり、その時々々の技術水準に応じ、たとえば宇宙やサイバーなどを駆使し、空の使い方を柔軟に案出・実現する能力までを裾野に入れた概念である、というように意識すべきであろう。

(2) 無人機開発の技術伝播と脅威認識

攻撃能力を有する無人機 (armed drones) を現在までに保有するようになった国は 30 を超える²²。これを輸入ではなく自ら開発する能力を有する国は、保有国よりは限られているものの、世界に拡散しつつある。また、国に限らずテロリストなど非国家主体でも無人機を保有することは比較的容易である²³。

現在、この技術伝播と拡散という面で特徴ある展開を見せるのがトルコである。トルコは 2010 年代の後半に無人機技術の先端に急速に躍り出た。その要因となったのは、英国からの技術移転であると指摘されている。トルコは隣国シリアへの軍事介入を進めるなか、攻撃型無人機バイラクタル TB2 (the Bayraktar TB2) を駆使して大きな成果を挙げている。このバイラクタルは、トルコ軍が自国内をはじめ、隣国シリアやイラクへと越境し、標的殺人から近接航空支援 (CAS) まで、幅広く活用していることが報じられている²⁴。2020 年 2 月には、シリアのイドリブ県 (Idlib province) においてロシア軍によるものとみられる空爆によって 33 名のトルコ兵が殺害された後、トルコ軍は「春の盾作戦 (Operation Spring Shield: OSS)」をアサド政権と親イラン軍閥に対して展開している。当時、イドリブ県の上空はロシアが航空優勢を取っており、トルコ軍は F-16 を OSS に投入することができなかったが、無人機を有効活用することで数日のうちにアサド軍を駆逐した。具体的には、アサド軍は将兵 3,000 名、戦車 151 両、ヘリコプター 8 機、無人機 3 機、スホイ (Su-24s) 2 機を含む戦闘機 3 機、軍用車両 100 両、防空システム 8 基、キャノン砲 86 門、司令部 1、が被害を受け、退却を余儀なくされた²⁵。

バイラクタルの開発元のバイカル社 (Bykar) の若き最高技術責任者 (CTO) はマサチューセッツ工科大学 (MIT) の修了生であり、バイラクタルを開発する際の最大の難関であったミサイル・ラックを、米国ボーイング社の F-18 (the Hornet) のミサイル・ラックの開発元である英国企業から技術移転を受けて克服したことが報じられている²⁶。

このバイラクタルのように、中高度を 24~36 時間程度の比較的長い航続時

間運用されるタイプの（翼長 10-20m 程度の）中型無人機は、MALE と呼ばれ、各種作戦において主力の無人機となっている。このように、独自開発から実戦での多様な作戦における運用までがわずか数年のうちにできるようになってしまうのである（開発経過としては旧型機 TB1 の 2007 年の開発着手から 2009 年の初飛行、2014 年に TB2 の初飛行と 2015 年末に最初のミサイル試射成功）。

他方、（投擲滑空やミサイルポッドから射出可能な程度の大きさから掌サイズの）小型のもので、低高度を低速で運用するものは、レーダーで発見識別が困難であることを特徴とする。これらは LSS（Low, Slow and Small²⁷）と呼ばれる²⁸。こちらのタイプは、MALE より更に手頃に開発・製作が可能である。総じて、MALE や LSS は、いずれも、有人戦闘機のような先進の技術を必ずしも要しない。

2 無人機の実戦運用の場としてのウクライナ東部紛争

従来、実戦における無人機の運用については、プレデター（MQ-1: Predator）やリーパー（MQ-9: Reaper）のような遠隔操縦の無人攻撃機²⁹（無人爆撃機）による殺人や破壊がイメージされてきたはずである³⁰。同様に、グローバル・ホーク（RQ4: Global Hawk）のような偵察機もまたよく知られている。

とはいえ、こうした比較的著名な無人機さえ、具体的にどのような戦略に基づき運用されてきたのか（いるのか）、つまりその戦略上の機能面での具体的把握についてまでは、未だ十分に進んでいないのが実情である。このことには、戦術や作戦の秘匿性の要請³¹のほか、科学技術の進展が早く、把握が追いついていないことなどにも原因はあるが、一方で、実用される無人機は、必ずしも製品として完成しているものに限られず、市販の部品を組み合わせた自作品（技術レベル的には最新技術に拘らないジェネリックな無人機とも言えよう）が普及していることも見過ごすべきでない。

こうした事情が典型的に見られた事例として注目されているのが、2014 年を端緒とする東部ウクライナ紛争である³²。この紛争において、ウクライナの中央政府と、ロシアの支持する反政府勢力の対立が激化するなか、無人機は戦略上重要な役割を果たしたと言われている。

(1) 開戦当初から無人機導入までの流れ

欧州第 2 の規模の陸軍を擁するウクライナ政府軍は、2014 年の武力紛争開始時において無人機を有していなかった。当時、ウクライナ軍はソビエト時代

の無人機 Tu-141 の復刻を現実的な選択肢に入れていたと報じられており、軍事技術における絶望的な状況象徴するものであった³³。ウクライナ軍はソ連崩壊後四半世紀にもわたって慢性的な汚職と財源不足に悩まされてきたといわれる。対する反政府軍は、近代化を推し進めるロシア軍³⁴からの強力な支援を得ていたことから、両陣営の先進兵器をめぐる状況は対照的であった³⁵。

戦闘が激化し、市民を巻き込みながら戦域が拡大していった。例えば 2016 年の対車両地雷の被害者数は、ウクライナが世界最多であった。和平の見通しも立たないまま 4 年が経過した頃、特殊な傾向がみられるようになった。DIY で無人機を制作する集団が政府軍側に現れたのである。彼らは無人機を独自に開発するにとどまらず、無人機を用いた戦術も併せて発案するようになった。キエフの米国領事館で駐在武官を務め、ウクライナ政府軍の指揮統制機能を担うデルタ・センター(The Delta Centre)軍事顧問を兼務した米国陸軍のトビー・シェパード中佐 (LTC Toby Shepard) は、ウクライナの無人機開発や運用は、文字通りゼロから着手して、ついには独自の無人機システムを構築するまでになったと評している³⁶。

デルタ・センターは、ウクライナ軍事大学 (Ukrainian Military Academy) の卒業生らおよそ 40 名からなる。主な任務は、無人機による情報収集に要する時間短縮を追求し、前線情報のリアルタイム把握を可能にすることである。その情報は、米国の駐在武官 (US military attaches) とも即時共有することで、反政府軍を支援するロシア軍の能力把握にも用いられたのである。シェパード中佐によれば、小型無人機の性能面においては、米国のものを凌ぐ優れたものも最終的には見られるようになったという。彼はデルタ・センターの面々を「究極のオタク分隊 (the ultimate geek squad)」と称したほどである。

ウクライナの国営軍事企業であるウクルオボロンプロム (UkroboronProm) の外国投資部門のデニス・ギュラク (Dennis Gurak) 副部長は、デルタ・センターの強みは、数学、物理、工学といった、いわゆる理系の優秀な学生³⁷を確保していることであるとし、ギュラク自身は国際経営やマーケティングの専門家であると自負している。ウクライナの軍需産業は、ソ連時代には長らくロシア経済を支えてきた。戦車、ロケット、ミサイル、ヘリコプターなど、ロシアの軍事アセットの多くはウクライナにおいて生産されてきたのである。そのようなウクライナには、科学技術を応用し自作するような気概と能力を十分に有する優秀な人材が豊富に集うという雰囲気や土壌のようなものがあつたことが想像される。こうしたことは、ものづくりや実践的な勉学を大切にし、知識や

教養を尊敬する風土や雰囲気醸成された、技術立国と言われたかつての日本から連想するとわかりやすいかもしれない。ギュラクは、米国と中国のほかに、わずか2年の間にドローン産業を確立するまでになる国は、世界にウクライナただ一国であろう、とも述べている。

こうした評価の妥当性はともかく、いずれにしても短期間に無人機の実装にまで漕ぎつけた実態はこのようなものである。その背後には、上記のシェパード中佐を含む、米軍が主導する250名ほどの軍人からなる「ウクライナ多国籍統合教練集団 (Joint Multinational Training Group-Ukraine: JMTG-U)」が、ウクライナ西部に所在するヤヴォリウ戦闘訓練センター (the Yavoriv Combat Training Center) において、小型無人機レイヴン (RQ-11B: Raven, 大型種のカラスの意) の飛行訓練をウクライナ政府軍に対して実施していたことも意識されている。

このレイヴンは、先に見た LSS カテゴリーの無人機である。4ポンド (2kg弱) ほどの重量で、1~1.5時間ほどの滞空が可能であり、1人の人間が片手で投擲滑空させることができる³⁸。レイヴンは米国の無人機メーカー・エアロバイロメント社 (AeroVironment) が、2001年以來のべ1,000機ほどを出荷してきた汎用品である。2016年7月には72機が米国公式のウクライナの政府軍支援の一部として供与されている。ただし、この支援は、レイヴンの航続飛行距離の限界や、カメラ映像データのハッキングへの脆弱性などが主な原因となり、反政府軍のミサイル発射装置 (batteries) を攻撃できる能力を実質的には有してはならず、したがって直接的にウクライナ軍を実効的には支援できていないことが繰り返し指摘されている。むしろそのことが、当時のオバマ政権がウクライナへの介入を反政府軍に対し直接的に攻撃的なものとならない程度の穏便なものにとどめようとしていたことに即していた、とも解されている³⁹。

いずれにせよ、こうした機体や教練の提供も受けつつ、無人機の開発と運用の技術がウクライナ政府軍において急速に発展した。民間の無人機自作技術も発展を続けており、キエフを拠点とするマトリックス社 (Matrix UAV) はウクライナの無人機制作の中心的企業として活発化している⁴⁰。そのほか、3Dプリンターを用いて製造可能な無人機開発に成功したメリディアン社 (Meridian Corporation)⁴¹など、受け入れ側にも一定の技術力の素地が必要であるとしても、この導入と実用の簡便さ (重工業や大規模な工場を必要とせず、航空工学等の知識と一定のプログラミング技術で足りる) は、無人機というアセット特有の性質と言えよう⁴²。また、より今日的な動きとしてインターネットを通じ

たクラウド・ファンディング（People's Project.com）によって資金を集め⁴³、民衆に支持された形を示しつつ、無人機の自作に成功している⁴⁴。

（2）最新技術と後発者の闘い

2017年3月23日、反政府軍はウクライナ政府軍の当時世界最大規模とも言われた弾薬庫（約14万トンの火薬を保管）を、1機の小型無人機から焼夷手りゅう弾を投下することで爆破に成功した⁴⁵。この事案に象徴されるように、開戦当初よりロシアに支援された反政府軍は無人機の技術においても政府軍を上回り、攻撃目標の特定などにおいて優位が続いた。こうしたことを打開すべく、政府軍は在ウクライナ米国大使のステイブン・ピファー（Steven Pifer）に対し、ロシア製無人機のレーダーを妨害するための機材や、攻撃能力を外した状態のものであってもリーパー⁴⁶等の米国製無人機の供与を求めている⁴⁷。

こうした要請に対し、米国の支援が即座に行われるわけではなく、自作無人機の開発が行われることになっていった。開発における一つの大きな課題は、滞空時間を可能な限り伸ばすことであった。反政府軍は、モスクワの KRET 社（Radio-Electronic Technologies Corporation）のような、この分野での最新技術を駆使する企業の電波妨害技術や GPS 無力化技術、さらにはクラシュナ II 等の車載式対無人機システムなどを駆使しており、これに対抗する技術が求められていたのである。

偵察機能に止まらず、航空優勢を取ることもなく、敵陣深くに所在する重要施設をいきなり爆撃し、しかもそれが民間レベルのジェネリック技術に基づく自作機器のレベルで実現可能となれば、コスト⁴⁸は異次元の低さということになり、リスクについても無人であって攻勢側の人命が失われることはないとするれば、この攻撃を手控えさせることは至難の業である⁴⁹。

他方、コストやリスクが低いと考えられがちな無人機であるが、遠隔操作型の無人機の場合は、連絡通信電波を傍受されることで基地局を特定してしまう危険もある。実際、ある関係者によると、ロシアに支援された反政府軍の電子戦能力によって基地局が特定され、攻撃を受けて操縦者が殺害されたという⁵⁰。つまり無人機を成り立たせる技術自体については、技術レベルの格差が比較的小さく、規模の小さな支援を得て追跡可能な分野でもあるということが言えようが、実戦における応酬においては、関連技術である電子戦の分野における先行者に有利であるという点は残る。そこで、通信妨害対策⁵¹や、基地局との通信自体を要しない自律型無人機の開発が争点となる⁵²。

3 重要施設への無人機の飛来と対策

(1) 越境攻撃

2019年9月、サウジアラビアのアブカイク (Abqaiq) 及びフライス (Khurais) それぞれに所在するサウジアラムコ社の石油施設攻撃に用いられたのは、周知のように無人機であった⁵³。投入された無人機は 18 機、これにイラン製巡航ミサイル (Cuads-1) 7 機が加わった。

原油価格や関連する金融商品等に影響を与えたこの攻撃の特徴は、サウジアラムコ石油施設の防空体制が全く機能しなかった点にある。防空能力の盲点を巧みに突いた作戦であり、しかも無人機 1 機あたりの費用は 1,500 ドル程度という、極めて費用対効果の大きなものであった⁵⁴。

サウジアラムコ石油施設はペトリオット (PAC-3) のほか、エリコン社製の 35mm 対空機関砲によって守られていた。後者にはスカイガード・レーダー (Skyguard) が装備されていたが、低空を飛来する無人機と巡航ミサイルを捉え迎撃することはできなかったのである。容易に想像できるとおり、こうした攻撃と防空体制の不備からは、日本の防衛についても即座に不安が指摘されることになる。河野太郎前防衛相は「ゲーム・チェンジャー的な要素もある」として、無人機の脅威に言及している⁵⁵。

防衛装備庁はこうした脅威に対し、主に 3 つの対策を試みているという。(1) 高出力エネルギー兵器 (レーザー兵器) によるキネティックな破壊、(2) ジャミングによる情報通信妨害による無力化、(3) 無人機の発する電波を捉え早期に対応可能とする自動警戒管制システムの開発である⁵⁶。

大きな注目が集まったケースとしてサウジアラムコ社の石油施設の事例を挙げたが、こうした攻撃の標的となりうる施設は、他にも多々ある。総じて、国や地域の正常な政治経済の営みを支えるインフラや、場合によっては多国籍企業などの巨大な影響力を有する民間企業なども、社会の混乱を誘引し機能停止へと導くものとして、およそあらゆるものについて危機意識を持たねばならない。イスラエルがイラクのオシラクを攻撃し、原子力施設の建設を未然に防いだとされる作戦⁵⁷を筆頭に、今後のこととして具体的に指摘されているものとしても、たとえばサウジアラビアにおいては石油施設のほかにジュバイル (Jubail) の淡水化施設 (desalination plant) などは関係者にとって長年の懸案事項となっている⁵⁸。

日本に関して言えば、原子力発電所はもちろん、ダムや幹線道路、鉄道や空港など、およそあらゆるインフラは、いつどのような形で狙われてもおかしく

ない。このことは、テロリズムの文脈でもさることながら、仮想敵を想定するような国家安全保障（national security）の文脈においても、とりわけ戦時においてどのような体制を成すかまで視野に入れ、具体的に強く意識することが必要である。

こうした点に警戒しなければならない直接的な原因は、無人機が小型であって鳥などと間違われやすく、また、レーダーの覆域外となる超低空を飛行し続けることで、越境し領空に侵入することを可能としている点にある⁵⁹。（◎専用レーダーなくして LSS タイプ（文末図 4）の無人機には対応困難であり、対応するとしても常時監視は効率が悪い）

（2） テロないし騒乱

英国では、ヒースロー空港に次ぐ規模のガトウィック空港⁶⁰において、2018年12月19日からの3日間、航空機の運航が実施できず空港が機能不全に陥るということがあった⁶¹。原因は、2機の無人機が滑走路近くに侵入⁶²したとされるものの、結局のところ犯人は見つからず、捜査は打ち切られている⁶³。

英国政府はこの事件を受け、じ後同種の事件を未然に防ぐ体制を整えるとしたものの、この事案の前年においても滑走路上空に現れた無人機との接触未遂事故が発生している。安全対策の基本方針として、乗客をはじめとする民間人の生命を重視すれば、経済面での不自由を強いらざるを得ないという原理からは逃れられず、対策に決定的に理想的な答えは望めない（国民の生命身体の安全と、経済活動の自由のトレードオフ）と言わねばならない⁶⁴。

4 考察

実戦における無人機の活躍を目にしたならば、軍という軍は、もはや無人機なしではいられない。有識者たちは、米軍のイラクやアフガニスタンにおける無人機の活用も踏まえ、無人機の有用性を最大限に評価している⁶⁵。中国も2010年代初頭以降、無人機の実戦配備において大きな前進を示している。さらに最近の展開は著しく、2019年10月の軍事パレードにおいて公開された攻撃型ステルス無人機 GJ-11（2013年に初飛行に成功している攻撃型ステルス無人機・利剣 Sharp Sword の改良版とされる）の実戦配備に次いで、今年2020年10月には、着上陸侵攻作戦（amphibious landing operations）において死活的な役割を果たすことを期待されるとするスウォーム戦術用小型無人機（全長1.2m程のサイズで、CH-901に似た形状とされる）を、同時に48機、合計で最大200機まで射出可能なランチャーを用いて、あるいは、空中射出可能な

ヘリコプターによる実証実験を、人民解放軍が実施したことを中国メディアが報じている⁶⁶。また、今回実証実験が行われたヘリコプターのほか、車両や揚陸艦、さらには戦闘機からもスウォーム戦術用の無人機の射出は可能と言う⁶⁷。台湾や尖閣のほか、西沙諸島や南沙諸島などにおける有事の際に具体的に脅威となることは容易に想像できることから、諸国に対する威嚇の意図で実戦配備と開発が行われているものと意識すべきであろう。

また、ロシアもスウォーム戦術用の無人機を実戦配備していることが国営タス通信によって報じられている。今年2020年9月、のべ8万人の兵員が参加して実施された大規模国際軍事演習「カフカス2020 (Kavkaz 2020)」において、南部軍管区 (Southern Military District) 部隊が配備しているForpost、Orlan-10、Eleron-3などの無人機によって高度100～5,000mの範囲で展開されるスウォーム戦術⁶⁸が明らかにされており、その機能は、従来は有人機によって担われていた索敵を実施することで、乗員を危険に晒すことなく、速やかに、かつ、精確に標的を発見し識別することを可能とするものである⁶⁹。

(1) 無人機と政治的強制力

以上の事例からも明らかのように、無人機を加えたエア・パワー戦略には、圧倒的な戦力—自軍は損害をほとんど被らず敵を撃破するほどの能力—を実現する可能性が秘められている。

先述のクラークによるエア・パワーの構成要素の枠組に従って整理するならば、「政治的強制力(political coercion)」に寄与するものとして位置付けることが可能であろう⁷⁰。典型的には、攻撃に伴う自軍への何らかの被害が想定される場合、さらには一定以上のレベルの戦力に対しては、容易には手出しできないという意味で、(通常兵器による)拒否的抑止 (denial deterrence) という伝統的抑止力を期待することが可能になる。

この点に関しては、近年の無人機の技術発展を受け、伝統的な抑止理論への修正と、新たな抑止機能の可能性を論じる研究も出始めている。また、抑止の面での無人機の可能性を論じる前提として、従来は現実味のないものとして扱われてきた、有人戦闘機との空中戦における無人機の役割についてさえも認識を改める議論もある。従来、無人機の役割は、監視や偵察を主としつつ、アフガン戦争以降は標的殺人 (targeted killing) においても広く用いられていることが知られ、さらに近年においては先述の通りサウジアラムコ社の石油施設を破壊するなど、その爆撃能力へも注目がなされてきた。こうした認識に止まらず、米国 CSBA のジョン・スティリオン博士 (Dr. John Stilion) は、2015年

に発表した論考⁷¹のなかで、近未来の航空優勢（air superiority）の在り方を検討している。その前提として、戦闘機同士の空中戦において決定力を持つ兵器の変遷を実証的に整理し、以下のような結論を得ている。

ステリオン博士は、戦闘機同士の闘いにおいて、1960年代には圧倒的に背後からのガン・アタックが主流であったものが、70年代には背後からのミサイル攻撃がこれに代わり、さらに80年代には全方位ミサイルが、そして90年代以降は可視範囲外（Beyond Visual Range: BVR）からのミサイル攻撃が主流化していると指摘している⁷²。こうしたデータに基づき、ステリオン博士は、今や航空格闘戦において、コクピットに人が搭乗している意味は急速に失われつつあると結論付けている⁷³。

この論考に先立ち、米軍の装備体系をめぐる興味深い話題を提供したのが米海軍長官（the Secretary of NAVY）の職にあったライ・メイバス（Ray Mabus）であった。彼は、F-35が、「米海軍が配備する最後の有人爆撃戦闘機（manned strike fighter aircraft）になることはほぼ間違いないであろう」と明言したのである。この発言を受けて、次世代ないし近未来のエア・パワーをめぐる議論はにわかには沸騰した。無人戦闘機が果たして有人戦闘機をどこまで代替できるのか、という問題意識に止まらず、むしろ新たなエア・パワーはどのような姿となるのかをめぐり、無人戦闘機に期待が集まり今日に至っている。

なお、有人戦闘機が引き続き優位と考えられがちな空対空の戦闘においてさえ、もはや無人機に有人機は敵わないとする研究もある。2016年6月、米国のサイバネティクス社（Psibernetix）社が開発した戦闘機操縦 AI システム「アルファ（ALPHA）」は、米空軍のエリート戦闘機パイロットとの複数回の空対空戦闘シミュレーションのすべてにおいて圧勝している。注目すべきは、この戦闘機パイロットを務めたジーン・リー元大佐（Col. Gene Lee）は、1980年代より継続的にこの戦闘シミュレーションに参加しており、過去との比較に基づいた感想を述べていることである。リー元大佐によると、「アルファ」はいまや「敵の意図を読み取り、飛行中の敵機の姿勢の変化や、ミサイル発射を予測して瞬時に対応」できるレベルのものであり、アルファに人が勝利することはおよそ不可能であるという⁷⁴。

こうした、無人機の戦力（force）に注目した議論に止まらず、スタンフォード大学フーパー研究所のアミー・ジガート（Amy Zegart）は、無人機が政治的強制力（political coercion）を発揮しうるまでの技術革新の段階にあることこそ注目されねばならないと指摘している⁷⁵。ジガートの指摘は、粗削りであっ

でも重要な指摘である。伝統的な抑止論（合理主義を前提とする）においては、進化生物学（evolutionary biology）の知見を前提に、負担の大きな威嚇は信ぴょう性が高いとしてきた。これは「高コスト・シグナル（costly signaling）」と言われる考え方であり、その典型例としてトリップ・ワイヤ（tripwire）がある。在日米軍にもこのトリップ・ワイヤとしての役割が期待されると見る立場⁷⁶もありうるなか、ジガートの研究では、「高コスト・シグナル」であっても信ぴょう性が高いと高を括ることはできない、との主張がなされている。他方、逆に無人機の場合は、いわば「低コスト・シグナル」の威嚇であるにも関わらず信ぴょう性ある威嚇として有効であるとし、その根拠として3つの機能を指摘している。すなわち無人機においては、(1) 威嚇の継続性（sustainability in long duration conflicts）、(2) 高精度の確実な攻撃力（certainty of precision）、(3) 戦争におけるコスト認識の変化への順応性（changes in the relative costs of war）という3つの機能が期待できるため、とりわけ相手と同レベルの無人機技術を有しないような場合においては、抑止力を含めた大きな政治的強制力（political coercion）が期待できる、とする立場である。

相互確証破壊（Mutual Assured Destruction: MAD）戦略に典型的に表れるように、核抑止理論のそれぞれは、いずれも何らかの実効面や倫理面などにおける問題⁷⁷を抱えている⁷⁸。そこへ、無人機にこのように強力な抑止力が期待できるとする議論が都合よく飛び出せば、如何にも取ってつけたような怪しさは否めない。しかしこれを一笑に付すのではなく、真剣に取り組むことができるかが、新しい安全保障理論の課題として問われている。前出のメイバスの主張も、これからは無人機の時代である、ということそのものを主張したものというより、固定観念や先入観に囚われず、柔軟に機能に特化した戦力把握なくして軍の精強さを保つことは不可能である、といった本質的認識を示したものと理解すべきであろう。

いずれにせよ、無人機による抑止の議論は、無論、無人機抑止が核抑止を代替できるというような安易な議論ではない。重層的に威嚇を構想することで、抑止戦略に資する可能性がある、といった戦略的趣旨のものである。この点、米国のCSBAも2020年4月に『検知による抑止（Deterrence by Detection）』と題する報告書を発表している。そのなかでCSBA所長自ら、この標題にある「検知による抑止」という新たな戦略構想を打ち出し、その早期実施を訴えていることから、力の入れようがうかがわれる⁷⁹。この報告書は、現状変更勢力として中国とロシアを具体的に示しつつ、この両国の領土拡大行動に備える

国際協調の重要性を説いている。中口の行動のなかでも、極短期に実施されることが予想される領土取得等の既成事実化（fait accompli）の抑止を強く意識し、常時監視を怠らない体制（real time situational awareness）を既存軍備の配置と運用を工夫することで新規の軍備増強を要することなく実現することが提案されている。西太平洋と欧州を、米国と協同する関係国の既存無人機のなかから、それぞれ 46 機の非ステルス機（全体で 92 機）に担当させる⁸⁰ことで、いわば監視されている状態を中口に常に意識させ圧力をかけようとする戦略である⁸¹。これは、いつ仕掛けてくるかもわからないような形で隙をついて（無人の）領土を取得しようとする動きに対し、有人機で応じたのでは疲労や集中力維持などの負担が大きくなることを軽減すべく構想された、無人機ならではの特徴を活かした戦略とも言えよう。

（2） 縦深性を更に突出させるスウォーム戦術の優位性と洗練化

無人機は攻勢側が地対空ミサイルの策源地を特定するための囷として、実践上極めて有効に用いられている。この手法は、レバノン戦争のベカー高原の戦闘においてイスラエルがその圧倒的な有効性を示して以来、無人機を用いた作戦の基本形として米軍の闘いにおいても踏襲されており、これに向き合う側に備えがない場合にその効果は絶大である（例えば 1991 年の砂漠の嵐作戦の緒戦⁸²）。この手法を用いられてしまうと、敵航空機を迎撃することが著しく困難になってしまうばかりか、策源地攻撃によって我の防衛能力を大きく損じられてしまう恐れがある⁸³。したがって、こうしたことに適切な対策のない限りは、ひいては、その対処能力の無力化の見込みから、抑止力についても期待できない戦力と言わざるを得なくなるであろう。

1 つには、識別能力を高めることで、誤って無人機を対象とする地対空攻撃を行わないようにするという対策が考えられる。ただしこれには、無人機自体に攻撃力が備えられた場合には、識別の意味が無くなってしまいうという戦術的課題がある。無人機の航続距離や航続時間における安定性や信頼性が向上している今、これに攻撃能力を備えること（lethal drone）は普及しつつある⁸⁴。

また 1 つには、大量の無人機が、しかも攻撃能力を有したものを含めて群体（スウォーム）を成し、鳥群や魚群のように襲い掛かる攻撃が実施される場合に、これをどうするかという点も検討しておかねばならない。この点に関連して、無人機の運用方法の次第では、攻守いずれを選択するべきかの判断が変わってくるということが考えられる⁸⁵。このことは、縦深性というキーワードを意識すると一層明確になる論点である。エア・パワーの有用性につき、一定の要件を前提

としつつも、一般的に、その攻撃力が防御力を上回るとする理解は、古典的な陸戦において防勢側が優位とみなされる場合も見られたのと比して、およそ通説化したとされた時期があった。すなわち、エア・パワーは攻撃に用いてこそ威力を発揮するのであり、その理解を外すと十分な戦略論を展開することはできないのである⁸⁶。

もともと、無人機に限らず、現代のエア・パワーが能力を発揮するうえでは、そもそも空と言うドメインのみを見ていたのでは不十分であり、とりわけ、地上や海上、さらには衛星からの支援（主に情報通信）は、少なくとも現状において不可欠である⁸⁷。したがって、攻勢側が防勢側に対し優位に立てるか否かについても、この点を抜きに抽象的に想定することはできない。つまり航空優勢の考え方が、空だけを見ていたのでは完結できない時代であり、人工衛星の整備はその意味でも注目されているのである。であればこそ、自律型で互いの不完全な取得情報を補い合いながら行動でき、すなわち他に依存しないスウォーム戦術は期待され、逆にそれを持たれてしまうと大きな脅威となる。

また、攻勢側と防勢側のいずれをとるべきかについては、依然として状況や環境、すなわち戦争の文脈に大きく依存する。たとえば市街地など市民生活が直接依存している地域への戦略爆撃が民主国家に対しては戦闘の意思を大きく挫く効果を有する（すなわち攻勢側が優位）とする考えを展開した戦略家は少なくなかったが、その様相も現実には一様ではなかった。逆に、こうした場合に攻撃を行うことは、人道法への抵触はもちろん、仮に実現したとしても戦意喪失よりもむしろ反抗意識の高揚へとつながる場合も多々ある。加えて、戦略爆撃には多大な費用がかかるため、費用対効果という面からその効率を考えるならば、場合によっては攻守の守の側に分がある、ということになる。

こうした、エア・パワーにおける攻守の長短を決定づける大きな要素の1つが、防衛側における縦深性の度合い、ということになるであろう。縦深性の度合いについては、言うまでもなく地形や要衝の配置という地政学的な要因によって決まるということが意識されてきたが、突き詰めると、必ずしも地形や距離といった物理的な要素が決定的というわけではない。敵陣深く攻め込む場合に、深く斬り込めば斬り込むほど、反抗の程度は増し、攻勢側の被害は甚大となり、総合的に時間と費用がかさむことに縦深性のエッセンスはある。極論すれば、敵地に300km侵入する間に3度の反撃に遭う場合と、100km侵入する間に10度の反撃を受ける場合とでは、攻勢側から見れば、言うまでもなく後者の方にこそ縦深性があることになる。

このように整理すると、無人機は文字通り人の被害が無く、金銭コストも著しく低いアセットであり、そのうねスウォームのように数で相手を圧倒する作戦をとった場合に、その相手方としては打つ手がない、という結果になる。つまり無人機は使い手を消耗させないのである。これに対し、無人機を迎撃するミサイルや、その捕捉のためのレーダーについては、従来のものでは対応が困難であることは、アブカイク等の事例からも明らかであり、ましてやスウォームの規模が大きくなれば、およそ無力に等しいと言わねばならない⁸⁸。

既に見た通り、防衛装備庁は無人機対策として、高出力エネルギー兵器や、ジャミング兵器の開発と運用を想定し、研究を進めている。しかしレーザー兵器に対する策源地攻撃がスウォームによって実施された場合、敵機を撃ち落とせども、そのことにより策源地が特定され、数で優位を成す無人機によって容易に無力化されてしまうこともまた、想定しなければならない。

この無人機スウォームの運用術は、更に本格的な開発へと歩みを進めている。突出した例として、昨年4月、英国空軍（The Royal Air Force: RAF）は第216飛行隊（No.216 Squadron）を新設し、無人機のスウォーム技術の実証実験を担当することとなった⁸⁹。その具体的運用の一つとして、F-35とタイフーンからなる飛行編隊を先導する僚機（wingman）としての無人機スウォームを編成し、敵A2/AD下でのおとりとしての機能を主に果たすことで、突破力の発揮に貢献することが期待されている⁹⁰。この取り組みは、「想定を上回る成果」を期待させるものとして評価されている⁹¹。この作戦運用の原理は、既に見た通り各種戦役において実証されたものであり、その意味では上記のような過去の先例から着想されたものであると推定される⁹²。

こうした運用術については、今のところこれといった対策が見出されていない⁹³。しかも、スウォームの規模が大きくなればなるほど、対策は困難となる。そして具体的に想定されているスウォームの規模は驚くべきものである。2018年の段階で、米国及び中国はそれぞれに200機規模のスウォーム飛行の実証実験に成功していることが報じられており、両国とも、数年のうちに1,000機規模の実証実験へと開発を進めることを企図していると報じられていたものが、実際にその規模の制御に成功している⁹⁴。

そのスウォームを成立させる重要技術の1つが、無人機間の相互通信（local communication）であり、その妨害への対策を含めた技術である⁹⁵。基地局との連絡は不要としても、無人機間の電波通信技術がスウォーム戦術を支えることは、規模や世代によらず不変であろう⁹⁶。

(3) 制空や航空優勢の不要と指揮統制アセットの必要性

これまでのエア・パワー戦略のなかで、特徴的な議論を展開してきた戦略家の一人が、ジウリオ・ドゥーエである。ドゥーエの代表作『制空 (The Command of the Air)』は、少なくとも一部からは空軍が無限の可能性を秘めていると目されていたエア・パワーの草創期において構想されたものであった。制空として構想された状態（敵から飛行する能力を奪うと同時に、我が確実に飛行できるよう保証すること）は、第2次世界大戦を経て、その実現可能性の限界を踏まえ、航空優勢（air superiority: エア・パワーが空において、敵のエア・パワーに勝り、敵から大なる妨害を受けることなく諸作戦〔陸海作戦を含む〕を実施できる状態）へとダウン・グレードして追求することが一般的となった⁹⁷。

無人機を用いた戦略においては、制空どころか航空優勢さえも実のところ要しないという大きな特徴がある。無論、敵の支配する空域において作戦を実施することは一般的に困難であるが、無人機の場合、とりわけスウォームを編成する運用方法においては、こうした伝統的な考え方は通用しない可能性が高い。スウォーム作戦のエッセンスは、群体の一部を失ったとしても、群体全体の動きには大きく影響しない堅牢なシステム維持能力にある。たとえばアフリカで渡河するヌーの大群は、その一部がワニの餌食になろうとも、群全体の動きに支障はない。このことは、高性能の航空機が仮に尾翼一つを失えば、飛行機能そのものが失われる脆弱性に比して、システムとして比較にならないほど堅牢である。DARPA がスウォーム戦術に注目する理由は、この点が大きい。空の戦闘様相が著しく変化する可能性が高い⁹⁸。

もっとも、仮に航空優勢の有無からの影響を受けないとしても、既に述べた通り空以外のドメインからの情報通信を中心とする支援が無ければ、有人機はもちろん無人機も機能を発揮することは困難である。この意味で、電子戦能力は引き続き重要であり、それゆえ、基地局や衛星との長距離通信を要しない自律型無人機の開発が期待されるのである。

また、無人機自体の飛行性能にも弱点があることは言うまでもない。その機動力の面で、航続距離や飛行速度に限界があることは有人戦闘機の比にならないほどである。とはいえ、技術は日々進化している⁹⁹。

(4) 自律兵器の先端としての無人機への注目と民生の活用

英国は、2015年までは無人機に対して消極的であったものが、戦略的重要性を意識してその態度を大きく変更したと言われている。先述のとおり、2018年に RUSI は具体的に中国の無人機の現状を客観的に整理するなど、意識を高め

ている。今年 2020 年 4 月には第 216 飛行隊を新設し、無人機のスウォーム技術の実証実験部隊とした。その具体的運用の 1 つとして、F-35 とタイフーンからなる飛行編隊を先導する僚機 (wingman) としての無人機スウォームを編成し、敵 A2/AD 下でのおとりとしての機能を期待されている。

このプロジェクトは蚊の群れを意識して「モスキート (Mosquito)」と名付けられ、上限 20 機のスウォームを一人の運用者が遠隔操縦するものである (すなわち上限 20 機のグループに操作信号を送り、スウォーム内で集団の括りを自動操縦する技術)。この技術は、運用者の数を減らすことで、直接的な人的コスト削減に寄与することが見込まれるものであることはもちろん、運用者の養成に要する時間もコストも削減することを追求する現在の英国空軍の方針にも適うものである¹⁰⁰。つまり、戦闘能力を向上させるだけでなく、そのコストを低減させるといふ、作戦レベルより上位の戦略的目標にも貢献する点を見逃すべきではない。

英国の場合は分かりやすい形で無人機に注目しており、すなわち、遠隔操作型であるという点ではなく、自律型であることが重要なのである。同様に、米国の DARPA は、その自律兵器としての性質がとりわけ明確に表れる運用方法としてのスウォーム戦術を特定研究プロジェクトの対象としている¹⁰¹。これは、スウォーム戦術が、遠隔からの情報や指示を常時得ずともスウォームを構成する個体間で取得情報を共有することで機能発揮できるという意味で、遠隔操作に依存するタイプとの比較において、そもそも堅牢である、という特徴への注目でもある。

現在までに無人機対策として打ち出されている有力策は、主として位置情報や命令信号電波に対する電波妨害である¹⁰²。そのほかにも指向性エネルギー兵器¹⁰³による物理的破壊も構想されるようになってきているものの、実戦配備されているその種の兵器¹⁰⁴が、500 機、あるいは 1,000 機レベルのスウォームに対応できるかについては心もとなく、あるいは、そもそもそうした数の圧倒的優勢を根拠にスウォーム戦術は構想されていると言わねばならない。

そこで、スウォームにはスウォームで対応する、という策を発想する専門家は少なくない。その場合に、既に大きく先行している国が米国と中国ということになる。特に中国については、軍事以外における各種アトラクションにおけるスウォームのデモンストレーションにおいて、既に 2,000 機レベルのスウォームの制御に成功している¹⁰⁵。日本はこの意味で著しく後発の状況にあることを認め、軍事によらず、広く民生一般を視野に、無人機の実用レベルでの技術

開発や運用練度を高めることに注力すべきであろう¹⁰⁶。

その意味では、民間の配達物や各種のアトラクションで無人機を積極的に活用することは必須であるように思われる。近年の事象で言えば、エコカー政策が超低燃費の自家用車エンジン開発を促進したように、無人機を用いたビジネスなどに何らかの税制優遇などを積極的に設定することで、こうしたことは確実に後押しできるものと思われる¹⁰⁷。

小型で、安価で、ジェネリックであり、それ故身近な技術であるために技術革新の芽が豊富であることが、次世代戦闘機に無人機が取って代わると予測されていることの本質であることを忘れてはならない。重厚長大な軍事アセットであれば、これを開発運用できるのは軍に限られるが、先例の形式にこだわらない機能重視の技術が一層注目されている今、まさに軍民一体の技術開発こそ重視されるべきである¹⁰⁸。この場合に、軍事に寄与する技術として事を進めるのではなく、無人機技術の民生における底上げを働きかける形を迫及することが重要である¹⁰⁹。軍事転用されることがなければ、それが最善ということにもなる。

また、戦略的には、アセットの帰属が軍なのか民生なのかということは、むしろ曖昧にすることで、戦力の重層的構成が可能となり、抑止効果の向上を期待できると考えるべきである。重要なことは機能であって、所有や管理などの帰属関係ではない。無論、軍民の別が必要などころではすみ分けを明確にするとしても、レンタカーやカー・シェアリングが自家用車の市場に食い込んできているように、機能を軸に発想し、できることとできないことの峻別を追求するという思考方法が求められている。

おわりに

航空自衛隊へのグローバル・ホークの導入に向けて、2021年3月には導入のための「臨時偵察航空隊」の編成が行われ、いよいよ無人機の本格運用が始まる見通しとなっている¹¹⁰。配備となった後は、運用を重ねる中でエア・パワー戦略における位置づけについても適宜検討と更新を継続することが重要であろう¹¹¹。

本稿において検討したとおり、エア・パワー戦略には、その卓越した突破力を基軸とする機能が想定されており、その中に無人機が加わることで、その戦略の本質は強化される。さらに無人機でスウォームを編成して用いる場合に、その脅威への対策が求められることを見てきた。

加えて、エア・パワー戦略のなかでも政治的強制の機能に無人機が果たしうる役割については、核兵器のような大量破壊兵器による抑止機能に匹敵するか否かではなく、一定の抑止力が期待される段階にある。

そして無人機に限ったことではないが、エア・パワーをはじめとして戦局を左右するほどの決定力を期待される戦力については、その機能面こそ重視すべきであり、固定観念や先入観で新たな発想や運用構想を妨げることなく、創造的に戦略を展開できる組織の環境整備も強く意識すべきであろう。米国における無人機と有人機の代替論争の例に見たように、戦略を新技術が改定してゆくためには、技術そのものに加えて思考の柔軟さを引き出すような環境づくりは必須である。

ゲーム・チェンジャーとしての無人機という場合の全体像は、およそこのように整理されるものである。これまでのエア・パワー戦略を大きく変える可能性を秘めたものであり、その理論上の可能性を超えて、現実に迫りつつある。日本のエア・パワーは、この面において、諸国にこれ以上の後れを取ってはならない¹¹²。

（2021年4月5日受付）

表 1 現代の空戦における 5 類型に該当する主な戦役

I 主戦に先行する予備的戦闘 Preparation of the battlefield	II 近接航空支援/航空阻止 (CAS) / air interdiction to ongoing operations	III 敵正面との戦闘 Primary strategic effect	IV 政治的強制 Political coercion	V 人道支援等の戦闘 外的役割 Other operations (in which air power played no significant combat role, or a humanitarian role)
第一次湾岸戦争 First Gulf War 1990-1991	ソマリアへの米軍の介入 Somalia Intervention by US 1992-1995	アフガン戦争 第一フェーズ Afghanistan War (Phase 1) 2001-2002	米軍主導によるイラクにおける飛行禁止区域設定 US-led no-fly zones campaign in Iraq 1991-2003	ルワンダ内戦 Rwanda civil war 1994
第二次湾岸戦争 Second Gulf War 2003	ボスニアでの作戦 国連保護軍活動期 (end of UN Protection Force (UNPROFOR phase) 1995	リビアでの作戦 Libya operation 2011	ボスニアでの作戦 国連保護軍末期 Bosnia campaign (end of UNPROFOR phase) 1995	米軍のハイチ介入 US intervention in Haiti 1994
	シエラレオネでの作戦 Sierra Leone operation 2000	イスラエルによるシリア空爆 Israeli air strikes inside Syria 2013-ongoing	ロシア軍によるチェチェン分離独立阻止作戦 Russian anti-separatist campaigns in Chechnya, 1994-1996, 1999-2000	イタリア軍主導によるアルバニア介入 Italian-led intervention in Albania 1997
	第二次湾岸戦争 Second Gulf War 2003	イラク及びシリアにおける反イスラム国連合 Anti-Islamic State coalition in Iraq and Syria 2014-2018	コソボでの作戦 Kosovo campaign 1999	豪軍主導による東チモール介入 Australian-led intervention in East Timor 1999-2000
	アフガン戦争 第二フェーズ Afghanistan War (Phase 2) 2006-2014	サウジによるイエメンでの航空作戦 Saudi-led air operations in Yemen 2015-ongoing	グルジアとロシア軍の戦争 Russian war against Georgia 2008	NATOによるマケドニア介入 NATO intervention in Macedonia 2001
	マリへの仏軍の介入 French-led intervention in Mali 2012-2014	南アジア他における米軍主導の対テロ・ドローン作戦 US-led counter terrorist drone operations, South Asia, Somalia, Levant, Yemen, Libya 2010-ongoing	東部ウクライナにおけるロシア軍の作戦 Russian operations in eastern Ukraine 2014-ongoing	仏軍によるコートジボワール介入 French intervention in Côte d'Ivoire 2004
	イラク及びシリアにおける反イスラム国連合 Anti-Islamic State coalition in Iraq and Syria 2014-2018	ロシアによるシリア政府支援作戦 Russian operations to support Syrian government 2015-ongoing		

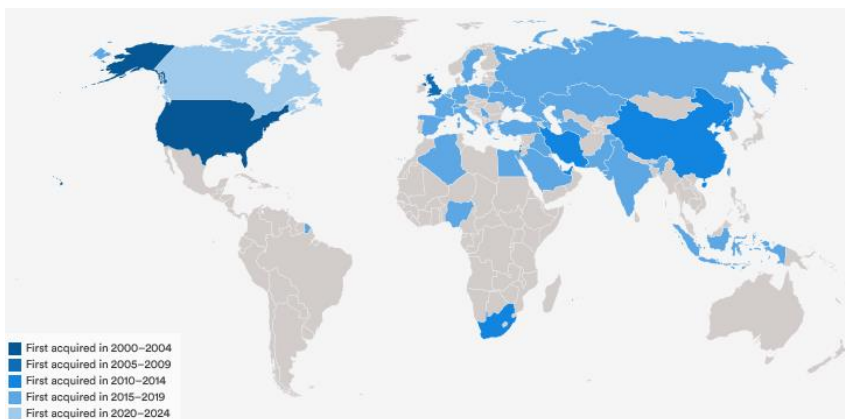
Source: Michael Clarke, “Combat Air Power and Political Effect,” John Andreas Olsen ed. *Routledge Handbook of Air Power*, Routledge, 2018, p. 231: Table 19.1 “Modern air warfare – five categories.

表2 ウクライナの主要な自作無人機と諸元
 (2015年時点の整理)

पीーディー・ワン PD-1: People's Drone 1	両翼 3m 航続距離 30km カメラ画角安定化ジンバル 暗号化映像信号 遠隔距離測定 GPS 信号喪失時における自動帰還機能
アールプイ・ジェット RVJET	両翼 1.95m 航続距離 30km 飛行高度 50-2,000m 高画質カメラ 映像信号長距離送信 遠隔距離測定
オクトコプター Octocopter	航続距離 10km 飛行高度 50-2,000m 光学 30 倍レンズ・赤外線カメラ 3次元ジンバル
ファントム Phantom	飛行高度 5-300m 航続距離 4km 信号増幅装置

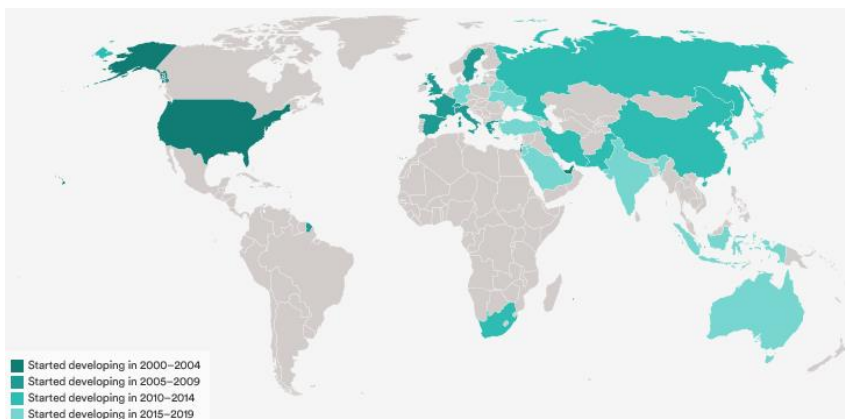
Source:<https://www.defenseone.com/technology/2015/03/ukraine-tomorrows-drone-war-alive-today/107085/>.

図1 攻撃能力を有する無人機を保有する国



Source: <https://www.newamerica.org/international-security/reports/world-drones/who-has-what-countries-with-armed-drones/>.

図2 攻撃能力を有する無人機の開発国



Source: <https://www.newamerica.org/international-security/reports/world-drones/who-has-what-countries-developing-armed-drones>.

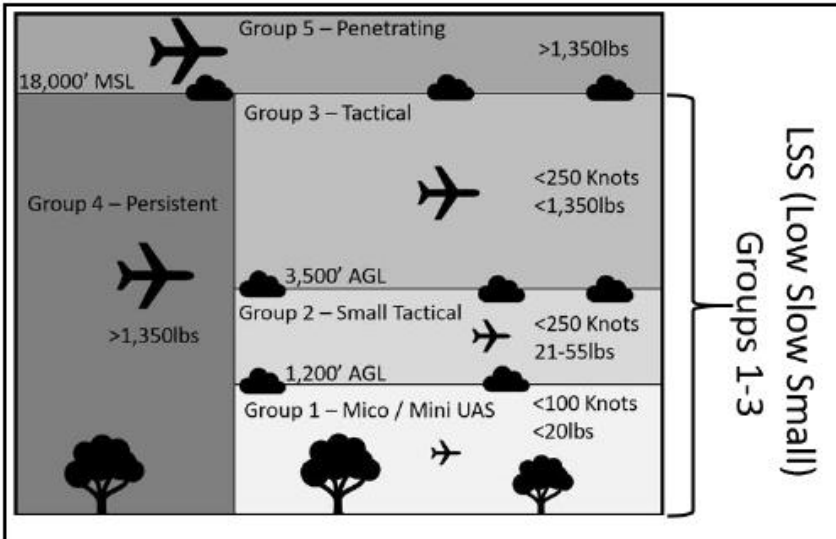
図3 人民解放軍によるスウォーム作戦の実証実験映像

(動画ではこの射出後に空中で固定翼が開く)



Source: 「蜂群 (swarm)」中国電力研究所 (China Electronics Technology)、2020年9月、https://www.youtube.com/watch?v=JUg5GZqtkaA&feature=emb_logo.

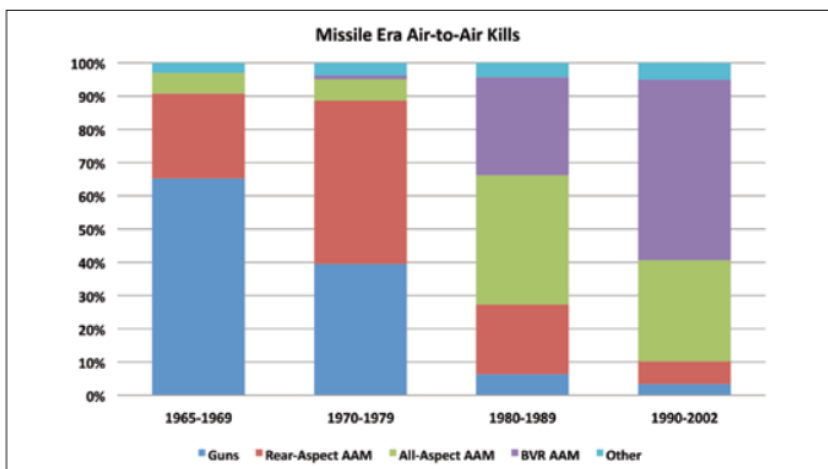
図4 無人機の種類



Source: US Army MAJ Jason M. Kowrach, "US Army Counter-Unmanned Aerial Systems: More Doctrine Needed," School of Advanced Military Studies, US Army Command and General Staff College Fort Leavenworth, KS, 2018, p. 5, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1071111.pdf>.

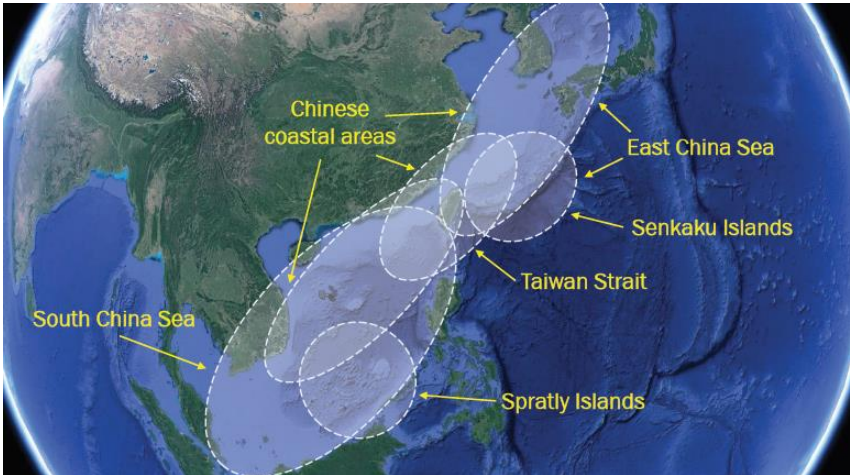
図5 戦闘機同士の空中戦において決定力を持つ兵器の変遷

FIGURE 1. MISSILE-ERA AIR-TO-AIR KILLS



Source: John Stillion, *Trends in Air-to-Air Combat: Implications for Future Air Superiority*, CSBA, 2015, p. ii.

図6 西太平洋において提案されている無人機監視範囲



Source: Thomas G. Mahnken et.al, Deterrence by Detection: A Key Role for Unmanned Aircraft Systems in Great Power Competition, CSBA, 2020, p. 30.

図7 上海における2,000機のスウォームによるデモンストレーション



Source: <https://www.youtube.com/watch?v=Zh3·Mvrp1Lc>.

図8 アセット毎の自律性の度合い評価（spectrum）

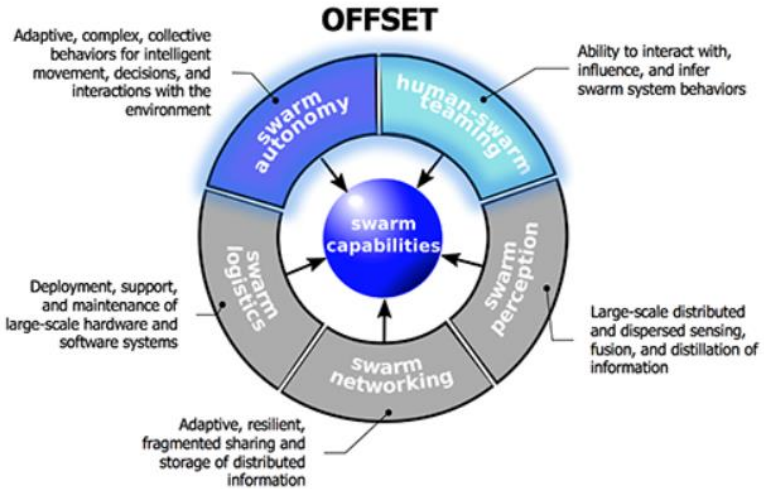


*右へ行くほど人の介入を要さない。左端より「人が直接操作（SA80 狙撃ライフル）」「人が遠隔操作（ヘルファイヤ・ミサイル）」「部分的に自動操縦（ファランクス）」「自律システム（タラニス）」「高度自律システム（次世代）」

Source: Peter Burt, *Off the Leash: The Development of autonomous Military Drones in the UK*, Drone Wars UK, November 2018, p. 12, <https://dronewarsuk.files.wordpress.com/2018/11/dw-leash-web.pdf>.

図9 DARPA の OFFSET 研究コンセプト

Towards Autonomous Swarm Capabilities



Discover and Develop Novel Swarm Tactics

Goal: *Design a tactics-focused game to rapidly explore, evolve, and evaluate swarm tactics*

Source: <https://www.darpa.mil/work-with-us/offensive-swarm-enabled-tactics>.

図 10 僚機としての自律型無人機スウォームのイメージ図
（英国空軍）



Source: https://defense-update.com/20201008_ew-swarm.html.

図 11 対ドローン指向性エネルギー兵器の外観



Source: https://www.defenseworld.net/news/27051/Laser_Weapon_Fired_from_US_Warship_Destroyes_Target_Drone

1 ここで（防衛）戦略とは何かについてであるが、秋山真之の説くところに従えば、敵を屈するのための作戦の総合というところになろう。秋山はまた、兵役の範囲を超える戦略のことを大戦略と呼び、区別している。ただしこのような整理は概念上のものであって、とりわけ現代の実戦においては戦役の内外という区別は明確には行い得ないであろう。秋山真之（戸高一成編）『海軍応用戦術／海軍戦務』中央公論新社、明治36年（2019年刊行）、14-15頁。山本哲史「シェリングの抑止理論」『エア・パワー研究（Air Power Studies）』第6号、2019年、注33（104頁）参照。また、著名な戦略家においても、大戦略、戦略、作戦、戦術、といった類別論については決定的な通説のようなものはない反面、おおよその共通認識としては、（たとえば空での）戦闘を具体的に把握・経験した者がその緊張感ある危機意識や知見（例えばワーデンの言う「航空作戦（air campaign）」）を踏まえ、より幅広い国家戦略の案出・検討に活かそうとする営みの中に、ある種の階層とそれぞれにおける専門特化した議論の昇華が想定されてきた。こうした戦略思想の主要な変遷や階層的な理解につき、小森篤「ドゥーエとワーデンの理論」石津朋之、山下愛仁編著『エア・パワー 空と宇宙の戦略原論』日本経済新聞出版社、2019年、240頁参照。

2 ここで、航空機が戦争の手段として初めて使われたのは1911年のことであり、エア・パワーにおよそ100年の歴史があると見る立場は、航空機の実戦投入を受けてその性能を目の当たりにした運用者たちのなかでも、特に先駆的な思想を持っていたとされるW. ミッチェルやJ. ドゥーエなどが戦間期ごろから展開してきた考えに注目するものである。用語としては、ミッチェルが1925年にエア・パワーを用いている。William Mitchell, *Winged Defense: The Development and Possibilities of Modern Air Power-Economic and Military*, G.P. Putnam's Sons, 1925; 他方、エア・パワーが今日に至る内容の明確な戦略を伴う形で意識されるようになったのは、ベトナム戦争から得られた教訓を1991年の湾岸戦争までに概念として発展させた米軍においてである、と見る論者もある。ベンジャミン・ランベス（坂田靖弘訳）「第1章 エア・パワーの分析」石津、山下編著『前掲書』（注1）、1-22頁。

3 エア・パワーの機能を集約する考え方において、論者それぞれに重点の置きどころが異なるが、機能のエッセンスはやはり突破力（とその要件ともなる機動力）にあると前提されてきたというべきであろう。また、エア・パワー戦略が発展してきた歴史の経緯から、いわゆる「近接航空支援（CAS）」に見られるような他軍種との共同（支援）作戦における機能を突破力に加えて理解する方法も有力である。高橋秀幸「ドゥーエとミッチェル 戦間期におけるエア・パワー理論の創始者」石津、山下編著『前掲書』（注1）210頁参照。また、この後者への回帰が1970年代に一時見られたことなど、歴史的に出現した概念である事実を指摘するものとして、石津朋之「エアロ・スペース・パワーの有用性」石津、山下編著『前掲書』（注1）52-56頁参照。なお、後述するように、近接航空支援についてはクラークも、今日に至る（引き続き有意とみなされ続けている）エア・パワーの機能としても一分類を与えている。

4 UAV という言及のほか、UAV をシステムの一部として包摂する UAS (Unmanned Aerial System) という考え方もある。UAS は、UAV が機能発揮するうえで必要な情報ネットワークをはじめとする仕組みの全体像のことである。なお、米軍においては UAS という言及は、UAV を航空機とはみなさず、すなわち遠隔航空制御「システム」に過ぎない、という側面を強調する意図で行われている、とされる。

5 英国の RUSI は 2018 年末に発刊した報告書の中で、米国が無人機の輸出に各種制限を課している一方で、中国は着々と中東諸国（ヨルダン、イラク、サウジアラビア、UAE）への中国製無人機の輸出を行ってきたことを明示している。この指摘は、中国製無人機が、実践（実戦配備を通じた実証実験）の場を広く得ていることを意味する点で重要である。Aniseh Bassiri Tabrizi and Justin Bronk, *Occasional Paper: Armed Drones in the Middle East - Proliferation and Norms in the Region*, RUSI, 2018, p.39.

6 例えば岩本（2019）なども、無人機の軍備管理を論じる前提としてその性質や特徴を

概観するものの、無人機が戦略においてどう用いられているかについては明確にしない。岩本誠吾「軍用ドローンを巡る軍備管理の現状と課題」日本軍縮学会編『軍縮・不拡散の諸相』信山社、2019年、373-375頁参照。

⁷ 4Ds とは、Dangerous, Dirty, Dull, Deep（耐危険、耐汚染、耐単調、縦深性）のことである。これらはいずれも有人機には持ちえない性能であり、無人機ならではの性能ということができよう。なお、4Dsのうち縦深性（Deep）は航空機の特徴ということであり、航空機に限定しない無人機一般には Difficult（耐困難=複雑業務の正確処置）や Dear（有益性=経費や遅延の縮減等）が4つ目のDとされる。縦深性（attack/defense in depth）については、有人・無人を問わず航空機一般の特性でもあり、すなわち優れた突破力によって防衛線や前線を容易に超えて敵の重心を一挙に叩ける機能のことである。さらに無人機の場合はパイロットの生命身体の安全にこだわる必要がないため、有人機以上に縦深性を発揮できる点が重要であり、後述のとおり特に本稿で注目している機能である。

⁸ ヤーガー博士（Dr. Harry Yarger）によると、「戦略家の役割は、変動を抑え、不確実性を御し、複雑なものを単純にし、曖昧さを断ち切ることであり、政策方針に反することなく、総じて国益に寄与することである」とされる。この考え方は、米軍の統合ドクトリンにおいて「戦略」を定義し明確化するなかで、基本的な考えとして引用されている。

Joint Chiefs of Staff, JDN 2-19, *Strategy*, December 2019, p.II-1.

⁹ 3.11 の福島第一原子力発電所事故の際、被害状況把握のため、米軍はノースロップ・グラマンのグローバル・ホーク（RQ4）に施設上空を飛行させた。飛行高度は明らかにされておらず、施設真上を飛行していない可能性もあるが、有人機であれば放射線の人体被害を気にしなければならない点を考えずに済む運用の典型例である。なお、陸上自衛隊の中央即応集団隷下の第一ヘリコプター団は施設上空にヘリ（CH-47J）2機を留まらせて海水投下作戦を実施している。『決める』7500リットル一気 原子炉へ放水作『日本経済新聞』ウェブ版、2016年3月11日、<https://www.nikkei.com/article/DGXMZ098208240Z00C16A3970M00/>。

¹⁰ この点、例えばブッシュ政権下の各種政策を批判して政権交代したオバマ政権において、その2009年1月の政権開始直後に始まる軍事費の大幅削減が、第二期オバマ政権における政治的後退の元凶となったと指摘するマーク・モイヤーは、無人機による標的殺人（target killings）を対テロ戦争の文脈で偏向的に多用する戦略の限界を強調している。オバマ政権が結局のところブッシュ政権の取り組みを入れ替えることに制約され、中途半端な戦略を選択してきたことを問題視するものである。Mark Moyar, *Strategic Failure: How President Obama's Drone Warfare, Defense Cuts, and Military Amateurism Have Imperiled America*, Threshold Editions, 2015.

¹¹ マイケル・ボイルは今日の状況から将来予測を含め、無人機の可能性と限界を包括的に論じている。Michael J. Boyle, *The Drone Age: How Drone Technology Will Change War and Peace*, Oxford University Press, 2020.

¹² Matthew T. Tedesco, “Countering the Unmanned Aircraft System Threat,” *Military Review*, November-December 2015, p. 64.

¹³ FBI長官クリストファー・ライ（Christopher Wray）が、ノース・ダコタ州のジョン・ヴァーホーヴェン（John Verhoeven）上院議員の質問に答えるなかで述べた内容。攻撃に用いるのが容易である一方、これを阻止し取り締まることは困難であるとの見解と共に示された。Haye Kesteloo, “Terrorists drone attacks are coming to the US “imminently”, warns FBI director,” *DroneDJ*, October 11, 2017.

¹⁴ *National Defense Authorization Act of 2017*, Senate – Armed Services, 114th Cong., Senate Bill 2943, <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/senate-bill/2943/text>.

¹⁵ 言うまでもなく、エア・パワーを擁するのは空軍だけではない。例えば日本の場合、周知のように厚木基地や岩国基地は海上自衛隊の管轄であり、第一空挺団は陸上自衛隊の部隊である。エア・パワーの草創期において、ドゥーエヤミツェルは独立した空軍の創設を構想した一方で、部分的には、従来ある軍種に求められる機能それぞれの拡張

に応じて、軍種をまたいだエア・パワーの整備・維持が図られた。また、軍種の別に限らず、民生の技術やアセットも柔軟に動員することも創造的かつ総合的に構想する必要がある。

¹⁶ Michael Clarke, “Combat Air Power and Political Effect,” John Andreas Olsen ed. *Routledge Handbook of Air Power*, Routledge, 2018, p.231: Table 19.1 “Modern air warfare – five categories.

¹⁷ ここで直接言及されているのは、航空作戦のなかでも近接航空支援（CAS）と航空阻止（INT）であるが、これについては戦線の流動化により両者の区別が困難になっているという指摘はあるものの、弁別を維持することとしている。なお、陸主体で計画する Battlefield Air Interdiction の場合には両者はひとまとめに把握する場合もありうる。

¹⁸ 直訳すると「主たる戦略的効果（primary strategic effect）」となり、これだけでは意味不明であるが、これはいわゆる航空戦略のことであり、戦略爆撃や航空優勢の獲得作戦など、部分的な戦局ではなく戦争全体を左右するような影響を想定した機能のことである。

¹⁹ 文末の表 1 を参照。

²⁰ 例えば次の文書においては、世界の空軍の作戦構想において航空優勢を取ることは常識とされてきたが、その草創期（戦間期と見る立場が多い）にはあやふやにしか意識されないまま戦闘が重ねられたことが指摘されている。Benjamin Franklin Cooling, *Case Studies in the Achievement of Air Superiority*, Air Force History and Museums Program, 1994.

²¹ Jay Silveria, “Air Force Academy leader: Why diversity?,” *CNN Opinion*, February 14, 2018; Ken Chamberlain, “Lt. Gen. Jay Silveria: Diversity is a ‘force multiplier’”, *AirForceTimes*, February 14, 2018.

²² 攻撃能力に拘らず、偵察能力のみの無人機であれば、今や軍用無人機の保有国は 100 を超えるとも言われている。『日本経済新聞』2020 年 8 月 27 日朝刊 2 面。

²³ 文末の図 1 および図 2 を参照。

²⁴ Dan Sabbagh and Bethan McKernan, “Revealed: how UK technology fueled Turkey’s rise to global drone power –UK-based manufacturer supplied crucial missile component to Turkish drone-maker during development stage,” *The Guardian*, November 27, 2019, <https://www.theguardian.com/news/2019/nov/27/revealed-uk-technology-turkey-rise-global-drone-power>.

²⁵ Ali Bakeer, “The fight for Syria’s skies: Turkey challenges Russia with new drone doctrine,” MEI, March 26, 2020, <https://www.mei.edu/publications/fight-syrias-skies-turkey-challenges-russia-new-drone-doctrine>.

²⁶ Sabbagh and McKernan, *supra* note 24. その際、低高度からの高精度攻撃に対応するロシア製の近距離対空防衛ミサイル・システム・パンツィリ（Pantsir Air Defense System）が臨戦態勢で待ち構えるなか、その防御網をかいくぐり捕捉する映像をトルコ防衛省は公表している。 *ibid.*, ; See also, “Countries pay top dollar for Russian-made short/medium range air defense systems. Are they really effective?” @clashreport, March 10, 2020, <https://twitter.com/clashreport/status/1237100080773169159?s=20>.

²⁷ 文末の図 4 を参照。MALE (Medium Altitude Long Endurance: 中高度長時間対空) の代表例が、米国のリーパーやロシアのオリオンなどである。オリオンはシリアで偵察用と攻撃用の両方に用いられたとされる。イーゴリ・ロジン「ロシア軍に新型無人攻撃機が登場」Russia Beyond、2019 年 11 月 15 日。

²⁸ US Army MAJ Jason M. Kowrach, *US Army Counter-Unmanned Aerial Systems: More Doctrine Needed*, School of Advanced Military Studies, US Army Command and General Staff College Fort Leavenworth, KS, 2018, pp. 11-12, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1071111.pdf>.

²⁹ なお、主に MALE 以上のクラスのものには兵器を搭載するに十分なペイロードを確保

できていることが少なくない。プレデターとその後継高性能機のリーパーには、RQ と MQ の両式がそれぞれ存在し、米国の無人機の型式整理において RQ は偵察機を、MQ は攻撃機を表している。

³⁰ 滑空機としてではなく自らの動力を有する飛行機としての無人攻撃機が初めて実戦投入されたのは、1995 年のユーゴスラヴィア紛争においてであると言われている。Norman Polmar, *The Naval Institute Guide to the Ships and Aircraft of the U.S. Fleet*, 2005, p. 479; なお、無人攻撃機の定義如何では、その最初のもは 1847 年のオーストリアによるヴェネツィア攻撃のために導入された気球母艦であるという戦史上の見方もあるが、いわゆる近代戦におけるロボティクスを駆使したものとしては当たらないと言ふべきであろう。その意味では、著名にはなっていない例であるものの、1981 年に南アフリカ軍が対アンゴラ戦においてイスラエルの国営企業 IAI 社 (Israel Aircraft Industries) 製の無人機スカウト (ヘブライ語で Scout、英語では Oriole という鳥名) を実戦投入している。近年でよく知られている例としては、2020 年 1 月 3 日に米国の無人機 MQ-9 がイラン革命防衛隊の司令官ソレイマニ (Qasem Soleimani) を殺害した事案がある。Zachary Cohen et.al. "US drone strike ordered by Trump kills top Iranian commander in Baghdad." *CNN*, 3 January 2020, <https://edition.cnn.com/2020/01/02/middleeast/baghdad-airport-rockets/index.html>.

³¹ なお、例えば米陸軍は UAS に対処 (Counter-UAS) するための「戦略」(航空作戦で一般的に意識されるような、発見、識別、要撃、撃破、といった段取り) について概説する文書を公開している。United States Army, *Counter-Unmanned Aerial System (C-UAS) Strategy Extract*, 2016, <http://www.ssri.com/MediaReport/DocumentUS/ArmyCUASstrategy.pdf>.

³² See, "Ukraine and Russia agree to implement ceasefire", *BBC News*, December 10, 2019.

³³ この Tu-141 の試作機は 1974 年に制作され、1979 年から量産体制に入ったとされる。Robert Beckhusen, "Ukraine Resurrects Soviet-Era Super Drones: Kiev's Tu-141 unmanned vehicles," *War is Boring*, June 5 2014, <https://medium.com/war-is-boring/ukraine-resurrects-soviet-era-super-drones-3403f80c51ba>.

³⁴ 現在までに、ロシアがスウォーム戦術用の無人機を実戦配備していることが国営タス通信によって報じられている。今年 2020 年 9 月、のべ 8 万人の兵員が参加して実施された大規模国際軍事演習「カフカス 2020 (Kavkaz2020)」において、南部軍管区 (Southern Military District) 部隊が配備している Forpost、Orlan-10、Eleron-3 などの無人機によって高度 100~5,000m の範囲で展開されるスウォーム戦術が明らかにされており、その機能は、従来は有人機によって担われていた索敵を実施することで、乗員を危険に晒すことなく、速やかに、かつ、精確に標的を発見し識別することを可能とするものである。"Russia trials swarming reconnaissance drones during Kavkaz-2020 military exercise," *UNMANNED AIRSPACE*, September 24, 2020, <https://www.unmannedairspace.info/counter-uas-systems-and-policies/russia-trials-swarming-reconnaissance-drones-during-kavkaz-2020-military-exercise/>; See also, Xavier Vavasseur, "Russia's Forpost UAV Designates Naval Targets During Black Sea Fleet Maneuvers," *NavalNews*, August 2020, <https://www.navalnews.com/naval-news/2020/08/russias-forpost-uav-designates-naval-targets-during-black-sea-fleet-maneuvers/>. なお、Forpost はロシアがライセンスを 2010 年に取得したイスラエル製の IAI Sercher II を改良したものとされる。重量 450kg の大型機であり、航続時間は 18 時間を超え、高性能の光学センサーと通信機能を擁し、シリア内戦に参戦したロシア海軍がテロリスト勢力に攻撃を加える際、巡航ミサイルの標的を定め、その戦果を確認する上で大きな役割を果たしている。黒海において実施された演習においても、ロシア海軍の擁する Forpost の索敵により、Su-24M 爆撃機や Su-30SM 戦闘機による精確な射撃が実施可能となったとされている。

³⁵ John Wendle, "The Fighting Drones of Ukraine: In garages and warehouses around

Kiev, an army of gadgeteers, takes on Russian war machine,” *Air & Space Magazine*, February 2018, <https://www.airspacemag.com/flight-today/ukraines-drones-180967708/>.

³⁶ *Ibid.*

³⁷ 日本の文脈においては、先端技術や産業競争力の側面だけでなく、一般的に理系や理数科目離れが叫ばれて久しいが、日本がいわゆる技術立国として明治期以降一貫して国力を底上げしてきたことは今日においても望ましい方針として問題意識の根底にある。その表れとして、たとえば内閣府は「科学技術と社会に関する世論調査」等の統計調査を継続的に実施しており、その調査結果から特に次世代を担う若者の意識の変化を材料に、科学技術政策の是非を論じるものは少なくない。

³⁸ Joseph Trevithick, “America is Still Training Ukrainian Troops to Fly a Drone They Hate,” *The War Zone*, April 4, 2017, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/8921/america-is-still-training-ukrainian-troops-to-fly-a-drone-they-hate>.

³⁹ *Ibid.* 米国に限らず、ドイツやフランスなどもロシアとの関係悪化を恐れてウクライナとは無人機に関する取引を控えているため、結果的に中国製品が使用されていることも指摘されている。

⁴⁰ Matrix UAV 社製の代表的な無人機として、Katana があり、前線の監視などに実戦投入されている。また、90km 先の標的を攻撃する能力を有する無人機の開発も行うなど、兵器のレベルは向上を続けている。“Grenade Launching Drone from Ukraine,” *Liteye*, August 20, 2018 <https://liteye.com/grenade-launching-drone-from-ukraine/>.

⁴¹ 2020 年 1 月 31 日の記事。航続距離 12km、高度 100m に到達するまで 3 秒、20m/s の風にも耐える小型無人機「ベレギニャ（Берегиня）」の開発に成功。Ukroboronprom.com.ua, January 2020, <https://ukroboronprom.com.ua/uk/media/ukrayinskym-vijskovym-prezentuvaly-rozrobku-pershogo-rozviduvalnogo-ukrayinskogo-kvadrokoptera-beregynya.html>.

⁴² ウクライナの自作無人機の主要なものは文末の表 2 を参照。

⁴³ このクラウド・ファンディングは、27,600USD（約 300 万円）を集めて目標金額を達成し、PD-1 という無人機の作成と実戦投入にこぎつけているとのこと。“People’s Project: Ukraine’s Military and Civil Crowdfunding,” last updated at October 31, 2016 <https://www.peoplesproject.com/en/first-peoples-uav-complex/>. こうした内容を作成者に直接インタビューした動画から知ることができる。“Ukraine’s Crowdfunded Military Drone,” June 18, 2015, <https://www.youtube.com/watch?v=CK4myw8PQKk>.

⁴⁴ PD-1 は、主翼約 3m ほどのサイズで、35km ほどの航続距離、暗視カメラや暗号化ビデオリンク等の電子部品を装備した偵察機とされる。Dan Peleschuk, “Ukraine is fighting a drone war, too,” *The World*, <https://www.pri.org/stories/ukraine-fighting-drone-war-too>.

⁴⁵ Pavel Polityuk, “Ukraine sees Russian hand in ammo warehouse blasts,” *Reuters*, March 23, 2017, <https://www.reuters.com/article/us-ukraine-crisis-blast/ukraine-sees-russian-hand-in-ammo-warehouse-blasts-idUSKBN16U0N8>.

⁴⁶ リーパーは、プレデター（MQ-1: Predator）の改良版として位置づけられている。リーパーがアフガニスタンで実戦においてはじめてヘル・ファイヤ（Helfire）ミサイルを搭載して攻撃を実施したのは、2007 年 10 月のことである。この攻撃を含め、オバマ政権が当時は無人機による攻撃の事実の隠蔽ないし秘匿（ノー・コメント）を心掛けていたことを指摘するものとして、次を参照。Tim Ripley, *Air War Afghanistan: US and NATO Air Operations from 2001*, Pen & Sword Books, 2011, pp. 10, 187.

⁴⁷ Patrick Tucker, “In Ukraine, Tomorrow’s Drone War is Alive Today,” *Defense One*, March 9, 2015, <https://www.defenseone.com/technology/2015/03/ukraine-tomorrows-drone-war-alive-today/107085/>.

⁴⁸ この、「コスト」については、様々な次元のものを包括して概念化したものである。これを三次元に内分し、(1) 人命や安全 (blood)、(2) 財貨や金銭換算可能なもの (treasure

or financial costs)、(3) 評判や名声 (reputation) として概念提起する例などがある。See, Amy Zegart, “Cheap fights, credible threats: The future of armed drones and coercion,” *Journal of Strategic Studies*, Vol. 43, No. 1, 2020, p. 15.

⁴⁹ もっとも、「プレイステーション効果 (playstation effect)」などと呼ばれる現象のように、操縦者が戦場にはいないことについては、安全性の面以外に、そのことに起因する倫理面での問題が指摘されることは少なくない。また、搭乗者の生命身体が危険に晒されないことから、戦闘の口火を切ることの敷居が低くなりがちであるなどの問題点 (encouraging early use of force) もよく指摘される。Eduardo Sepulveda and Howard Smith, “Technology Challenges of Stealth Unmanned Combat Aerial Vehicles,” *Aeronautical Journal*, June 2017, <https://www.researchgate.net/publication/317835667>.

⁵⁰ Tucker, *supra* note 47.

⁵¹ 通信にブロックチェーン技術の導入の可能性を指摘する論考もある。Richard Uber, “Penetrating Artificial Intelligence-enhanced Anti-access/Area Denial: A Challenge for Tomorrow’s Pacific Air Forces,” *Journal of Indo-Pacific Affairs*, Winter 2020, pp. 54-65.

⁵² なお、英国のように無人航空機に限らない自律型兵器の危険性を指摘した上で、人の介入が全くない自律兵器の使用は禁止すべきとの立場もある。Peter Burt, *Off the Leash: The Development of autonomous Military Drones in the UK*, *Drone Wars UK*, November 2018, p.57, <https://dronewarsuk.files.wordpress.com/2018/11/dw-leash-web.pdf>. この立場は、将来における自律兵器の知能の更なる洗練自体は指向しない予測するものの、完全なる自律兵器には予測的にも言及しない。文末の図 8 を参照。

⁵³ 石油施設に対する攻撃としては、1990-91 年の湾岸戦争時にサダム・フセインのイラク軍がクウェートの石油施設を攻撃して以来の規模と言われている。Stephen Kalin and Sylvia Westall, “Costly Saudi defenses prove no match for drones, cruise missiles,” *Reuters*, September 18, 2019.

⁵⁴ ある見積もりによると、サウジアラムコ社の被害総額は 310 億ドルに上るという。また、サウジアラムコ社が予定していた新規株式公開 (IPO) が流れたことなどによる投資熱低下による被害スケールを一律には計算できない。原和彦「サウジ国営石油施設、ドローン攻撃で甚大な被害…原油輸入依存する日本、石油危機も」経済産業研究所 (RIETI)、2019 年 9 月 27 日、<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/fuji-kazuhiko/125.htm>。

⁵⁵ 「無人機対策、研究急ぐ 防衛省 サウジ攻撃で拍車」『日本経済新聞』2019 年 10 月 1 日。

⁵⁶ *Ibid.*

⁵⁷ ロジャー・クレイア『イラク原子炉攻撃！』高澤市郎訳、並木書房、2007 年。イラクのフセイン政権は電力開発を原発設置の目的としていたが、イスラエルはその軍事転用を疑い、「先制自衛 (preemptive self-defense)」を名目に攻撃を加え、国連安保理は安保理決議 487 においてイスラエルを厳しく非難している。

⁵⁸ See, Kalin and Westall, *supra* note 53.

⁵⁹ 現状、LSS タイプ (文末図 4) の無人機に対応可能とするレーダーを開発したとする企業がいくつか見られる。たとえばオランダのロビン・レーダー・システム社 (robin radar systems) のエルビラ (ELVIRA) レーダーなどは 360 度全方位の覆域で LSS タイプの無人機を捉えることが可能としている。Robin Radar, *The making of our new drone radar: IRIS*, <https://www.robinradar.com/drone-detection-radar>.

⁶⁰ ロンドンから南へおよそ 50km 地点に所在。

⁶¹ このような大規模な機能不全の事態は、2010 年のアイスランド巨大火山爆発以来のことであり、その影響は 1,000 機のべ 14 万人の足に及んだとされる。

⁶² 当局によると、滑走路周辺の半径 5 マイル内に 2 機の無人機が侵入したとされるが、

爆破などのテロ活動自体は確認できなかったとしている。所轄のサセックス警察からの応援要請を受け、2日目となる20日には軍が出動しているが、同日深夜に至っても無人機の侵入状況は続き、翌21日早朝6:00に一部機能を再開（完全再開はさらに1日後）するまで完全封鎖の形が続いた。Sheena McKenzie and Gianluca Mezzofiore, “Police hunt drone pilots in unprecedented Gatwick Airport disruption,” *CNN*, December 20, 2018, <https://edition.cnn.com/2018/12/20/uk/gatwick-airport-drones-gbr-intl/index.html>.

⁶³ 空港近隣に住む2名が逮捕勾留されるも、これが誤捜査であったことから被疑者に対する多額の賠償が行われるなど、捜査は終始混乱した。

⁶⁴ Ulrich Beck, *Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1986（東兼・伊藤美登里訳『リスク社会—新しい近代への道』法政大学出版局、1998年）。ベックが80年代に問題提起した「リスク社会」概念によると、近代は豊かさを追及するなかでリスクを冒し、社会のなかにそのリスクを分配して人々の生命や社会そのものを脅かす、という歪みを抱えるようになっていく。偶然にも、この本の出版直後にチェルノブイリ原発事故が発災し、リスクの上に危うくも乗っている現代と、その危害や責任の分配が如何にあるべきかが問われるようになった。

⁶⁵ “Once they realize they can have this guardian angel above them, they want it all the time.” David A. Fulghum, “UAV Boom Continues,” *Aviation Week*, February 4, 2008, p. 51.

⁶⁶ 群体での運用は無人機に限らない。米国の空軍研究所は巡航ミサイルを群体化させて運用する亜音速巡航ミサイルを構想し、ロッキード・マーティンはグレイウルフ（Gray Wolf）を開発中である。単独の巡航ミサイルでは敵防空網を突破できない場合でも、グレイウルフは群体内で敵レーダーを感知した情報を即座に共有し、回避率を上げることを想定している。

⁶⁷ 文末の図3を参照。Liu Xuanzun, “China unveils first practical drone swarm tech ‘to be used in amphibious landing missions,’” *Global Times*, October 18, 2020, <https://www.globaltimes.cn/content/1203857.shtml>.

⁶⁸ See, *supra* note 34.

⁶⁹ *Ibid.*

⁷⁰ 文末の表1を参照。

⁷¹ John Stillion, *Trends in Air-to-Air Combat: Implications for Future Air Superiority*, CSBA, 2015.

⁷² 文末の図5を参照。

⁷³ なお、たとえば米海軍にも米空軍にも、それぞれ組織文化やしがらみのようなものはあり、有人機の比較優位が失われたとしても、無人機への移行を快く思わない勢力のあること（無人機への反発）もまた、同じCSBAの後年の報告書（2018年）の中で指摘されている。

⁷⁴ Nicholas Ernest and Gene Lee et al. “Genetic Fuzzy based Artificial Intelligence for Unmanned Combat Aerial Vehicle Control in Simulated Air Combat Missions,” *Journal of Defense Management*, Vol. 6, Issue 1, 2016; ただし高性能であっても無人機の場合は万一の作戦失敗時に責任の所在が明確ではないという問題などがあると言われ、たとえば対領空侵犯への無人機投入は未だ実例がない。他方、無人機が空中戦で敵機攻撃に成功した事例として、ジェネラルアトミクスのMQ-9（リーパー）が2017年11月に飛行中のドローンを打ち落としたことを記すものとして、春原健一編『航空情報2019年3月号増刊 世界航空機年鑑2018～2019年版』せきれい社、2019年、405頁。同書によると、米軍は2019年3月時点で同機を世界で190機運用している。

⁷⁵ Zegart, *supra* note 48, pp. 6-46.

⁷⁶ 典型的な理解は、たとえば「米兵が犠牲になれば米政府は日本有事から逃げられなくなる。自動的に米軍が参戦するためのトリップワイヤ（仕掛け線）となる」（元陸自東部

方面総監・渡部悦和氏)とするものである。ちなみにこの手の議論は、なぜそう言えるのかについての科学的知見を根拠として示さない断定的なものが少なくない。「沖縄の選択(中)「人質」としての地上兵力」『産経新聞』2019年2月22日ウェブ版; トリップ・ワイヤという概念については次を参照。Thomas Schelling, *The Strategy of Conflict*, Harvard University Press, 1960, p. 47; なお、沖縄に米海兵隊が駐留することの抑止理論上の意味が主要な論者(岡本行夫、山口昇、森本敏、川上高司のそれぞれ)においてさえ不明にされてきたことを厳しく批判する立場もある。マイク・モチヅキ「抑止力と在沖米海兵隊—その批判的検証」新外交イニシアティブ編『虚像の抑止力: 沖縄・東京・ワシントン発安全保障政策の新機軸』旬報社、106-116頁。また、状況によっては信ぴょう性が高いと考えられている威嚇に対しての方が武力行使に至りやすいと考える合理主義者(rationalist)の思考回路のあることを鋭く指摘する議論もあり、威嚇はむしろあやふやな方が良いという考えもあることを踏まえて議論するのが科学的態度というべきであろう。James Fearon, “Selection Effects and Deterrence,” *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, 2002, pp. 5-29.

⁷⁷ MADに対しては、「核の冬」に関する議論のほか、カトリック大司教たちによる批判も知られている。土山實男「抑止失敗の外交政策理論」『国際政治』第90号、1989年3月、34頁。

⁷⁸ 特に米中間においては米ソ間にあったような核抑止の何らかの理論に基づく枠組み自体が存在しないことが懸念され続けている。たとえば核抑止専門家の高橋杉雄は「中国を何らかの枠組みに含めるよう、日本もさまざまな場で呼びかけるべきだ」と主張する。和田浩明「INF全廃条約失効 中国を軍備管理の枠組みに 核抑止専門家」毎日新聞ウェブ版、2019年8月3日。

⁷⁹ Thomas G. Mahnken et al., *Deterrence by Detection: A Key Role for Unmanned Aircraft Systems in Great Power Competition*, CSBA, 2020, p. 43.

⁸⁰ 文末の図6に、西太平洋において提案されている無人機の監視範囲を示す。

⁸¹ なお、この戦略構想のなかで、理論的に詰め切れていない重要な論点がある。マンケンらは、敢えて非ステルスな無人機を監視に用いることを提案するものの、監視されているという事実を知ることが相手になぜ抑止効果を及ぼすのかについては、その原理や経験知は十分に示されていない。90年代においてオーエンス将軍(Admiral William Owens)がISR機能の重要性を語ったことなどが説明されているものの、そこには、監視能力を相手に誇示することの抑止面での効果とその根拠までは明示されていない。無論、抑止の基本は能力(capability)と意図(intention)であり、これらを相手方に伝達することで抑止効果があると考えるのは半ば常識であろうが、とはいえ、監視能力に限らずあらゆる能力を示すことが抑止効果を増加させるとは考えにくく、場合によっては私の能力を彼から低く見積もられれば逆に行動を誘引する危険性さえあると言わねばならない。Mahnken et al., *supra* note 80, pp. 7-9.

⁸² 1991年の砂漠の嵐作戦(Operation Desert Storm)の緒戦において、グレア大佐(Col. Jeff Greer)率いる部隊は夜間にのべ100発以上のTALDを発射し、イラク側のレーダーがこれに反応したところを対電波ミサイル(Anti-Radiation Missile)で破壊するという方式の有効性を実証した。現在、TALDを搭載する主力機はF/A-18ホーネットであり、1機あたり最大6機のTALD(ADM-141)を搭載可能とされている。

⁸³ こうした実戦での(圧倒的)有効性の証明から、米国のDARPAは1995年に航空機射出型ミニチュア・デコイ(Miniature Air Launched Decoy: MALD)の研究開発に着手し、一定の成果を挙げ、米空軍に一時は数千機の配備を計画したものの、戦略環境の変化などを受け、とりわけその射程を不十分として2002年にはADM-160Aの配備を見送っている。一方で、各種のMALDは開発が継続されている。MALDを搭載可能な主力機は、F-16やB-52戦略爆撃機であり、無人機であればMQ-1(プレデター)、MQ-1C(グレイ・イーグル)、MQ-9(リーパー)などである。

⁸⁴ 米国の XQ-58A（ヴァルキリー）やロシアの S-70（オホートニク）はその典型。いずれも開発中（S-70 は 2024 年に納品予定を前倒しとのこと）であるが、単独または僚機として偵察・攻撃の幅広い任務に従事することを想定。航続距離も 2,000 マイル以上、かつ、驚くべきことに XQ-58A の開発費用は 1 機あたり 2 億円程度と見積もられており、F-35 等の先進有人機の 50 分の 1 程度のコスト・パフォーマンスは消耗品として用いることを可能とするレベルであるとされる。

⁸⁵ 攻守による優劣という場合に最も顕著な例の一つが上陸作戦であろう。上陸側が多大なリスクにさらされる場合に、これを無人機によって軽減させようとする取り組みは少なくない。たとえば韓国の海兵隊（South Korean Marine Corps）が無人機を活用しようとしている例として次を参照。“Combat Drones to Conduct Amphibious Operations for South Korean Marine Corps,” *DefenseWorld.net*, November 23, 2018, https://www.defenseworld.net/news/23733/Combat_Drones_to_Conduct_Amphibious_Operations_for_South_Korean_Marine_Corps.

⁸⁶ 陸戦に関して攻防のいずれが優位かをめぐる研究はクラウドゼヴィッツ等の古典も含めて活発である。桑田悦『攻防の論理—孫子から現代にいたる戦略思想の解明』原書房、1991 年。また、攻守を恣意的に選べるかについては、その選択の余地のない局面はあるとしても、攻守によって優劣が決まる原理が働くのであれば、選択の可能性を追及すべきであろう。なお、攻勢側と防勢側のいずれが主動の地位を取るかについては、仮にそれが防空戦闘において一般的に攻勢側に利があるとしても、防勢側にも奇襲等を始めとする対応が有りうるものが『指揮運用綱要』からも読み取れると主張するものとして、次を参照。梶村恭士「CSC 第 1 次試験及び第 2 次試験の概要及び所見等について」『鵬友』第 46 巻第 3 号、2020 年、102 頁。

⁸⁷ 米軍の汎地球指揮統制システム（GCCS: The Global Command and Control System）のように、地上ないし海上などの（固定及び移動のいずれかの）基地局と宇宙空間の衛星とを繋ぐノードによって構成される指揮統制システムを用いた無人機スウォームの運用が想定されている。実戦においては当然ながらシステムの安定性が鍵となるため、その技術開発が注目されている。スウォーム内の通信（短距離通信）をクラウド化し、基地局ないし衛星からクラウドまでの信号送信（長距離通信）を一元化する場合には、その長距離通信が妨害されれば無力化につながるため、分散型と一元化のリスク管理上の最適な組み合わせを工夫することになる。この意味で、有人機の僚機としてスウォームを編成する場合には、スウォームへの指揮命令のための長距離通信のリスクを省略可能になるため軽減できることが、英国などの現在の開発の動向において意識されていると言えよう。いずれにせよ、日本近海のように広範な海上で無人機スウォームが能力発揮するためには、中継点としての衛星の適切な配備は現状において必須であり、この意味でも宇宙は重要な戦略環境を構成していることを強く意識すべきであろう。See, Xi Chen, Jun Tang and Songyang Lao, “Review of Unmanned Aerial Vehicle Swarm Communication Architectures and Routing Protocols,” *Applied Sciences*, Vol. 10, Issue 10, May 25, 2020.

⁸⁸ サウジの現在の軍事予算は米中に次ぐ世界第 3 位の規模であり、金額で 700 億ドルもの充実ぶりであるにもかかわらず、攻撃を許したという点も見逃すことはできない。

⁸⁹ Harry Lye, “RAF experimental drone squadron stalled by coronavirus,” *Airforce.com*, April 2020, <https://www.airforce-technology.com/news/raf-experimental-drone-squadron-stalled-by-coronavirus/>.

⁹⁰ 文末の図 10 を参照。Tamir Eshel, “RAF Tests an Innovative Anti A2D2 Concept – Pitting Drone Swarms Against Air Defenses,” *Defense Update*, October 2020, https://defense-update.com/20201008_ew-swarm.html.

⁹¹ George Allison, “Royal Air Force Swarming Drone Project ‘Exceeding Expectation,’” *UKDJ: Impartial Current*, June 22, 2020, <https://ukdefencejournal.org.uk/royal-air-force-swarming-drone-project-exceeding-expectations/>.

⁹² 豪空軍も僚機としての無人機に関する顕著な進捗を見せている。2020年5月に、米国のボーイング社との協働により、AIを搭載した攻撃型無人機の試作機3機を1年間試験運用することを、向こう5年間の量産に先立ち発表している。同機の航続距離は3,700kmを誇り、戦闘においては有人機の僚機として戦域へと移動し合流して僚機として参戦することが想定されている。Andrew Greene, “Australian-designed AI attack drone prototype unveiled by Boeing ahead of mass production,” *ABC.net.au*, <https://www.abc.net.au/news/2020-05-05/ai-attack-drone-australian-designed-prototype/12215612>. また、2020年8月には13億ドル（約1,350億円）を投じて海洋監視のための新型無人機の開発に着手することも報じられている。Sandy Milne, “Australia Invests \$1.3 Billion in New Drone Defense Program,” *Australian Aviation*, August 6, 2020, <https://australianaviation.com.au/2020/08/australia-invests-1-3bn-in-new-drone-defense-program/>.

⁹³ アブカイク等での攻撃に関してコメントを求められた米国の無人機製造企業ディローン社 (Dedrone) の創業者であり最高経営責任者を務めるヨルク・ランプレヒト (Jorg Lamprecht) は、1機数百ドルの無人機に対し、1発300万ドルのミサイルで迎撃することについて、より効率的な方法が、とりわけスウォームを成す無人機に対しては求められるべきであるとし、具体的には無線周波数検知器 (radio frequency detectors) とレーダーを組み合わせ、各機のペイロードを視認可能な高出力カメラを用い、そこへ向けてジャミングによる無力化攻撃を仕掛けるべきとしている。

⁹⁴ 2020年の新年を祝うイベントが上海で催された際には、2,000機のドローンを用いた花火やイルミネーションのような発光表現が夜空に展開された。文末の図7を参照。この模様は動画でも見ることができる。“2,000 drones light up night sky in Shanghai to welcome new year,” *CGTN*, January 1, 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=Zh3-Mvrp1Lc>.

⁹⁵ Heiko Hamann, *Swarm Robotics: A Formal Approach*, Springer, 2018; また、スウォームを構成する個々の無人機が、センサー機能の不足を互いに補うために相互通信する場合に、そのセキュリティの脆弱さに対応する技術の在り方を論じたものとして、たとえば右を参照。Liang Zhao, “A Multi-UAV Clustering Strategy for Reducing Insecure Communication Range,” *Computer Networks*, April 24, 2019, pp. 1-25.

⁹⁶ 2020年版の防衛白書も近未来の脅威を説明する文脈でスウォーム飛行による軍事攻撃に言及し、「従来の防空システムでは対処が困難になる」としている。防衛省編『令和2年版 日本の防衛—防衛白書—』2020年8月7日、164頁。

⁹⁷ 高橋「前掲論文」(注3) 210頁。

⁹⁸ 1958年1月、米国は軍事面での台頭著しいソ連の脅威 (スプートニク・ショックはその前年1957年) に対抗すべく、先端の科学技術を軍事転用することに特化した組織として「高等研究計画局 (Advanced Research Projects Agency, ARPA)」を設置した。このARPAから1996年に「米国防高等研究計画局 (DARPA)」へと名称変更が行われている。DARPAは、今日のインターネットの原型となるARPANET (1969年)、ステルス機 (1977年)、GPS (1983年)、と、世界を驚かす先進技術を発案・実現している。DARPAは現在、無人機のスウォーム戦術に関する「オフセット (OFFensive Swarm-Enabled Tactics: OFFSET)」計画 (上限250機のスウォームを市街戦等で活用する戦術の案出) を実施中であり、その第5期の研究コンペ (sprint) が行われている (文末の図9を参照)。第4期 (forth sprint) までの研究コンペの結果、既に複数の委託研究先 (Sprinters) と契約を取り交わしている。このプロジェクト名には、標準の仕切り直しや刷新といった意味が込められているものと考えられ、すなわち無人機スウォームの運用技術にゲーム・チェンジャーとしての注目が行われていることが読み取れる。DARPA, “DARPA Seeks Novel Urban Swarm Capabilities, Enhancements to Physical Testbeds: OFFSET program solicits proposals for fifth swarm sprint and awards contracts for fourth swarm sprint,” *OUTREACH@DARPA.MIL*, September 27, 2019, <https://www.darpa.m>

il/news-events/2019-09-27; スウォーム戦術への注目は DARPA のほかにもさまざまある。たとえば中ロを意識した米陸軍の取り組みにつき次を参照。Patrick Tucker, “US Army Seeks Internet-of-Battlefield-Things, Distributed Bot Swarms: After nearly two decades of war against technologically unsophisticated foes, the Army Research Lab is reorienting to counter China and Russia,” *DefenseOne*, July 18, 2017, <https://www.defenseone.com/technology/2017/07/us-army-seeks-internet-battlefield-things-distributed-bot-swarms/139533/>.

⁹⁹ 空中給油機のなかにも無人機が出始めている。米海軍はロッキード・マーチンに開発委託している MQ-25 の動画を 2019 年 9 月に公表している。MQ-25 は艦載機として想定されており、ジョージ・ワシントンなどの空母からの離発着が可能とされている。遠隔操作式でパイロットが操縦し、F-35C などの低燃費戦闘機に給油することを主な任務としている。MQ-25 が空中給油任務を実行した場合、F-35C の作戦展開範囲は 152%、F/A-18E/F で 145% 拡大するという。Lockheed Martin, “MQ-25 Concept,” September 2019, <https://youtu.be/T1F8GoVnonU>.

¹⁰⁰ *Ibid.*

¹⁰¹ DARPA のプロジェクト担当によれば、スウォーム技術は軍事のみならず民生においても活用可能な技術となり、災害後の復旧や、救難時の捜索、あるいは山火事の監視や消火活動などにも応用可能なものとして想定できるとしている。“DARPA’s OFFSET Swarm Sprints Take to the Skies,” *Inside Unmanned Systems*, October 29, 2019, <https://insideunmannedsystems.com/darpas-offset-swarm-sprints-take-to-the-skies/>; 他方、英国にとっても無人航空機は自律型兵器の先端にあるが故に注目すべきものとされる。なお、2015 年まで英国防衛省は自律的兵器の必要性を意識しつつも開発には消極的であったとされる。Burt, *supra* note 52.

¹⁰² 有名などころでは、イランがその領空侵犯の状態にあった（とされる）米国の高高度無人偵察機センチネル (RQ-170: Sentinel) を 2011 年にほぼ無傷で鹵獲（ろかく、capture）した事案がある。当時、イランの革命防衛隊はその姿自体が謎に包まれていたセンチネルに対し GPS の位置情報を擬変するクラッキングを実施することで、イラン領内の空港に「帰着」させたとされる。なお、このセンチネルに対するリバース・エンジニアリングによって、その内容はイランからロシアへと技術移転した末、先に触れたロシアのオホートニクなども高性能無人機として比較的短期間で開発が可能となったとされる。“Iran Shows Video It Says Is of U.S. Drone” *The New York Times*, December 8, 2011, <https://www.nytimes.com/2011/12/09/world/middleeast/iran-shows-us-drone-on-tv-and-lodges-a-protest.html>.

¹⁰³ 文末の図 11 を参照。

¹⁰⁴ 米海軍は今年 5 月に無人機をレーザー兵器で撃墜することに成功したと発表している。ドック揚陸艦ポートランド (USS Portland, LPD 27) が試験搭載するレーザー兵器 (Technology Maturation Laser Weapon System Demonstrator: LWSD, MK 2 MOD 0) が飛行中の無人機に対し試射し、撃墜している。このレーザー兵器の出力は 150kW (単純な電力換算でヘアドライヤー120 個分程度) であり、従来の同種の兵器の出力規模が 30kW 程度であったことと比して撃墜可能レベルに近づいていると言える。“USS Portland conducts Laser Weapon System Demonstrator Test,” U.S. Pacific Fleet Public Affairs, May 22, 2020, <https://www.cpf.navy.mil/news.aspx/130628>; なお、国防総省は議会調書のなかで、実戦に必要なレベルとして 300kW を示している。Congressional Research Service, *Navy Lasers, Railgun, and Gun-Launched Guided Projectile: Background and Issues for Congress*, R44175, Updated April 2, 2020, <https://assets.documentcloud.org/documents/6827049/Navy-Lasers-Railgun-and-Gun-Launched-Guided.pdf>, pp.6, 18.

¹⁰⁵ 中国メディア (環球時報) によると、中国軍は米軍の同様の戦術を意識しながら軍におけるスウォーム演習にも成功しているとのことであるが、その規模は 2,000 機には程

遠い。2016年に実施された無人機による近接航空支援においては、67機の編隊でのスウォーム演習が実施されたとのことである。Liu Xuanzun, “Chinese military tests drone swarm-armored vehicle integration,” *Global Times*, September 10, 2020, <https://www.globaltimes.cn/content/1200512.shtml>.

¹⁰⁶ 念のため、日本の科学技術力自体はどのように卑屈な見方をしようとも世界屈指であることは確かである。ここでの「著しく後発」とは、戦略上の後発であって、持てる力を防衛戦略の平和的發展のために動員し発揮する工夫の面でのことである。

¹⁰⁷ あるメーカーのある車種は、ハイブリッド車で40km/lの革命的とも言うべき超低燃費を実現し、また別のメーカーのある車種は、クリーン・ディーゼルの燃焼効率を飛躍的に改善することで、その他のメーカーの追従を許さない低燃費を実現している。ただし2030年までに東京都内で販売される新車は全て何らかの形で電動の動力源を伴うものとする（内燃機関のみの車の新車販売廃止）を目指すとする都知事の発言（「東京都、30年までに新車販売すべて電動車に 知事が目標」『日本経済新聞』2020年12月8日ウェブ版）に典型的に表れているように、これが諸国の政策の類似基準を意識してのものであることなどから、技術競争は対外関係に基づくものであり、軍事戦略同様、自発的発想のみで主動の地位を取れるとは限らない。いずれにせよ、その目標達成のため購入費用の補助金などを都が負担するなどすることが想定され、技術開発や普及は市場原理による自然の動き以外にも、明確な政策によって促進されることは疑いない。

¹⁰⁸ 米中対立の激化が注目されており、とりわけ通商関係での衝突が顕著であるが、その原因の一つが、習近平政権下で特に推進されている軍民融合（military-civil fusion）である。一口に言っても、そのアプローチは多数ありうるため、それ自体戦略研究の対象であろう。Bekir Ilhan, “China’s Evolving Military Doctrine after the Cold War,” *SETA Analysis* No. 59, January 2020; Jenny Bavisotto, “China’s Military-Civil Fusion Strategy Poses a Risk to National Security,” Bureau of International Security and Nonproliferation, January 30, 2020, <https://www.state.gov/chinas-military-civil-fusion-strategy-poses-a-risk-to-national-security/>; Kai Lin Tay, “China’s Military Looks to Civilians to Boost Innovation,” *IISS Analysis*, May 7, 2020, <https://www.iiss.org/blogs/analysis/2020/05/china-civil-military-innovation>.

¹⁰⁹ V2 ロケット開発で知られるフォン・ブラウン博士の夢が、元々は宇宙開発であったことから、ナチスが科学者の知識を軍事利用したものと思われがちである。同じく、アインシュタイン博士とマンハッタン計画の関係についても、科学技術の軍事利用として問題視する向きもある。その論理は、武器があるから戦争がある、という因果を仮定し前提とするものであるが、戦争の責任を一部の者に負わせようとするスケープゴートに過ぎない。少なくとも断定的に論じることのできる命題ではなく、様々な立場があり得るのであり、その思想の系譜や社会の中での価値観の変遷を跡付けながら是非を検討すべき問題である。横井勝彦、小野塚知二編著『軍拡と武器移転の世界史—兵器はなぜ容易に広まったのか』日本経済新聞社、2012年。

¹¹⁰ 防衛装備庁と米国防空軍省は、RQ-4B 取得に関する契約を総額約164億円で締結した（2018年6月28日）ことが報じられている。「航空最新ニュース」『航空ファン』No. 791、文林堂、2018年11月号、111-121頁。この契約により、三沢基地に3機のグローバル・ホークが2021年度より順次配備されることとなった。「空自三沢 無人偵察機で臨時部隊新編へ」Web 東奥、2019年8月31日。なお、三沢においては米軍がグアム島のアンダーセン米空軍基地を拠点に運用するグローバル・ホークが既に乗り入れている。米国による運用に際しては、離着陸時には当該基地の施設からの遠隔操作を受けるものの、離陸後一定の高度に達して後は、さらに遠隔の米国にある施設（カリフォルニア州ビール空軍基地とノース・ダコタ州グランドフォーク空軍基地）から、それぞれ米空軍のパイロットが操縦する形で運用されることとなっている。東北防衛局「グローバル・ホークに関する一問一答」、https://www.mod.go.jp/rdb/tohoku/gyomusyokai/08_tihotyosei/oshirase/global-hawk/qa.html（2020年6月11日閲覧）。

¹¹¹ 平成 29 年度防衛予算概算要求にあるように「グローバル・ホーク導入は各種事態に対処するための情報機能の強化の一環」であり、P-3C 哨戒機、SH-60K 哨戒ヘリ、E-767 早期警戒管制機、などの改良、機齢延長などの諸項目を補完(広域における常統監視能力の強化)する一つであるとされている。防衛省『我が国の防衛と予算 平成 29 年度概算要求の概要』、https://www.mod.go.jp/j/yosan/yosan_gaiyo/2017/gaisan.pdf。

¹¹² なお、日本における無人機の開発の着手は 1984 年と比較的古く、米国による QF-104A をモデルに 1984 年に開発された QF-104J という遠隔操作型の無人機が知られている。自律型についても、防衛省技術研究本部（当時。2015 年に廃止後、防衛装備庁の組織として改組。Technical Research and Development Institute）は開発に着手しており、F-15 から射出され、各種情報を収集した後に基地へ自動帰還するシステムの開発（多用途小型無人機プログラム）として追求されている（1995 年に富士重工を委託先として実施）。Ryoji Shirai, *Incorporating Unmanned Aerial Systems into the Japan Air Self-Defense Force*, Foreign Policy at Brookings, Policy Paper, September 2014, pp. 4-5, 33.