

に応じて内部および外部パイロン兵器による目標への攻撃、目標に衝突することによる自己犠牲などのタスクを達成することになる。



(図 8-3 HAL CATS Warrior UAV²⁸⁸)

・SGR-A1 は、韓国非武装地帯で韓国軍を支援するためにサムスンテックウィン（現ハンファ・エアロスペース）と高麗大学が共同開発した自律型セントリーガン的一种である。監視、追跡、射撃、音声認識を含む統合システムを持つこの種の最初のユニットとして広く考えられている²⁸⁹。SGR-A1のユニットは配備されたと報告されているが、プロジェクトが「高度に機密化」されているため、その数は不明である²⁹⁰。

²⁸⁸Retrieved from; <https://www.nrec.ri.cmu.edu/solutions/defense/other-projects/crusher.html>

"Strikes from 700km away to drones replacing mules for ration at 15,000ft, India gears up

²⁸⁹ for unmanned warfare - India News". indiatoday.in. Retrieved 22 February 2021

di a gears up for unmanned warfare - India News". indiatoday.in. Retrieved 22 February 2021.

²⁹⁰ Rabi roff, Jon (July 12, 2010). "Machine Gun Toting Robots Deployed On DMZ". Stars and Stripes. on April 6, 2018.



(図 8-4 SGR-A1²⁹¹)

(2) ドローン

先述したような経緯で航空分野はその嚆矢として、また本流として注目されている。より具体的に詳述すれば、航空における自律システム及びロボット技術は、世界的には既に民間社会実装が進みつつある。

研究開発状況として特に注目すべき、①非 GPS 環境における AI による画像認識や物体検出による飛行、②複数の群れでの飛行、③拡張現実との連携が注目され、軍民の垣根を越えて研究が進んでいる。

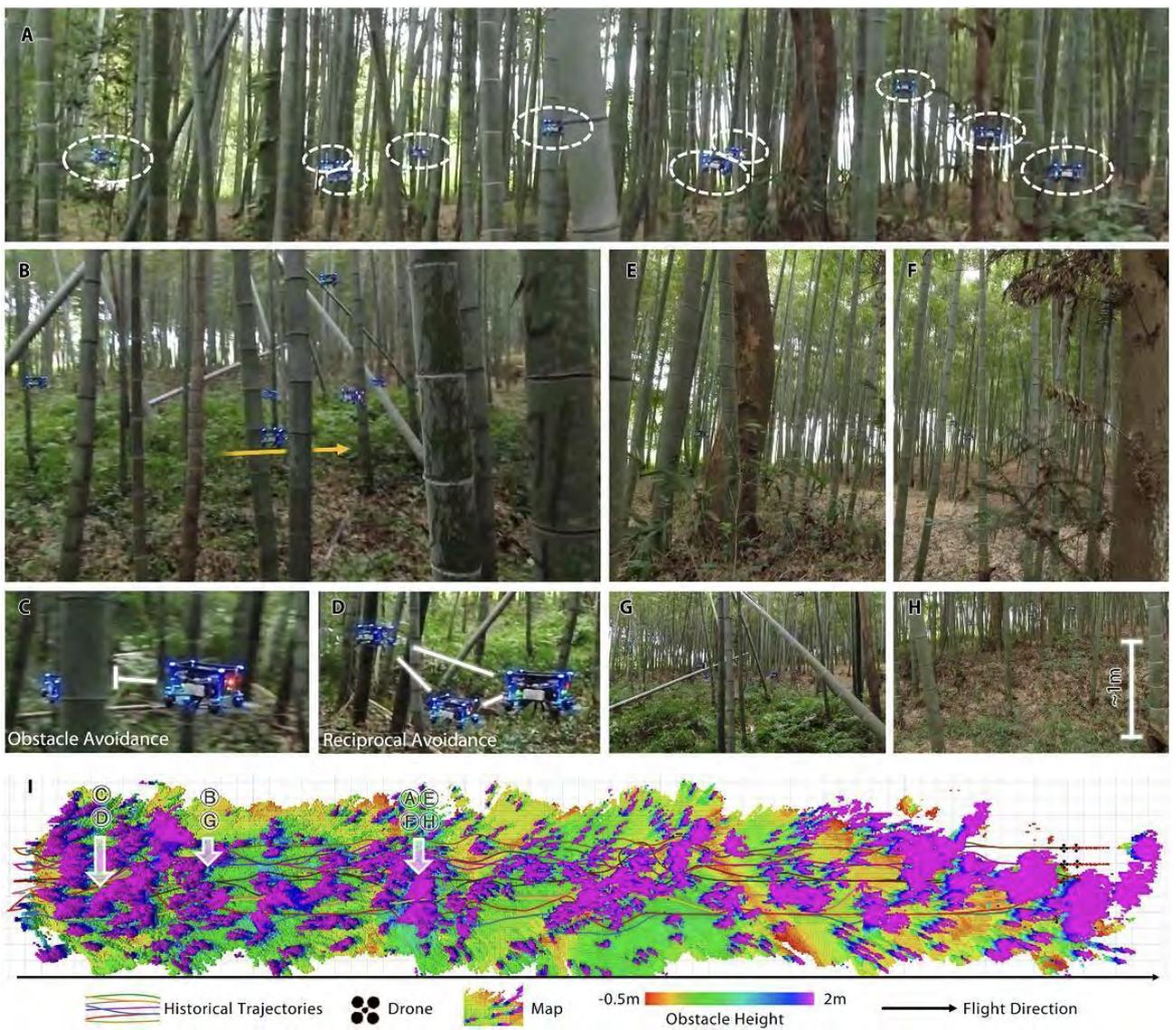
まず①については、既に商用品として米 skydio 社の skydio 2+ が米本土ではコンシューマー向けが 1000 ドルで販売されている。この機体には 6 つのビジュアルセンサーが備わっており、それから得た映像を AI が判断して、GPS を使わずに自動的に飛行していく。

また浙江大学の研究者は、後述するスウォーム技術と組み合わせ、10 機の各ドローンの AI が自律分散協調アルゴリズムにより、竹藪においても相互通信して難なく編隊飛行しながら障害物を回避し、目標の人間を追跡する技術を完成させている(図 8-6)。

²⁹¹ https://www.phonearena.com/news/Did-you-know-that-Samsung-used-to-make-military-and-security-technology_id72844



(図 8-5 ドローン)



(図 8-6 ドローンの編隊飛行)

これは地下や狭隘な空間などにおけるドローンの運用を可能とするだけでなく、軍事的にも今や民生品でも存在する GPS 妨害という初歩的な電子妨害の環境下でも重要であり、軍民双方での研究が盛んとなっている。

②については、いうまでもなく自律的に編隊を組んで飛行するスウォーム技術だが、ロボット工学における重要なイノベーション分野とされるもっとも重要な技術だ。これも進捗が著しい。

既に紹介したように厳密な意味での自律制御によるスウォームはイノベーションの勃興期を迎えつつある。数機単位の自律制御は既にトルコの自爆ドローン KARGU のように実装されている。特に先述の浙江大学の研究は注目すべきもので、スイス連邦工科大学ローザンヌ校のドローン群研究者のエンリカ・ソリアは「ドローン群飛行が、構造化されていない環境、野生の外で飛行に成功したのはこれが初めてであり、非常に印象的だ」としている。

もちろん、東京五輪の開幕式で展示されたようなプログラムの方式であれば、数百機の運用が出来る現状にある。

最後に③についてはドローンで得た情報や映像をGoogleなどに表示することで、人間の目の現実と重ね合わせ、かつそれで操作する技術である。ただし、拡張現実の一部の人間に“酔い”を発生させるため、機器もしくは人間自体を改良する研究が進められている。

また Global Data の調査によれば、将来のドローン技術の基幹をなすものとして 180 以上ある中で、代表的な物を 23 個あげている。第一は、Robots-as-a-service (RaaS) である。これはロボットとそれを制御するシステムを外部サービスとして利用する仕組みだ。ロボットをリースしてクラウドベースのサブスクサービスに入ることによって企業はロボットを所有することなしにその機能を利用できる仕組みとなっている。

第二は Collision avoidance for robots であり、これはロボットのための衝突回避技術となっている。ロボットの移動中に何かにぶつかりそうになった時にそれを回避する能力である。

第三は AI-guided forklifters である。これは AI 誘導フォークリフトで、無人搬送フォークリフトや AI が駆動させるもので、AI の使用により、作業速度の高速化が見込めることを目的とする技術である。

第四は、Remote-controlled excavators で、文字通り遠隔操作型ショベルカー。

第五は Aircraft anti-collision systems。文字通り航空機用衝突予防システムで、複数の機体をスウォームさせるためのものだ。

第六は、Computer vision for autonomous navigation で、直訳すれば自律ナビゲーションのためのコンピュータービジョンである。このコンピュータービジョンとはシステムがデジタル画像といった

視角的入力から情報を取り出し、その情報に基づいて行動を実行できるようにする AI の分野であり、それを自律ナビゲーションのために応用する技術だ。

第七は、Autonomous control system で、自律制御システムである。人工知能、機械学習、データ収集を使って設計された、不確実性の高い環境下で人間の介入をほとんど、もしくはまったく必要とせず自動で動作させるためのソフトウェアである。

第八は、Robo-taxis で、いわゆる自動運転タクシーである。中国では実際にテストが進んでいる。

第九は Remote-controlled pick-up drones で、遠隔操作により物を回収できるドローンのことである。

第十は、Satellite constellation control systems で、衛星コンステレーション制御システムである。

第十一は、Aircraft power load balancing であり、航空機の電力システムにおける負荷分散の技術である。

第十二は、Remote-controlled drone imaging であり、これは遠隔操作するドローンに搭載されたカメラを使用して、リアルタイムもしくは遅れて画像を提供するものである。

第十三は、Multi-axis drone gimbals。これは多軸ドローンジンバルであり、2 軸ジンバルなら縦と回転、3 軸ジンバルなら縦、横、回転の動きに対してカメラを制御可能である。

第十四は、Drone launching techniques。これはドローン発進技術であり、ドローンをどのようにして発進させるかに関する技術。固定翼タイプを打ち上げるためのカタパルトシステム等が該当する。

第十五は、Remote-controlled drone launchers であり、これは遠隔操作ドローン搭載型発射機である。遠隔操作ドローンに何かしらの物体を発射する能力を意味している。

第十六は、Autonomous Parking、自動駐車である。文字通り、人の介入なしに自動で駐車する技術だ。

第十七は、UAV swarm control でドローンスウォームの制御技術だ。

第十八は、LiDAR imaging、光検出と測距を利用した画像化だ。LiDAR とは、Light Detection and Ranging の略であり、物体の形や距離をレーザーを使ってはかる技術で、非 GPS での駆動やスウォームのために必要な技術となっている。LiDAR imaging とはこの LiDAR から得られた情報を画像化することだ。

第十九は、Drone flight control system、ドローンフライトコントロールシステムである。これはドローンの速度や姿勢を制御するために、搭載されている各種センサーからの情報等を処理して機体を制御するシステムで、ドローンの基盤となる技術だ。この技術によって、荒天などの不安定な環境下や急制動などがどれだけ可能になるかが決まる。

第二十は、Imaging sensors in vehicles、車載画像処理システムである。

第二十一は、Rader for vehicle anti-collision、車両用衝突防止レーダーシステムだ。これは車両に搭載されたレーダー、赤外線距離測定器等を組み合わせることで車両の衝突を防止するシステムである。特に興味深いのは音響を使ったシステムである。

第二十二は、AV on-board control systems、AVによる制御システムである。

第二十三は、Aircraft stowage ejectorsで、ドローンの積載物を排出する技術となっている。

これらは後述するように、ロボティクスの高い汎用性を示している。すなわちこれらの技術は、陸海空の無人アセットのいずれにも当てはまる技術だからである。例えばスウォーム技術や姿勢制御技術や衝突回避技術は陸海空宇宙を問わず必要な技術であることから、これは明白だ。

3. 公的利用・安全保障における利用

現状自律型の兵器では最後の意思決定において人間の関与が必要とされているものの、防衛面では自動化に近い形での防衛行動をとれるため安全保障上の優位性は高いといえる。他方で、ターゲティングに関しては中に内蔵するAIの画像認識やディープ・ラーニングの精度に著しく依存するため、ハードウェア自体というよりも中のソフトウェアの技術を向上させるかが争点となる。自律型致死兵器システム(LAWS)に関して、特定通常兵器使用禁止制限条約(CCW)の政府専門家会合(GGE)において現在も議論されている内容であるが、現状では完全自律型(Fully Autonomous)の兵器はまだ誕生していなく、そこに至るまでの過程でどの程度国際的に規制をしていくかのコンセンサスが重要となる。

民生利用

(1) ロボット

自律型ロボットにおける経済産業・民生上のインプリケーションは多岐にわたると考えられる。基本的には人間にしかできない行動の代替が可能であることや一般的に人間が立ち入るのが難しい場所においてもロボット介して作業ができるという主な利点がある。例えば、農業分野においてはドローンによる農薬散布や人型ロボットによる作物の回収が考えられる。そして、一般生活においても害獣駆除も可能である。またVTOLの例のように大規模フェス会場における様々な検知・探索活動も可能であり、災害時にはZephyrなどを使った通信インフラの頑健性を強化できると考えられる。

・最高速度 100km の垂直離着陸型ドローン QTW VTOL UAV

QTW VTOL UAV は JAXA の新技術を投入した最高速度 100km の垂直離着陸型ドローンである。

JAXA は新技術の設計と運用を研究し、この研究成果を民間企業が製品化することで新技術の社会実装を進めている²⁹²。宇宙科学分野ではロケットの開発や打ち上げを担っていることで有名だが、航空技術の分野では次世代を担うドローンも例外ではなく、ドローンの技術開発に取り組んでいる。ドローンは多岐にわたる業務で利活用が進んでいるが、そのほとんどがマルチコプター型だ。いくつか課題は残されているものの、マルチコプター型の構造設計は確立しつつある。JAXA は市場で確立されていない新技術の研究開発を目標としているため、日本では確立されていない固定翼機および垂直離着陸機（VTOL 機）を開発しており、日本市場で確立されていない VTOL 機の設計と運用と研究を進めている。2kg の機器や荷物を搭載することができ、同機の最高速度は 100km/h 出すことが可能である。例えば、30 分の飛行であれば約 50km を移動する計算となる。



(図 8-7 チルト翼小型無人 VTOL 機「QTW VTOL UAV」²⁹³)

・太陽光動力の無人飛行機（UAV）Cai hong(彩虹)

中国は太陽光動力で動くの無人飛行機（UAV）である Cai hong（彩虹）を開発し、高度 2 万 m での 15 時間を超えるテスト飛行に成功した。通常の航空機では大気の薄さによりエンジン性能が低下する、準宇宙空間での飛行となる。この太陽光動力ドローンは、準衛星としてデータ中継や、空中における Wi Fi ハブとして辺地や島しょ部への通信環境の提供などを担う予定で、土地測量や地震、洪水時の災害監視も可能になる。またマルチユースとして太陽光動力ドローンは軍事目的にも利用可能である。

²⁹² JAXA の新技術を投入した最高速度 100km の垂直離着陸型ドローン「QTW VTOL UAV」ドローンジャーナル

²⁹³ <https://drone-journal.impress.co.jp/docs/event/1184519.html>

彩虹は通常の UAV よりも滞空時間が長く、偵察衛星よりも正確な情報を取得することができるからである。彩虹はまた、UAV 空中磁気・空中放射能応用システムを搭載しており、放射能調査においても活用されている。²⁹⁴



(図 8-8 彩虹²⁹⁵)

・ソーラーUAS「Zephyr」

Ai rbus 社は成層圏も飛べるソーラーUAS「Zephyr」の飛行実験を成功させた。Zephyr は成層圏も飛行できる仕様で、「成層圏プラットフォームシステム (HAPS)」として観測や通信の基地の役割も担うことができる²⁹⁶。また、この HAPS として活用した低遅延接続サービスを提供開始することを発表している。この Zephyr は太陽光発電でき、日中は太陽光で稼働しながらも、夜間は、バッテリーに充電した電力を使って飛行を続ける。そして民生活用として低遅延の 4G/5G モバイル通信サービスを提供する予定であり²⁹⁷、これまで世界の防衛産業として活動してきた Ai rbus 社の民生分野における目覚ましい事例として挙げられる。

²⁹⁴ Cai hong UAVs make changes to serve more missions in modern warfare.

<https://www.globaltimes.cn/page/202211/1278928.shtml>

²⁹⁵ <https://www.globaltimes.cn/page/202211/1278928.shtml>

²⁹⁶ Zephyr: The first stratospheric UAS of its kind

<https://www.airbus.com/en/products-services/defence/uas/uas-solutions/zephyr>

²⁹⁷ Ai rbus、HAPS 活用の低遅延接続サービス提供開始 DRONE

<https://www.drone.jp/news/2022071918084055540.html>

Zephyr

Pioneering the stratosphere



(図 8-9 ソーラーUAS「Zephyr」²⁹⁸)

(2) ドローン

想定・想像される用途としては、あらゆる用途が想定される。一言でいうならば、ドローンとはスマートフォンの延長とされるように、きわめて汎用性が高い。スマートフォンの用途が一概に指摘出来ないようにドローンもまた同じである。

むしろドローンを扱う際の弊害としては用途を想定し、決めることにある。例えば陸上自衛隊は、民生の小型ドローンを防災用として調達したが、何よりも防災用として調達したために、電波法の規制もあり、1km、電波環境によっては数百mしか電送距離が及ばないものとなっている。同じ機体が諸外国では8km飛ぶのに異常な性能劣化を起している。

ここで注目すべきは用途を事前に決めることによる電波法が特に深刻な技術の発展と社会実装に障害を引き起こしていることだ。総務省は2.4GHz帯の中でもさらに狭隘な2.483と2.494の間しかドローンの通信領域を用意しておらず、同じ2.4GHz帯の携帯電話や無線LANよりも貧弱な状態で、容易に不安定化する状況となっている。

²⁹⁸ <https://www.airbus.com/en/products-services/defence/uas/uas-solutions/zephyr>