

〈2〉 スターリンクは撃ち落とせるか — 民間人工衛星とロシア・ウクライナ戦争 —

一般社団法人先端技術安全保障研究所 (GIEST) 所長 小沢 知裕

1. ウクライナを支える民間人工衛星	320
2. 民間人工衛星に対するロシアからの警告	321
3. 契機となったサイバー攻撃	321
4. スターリンクの技術的な違い	322
5. 静止衛星撃墜の技術的な難しさ	323
6. 低軌道衛星破壊の技術的な難しさ	324
7. 撃墜への3つのハードル	324
8. 覚悟を迫られるロシア	325
文献目録	327

1. ウクライナを支える民間人工衛星

2022年春、ウクライナに対するロシア軍の大攻勢が始まった。対抗するウクライナは、現時点(12月)で、凡そ10カ月間に渡って持ちこたえていることになる。この抵抗を支える技術的な要素の一つに人工衛星を数えることができる。民間企業の打ち上げた人工衛星が、ウクライナの政府や軍、市民に様々なサービスを提供しているのである。例えば、インターネットなどの通信インフラは、地上や海底を通る光ケーブルを利用したものが普及しているが、人工衛星経由の回線もまた存在する。米民間企業スペースX社が提供する衛星インターネットサービス「ス

ターリンク (Starlink)」はウクライナにおいて軍民双方の通信を支えている^[1]。米イリジウム (Iridium) 社の提供する衛星通信網もまた、ウクライナの数万に上る機器間の通信をつないでいる^[2]。

衛星の活躍する分野は様々だが、通信ともう一つ注目すべきサービスは偵察であろう。米商務省は民間の衛星画像サービスのウクライナへの提供を公にコミットしている^[3]。実際に、米マクサー (Maxar) 社を始めとする米・加・欧州などの複数の企業が、戦場の写真や避難民の歩く様子を軌道上から撮影し、ウクライナ軍や人権団体に直接提供していると報道されている (表1)^{[4][5]}。

表 1. ウクライナに衛星画像サービスを提供しているとされる企業

社名	本社所在	備考	参考
EOS データアナリティクス	米カリフォルニア州	CEO はウクライナ人	[6]
マクサー・テクノロジーズ	米コロラド州	米政府が主要顧客。	[7]
プラネット	米カリフォルニア州		[8]
カペラ・スペース	米カリフォルニア州		[8]
サテロジック	ウルグアイ		[8]
オプト・ネット	オランダ		[8]
MDA	カナダ	オンタリオ州が拠点。	[5]

ウクライナ国防軍は、トルコ製無人航空機バイラクタル TB2 購入のために国民から寄せられた募金の用途を変え、フィンランド企業 ICEYE 社の人工衛星へのアクセス権の購入に充てている。人工衛星 1 基が完全にこの用途のために使用され、必要に応じて他の 20 基程がそのプロセスに関与するという。これらの衛星の使用開始後 2 日間のみで、ウクライナ軍は 60 ものロシア軍用装備（装甲車など）を特定しており、実質的に軍事偵察衛星を手に入れていると言ってよい状況となっている^[9]。これもまた、ウクライナ軍に対する、民間企業による宇宙からの支援の一つである。しかし、これら民間の人工衛星がロシア軍による攻撃対象となるのではないかという懸念が、にわかに脚光を浴びている。

2. 民間人工衛星に対するロシアからの警告

このような懸念は、2022 年 10 月 26 日に開催された国連総会第一委員会（軍縮関連の決議機関）の席上での、ロシア使節団ボロンツォフ（Konstantin Vorontsov）副団長の発言によって引き起こされたものである。ボロンツォフ副団長は、米国に主導された西側諸国による宇宙空間の軍事利用に対して懸念を表明するとして糾弾する中で、ウクライナの軍事活動を直接的または間接的に支援する民間インフラをエセ民間インフラ（quasi-civilian infrastructure）と呼んで非難している。そして、これらの企業が提供する民間インフラを報復攻撃の合法的な標的と見なす可能性を示唆している^{[10][11]}。同副団長は、9 月にも国連の作業部会席上で同様の主張を行っており、これを、時と場所を変えて繰り返した形であった^{[12][13]}。

ボロンツォフ副団長の発言は、上述した何れの民

間人工衛星をも対象とする可能性のある内容といえるが、メディアでは、その攻撃対象の代表格としてスターリンクが度々取り上げられている^{[14][13]}。スターリンクとは、実業家イーロン・マスクの経営するスペース X 社によって提供される衛星インターネットサービスである。ここでスターリンクが注目される背景には、そのサービスのウクライナへの提供の経緯（次節で言及する）や、その通信サービスが実際にウクライナ軍に有効活用されているという事実が存在する。例えば、ドネツク州の都市マリウポリ（Mariupol）がロシア軍に包囲されたときにも、通信確保のために同システムが送り込まれている^[1]。マスク CEO 自身、スターリンクシステム（ここでは地上設備を指す）がロシア軍の攻撃目標とされる可能性が高いとして、地上設備を所有する利用者に向けて警鐘を鳴らしたことがある^[15]。それだけ、自ら提供するシステムへのロシアからの敵視を感じ、危機感を募らせているのである。

さて、それでは今後、実際にロシアはスターリンク衛星を撃墜するだろうか。撃墜することは、果たして技術的に可能なのだろうか。軍事的メリット・デメリット、外交におけるメリット・デメリットを考えた上でも、なお、それは可能な選択肢と言えるのだろうか。本稿では、まず、他のサービスと比較したスターリンクの技術的な違いを解説し、その違いが、結果的にミサイル攻撃を困難にしていることを示す。また、ロシアがこれらの人工衛星を撃墜しようとした場合、その技術的な難しさとは別に、外交的、軍事的な意味で高いハードルが少なくとも 3 つ存在することを示す。

3. 契機となったサイバー攻撃

ロシアによる 2 月の侵攻時点では、ウクライナ軍

はヴァイアサット社の提供する衛星インターネット網を利用していた。人工衛星 KA-SAT(ケイエーサット)によって提供される同システムは、ロシア軍による大規模侵攻開始の凡そ1時間前にサイバー攻撃を受けている。この攻撃によって地上局のモデム数万基が使用不能となり、交換を余儀なくされた^{[16][17][18][19]}。KA-SATによるサービスはウクライナを含む欧州全域をカバーするものであったため、この攻撃によって、東はポーランド、西はフランスに至る欧州全域の衛星インターネット網がブラックアウトさせられた^[17]。ウクライナ国内では数千に及ぶ顧客が影響を受けているが、欧州全体で見ると数万が影響を受けている^[20]。このとき使用されたマルウェアはワイパー(拭い去るもの)マルウェアと呼ばれるもので、攻撃対象デバイス内のデータ消去を行うものであった。このとき使用されたマルウェア、アシッドレイン(AcidRain)は、脆弱なモデムやルーター内のデータを消去した後に再起動を試み、最終的にはデバイスを使用不能にすることを目標としていた^[21]。

攻撃が行われた上述のタイミングと、顧客の一つにウクライナ軍があったことから、当初よりロシアによるサイバー攻撃が疑われ、米仏の機関などで調査が進められた^[19]。2022年5月には、米国、英国及びEUが共同で、この攻撃をロシアによるものと公式に非難する声明を発信している^{[22][20]}。

ウクライナ政府高官は、このサイバー攻撃によって、ロシア侵攻開始初期に非常に大きな通信ロスが生じたと発言している^[19]。KA-SATへの攻撃を受けて、ウクライナ副首相フェドロフ(Mykhailo Fedorov)は、ツイッターでイーロン・マスク CEO に向けてスターリンク基地局の提供を呼び掛けている。マスク CEO はこれへの返信の形でスターリンク網のウクライナでのサービス提供即時開始を宣言し、「さらなる端末が配送中だ」と続けている^{[23][24]}。KA-SATへのサイバー攻撃がロシアのものだとするならば、これに対抗する直接的な対策に、マスク CEO は名乗りを上げた形となる。従って、ロシアの次のターゲットはスターリンクであるとする考え方には蓋然性があると言って良いだろう。

4. スターリンクの技術的な違い

ウクライナに衛星インターネット網を提供しているのはスペース X 社だけではない。例えば、冒頭で触れた衛星回線の老舗イリジウム社などもまたインターネット網を提供している。これら各社の提供するサービスの違いは何だろうか。ウクライナをサービスエリアに含む、代表的と思われる四社のサービスを比較して見てみよう(表2)。

表2. ウクライナをサービスエリアとする主な現行衛星回線サービス

サービス提供社 (サービス名)	衛星数 (基)	軌道 (km)	遅延 (ミリ秒)	下り速度 (Mbps)	参考
スペース X (スターリンク)	約3千	550	20	200	[25] [26] [27]
ヴァイアサット (KA-SAT)	1	3万6千	450~700	50	[25] [28] [29]
ヒューズネット	20以上	3万6千	450~700	25	[25] [30]
イリジウム	66	780	—	0.7	[31] [32]

ここで、これら人工衛星の軌道に注目したい。旧来のヴァイアサット社、ヒューズネット社といった広帯域通信サービスは、静止衛星を使用しているため、静止軌道と呼ばれる3万6千キロメートルもの高い軌道より提供されている。静止衛星とは、地球の自転周期と同じ周期で地球を回る人工衛星を指すが、これは、地上から見たときに同じ位置に静止し

続けているように見える。通信衛星が静止衛星であるならば、同じエリアにサービスを提供し続けることができるわけである。このような周回を実現する衛星軌道を静止軌道と呼ぶ。

しかし、スターリンクやイリジウムは550キロメートル、780キロメートルという低軌道(地球低軌道:高度2,000キロメートル以下を指す)から提