

【自由論題】

低高度空域と航空作戦との関連性

—ブレマーらによる「航空拒否」概念の検証—

航空研究センター 防衛戦略研究室
3等空佐 渡邊 旭

はじめに

近年、技術の目覚ましい発達とともに、ドローン¹が数多く使用されている。遊興目的のドローンの一般化により、民間のドローン市場は2021年の2,600億ドルから2022年には3,100億ドルとなり、2030年には5,500億ドルまで拡大するといわれている²。この動きは、これまで大型無人機の使用を中心としていた軍事分野にも大きな影響を与えている。その発展とともに、軍用と商用の区別の曖昧さを指摘されるほど、軍事においても多様な種類のドローンの使用が拡大している³。

これまでは、主に非国家主体によるドローンの使用及びその脅威が注目されてきた。IS（イスラミックステート）による、市場で流通している商用ドローンの使用に始まり、反政府勢力や麻薬組織といった様々な非国家主体が近年、積極的にこれらを使用している。先行研究では、活動が爆弾の投下等のキネティックな直接的な攻撃から偵察・輸送・プロパガンダ用の動画の撮影まで多岐にわたる一方、非国家主体によって活動の種類や使用する手段が異なる点を指摘している⁴。また、ナゴルノカラバフ紛争においてアゼルバイジャンが徘徊型兵器を使用しアルメニア側の防空網を無力化し戦いを優位に進めたことにより、非国家主体だけでなく、国家間紛争でも、その有用性が示された⁵。これらの、相対的に小規模なアクターによって使用された、既存の航空作戦と重複するところも多いドローン等を使用した活動は「貧者の空軍（Poor Man's Air Force）」とも呼ばれてきた⁶。

さらに、ロシアによるウクライナ侵略において、軍事におけるドローンの大規模な活用は飛躍的に高まることになった。緒戦にウクライナ側は小型・商用であるドローンを、偵察活動を中心に効果的に使用することにより、ロシア側の進撃を頓挫させることに成功した⁷。その後、ロシア側もこの状況に適応し、いまや両者とも多様な種類のドローン

を多用している。現在のウクライナの状況は「最初の大規模なドローン戦争」とも呼ばれる状況となっている⁸。そして、これらのドローンは、単なる陸上作戦の支援だけでなく航空作戦においても貴重な存在となっている。ウクライナ軍総司令官のザルジニー（Valerii Zaluzhnyi）が認めるように、固定翼戦闘機の規模でロシアに劣勢なウクライナにとって、ドローンはこれを相殺するための貴重な手段となっているのである⁹。これまで大型無人機に比べ注目が薄かったドローンは、軍事作戦における重要な手段となっているといえる¹⁰。

さらに、ドローンの使用が拡大するとともに、最近ではこれらの活動する高度の重要性が指摘され始めた。既存の航空機と異なりはるかに低高度で活動するこれらは、迎撃困難な一方、大量に投入可能とされる。そのため、この高度の使用が今後の軍事作戦に与える影響は大きい。特にロシアによるウクライナ侵略を契機に、低高度の空域は、これまでの航空作戦の中心であった固定翼航空機の活動する中・高高度と異なる独自の重要性を持つものと強調されている。「空の沿岸域」とも呼ばれるこの空間の重要性は、いまや米国だけでなく、様々な国の論者によって指摘されている¹¹。

しかし、低高度空域と航空作戦との関係について、ドローンによる脅威に議論が集中し、「どのように使用するか」に関する議論は限られている。ドローンを積極的に使用する陸軍種においては、直接的な脅威¹²として、また陸上作戦の支援的な役割¹³や諸兵科協同を構成する新たな要素¹⁴として、そして戦いの性質を機動戦よりも消耗戦にバランスを傾けるもの¹⁵として捉えられ、さらなる活用が推進されている。これに対し、ドローンの活動する低高度空域と空軍種における航空作戦との関連性の議論はいまだ少ない。空軍種の議論の手段の中心は、これまで航空機による遠距離からの安全な投射手段としての空中発射型の無人機の活用¹⁶や、高価なステルス機と連携する無人機（Combat Collaborative Aircraft: CCA）¹⁷であった。最近の米空軍の方針も、航空機による突破という既存の戦い方を主にしており¹⁸、安価なドローンの位置づけについてはいまだ不透明である¹⁹。

一方で、2010年代半ばより、これまで中心だった固定翼機による航空優勢の獲得では、ドローンの活動は阻止できないことが指摘されている²⁰。また、米空軍幹部が述べるように、固定翼機中心であった戦い方はいまや困難であることが共通認識とされ始めている²¹。これらを踏まえると、空軍種における新たな戦い方の必要性の追求として、低高度空域の重要性は高まっているといえる。

本稿では、高高度及び低高度空域で行う軍事作戦のうち主に空軍種が行う作戦を航空作戦²²、ドローンが活動する空間を低高度空域としたうえで、航空作戦の中でこの低高度

空域をどのように捉え、そして活用していくか、その可能性について検討する。まず、議論の対象であるドローンについて、商用ドローン及び徘徊型兵器といったドローンの特徴等を概観する。そしてこれらが活動する低高度空域と航空作戦の関係の議論を整理したうえで、両者の関連性を重視したブレマー米空軍大佐ら（Maximilian K. Bremer and Kelly A. Grieco）の提唱する「航空拒否」概念²³を確認し、その可能性と限界について述べる。構成について、まず、議論の中心となるドローンを概観した上、本稿の分析枠組みについて確認し、装備品に焦点を当てるのが空間としての「低高度空域」の規定に重要であることを述べる。次に、先行研究を整理し、空軍種による近年の低高度空域の議論を整理した上、航空作戦との接続が不十分という問題点を指摘する。そして、航空作戦と接続を試みたブレマーらの主張する「航空拒否」概念について、彼らが参考にしたシーパワー論との関係を踏まえつつ確認する。そして、航空拒否概念の妥当性について、2023年6月から行われた、ウクライナにおける反攻を事例に分析し、その限界について論述する。

1 分析枠組みの整理

本項では、以降の論考の前提となる分析枠組みについて整理する。まず、低高度空域で活動するドローンの概要を確認する。次に、空間としての低高度空域を定義する方法及び航空作戦を分析する方法について論じる。その上で、ドローンの活動する低高度空域の特徴について述べる。

（1）ドローンの概観

近年活発に使用されているドローンのうち商用のものは、概して小型であるため航続距離やペイロードが限定され電子戦に脆弱である一方、安価で既存装備品での迎撃が困難という特徴を有する。例えば、商用ドローンの代表的存在であるDJI社製のDJI Mavic 3は離陸重量1kg以下、飛行時間46分、価格は2,200ドルである²⁴。商用ドローンの多くはバッテリーを動力とし4枚の回転翼を持つクアッドコプター型であり、3Dプリンタ等他の技術との親和性も高い²⁵。これらは偵察に威力を発揮し、特に地上部隊による火力と組み合わせることにより、迅速な精密射撃を実現した。例えばウクライナにおいて、1個中隊の制圧に必要な砲撃弾数はドローンなしの場合90発である一方、ドローンの偵察と組み合わせた場合9発に減少する²⁶。また、攻撃においても商用ドローンは使用されている。クアッドコプターによる爆弾投下に加えて、最近では、さらに高速性に特化したレーシング用のドローン（First Person Viewドローン：FPVドローン）が安価な攻撃手段として使用されている。10km程度の航続距離といわれ高速で目標に衝突する

この形のドローンは、DJI Mavic 3 等と比較し約 200 ドル～700 ドル程度の価格である一方、使い捨てでありこれまでのドローンの 5 日程度に比べ 2～3 週間の訓練期間が必要である。それでも、15 万ドルの対戦車ミサイルと比較するとはるかに安価である²⁷。

ただし、これらの市販品はジャミングに脆弱という欠点を有する。例えば Mavic 3 の最大航続距離は 30km とされるが、実際には 2022 年のウクライナでミコライフ地方では 15km であった一方、ロシア側の防衛線が構築されたバフムート地方では 3km、ジャミングがさらに強化された 2023 年以降では 500m に限定されるといわれている²⁸。また戦場での損耗も激しく、月に 1 万機が喪失されたとさえいわれている²⁹。ジャミング対策がされたドローンも開発されているものの、効果は限定的である一方、価格はより高額となる³⁰。

同じく、戦場で数多く使用されているものが徘徊型兵器といわれる種類である。この用途はその名の通り主に攻撃であり、目標に衝突して使い捨てを基本とする。徘徊型兵器は前述の商用ドローンよりはるかに大型である一方、射程が長い。スイッチブレード 600 や Hero 400EC のように重量 40kg、航続時間 3 時間程度、射程約 85km の中型のもの、スイッチブレード 300 やウォーマイト (Warmate) のような重量 4kg、航続時間 45 分、射程 10km 程度の小型のものまで、幅広い種類が存在する³¹。価格について、中型の大きさであるスイッチブレードは 6 万ドル、射程 70km ランセット (Lancet-3) の 3.5 万ドル等とされるなど、一般的な徘徊型兵器の価格は約 8 万ドル程度までとされる。これらは、既存の巡航ミサイルの 1,300 万ドルや、小型徘徊型兵器と類似した用途である AGM-114 ヘルファイア対戦車ミサイルの 15 万ドルに比べ、はるかに安価である³²。軍用製品である徘徊型兵器は商用のドローンより対電子戦に優れるため迎撃が難しいとされる上、最近では標的となる装備品を識別するといった精密な終末誘導を備えるといわれている³³。

これらドローンに対する問題は、迎撃が困難とされる点である。その理由として第一に、費用対効果が悪いことである。迎撃手段について、中・高高度用地対空ミサイル (Surface to Air Missile: SAM) であるペトリオットは 1 発 300 万ドル、携帯型 SAM のスティンガーであっても 3.8 万ドルといわれる³⁴。また、一般的に有用といわれる電子戦も高出力が必要であるため、商用ドローンに比べはるかに高価になるとされる³⁵。そのため、ドローンの使用により、既存装備品に対しコスト賦課が可能である³⁶。第二に、そもそも現行の手段では、小型目標であるこれらの探知が課題とされることである。例えば商用ドローンのレーダー反射面積 (Radar Cross Section: RCS) は鳥の 0.01 m²よりさらに小さい 0.001 m²程度であるといわれ、その探知距離は、既存の X バンドレーダーで

は最大5km程度とされる。これ以上の遠距離での発見は困難とされ、対応時間は局限される。さらに、主な動力がバッテリーであるため、熱源探知といった他の手段による探知も困難である³⁷。この状況を受けて、対ドローン製品の有力企業であるエストニアのMurdoc社CEOでさえ「現状でドローンに対する優れた対抗策はなく、100%の解決手段であると喧伝する企業は嘘つきである」と認めるほどである³⁸。迎撃が困難であるという点は、既存の固定翼航空機や巡航ミサイルに比べはるかに小型な徘徊型兵器も共通しているとされる³⁹。以上のことから、ドローンへの対応は、費用対効果の悪さや探知の課題といった点から、困難な問題となっているのである。

（2）空間としての「低高度空域」の規定

次に、これらドローンが活動する空間としての低高度空域をどのように規定するかという点を検討する。まず、これまで低高度空域に言及する場合に一般的であった高度による規定では、「どの高度を低高度とするのか」という点を解決できない。例えば後述する「空の沿岸域」の概念を主張するブレマーらは、米統合ドクトリンを引用する形で高度10,000フィート（約3,000m）以下として規定した。一方、彼らによる別の論考においては15,000フィート（約4,500m）以下としており一貫性に欠けている⁴⁰。また、レキシントン研究所のグーレ（Daniel Goure）は、ブレマーらの「空の沿岸域」の用語を使用しつつ、低高度を1,000フィート（約300m）以下としている⁴¹。一方、ハースト米空軍大佐（Jules Hurst）は5,000フィート（約1,500m）以下を固定翼機の活動と異なる低高度としている⁴²。さらにカード米空軍少佐（Bryan A. Card）は、米国防省の無人機の種類のうちGroup1及びGroup2の高度である3,500フィート（約1,000m）以下であるとしている⁴³。このように、これらの研究では、共通してドローンの活動高度を想定しているにも関わらず、それぞれ多様に規定している。また、近年の技術発達や実際の運用状況によって、ドローンの活動高度は更に多様となると考えられる。例えば、低高度を飛行すると想定される徘徊型兵器のうち代表的なスイッチブレード600の最大高度は15,000フィートであるとされている⁴⁴。また、ウクライナにおいて、ドローンであっても高い高度になるほど発見されやすくなると報じられている⁴⁵。これらの点から、低高度空域を高度で規定するのは不適切であるといえる。

これに対し、本稿において空間とは、そこで活動する装備品によって形成されるものであると位置づける。その理由として、その空間で活動する装備品は、戦闘空間を形成し、そしてその特性を規定する重要な要因となるためである。長尾らは、空間は、彼我の相互作用と科学技術の発展とが結びつき拡大していったと述べる⁴⁶。戦いにおいて、我は奇襲のため相手の戦力の集中する場所を避けようと、一方相手はその阻止を試みる。

互いにいかに敵の意図しない地点に戦力を投入し相手の虚を突くことを試みるという、相互作用の結果、戦闘空間は必然的に拡大していった。この相互作用の基盤となったのが科学技術であったとする⁴⁷。造船・航海技術、電信技術、潜水艦、航空機、ミサイル技術といった科学技術の発達の結果、物理的な戦闘空間は二次元から三次元へ、そして今や宇宙にまで拡大したのである⁴⁸。

そして装備品とは、それぞれの空間に存在する制約を科学技術によって克服した結果といえるものである。空間で活動するために、それぞれの空間で自由に活動するために、装備品はその空間に適応するよう独自の発展を遂げていった。ジョージア工科大学のリンゼイら（Jon R. Lindsay and Erik Gartzke）は、この装備品の独自性が、それぞれの空間の特質を表すと指摘した⁴⁹。例えば航空領域では、航空機は地形に影響されず移動可能な一方、敵に対し有利な位置を占めるため人間・機械とも活動困難な空気の高い高高度で行動することを強いられた。これに適応するため、航空機はレシプロ機からジェット機へと開発が進み、はるかに高速・高高度で活動可能になっていった。その結果、航空領域で活動するこれらは、機動性や行動範囲の広大さといった特性を持つと理解されたのである⁵⁰。

（3）低高度空域の特徴

それでは、空間が装備品によって規定されるとして、ドローンで構成される低高度空域はどのような特徴を持つと位置づけられるだろうか。低高度空域は2つの特徴を持つとされる。ひとつは「大量」という特徴である。1機あたり250億ドルのF-22や100億ドルのF-35といった最新の固定翼航空機や前述の高高度SAMなど、既存の航空領域で活動する装備品は科学技術の結晶であり高額である⁵¹。また、航空にとどまらず近年の装備品は全般として高額化の傾向である。これに対し、ドローンは安価であり、そのため、数多くを空間に投入することが可能となる。このような背景から、例えばハーストは、装備品の高額化のため投入数が不足する既存の高高度と異なり、低高度空域は、安価な装備品のため「大量」という特徴を持つと述べた⁵²。また米国防大学のハメス（T. X. Hammes）は、ドローンは安価で容易に生産できるため、戦場へ大量投入できる傾向を増幅する点を強調する⁵³。さらに、将来的にはスウォーム技術と結びつくことにより、ドローンは、現在よりもさらに大量に目標に指向させることが可能になることが指摘されている⁵⁴。これらの点から、低高度空域の特徴は、「大量」と位置付けることができる。

もう一つの特徴は、低高度空域と他の空間との近さを強調する、「近接性」である。低高度と地上の近さは、これまでの航空領域の発展においても議論されてきたが、航空機の活動を阻止するため配備されるようになった地対空兵器により、低高度は危険な空間

になっていき、この状況は現在も続いているといえる⁵⁵。しかし現在、ドローンは小型で運搬が容易という特質のため、「地上から」、あるいは「地上へ」という地上のドメインとのアクセスが航空機に比べはるかに容易である。またドローンの脆弱性により、サイバーや電磁波といった新たな領域の影響を受けやすい。例えばウクライナでは、多数の小型電子妨害装置によりドローンの飛行が妨害されている⁵⁶。この近接性は大量と密接に関係し、戦域での数が多いほど、他の空間への影響が大きくなると言うことができる。このように、近接性とは他の空間と相互に影響しやすいという、関係性の強さを表すものである⁵⁷。

ブレマーらはこの議論をさらに進め、「大量」と「近接性」という両者の特徴を持つ空間として整理した。ブレマーらの主張の特徴の一つは、低高度空域で活動する手段をドローンだけでなく、携帯型地对空ミサイル（Man-portable air defense systems: MANPADS）等、他の安価な装備品を含めたことである⁵⁸。これらは長距離 SAM に比べ限られた射程である一方、はるかに安価な装備品であり、主に低高度の脅威となってきた⁵⁹。これまでの対反乱作戦での非国家主体への拡散への懸念だけでなく、近年のドローンの拡散を受け、米などにおいても、対抗手段として安価な短距離 SAM の重要性が注目されている。このことから、ドローンと MANPADS は両者とも、安価であるため大量に配備可能であるとともに、地上と低高度空域の間を容易にアクセス可能であるという共通性を有する。ブレマーらはこれをまとめ、低空域が密度の高い空間で、そして空と陸の両方のドメインから近接し相互依存する特徴を持つと整理した⁶⁰。

ここでブレマーらの興味深い点は大量と近接性という特徴を有する低高度空域について、「海上におけるまたは海上からの軍事力⁶¹」であるシーパワーの理論において近年自由なアクセスの阻害の危険性のため重視されている沿岸域（littoral）⁶²になぞらえ、「空の沿岸域（air littoral）」と名付けたことである。もともとラテン語で海岸（shore）を意味する littoral を語源とする沿岸域とは、大洋へと通じる道である一方、地形で囲まれた狭い海域を意味する⁶³。この空間は陸上と海上両方から近い場所であることから、陸上と海上が「統合された特異な戦場⁶⁴」とされ、陸上と海上の近接性を有するとされる。また、狭い空間かつ地理的に浅い海域となるため、一般的な海洋と異なり大型艦艇や潜水艦の活動は制約される⁶⁵。一方で、陸上から近接しているため、小型艦艇や陸上発射型対艦ミサイルの投射が容易であり、さらに航空基地からヘリコプター等を用いた進出が容易となる⁶⁶。そのため沿岸域は、多様な装備品を大量に投射可能であり、陸上から近接した空間と位置付けられる。このように、大量と近接性という特徴に関して、沿岸域と低高度空域は類似している。ブレマーらはこの点を引用し、低高度空域を「空の沿岸域」と表

現したといえる。

（４）作戦領域としての低高度空域

ドローン等が活動し、大量、近接性という特徴を持った空間である低高度空域は、作戦領域としてはどのような意味をもつだろうか。前述した沿岸域に関しシーパワー論においては、防勢、そして弱者との親和性を強調する。例えばシーパワー論の代表的論者であるコーベットは、侵略部隊から防御における沿岸域の使用を重視する。沿岸域を使用する防御側は、遠方への遠征のため大型艦船と輸送艦で主に構成される敵侵略部隊に対し、監視が容易である上、小型艦船も含めた大量の戦力を投入可能である⁶⁷。また、沿岸域は弱者にとって使用が容易である。もともと遠方への投射は限られた海軍のみ可能であり、多くの海軍は規模が小さいため近傍での活動に留まる⁶⁸。手段についても、沿岸域で使用される艦艇は、その地理的な狭さという制約により小型となるため、比較的安価であり弱者側も容易に保有可能である⁶⁹。さらに、沿岸域は、再補給が容易である等、自領土との近接性を利用可能という防御側の利点を持つ⁷⁰。もし、低高度空域と沿岸域が作戦領域として類似するならば、低高度空域は防勢、弱者への親和性を有すると考えることができる。

2 低高度空域と航空作戦の関連性

本項では、低高度空域を航空作戦においてどのように使用するのかという、低高度空域と航空作戦の関連性について、先行研究を概観する。先述したように、低高度空域と航空作戦を関連させた研究について、その議論は限られている。本稿では、限られた中での先行研究の方向性を整理したうえ、議論の狭さという問題点の根源について確認する。

（１）先行研究の概観

低高度空域と航空作戦の関連性について、主に2つの方向性が見て取れる。第一は、固定翼機で行われる航空作戦の機能の一部または全部を、ドローンが代替するという見方である。この見方は、スイッチブレードやバットといったドローンの開発が進みつつあった2000年代後半から主張された。例えば2000年代初めの研究では、技術への楽観的な見方から、ドローンが固定翼機の機能を全て代替しうる可能性に言及した⁷¹。また、ハーストらは先述したように、固定翼機とドローンの高度の違いを指摘しつつ、高価な既存航空機と異なり安価なドローンは戦域に容易に投入可能であるとした⁷²。これらの議論では、低高度空域そのものについて直接的な言及は限られる一方、小型なため低視認で高い生存性が見込まれ、安価なため消耗可能という性質を前提としている。しかし、

これらはドローンの技術的制約を無視して代替について議論を進めているため、近い将来における実現性や実効性という観点から発展性に欠ける。

第二は、航空基地や地上レーダーといった、航空作戦を支える地上施設への脅威という視点である。航空基地だけでなく、重要インフラへの脅威という形で、ドローンの危険性が指摘されてきた。この議論では、飛行場周辺に接近したテロリストのドローンにより、離発着中の航空機への衝突の場合バードストライク同様墜落の危険性があることや、実際に衝突させなくても接近させるだけで衝突回避のために、正常な運行が阻害されるとした⁷³。そして、同様な事案は航空基地に対しても起こる可能性があることが指摘されている⁷⁴。例えば、90年代より航空基地の脆弱性を指摘してきたランド研究所のヴィック（Alan J. Vick）は近年の研究で、巡航ミサイルや地上部隊によるロケット砲とともに、特殊部隊等が使用するドローンを航空基地に対する多様な脅威の一つに挙げている⁷⁵。さらに、同じく地上施設である地上レーダー等も標的になりうる。地上施設への脅威は、安価なドローンの拡散により現実的となった上、これらを使用した飽和攻撃、さらには将来的なスウォーム技術の実現可能性の高まりにより、その危険性を増すとされる⁷⁶。これらの研究では、地上施設への脅威により、航空優勢の獲得や、ひいては空軍の行動そのものが困難になると主張される一方、地上施設への脅威とその対応についてという、狭い範囲の議論に留まっている。

（2）先行研究の問題点の背景

以上のように低高度空域と航空作戦の関連性についての議論が希薄である点について、「空で、あるいは空から影響力を行使する能力⁷⁷」として定義されるエアパワーにおける、空軍種の専門家を中心とした議論の焦点が、二つの点で狭い範囲にとどまっているためと考えられる。第一に、これまでの議論は主に攻撃に焦点を置いている点である。草創期の理論家であるドゥーエやミッチェルは、エアパワーを航空機による高い機動力、打撃力、突破力、行動範囲の広大さという特性を持つものとして捉えた⁷⁸。以来現在に至るまで、エアパワーは攻撃的な性質を持ち、戦略的な効果を発揮するものと位置付けられた⁷⁹。これをもとに、その突破力と打撃力で敵に打撃を与え戦争の早期終結を目指す戦略爆撃をどのように行うか、という点がエアパワーを巡る議論の主な焦点であった⁸⁰。

また、エアパワーを攻撃的性質とする見方は、「敵空軍による禁止的な妨害を受けずに、我の航空作戦を遂行できる」という航空優勢⁸¹を獲得する方法の見方にも大きく影響した。航空優勢獲得のための方法は、敵の警戒レーダー網、SAM、戦闘機、航空基地等の無力化を目指す攻勢対航空（Offensive Counter Air: OCA）と、侵攻する敵航空機等を早期に発見、撃破し経空脅威の排除を目指す防勢対航空（Defensive Counter Air: DCA）

に分けられる⁸²。しかし優先はあくまでOCAであり、DCAは付随的な存在と位置付けられたままである⁸³。このような攻撃にのみ焦点を当てたエアパワーの見方は、組織の硬直化を招き議論の視野を狭めるという根強い批判が存在するものの、現在でも継続している一般的な理解といえる⁸⁴。

第二に、第一の点と関連し、空という概念を過度に単純化している点である。エアパワー論において、航空領域は陸や海と異なり単一のものという見方をされている。例えばNATO（北大西洋条約機構）の航空作戦ドクトリンでは、空の単一性がその後の内容の前提とされている⁸⁵。この見方は航空優勢の捉え方にも影響している。生粋の陸軍軍人であったモントゴメリー英陸軍元帥（Bernard Montgomery）が作戦において航空優勢を必須のものと理解したように、第二次世界大戦を経て、航空優勢の重要性は広く認められるようになった⁸⁶。問題は、その細部について厳密な議論がされて来なかったことである。このことは、米空軍ドクトリンにおける航空優勢の変遷についてまとめたフランシス米空軍少佐（Taylor E. Francis）の研究で明らかである。彼によると、米空軍ドクトリンは発足当時から現在に至るまで、戦域全体や作戦期間全体という、全般的な航空優勢は強調される一方で、戦域の一部や作戦期間の一部という、局地的・一時的という視点が希薄であることを指摘している⁸⁷。

この空の単一性という見方は、第一の点で述べた、攻撃的な見方を背景として整理できる。前述したように、これまでエアパワー論において突破力と打撃力を用いた戦略爆撃等が重視された。その実施は、長距離からの戦力投射が前提であるため、おのずと局地的な視点を希薄にする。さらに、この視点はその実行に大きく関連する航空優勢の獲得においても同様であった。例えば湾岸戦争における航空作戦構想の基礎の作成等で著名なワーデン（John A. Warden）は、攻撃的姿勢に基づく「敵の妨害を受けることなく、航空戦力をいかなる場所でも行使できる」絶対的航空優勢の実現を作戦における理想とし、局地的航空優勢を不完全なものとして位置付けた⁸⁸。この立場は、絶対的航空優勢の獲得なしには地上部隊を支援する任務が困難とならした歴史家で元米空軍大佐であるメイリンガー（Phillip S. Meilinger）⁸⁹等幅広く支持された。

このように、これまでのエアパワー論において、攻勢的な運用の重視が航空優勢における局地的・一時的な視点を軽視、さらに空の単一性の前提を形成した。この考えは根強く存在し、「たとえヘリコプター1機であってもエアパワーとして戦略的になりうる⁹⁰」と主張し単なる固定翼機中心の考えを否定したグレイ（Colin S. Gray）でさえ、航空領域を単一のものとして捉えることがエアパワー論の前提であるとした⁹¹。近年の中国等の台頭により、ようやく空の時間的・距離的な多様性が重視されはじめるとともに⁹²、こ

の流れと並行して、ドローンの使用の活発化によって高度の多様性も再認識され始めた。しかし既存の高高度と低高度空域との関係、そして低高度空域と航空作戦の議論については端緒についたばかりといえる。

3 低高度空域と航空作戦の接続：ブレマーらによる「航空拒否」概念

これらの先行研究と異なり、ブレマーらは、低高度空域と航空作戦の接続を重視した方法を提唱する⁹³。まずブレマーらは、攻撃偏重の既存のエアパワー論とそれを基礎にした近年の欧米の戦い方を批判する。湾岸戦争以降の欧米の戦い方は、ステルス機と精密誘導兵器を組み合わせ、大量の打撃力をもって相手の防空網を突破、無力化しまず航空優勢を確保するというものであり、「アメリカ流の戦争方法」とも呼ばれる⁹⁴。先述したエアパワーの攻撃的見方の踏襲ともいえるこの方法について、ブレマーらは技術的傾向や米国を取り巻く脅威と合致しないと批判する⁹⁵。

その理由としてまず、近年の技術的傾向は防空システム優位である点を指摘する⁹⁶。湾岸戦争でのスカッド狩りの失敗、コソボ紛争におけるセルビア軍 SAM に対する NATO 航空部隊の苦戦といった事例から、機動分散する小型・小目標の空爆の困難さを彼らは述べている⁹⁷。また、侵攻直後のウクライナで、S-300 やブークといった地对空ミサイルが残存し航空機の活動を制約している点は、航空機に対する中・高高度用 SAM の有効性を示している⁹⁸。これに対し既存の航空機は高額化に伴い米国において配備数は減少している⁹⁹。より安価な手段として開発が進められている CCA といった手段も、その価格の高さにより消耗可能でないとブレマーらは批判する¹⁰⁰。これらの点から、航空機に対し移動式 SAM が優位であるとしている。

さらにブレマーらは、彼らの想定する脅威とする中国に対して、既存の方法の成功確率の低さとリスクの高さを批判する。湾岸戦争以降、概して小規模な国であった米の相手と異なり、中国は S-300PMU や S-400 といったロシア製、HQ-9 といった国産の先進的な防空システムを装備した国である¹⁰¹。さらに、中国は核戦力用と通常戦力用の早期警戒・指揮通信網を混在させている可能性を指摘されている¹⁰²。そのため、防空網無力化のための本土攻撃は、核攻撃を惹起しかねないリスクをはらむ。これらの理由のため、防空網突破を主とし航空優勢を獲得するという、既存の「アメリカ流の戦争方法」は実行困難といえる。

ブレマーらはこの方法に代わり、よりリスクが少なく実行可能な方法として、既存の航空領域を「空の沿岸域」と組み合わせ相手の航空優勢の獲得を妨害する、防勢的な「航空拒否」を提唱する。彼らがモデルとしたのは、レーダーと航空機を組み合わせイギリス

スがドイツ空軍の侵入を阻止し、結果本土侵攻を断念させた英本土防空戦の例である。これを現代的に適用するために彼らが主張したのは、英本土防空戦で中心的手段となった航空機だけでなく、高高度のSAMによる水平方向と低高度のドローンやMANPADS等の垂直方向の組み合わせを活用した、立体的な防御を提唱している¹⁰³。彼らはSAMをこの概念の柱とする一方、第二次世界大戦でのバルーンによる防御を参考に機雷のようにドローンを大量配置するといったアイデア¹⁰⁴を紹介し、ドローンをういた阻止の可能性を主張する¹⁰⁵。これらの手段を用いて、航空領域を多層的に組み合わせ、高高度を逃れた敵を低高度で撃破することを目指す。以上のように、ブレマーらの主張は、ドローンが活動する低高度空域を、航空機を中心とする既存の空間と組み合わせ、航空優勢の拒否という、いわば航空作戦の一部として結びつけたことである¹⁰⁶。この点が、先行研究と異なる画期的な点といえる。

さらに、この「航空拒否」概念の興味深い点は、「空の沿岸域」と同様に、シーパワー論の概念である「海洋拒否（sea denial）」を援用しており、シーパワー論との類似が重要な位置を占める点である。「軍事的・商業的目的のために、敵の海洋の使用を一部または完全に妨害すること」と定義される海洋拒否¹⁰⁷について、まず、ブレマーらはコーベットを引用し、航空優勢確保の困難さと拒否の重要性について指摘する¹⁰⁸。コーベットは「海の戦いの目標は、常に、直接ないし間接に制海を確保するか、敵が制海を確保するのを妨げることでなくてはならない」と述べ、制海が絶対でないこと、そして海洋拒否が重要な意味を持つことを指摘している¹⁰⁹。シーパワー論において海洋拒否は、単なる制海との二律背反の概念を意味しない。代替手段または補完という、海上領域の戦いにとって、より積極的な意味として捉えられる¹¹⁰。中国の台頭により制海がますます困難となった近年において、シーパワー論においてもこのコーベットと海洋拒否の重要性は再認識されている¹¹¹。例えば米海軍及び海兵隊において、あらかじめ制海が達成され、航空優勢と通信が保証されていた環境下という近年の作戦の前提が、今後もはや成立しないことが認識されている¹¹²。

そして、ブレマーらの主張にとってさらに重要な点が、海洋拒否にとって沿岸域が緊要になる点である。沿岸域と防勢の親和性は前述したとおりである。この考えはさらに発展し、今日では、沿岸域は海洋拒否において重要な位置を占めるようになった。自領土へ近接する海域への接近の拒否は引き続き重要である。加えて、沿岸域に存在するチョークポイントの使用を拒否することは、これを確保するよりはるかに容易であり、広大な戦域で多くの敵と戦う上で必要なことである¹¹³。米海軍及び海兵隊の沿岸域での作戦コンセプトにおいても、沿岸域での拒否が目指すべき目標として明言されている¹¹⁴。

つまり弱者であれ強者であれ、地形的な狭隘を基礎に装備品を投射可能な沿岸域は、拒否の実施に基盤的な要素となっている¹¹⁵。

以上から、ブレマーらの航空拒否概念は、シーパワーの海洋拒否概念との類似性を見ることができる。ブレマーらの航空拒否は、優勢が成立しえない環境下において、近接した空間である沿岸域を利用して拒否を実行するというシーパワー論を援用した。両者にとって、「沿岸域」がその実現にとって重要な要素となるのである。

4 事例分析：2023年6月以降のウクライナによる反攻

本項では、低高度空域における「航空拒否」概念が、実際の航空作戦でどのように機能したのか、という点について、事例を用いて分析する。本稿では事例として、ロシアによるウクライナ侵略後の2023年6月に始まったとされる、ウクライナの実行における低高度空域の装備品に焦点を当てて分析する。ドローンやMANPADS等も含め、多様な装備品と数で低高度空域を形成した事例は非常に限られる。また、紛争当事者の両者がある程度の規模の空軍を保有している事例はほぼウクライナの実行に限られる。さらに、前述した低高度空域の装備品についての議論やブレマーらによる主張は、主にウクライナ戦争初期の教訓から導出されたものである。そのため、「航空拒否」概念確認の事例として、ウクライナにおける反攻の期間に主に焦点を当てる。

(1) 事例の概要

ウクライナの実行は2023年6月にザポリージャ州等の南部方面、バフムート周辺の東部方面で開始された¹¹⁶。ウクライナ側は、当初希望したF-16等の戦闘機の提供は得られなかったものの、欧米諸国により提供された装備及び訓練された機甲部隊を前面に出し前線の突破を試みた。しかしウクライナ側の進撃は早期に停止した。ロシア側は多重に備えた塹壕と地雷原で防御を固めた他、様々な装備品を配置しウクライナの実行を妨げた。特に固定翼機は低空でウクライナ側短距離SAMの射程近くまで接近し、無誘導ロケットを発射し前線を支援し、加えてこれまで低調であった精密誘導爆弾を使用するようになった¹¹⁷。また、夜間戦闘能力を持つKa-52攻撃ヘリコプターが前線から100kmの航空基地に展開し、火力を提供し続けた。一方、ウクライナ側はペトリオットをはじめ有効な中・長距離SAMの不足のため、前線の防空をMANPADSに依存せざるを得なかった。しかし、射程と機動力に欠けるMANPADSでは、幅広い前線でのロシア側航空機の活動を制約するには至らなかった。そのためウクライナは、中・長距離SAMを前線か都市部かのいずれかに配置するか、ジレンマに陥ることになった¹¹⁸。

反攻期間中、ドローンによる偵察は、侵略当初と同様に効果を発揮した。特にロシア

は開戦当初と異なり、ドローンを大量に使用し始めた。これにより、ウクライナは、ロシアの精密な砲撃を絶え間なく受けることとなった¹¹⁹。ウクライナの大規模な機甲部隊はすぐに発見されることとなり、発見から破壊まで 10 分に満たないこともあったとされる¹²⁰。また、ロシアにより設置された多数の地雷を処理するため地雷処理車を投入したものの、これも継続的に攻撃を受けたため、機甲部隊の機動は制約されたままであった。結局、欧米諸国が想定する機甲部隊を中心とした機動戦はもはや成り立たないと判断したウクライナは、少数人員での移動へと戦術の変更を余儀なくされた¹²¹。

一方、この期間、ドローンによる攻撃もさらに活発となった。まず、FPV ドローンが大規模に使用されるようになった。攻撃の成功率は 1/3 と決して高くないとされるが、地上部隊にとって、ヘルファイア対戦車ミサイルに比べはるかに安価な精密攻撃手段として、多用されるようになった¹²²。徘徊型兵器についても、両国ともに使用を拡大した。商用をはじめとしたドローンに比べ、これまで少数の使用にとどまっていたウクライナも、徘徊型兵器の開発を進めロシア領内の都市や軍事目標への攻撃に使用した¹²³。これに対しロシア側も、巡航ミサイルの代用手段として、そして前線での攻撃手段として徘徊型兵器の使用を拡大した¹²⁴。特にランセットの使用は、確認できただけで 5 月の 62 発から 8 月の 124 発へと倍増した¹²⁵。これらは SAM、レーダー、指揮所といった前線での高価値目標に対して使用された。また、9 月には、ウクライナの航空基地で駐機中の Mig-29 戦闘機を破壊するといった戦果も上げるなど、ウクライナ側にとって大きな脅威であった¹²⁶。

ロシア側の準備とウクライナ側の装備不足等を主な要因とされ、ウクライナはロシアの前線を大きく突破することはなく、消耗戦に陥ることになった。結局ウクライナの反攻は停止し、12 月には頓挫したと報じられた¹²⁷。

（2）考察

本事例における低高度空域の装備品と航空作戦との関係は以下のように整理できる。第一に、手段としての MANPADS の限界である。侵攻当初、局地的な防空の一翼を担ったのは MANPADS であった。開戦当初の攻撃を回避し残存したウクライナの長距離 SAM は、ロシア航空機にとって脅威となった。これを回避するため低高度から突破し無誘導爆弾の投下を試みたロシア航空機は MANPADS により少なくない損害を受けた。そのため、その後のロシアの航空攻撃は、より遠方からの投射が主体となった。長距離 SAM を主体に低空の SAM がこれを補完し空域使用を拒否する形が、互いに航空優勢を獲得できない状況を生み出したといえる。

MANPADS の役割は、特に首都キーウ周辺の防護目標に無誘導爆弾投下のため接近

してくる敵を撃破するという、対象が限定されかつ明確であった場合に有効であった。しかし、反攻時に戦線が拡大したことにより防護範囲ははるかに広がった。そのため機動力に勝るロシア空軍の航空機に十分に対応できなかった。特に夜間暗視装置の不足により目視へ依存せざるを得ない状況もあり、MANPADSでの目標発見は困難を極めた。つまり、SAMを柱としていたブレマーらの航空拒否について、MANPADSはあくまで長距離SAMの補完に過ぎなかったといえる。

第二に、ドローンの航空作戦への限界である。確かに期間中、ドローンは戦場において効果的であった。大量のドローンを使用した偵察により、大規模な部隊はすぐに発見され、攻撃を受けることになった。また、最近ではFPVドローンによる攻撃の有効性も報じられている¹²⁸。安価な精密攻撃手段としての有効性が明らかになるとともに、両国とも大量に導入を進めていった¹²⁹。これらにより、地上部隊の行動は大きく制約を受けることになり、前線の膠着の大きな一因となった¹³⁰。しかしそれはあくまで前線近くの地上部隊に対するものであった。ドローンを用いた「戦場の可視化」によって、大部隊であるほど地上部隊の行動は拒否されたが、それは航空領域に及ぶものではなかったのである。

第三に、ドローンの限界の中でも徘徊型兵器の有効性である。前述したように、期間中両国とも徘徊型兵器の使用を加速させた。標的は都市部だけではなく、互いの基地に駐機中の航空機やSAM等の防空網への攻撃も行われた。これらの攻撃は実際、成功したものが少なくない。この攻撃を避けるため、ウクライナ・ロシアとも、航空機をより後方に移動することを余儀なくされた¹³¹。このことは、航空機の活動の制約につながっている。つまり、徘徊型兵器は、航空優勢獲得の基盤となる航空基地等の地上部隊施設を攻撃するという攻勢対航空の役割を、限定的に実施したといえる。

これらをもとに低高度空域と航空作戦の関連性を考察すると、航空拒否は現状では未完の目標に過ぎないといえる。航空拒否の柱とされたMANPADSについて、射程や技術的な限界が存在している。一方、数の多いドローンによる影響は、地上部隊への影響にとどまっている。この現状では、低高度空域での敵の行動を物理的に阻止するという、いわば直接的な低高度空域での阻止はなされない。これらの手段による阻止のためには、例えば、ドローンの速度や航続距離の増大による在空中の航空機に対する物理的な攻撃の実現が必要となるだろう。また、より近い将来における実行可能な方法として、発見しやすい大型目標である航空基地等の地上施設に対し低高度から攻撃、あるいは他領域からの攻撃を誘導することにより航空機の行動を拒否するという、間接的ともいえるアプローチが有効となる可能性が高い。これらには入念な準備が必要であり攻撃後の効果

の発揮に時間を有するかもしれないが、現在の技術的限界を踏まえるとより現実的ともいえる。

低高度空域の使用方法は現状、航空拒否には未だ至らず、地上施設への脅威や、攻勢対航空という航空機の一部機能の限定的な代替という形に留まっている。ブレマーらが想定した航空拒否は、シーパワー論における沿岸域と異なる広大な空のため、より高いハードルが課されているといえる。

結論

本稿は、ドローンの活動する低高度空域と航空作戦の関連性とその可能性について、ブレマーらによって主張された「航空拒否」概念を中心に論じた。議論の前提として、低高度空域を単なる高度としてではなく、その空間で主に活動する装備品に焦点を当てることが、空間の整理に適切な方法であるとした。そのうえで、安価なドローンの活動する低高度空域は、固定翼機が活動する既存の航空領域と異なり、「大量」と「近接性」という2つの特徴で表すことができることを確認した。空軍種による先行研究は、この低高度空域を脅威ととらえるか、あるいは装備品の欠点を無視して代替手段ととらえることに留まった。つまり、低高度空域の使用についての議論は限定的であり、航空作戦との関連性は希薄であった。これは、攻撃偏重であったこれまでのエアパワーの議論が大きく影響していると考えられる。

これに対しブレマーらは、シーパワー論を参考に、関係する要因を組み合わせることにより、低高度空域の使用について概念化を試みた。低高度空域について、ドローンだけでなく MANPADS 等も組み合わせ、これを「空の沿岸域」と表現した。また、低高度空域の使用について、高高度空域と組み合わせ相手の航空優勢の獲得を妨害する方法を「航空拒否」概念と提唱した。彼らの主張は、シーパワー論の「沿岸域」及び「海洋拒否」概念を援用し、これまでと異なる防勢的なエアパワーの運用、そして低高度空域の重要性を指摘するものであった。しかし、装備品に加えて地形で形成される沿岸域と異なり、空の沿岸域の高高度空域への影響は限られていた。ウクライナによる反攻が頓挫した事例を確認すると、低高度空域で活動する装備品の直接的な拒否に関する能力不足を指摘できる。結論として、低高度空域と航空作戦の関連性、そしてその使用を目指す概念は、問題提起としては注目に値する一方、今後の検討の余地が大きいものといえる。

最後に、現状において低高度空域からの航空拒否は限界があったものの、ドローンの今後の技術的進展が予想される中、低高度空域自体はさらなる発展が予想される。特に、

既存のエアパワー論に類似した攻勢的な使用や、航空拒否の拡大とそれに伴う全般的な航空優勢獲得等が将来的に実現するとともに、それがエアパワー論や作戦そのものに影響をもたらすということもありうるだろう。また、今後の技術的展望について、ノンキネティックな手段による間接的な拒否の可能性について考えられる。軍事作戦において、サイバーや電磁波への依存度はますます大きくなっている。本稿では触れなかったものの、ジャミングやサイバー攻撃の手段として、将来的なドローンの活用が示唆されている¹³²。これらも含め、今後ますます活用が拡大するであろう低高度空域の可能性について、今後も研究を進めていく価値があると認識する。

(2024年1月11日受付)

¹ ドローンの分類について米国防省による5区分等多様な分類が存在するが、本稿では先行研究を参考に、重量150kg以下であるNATO基準のClass 1基準の無人機をドローンとおおむね想定し、議論を進める。Dominika Kunertova, “Drones have boots: Learning from Russia’s war in Ukraine,” *Contemporary Security Policy*, Vol. 44, No. 4, p. 578; Zoltan Krajnc, Erika Vallus, “Contemporary Low Slow and Small (LSS) threat from the air defence view,” *International Scientific Journal*, Vol. 5, Issue 2, 2021, p. 1. この基準には商用ドローンや徘徊型弾薬等多様なものを含む。また、空中発射型のは固定翼航空機に運用を依存するため本稿の分析の対象外とする。

² Miriam McNabb, “DRONEII Drone Market Report: Where the Drone Industry Will Grow the Fastest by 2030,” *dronelife*, September 26, 2022, <https://dronelife.com/2022/09/26/droneii-drone-market-report-where-the-drone-industry-will-grow-the-fastest-by-2030/>.

³ Sarah Grand-Clement and Theo Bajon, *Uncrewed Aerial Systems: A Primer*, United Nations Institute for Disarmament Research, 2022, p. 3.

⁴ Guillaume Lasconjaris and Hassan Maged, “Fear the Drones: Remotely Piloted Systems and Non-state Actors in Syria and Iraq,” *IRSEM Research Paper*, No. 77, September 2019, pp. 13-15; Yannick Veilleux-Lepage and Emil Archambault, *A Comparative Study of Non-State Violent Drone use in the Middle East*, ICCT Report, 2022, p. 22; Serkan Balkan, *A global battlefield? Rising drone capabilities of non-state armed groups and terrorist organizations*, SETA, Foundation for Political, Economic and Social Research, 2019, p. 24; Ghaleb Krame, Vlado Vivoda, and Amanda Davies, “Narco Drones: Tracing the Evolution of Cartel Aerial Tactics in Mexico’s Low-Intensity Conflicts,” *Small Wars & Insurgencies*, Vol. 36, Issue 6, June 2023, p. 3; Kerry Chavez and Ori Swed, “Off the Shelf: The Violent Nonstate Actor Drone Threat,” *Air and Space Power Journal*, Fall 2020, p. 38.

⁵ Shaan Shaikh and Wes Rumbaugh, *The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh: Lessons for the Future of Strike and Defense*, CSIS, 2020, <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>.

⁶ 「貧者の空軍」とは元は小規模国家等による巡航ミサイルの使用を表現していた。Michael R. Gordon, “A Poor Man’s Air Force,” *The New York Times*, June 19, 2003; Thomas G. Mahnken, *The Cruise Missile Challenge*, Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2005, p. 36. しかし近年は徘徊型弾薬やドローンに対しても用いられている。Nick Waters, “The Poor Man’s Air Force? Rebel Drones Attack Russia’s Airbase in Syria,” *Bellingcat*, 2018, https://www.bellingcat.com/news/mena/2018/01/12/the_poor_mans_airforce/; John Ivison,

“Ukraine desperately needs Canadian drones, but we’re not offering,” *National Post*, February 22, 2023, <https://nationalpost.com/opinion/ukraine-needs-canadian-drones>.

⁷ Mykhaylo Zabrodskiy et al., “Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia’s Invasion of Ukraine: February–July 2022,” *RUSI Special Report*, November 2022, p. 37.

⁸ Isabelle Khurshudyan, Mary Ilyushina and Kostiantyn Khudov, “Russia and Ukraine are fighting the first full-scale drone war,” *The Washington Post*, December 2, 2022.

⁹ The commander-in-chief of Ukraine’s armed forces on how to win the war, *The Economist*, November 1, 2023. ザルジニーは寄稿論文において、ロシアによる有人戦闘機や防空システムの量的優越を、ウクライナの防空システムとドローン等によって支えられた偵察・火力網が相殺していると指摘している。また、寄稿当時の停滞した消耗戦を打破する要因は、有人戦闘機に加えドローン等のさらなる活用としている。Valerii Zaluzhnyi, “Modern Positional Warfare and How to Win in it,” *The Economist*, November 1, 2023, p. 6.

¹⁰ Dominika Kunertova, “Drones have boots: Learning from Russia’s war in Ukraine,” *Contemporary Security Policy*, Vol. 44, No. 4, pp. 577, 578.

¹¹ Maximilian K. Bremer and Kelly A. Grieco, “The Air Littoral: Another Look,” *Parameter*, Vol. 5, No. 4, Winter 2021, pp. 73, 74; 張鵬「夺取未来陆战低空制权」『军事论坛』2023年5月23日、7頁、<https://rmt-static-publish.81.cn/file/20230523/e61f56f49f1e9a43ae52fcbfda8353ec.pdf>;

Mandeep Singh, “Contested Air Littoral and the Challenges Ahead,” *Indian Defense Review*, May 2022, <https://www.indiandefencereview.com/news/contested-air-littoral-and-the-challenges-ahead/>; Sunil Srivastava, “Drones: Challenging Air and Land Warfighting Precepts,” *Synergy: Journal of the Centre for Joint Warfare Studies*, Vol. 2, Issue 2, September 2023, p. 4; Sylwester Lubiejewski, “Conclusions from the use of aviation in the first half of the first year,” *Security Defense Quarterly*, Vol. 42, February 2023, pp. 80–83, 91.

¹² *Army Air and Missile Defense 2028*, U.S. Army, 2019, p. 4.

¹³ Greg Myre, “How Ukraine created an ‘Army of Drones’ to take on Russia,” *NPR*, June 20, 2023.

¹⁴ ‘A New Form of Combined Arms Combat’ – How Drone Warfare Has Evolved in Ukraine, *Kyiv Post*, May 30, 2023, <https://www.kyivpost.com/post/17693>; Seth G. Jones Jake Harrington Christopher K. Reid and Matthew Strohmeier, *Combined Arms Warfare and Unmanned Aircraft Systems*, CSIS, 2022, pp. 32-34.

¹⁵ Christopher Tuck, “The Future of Manoeuvre Warfare,” *Mikael Weissmann and Niklas Nilsson eds., Advanced Land Warfare: Tactics and operations*, Oxford University Press, 2023, pp. 35-37.

¹⁶ Mark A. Gunzinger, *Sustaining America’s Strategic Advantage in Long-Range Strike*, CSBA, 2010, pp. 69–75.

¹⁷ Caitlin Lee and Mark Gunzinger, *The Next Frontier: UAVs for Great Power Conflict Part 1: Penetrating Strike*, Mitchell Institute, 2022, p. 31.

¹⁸ *Air Force Future Operating Concept Executive Summary*, US Air Force, 2023, pp. 1–2, https://www.af.mil/Portals/1/documents/2023AF/Air_Force_Future_Operating_Concept_EXSUM_FINAL.pdf.

¹⁹ Alex Hollings, “Air Power En Masse: America’s New Approach to Warfare,” Sandboxx, September 21, 2023, <https://www.sandboxx.us/news/airpower-en-masse-americas-new-approach-to-warfare/>.

²⁰ Stephen Renner, “Air Power in the Battle of Mosul,” Phil M. Haun et al., *Air Power in the Age of Primacy: Air Warfare since the Cold War*, Cambridge University Press, 2022, p. 273.

²¹ Greg Hadley, “Mutual Denial of Air Superiority Could Benefit US in Future Conflict, Top USAF Planner Says,” *Air and Space Forces Magazine*, September 2022.

²² 本稿でま行わないものの、航空作戦の概要についての説明は、例えば以下の文献が存在する。フランク・レドウィッジ『航空戦(シリーズ戦争学入門)』矢吹啓訳、創元社、2022年。

²³ Maximilian K. Bremer and Kelly A. Grieco, “In Denial about Denial: Why Ukraine’s Air

- Success Should Worry the West,” *War on the Rocks*, June 15, 2022, <https://warontherocks.com/2022/06/in-denial-about-denial-why-ukraines-air-success-should-worry-the-west/>; Maximilian K. Bremer and Kelly A. Grieco, “Air denial: The dangerous illusion of decisive air superiority,” *Atlantic Council*, August 30 2022, <https://www.atlanticcouncil.org/content-series/airpower-after-ukraine/air-denial-the-dangerous-illusion-of-decisive-air-superiority/>; Maximilian K. Bremer and Kelly A. Grieco, “Assumption Testing: Airpower is inherently offensive,” *Stimson*, January 25, 2023, <https://www.stimson.org/2023/assumption-testing-si-airpower-inherently-offensive/>; Maximilian K. Bremer and Kelly A. Grieco, In Defense of Denial: Why Deterring China Requires New Airpower Thinking, *War on the Rocks*, April 3, 2023, <https://warontherocks.com/2023/04/in-defense-of-denial-why-deterring-china-requires-new-airpower-thinking/>.
- ²⁴ “Review: DJI Mavic 3,” *Wired*, December 13, 2021, <https://www.wired.com/review/dji-mavic-3/>.
- ²⁵ 例えば、機体の一部や付属品の一部を3Dプリンタで製造し、修理や改善を迅速に行っている。Francis Farel, “Deadly drone arms race intensifies as Ukraine, Russia embrace the future of war,” *The Kyiv Independent*, September 13, 2023, <https://kyivindependent.com/head-first-into-the-future-inside-the-race-to-win-the-drone-war-in-ukraine/>.
- ²⁶ David Hambling, “Artillery Paradox: How Ukraine Does More Damage With Fewer Rounds Than Russia,” *19FortyFive* April 22, 2023, <https://www.19fortyfive.com/2023/04/artillery-paradox-how-ukraine-does-more-damage-with-fewer-rounds-than-russia/>.
- ²⁷ Sam Skove, “Army moves ahead on Ukraine-style bomber drones,” *DefenseOne*, October 4, 2023, <https://www.defenseone.com/technology/2023/10/army-moves-ahead-ukraine-style-bomber-drones/390918/>; “FPV Drone Control: Exploring Effectiveness and Risks in Military Operations in Ukraine,” *DefenseExpress*, May 7, 2023, https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/fpv_drone_control_e Exploring_effectiveness_and_risks_in_military_operations-6604.html; Ellie Cook, “Ukraine’s Cheap FPV Drones ‘More Efficient’ Than Prized Artillery,” *Newsweek*, December 20, 2023, <https://www.newsweek.com/ukraine-fpv-drones-mykhailo-fedorov-russia-avdiivka-1853646>.
- ²⁸ Dan Sabbagh and Artem Mazhulin, “They’re starting to die: fears Ukraine’s drone supremacy may soon be over,” *The Guardian*, April 10, 2023; Sydney J. Freendberg, “Dumb and cheap: When facing electronic warfare in Ukraine, small drones’ quantity is quality,” *BreakingDefense*, June 13, 2023, <https://breakingdefense.com/2023/06/dumb-and-cheap-when-facing-electronic-warfare-in-ukraine-small-drones-quantity-is-quality/>.
- ²⁹ Jack Watling and Nick Reynolds, “Meatgrinder: Russian Tactics in the Second Year of Its Invasion of Ukraine,” *RUSI Special Report*, May 2023, p. 18.
- ³⁰ David Hambling, “Jam Buster: How Ukraine’s ‘Secret Weapon’ Shrugs Off Russian Radio Interference,” *Popular Mechanics*, February 16, 2023, <https://www.popularmechanics.com/military/a42922481/tricopter-drone-atlaspro-resists-russian-jamming/>.
- ³¹ Brennan Deveraux, “Leveraging Loitering Munitions,” *WavellRoom*, July 20, 2022, <https://wavellroom.com/2022/07/20/loitering-munitions-tactical-operational-strategic/>; Dan Gettinger and Arthur Holland Michel, *Loitering Munition: In Focus*, The Center for the Study of the Drone, 2017.
- ³² Massimo Annati, “Loitering With Intent,” *Military Technology*, April 2022, p. 43; Stefan Nitschke, “Loitering attack How navies use low-cost options for precision strike,” *Naval Forces*, Vol. 5, 2020, p. 45; Bohdan Tuzov, “ANALYSIS: Russian Lancet Kamikaze Drone in Ukraine: An Overview,” *Kyiv Post*, November 12, 2023, <https://kyivindependent.com/forbes-estimates-russias-jan-2-mass-attack-costs-nearly-620-million/>; Daria Shulzenko, “Forbes estimates Jan.2 mass attack cost Russia nearly \$620 million,” *The Kyiv Independent*, January 9, 2024, <https://kyivindependent.com/forbes-estimates-russias-jan-2-mass-attack-costs-nearly-620-million/>.

- ³³ Francis Farrel, “How Russia’s homegrown Lancet drone became so feared in Ukraine,” *The Kyiv Independent*, November 8, 2023, <https://kyivindependent.com/how-russias-homegrown-lancet-drone-became-so-feared-in-ukraine/>.
- ³⁴ Edward A. Guelfiet et al., “The Imperative for the U.S. Military to Develop a Counter-UAS Strategy,” *Joint Force Quarterly* Vol. 97, 2nd Quarter 2020, p. 8.
- ³⁵ Pnagiotis Stathopoulos, “Electromagnetic Operations,” Jeffrey L. Harrigian eds., *A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems*, Joint Air Power Competence Centre, p. 178. 2021.
- ³⁶ ドローンによるコスト賦課については、例えば以下を参照。神保謙「無人化システム・ロボティクスと安全保障」『国際問題』688号、2017年1・2月、19頁；Chris Gordon, “Cheap UAVs Exact High Cost,” *Air and Space Forces Magazine*, January 2023.
- ³⁷ Bradley Wilson et al., *Small Unmanned Aerial System Adversary Capabilities*, RAND Cooperation, 2020, pp. 91 – 100.
- ³⁸ Joshua Askew, “Drones and robots: How the Ukraine war is driving technological innovation,” *Euronews. next*, September 27, 2023, <https://www.euronews.com/next/2023/09/27/drones-and-robots-how-the-ukraine-war-is-driving-technological-innovation>.
- ³⁹ Farrel, “How Russia’s homegrown Lancet drone became so feared in Ukraine.” ☆既存の防空網について、航空機や巡航ミサイルへの対応用に設計されているため、より小型・低高度で活動するドローン等に対する効果は限定的であることが指摘されている。Dima Shvets, “How the war reached Pskov. Military analysts discuss the strike at an airfield 700 kilometres from the Ukrainian border,” *Mediazona*, August 30, 2023, https://en.zona.media/article/2023/08/30/pskov_drones.
- ⁴⁰ Kelly A. Grieco and Maximilian K. Bremer, “Weaponized balloons challenge US air superiority: quite littorally,” *DefenseNews*, March 7, 2023, <http://www.defensenews.com/opinion/commentary/2023/03/07/weaponized-balloons-challenge-us-air-superiority-quite-littorally/>; なお、彼らのその後の記事では高度の数値について言及していない。
- ⁴¹ Daniel Goure, “The New War In The Air Littorals: Implications For Future Integrated Air And Missile Defenses,” *19FortyFive*, September 19, 2022, <https://www.19fortyfive.com/2022/09/the-new-war-in-the-air-littorals-implications-for-future-integrated-air-and-missile-defenses/>.
- ⁴² Jules Hurst, “Small Unmanned Aerial Systems and Tactical Air Control,” *Air and Space Power Journal*, Spring 2019, p. 29.
- ⁴³ Bryan A. Card, “Terror from Above: How the Commercial Unmanned Aerial Vehicle Revolution Threatens the US Threshold,” *Air and Space Power Journal*, Spring 2018, p. 81.
- ⁴⁴ *Switchblade 600 Data Sheet*, AeroVironment, https://www.avinc.com/images/uploads/product_docs/Switchblade_600_Datasheet_07192021.pdf.
- ⁴⁵ Farrel, “Deadly drone arms race intensifies as Ukraine, Russia embrace the future of war.”; “Drone Wars: Ukraine’s Homegrown Response To ‘Deadly’ Chinese Detection Tech,” *RadioFree Europe Radio Liberty*, July 14, 2022, <https://www.rferl.org/a/drone-detection-war-ukraine-china-russia/31943191.html>
- ⁴⁶ 長尾雄一郎、石津朋之、立川京一「戦闘空間の外延的拡大と軍事力の変遷」石津朋之編『戦争の本質と軍事力の諸相』彩流社、2004年、108頁。
- ⁴⁷ 同上。
- ⁴⁸ 土屋大洋「作戦領域の拡大と日本の対応：第四と第五の作戦領域の登場」『国際安全保障』第41巻1号、2013年6月、1-2頁。米ドクトリンにおいて、情報環境としてサイバー空間が規定されるとともに、陸・海・空・宇宙が物理的な領域として規定されている。*JP-3-0: Joint Operations*, U.S. Government Publishing Office, 2018, p. I-3.
- ⁴⁹ Jon R. Lindsay and Erik Gartzke, “Politics by many other means: The comparative, strategic advantages of operational domains,” *Journal of Strategic Studies*, Vol. 45, No. 5, July 2022, pp. 9-10.

- ⁵⁰ David Jordan, “Air and space warfare,” David Jordan et.al., *Understanding Modern Warfare Second Edition*, Cambridge University Press, 2016, pp. 230 - 232.
- ⁵¹ *Ibid.*, p. 231; Bremer and Grieco, “Assumption Testing.”
- ⁵² Hurst, “Small Unmanned Aerial Systems and Tactical Air Control,” p. 30.
- ⁵³ T. X. Hammes, “Cheap Technology Will Challenge U.S. Tactical Dominance,” *Joint Force Quarterly*, Vol. 81, April 2016, p. 79.
- ⁵⁴ Dave Majumdar, “Swarm' Strikes Are the U.S. Military's Worst Fear,” *The National Interest*, January 2018, <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/swarm-strikes-are-the-us-militarys-worst-fear-24108>; Eric Schmidt, “The Future of War Has Come in Ukraine: Drone Swarms,” *The Wall Street Journal*, July 7, 2023.
- ⁵⁵ Rebecca Grant, “Altitude,” *Air Force Magazine*, October 2001.
- ⁵⁶ Zaluzhnyi, “Modern Positional Warfare and How to Win in it,” p. 5.
- ⁵⁷ 他の領域との近接性の重要性については、例えば以下を参照。Milan Vego, *Maritime Strategy and SeaDenial: Theory and Practice*, Routledge, 2016, p. 110; Yedidia Ya'ari, “The Littoral Arena,” *Naval War College Review*, Vol. 67, No. 3, Summer 2014, p. 82; Michael P. Kreuzer, “Cyberspace is an Analogy, Not a Domain: Rethinking Domains and Layers of Warfare for the Information Age,” *The Strategy Bridge*, July 8, 2021.
- ⁵⁸ Bremer and Grieco, “The Air Littoral,” p. 68; Maximilian K. Bremer and Kelly A. Grieco, “Low-flying threats challenge NATO's deterrence in the East,” *DefenseNews*, February 8, 2022, <https://www.defensenews.com/opinion/commentary/2022/02/07/low-flying-threats-challenge-natos-deterrence-in-the-east/>; Bremer and Grieco, “Assumption Testing”; Bremer and Grieco “In Defense about Denial.”
- ⁵⁹ MANPADSの射程は一般的に5km程度、1発の価格は3万ドル程度とされている。これに対し中・長距離SAMの価格は、NASAMS及びIRIS-Tが50万ドル、ペトリオットが数百万ドルとされる。Daryl Kimball, “MANPADS at a Glance: Fact Sheets and Briefs,” *Arms Control Association*, August 2023, <https://www.armscontrol.org/factsheets/manpads>; Sebastien Roblin, “Drones on the Front Line: For Ukraine's Counteroffensive,” *inside unmanned systems*, October / November 2023, p. 30.
- ⁶⁰ Bremer and Grieco, “The Air Littoral,” pp. 73, 74.
- ⁶¹ ヤン・オングストローム、JJ.ワイデン『軍事理論の教科書』北川敬三監訳、勁草書房、2021年、203頁。
- ⁶² *Littoral Operations in a Contested Environment*, US Navy and US Marine Corps, 2017, pp. 3-6. 本稿では以下を参考にLittoralを「沿岸域」と訳した。ジェームズ・ホームズ『海洋戦略入門：平時・戦時・グレーゾーンの戦略』平山茂敏訳、芙蓉書房出版、2020年、190頁。
- ⁶³ Milan Vego, “On Littoral Warfare,” *Naval War College Review*, Vol. 68, No. 2, Spring 2015, p. 33.
- ⁶⁴ *Littoral Operations in a Contested Environment*, p. 4.
- ⁶⁵ Yedidia Ya'ari, “The Littoral Arena,” p. 82.
- ⁶⁶ *Ibid.*; Milan Vego, *Maritime Strategy and SeaDenial: Theory and Practice*, Routledge, 2016, p. 110;
- ⁶⁷ グロウヴ編『コーベット 海洋戦略の諸原則』357 - 358頁。
- ⁶⁸ *Joint Publication 3-32: Joint Maritime Operations*, Joint Force Development, September 2021, I-6.
- ⁶⁹ Alfred Bergström and Charlotta F. Parrat, “Two perspectives on littoral warfare,” *Defense Studies*, Vol. 22, Nol. 3, May 2022, p.438.
- ⁷⁰ Yedidia Ya'ari, *supra* note 63, p. 12.
- ⁷¹ James M. Abatti, *Small Power: The Role of Micro and Small UAVs in the Future*, Center for Strategy and Technology Air War College, Air University, 2005, p. 185.
- ⁷² Hurst, “Small Unmanned Aerial Systems and Tactical Air Control,” p. 30.

- ⁷³ Bruno O. Martins et al., *Countering the Drone Threat: Implications of C-UAS Technology for Norway in an EU and NATO context*, PRIO Paper, 2020, p. 29.
- ⁷⁴ Leslie F. Hauck and John P. Geis, “Air Mines, Countering the Drone Threat to Aircraft,” *Air and Space Power Journal*, Spring, 2017, p. 28.
- ⁷⁵ Alan J. Vick *Air Base Attacks and Defensive Counters: Historical Lessons and Future Challenges*, RAND Corporation, 2015, p. 29; Alan J. Vick and Mark Ashby, *Winning the Battle of the Airfields: Seventy Years of RAND Analysis on Air Base Defense and Attack*, RAND Corporation, 2021, p. 84.
- ⁷⁶ Alan J. Vick et al., *Air Base Defense: Rethinking Army and Air Force Roles and Functions*, RAND Cooperation, p. 17.
- ⁷⁷ Joint Doctrine Publication 0-30: UK Air Power (3rd Edition), UK Ministry of Defence, 2022, p. 3.
- ⁷⁸ 戦略研究学会編『戦略論体系⑥ドゥーエ』芙蓉出版書房、2002年、23頁；戦略研究学会編『戦略論体系⑩ミッチェル』芙蓉出版書房、2006年、18、21頁。特質については以下を参照。武居智久、徳地秀士、松村五郎、荒木淳一「防衛省・自衛隊が行う防衛外交」渡部恒雄、西田一平太編『防衛外交とは何か？平時における軍事力の役割』勁草書房、2021年、93頁。
- ⁷⁹ Karl P. Mueller, *Air power*, RAND PROJECT AIR FORCE, 2010, pp. 6-7; Phillip S. Meillinger, “Ten Propositions Regarding Airpower,” *School of Advanced Airpower Studies*, pp. 4 - 7.
- ⁸⁰ Peter Faber, “Paradigm Lost: Airpower Theory and Its Historical Struggles,” John A. Olsen, eds., *Airpower Reborn: The Strategic Concepts of John Warden and John Boyd*, Naval Institute Press, 2015, p. 18.
- ⁸¹ 柳田修「米軍における『制空権』と『航空優勢』」『防衛研究所ブリーフィング・メモ』2020年6月号、3頁。
- ⁸² Joint Doctrine Publication 0-30, p. 28.
- ⁸³ Phillip S. Meillinger, “Supremacy in the Skies,” *Air Force Magazine*, February 2016, p. 49; また柳田は、米統合ドクトリン（JP3-01, Countering Air and Missile Threats）が攻勢対航空を重視している点を指摘している。柳田「米軍における『制空権』と『航空優勢』」6頁。
- ⁸⁴ John R. Carter, *Airpower and the Cult of the Offensive*, Air University Press, 1998, p. 112.
- ⁸⁵ *AJP-3.3: Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations*, NATO Standardization Office, 2016, p. 1-2.
- ⁸⁶ Bernard Montgomery, “Tradition Versus Progress,” *Air Force Magazine*, November 1955.
- ⁸⁷ Taylor E. Francis, “A House Built on Sand: Air Supremacy in US Air Force History, Theory, and Doctrine,” *Lemay Paper*, No. 6, April 2020, p. 26.
- ⁸⁸ John A. Warden III, *The Air Campaign Planning for Combat Revised Edition*, Excel Press, 2000, p. 159.
- ⁸⁹ Meillinger, “Supremacy in the Skies,” p. 48.
- ⁹⁰ Colin S. Gray, *Airpower for the Strategic Effect*, Air University Press, 2012, p. 295.
- ⁹¹ *Ibid.*, p. 286.
- ⁹² Hadley, “Mutual Denial of Air Superiority Could Benefit US in Future Conflict, Top USAF Planner Says.”
- ⁹³ Bremer and Grieco “In Defense about Denial”; Bremer and Grieco, “Air denial”; Bremer and Grieco, “Assumption Testing”; Bremer and Grieco, “In Defense of Denial.”
- ⁹⁴ Frans Osinga, “Postmodern Air Power and the Western Way of War,” Anders McD Sookermany, *Handbook of Military Sciences*, Springer, 2022, p. 7.
- ⁹⁵ Bremer and Grieco “In Defense about Denial”; Bremer and Grieco, “Air denial”; Bremer and Grieco, “Assumption Testing”; Bremer and Grieco, “In Defense of Denial.”
- ⁹⁶ *Ibid.*
- ⁹⁷ *Ibid.*
- ⁹⁸ Michael Stefanovic, Robert Norris, Christophe Piubeni, and Dave Blair, “The Somme in the

Sky: Lessons from the Russo-Ukrainian Air War,” *War on the Rocks*, February 9, 2023, <https://warontherocks.com/2023/02/the-somme-in-the-sky-lessons-from-the-russo-ukrainian-air-war/>.

⁹⁹ Bremer and Grieco, “Air denial”; Bremer and Grieco, “Assumption Testing”; Bremer and Grieco, “In Defense of Denial.”

¹⁰⁰ プレマーらが批判するミッチェル航空宇宙研究所による次世代無人機についての提言では、コスト低減を目指すにもかかわらず1機最大約6,000万ドルの試算となっている。Caitlin Lee and Mark Gunzinger, *The Next Frontier: UAVs For Great Power Conflict Part 1: Penetrating Strike*, The Mitchell Institute for Aerospace Studies, 2022, p. 25.

¹⁰¹ Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China 2022, *Department of Defense Annual Report*, pp. 82, 83.

¹⁰² Caitlin Talmadge, “Would China Go Nuclear? Assessing the Risk of Chinese Nuclear Escalation in a Conventional War with the United States,” *International Security*, Vol. 41, Issue 4, Spring 2017, p. 55.

¹⁰³ Bremer and Grieco, “Air denial”; Bremer and Grieco, “Assumption Testing”; Bremer and Grieco, “In Defense of Denial.”

¹⁰⁴ Hauck and Geis, “Air Mines,” pp. 27- 28.

¹⁰⁵ Bremer and Grieco, “In Defense of Denial.”

¹⁰⁶ 「航空拒否」について、航空作戦の一部として捉える形で近年活発に議論されている。プレマーら以外の議論については例えば以下を参照。Herbert Bowsher, “Air Denial ”Lessons from Ukraine,” *Proceedings*, Vol. 149, September 2023,

<https://www.uni.org/magazines/proceedings/2023/september/air-denial-lessons-ukraine>; Hadley, “Mutual Denial of Air Superiority Could Benefit US in Future Conflict, Top USAF Planner Says.”; Shawn E. Finney, *Asymmetric Applications of Airpower: Air Denial Operations*, Naval War College, 2020, p. 8.

¹⁰⁷ Vego, *Maritime Strategy and Sea Denial*, p. 18.

¹⁰⁸ Bremer and Grieco “In Defense about Denial.”; Bremer and Grieco, “In Defense of Denial.”

¹⁰⁹ グロウヴ編『コーベット 海洋戦略の諸原則』160頁。

¹¹⁰ Geoffrey Till, *Seapower: A Guide for the Twenty-first Century Fourth Edition*, Routledge, 2018, pp. 193- 194.

¹¹¹ Daniel E. Ward, “Going to War With China? Dust Off Corbett!,” *Proceedings*, Vol. 146, January 2020, <https://www.uni.org/magazines/proceedings/2020/january/going-war-china-dust-chorbett>.

¹¹² *Tentative Manual for Expeditionary Advanced Base Operations 2nd Edition*, US Navy and US Marine Corps, 2023, p.1-2.

¹¹³ *Littoral Operations in a Contested Environment*, p. 9.

¹¹⁴ *Ibid.*, pp. 4, 5, 9.

¹¹⁵ 一方岩村は、装備品の技術発展による沿岸からの遠方投射能力の進展が海洋拒否の発展に重要と指摘している。岩村研太郎「陸海作戦領域の干渉拡大と日本海軍の前進基地防御：未完の『対米鉄壁化地帯』」『海軍戦略研究』第11巻第1号、2021年7月、42-48頁。

¹¹⁶ Guy Davies and Meghan Mistry, “Top Ukrainian generals say counteroffensive is ‘going to plan’ as losses mount,” *abc News*, July 4, 2023, <https://abcnews.go.com/International/top-ukrainian-generals-counteroffensive-plan-losses-mount/story?id=100617532>.

¹¹⁷ Sebastian Roblin, “Russian Airpower Is Threatening Ukraine’s Counteroffensive More and More Every Day,” *Popular mechanics*, September 2, 2023, <https://news.yahoo.com/russian-airpower-threatening-ukraines-counteroffensive-190000399.html>.

¹¹⁸ Ben Hall and Roman Olearchyk, “Military briefing: Russian ‘Alligators’ menace Ukraine’s Counteroffensive,” *Financial Times*, June 20, 2023; Thomas Newdick and Tyler Rogoway, “Ukraine’s Armor Appears To Have A Russian Attack Helicopter Problem,” *The Drive: The War*

Zone, June 15, 2023, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/ukraines-armor-appears-to-have-a-russian-attack-helicopter-problem>.

¹¹⁹ Sam Cranny-Evans, “Russia’s Artillery War in Ukraine: Challenges and Innovations,” *RUSI Commentary*, August 2023, <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russias-artillery-war-ukraine-challenges-and-innovations>.

¹²⁰ Christopher Miller and Ben Hall, “The hard lessons from Ukraine’s summer offensive,” *Financial Times*, September 15, 2023, <https://www.ft.com/content/e83bd6fe-43b8-4adf-9bea-07609bc223d0>.

¹²¹ Francis Farrell, Overcoming setbacks, NATO-trained brigade breaches Surovikin line in Zaporizhzhia Oblast, *The Kyiv Independent*, September 26, 2023, <https://kyivindependent.com/overcoming-setbacks-nato-trained-brigade-breaches-surovikin-line-in-zaporizhzhia-oblast/>.

¹²² “Ukrainian FPV Drones Massively Outnumber russian Ones on the Frontline, What Can russia Do About it,” *Defense Express*, October 3, 2023, https://en.defence-ua.com/industries/ukrainian_fpv_drones_massively_outnumber_russian_ones_on_the_frontline_what_can_russia_do_about_it-8145.html.

¹²³ “What do we know about drone attacks in Russia?,” *BBC*, September 1, 2023, <https://www.bbc.com/news/world-europe-65475333>.

¹²⁴ William Alberque et al., *Russia’s War in Ukraine: Ballistic and Cruise Trajectories*, IISS, 2023, p. 10.

¹²⁵ David Hambling, “The Lancet ‘Kamikaze Drone’ Is Russia’s Most Effective Weapon, and It Is Getting Deadlier,” *19Fortyfive*, October 10, 2023, <https://www.19fortyfive.com/2023/10/the-lancet-kamikaze-drone-is-russias-most-effective-weapon-and-it-is-getting-deadlier/>.

¹²⁶ *Ibid.*

¹²⁷ Chris Panella, “How Ukraine’s counteroffensive went sideways,” *Business Insider*, December 7, 2023, <https://www.businessinsider.com/how-the-ukraine-counteroffensive-ran-into-trouble-2023-11>.

¹²⁸ Stephen Kalin, “Ukraine’s Drone Army Takes Bites Out of Bigger Opponent,” *The Wall Street Journal*, September 11, 2023.

¹²⁹ Thomas Gibbons-Neff, Julian E. Barnes and Natalia Yermak, “Russia, Learning From Costly Mistakes, Shifts Battlefield Tactics,” *The New York Times*, June 17, 2023, <https://www.nytimes.com/2023/06/17/world/europe/russia-ukraine-war-tactics.html>.

¹³⁰ Mariano Zafra and Jon McClure, “Four factors that stalled Ukraine’s counteroffensive,” Reuters, December 21, 2023, <https://www.reuters.com/graphics/UKRAINE-CRISIS/MAPS/klyvygwawav/>.

¹³¹ Sébastien Roblin, “Ukraine’s Air Force Has a Big Kamikaze Drone Problem,” *Popular Mechanics*, November 1, 2023, <https://www.popularmechanics.com/military/aviation/a45533707/ukraine-air-force-kamikaze-drone-problem/>.

¹³² Christian M. Thiessen, Redesigning the Counter Unmanned Systems Architecture, Naval Postgraduate School, 2022, p. 89; Joseph Trevithick, “Electronic Warfare System Hunting Drones Wanted By SOCOM,” *The Drive The War Zone*, November 17, 2023, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/kamikaze-drones-that-hunt-electronic-warfare-systems-wanted-by-socom>.