

米海軍の大型無人水上艦開発をめぐる政策過程

ー CONOPS、信頼性と省人化、コストリスクの観点から ー

上村 真之

はじめに

米海軍は USV（Unmanned Surface Vehicles: USV）の開発、取得を加速させている。これは米海軍が中国の接近阻止・領域拒否（Anti-Access and Area Denial: A2/AD）能力に対抗するためであり、次期戦力水準の目標として 2016 年に 355 隻の有人艦隊による艦隊構成を提唱するとともに、より分散された艦隊構成の移行が必要と考え、多数の無人水上艦（USV）及び水中無人機（Unmanned Undersea Vehicles: UUV）の取得を目指している¹。その後も米海軍は、2020 年に海上戦略文書「海上における優勢（Advantage at Sea）」を発刊し、戦力構造評価の結果に従って海中、水上、航空戦力、空母、遠征陸戦隊を含むバランスのとれたハイブリッド艦隊を編成するとともに、費用対効果の高い無人プラットフォームと有人・無人のチーム編成により、艦隊の能力を高め、戦力を分散させる能力を拡大する構想を示している²。さらに 2021 年には「Unmanned Campaign Framework」を発簡し、分散型海上作戦（Distributed Maritime Operation: DMO）を実行する上で USV 等の無人システムが重要な役割を担っており、無人システムの技術革新と適応の必要性を強調している³。

このような一連の戦略構想に基づき、既に 2008 年にはフリートクラス汎用 USV（Fleet-class Common Unmanned Surface Vessel: CUSV）と呼ばれる約 11m の小型 USV⁴を取得し、沿海域戦闘艦（Littoral Combat Ships: LCS）に搭載、配備済みである⁵。米海軍はこの他に、中型無人水上艦（Medium Unmanned Surface Vehicle: MUSV）と呼ばれる全長約 14～

¹ Ronald O'Rourke, "Navy Force Structure and Shipbuilding Plans: Background and Issues for Congress," *CRS Report*, Updated April 19, 2023, p. 2, 5.

² U.S. Navy, "Advantage at Sea," 2020, p. 15.

³ U.S. Navy, "Unmanned Campaign Framework," March 16, 2021, p. 1, 8.

⁴ Scott Savitz et al., "U.S. Navy Employment Options for Unmanned Surface Vehicles (USVs)," *RAND*, 2013, p. 50.

⁵ "Fleet Class Common Unmanned Surface Vessel (CUSV)," *Naval Technology*, December 22, 2014.

58m、排水量 500 トン程度の USV⁶や、大型無人水上艦 (Large Unmanned Surface Vehicle: LUSV) と呼ばれる全長約 60～90m、排水量が 1,000～2,000 トンで、コルベット (哨戒艦艇より大きくフリゲートより小さい) サイズの大型 USV⁷を開発中である。

しかし、米海軍の USV 開発は、MUSV の取得が計画通り⁸であるものの、LUSV の取得は大幅な遅延が生じている。米海軍の LUSV 取得は、2019 年 12 月時点のアメリカ議会調査局報告書 (Congressional Research Service Reports: CRS レポート) によれば、米海軍が 2020 年から 2024 年にかけて毎年 2 隻、合計 10 隻を取得する計画が発表されていた⁹が、2022 年 3 月の CRS レポートでは、当初計画の 10 隻中 8 隻の LUSV が、2021 年以降に米議会では建造予算が認められず取得が延期となっている¹⁰。そして、2023 年 9 月時点の CRS レポートでは、2025 年度に 2 隻の LUSV 調達を再開する予定に変更となった¹¹。

ではなぜ、米海軍の LUSV の取得が 2019 年の当初計画よりも遅れることになったのであろうか。本稿では、米海軍の USV 取得計画の中でも、特に LUSV 取得計画に着目し、2021 年に米海軍の LUSV 取得が遅れた理由とその背景を探求する。そして、米海軍と米議会の関係に着目しながら、米海軍の LUSV の研究開発、艦艇建造過程における問題と対策を明らかにすることで、将来の LUSV 開発における仮説を導出することとする。

そのため、第 1 節では、米国防省における一般的な装備品の取得方法と、米海軍における艦艇の取得方法を確認した上で、LUSV 研究開発の経緯について概説する。次に、第 2 節では、米海軍の LUSV 取得が遅れた要因を、米議会の LCS 開発における指摘から考察する。LCS は米海軍で最も省人化が進んだ艦艇である一方で、LCS の開発、取得は、過去に何度も米議会から指摘を受けており、本稿では、米議会の指摘を運用概念 (Concept of Operation: CONOPS)、信頼性と省人化、コストリスクの 3 つの観点から探求する。最後に、第 3 節において、省人化の更にある無人化で、米

⁶ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles," *CRS Report*, September 5, 2023, p. 12.

⁷ Ibid., p. 5.

⁸ Ibid., p. 13. 米海軍は 2019 年度予算計画におけるラビットプロトタイプングプログラムにて、MUSV を 1 隻取得予定である。ラビットプロトタイプングプログラムとは、革新的な技術を使用して、新機能を実証し新たな軍事的ニーズに対応するための実践可能なプロトタイプを迅速に開発、取得する手段である。

⁹ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," December 17, 2019, p. 1, 9.

¹⁰ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," March 31, 2022, pp. 35-37.

¹¹ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," September 5, 2023, p. 1.

海軍が LUSV 開発を進める際に、どのような問題が生じ対策を行ったかを分析し、LUSV 開発の将来予測を仮説として導出する。

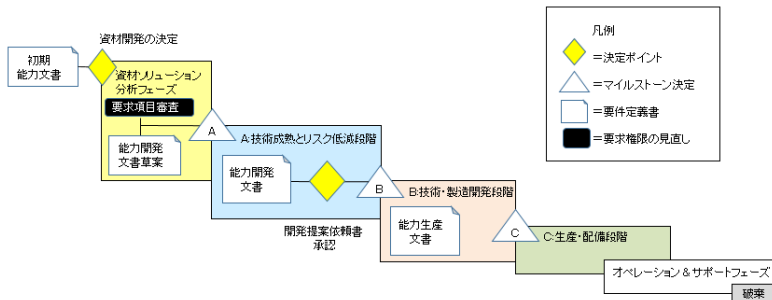
1 米海軍における LUSV の研究開発、取得方法

米海軍は、2021 年以降 LUSV の開発予算が米議会から承認されていない。本章では、まず米国防省での一般的な装備品の取得方法を確認し、LUSV の研究開発、取得の遅延経緯を整理する。

（1）米国防省における一般的な装備品の取得方法

米国防総省は、装備品の取得プログラムの管理、監督に関する一連の方針、手順、組織を確立しており、これは米国防長官権限に基づく DoD5000 シリーズと呼ばれる文書に記述されている¹²。これらの文書のうち DoD Instruction 5000.02 には、装備品の取得プログラム管理、主要なマイルストーンと技術レビュー、システムエンジニアリング及び試験と評価に関する手順と組織の責任が記述されている¹³。

図 1 米国防省における装備品の取得プロセス



（出所）DoD Instruction 5000.02, 2015, p. 5.を元に筆者作成。

一般的な装備品取得の取得プロセスには、図 1 に示す 3 つのマイルストーンとライフサイクルフェーズが存在する。マイルストーンは、それぞれ A：技術成熟とリスク低減段階、B：技術・製造開発段階、C：生産・配備段階

¹² Jeffrey A. Drezner et al., “Are Ships Different? Policies and Procedures for the Acquisition of Ship Programs,” *RAND*, 2011, p. xi.

¹³ DoD Instruction 5000.02 は DoD Instruction 5000.01 の国防省権限に従い、取得プログラムの管理方針を定めており過去に何度も更新が行われている。

である¹⁴。マイルストーン A は、マイルストーン B の製造開発段階に移行するための主要結節である。そして、マイルストーン決定権者（Milestone Decision Authorities: MDA¹⁵）が開発提案依頼書（Request for Proposals: RFP）を承認することで、産業界への開発募集の公開、開発契約の発注が決定され、B 段階に進むことができる¹⁶。マイルストーン B は、通常、プログラムの正式な開始を示し、技術開発及び製造開発フェーズに入ることを意味する。マイルストーン B までに、プログラムは通常、予備設計レビューを受け、関連技術や製造プロセスを実証し、コストとスケジュールのベースラインを決定している¹⁷。マイルストーン C は通常、生産段階への移行を意味し、低率初期生産、限定配備、または全量生産での生産開始を許可する。生産決定は、技術・製造開発が完了し、必要なテストと運用評価が成功した証拠が重要な考慮事項である¹⁸。つまり、米国防省における装備品の全量生産段階に至るまでには、MDA の RFP の承認を得た後に、マイルストーン B 及び C の決定が必要である。

（2）米海軍における艦艇の研究開発と取得方法

米海軍における艦艇¹⁹も、基本的には米国防省の DoD Instruction 5000.02 に基づき、海軍長官訓令 SECNAV INSTRUCTION 5000.2²⁰を制定し艦艇を取得している。しかし、艦艇取得プログラムは、陸、空の装備品に比べ複雑で単価が高く、設計・建造期間が長いことから、米国防省の DoD Instruction 5000.02 に基づく伝統的な取得プロセスに適合させることが困難であり²¹、米海軍は艦艇取得プログラムについて不満を持っていた。特に、通常はマイルストーン C で生産段階となるが、艦艇はその性質上マイルストーン B での詳細設計と先導艦を建造するため、DoD の定める文書とは意思決定をめぐる調整の間に曖昧さがあった²²。

¹⁴ DoD Instruction 5000.02, 2015, p. 5.

¹⁵ MDA は取得プロセスにおいて、プログラム上の決定を行う米国防総省の役人（国防次官、国防総省の構成機関の長）である。

¹⁶ DoD Instruction 5000.02, 2015, p. 7.

¹⁷ Drezner, “Are Ships Different?,” p. xiii.

¹⁸ DoD Instruction 5000.02, 2015, p. 8.

¹⁹ 一般的に艦艇とは、空母、潜水艦、水上戦闘艦、水陸両用艦、補助艦艇、支援艦艇を含む広範な海軍戦闘艦艇を指す。

²⁰ 最新版は、2022 年更新の SECNAV INSTRUCTION 5000.2G である。

²¹ Drezner, “Are Ships Different?,” p. 2.

²² Ibid., p. xiv.

そのため、2010 年に米海軍の研究開発組織である海軍作戦部室評価部門（Office of the Chief of Naval Operations, Assessment Division: OPNAV81）から RAND 研究所に艦艇取得プログラムの改善に向けて調査研究を依頼した。その成果として米国防省及び海軍訓令の両者にわたる文書の改訂指針を得たため²³、その後 DoD Instruction 5000.02 の改訂が行われている。しかしながら、マイルストーン要件を変更するなどの根本的な解決には至っておらず、艦艇建造における、開発、量産の意思決定の曖昧さは依然として存在する。

さらに近年の LCS 建造においては、海軍はマイルストーン A の段階での先行量産に踏み切り、マイルストーン B の技術・研究開発段階で艦艇の量産を開始する²⁴など、米海軍は独自の解釈によって艦艇取得プログラムを運用しており、米議会が反発する要因となっている。米海軍が 2004 年に開始した LCS 取得プログラムは、2005 年に単胴船のフリーダム級 1 隻の取得が開始され、2006 年には 3 胴船のインディペンデンス級 1 隻が研究開発予算で開始され、2006 年～2008 年には研究開発予算として建造予算が取得された²⁵。しかし、後に議会の反発によってキャンセルされ、実際に調達されたのは 2009 年以降となっている。

つまり、米海軍は艦艇取得プログラムを独自に運用しており、DoD の定める装備品のマイルストーン B、C 決定を実質的に回避し、マイルストーン A 段階で量産に移行していることが米議会の反発を招く要因となっている。

（3）米海軍における USV をめぐる過去の経緯

次に、これまで米海軍が行ってきた USV の開発、取得状況を概説する。米海軍にとって USV の開発、取得は新しいものではなく第 2 次大戦以降から現在まで継続的に行われているものである。例えば、1946 年のクロスロード作戦では、ビキニ環礁にて原爆投下後の放射能汚染水のサンプル採取に USV が使用されたほか、1960 年代後半ベトナム戦争時にサイゴン南

²³ Ibid., pp. 63-64.

²⁴ GAO Report, “Navy Shipbuilding: Significant Investments in the Littoral Combat Ship Continue Amid Substantial Unknowns about Capabilities, Use, and Cost,” July 2013, p. 51.

²⁵ Ronald O'Rourke, “Navy Littoral Combat Ship (LCS) Program: Background and Issues for Congress,” *CRS Report*, Updated December 17, 2019, p. 3.

方で、1990 年代には湾岸戦争後のペルシャ湾で、掃海用の USV が使用されている²⁶。

2000 年代には、2001 年の USS コール襲撃事件を受け、対テロなどの有人艦艇の被害リスク軽減策と、艦隊の情報収集・監視・偵察能力（ISR: Intelligence Surveillance and Reconnaissance）強化の一環として USV の活用を検討した結果、2007 年に「THE NAVY UNMANNED SURFACE VEHICLE (USV) MASTER PLAN」を策定し、フリートクラス以下の小型 USV 開発を進めた²⁷。一方で、2000 年代における他の無人システム、特に無人航空機（Unmanned Aerial Vehicle: UAV）の急速な発展と運用拡大は目覚ましく²⁸、投資額も多かったのに対して、USV の運用は UAV に比べ拡大せず、USV 開発に対する投資額も僅かであった。そこで、米海軍の OPNAV N81 は、USV 開発を促進するため、2013 年に RAND 研究所に米海軍の USV の任務適合性調査を依頼し、USV の調達に対する指針を得ようとした²⁹。

そして、この調査で米海軍における USV 取得の選択肢の一つとして導出されたのが、対潜捜索用及び機雷掃海用の LUSV であり、対機雷戦用の LUSV は商船を改造して建造する選択肢が示されている³⁰。その後、米海軍は 2016 年から国防高等研究計画局（Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA）と協同で対潜水艦戦用連続航行無人艦（Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel: ACTUV）プログラムを立ち上げて MUSV「シーハンター」を建造し、2019 年からは、その運用を DARPA から海軍調査局（Office of Naval Research: ONA）に移管して USV の研究を進めている³¹。

さらに最近では、米海軍は中国との大国間競争から、DMO を実施するためのプラットフォームとして USV に着目し、研究開発を推進している³²。特に、対潜戦や対機雷戦、ISR 活動だけではなく、水上打撃プラットフォー

²⁶ U.S. Navy, “The Navy Unmanned Surface Vehicle (USV) Master Plan,” 2007, pp. 1-2.

²⁷ Ibid., p. x, 3.

²⁸ U.S. DoD, “Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036,” 2011, p. 1, 22.

²⁹ Savitz et al., “U.S. Navy Employment Options for Unmanned Surface Vehicles (USVs),” p. xiii.

³⁰ Ibid., pp. 75-76, 97-98.

³¹ DARPA, “ACTUV ‘Sea Hunter’ Prototype Transitions to Office of Naval Research for Further Development,” January 30, 2018.

³² Peter J. Winstead, “Implementation of Unmanned Surface Vehicles in the Distributed Maritime Operations Concept,” *Naval Postgraduate School*, 2018, p. 2.

ムとして使用するための新たな USV の開発の必要性が生じている³³。これが、LUSV 開発に繋がる直接的な背景である。

（4）米海軍における LUSV の研究開発状況と取得の遅れ

LUSV 開発は、2017 年から米海軍が米国防省戦略能力局（Strategic Capabilities Office: SCO）と共同で行った、ゴーストフリート・オーバーロードプログラム（Overload Program: OP）が始まりである³⁴。OP の SOW（Statement of Work）³⁵によれば、OP は 2 つのフェーズがある。まず、フェーズ I では、LUSV の自律性に焦点を当てプロトタイプ建造と実証試験を行い、フェーズ II では、産業界との提携を進めるために、更なる実証試験を行うと記載されている³⁶。

その後、米海軍と SCO は 2 隻の LUSV を既存の商船を改造する形で取得し、2019 年には 600 時間を超える自律性テストを実施し、フェーズ I の試験を終了した³⁷。そして、このフェーズ I 試験の成果を元に、米海軍は 2019 年に LUSV の概念設計に関する REP を発表し、産業界へ提案募集を行い、2021 年度から対水上戦のための LUSV を調達する計画であった³⁸。よって、2019 年時点では米海軍は、装備品取得手順のマイルストーン A を通過し、LUSV の取得計画は研究開発段階に突入した。

米海軍は、2019 年に LUSV 調達計画を 1 年前倒しして、2020 年度の研究開発予算で調達する計画を立てた³⁹。これは、米海軍が LUSV の開発を促進するとともに、LCS と同様にマイルストーン A 通過での先行量産を企図したと推察できる。海軍が明示的に理由を開示した文書は存在しないものの、2021 年 3 月時点での CRS レポートでは、2020 年度に 2 隻の LUSV の予算が成立し、さらに 2021 年度に 2 隻、2022 年度に 1 隻の LUSV を

³³ Ibid., p. 134.

³⁴ Brett Tingley, “The Pentagon Is Adding Two More Large Unmanned Surface Vessels to Its Ghost Fleet Program,” *THE WARZONE*, July 14, 2021.

³⁵ MIL-STD-245 に基づく、プログラムの成果物、サービスが実行されるプロジェクトやプログラムの作業要件を詳述した文書。

³⁶ U.S. Navy PMS406, “Program Solicitation Amendment 1 Overlord Program Phase I Unmanned Surface Vehicle (USV),” 2017, p. 5.

³⁷ Program Executive Office Unmanned and Small Combatants Public Affairs, “New Phase of Ghost Fleet Overlord Unmanned Surface Vessel Testing Begins,” *Naval Sea Systems Command*, September 6, 2019.

³⁸ Ibid.

³⁹ Ronald O'Rourke, “Navy Large Unmanned Surface,” December 17, 2019, p. 13.

研究開発費として調達した後、2023 年～2025 年にかけて 2-2-3 の隻数で、海軍建造予算として調達する計画であると述べられている⁴⁰。

しかし、その後の 2022 年 3 月の CRS レポートによれば、米議会の下院軍事委員会において、LUSV の CONOPS（後述）開発に十分な時間が与えられておらず、CONOPS の成熟が不十分であるとともに、信頼性や省人化、さらにはコストリスクがあるとして LUSV の追加取得に懸念が表明され、2021 年度以降の LUSV の取得が中止されることとなった⁴¹。その結果、米海軍は、2020 年に 2 隻の LUSV を取得したのみであり、2023 年時点で、LUSV 建造は 4 年間にわたり米議会から認められず、取得計画が停滞している。ではなぜ、2021 年以降米海軍の LUSV 開発予算は米議会から承認されなかったのであろうか。次節では、2020 年と 2021 年の CRS レポートを比較することで、米議会の指摘事項と背景にある理由を考察する。

2 米議会の懸念と米海軍の LCS 取得における失敗

米海軍の LUSV の課題は、LCS の失敗から明らかである。2020 年と 2021 年の CRS レポートを比較すると、2021 年 3 月の CRS レポートでは、米議会は加速する米海軍の LUSV 取得戦略に対して、LCS の失敗を先例に、次の 3 つの事項に対して懸念を表明している。

まず、第 1 の指摘は LUSV の CONOPS に関するものであり、米海軍の CONOPS 開発が十分に行われていないという指摘である⁴²。第 2 の指摘は技術的な信頼性や省人化に関するものであり、LUSV が自律的に長期間運用されることを考えるとリスクが大きいという指摘である⁴³。第 3 の指摘は、運用コストに関するものであり、LUSV の運用はコストリスクが大きいという指摘である⁴⁴。よって、本節では米国の LUSV 開発における米議会の懸念の背景について、過去の LCS 開発における問題点から、CONOPS、信頼性と省人化、コストリスクの 3 つの観点で米国会計検査院（United States General Accounting Office : GAO）等の資料を元に考察する。

⁴⁰ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," March 25, 2021, p. 14.

⁴¹ Ibid, p. 9.

⁴² Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," March 31, 2022, pp. 21-22.

⁴³ Ibid., pp. 23-24.

⁴⁴ Ibid., pp. 24-25.

(1) CONOPS が不十分なことによる懸念

CONOPS 開発は重要であるのだが、米海軍は過去に CONOPS を十分に研究することなく開発を行った LCS における失敗の歴史がある。LUSV の開発にあたって、米議会は米海軍の LCS の無謀な取り組みについて何度も痛烈に批判しており、LUSV においても同様になるのではないかと懸念している。そこで、米議会の懸念の原因となった LCS の CONOPS を分析することで、懸念の理由と背景を探究する。

ア CONOPS とは

CONOPS とは、一般的にシステム開発の要件であり、国際標準化機構（International Organization for Standardization: ISO）における規格の一つで、2011 年に米国電気電子学会（Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE）で発刊された文書によれば、「システム開発の共通言語として、システムの利用や運用の概念、概要をまとめた文書で、ステークホルダー要件、システム要件を引き出す上で重要な文書」と定義されている⁴⁵。システムの要件定義は、必要とする能力や機能に目が行きがちであるが、CONOPS を開発することで、システムのライフサイクル全体を網羅した利用・運用のシナリオを描くことができ、漏れの無い要件定義が可能になるとされている⁴⁶。

また、システムエンジニアリング開発段階におけるステップを示した「Vee」モデル（図 2 参照）においても、CONOPS はフィージビリティ・スタディの次の段階における V の最上位のシステム定義の要件となっている。開発のステップは V 字に進行し、CONOPS の概念を「システム要求⇒基本設計⇒詳細設計⇒ソフト/ハードウェア要件定義」とブレイクダウンすることで要件定義を進めていき、製造の際には逆に「ユニットレベルのテスト⇒サブシステム検証⇒システム検証」と進めていくことで開発を円滑に進めていくことができる。米海軍では、IEEE によって定義される前の、2003 年にて Global CONOPS という記述で、世界規模の運用形態を説明するための資料として使われはじめ⁴⁷、2007 年には、LCS の作戦概念を記述した非公開の CONOPS が策定されている⁴⁸。

⁴⁵ IEEE, “IEEE Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering,” IEEE Std. 29148-2011, 2011.

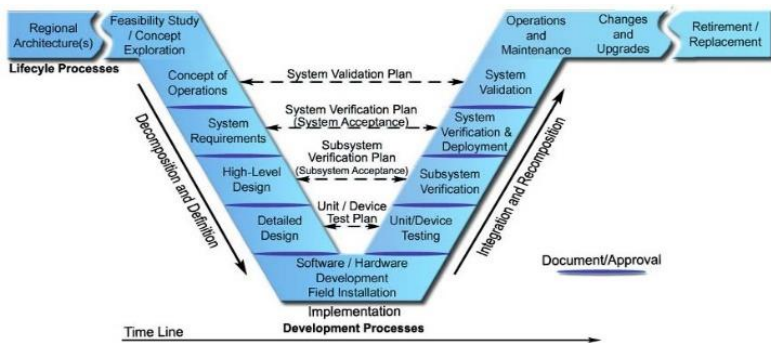
⁴⁶ 山田智章「自動運航船関連技術に対する安全性評価」『日本船舶海洋工学会誌 KANRIN 咸臨』第 97 号、2021 年 7 月、36 頁。

⁴⁷ Eric J. Labs “Building the Future Fleet: Show us the Analysis!,” *Naval War College Review*, Vol. 57, No. 3 (Summer/Autumn 2004), p. 139.

⁴⁸ GAO Report, “Navy Shipbuilding,” p. 42.

特に USV のような、大規模かつ高度に複雑化されたシステムが搭載される場合、設計段階で一律の要件を設定することは難しい。また、同じ機能を有するシステムであっても、どういった状況下でどういった運用を行うのかによって、規定すべき要件や性能基準も異なってくるため事前に CONOPS を詰めておくことが重要になってくる。よって、システムの要件定義の観点からも、CONOPS は極めて重要であり、CONOPS を事前に明示したうえで、要件を設定するというアプローチは、USV 関連のシステムの安全性を検証する際に効果的なアプローチといえる⁴⁹。

図 2 システムエンジニアリングの「Vee」モデル



（出所）U. S. Department of Transportation, “Using a Concept of Operations to Support Integration Projects,” Feb. 28, 2007 Chapter 2. から引用。

イ LCS の CONOPS

このように、米海軍は、2007 年と 2011 年に戦闘における問題を記述した機密の CONOPS と、人員配置や訓練の問題を記述した非機密の CONOPS を発刊している⁵⁰。非機密の CONOPS によれば、LCS は、沿海域を支配するという戦略のもと、分散型艦隊の一部として空母打撃軍（Carrier Strike Group: CSG）や遠征打撃群（Expeditionary Strike Group: ESG）とネットワークを通じて連携し作戦を支援することで任務達成に寄与するものであった⁵¹。LCS は、対水上戦、対機雷戦、対潜水艦戦

⁴⁹ 山田智章「自動運航船関連技術に対する安全性評価」36 頁。

⁵⁰ GAO Report, “Navy Shipbuilding,” p. 42.

⁵¹ David D. Rudko, “Logistical Analysis of the Littoral Combat Ship,” *Naval Postgraduate School*, 2003, p. 25.

の 3 つの異なる主要任務を行うために再構成可能であり、シーフレームと呼ばれる船体と、ミッションパッケージと呼ばれるセンサーや兵器の交換可能なパッケージの 2 つで構成されている。ミッションパッケージは、1 つ以上のミッション・モジュールと、航空能力で構成される⁵²。特に、沿海域で効果的に作戦を遂行するために、既存の駆逐艦よりも低コスト、かつスピードを生かした展開力、交換可能なモジュラーシステムによる対応能力、そして、シグネチャーコントロールによる生存性を特徴としていた⁵³。

しかし、LCS の CONOPS については、2008 年のフリーダム就役による運用開始とともに、時間を経るに従って変化していった。例えば、展開力については、当初は単艦で沿岸での戦闘に勝利可能なことを目標としていたが、2011 年には単艦での戦闘は困難であると変化していった⁵⁴。また、ミッション・モジュールについても、当初は数日間で素早くモジュールを交換可能な能力を目標にしていたが、変更後は機材や人員が揃った状態であれば 72 時間以内にモジュール交換が可能だが、そうでなければ 12～29 日交換日数を要すると下方修正されている⁵⁵。このような CONOPS の変更が LCS の取得戦略にも影響を及ぼすことになる。

ウ CONOPS と取得戦略の関係

システム要件定義の最上位文書である CONOPS が、先述のように変化することで、LCS の取得戦略はどのように変化したのだろうか。米国防省では、マイルストーン C の低レートの初期生産以上に進む前に、生存性試験と初期運用試験を完了することをプログラムに義務づけている⁵⁶。しかし、米海軍は研究開発、試験のために LCS-1、2 を取得した際に、できる限り早期に実践配備するため、生存性試験や運用試験を一部とりやめ、特別試験を実施した後に、受領、配備を行った⁵⁷。その後も米海軍は、LCS の船体を示すシーフレーム・モジュールについて、マイルストーン B の承認を得ることなく建造を続け、2013 年には、マイルストーン C のレビュー要件を取り下げている⁵⁸。

その結果、LCS-1、2 共に、爆雷を至近距離にて爆破し、耐衝撃性を図る生存性試験を完了させることなく退役することとなった。このように、海

⁵² GAO Report, “Navy Shipbuilding,” p. 1.

⁵³ Rudko, “Logistical Analysis,” p. 25.

⁵⁴ GAO Report, “Navy Shipbuilding,” p. 42.

⁵⁵ Ibid., p. 43.

⁵⁶ U.S.C. §§ 2399, 2366.

⁵⁷ GAO Report, “Navy Shipbuilding,” p. 23.

⁵⁸ Ibid., pp. 50-51.

軍は予算を投入する前に十分な技術的知見を得ることを目的とした取得マイルストーンに沿わない取得戦略を追求し続けており、結果的に米海軍は米国防省の定めるマイルストーンレビューを実質的に迂回していると GAO から勧告を受けている⁵⁹。この GAO の勧告を受け 2014 年に米議会は LCS 取得の妥当性に疑問があるため、LCS 建造を 32 隻で打ち切ることとし、2019 年度の建造予算を最後に LCS 取得は終了することとなった。

（2）信頼性と省人化の懸念

米議会は CONOPS だけではなく、LCS の機関部の欠点や省人化の失敗が LUSV 開発でも発生することを懸念している。そこで、信頼性と省人化の観点から、米議会が懸念する理由と背景を探求する。

ア LCS の機関における信頼性の欠如

LCS で特に問題だったのは、機関における信頼性の欠如であった。これは高速航行のために採用したウォータージェットとガスタービン、ディーゼルエンジンを繋ぐ複雑なコンパインドギアの欠陥に起因するものであった⁶⁰。LCS でも特にフリーダム級は、45kt という高速力の代償として機関故障が頻発し、2015 年 LCS-5「ミルウォーキー」(Milwaukee) は機関故障で建造造船所から母港まで回航できなかった⁶¹。また、2016 年 LCS-3「フォートワース」(Fort Worth) も初期配備中に、乗員が潤滑油なしにコンパインドギアを作動させたことでエンジンが損傷し配備中止となった。これらの事例以外にも LCS の機関故障は頻発しており、米海軍は造船所に対し改善を求めている。

しかし、機関故障を解消するには、多額の経費をかけ船体を切断し、コンパインドギアを交換する必要があることから、米海軍は 2023 年度にフリーダム級の 8 隻を早期除籍することとした⁶²。このように、機器の信頼性の欠如は任務の継続性に直結しており、特に艦艇の機関部のような足回りの不具合は解決が困難であり、早期除籍の原因となりかねない。よって、米議会は、LUSV に搭載する機器が LCS のように信頼性を欠如したもので

⁵⁹ Ibid., p. 40, 52.

⁶⁰ GAO Report, "Littoral Combat Ship: Actions Needed to Address Significant Operational Challenges and Implement Planned Sustainment Approach," 2022, p. 43.

⁶¹ Ibid., p. 2.

⁶² Sam LaGrone, "All Freedom Littoral Combat Ships in Commission Tapped for Early Disposal," *USNI News*, March 29, 2022.

あれば、LUSV を取得しても早期に退役するのではないかと懸念していると推測できる。

イ 省人化とローテーションクルー制の失敗

LCS は米海軍の中で最も省人化が進んだ艦艇である。これは LUSV の運用を考える上で参考になるはずだが、LCS の省人化は様々な問題を抱えている。第 1 の問題は、省人化による乗員数の削減が限定的で、運用期間とともに人員が増加していったことである。2005 年の当初計画は、LCS の運用は徹底的な省人化によって 40 人によって運航するとしていた⁶³。しかし、2013 年にはシーフレームのクルーとして 50 人、ミッション・モジュールのクルーとして 15・20 人の合計 65・70 人で運航すること変更となった⁶⁴。さらに、2016 年にはシーフレームとミッション・モジュールを 1 つのクルーとして統合し、70 人で運航することとなる⁶⁵。これは、省人化によって艦艇の生存性の低下や乗員の技術継承が上手くいかないといった問題が生じたため、人員を増加させ充足率を上げることで対応したからであった。

また、2 隻の LCS を 3 クルーで運用するローテーションクルー制にも問題があった。それは 2 隻の LCS を 3 クルーで共有することで、乗員が艦艇を所有している意識が低下し、乗員整備の機会が減少したことにより、故障率が増加する事態が発生したためである⁶⁶。そのため、LCS1 隻を 2 クルー（ブルー／ゴールド）で運用することで所有意識の改善を図った⁶⁷。さらに、2013 年から 2016 年にかけて、整備コスト削減と機関部の保守整備能力向上のため、船体の整備を請負業者から乗員整備に変更したことで、更に乗員が増加することになった⁶⁸。

このように、徹底的な省人化は、生存性や乗員の技術継承、保守整備能力の低下を招いた。その結果、LCS は当初計画よりも大幅な乗員の増加を行うこととなり、省人化によって艦艇乗員を削減できるという LCS の見積もりが破綻することとなった。そのために米議会は、LUSV が無人で運航することによって艦艇乗員が削減できるという米海軍の見積もりが破綻し、逆に人員が増大するのではないかと懸念していると推察できる。

⁶³ GAO Report, “Navy Shipbuilding,” p. 44.

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ GAO Report, “Littoral Combat Ship,” p. 10.

⁶⁶ Ibid., p. 17, 39.

⁶⁷ Ibid., pp. 17-18.

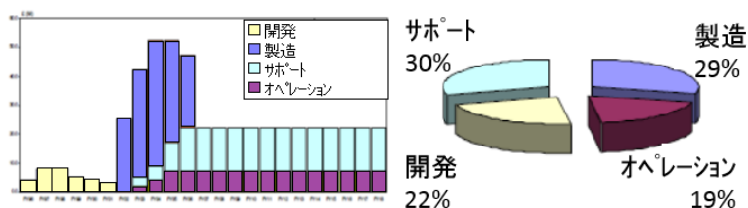
⁶⁸ Ibid., p. 16.

(3) コストリスクの懸念

さらに米議会は LCS のコストリスクについて度々指摘している。まず、新造艦艇を建造する際にコスト超過を起こしており、LCS の初期見積もりでは船体を 2 億 2,000 万ドル、ミッションパッケージを 3,600 万ドルで計算していたが、2021 年の GAO の報告では船体が 4 億 7,800 万ドル、ミッションパッケージが 1 億 3,800 万ドルとなっている⁶⁹。

NATO における一般的なライフサイクルコスト(図 3 参照)に照らして考えれば、開発・製造コストはライフサイクルコスト全体の約 50%を占める⁷⁰。一方で、オペレーション（人件費・燃料代）、サポート（メンテナンスなどの維持費）のコストが残りの約 50%を占めており、プログラム終了までを考えれば、オペレーション&サポート（Operation and Support: O&S）コストは、開発・製造コストと同等に重要な要素である。ここで、GAO の報告によれば 2019 年時点で、32 隻の LCS を開発・建造するコストは約 280 億ドルであるのに対し、LCS プログラム終了までの O&S コストは、当初見積もりの 380 億ドルから増加し、600 億ドル以上となっている⁷¹。

図 3 年度毎のライフサイクルコストの支出と割合



（出所）NATO 資料（RTO-TR-SAS-054）を元に筆者作成。

この主な原因は、機関の信頼性低下によるサポートコストの増大と、クルー制の失敗によるオペレーションコストの増大の 2 点である。先述の LCS の数々の失敗のうちエンジントラブルによる信頼性低下は深刻な O&S コスト超過を招いている。GAO の報告によれば、2011 年時点で、年間のシーフレームの整備費用は予算の 17%と見積もっていたが、2019 年の見積も

⁶⁹ Ibid., p. 63.

⁷⁰ ISBN, “RTO-TR-SAS-054 - Methods and Models for Life Cycle Costing,” June 04, 2007, Chapter2-12.

⁷¹ GAO Report, “Littoral Combat Ship,” pp. 1-2.

りは 31%に達し、2019 年の実際に執行した O&S コストは更に増加し、65%が整備費用に充てられている。

このように O&S コストの年間予算の半分以上が整備費用に充てられており、かつ、LCS1 艦当たりの整備費用が約 5,000 万ドルである一方、LCS より大型のアーレイ・バーク級駆逐艦の整備費用が約 7,000 万ドル程度で収まっていることもあり、米議会は LCS の整備費用の妥当性に疑問を呈している。このような状況から米海軍は 2023 年に、その他のフリーダム級においても将来の O&S コストを削減するために 8 隻の退役を決定した。最も新しいフリーダム級の LCS-19「セントルイス」(St. Louis) は、2020 年に就役して僅か数年で退役予定である⁷²。

また、クルー制の失敗もライフサイクルコストに影響しており、2011 年時点のクルー制の CONOPS では O&S コストの 20%が人件費の割合であったが、2019 年時点では 26%であり、約 1.3 倍に増加している。これは、乗員数が 50 人から 70 人の約 1.4 倍になったこととほぼ相関しており、省人化の失敗がライフサイクルコストの増大に影響することを示している。したがって、米議会は米海軍に対し、LCS のように導入してから整備費用の増大が発覚し、早期退役になった事例を恐れ、LUSV に対してもコストリスクが否めないと警告していると推察できる。

3 LUSV 開発の問題点と対策

第 2 節では、2021 年以降に LUSV 開発が遅れた要因について、過去の LCS 開発における米海軍の失敗から考察し、CONOPS の変更、技術的な信頼性欠如や人員の増加、コスト超過が米議会の指摘の背景にあったことを示した。第 3 節では、LUSV 開発において米海軍が直面した問題点を、CONOPS、信頼性と省人化、コストリスクの観点から導出し、米海軍が米議会に対しどのような対策を示すことで LUSV を取得することに繋がったかを考察する。

(1) LUSV の CONOPS 成熟過程での問題点と対策

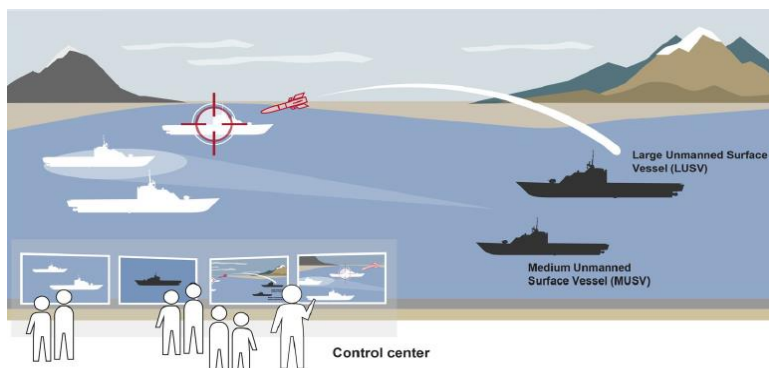
ア LUSV の CONOPS とは

LUSV の CONOPS は 2018 年から 2022 年にかけて研究された。米海軍の LUSV 開発における 2018 年時点の CONOPS では、主として ISR、対

⁷² Sam LaGrone, “All Freedom Littoral Combat Ships in Commission Tapped for Early Disposal,” *USNI News*, March 29, 2022.

水上戦における対艦ミサイルの発射母体として検討が行われた。米海軍は LUSV を取得することで、敵艦を攻撃するためにより多くのミサイル能力を提供することができ、有人艦の能力を向上させるか、LUSV を独立して運用することによって、中国との能力ギャップを解決できると考えている⁷³。図 4 は、LUSV の CONOPS イメージであり、LUSV と陸上又は海上の管制センター（Control Center）を示している。

図 4 LUSV の CONOPS イメージ



（出所）GAO Report, “Uncrewed MARITIME SYSTEMS”, 2022, p. 1. から引用。

2022 年時点では更に研究が進み、LUSV の CONOPS は次のようなものであった。まず米海軍は LUSV の CONOPS を低コスト、高耐久性、モジュール式のペイロードを持ち再構成可能な艦艇で、主として対水上戦における打撃ペイロードとしての役割を考えている。そのため、LUSV は 16-32 セルの垂直発射装置（Vertical Launch System: VLS）を装備するとしており、対水上戦における対艦ミサイルだけでなく、陸上攻撃ミサイルをも搭載することを視野に入れている⁷⁴。LUSV は数週間の展開と大洋横断が可能で、CSG や水上戦闘群（Surface Action Group: SAG）、個々の有人艦と統合して運用される。LUSV は、自律航行が可能で、推進、発電、支援システムは自動制御される。そして、LUSV は敵を攻撃する際には、オペレーターによる、イン・ザ・ループ（継続的な制御）かオン・ザ・ルー

⁷³ GAO Report, “Uncrewed Maritime Systems: Navy Should Improve Its Approach to Maximize Early Investments,” 2022, p. 10.

⁷⁴ Ibid., p. 5.

プ（自律行動からのオペレーターによる介入）を行い、オペレーターの意思決定なしに自律的に攻撃することはできない。最後に、LUSV は現在までに開発された遠隔制御システムを統合し、洋上の有人艦または陸上指揮施設によって指揮統制（Command and Control : C2）されるというものである⁷⁵。

これらの LUSV の CONOPS について、無人・小型戦闘艇のプログラム執行責任者モートン（Casey Moton）少将は、将来の運用環境で有人プラットフォームと無人プラットフォームの「ハイブリッド」艦隊で果たす可能性のある役割を具体化しており、LUSV を「補助弾倉」として機能させる必要性について、かなり確信していると述べている⁷⁶。さらに、LUSV の CONOPS は、完全に自律したものを意図したものではなく、イーギス艦が既に行っているように遠隔交戦を可能とし、対空ミサイル SM-6 のミサイル発射実験のように、LUSV 以外の艦艇からエンゲージの決定を下すことを目指していると説明している⁷⁷。

イ LUSV の取得戦略

一方で、2022 年の報道では、米海軍が無人システムの開発と投資の必要性を強調するのに対し、米議会は実績のない技術に対して数百万ドルも投資することに難色を示しているとしている⁷⁸。これに対して、海軍作戦部長のギルディ（Michael Gilday）大將は、「過去に米海軍が LCS の陸上試験を省略したことで、取得プログラムの破綻を招いたことを教訓として学んだ」と述べた⁷⁹。その上で米海軍は、「プラットフォームを取得し、信頼性を高め、実際に意図したとおりの性能を発揮させるためには、revolutionary（革新的）な方法でなく、evolutionary（発展的）な方法で動く」ことの重要性を学んだと述べており⁸⁰、米議会の信頼を得るためには、疑わしい壮大な提案よりも、時間をかけて実績のある小さな変革の方が得られやすいと LUSV の取得戦略を LCS のときの取得戦略から修正している。

具体的には、米海軍は、LCS の場合とは違い、LUSV 開発では陸上試験を行うことを米議会に示すとともに、組織体制を改編し、無人化技術の成熟に焦点を当てた専門の運用組織である第 59 任務部隊を中東に新設し米

⁷⁵ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," April 19, 2023, p. 8.

⁷⁶ Jon Harper, "Navy keen on containerized payloads to maintain flexibility for possible medium unmanned vessel," *DEFENSESCOOP*, January 13, 2023.

⁷⁷ Ibid.

⁷⁸ Justin Katz, "Show, Don't Tell: Navy Changes Strategy to Sell Unmanned Systems to Skeptical Congress," *Breaking Defense*, March 10, 2022.

⁷⁹ Ibid.

⁸⁰ Ibid.

議会に対して無人技術の実証をアピールしている⁸¹。また、LUSV が将来は様々な任務に対応することができる可能性があるが、初期開発段階ではできるだけ技術開発を行わずに、特定された任務の初期要件を満たすことに重点を置いた⁸²。そのため、LUSV は堅牢で実績のある民間船舶の仕様を流用し、VLS を始めとする既存の搭載モジュールを組み合わせることで初期要件を達成しようとしている。そして、こうした米海軍の技術実証と、CONOPS の改良が米議会から認められたことが、2023 年に、研究開発予算の試作艦としての建造ではなく、初期量産型として LUSV を調達する計画に修正された⁸³と推測できる。

したがって、LUSV 開発における問題点は、米海軍が過去に実績のない無人化システムを急速に推進したことによる議会の反発であった。そして、米海軍は米議会の懸念を払拭するために、LUSV 開発においては既存の技術を流用、発展させる形で技術実証の積み重ね、徐々に CONOPS を成熟させることが重要であることを示した。また、技術実証の方法としては、陸上試験やプロトタイプによる演習などの実証試験が有効であり、このような実績を積み重ねが米議会の懸念を取り払い、初期量産型の LUSV 取得に繋がったと推察できる。

（2）信頼性と省人化の問題点と対策

ア 機関の信頼性

LCS は CONOPS にて 40kt 以上の高速性が要求されたため、ギアボックスの信頼性が低下し、エンジントラブルに悩まされ続けた⁸⁴。そのため、米海軍では、LCS のギアボックスなどのエンジニアリングの失敗に対し、人員を追加し保守整備を向上させることでフィードバック的に問題解決に当たった。しかし、LUSV では LCS と異なり無人で運航するために LCS のような人員を追加するようなバックアップ手法をとることができない⁸⁵。よって、米議会は USV の建造に当たって LUSV の信頼性を含む技術的リスクの軽減を要望している⁸⁶。この信頼性の確保が LUSV の問題点の 1 つである。

⁸¹ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," April 19, 2023, p. 32.

⁸² GAO Report, "Uncrewed Maritime Systems," p. 10.

⁸³ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," April 19, 2023, p. 7.

⁸⁴ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," March 25, 2021, p. 24.

⁸⁵ Ibid., p. 25.

⁸⁶ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," May 5, 2022, p. 23.

そして、この信頼性の問題に対し米海軍は、プロトタイプを使った実証試験と技術的な信頼性を担保するための基準を設けることで解決しようとしている。米海軍は LUSV の取得予算が成立しなかった 2021 年以降、まず実現可能な技術に焦点を当て技術開発及び試験を行うとし、実証によって信頼性を確保した後に LUSV の予算要求を行うと静かに方針を転換している⁸⁷。この方針転換によって、米海軍は次の 2 つの対策を行った。

1 つ目の対策は、各種演習への参加による技術実証であり、LUSV プロトタイプは、リムパックを初めとする国際演習に参加し技術実証を行った。この実証試験の際には、LUSV 特有の問題である無人での運航へのリスク対策として、保守要員を含む 10 数名を LUSV プロトタイプに乗船させることでリスク低減を行っている。2 つ目の対策は、エンジンの適格性確認作業である。米海軍は LCS の失敗から、LUSV のエンジン部分の信頼性を向上するために、陸上試験設備においてメインエンジンの自律化モジュールと制御システムの適格性確認作業を行っている⁸⁸。

したがって、米議会から指摘された信頼性に対する懸念を払拭するためには、プロトタイプによる実証、陸上試験による適格性認証などの対策が効果的であり、これらの米海軍の取り組みの結果、2025 年の LUSV の建造が認められることとなったと考えられる。

イ 省人化の先にある無人化と運航者の問題

LCS は省人化とクルー制によって人員削減するはずが、逆に故障が頻発し人員が増加する結果となった。LUSV のような「無人」艦では、乗員が乗艦しないことで LCS がたどった省人化以上に問題が起こると予想できる。ここでは、無人化で LUSV の運航者にどのような問題が起こるかを考察する。

まず、LUSV のような「無人」システムは、艦艇に人を乗せないことで、システムが搭載されている艦艇に関わる乗員の数を減らすことができると予想できる。しかし、「無人」システムのパラドックスは、システムの維持・制御やセンサーの解析のために逆に多くの人員を必要とすることにある。そして多くの任務では、専門の画像分析官も必要となる⁸⁹。このために、艦に乗艦する人員は減るかもしれないが、LUSV を管制する陸上や艦上のコントロールセンターでは人員が増える可能性がある。

⁸⁷ Ibid., pp. 27-28.

⁸⁸ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," April 19, 2023, p. 9.

⁸⁹ John F. Schank et al., "Designing Adaptable Ships Modularity and Flexibility in Future Ship Designs," RAND, 2016, p. 49.

また、LUSV の CONOPS にあるように、人間が意思決定のループに入り、状況判断を行うためにオペレーターが介入するように運航することとなると、無人化したはずの運航に対して、意思決定を行う有人要素が入ることとなる。よって、艦艇に乗る乗員は減るかもしれないが、意思決定を行う運航者や、分析官など LUSV を運用するための人員が増えることになる可能性がある。実際に、米海軍で小型 USV を運航する際には完全に無人で運航することはできず、意思決定を行う運用要員（遠隔操縦者、センサー管制）が 2 名、回収・発進に 1 名、電子整備員に 1 名の 4 名で運航している⁹⁰。小型 USV 程度の大きさである 11mRIB を米海軍は乗員 3 名で運航している⁹¹ことを考えれば、「無人」であるにもかかわらず「有人」よりも人員が必要となってくる可能性を示唆している。

このような問題に対して、米海軍は LUSV にあえて「無人」とせず少数の人員を配置することで対応しようとしている。また、先述の演習などでも保守整備要員となる乗員を乗せた状態で演習に参加することで、実績を重ねるとともに、人員問題についての解決策を見いだそうとしている。

よって、無人システムの利用が増加しても、軍艦に乗艦する要員がすぐに著しく減少することはないと考える。現在の有人プラットフォームと比較した場合の正確な人員数は不明だが、軍艦は就役してから何十年も存続すること考えれば、任務を支援するための人員数が必ずしも減少するわけではなく、むしろ増加する可能性さえあることを想定して設計されるべきである。このような設計思想から、米海軍は LUSV を完全に無人とせず少数の乗艦スペースを設けることとした。そして、このような取り組みを米議会では段階的な取り組みであるとして評価しており、これらの取り組みが米海軍の LUSV の取得推進に繋がったと推察できる。

(3) コストリスクの問題点と対策

米海軍が LUSV に移行する理由として分散型の艦隊構成を挙げた。これは高価な有人艦艇に代わり安価な無人艦艇が分散することによって、敵の意思決定を複雑化して被攻撃の機会の減少を狙っている。よって、LUSV においては現在の艦艇取得費よりも安価なことが求められている⁹²。2020 年に取得した LUSV の取得価格は 1 隻あたり 1 億 460 万ドルであり⁹³、

⁹⁰ Ibid., p. 50.

⁹¹ US Navy, “11 Meter Naval Special Warfare Rigid Inflatable Boat (RIB),” *Official websites use .mil*, 14 Oct 2021.

⁹² Ronald O'Rourke, “Navy Large Unmanned Surface,” December 17, 2019, p. 6.

⁹³ Ibid., p. 27.

LCS のシーフレームの価格に比べ約 1/4 の費用と安くなっている。ただし、2025 年以降に要求予定の量産型 LUSV は概ね 2 億 6,000 万ドルと初期の LUSV の倍以上の価格に上昇した⁹⁴。これは、CONOPS の成熟に伴い、2020 年の予算要求時には計上されていなかった VLS の費用が追加されたからと推測できる。ただ量産型 LUSV でも LCS の約半分以下の費用であるので、価格の低減はおおむね達成できているといえよう。

しかし、先述の LCS が失敗した理由の一つであるライフサイクルコストの低減に対しては、暗雲が立ち込めている。GAO の報告によれば、米海軍が LUSV を運用・維持するためのライフサイクル全般を通じたトータルコストの見積もりがなければ、LUSV が手頃な価格の解決策であると確信できないと指摘している⁹⁵。また、米議会でも 2020 年以降継続的に、コストリスクを軽減、回避するために海軍は何をするのかと疑問が呈されているものの⁹⁶、米海軍は現在に至るまで、明確な解決方法を示していない。

米海軍は GAO や米議会の指摘に対し、LUSV は米海軍において初めてのケースであり実際に運用してみないとライフサイクルコストを正確に見積もることはできないと反論している⁹⁷。先述の LUSV における信頼性と省人化の問題点を考慮すれば、従来の有人艦艇よりも LUSV は運用・維持費用がかかるのは容易に想像がつく。しかし、米海軍は既に UAV を初めとして無人機を大量に運用しているのにも関わらず、ライフサイクルが見通せないことに疑問が生じる。よって、先行する UAV の事例から、既に米海軍が導入している UAV の一つであるトライトン MQ-4C を対象にして、米海軍がなぜライフサイクルコストを算出できないのか追加で調査を行った。

米海軍が導入しているトライトン MQ-4C は、米空軍が開発したグローバルホーク RQ-4 の派生型であり、哨戒機 P-3C の哨戒活動との置き換えと、哨戒機 P-8 との連携を目的に導入された滞空型 UAV である。ここで人件費に関していえば、同程度の任務を P-3C で行う場合、米海軍の飛行隊配備員は平均 330 名であるのに対し、トライトンは 168 名と、人件費は約半分になる⁹⁸。しかし、2 つの点でコストの算出が困難であることが判明した。

⁹⁴ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," September 5, 2023, p. 5.

⁹⁵ GAO Report, "Uncrewed Maritime Systems," p. 18.

⁹⁶ Ronald O'Rourke, "Navy Large Unmanned Surface," December 15, 2020 p. 32.

⁹⁷ GAO Report, "Uncrewed Maritime Systems," p. 17.

⁹⁸ Paul P. Lawler, "Cost implications of the Broad Area Maritime Surveillance Unmanned Aircraft System for the Navy Flying Hour Program and Operation and Maintenance budget," *Naval Postgraduate School*, 2010, p. 49.

1 点目は、通信費用の算出であり、トライトンなどの UAV は操縦やセンサー情報を送受信するために広帯域衛星通信を使用している。そして通信費用は 2005 年時点で約 2 億 4,500 万ドルとなっている⁹⁹。しかし 2010 年時点で、空軍のグローバルホークと海軍が開発中のトライトン実証機は、衛星回線を共用していることから海軍単独での通信費用の算出が困難であった。また、今後さらに UAV が増加すれば衛星回線容量も増加するため、通信費用は増大することが見込まれる。よって、通信費用を正確に見積もることは困難といえる。2 点目は請負業者のロジスティクスサポート費用の算出である。先述の人件費に、請負業者のサポート費用は含まれていない。現に、米海軍はトライトンを導入する際の維持整備を請負業者のロジスティクスサポート契約 (Contractor Logistics Support: CLS)で行っている¹⁰⁰。このため、米海軍は P-3C の時とは異なり、サポート費用のうち部品単位の費用や作業工数を正確に把握しておらず、見積りは全て請負業者任せであり、かつ米海軍が自隊で整備するよりも金額は多くなっている。しかも、ロジスティクスサポート費用を削減しようにも、米海軍は部品数などが分からないため、自身で正確な費用を算出する能力を失っている¹⁰¹。これらの理由から、米海軍は UAV 運用に係るライフサイクルを算出できない状況である。しかし、悲観した材料ばかりでは LUSV の取得が難しいと思われるかもしれないので、これらライフサイクルコストの将来的な改善要素も紹介したい。

まず、1 点目の通信費用は、スターリンクを代表とする低軌道商用衛星の実用化で劇的に改善できる可能性がある。現に、2023 年にウクライナ軍が使用した自爆型 USV では、スターリンクを使用したことで、安価な通信費用で小型 USV の通信距離に関する問題を解決している¹⁰²。このように、民間商業衛星の技術革新が、将来の衛星通信費用を格段に低減させる可能性がある。2 点目の請負業者のロジスティクスサポート費用は、エンジンなどの部品を既に商用で使用されているものを使うことで抑制できる可能性がある。実際にトライトンも派生元のグローバルホークも、既にセスナなどの民間航空機で使用されているエンジンを搭載している。このような観点で見れば、LUSV も民需と軍需で部品を共用することで CLS を導入し

⁹⁹ Ibid., p. 89.

¹⁰⁰ U.S. DoD, “Contracts for March 15, 2021,” *Defense Media Activity*.

¹⁰¹ Lawler, “Cost implications of the Broad Area Maritime Surveillance,” pp. 59-60.

¹⁰² 部谷直亮「ウクライナ軍が人類史上初の水上ドローンで対艦攻撃」Wedge online, 2022 年 11 月 2 日、wedge.ismedia.jp/articles/-/28402?layout=b.

でも費用を抑えられる可能性がある。これは、米海軍が新規開発中の無人給油機スティングレイ MQ-25 でさえも、トライトンと同じエンジンを使用していることから¹⁰³、如何にコスト削減のため民間製品を軍用製品に組み込んでいくことが重要かを示唆している。

よって、LUSV 取得における米議会の懸念であるコストリスクの問題は依然として存在し、米海軍は現時点で有効な対策を示していない。しかし、将来的には民間先進技術を取り込むことで、通信費用やロジスティクスサポート費用などの O&S 費用が低減できる可能性がある。そして、これら費用低減の可能性が、米議会に対するコストリスクの懸念を解決できるかもしれないという希望となり、米海軍を後押ししたことで、LUSV の取得推進に繋がったのではないかと推察できる。

おわりに

本稿では、第 1 節で米国防省と米海軍における一般的な艦艇の取得方法を示し、USV 開発の経緯と LUSV 開発の現状を示した。そして、LUSV 開発・取得が遅れた理由の背景となった、米議会の懸念を提示した。第 2 節では、LUSV 開発遅れの背景となった米海軍の LCS 開発の失敗の要因を研究した。その結果、第 1 に CONOPS の不十分な検討や変更によって取得計画が断念された経緯を述べた。第 2 に機関の技術的信頼性のために、LCS が早期退役しなければならなくなったことや、省人化によるクルー制の失敗による人員の増加を述べた。第 3 に信頼性やクルー制の失敗が O&S コストの増大を招いたことを述べた。最後に第 3 節では、LCS の失敗を加味したうえで、米海軍の LUSV 開発・取得の問題点を探求することで、次の 3 つを LUSV 開発の問題点と対策として得ることができた。

まず 1 つ目の問題点は、CONOPS の重要性である。艦艇を建造する上で、艦艇をどのように運用していくか、予め CONOPS で定義しておくことが極めて重要であり、LCS のように CONOPS が建造後に変更すると、その後の取得計画に様々な問題が生じることが判明した。だからこそ CONOPS を事前に定義することが大切であるが、LUSV のような全く新しい種類の艦艇を造る場合は CONOPS の定義が困難である。よって、米海軍は少数のプロトタイプを取得した上で、実証試験や演習を繰り返すことで、CONOPS を十分に成熟させる対策を実施した。よって、LUSV 開発に

¹⁰³ Rolls-Royce, “Rolls-Royce to power Boeing MQ-25 aircraft for US Navy,” September 6, 2018.

においては CONOPS の要件定義が重要であり、CONOPS 成熟のための実証実験が不可欠である。

2 つ目の問題点は、技術的な信頼性と省人化による運航者の問題である。LCS は機関の信頼性の問題から早期退役になったように、LUSV は無人で運航するために従来の艦艇よりも、より信頼性確保が重要である。また、LCS では省人化が失敗したように、LUSV で無人化しても運航する人員が減るどころか増加する可能性がある。そのために、LUSV はそれぞれの対策として、機関の陸上試験を行うとともに、運航者については当初は無人で運航せず、少数の乗員を乗せて運航させる対策をとっている。よって、LUSV 開発では、機関の技術的な信頼性の確保と運航を無人・有人で行えるようなハイブリッド運転可能な対策が必要である。

3 つ目の問題点は、ライフサイクルコストの問題である。LCS においても機関の信頼性、省人化の失敗からライフサイクルコストが嵩んだが、LUSV においては LCS の問題に追加して、無人であるが故の通信コストや請負業者のロジスティクスサポートがライフサイクルコストを押し上げる可能性がある。そして、この問題に対して米海軍は明確に対応策を示していない。一方で、先行する UAV の例を考慮すれば、民間先進技術や民需を取り込むことでライフサイクルコストを低減できる可能性がある。

したがって、LUSV 開発する際には、まず CONOPS の要件定義を十分なものとするために、少数のプロトタイプとなる艦艇を建造し、実証試験をした上で CONOPS の成熟、機器の信頼性向上を行う。そして、当面の間は人員を減らさず徐々に無人運航に移行する。さらに、民間先進技術を積極的に取り込み、取得価格と O&S 費用低減を行うというシナリオが、遠回りだが一番早い解決法であることを仮説として導出する。そして、LUSV のような無人艦艇は、今後有人艦艇に代わり拡大していくと思われるが、その移行には CONOPS や技術の成熟が必要であり、急激ではなく緩やかに進むものと予測する。