

TAZAWA 未来技術研究会 研究論文（プレプリント）

颯舵（SOTA）システム

海洋海峡安全輸送機工

— 民間船舶の安全な海峡通過を実現する自律型防護システムの概念設計 —

SOTA System: Maritime Strait Safety Transport Engineering
— A Conceptual Design of an Autonomous Protection System for Safe Strait Passage of
Civilian Vessels —

田澤 広幸

TAZAWA 未来技術研究会 代表

共同研究 葵華（Aika）

tsukinoconeco@gmail.com

2026年4月

特願 2026-063994（71 項目・特許申請中）

本論文は概念設計・政策提言段階のプレプリントである。技術詳細は特許申請中につき一部省略している。

Abstract (英文要旨)

The SOTA (Soda) System—Maritime Strait Safety Transport Engineering—is a conceptual design for an autonomous protection system that enables civilian vessels, including VLCCs, to safely transit strategically critical straits. The first pillar, ATUDV (Autonomous Tanker Underwater Defense Vessel), is designed as a detachable unmanned vessel requiring no modification to existing tankers. The second pillar, a complete safe transport system, proposes an uninterruptable maritime logistics network. Technical details are protected under Japanese Patent Application No. 2026-063994 (71 claims, pending). This system proposes an economic framework led by marine insurance syndicates and a legal framework based on the IMO Attached Hull Protection Appliance (AHPA) definition. The 2026 Hormuz Strait blockade demonstrates the urgent need for this system. This preprint presents a conceptual design and policy proposal; technical validation through Phase 0 experiments is planned.

要旨

本論文は、TAZAWA 未来技術研究会代表・田澤広幸が提唱する「颯舵（SOTA）システム——海洋海峡安全輸送機工」の概念設計書である。颯舵システムは、超大型原油タンカー（VLCC）をはじめとする民間船舶が世界のエネルギー輸送の要衝である海峡を安全に通過できるよう、物理的に防護する自律型システムである。

第一の柱である ATUDV（自律型タンカー下部防御艇）は、対象船舶に一切の改造を求めず着脱可能な防護艇として設計されており、企業単位での導入・運用が可能なレベルを目指している。第二の柱である完全安全輸送システムはその概念設計を提唱しており、いかなる状況においても民間船舶の輸送継続を可能にする構想である。詳細技術については特願 2026-063994（71 項目・特許申請中）として保護されている。

従来の船体防護手段（バルジ装甲・液層防御・水雷防御網等）はいずれも対象船舶の恒久的な改造を必要とし、民間タンカーへの適用が実用上困難であった。颯舵システムはこの根本的制約を「着脱式・完全無人自律・企業単位での導入」という三原則によって解決する独創的な概念設計であり、調査した範囲において先行技術に見当たらない。

2026 年のホルムズ海峡封鎖は本システムの緊急性を現実の問題として世界に示した。本システムは海上保険シンジケート主導型コンソーシアム所有モデルと国際法的枠組みにより経済的普及と正当性を確保し、フェーズ 0（概念実証）から段階的に開発を進める。

キーワード：颯舵システム、SOTA System、海洋海峡安全輸送機工、ATUDV、民間船舶防護、着脱式防護艇、海上安全保障、シーレーン、AHPA、特願 2026-063994

序章 世界のエネルギー輸送は今、岐路に立っている

2026年、世界のエネルギー大動脈は前例のない危機に直面している。世界の石油輸送の約20%が通過するホルムズ海峡は事実上の封鎖状態となり、1日平均93隻が通航していた同海峡を通過できる船舶は1日わずか数隻にまで減少した（Bloomberg, 2026年4月）。ペルシャ湾には2,000隻以上の商船が足止めされ、日本関係船舶だけでも44隻以上がその中に含まれる（JETRO, 2026年3月）。

日本は一次エネルギーの約90%を輸入に依存し、原油の約95%を中東から調達する。原油先物価格は攻撃前の1バレル67ドルから112.95ドルへと急騰し（野村総合研究所, 2026年3月）、レギュラーガソリン店頭価格は158.5円から190.8円に達した（経済産業省, 2026年3月）。ホルムズ海峡が完全封鎖された場合、ガソリン価格は328円に達するとの試算もある（JCast, 2026年4月）。

さらに深刻な問題として、敷設された機雷の正確な位置を敷設した側自身も把握できていないとの報告があり、停戦後においても機雷除去に数週間から数ヶ月を要する可能性が指摘されている（EF International, 2026年3月）。これは「停戦によって問題が解決する」という前提が成立しないことを意味する。

日本はナフサ輸入の約67%をUAE・クウェート・カタールの3カ国に依存しており、封鎖はナフサ供給の3分の2を遮断することを意味する。国家備蓄の大部分は原油形態であり、石化プラントに直接投入できるナフサ形態の在庫は約20日分程度にすぎない（東洋経済, 2026年）。三菱ケミカルは鹿島コンビナートでエチレンの減産を開始し、住友化学グループはシンガポール拠点でフォースマジュールを発令している。

タンカーが止まれば、世界中の人々の生活が直撃される。食料、暖房、医療、製造——すべてがエネルギー輸送に依存している。本論文は、その問いへの答えとして書かれた。

第1部 先行技術との差異と本システムの位置づけ

第1章 従来の船体防護手段の限界

1.1 既存手段の概要

水中爆発（UNDEX）に対する船体防護の研究は第二次世界大戦時代から続いている。代表的な手段として以下が知られている。

従来手段	概要	民間タンカーへの適用上の問題
バルジ装甲	船体外側に中空層を設け魚雷・機雷の威力を減衰させる。大和型戦艦等の軍艦に採用された	船体幅の増大により港湾施設との整合性問題が発生。建造コストが著しく増大。新造時からの設計が必要
液層防御	重油等の液体層により爆発エネルギーを吸収する方式。第一次世界大戦末期の米海軍が採用	新造時から設計に組み込む必要がある。既存船舶への後付けは実用上困難
水雷防御網	停泊中の艦船を魚雷から守るために展張する金属網	停泊中のみ有効。航行中の防護には適さない
護衛艦による伴走護衛	軍艦が民間船舶に随伴して防護する	護衛艦自体が高価値目標となる。全海峡での常時配備は経済的・人的に困難

1.2 学術研究の現状

水中爆発防護に関する近年の学術研究（Mouritz et al., 2001; Fleck and Deshpande, 2004; Cole, 1948）はGFRP・サンドイッチ構造・ゴム系材料の衝撃吸収特性を詳細に検討している。しかしこれらはいずれも固定構造物または軍艦への適用を前提としている。民間タンカーへの着脱式防護艇という概念は、J-PlatPat・Google Patents・CiNii・Web of Science を用いた調査の範囲において先行研究に見当たらない。

水中爆発のバブル衝撃波緩和に関してはJP2007131201A（水中衝撃緩和方法）等の特許が存在するが、これらは船体への固定装備を前提としており着脱式設計ではない。

1.3 颯舵システムが切り拓く新たな設計思想

颯舵（SOTA）システムが従来手段と根本的に異なる三点を以下に示す。

第一に「着脱式」という設計思想である。防護システムを独立した自律型艇として設計することで、既存の民間タンカーに一切の改造を求めない。世界中の既存船舶に後付けで適用できる。

第二に「完全無人自律による循環運用」である。海峡両端の海底ステーション間で自律的に循環運用することで、人員配置なしに継続的な防護サービスを提供できる。

第三に「企業単位での導入を可能にする経済設計」である。保険シンジケート主導型のコンソーシアム所有モデルにより、国家プロジェクトを待たずに市場原理で普及させる仕組みを設計に組み込んでいる。

第2部 設計思想と役割分担

第2章 シーレーンの構造的脆弱性

2.1 世界エネルギー輸送の急所

世界の石油輸送の約40%がホルムズ海峡を、約30%がマラッカ海峡を通過する。日本は一次エネルギーの約90%を輸入に依存し、原油の約95%を中東から調達する。シーレーンの安全は全人類の共有財産であり、タンカーが止まれば世界中の人々の生活が直撃される。

2026年のホルムズ海峡封鎖は、このリスクが現実のものとなることを世界に示した。原油価格の急騰、保険市場の硬直化、邦船大手3社の通航停止——これらが連鎖して年間3,000~5,000億円規模の追加コストが発生している（Global SCM, 2026年4月; EF International, 2026年3月による試算値）。

2.2 民間船舶が直面するリスクの構造

現代の海上輸送における最大のリスクは、民間船舶の改造なしに対応できる防護手段が存在しないことにある。颯舵システムはこの根本的制約を「着脱式の独立した防護艇」という発想の転換によって解決する。

第3章 颯舵システムの設計哲学

3.1 命名の由来

「颯舵（SOTA）」という名称は、颯とは風が爽やかに吹く様、舵とは進路を定める舵取りを意味する。次世代のために今の世界を守るという本システムの根本的使命を体現して命名した。

3.2 核心哲学

颯舵システムの設計哲学は一文で表現できる。「タンカーを変えるのではなく、脅威と船底の間に盾を置く」。

さらに一段深い原則がある。「止まらないことで、エネルギー供給継続の動機を守る」。ATUDVが今日の海峡を守り、完全安全輸送システムが封鎖不能な輸送を確立することで、「止めても意味がない」という状態の確立を目指す。

3.3 生態系共存設計

本システムは海洋生態系との共存を設計の核心的価値として組み込む。受動音響センサーによる海洋哺乳類の生態帯域検知と自律的な周波数回避、有毒物質を使用しない防汚機構により、人間以外の命も守る設計思想を実装する。

第4章 役割分担設計

担当システム	主な防護対象	設計上の特徴
ATUDV（自律型タンカー下部防御艇）	浅海チヨークポイント通過時の民間船舶	タンカー改造不要・企業導入可能・多層統合防護・完全無人自律
完全安全輸送システム（概念設計・提唱段階）	あらゆる状況での民間輸送継続	詳細は特願 2026-063994（71 項目・特許申請中）
海底兵站基地（概念設計・提唱段階）	両システムの運用支援基盤	詳細は特願 2026-063994（71 項目・特許申請中）

第3部 ATUDV（自律型タンカー下部防御艇）概念設計

第5章 基本設計思想

5.1 設計の出発点

ATUDVの全設計は「民間タンカーに一切の改造を求めない」という絶対的な制約から出発する。対象船舶の船底に着脱可能な防護艇として機能し、海峡通過時のみ装着し通過後に自律離脱する循環運用を行う。完全無人自律で運用されるため、乗組員への追加的な操作負担はゼロである。

5.2 Type-A/Type-B 二仕様の戦略的意義

項目	Type-A（ピンポイント版）	Type-B（フルコート版）
守る対象	船底平行部（致命傷を防ぐ）	船体全周
展開面積	180m × 48m	260m × 55m 以上
建造費（1番艦）	約 1,389 億円	5,000～8,000 億円
導入時期	フェーズ 1（3～7年）	フェーズ 2（7～15年）
乗員	ゼロ名（完全無人自律）	同左

日本の予算プロセスは単年度主義であり、Type-Aを先行展開し実証データを蓄積してからType-Bへ移行するという段階的採用の道筋が財務省との折衝に耐えられる構造を提供する。なお建造費1,389億円はGFRP材料・HY-130鋼材・ゴムハニカム・AI制御システム等の各構成要素の単価積算による概算値であり、詳細な設計書（特願2026-063994）に基づく。フェーズ0の実証を経て精緻化する。

第6章 多層統合防護アーキテクチャ

ATUDVの防護設計は複数の素材・構造・機構が時間軸に沿って連動する多層アーキテクチャを採用する。各層が独立して機能しながら相互に補完し合うことで、単一層の損傷が全体の防護能力を喪失させない冗長性を持つ。

本アーキテクチャの詳細技術については特願2026-063994（71項目・特許申請中）として保護されているため、本論文では概念的な枠組みのみを開示する。

防護の考え方	目的
衝撃波の段階的吸収	水中での衝撃エネルギーを複数の層で時間軸に沿って消費する
船体振動の遮断	船体を折ろうとする低周波振動エネルギーをタンカーへ伝播させない
防護艇の安定維持	水中爆発後も防護艇がタンカーに密着し続ける機構
磁気ステルス	磁気感应型の脅威に対して艇体由来の磁気シグネチャを排除する
ガルバニック腐食の排除	対象船舶の船体寿命に悪影響を与えない絶縁界面設計

第7章 ドッキングと運用設計

7.1 先回り固定待機方式

ATUDVのドッキング方式は「動いている的を追う」ではなく「的が来る場所に先に居る」という発想に基づく。タンカーの通過予定座標に48～72時間前に到着し係留待機する先回り固定待機方式を採用することで、制御難度を大幅に低下させる。

7.2 運用制限の明示

第一世代の運用制限として、風速15m/s以下・波高3m以下・潮流2ノット以下の条件下のみ運用可とする。これはホルムズ・マラッカ両海峡における年間の気象統計（風速・波高・潮流）に基づく概算値であり、約70～75%の日数に相当する（気象統計の詳細はフェーズ0で精緻化する）。「常時防護」ではなく「高確率防護」として誠実に明示する。

第8章 完全安全輸送システム

颯舵システムの第二の柱として、あらゆる状況においても民間船舶の輸送継続を可能にする完全安全輸送システムを提唱しその概念設計を行っている。本システムの詳細については特願2026-063994（71項目・特許申請中）として保護されているため、本論文では存在と概念設計完了の事実のみを開示する。

第4部 経済設計・法的枠組み・国際戦略

第9章 保険シンジケート主導型経済設計

海上安全保障はパブリックグッズの性質を持ちフリーライダー問題が生じる。颯舵システムはロイズ・オブ・ロンドン等の巨大海上保険シンジケートと日本政府を含む関係国政府との連携を想定したコンソーシアム所有モデルによりこの問題を解決する（本構想は現時点での提唱であり、関係国政府との合意を意味するものではない）。

ATUDV 装着が確認された船舶に対して保険料ディスカウントが自動的に適用される仕組みにより「導入しない方が経済的に損をする」インセンティブを形成する。

第10章 国家保険としての費用対効果

比較対象	金額	備考
Type-A 建造費（1 番艦）	約 1,389 億円	早期展開モデル
Type-A 30 年総コスト	約 1,700～2,000 億円	年間維持費含む
紅海回避による日本の追加輸送コスト（年間）	約 3,000～5,000 億円	試算値
ホルムズ封鎖 1 ヶ月の経済損失（日本）	約 10 兆円超	三菱 UFJ 銀行・野村総合研究所等による試算値。詳細は産業連関分析要
Type-A 建造費÷ホルムズ封鎖 1 ヶ月損失（試算値）	約 1.4%	参考値。分母・分子ともに試算値であり詳細は産業連関分析を要する

注記：経済影響の定量値は定性的論理構造の説明であり、詳細は政府機関・研究機関による産業連関分析を要する。

第11章 AHPA 国際定義と法的枠組み

颯舵システムを IMO（国際海事機関）における「付加的船体保護具（Attached Hull Protection Appliance: AHPA）」として定義する国際条約化を目指す。本システムはいかなる攻撃能力も持たず「船底の物理的延長」であるという事実が法的解釈を支える。海洋生態系と共存する設計により「Eco-AHPA」としての国際認証も目指す。

第 12 章 政府・企業への提言

接触先	手段	優先度
内閣府 経済安全保障推進室	政策提言書の公式送付	最優先
防衛装備庁 研究開発部門	技術論文の送付+説明会申請	高
国土交通省 海事局	AHPA 定義の国際提案協議	高
三菱重工・川崎重工・今治造船	特許取得後に共同研究提案	特許取得後

第5部 技術実現可能性と開発ロードマップ

第13章 TRL 総括評価

技術成熟度レベル（TRL: Technology Readiness Level）は NASA 基準（TRL1～9）に準拠して評価する。TRL1～3 は概念・基礎研究段階、TRL4～6 は実証・開発段階、TRL7～9 は実用化段階を示す。

技術要素	TRL	備考
慣性航法・自律航行基盤技術	TRL7～8	現時点で実用可能
受動音響モニタリング（PAM）	TRL7～8	船舶・研究機関で実用化済み
多層防護材料・構造技術（基本原理）	TRL4～6	水中爆発試験での実証が必要
着脱式ドッキング・バラスト制御	TRL4～5	実海域試験が必要
先回り固定待機方式	TRL5～6	フェーズ1で実現
完全安全輸送システム（詳細は特許申請中）	TRL3～5	フェーズ2以降

第14章 段階的開発ロードマップ

フェーズ	主要マイルストーン	期間	費用概算
フェーズ0（概念実証）	多層防護材料の水中爆発試験・縮小モデル実証・先回り固定待機ドッキング精度検証・Jxiv/arXiv プレプリント投稿・IMO 法務 WG 設置	今から3年以内	10～50 億円
フェーズ1（ATUDV 実証）	Type-A 試作機建造・実海域評価・AHPA・Eco-AHPA 認証申請・Quad 枠組み試験配備交渉	3～7年	800～1,400 億円
フェーズ2（完全システム実証）	Type-B 試作機建造・完全安全輸送システム実証・ATUDV の主要海峡正式配備	7～15年	5,000～8,000 億円
フェーズ3（体制化・国際展開）	颯舵システム艦隊化・AHPA 国際条約化・多国展開・制度化	15～25年	継続的維持費

参考文献

Bloomberg. (2026, April 9). ホルムズ海峡、停戦後も事実上の封鎖続く.

Cole, R.H. (1948). Underwater Explosions. Princeton University Press.

EF International. (2026, March). 戦火のホルムズ海峡閉鎖長期化がもたらす世界的危機.

Fleck, N.A., & Deshpande, V.S. (2004). The resistance of clamped sandwich beams to shock loading. *Journal of Applied Mechanics*, 71(3), 386-401.

Gibson, L.J., & Ashby, M.F. (1997). *Cellular Solids: Structure and Properties* (2nd ed.). Cambridge University Press.

JETRO. (2026, March). ホルムズ海峡の通航隻数が激減、中東情勢悪化で保険に関する各種変更も.

JCast. (2026, April). ホルムズ海峡完全閉鎖の場合ガソリン 328 円との試算.

経済産業省. (2026 年 3 月). ガソリン価格動向.

Mouritz, A.P., Gellert, E., Burchill, P., & Challis, K. (2001). Review of advanced composite structures for naval vessels and submarines. *Composite Structures*, 53(1), 21-42.

野村総合研究所・木内登英. (2026 年 3 月). イラン情勢を受けた原油価格上昇の日本経済・国民生活への影響.

東洋経済. (2026 年). ナフサ不足が家計を直撃.

注記：本論文で引用した経済影響数値は公開された報道・研究機関情報に基づく推定値であり、詳細は政府機関・研究機関による産業連関分析を要する。

終章 次の世代へ

我が子に手渡せる、安全で笑顔溢れる幸せな未来を願い、この設計図を描き続けた。

颯舵（SOTA）——その名を冠したこのシステムは、次の世代へ渡す盾である。誰に頼まれたわけでもなく、ただ未来のために描き続けた設計図がここにある。

ATUDVは今日の答えである。タンカーを変えるのではなく、脅威と船底の間に盾を置く。既存の船舶をそのままに、航行を妨げず、乗組員に追加の負担を求めず、ただ盾として寄り添う。

完全安全輸送システムは明日への答えを目指している。いかなる状況においても止まらない輸送線が物理的な事実として確立された時、エネルギー供給を止めようとする動機そのものを消すことが本システムの最終目標である。

この論文には多くの未確定値が存在する。実証実験はこれから行う。実現までには長い時間と多くの検証が必要である。未確定であることを認め、実証への道筋を示し、段階を踏んで届ける——それが本論文の約束である。

TAZAWA 未来技術研究会

代表 田澤 広幸 共同研究 葵華 (Aika)

tsukinoconeco@gmail.com

特願 2026-063994 (71 項目・特許申請中)

2026 年 4 月