

防衛装備庁 技術シンポジウム2019

発表要旨

開催日:令和元年11月12日(火)・13日(水)

場 所:ホテルグランドヒル市ヶ谷 東館

目 次

○オーラルセッション

1 研究開発ビジョン 多次元統合防衛力の実現とその先へ	・・・	3
2 電子装備研究所が取り組む宇宙領域における研究の現状と今後	・・・	4
3 電子装備研究所におけるサイバーセキュリティの研究	・・・	5
4 水平線を超えた広域監視 見通し外レーダーの研究状況	・・・	6
5 ドローン・UAS 対処にも適用可能な高出力マイクロ波技術の研究	・・・	7
6 サプライチェーンの維持・強化について	・・・	8
7 防衛装備・技術協力に関する最近の動きについて	・・・	9
8 防衛装備庁における情報セキュリティ基準の改正に係る取組	・・・	10
9 島嶼防衛用高速滑空弾の現状と今後の展望	・・・	11
10 極超音速飛行を可能とするスクラムジェットエンジンの研究	・・・	12
11 過酷な災害派遣現場でも活用可能な高機動パワードスーツの研究状況	・・・	13
12 モジュール型水中無人機の現状と展望および岩国サテライトにおける試験 評価体制について	・・・	14
13 我が国の装甲車開発を踏まえた次世代水陸両用技術の成果と今後の展望	・・・	15
14 次世代水陸両用車の研究開発を効率化する車両用シミュレータ	・・・	16
15 新たな空対空ミサイルに係る日英共同研究	・・・	17
16 新生「先進技術推進センター」が目指す橋渡し研究と今後の連携のあり方	・・・	18

○ポスターセッション

1	ローテティング・デトネーションエンジンの研究	・・・	19
2	分散型防空プラットフォームの研究について	・・・	20
3	水上艦船に装備する防弾ガラスについて	・・・	21
4	水上艦船における滞洋能力の向上について	・・・	22
5	艦船設計への人工知能（A I）導入の試み（消磁装置ぎ装設計）	・・・	23
6	長期運用型UUV用燃料電池発電システムについて	・・・	24
7	水中音響通信ネットワーク	・・・	25
8	岩国海洋環境試験評価サテライト（仮称）の整備について	・・・	26
9	連続波アクティブソナーの研究	・・・	27
10	装輪155mmりゅう弾砲（19式装輪自走155mmりゅう弾砲）の開発	・・・	28
11	先進対艦・対地弾頭技術の研究	・・・	29
12	ハイブリッド動力システムの研究	・・・	30
13	CBRN対応遠隔操縦作業車両システムの環境認識向上技術の研究	・・・	31
14	将来軽量橋梁構成要素の研究試作	・・・	32
15	次世代水陸両用車の研究開発を効率化する車両用シミュレータ	・・・	33
16	航空医学実験隊における空間識訓練への取り組み	・・・	34
17	仮想現実環境を用いた模擬訓練遂行時の脳波（事象関連電位）計測	・・・	35
18	合成開口レーダ画像からの目標類別	・・・	36
19	サイバーセキュリティ技術の研究	・・・	37
20	高機動パワードスーツの研究	・・・	38
21	過酷環境における認知的負担の推定に関する研究	・・・	39
22	化学剤呈色反応識別装置	・・・	40
23	CBRN脅威対処への取り組み	・・・	41

研究開発ビジョン 多次元統合防衛力の実現とその先へ

片山泰介*

1. 概要

令和元年8月に防衛省は「研究開発ビジョン 多次元統合防衛力の実現とその先へ」を公表した。研究開発ビジョンは、将来の統合運用にとって重要となりうる技術等について、戦略的な視点から中長期的な研究開発の方向性を示す文書である。

2. はじめに

平成31年度以降に係る防衛計画の大綱では、優先事項である「技術基盤の強化」に関し、「新たな領域に関する技術や、人工知能等のゲーム・チェンジャーとなり得る最先端技術を始めとする重要技術に対して、選択と集中による重点的な投資を行うとともに、研究開発のプロセスの合理化等により研究開発期間の大幅な短縮を図る」としている。

これを達成するには、今後の我が国の防衛に必要な能力、各自衛隊が計画する将来構想といった運用ニーズの理解を通じ、政策的方向性を踏まえて技術シーズと運用ニーズの一致を図りつつ、真に実効的な防衛力ー多次元統合防衛力の実現とその先へ向けて、最先端技術の早期獲得に取り組んでいく必要がある。以上の背景を踏まえ、「電磁波領域」、「宇宙を含む広域常続型警戒監視」及び「サイバー防衛」といった新たな領域における能力の獲得・強化や「水中防衛」及び「スタンド・オフ防衛能力」といった従来の領域における能力の強化につながるテーマを選定し、研究開発ビジョンを策定した。

3. 全体像

本研究開発ビジョンは、複数のテーマにわたることから、各テーマの取組を詳述する前に、将来の技術成果の適用イメージ図を示した(図1)。

また、本研究開発ビジョンにおける基本的な考えとして、先進的な研究を中長期的な視点に基づいて体系的に行うため、①政策的方向性を踏まえた技術シーズと運用ニーズの一致(図2)、②先進技術を活用した効率的な研究開発、③迅速な研究開発の実施の3点を掲げた。

4. 各テーマの取組

電磁波領域: 電磁波を活用したミサイル対処等の高度な電磁波領域の活動を実現するために必要な技術に取り組む。自らの電磁波の利用を確保しつつ相手の利用を阻害し、電磁波領域における優越の確保を目指す。

宇宙を含む広域常続型警戒監視: 宇宙を含む

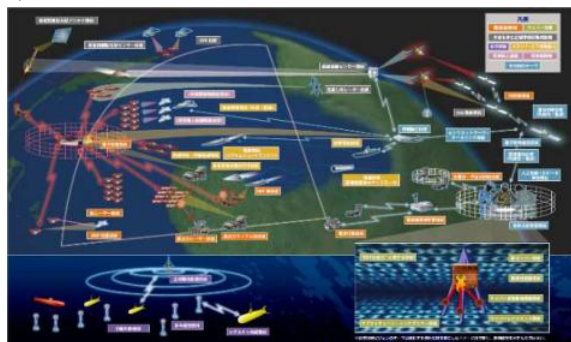


図1 本研究開発ビジョンが描く将来の技術成果の適用イメージ図

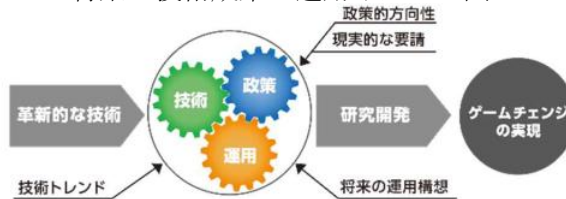


図2 政策的方向性を踏まえた技術シーズと運用ニーズの一致 (イメージ図)

広域警戒監視に必要な電波及び光波センサー技術に取り組む。衛星や無人機等の無人プラットフォームの活用を考え、広域における常続的な警戒監視の実現を目指す。

サイバー防衛: サイバー攻撃による被害を防止する未然防止対策と、サイバー攻撃発生後に運用可能な状態に回復する運用継続対策の両立に必要な技術に取り組む。

水中防衛: 水中における各種活動を効率的に実施するために必要となる無人化技術に取り組む。水中無人機(UUV)を中心に、多数の無人機の有機的な協調を実現し、水中防衛の自律的な遂行の実現を目指す。

スタンド・オフ防衛能力: 脅威圏外からの高脅威目標に対処し得る極超音速のスタンド・オフ火力を実現するために必要となる技術に取り組む。脅威圏外からの対処と高い残存性を両立する極超音速誘導弾及び滑空型飛しょう体の実現を目指す。

5. おわりに

今後、本研究開発ビジョンを踏まえた事業の推進においては、防衛省内の議論の継続に加え、企業等からの積極的な提案により、研究開発期間の大幅な短縮を図る。なお、本研究開発ビジョンは、我が国を取り巻く安全保障環境の変化や、科学技術の進展が著しく早いことを念頭に置くとともに、政策的方向性、運用ニーズ、技術動向の変化等を考慮し、適宜適切に見直しを図ることとする。

*防衛装備庁技術戦略部技術計画官

電子装備研究所が取り組む宇宙領域における研究の現状と今後

○岩佐まもる*1、高橋進介*1、山崎弘祥*1

1. 概要

安全保障に係る宇宙領域の利用としては、警戒監視・情報収集のための画像・電波収集衛星や早期警戒衛星、遠距離に所在する部隊との通信のための通信衛星、各種ビークルの正確な位置把握のための測位衛星等があるが、主要国では軍が宇宙空間において積極的に関与し、衛星の能力向上や各種衛星打上げといった、自国の軍事的優位性を確保するための能力を急速に開発している。そのような状況において、防衛装備庁では本年8月に公表した研究開発ビジョンの中で、宇宙を含めた新たな領域における能力の獲得・強化につながる取組みを示したところである。電子装備研究所においては、研究開発ビジョンの一つである「宇宙を含む広域常続型警戒監視」の取組の一環として、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(以下、「JAXA」という。)と協力のもと、衛星搭載型2波長赤外線センサの研究を実施している。本研究は、宇宙から赤外線画像データの収集を行い、弾道ミサイルの発射の探知や情報収集・警戒監視機能への赤外線センサの活用可能性について研究を行うため、電子装備研究所において研究試作した2波長赤外線センサを、JAXAが開発を進めている低軌道周回衛星である先進光学衛星に実験的に相乗り搭載し、宇宙空間での赤外線センサの実証研究を行うものである。本発表では本研究の内容を紹介するとともに今後についても述べる。

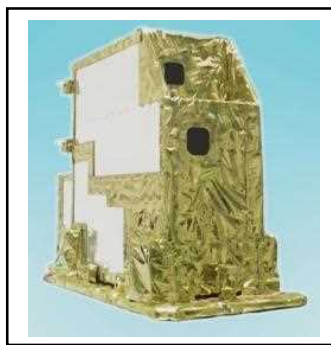


図1 衛星搭載型2波長赤外線センサ外観

2. 衛星搭載型2波長赤外線センサ

2波長赤外線センサは、2つの波長域を同時に検知することができる探知・識別能力に優れたセンサである。このセンサを衛星搭載型として研究

試作し、2020年度(令和2年度)に先進光学衛星に搭載して宇宙へ打上げ、その後約5年間、宇宙空間において地表付近から放出される赤外線の観測を行う計画である。

図1に衛星搭載型2波長赤外線センサの外観を示す。量子ドット型赤外線検知素子である2波長 QDIP (Quantum Dot Infrared Photodetector (量子ドット型赤外線検知素子)の略。)センサは、遠赤外域と中赤外域を1つのセンサで検出することが可能であり、2つの赤外線波長域の特性の違いを利用した高い識別能力が期待される。また、宇宙用として実績のある赤外線センサである MCT (Mercury Cadmium Telluride (水銀カドミウムテルル合金)の略。)センサを併せて搭載しており、初の宇宙実証である2波長 QDIP センサとの比較・評価に用いる。

図2に衛星搭載型2波長赤外線センサの観測イメージを示す。熱を検知する衛星搭載型2波長赤外線センサは、昼夜を問わず地表や雲からの赤外線に加え、火山や山火事等の様々な熱源からの赤外線を観測することができる¹⁾。

このように、2波長赤外線センサの宇宙空間での実証・評価を行うとともに、目標及び背景の広範な観測データを様々な条件下で取得・蓄積し、2波長融合処理によるクラッタ低減を含めた目標の検出・識別アルゴリズムや画像解析技術の研究を行う計画である。

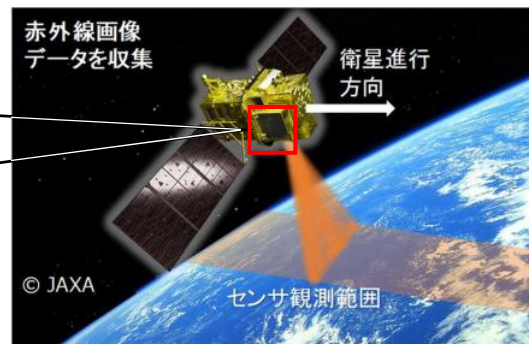


図2 衛星搭載型2波長赤外線センサの観測イメージ

参考文献

- 1) 高橋進介、“衛星搭載型2波長赤外線センサに関する研究—宇宙実証に向けた検討—”, 日本赤外線学会、Vol.29 No.1、P.24-28、2019.8

*1 電子装備研究所センサ研究部広域警戒システム研究室

電子装備研究所におけるサイバーセキュリティの研究

○手島哲郎*、青山貴彦*、惣島雅樹*、中村武憲*、奥本有樹*、増田裕貴*、石丸光宏*、小森旭*、
亀田健一*、田平親*

1. 背景及び目的

防衛省・自衛隊のシステム及びネットワークは、効果的な指揮統制及び情報共有を支える基盤であり、仮にサイバー攻撃等が発生した場合でも、運用継続に必要なシステムの機能維持と、被害拡大の防止を両立させることが求められる。

そのためには、人的対処及びシステムによる自動対処の両面からの対策が必要であり、サイバー攻撃に対する隊員の判断対処の練度向上と、サイバー攻撃発生後にシステムが運用可能な状態に回復する能力の向上が不可欠である。

電子装備研究所ではそのような背景と、防衛省・自衛隊のシステム・ネットワークの特性を踏まえ、研究開発の方向性を整理し、研究に取り組んでいる。本発表では、サイバーセキュリティの研究に係る全体的な考え方について説明すると共に、これまでの主要な研究成果と、現在及び今後の研究の取組について概要を紹介する。

2. サイバー演習環境構築技術の研究

「サイバー攻撃に対する隊員の判断対処の練度向上」に資するため、平成25年度から29年度にかけて基地等で高速なネットワークを用いて固定的に使用されている固定系システムを対象としたサイバー演習環境構築技術の研究を実施した。

効果的なサイバー演習を実施するためには、実際に業務で使用しているシステムと同等な環境において、隊員のスキルに応じた柔軟な演習シナリオ等を実現する必要がある。当該研究においては、実際の指揮システムを模擬した環境上で様々なサイバー攻撃の状況を付与し、演習が行える環境を実現した。(図1)

平成30年度からは、固定系と比較して低速な無線ネットワークで構成され、野外で運用する移動系システムを対象とした移動系サイバー演習環境構築技術の研究を実施している。通信速度等に制約のある環境で、サイバー攻撃状況の再現、制御や情報収集等を実現するための技術を研究している。

3. サイバーレジリエンス技術の研究

「サイバー攻撃等の発生後に運用可能な状態

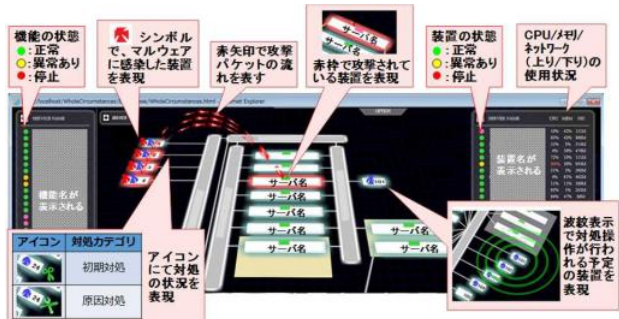


図1 サイバー演習環境構築技術の研究

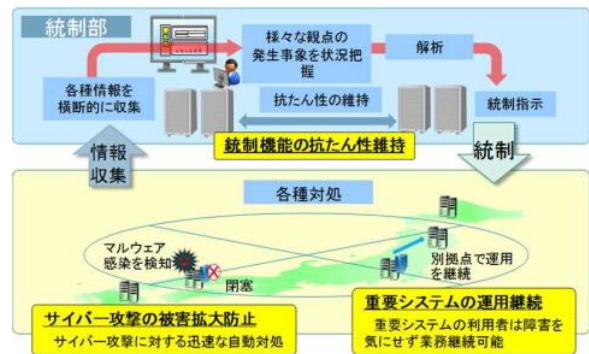


図2 サイバーレジリエンス技術の研究

に回復する能力の構築」に資するため、平成26年度から28年度にかけて、ネットワークサイバー攻撃対処技術の研究を実施した。一元的に通信の管理・統制を行うことで、サイバー攻撃や障害の発生時に、重要通信の経路確保と被害拡大防止の両立を実現した。

その成果を踏まえ、平成29年度からはサイバーレジリエンス技術の研究を実施している。サイバー攻撃等の発生時に、システム及びネットワーク上の各種情報を横断的に収集し解析を行う統制機能により迅速な自動対処を行い、マルウェア等の感染拡大防止及び重要システムの運用継続を実現するサイバーレジリエンス技術を研究している。(図2)

4. まとめ

情報通信技術の進展に対応し、守るべきシステム・ネットワークの変化に適合したサイバーセキュリティの研究を行うことで、サイバー攻撃対処能力の向上に寄与していく。

*電子装備研究所情報通信研究部 サイバーセキュリティ研究室

水平線を越えた広域監視 見通し外レーダーの研究状況

○山崎弘祥*1、入江寿憲*1、櫻井宗晃*1、中濱大晶*2、高熊亨*3、兼田泰志*1

1. 目的

防衛装備庁では令和元年8月に公表した研究開発ビジョンにおいて、水平線の外に存在する艦船や航空機目標を早期に探知できる見通し外レーダーを、広域常続型警戒監視の実現に必要な技術として位置付けている。電子装備研究所ではその技術の実現に向けて、広域な海空域を監視するための見通し外レーダーシステムを試作し、屋外のレーダー運用実環境において探知試験を実施しており、当該レーダー方式の実現可能性が確認できたので、本研究状況について紹介する。

2. 概要

一般のレーダーで用いられるマイクロ波帯よりも周波数の低い短波帯の電波は、海表面を地球湾曲に沿って伝搬する特性が強く、見通し外領域まで電波が届くため、短波帯を用いたレーダーは従来のレーダーでは探知できない遠方の水上船舶や低高度で侵入してくる航空機等を常時警戒監視することが可能となるアセットとして期待されている。図1に本研究で用いた見通し外レーダーシステムの外観を示す。なお、短波帯表面波は海面では効率よく伝搬するものの、地面の上では減衰が大きいので、海岸付近に設置する方が良好な探知性能を確保しやすい。

短波帯は従来のマイクロ波帯と比較して海洋の波や上空の電離層に大きく影響を受ける周波数帯である。図1に示す装置で取得した目標信号を



図1 見通し外レーダーシステム外観

含むレーダー目標検出処理前の受信データ(レンジドップラマップ)を図2に示す。波浪等の環境に起因するブラッグ散乱等の短波帯特有の不要信号が非常に強く観測されており、短波帯を利用した警戒監視レーダーの実現には、これらの抑圧処理技術の適用が必須となる。

さらに、短波帯においては波長に対する目標の大きさが探知性能に大きく依存するため、目標の大きさに適した送信波長を選択する必要がある。そのため、大型民間フェリー、護衛艦、海上保安庁の巡視船、旅客機、哨戒機等、様々な大きさの目標を用いてデータを取得し、探知距離や距離・方位精度について評価を実施している。なお、いずれの目標に対しても、見通し外で目標の探知に成功しており、見通し外レーダーの実現可能性を確認できた。

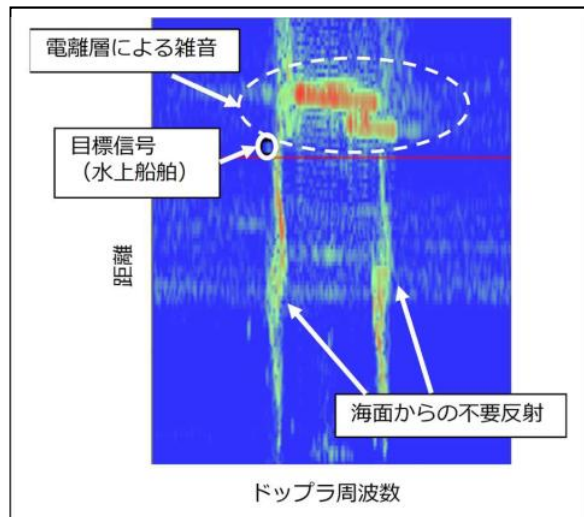


図2 各種雑音を含むレーダー受信信号

3. まとめ

短波帯の表面波伝搬を用いるレーダー方式を用いて、見通し外に存在する水上船舶や航空機目標の探知・追尾の実証試験を行った。今後、人工知能を適用した不要信号抑圧処理や AIS (Automatic Identification System: 自動船舶識別装置) 情報の活用により MDA (Maritime Domain Awareness: 海洋状況把握) を含めた広域常続型警戒監視能力の向上に向けて引き続き研究を実施していく計画である。

*1電子装備研究所センサ研究部 広域警戒システム研究室、 *2プロジェクト管理部事業計画官付、

*3電子装備研究所センサ研究部 レーダ研究室

ドローン・UAS 対処にも適用可能な高出力マイクロ波技術の研究

谷口大揮*1、高萩和宏*2、吉積義隆*2、北川真也*2、○西岡俊治*2

1. 背景

同時に多数のミサイルが飛来した場合、従来装備だけでは対処しきれない可能性が高くなる。また、近年、性能向上が著しいドローンによる攻撃が現実のものとなっているが、ミサイルに比べて格段に安価なドローンが群れをなして襲来する脅威も予測される。ドローンは出現予測が難しく、発見した時点でかなり接近し、対処時間にゆとりがない可能性がある。このような同時多数による攻撃（飽和攻撃）への対処方法を、早急に準備しておく必要に迫られている。

そこで、高出力マイクロ波を照射して脅威対象を無力化させる方法の開発が期待されている。高出力マイクロ波は、○対象へ光速で到達。○ビーム幅があり命中率が高い。○瞬時に効果が現れる。○アクティブ・フェーズドアレイ方式を用いることで照射方向を電子的に高速走査させることが可能。等の優位性を有し、飽和攻撃に対して効率的な対処が可能と考えられる。また、弾数の制約がなく、低コストという利点を有している。(図)

2. 目的

ミサイルやドローン・UAS(Unmanned Aerial System: 無人航空機システム)の飽和攻撃に対処可能な防御システムをプラットフォーム搭載可能な装置規模で実現するため、高出力・高効率な増幅素子の研究開発、システム実証及び妨害効果の計測評価等を進め、高出力マイクロ波による近接防空技術を確立する。

3. 研究状況

平成26年度から、マイクロ波評価装置の研究試作(以下、「本研試品」という。)を実施し、平成31年3月末に納入した。この装置は、増幅素子としてTWT(Traveling Wave Tube: 進行波管)を採用しており、これはアクティブ・フェーズドアレイ方式の高出力マイクロ波装置を実現するために現状で最も有効な方式である。

本年度、電波暗室内で本研試品の出力、ビームパターンを計測し性能を確認した他、市販のドローンに照射して動作不良を生じさせ落下させた。使用したドローンは無線操縦式のもので、同じ条件で試験を行っても、動作不良の内容として通信途絶、電源遮断、制御不良の3種類のパターンが現れた。本研試品により、小型高出力 TWT が実現し、設計どおりのビーム形成、出力、高速ビーム走査等の原理実証がなされた。

令和2年度には、電波暗室内において照射対象を変え、高出力マイクロ波を照射する実験を計画しており、現在、本研試品の整備及び対象の準備を行っているところである。

4. 今後の計画・展望

今後は、早期の装備化に向け、出力の向上と装置規模の小型化のため、さらなる検討を進める。具体的には、① 半導体素子の高出力化の検討を実施し、装置規模の小型化を図る。② 妨害効果の照射実験を継続し、データベースの充実を図る等が必要であり、事業計画を確定する。

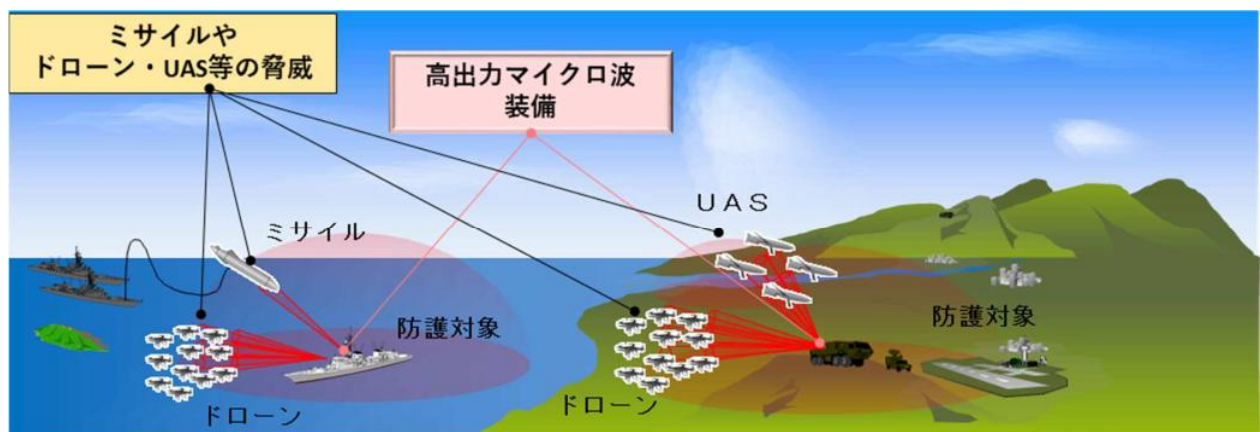


図 運用構想図

*1 整備計画局防衛計画課

*2 電子装備研究所電子対処研究部センサ妨害研究室

サプライチェーンの維持・強化について

弓削州司*

1. 背景

新たな防衛大綱・中期防において、装備品の生産・運用・維持整備にとって不可欠である我が国の防衛産業基盤を強靱化するため、サプライチェーンを強化することとされている。装備品に係るサプライチェーンは、我が国の産業基盤を支える骨幹であることから、その維持・強化にしっかりと取り組んでいく必要がある。

2. 我が国の防衛産業基盤の特性と現状

(1) 防衛装備庁の基本方針

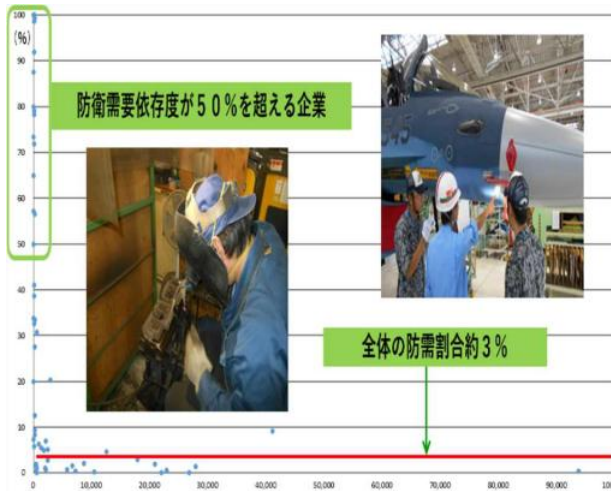
防衛装備庁は「防衛産業基盤の強化」を基本方針の一つとしており、新たな防衛大綱・中期防の下で「産業基盤の強靱化」に取り組むこととしている。

(2) 我が国防衛産業の意義

我が国の防衛産業基盤は、その多くを国内の民間企業が担っている。防衛産業基盤の維持・強化は、安全保障の主体性確保、抑止力向上への寄与及びバーゲニングパワーの維持・向上という意義を有している。

(3) 防衛関連企業の防衛需要依存率

依存率は平均3%、その一方で依存率が50%以上の比較的小規模な企業も存在。



(4) 輸入比率・FMS 予算額の推移

近年、物件費に占める輸入比率は上昇傾向にあり、FMS の予算額も増加傾向にある。

(5) 諸外国との比較における我が国の防衛産業

我が国の防衛関連企業は欧米の企業と比較して防衛部門の売上、防衛依存度が低い。

3. 産業基盤の強靱化

(1) 我が国の防衛産業基盤の強靱化を図るため、競争環境に乏しい我が国の防衛産業に競争原理を導入し、民生分野の知見及び技術を取り入れ、装備品に係るサプライチェーンを強化するなど政府として主体的な取組を推進

(2) サプライチェーンの強化に資する今後の施策

ア 輸入装備品等の維持整備事業等への国内企業の参画に関する諸外国調査

イ 産業基盤の強靱化に向けた企業支援策の検討

ウ サプライチェーン調査の深化

エ 革新的な技術、中小企業等の技術力の発掘・活用

*防衛装備庁装備政策部 装備政策課長

防衛装備・技術協力に関する最近の動きについて

○杉崎五郎*

1. 基本的な考え方

平成25年12月に閣議決定された国家安全保障戦略において、安全保障上の課題に積極的に対応するという積極的平和主義の考え方が打ち出され、新たな安全保障環境に適合する明確な原則として、平成26年4月に防衛装備移転三原則が閣議決定された。

防衛省としては、この三原則の下、これまで以上に平和貢献・国際協力に寄与していくとともに、米国やそれ以外の国々との防衛協力を積極的に進めることを通じて、地域の平和と安定を維持し、我が国を守り抜くための必要な諸政策を推進していくこととしている。

また、平成30年に閣議決定された「防衛計画の大綱」においても、安全保障協力の推進のための防衛装備・技術協力や、産業基盤の強靱化に向けた装備品の適切な海外移転の推進について明記されている。

2. 諸外国との防衛装備・技術協力

以上のような基本方針のもと、防衛装備庁では、諸外国との間で様々な防衛装備・技術協力を実施している。

例えば、フィリピンとの間では、平成28年4月に防衛装備品・技術移転協定が発効したほか、平成31年1月には定期協議枠組みを設置した。具体的な協力案件としては、TC-90 を平成30年3月までに5機移転した。これらの機体の移転の他、パイロット教育及び維持整備の支援を合わせて、1つのパッケージ施策として実施している。また、本年3月には UH-1H の無償譲与に係る部品等の引き渡しも開始している。

諸外国との技術交流に関しては、現在、米国・英国・フランス・豪州・インドの5カ国との間で共同研究を実施しており、その概要について説明する。主な協力案件は以下のとおり。

- 米：「高速多胴船の最適化に係る共同研究」
「高耐熱性ケース技術に係る共同研究」
「次世代水陸両用技術に係る共同研究」
- 英：「人員脆弱性評価に係る共同研究」
「共同による新たな空対空ミサイルの実証に係る共同研究」

- 仏：「次世代機雷探知技術に係る共同研究」、
- 豪：「船舶の流体力学分野に係る共同研究」、
- 印：「UGV/ロボティクスのための画像による位置推定技術に係る共同研究」

3. 防衛装備・技術移転の実現のための官民連携

政府として、諸外国との防衛装備品・技術移転協定等の締結を進め、移転に向けた取り組みを進める一方、政府と民間が連携しながら、移転の実現に向けた取り組みに力を入れている。具体的には、各レベルで行われる政府間協議、官民防衛産業フォーラム、及び国際防衛装備品展示会への出展等を相互に連携させながら、案件の具体化を図っており、その状況について説明する。

官民が共同で実施する官民防衛産業フォーラム(図)については、協力分野の絞り込み、参加企業のマッチングを通じた協力案件の掘り起こしを推進しており、本年1月にはイタリアとの間で初開催する等取り組みを推進している。また、我が国の防衛産業基盤についての海外向け広報資料の作成にも取り組んでいる。

図 官民産業フォーラムの概要

官民防衛産業フォーラム					
相互の防衛装備や調達に関する政策や産業構造を理解し、官民一体となって進めることが重要					
防衛装備政策や調達制度の理解、産業間協力の促進を目指し、装備庁は二国間の官民防衛産業フォーラムを開始					
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 両国の国防当局及び防衛産業の4者が参加 ▶ 各国とのフォーラムでは次の3つを柱として開催 <ul style="list-style-type: none"> ① 両国当局の装備政策・調達計画、調達制度等の紹介 ② 両国企業の製品紹介 ③ 両国企業間のマッチング 					
開催国	開催日時	開催地	参加企業	会場の様子	備考
インドネシア	平成29年8月	ジャカルタ	日企業8社 印企業6社		
インド	(第1回) 平成29年9月 (第2回) 平成31年2月	東京 バンガロール	(第1回) 日企業14社・印企業10社 (第2回) 日企業10社・印企業10社		① エアロ-インダストリー ② 防衛装備品展示会 ③ 両国間の防衛産業フォーラムの開催
ベトナム	平成29年10月	ハノイ	日企業8社 越企業3社		
豪州	平成30年5月	東京	日企業20社・豪団体 豪企業10社		① 対象分野として選 ぶ航空・防衛、人工衛星 等、互恵関係、P40の 設定
イタリア	平成31年1月	ローマ	日企業9社 伊企業20社以上 +1団体		① 伊企業3社の機材 の展示

▶ 今後、他の国との間でも、民間対話の活性化に向けた官民防衛産業フォーラムを開催する考え。

防衛装備・技術協力の今後の取り組みとしては、具体的な案件の形成と、協力推進の枠組み整備を並行して進めていくことが重要であると考えている。

*防衛装備庁装備政策部 国際装備協力室長

防衛装備庁における情報セキュリティ基準の改正に係る取組

前野 明*

1. 背景

近年、サイバー攻撃をはじめとした情報セキュリティ上の脅威が増大しており、我が国の安全保障上重要な情報を取り扱う防衛関連企業においても、情報セキュリティを強化することが重要な課題となっています。また、米国を始めとする諸外国でも、情報セキュリティに係る取組を強化しており、我が国の防衛産業が国際的な取引を行うためには、このような動向に十分に対応することが必要です。

防衛省としては、このような動向を踏まえ、防衛省の「保護すべき情報」¹⁾を取り扱う契約企業に義務付ける情報セキュリティ基準について、米国防省が採用しているサイバーセキュリティなどの新たな基準である「NIST SP 800-171」²⁾と同程度まで強化する改正を行うことを検討しています。

1) 防衛省においては「注意」又は「部内限り」として指定した情報及び当該情報を利用して作成される情報。

2) 米商務省所属の NIST (National Institute of Standards and Technology: 国立標準技術研究所) が定める、SP 800-171 というサイバーセキュリティ基準。

2. 米国における情報セキュリティ基準強化の動向

(1) 一般的な動向

米商務省所属の NIST (National Institute of Standards and Technology: 国立標準技術研究所) は、情報セキュリティ関連の標準として、SP 800 シリーズや、サイバーセキュリティ向上フレームワークなどを発出しています。具体例として、SP 800-53 は連邦政府の情報システム・組織のセキュリティ基準、SP 800-171 は連邦政府以外で CUI (Controlled Unclassified Information: 保護対象となる非秘密情報) を取り扱う情報システム・組織のセキュリティ標準となっており、米国政府や企業はこれらの標準に基づき、必要な対策を行うこととなっております。

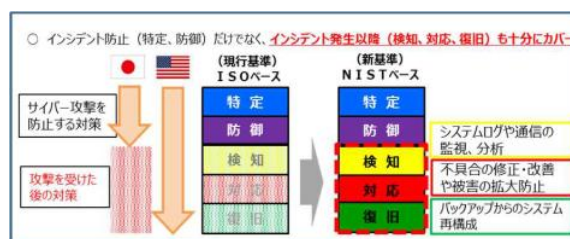
(2) 米国の国防調達における動向

米国防省における防衛関連企業に対する情報セキュリティ強化の取組として、同省との契約

に基づき CUI を取り扱う防衛関連企業に対し、2017年12月末までに NIST SP 800-171 への準拠を求めています。

防衛装備庁では、平成29年2月、防衛関連企業等との間で官民検討会を設置し、現在の情報セキュリティ上の課題・問題点や、今後の情報セキュリティ強化の方向性につき、議論・検討を実施してきました。その結果を踏まえ、防衛調達における情報セキュリティ基準について、令和元年度のできるだけ早い段階で、米国の NIST SP 800-171 と同程度まで強化する改正を行うことを検討しています。

また、防衛関連企業が、新たな情報セキュリティ基準に適合するための準備期間を確保していくことの必要性も認識しており、この点についても慎重に検討を進めています。



情報セキュリティ基準強化のイメージ

*防衛装備庁装備政策部 装備制度管理官

島嶼防衛用高速滑空弾の現状と今後の展望

○福田浩一*

1. 背景

島嶼部を含む我が国への侵攻を試みる艦艇や上陸部隊等に対して、自衛隊員の安全を確保しつつ、侵攻を効果的に阻止するため、相手の脅威圏の外からの対処と高い残存性を両立するスタンド・オフ防衛能力が求められている。島嶼防衛用高速滑空弾(以下、「高速滑空弾」という。)はこの能力を有する国産最初の装備として研究開発を推進している。

2. 研究の目的および概要

対空火器による迎撃が困難な高高度の超音速滑空技術や、高精度に目標に到達する技術等の要素技術を確認し、島嶼間の対地攻撃等により火力を発揮する高速滑空弾の早期装備化に必要な技術の研究を目的としている。内容は、スタンド・オフ防衛能力の早期実現を目指した早期装備型(Block.1)の研究と、ゲームチェンジャーとなり得る最新技術を反映した性能向上型(Block.2)の技術実証を行う要素研究から構成している。

図に高速滑空弾の発射指令系及び飛しようパターンを示す。発射指令は上級部隊(方面隊等)から FCCS(火力戦闘指揮統制システム)を経て高速滑空弾の指揮装置に指示され、発射機から目標に向かって発射される。高速滑空弾は“みちびき”などの測位衛星と慣性誘導装置から自己位置を正確に求め目標に向かう。飛しようパターンは地上から発射された高速滑空弾が、滑空体とロケットモータに分離し、滑空体は高高度・極超音速で大気圏内を飛しようする。その後、所定の高

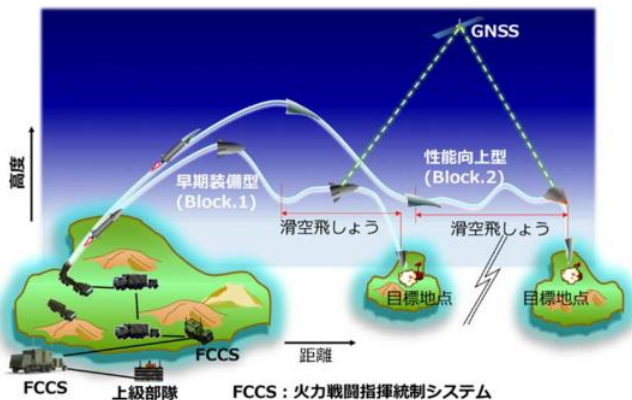


図 高速滑空弾の概要

度まで降下した後に、高度変動しながら飛しようして、目標上空で急降下をして目標を破壊する。

Block.1 はスタンド・オフ防衛能力を早期に実現する初めての装備品であるため、設計当初から運用者となる自衛隊等の意見を反映し、かつ試作品を運用者の評価に供することができる運用実証型研究とすることで、装備化までの期間短縮を図る。一方 **Block.2** は、機体先端から発生する衝撃波を活用して飛しよう性能を向上する **Wave-rider** という特異な形状であることから、防衛装備庁だけでなく他機関の超音速風洞や最新の数値計算手法を駆使して滑空体の形状を決定する。

これら **Block.1** と **2** は、技術課題の共通化や構成部品(ロケットモータ等)の共用化が図られており、その結果、効率良い研究ができる。

高速滑空弾の能力を発揮するためには脅威対象が装備する地(艦)対空ミサイルシステム(以下 **SAM** という)などの対空火器からの残存性の向上が必須である。特に近年の **SAM** は弾道ミサイル対応能力などの高性能化がなされているものが多いが、高速滑空弾は高高度を飛しようするため、被発見性が高くなる。そこで、高速滑空弾では撃墜率を極小化するため以下の努力をしている。レーダ反射断面積(以下、「**RCS**」という。)の低減は脅威対象の対空レーダからの捕捉可能性を減少させることから、発射後にロケットモータを分離して全長を極減し、**RCS** を低減する。また、滑空飛しよう時の高度変化は **SAM** による予想会合点の計算を困難とさせて撃墜確率を低減させる。さらに高度 **20km** 以上を滑空し、終末時は目標に向かって高俯角で突入することにより多くの **SAM** による迎撃が困難となる。

また、さらなる能力向上として滑空弾に適したシーカ機能を付与することで、移動目標対処能力を付加することも検討中である。

高速滑空弾は防衛計画の大綱(30大綱)別表においても2個高速滑空弾大隊部隊の編成が示されているが、研究開発する装備が部隊を編成した初めての事業であることから、実施に当たっては必然と偶然のいずれにも目を向け、困難を乗り越えてプロジェクトを成功に導く所存である。

*長官官房装備開発官(統合装備担当)付 高高度超音速飛しよう体システム研究室

極超音速飛行を可能とするスクラムジェットエンジンの研究

○中山久広*、橋野世紀*、海老根巧*

1. 緒論

スクラムジェットエンジンとは、空気取入口で生じた斜め衝撃波により圧縮した超音速の気流に燃料を噴射し、燃焼させて推力を得るエンジンである(図1参照)。スクラムジェットエンジンは、そのシンプルな構造と極超音速飛しようにおける最も高い比推力から、極超音速誘導弾用推進装置に適しており、各国において盛んに研究されている。

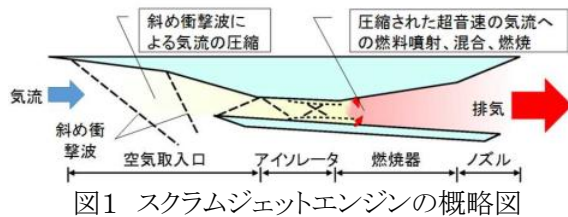


図1 スクラムジェットエンジンの概略図

幅広いマッハ数域で飛しよう可能な極超音速誘導弾の実現には、飛しよう条件によりラムジェットエンジン(RJ)及びスクラムジェットエンジン(SJ)として作動可能なデュアルモード・スクラムジェットエンジン(DMSJ)が必要である。また、機体の小型化のため、単位体積あたりのエネルギー密度が高いジェット燃料の採用も必須である。しかしながら、スクラムジェットエンジンの滞留時間は極めて短く、ジェット燃料を採用しつつ安定に作動するDMSJを実現する技術的ハードルは高い。

同形式のエンジンの宇宙輸送機への適用を目指す宇宙航空研究開発機構(JAXA)との研究協力の下、航空装備研究所(ASRC)は平成29年度と30年度にジェット燃料を採用したDMSJ燃焼器の燃焼試験を実施し、基本的な性能を確認した。本発表では、これまでの成果とともにASRCのDMSJ研究の展望を紹介する。

2. 技術課題克服のアプローチ

DMSJでは、滞留時間が短い燃焼器でジェット燃料を高効率かつ安定に燃焼させることが重要な技術課題である。この課題を克服するため、本研究では超臨界圧力下で加熱されたジェット燃料を燃焼器内に噴射する方式を採用した。実機では、ジェット燃料でエンジンを冷却する工夫(再生冷却)により、ジェット燃料の加熱も可能である。噴射されたジェット燃料は速やかに気化し、気流と混合し、燃焼する。混合を促進するため、噴射器近傍に混合促進器を設けた。また、循環流による

保炎効果を得るため、流路途中にキャビティを設けた。技術課題克服のアプローチを図2に示す。

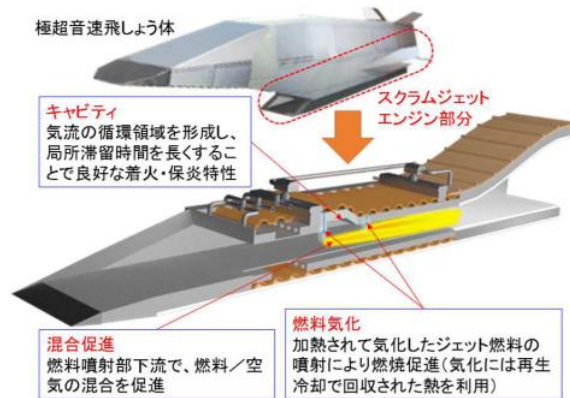


図2 技術課題克服のアプローチ

3. 燃焼試験結果

燃焼器の燃焼試験は、JAXA 角田宇宙センターの基礎燃焼風洞を用い、直結方式により行った。ジェット燃料には Jet A-1 を用いた。結果の一例として、燃焼器内の燃焼反応により発生した OH ラジカル自発光の一例を図3に示す。Jet A-1 は気流中で良好に燃焼し、RJ モード・SJ モードともに燃焼器が安定作動することを実証した。取得した燃焼器壁面静圧分布を用いてエンジン内部流れの解析を行い、実機相当のエンジンでは所望の飛しように必要な推力が得られる見込みも得た。

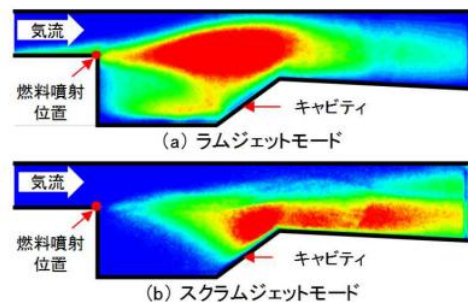


図3 燃焼器内の OH ラジカル自発光の一例

4. 今後の展望

ASRC では、DMSJ を搭載した極超音速飛しよう体の早期の飛行実証を目指している。これまでの研究成果を活用し、ASRC は今年度からDMSJの試作に着手したところであり、今後地上試験装置を用いて再生冷却も含めたエンジンシステムレベルでの実証を行う計画である。

*航空装備研究所エンジン技術研究部 ロケットエンジン研究室

過酷な災害派遣現場でも活躍可能な高機動パワードスーツの研究状況

○松沢純平*、村上桌弥*、小林一穂*、関口将弘*、南亜樹*

1. 背景

災害派遣等の任務へ高機動パワードスーツを活用することを考えると、山岳地・がれき上等の過酷な環境下で、装着した隊員が不安定な姿勢・動作をすることも想定される。

本発表では、想定される使用状況における高機動パワードスーツ装着者の安全性確保への取り組みと、不整地等における行動の試験評価方法の確立に向けた取り組みについて紹介する。

2. 安全性確保に関する取り組み

高機動パワードスーツの活用之际には、パワードスーツ自体の安全性に加え、想定される使用状況における装着者の安全確保が必要となる。そのため、高機動パワードスーツの研究試作品の設計・製造段階において、リスクアセスメント及びリスク低減の反復プロセス(JIS Z 8051)により、危険源分析に基づいた保護対策を実施した。

設計・製造を始める前段階において、安全性に関するリスクについて関係者間での意見交換(リスクコミュニケーション)を行い、初期リスクアセスメントシートを作成した。リスクアセスメントでは、想定されるパワードスーツの使用場所や使用方法を明確化し、そこで生じうる故障や誤作動といった危険源を特定したうえで、図1に示すような評価基準を用いてリスクの見積と評価を実施した。

設計・製造の各時点でリスクアセスメントシートを更新し、リスク低減を実施することで、試作終了時にはすべての確認項目のリスク見積値について、装着者の安全確保のため、リスク見積値 6 以下とした。



図1 リスクの分析・見積方法

3. 試験評価方法の確立に向けた取り組み

現在、高機動パワードスーツの性能確認試験では、災害派遣任務への適用を目指し、不整地上や模擬災害現場での試験評価を行っており、より効果的で安全な試験評価方法の確立に向けた検討を実施している。

不整地では、路面の性質に起因してバランスを崩したり転倒したりする恐れがあるため、事前に屋内で模擬不整地(図2上)を用いた動作確認を実施し、装着者の安全性を確保した。野外試験では、砂路面、足の一部のみが接地する段差、枝や小石などを踏みつける場合でも問題なく歩行できることが確認できた。木材ががれきで構成した模擬災害現場では、がれき上歩行、がれき除去作業、要救助者搬送といった人命救助で想定される一連の動作を実施可能であることを確認できた。

さらに、歩きやすさ等のパワードスーツの全体性能を向上させるためには、制御性能の定量的な評価と改善が必要である。そのため、模擬災害現場での試験でがれきの上を歩行する際に生じた、足場を探る動作などの場面を抽出し、同一の条件で繰り返し試験ができる標準がれき足場(図2下)を構築した。再現性のある標準がれき足場により、制御性能について定量評価できる環境を整備し、現在試験を実施しているところである。

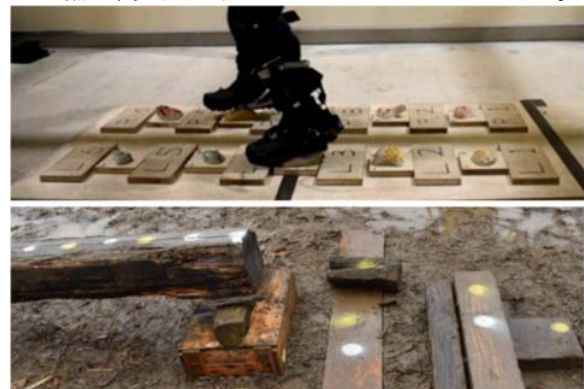


図2 上:模擬不整地、下:標準がれき足場

4. 結言

今後は、災害模擬フィールド等の模擬運用環境で試験評価を行うことで改良を重ね、災害派遣任務に活用可能な高機動パワードスーツの早期実用化を目指す。

*先進技術推進センター研究管理官(第1技術領域担当)付 協調ロボットシステム技術推進室

モジュール型水中無人機の現状と展望および 岩国サテライトにおける試験評価体制について

○岡部幸喜*

1. 背景及び目的

海洋国家である我が国にとって海上交通の安全確保等は重要であり、これまで潜水艦、ソーナー、魚雷・機雷等といった水中における装備品の研究開発に取り組んでいる。

一方で、広域な周辺海域の常続監視を実施していくにあたっては、少子化傾向を踏まえた省人化、4D(Dirty, Dull, Dangerous and Deep)任務対応や人員の危害予防の観点等から、水中無人機(UUV)による水中における活動の更なる無人化及び高度の自律化が必要となる。

先進的な研究を中長期的な視点に基づいて体系的に行うため、令和元年8月に公表した「研究開発ビジョン」¹⁾に示された無人機技術を活用した効率的な水中防衛を実現するために、まずは長期行動UUV等の中核技術を確立し、その後、警戒監視、支援、対処に必要な要素技術を向上及びモジュール化による早期取込を目指している。

2. モジュール型 UUV

将来のUUVには海洋観測や警戒監視等による海上優勢の確保、更には対潜水艦戦といった高度な戦術支援への活用が期待される。これらの多様な任務に対応するため、信頼性、環境適応能力を向上させ、長期運用を可能とするとともに、UUVを継続的かつ短期間・低コストで機能発展を実現するため、モジュール交換可能なUUV(図)に関する研究を実施している。

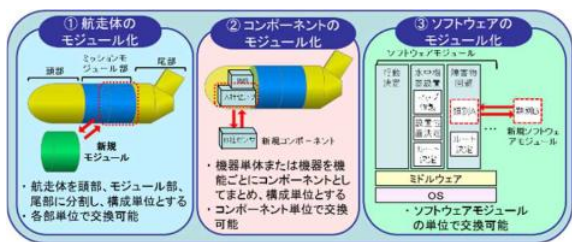


図 モジュール型 UUV のイメージ

航走体、コンポーネント及びソフトウェアについて、将来の多様な発展と互換性を担保するために、モジュール接続部の機械的、通信的仕様及びソフトウェアモジュール間のインターフェース等、

UUV のモジュール化に係る仕様を定めた上で、オープン化することとしている。仕様をオープン化し UUV に関連する国内研究機関及び国内企業等と共有することで、将来的には民生分野も含めた UUV のモジュールの共通規格の策定を推進していきたいと考える。

3. 岩国海洋環境試験評価サテライト(仮称)

UUV の研究開発事業を推進していくにあたっては、多種多様な海洋環境や運用の条件下における UUV の機能・性能の評価を十分に実施し、高い信頼性を確認する必要がある。このため、令和3年度より順次運用の開始を目指して山口県岩国市に岩国海洋環境試験評価サテライト(仮称)の整備を進めている。

本サテライトは、国内最大規模となる大型音響水槽、UUV の各構成部品を接続し仮想的な海洋環境における運動性能や行動判断を評価できるシミュレーション装置で構成されており、シミュレーション技術の活用により、UUV の試験評価を効率的かつ効果的に実施可能となる。

また、本サテライトの整備は「政府関係機関移転基本方針²⁾」に基づいて進めていることから、民生分野との研究協力や本サテライトの活用により、国内の水中無人機分野に関する技術の向上に寄与することを目指している。

4. 今後の展望

効率的な水中防衛の実現のため、陸上の試験評価設備等を用いて仮想的な海洋環境における試験評価も実施しながらUUVの技術実証を行い、優れた装備品の迅速かつ効率的な開発に努めていく。その際、UUVの実現に必要な技術は膨大であることから、UUVに関する研究開発が進んでいる民間の成果も共同研究等を通じて取り込みながら、効率的な技術の獲得に努めていきたい。

参考文献

- 1) 研究開発ビジョン 多次元統合防衛力の実現とその先へ(2019年 防衛省)
- 2) 政府関係機関移転基本方針(平成28年3月22日 まち・ひと・しごと創生本部決定)

*艦艇装備研究所水中対処技術研究部 無人航走体連携研究室

我が国の装甲車開発を踏まえた次世代水陸両用技術の成果と今後の展望

○井上義宏*1、柳田勝志*2

1. 背景

2015年に防衛装備庁が設立され「諸外国との防衛装備・技術協力の強化」を任務の一つとして、様々な施策が施されるなか、我が国の装甲車技術を活用した、将来水陸両用技術の研究を日米共同にて実施中であり、本論においてはこれらの取り組みの概要について発表するものである。

2. 目的

防衛装備庁は、水陸両用作戦能力の更なる強化を図るとともに、我が国の防衛生産・技術基盤の維持・強化の資とするため、水陸両用車の能力向上に必要とされる技術を確認する研究経費として、平成29年度に約24億円、平成30年度に約45億円の予算を計上し、研究を実施してきた。

また、防衛装備庁は、日米共同研究等を含む当該事業に対し理解を得るとともに、防衛技術への理解と研究開発参画への関心を喚起することを目的として、これらの取組を情報発信している。

3. 概要

我が国は、1950年代から国内開発によってシステムインテグレーション技術を向上させ、数多くの装甲車を開発している。また、各装甲車は同時期に開発された国産エンジンを搭載し、システムとしての完成度を高めている。

例えば、10式戦車は、主要コンポーネントを国産化した初めての戦車であり、高い走行間射撃能力を有し、富士総合火力演習等においては、スラローム走行間においても高い命中精度にて射撃を実施している。また同戦車は、C4I システム、自動装填装置、1,200 馬力級エンジンなどの優れた国産のコンポーネントを有し、世界でもトップレベルの性能を有するものである。

16式機動戦闘車は、大口徑 105mm 砲を搭載し、走行しながら、全方位に射撃可能な戦闘車両で、10式戦車と同等の射撃統制装置を装備し、高い命中精度を有する。16式機動戦闘車のエンジンは10式戦車の設計ノウハウを活用し高信頼性を有するとともに、短期間で開発されている。

防衛装備庁は、1,200 馬力級及び 600 馬力級



図1 研究中の3,000馬力級エンジン

のエンジンを開発しており、これらのノウハウを活用し現在は水陸両用車用の3,000馬力級のエンジンを研究中である。

3,000馬力級エンジンは、コンパクト、軽量かつ高出力で高い信頼性を有するものであり、これに実現の目処が立ったことによって、今後の水陸両用技術の研究が大きく進展したと言える。

将来水陸両用技術においては、サンゴ礁等を乗り越えて島嶼部に上陸するために、推力となるウォータージェットと駆動力となる履帯を同時使用することを想定し研究を実施しており、これを実現する動力源として3,000馬力級のエンジンが必要となっている。

次世代の水陸両用車を実現するために、小型高出力エンジンに加え、ウォータージェット、トランスミッションなどのコンポーネントの研究が必要で、これらの先進的コンポーネントは、共同研究開発あるいは装備移転の対象として技術的に十分なポテンシャルを有するものとなることが期待される。



図2 将来の水陸両用車のイメージ

*1防衛装備庁プロジェクト管理部 事業監理官(情報・武器・車両担当)付

*2防衛装備庁長官官房装備開発官(陸上装備担当)付

次世代水陸両用車の研究開発を効率化する車両用シミュレータ

○上村圭右*1、竹田陽一*2、齊藤翔太*1、中尾健志*1、城間晴輝*1、清水俊彦*1、金子学*1

1. 背景及び目的

近年、シミュレーション技術を活用したモデル・ベース・デザインにより、研究開発の効率化が図られている。

自衛隊では、部隊の機動・展開、水陸両用作戦能力の強化が重要となっており、これに対処する装備品の研究開発を迅速・効率的に行うためには、このようなシミュレーション技術を活用することは極めて有効である。

本研究は、シミュレーションにより、水上、水際及び陸上の各領域における、次世代水陸両用車の構想段階から試験段階における性能の予測及び評価することを目的としている。

2. 研究の概要

本研究では、流体解析、水槽模型試験及び実車試験の結果を活用し、一般船舶と異なった複雑な形状で、周囲に生じる流体力等が船舶と異なると推測される水陸両用車へ適合する、シミュレーション技術のコアとなる操縦運動数学モデルを構築する予定である。

図1に数学モデルの構築の流れを示す。

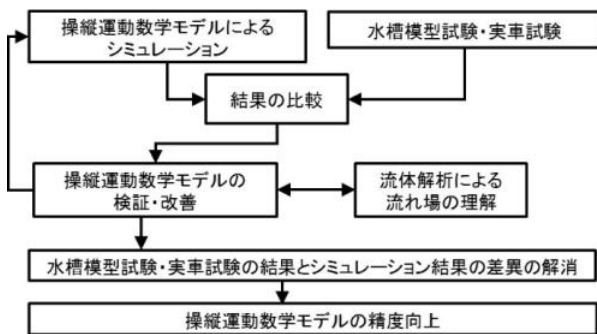


図1 操縦運動数学モデルの構築の流れ

操縦運動数学モデルを適用するシミュレータは、試験条件やシナリオの設定などを行う装置、車両運動や流体力計算などを行う装置、車両の模擬操縦席及び模擬視界を投影する装置から構成され、詳細な車両運動等の解析を行う機構運動計算及び流体運動計算による機動性評価及び操縦

者が模擬視界を見ながら行うマン・イン・ザ・ループシミュレーションによる、操縦性を含めた機動性評価が可能である。

本シミュレータは、操縦運動数学モデルによる流体運動計算とマルチボディダイナミクス及びテラメカニクスモデルによる機構運動計算に、パワーtrainモデルに基づいた駆動力計算を組み合わせ、浮力、接地荷重、波力等の車両への作用力の計算を行い、水陸両用車の上陸シミュレーションができることに最大の特徴がある。

図2に現有水陸両用車が海上航行後、水際域の斜面を登坂し上陸するというシナリオのシミュレーション結果を示す。図より、車両が斜面へ接地後、ピッチ角が斜面角度 30deg 付近まで増加、また、海面から浮上するにつれて浮力が減少し、接地荷重が増加している。上陸後は、ピッチ角は水平状態 0deg、浮力は 0kN、接地荷重は車両が海上で受けていた浮力相当の値となっている。本結果により、上陸時の車両運動を模擬できていることを確認した。

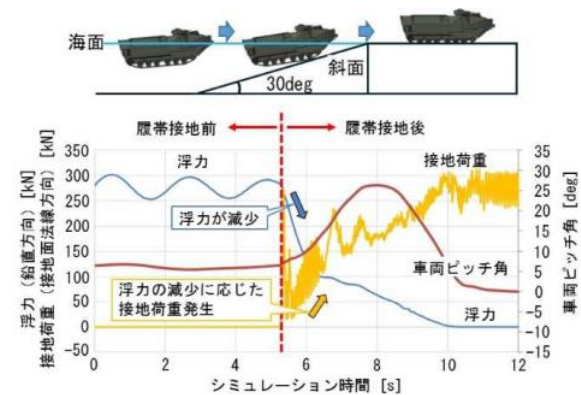


図2 海上航行・上陸シナリオのシミュレーション結果

3. まとめ

モデル・ベース・デザインの考え方を取り入れ、本シミュレータ上で次世代水陸両用車の構想段階から試験段階における性能の予測及び評価のプロセスをスパイラル的に実行し、先進的コンポーネントを組み合わせた次世代水陸両用車の実現可能性に関する研究開発を効率的に推進する。

*1陸上装備研究所機動技術研究部機動力評価研究室

*2技術戦略部技術戦略課技術交流室

新たな空対空ミサイルに係る日英共同研究

○小林尚登*1、西山慎一郎*2

1. 共同研究の背景

我が国周辺において、ステルス性を重視した戦闘機や長射程化を図った誘導弾の開発が進んでおり、これらの脅威に有効に対処するため、戦闘機に内装可能な小型・高性能シーカをもつ中距離空対空誘導弾による性能面での質的優位の確保が必要となった。

本共同研究は、戦闘機の内部に装着できるサイズで高速化・長射程化を図った将来中距離空対空誘導弾を実現するための技術を確認するため、日英共同で研究を行うものであり、その能力を獲得するための技術実証を、最も効率的かつ早期に実施できる方策である。

2. 共同研究の概要

新たな空対空ミサイルの日英共同研究については平成26年度から実施しており、第一段階においては、日英共同により技術的な実現可能性を確認し、更に第二段階においては、空対空ミサイルの誘導性能等について、シミュレーションを用いたより詳細な検討を実施し、新たな空対空ミサイルに係る技術的な実現可能性の目途を得た。

このため、現在進行中の第三段階においては、平成30年度から日本側が製造する小型・高性能電波シーカの試作品と欧州6か国（英国主導）が共同開発したMeteor（ミーティア：ダクト・ロケット・エンジンを搭載した中距離空対空誘導弾）を組み合わせた研究用の試作誘導弾を用いて、日英共同での実射試験等を計画している。

3. 共同研究の目的

本共同研究は、我が国の優れた電波シーカ技術を活用し、環境条件・寸法等の制約の厳しい戦闘機への誘導武器内装化に対応可能な中距離空対空誘導弾をはじめとする各種誘導弾に適用可能な小型・高性能シーカ技術を確認するものである。

また、この小型・高性能シーカについては、将来中距離空対空誘導弾の推進装置とし

て最も性能に優れた選択肢と考えられるダクト・ロケット・エンジンとの適合性を、欧州で実用化されたMeteorの実構成品を用いて日英共同研究により検証する。



図1 研究用試作誘導弾（イメージ図）

4. 既存誘導弾構成品との適合に係る課題等

小型・高性能電波シーカを高速・長射程のダクト・ロケット・エンジンに適用するにあたっては、従来のロケットモータとは、ミサイル内部の振動条件、熱設計条件等が異なる点に留意する必要がある。また、Meteorの構成品と組み合わせるシステム・インテグレーションを行うためには、各構成部品間のインターフェース等の適合に加え、既存の慣性装置と組み合わせた場合のシーカの空間安定化特性についても確認する必要がある。

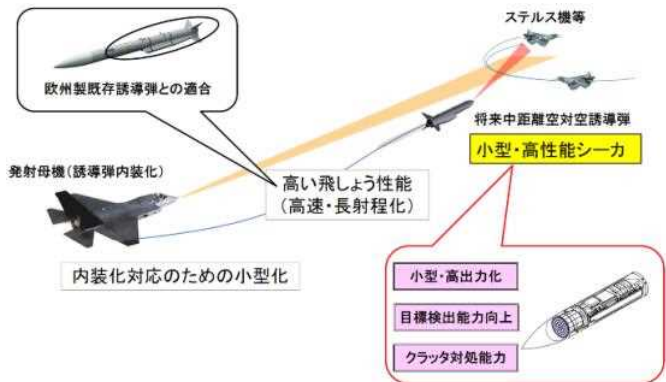


図2 運用構想

5. まとめ

小型・高性能電波シーカに関する技術は、我が国が保有しており、これを活用して現有のダクト・ロケット・エンジンを持つMeteorに搭載することは我が国の強みとなる。また、日英はともに高い技術力を有する技術大国であり、日英間の共同研究は、様々な形で相互補完しつつ協力を深めることができ、大きな意義がある。

*1防衛装備庁プロジェクト管理部 統合装備計画官付

*2防衛装備庁長官官房 装備開発官(統合装備担当)付 第2開発室長

新生「先進技術推進センター」が目指す橋渡し研究と今後の連携のあり方

○渡邊孝廣*1、清水泰斗*2、中村尚*3

1. 背景

技術的優越の確保と優れた装備品の創製のために、防衛にも応用可能な先進的な民生技術の積極的な活用に努めるとともに、革新的・萌芽的な技術の早期発掘やその育成に向けた体制を強化することが求められている。

先進技術推進センターは、先進技術を発掘、育成し、これらの技術を装備品の研究開発につなげていくことを新たな役割として、本年4月に改編を行った。

2. 新生「先進技術推進センター」が目指すこと

新たな先進技術推進センターは、民生分野で急速に進展する国内外の優れた技術や、安全保障技術研究推進制度の成果といった、先進技術を発掘、育成し、これらの技術を装備品の研究開発につなげていく。その取組の三本柱として、以下を掲げている。

- 装備品としての出口をイメージし、技術の成熟度を高める橋渡し研究の推進
- 自前主義から脱却し、外部の力を最大限に生かすオープンイノベーションの推進
- オープンイノベーションを推進する拠点としての人と技術のハブ化

本稿では、橋渡し研究の推進と、オープンイノベーションの実現に向けた防衛省内外との連携のあり方について説明する。

(1) 橋渡し研究の推進

橋渡し研究は、先進技術を早期に発掘、育成し、技術成熟度を上げることで、これらの技術を迅速かつ柔軟に装備品の研究開発に橋渡しし、技術の実用化につなげていくものである。(図1)

橋渡し研究では、先進技術の成長性を分析し、見極め、その技術をどこまで伸ばすべきかを検討し、実際に技術を育成しながら、どのように使えるのかも含めて検証を行っていく。特に、検討や検証の段階では、技術の可能性を踏まえた技術の新たな使い方の提案も行い、今まで気がつかなかったような新たな運用ニーズを掘り起こしていくことにも重点を置いていく。

現在、研究対象として、水中光通信、電磁波物性制御、人とロボットの連携、新機能素材等の分

野を想定し、具体的な検討を進めている。

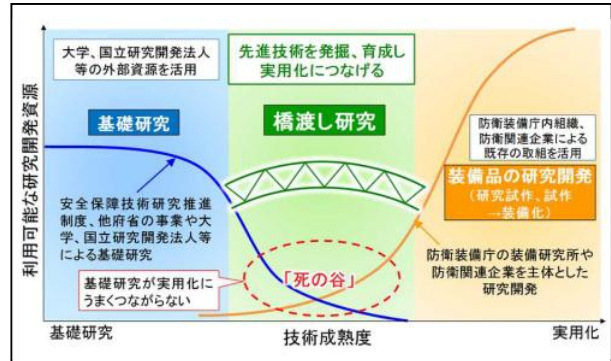


図1 橋渡し研究の推進

(2) オープンイノベーションの実現に向けた省内外との連携

先進技術を実用化につなげていくためには、防衛省外の研究開発力も最大限に活用していく必要がある。このため先進技術推進センターは、国内外の技術動向の把握、革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)や戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)といった省外の研究開発で得られた成果の活用、安全保障技術研究推進制度による研究の委託、大学、国立研究開発法人、企業等との技術交流や共同研究等の推進を図り、防衛省外とつながるとともに、省外の情報を集約する。

同時に、技術に関するシーズやニーズの把握、安全保障技術研究推進制度の成果を始めとする先進技術の省内への橋渡しといった取組を進め、省内外と連携していくことで、研究者と技術を集約し、人と技術のハブの設置を進めていく。(図2)

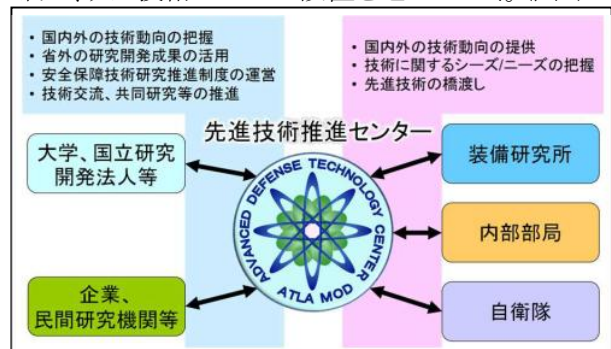


図2 人と技術のハブの設置

*1 先進技術推進センター研究管理官(先進技術担当)付第3先進技術計画室

*2 先進技術推進センター研究管理官(先進技術担当)付第1先進技術計画室

*3 先進技術推進センター研究管理官(先進技術担当)付第2先進技術計画室

ローテティング・デトネーションエンジンの研究

○安藤友香*1、川瀬基之*1、鈴木康文*1

1. 背景及び目的

現在、航空機や誘導武器の推進システムはガスタービンエンジンが主流ではあるが、近年、新たなエンジン形式が注目されており、ローテティング・デトネーションエンジン(以下「RDE」という。)(図1)はその一つである。デトネーションとは、衝撃波と火炎が相互干渉しながら超音速で伝播する燃焼のことである。RDEは、デトネーション波を円周方向に伝播させることで連続燃焼を可能としたエンジンを指し、エンジンとして適用した場合、小型高推力、単純構造等のメリットが期待される。多くの研究機関等で現象解明を図る取り組みが進められており、未だ実用化されていないが、ゲームチェンジャーとなる装備品に寄与し得る技術である。

本研究では、RDEの実用化に向けての課題の一つである冷却を伴った長秒時作動について検討をするために、まず無冷却短秒時作動での燃焼実験を行い、次に冷却長秒時作動での燃焼実験をし、データ取得することで将来の推進システムとしてのRDEの実現性評価を行う。

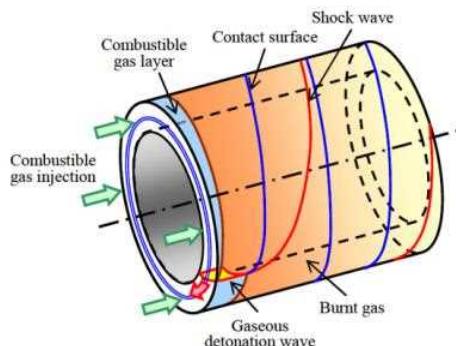


図1 RDE 概念図 1)

2. 研究の進捗

本研究で仮作したRDEは、米空軍研究所にて実績のあるRDEの形状をベースに設計し、現在、水素燃料を使用して、約1秒間の短秒時作動での燃焼実験を実施した。実験では燃料と酸化剤の量の関係を表す当量比をパラメータに複数の条件でのデータ取得を行っている。

高速度カメラ等により撮影した燃焼の様子を図2に示す。デトネーションに起因すると考えられる、火炎の高速伝播を確認した。また、RDE内部に設

置した圧力変動計測で、周方向の伝播に伴う周期的な圧力上昇をとらえたことにより、衝撃波と火炎の相関と燃焼現象の超音速での伝播を確認した。複数の条件で燃焼状態を確認したところ、燃焼現象の挙動に違いがあり、燃料が過不足なく燃焼する条件である当量比1近傍で、安定したデトネーションによる燃焼が発生する傾向を示した。

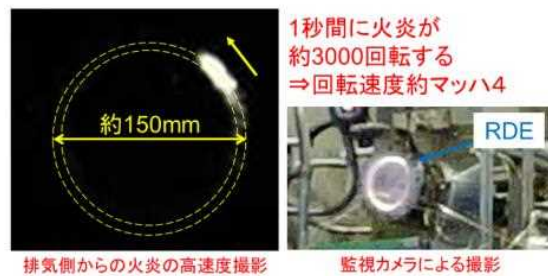


図2 燃焼の様子

3. 今後の予定

既に水冷機構を備えたRDEについても仮作を完了した。RDEは長時間の連続燃焼をさせた場合、燃焼器自体が高温になるため、変形等が生じることが考えられる。仮作した長秒時作動用RDE(図3)では、RDEの二重円筒内側及び外側に冷却水を循環させることで、燃焼をしながらの冷却が可能である。燃焼部の流路形状は短秒時作動用RDEと概ね同じであるが、冷却水用配管の他に、冷却の効率を上げるため、熱伝導率の高い材料を一部に使用している。今後、水冷却による長秒時作動での燃焼実験を実施し、RDE実用化に必要な冷却構造について検討する計画である。

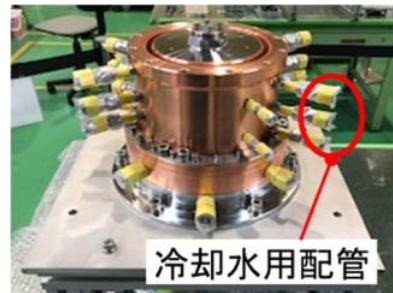


図3 RDE(長秒時作動用)

参考文献

- 1) 中山久広, “湾曲した気体デトネーション波に関する研究”, 博士論文, 2013年3月

*1航空装備研究所エンジン技術研究部 エンジン先進要素研究室

分散型防空プラットフォームの研究について

○山下皓大*1、市毛優智*1、米倉和也*1

1. 背景

飽和攻撃等の脅威の多様化に対し、従来型の射撃単位(Firing Unit 以下「FU」という。)を基本とする防護が困難であるため、ネットワークを主体とし、各種のプラットフォームを接続させ、防護範囲や脅威対処能力を柔軟に変化させる、図1に示す可変的な分散型の防空システムを検討する。

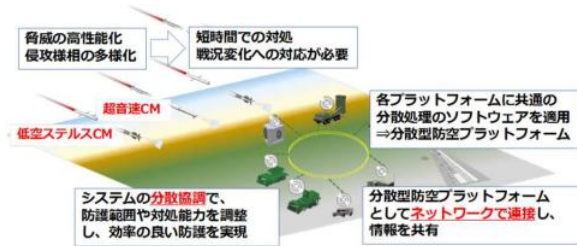


図1 将来防空システムの構想

2. 目的

従来の防空システムでは、脅威の迎撃に際しFU 単独での防護(単独型防空)もしくはネットワークによる集中管理の下での、複数FU 間での防護(集中型防空)を想定している。一方で、脅威の高速化、増大化等により、防護に必要となる計算、通信量などの処理負荷が増大する傾向にある。従って本研究では、それらに対応するためFU 間のネットワークにより情報共有を行う分散型防空システムについて研究を行った。

3. 方法

本研究では、防空システムを構成するレーダ、射撃統制装置、発射機、誘導弾等の簡易的なモデルを用いてシミュレーションを行った。単独型、図2の集中型及び分散型防空においてシミュレーションを行うことで防護能力を比較した。また、即応性や処理負荷に対する防護能力への影響を考慮するため回線速度をパラメータとしてシミュレーションを行った。それぞれの防空方式において回線速度を変化させて、誘導弾が脅威目標に会合できたかのパフォーマンス変化を防護能力として評価した。

分散型防空を行う上で、FU 間の調整役を果たす「エージェント」ソフトウェアを導入した。このソフトウェアにより各FU は契約ネットプロトコルを結び、

相互でコミュニケーションを行うことで、従来射撃統制装置が行っていた射撃割り当てを仮想的に行うことが可能となる。

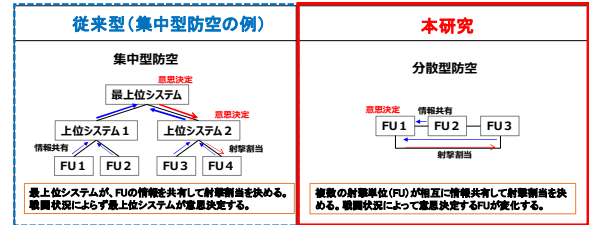


図2 各防空における種別

4. 結果

今回実施した飽和攻撃を模擬するシナリオのシミュレーション結果を図3に示す。単独型防空では自FUのみで防護を行うため、適切に防護できない結果が得られた。集中型防空では、回線速度の影響を受けて防護できず、また、意思決定者を損失して防護出来なくなる結果が得られた。一方、分散型防空では脅威目標を対処するFUを柔軟に変えて対応することで、どの回線速度でも単独型防空及び集中型防空より会合数が多く防護できる結果が得られた。また、現実的な集中型防空では、意思決定に時間を要することで防護に影響を及ぼすが、分散型防空は自動で対処するため即応性も良い結果が得られた。



図3 シミュレーション結果

5. 結論

分散型防空システムに関する構想検討を行い、シミュレーションによりネットワークの回線速度に対する影響を比較し、分散型防空のシステムの有効性を確認した。今後は誘導弾やレーダの性能など複合的な要素の影響を考慮して研究を進める。

*1航空装備研究所誘導技術研究部 誘導システム研究室

水上艦船に装備する防弾ガラスについて

○川敷直哉*¹

1. 背景

海上自衛隊では、平素における警戒監視活動に加え、ソマリア・アデン湾における海賊対処活動等、実任務に就く機会が増加している。これに伴い従来の強化ガラスに替えて、防弾ガラスを装備する必要性が高まっている。本件では、将来の水上艦船に適用可能な防弾ガラスの装備に関する調査・研究を行った。

2. 目的

防弾ガラスの構造、防弾性能の規格及び諸外国艦艇及び国内船舶での使用実績のある防弾ガラス製品を幅広く調査し、評価項目を定めた上で、将来水上艦船への防弾ガラスの装備に向けた課題を抽出し、ぎ装設計に参考となる技術資料を得るものである。

3. 防弾ガラスの構造

防弾ガラスは、図1に示すような積層構造とすることで、防弾性能を発揮する。積層数及び合成樹脂素材の構成については、各社製品により重量及び厚さが異なっている。また、積層構造のため浸水等によるガラスの劣化が懸念され、耐久性について考慮する必要がある。

一方、従来の艦船に装備されている強化ガラスは、防弾ガラスに比べて軽く、薄いことから艦船への装備性に優れているものの、防弾性能は有していない。

4. 防弾性能の規格及び評価項目

国内には防弾性能の評価に関する規格は存在しないため、国外における規格の調査結果から、表1に示すような想定される弾丸の威力に応じて、各規格内でも階級別に防弾性能を定めている。具体的には、米国や欧州地域ごとに各規格があり、同じ規格内においても弾丸の威力(弾丸重量、弾丸速度、弾丸口径等)に応じて細かく、拳銃から小銃まで規定されている。さらに、防弾性能の認定試験には、各規格とも実射による試験方法を採用している。

防弾ガラスを評価する項目として、対応規格、重量、厚さ及び耐久性を定め、国内外の製品を評価した結果、海上自衛隊の任務遂行に当たっては、各社に幅広く採用されているNIJ規格の採用が適している。また、国内外の製品の重量及び厚さについては大きな違いはないものの、耐久性については各社製品によってばらつきがあることから、製品選定に際しては、耐久性の良否が最も重要な要素となる。

5. ぎ装に向けた課題及び解決策

ぎ装に際しては、ガラスの大幅な重量増によるぎ装の困難性及び厚さ増による視界の狭視界化が課題となる。その解決策として、重量については、窓枠の材質変更による重量軽減及び取付要領の見直しを図った。狭視界化については、ガラスの形状を水平方向に広げることにより改善を図った。今後は、将来水上艦船の基本設計に活用するとともに、ガラスの劣化に関する改善策の検討を深め、耐久性向上に努める。

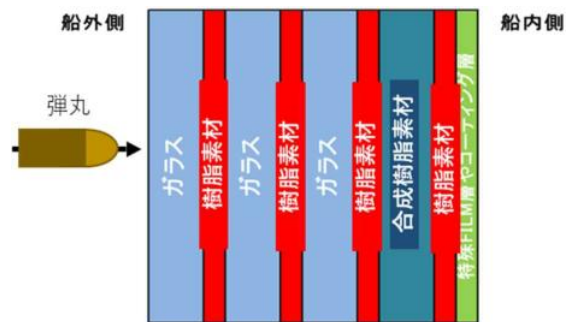


図 防弾ガラスの積層構造図

表 各種規格の一例

規格名	NIJ	MIL
階級	Ⅲ	VII-A
弾種	7.62mm	7.62mm
弾丸種別	フルメタルジャケット	—
弾丸重量	9.7g	9.6g±5%
弾丸速度	838±15m/s	838±9.1m/s
射撃回数	5	—

*¹艦船設計官付 第3設計室

水上艦船における滞洋能力の向上について

○谷川雄介*

1. 背景

国際情勢の変化に伴い、海上自衛隊の役割が増大し、従前以上の長期任務を遂行しているが、艦船隻数は限られるため個艦毎に長期洋上での任務遂行能力(滞洋能力)向上が求められている。

2. 目的

本研究の目的は滞洋能力に関する課題を整理の上、民生技術の調査から、水上艦船への適応可能性を検討し、今後の水上艦船のぎ装設計に資する技術情報を得ることである。

なお、滞洋能力は、艦の運航能力と、乗員の生活環境に分類されるが、本研究では生活環境維持を研究対象とし、糧食・真水、廃棄物・生活排水、居住関連ぎ装について研究を行った。

3. 現状の課題

(1) 艦船の糧食及び真水には規定搭載量がある。しかし、数か月を超える任務の場合、従前の運用では対応困難であり、臨時搭載区画や荷姿の容積圧縮、常温保存食品の導入等が必要である。
 (2) 廃棄物や生活廃水は国際条約等で海域ごとに排出規制があり、艦船でも一定量貯留可能とする設計としているが、規制海域内での長期任務を継続すると貯留可能量を超過するため、衛生面や節約等の乗員負担が生じる。そのため貯留物の圧縮、発生量の抑制、再利用等が必要である。
 (3) 居住関連ぎ装については現状の一般科員寢室は大部屋であり、個人空間はベッドに限られる。近年の陸上生活環境を鑑みると、プライバシー確保や通信等の個人インフラ改善が必要である。また少子高齢化に向け、優秀な隊員確保に資するため艦内生活環境の魅力化は極めて重要である。

4. 民生技術の調査

滞洋能力向上に資する民生技術について調査し、技術情報を収集した。

(1) 糧食に関しては、保存技術等を調査し、米国艦船でのフリーズドライ食品の活用や臨時搭載可能なコンテナ型冷蔵庫等の知見を得た。真水に関しては節水・搭載量増加技術を調査し、可搬型淡水化装置等の即効性のある技術情報を得た。

(2) 廃棄物に関しては、容積圧縮方法を調査し、

船舶に搭載可能な破砕機等の情報を得た。生活排水に関しては客船での再生水プラント等を調査し、節水に対する有効性を検討した。

(3) 居住関連ぎ装については、プライバシー確保、疲労低減等を念頭に、船舶等の交通機関や宿泊施設について、寝台等の家具類や通信設備を調査し、限られた空間内で快適に過ごせるセル型ベッド等の配置や個人通信等に関する知見を得た。

5. 水上艦船への適応検討

調査結果について滞洋能力向上への寄与度と適応難度を検討し表に整理した。また、居住性改善案として個室化を図った例を図1に示す。狭い艦内において個人空間を確保する方策やe-ラーニングに活用可能な個人用Wi-Fiの導入等を検討している。今後はこれらの成果を将来艦船設計に反映し、滞洋能力向上を図っていく。

表 滞洋能力向上への寄与度と適応難度分析

	適応難度	滞洋能力向上への寄与度 (3段階)			寄与度の加算値	
		日本近海	海外海域	少人数運用	日本近海+少人数運用	海外海域+少人数運用
冷凍完成食	難	1	0	1	2	1
冷凍・冷蔵保管コンテナ	容易	2	3	0	2	3
フリーズドライ食品	容易	2	3	2	4	5
真水節水器具(洗濯機等)	容易	2	3	2	4	5
飲用と生活水系統の分離	やや難	2	3	1	3	4
フレキシブルタンク	容易	1	3	0	1	3
可搬式淡水化装置	容易	1	3	2	3	5
圧縮機	容易	3	1	1	4	2
破砕機	容易	3	1	1	4	2
船用焼却炉	やや難	3	1	0	3	1
再生水技術	やや難	3	3	1	4	4
廃水簡易貯留装置	容易	3	1	0	3	1
個室寝台	やや難	2	3	3	5	6
個人通信用船内LAN	やや難	2	3	3	5	6

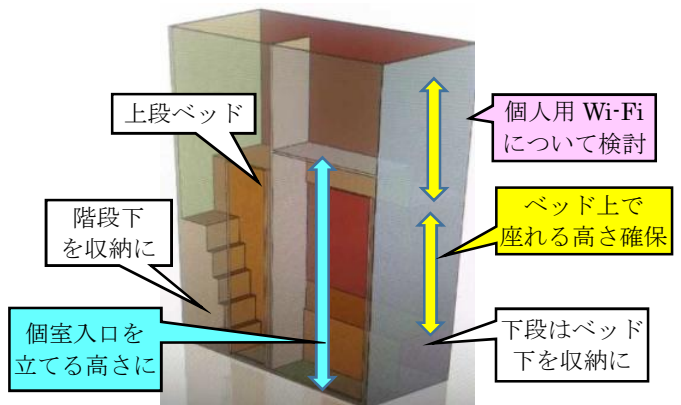


図1 居住快適性の改善案
2段個室寝台ユニット

*長官官房艦船設計官付 第3設計室

艦船設計への人工知能(AI)導入の試み (消磁装置ぎ装設計)

○大久保 正隆*1

1. 背景

海上自衛隊は、日本周辺の警戒監視や情報収集のみならず、海賊対処活動をはじめとする海外での活動を通じて、海洋の安全確保や秩序の維持に努めている。これに伴い、活動する海域が拡大してきており、これまで以上に艦船の磁気シグネチャ低減の重要性が増している。

2. 目的

艦船設計官において、機雷や MAD(航空機用磁気探知機)などの脅威に対して、コイルに流す電流の大きさや消磁コイルのぎ装配置を決めることで、船体から発生する磁気(船体磁気)を設計段階から低減させることが重要な任務である。消磁コイルとは、船体等に装備されるループ状の電線をいう。現状は熟練した技術者によって行ってきたが、人工知能(AI)を用いることで、船体磁気の最小化を目指した。

3. 現状・課題

まず消磁コイルの配置を仮決めする。次に消磁計算を行う。計算の結果、艦船に要求される性能を満足しなければ電流の調定と再度消磁計算を行う。満足するまで繰り返し、満足したところで、所要電力の算出を行う(図1左)。

この検証は、熟練した技術者が行っても、100回の検証に対して約2~3週間かかっている。そのため熟練した技術者でも、検証が十分とはいえ、船体磁気最小化は難しい。

4. AIを導入する試みと成果

図1の赤枠に対して、遺伝的アルゴリズムという機械学習を組み込んだ消磁計算プログラムを作成し、自動的に検証を行うことができたようにした(図1右)。その結果、コイル配置位置の初期入力により、数千万回の検証を3~4時間で行えるようになり、検証に要する時間の大幅な削減が実現できた。さらに数千万回の検証を経ることで、より消磁性能を高めることが可能となった。

5. これからの展望

今後は消磁計算プログラムによる結果を実艦データと比較することで、消磁計算プログラムの精緻化を目指す。

また、従来行われてきた技術者によるコイル配置位置検討に対して、これまで使用してきた既存艦の設計データを学習させることで、コイル配置位置検討のAI化を目指す。このAI化により、コイルに流す電流とコイル配置位置を最適化し、船体磁気最小化を図る(図2)。

これらの検討を実施することにより、設計段階から、より精度の高いぎ装設計が可能となる。

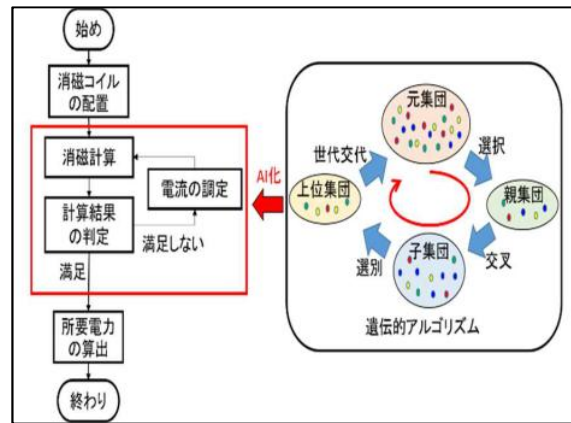


図1 消磁装置ぎ装設計の検証

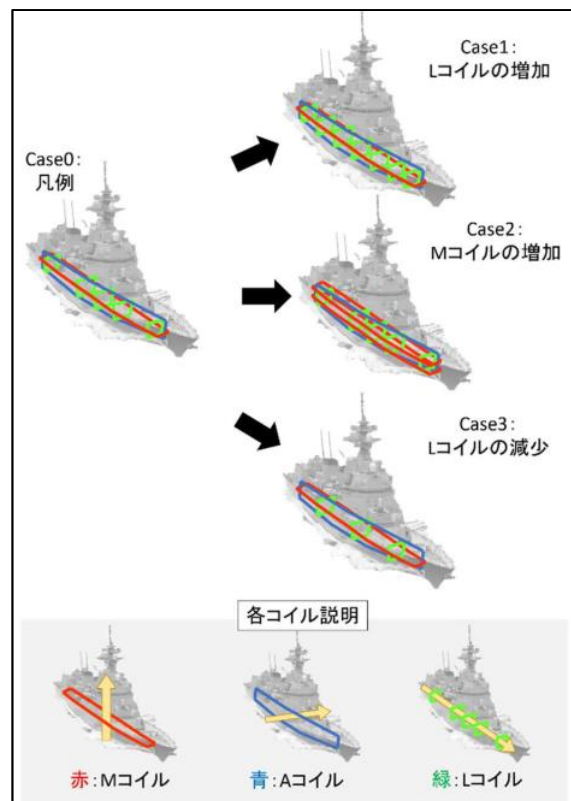


図2 消磁コイル配置位置検討

*1長官官房艦船設計官付第7設計室

長期運用型 UUV 用燃料電池発電システムについて

○綾部信吾*1、進藤一夫*2、北島仁*2、熊沢達也*1

1. 背景及び目的

水中無人航走体(UUV)は、将来水中戦におけるゲームチェンジャー技術として期待されており、艦艇装備研究所においても、長期間の監視任務や水中機器敷設任務等の長期間運用を想定した長期運用型 UUV 実現に向け、関連技術の研究を進めているところである。図1に長期運用型 UUV の運用イメージを示す。

長期運用型 UUV の実現には、無人の状態でも長期間、安定した発電が可能な動力部が必要である。燃料電池は、体積エネルギー密度が高く、長期運用型 UUV の動力源として有力な手段のひとつと考えられる。しかし、UUV に燃料電池を用いるためには、高効率発電を無人で自動的な制御により実現する必要がある。

艦艇装備研究所では、長期運用型 UUV*への搭載を想定した燃料電池発電システムの陸上試験装置を試作し、これらの研究を行ってきた。本発表では、これまで得られた成果を報告する。

※UUV:Unmanned Underwater Vehicle

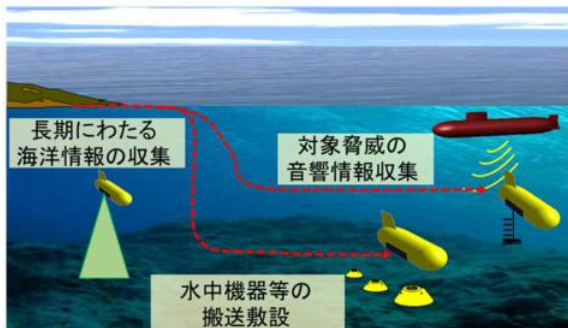


図1 長期運用型 UUV の運用イメージ

2. 研究試作概要

研究試作は、平成 26 年度から 29 年度にかけて実施した。はじめに、長期運用を想定した大型 UUV が 30 日間、連続航走することが可能な燃料電池発電システムを検討し、基本設計を実施した。この結果に基づいて、発電システムの能力、発電制御、燃料電池内の不純物処理等を確認できる、発電システムの陸上試験装置を設計し、試作した。システムは、燃料電池装置、二次電池、補機類とその他の専用試験装置等から成る。図2には、こ

のうちの燃料電池装置を示す。

燃料電池の方式には、HEML (High Efficiency Multi Less) 式を採用した。HEML 式燃料電池は加湿器やブロー等が不要なため消費電力が小さく、故障等のリスクも低減できる。複数の燃料電池装置と二次電池とを組み合わせ、電力需要に応じた燃料電池装置の出力制御や発電基数の切り替え、二次電池への切り替え等を自動で行うことで高効率発電が可能なシステムとなるよう設計した。

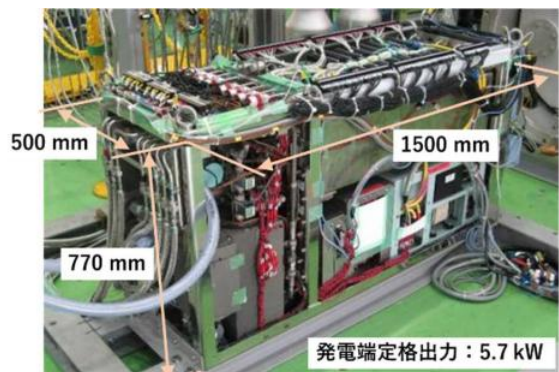


図2 燃料電池装置

3. 試験実施状況

性能確認試験は、平成 30 年度に開始し、令和 2 年度まで実施する計画である。平成 30 年度に実施した自律作動試験においては、変化する電力需要に応じて、自動で発電制御がなされ、高い効率で発電できることが確認できた。また長期作動試験においては、連続航走を想定した一定負荷条件において 30 日間の連続発電を達成した。

4. 今後の予定

令和元年度の試験では、動揺がある状態での発電試験を実施する。令和2年度は、より運用に近い電力需要での発電試験やシミュレーション試験を実施する計画である。また、令和元年度、2 年度も引続き長期作動試験を実施し、長期間発電に対するシステムの耐久性を検証する計画である。

*1艦艇装備研究所水中対処技術研究部 無人航走体基盤研究室

*2艦艇装備研究所艦艇・ステルス技術研究部 動力研究室

水中音響通信ネットワーク

○工藤孝弘*1、奥山智尚*2

1. 背景及び目的

本研究は、水中音響通信を用いた広範囲なデジタル通信ネットワークを構築することで、潜水艦やUUV (Unmanned Underwater Vehicles、水中無人航走体)、USV (Unmanned Surface Vehicles、水上無人機) の対潜戦能力を向上させることを目的とする。具体的には、潜水艦や水上艦の水中通話器、UUV の遠隔操作等の水中装備品への適用が期待できる研究である。図1の運用構想では通信ノードを中継することで水中と水上の情報共有が可能となる様子を示している。今回の発表では、この運用構想を実現するための課題、研究用に製作した試作品、試験結果について紹介する。

電磁波の減衰が大きい水中において、潜水艦やUUVの通信には音波が使用されている。しかし、現状の水中音響通信では多くの製品が、1対1の鉛直方向通信用のものであり、ネットワーク化はされていない。また、水平方向の通信距離も短い製品が多い。そこで、本研究ではデジタル化、水平方向の長距離通信、ネットワーク化の3点を課題とし、試作品を製作した。



図1 将来の水中防衛ビジョン

2. 試作品の概要

艦艇装備研究所は、水中音響通信を用いた広範囲のデジタル通信ネットワークを実現するため、水中通信装置の試作品(図2)を5台製作し、試験を実施した。

この水中通信装置は位相偏移変調方式を採用したデジタル音響通信装置であり、水平方向の長距離通信において課題となるマルチパス波(海面や海底からの邪魔な反射音)による通信品質の劣化を判定帰還型等化器、周波数拡散

等の信号処理によって解決し、通信品質を向上させている。また、マルチパスに対して同期検出が行われることで発生するビットエラーに対応するため、同期アルゴリズムも改良されている。ネットワーク制御のためにはAODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) プロトコルが実装されており、最適な通信経路探索や障害復旧が可能となっている。

3. 試験内容

艦艇装備研究所は水中通信装置の性能を評価するため、平成27年度から平成30年度にかけて、静岡県内浦湾において海上試験を実施した。

海上試験ではまず、水中通信装置2台を海中に水平に離隔して吊下し、1対1通信を行うことで各信号処理による通信品質向上の効果を評価した。

次に水中通信装置5台を海底に設置し、AODVによるネットワーク構築が可能であることを確認した。これは防衛装備庁において水中通信ネットワークが構築された初の成功例である。また通信経路上の水中通信装置に擬似的な障害を与えた後、AODVが新たな通信経路を再構築することを確認することで、水中通信装置の障害復旧機能も評価した。

当日はネットワーク性能の試験結果を中心に紹介する予定である。



図2 水中通信装置の試作品

*1 艦艇装備研究所海洋戦技術研究部戦闘指揮研究室

*2 艦艇装備研究所海洋戦技術研究部海洋環境研究室

岩国海洋環境試験評価サテライト(仮称)の整備について

○栗原一樹*¹、綾部信吾*²、山口智之*²、平井智大*²、嶋村英樹*¹、岡部幸喜*³

1. 背景及び目的

近年海上防衛における水中無人航走体(UUV)の重要性が非常に高まってきており、防衛装備庁においても研究開発が活発に進められてきている。このような状況の中、UUVの長期信頼性をはじめとする様々な試験評価を行い、その機能・性能をさらに向上させていくための、新たな試験評価施設の整備の必要性が高まっていた。

一方で政府関係機関移転基本方針を受けて、UUVに必要な試験評価施設(岩国海洋環境試験評価サテライト(仮称))を岩国市へ整備し、令和3年度より順次運用開始することを目指し、平成30年度より現地において本格的に試験棟の建設工事に着手し、その整備を進めているところである。

2. 試験評価施設の概要

UUVの研究開発事業を推進していくに当たって、多種多様な海洋環境や運用の条件下におけるUUVの自律航行制御や音響センサの機能・性能の評価を十分に実施し、高い信頼性を確認する必要がある。このため、現在、岩国海洋環境試験評価サテライト(仮称)には、以下の2つの試験装置の整備を進めている(図参照)。

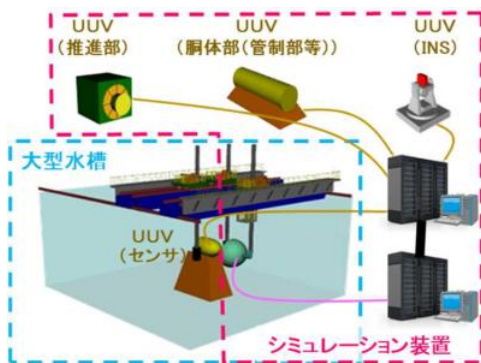


図 試験装置イメージ図

○大型水槽

国内最大規模となる縦 35m×横 30m×深さ 11m の水槽であり、水槽側面には壁面からの音波反射を抑制するための吸音材を有する。水槽上面には、トラバーサ(懸架装置)を搭載し、水槽内の任意の場所に各種音響機材を設置すること

が可能である。

○シミュレーション装置

UUVでは、主に音響センサの情報により、あらゆる行動を決定することから、UUVの音響センサ等をシミュレーション装置に接続し、UUVを仮想的な海中で航行させて多種多様な海洋環境状態での音響センサ情報に基づく行動判断に関する試験評価を効率的に実施することができる。

3. 有識者委員会

本試験評価施設は民生分野での活用も期待されていることから、外部有識者による委員会を設置し、本試験評価施設を民生分野での活用を推進していくための検討を行った¹⁾。その概要は以下の通りである。

○本試験評価施設で整備される試験装置は、防衛装備品の研究開発はもとより、将来の民生需要も大いに見込まれることから、民生分野にとっても関心が高い設備であると考えられる。将来的には本試験評価施設の使用実績や活用事例を蓄積し、能力をアピールすることができれば、民生分野による利用をさらに促進できるものとする。

○地方創生に寄与するためには、将来にわたって継続的に民生分野で活用されることが非常に重要である。そのためには、施設の機能向上の検討に加え、山口県、岩国市と積極的に連携しながら、地元の理解を深めつつ、本試験評価施設をわが国の水中無人航走体の研究拠点として盛り上げていくことが必要であるとする。

4. まとめ

本試験評価施設により、UUVの効率的・効果的な試験だけでなく、地元をはじめとした高等教育機関や研究機関等による民生分野における試験評価施設の活用を推進していきたいと考える。

参考文献

- 1) 岩国海洋環境試験評価サテライト(仮称)有識者委員会報告書(令和元年9月)

*¹艦艇装備研究所水中対処技術研究部 無人航走体連携研究室

*²艦艇装備研究所水中対処技術研究部 無人航走体基盤研究室

*³艦艇装備研究所水中対処技術研究部 水中武器研究室

連続波アクティブソナーの研究

○浦川騰太*、上杉昌之*、高橋義晴*、水戸川和正*、新村理*

1. 背景及び目的

従来のアクティブソナーは、パルスレーダーと同様に一定の送信周期毎にパルス波を送信する方式であり、図1上に示すように送受信が断続的であるため、目標の探知も断続的であった。このため、直前まで探知していた目標を次のパルスで伝搬状況の変化等によっては急に失探してしまうことがある。そこで、連続波アクティブソナーの研究では、図1下に示すように連続的な送受信による目標探知機会の向上を企図し、衝突防止用レーダー等に広く用いられているFM-CW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式をアクティブソナーに応用した連続波アクティブソナーの実現に向けて研究を行っている。

このソナーにおいては図2に示すように水上艦のハルソナーで送信、自艦や他艦のえい航アレイで受信するように送信点と受信点を分けて運用する。平成28年度～令和元年度に研究試作し、令和元年度～2年度に研究試作品の性能確認試験を実施するが、本発表では、研究試作の成果のうち、広帯域ビームフォーミング技術について取り上げる。

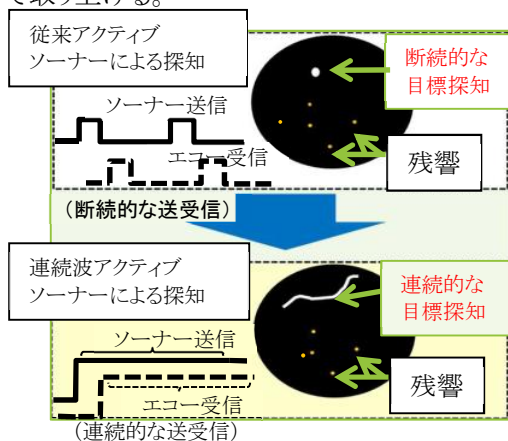


図1 従来・連続波アクティブソナーによる探知

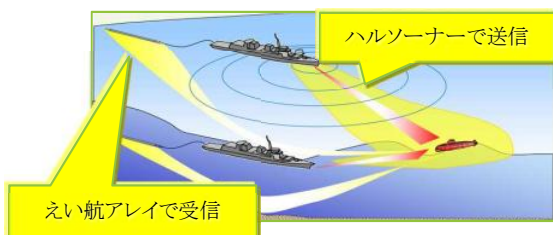


図2 運用構想

2. 広帯域ビームフォーミング

近年のソナーは広帯域送受波器を使用しており、連続波アクティブソナーとして全帯域で送信する場合、図3に示すように、周波数間でのビーム幅変動が大きくなり、探知が不安定となる。これは、帯域の中心周波数に対して帯域幅が1桁程度小さいレーダーでは生じない問題である。

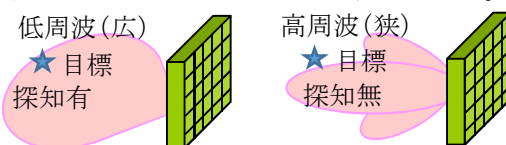


図3 周波数間ビーム幅変動

この対策として、窓関数等にも用いられるテーララ法をシェーディングに使い、周波数に応じてシェーディングパラメータを選択することでビーム幅変動を抑制する広帯域ビームフォーミング方式を考案した。図4中の黒点線に示すようにパラメータ一定の従来ビームフォーミング処理ではビーム幅が周波数に応じて拡縮する一方、赤線上の赤丸に示すように周波数に応じてパラメータを選択する広帯域ビームフォーミングではビーム幅変動を抑制できる。なお、ビーム幅は下式の指向性関数に基づき算出した。

$$F_1(z) = \cos[\pi\sqrt{z^2 - A^2}] \quad (z = \frac{2a}{\lambda} \sin \theta, z \leq n)$$

$$F_2(z) = \frac{\sin \pi z}{\pi z} \quad (z = \frac{2a}{\lambda} \sin \theta, z \geq n)$$

a : アレイ全長、 λ : 波長、 $F(z)$: 指向性関数、 $A \cdot n$: シェーディングパラメータ(サイドローブレベル・レベルを一定とするサイドローブレベルの個数)

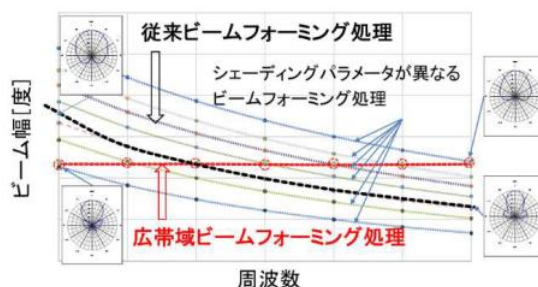


図4 周波数間ビーム幅変動比較

3. まとめ

研究試作における技術課題の1つである広帯域ビームフォーミングについて解明の見通しが得られた。今後は、他の技術課題解明とあわせて連続波アクティブソナーの性能確認試験を実施し、探知距離等の探知性能を確認する。

*艦艇装備研究所海洋戦技術研究部 ソナー研究室

装輪 155mm りゅう弾砲(19 式装輪自走 155mm りゅう弾砲)の開発

○岩隈一生*、浮須康彰*

1. 緒言

装輪 155mm りゅう弾砲は、155mm りゅう弾砲 FH70 の後継として野戦特科部隊に装備し、各種事態において、広域かつ迅速に機動するとともに、遠距離からの火力発揮により敵部隊等を撃破するために使用する火砲である。試作期間は、平成 25 年度から 30 年度までの 6 年間にわたり、試作(その 1)から(その 3)の 3 段階に分けて、試作を実施した。主に、試作(その 1)では、システム設計と新規設計部分の試験装置を、試作(その 2)では、火砲と装輪車両の組上げとシステムアップとしての装輪 155mm りゅう弾砲(I 型)を、試作(その 3)では、システム最適化のための装輪 155mm りゅう弾砲(II 型)を試作した。

2. 技術的課題

本試作における技術的課題は「システム化技術」、「軽量化技術」及び「発射反動低減・分散技術」であった。システム化技術は火力性能と機動性能を確保し、全体を最適化する技術であり、まず、基本設計において、火砲部と車体部の基本配置を分析した。軽量化技術は砲尾装置等の軽量化に関する技術であり、発射反動低減・分散技術は、発射反動を低減する駐退復座装置の最適設計及び発射反動を地面に分散させる固定部の新規設計に関する技術であった。しかしながら、火砲部の重量に関して軽量化するほど、発射反動に対して火砲部は耐えられなくなり、故障等の不具合を生起させる原因となる。そこで、システム化技術として、基本設計から引き続き、発射反動を考慮した火砲部と車体部との重量バランスを管理し、軽量化と発射反動低減・分散のトレードオフ検討を行い、装輪 155mm りゅう弾砲のシステム全体としての最適化を図った。(図1)

3. 試験の概要

試験は、試作(その 1)で製造した砲尾装置の疲労試験(平成 27 年 10 月)から始まり、試作(その 2)、(その 3)で設計・製造した装輪 155mm りゅう弾砲(I 型)、(II 型)を用いて、射撃試験と機動試験を行うとともに、国内で実施することができない長射程の射撃試験を米国で実施した。(図 2)

平成 31 年 2 月までに、全ての技術試験を終了し、技術的課題を解明するとともに、目標性能を全て満足することを確認した。

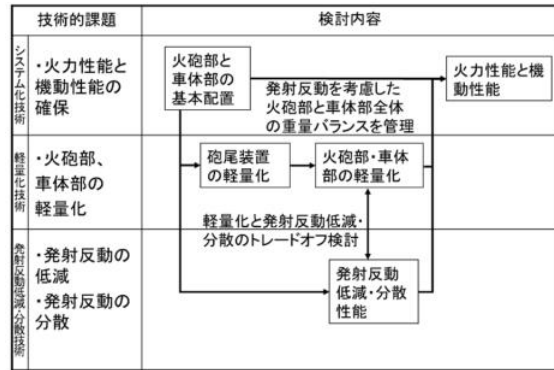


図 1 技術的課題解明の流れ



図2 長射程射撃試験の様子

4. 結言

装輪 155mm りゅう弾砲は、早期装備化を目指すために開発期間を短縮する必要があるとともに量産単価を含む LCC の低減が求められたため、既存の車体と火砲を組み合わせて設計をした。その中でトラックベースの装輪車両で装備品として成立させつつ、射撃に伴う発射反動及び衝撃反動の両方を抑えながら、重量、コスト、性能のバランスを満足させたことが主要な成果である。最終的には装輪 155mm りゅう弾砲の全技術試験を終了し、技術的課題を解明するとともに、目標性能を全て満足することを確認し、開発を完了した。

*長官官房装備開発官(陸上装備担当) 付第 1 開発室

先進対艦・対地弾頭技術の研究

○川又俊介*、岩井正太郎*、関口和巳*、阿曾沼剛*

1. 背景

島嶼部への攻撃に対して実効的に対応するには、航空優勢及び海上優勢を確実に維持するための対処能力を強化することが重視されている。また、島嶼への侵攻があった場合には、これを上陸、奪回、確保するための作戦能力が重視されている。

このため、空母、駆逐艦、ミサイル艦、上陸用舟艇等の様々な艦艇に対処可能であり、かつ、地上に展開する目標にも対処できる島嶼防衛用誘導弾用弾頭に関する研究を行うこと、及び目標への弾頭の効果を見積もるシミュレーションの精緻化のため、その危害予測に関する研究を行うことが必要である。

2. 目的

本研究の目的は、我が国島嶼部に対する攻撃への対応として、島嶼及びその周辺海域に展開する部隊等に有効に対処できる誘導弾用弾頭に関する研究及びかかる敵部隊に与える危害予測に関する研究を行い、それらの技術を確立することである。

図1の運用構想に示すとおり洋上に展開する敵空母等への攻撃能力をもつシーバスター弾頭及び島嶼周辺に展開する敵陸上部隊・艦艇を面制圧することを目的とした高密度 EFP(Explosively

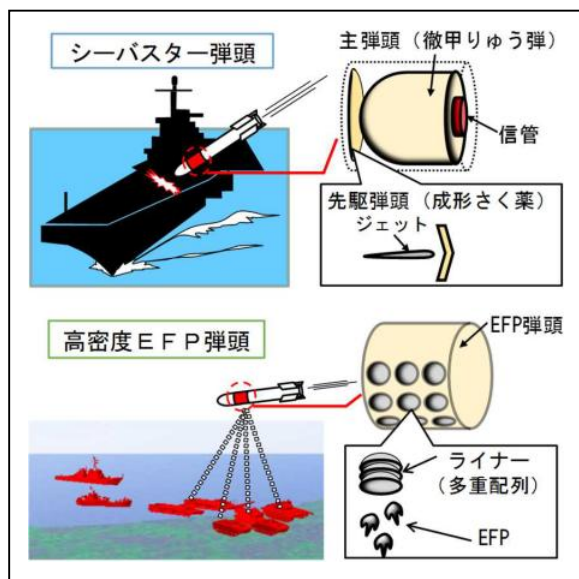


図1 運用構想

Formed Projectile:爆発成形弾)弾頭について、特定の誘導弾専用ではなく、プラットフォームを特定しない誘導弾用弾頭として研究を進めている。

3. 実施内容

本研究のうち、平成27年度～29年度の研究試作(その1)において、シーバスター弾頭と高密度EFP弾頭を試作した。また平成28年度～30年度の研究試作(その2)では、高衝撃に耐える必要があるシーバスター弾頭の信管部を試作した。

シーバスター弾頭は、空母の飛行甲板等の撃破を目標としており、高い貫徹力を実現するため先駆弾頭と主弾頭のタンデム型となっている。

高密度EFP弾頭は、地上に展開する侵攻部隊の車両等の面制圧を目的として、EFPと呼ばれる高速飛翔する金属片を弾頭1つ当たり数十個生成可能である。

図2に研究試作(その1)で製作した試作品のカット模型を示す。

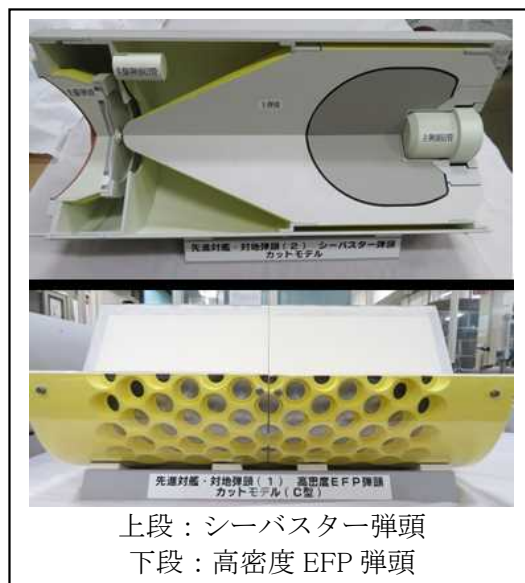


図2 研究試作(その1) 試作品のカット模型

令和元年度は、性能確認試験の一環として、高密度EFP弾頭で生成されるEFPの威力確認試験等を実施する。

本研究で獲得した新たな技術は、将来の誘導弾用弾頭の開発へ反映させる計画である。

*陸上装備研究所弾道技術研究部 終末効果・防護研究室

ハイブリッド動力システムの研究

○吉川毅*、椿尚実*、濱本善久*、小泉良太*、齊藤翔太*、小澤祐介*

1. 背景

将来の自衛隊車両には、不整地走破性や俊敏性といった機動性能に加え、自車の安全性を高めるため、ステルス性も重要になると考えられる。ハイブリッド動力システムは、複数の動力源を併用することで機動性及びステルス性が両立可能なシステムであり、当該システムを用いた車両は将来の自衛隊車両に有望と考えられる。

2. 目的

本研究では、機動性及びステルス性の向上に加えて、燃料使用量低減も期待できるハイブリッド動力システムを試作し、このシステムの性能及び効果について確認することで、将来、自衛隊車両に適用可能なハイブリッド動力システムを確立することを目的とする。

3. 概要

ハイブリッド動力システムを搭載した装軌式車両を用いて、陸上装備研究所において台上試験を行い、また札幌試験場(現:千歳試験場)及び北海道大演習場(東千歳地区)において実走行試験を実施し、機動性能等の評価を行った。表1に本ハイブリッド車両で達成した主要な諸元と性能を示す。

表1 主要な諸元、機能及び性能

車両寸法	全長 5.5m、全幅 2.8m、全高 2.2m
車両質量	約 13t
最高速度	約 75km/h
旋回性能	超信地旋回可能
燃費性能	約 44%向上
蓄電池走行時間	約1時間(10km/h時)

路上試験(図1)により加速・最高速度や旋回性能、静粛性等を、路外試験により不整地における燃費性能を評価した。また、ハイブリッド化による能力向上を評価するため、現有装備品である73式装甲車と、加速性能及び路外における燃費性能を比較した(図2)。その結果、加速性能が大きく向上し、また燃費は約44%向上するという結果

が得られ、ハイブリッド化による性能向上効果が確認できた。



図1 路上試験の試験状況



図2 73式装甲車との燃費性能比較

4. まとめ

自衛隊車両のハイブリッド化による能力向上を検証するため、ハイブリッドシステムを搭載した装軌車両を研究試作して性能評価を行った結果、従来型車両よりも機動性能や燃費性能が大幅に向上するという成果が得られた。また、ハイブリッド車両はバッテリーのみでも行動できるためステルス性が向上でき、車外への電力供給も可能なため将来の自衛隊車両の活用範囲を大きく広げられると考えられる。米陸軍との日米共同研究によるハイブリッド車両の試験評価方法の確立とともに、将来の自衛隊車両のハイブリッド動力化に向けて、引き続き研究を進めていく予定である。

*陸上装備研究所 機動技術研究部 車体・動力研究室

CBRN 対応遠隔操縦作業車両システムの環境認識向上技術の研究

○西野 司*1、奥部 陽一*1、山田 昌義*1、重松 康祐*1、渡邊 嵩智*1、
小泉 貴義*1、國方 貴光*1

1. 背景と目的

CBRN(化学 (Chemical)、生物 (Biological)、放射線 (Radiological) 及び核 (Nuclear) の略称)汚染環境下等の人が近づけない危険な状況において、情報収集や施設作業といった初動対応を遠方の安全な地点から遠隔操縦によって行うことが可能な自己完結型の無人車両システムである CBRN 対応遠隔操縦作業車両システム (以下「CBRN システム」という) の研究試作を実施した。この CBRN システムでは、車両ごとにカメラ等のセンサから得られる情報のみで作業を行うため、遠隔操縦による作業等には制約が生じていた。そこで、複数車両の情報統合による作業エリアの俯瞰表示技術、3D 地図作成技術の確立により環境認識性能を向上させ、遠隔操縦における走行及び各種施設作業性を向上させることを目的とした、本研究を実施中である。その運用構想図を図 1 に示す。

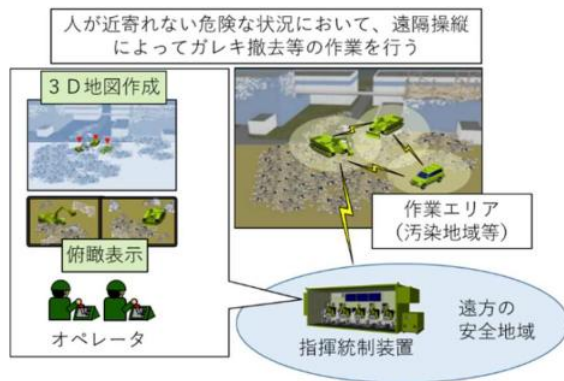


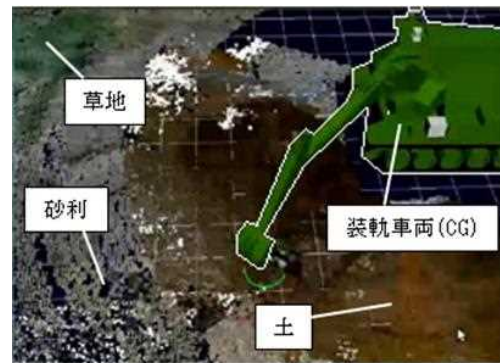
図 1 運用構想図

2. 研究内容

CBRN システムは、遠隔操縦装軌車両の他、油圧バケットアーム等の車両搭載作業装置、無線を中継するための中継器ユニット (車両) 及び各車両の遠隔操縦・指揮を行うための指揮統制装置から構成される。本研究では環境認識性能を向上させるため、既存の CBRN システムに対して、追加する 3D 点群色付け用カメラ、複数車両間で 3D 情報を融合するための通信機、LiDAR (Light Detection and Ranging: 照射したレーザー光が反射して戻ってくるま

での時間を計測することで対象物体までの距離を測るセンサ)、ソフトウェアの機能等について検討し、改修を行った。LiDAR で取得した車両周辺 3D 点群に可視カメラの対応する画素の色情報及び自車両の CG モデルを重ねることで、操縦者が車両周辺の環境を認識しやすいバードビューのような俯瞰表示が可能となった (図 2)。この俯瞰表示では原色表示や高さ表示等の切り替えが可能である。また、作業中に取得した 3D 点群情報に対して SLAM (Simultaneous Localization and Mapping: 自己位置推定と地図作成を同時に行う技術) 処理を行うことで、作業エリア全体を見渡せる 3D 地図作成機能を追加した。

(a) : 可視画像と同じ色を色付して表示



(b) : 高さ情報で色分けして表示

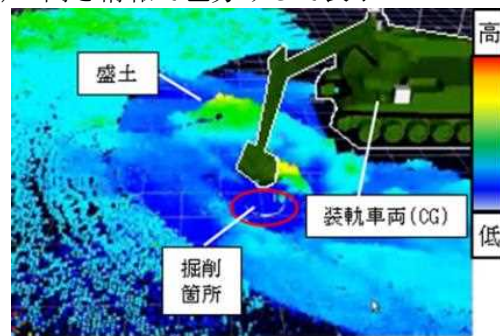


図 2 俯瞰表示の例

3. まとめ

本研究の成果により、作業エリア全体の環境認識性能が向上し、遠隔操縦による走行及び各種作業の安全化・効率化を図ることができる見通しを得た。

*陸上装備研究所 システム研究部 無人車両・施設器材システム研究室

将来軽量橋梁構成要素の研究試作

○浅倉太一*1鈴木洋史*1間山利勝*1市川智隆*1山田順一*1中田光洋*2

1. 背景

有事、大規模災害において河川、地隙等の自然障害及び人工障害を迅速に克服することを可能とする将来軽量橋梁構成要素に関する研究試作を実施中である。本研究試作は将来軽量橋梁に適用可能な材料、構造及び設計手法に関する技術を確立するために実施するものである。

2. 所内試験の成果

橋梁適用部位による積層構成の最適化、床版部へのアルミハニカム・サンドイッチ構造の適用等による構造様式の採用により性能向上することが、CFRP を適用した戦車橋の構造解析シミュレーションにより可能があることが分かった。その結果、将来橋梁への CFRP 適用への可能性を検討するため研究試作を行った。

3. 研究試作における基本設計の概要

図1に本研究試作における基本設計の流れを、図2に基本設計において検討した想定される装備品形態(以下「想定装備品」という。)の例をそれぞれ示す。基本設計では最初に、装備品として成立可能な搭載車種、運用条件、負荷条件、寸法、質量、架設時における車体バランス、ライフサイクルコスト等の検討を行った。

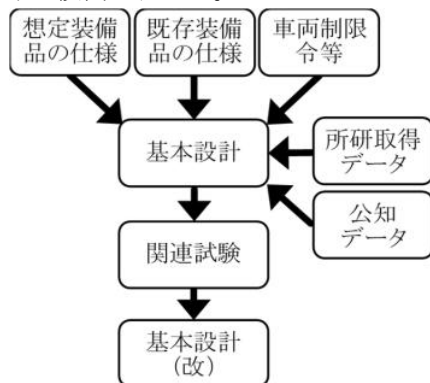


図1 基本設計の流れ

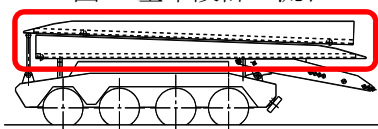
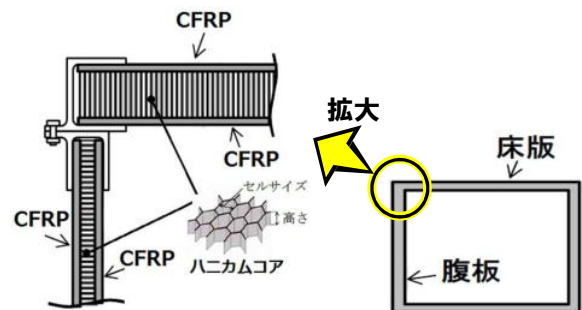
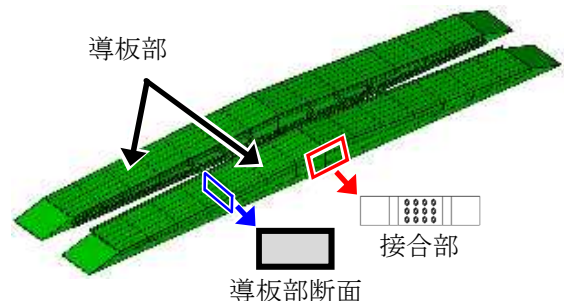


図2 想定装備品の例(戦闘車両タイプ)

次に検討結果から得られた想定装備品のうちの橋体部(図2赤枠部。以下「橋体部」という。)に割振られた重量及び寸法を元に橋体部の基本設計を実施した。図3に基本設計により導出した橋体及び導板部の概要を示す。基本設計の結果、導板部(橋体部のうちの車輪等が載る片側部分をいう。)の主要構造を比強度が高くかつ耐候性が高いCFRP及びハニカムコアとのサンドイッチパネルを用いることとした。また、橋体部を分離又は接合するつなぎ目であり、かつ大きな荷重が掛かる接合部は、CFRP及び金属を複数のファスナで結合する方式とした。



(a)橋体部概要



(b)導板部概要

図3 橋体部及び導板部概要

4. 今後の予定

詳細設計が終了した後、導板部及び接合部をそれぞれ 1/2 スケール及び 1/1 スケールで試作し、令和2年度に納入される予定である。また、同年度から強度特性等の把握及び設計手法の検証のための所内試験を開始する予定である。

*1陸上装備研究所機動技術研究部 障害構成・啓開研究室

*2防衛装備庁技術戦略部技術振興官付

次世代水陸両用車の研究開発を効率化する車両用シミュレータ

○上村圭右*1、竹田陽一*2、齊藤翔太*1、中尾健志*1、城間晴輝*1、清水俊彦*1、金子学*1

1. 背景及び目的

近年、シミュレーション技術を活用したモデル・ベース・デザインにより、研究開発の効率化が図られている。

自衛隊では、部隊の機動・展開、水陸両用作戦能力の強化が重要となっており、これに対処する装備品の研究開発を迅速・効率的に行うためには、このようなシミュレーション技術を活用することは極めて有効である。

本研究は、シミュレーションにより、水上、水際及び陸上の各領域における、次世代水陸両用車の構想段階から試験段階における性能の予測及び評価することを目的としている。

2. 研究の概要

本研究では、流体解析、水槽模型試験及び実車試験の結果を活用し、一般船舶と異なった複雑な形状で、周囲に生じる流体力等が船舶と異なると推測される水陸両用車へ適合する、シミュレーション技術のコアとなる操縦運動数学モデルを構築する予定である。

図1に数学モデルの構築の流れを示す。

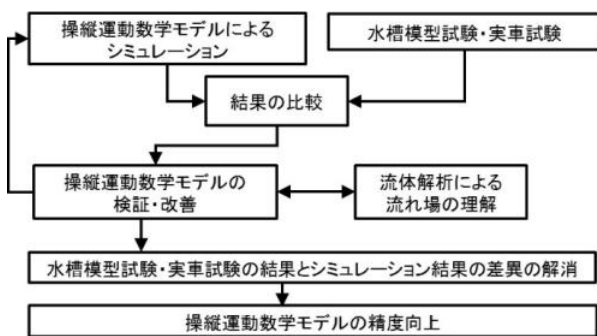


図1 操縦運動数学モデルの構築の流れ

操縦運動数学モデルを適用するシミュレータは、試験条件やシナリオの設定などを行う装置、車両運動や流体力計算などを行う装置、車両の模擬操縦席及び模擬視界を投影する装置から構成され、詳細な車両運動等の解析を行う機構運動計算及び流体運動計算による機動性評価及び操縦

者が模擬視界を見ながら行うマン・イン・ザ・ループシミュレーションによる、操縦性を含めた機動性評価が可能である。

本シミュレータは、操縦運動数学モデルによる流体運動計算とマルチボディダイナミクス及びテラメカニクスモデルによる機構運動計算に、パワーtrainモデルに基づいた駆動力計算を組み合わせ、浮力、接地荷重、波力等の車両への作用力の計算を行い、水陸両用車の上陸シミュレーションができることに最大の特徴がある。

図2に現有水陸両用車が海上航行後、水際域の斜面を登坂し上陸するというシナリオのシミュレーション結果を示す。図より、車両が斜面へ接地後、ピッチ角が斜面角度 30deg 付近まで増加、また、海面から浮上するにつれて浮力が減少し、接地荷重が増加している。上陸後は、ピッチ角は水平状態 0deg、浮力は 0kN、接地荷重は車両が海上で受けていた浮力相当の値となっている。本結果により、上陸時の車両運動を模擬できていることを確認した。

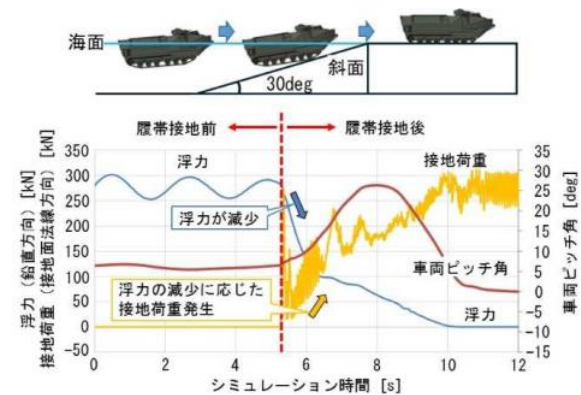


図2 海上航行・上陸シナリオのシミュレーション結果

3. まとめ

モデル・ベース・デザインの考え方を取り入れ、本シミュレータ上で次世代水陸両用車の構想段階から試験段階における性能の予測及び評価のプロセスをスパイラル的に実行し、先進的コンポーネントを組み合わせた次世代水陸両用車の実現可能性に関する研究開発を効率的に推進する。

*1陸上装備研究所機動技術研究部機動力評価研究室

*2技術戦略部技術戦略課技術交流室

航空医学実験隊における空間識訓練への取り組み

○岩本鉄也*、堀内有加*、丹羽祐太*、小澤正茂*、樋渡慧*、栗原浩一*

1. 空間識失調とは

空間識失調とは、操縦者が地表面に対する自機の動きや位置を正確に把握できなくなっている状態、又は航空機のコントロールやパフォーマンス計器が示す姿勢と操縦者の感覚が異なる状態をいう。地上においては、視覚、前庭感覚及び体性感覚によって、自分の位置や姿勢を正しく認識することができる。しかし、飛行中はこれらの感覚が全く機能しなかったり、時には誤った情報を提供したりすることがあるため、空間識失調に陥ってしまう。空間識失調は航空大事故に関与する要因として大きな割合を示し、米空軍においては、1993年から2013年の間に生じた全事故の34.1%に空間識失調が関与したとされている¹⁾。空間識失調への対策の一つとしては、座学などによる講義や地上装置や実機を使用した訓練などがある。

2. 航空自衛隊における空間識訓練

航空自衛隊においては、実機訓練前の飛行準備課程学生に対し、航空生理訓練の一環として、空間識失調に関する座学及び訓練を実施している。座学は、空間識及び空間識失調の定義、空間識を形成する感覚と空間識失調、空間識失調による事故、空間識失調対策等の内容から構成される。訓練は、空間識訓練装置(ETC社製 Gyrolab GL-4000)(図)を使用して空間識失調状態を体験させることで空間識失調が発生する状況を熟知させ、空間識失調に陥った場合に速やかに計器飛行へ移行する重要性を認識させている。空間識訓練装置は、模擬視界映像により気象条件や昼夜の時刻を変えることで、視覚性錯覚を誘発させると同時に、独立した4軸の回転制御(旋回主軸、ピッチ、ロール、ヨー)を行い、耳石器や半規管に刺激を与え、前庭性錯覚を誘発させることができる装置である。

3. 最近の取り組み

空間識訓練装置には回転翼機用のプロフィールが存在しない。米空軍によると回転翼機は飛行時間あたりの空間識事故率が固定翼機に比べると高いと報告されているため、現在回転翼機用模

擬プロフィールを作成し検証している。

また、例えば左にバンクをかけ始めた時、バンクをかけた当初はこの変化を感知できるが、全くの等速でバンクをかけ続けたとしても、数秒後には「全く動いていない」という錯覚に陥ってしまう。結果的に、この定常的なバンクが止まった時、今度は反対側、つまり、右側にバンクがかかり始めたという錯覚を感じてしまい、更に左バンクを深めてしまう。これをポストロール錯覚といい、その再現プロフィールの作成と検証に取り組んでいる。

4. 今後の計画

近年、空間識失調に起因すると思われる航空大事故が発生している状況に鑑み、航空生理訓練、特に空間識訓練の態勢整備強化施策が実施されている。現役操縦者に対しても十分な訓練効果を発揮し得るよう更なる訓練内容の充実が求められており、その一つとして過去の空間識失調による航空大事故の事例を疑似体験できるプロフィールを複数作成することを計画している。

また、今後は、現在実施している訓練項目の内容についても継続的にアンケート調査を行い更なる改善を図る予定である。



図 空間識訓練装置

参考文献

- 1) Poisson, R. J. & Miller, M. E., "Spatial Disorientation Mishap Trends in the U.S. Air Force 1993-2013", Aviation, Space, and Environmental Medicine, 85(9),919-924,2014

*航空自衛隊 航空医学実験隊 第4部

仮想現実環境を用いた模擬訓練遂行時の脳波(事象関連電位)計測

○荒毛将史*^{1,2,3}、太田宏之*⁴、鶴原亜紀*³、和知靖孝*⁵、相羽裕子*⁵、四ノ宮成祥*¹、
小林 靖*⁶、守本祐司*²

1. 背景

防衛医学先端研究(ストレス・レジリエンス分野)では、任務に就く隊員のレジリエンス(ストレス耐性やストレス反応からの回復力)の強化・増進による部隊の精強化を目的とした生物医学的研究を実施している。

本発表では、発表者が担当している研究項目「仮想現実(VR)を利用したレジリエンス強化」における脳波計測実験について紹介する。

2. 目的

ヒトが目的に合った行動をするための重要な脳機能であるエラー検出(自分の行為のエラーや意図とは異なる結果を認識し、行動を修正する機能)を反映する脳波(事象関連電位)であるエラー関連陰性電位(Error Related Negativity、以下「ERN」という。)はストレス状況でその振幅が減衰し、併せてエラー検出のパフォーマンスも低下する事が知られている。

そこで、ERN の可視化によるストレス負荷時のエラー検出維持を目的とした実験を進めている。

自衛隊の任務に近い状況でのエラー検出を検証するため、仮想現実(以下「VR」という。)を用いた実験を実施し、ヘッドマウントディスプレイ(以下「HMD」という。)を用いたVR環境(図1)でERNが計測できるか確認した。

3. 方法

20名の健常な成人を対象に、HMD を用いたVR 模擬訓練課題遂行時の脳波を計測した。

VR 模擬訓練課題では市販の軍事教練シミュレータを基に、課題遂行中の各種イベント(コントローラへの入力、受傷、敵との遭遇等)発生と種類をイベントマーカとして脳波計に入力可能とするよう改修したソフトウェアを用いた。

課題内容はVR 環境に表示された3次元空間を探索し、ゴール地点を目指しつつ敵と遭遇したら緊急対処行動を行うものとした。

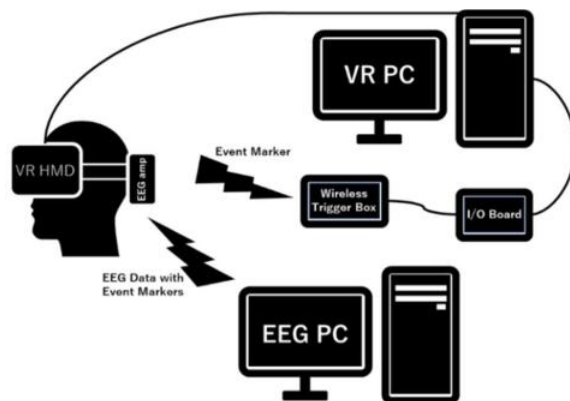


図1 実験の器材構成

4. 結果と考察

対処行動における実験参加者のコントローラへの入力時点を基準として脳波を切り出し、対処成功・失敗に分けて加算平均した。

その結果、入力から約100ミリ秒後を頂点とし、対処失敗の場合に振幅がより大きい陰性成分が前頭部優位に生起していた(図2)。潜時、頭皮上分布、推定された信号源及び失敗の際の振幅増加といった性質からERNであると考えられ、HMDを用いたVR環境でERNが計測できることが確認できた。

ポスターでは、そのほかに得られた事象関連電位や、各事象関連電位と課題成績との相関についても紹介する。

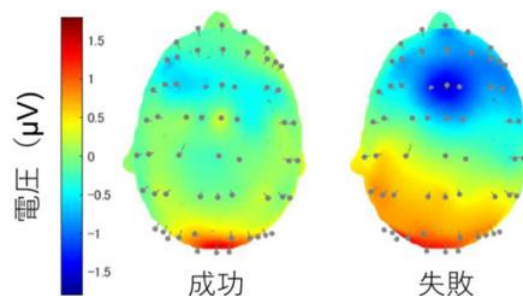


図2 コントローラ入力から100ミリ秒後の脳波(事象関連電位)の頭皮上分布

*¹防衛医科大学校分子生体制御学講座

*²防衛医科大学校生理学講座

*³航空自衛隊航空医学実験隊

*⁴防衛医科大学校薬理学講座

*⁵防衛装備庁先進技術推進センター

*⁶防衛医科大学校解剖学講座

合成開口レーダ画像からの目標類別

○上谷俊郎*¹、佐野裕香*¹、濱野健二*¹

1. 背景

現在、広大な領域を継続的に警戒監視するシステムの実現が求められている。合成開口レーダ(SAR)は、全天候型であり日中も夜間も運用可能なことから警戒監視への活用の期待が高い。しかし、SAR画像に写された目標の形状は不明瞭であり、判読のための時間と訓練を要する。そこでSAR画像からの目標類別を自動化するための深層学習の応用に関する研究を行っている。

自衛隊における人工知能の活用においては、その信頼性が重要な課題となる。AIの信頼性向上のために画像類別AIの判断根拠を可視化する手法は民間でも行われているが、レーダ画像で検証した例は少ない。

本研究では合成開口レーダ画像における目標類別AIの信頼性向上に関する検討を実施した。

2. 判断根拠の可視化

SAR画像の目標類別を行う深層学習のアルゴリズムに、CAM(Class Activation Mapping)¹⁾を実装した。通常の畳み込みニューラルネットワークは入力に画像を与えると、事前に学習したクラスの中から分類結果を出力する。出力は分類結果のみであり、なぜその出力を判定したかを確認することはできない。CAMを実装することで、入力画像を判定する際にニューラルネットワークが特に注目した部分をヒートマップにより可視化することができる。学習及び検証には、米空軍の公開SAR画像データセットMSTAR(Moving and Stationary Target Acquisition and Recognition)²⁾を使用した。

図(a)は1両の車両を撮影目標としたMSTARにおけるSAR画像と、CAMにより生成したカラーマップを並べたものである。赤くなっている部分はAIが特に注目した部分を示しており、目標周辺に注目して判断したことが分かる。図(b)も同様にSAR画像からCAMによりヒートマップを生成したものであるが、画像中央の目標ではなく背景部分に注目してしまっていることが分かる。実際に図(b)の場合には入力画像に対して間違った類別結果を出力していた。上記より、CAMによる判断根拠の可視化はレーダ画像にも有効であることが分かった。判断根拠の可視化によりAIが注目しやすい部分を把握することで、学習データの質の向上を図ることができる。

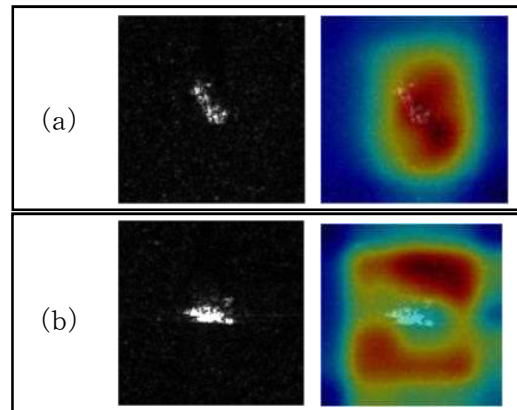


図 SAR画像(左)とCAMによるヒートマップ(右)

3. 未学習の目標に対する挙動

MSTARの10車種のうち9種のみで学習し、未学習の残り1種を入力した際の挙動を検証した。

ニューラルネットワークによる深層学習では未学習の目標に対し正しい類別結果を出力することはできず、必ず学習したラベルのどれかに割り当ててしまう。あらかじめ未学習の目標を入力したときのAIの挙動を把握しておくことによって、出力結果が未学習の目標であるかどうかを判断できる可能性がある。

未学習目標を入力したときの類別結果を確認したところ、可視画像で見た場合とレーダ画像で見た場合のAIが判断する類似性は異なる傾向があることが分かった。より詳細な検討のためには、1枚ごとの画像類別時における判断根拠の可視化や各ラベルへの出力スコアの分析等が必要と考えられる。

4. まとめ

SAR画像目標類別へのAI活用における信頼性向上に関する研究結果を示した。これらの成果をもとに、警戒監視の自動化の実現に向けて着実に研究を進展させる必要がある。

参考文献

- 1) B.Zhou et al, "Learning Deep Features for Discriminative Localization" IEEE CVPR 2016.
- 2) U.S. Air Force. MSTAR Overview. <https://www.sdms.afrl.af.mil/index.php?collection=mstar>

*¹電子装備研究所情報通信研究部サイバー情報研究室

サイバーセキュリティ技術の研究

○石丸光宏*、青山貴彦*、惣島雅樹*、中村武憲*、奥本有樹*、増田裕貴*、小森旭*、亀田健一*、田平親*、手島哲郎*

1. 背景及び目的

防衛省・自衛隊は、システム及びネットワークを利用した指揮統制及び情報共有により、確実な任務遂行を行う。しかし、サイバー攻撃等により、システムやネットワークに影響が生じた場合、効果的な指揮統制及び情報共有が妨げられ、任務の確実な遂行が困難となる。

そのような状況を避けるため、サイバー攻撃等が発生した場合においても、迅速な状況把握・対処を行うことにより、作戦・指揮に必要となる重要システムの運用継続とサイバー攻撃の被害拡大防止を実現することが求められている。そのためには、「サイバー攻撃に対する隊員の判断対処の練度向上」と「サイバー攻撃等の発生後に運用可能な状態に回復する能力の構築」が不可欠であり、そのための効果的な演習環境や、運用継続性のあるシステムの実現が必要となる。

本発表では、上記を実現するために取り組んでいる2つの研究について紹介する。

2. サイバー演習環境構築技術の研究

「サイバー攻撃に対する隊員の判断対処の練度向上」に資するため、平成 25 年度から 29 年度にかけて基地等で高速なネットワークを用いて固定的に使用されている固定系システムを対象としたサイバー演習環境構築技術の研究を実施した。

平成 30 年度からは、固定系と比較して低速な無線ネットワークで構成され、野外で運用する移動系システムを対象とした移動系サイバー演習環境構築技術の研究を実施している。

効果的なサイバー演習を実施するためには、実際に業務で使用しているシステムと同等な環境において、隊員のスキルに応じた柔軟な演習シナリオ等を実現する必要がある。そのため移動系サイバー演習環境構築技術の研究では、ネットワーク速度等に制約のある環境で、サイバー攻撃状況の再現、制御や情報収集等を実現するための技術を検証する、移動系サイバー演習環境実験装置の設計を現在進めている。

3. サイバーレジリエンス技術の研究

「サイバー攻撃等の発生後に運用可能な状態

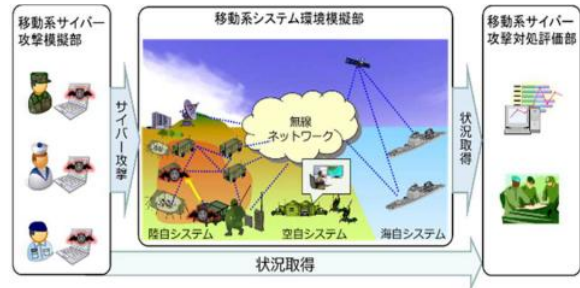


図 1 移動系サイバー演習環境構築技術の研究



図 2 サイバーレジリエンス技術の研究

に回復する能力の構築」に資するため、平成 29 年度から、サイバーレジリエンス技術の研究を実施している。本研究において、サイバー攻撃等の発生時に、システム、ネットワーク上の各種情報を横断的に収集し解析を行う統制機能により迅速な自動対処を行い、マルウェア等の感染拡大防止及び重要システムの運用継続を実現するサイバーレジリエンス実験装置を試作した。

設計にあたっては、各種状況に応じて重要となるシステムが変化した場合にも迅速に対処可能なこと、複数拠点やネットワークがサイバー攻撃等の被害を受けた場合においても対処可能なこと、統制部自身が攻撃を受けた場合にも統制機能が維持できること等、防衛省・自衛隊の運用継続を考慮した設計を行った。

現在、令和元年 10 月から開始した所内試験において、各種状況を想定した評価を行っているところである。

*電子装備研究所情報通信研究部サイバーセキュリティ研究室

高機動パワードスーツの研究

○関口将弘*、村上桌弥*、小林一穂*、松沢純平*、南亜樹*

1. 背景・目的

先進技術推進センターでは、平成27年度から「高機動パワードスーツ」の研究を行っている。この研究では、民生品のパワードスーツに比べ、重量負担を軽減しつつ、野外の不整地においても、駆け足のような迅速機敏な行動ができるパワードスーツを目指している。

現在、パワードスーツ技術は民生分野においても研究開発が進んでおり、介護従事者用やリハビリ支援用、物流業界向け等のパワードスーツが既に製品化されている。しかしこれら民生品のパワードスーツは、歩行動作の支持や平地での重量物運搬を主な目的としており、アシストされる動作が歩行に限られている場合や室内環境での使用を前提としている場合が多い。

一方、自衛隊に必要とされるパワードスーツは、災害派遣等の任務において隊員の装備品や救助する負傷者の重量を支持すると同時に、歩行だけでなく駆け足のような素早い動作を可能とし、砂地や山岳地、泥濘地等の不整地にも対応する必要がある。このため、民生品のパワードスーツに比べ高い機動性を実現し、かつ野外の不整地においても安全に運用できるようなバランス制御の安定性を確保することが求められる。

本研究では、重量を支持しながらも素早い動作を行うために、外骨格構造により重量負担を受け持ちつつ、人間の動作に追従できる機構を備える、下肢に装着するパワードスーツの試作を行った。

2. 研究内容

研究の手法としては、プロトタイプ的设计・製造と試験評価を短期間で繰り返し、試験データ、装着者(陸自隊員)の意見等をパワードスーツの設計に随時反映するスパイラル的な研究試作を行い、試作品を平成29年度末に完成させた。

平成30年度からは、試作品を隊員が装着して、高機動パワードスーツの性能評価を実施している。実験室環境では、三次元動作解析装置、床反力計付トレッドミル等の器材を用いて動作解析を実施し、高機動パワードスーツの基本性能等について評価を実施した。その後、陸自演習場において、特に災害派遣任務で運用される際の環境を模擬

した試験を行い(図1)、改善ポイントの抽出を行った。現在は、得られた試験データをもとに、改良型のパワードスーツを製造しているところである。なお、パワードスーツのユーザビリティやデザインについても、陸自隊員との意見交換会等を実施し(図2)、実際の運用者の率直な意見を設計に反映できるよう取り組んでいる。

3. 今後の予定

今後は、これまでの試作・試験で得られた成果を反映して製造している改良型のパワードスーツを用いて、試験評価と改良ポイントの抽出を繰り返すことを行い、災害派遣任務において隊員の負担軽減等に寄与するパワードスーツの早期実用化を目指し取り組んでいく。



図1 災害派遣任務を模擬した野外試験の様子



図2 陸自隊員との意見交換会の様子

*先進技術推進センター研究管理官(第1技術領域担当)付 協調ロボットシステム技術推進室

過酷環境における認知的負担の推定に関する研究

○和知靖孝*1、相羽裕子*1、荒毛将史*2、太田宏之*2、守本祐司*2

1. はじめに

高度に情報化が進む現在、隊員は時として過酷な環境下において、周囲の状況を認識・処理し、最適な行動を判断し、装備品を操作する必要がある。身体的負担が少ない場合でも、目や耳を通して入ってくる大量の情報の処理によって、脳が過負荷状態になり、ミスが増加することも考えられる。このような厳しい環境で、多くの情報の迅速な処理が求められる隊員をサポートするには、認知状態を推定し、認知的な負担の低減、装備品の操作性向上等が必要になる。そのためには、まず認知状態の負担の計測・評価に係る技術の確立が必要である。

防衛装備庁先進技術推進センターでは、認知的負担の計測・評価技術として、脳活動の情報による客観的・定量的な評価技術について検討を進めている。

2. 認知的負担の推定技術

認知的負担の一般的な評価方法として、主観評価、行動指標がよく用いられるが、近年では生理指標を用いた評価方法も注目されている。特に脳機能イメージングの技術については、ウェアラブル技術、機械学習技術の適用により、人間の多様な認知活動の定量化が可能となりつつある。

現在、我々は脳の電気的な活動である脳波の計測及び近赤外分光法による脳血流の計測を用いた、認知的負担計測・評価技術の検討を実施している。基準となる単純な課題を実施中に取得した脳波データにより、認知的負担を評価する「ものさし」として評価モデルを作成し、これを用いて、より複雑なマルチタスク課題での認知的負担度を評価した。

認知的負担の評価手法として、n-back 課題 ① (図 1) という、1-back, 2-back, 3-back と数字が大きいくほど認知的負担が大きくなる課題を実施し、実施中の計測脳波データによって、認知的負担を 3 段階のレベルに分け、評価のための識別モデルを作成した。このモデルを用いて、未分析の脳波データから負担度を識別し、識別性能を確認した。モデルの作成には深層学習の手法を使用し、従来よく用いられる手法よりも識別性能を向上できることを確認した。このような脳波による負

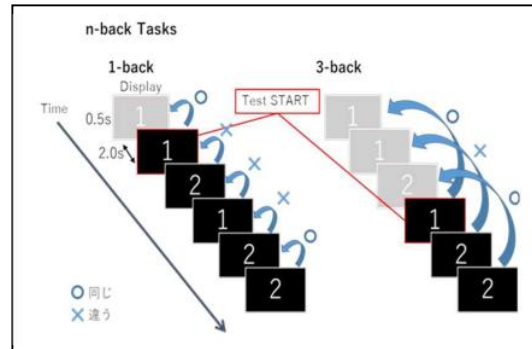


図 1 n-back 課題の例



図 2 マルチタスク課題実施の様子

担度評価と、主観、行動指標を組み合わせることで、より詳細な解析が可能となり、且つ、主観や行動指標だけでは把握し得なかった認知的負担度の時間変化についても考察できるため、従来以上に隊員の認知的負担の程度を把握しうるという結果を得た。

また、このモデルによって課題実行中の認知的負担度を、リアルタイムにモニタリングできる機能を仮作し、その時々で隊員の認知状態に応じた支援の必要性を確認した

3. まとめ

隊員の認知的負担を把握することによって、適切な自己管理や組織管理を実現でき、ヒューマンエラーの防止等への応用も可能となると考える。今後は、思考や認知のイベントに関連して生ずる脳波等も活用して隊員の認知的負担をサポートする手法について検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) Kirchner, Wayne K. "Age differences in short-term retention of rapidly changing information." *Journal of experimental psychology* 55(4) 352-356, 1958.

*1先進技術推進センター研究管理官(第1技術領域担当)付認識拡張技術推進室

*2防衛医科大学校

化学剤呈色反応識別装置

○小栗圭司*1、内田信*1、櫻井弘哉*1、大西洋一*1、武田仁己*2

1. 背景・目的

化学兵器による事案が発生した場合、現場において迅速に検知・識別を行い、適切な方法で被害を局限化することが重要である。化学剤の検知・識別手法として様々な手法が考案されているが、その中でも呈色反応を利用するものは小型軽量化が容易であり、価格も安価であることから主に使い捨て型の検知器材として広く利用されている。他方、このような検知器材を用いた検知は目視による確認が基本となるため、個人差や暗闇等での視認性低下という課題を抱えている。

先進技術推進センターでは、平成28年度より令和元年度にかけて、米陸軍の研究機関と化学剤呈色反応識別装置に係る共同研究を実施してきた。本研究では、気状化学剤の検知器に適用される呈色反応を光学的に読み取り、その結果を自動的に識別する装置を設計・仮作し、その有効性について確認した。

化学剤実剤による試験を実施した。取得したデータから識別アルゴリズムを構築し、その識別性能を確認した。引き続き、化学剤の検知・識別手法について、研究を進めていく予定である。



図 化学剤呈色反応識別装置の概要図

2. 研究内容

本研究では、呈色反応を利用した化学剤の検知器として、米陸軍の装備品である M256A2 化学剤検知器キットに含まれる気状化学剤用検知器（以下「M256A2」という。）を対象とした。M256A2 はアンプル中の試薬を反応面に染み込ませることで、化学剤に触れた場合に反応面の色の変化（呈色）し、化学剤の有無を判別する検知器である。本研究において設計・仮作した化学剤呈色反応識別装置は、M256A2 が持つ神経剤、血液剤、びらん剤の3種類の化学剤に対応する反応面を CMOS センサによって読み取り、反応面の呈色から化学剤の有無を判別する装置である（図及び表）。日本及び米国において、各種温度条件における化学剤実剤の試験を実施し、化学剤による反応面の呈色に関する画像データを取得し、そのデータから識別アルゴリズムを構築し、識別性能を確認した。

3. まとめ

呈色反応を利用した化学剤の検知器である M256A2 の結果を自動で識別する小型軽量の識別装置を設計・仮作し、日本及び米国において

表 化学剤呈色反応識別装置の諸元等

項目		諸元
筐体及び全体	寸法	114 mm×76 mm×69 mm (突起物除く)
	質量	220 g (うちバッテリー 48.5 g)
	材質	PC/ABS 樹脂等
表示部	装置状態表示用 LED	単色 LED (緑) × 1
	判定結果表示用 LED	2色 LED (黄緑・赤) × 3
	ディスプレイ	LCD ディスプレイ 102×64 dots
計測機能	イメージセンサ	CMOS センサ × 3個
	内蔵センサ	温湿度センサ × 1個
	光源灯	LED 照明 × 3個
演算部	CPU	Quad ARM Cortex-A9 1.2 GHz
	OS	Linux
I/F	USB	Micro-B × 1

*1先進技術推進センター研究管理官(第2技術領域担当)付 CBRN 脅威対処技術推進室

*2先進技術推進センター技術交流調整官

CBRN 脅威対処への取組み

○大西洋一*、岡本弘美*、橋本久美子*、石渡昌雄*、伊達知晃*、櫻井弘哉*

1 背景・目的

敵の殺傷を目的として病原菌や毒物を用いる生物化学兵器の歴史は古く、紀元前のペロポネソス戦争や中世の百年戦争で用いられたとされている。近代の第一次世界大戦では大規模に化学兵器が使用され、甚大な被害が出た。一方、有事の場面以外にも、地下鉄サリン事件、米国の炭疽菌事件、化学剤による暗殺／暗殺未遂事件等、有害物質を用いた事件が近年も散発しており、我々は、潜在的な化学剤、生物剤の脅威の中で暮らしているといっても過言ではない。また、東日本大震災に伴って発生した福島第一原子力発電所の事故に見られるように、放射能の脅威への備えも忘れてはならない。先進技術推進センターでは、先進技術を活用して、これら所謂 CBRN 脅威 (C: Chemical, B: Biological, R: Radiological, N: Nuclear) から隊員を守るための各種技術についての研究開発に取り組んでいる。

2 取組みの概要

有害物質から身を守るためには①検知、②防護、③除染の3つの要素に関する技術が重要である。まず①検知は、民生分野におけるガス分析器や病原菌検出技術をベースとして、装置の小型化・低コスト化等に取り組んでいる。②防護は、民生分野のガスマスク、繊維材料技術、表面加工技術等を基本として、任務に応じた生理負担軽減とのバランスに取り組んでいる。③除染は、電子機器類を化学反応で損傷させることなく、容易に除染可能な薬剤や手法について研究している。更に、人体や環境にやさしい除染剤の研究にも取り組んでいる。また近年、こうした要素技術に加えて、有害物質が飛散する事件等が発生したときに、被害を局限するとともに効果的に対処するため、時々刻々と変化する拡散状況の把握及び予測を行うシステムの研究にも取り組んでいる(右図参照)。

3 関連技術分野

これらの有害物質から身を守るための研究は、化学、物理学、生物学等の理学的観点に加え、電子、機械、材料等の工学的観点や、薬学、医

学、人間工学等の観点等が組み合わさった学際的研究であり、研究開発の遂行に当たっては、広範な技術分野からの知見や協力が欠かせない。当日は、取組みの概要に加えて、当室で実施している具体的な研究の一端を紹介する。来訪者からの様々な意見・コメントを期待する。

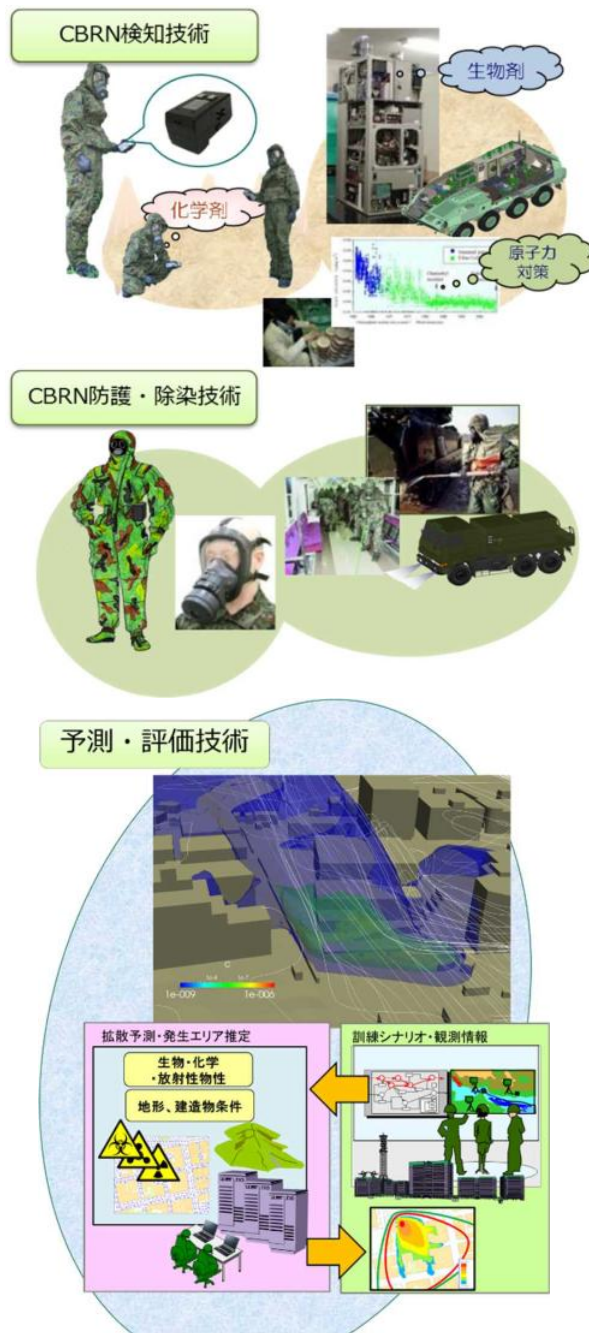


図 CBRN 脅威対処技術

*先進技術推進センター研究管理官(第2技術領域担当)付 CBRN 脅威対処技術推進室