

飯岡支所におけるRCS計測評価について

○伊藤敏晴*

1. 背景

小型航空機、艦艇、車両等の残存性向上のため、形状や電波吸収材等による低RCS(レーダ反射断面積)化が重要視されてきている。その有効性を確認するためには、実機または実機大模型のRCS計測評価技術が必要となるが、現在、国内に小型航空機大の目標のRCSを計測するシステムは無く、先進国に比べて立ち後れている現状である。低RCS化を図った装備品等を開発しても国内でその対レーダ被観測性、いわゆるステルス性を評価できない恐れがあり、早急にRCS計測評価技術を確立することが求められている。

2. RCS計測評価に関する研究と施設整備

電子装備研究所飯岡支所ではこれまで縮小模型や部分模型を対象にRCSの計測評価を実施してきた。しかしながら、電波吸収材等の電波の周波数に依存する材料が使用されている場合には縮小模型の縮尺にあわせて電波の波長(周波数)を替えて計測する手法は適用できない。また、部分模型の計測では多重反射等の他の部分との相互作用による影響が評価できないという問題がある。低RCS化を図った装備品等においてはそれらの影響が相対的に大きくなるため、実機または実機大模型の計測評価技術の確立が必要となる。

低RCS化を図った装備品等のRCS計測評価技術を確立するため、飯岡支所では現在屋外における計測評価技術の研究を実施している。この研究では、飛行中の航空機、航行中の艦艇、走行中の車両等のRCSを計測する動的計測、模型等の対象を静止した状態で計測する静的計測、及び、対象の形状や材質等から電磁界解析によるRCS推定結果を比較検証しステルス性を評価する技術の確立を目的としている。現在、研究試作したステルス評価装置について試験を実施し研究を進めているところである。

また、飯岡支所ではRCS計測施設の整備も並行して進めている。この施設整備は、小型航空機大の対象を静的に計測するためのRCS計測場と、計測対象を組立・保管するための組立場等から構成される。大型の対象を静的に計測する場合、対象に電波が位相を含め均一に照射されることを模擬するために計測距離が必要となる。本RCS計測場は計測距離 440m を確保し、小型航空機



図1 屋外計測評価技術の研究運用構想図

大の対象を電波の周波数Ku帯以下において計測が可能としている。また、計測場はアスファルト舗装により、地面での反射等による背景雑音の変動を抑圧し、計測精度の向上を図っている。この施設整備とステルス評価装置の研究試作により、小型航空機大の対象のRCSを精度良く静的計測することが可能になる見込みである。

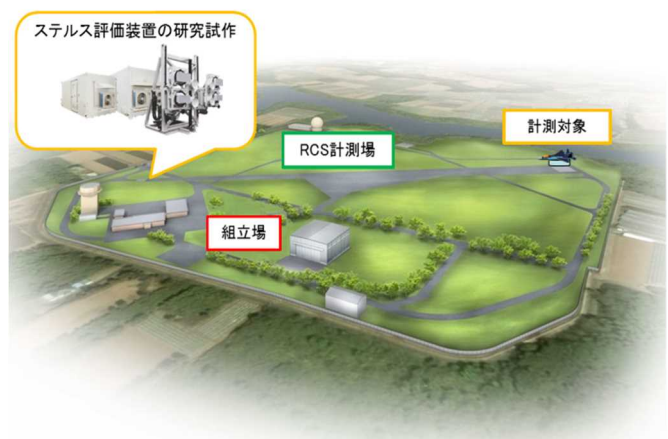


図2 飯岡支所のRCS計測施設整備完成予想図

RCSに関する屋外計測評価技術の研究及び計測施設の整備を進めていくことにより、RCS計測評価方式を確立し、低RCS化を図った装備品の開発等において対レーダ被観測性の評価に貢献できるものと考えている。

*電子装備研究所 飯岡支所

軽量戦闘車両システムの研究(その1)フィージビリティスタディ

○杉山精博*¹ 姫路裕二*² 勝山好嗣*³ 松澤豊樹*⁴

1. 研究の背景と目的

陸上装備研究所では、平成22年度より、非対称戦闘、島嶼部侵攻対処などの新たな脅威や多様な事態に対応するために、軽量コンパクトでありながら火力、防御力、機動力を有する軽量戦闘車両システムの実現性に関する研究を行っている。その具体的構想は火炮型と耐爆型からなり、空輸性を考慮して軽量とし、駆動方式はインホイールモータによる6輪独立駆動方式である。火炮型は直接・間接照準射撃可能な低反動砲の搭載を、耐爆型は耐爆性を有する耐爆構造の採用をそれぞれ特徴としている。図1に運用構想図を示す。

本研究では、シミュレーションによりシステムの成立性検討を実施するため、シミュレーションモデル(以下、「フィージビリティモデル」という。)を作成し、併せて重要となる構成要素の試作・試験を実施して、スパイラル的にフィージビリティモデルの精緻化を行っていく。

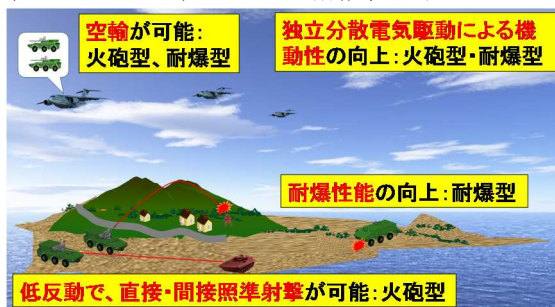


図1 運用構想図

2. 研究の内容

本研究では、火炮の低反動化技術、爆発物等の脅威から乗員を防護する乗員防護技術、乗員防護と走行安定性を両立した独立分散駆動型電気駆動システム技術及びそれらを取りまとめ、機動性に優れた車両の小型・軽量化を実現するためのシステム設計を実施する。

システム設計においては、軽量戦闘車両システムを概定するとともに、各構成要素の機能・性能をパラメータとした戦闘車両システム全体の評価が可能なシミュレーションスタディ

に用いるフィージビリティモデルを作成した。その後、各構成要素の試作・試験により得られた結果をシステム設計及びフィージビリティモデルに反映し、精緻化を図り、軽量戦闘車両システムの実現性を検討している。

軽量戦闘車両システムの概要を図2に示す。

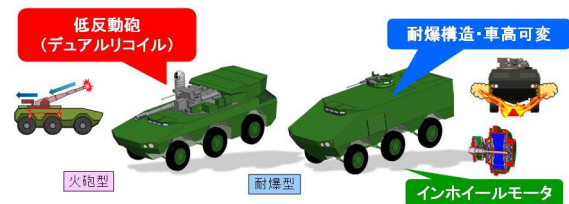


図2 軽量戦闘車両システムの概要

3. 試験の内容

(1) 低反動砲試験

デュアルリコイルシステムを用いた火炮の低反動化の実現性を確認した。

(2) インホイールモータ試験

車輪のハブに収まる小型なインホイールモータの冷却性能を確保することにより、小型軽量なインホイールモータ単体の実現性を確認できた。なお、6輪全てインホイールモータを用いた車両としての実現性は、今後防護構造車両試験により確認する。

(3) フィージビリティモデル試験

フィージビリティスタディにより、射撃安定性、耐爆性等について確認できた。図3にフィージビリティモデルの例を示す。

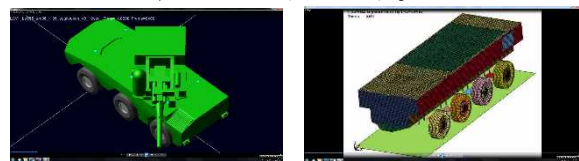


図3 フィージビリティモデルの例

4. 今後の予定

引き続き、各種試験を実施し、得られた成果をシステム設計及びフィージビリティモデルに反映、これらを精緻化するとともに、軽量戦闘車両システムの実現可能性について検討する予定である。

*¹陸上装備研究所システム研究部 火力システム研究室 *²戦闘車両システム研究室*³装備政策部装備政策課 装備情報室 *⁴陸上装備研究所付

軽量戦闘車両システムの研究(その2)乗員防護技術

○池田 翔* 江刺家 大亮* 阪本 雅行* 塚田 佑貴* 油井 慶康*

1. 研究の目的

軽量戦闘車両システムの研究で想定する耐爆型車両は、爆発物等の脅威による爆風に対して乗員を防護可能でなければならない。

爆風に対する乗員防護は、自動車衝突における乗員防護と多くの共通点を有するものの、車両にごく短時間に極めて大きな負荷が上下方向に加わる等の特色を有している。また、運用場面での被弾を想定した場合、多様な被弾条件に対応した乗員防護を検討する必要があるが、実施回数等制限のある実爆実験のみでは、十分な乗員防護に関する検討を実施することは困難である。そこで、図1に示すような数値解析を活用した対爆風乗員防護に関する設計・性能検証手法を確立する必要がある。

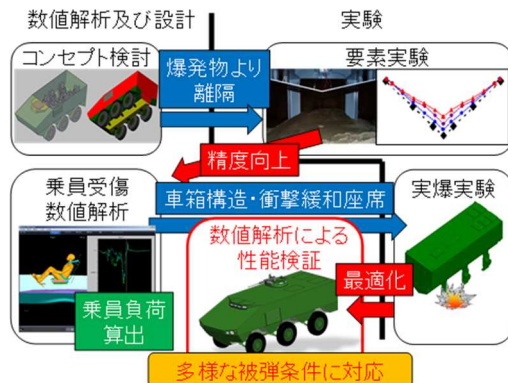


図1 数値解析を活用した設計・性能検証

2. 設計・性能検証方針

本研究では、対爆風乗員防護に関する設計・性能検証に、有限要素解析と多体運動解析を組み合わせた数値解析手法を用いた。このような手法を用いることにより、脅威の起爆、爆風による車箱の変形・運動(上昇)及び車箱の地面落下といった一連の事象を対象として、車箱構造の変形・破壊挙動のみならず、図2に示すような乗員挙動・負荷の予測も効率的に実施することが可能となった。

数値解析を活用した設計は、要素実験を通じてその精度を高めつつ進めた。さらに、耐爆型車両の主要構成要素である車箱構造や衝撃緩和座席

を含む原寸大模型を試作し、これに人体ダミーを搭載して実爆実験を実施して、その負荷等を計測した。その上で、数値解析と実爆実験の結果を比較することにより、乗員挙動・負荷の予測を含む数値解析手法の最適化を図った。

3. 設計結果

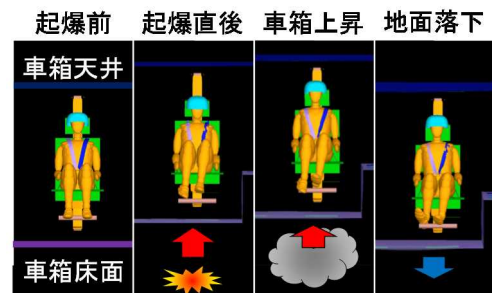


図2 乗員挙動・負荷の評価

コンセプト検討では、地上高を大きくとり、地面に設置された爆発物から車箱を隔離することが、車箱に伝達する衝撃を軽減する上で効果的であることが分かった。ゆえに、本研究では、インホイールモータと可変懸架装置を組み合わせることにより、車両としての安定性と大きな地上高を両立させたコンセプトを採用した。

次の段階では、詳細な車箱構造や乗員配置を考慮した数値解析を実施した。その結果、乗員の車箱床面及び天井への接触防止が、受傷防止に極めて重要であることが分かった。この結果を受けて、車箱床面の変形を極限するV字型底板と十分な頭上クリアランスを有する車箱構造を採用した。さらに、この車箱構造に乗員への衝撃伝搬を低減する機能を有する衝撃緩和座席を組み合わせることにより、爆風から乗員を防護可能な耐爆型車両を設計した。

4. 今後の予定

最適化した数値解析手法を用いて、軽量戦闘車両システムの対爆風乗員防護設計の更なる改善を図り、火力及び機動力の面からの検討を含めて、その成立性を検証する予定である。

*陸上装備研究所弾道技術研究部 火力・防護力評価研究室

サイバー攻撃対処に関する研究

○加賀智也*、佐野裕香*、城間晴輝*、小森旭*、亀田健一*、坂下圭一*

1. 緒論

防衛省・自衛隊の保有するシステム及びネットワークは、平素から様々なサイバー攻撃の脅威を受けており、効果的な指揮統制及び情報共有が妨げられる危険に曝されている。それゆえ、指揮システムに対するサイバー攻撃等が発生した場合において、防衛省・自衛隊の作戦・指揮に必要なシステムの機能維持と、サイバー攻撃による被害拡大の防止を両立させることが求められている。

被害拡大防止と運用継続を両立させるためには、サイバー攻撃に対する「隊員の練度向上」と「任務遂行能力の確保」が必要となる。今回は上記を実現すべく実施中の2つの研究について報告する。

2. サイバーレンジ技術の研究

本研究は、指揮システムを模擬した実践的なシミュレーション環境でサイバー攻撃対処の訓練を行い、対処効果などについて評価を行い、サイバー攻撃対処の最適化と練度向上を図ることが可能なサイバー演習環境の構築に必要な技術を取得し、サイバー攻撃対処能力を強化するためのサイバー演習環境の構築に反映することが目的である。

サイバー演習環境を使用して訓練・演習を行い、サイバー攻撃対処の最適化と練度向上を図るためには、演習シナリオの質と作りやすさや演習環境が実際に業務で使用しているシステムと同等な環境であることが重要である。

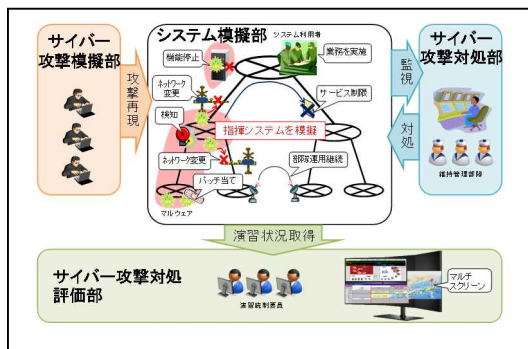


図1 サイバーレンジ技術の研究
運用構想図

本研究では指揮システムが使用される状況を

想定したシナリオに対して、サイバー攻撃を状況付与することで、実戦的な演習シナリオを簡易に作成することが可能な方式を設計した。また演習で用いる模擬環境については、防衛省・自衛隊が実運用で使用している指揮システム等を模擬した環境を構築することで、より高い演習効果が得られる設計とした。

3. 動的セキュアネットワーク技術の研究

本研究はサイバー攻撃による被害があった場合でも「任務遂行能力の確保」を実現するための研究である。サイバー攻撃発生時等において、防衛省・自衛隊のネットワークの安定的・効果的利用を維持し、任務を遂行するために、重要通信の経路確保と被害拡大防止を両立するためのネットワーク統制技術を取得し、将来の防衛省・自衛隊のネットワークに反映することが目的である。

防衛省・自衛隊が用いるネットワークは各種事態に応じて動的に重要通信が変化するため、このような状況に応じ迅速なネットワーク制御ができることが重要である。

本研究では各種状況等の変化に応じて統制処理を行う方式及びサイバー攻撃等により統制機能に損失が発生した場合においても経路を維持する方式について現在設計を進めている。

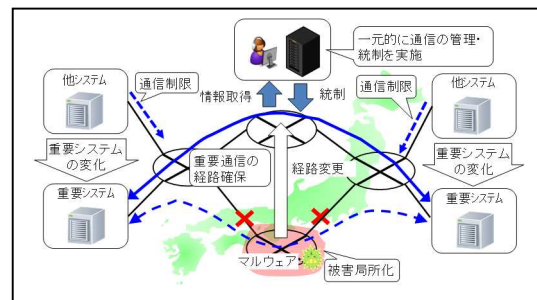


図2 動的セキュアネットワーク技術
の研究 運用構想図

4. 今後の取り組み

今回報告する研究は現在、試作品の設計及び製品試験の段階であり、今後は性能確認試験を行い設計した手法等について検証を行っていく予定である。

*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

2波長赤外線センサを用いた2波長融合処理について

○小山正敏*、木部道也*、長嶋満宏*

1. 緒論

一層多様化する自衛隊の任務及び活動地域に応じた警戒監視・情報収集能力の確保のためには、赤外線センサの2波長化及び融合処理による目標探知識別能力の向上が効果的である。本発表では、平成20～25年度にかけて実施した、最先端の赤外線センサの1つである2波長QDIP（Quantum Dot Infrared Photodetector：量子ドット型赤外線センサ）に関する研究成果、及び1024×1024画素の高精細な2波長QDIP等を用いて各種目標を撮像した野外試験結果を通じ、2波長融合処理の有用性について報告する。

2. 概要

地上において遠距離の目標を撮像するのに適している赤外線の波長は、中赤外域と遠赤外域の2つの帯域がある。中赤外域においては、ライターの炎などの高温目標の検知に適しているのに対し、遠赤外域は常温物体等の比較的低温の目標の検知に適している。2波長QDIPはこれらの2種類の赤外線を同時にかつ画素ずれなく検知できるため、2つの波長帯域の特性を活かし、状況に応じて使い分けることにより運用場面の拡大が見込まれる。

このような効果に加え、2つの波長域の放射率・反射率の違いを利用した2波長融合処理を行うことにより、これまで見つけにくかった目標の抽出が可能となる。

赤外線センサで目標を捜索する場合、太陽光による反射（太陽光クラッタ）が背景に多数存在すると目標との判別が困難となる。このような場合、太陽が6000K程度の高温の放射体であり、かつ、中赤外域及び遠赤外域の2つの波長域でその輝度が大きく異なることを利用した太陽光クラッタ低減処理を実施することにより、太陽光クラッタの中の小型船を明瞭に認識することができる。

また、同様に火炎などのガス体の多くは特定の波長の放射率が高い選択放射体であるため、2波長による識別が有効となる。この特性を利用した特徴量分類処理により、遠方の民航機のエンジンの燃焼ガスを抽出できることを確認した。

さらに、目標が比較的温度の高い市街地等の

背景に埋もれた場合、単一波長の画像だけでは目標の形状が分からず、目標を認識しにくい状況が生じる。このような場面において、2波長における目標の放射スペクトルの違いを利用する差分処理により、その存在を認識できる可能性がある。図1は数km先の海上を航行しているクレーン台船を撮影した例であるが、船体が市街地とほぼ同じ輝度レベルであるため背景の雑音に埋もれ、単一波長の画像だけからその存在を認識するのは困難である。一方、図2は、2つの波長帯域画像のゲインとレベルを補正した上で、中赤外画像から遠赤外画像を差し引いた差分画像を示したものである。差分を取ることで、遠赤外において放射の大きい船体、市街地は黒く表示され、中赤外の放射の多いクレーン船のエンジン部（高温ガス体）のみが白く表示されており、一見目標の存在を認識しにくい状況であっても、2波長帯を利用することにより、多くの熱源の中から目標候補を絞り込める可能性がある。

以上、2波長QDIPを用いた野外試験結果により、2波長融合処理による目標探知識別能力向上の効果を確認できた。本事業の成果を応用することで、装備品の警戒監視・情報収集能力向上に寄与できるものと考えられる。



図1 クレーン台船画像
(左 遠赤外 右 中赤外)

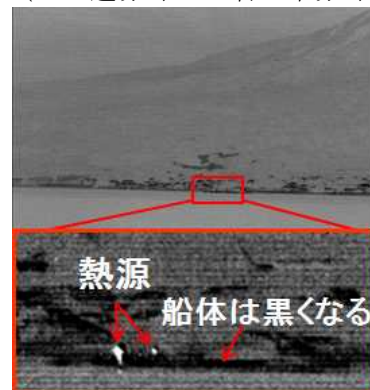


図2 差分処理後画像

*電子装備研究所センサ研究部光波センサ研究室



CBRN 脅威評価システム技術の研究

○坂上源生^{*1}、前野旭弘^{*1}、鈴木智幸^{*1}、中村友行^{*1}、伊奈伸一郎^{*1}

1. 背景

自衛隊によるCBRN (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear) 攻撃による汚染への対処活動は、脅威が目に見えない、生理的負担の大きな防護装備が必要といった特徴を有することから、非常に負担の大きい任務となっている。これらの脅威は、福島第1原子力発電所での事故やシリアでの化学兵器使用疑惑など、近年でもなお顕在している。

2. 目的

本研究は、見えないCBRN 脅威に対して、自衛隊の対処活動の効率化及び被害の低減を可能とするために、大気拡散シミュレーションを中核とする被害状況予測システムである「CBRN 脅威評価システム¹⁾」の試作を実施し、その性能を評価することを目的とする。

3. 研究の概要

大気中でのガスや微粒子などの拡散現象を予測するには、数値シミュレーションによる予測が有効である。この技術は、気象、環境、原子力など様々な分野で利用されており、自衛隊によるCBRN 汚染への対処活動へ応用することで、除染活動や防護装備の最適化による負担軽減が期待される。本研究において試作する CBRN 脅威評価システムも、数値シミュレーションによる大気拡散予測技術の中核として構成され、攻撃や事故により発生した CBRN 汚染の大気による拡散過程について、シミュレーションによる予測が可能である。

CBRN 脅威評価システムは、偵察部隊が所持し脅威発生エリア近傍での観測活動のインターフェイスとなるセンサ情報統合部、指揮部隊にて対処活動、汚染状況などの状況把握に使用する携行型制御部、遠隔地にて大規模演算を実施する並列模擬演算部および制御管理部で構成される(図 1)。CBRN 脅威評価システムは、汚染物質の毒性、検知器や気象観測器の諸元、地形や気象に関するデータベースを保有し、これらを適宜利用することで、汚染物質の毒性や、解析対処となる地域での建物を考慮した地形とリアルタイムの気象条件を反映した解析を行うことを目標とする。



図1 CBRN脅威評価システムの運用構想

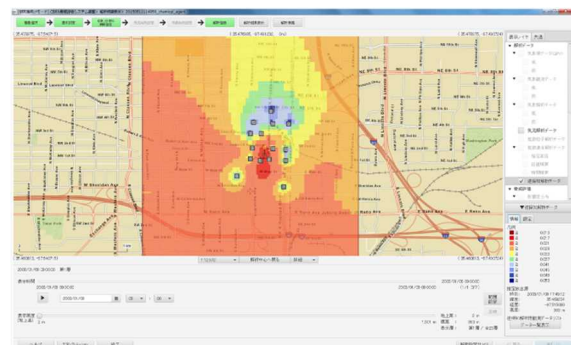


図2 CBRN脅威評価システムの操作画面例

自衛隊による CBRN 汚染への対処活動特有の状況として、汚染の発生源が不明な状況下での活動が想定され、CBRN 脅威評価システムでは、汚染物質と気象観測データを基に、脅威発生源を推定するための解析機能を有することでこれに対応する。

CBRN 脅威評価システムの制御画面の一例を図2に示す。解析条件の設定などのシステムの主要な操作は、GUI 上で行うことが可能であり、GUI は、運用者が効率的にシミュレーションを実施できることを目指して設計されている。解析結果はGUI 上の地図に重畳表示され、被害状況の直感的な把握が可能となっている。表示中の画面は、前述した脅威発生源の推定結果である。

現在、CBRN 脅威評価システムの一部が完成し、その性能確認を実施している。今後は、システム全体を使用した試験を実施し、その評価を行う予定である。

参考文献

- 1) 伊奈他, “CBRN脅威評価システム(その1)の研究試作”, 防衛省技術研究本部技報

^{*1}先進技術推進センター研究管理官 (CBRN対処技術担当) 付CBRN対処システム技術推進室



Research on Future Trimaran (US-JAPAN Co-operative Research)

○Y. MIYAUCHI*, S. MATSUMOTO*, K. SUZUKI*, K. HARADA*

1. Background

Trimaran is one of the multi-hull vessels, which is now attracting attention from many navies. As shown in Fig.1, trimaran has one main hull on center and two small side hulls. Trimaran can achieve high speed because of the fine main hull. Additionally, it can obtain wider deck area than comparable monohull, hence trimaran embarks considerable number of Helicopter, UUVs and USVs to perform multiple operations.

Trimaran is relatively new hullform, and its design scheme is not yet established. For design of future trimaran, fundamental researches are necessary to develop design procedure.

Naval Systems Research Center is now conducting co-operative research project on trimaran (High-Speed Multi-Hull Vessel Optimization; HSMVO) with Naval Surface Warfare Center Carderock Division, US Navy. In this project, the authors are conducting fundamental research and design on trimaran. In this presentation, the outline of the project and results on Japan side study are introduced.

2. Outline of the HSMVO

The objective of the HSMVO project is to assess the capability of trimaran as naval platform and obtain trimaran performance database to design variety of different trimaran for future operational requirements. Therefore, US and Japan have been jointly studying on various stage of design, performance evaluation and sharing the achievements. The outline of the project are described below.

Firstly, both countries jointly develop the CONOPS: concept of operations for trimaran on the HSMVO project. From this CONOPS, each country separately conducts concept design of trimaran which has different particulars.

Secondly, each country conducts performance evaluation by both experiment and numerical simulation, and improve hullform based on evaluation results to redesign the trimaran. To optimize the hullform, these process will be repeated

several times and parametric concept design will be created. Fig.1 is one of the concept design of Japan side created in the optimization process.

Finally, the optimized hullform will be evaluated in detail. Additionally, the evaluated results will be utilized to consolidate parametric performance database. By comparing different trimaran between both countries, we can expect to create more diverse performance database and improve design and performance evaluation capability of both countries.

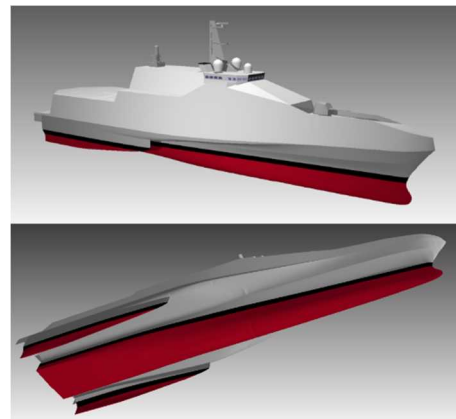


Figure 1: Japan side concept design of trimaran on the HSMVO project

3. Situation of Japan side study

Now Japan side has selected the final design and is preparing for detail evaluation. Current results of Japan side are as follows Japan side assumes the CONOPS for trimaran as patrol and MCM, and conduct concept design for these primary missions. For the first step of optimization, resistance reduction is set as objective function and parametric evaluation was conducted by numerical method. Secondly, towing tank experiments were conducted to evaluate propulsion, seakeeping and maneuvering performance. Hullform was also optimized by experimental results. Structural strength study conducted simultaneously both on numerical and experimental. Now Japan side is manufacturing experimental models for detail analysis on final design.

*Surface Ship Systems Section, Systems Division, Naval Systems Research Center

CB¹⁾防護技術に関する日英共同研究プロジェクト

○樫本 薫^{*1}、御堂智貴^{*1}、岡本弘美^{*1}、大西洋一^{*2}

1. 背景

英国は従来より、CB¹⁾の脅威に対処するための優れた技術を保有している。わが国としては、当該分野において英国との間で技術交流を推進することで、わが国のCB防護装備に関する技術基盤の強化を期待していた。

平成23年12月、「防衛装備品などの海外移転に関する基準」についての内閣官房長官談話により、わが国の安全保障に資する防衛装備品などの国際共同研究・開発に対する機運が大いに高まった。こうした流れの中、英国との間で、平成25年7月、日英間の防衛装備品等の共同開発等に係る政府間枠組み²⁾が締結され、米国以外の国とは初めての防衛装備品への協力案件となる化学・生物防護技術に係る共同研究を開始した。

2. 目的

個人用のCB防護装備に関する試験評価方法について共通的な基盤を確認するとともに、CB防護技術に関する情報を交換することを目的とする。

3. 研究内容

試験評価方法についての共通的な基盤を確認するに当たり、まず、日英が防護装備システム(防護衣、防護マスク、ゴム手袋、シューズ等からなる全体システム)及びその素材について自国で実施している試験評価方法を互いに提示し、議論する。ここで、検討する試験評価方法には、化学剤の脅威からどれだけ身体を守れるか評価するための防護性能試験と熱ストレスを評価するための生理負担性能試験の二種類が含まれている。防護性能試験を一例として挙げると、わが国では図1に示す装置を用いることで試験評価を実施している。防護装備システムをチャンバ内の可動マネキン(図2参照)に装着し、歩行運動をさせた状態で化学剤を模擬したガスを充満させる。防護装備システム内外のガス濃度をガス計測装置で定量することにより、防護性能を評価している。英国も同様の試験評価装置を所有しているが、散布するガスの種類・濃度、ガス濃度の分析方法等に違いがあるため、日英間で議論を踏まえ、双方の防衛装備品を対象として、それぞれの試験評価

方法による相互検証を実施する。

CB防護技術に関する情報交換の項目には、危険な液滴が防護衣素材の表面から内部に染み込むことなく、はじかれるようにするための撥水撥油表面技術をはじめとして、生物剤防護技術、防護マスク技術、人間工学的評価技術が含まれており、日英共同研究の期間を通じて、常時双方の興味分野を提示して活発に情報交換を実施している。

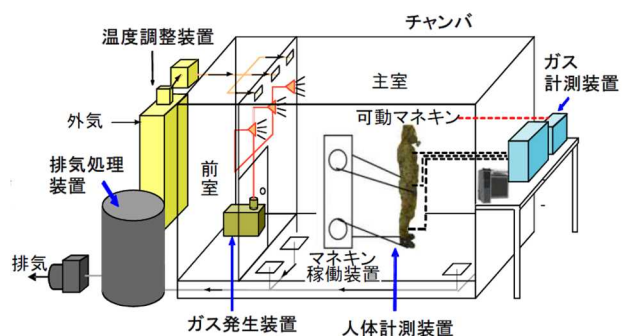


図1 防護性能試験評価装置



図2 可動マネキン

注釈

- 1) Chemical and Biologicalの略称であり、化学剤・生物剤を意味する。
- 2) 正式名称:防衛装備品及び他の関連物品の共同研究、共同開発及び共同生産を実施するために必要な武器及び武器技術の移転に関する日本国政府とグレートブリテン及び北アイルランド連合王国政府との間の協定

^{*1}先進技術推進センター研究管理官(CBRN 対処技術担当)付 CBRN 防護技術推進室

^{*2}先進技術推進センター研究管理官(ヒューマン・ロボット融合技術担当)付人間工学技術推進室



CBRN 対応遠隔操縦作業車両システムの研究

○後藤 和久*、上村 圭右*、成瀬 正啓*、渡邊 嵩智*、森下 政浩*

1. 目的

本研究では、CBRN*汚染災害発生直後においても、隊員が迅速かつ安全に通路啓開等の施設作業や情報収集ができるように、汚染地域に投入した遠隔操縦装軌車両を非汚染地域から遠隔操縦が可能な車両システム技術の確立を目指している。

※ CBRN:化学(Chemical)、生物(Biological)、放射線(Radiological)及び核(Nuclear)の総称の略

2. 研究の概要

平成 23 年度から平成 26 年度にかけて研究試作した CBRN 対応遠隔操縦作業車両システム(以下、「本システム」という。)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。図1に運用構想図を示す。

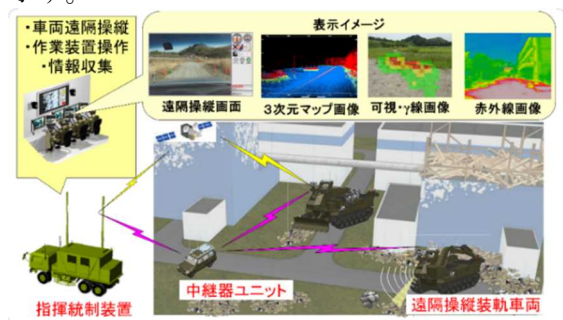


図1 運用構想図

また、平成 26 年度から平成 27 年度までの間、性能確認試験を実施中である。平成 26 年度は、遠隔操縦による走行性能、情報収集性能及び作業支援性能、並びに装軌車両 CBRN 防護性能等について試験評価を行い、本年度は、8 月までに作業性能についての試験評価を行ったところである。

3. 試験結果

ここでは、特に本システムの遠隔操縦による走行性能、情報収集性能及び作業性能に係る試験結果を述べる。まず、走行性能について遠隔操縦による前後進・右左折等の基本走行、中継器ユニットとの複数台同時の約 4.3km の周回走行等を実施し、良好な成果を上げた。次に、情報収集

性能については、可視・赤外線カメラ画像及びレーザー測距装置による3次元マップ画像を取得可能であること等を確認した。最後に、作業性能については、排土装置、油圧バケットアーム装置、把持装置等の車両搭載作業装置による整地・掘削、障害物の撤去及び通路啓開が遠隔操縦により可能であることを確認した。試験状況の例を図2に示す。



図2 試験状況の例

4. まとめ

本システムの遠隔操縦による走行性能、情報収集性能及び作業性能等を確認した。今後は、約 20km 離れた装軌車両の衛星通信による遠隔操縦性能の確認を行うとともに、国交省と連携を図り、実災害現場環境において、遠隔操縦装軌車両の作業性能の確認を行う予定である。なお、本研究は、科学技術イノベーション総合戦略 2015 (6/19 閣議決定) における「自然災害に対する強靱な社会の実現のための次世代社会インフラ用ロボットの開発」に関する防衛省における研究として位置づけられており、今後も研究を進展させる予定である。

*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



航空装備研究所における最近の試験について

○金子 昂弘^{*1}、菊本 浩介^{*2}、永井 正夫^{*1}、宇田川 直彦^{*2}

1. 背景

航空装備研究所では、平成22年に策定された将来戦闘機に関する研究開発ビジョンに基づき、統合火器管制技術、ステルス技術、アビオニクス技術、エンジン技術などの戦闘機に関わる先進技術の研究を実施しているところである。

2. 研究紹介

それらの中でも特に研究が進んでいる、ウェポン内装化空力技術の研究と次世代エンジン主要構成要素の研究について紹介する。

(1) ウェポン内装化空力技術の研究

将来戦闘機ではステルス性向上のために武器を機体内部に搭載することが想定される。これを従来にない高速で安全に分離させるためには、このような場の空力現象を把握する必要がある。

そのためには、空力現象を精度良く評価できるツールを整備することが必要不可欠である。本研究では、そのツールとなる CTS 装置を試作し、超音速域までの風洞試験を実施するとともに CFD 解析との比較検討により、複雑な空力現象の把握を目指している。

ここでは風洞試験及び CFD 解析の一例を紹介する

(2) 次世代エンジン主要構成要素の研究

将来戦闘機に搭載されるエンジンとして構想されているのが、小型かつ大推力を兼ね備えた次世代ハイパワー・スリムエンジンである。その実現のためにエンジンを構成する各要素に対して空力、燃焼、冷却、材料技術の各観点から試験を実施しているところである。

エンジン性能の向上にはいくつかの手段が考えられるが、その中でも特に重要なのが、材料の耐熱温度向上による、エンジンの燃焼ガス温度の高温化への対応である。

本研究では、エンジンで最も高温にさらされる高圧タービンについて新材料の適用を試みた。これまでの先進欧米諸国で開発された材料に替わり、近年国内で開発された高温強度に優れる耐熱合金や複合材料により、高圧タービンの重要な構成部品である動・静翼、シュラウド、ディスクを試

作した。

いずれの新材料も材料設計の段階では優れた性能を有しているが、実際の製造工程を経て高圧タービン部品となっても、その性能を発揮するかを確認する必要がある。そのために試作品から切り出した試験片に対する材料試験や、実条件を模擬した損傷を与える試験などの多岐にわたる試験を実施し、良好な結果を得つつある。ここでは、これらの試験の内容及び成果の一端を紹介する。

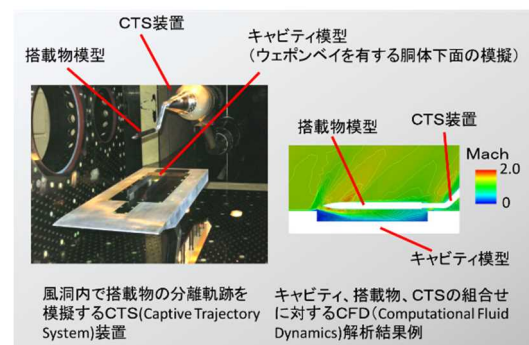


図1 ウェポン内装化空力技術の試験状況

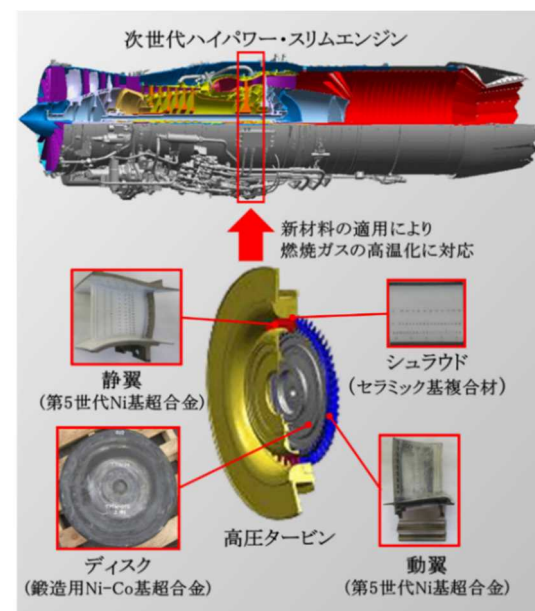


図2 次世代エンジン主要構成要素の研究における高圧タービンの新材料適用箇所

^{*1}航空装備研究所航空機技術研究部エンジン熱空力・構造研究室

^{*2}航空装備研究所航空機技術研究部航空機空力・制御研究室



艦艇装備研究所における無人航走体技術への取り組みについて

○小倉潤^{*1}、鈴木尚也^{*1}、平井智大^{*1}、綾部信吾^{*1}

1. 背景・目的

近年、民需及び軍需において無人水中航走体(Unmanned Underwater Vehicle, 以下 UUV と呼ぶ)等の無人航走体技術に関する研究が活発化している。本発表では特にUUVに着目し、各国の研究動向を報告するとともに、その技術課題を明らかにする。また艦艇装備研究所におけるこれまでの研究成果と、今後の取り組みについて紹介する。

2. UUVの技術的特徴と各国の研究動向

UUVは長期間にわたる観測、調査、情報収集などの単調な任務や機雷の搜索や処理などの危険な任務が行えることに加え、搭乗員スペースや装備、安全性の確保が不要なことによる小型化が可能であり有人機に比べて費用対効果に優れるなどの特徴を有している。UUVを構築するためには、自律制御を中心とした複数の技術を総合的にまとめていく必要があるが、その際には、水中を活動の場とすることによる通信、航法及び動力源に関し厳しい制限が課せられる。

軍需用途としてのUUVは、戦場のルールを変えうる技術として1990年代より、まずは対機雷戦用として活発に研究が進められてきた。初めて実戦に投入された当初より現在に到るまで、UUVは単体で作業を行う方式が主流となっているが、将来より複雑な作業を高効率に行うため、複数(異機種)の無人機による協調システムを構築するための研究が各国で進められている。また軍需用UUVの新たな流れとして、対潜戦用UUVの研究も活発化してきている。

3. 艦艇装備研究所における取り組み

艦艇装備研究所ではUUVの通信に関する制限を緩和することを目的とし、UUVに対し並列航走を行うUSVを通信の中継器として活用するための、UUVとUSVの協調制御に関する研究を実施してきた(図1、2)。本発表では他の類似システムの例を含め、その試験結果を報告する。またこの他、米国等のごく限られた例を除き研究の進んでいない、大型のペイロードを有しUUVの長期間水中航走を可能とする長期運用型UUVに

関する研究を実施中である。

今後は、長期運用型UUVの実現に向けた各研究の他、UUVとUSVの協調制御システムをさらに高度化するための研究などに取り組むほか、国内外の機関との共同研究、安全保障技術研究推進制度の活用、各種規格への対応及びオープン・アーキテクチャーの採用などにより、発展の著しいUUVの技術動向に対応し、幕及び部隊への技術提案能力を高めていきたい。

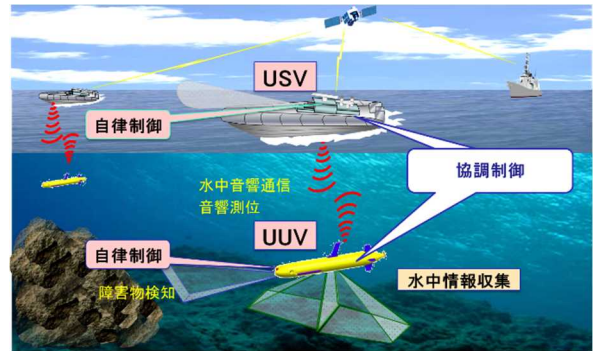


図1 協調制御のイメージ



図2 USVと協調制御を行ったUUV

参考文献

- 1) 蒲 英樹, “艦艇装備研究所における無人航走体技術への取り組み”, 防衛技術ジャーナル, 第35巻第1号, pp14-22, 2015.1
- 2) 鈴木 尚也, “UUVとUSVの連携技術”, 防衛技術ジャーナル, 第35巻第9号, pp8-15, 2015.9

^{*1}艦艇装備研究所システム研究部 水中対処システム研究室



新除染セット

○谷村祐哉^{*1}、行方聡^{*2}

1. 背景

核・生物・化学(NBC: Nuclear, Biological and Chemical)兵器への対処の必要性が高まる現在においては、部隊の戦闘力の回復及び部隊行動の自由の確保、事態の復旧等を図るため、放射性物質、生物剤及び有毒化学剤に汚染された人員、装備品、地域等の汚染物質を迅速かつ効果的に除染する能力を保有する必要がある。そこで、精密器材を含む各種装備品等を除染する為に精密器材除染技術を検討するとともに、除染迅速・効率化技術及びコンパクト化技術の確立により、多くの人員及び多様な施設・器材に対する除染能力の向上、並びに空輸による迅速な展開を可能にする新除染セットを開発した。

2. 使用目的

新除染セットは、現在化学科部隊や普通科部隊等が保有している除染装置及び除染車の後継として、放射性物質、生物剤及び有毒化学剤に汚染された人員、装備品、地域等の除染を行うために使用するものである。

3. 構成

新除染セットは、図1に示すように人員等除染用(化学科部隊用)、人員等除染用(一般部隊用)及び地域等除染用の3種類の車両に積載された器材から構成される。



[地域等除染用]

図1 新除染セット(外観)

4. 主要性能等

新除染セットの主要な性能等を下表に示す。

表 新除染セットの主要な性能等

	主要性能等	
人員等除染用 (化学科部隊用)	除染性能 (人員等)	大量汚染者除染機能 歩行不能者除染機能 ガス除染機能
	廃水処理性能	酸化処理機能
	放射性物質 除染・処理性能	原子力災害対応機能
人員等除染用 (一般部隊用)	除染性能 (人員等)	汚染者除染機能
地域等除染用	除染性能 (地域等)	除染剤直前混合機能
共通	空輸性能	分割機能 (ユニット化構造)

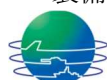
人員の除染については、大量の人員の除染及びコンベヤ等を使用した歩行不能者の除染も可能である。また、廃水処理については、除染後に発生する放射性物質、生物剤及び有毒化学剤を含んだ廃水を処理することができる。さらに、精密器材等を多数搭載する為に液体除染剤を使用し難い装甲車両内部や航空機等の除染については、図2に示すように除染用ガスを供給することにより除染することができる。



図2 装甲車両内部の除染

*1 装備開発官(陸上装備)付第5開発室

*2 装備開発官(陸上装備)付第5開発室



真水を併用した水上艦艇用新消火システム構成についての提案

○谷川雄介*1

1. 背景

現行の水上艦艇における消火システムでは、図1のように海水消火システムを常時通水し、化学消火システムの多重化や分散配置を行うことで、高い信頼性と抗たん性を確保している。しかし、海水を用いることで、消火射水時や漏えい海水による塩害や、高価な耐腐食材料使用によるコスト高騰、海洋生物付着等の問題が生起している。

2. 目的

本研究の目的は、現行の消火システムにおける海水に起因する諸問題を局限することである。また、現行の消火システムの機能及び性能を維持すること、既存艦艇への適応が可能であることを前提として新消火システム構成の検討を行った。

3. 新消火システム構成の導出

新消火システムでは、前述の目的を達成するため、現行の海水消火の配管系等を生かしつつ、一部に真水を併用することを考える。

まず、海水に起因する問題点が顕在化する場合を整理した。その結果、火災被害が皆無もしくは軽微な場合において、相対的に海水被害が大きくなり、問題点が顕在化すると示された。つまり火災の無い平時の配管や火災発生時の初期消火段階において、海水の使用を抑えることが効果的である。一方で火災が大きくなると海水被害は相対的に小さくなり、むしろ無尽蔵にある海水による連続消火が重要となると示された。

そこで、通常時は真水を消火主管に加圧充水し、初期消火では真水を使用し、継続消火では現行と同じく海水を使用する図2のような新消火システムを考案した。

4. 新消火システムの動作手順

通常時は、消火主管内に真水充水のため、管腐食の発生は抑えられることに加え、漏水時も真水なので塩害も局限可能である。主管内の水圧は真水圧力タンク内の圧縮空気で保持される。

初期消火では、消火主管、真水圧力タンク内の真水を用い、消火主管内の水圧が低下すると消火真水ポンプが起動し、消火真水タンクから真水を主管へ供給する。

初期消火で鎮火せず、真水の残量が少なくなると、主管内圧力の低下を検知して、海水ポンプが起動し、消火主管と海水管系統の接続弁が開放されることで、海水の消火主管へ供給を開始する。そして、海水による消火を継続する。

5. 既存艦艇への適応性の検討

新消火システムの既存艦艇への適応性を検討するために、護衛艦及び輸送艦を対象とした試設計を行い、性能やコスト等を予想し、分析を行った。その結果、技術的には実現可能であると示されたので、今後は、法令との適合性、艦上での作業フローやインターフェース等について更なる検討を進める所存である。

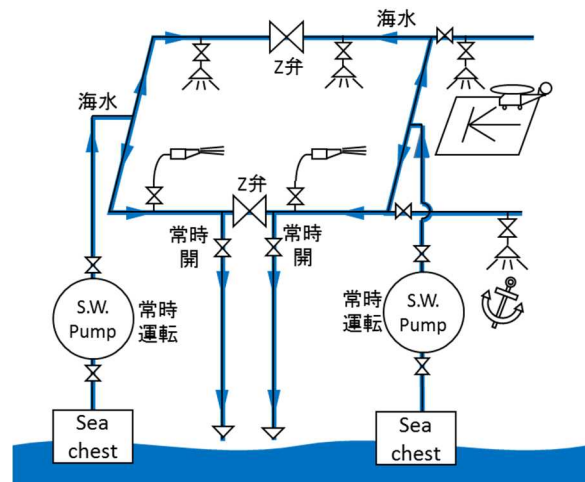


図1 現行の海水消火システムの模式図

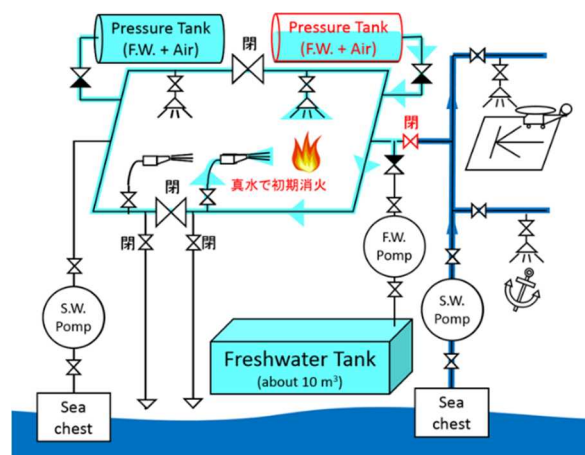


図2 真水を用いた新消火システムの模式図（初期消火の状態）

*1技術開発官（船舶担当）付 第3設計室

次期機上電波測定装置／機上電波測定装置の開発

○武田 仁己*¹、金枝 信貴*¹

1. 開発の目的

電波情報の収集態勢を強化するため、将来の電波測定機に搭載する次期機上電波測定装置を開発する(図1に運用構想図を示す。)

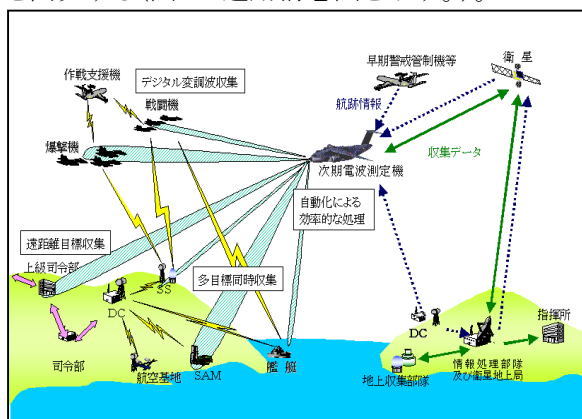


図 1 運用構想図

2. 線表

[illegible]

図2 計画線表

3. 経緯

電波収集能力の向上は、情勢の変化に適時適切に対応する上で極めて重要である。しかし、近年の技術革新により広帯域、低電力、送信時間短縮等による低被探知化及び輻輳化等により現有システムによる収集が困難となりつつあることから、各種電波に対応可能な機上電波測定装置の装備が必要不可欠である。本装置の搭載概要図を図3に示す。

4. 試作品の製造

平成16年度～平成24年度末までの間、システム設計、基本設計を実施し、空中線装置、受信装置、信号処理装置等の搭載器材及び地上器材の試作を実施した。平成19年度からは、装置搭載機となる次期輸送機の機体改修設計及びブレード

ム等の製造についても実施した。

平成25年度からは機体改修を実施しており、平成29年度末までに装置搭載及び必要な機体改修が完了する見込みである。

5. 技術試験

平成20年度から、地上における機能性能確認を、電子装備研究所(三宿・飯岡及び目黒)及び航空自衛隊三沢基地等において実施中である。

平成30年度には、最終的な確認を搭載後の飛行試験によって実施する。現在は、搭載前における装置単体及び搭載模擬環境での確認等により、飛行試験時の効率化及びリスク低減を図っている。

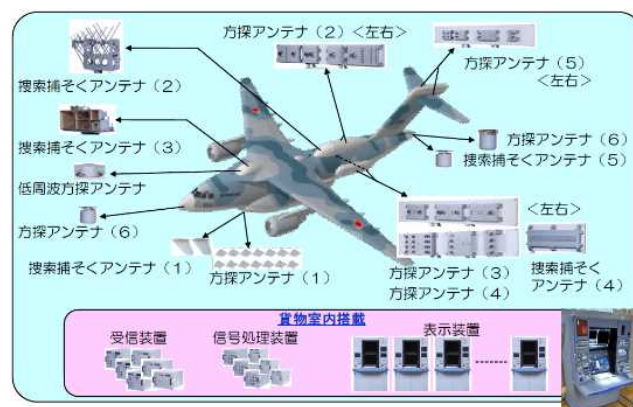


図3 搭載概要図

*¹ 装備開発官(航空装備担当)付第6開発室

先進RF自己防御シミュレーションの研究

○武田 仁己^{*1}、伊藤 伸浩^{*1}

1. 研究の目的

近い将来、周辺国においてステルス機が配備されること及び各種ミサイルの性能向上等に対処するため、将来の戦闘機に搭載するセンサ・システムのうち、脅威となる戦闘機等に対して自己の残存性を高めるためのRFセンサによる自己防御システムについて性能等検討のためのシミュレーションに関して技術資料を得る(図1に運用構想図を示す。)

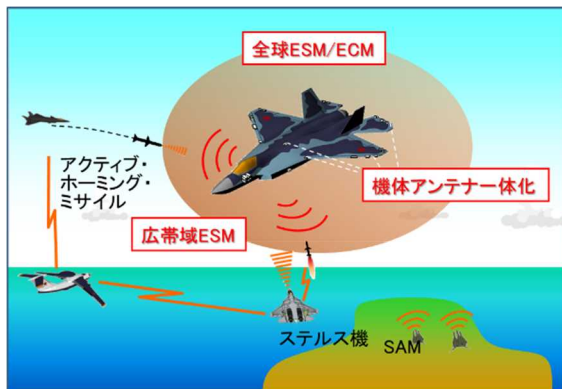


図1 運用構想図

2. 線表

年度	25	26	27	28	29	30
		研究試作				
	←			→		
				← 技術試験 →		

図2 研究線表

3. 経緯

将来、高脅威化する航空機、空対空ミサイル、地対空ミサイル等から自機を守るため、これらが発する電波を瞬時に、かつ全球で警戒及び妨害可能な既存の自己防御システムは我が国に存在しないため、独自で研究開発する必要がある。

本研究試作(その1)及び(その2)において、先進RF自己防御システムのシステム設計、ESMアンテナ(図3)、解析評価装置、地上試験用ESM装置及びシミュレーションプログラムの設計、製造し、性能確認試験を段階的に行うことで、技術課題を効率的に解明する。

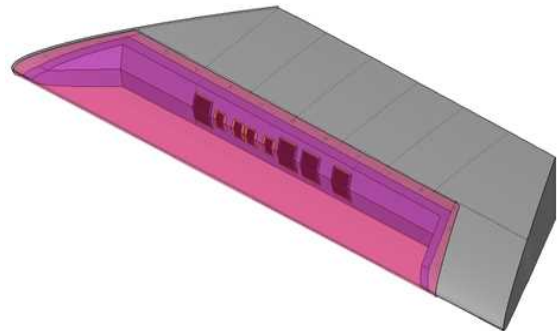


図3 ESMアンテナ

^{*1} 装備開発官(航空装備担当)付第6開発室

次期輸送機の開発

○檀原 伸補^{*1}、川口 裕史^{*1}、岩崎 仁彦^{*1}、中澤 裕^{*1}

1. 開発の目的

C-1等の後継機として、2010年代以降、有事の他、平和維持活動、国際緊急援助活動等の国外運航業務を含む航空輸送任務に使用する次期輸送機を開発する。開発に当たっては、次期固定翼哨戒機との機体構造及び搭載システムの一部共用化によりライフサイクル・コスト(開発経費、調達・維持経費等)の低減を図る。

2. 供試機の試作

超臨界翼や低抵抗空力形状等の機体形状技術、戦術飛行管理システム、省力化搭載システム、自己防御機能、空中受油機能等の各種システムの適合化技術等を取得し、それらの技術を結集して、飛行試験機及び地上で機体の構造強度を確認するための強度試験機を試作した。

3. 技術試験

技術試験として、飛行試験及び強度試験を航空自衛隊岐阜基地等において実施中である。

飛行試験は、試験の効率化及び試験期間を短縮するため、技術試験(装備品等の性能が設計に適合するか否かを評価するための試験)と実用試験(装備品等が使用目的に適合するか否かを評価するための試験)を同時に実施中である。図1に示す飛行試験は、航空自衛隊の支援を受けて空中給油・輸送機KC-767から試作2号機に燃料を移送し、空中受油機能の確認を実施したものである。

強度試験は、平成26年1月に発生した貨物扉、後部胴体等の損壊について、じ後、原因究



図1 試験中の飛行試験機 (左下)

明及び対応策を実施し、試験を再開している。図2に全機強度試験設備の概要、図3に強度試験の実施状況を示す。本ケースは、実際の運用中に主翼にかかる最大荷重に対し安全係数を考慮した荷重を主翼上方へ負荷して、耐荷することを確認するものである。結果は、翼端部では無負荷時と比較して事前解析とおり約3m変形し、耐荷することを確認した。

4. まとめ

飛行試験及び強度試験等の効率的な計画、実施及び適切な管理により、平成28年度開発完了及び装備化に向けて引き続き努力する所存である。

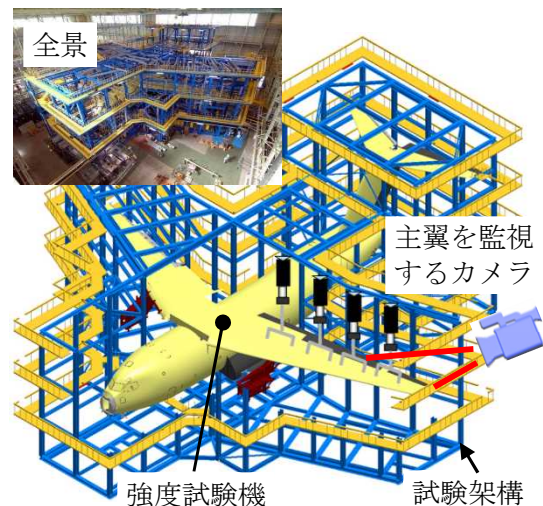


図2 強度試験設備の概要

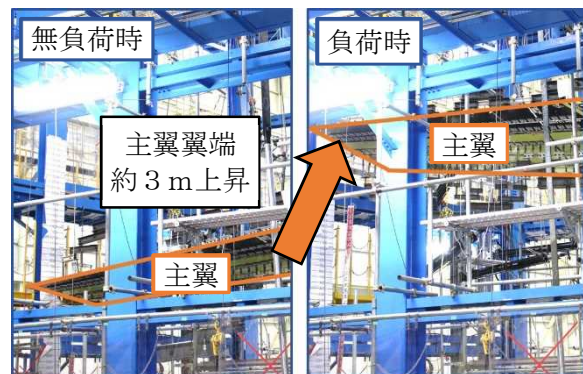


図3 強度試験の実施状況

^{*1}装備開発官(航空装備)付次期固定翼哨戒機・次期輸送機開発室

アクティブ電波画像誘導方式に関する研究

○水谷大輔^{*1}、田中正之^{*1}、藤田恵理華^{*1}、宮西智也^{*1}、山口裕之^{*1}

1. 背景

ステルス艦船(レーダ反射面積(RCS)の低減を図った艦船)等が出現しつつあり、全天候性を有する電波誘導弾のセンサ(電波シーカ)で対処することは難しい。その理由は、ステルス艦船等を目標とした場合、電波シーカが目標を検出するための信号(目標からの反射波)が小さく(低RCS)、かつ、クラッタ(目標以外の主に海面からの反射波)との大きな速度差がない(低ドップラ)ため、目標の検出に必要な信号対クラッタ比(S/C)を時間及び周波数領域で確保できないためである。

2. 目的

ステルス艦船等のクラッタ中にある低ドップラかつ低RCS目標を検知するために、電波シーカの角度分解能を向上(高分解能化)させて、目標の検出に必要なS/Cを確保することが可能なアクティブ電波画像誘導方式について、研究試作及び実験を行い技術資料を得る。

3. アクティブ電波画像誘導方式の概要

アクティブ電波画像は、電波シーカの取得した反射波を距離及び角度で示した2次元情報である。アクティブ電波画像誘導は、この電波画像を用いて誘導を行うものである。図1に高分解能化によるS/C向上の概念を示す。従来方式では、目標が存在するセルにおいてクラッタからの反射が占める領域が多く、特にステルス艦船では、近傍のクラッタのみのセルとの電力差(S/C)が小さい。一方、提案方式は、高分解能化によりセルの角度方向サイズが小さくなるため、目標が存在するセルは、ほぼ目標からの反射波のみで占められ、近傍のクラッタのみのセルの電波は角度を高分解能化した分、低減する。従って、目標とクラッタのセルの電力差が大きくなり、S/Cが向上する。

本研究では、高分解能化にドップラ・ビーム・シャープニング(DBS)を用いた^{1), 2)}。DBSは、受信波のドップラ周波数を解析・角度換算することで1ビーム内の複数の反射波の到来角を算出することが可能な信号処理方式である。

4. 結果

図2に実験により、取得したアクティブ電波画像の一例を示す。これは、海上に停泊した2隻の目標船を用いて、試験計測用航空機(BK117)に取付けた電波シーカによりデータを取得したものである。

解析の結果、S/Cが十分に向上できており、ステルス艦船等に対処するために必要なアクティブ電波画像誘導方式について確認できた。

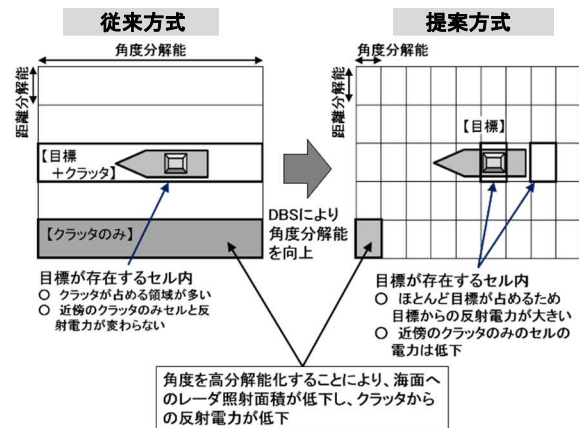


図1 高分解能化による S/C 向上

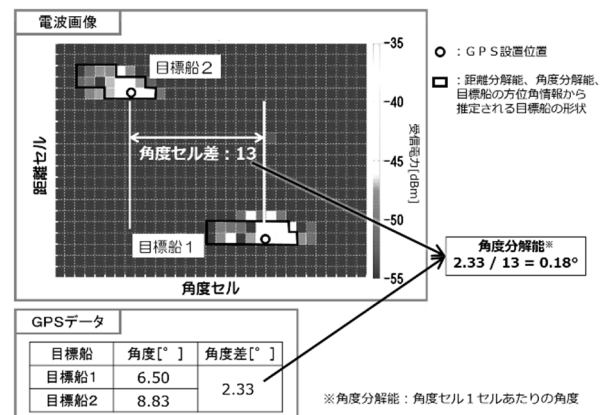


図2 アクティブ電波画像（実験結果例）

参考文献

- 1) S. A. Hovanessian, INTRODUCTION TO SENSOR SYSTEMS, Artech House, 1988.
- 2) 山口、電波シーカの角度高分解能処理、防衛技術ジャーナル、2015年8月号。

*¹航空装備研究所 誘導武器技術研究部 光電波誘導研究室

直巻マルチセグメント・ロケットモータの研究

○橋野世紀^{*1}、大弓義夫^{*1}、山崎明^{*1}

1. 背景

諸外国で対地ミサイル(ASM)や巡航ミサイル(CM)が長射程化・高速化される状況下において我が国の防空を図るためには、より遠方でそれらに対処する必要がある。つまり、誘導弾の飛しょう性能の向上(飛しょう距離の延伸及び終末期速度の向上)により防護範囲を拡大する必要がある。

誘導弾の飛しょう性能の向上には、その推進装置である固体ロケットモータ(SRM)の総推力の増強が必須である。これは、充填する推進薬量の増加又は推進薬の比推力の増加で達成される。しかし、現在防衛用及び宇宙用で使用されている固体推進薬の比推力は理論値に達している。

したがって、固体推進薬の充填率の向上が必須となるが、一般的なSRMの製造方法によるこの推進薬充填率の向上も限界に達している。そこで、SRMの製造方法を根本的に変更することにより推進薬の充填率を向上しつつ、柔軟な推力パターン設計を実現可能とする直巻マルチセグメント・ロケットモータの研究を実施することとなった。(図1)

直巻マルチセグメント・ロケットモータは、ロケットモータ内に燃焼速度の異なる丸孔形状の推進薬セグメントを種々組み合わせることで推力パターンをシングル・デュアル・トリプルなど自由に設定可能とする「マルチセグメント推進薬技術」及びこのマルチセグメント推進薬技術により組み合わせた推進薬ブロックへ直接樹脂を含浸させた炭素繊維を巻き付けることでSRMを製造する「直巻FW技術」と組み合わせることで製造可能となる。(図2及び図3)

2. 実施概要

飛しょう解析を実施した結果、ロケットモータ諸元以外を全て同一とした中距離地对空誘導弾と比較して飛しょう距離約1.6倍延伸、終末期速度約1.5倍向上が達成可能であることが分かった。(図4)これによって、防護範囲は約2倍になると予想される。

また、マルチセグメント技術を実証するために厚肉型のマルチセグメント・ロケットモータを試作して静置燃焼試験を実施した。この静置燃焼試験の結果については、ポスターセッションの中で紹介する。

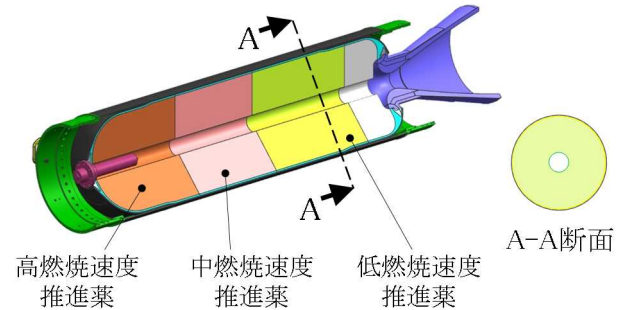


図1 直巻マルチセグメント・ロケットモータ

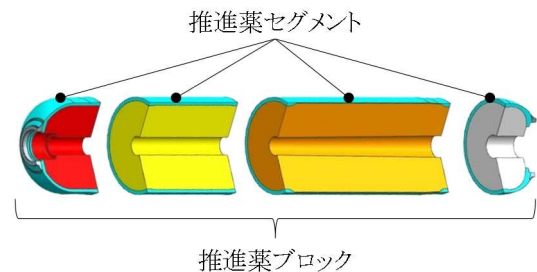


図2 マルチセグメント推進薬技術

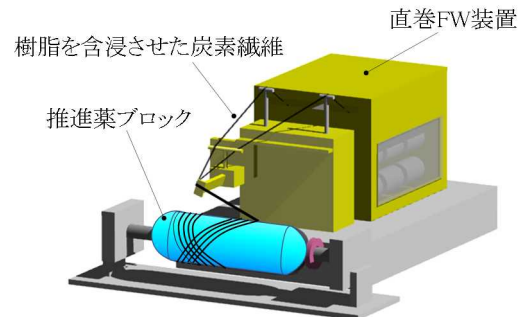


図3 直巻FW技術

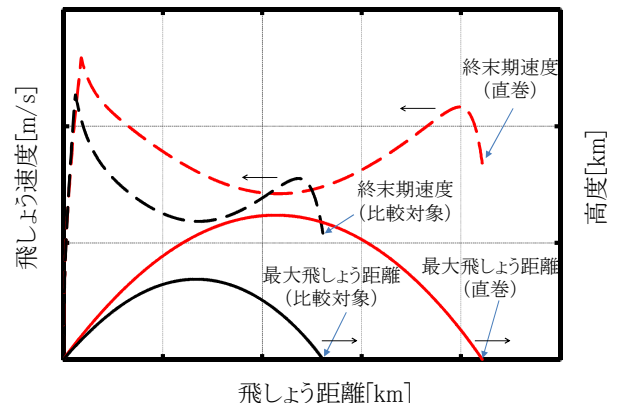


図4 飛しょう解析結果（一例）

^{*1} 航空装備研究所誘導武器技術研究部 ロケット推進研究室



ハイブリッド動力システムの研究

○本多啓介* 平 秀隆* 山田浩司* 金内由紀夫* 藤口信行* 椿 尚実*

1. 研究の背景と目的

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、ステルス性や生存性向上も重要になってくると考えられる。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。

本研究では、機動性とステルス性の両立に加えて、ハイブリッドシステムによる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。

2. 研究の概要

研究はシステム設計及び実車両試作の2段階に分けて実施した。システム設計においては、ハイブリッド方式として、原動機が車速に依存せず最も効率が良い領域で運転でき、燃費性能の向上が期待できるシリーズハイブリッド方式を採用した。また、原動機・発電機仕様については、最高速度性能から決定し、電動機仕様については旋回時の性能から決定した。更に蓄電装置の仕様についてはステルス走行性能から決定した。

これらの設計結果に基づき、第2段階としてハイブリッド動力システムを搭載した装軌式車両の試作を行い、現在、性能評価試験を実施しているところである。試作車両の外観を図1に示す。

3. 試験結果

現在得られている試験結果のうち、陸上装備研究所の台上試験装置により、最高速度及び発進加速性能を確認した結果を図2に示す。



図1 試作車両の外観

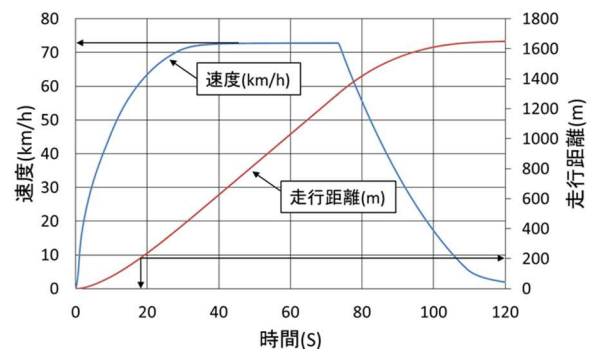


図2 試験結果

台上試験の結果、最高速度は約 73[km/h]、0-200m 間の発進加速性能は約 18[s]であり、良好な機動性能を有することを確認した。また、車両として必要な基本性能である旋回性能、登坂性能、燃費性能等についても良好な結果が得られており、ハイブリッド動力システムに期待される性能及び効果を達成できる見通しを得た。

4. まとめ

ハイブリッド動力システムを搭載した装軌式車両を試作し、台上試験にて車両として必要な基本性能を確認した結果、良好な機動性能を有することが確認できた。今後は、実フィールドでの走行試験等を実施し、将来の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していく計画である。

*陸上装備研究所機動技術研究部 車体・動力研究室

軽量化履帯の研究

○本多啓介* 平秀隆* 山下隼平*

1. 背景及び目的

近年、戦闘車両には高い機動性、車両の軽量化が求められている。戦闘用装軌車両は高い軟弱地通過性能を持ち、不整地における高速走行が可能である等のメリットを有する反面、車両質量が大きく、路上走行時は、路面保護のため、鉄履帯にゴムパッドを装着する必要があるなど、運用面でのデメリットがある。履帯軽量化の有効な手段の一つであるゴム履帯は、一般建機用のものが存在するが、これは車両質量約 10 t 以下で、かつ、低車速で使用する設計であり、大質量かつ高速走行用のゴム履帯技術に関する知見はほとんどないのが現状である。

本研究の目的は、従来の鉄履帯よりも、質量、振動、騒音及び走行抵抗を低減し、路面を傷つけることなく走行可能となるゴム履帯技術についての技術資料を得ることである。本報告では、30 t 級の戦闘用装軌車両に適用可能な軽量化履帯の実現に向け、ゴム履帯の基本的な走行性能について明らかにするために実施した実装車両を用いた走行試験の成果について示す。

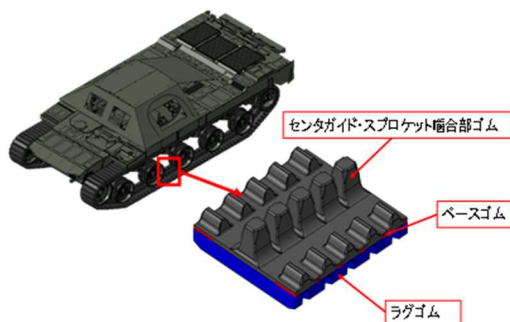


図 2 ゴム履帯の構造

2. 研究対象としたゴム履帯の特性

図にゴム履帯の構造を示す。ゴム履帯は、センタガイド・スプロケット噛合部ゴム、ベースゴム及びラグゴムから成る。履帯に使用するゴムは、変形・屈曲による発熱を抑制する発熱低減性、傷の発生に伴うカット破壊を抑える耐カット性を考慮し、ゴム材質の選定を実施した。本研究では、3 種類の異なる材質特性を持つゴム履帯 A、B 及び C を用いて、それぞれ 1/3 周ずつ取り入れ 1 本の履帯として製造したものを使用して走行試験を実施し、3 種類のゴム履帯が走行性能に与える影響について調査した。それぞれのゴム履帯の材質特

性は、ゴム履帯 A は一般建機で使用されている材質と同じもの、ゴム履帯 B は、A に比して発熱低減性及び耐カット性をそれぞれやや向上させたもの、ゴム履帯 C は、A と耐カット性を同等にして、発熱低減性を向上させたものを使用した。

3. 走行性能試験

走行性能試験では、コンクリート平坦路において、直進・旋回性試験、振動計測試験、走行抵抗計測試験、定常走行試験、騒音計測試験をそれぞれ実施した。表に、試験結果をまとめたものを示す。履帯質量は、従来の鉄履帯に比して約 46%の質量低減が可能でありながら、直進性・旋回性は鉄履帯と同等であることが確認できた。また、ゴム履帯は鉄履帯に比べ、振動、走行抵抗及び騒音の大幅な低減が可能であるなど、車両の機動性向上が期待できると考えられる。走行時の履帯温度及び磨耗量は、本試験条件下ではゴム履帯 A が最も発熱しにくく、ゴム履帯 C の磨耗量がやや少ない結果が得られた。しかしながら、走行時の履帯温度は、全てのゴム履帯で、連続して高速走行時にゴム使用限界温度に達することが予測されるとともに、走行後の履帯は、全体的にゴムの欠損が生じるなど、履帯の耐久性に関する事項について、課題を明らかにした。

表 試験結果

計測項目	試験の成果等
履帯質量	約 1.4 t の低減（鉄履帯比で約 46% 低減）
直進走行性	従来型の鉄履帯と同程度
旋回走行性	従来型の鉄履帯と同程度
振動特性	従来型の鉄履帯と比し、約 50～80% 低減
走行抵抗	従来型の鉄履帯と比し、最大約 16% 低減
走行時履帯発熱特性	車速 25 km/h で約 120℃ まで温度上昇 ⇒ 高速走行時、ゴム使用限界温度を超える可能性あり
履帯磨耗量	ラグ部で 7 mm（約 300 km 走行後）の磨耗 センタガイド・スプロケット噛合部に欠損
騒音特性	従来型の鉄履帯と比し、最大約 16 dB 低減

4. まとめ

車両の軽量化及び機動性の向上のため、ゴムを材質とした軽量化履帯の研究において走行性能試験を実施し、軽量化履帯の走行性能に関する技術資料を得た。さらに、将来装軌戦闘車両への適用の有効性及び履帯の耐久性に関する事項についても課題を明らかにした。

* 陸上装備研究所機動技術研究部 機動力評価研究室



艦艇の流体性能基礎技術の研究

○新井淳^{*1}、高橋賢士朗^{*1}

1. 背景・目的

近年、様々な分野において、流体性能向上のために数値解析を活用する事が一般的となっているが、船舶のような複雑な問題に対しても、計算機の処理能力向上によって活用が図られつつある。その一方で、計算結果の妥当性を確認するため、水槽試験には、従来の抗力等といった単一の指標のみならず、局所的な渦構造や気泡の挙動などの、時間的、空間的にも詳細な流場のデータを得ることが求められている。本ポスター展示では、数値流体解析技術と試験計測技術を両輪とした、艦艇の流体性能向上のための基礎技術に関する、近年の取り組みを紹介する。

2. 数値流体解析技術への取り組み

数値流体解析分野の研究は、商用計算コードを使用した船体、推進器の研究と、独自コードの開発に関する研究に大別される。

図1は、有限体積法に基づく商用計算コード(Star-CCM+)による、二重反転プロペラ周りの流れ解析の例である。前方のプロペラで生じられた回転流によるエネルギーを、逆回転する後方のプロペラで回収し効率を改善するといった複雑な流場についても、詳細な解析が可能である。

図2は、粒子法に基づく独自計算コードで計算した浸水を伴う浮体運動の数値解析の例である。

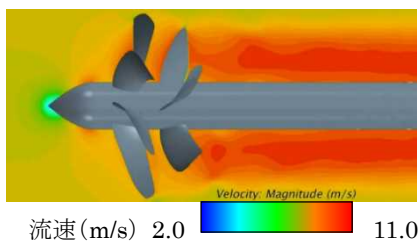


図1 二重反転プロペラの数値解析



図2 浸水を伴う浮体運動の数値解析

粒子法は、相互作用しながら移動する粒子として流体を表現する手法であり、自由表面での波崩れのような複雑な現象に対応できる特徴がある。ここで示した計算は、損傷した艦船に浸入した海水が復元性能に及ぼす影響に関する基礎研究である。本手法により、従来の解析手法では予測が困難であった、海水の出入りや浸入した海水の運動を含めた損傷時復元性の推定が可能である。

3. 試験計測技術への取り組み

艦艇装備研究所大水槽、フローノイズシミュレータ(FNS)では、試験計測技術の向上に向けた取り組みを継続的に実施している。

FNSでは、気液2相流の計測技術に焦点を置いた研究を実施している。図3は、自由表面からの空気巻き込み、及びそれに続く気泡の生成挙動を観察した例である。直径 150 mm の円柱模型について、模型周りの圧力分布の計測と、高速度カメラによる気泡の挙動の観察を行った。従来の試験では評価できなかった試験条件でデータを取得することで、艦艇関連の様々な分野で解明が求められる砕波現象の理解に向け、基礎的な計測結果の蓄積を進めている。

一方、大水槽では、防水型の粒子画像流速計(PIV)の導入を進めている。PIV は、レーザーシートと高速度カメラを用いて、二次元平面内の詳細な速度分布を瞬時に得る手法であり、平成 27 年度末から基礎的な試験を開始する予定である。

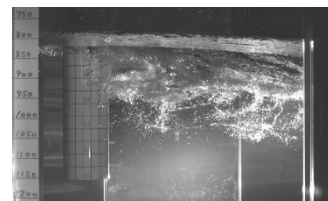


図3 FNS における気泡の挙動の観察

4. まとめ

艦艇の流体性能のさらなる向上のためには、数値解析技術、及び試験計測技術両者の向上が重要である。両技術への近年の取り組みの例として、プロペラや浮体の数値解析、FNS における気液2相流の観察及び曳航水槽における速度計測装置の導入の事例について紹介した。

^{*1}艦艇装備研究所航走技術研究部 流体ステルス研究室



水中音響通信ネットワーク

○工藤孝弘*1

1. 背景・目的

本研究の目的は、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し、潜水艦やUUV(Unmanned Underwater Vehicles、水中で活動する無人機)、USV(Unmanned Surface Vehicles、水上で活動する無人機)の通信能力を向上させることである。具体的には、潜水艦や護衛艦の水中通話器、UUVの遠隔操作等の水中装備品への適応が期待できる技術である(図1)。今回の発表では、将来の運用構想、研究用に製造した試作品、海上試験の内容の3点について紹介する。

電磁波の減衰が大きい水中において、潜水艦やUUVとの通信には音波が使用されている。しかし、水中音響通信には生物雑音や船舶の発する雑音、海洋環境の変化等に弱いという短所があり、潜水艦の長距離通信やUUVの遠隔操作の実現への障害となっている。

この短所を克服するため、通信経路選択機能を持った通信ノード(図1)を複数設置し、広範囲なデジタル通信ネットワークを構築する。これにより、海洋環境の変化によってある通信経路の通信が途絶した際にも、別経路を選択することで通信を再開でき、水中での長距離通信を実現することが可能となる。

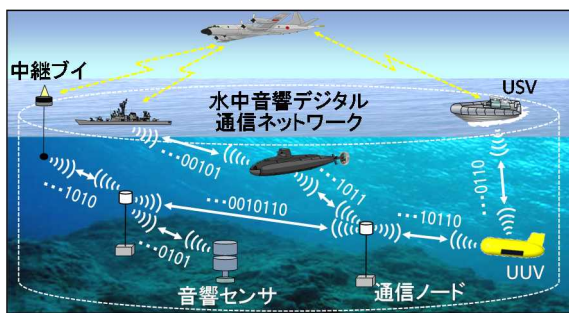


図1 将来の運用構想

2. 試作品の概要

現在、艦艇装備研究所では、水中音響通信を用いたデジタル通信ネットワーク技術を研究するため、通信ノードの試作品(図2)を製造し、海上試験を実施している。

試作品は耐水圧を考慮した頑丈なボディと、高出力の送受波器(図2 白円の部分)を備えており、

水中での試験が可能となっている。通信方式は既に携帯電話や無線LAN(Local Area Network)等で普及している技術を応用することで、開発リスクを低減している。通信速度と通信距離については、帯域幅を広く確保できる高周波が通信速度の点で有利だが減衰が大きく通信距離が短くなる問題がある。そこで数km程度の通信距離と、数kbps程度の通信速度を確保するため、使用帯域は15~25kHzとした。送受波器は複数の素子を直線に配列した。これには音波の出る範囲を絞ることで、マルチパス(海面や海底からの邪魔な反射音)を抑制する狙いがある。また、変調方式や誤り訂正機能を複数種類搭載することで、それぞれの方式の有効性について検証することもできる。通信経路選択機能は、自動的に最適な通信経路を選択し、ある通信経路で通信途絶が起こった際にも、別経路において通信を自動的に再開するものである。



図2 通信ノードの試作品

3. 試験の概要

今年の6月に実施した海上試験では、それぞれの通信方式の基本的な性能について確認した。例えば、1次及び2次変調方式や誤り訂正等の信号処理機能を変更した際の誤り率(情報を正しく送れなかった割合)の変化や、ドップラーシフト(移動している物体から音波を出すと、周波数が変化する現象)の影響について確認した。

今後は試作品の1対1での最大通信距離や、5台を海底に設置した状態での通信経路選択機能を確認する試験を予定している。

*1艦艇装備研究所探知技術研究部 海洋信号処理研究室



ベクトルセンサを用いた方位検出型音響センサ

○玉石洋志*¹、月森利直*¹

1. 背景・目的

近年、国内外において、海洋環境調査や機雷捜索などを目的とした自律型無人水中航走体(UUV: Unmanned Underwater Vehicle)に関する研究が活発に行われている。UUVは、人間が関与することなく、自律的に長時間水中を行動することが可能であり、人的被害の恐れもないため、潜水艦監視の有効な手段になると考えられる。

水中で潜水艦を発見するためには、潜水艦が航走するときに放出される音を音響センサで受信する必要がある。一般的に、潜水艦探知用の音響センサとして、図1の運用構想図に示すホース状のえい航式ソナー(TASS: Towed Array Sonar System)が用いられるが、潜水艦監視用UUVへの搭載を考慮すると、TASSに用いられるホースを細径化するとともに、直進しつつ左右判別が可能な方位検出機能を付与する必要がある。

本研究では、ベクトルセンサを用いて、上記の実現を試みる方位検出型音響センサを仮作し、方位検出機能など基礎音響性能を確認した。

3. 研究内容

図2に今回仮作した方位検出型音響センサの外観写真及び概要図を示す。ウレタンホースの中に無指向性の音圧センサを1個、ダイポール指向性を有するベクトルセンサ2個を直交に配置している。ベクトルセンサは、円板型圧電子をケースの両面に貼り付けたもので、円板型圧電子に垂直方向から入射する音に対して最大感度を示す。音圧センサとベクトルセンサの受波出力を用いて、センサの長さ方向に対する垂直面上で直交する2つのカージオイド指向性を形成し、方位検出を行う。

基礎音響性能の確認は、無響水槽にて実施した。音響センサと標準送波器を音響中心を合わせて器間1mで水中に吊下し、標準送波器から送波された音を方位検出型音響センサで受波することで試験を実施した。

図3に方位検出機能の試験結果を示す。方位検出型音響センサの長さ方向に対する垂直面において、概ね正しく音源方位を検出していることが確認できた。

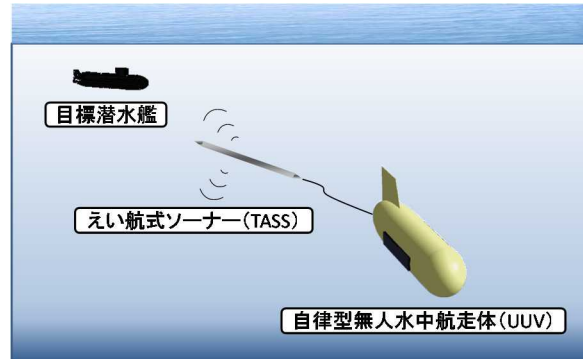


図1 運用構想図

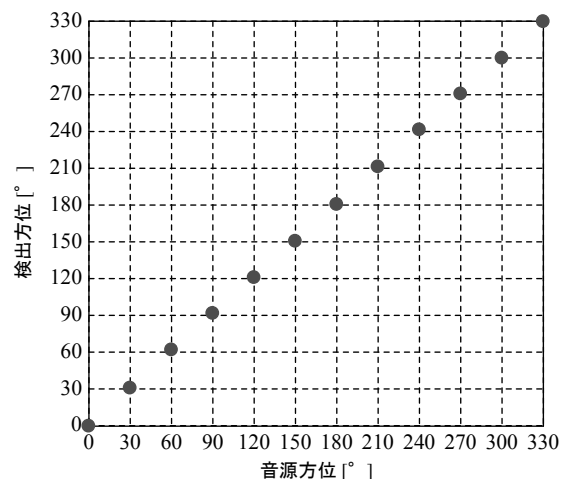
図2 方位検出型音響センサ
外観写真及び概要図

図3 方位検出機能試験結果

*¹艦艇装備研究所探知技術研究部 音響誘導研究室

音線経路差を利用した水中移動目標の近距離測位

○大川圭一^{*1}、戸田康永^{*1}

1. 背景・目的

本研究は、水中目標の位置を特定し、追尾・監視する新しい手法を検証することが目的である。この手法は、沿岸域に侵入した水中航走体等が障害物監視や捜索のために使用せざるを得ないソーナー音を受信して目標位置局限に利用するパッシブ測位方式^{1)~3)}であり、アクティブ測位方式とは異なり秘密裏に水中目標の追尾・監視が可能となる。

2. 研究の内容

水中目標の発する音に対して複数の音波伝搬経路間の到来時間差を利用して水中目標の位置を推定する研究を実施している。音波の到来時間差から水中目標の位置(距離及び深度)を推定する方法^{1),2)}は2通りあるが、一般的な海洋環境では、これらは物理的に同一であるので、ここでは高速計算可能な方法を適用する。

平成25年12月に内浦湾の水深約60mの海域で試験を実施した。目標音源としてフレクテンショナル型低周波えい航音源(図1)を用い、受波器として配列間隔15cmの4chの受波アレイを使用した(図2)。音源及び受波器は水平無指向性である。目標音源からの送信波形は、5kHzのトーンバースト波(又はPCW(Pulse Continuous Waveの略語))と中心周波数5kHzのLFM(Linear Frequency Modulationの略語)を用いた。パルス幅はともに1msである。受波アレイ近傍の海底は平坦であり、水温及び塩分濃度分布は試験を通してほぼ一様であった。潮汐流の流向は時間とともに変化するものの、流速は一日を通して0.2ノット以下であった³⁾。

受波素子数はわずか4chであるが、水中目標の位置局限結果は、送信波形によらず極めて良好であった。当日は、海上試験における目標音源の位置推定結果について報告する。



図1 フレクテンショナル型低周波えい航音源
(最大送波音圧約180dB@5kHz)



図2 受波アレイ

参考文献

- 1) 特許第5716219号(位置推定方法及び位置推定装置)
- 2) 大川圭一, “水中目標のパッシブ測位方式に関する研究”, 防衛技術ジャーナル, 第400号, pp.38-43, 2014年7月
- 3) Keiichi OHKAWA and Yasunaga TODA, “Passive Localization by Wave Front Reversal PartII: Experimental Results,” MAST Asia 2015.

^{*1}艦艇装備研究所探知技術研究部 信号制御研究室



陸上車両の簡易消磁試験結果について

○赤木尚史*¹、堀澤智幸*¹、手塚英司*¹、中村尚*¹、里見晴和*¹

1. 背景・目的

陸上車両から発生する磁気を検知して起爆する地雷に対処するためには、車両の磁気を低減する必要があるが、装甲性能等の観点から、陸上車両の磁性体重量を低減するには限界がある。そこで今回、陸上車両に消磁コイルを取り付けることにより、磁気低減を図る方法を検討した。

2. 概要

陸上車両は、通常エンジン及び装甲などに鉄あるいはニッケルなどの磁性を有する材料が使用されている。このため、陸上車両からは磁気が発生することになる。ここで磁気はベクトル場であるため陸上車両の磁気は車両前後方向、左右方向及び垂直方向に分けることができる。今回、陸上車両の磁気の中で最も支配的である垂直方向の磁気について、仮設の消磁コイルによる低減を試みた。消磁コイルとは、陸上車両から発生する磁気と大きさが同じで向きが逆である磁気を電流により発生させ、互いに打ち消し合うことにより陸上車両周辺の磁気を低減させるコイルであり、各種艦艇にも同様のコイルが設置されている。

今回、図1に示すように、市販のトラックの周囲に垂直方向の磁気を低減する消磁コイル(図1の白いケーブル)を6周分巻き付け、トラック荷台に搭載した安定化電源から消磁コイルに電流を印加することによる消磁効果について計測した。



図1 計測対象トラック

計測は、地形由来の磁気雑音が少なくかつ人工的な磁気雑音の影響を受けにくい艦艇装備研究所川崎支所野外試験場内において実施した。

図2に示すように地表下1mに磁気センサを中央及び左右0.5m間隔に計3台埋設し、中央の磁気センサ直上を小型トラックが走行することにより、車両から発生する磁気を計測した。



図2 計測の様子

3. 結果及び考察

計測結果の一例を図3に示す。図3はトラックが埋設した磁気センサ直上を南向きに走行したときの磁気量であり、グラフの上段は消磁電流印加前(非消磁状態)、下段は消磁電流印加後(消磁状態)である。今回の実験では、最も磁気量が高いと思われるトラック中心付近について、垂直方向磁気が最も小さくなる電流値に設定した。

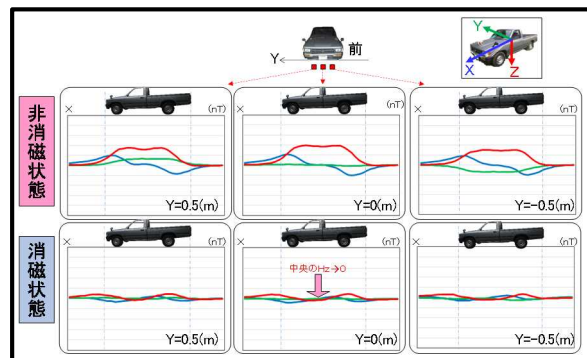


図3 計測結果一例(南向走行)

図3から明らかなように、非消磁状態ではトラック全長にわたり垂直方向磁気が発生しているが、消磁状態では垂直方向磁気を中心に大幅に低減されていることが確認できる(グラフの赤ライン)。

トラックの地表下1mでは、単純な磁気波形であったため、車体外部に巻き付ける簡易な消磁コイルで効果的な消磁が可能であったが、複雑な磁気波形の場合には、消磁コイルの配置や電流値の設定等についての工夫が必要となると思われる。

今後は、これらの技術を活用し、戦闘車両等への応用についても検討していきたい。

*¹艦艇装備研究所川崎支所 電磁気研究室

情報システム時刻同期技術の研究

○奥本有樹*、石川正興*

1. 緒論

指揮システムが情報共有のため時分割で定期的なデータリンクを行う場合、無線機同士の時刻を合わせる時刻同期が重要である。現在時刻同期の手段としてはGPS信号が用いられている。またGPSは自己位置の把握にも用いられている。しかし近年電波妨害等によりGPSが受信不能となる脅威が発生しており、そのような状況では高精度な時刻同期や自己位置の把握が不可能になる。本発表では、GPSが受信不能な状況でも高精度な時刻同期を図り自律的な位置把握やシステム間同期が可能な代替手段を実現する情報システム時刻同期技術の研究の成果を紹介する。

2. 概要

GPSが受信不能な場合、時刻のわからないシステム(SLAVE局)は時刻の基準となるシステム(MASTER局)に時刻を合わせる。この際、既存の方式ではMASTER局がSLAVE局に時刻情報を配信する時刻配信方式によって時刻同期を行っている。これはSLAVE局がMASTER局からの時刻情報を受信したタイミングで、自身の時刻を通知された時刻に合わせるものである。

この場合SLAVE局とMASTER局間の距離に応じた電波伝播遅延分の時刻ずれが発生する。このずれに対して、データ同士の干渉を防止するためにデータの前後にガードタイムと呼ばれるインターバル時間を設けている。ガードタイムが長くなればデータの送信に割り当てられる時間が減少するため、通信効率が低下する。また、複数のセンサ間で時刻が異なっていると、それらのセンサデータを統合する処理に影響する(例えば同一目標を複数目標と誤認識する)など効率的なデータ処理が阻害される。

研究ではMASTER局とSLAVE局の間で信号を送受信することによって伝播遅延時間を把握し、これを補正する手法を野外試験によって検証した。図1に伝播遅延補正前(時刻配信方式による時刻同期)の状態を示す。図中のパルスは各無線局が一定の間隔で送信している信号であり、これらのタイミングに伝播遅延によるずれが生じている。図2に伝播遅延補正後の状態を示す。伝播

遅延によるずれが補正され、MASTER局とSLAVE局が高精度に同期していることが確認できる。また、この遅延時間から無線機間の距離を算出し、相対的な自己位置を把握する手法についてもあわせて検証した。

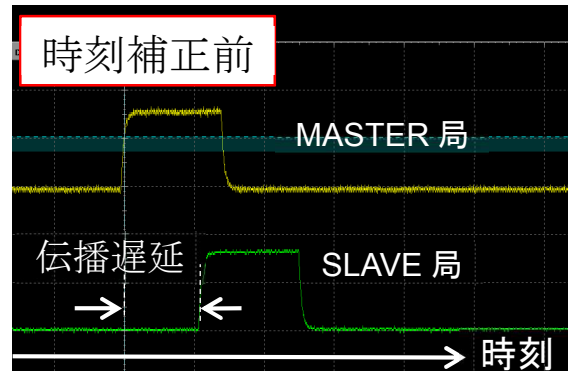


図1 時刻補正前

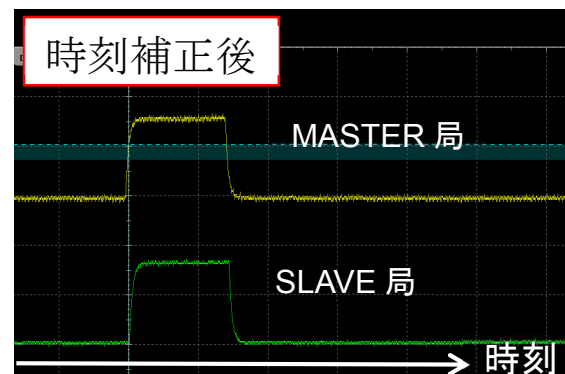


図2 時刻補正後

本研究では現有の装備品と同等のソフトウェア無線機を使用して、時刻補正や自己位置算出の機能をソフトウェアの改修によって実装した。このように各種のソフトウェア無線機ではハードウェアを変更することなく、ソフトウェアの改修により本方式を適用可能であると考えられる。

*電子装備研究所情報通信研究部指揮通信システム研究室

防衛用画像照合技術

○佐々木 浩*、畑 貴將*、村上 良行*、佐藤 史生*

1. 背景

画像照合技術は偵察、測位、目標識別等の防衛用途に幅広く応用されてきた。その重要性から電子装備研究所においても画像照合技術及びその関連技術の研究を進めてきた。本発表は電子装備研究所にて今まで行ってきた画像照合関連技術の研究、それらを基盤として発展させた現在の研究の取り組み及び今後の研究構想について紹介する。

2. 研究内容

防衛用途の画像照合関連技術の要素技術として、過去に動画像の解析による画像空間安定化処理、鮮鋭化処理、移動目標抽出、微小目標抽出に関する研究、動画像のフレーム間の画像の照合による広域画像合成の研究、視差を利用したパッシブ測距、レーザー間接測距、3次元画像復元(図1)の研究等を行っており基盤となる技術を蓄積してきた。また、こうした画像処理関連技術を高速に行うため、ピラミッド処理等の高速化アルゴリズムの研究、GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Units: GPUによる汎用演算)の積極的な活用及びDDS (Data Distribution Service:分散処理基盤の一種)を使用した並列演算技術の研究を平行して行ってきた。

これら要素技術の集大成の一つとして画像ジャイロ技術の研究を行った。画像ジャイロ技術とは、カメラから得られる画像情報から自己の位置・速度を推定する技術であり、この技術が確立できればGPS(Global Positioning System:全地球測位システム)等に依存しない測位・航法が安価に実現できるため、対GPS妨害技術としても有用である。カメラにより取得された画像から自己の速度を推定する自己移動量推定機能及び自己の位置を推定する絶対位置推定機能を開発し、陸上での原理検証の研究及び航空用途への適用可能性を調べる日米共同研究を行った。この共同研究において実際に空撮画像を取得し、自己移動量推定機能と絶対位置算出機能を評価した結果、航法装置として十分期待できる精度を持っていることを確認した(図2)。

現在、この画像ジャイロ技術の研究で培った各

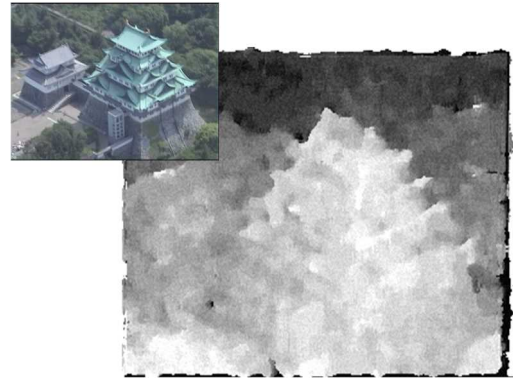


図1 3次元画像復元(黒:遠方、白:近傍)



図2 画像ジャイロの試験状況(米国における画像ジャイロ搭載母機及びカメラヘッド)

要素技術を発展させ、画像を用いた目標測位技術等の新しい研究を行っている。また、通常の画像処理に用いられる可視画像のみならず、防衛用途で求められる赤外線画像、レーダ画像等の可視画像以外への画像照合関連技術の適用、さらにこれらの画像を横断的に利用する処理技術の確立に向けた研究を行っている。加えて、従来型のCPUやGPUを利用した研究のみならず、ニューロシナプティックコンピュータチップ等の次世代のコンピュータ技術の活用を想定した研究も行っている。

本発表では過去に行ってきた画像処理関連技術の各要素技術の概要、画像ジャイロ技術の概要、それらを基にした現在行っている研究及び将来の研究構想を発表する。

*1電子装備研究所 情報通信研究部 サイバー情報研究室



航空機搭載合成開口レーダを用いた目標検出

○遠藤康司*、佐藤玲司*

1. 背景

近年、ゲリラや特殊部隊への対処、島嶼部侵攻への対処、さらには重要施設の防護の必要性が高まっており、それらの対処能力の早急な向上が求められている。そのためには、脅威の想定される地域の情報収集や警戒監視を夜間や天候に関係なく継続的かつ詳細に行う必要がある。

合成開口レーダは、夜間や天候に関係なく運用でき、また情報を広域にわたり収集できる特徴がある。さらには高分解能な合成開口レーダによるポラリメトリ(偏波)解析、インターフェロメトリ(干渉)解析は地上、海上の移動目標検出や目標識別に非常に有効な手段と考えられており、また地表面状態の観測や地形変動の解析にも有効と考えられている。

2. 研究計画

平成24年度～平成26年度に総務省が研究開発した「小型航空機搭載用高分解能合成開口レーダー」は、ポラリメトリ機能、インターフェロメトリ機能等を備えた小型かつ高分解能な最先端の合成開口レーダである。当該研究開発事業では、迅速かつ臨機応変に使用可能な合成開口レーダの実現を目指して、セスナ等の小型航空機やヘリに搭載して柔軟な運用を行うために、以下の課題について取り組んでいる。¹⁾

- ア) 機器小型化のためのシステム最適化技術
- イ) 航空軌道動揺補正技術
- ウ) マンマシンインターフェース技術

上記の課題を解決するために、小型航空機搭載用とヘリ搭載用の合成開口レーダが製造されており、それぞれビーチクラフト 200T 及び BK117 に搭載(図 1)し、フライト実証評価を行うことで小型航空機への搭載のための課題を解決している。

本研究では、当該研究開発事業において開発されたレーダ器材のうちヘリ搭載用の器材1式を防衛省において活用し、合成開口レーダによる目標検出、目標識別等の技術の向上を図る。表 1 に示すとおり平成27年度から29年度までの概ね

3年間の研究として、当該器材の特徴である『高分解能』、『フルポラリメトリ(全偏波解析)』等の機能に着目し、地上及び海上の目標物の撮像、各偏波ごとの反射特性分析、分析結果に基づくシステムに適した信号処理の検討等を行い、目標検出・識別技術の向上を図る。

図 1 BK117 搭載時²⁾

(提供：セントラルヘリコプターサービス株式会社)

表 1 研究計画線表

年度	24	25	26	27	28	29	30
	小型航空機搭載用 高分解能合成開口 レーダーの研究開発 (総務省事業)			防衛省における活用			
				検討用基礎データの取得と評価			
				海面、地表面及び移動・静止目標の データ取得及び反射特性分析			
					信号処理方式等の検討 飛行試験による性能実証		

参考文献

- 1) 総務省, “小型航空機搭載用高分解能合成開口レーダーの研究開発 基本計画書”, http://www.soumu.go.jp/main_content/000245947.pdf, (2015.9.2 アクセス)
- 2) T.Fujimura 他, “NEW SMALL AIRBORNE SAR BASED ON PI-SAR2”, IGARSS 2015.

*電子装備研究所センサ研究部電波センサ研究室



高出力マイクロ波技術について

○谷口大揮*、平野 誠*

1. 背景

近年、情報収集能力の向上により、装備システムにおける従来の防御方法では限界があり、各種ミサイル攻撃等に対する脅威が高まっている。

新たな脅威に対処する方法として、ミサイルに強力なマイクロ波を照射してミサイルの機能を無力化させることが有効であることが認識され、従来のミサイルや火炮による防御に対して、瞬間対処が可能であり、弾数の制約がなく、低コストである等の利点を有する。

瞬間対処が可能なアクティブ・フェーズドアレイ（以下、「APA」と呼ぶ）により高エネルギー防空対処のための高出力マイクロ波を送信するためには、高効率かつ小型化が可能な新型電子管増幅器による高出力マイクロ波技術が必要である。

2. 目的

電波を利用した将来の高エネルギー防空対処システムの検討に資するため、高効率かつ小型化が可能な新型電子管を用いた APA 方式の高出力指向性マイクロ波技術に関する技術資料を得る。

3. 高出力マイクロ波技術の概要

高出力マイクロ波技術とは、その照射により、対象物のアンテナや電磁的隙間等から侵入し、電子機器を故障、破壊させる技術をいう。

その電子機器への電磁波侵入は Front Door Coupling と Back Door Coupling の2つに分類される。前者はアンテナからの侵入のことをいう。後者は電磁的な隙間、外部との接続信号ライン、電源ライン等からの侵入のことをいう。電子機器を壊す指標である電界強度は前者で 2kV/m、後者で 15kV/m といわれている¹⁾。

4. 諸外国の状況

米国、ロシアなどで既に高出力マイクロ波兵器が開発されているとの報告がある。電磁弾、無人機、小型航空機搭載の高出力マイクロ波発生技術としては、バーカートルのように単管で大電力を発生することができる電子管の研究が進んでいる。大型航空機や車輛搭載する兵器では、APA を搭載する計画が検討されている。

5. 電子装備研究所での取り組み

高効率／小型化が可能で大電力／広帯域な電子管を増幅器とする送信モジュール（図1）について、高出力マイクロ波発生技術として研究を続けてきた²⁾³⁾。

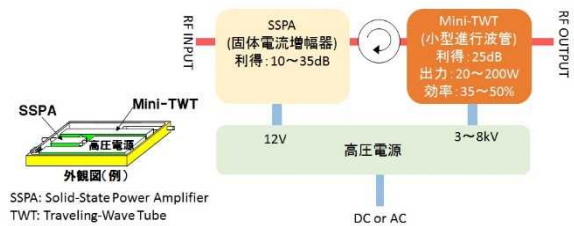


図1 送信モジュールの概要

今後、マイクロ波パワーモジュールで構成される送信パルス／周波数制御が可能な APA のスケールモデルを試作し、電波暗室等における基本特性の検証の後、野外環境で高出力マイクロ波の試験評価を行う計画である（図2）。

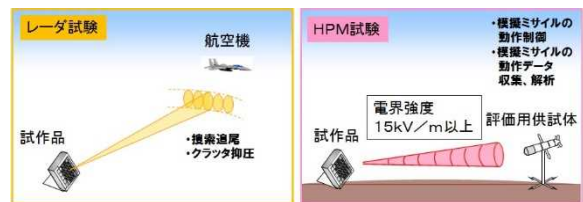


図2 野外試験（レーダ及びHPM）

参考文献

- 1) Mats G. Backstrom, “Susceptibility of Electronic Systems to High-Power Microwaves: Summary of test Experience”, IEEE Trans. On EMC, Vol.46, NO3, Aug. 2004
- 2) 谷口大揮他, “デュアルモードの X 帯 MPM を用いた 4 素子アレイアンテナにおけるビーム指向特性の測定”, 信学総大, B-2-52, Mar. 2014
- 3) 谷口大揮他, “MPM におけるデュアルモードゲイン最適化への検討”, 信学総大, C-2-28, Mar. 2015

*電子装備研究所電子対処研究部 センサ妨害研究室



アクティブ電波反射制御技術

○高萩 和宏*、平野 誠*

1. 背景

近年、戦闘機やミサイルからの脅威を低減し、早期対処を可能とするために、我が戦闘機等のステルス化に関する需要が高まっている。

ステルス化の手法には、大きく分けて反射方向を局限する形状ステルスと反射量を減らす材料ステルスがあり、装備品の形状や適用箇所に応じて対策されている。しかし、装備品のアンテナ開口面は、電波を放射する特性上、形状の工夫や電波吸収体等の材料適用が困難である。現在、アンテナ開口面のステルス化は、傾斜取り付け、埋め込み式と周波数選択レドーム等により対策されているが、アンテナ特性への影響が無視できない。

そこで、本発表では、アンテナ特性に影響を与えずにステルス性を得る技術として、アクティブ電波反射制御技術についての検討結果を報告する。

2. 目的

本研究は、航空機のアンテナ部のステルス化に向けて、メタマテリアル技術を適用したアクティブ電波反射制御¹⁾を用いて、パルス・ドップラ方式のセンサの目標検出阻害に関する基礎的な検討を行うことを目的とする。

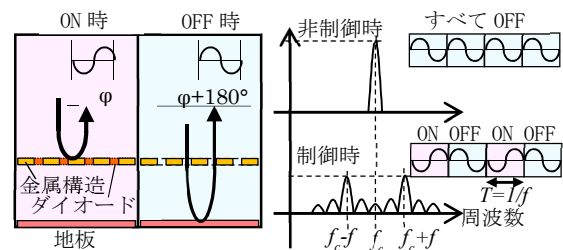
3. アクティブ電波反射制御の原理

本研究で用いるアクティブ電波反射制御技術は、パッチアレイとアクティブ素子を用いて、到来波の反射位相を時間的に 180° 変化させて反射周波数を変更する技術である。これにより、脅威側のレーダのドップラ処理に対して周波数軸上で信号をシフトさせ RCS の低減を図るものである。構造は図 1 に示す様に、パッチアレイ配列及びそれらのパッチを接続する PIN ダイオードを配したアクティブ層と、裏面の金属反射板(地板)からなる。

アクティブ層の PIN ダイオードの ON、OFF 時の電波反射特性の違いにより反射周波数を制御する。PIN ダイオードを ON にした場合は、パッチ配列は金属線のようになる。OFF にした場合、ダイポール形状のパッチアレイのみとなる。OFF 時に透過した電波は、アクティブ層の透過位相及び裏面金属との経路長により、ON 時の表面反射と

比較して 180° の位相遅れが生じる。この 180° の位相差を時間的に切り替えることで、二値の位相変調がなされ、図 1 のように、反射波が周波数軸上でシフトする。

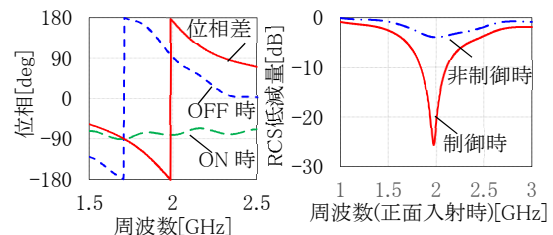
この周波数軸上の信号シフトにより、脅威レーダの捕捉するドップラ周波数ゲートの帯域外へ信号をシフトさせることで、低被観測性が得られる。



(a)断面図 (b)反射信号
図 1 制御の原理

4. 測定結果

測定結果を図 2 に示す。本結果より、設計周波数である 2.0GHz の付近で位相差が 180° となっていることが確認できる。また、RCS(レーダ反射断面積)の計測結果より、位相が 180° 変化する 2.0GHz 付近で 20dB 以上の RCS 低減が得られた。



(a)反射位相 (b)RCS 低減量
図 2 測定結果

参考文献

- 1) A. Tennant et al., "Reflection properties of a phase modulating planar screen", IEEE Electronics Letters vol.33 no.21 pp.1768-1769, October 1997.

*電子装備研究所電子対処研究部 センサ妨害研究室



化学剤遠隔検知技術の研究

○増田陽介^{*1}、石渡昌雄^{*2}、尾崎圭一^{*1}、池上俊三^{*1}

1. 背景

化学剤遠隔検知技術は、有毒化学剤の存在する場所から隔離した場所において、有毒化学剤を検知する分光学的測定技術であり、脅威に晒される前に有毒化学剤を検知することが出来るという点において、有用な検知技術である。

平成25～26年度に、独立行政法人（現：国立研究開発法人）理化学研究所（以下「理研」という。）と協力し、中赤外電子波長可変レーザーを原理とする化学剤遠隔検知装置を用い、擬剤ガスの吸収波長における吸光特性について、実験室環境における試験を実施した。

2. 目的

実験室環境において、隔離した場所から化学剤を検知できることを確認する。

3. 試験方法

試験に用いた試験装置は、理研が試作した化学剤遠隔検知装置であり、電子波長制御技術により約6～10 μm領域の任意の波長の赤外線レーザーを、連続的あるいはランダムに出力することができる。レーザー発信部と検知部は同じ筐体内に格納されている。

吸光特性を調べた化学物質は、化学剤と分子構造がよく似たジメチルメチルホスホナート（DMMP）である。液状のDMMPを加熱してガス状とし、ガスセル内に導入したのち密封した。ガスセル内の擬剤ガス濃度をガスクロマトグラフィー質量分析装置（GC/MS）により定量したのち、供試品から赤外線レーザーを発生してガスセルに入射し、波長をおよそ9～10.5 μmの領域で変化させ、吸光度を測定し、波長と吸光度の関係を調べた。また、ガス濃度と吸収波長のピークにおける吸光度との関係を調べた（図1）。

4. 試験結果

擬剤（DMMP）ガスを測定した結果、波長9.5 μmにおいて吸収波長のピークがみとめられた。この波長領域は、DMMP分子中のメチル基（-CH₃）および2つのメトキシ基（-OCH₃）が結合した

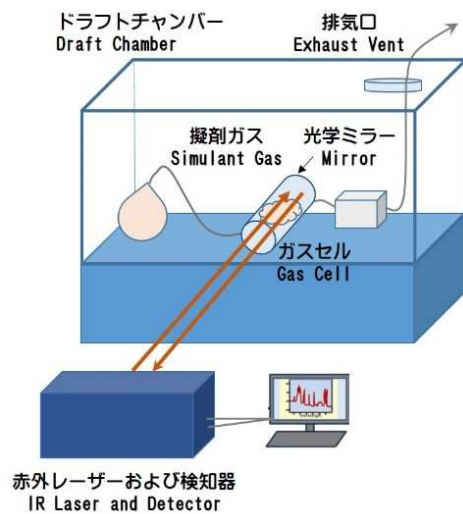


図1 試験の概要図

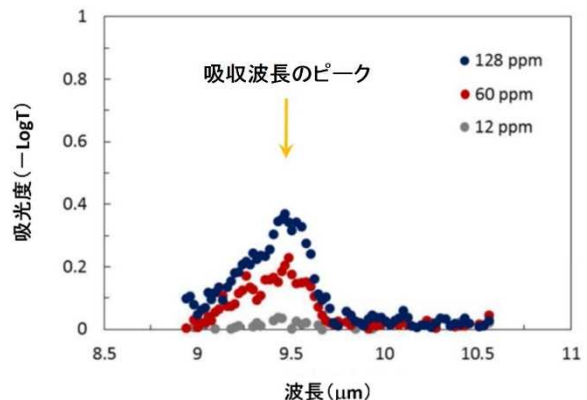


図2 擬剤（DMMP）ガスの吸収波長と吸光度の関係

リン酸2重結合（P=O）が共鳴し吸収する波長領域に相当する。

また、DMMPの濃度を低下させたところ、10 ppm程度まで検出することができた（図2）。

この結果から、実験室環境において、隔離した場所から化学剤の擬剤の検知および濃度の推定ができることがわかった。この成果は今後、化学剤遠隔検知装置の実用化に向けた研究を進めるうえで、基礎的な知見となり得る。

^{*1}先進技術推進センター研究管理官（CBRN対処技術担当）付CBRN検知技術推進室

^{*2}事業監理部計画官計画係



高空における放射能塵の調査研究

○小原えり*、石田祐希子*、池上俊三*

1. 背景

大気圏内核実験が行われていた頃、核実験による環境への放射能汚染が問題となった。防衛省でも1961年以来、政府が行う環境汚染調査の一環として、我が国上空の放射性浮遊塵に関する資料を得るため、航空自衛隊の航空機を用いて大気浮遊塵の試料を採取し、採取された試料について放射能濃度及び含有核種の分析を行うようになり、現在まで50年以上にわたって調査研究を続けている。また、2010年度からは大気が含有する放射性希ガス(^{133}Xe)の濃度分析も行っている。

2. 概要

(1) 試料の採取

試料採取空域の概要図を図1に示す。北部、中部及び西部の3空域において、航空機(T-4 中等練習機)に装着した機上集塵器により毎月1回試料を採取している。採取高度は、各空域とも10km及び3kmである。

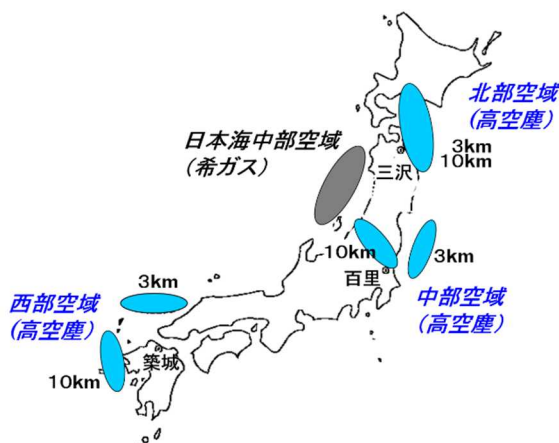


図1 試料採取空域概要図

機上集塵器内の円柱形のホルダには、空気の通り道に当たる底面部と側面部に、それぞれ予め放射性物質測定用フィルタを取り付けておく。機上集塵器を通過する空気中に含まれる高空塵及び放射性ガスが、放射性物質測定用フィルタによって採取される。

(2) 測定及び分析方法

上空において高空塵等を採取した放射性物質測定用フィルタについては前処理を施し、全 β 放射能濃度測定用及び γ 線核種分析用試料としている。全 β 放射能濃度測定には、低バックグラウンド β 線自動測定装置を使用し、測定時間は3時間とした。また、 γ 線核種分析には、Ge 半導体検出器及び波高分析装置を使用し、測定時間は48時間とした。

(3) 調査結果

各採取空域及び各高度における試料の全 β 放射能濃度の年間平均値の推移を図2に示す。

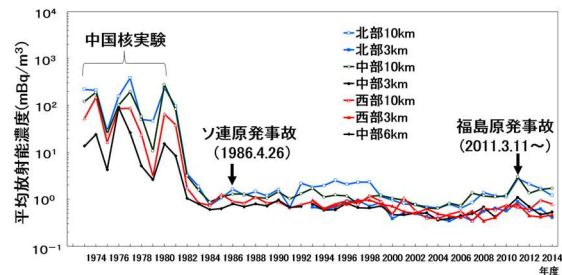


図2 全 β 放射能濃度の年間平均値

1980年10月に実施された中国の大気圏内核実験を最後に、我が国周辺では大気圏内核実験は実施されなくなったため、放射能濃度は急激に減少し、最近ではほぼ一定の状態になっている。2011年度は、2010年度の放射能濃度よりも高い放射能濃度が北部10km及び中部10kmで検出された。これは、2011年3月11日に発生した「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故」(以下「福島第一原発事故」という。)による放射性物質の放出に伴うものと推測される。しかし、この放射能濃度は、図2における中国核実験期間中の放射能濃度平均値と比較すると、1/20以下である。

γ 線核種分析では、福島第一原発事故発生後の2011年度以降の試料について毎年微量の人工放射性核種(^{137}Cs 及び ^{134}Cs)が検出されている。

*先進技術推進センター研究管理官(CBRN 対処技術担当)付 CBRN 検知技術推進室

防衛用ロボット操縦のための身体動作認識技術

○村上卓弥*、小林一穂*、山田隆基*、金子学*

1. 背景・目的

近接戦闘等、隊員の生命リスクが極限まで高まる過酷な環境においては、ロボットの多様な有用性が期待される。しかし、そういった場面でロボットを活用する際の問題点の一つとして、ロボットの操縦方式として現状利用されているゲームパッド等を用いた方式では、操縦者が常時ロボットの操縦に傾注するため、周囲への集中力が削がれ、自身の安全が確保できない。これを解決するためには、隊員の身体動作や音声を操縦指令として用いる、あるいはロボットが隊員へ自律的に追従して走行するなど、戦闘行動を妨げることのない、自然で簡易なロボットの操縦方法が有効であると考えられる。

そこで、先進技術推進センターでは、隊員の負担を軽減するための新たなロボットの操縦方法の確立を目指した研究を行っている。現在は主に、隊員の身体動作をロボット操縦に用いるための身体動作認識技術についての検討を行っている。

2. 研究内容

身体動作認識技術は、民生分野においても研究開発が盛んである。安価な距離画像センサとその特性を生かしたアルゴリズムの登場により、屋内等の条件下では、非接触で人間の身体動作を認識する方法が実用化されている例もある。一方、防衛用途で必須となる、屋内外、昼夜間、雨天時等の多様な環境下における適用事例は、未だ見当たらない。

そこで、上記の様な環境条件下でも適用可能な身体動作認識技術の実現を目指し、LIDAR* (Laser Imaging Detection and Ranging)を用いて、身体動作認識を行うシステムについて研究を行っている。LIDARは、取得される距離画像は縦方向に解像度が低い(画角約40°、画素数32)が、安価な距離画像センサと比較した際に、測定にレーザを用いるため、昼間の屋外や雨天時等の環境でも距離画像データの取得が可能という特徴がある。

本研究では、まず、LIDAR から出力される距離画像データを使用して、人間の位置や人間の姿勢を計測するシステムを仮作した(図1)。本システムは、LIDAR 自身が移動する場合でも人間

の位置や姿勢のリアルタイムでの計測が可能であり、移動体であるロボットに搭載して使用することができる等の特徴を有する。

本システムの評価に際しては、参照信号取得用として光学式モーションキャプチャシステムで人間の腕部の動作を計測し、本システムで計測された結果が、参照信号と同様の傾向を示すことを確認しており、ロボットの操縦への適用が可能であるとの見通しを得た。併せて、本システムを使用することで、ロボットが人間に追従して走行することが可能であることも確認している(図2)。

現在は、本システムの能力向上と共に、ロボット操縦に適用可能な身体動作の種類の検討に取り組んでいる。当該検討によって特定された身体動作をロボットの操縦指令として実装し、提案している操縦方法の有効性を確認する計画である。今後も、自律化技術やロボットで取得した情報の提示方式の他の研究の成果も見据えつつ、将来の防衛用ロボットをより扱い易いものとするための検討を続けていく予定である。

*: 距離計測のための多点レーザ送受信センサを内蔵し、センサ部を水平方向に回転させることにより360°の距離画像を取得するセンサ

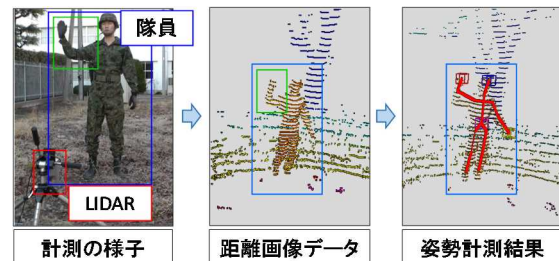


図1 人間の姿勢の計測イメージ

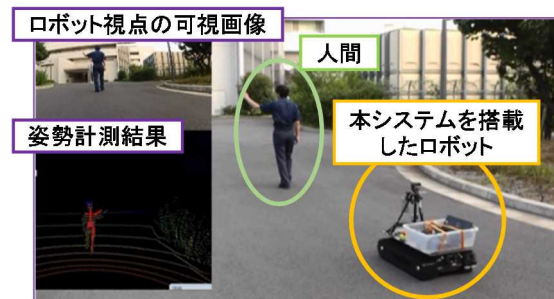


図2 ロボットが追従走行している様子

*先進技術推進センター研究管理官(ヒューマン・ロボット融合技術担当)付
ヒューマン・ロボット融合システム技術推進室

自衛隊の運用に即した被服類の取得に向けて(熱ストレス対処関連技術)

○大西 洋一^{*1}、西岡 俊治^{*1}

1. 研究の背景

下車時の隊員の機動性は各個人の身体能力に支えられており、身体能力を十分に発揮できるか否かは着衣類、周囲の環境条件等に大きく影響される。活動環境は酷暑、寒冷、乾燥、降雨、浸水等の多岐に亘るため、着衣類には行動と環境の両者を踏まえた性能の設定が求められる¹⁾。また、機動性と相反する防護性能等を勘案した上で、戦闘を効率化できるよう、脅威レベルを踏まえた着衣類の性能を設定しなければならない。このためには、身体能力に影響する要因に関する定量的な指標を得る必要がある。一例として本稿では、熱ストレスを低減するための個人用冷却装置(PCS)の冷却効果について記す。

2. 概要

PCSの冷却効果は衣類の重ね着、発汗、気温等の条件により変動するため、身体能力を低下させる一因である「熱ストレス」の予測(PHS(ISO7933)、ICDA²⁾等)に活用できるような冷却効果の指標を得る必要がある。そこで、市販PCSを用いて、評価技術の検討に着手することとした。

供試品は、薄手の長袖ジャケットの背面に吸気用ファンが取り付けられ、ファンからの吸気が襟口、袖口等から排出され、対流及び汗の気化により身体を冷却する換気式のPCSとした。

胸部及び肩部の布裏に熱流センサを貼付した供試品をサーマルマネキンに着用させ、環境試験室に設置した(図1)。マネキン表面の放熱量を制御し、体表温度35℃を維持し、周囲環境との熱収支が安定した状態でマネキン放熱量及び供試品表面の放熱量を記録した。

防水型発汗サーマルマネキン

環境試験室



図1 計測装置

計測結果の概要を図2及び図3に示す。ファン停止時を「ベースライン」、ファン作動(弱、強)時を「弱冷、強冷」としてプロットした。図2は気温(日射無し)に対するマネキン放熱量である。放熱量は気温によって異なる一方、体表面と外気の温度差に対する放熱量の比は気温によらず一定であることから、PCSの冷却効果の指標の一つとして、被服類の熱抵抗の定義(ISO15831)を準用できる可能性がある。図3は一定の気温での日射量(黒球温度)に対するマネキン放熱量及び供試品表面の放熱量である。換気することで、身体からの放熱を促進するとともに、日射による熱の流入をキャンセルしていることを確認した。

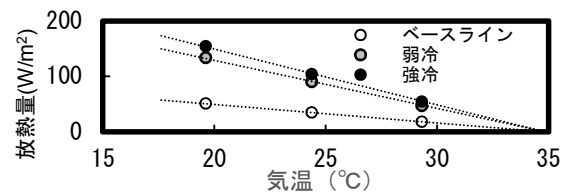


図2 気温とマネキン放熱量との関係

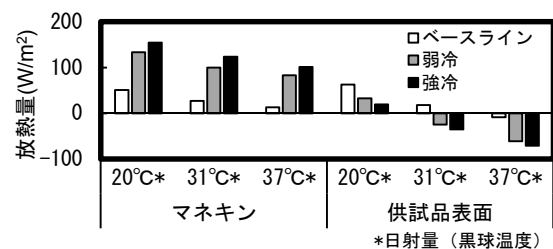


図3 日射量と放熱量との関係

3. 今後の予定

放熱経路(対流、伝導等)、持続時間等を考慮した冷却効果の指標を定め、熱ストレスの予測に活用する手法について引き続き検討する。このような評価指標を蓄積し、運用に即した着衣類の性能基準等を定量的に示すことで、従来技術の発展のみならず新規先端技術の迅速な導入にもつなげたいと考える。また、ポスターには靴下及び寝袋の保温性の検討状況についても併記する予定である。

参考文献

- 1) 前田亜紀子, “野外活動と衣服”, 被服衛生学, vol.29, p.2-8, 2009
- 2) M. Yokota, “ICDA thermal prediction model and its validation”, USARIEM Tech. Rep. T06-03, 2006

^{*1}先進技術推進センター研究管理官(ヒューマン・ロボット融合技術担当)付人間工学技術推進室



遠隔操縦式小型偵察システムの研究

○小林一穂*1、荻野直樹*2、三井尚之*1、齋藤靖之*1、金子学*3

1. はじめに

屋内における偵察任務での使用を想定した遠隔操縦式小型偵察システムを平成24～26年度に研究試作した(図1)。本システムは、小型 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 及び遠隔操縦装置から構成され、小型 UGV (Unmanned Ground Vehicle) 上での小型 UAV 離着陸も可能なものである。以下に遠隔操縦式小型偵察システムの主な機能及び本システムの機能・性能を確認するための試験について紹介する。

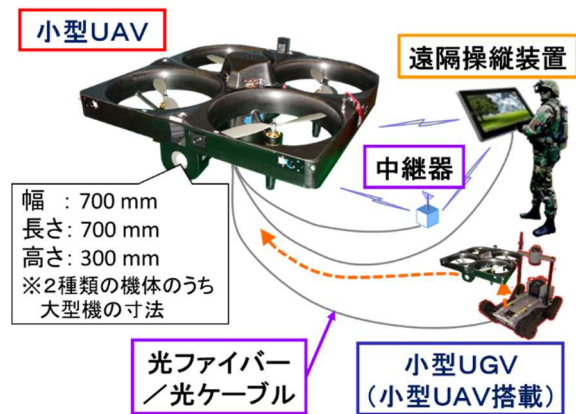


図1 遠隔操縦式小型偵察システム

2. 主な機能

(1) 見通し外遠隔操縦機能

有線(光ファイバまたは光ケーブル)により小型 UAV と遠隔操縦装置との通信を行いながら操縦する機能。これにより、建物内等、小型 UAV が見通し外となり、無線では通信を確保しにくくなる場所においても遠隔操縦を継続できる。

(2) 3次元環境地図作成機能

遠隔操縦装置において、操縦時の小型 UAV の現在位置、周囲の状況の確認及び解析時の詳細な状況解析を行うための3次元環境地図を作成する機能。小型 UAV 前方の左右に搭載したカメラから取得した画像に基づき作成される。

(3) 操縦用俯瞰画像作成機能

遠隔操縦装置において、あたかも小型 UAV の後上方等から小型 UAV 自体を見ながら操縦しているかのような擬似的な俯瞰画像(図2)を作成する機能。小型 UAV の上方及び下方に搭載した魚眼カメラから取得した画像を合成して作成される。

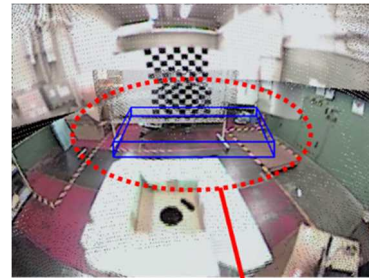


図2 操縦用疑似俯瞰画像

3. 試験

3.1 平成27年度実施の試験

(1) 基本飛行性能及び操縦支援機能に関する試験

実験室環境において、狭隘空間(幅:800mm、高さ:900mm、奥行き:200mm等)の通過、指定地への着陸等の小型 UAV の基本的な飛行性能及び3次元環境地図の作成、操縦用俯瞰画像の作成及び障害物の検知といった操縦を支援する機能を確認する試験を行った。

(2) 建物内環境での機能・性能に関する試験

建物内の実環境を模擬した環境において飛行性能や操縦支援機能を確認する試験を行う。

(3) 実環境での操縦性に関する試験

陸上自衛隊東富士演習場の市街地訓練場にある建物内において偵察任務等のシナリオに基づいて小型 UAV を部隊の自衛官に操縦してもらい、操縦の容易さ等を確認する試験を行う。

3.2 平成28年度実施の試験

(1) 災害環境での機能・性能及び操縦性に関する試験

原子炉建屋内等の災害現場を模擬した環境において、小型 UAV の飛行性能等を確認する試験及び情報収集任務等を想定したシナリオに基づき小型 UAV の操縦を行い、操縦の容易さ等を確認する試験を行う。試験場所として、東京電力福島第一原発の廃止措置に向けた技術実証試験等にも使用される日本原子力研究開発機構 櫛葉遠隔技術開発センターを計画している。

*1 先進技術推進センター研究管理官(ヒューマン・ロボット融合技術担当)付

ヒューマン・ロボット融合システム技術推進室

*2 技術戦略部技術戦略課技術企画室

*3 先進技術推進センター研究管理官(ヒューマン・ロボット融合技術担当)付ロボットシステム技術推進室



飲み水確保のための池・沼水、天水、及び海水用中型可搬浄水器

石原雅之*1、服部秀美*1、中村伸吾*1、前田芳聡*2（展示）

1. 背景

行政による既存施設を利用した災害時における飲料水供給確保とは別に、災害などの緊急時における飲料・生活用水の確保を念頭においた簡便で可搬型水供給装置の研究開発は必要不可欠である。これら装置の基本的な共通コンセプトは、身近の海水や河川や水溜り等を水源に使用し、汲み取った水を逆浸透膜及び電解質膜で濾過し、微弱酸性次亜塩素酸水の添加により飲用水を得るというものである。既存の装備品は大型化されており大電力を消費する。

2. 目的

微生物、有機毒、重金属等を含む懸濁汚染水や海水から継続的に3トン/日の安全な500人分の飲み水を確保する可搬小型浄水システムを作製し、有効性及安全性の評価、承認を経てその普及をはかる。

3. 実験

身近の海水や河川や水溜り等を水源に使用し、汲み取った水を逆浸透膜及び電解質膜で濾過し、微弱酸性次亜塩素酸水の添加により飲用水を得る開発中の装置を用いて、模擬汚染水や海水を浄化し、能力、有用性、安全性を評価する。

4. 結果及び考察

前処理としてPP（ポリプロピレン）-不織布及び凝集剤を採用した。懸濁汚染水には微生物、砒素、有機物を多く含んだ凝集沈殿物や浮遊物が存在している。各種凝集剤とpp-不織布を用いた簡易な前処理でそれらの多くを（90%以上）除去できた。

さらに前処理水を当システムの逆浸透膜及び電解質膜で濾過すると、放射性物質、臭素酸、亜硝酸性窒素、農薬、ホルムアルデヒド、砒素、ダイオキシン、ウイルス、生菌等すべてが、除去率は99.9%で検出限界以下であった。本浄水に0.1ppmの次亜塩素酸を添加すると日本の水道水基準に完全に適合した飲料水（最大3トン/日）を継続的に作ることが可能となっている。

表1. 当システムによる汚染物除去

砒素	亜硝酸性窒素	ダイオキシン	ウイルス	生菌
99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%

5. 結論

本可搬小型浄水システムは、継続的に最大3トン/日の安全な500人分の飲み水を確保するもので、その有効性は、同規模の浄水器としては、特に昨年基準化された亜硝酸の除去能において、他に類をみないものであると言える。今後は、水源に適応した前処理法の確立、メンテナンス等システム管理を完成させる必要がある。超小型海水飲み水化システム（30×50cm, 5kg, 蓄電池稼動, 最大20L）については、試作品が完成しており展示されている。浄水能力、コストパフォーマンス等についてさらなる検討が必要である。

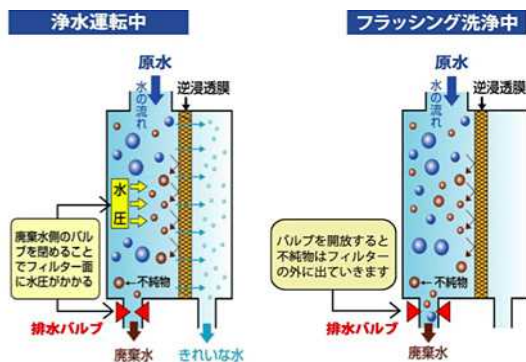


図1. 逆浸透膜

緩衝樹脂法による微弱酸性次亜塩素酸水を用いた対微生物 (B) 防護

石原雅之*1、服部秀美*1、中村伸吾*1、寺田 稔*2 (展示)

1. 背景

現在医療現場で使用されている消毒薬には、①アルコール系薬（エタノール、イソプロパノール等）、②アルデヒド系薬（グルタラル等）、③酸化剤系薬（過酸化水素水等）、④第4級アンモニウム塩薬、⑤ビクアナイト系薬、⑥両性界面活性剤、⑦ヨウ素系ハロゲン薬、及び⑧塩素系薬（次亜塩素酸ナトリウム等）があり、特性や生体、医療用具、環境等の使用目的により選択されている。次亜塩素酸散ナトリウム水溶液は、アルカリ性であることから皮膚刺激性を有していることや、酸性薬剤との混合で塩素が発生してしまうなどの問題が知られている。次亜塩素酸ナトリウム水溶液の pH を下げると水溶液中の次亜塩素酸分子の存在比率が上がる。この次亜塩素酸分子は、次亜塩素酸ナトリウム塩ほど安定性が良くないものの、芽胞菌を含めた微生物等に対する優れた殺菌効果を持つことが知られており、次亜塩素酸分子を大量に含んだ微弱酸性水溶液を活用した殺菌消毒手法に注目が集まっている。本報告では塩素系薬として、微弱酸性次亜塩素酸水について、製造法、特性、有用性について述べる。

2. 目的

簡易電解装置により調製した次亜塩素酸ソーダ（pH 8.5）に対して次亜塩素酸緩衝樹脂を適用した微弱酸性次亜塩素酸水（pH 6 - 6.5）の大量・簡便製造法の確立と対微生物 (B) 防護についての有用性・安全性を比較・検証することである。

3. 実験

簡易電解装置により調製した次亜塩素酸ソーダ（pH 8.5）を調製し、次亜塩素酸緩衝樹脂を適用して微弱酸性次亜塩素酸水（pH 5.5 - 6.5）を製造した。それぞれの次亜塩素酸処理後、菌体培養用寒天の入った 10 cm プレートで 24 h、37℃で培養し、水の菌体コロニーを計測した。

4. 結果及び考察

次亜塩素酸ナトリウムは水溶液中において、次亜塩素酸イオン（ClO⁻）と微量の次亜塩素酸分子（HOCl）、そして、水酸化ナトリウム（NaOH）に別れて存在している。細菌やウイルス等微生物に対する殺菌や不活化効果は、これらの構成因子のうち塩素の酸化力によると言われているが、正確

には、次亜塩素酸イオンではなく次亜塩素酸分子に依存する。実際、微弱酸性次亜塩素酸水の殺菌効果は次亜塩素酸ナトリウム水溶液の約 80 倍とされ、低濃度でも次亜塩素酸ナトリウム水溶液と同等あるいはそれ以上の殺菌効果を得ることができる。また、黒コウジカビや枯草菌などに対し次亜塩素酸ナトリウム水溶液よりも殺菌効果を示し、1 分以内でほとんどが死滅した（表 1）。

表 1：作用 1 分後における微生物の減少率

	微弱酸性次亜塩素酸水 (57 ppm)	次亜塩素酸ナトリウム (200 ppm)
大腸菌	99.99%	99.99%
黄色ブドウ球菌	99.99%	99.99%
MRSA	99.99%	99.99%
サルモネラ菌	99.99%	99.99%
緑膿菌	99.99%	99.99%
レンサ球菌	99.99%	99.99%
カンジタ	99.99%	99.99%
黒コウジカビ	99.99%	0%
枯草菌（芽胞）	91.96%	4.3%

我々のデータに加えて薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会添加物部会報告書を変更追加した。

微弱酸性次亜塩素酸水は薬剤耐性菌に対しても広く効果があることから、対 B 除染・防護のみならず、微生物等による感染を厳格に制御する必要のある動物実験施設や病院施設内の感染症の制御における応用についても期待できる。

5. 結論

次亜塩素酸ナトリウムの有用性は良く知られており、殺菌消毒には欠かせない薬剤である。その一方で、本論で述べた様に、微弱酸性次亜塩素酸水は、次亜塩素酸ナトリウムよりも低濃度で同等以上の効果が得られ、次亜塩素酸ナトリウムでは効果の弱い芽胞菌やウイルスなどの殺菌・不活化効果を持つ次亜塩素酸分子で構成される微弱酸性次亜塩素酸水の有用性は、高いものと考えられる。ここでは緩衝剤を適用したより安全な製造技術も報告する。その一方で、有機物存在下における殺菌効果がどの程度低下するのかなど未知の部分もある。今後、微弱酸性次亜塩素酸水は、対 B 除染・防御のみならず、院内感染や防疫業務などの感染症対策においても利便性の高いツールになるものと考えられ、有機物の存在下での使用濃度の最適化等、今後更なる検討は必要である。

耐弾特性評価用軟物質の動的・衝撃変形特性評価

○山田浩之*1、立山耕平*2、小笠原永久*1

1. 緒言

防護装備品である防弾チョッキにおいて、その防護性能を精確に評価することは不可欠である。小銃弾の被弾では、人体へ目に見える傷が現れないときでも高速物体の衝突に伴う応力波や衝撃波が伝搬することで筋肉や内臓組織が損傷を受け、重篤な障害につながることもある。そのため、被弾時の衝撃による人体への影響を定量的に評価することが求められている。

これまでの生体模擬材料の評価は、目視による材料の欠損や変形を確認するといった定性的な評価が主であり、定量的な材料特性の評価はほとんど行われていない。特に、高速物体の衝突による人体への影響を評価するためには、生体模擬材料の動的・衝撃変形特性を知る必要がある。

そこで本研究では、シリコンゴムに対して準静的および衝撃圧縮試験を行い、ひずみ速度の影響を実験的に調査した。

2. 試験方法

準静的試験は、万能試験装置で初期ひずみ速度 1.7×10^{-3} 、 1.7×10^{-2} 、 $1.7 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ で行った。

衝撃試験は、ロードセル対向式落錘試験機¹⁾を用いて行った。図1に装置および装置内を伝播する応力波の概略図を示す。試験片の圧縮変形により加えられた応力波は、ロードセル検知部に伝えられ、その後応力伝達棒に伝わる。応力伝達棒への透過波 σ_{21} は次式で表すことができる。

$$\sigma_{21} = \frac{2}{1 + A_2 / A_1} \sigma_{11} \quad (1)$$

ここで、 A_1 は検知部の断面積、 A_2 は応力伝達棒の断面積、 σ_{11} は検知部への入射波である。 $A_1 \ll A_2$ の場合、 $\sigma_{21} \ll \sigma_{11}$ となり、応力伝達棒に伝わる応力波は極めて小さくなることから、検知部に影響を与える応力伝達棒下端からの反射波も極めて小さくなる。よって、反射波の影響を低減することができ、長時間にわたって試験片の動的・衝撃応力を感知することができる。得られたひずみ速度は $5.4 \times 10^1 \text{ s}^{-1}$ であった。

3. 実験結果および考察

図2にシリコンゴムの圧縮試験から得られた応力-ひずみ関係を示す。ひずみ速度の増加に伴い流動応力の増加がみられることから、シリコー

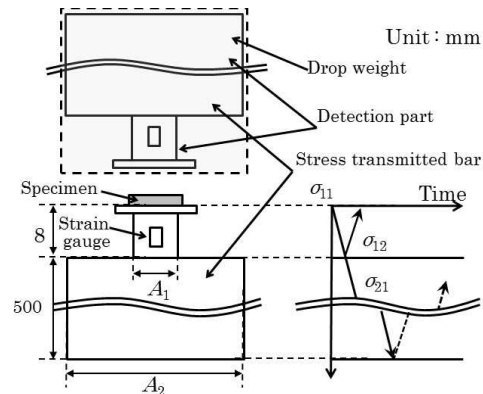


図1 ロードセル対向式落錘試験装置および装置内を伝播する応力波の模式図

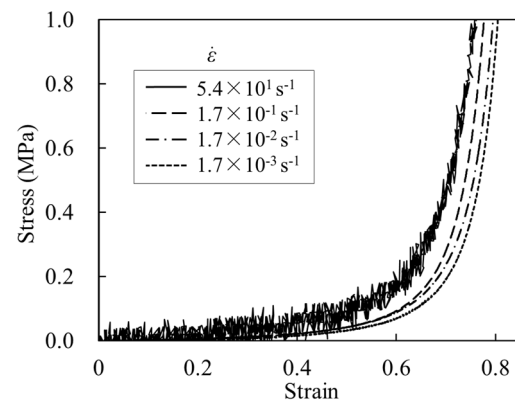


図2 応力-ひずみ関係

ンゴムは、材料強度のひずみ速度依存性を有することが分かった。また、変形過程において、圧縮直後から応力増加を伴わずにひずみが進行するプラトー領域が観察された。これは、シリコンゴムは強度が非常に低く、常温における高分子鎖の網目構造がゴム状態であることから、ひずみの進行に対してほとんど応力が増加しないゴム弾性が低強度において生じたためと考えられる。さらに、ひずみ速度の増加に伴う応力の増加割合をひずみ速度感受性と定義すると、シリコンゴムは、全ひずみ速度を通してほぼ一定のひずみ速度感受性の増加を示すことが分かった。

参考文献

- 1) K. Tateyama, et al., "Dynamic Compressive Behavior of Formed Polyethylene Film", Proceedings of 11th DYMAT, 2015, in press.

*1防衛大学校システム工学群機械工学科

*2防衛大学校理工学研究科装備・基盤工学系専攻

パイロットのワークロード評価 —シミュレータフライトにおいて—

○小川隆昭*¹、相羽裕子*¹、荒毛将史*¹、鶴原亜紀*¹、林俊介*¹、柳田保雄*²、野見山武徳*³

1. 背景・目的

将来の戦闘機パイロットは大量の情報を処理し、判断・意思決定を行う事が求められる。状況によっては情報処理に係る認知的負荷(ワークロード)が高くなり、過負荷状態(オーバーロード)に陥る危険性が指摘されている。飛行中におけるパイロットの認知機能の評価及びオーバーロードの検知手法は、パイロットの認知機能の強化や新たなインタフェースの開発、さらには航空事故防止において重要な役割を担うと考えられる。

そこで、シミュレータフライトにおける認知ワークロードのオンライン評価に向けた、基礎的検討を実施した。今回は、シミュレータフライト中のワークロード評価のための指標を明らかにすることを目的とし、複数の指標についての検討を行った。

2. 方法

ウィングマーク取得後の操縦課程学生を対象に、フライトシミュレータによる高ワークロードとなる区間を含む計器パターン飛行を遂行させた(図1)。その際のタスク量から推定される難易度と、主観的ワークロードの高低及びフライト遂行時に測定した複数の指標との関連について検討した。

(1) 高ワークロードフライトパターン:パイロットコメントを基に作成した計器パターン飛行を用いた。

(2) 実験参加者:ウィングマーク取得後の操縦課程学生 13 名。

(3) 評価指標:飛行諸元の逸脱量、フライト中の視線移動、脳波の聴性定常反応(ASSR: Auditory Steady-State Response)及び脳内血液中の酸素化ヘモグロビン濃度を、ワークロード評価のための指標とした。

3. 結果

要求されるタスクが多く難易度の高いフライト後半部分では、実験参加者の多くが高ワークロードと評定した。高ワークロード区間では、低ワークロード区間と比較して注意配分の変化が確認され(図2)、また ASSR の大きさも小さかった(図3)。さらに、脳内血液中の酸素化ヘモグロビン濃度の

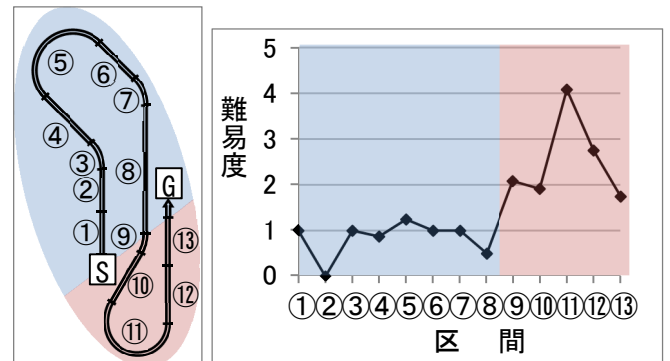


図1 フライトパターンの経路(左)とタスク量(右)

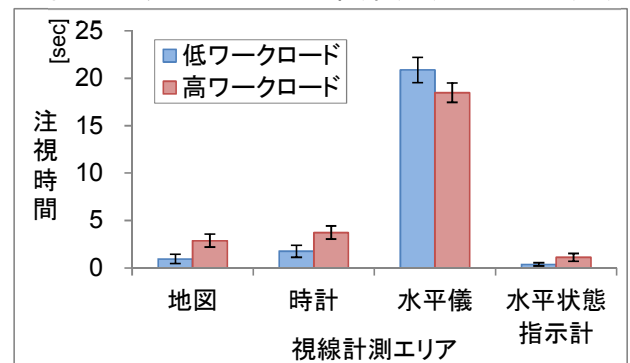


図2 主要計器の平均注視時間

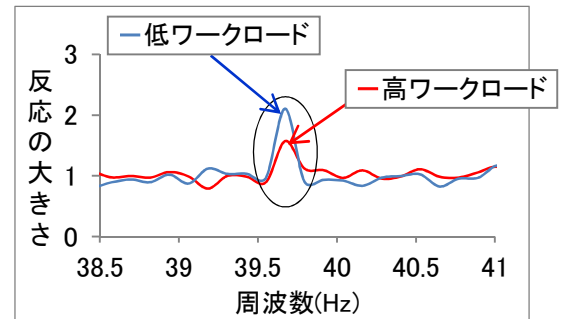


図3 脳波の聴性定常反応(ASSR)

変化は、タスク量の推移から遅れていたものの、難易度の程度に応じた変化が見られた。

4. 今後の検討

操縦者のワークロードを脳波等によりオンラインで評価する方法を確立するため、これらの指標のオンライン処理の手法について検討を行う予定である。

*¹航空医学実験隊第1部人間工学科

*²航空医学実験隊第1部主任研究官

*³先進技術推進センター研究管理官(ヒューマン・ロボット融合技術担当)付人間工学技術推進室

低酸素ラット網膜の内因性光学信号の検出 -G-L0C 関連症状のモニタリング-

○鳥畑厚志^{*1}、川内聡子^{*2}、藤田真敬^{*1}、

丸山 聡^{*1}、小林朝夫^{*1}、大類伸浩^{*1}、佐藤俊一^{*2}

1. 背景・目的

戦闘機の旋回時、高加速度によりパイロットの頭部血流は減少する。これにより、Gray-out、Blackout といった視覚異常が出現し、曝露がさらに持続すると全ての感覚が失われ加速度誘発性意識消失（Gravity induced Loss of Consciousness: G-L0C）に至る。事故防止の観点から、これら症状の検出について様々な試みがなされているが有効な手段の確立に至っていない。

脳組織へ光照射を行い、内因性光学信号を計測することにより脳組織の低酸素時の生理変化を光学的に検出する手法があり¹⁾、この手法は高加速度による視覚異常の検出に応用できる可能性がある。そこで、網膜虚血モデルの前段階として、計測系の構築が容易な低酸素網膜モデルの光学信号の計測を行った。

2. 方法

雄性SDラット（16-17週齢、n=5、日本SLC）を腹腔麻酔（ペントバルビタールナトリウム 65 mg/kg、共立製薬）下に固定し、自作ビニールマスクにより自発呼吸させた。右眼を散瞳（散瞳薬トロピカミド、0.2 mg/kg、日本点眼薬研究所）し、右眼上に光学顕微鏡用カバーガラスを置き、CCDカメラ（XCHR-57、ソニー）により網膜に焦点を合わせた。ハロゲン光源（400-900nm）とバンドフィルターにより、近赤外光（800nm、半値幅 10nm）をラット眼球に照射して網膜画像の撮影を行った。撮影開始、60秒後に吸入ガスを空気から純窒素ガスに切り替え、10分間撮影を行った（図1及び図2）。

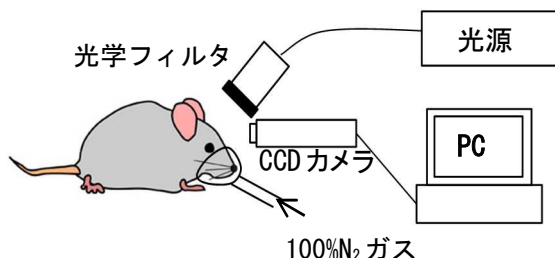


図1 ラット網膜の計測図

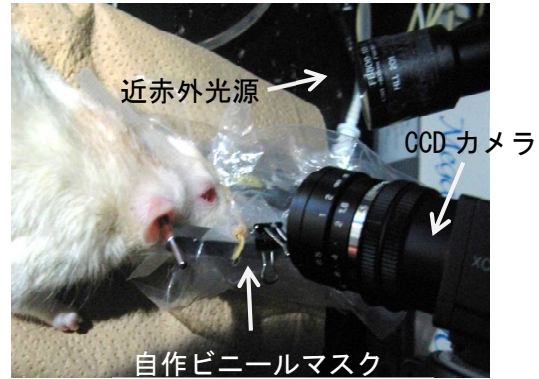


図2 ラット網膜の計測風景

3. 結果および考察

網膜低酸素開始約 60 から 180 秒後に多相性散乱光を検出した（図 3）。この多相性散乱光は、①上昇相、②下降相、③再上昇相という大きな 3 相からなる特徴的パターンを示した。

このパターンは過去に報告がある脳組織低酸素時の細胞形態変化に伴う光散乱変化パターン¹⁾と類似していることから、網膜組織も同様な細胞形態変化を生じている可能性が推測された。

また、低酸素による脳組織の散乱光変化¹⁾と比較して、網膜組織では 60 秒程早期に散乱光変化が発生することが分かった。

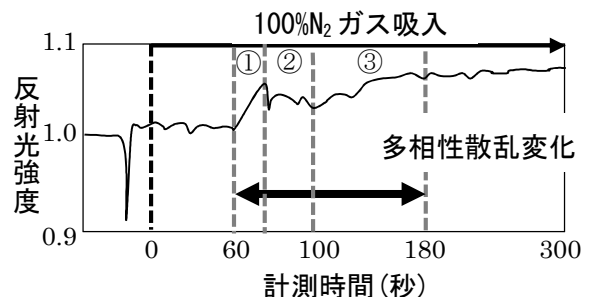


図3 計測された反射散乱光の変化
(①上昇相②下降相③再上昇相)

参考文献

- 1) Kawauchi S, Sato S *et al*, J Bio Opt, 16(2), 027002, 2011.

*1 航空自衛隊 航空開発実験集団 航空医学実験隊 第2部

*2 防衛医科大学 防衛医学研究センター 情報システム研究部門