

技術シンポジウム2017

発表要旨

開催日：平成29年11月14日(火)・15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

将来戦闘機セッション

- 1 将来戦闘機関連研究について . . . 2
- 2 将来戦闘機に向けたウェポン内装システムに関する研究 . . . 3
- 3 将来戦闘機に向けた軽量化機体構造に関する研究 . . . 4
- 4 戦闘機用エンジン(XF9)の研究進捗状況について . . . 5
- 5 先進技術実証機(X-2)の飛行試験 . . . 6

試験評価セッション

- 1 札幌試験場の概要 . . . 7
- 2 下北試験場の概要 . . . 8
- 3 岐阜試験場の概要 . . . 9
- 4 ロケットモータの性能評価について . . . 10
- 5 川崎支所における研究と試験評価について . . . 11

研究開発セッション

- 1 自律型水中航走式機雷探知機の概要及び試験結果 . . . 12
- 2 軽量戦闘車両システムの研究 . . . 13
- 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 . . . 14
- 4 屋内偵察用小型ドローンの研究 . . . 15

ポスターセッション

- 1 ハイブリッド推進艦におけるスチームレス化に関する研究 . . . 16
- 2 下北試験場の紹介 . . . 8
- 3 周辺へのとりくみ . . . 17
- 4 試験評価のための計測技術 . . . 18
- 5 低圧訓練におけるストレス測定の試み . . . 19
- 6 次世代データリンク高速・高信頼化技術の研究 . . . 20
- 7 電子装備研究所におけるサイバーセキュリティの研究 . . . 14
- 8 人工知能技術を用いた画像処理と意思決定支援 . . . 21
- 9 航空機搭載合成開口レーダを用いた目標検出 . . . 22
- 10 ステルス評価装置の性能確認試験 . . . 23
- 11 市街地沿岸モデルの破壊建物同士の衝突を伴う津波シミュレーション . . . 24
- 12 化学剤除染技術の研究 . . . 25
- 13 CBRN 脅威評価システム技術の研究 . . . 26
- 14 高空における放射能塵の調査研究 . . . 27
- 15 高機動パワードスーツの研究 . . . 28
- 16 ヒューマン・ロボット連携技術の研究 . . . 29
- 17 脳波計測による情報処理負担度の推定 . . . 30
- 18 屋内偵察用小型ドローンの研究 . . . 15

将来戦闘機関連研究について

○西村義孝*

1. 背景及び目的

将来戦闘機については、現中期防衛力整備計画において、国際共同開発の可能性も含め、戦闘機(F-2)の退役時期までに開発を選択肢として考慮できるよう、国内において戦闘機関連技術の蓄積・高度化を図るため、実証研究を含む戦略的な検討を推進し、必要な措置を講ずるとされている。現在、防衛省として国内開発、国際共同開発、外国機の導入(既存機的能力向上等)の取得オプションについて検討中であり、防衛装備庁では以下を実施している。

① 先進技術実証機(X-2)をはじめとした各種の実証研究

② 外国政府当局との意見交換

③ 国内外の防衛産業からの情報収集

本発表では将来戦闘機に関する①の各種研究の状況について紹介する。

2. 各種の実証研究

将来戦闘機に関しては、機体、エンジン、アビオニクス、火器管制及び概念設計に係る各種研究を進めており、戦闘機技術を蓄積・高度化しているところである。将来戦闘機の代表的な技術としては、ネットワーク戦闘技術、ステルス技術、大推力エンジン技術、自己防御システム技術、ミサイル警戒技術及び高出力小型レーダ技術がある(図1)。

現在、主要な技術については、試作中又は試作が終了し性能確認試験を実施している状況である(写真1)。

これら各種技術は、技術的成立性の研究に反映され、戦闘能力評価シミュレータを用いたパイロット評価を実施中である(写真2)。

3. まとめ

将来戦闘機に関する各種の実証研究は試作及び試験を行っている段階にあり、戦闘機関連技術の蓄積・高度化を図っているところである。



図1 将来戦闘機関連技術の例



写真1 レーダ電子戦シミュレータにおいて性能確認試験中の先進統合センサ



写真2 技術的成立性の研究
戦闘能力評価シミュレータ

*長官官房装備開発官(航空装備担当)付

将来戦闘機に向けたウェポン内装システムに関する研究

○大川啓*、田村尚之*、松本慎介*、饗庭昌行*

1. 背景及び目的

将来戦闘機に要求される優れたステルス性と高速性能を実現するためには、従来パイロン等を介して機外に搭載している誘導弾等のウェポンを機体内部に搭載する必要がある。

本研究は、図1に示すようなウェポンベイ周りの複雑かつ厳しい空力荷重条件下におけるウェポンの短時間かつ確実な分離を実現するため、将来戦闘機から発射した誘導弾の分離特性を取得するための風洞試験模型及びウェポンリリースに係る一連のシーケンスを干渉なく短時間で実行することを評価するウェポン内装ランチャー機構リグ試験供試体の設計・製作及びその試験からなっている。

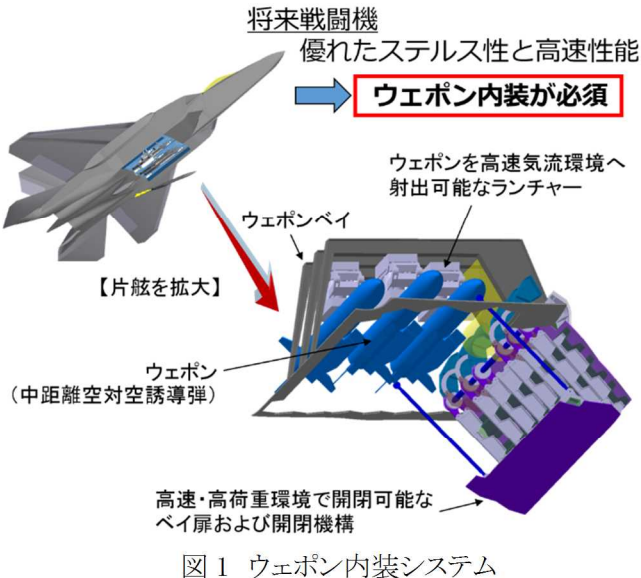


図1 ウェポン内装システム

2. ウェポン分離に係る技術的課題の解明状況

1) 分離特性の把握

ウェポン内装システムの設計及び分離シミュレーションを通じて設定したウェポンベイ形状、ランチャー射出力等を元に、札幌試験場三音速風洞装置のCTS装置を用いて風洞試験を実施し、誘導弾の分離軌跡を取得した(図2)。

試験を通じて、飛行諸元、誘導弾の搭載形態、射出力等によって、分離軌跡がどのように変わるかを把握するためのデータを取得した。

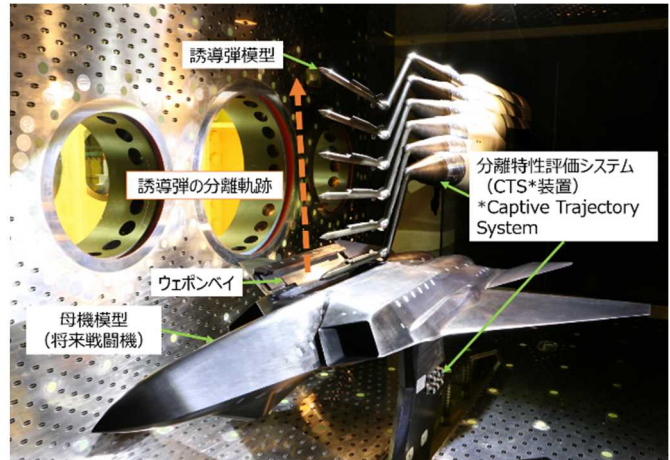


図2 風洞試験(分離特性取得試験)

2) ランチャー・システムの試作

安全にウェポンを分離するためには1)を元に設定した射出力で誘導弾を分離するランチャー・システムが必要であり、図3に示すように試作したランチャー・システムから実際に誘導弾の重量等を模擬したダミーストアを射出し、必要な射出力で射出できているか確認しているところである。

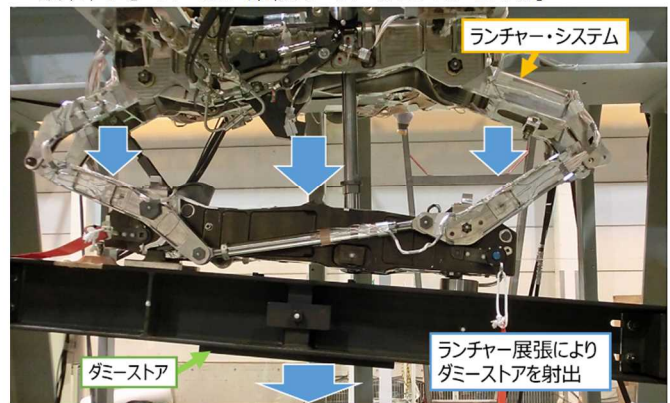


図3 射出性能の確認試験(ランチャー本体)

3. まとめ

風洞試験及びランチャー・システムの試作を通じて、誘導弾の分離軌跡と母機との間に十分なクリアランスを確保して安全に分離にできる見通しである。

今後、平成30年度に航空装備研究所で実施する性能確認試験において、ウェポン内装システムの最終的な機能・性能を評価する計画である。

*航空装備研究所システム研究部 航空機システム研究室

将来戦闘機に向けた軽量化機体構造に関する研究

○肱黒太士*、菅野恭広*、梅澤啓佑*、林利光*

1. 背景及び目的

ステルス性が要求される将来戦闘機においては、レーダー反射断面積(RCS, Rader Cross Section)低減を目的としたウェポン内装化に伴い、胴体容積増加等による重量増加傾向にあり、軽量化が必須である。本研究では、将来戦闘機の軽量化のため、近年進展が著しい複合材の接着成形を前提とした一体化・ファスナレス構造技術、ヒートシールド技術、高効率・高精度構造解析技術に関する研究を行い、段階的にこれらの技術の成立性を検証することを目的としている。

2. 一体化・ファスナレス構造技術及びヒートシールド技術

従来、機体構造の軽量化は主翼・尾翼・前胴に複合材を適用することで実現してきたが、構造重量の約50%を占める中胴・後胴は、F-2 戦闘機の主翼に適用した複合材の一体成形技術を用いると、大型かつ複雑な治具が必要となりコスト的に不利であるとともに、製造上の制約により上面外板はファスナ結合となる。

本研究で行う一体化・ファスナレス技術は、複合材製部品を接着成形によって結合し、複合材の適用部位の拡大とファスナの更なる削減を図ることで構造重量の低減を目指す技術である(図1)。

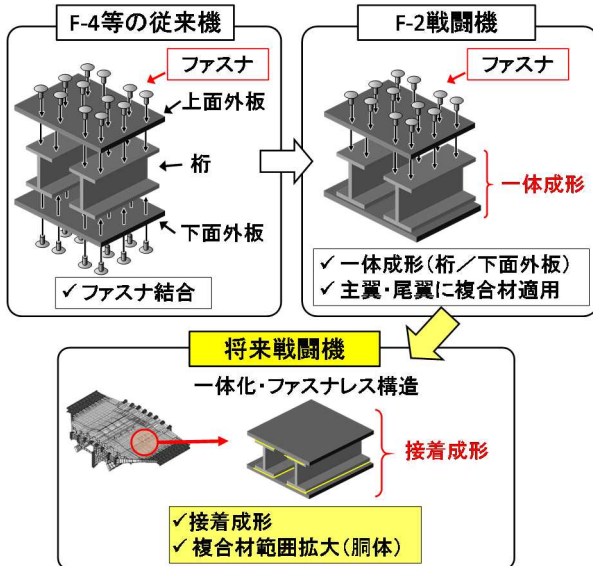


図1 一体化・ファスナレス構造

また、ヒートシールド技術とは、軽量で熱遮蔽性能に優れた部材をエンジン周辺に配置することで、エンジン周辺の構造部材を従来の重い耐熱

合金から、軽量のCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)、アルミ合金等に変更し、機体構造の軽量化を図る技術である。

3. 高効率・高精度構造解析技術

軽量化に伴う強度不足のリスクを局限するためには、詳細な構造解析モデル(FEM(Finite Element Method)モデル)による解析が有効であるが、FEMモデルの作成に多大な時間を要するとともに、設計者の技量によってはモデルにバラツキが生じ、適切な解が得られない可能性がある。

高効率・高精度構造解析技術の研究では、FEMモデルの作成を短期間で実施するために、自動でCAD(Computer-Aided Design)モデルから詳細FEMモデルへ自動変換するツールを作成するとともに、モデル作成ルール及び破壊判定ルールを定めた次世代航空機構造解析基準を作成する。

4. 構造要素供試体

一体化・ファスナレス構造技術及び高効率・高精度構造解析技術の検証のため、構造要素供試体を試作した(図2)。

構造要素供試体は内部に燃料タンクを構成する構造部位であり、燃料タンク圧を模擬した加圧試験を実施した。ヒートシールド技術については、別途、製作した供試体により耐火要素試験及び遮熱性能要素試験を行い、所要の耐火性及び遮熱性を有することを確認した。

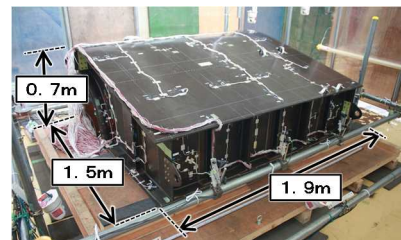


図2 構造要素供試体

5. まとめ

構造要素供試体の加圧試験の結果、耐荷することを確認するとともに所要のデータを取得した。

今後、加圧試験の結果を踏まえ、さらに大型で広い範囲の胴体構造を模擬した部分構造供試体の試作及び試験を行い、構造強度及び解析精度の検証を実施する予定である。

*航空装備研究所航空機技術研究部 航空機構造研究室

戦闘機用エンジン(XF9)の研究進捗状況について

○橋口勝一*1、及部朋紀*2、永井正夫*1

1. 背景及び目的

将来の戦闘機に、ステルス性、高速性能及び高運動性を付与するには機体の抵抗低減のみならず、大推力とスリム（ウェポン内装のための容積確保）を両立させた戦闘機用エンジンの搭載が不可欠である(図1)。

本研究は、大推力とスリムを両立させた戦闘機用エンジン要素に関する研究を行い、さらにこれらをインテグレートしたプロトタイプエンジンを試作し、地上実証を行うものである。

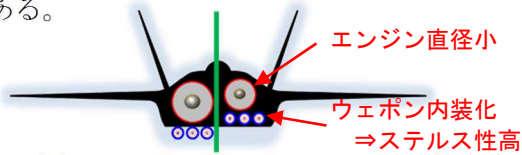


図1 スリム化によるステルス性向上

2. 研究の進捗

本研究は、次世代エンジン主要構成要素、戦闘機用エンジン要素及び戦闘機用エンジンシステムから構成されている。更に、将来戦闘機に推力偏向ノズル搭載の選択肢を確保するために推力偏向ノズルに関する研究も実施している(図2)。

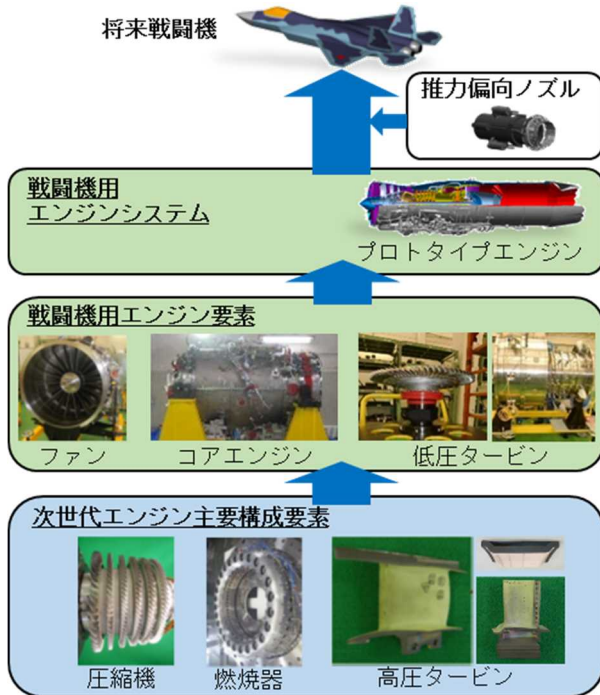


図2 戦闘機用エンジン(XF9)の研究

次世代エンジン主要構成要素は、軽量化圧縮機、高温化燃焼器及び高温化高圧タービンの試験用供試体を試作し、空力性能、燃焼性能及び部品強度に対する各種試験を行い、タービン入口温度 1800℃級のコアエンジンの実現に必要な技術的な見通しを得て、研究を完了した。

戦闘機用エンジン要素は、高圧力比ファン、高負荷低圧タービン及びコアエンジンを試作した。高圧力比ファン及び高負荷低圧タービンについては性能確認試験を完了し、所定の性能を満足する見通しを得ている。コアエンジンについては、平成29年7月より札幌試験場にて性能確認試験を実施しており、高圧タービン入口温度 1800℃における作動健全性確認を完了し、定常性能、着火特性等に係る試験データを取得中である(図3)。

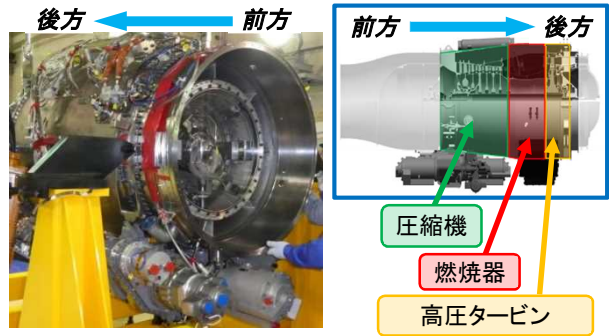
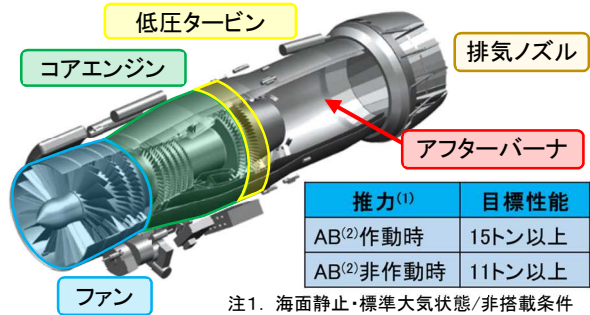


図3 コアエンジン

戦闘機用エンジンシステム(図4)は、平成27年度から事業を開始し、性能設計、全体図の作成等からなる基本設計を完了し、現在プロトタイプエンジン(XF9-1)の詳細設計・製造を実施中である。製造完了後、平成30年度には地上実証によりシステムの成立性を確認する計画である。



推力 ⁽¹⁾	目標性能
AB ⁽²⁾ 作動時	15トン以上
AB ⁽²⁾ 非作動時	11トン以上

注1. 海面静止・標準大気状態/非搭載条件
注2. アフターバーナー

図4 プロトタイプエンジン(XF9-1)全体図

*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航空装備研究所システム研究部 エンジンシステム研究室

先進技術実証機(X-2)の飛行試験

○坂本大助*1、栗城康弘*1、高木良規*2

1. 背景

本試験は、将来の戦闘機に適用される機体、エンジン等の各種先進技術のシステム・インテグレーションを図った高運動ステルス機である先進技術実証機(X-2)の実環境下におけるシステムの成立性を確認するとともに、運用上の有効性を検証するものである。平成21年度から「先進技術実証機の研究試作」が開始され、製造会社による社内飛行試験では全機システムの作動状態及び機能、基本的耐空性を確認するため地上滑走試験及び飛行試験(平成28年4月22日に初飛行)を実施した。その後、同年6月13日に防衛装備庁岐阜試験場に納入され、現在航空自衛隊岐阜基地において飛行試験及びデータ解析を実施している。

2. 機体概要

X-2は図1に示すように国産アフターバーナ付の飛行用実証エンジン(XF5-1 (FT))を2基搭載し、高運動性実現のため推力偏向パドル及びIFPCを適用している。また、ステルス性確保のため機体形状には電波反射を到来方向以外の一定方向に局限するエッジ・マネージメント技術を採用し、風防・キャノピーにはコックピット内からの電波の乱反射を抑制するコーティングを使用する等、各種技術を適用している。

3. 試験概要

試験実施時の概念図を図2に示す。飛行安全の確保及び効率的な試験実施のため、試験を実施する際には、地上管制室において飛行中の諸データを常時モニタ及び随伴機による機体外観の監視等を常時行っている。X-2の飛行試験(図3)ではステルス性と高運動性を確認するため、飛行特性・飛行性能等に関するデータを取得する基本特性試験をはじめとして、エンジン作動確認試験、飛行荷重試験、ステルス性を確認する低被観測性確認試験及び高運動性確認試験を実施している。本発表では、これらの試験の一端を紹介する。

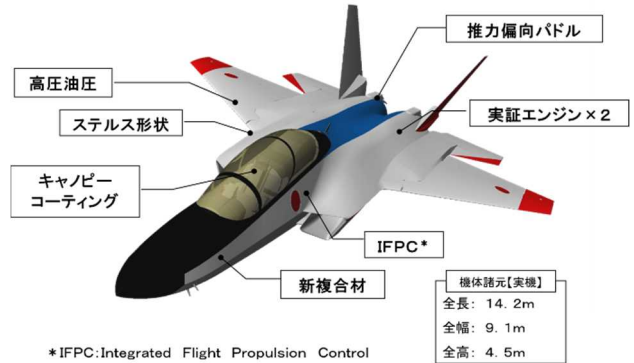


図1 X-2の概要

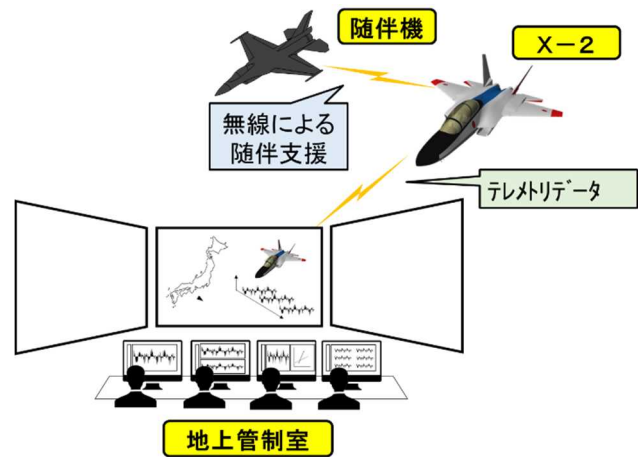


図2 試験実施時の概念図



図3 X-2飛行試験の様子

*1 岐阜試験場先進技術実証機試験隊

*2 航空装備研究所航空機技術研究部航空機搭載機器研究室(旧所属:岐阜試験場先進技術実証機試験隊)

札幌試験場の概要 — 施設と活動の紹介 —

○ 渡辺芳人*

1. はじめに

札幌試験場は、昭和32年に札幌市丘珠に技術研究所札幌試験場として開設され、現在は千歳市に所在している。近隣には陸上自衛隊東千歳駐屯地、航空自衛隊千歳基地等多くの部隊が所在し、防衛省・自衛隊に対する理解が深い地域であり、また、自然が豊かで、新千歳国際空港にも近い交通アクセスにも優れ、恵まれた環境で業務を行っている。

2. 試験施設と活動

札幌試験場は、装備品の研究開発・試験評価に必要となる車両定地試験施設及び空力推進研究施設を保有している。

1) 車両定地試験施設

当施設は、装軌車及び装輪車の機動性能を評価する平坦直線路、機動試験路、緩斜面路及び曲線路を結ぶ全長4.3kmの周回路に加え、登坂路、斜面横行路並びに試験解析棟等からなり、車両重量50トンまでの戦闘車両の最高速度、加速、燃費、登坂、斜面横行、旋回等の走行試験が可能な国内唯一の総合テストコースである。これまでに、90式戦車、10式戦車、16式機動戦闘車等、数多くの車両の機動性能の評価を実施している。

2) 空力推進研究施設

当施設は、亜音速・遷音速・超音速での飛行を実機により近い状態で模擬できる「三音速

風洞装置」、航空機用ジェットエンジンの飛行状態での試験が可能な「エンジン高空性能試験装置」及び超音速で飛しょうする誘導弾用エンジンの一連のシーケンスを試験できる「燃焼風洞装置」から構成されている。これらの試験装置を用いて、C-2輸送機及びP-1固定翼哨戒機等の空力設計の妥当性を風洞試験により確認し、また、P-1搭載の大型機用エンジン、先進技術実証機(X-2)の実証エンジン及び新空対艦誘導弾(XASM-3)のラムジェットエンジン等の試験を実施し、航空機の飛行試験及び誘導弾の発射試験に先立ち、地上において飛行条件下での性能を確認することで、研究開発のリスクを低減している。

3. 今後の取り組み

上記施設で実施する試験は、いずれも、戦闘車両、航空機及び誘導弾の研究開発プロセスにおいて重要なマイルストーンであり、試験場の業務及び施設自体も信頼できる装備品の創製のために不可欠の技術基盤である。今後も、試験評価能力の向上及び施設の維持・整備に努めていきたい。

加えて、これらは、我が国でもトップレベルの能力を有する施設・試験装置であることから、その能力を紹介し、稼働率の更なる向上、優れた試験評価技術の獲得等の観点からも、外部の研究機関等による活用及び協力の可能性等についても検討していきたいと考えている。

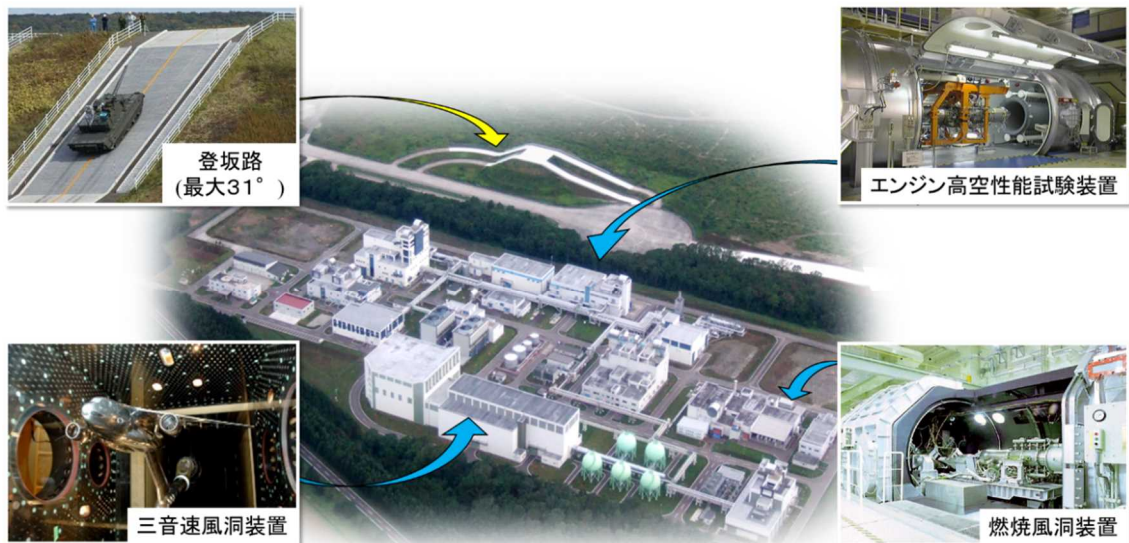


図 車両定地試験施設（登坂路）と空力推進研究施設

*札幌試験場長

下北試験場の概要 ー主要試験設備等の紹介ー

○浮須康彰*

1. はじめに

下北試験場は、青森県の下北半島に位置し、弾道試験を行う試験場として昭和34年に設置された。以来、58年にわたり弾道試験等を行っており、近年では、準備・撤収を含め年間のべ約400日以上以上の試験が行われている。本発表では、下北試験場の概要及び主要試験設備等について紹介する。

2. 下北試験場の環境等

下北試験場は、青森県下北郡の太平洋側に位置し、長大な地積を有している。周囲を山地・丘陵地に囲まれた低地にあり、およそ半分は砂地となっている。これらの条件により、見通し距離が長く、弾着観測が容易であり、砂を利用した仮設試験設備(停弾堤等)(写真1)の構築が容易にできることから、射爆場として好適である。

一方で、“やませ”が発生しやすい地域でもあり、その影響により、強い東風や濃霧となることがあり、試験を中断しなければならないこともある。



写真1 仮設試験設備例(L15弾薬の改善)

3. 下北試験場の主要試験設備等

下北試験場は、南北約13.5km、東西約1kmの細長い地積であり、海岸から沖合500mについては永久漁業補償海域となっている。射撃試験を行う場合には、南から北方向へ発射し、直接照準射撃で4500mまで、間接照準射撃で8000mまでの射撃を行うことができる。射撃試験として計測する弾道には、砲内弾道～砲外弾道(過渡弾道を含む。)～終末弾道の一連の弾道があり、これらの計測のため、可視・赤外の高速度カメラや飛しょう体を捕捉撮影できるフライトトラッカー等の各種計測機材を有している。また、長さ310mの覆

道式ドーム射場(写真2)があり、この施設では、砲口離脱直後の弾丸の不安定な飛しょう状態である過渡弾道を計測することができる。



写真2 覆道式ドーム射場外観

また、弾丸・弾頭の威力の確認及び破片の回収等のため、静爆場及び水井戸試験槽を有している。水井戸試験槽は、破片等の回収率が重量比で約95%であり、それまでのおがくず等を使用した試験設備に対し高い回収率をもつ。その他、ロケット弾・誘導弾等の動的性能を確認するため、360mのレールランチャを有している。飛しょう体をレールに拘束して点火・滑走させ、弾頭部の威力等を確認することができる。

さらに下北試験場では、保管や運搬における事故等を想定した安全性試験を行うことができる。このための施設として、12m落下試験塔を有し、さまざまな姿勢で供試品を落下させ、安全性を確認することができる。

4. おわりに

下北試験場は、地域の理解を得て弾道試験を行ってきているところであるが、周辺には5つの集落と3つの漁協がある。距離的に最も近い集落は、試験場境界から約1kmであり、静爆場からも約1.5kmしかない。これらの集落に対しては、騒音や振動の影響を与えたとともに、これまでに数度の不安全事故を起こし不安を与えている。また下北試験場沖合は、親潮・黒潮・対馬海流が合流する豊かな漁場となっており、漁への影響も考えられる。下北試験場では、これらのことを反省・考慮し、騒音・振動の低減に関する研究(所研2B)を行うとともに、弾着監視システムの導入や計画段階における安全に関する綿密な調整等を行い、安全管理の強化・徹底に努めている。

*下北試験場長

岐阜試験場の概要

○白井啓友*

1 岐阜試験場の概要

岐阜試験場は岐阜県各務原市にある、航空自衛隊岐阜基地内に所在し、主な施設等は、庁舎、解析整備室、試験機器調整所、試験評価解析室、総合調整場等である。

所掌業務は、航空機及び航空機用機器の性能に関する試験(札幌試験場の所掌に属するものを除く。)を行うこと。ならびに、航空機を使用して行う航空機搭載誘導武器の性能に関する試験を行うことである。

2 保有する主な器材

保有する主な器材は、飛行試験時にデータ取得及び試験のモニターに使用する試験計測用航空機(BK-117)、テレメータ計測車、移動計測車及びテレメトリデータ表示処理装置である。



図1 テレメータ計測車

3 これまでに実施した主な飛行試験

岐阜試験場がこれまでに実施した主な試験は、以下のとおりである。

固定翼関連

・XT-4	S60～S62
・XF-2	H8～H12
・US-1A(改)	H15～H18
・XC-2	H22～H28
・先進技術実証機	H27～H29

回転翼関連

・XSH-60J	S63～H2
・FFOS	H5～H8
・XOH-1	H7～H11
・XSH-60K	H14～H16

誘導武器関連

・XASM-2	H1～H3
・XAAM-4	H7～H9
・XAAM-5	H13～H14

・AAM-5 改	H25～H27
・XASM-3	H26～H29

4 最近の試験紹介

平成29年9月まで実施した新空対艦誘導弾(XASM-3)の性能確認試験の概要を紹介する。

新空対艦誘導弾(XASM-3)の性能確認試験は、以下の試験を実施した。

母機適合性試験	H26.7～H28.9
投棄試験	H27.5～H27.9
投下試験	H27.8～H28.6
キャプティブ・フライト試験	H27.8～H27.12
A型発射試験	H28.1～H28.9
B型発射試験	H28.5～H29.9
C型、E型、実弾発射試験	H29.1～H29.9



図2 XASM-3の母機適合性試験

5 計測技術に係わる取り組み

岐阜試験場が実施する飛行試験において試験結果を評価するための試験データの取得は極めて重要である。このためデータ取得に係わる計測技術関連の調査研究を実施し、その成果を岐阜試験場が取得する計測器材等に反映させている。

テレメトリデータ表示処理装置

- ・映像解析処理
(2次元画像から3次元化処理)

移動計測車

- ・データ伝送及び遠隔操作
- ・デジタル復調

テレメータ計測車

- ・フェーズドアレイアンテナ
- ・データ伝送及び遠隔操作

*岐阜試験場試験班

ロケットモータの性能評価について

○宮下友則*、光森友哉*

1. はじめに

誘導弾用の推進装置として、固体推進薬を使用したロケットモータが広く用いられている。

ロケットモータは地上で燃焼試験を実施して推力データを取得する以外にも、環境試験、加速老化試験等の様々な種類の試験に供される。

本発表では防衛装備庁の研究開発で実施している、ロケットモータの各種試験について概説する。

2. 試験概要

ロケットモータの試験のうち、例えば環境試験では実運用で経験する温度、振動、落下(衝撃)、湿度及び高空サイクル(周囲の減圧)といった環境を印加する(図1)。印加後にX線検査等の非破壊検査を実施して、内部の推進薬や断熱材等に異常の無いことを確認し、最終的に燃焼試験(図2)で機能性能を確認する。燃焼試験における性能評価は推力データの取得が主な目的となるが、モータケースやノズルのひずみ、温度等を計測することで、健全性確認や設計妥当性の検証を実施している。

近年では国内で開発する誘導弾も大型化する傾向にあり、振動試験などの試験装置についても大型のものを導入し対応を進めている(図3)。

またロケットモータとラムジェットエンジンの複合エンジンなどが登場しており、例えば航空装備研究所土浦支所でロケットモータ単体の燃焼試験を実施し、ラムジェット燃焼を含む燃焼試験は札幌試験場の燃焼風洞を使用して実施するなど、評価項目により試験設備を使い分けている。ラムジェット燃焼を含む燃焼試験は大規模になり試験費用も大きくなることから、再現性の確認のため試験回数が多くなるロケットモータの燃焼試験は、単体の燃焼試験で実施することにより費用の増大を回避している。以上のように評価項目により試験を切り分け、効率的な研究開発を実施している。

3. おわりに

今後も様々な機能を持つロケットモータに対応して各種設備を使い分け、効率的なロケットモータの研究開発を追及していきたいと考える。

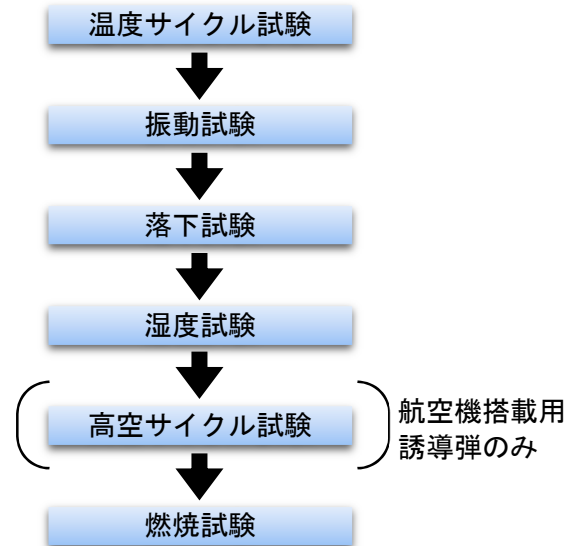


図1 ロケットモータの環境試験フロー例



図2 燃焼試験



図3 振動試験の試験装置(加振器)

*航空装備研究所土浦支所 試験室

川崎支所における研究と試験評価について

○草田健太郎*、中村尚*、赤木尚史*、池尾允*、岡本智浩*

1. 概要

艦艇装備研究所川崎支所では、主に各種艦艇の船体磁気の消磁、磁気探知及び UEP (Underwater Electrical Potential:水中電界)に関する探知及び低減技術について、研究・試験を実施している。

本発表では、船体消磁や UEP に係る諸外国の技術動向を踏まえ、川崎支所で実施している研究及び国内唯一の試験設備である漂遊磁場試験場について紹介する。

2. 艦艇の磁気処理技術の研究

護衛艦や潜水艦の船体磁気は、船体鋼材が着磁し、磁力の弱い永久磁石のようになった「永久磁気」と、地磁気を受ける方向に船体鋼材が磁化され、一時的に磁石のようになった「誘導磁気」の二つがあり、艦艇の磁気低減は、これらの船体磁気を2段階に分けて低減している。まず、永久磁気を除去するため、海上に係留した艦艇に磁気処理ケーブルを直接巻付け(図参照)、電流を正負交互かつ電流量を徐々に減少させ印加する。印加電流により、船体が強制的に着磁され、通電ごとに着磁の極性が反対かつ磁気量が小さくなっていき、基準値以下の着磁量になるまで通電を繰り返す(磁気処理)。次に、残留している永久磁気と誘導磁気の合成された磁気を、艦内の消磁コイルにより極性が反対の磁気を発生させ相殺するよう通電量の調整を行う(消磁コイル調定)。

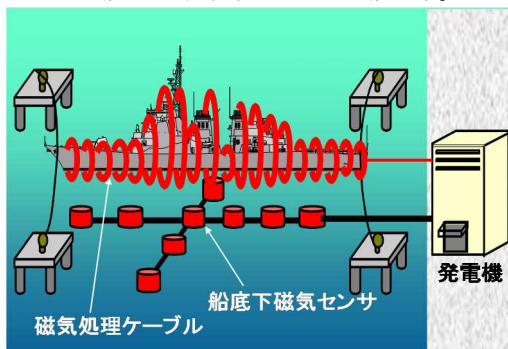


図 艦艇の磁気処理の概要図

上記のように、磁気処理は磁気低減の第一段階として重要な作業であるが、ケーブルの巻付け作業に工数がかかるため、より簡易な磁気処理方式が求められている。米国等の諸外国では、海面に艦船がそのまま入る箱状の建屋を建設し、そ

の建屋に予め設置した磁気処理ケーブルにて、磁気処理(ドライブイン方式磁気処理)を行うことで、作業の負担軽減と作業日数の短縮を行っている。

このような諸外国の動向を踏まえ、磁気模型を用いたドライブイン方式磁気処理に関する磁気処理効果の試験評価を実施し、既存の磁気処理と比較検討を行った。その結果、既存の磁気処理と同等の永久磁気の低減が可能であり、実艦艇においても有効である見込みが得られた。

3. UEP 低減技術の研究

機雷は、前項でも述べた船体磁気を検知する磁気センサを搭載した機雷が主流であるが、艦艇の腐食や船体等の防食のための防食装置により発生する海水中の電界を検知する UEP センサを搭載した機雷が、欧州を中心に開発されてきている。さらに、UEP は通常の船体磁気とは異なった磁界を艦艇周辺に発生させることも確認されており、特に機雷除去を任務とする掃海艦艇においては、UEP の低減が重要な課題となっている。

川崎支所では、海上自衛隊の協力のもと、掃海艦艇等の実艦艇の磁気及び UEP 測定、模型による UEP の発生原因の解明、カウンター電流による UEP の低減の検証等を行っている。それらの成果を基に、掃海艦艇を対象としたカウンター電流による消磁用 UEP 低減装置の研究試作を実施中である。

4. 漂遊磁場試験場

漂遊磁場とは、原動機、発電機や電子機器などに流れる電流により発生する磁界で、船体鋼材から発生する静磁場に対して、動磁場と呼ばれている磁場の一つである。掃海艦艇は、護衛艦や潜水艦に比べ、より厳格な磁気管理がなされており、新たな機器等が掃海艦艇に搭載される場合、事前に漂遊磁場試験場にて漂遊磁場の測定を行っている。

漂遊磁場試験場は、上記の漂遊磁場に加え、地磁気中を搭載品が動揺することで発生する渦電流磁場を模擬できる機能も備えており、搭載機器等の漂遊磁場及び渦電流磁場を同時に測定できる国内唯一の試験装置である。

*艦艇装備研究所川崎支所 電磁気研究室

自律型水中航走式機雷探知機の概要及び試験結果

○玉石洋志*1、平井智大*2

1. 目的

低周波及び高周波の合成開口ソナーを搭載した無人水中航走体により、海底に沈底又は海底下に埋没した目標を捜索できる自律航走可能な機雷探知機を開発する。

2. 運用構想及び装置の概要

自律型水中航走式機雷探知機は、航走体が予め入力設定した経路を航走し、海底又は海底下の物体を捜索する。航走体には海底下の埋没目標探知用の低周波合成開口ソナーに加え、海底面の沈底目標探知用の高周波合成開口ソナーが搭載されており、これらを用いて捜索航走を行う。航走終了後、航走体を艦艇に揚収し、取得した探知データを艦上装置に伝送しデータの補正を行い、探知目標の解析を実施する。

図1に航走体の外観を示す。航走体は、前後にX舵を備える形状をしており、合成開口処理に要求される航走安定性に寄与する。さらに、航走中の前方障害物探知用の前方ソナー、航走速度検出用の速度計及び浮上時に艦艇等との通信が可能な衛星通信用のアンテナ等を備えている。

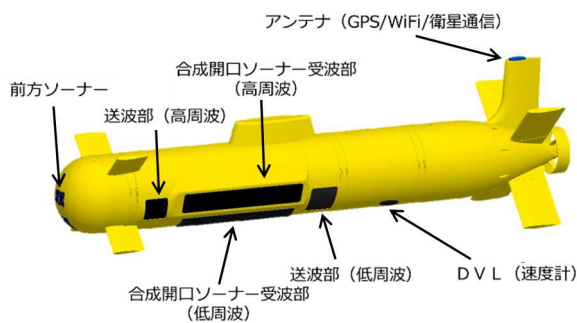


図1 航走体外観

3. 試験概要

今回の発表では、平成28年度に実施した実海面での試験結果を中心に紹介する。試験では、探知機能等に関連する試験データを取得した。

図2に航走探知試験で取得した合成開口処理画像（上：高周波、下：低周波）を示す。

試験では、目標を海底に設置又は海底下に埋没させ、その近傍を航走した航走体によりデータを取得した。取得データを解析した結果、低周波及び高周波ソナーが、沈底あるいは埋没した目標を探知できることを確認した。

図3に障害物を探知した前方ソナー画像を示す。試験では、海中に設置した障害物を通して航路を設定し、航走体の前方ソナーで障害物を探知し、回避航走ができることを確認した。

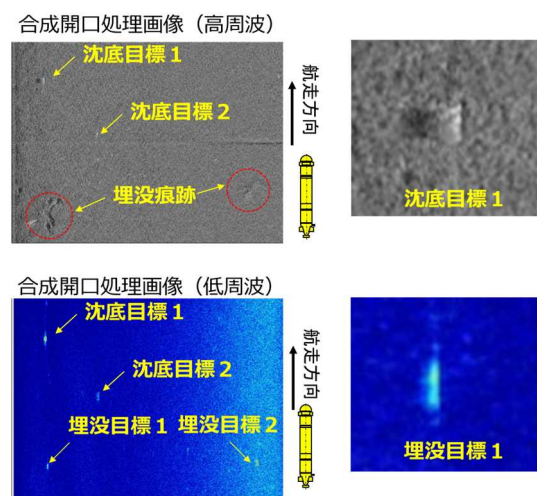


図2 合成開口処理画像

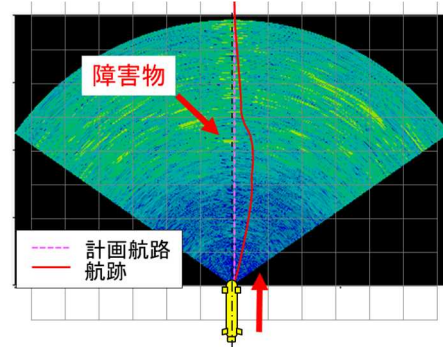


図3 前方ソナー画像

4. 結言

低周波及び高周波合成開口ソナーを搭載した自律航走可能な機雷探知機を開発し、沈底目標及び埋没目標の探知ができることを確認した。

*1長官官房装備開発官(艦船装備担当)付第6開発室

*2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

軽量戦闘車両システムの研究

○佐々木秀明*1、姫路裕二*2、向井秀昭*3、杉山精博*4、藤井圭介*5、阪本雅行*5、佐藤祐司*6

1. 背景及び目的

陸上装備研究所では、平成22年度より、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、軽量コンパクトでありながら火力、防御力及び機動力を高い次元で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きた。本システムは火砲型と耐爆型からなり、空輸性を考慮して軽量(15t)で、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。火砲型は直接・間接照準射撃可能な105mm低反動砲の搭載を、耐爆型は対戦車地雷級の耐爆性を有するため車高可変懸架装置と耐爆構造を採用している。図1に運用構想図を示す。



図1 運用構想図

2. 研究の方法

本研究では、システムの実現性を検証するため、シミュレーション用のフィジビリティモデル(以下「FM」という。)を作成し、併せて新たな機構・構造のため、その機能性能を実機により確認する必要がある火砲の低反動化技術、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について、それぞれ供試品を試作して機能性能を確認するとともに、FM精緻化用のデータを取得した。このデータにより精緻化されたFMを用いたシミュレーションにより最終的に実現し得る軽量戦闘車両システムを明らかにする。

3. 試験結果

1) 射撃試験

火砲の低反動化技術について、2段式の駐退復座装置を有するデュアルリコイル方式を用いた口径105mmの低反動砲を試作し、直接・間接照

準射撃試験を実施した。図2に射撃試験の様子を示す。試験の結果、従来のシングルリコイル方式と比較し発射反動の低減を確認した。

2) 耐爆試験

乗員防護技術について、耐爆型の車体を模擬した耐爆車箱及び衝撃緩和座席を試作し、人体ダミーを搭載し、耐爆試験を実施した。試験の結果、乗員の受傷防止の効果を確認した。

3) 機動試験

独立分散駆動型電気駆動システム技術について、インホイールモータを全輪に搭載した試験用車両を試作し、図3に示すように機動試験を実施した。試験の結果、最高速・加速性能、登坂性能等軽量戦闘車両システムに求められる機動性能を満足していることを確認した。

4) 総合試験

各試験データにより精緻化したFMを用いてシミュレーションを実施し、本コンセプトの成立性を検証した。耐爆型では車体下の任意の位置で起爆した地雷による爆風から全乗員を防護可能であること。また、火砲型では、初期の車高では、車輪が浮き上がる射撃方位があることが判明したが、対策として車高低下装置を付加し、射撃時に車高を低下させること等により、全方位で車輪が浮き上がることなく射撃可能であることが分かった。



図2 射撃試験



図3 機動試験

4. まとめ

総合試験の結果、軽量コンパクトでありながら火力、防御力及び機動力を有する軽量戦闘車両システムが実現可能であることが分かった。本研究の成果は今後計画している研究開発に適用し火砲や戦闘車両等の創製に反映していく。なお、成果のうち乗員防護技術の設計手法等については、現在開発中の車両に反映済みである。

*1陸上装備研究所システム研究部戦闘車両システム研究室 *2札幌試験場第1試験班 *3陸上装備研究所システム研究部火力システム研究室 *4プロジェクト管理部統合装備計画官付統合装備計画室 *5陸上装備研究所弾道技術研究部火力・防護力評価研究室 *6陸上装備研究所システム研究部

電子装備研究所におけるサイバーセキュリティの研究

○亀田健一*、中村武憲*、加賀智也*、上野哲*、今泉隆文*、小森旭*、坂下圭一*

1. 背景及び目的

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にさらされており、効果的な指揮統制及び情報共有が妨げられる危険がある。そのため、指揮システムに対するサイバー攻撃等が発生した場合でも、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。

運用継続とサイバー攻撃の被害拡大防止との両立には、「サイバー攻撃に対する隊員の判断対処の練度向上」と「サイバー攻撃発生後に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、「サイバー攻撃に対する隊員の判断対処の練度向上」に資する研究として、隊員がサイバー攻撃対処訓練を行うための環境を構築する“サイバー演習環境構築技術の研究”を現在実施している。

本発表では、「サイバー攻撃発生後に運用可能な状態に回復する能力の向上」に資する“動的セキュアネットワーク技術の研究”について概要及び研究成果を紹介する。

2. 動的セキュアネットワーク技術の研究

本研究は、サイバー攻撃や災害等の被害があり通信が遮断された経路があった場合でも、ネットワークを一元的に統制することにより、他の経路を用いて重要な通信を回復するための研究である(図)。

防衛省・自衛隊では、重要通信に影響を及ぼすサイバー攻撃等が発生した場合においても、重要な任務を確実に遂行するため、ネットワークを

安定的かつ継続的に利用できる態勢を維持する必要がある。また、各種事態に応じて重要となる任務が動的に変化するため、その時々において重要となる通信の経路確保を行う必要がある。それら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ものである。

本研究では、各種状況等の変化に応じてネットワークの統制処理を行う方式及びサイバー攻撃等によりネットワーク統制機能に損失が発生した場合でも通信経路を維持する方式について研究を実施した。

平成28年度には、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)との研究協力協定に基づくJGN(Japan Gigabit Network)の利用により、実回線を用いた環境において、サイバー攻撃等対処を行う際に必要なネットワーク統制に関する性能を確認した。

本年度から、ネットワークとシステムを含めて動的に制御することにより、サイバー攻撃発生後に運用可能な状態に回復する能力の向上を図る「サイバーレジリエンス技術の研究」を実施するため、本研究で得られたネットワーク統制技術を活用する予定である。

3. まとめ

「サイバー攻撃発生後に運用可能な状態に回復する能力の向上」に資する研究として“動的セキュアネットワーク技術の研究”を紹介した。

本研究で得られた技術的知見を、防衛省・自衛隊のサイバー攻撃対処能力の向上に寄与していく。

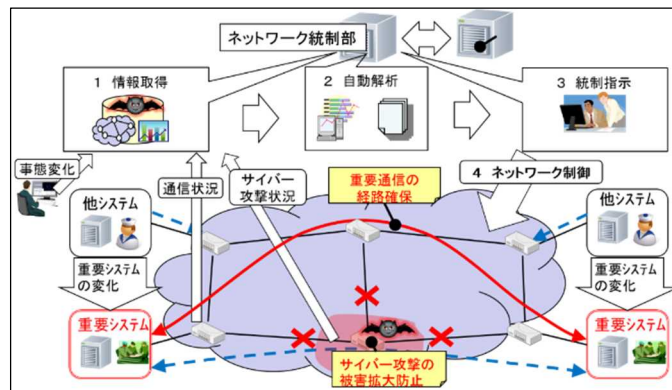


図 動的セキュアネットワーク技術 運用構想図

*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

屋内偵察用小型ドローンの研究

○小林星平*、大崎馨*

1. 緒論

先進技術推進センターでは、小型 UGV (Unmanned Ground Vehicle: 陸上無人機) で進入困難な状況の屋内に投入して使用する屋内偵察用小型ドローン(以下「小型 UAV」(Unmanned Aerial Vehicle: 航空無人機)という。)について、平成24年度～平成28年度にかけて製作及び各種条件下における機能・性能を確認した。小型 UAV(図 1)は、4つのプロペラで機体を浮上させるクワッドローター型のドローンであり、有線通信により見通し外でも遠隔操縦が可能である。

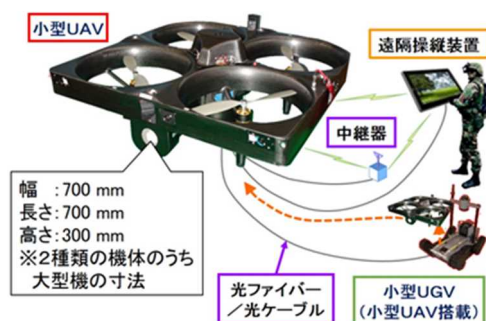


図 1 小型 UAV 及び UGV の概要

2. 小型 UAV の主要な機能

小型 UAV の屋内飛行は、GPS 利用による位置制御が不可能であり、かつ壁等に遮られて自機が見通し外となる状態で操縦が可能となるよう、障害物への接触を許容する頑丈なきょう体の他、有線通信機能や操縦支援機能等を備えている。各機能について詳細を述べる。

(1) 見通し外遠隔操縦機能

光ファイバを通じて有線通信を行う機能により、屋内で自機が見通し外となり、無線通信が使用不能となる場所においても遠隔操縦の継続が可能となる。

(2) 3次元環境地図作成機能

小型 UAV に搭載したカメラからステレオ視により 3次元環境地図を作成する機能により、自機の位置、周囲の状況等を 3次元的に確認することが可能となる。

(3) 擬似俯瞰画像作成機能

操縦画面において、後ろ上方から自機を見て

いるかのような擬似的な俯瞰画像を作成する機能により、操縦者は自機及びその周囲を確認しながら操縦することが可能となる。

3. 機能・性能の確認

基本的な飛行性能については、モーションキャプチャで飛行中の小型 UAV の動作を解析することにより確認した。また、福島県双葉郡楡葉町の国立研究開発法人日本原子力研究開発機構楡葉遠隔技術開発センターにおいて、災害時の屋内環境を模擬した空間における総合的な運用性を確認した(図 2)。

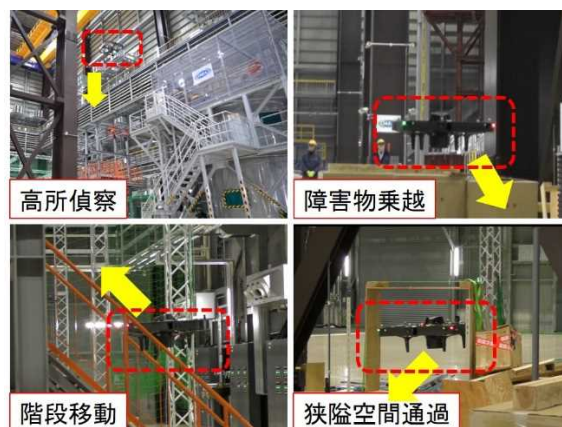


図 2 楡葉遠隔技術開発センターにおける確認状況

3.1. 結果及び考察

小型 UAV を陸上自衛隊隊員が操縦した結果、比較的短時間の教育のみで、熟練した操縦者と同様に障害物を越えて飛行し、搭載するカメラ等による屋内の情報収集が可能であった。これは、小型 UAV に実装された操縦支援機能が有効に機能しているためと考えられる。

4. 結論

製作した小型 UAV により、屋内の狭隘な空間における偵察行動が可能であることが分かった。また、災害環境下に被害状況の確認が必要となるプラント等を模擬した大型構造物を有する施設において、搭載するカメラによる大型構造物全体の把握と定量的な位置情報を取得可能であることを確認した。

*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

ハイブリッド推進艦におけるスチームレス化に関する研究

○中井秀之*

1. 研究の背景

近年の護衛艦にはハイブリッド推進(エンジンと推進モータの両方を使用)が採用され、出力の大きい発電機が搭載された。一方、造水装置等においては蒸気を利用しており、これらの機器に対して余剰電力の利用が期待される。ここでは、図1に示すように「発電機出力(推進電力+艦内消費電力)」を「余剰電力」と呼ぶこととする。

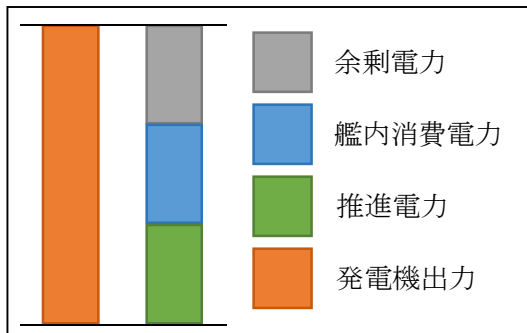


図1 余剰電力の定義

2. 研究の目的

余剰電力を利用するため、蒸気に依存していた艦内機器を電化すること(スチームレス化)に関する海外動向を調査し、スチームレス化のメリット、デメリットを検討する。

3. 検討項目

- (1) 海外の動向調査
- (2) スチームレス化の効果
- (3) スチームレス化に伴うコスト検討

4. 検討結果

3項の項目別に結果を以下に示す。

- (1) 海外艦艇では、電気推進の採用とともに、スチームレス化する傾向がある。

表 スチームレス化のメリットデメリット

項目	メリット	デメリット
(2)	重量、赤外線削減	精製水の塩分濃度大
(3)	蒸気関連機器の整備工数削減	潤滑油の常時保温が必要

・ スチームレス化の効果

ハイブリッド推進の護衛艦を仮定し、電気推進による航行速度を15ktとした場合の航行時電力について、スチームレス化の効果を図2に示す。

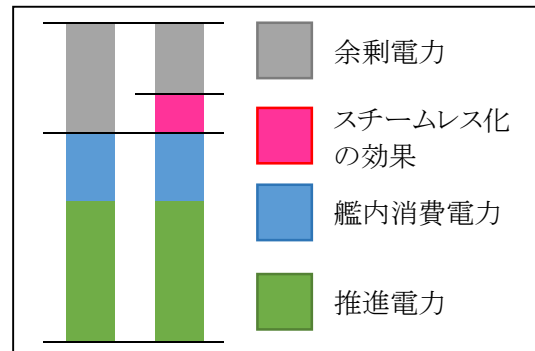


図2 スチームレス化の効果

スチームレス化の効果により、15kt 航行時余剰電力の約35%が有効利用できることが分かった。

・ 整備コストの低減

スチームレス化による整備コストの低減効果を見積もるため、1年間の整備工数を試算した。その結果、5項で考察する条件はあるものの、スチームレス化により、約60%低減されることが分かった。

5. 考察

- (1) スチームレス化の効果を見込んでも、余剰電力は推進電力の約50%に相当する電力が残存しており、この電力を利用すれば電気推進の航行速度を15kt から更に増速できる可能性があることが分かった。
- (2) スチームレス化による整備コストの削減は、潤滑油の常時保温が前提であり、そのためには運用の変更を考える必要がある。つまり、従来の運用では冬季の出航前に潤滑油の急速加熱が必要であり、スチームレス化で対応するためには、電気ヒータを多数装備することになるため、その整備コストは逆に約10%増加することも分かった。

*長官官房艦船設計官付 第4設計室

周辺へのとりくみ

○薄井裕*1、高橋正樹*2

1. 背景

下北試験場では昭和34年の創立以来、周辺地域への配慮をもって任務を遂行しているが、射撃や爆発に伴う騒音及び振動により近隣住民の生活環境に対する影響が少なからずあるため、試験を中断せざるをえない場合がある。

下北試験場では、周辺地域との良好な関係を維持するためさまざまなとりくみをおこなっており、その一例を紹介する。

2. 騒音低減化へのとりくみ

下北試験場には、さまざまな弾種や射距離に対応するため5ヶ所に砲座があり、そのなかでも最も使用頻度が高い(平成29年度計画でのべ80日程度)B砲座地区では、火砲周辺を取り囲むように防音壁を設けている。(写真1)



写真1 B砲座地区

これは、平成23年度から25年度にかけて防音構造物の検討及び騒音伝搬シミュレーション(所研2Bとして実施)をおこない、その結果防音構造物は受音側よりも音源側に設置した方が射撃騒音抑制に有効であることを確認できたため設置したものである。

さらに、平成26年度からは防音構造物の形状の検討や、火砲全体を囲うことによる射撃騒音の抑制効果の検討を行い周辺地域への影響低減化のための研究を重ねている。

3. 周辺地域への情報提供

平成25年度に導入した射場監視装置(その4)

は、周辺にある5つの集落にそれぞれ設置しており、現地において計測した騒音等の大きさをリアルタイムで表示可能な装置である。(写真2)



写真2 射場監視装置(その4) 下田代地区

これは、周辺地域からの要望により設置したもので、騒音値のほかにも当日及び翌日の試験予定を告知するなど試験場からの情報発信手段としての役割を担うものである。

このほかにも、月ごとに射撃予定数を記載した予定表の配布や、大音量が発生するおそれがある場合は広報誌「下北試験場だより」を通じた情報発信を行い周辺地域での理解と協力を求めている。

4. まとめ

射撃騒音の抑制に関しては、引き続き研究を継続し周辺地域への影響を低減できるよう検討を重ねるとともに、周辺地域からの理解と協力を得られるよう情報発信を継続し、試験実施に影響を及ぼさない関係性の維持に努めたい。

*1下北試験場副場長

*2下北試験場整備班

試験評価のための計測技術

○江口直人*1、高橋正樹*2

1. 背景

下北試験場は、防衛省組織令(昭和29年政令第178号)第221条のとおり「射撃その他火薬類を使用する方法による火器及び弾火薬類の性能に関する試験を行うこと」をつかさどっている。火器及び弾火薬類の性能に関する試験は、火器及び弾火薬類の弾道性能に関する試験と弾火薬類の安全性に関する試験に大別することができ、下北試験場ではこれらに関する評価のための計測技術と必要な計測機材を保有しており、それぞれの試験においてその一例を紹介する。

2. 火器及び弾火薬類の弾道性能に関する試験の計測技術

火器及び弾火薬類の弾道については、砲内弾道、砲外弾道(過渡弾道を含む。)及び終末弾道に分類される。

砲内弾道は、点火から砲口離脱までであり、計測手段としてインボアレダや砲内圧力を取得することで計測することができる。下北試験場が保有するドップラレーダはインボアレダとして使用可能なものであり、平成25年度に実施した「試験場計測技術の向上に関する研究(その3)」において、砲内から砲外の弾丸速度を連続的に取得するために必要な技術データを取得しており、精度向上に関する検討を行っている。

砲外弾道のうち過渡弾道は、砲口離脱直後から飛しょう弾丸が安定するまでであり、主に覆道式ドーム射場において撮影したシャドウグラフ画像(写真1)を3次元解析することにより、過渡弾道領域での弾丸姿勢や空気抗力係数が得られ弾丸の設計等に反映することができる。覆道式ドーム射場は、国内唯一の施設であるため、設備及び計測技術の維持に努めている。

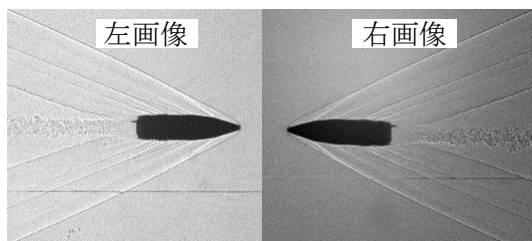


写真1 シャドウグラフ画像の一例

砲外弾道は、砲口離脱から地表もしくは目標点に到達するまでであり、計測手段として砲外弾道レーダやフライトトラッカーなどがある。このうち砲外弾道レーダを用いた計測については、平成27年度に実施した「曲射弾道の連続計測技術」において、射座及び弾着地周辺に設置した砲外弾道レーダを接続同期作動させることにより、発射から弾着までの速度データを連続的に取得しており、精度向上に関する検討を行っている。

終末弾道は、弾頭作動による爆轟波・破片による目標物への効果、車両の防護システム及び弾丸の跳飛などをはじめと非常に多岐にわたる分野である。下北試験場には、破片による目標物への効果を確認するための設備として、静爆場(写真2)及び水井戸試験槽を保有しており、さまざまな要望に対応可能である。



写真2 静爆場での静爆試験

3. 弾火薬類の安全性に関する試験の計測技術

弾火薬類の安全性に関する試験は、弾火薬類の被弾、火災、殉爆(誘爆)や運搬時の不時落下等を想定した安全性を確認するものである。下北試験場ではD砲座地区に安全性を確認するために必要な弾火薬類衝撃安全性試験設備、クックオフ試験設備及び12m落下試験塔を集約し、試験を実施することが可能である。

4. まとめ

下北試験場は、その任務に基づきさまざまな試験に対応できるよう試験施設や試験設備を整備している。あわせて、試験評価に必要なとなるデータ取得ができる計測機材と計測技術を保有しており多様な要望に対応できる試験場を目指している。

*1下北試験場 試験班

*2下北試験場 整備班

低圧訓練におけるストレス測定を試み

○金澤富美子*¹、樽井英夫*¹、丸山 聡*¹、金丸善樹*¹、溝端裕亮*¹、
柳田保雄*¹、柏崎利昌*¹、木下 学*²

1. 背景

航空医学実験隊の低圧室飛行訓練を担当する低圧室要員は、被訓練者と共に訓練装置内に入るため、訓練中は常に低圧環境に曝される。さらに常時 100%酸素を吸入するため、低圧高酸素という特殊な環境に曝露されることとなる。また、訓練は限られた要員により繰返し実施され、要員の多くが訓練後に疲労感を訴えている。そこで、訓練における低圧室要員の疲労度調査を行い、疲労軽減対策に繋げることを目的として本研究を計画した。ストレスは、好中球の抗菌活性を指標としたストレスチップによる測定及び酸化ストレス測定を中心に計測を行った。

2. 方法

対象は、低圧室飛行訓練の II 型訓練(主室及び副室要員各 1 名)及び急減圧訓練(室内要員 1 名)とした。さらに高酸素環境のみの影響をみるため、100%酸素を地上気圧で 1 時間曝露した群を追加した。II 型及び急減圧訓練の高度プロファイルを図 1 に示す。被験者は訓練要員 8 名(男性 7 名、女性 1 名)、平均年齢 32.3±12.0 歳(19~47 歳)である。訓練前後に採血を実施した。

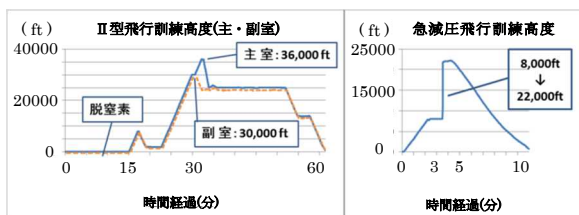


図 1 低圧室飛行訓練(II 型及び急減圧)の高度プロファイル

ストレス測定は、一般的に使用される「血中コルチゾール」と、防衛医科大学校で開発された大腸菌を使用したバイオアッセイ系「好中球抗菌活性」を使用した。白血球の一種である好中球の抗菌活性計測は、ストレス・侵襲を好中球機能から評価しようとするものである。大腸菌を使用したバイオアッセイ系を適用することで、ストレスの多面的な要素を反映した評価が可能となり、包括的な生

体での疲労度が把握できると考える。さらに酸化ストレス指標として d-Reactive Oxygen Metabolites(dROMs) と Biological Antioxidant Potential(BAP)を測定した。また、主観的評価として自覚疲労を「自覚症しらべ」(日本産業衛生学会産業疲労研究会)を用いて調査した。

測定結果は、全訓練グループと 100%酸素吸入グループについて検討し、さらに全訓練を主室、副室、急減圧担当要員及び若年群(4 名、21.8±1.7 歳(19~23 歳))と壮年群(4 名、40.0±6.3 歳(32~47 歳))に分けて検討した。

3. 結果及び考察

好中球抗菌活性は、100%酸素吸入では変化を認めないが、全訓練では訓練後に有意に低下した($P < 0.05$)。さらに訓練別、年齢別に検討した結果、主室要員の訓練後及び壮年群の訓練後に有意に低下し($P < 0.05$)、訓練によるストレスの増加が示唆された(図 2)。

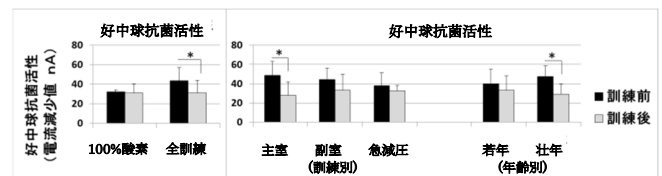


図 2 好中球抗菌活性(100%酸素吸入と全訓練及び訓練別、年齢別)

血中コルチゾール及び酸化ストレス指標(dROMs 及び BAP)については 100%酸素吸入及び訓練による変化は認められなかった。

自覚疲労「自覚症しらべ」は、100%酸素吸入では変化を認めないが、全訓練後及び年齢別では壮年群において訓練後に有意に増加した($P < 0.05$)。

全訓練後の要員に主観的な疲労感が増加した。また、好中球抗菌活性においては、全訓練後、主室要員、壮年群の訓練後にストレス増加が認められたことから、コルチゾールでは捉えられない訓練ストレスによる変化を捉えたものと示唆される。

今後、他のストレス関連物質についても測定し、訓練後の疲労感との関連をさらに検討する。

*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防衛医科大学校 免疫微生物学講座

次世代データリンク高速・高信頼化技術の研究

○原田亮*、前田一嘉*、石川正興*

1. 背景及び目的

ネットワーク中心の戦い(NCW: Network Centric Warfare)の戦力強化を図るためには、陸海空自衛隊の統合運用において、データの高速通信と情報の共有が不可欠である。

そこで、次世代データリンク高速・高信頼化技術の研究では、帯域分散多重化技術とデータ共有化技術の研究を行っている。

2. 研究内容

1)高速通信のための帯域分散多重化技術

図1に帯域分散多重化技術の概要を示す。現状、1つの周波数を使用した通信では高速化は困難である。そこで、帯域分散多重化通信では複数の周波数を束ねて使用することにより、高速通信を実現する。本研究ではVHF帯2波、UHF帯4波の合計6波同時送受信可能な無線機を設計した。このうち、UHF帯3波を束ねることで、最大3,180kbpsの伝送速度となる見通しを得た。なお、UHF帯4波のうち1波はネットワーク管理専用の通信のために使用する。

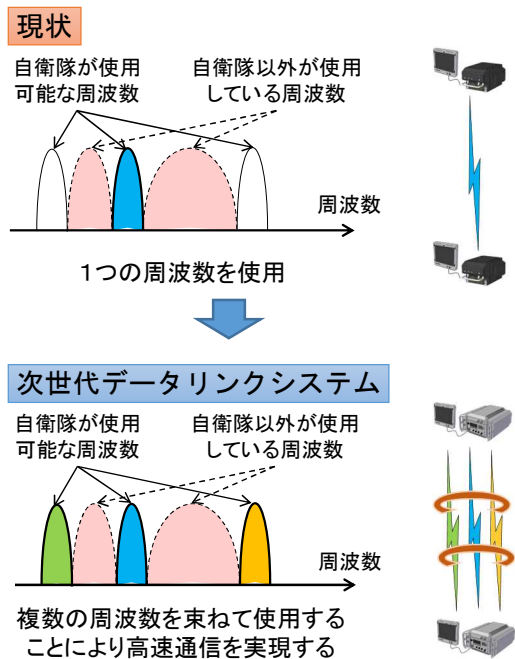


図1 帯域分散多重化技術

2)情報共有のためのデータ共有化技術

統合運用において、各々異なるデータリンクシステムを採用している陸海空自衛隊の情報共有能力をさらに向上し、迅速な情報共有を実現することが必要不可欠である。

そこで、陸海空自衛隊の既存のデータリンクシステムを活用しつつ、次世代データリンクシステムをゲートウェイとして、「自衛隊デジタル通信システム」、「野外通信システム」及び「LINK-16」の各メッセージを共通メッセージフォーマットに変換することで、既存データリンクシステム間の情報共有が実現可能な設計とした(図2)。

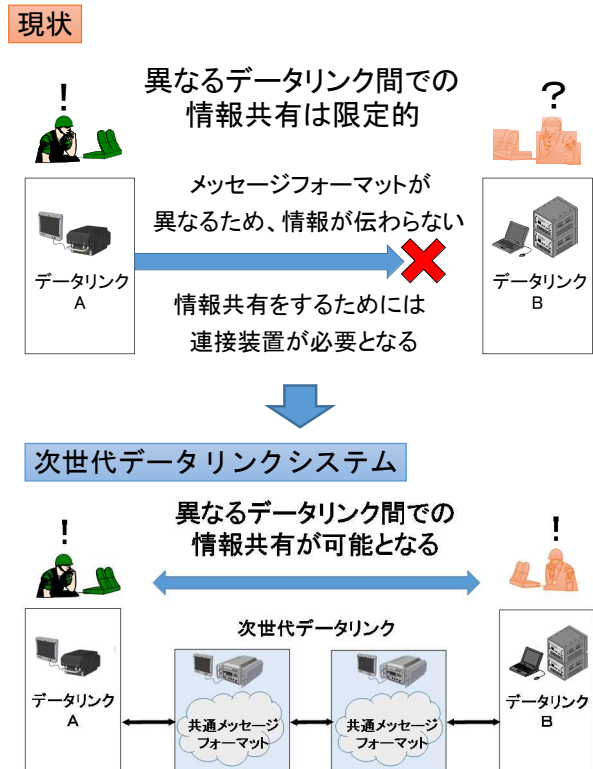


図2 データ共有化技術

3. まとめ

帯域分散多重化技術による高速通信及びデータ共有化技術による情報共有実現の見通しを得た。

今後、次世代データリンクシステムの機能・性能を確認する予定である。

*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

人工知能技術を用いた画像処理と意思決定支援

○畑貴将*、佐野裕香*、濱野健二*、平進太郎*

1. 研究の背景及び目的

近年、防衛装備はシステム化とネットワーク化により必要な情報を適時適切に共有することが可能となってきた。一方で多種のセンサやシステムと高速化された通信ネットワークによりもたらされる多様で莫大な情報により、情報処理と状況判断は複雑化している。

深層学習を中心とした人工知能技術は民生分野において急速に発展しており、画像認識技術や状況分析技術は、計算機能力の向上と学習データの充実により、人間の能力を速度・精度の面で超えつつある。また、小型・省電力な脳型コンピュータ等の、人工知能技術に適したコンピュータハードウェアが実現しつつある。

防衛分野においても、このような技術の活用は有効であり、指揮官等への意思決定支援に応用することで、これまでに実現できていない複雑な処理の自動化・半自動化によるC4ISR(Command,Control,Communication,Computer,Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)のスマート化・インテリジェント化が期待されている。そこで、電子装備研究所においては、深層学習を用いた合成開口レーダ画像からの自動目標類別などの研究を進めてきたところである。

本研究では、無人機等への応用を想定し、深層学習を脳型コンピュータへ実装する目的で深層スパイキングニューラルネットのシミュレータを用い、自動類別に関する研究を行った。加えて、深層強化学習を用いた画像による物体捕捉・追尾技術に関する研究や人工知能技術を意思決定支援へ応用するための研究に着手している。

2. 研究内容

本研究では、正解付データである米空軍のMSTAR(Moving and Stationary Target Acquisition and Recognition)公開データセット¹⁾を用いた。

図1にMSTARの画像例を示す。軍事目標10種類のX帯合成開口レーダ画像について、俯角15°、17°のデータを用いて類別の正解率による評価を行った。

深層学習を用いたニューラルネットは、正解付のデータセットを用いて学習させることにより、高い類別精度を実現する。本研究ではノイマン型コ

ンピュータ上で動作する畳み込みニューラルネットと脳型コンピュータのシミュレータ上で動作する深層スパイキングニューラルネットを用いた。

図2に深層スパイキングニューラルネットのシミュレータを用いた場合の類別結果の例を示す。画素上の白色が発火強度を表しており、入力した画像の強度情報がlayer2、layer3とニューラルネットワークを伝搬し、最もニューロンの発火の多い目標に類別される。

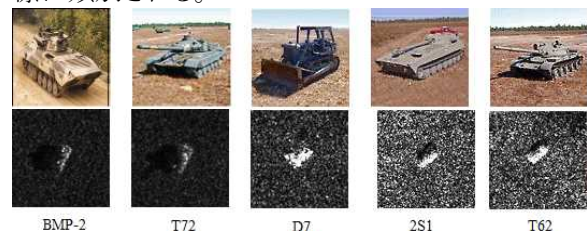


図1 MSTARの画像例(可視及びレーダ画像)¹⁾

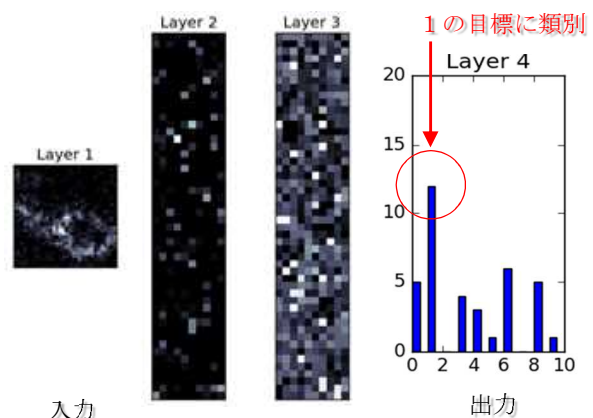


図2 類別結果の例

3. まとめ

10目標のMSTARの画像を用いた類別を行った。その結果、畳み込みニューラルネットにおいては平均で90%以上、深層スパイキングニューラルネットにおいては80%以上の高い正解率を得た。今年度は電子装備研究所で所有する「小型航空機搭載用高分解能合成開口レーダ」により、各種目標画像を取得し、研究を実施する予定である。

参考文献

- 1) U.S.AIR FORCE, “MSTAR OVERVIEW”, <https://www.sdms.af.mil/index.php?collection=mstar>

*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

○高熊亨*、中濱大晶*、林寛貴*、中澤利之*

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 (SAR: Synthetic Aperture Radar) 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パラメトリ (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効果的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. SAR 画像の紹介

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」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、目標識別等の技術を向上させるための研究を実施している。

昨年度、当該器材をヘリに搭載して (図1) 撮像した SAR 画像の例を図2に示す。図中の色付けは送受信の偏波成分を表しており、赤色は水平偏波送受信成分 (HH)、青色は垂直偏波送受信成分 (VV)、緑色は水平偏波送信・垂直偏波受信成分 (HV) を示している。強い反射がある箇所は輝度も大きくなるため、全ての偏波成分が強い箇所は白色、逆に全ての偏波成分が弱い場合は黒色となる。図2は、名古屋港近辺において図中左下側から右上側に向けて電波を照射した際の SAR 画像を示している。図中下の黒い部分が後方散乱成分 (ヘリの方向に跳ね返る電波の成分) の小さい海面であることを示している。図中の拡大図は特徴的な箇所を例示したものであり、南極観測船ふじや周辺駐車場の車両及びその周辺の植生などを高精細に観測できていることが確認できる。当日は、その他取得した画像及び今後の計画について紹介する。



図1 機体搭載の様子
(提供: セントラルヘリコプターサービス株式会社)

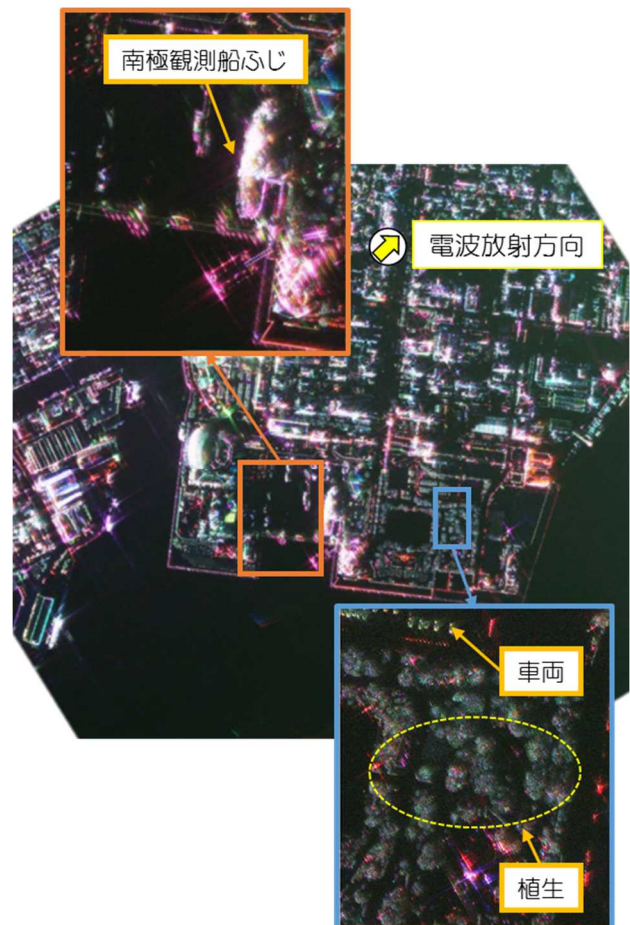


図2 名古屋港近辺の観測例

*電子装備研究所センサ研究部 電波センサ研究室

ステルス評価装置の性能確認試験

○林健一*、赤嶺賢彦*、金子竜太*、橋村隆行*

1. 概要

本事業は、小型航空機、艦艇、車両等の対レーダ被探知性を評価し、将来の戦闘機等の残存性向上に資することをねらいとし、小型航空機等のレーダ反射断面積(RCS: Radar Cross Section)の屋外計測・評価手法に関する技術資料を得る目的で実施している。移動中の航空機等を対象に RCS を計測する動的計測、実大模型等の対象を計測する静的計測、そして、対象の形状や材質等から計算機シミュレーションにより RCS を推定する電磁界解析、この 3 つを比較検証しステルス性を評価する技術を確立するものである。

本事業における最も重要な課題は、屋外での計測結果と電磁界解析等による結果とを比較・検証し、計測評価精度の向上を図ることである。動的計測では、実目標を実環境で計測できるが、取得できる機会やデータ数等が限定され姿勢角の正確な制御は困難である。一方、静的計測では、姿勢角を正確に制御できるが、電波を球面波とみなす近傍界での計測結果を、電波を平面波とみなす遠方界での結果に変換する必要がある。また、電磁界解析では任意のパラメータ設定が容易にできるが、計算機の処理能力により解析モデルの忠実度に制限が生じる。そのため、これらの計測及び推定結果を比較・検証しながら全体として精度向上を図っていく必要がある。

2. 性能確認試験の成果

我々は前述した課題を解明するために、平成23年度から平成26年度にかけてステルス評価装置の研究試作を行い、本装置の性能確認試験を平成26年度から開始している。これまでに動的計測では航空機や護衛艦等の計測を行い、静的計測では単純形状目標や空対空誘導弾等の計測を行って所用のデータを取得している。その例として静的計測における30cm角平板の計測結果と数値的厳密解法であるモーメント法による電磁界解析の計算結果を図1に示す。平板のような単純形状の目標に対しては計測結果と計算結果は非常に良く一致するが、複雑形状の目標では計測結果と計算結果における RCS の平均値のレベル差は小さいものの、ヌルやピークの位置等の細部について相違がある。各計測と電磁界解析との比較・検証によりそれぞれの技術を向上させ、

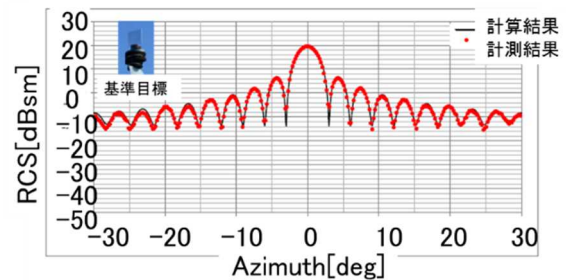


図1 30cm角平板のRCS計測結果と計算結果(X帯、垂直偏波、Azパターン)

正面方向のRCSはX帯で20dBsmに相当

RCS評価のスキルとノウハウを確立する必要があると考えている。

3. 今後の予定

今年度は護衛艦等の動的計測及び図2に示すT-4を目標に用いた静的計測を実施する。T-4についてはこれまでに飛行中の動的計測を行っており、先に述べたように動的計測、静的計測及び電磁界解析の結果を比較・検証する予定である。また、先進技術実証機の基となった実大RCS模型についても静的計測を実施するとともに、その他部隊等から計測の要望がある装備等についても計測を実施する予定である。



図2 静的計測用T-4目標
松島基地で津波により被災した機体を活用

*電子装備研究所飯岡支所 電磁特性研究室

市街地沿岸モデルの破壊建物同士の衝突を伴う津波シミュレーション

○沖 良篤*、柳原康生*

1. はじめに

東日本大震災(2011年)等の津波災害では、建物破壊等に伴う多数の瓦礫や乗用車等が漂流物となり、他の建物等と衝突、さらなる破壊、流出を繰り返すことによって、被害を拡大・増幅させたことが知られている。現在、想定される南海トラフ巨大地震等への備えとして、内閣府を中心に被害推定の見直しが進められているが、自衛隊が災害支援活動で迅速に行動・展開するためには、基地関連施設周辺も含めた市街地沿岸地域における漂流物の挙動や衝突の影響を考慮した実用的な被害推定ツールの整備が必要不可欠である。

そこで、先進技術推進センターでは、既往の研究¹⁾の水槽試験スケール(長さ27.0m×幅8.5m×高さ3.0m)ではあるが、12個の建物群から構成される市街地沿岸モデル(図1)を対象として、破壊建物同士の衝突を伴う津波シミュレーションを実行し、それらの衝突の影響を考慮した被害推定ツールを新たに提案した。

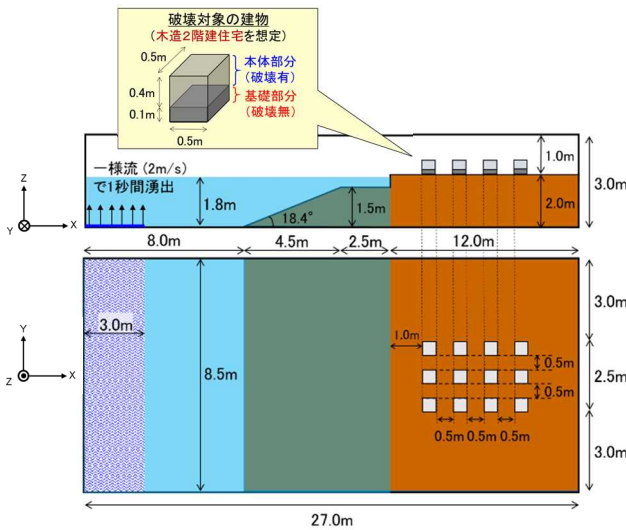


図1 市街地沿岸モデル¹⁾

2. 研究内容

本研究では、非圧縮性の拡張型2流体モデルによる自由表面流れ場のCFD(Computational Fluid Dynamics)解析とDEM(Discrete Element Method)による固体運動解析をTwo-way方式で相互に連成させて、破壊建物同士の衝突を伴う津波シミュレーションを実行した。

なお、計算負荷の大きいCFD解析には構造格子型有限体積法を採用した。また、固体運動解析では建物を球形固体粒子で模擬し、粒子間の

相互作用にはバネ・ダンパモデルを採用した。

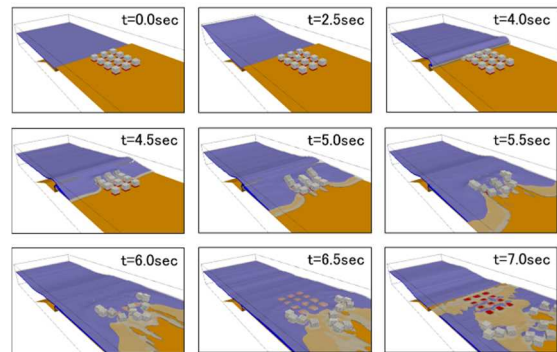
図2は実際の津波の発生機構に近い湧出境界条件の場合の本シミュレーション結果の一例を示したものである。

図2(a)の被害状況の経時変化より、 $t=2.5\text{sec}$ 前後で沖合の水面が隆起して津波が発生し、 $t=4.0\text{sec}$ 以降に護岸を越えて、全ての建物が津波によって破壊されていることが確認できた。

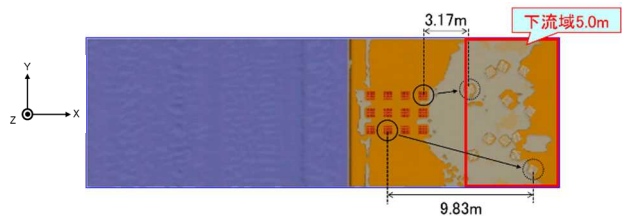
図2(b)の最終的な被害推定結果($t=10.0\text{sec}$)より、全ての建物は基礎部分のみを残し、本体部分は下流域5mの範囲内に流出しており、その流出距離の最大値は9.83m(2段目手前の建物)、最小値は3.17m(4段目奥の建物)であった。

3. おわりに

今後は、広域かつ複雑な市街地沿岸モデル(数km四方で複数の大小構造物を含む。)を対象として、破壊建物の他に複数種類の漂流物モデル(移動車両、係留船舶、コンテナ類)を導入して、実用的な大規模シミュレーションの超並列計算を実行する予定である。



(a) 被害状況の経時変化 ($t=0.0\sim 7.0\text{sec}$)



(b) 最終的な被害推定結果 ($t=10.0\text{sec}$)

図2 本シミュレーション結果の一例

参考文献

- 1) シマモラ・嶋原・藤間, “建築群に作用する津波波力に関する水理実験(修正版)”, 海岸工学論文集 54, 831-835, 2007.

* 先進技術推進センター研究管理官(M&S・先進技術担当)付 M&S 要素技術推進室

化学剤除染技術の研究

○伊達知晃*1、遠藤拓*2

1. 研究の背景

サリン等の化学剤の除染に使用される、さらし粉乳剤や水酸化ナトリウム水溶液等の液体除染剤は、反応性が強く、電子基板等の精密器材への付着により、精密器材を腐食させることがある。一方、近年利用され始めた除染ガス(オゾン(O₃)や過酸化水素(H₂O₂))は、液体除染剤に比べて、除染力を維持しつつも腐食を起こすことが少ないため、精密器材の除染により適しているだけでなく、環境負担が小さいという利点も有している。そこでCBRN防護技術推進室では、除染ガスに関する研究に取り組んでいる。

2. 研究の目的

化学剤のガス除染の正確なメカニズムを解明することで、より良い除染条件や今後の装備品の改良に寄与する知見を得ることが目的である。

3. 研究内容

O₃及びH₂O₂ガスを発生させ、任意の比率で混合し、除染庫に導入することで、庫内の化学剤の試料を除染することができるラボ試験用除染装置(図1)を用いて、化学剤試料を除染ガスで分解し、生じた分解生成物をガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)で検出・同定することで、下記の2点について測定した(図2)。

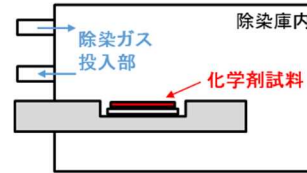
- ① 除染ガスの種類ごとの分解生成物
- ② 分解生成物の経時変化

なお、除染は、分析を容易にするため、化学剤を完全に除染する条件ではなく、除染が完結せずに分解生成物が残る条件で実施した。

①を分析した結果、除染ガスの種類によって、特定の分解生成物が発生しなくなることが確認された。②を分析した結果、構造が比較的複雑な化学剤は、様々な反応点から段階的に分解したものと推定された。

今後は、本研究で得られたガス除染のメカニ

ズムに関する知見を踏まえ、除染効率を更に向上させるため、紫外線照射下でガスによる除染を実施するなど、より効果の高い除染条件について検討する予定である。



概略図



外観

図1 ラボ試験用除染装置の概要

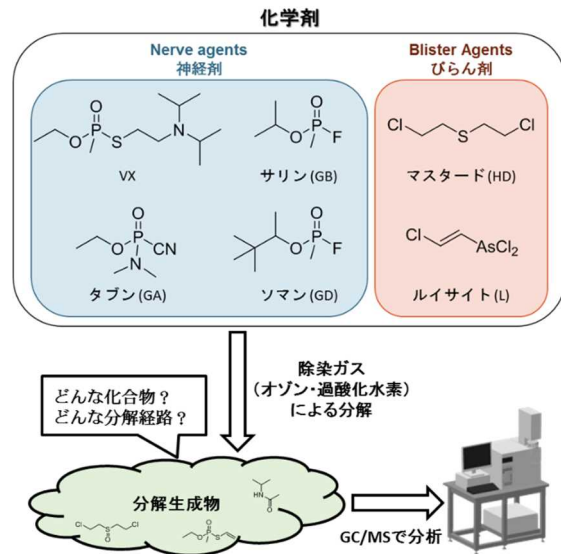


図1 ガス除染による分解機構の検討

参考文献

- 1) Yang, Y. -C., "Chemical detoxification of nerve agent VX", Acc. Chem. Res., 第32巻 第2号, 109-115, 1999
- 2) Wagner, G. W. et al., "Reaction of VX and GD with gaseous ozone", J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2, 第6号, 1267-1272, 2000

*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(CBRN 対処技術担当)付 CBRN 検知技術推進室

CBRN脅威評価システム技術の研究

○伊奈伸一郎*、坂上源生*、前野旭弘*、中村友行*、明野優也*

1. 背景

化学、生物、放射線及び核(CBRN)による汚染のうちのひとつに、汚染物質の大気中への拡散が挙げられ、その状況は例えば単独あるいは複数の専用の検知器等を用いて確認することになるが、汚染全体の拡散状況を把握することは困難である。その一方で、テロや原子力発電所の除染作業といったCBRN汚染の脅威に直面することになる自衛隊が、より安全かつ効率的にその対処を行うためには、全体的な汚染状況を把握することが望ましい。

2. CBRN脅威評価システムについて

自衛隊によるCBRN対処能力の向上を目的として、先進技術推進センターでは、大気拡散シミュレーションを基本としたCBRN汚染の拡散予測と、それに伴う汚染評価を行うCBRN脅威評価システムを試作した。

CBRN脅威評価システムは、統合気象システム(JWS)などから取得した気象情報、汚染地域付近で取得した検知情報や現地の気象観測結果等から事後の汚染物質の拡散を予測し、さらに得られた汚染の時系列分布から汚染地域における活動可能時間などを評価することを可能とする機能を持つ。また、CBRN脅威評価システムには、状況把握に許容される時間に応じた複数の解析モードを用意している。これは、例えば戦闘行動時の化学攻撃への対処のような迅速な状況把握が必要と考えられる解析では、演算の規模を縮小することにより短時間で解析が完了する解析モードを使用し、逆に、例えば除染のような汚染状況の把握に時間的余裕があり、より詳細な状況把握を可能とすることで除染効率の向上が期待されると考えられる解析では、演算の規模を大きくすることにより短時間の解析に比べて空間分解能を高くする解析モードを使用することを想定したものである。

図1にCBRN脅威評価システムの外観と解析結果の一例を示す。この解析は、ひし形で示す観測点での汚染の検知情報と気象情報をもとに汚染発生源の位置を解析し、汚染観測以降の汚染分布を予測したものである。解析結果は、地理情報システム(GIS)を使用して地図上に汚染分布や気象情報、観測情報が重畳表示され、汚染拡散

の時系列的な変化やその積算値が確認できる。



図1 CBRN脅威評価システムの外観と解析結果の一例

3. CBRN脅威評価システムの性能確認

平成26年度より段階的に、試作したCBRN脅威評価システムの性能確認を実施している。CBRN脅威評価システムの予測精度の検証は、屋外での汚染物質の大気拡散の様子を模擬することが可能な専用風洞試験装置(図2)を用いて実施している。風洞装置の前方には整流部と模擬大気境界層生成部があり、ここで屋外の自然風を模した乱流と速度分布を持つ試験気流を生成する。その後流側には測定部が位置し、都市模型や地形模型を設置することで、風の流れの分布やトレーサガスをを用いた模擬拡散実験が可能となっている。平成27年度は本装置を用いて平坦地形と基準模型周りの風速分布と拡散分布を取得し、対応する計算値との比較を行うことで、CBRN脅威評価システムの基本性能の評価を実施した。平成28年度からは複数の基準模型や実際の地形といった、より複雑な解析対象に段階的に移行して解析と実験を継続中である。



図2 専用風洞試験装置

*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

高空における放射能塵の調査研究

○内田信*、小栗圭司*、遠藤拓*

1. 背景

周辺国により大気圏内核実験が行われていた1960～1970年代、環境への放射能汚染が問題となった。我が国上空の放射性浮遊塵に関する資料を得るため、防衛省では1961年(昭和36年)以来、政府が行う環境汚染調査の一環として、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、防衛庁技術研究本部(当時)にお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(平成22年度)からは、地下核実験により生成し捕捉される場合がある放射性希ガス(^{133}Xe)の濃度分析も行っている。

2. 概要

(1) 試料の採取

試料採取は北部、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(図1)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 機上集塵器

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放射性セシウム(^{137}Cs)などの高空塵及び放射性ヨウ素(^{131}I)などの放射性ガスが、放射性物質測定用フィルタによって採取される。また、放射性希ガスの濃度分析のために日本海中部空域において、航空機(輸送機C-130H)に機上大気収集装置を搭載して、上空の大気を年2回採取している。収集高度は約300mである。

(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は前処理(灰化、圧縮成型)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時間としている。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時間としている。

(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。

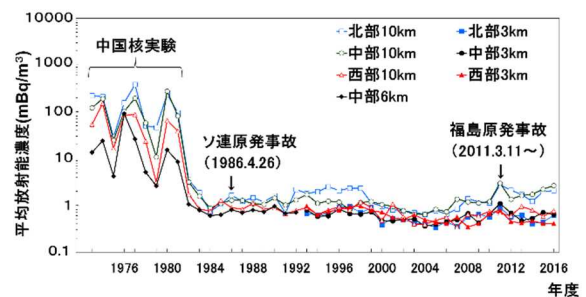


図2 全 β 放射能濃度の年間平均値

1980年(昭和55年)10月に実施された中国の大気圏内核実験を最後に、我が国周辺で大気圏内核実験が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。

2016年度(平成28年度)の γ 線核種分析においては、微量の放射性セシウム(^{137}Cs)が複数の試料で検出されたが、放射性セシウム(^{134}Cs)や放射性ヨウ素(^{131}I)は試料から検出されなかった。

また、北朝鮮による地下核実験時には、日本海上空等の空域において大気浮遊塵を採取後、 γ 線核種分析(測定時間は8時間)を実施し、防衛装備庁から結果を報告している。2017年(平成29年)9月3日の地下核実験時にも、採取された試料の γ 線核種分析及び放射性希ガスの放射能分析を実施した。

引き続き、データの蓄積のため、放射能塵等及び放射性希ガスを分析し、我が国上空の放射能濃度レベルの監視を継続していく予定である。

*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

高機動パワードスーツの研究

○村上桌弥*、山田隆基*、小林一穂*、南亜樹*

1. 背景・目的

島嶼部等の高脅威下で行われる任務においては、個人用の装備品を装着・携行した隊員が、厳しい環境下において、迅速機敏に各種行動に対応することが求められる。

そこで、先進技術推進センターでは、平成27年度から、隊員の重量負担を軽減しつつ、迅速機敏な行動を確保可能な「高機動パワードスーツ」の研究を行い、島嶼防衛、災害派遣等に適用することを目指している(図)。

2. 研究内容

パワードスーツ技術は、民生分野においても、主に医療・介護分野での研究開発が進められているが、高齢者の支援、脳卒中、脊髄損傷等のリハビリ等に重点がおかれ、アシストされる動作は歩行等に限られる場合が多い。

一方、防衛用のパワードスーツには、隊員が装着・携行している装備品の重量を支持することに加え、歩行だけでなく駆け足のような素早い動作を可能とし、砂地や山岳地等の不整地にも対応する必要がある。このため、民生分野と比較し、高機動化が求められ、各アクチュエータの高出力化、高応答化等が必要となる。

背のう等の装備品の重量を支持しながら、素早い動作を行うためには、下肢の働きが重要となるため、本研究では、下肢用のパワードスーツの試作に取り組んでいる。

基本的な設計検討として、高機動パワードスーツのアクチュエータでアシストする必要がある角速度、トルクを見積もり、その高出力を実現可能なアクチュエータ、バッテリー等について検討し、全体システムとしての成立性を確認した。

また、自衛隊では厳しい環境下での激しい行動が求められることから、パワードスーツの安全性の確保がより重要となる。そこで、製品としての安全性及び想定される使用に伴う装着者の安全性を確保するため、リスクアセスメントによる危険源分析に基づいた保護対策を行っている。研究の各段階において受容不可能なリスクが存在しないようリスク管理を継続し、安全性を確保している。

基本設計の結果の妥当性を確認するために、

2回の要素試験を実施した。要素試験では、プロトタイプ①の設計・製造と試験評価を短期間で繰り返し、試験データ、使用者(隊員)の意見等をパワードスーツに適応的に反映し、スパイラル的な試作を行っている。

まず、人体下肢と同等の自由度を有したプロトタイプ①を設計・製造し、それを実際に隊員が着用し、試験評価及び意見聴取を実施することで、人体下肢の動きを阻害しない構造の実現の見通しを得た。

次に、基本設計に基づいたアクチュエータ構成を有するプロトタイプ②を設計・製造し、試験評価の中でこれを着用した隊員(個人用装備品を装着・携行しない状態)が、実際に歩行・駆け足等の動作を実施できることを確認した。

今後は、要素試験の結果を踏まえて設計を深化させ、実証試験のための試作品を製造する。試作品は本年度末に完成する予定であり、来年度はこの試作品を用いて高機動パワードスーツを着用した隊員に対する実証試験を演習場等で実施し、運動性能、負荷軽減性能等について更なる試験評価を行う計画である。



島嶼防衛



災害派遣

図 高機動パワードスーツの運用構想図

*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

ヒューマン・ロボット連携技術の研究

○山田隆基*、村上卓弥*、小林一穂*、南亜樹*

1. 背景・目的

先進技術推進センターでは、下車後の隊員に随伴し、偵察や物資輸送の支援を行い、隊員と連携して任務を達成するロボットシステムについて研究を行っている。小隊や分隊単位の歩兵の作戦行動を支援するロボットシステムは、諸外国においても必要性が認知されており、特に米国では Squad X や SMET

(Squad Maneuver Equipment Transport) といったプロジェクトで同様の目的を持つ UGV (Unmanned Ground Vehicle) を中心としたシステムの研究開発が進められている。先進技術推進センターでは、上述の役割を担うロボットシステムの実現のために、2つのアプローチを取ることを考えている(図1)。



図1 先進技術推進センターにおける取組

1つ目は、将来的なロボット装備に適用することを見据えた、萌芽的な要素技術の研究である。環境認識や自己位置推定といった自律化のための要素機能を厳しい環境下で発揮するための技術や、支援の対象となる隊員の状態を認識する技術の研究が必要となる。2つ目は、実績のある技術や、民生分野から導入可能な技術を組み合わせ、自衛隊の任務を支援可能なロボットシステムを構築し、その実証実験を通してロボット技術に対するニーズを顕在化させることである。この際、自衛隊との意見交換を密に行い、運用ニーズの分析及び技術シーズのマッチングによるロボットシステムの構築と実証を繰り返し行うことで、高い実用性を備えた真に必要なとされるロボットシステムに発展させることが重要である。本研究は、前者の要素技術研究として、ロボットの操縦を簡易化するためのジェ

スチャ認識技術について研究を行ったものである。

2. 研究内容

ロボットが支援の対象となる隊員の位置、姿勢、ジェスチャ等を認識し、この情報に応じてロボットが行動できるようになれば、将来的にロボット装備が適用できる任務は広がっていくものと考えられる。これまでに、3次元LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) を用いて非接触で人間の姿勢を計測する方法について研究を行ってきた。この方法により、屋内外、昼夜間、悪天候下等の多様な条件下で人間の位置・姿勢を計測可能なことを確認しており(図2)、人間への自動追従走行や、ジェスチャによる操縦等に应用可能な見通しを得ている。一方、3次元LIDARは解像度が低いため、個人を識別することは困難であった。この問題を解決するために、識別の対象となる人間の前腕にウェアラブルセンサを取り付け、この出力を3次元LIDARによる計測結果と照合することで、3次元LIDARによって計測される人間の中からウェアラブルセンサの装着者を照合する方法についても研究を行っている。



図2 3次元LIDARによるジェスチャの認識

自動追従走行についても、隊員に対する物資輸送の支援に潜在的なニーズがあると見込んでおり、既存の技術による簡易かつ確実な方法を小型UGVに実装し、実証実験を行うことを検討しているところである。

このように要素技術の研究と、実績のある技術に基づく実証実験の双方を推進し、ロボットが隊員と連携して任務を達成するためのヒューマン・ロボット連携技術の向上に努めている。

*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

脳波計測による情報処理負担度の推定

○相羽裕子*1、荒毛将史*2,3、守本祐司*3、野見山武徳*2、三井尚之*1

1. 背景及び目的

本研究は、時々刻々と変化する状況に対応しつつ、高度に情報化、複雑化した任務の遂行が求められる隊員について、脳活動を計測し、脳の情報処理に関わる負担の程度（以下、「情報処理負担度」という。）を推定するものである。隊員のパフォーマンスの維持・向上のための支援を行うとともに、装備品の操用性評価の指標として活用することを目的としている。

本発表では、ウェアラブル脳波計を用いた情報処理負担度推定のための手法を検討し、複雑なマルチタスク課題遂行時の負担度推定に適用した結果を紹介する。

2. 情報処理負担度推定実験の方法

情報処理負担度の推定は、負荷が未知の課題を遂行中の脳波データを、負荷の程度を推定する基準となるモデル（情報処理負担度識別モデル）に入力することで行う（図1）。なお、モデルは、脳の情報処理に関する負荷が既知の課題を実施中の脳波から作成する。

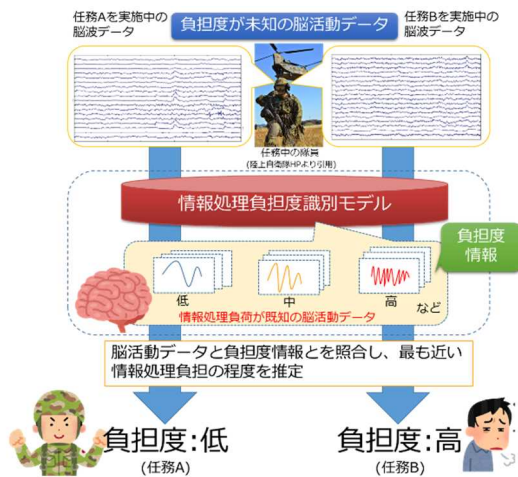


図1 脳活動による情報処理負担度推定の概要

負荷が既知の実験課題として、N-バック課題（図2）を使用し、ウェアラブル脳波計を用いて脳波を計測した。N-バック課題は、Nを変えることによって、情報処理の負荷の程度を変化させることが可能な課題である。負荷が未知の実験課題としては、計器監視課題、トラッキング課題、聞き取り課題、及び燃料バルブ操作課題

から構成されるマルチタスク課題を用いた。

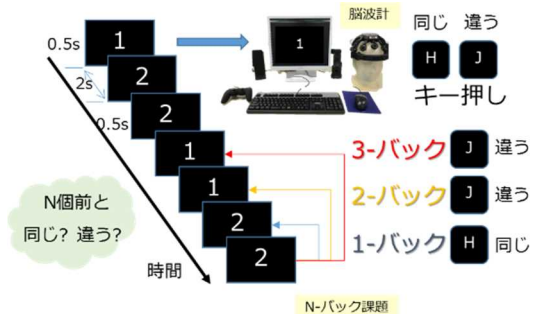


図2 実験の概要

3. 成果

1) モデルの作成

N-バック課題実施中の脳波のパワースペクトル密度から算出した学習データを用い、PLS (Partial Least Squares) 回帰により、1-バック、2-バック、3-バック課題の組み合わせについて、Nを識別するモデルを個人毎に作成した。

2) モデルの妥当性

作成した各被験者の情報処理負担度識別モデルの妥当性を確認したところ、平均で80%以上の精度が得られたことから、情報処理の負荷によって脳波の特徴が異なっており、脳波から個人毎の負担の程度の推定が可能であることが確認できた。ノイズ等による識別性能の低下はあるものの、今回検討したモデルは妥当であると考えます。

3) マルチタスク課題中の情報処理負担度推定

マルチタスク課題実施中の脳波データをモデルに入力し、情報処理負担度を推定したところ、時間経過に従って変化する負担度を推定できる可能性を確認した。

4. まとめ

本発表では、ウェアラブル脳波計で計測した脳波データから情報処理負担度を推定するためのモデルを検討し、その妥当性を確認した。ノイズによる影響、個人差はあるものの、ウェアラブルな脳活動計測により、リアルタイムに情報処理負担度を推定する手法に関する成果を得た。今後は、推定の精度を向上させるため、ノイズの除去、パターン認識手法等の検討を実施する予定である。

*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 人間工学技術推進室

*2航空自衛隊航空医学実験隊第1部 *3防衛医科大学校分子生体学講座



防衛装備庁