

# 群制御の手法を応用した無人機の編隊飛行

○ジョン・ハンセン<sup>1</sup>

(防衛省技術研究本部航空装備研究所<sup>1</sup>)

## 本研究の特徴

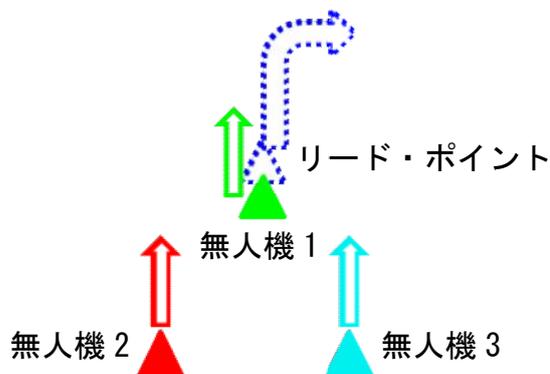
無人機編隊飛行に群制御の手法を応用し、編隊飛行の実現性について検討

## 本研究の概要

編隊飛行は、複数機からのセンサーデータを融合するような飛行、あるいは燃料効率を向上させる飛行には有益であり、将来、複数の無人機を同時に飛行させる場合の飛行として可能性もある。本研究では、複数の無人機を群としてとらえ、また、オペレータによる目標変更にも対応できるように、群制御の手法を適用・応用し、編隊飛行の実現性について検討した。

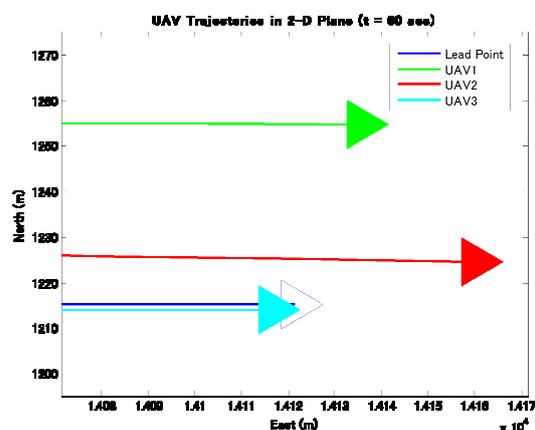
群制御の手法は、①機体間の衝突回避、②設定された間隔への接近、③その間隔の維持、をするように各機体を制御するものである。本研究における制御手法は、この各無人機制御に加えて、オペレータによって設定されたリード・ポイントの運動に無人機群が追従するようにした。各無人機は互いの位置情報及び速度情報並びにリード・ポイント情報を共有し、それらに基づいて自機の運動を制御する。具体的な運動としては、ある無人機はリード・ポイントに追従し、残りの無人機は相互の距離を設定された間隔を維持するように運動することになる。

本研究では、基本的な飛行編隊と考えられる3機の無人機群を対象としてシミュレーションを実施した。シミュレーション結果から、無人機群がリード・ポイントの運動に追従しつつ、無人機間距離を設定された間隔に維持しながら運動していることを確認した。リード・ポイントの運動変化に対応するようにリード・ポイントに追従する無人機が入れ替わっていること、無人機群の編隊飛行が回転自由度を有していることも確認した。当日は、制御手法、シミュレーション・モデル、シミュレーション結果について発表する。



(図1 シミュレーションの初期状態)

図中の矢印は速度ベクトルを示す



(図2 シミュレーション結果@60sec)

## 標定用レーダによる分離目標等の計測法に関する検討

○田中 貴司, 山野 祥寛, 中里 栄孝, 上田 和宏, 菊池 裕二  
(防衛省技術研究本部航空装備研究所)

### 本計測法の特徴

- ・高精度な測距が可能なレーダと高精度な測角が可能なハイスピードカメラを併用した計測法
- ・ドップラー・フィルタバンク等のレーダ信号処理により, 微小な周波数の違いを検出し, 誘導弾の分離や自爆等の探知を可能とする計測法

### 本計測法の概要

標定用レーダは, 誘導弾システムの各種試験において高速に飛しょうする目標を追尾し, 目標の航跡標定を行う高精度多用途計測用レーダである. ハイスピードカメラなどの光学計測装置を併用し, ミスディスタンス(MD)の高精度な計測を行うことも可能である.

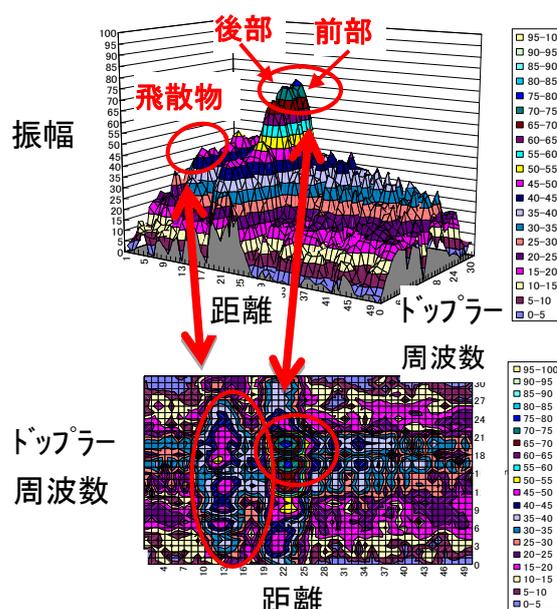
本検討では, 分離する誘導弾を高精度に計測することを目的として, 標定用レーダとハイスピードカメラを併用し, レーダの持つ高い距離分解能とハイスピードカメラが有する高い角度分解能を併せ持つ分離目標計測法を検討し, 実目標に対して計測を行った. オフライン解析を行った結果として, 本計測法により標定用レーダの追尾精度を向上させることが可能であることを確認した.

更に別の検討として, 標定用レーダの受信信号に対し, ドップラー・フィルタバンク等のレーダ信号処理を行うことにより, 誘導弾の自爆・分離時に生じる飛散物の破片等の広がりなどの特徴量の抽出が可能であることをオフライン解析で確認した.

当日は標定用レーダの概要, 分離目標の計測方法(動画を含む)・計測結果及び今後の研究について発表する.



(図1 標定用レーダ概要図)



(図2 分離した目標の信号処理ビデオ)

# 移動体攻撃飛翔体に対する防衛用飛翔体の誘導法について

○山崎 武志  
(防衛大学校)

## 本誘導法の特徴

移動体が飛翔体(ミサイル)攻撃を受ける場合, 移動体に十分な回避能力がなくても, 移動体を効果的に防護するための防衛用飛翔体(ミサイル)の誘導法

## 本誘導法の概要

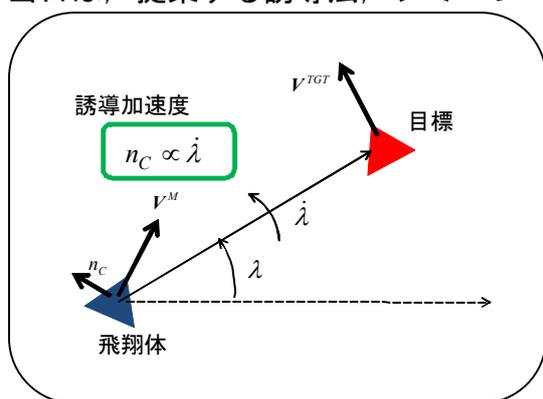
物資や人などの輸送には, 船, 車両, 航空機など(以下, 移動体という.)が用いられる. 戦闘地域において, これらの移動体を飛翔体などの攻撃から守って目的地に到達させることは任務遂行上重要な要素の一つである. 移動体の運動能力や患者輸送など運用面の制約によって, 十分な回避運動ができないことも考えられ, 他の方法と合わせて防護能力の向上を図らなければならない. 防護能力の向上には, 例えば, (1) 移動体を頑丈にすること, (2) 攻撃飛翔体に探知されないこと, (3) 攻撃飛翔体を排除すること, などがあげられる. この研究では, (3)に関して, 攻撃飛翔体を迎撃するための防衛用飛翔体の誘導法に焦点を置く.

飛翔体の誘導法として, 「比例航法」(図1)と呼ばれる誘導法が広く用いられている. 比例航法をこの防衛用飛翔体に用いる場合, 防衛用飛翔体には攻撃飛翔体の約3倍の横加速能力が要求される場合がある. 一方で, 防衛用飛翔体に「目視線誘導法」(図2)と呼ばれる誘導法を適用すると, 攻撃飛翔体より低い横加速能力で迎撃可能という報告例がある. しかしながら, この誘導法には, (1) 攻撃飛翔体の方角へ発射しなければならないこと, (2) 熟練者による調整を要すること, などの制約がある.

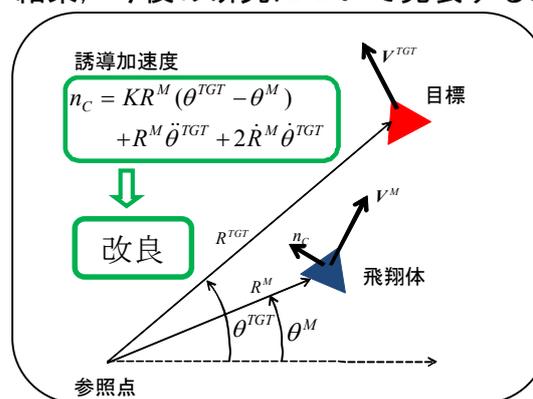
本研究では, この「目視線誘導法」の概念を応用して, 初期発射角に誤差がある場合でも「単純な調整」により利用可能な改良型の「目視線誘導法」を提案する.

シミュレーションの結果, 提案する改良型の目視線誘導法が従来の目視線誘導法や比例航法に比べて優れた特徴を有することがわかった.

当日は, 提案する誘導法, シミュレーション結果, 今後の研究について発表する.



(図1 比例航法)



(図2 目視線誘導法)

# フローノイズシミュレータにおける流体計測技術について

○木本 理抄, 毛利 隆之  
(防衛省技術研究本部艦艇装備研究所)

## 本研究の特徴

極低背景雑音の大型キャビテーション水槽であるフローノイズシミュレータにおいて、大型の模型船を使用したキャビテーション試験やLDV(レーザードップラー流速計), PIV(粒子画像流速計)を用いた光学的手法での流体計測を実施した。

## 本研究の概要

艦艇装備研究所のフローノイズシミュレータは、艦艇や水中航走体の流体性能、音響性能について試験・評価することを目的に建設され、平成17年に完成した大型キャビテーション水槽である。世界でも数少ない大型のキャビテーション水槽であるフローノイズシミュレータにおいては、試験方法の確立も研究課題のひとつである。本研究では、他水槽での試験結果が公表されている旧運輸省の航海練習船「青雲丸」(初代)の模型を図1のように設置し、キャビテーション試験や流体計測を実施した。結果の一例を図2に示す。また、ピトー管等、従来より用いられてきた計測方法の他、LDV(レーザードップラー流速計)やPIV(粒子画像流速計)といった光学的手法での流体計測についても試験を実施した。図3にプロペラ単独状態での結果を示す。

当日は、フローノイズシミュレータにおける各種流体計測技術について発表する。

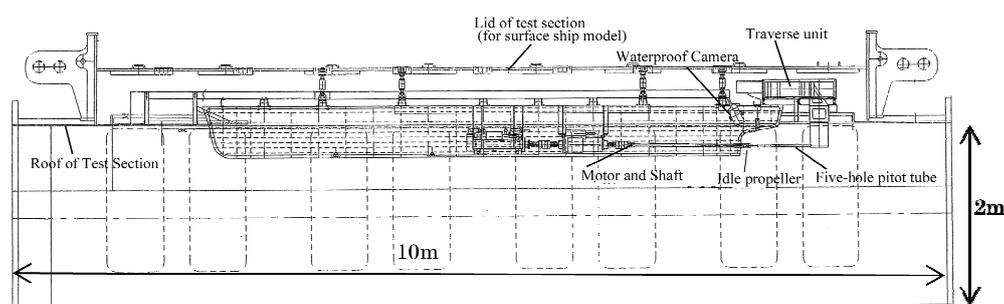


図1 模型船の設置状況

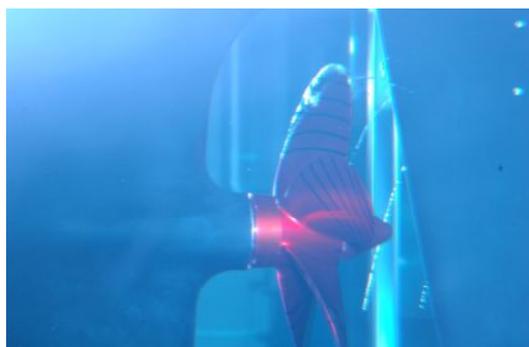


図2 船後状態のキャビテーション試験

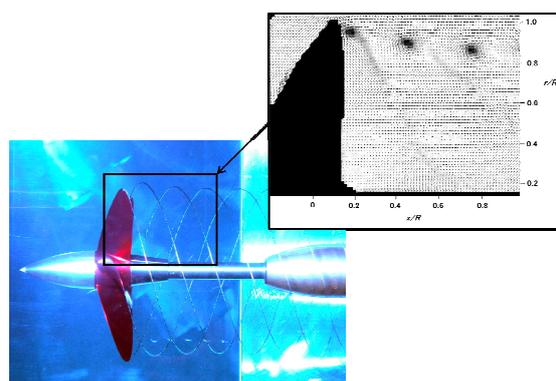


図3 PIVによるプロペラ後流の計測例

## 水中グライダー模型の水槽試験について

○島村 敏昭, 高橋 敏明, 高宮 淳  
(防衛省技術研究本部艦艇装備研究所)

### 本研究の特徴

水中を静かに長時間監視するため、プロペラ等の直接的な推進方式とは異なり、浮力を調整し潜入と浮上を繰り返すことで推進力を得る、静粛で省エネルギーな推進方式の研究。

### 本研究概要

周囲を海に囲まれているわが国では、海上及び海中の監視は重要な任務であり、その実現には長期間行動することができる推進システムが必要である。水中グライダー型UV (Unmanned Underwater Vehicle) は、プロペラ等の推進器をもたず、潜入・浮上時に水を機体内に注排水し、浮力や重心を調整して姿勢制御することによって推進する方式であるため、省エネルギーで静粛性に優れ、長期の運用を期待することができる。

本研究では、水中グライダーの高速での水中滑走時の航走制御に関する基礎データを取得することを目的としており、これまでに艦艇装備研究所高速水槽及び大水槽において、形状を検討するための曳航試験と重量・重心変更による姿勢及び速度の変化を検討するための滑走試験を行った。試験の状況を図に示す。

当日は、曳航試験結果、滑走試験結果及び今後の研究について発表する。

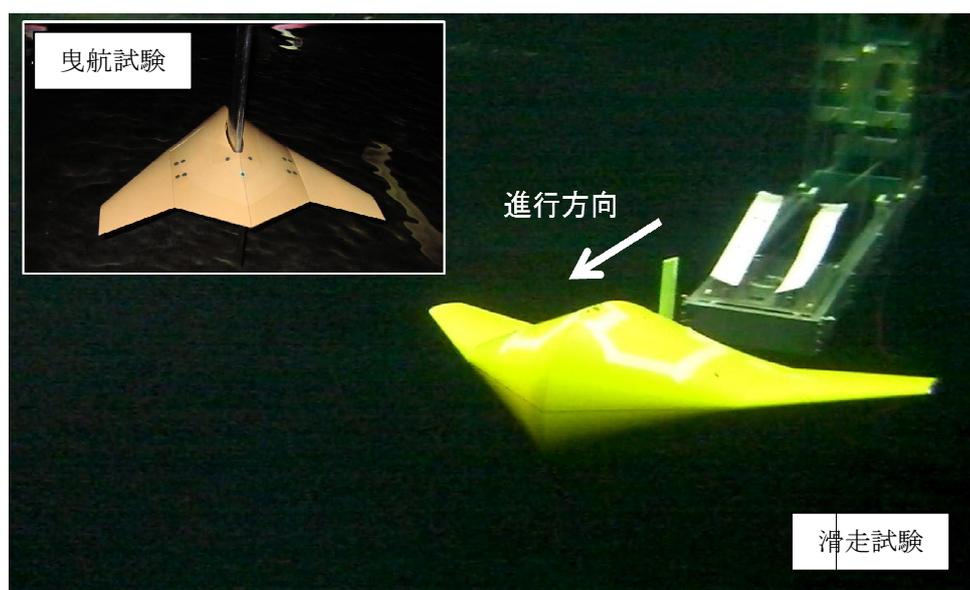


図 曳航試験及び滑走試験状況

## 機能性流体の適用による戦闘車両の性能向上

○佐々木 秀明<sup>1</sup>, 高野 格<sup>1</sup>, 小泉 良太<sup>1</sup>  
 (防衛省技術研究本部陸上装備研究所<sup>1</sup>)

### 本研究の特徴

戦闘車両の小型・軽量化・高機動化に寄与する機能性流体を用いた減衰装置の実現に関する研究

### 本研究の概要

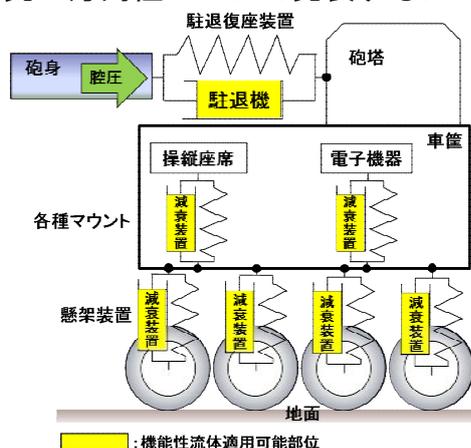
新たな脅威や多様な事態に対応するため、軽量コンパクトでありながら火力、防護力、機動力を有する戦闘車両システムが、今後有用となると想定される。本研究では、機能性流体を図1に示すような懸架装置、火砲の駐退器等の減衰装置に適用することにより、シンプルでコンパクトでありかつ制御性の高い装置を実現し、軽量コンパクトな戦闘車両システムの実現に寄与することを目的としている。

機能性流体は外部からの物理量により、特性を変化させることができる流体であり、本研究では一部実用化され、比較的物性の安定度の高い磁気粘性流体(MR(Magneto-Rheological)流体)を対象としている。

磁気粘性流体は、図2に示すように外部から磁場を加えることにより、大きく見かけの粘度を変化させることが可能で、減衰装置に用いることにより、複雑な油圧バルブ機構を必要とせずコイルで発生した磁場により、高応答で無段階に減衰力を変更できる減衰装置が比較的簡単に実現可能となる。

研究では、セミアクティブ懸架装置について簡易車両モデルを用いてシミュレーションを行った結果、従来の油圧式で多く用いられている有段の減衰力切替方式より磁気粘性流体を用いた無段階可変方式のほうが、車体振動をより抑制できることが分かった。また、現在駐退機への適用の可能性を探るため、流速の速い領域の磁気粘性流体の特性の解明について取り組んでいる。

当日は、磁気粘性流体を用いた装置の原理、セミアクティブ懸架への適用結果、今後の研究の方向性について発表する。



(図1 機能性流体の適用可能部位)



(図2 磁気粘性流体：(左) 磁石により磁場を印加、(右) 磁場なし)

# 赤外線サーモグラフィによる金属表面処理評価の研究

○中村 俊裕, 有賀 敦, 守本 純  
(防衛大学校電気情報学群)

## 本研究の特徴

赤外線搜索追尾装置 (IRST) 等の赤外線センサーに対する優位性を確保するための基礎研究

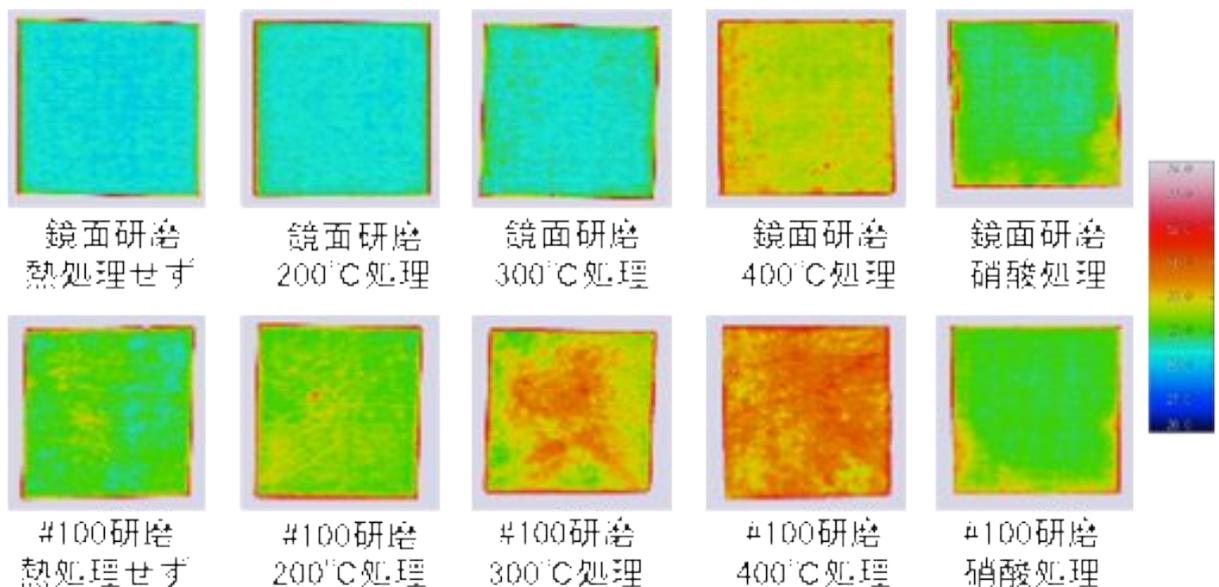
## 本研究の概要

F-22を代表とするように世界各国で電波ステルス機に関する研究が進められている。そして、その対抗手段として、補助的な役割であったIRSTを代表とする赤外線センサーの有用性が見直されている。高性能な赤外線センサーにより電波ステルス機がステルス機としての役割を果たさなくなれば、当然、赤外線に対するステルス化が考慮されることになる。しかし、赤外線は理論上、温度を有する全ての物体から放出されるものであり、また、材料や表面状態により大きく変化するが、それらが、系統的に詳しく調べられたことは少ない。

本研究では、IRSTなどの赤外線素子として一般的に使用されている波長域と同様の波長域を検知できる赤外線サーモグラフィを用いて、各試料の表面状態の違いによる表面温度の違いを比較した。その結果の一例を図1に示す。

この結果から、赤外線サーモグラフィにおいては、表面状態の違いにより表面温度が異なるように見える。この事は、航空機や戦車等の表面塗装の成分を変化させる事により、赤外線センサー類に対するステルス性を確保できる可能性を示している。

当日は、ジュラルミンに対する結果及び今後の研究方針についても発表する。



(図1 銅板表面処理の違いによる赤外線サーモグラフィ画像)

## モデル配置の最適化アルゴリズムの研究

○中田 光洋, 佐久間 俊一, 菊池 裕二, 小林 篤史  
(防衛省技術研究本部先進技術推進センター)

### 本研究の特徴

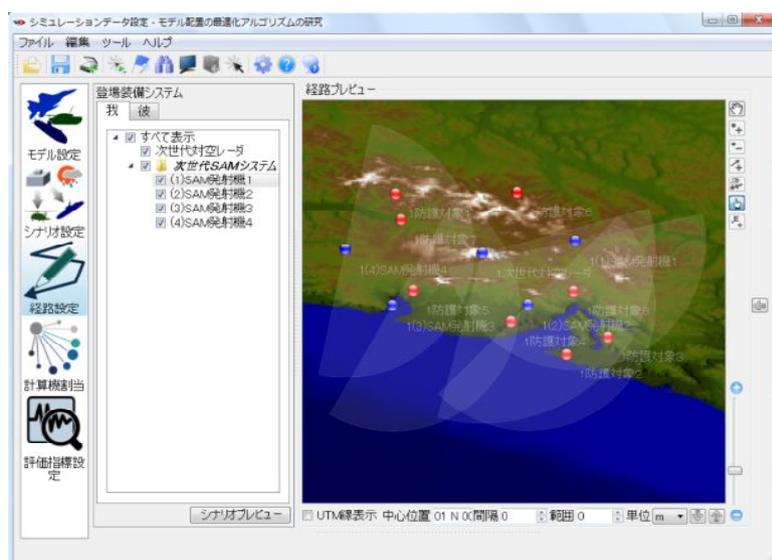
防空に関するシミュレーションシナリオのように、システム統合レベルのシミュレーションにおいて重要な設定条件であるモデル配置を最適化するアルゴリズム

### 本研究の概要

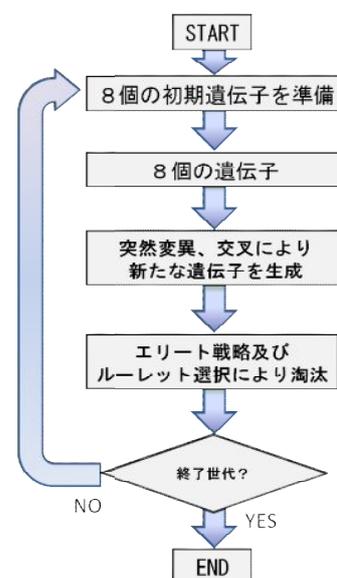
近年、装備品等の研究開発を効果的かつ効率的に実施するため、M&S (Modeling & Simulation) の必要性が高まっている。特に、異種、複数の装備品システムが協調して運用される SoS (System of Systems) に関するシミュレーションでは、研究開発対象である装備品等の機能・性能を定性的・定量的に評価可能なシステム統合レベルのシミュレーションがとりわけ注目されている。しかし、そのようなシステム統合レベルのシミュレーションでは、装備品モデルに与えた機能・性能だけではなく、シミュレーション空間上での装備品モデルの配置によっても結果に影響を及ぼすため、本来の目的である機能・性能評価に影響を与えない最適なモデル配置を決定することが重要である。

本研究は、そのようなシステム統合レベルのシミュレーションを行う際に、シミュレーション空間 (図 1) でのモデル配置を最適化するアルゴリズム (図 2) について検討し、M&S 実施プロセスの効率化に資するための検討を実施したものである。

当日は、検討した最適解探索アルゴリズムとシミュレーション結果の概要について紹介する。



(図 1 モデル配置検討のイメージ)



(図 2 検討したアルゴリズム)

## CBRN脅威評価システムを用いた 大気拡散評価システムの構築に向けて

○武田 仁己<sup>1</sup>, 三浦 啓晶<sup>1</sup>, 矢農 正紀<sup>2</sup>, 中田 光洋<sup>1</sup>

(防衛省技術研究本部先進技術推進センター<sup>1</sup>, 技術開発官(誘導武器担当)付<sup>2</sup>)

### 本研究の特徴

化学, 生物, 放射線及び核(CBRN)汚染の脅威に対処するため, 各種検知器材等から得られたデータを元に, CBRN有害物質の大気拡散を予測・評価可能なシステムを構築

### 本研究の概要

民間の大気拡散予測システム等をベースとし, CBRN有害物質の大気拡散状況を予測するシステムを構築し, 運用者への効果的な判断支援が期待できるCBRN脅威評価システムに必要な技術を研究する.

□汚染除去のため部隊を前進させる自衛隊にはCBRN脅威の定量的な評価は重要.

□目に見えないCBRN脅威を可視化するため, 大気拡散を予測・評価し, 汚染発生エリアを予測可能なシステムの構築が必要.

□民間システムと異なり, 汚染源の不明を前提とするほか, 自衛隊が有する移動・固定センサによる汚染エリアの気象・濃度情報等を適宜フィードバックした補正計算により, 逐次的な精度向上を実現.

□既存の各部隊等の携行型端末等を活用したシステム構成を志向し, 駐屯地・基地警備部隊及びCBRN対処部隊の現場での状況把握を可能とする.

当日は, CBRN脅威評価システムの研究構想について発表する.



(図) CBRN脅威評価システムの概要

# 外部拡張型ゲーム A I における階層型意思決定機構の提案

○古市 昌一<sup>1</sup>, 志甫 侑紀<sup>1</sup>

(日本大学 生産工学部<sup>1</sup>)

## 特徴

訓練用実時間仮想環境下で、状況変化に効率良く適応可能なゲーム A I 実行機構

## 概要

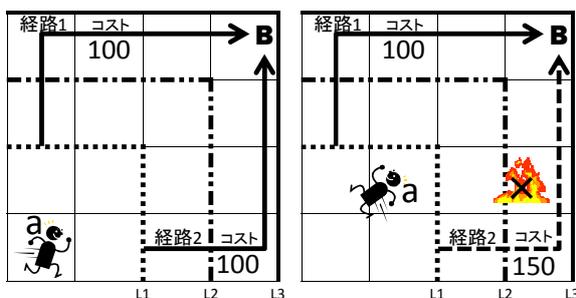
大規模災害時における指揮官意思決定訓練用シリアスゲームの構築において重要なのは、時々刻々変化する複雑な状況下で、指揮官の命令に基づいて行動する隊員と、多様な個別状況判断により避難行動等を行う人の行動を模擬するゲーム A I の高度化である。ゲーム A I は各時刻の状況下で人が取り得る最良の行動を探索処理により求めるが、訓練用の実時間環境下では状況が時々刻々変化するため、RTA\*に代表される実時間探索を行う必要がある。しかし、RTA\*では毎時刻探索処理を行うため、ゲーム規模（登場人物の数やシナリオの複雑度等）増大時に処理が実時間内に完了せず、大規模演習で使用する際の実用化面で問題があった。

本提案によるゲーム A I は、従来の問題点を解決するため、条件反射的に状況を判断して行動を決定する条件反射型 A I と、付与された時間制約内での最良解を探索して複数の行動プランを立案・選択する熟考型 A I を、階層的に融合することを特長とする。

熟考型 A I による複数の行動プラン立案は、条件反射型 A I と並行処理する。更に、複数の熟考の深さによる探索も併せて並行処理し、時間制約に基づく有効な意思決定結果が得られた場合に、その結果をその時刻における最良行動プランとして有効とする。

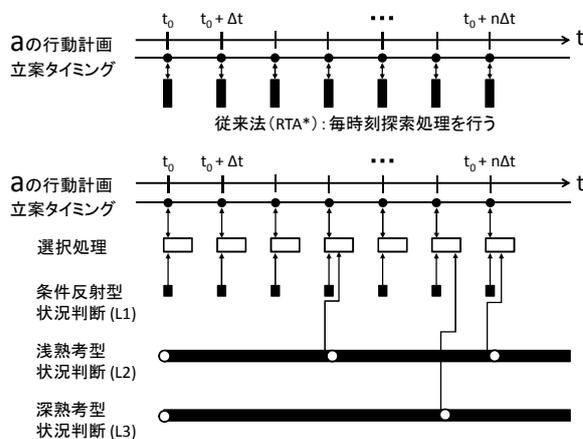
本方式の実装にあたっては、平行処理部分の複数コンピュータによる並列分散処理を可能とするため、ゲームエンジンの外部にゲーム A I 処理部を設け、ゲーム規模に応じて使用する計算機の台数を増大することにより台数拡張性を備える。

当日は、本提案方式の概要を紹介するとともに、本方式の有効性評価のために実施した初期評価結果の一部について報告する。



時刻 $t=0$   
 $t=0$ には同一コストだった2経路が、 $t=5$ の時には状況変化によりコストが変化し、再探索により経路変更を行う様子

図 1 実時間最適経路探索の例



提案手法：複数の探索を並行処理し、その時刻での最良解を選択する

図 2 従来手法と本提案手法の比較

## 簡易型水中音響通信装置の開発

○河野 聡志<sup>1</sup>, 佐藤 隆一<sup>2</sup>

(金沢工業大学大学院工学研究科機械工学専攻<sup>1</sup>,  
金沢工業大学工学部ロボティクス学科<sup>2</sup>)

### 本研究の特徴

DFT を利用した周波数分割多重チャネルによる水中音響通信装置

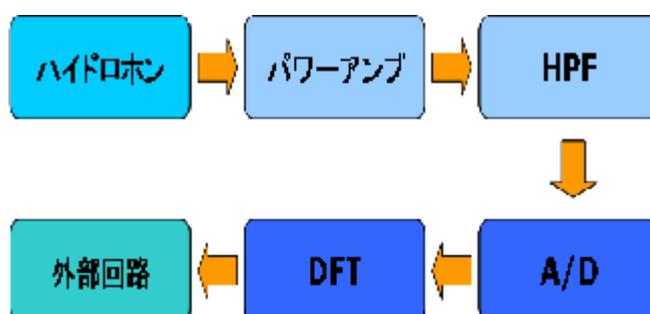
### 本研究の概要

一般的な通信媒体として音波が用いられる。しかし、音波による通信は測位精度が低く、環境の影響を受けやすいため、高精度を求める際にはハードウェアが複雑な構成となる。本研究では送信できる情報量を十分に確保しつつ、ハードウェアを簡易化した水中通信装置を試作した。

図1はこの通信装置の構成図を示す。複数の周波数帯域を組み合わせた合成周波数に対してDFTを行い、周波数帯域ごとのパワースペクトルを求める。パワースペクトルのレベルが一定値以上であるとき、その周波数帯域に隣接する低周波側の帯域を0、高周波側の帯域側を1とする方式をとる。今回は250Hzごとの周波数帯域を計16個用意し、8チャンネル分とした。周波数分割多重方式によって十分な送信情報量を確保しつつ、それぞれの周波数帯域に対してDFTを行ってハードウェアを簡易化した。

実験では、測定距離、音量の変化による通信成功回数を測定し、合成周波数の入力による通信精度を評価した。

当日は、試作した通信装置の原理、試験結果及び今後の研究について発表する。



(図1 受信機の構成図)

# 市販二足歩行ロボットへの 二関節筋機構搭載による性能および可能動作の評価

○新美 光

(金沢工業大学大学院工学研究科機械工学専攻)

## 本研究の特徴

市販の製品に二関節筋機構を搭載することで跳躍性能が向上することを評価する。

## 本研究の概要

研究の目的は、市販の二足歩行ロボットである近藤科学「KHR-3HV」を用いて、二関節筋機構を搭載することで跳躍性能が向上することを評価することである。

図1に10回分の二関節筋機構未実装時の跳躍結果を示す。図1より現状のモーションで平均12 [mm]の跳躍が可能であることが得られた。

当日は、二関節筋機構搭載時のモーション設定におけるポイントや工夫、実際に二関節筋機構を搭載した実験結果も踏まえた評価試験結果とその考察および今後の予定について発表する。

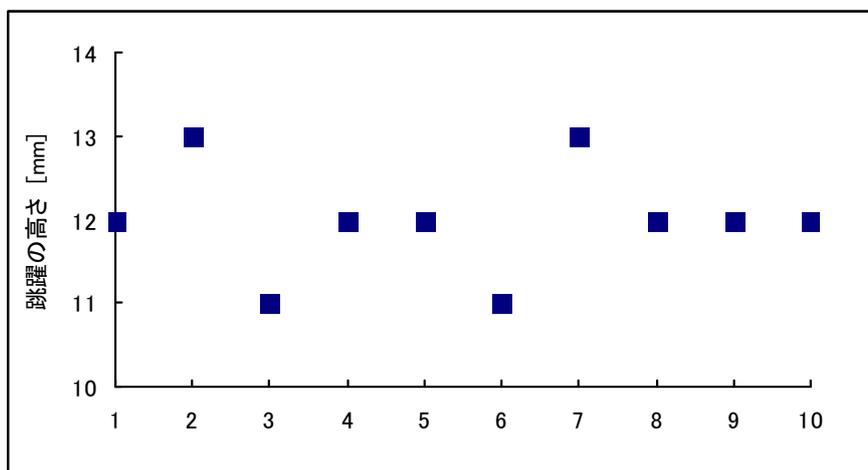


図1 二関節筋機構未実装時の跳躍結果

## 圧電素子を用いた水上での振動力発電システムの開発

○溝内 哲平<sup>1</sup>, 佐藤 隆一<sup>2</sup>

(金沢工業大学大学院工学研究科機械工学専攻<sup>1</sup>,  
金沢工業大学工学部ロボティクス学科<sup>2</sup>)

### 本研究の特徴

水力から得られたエネルギーにより圧電振動板を屈曲させて発電し、川沿いなど夜間照明機器が設置されていない場所をLEDで点灯させるための機器

### 本研究の概要

水上に配置した電気機器に、周囲から電力を継続的に供給することが困難である場合がある。このような場合には発電機を搭載し、単体で駆動できる機器が必要となる。

一方で、光・熱・電磁波・振動など環境に薄く広く存在するエネルギーから電力を取出す環境発電が注目され始めている。その中で、機械エネルギーを電気エネルギーへ容易に変換ができる圧電素子に着目した。

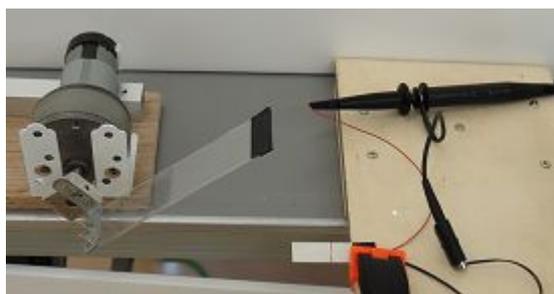
本研究では、流体力により圧電振動板を屈曲させて発電し、蓄電した電気を補助電源として使用することでLEDを点灯させる機器を製作する。

使用する圧電素子には、バイモルフ型(チタン酸ジルコン酸鉛(C-6))の平行型を選定した。この圧電素子を片持ち梁として固定し、梁先端に負荷荷重を加えることにより素子を屈曲させて振動させ、電力を得ることとした。

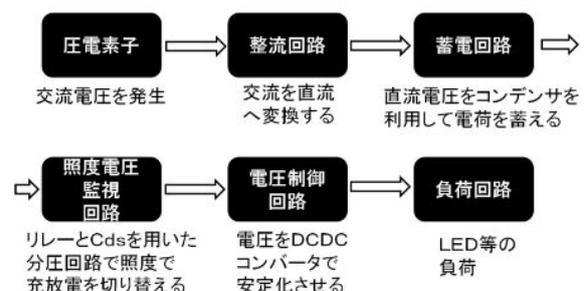
実験では、幅12[mm]、長さ40[mm]、板厚が0.6, 0.8, 1.0, 1.2[mm]の異なる圧電素子を用いて、発生電圧と発生電流、コンデンサへの蓄電時間を測定した。図1に実験に使用した圧電素子と実験装置を示す。この結果を基にして発電機構を設計する。

図2に、蓄電するための回路の動作手順を示す。昼間は、発電した電力を蓄電し、夜間は、蓄電した電力と発電した電力の両方を用いてLEDを点灯させる。

当日は、圧電素子の原理、圧電素子の実験結果、今後の研究について発表する。



(図1 圧電素子単体での実験)



(図2 回路の動作手順)