



ATLA

Acquisition, Technology &
Logistics Agency

安全保障技術研究推進制度 成果の概要(平成30年度版)

防衛装備庁

目次

安全保障技術研究推進制度とは P.3

平成29年度終了研究課題 P.4

- ダークメタマテリアルを用いた等方的広帯域光吸収体 P.4
理化学研究所
- ヘテロ構造最適化による高周波デバイスの高出力化 P.5
富士通株式会社
- 構造軽量化を目指した接着部の信頼性および強度向上に関する研究 P.6
神奈川工科大学
- 極超音速複合サイクルエンジンの概念設計と
極超音速推進性能の実験的検証 P.7
宇宙航空研究開発機構
- 海中ワイヤレス電力伝送技術開発 P.8
パナソニック株式会社
- 光電子増倍管を用いた適応型水中光無線通信の研究 P.9
海洋研究開発機構
- 無人機搭載SARのリポートパスインターフェロメトリMTIに係る研究 P.10
東京電機大学
- 超高吸着性ポリマーナノファイバー有害ガス吸着シートの開発 P.11
豊橋技術科学大学
- 可搬式超小型バイオマスガス化発電システムの開発 P.12
東京工業大学
- 海中での長距離・大容量伝送が可能な小型・広帯域海中アンテナの研究 P.13
日本電気株式会社
- マイクロバブルの乱流境界層中への混入による摩擦抵抗の低減 P.14
北海道大学

現在実施中の研究課題 P.15

- 平成30年度採択 P.15
- 平成29年度採択 P.16
- 平成28年度採択 P.17

研究成果一覧 P.18

安全保障技術研究推進制度とは

★本制度の趣旨

安全保障技術研究推進制度は、防衛分野での将来における研究開発に資することを期待し、新規性・独創性又は革新性を有する基礎研究を育成することを目的とした制度です。本制度では、防衛装備庁が自ら行う防衛装備品そのものの研究開発ではなく、先進的な民生技術についての基礎研究を対象としており、研究成果については広く民生分野で活用されることを期待しています。本制度の研究テーマは防衛装備庁によって設定されますが、研究テーマに沿ったものであれば、学術研究を含めどのような基礎研究を応募するかは応募者の自由に任されています。

なお、本制度においては、防衛装備庁が研究者の研究成果の公表を制限することはないと、また、その研究成果について、将来にわたって秘密に指定することはありません。

【参考】第5期科学技術基本計画(抜粋)

「我が国の安全保障を巡る環境が一層厳しさを増している中で、国及び国民の安全・安心を確保するためには、我が国の様々な高い技術力の活用が重要である。国家安全保障戦略を踏まえ、国家安全保障上の諸課題に対し、関係府省・産学官連携の下、…(中略)…必要な技術の研究開発を推進する。」(平成28年1月22日。閣議決定)

★本制度の応募資格

日本国内において、研究を実施する能力のある以下の機関に所属する研究者又は研究者グループを対象とします。

- (1) 大学、高等専門学校又は大学共同利用機関
- (2) 独立行政法人、特殊法人又は地方独立行政法人
- (3) 研究を主な目的とする公益社団法人、公益財団法人、一般社団法人や民間企業等

研究の総括的な責任者(研究代表者)は日本国籍を有していることが必要ですが、その他の研究実施者には国籍の制限はありません。なお、研究実施場所は原則としてすべて日本国内にあることが必要です。

★募集する研究の概要※

区分	大規模研究課題		小規模研究課題	
	タイプS	タイプA	タイプA	タイプC
タイプ	タイプS	タイプA	タイプA	タイプC
概要	大規模、長期間にわたる基礎研究を募集	期間3年、総額1億円程度を上限とする基礎研究を募集	期間3年、総額1億円程度を上限とする基礎研究を募集	独創的な着想に基づく基礎研究を募集
研究期間	平成30年12月頃～平成35年3月(最大5か年度)	平成30年10月頃～平成33年3月(1か年度、2か年度でも可)		
1件あたりの研究費上限(下限なし)	5年間当たり、最大20億円(10億円、5億円、1億円程度の規模でも応募可能)	年間当たり、最大3,900万円(2千万円、1千万円、数百万円程度の規模でも応募可能)	年間当たり、最大3,900万円(2千万円、1千万円、数百万円程度の規模でも応募可能)	年間当たり、最大1,300万円(数百万円程度の規模でも応募可能)

※平成30年度の例(平成31年度の詳細については公募要領等をご覧ください)

●平成29年度終了研究課題

ダークメタマテリアルを用いた等方的広帯域光吸収体

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）115,332千円

研究代表者：理化学研究所
田中 拓男

研究の概要

本研究は、光の波長よりも細かな構造体からなる人工光学物質（メタマテリアル）を物質表面に付加することにより、光を完全に吸収して反射しない物質（ダークメタマテリアル）の創製を目指しました。具体的には、1cm角のサイズを持ち波長3～5 μm で動作する等方性3次元ダークメタマテリアルの開発を数値目標に設定しました。

3年間の研究期間を経て、数値目標に設定した「1cm角のサイズを持ち波長3～5 μm で動作する等方性3次元ダークメタマテリアル」の試作に成功しました。さらにナノインプリント法を用いた複製転写技術が有効に機能することも実証し、メートルスケールの大面積光吸収表面の実現可能性を明らかにしました。他にも、以下の研究成果を得ました。

- ・大規模電磁界シミュレーション環境の構築
- ・赤外レーザー分光システムの構築
- ・可視光全域をカバーする発色体構造の実現

発表実績

論文：7件

[1] Moritake, Y. and Tanaka, T., Bi-anisotropic Fano resonance in three-dimensional metamaterials, Scientific Reports (2018).

[2] Mudachathi, R., Moritake, Y. and Tanaka, T., Controlling Coulomb Interactions in Infrared Stereometamaterials for Unity Light Absorption, Applied Physics Letters (2018).他5件

口頭発表：8件

[1] Tanaka, T., Metamaterial absorbers and their applications, 第78回応用物理学会秋季学術講演会JSAP-OSA Joint Symposia 2017.他7件

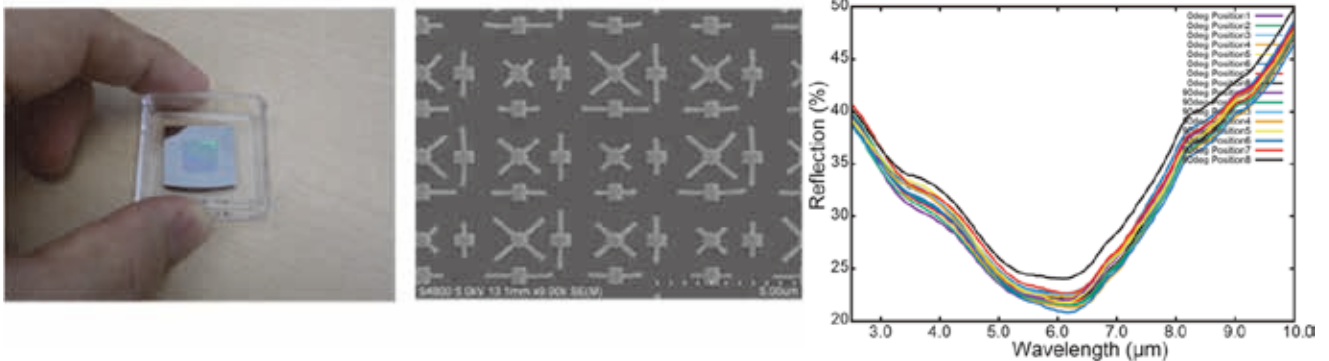


図1 cm角の面積を持つ等方性3次元ダークメタマテリアルの試作結果

ヘテロ構造最適化による高周波デバイスの高出力化

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）112,142千円

研究代表者：富士通株式会社
中村 哲一

研究の概要

本研究では、「高電流密度を達成するエピタキシャル結晶技術」、「出力性能を向上させるデバイス設計・プロセス技術」、「出力増加による発熱影響を緩和する高放熱技術」の3つの要素技術について、ヘテロ構造最適化の観点から基礎的研究を遂行しました。最終年度において要素技術を融合し、従来比出力2倍を目標としたデバイス実証を行いました。

その結果、図1に示す①～⑧の開発項目を全て完了し、ダイヤモンド基板を用いた放熱技術（図2）等の各要素技術を融合した試作デバイスにおいて「現行素子サイズで従来比出力2倍」の目標を達成しました。さらに、これまでのAlGaIn/GaN-HEMT構造をも凌ぐ電圧でパワーアンプの動作を実証し、従来比およそ3倍となる革新的な出力密度を達成しました。

さらに、本研究ではミリ波帯およびマイクロ波帯のいずれにおいてもIn系HEMT (High Electron Mobility Transistor) 構造で世界最高となる出力密度を実証しました。

発表実績

論文：1件

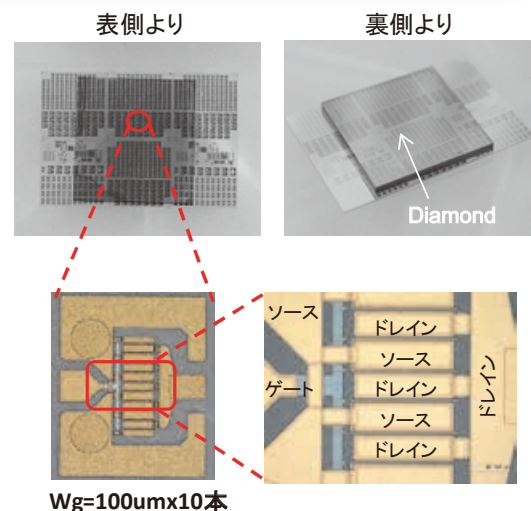
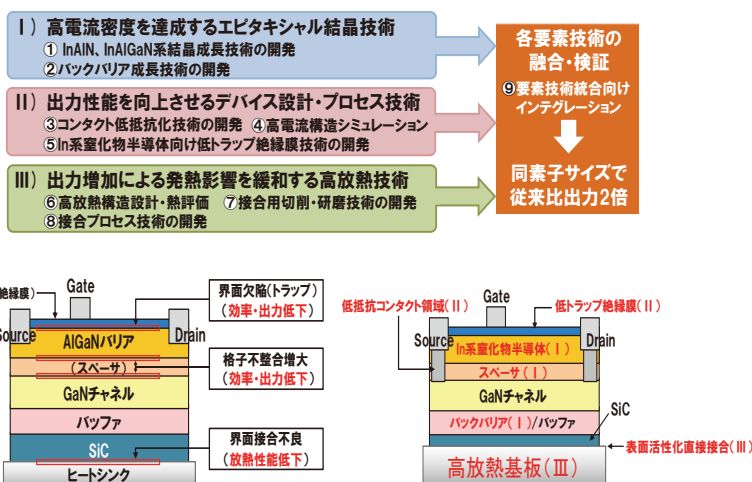
[1]山田他, Electron mobility enhancement in metalorganic-vapor-phase-epitaxy-grown InAlN high-electron-mobility transistors by control of surface morphology of spacer layer, Japanese Journal of Applied Physics (57,01AD01 2018)

口頭発表：12件

[1]牧山他, Advanced HEMTs and MMICs Technologies for Next-Generation Millimeter-wave Amplifiers, 12th International Conference on Nitride Semiconductors

[2]岡本他, Thermal Management of High Power GaN-HEMTs by Surface Activated Bonding of SiC/Diamond, Advancements In Thermal Management 2018他10件

特許出願：9件



●平成29年度終了研究課題

構造軽量化を目指した接着部の信頼性および強度向上に関する研究

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）32,887千円

研究代表者：神奈川工科大学
永尾 陽典

研究の概要

CNT (Carbon Nano Tube) を均一に分散させたCNT樹脂薄膜と、これを適用した傾斜機能型CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) を開発しました。また接着剤の表面にも適用した傾斜機能型接着剤を開発しました。さらに解析による傾斜機能型CFRPの破壊メカニズムの解明を行いました。層間強度/靱性値および接着靱性値を2倍向上する事を目標としました。

市販プリプレグを用いたCFRPと比較し、最も改善された値としては、傾斜機能型CFRPはそれぞれ異なりますが、層間強度が1.2倍へと向上し、破壊じん性値のモードI(GI)は1.4倍、モードII(GII)は3.8倍へとそれぞれ向上しました。傾斜機能接着剤のせん断強度及び破壊じん性値(モードII)は共に1.2倍に向上しました。CNT含有樹脂による力学特性の更なる向上可能性を確認しました。

発表実績

口頭発表：3件

[1]永尾 陽典,十二所 正,中島 翼,柴田 夢二郎,青木 雄一郎,CNT含有樹脂がCFRPの強度に与える影響について,日本航空宇宙学会 第58回構造強度に関する講演会(2016).

[2]永尾 陽典,羽生田 智哉,十二所 正,中島 翼,青木 雄一郎,CNT含有樹脂によるCFRP力学特性に与える効果,日本複合材料学会 第41回複合材料シンポジウム(2016).

[3]永尾 陽典,十二所 正,塩谷 桃果,大谷 雄士,青木雄一郎,CNT含有の傾斜機能樹脂CFRPの力学特性について,日本航空宇宙学会 第59回構造強度に関する講演会(2017).

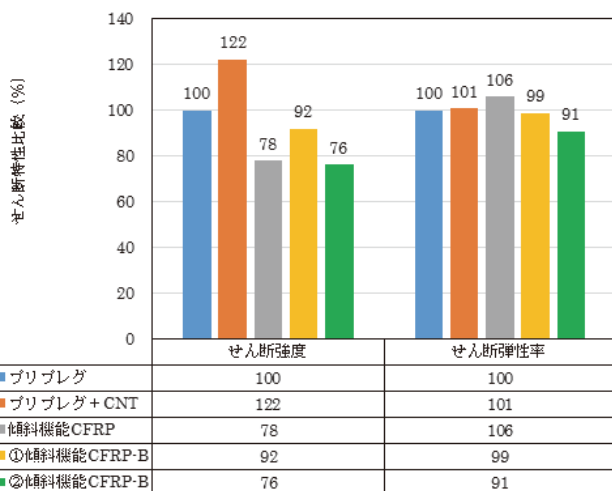


図1 せん断強度・弾性比較 (プリプレグCFRP規準)

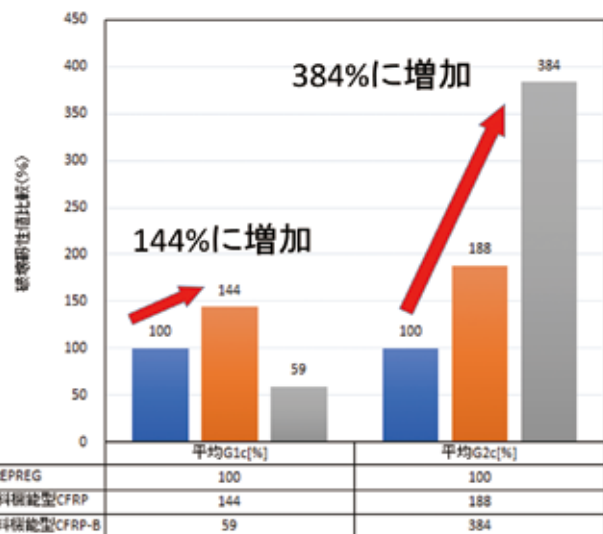


図2 破壊靱性比較 (プリプレグCFRP規準)

極超音速複合サイクルエンジンの概念設計と極超音速推進性能の実験的検証

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）116,740千円

研究代表者：宇宙航空研究開発機構
田口 秀之

研究の概要

マッハ5クラスの様々な用途の極超音速無人機への適用を想定して、極超音速複合サイクルエンジン（図1）を提案しました。

液体水素を燃料とした極超音速予冷ターボジェットを技術発展させ、常温貯蔵可能な炭化水素燃料を用いてエンジンを成立させるために必要な技術の確立を目指しました。

本研究課題では、ターボジェットとラムジェットを組み合わせた極超音速複合サイクルエンジンを設計し、軽量モード切替機構を取り入れた場合の推進性能と重量を推算しました。また、超臨界燃料冷却構造を適用した技術実証用ラムジェットを製作し、マッハ4飛行条件において、熱伝達率や熱流束等の設計に必要なデータを取得・評価しました（図2）。

本研究で得られた極超音速複合サイクルエンジンの研究成果は、将来の極超音速旅客機や再使用型宇宙輸送機に適用可能と考えられます。

発表実績

論文：1件

[1]Taguchi, H., Kojima, T., Kobayashi, H. & Hongoh, M., Combustion Test of Hydrocarbon Fueled Ramjet Combustor, Proceedings of Asian Joint Conference on Propulsion and Power (2018)

口頭発表：2件

[1]Taguchi, H., Kojima, T., Kobayashi, H. & Hongoh, M., Combustion Test of Hydrocarbon Fueled Ramjet Combustor, Asian Joint Conference on Propulsion and Power, (2018)

[2]炭化水素ラムジェット展示（JAXA調布航空宇宙センター一般公開）

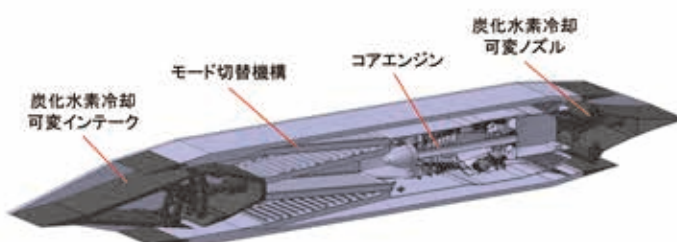


図1 極超音速複合サイクルエンジン



図2 超臨界燃料冷却構造実験

●平成29年度終了研究課題

海中ワイヤレス電力伝送技術開発

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）109,880千円

研究代表者：パナソニック株式会社
小柳 芳雄

研究の概要

水中移動体の活動時間や活動範囲の拡大には、海中でも電源供給できるワイヤレス給電が有効です。一方で、水中移動体では送受電コイルを近接させて固定するのが容易ではないため、より広い空間を給電可能とする給電システムが望まれます。そこで、給電可能エリアを3次元方向に拡大する手段として、多段コイルによる磁界共鳴方式の海中給電技術を開発しました。

海水に配置した多段コイルによる伝送路モデルを作成し、電磁界シミュレーションによりコイルの構造や配置、共振回路パラメータを最適化しました。

また、塩分濃度を変化させることのできる水槽での事前試験や、大規模水槽での伝送試験の結果を電磁界シミュレーション及び回路シミュレーションに反映し、磁界の伝播状態を最適化する設計手法を確立しました。

これらを基に、コイルの重量、組立性や輸送性等を考慮して、直径 3.4m のコイルを間隔 1.7m で連続的に配置する円筒形状の実験システムを設計・製作しました。

海水中では 3kHz 以下の周波数の伝送損失が少ないため、伝送周波数として 320Hz と 650Hz を選択しました。結果、送受電コイル間の通過特性で伝送効率 19.0 ~ 26.9% を確認するとともに、100W の伝送も可能であることを確認しました。

本研究により、電磁界の伝播損失が大きい海中でも、送受電コイル間距離 10m の海中電力伝送ができることを明らかにしました。

発表実績

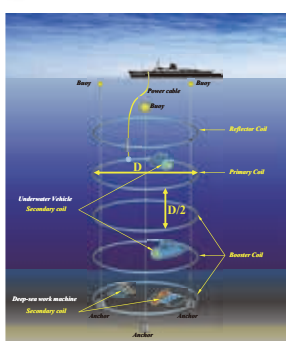
論文：1件

[1]江口和弘, 川田壮一, 岡本克也, 柳場亮祐, 小柳芳雄, 磁界結合によるポジションフリー海中ワイヤレス電力伝送システムの実験検討, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J101-B, No.11, pp.958-967 (2018).

口頭発表：9件

[1]小柳芳雄, 浦環, 海水中で10m超の無線電力伝送を実現するための海中給電技術, 電子情報通信学会総合大会(2018). 他8件

特許出願：9件



- 広い給電エリア**
円筒形状の給電エリア
Coilの直径D × 深さ方向(D/2 × n)
(n = Booster Coil)
- 深海までの電力ケーブル不要**
磁界共鳴による連続した電力伝達
複数n個のBooster Coil
ケーブル/水中コネクタ不要
コンタクト部の劣化を防止
- ケーブルによる行動範囲の制限がない**
磁界共鳴による電力伝達
作業範囲の拡大
作業中の連続充電が可能
作業時間の短縮

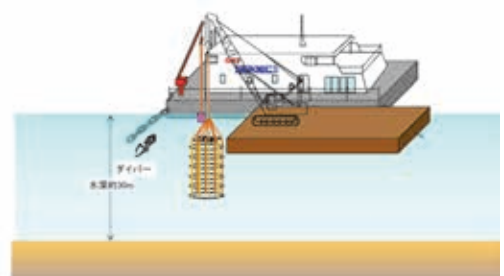


図1 電磁界シミュレーションを用いた原理検証

図2 海中での実験検証

光電子増倍管を用いた適応型水中光無線通信の研究

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）64,993千円

研究代表者：海洋研究開発機構
澤 隆雄

研究の概要

水中での安定した通信の実現のため、複数の波長の光をLD等の半導体素子より送信し、光電子増倍管等の高感度受光素子で受信する水中光無線通信を、実海域を含む水中で実施しました。

海の状態と光伝搬の計測を合計17海域で33回実施し、光の波長毎透過度を定量化することで、濁度に適応的に対応する水中光無線通信の技術を確認しました。

この技術を用いた通信試験において実海域では距離120 mで20 Mbpsを、屋内水槽では距離190 mで32 kbpsの通信接続を確認しました。また外乱下でも安定した双方向通信が可能となったことから、水中ロボット間での光無線LANの構築や、海面をまたぐ水中-空中間の光無線通信も確認できました。

これらの成果を応用することにより、水中でも高速な光無線インターネット(Li-Fi)網が整備可能となり、既存の無線通信網と組み合わせる事で、水中でもインターネットが利用可能となると考えられます。例えば、ダイバーが水中でSNSを利用する事が可能となることや、陸上のコンピュータと水中ロボットが自律的に情報交換をする水中IoT(Internet of Things)の進展も期待されます。

また、水中ロボット同士の双方向通信(V2V通信)の高速化と多重接続が進むと考えられ、多数の水中ロボットを同時に、かつ協調してコントロールする群制御技術の発達が期待されます。

発表実績

論文：2件

[1] 澤隆雄, 西村直樹, 東条公資, 水中可視光通信, 電子情報通信学会誌, vol.101, No.1, pp.52-58, 2018.

[2] Takao Sawa, Naoki Nishimura, Koji Tojo and Shin Ito, "Practical Performance and Prospect of Underwater Optical Wireless Communication", IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E102.A, pp.156-167.

国際学会発表：4件

[1] Takao Sawa, Naoki Nishimura, Shin Ito, "Wireless Optical Ethernet Modem for Underwater Vehicles", 15th Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), 2018他3件

国内口頭発表：4件

[1] 澤隆雄, 西村直喜, 東条公資, 伊藤伸, 波のある水面をまたぐ光無線通信の水槽試験 2017年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-10-50, p.166, 2017他3件

特許出願：1件

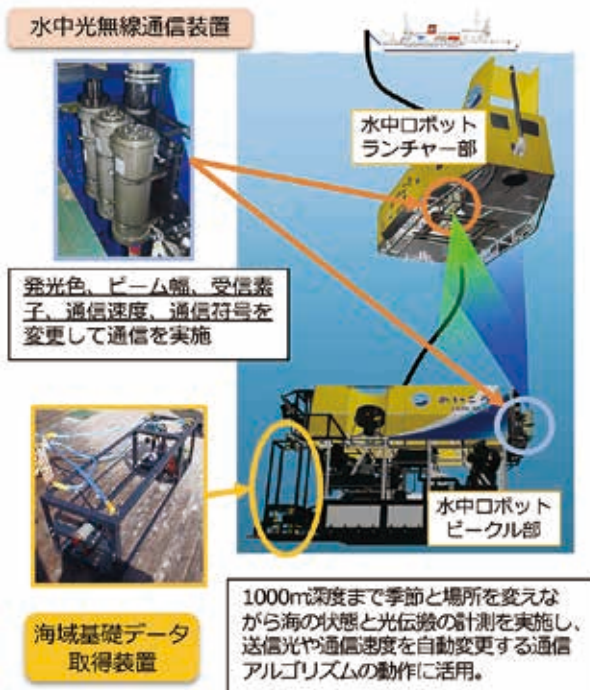


図 水中光無線通信

●平成29年度終了研究課題

無人機搭載SARのリピートパスインターフェロメトリMTIに係る研究

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）116,999千円

研究代表者：東京電機大学
島田 政信

研究の概要

本研究では、一定の間隔で協調飛行制御された2機の無人機に搭載したLバンド合成開口レーダを駆動し、得られる観測データのリピートパス干渉処理で、移動体検出を行うMTI(Moving Target Identification)技術を開発することを目指しました。

その結果、送信電力1W、重量1kgで、2周波INSと非干渉動作するFMCW-SARと、自律飛行するUAVを2式開発しました。高度150m/500mで飛行実験を実施し、UAV/SARともに正常に飛行・運用すること、2機のUAVが5m以下の基線長を協調飛行すること、地上設置したCRの点像応答解析からUAV/SARは当初の性能(分解能2m、幾何学・ラジオメトリック精度)を有することを確認しました。繰り返し干渉アルゴリズムを開発し、高い干渉性と干渉位相画像が得られることを確認しました。得られた干渉位相は緩やかに変動し、UAV/SARの変動や地表の林相構造との切り分けは困難であるものの、世界で類を見ない実験を実施し、基本機能の確認に寄与することができました。

発表実績

口頭発表：5件

- [1]JAXA調布航空宇宙センター一般公開(2017).
- [2]河野敬,村岡浩治,穂積弘毅,佐藤昌之,大瀬戸篤司,島田政信,合成開口レーダを搭載した複数無人機による干渉計測試験の速報,第55回飛行機シンポジウム(2017).
- [3]JAXA調布航空宇宙センター一般公開(2018).
- [4]島田政信,河野敬,L-band interferometric UAVSAR Dual L-band FMCW SAR experiment for repeat pass interferometry in Taikicho,Hokkaido, IEEE Conference for Antenna measurement and application(2017).
- [5]大瀬戸篤司,佐藤昌之,河野敬,村岡浩治,穂積弘毅,島田政信,合成開口レーダーを搭載した二機の無人航空機による干渉計測実現のための協調飛行制御実験,第62回システム制御情報学会研究発表講演会(2018).

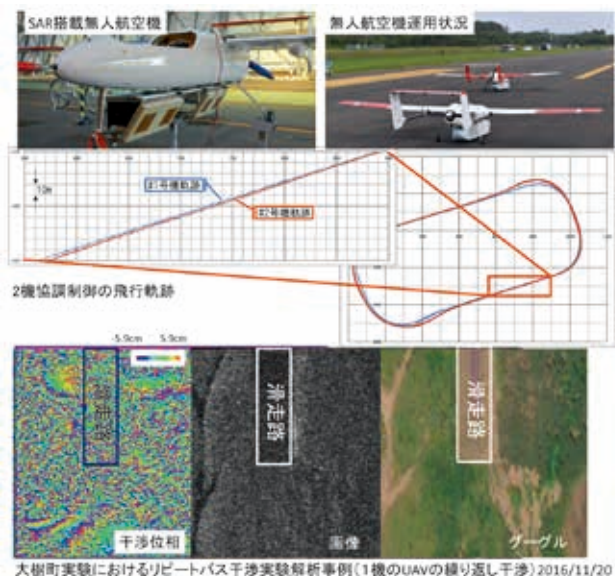
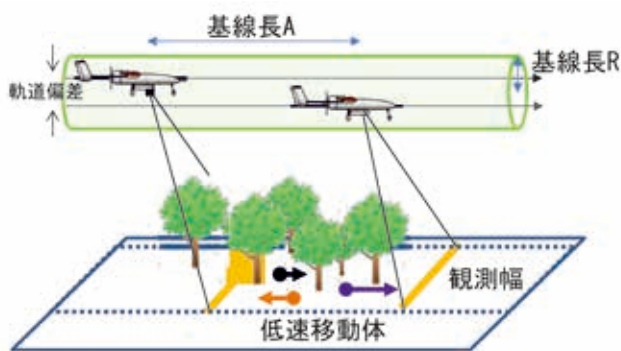


図 リピートパスINSAR概念図（上）と実験結果（右）

大樹町実験におけるリピートパス干渉実験解析事例(1機のUAVの繰り返し干渉)2016/11/20

超高吸着性ポリマーナノファイバー有害ガス吸着シートの開発

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）12,415千円

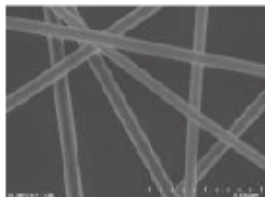
研究代表者：豊橋技術科学大学
加藤 亮

研究の概要

ガス状有害化学物質の迅速かつ再放出の起こらない吸着が可能な、高分子量アミン類を添加したポリマーナノファイバー及び有害化学物質の有無を可視化できるセンサ分子を導入し、ガス状有害化学物質の吸着と検出の両方の機能を兼ね備えた超高吸着性ポリマーナノファイバーシートの作製に向けた研究を実施しました。

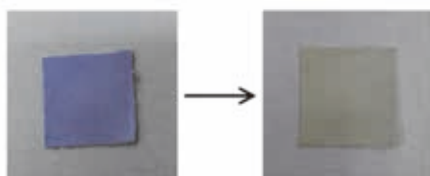
ポリメチルメタクリレート、メタ系アラミドを補強材に、ドデシルアミンを中心としたアミン類、ブロモクレゾールパープルを中心とした色素を含有したポリマーナノファイバーシートを作製し、ホルムアルデヒドや塩化水素等のガス状有害化学物質の吸着挙動について評価しました。その結果、有害ガスに対して、色調変化及び吸収スペクトル変化を示しながら不可逆的に吸着するナノファイバーシートの作製に成功しました。

ポリマーナノファイバー



高分子量アミンを導入して有害化学物質を吸着

有害ガス吸着前 有害ガス吸着後



高分子量アミン+色素を導入して
有害化学物質を吸着+目視検出

図1 ポリマーナノファイバーシート

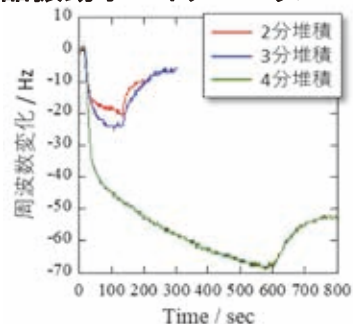
発表実績

□頭発表：4件

[1] 加藤亮, 石井佑弥, 高分子ナノファイバーを用いたガス状有害化学物質の検出, 日本分析化学会第65年会(2016).

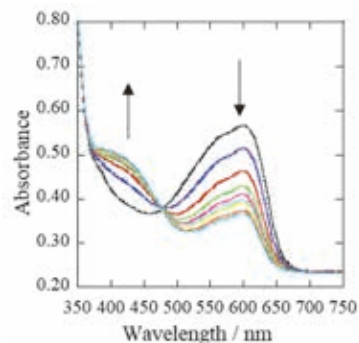
[2] Kato, R. & Ishii, Y., Fabrication of amine contained PMMA nanofiber for detection and collection of toxic gas, 第18回国際呼吸器保護学会(ISRP) 国際会議横浜大会(2016).他2件

水晶振動子マイクロバランス測定



有害化学物質吸着に伴い周波数減少
→ナノファイバーの重量増加

吸収スペクトル測定



有害化学物質吸着に伴い長波長側の
吸収帯の吸光度減少

図2 特性評価

●平成29年度終了研究課題

可搬式超小型バイオマスガス化発電システムの開発

研究期間 平成27-29年度
研究総経費（契約額）107,250千円

研究代表者：東京工業大学
吉川 邦夫

研究の概要

本研究では、様々なバイオマス資源から炭化物ブリケット/ペレット燃料を製造し、新たに開発したアップドラフト型ガス化炉によってガス化し、生成ガスを新たに開発した簡易なプロセスで精製した後に、エンジン発電機に導いて発電を行う試作機を製作し、野外でのフィールド試験を実施しました。

木質資源から生成された炭化物ペレット燃料を用いたフィールド試験において、目標とする100時間の連続運転に成功し、研究目標として掲げた8項目について、すべてを達成することができ、コンパクトな可搬式バイオマスガス化発電システムの技術実証を行うことができました。

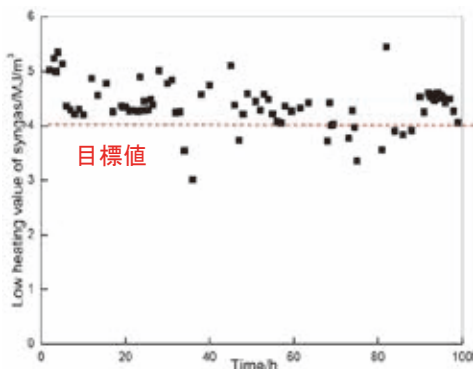


図1 100時間連続運転時の生成ガス発熱量の経時変化

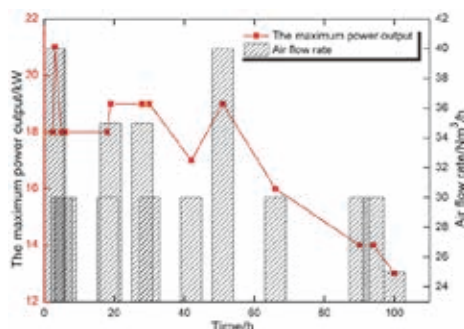


図2 100時間連続運転時のエンジン発電機出力の経時変化

発表実績

論文：5件

[1]Lu Ding, Kunio Yoshikawa, Minoru Fukuhara, Dai Xin & Li Muhan, Development of an ultra-small biomass gasification and power generation system : Part1. A novel carbonization process and optimization of pelletization of carbonized wood char , Fuel(2017).

[2]Lu Ding, Kunio Yoshikawa, Minoru Fukuhara, Yuto Kowata, Shunsuke Nakamura, Dai Xin & Li Muhan, Development of an ultra-small biomass gasification and power generation system : Part2 . Gasification characteristics of carbonized pellets/briquettes in a pilot-scale updraft fixed bed gasifier, Fuel(2018).他3件

口頭発表：12件

[1]Kunio Yoshikawa , Small-scal biomass gasification and power generation combined with carbonization/ briquetting pretreatment, 4th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Change(2017).

[2]Lu Ding , Minoru Fukuhara , Kunio Yoshikawa , Dai Xin & Li Muhan, Development of a Novel Ultra-small Biomass Gasification and Power Generation System, The 8th International Conference on Applied Energy(2017). 他10件

特許出願：1件

海中での長距離・大容量伝送が可能な小型・広帯域海中アンテナの研究

研究期間 平成28-29年度
研究総経費（契約額）67,145千円

研究代表者：日本電気株式会社
山口 功

研究の概要

アンテナ近傍における電磁場（近接場）を有効に活用する手法を提案し、海中における長距離かつ大容量の通信の実現を目指しました。

本研究課題では、10kHzで動作する小型低周波アンテナ製作技術を確立し、アンテナを製作しました。

アンテナ間の距離を20mとし海中で伝搬試験を実施したところ、海底・海面の境界波伝搬は伸びたものの、直接波伝搬は予想よりも伝搬距離が短く、当初予定していた100mの海中での直接波伝搬は困難であることが明らかとなりました。

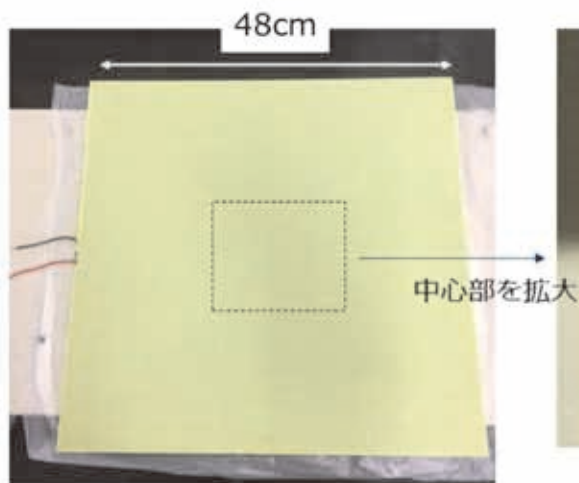
海中試験及び理論計算の結果を基に、低周波アンテナを用いた場合の海中での電磁界分布及び境界波伝搬、及び通信限界距離に関する知見を取得しました。

発表実績

口頭発表：1件

[1] 小川誠, 黒田淳, 山口功, “海中ワイヤレス充電および通信のためのアンテナ開発”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2018.

アンテナ全体



アンテナ中心部



スパイラルコイル配線が見える

図 製作した低周波アンテナ

●平成29年度終了研究課題

マイクロバブルの乱流境界層中への混入による摩擦抵抗の低減

研究期間 平成28-29年度
研究総経費（契約額）23,343千円

研究代表者：北海道大学
村井 祐一

研究の概要

マイクロバブルを境界層に注入することにより乱流摩擦抵抗を低減するメカニズムの究明を行いました。このために図1に示すように①から⑤までの5つのサブテーマを設定し、それぞれを評価するための計測技術の開発と、その利用による新知見を獲得しました。

研究成果として、マイクロバブルの境界層内の分布構造が壁面の曲率によって変化すると、マイクロバブルがクラウドを形成すること、クーロン力が発生すること、乱流渦をかきけすような複素粘度特性が発現すること、周期的なマイクロバブルの注入や多次元でのマイクロ

バブルの発生が可能で、抵抗低減の効率を向上させる制御因子となることを明らかにしました。

たとえば、水中のマイクロバブルが負電荷を帯びる性質について調査し、さらに境界層内でその負電荷がクーロン電位場を作ることを、回流水槽実験によって調査しました(図2)。

この結果、マイクロバブルの低速ストリークでの集積とバッファ層におけるクラウド形成に高い相関をもって摩擦抵抗低減作用が生じていることが明らかとなりました。

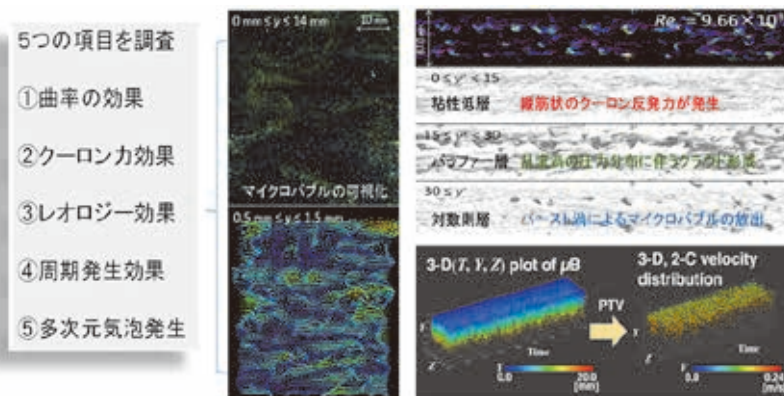


図1 本研究の概要

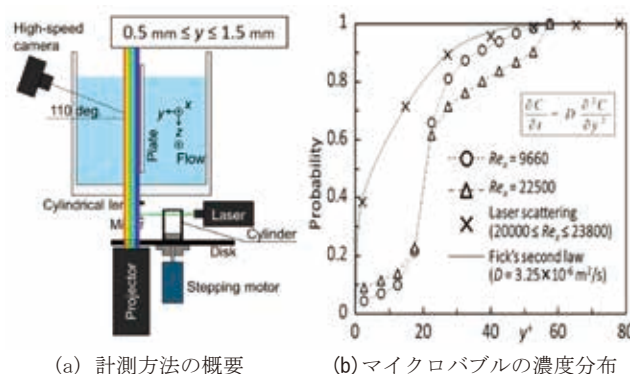


図2 クーロン力が顕在化するマイクロバブルクラウドの発生位置の計測

現在実施中の研究課題

平成30年度の採択課題（その1）

【大規模研究課題（タイプS）】 7件

研究課題名	概要	研究代表機関 (研究代表者名)
Time Reversalによる長距離MIMO ^{*1} 音響通信の研究	本研究では、複数の水中伝搬路における遅延の影響を補償するTime Reversal手法及び周波数の多重化による通信容量の向上を図るMIMO通信を用いることにより、水中音響通信の高速化及び長距離化を目指した水中音響通信手法を確立し、海中において実証試験を行います。	海洋研究開発機構 (志村 拓也)
高速移動物体への遠距離・高強度光伝送のための予測的波面制御の研究	本研究では、探索ビームの後方散乱光を計測して光伝搬予測を行い、可変鏡をリアルタイム制御すること等により光通信の伝送距離の飛躍的増大を目指したシステムを構築し、屋外における実証実験を行います。	理化学研究所 (戎崎 俊一)
高温の耐環境性に優れた高じん性共晶セラミックス複合材料の創製	本研究では、耐熱性及び耐環境性に優れた共晶セラミックス材料の探索を行い、共晶セラミックス材料の強じん化技術及び共晶セラミックス繊維の紡糸技術を確立するとともに、これらを組み合わせたじん性の高い複合材料を実現し、性能を実証します。	株式会社超高温材料研究センター (中川 成人)
海中移動体へ大電力を送る革新的ワイヤレス給電に関する研究	本研究では、強電磁場における海水物性に関する基礎研究を行うことにより、海中における電磁波の損失メカニズムを明らかにするとともに、大電力を効率的に伝送可能な磁界共鳴方式のワイヤレス電力伝送システムを構築し、実証します。	パナソニック株式会社 (小柳 芳雄)
二次元機能性原子薄膜を用いた革新的赤外線センサの研究	本研究では、特異な量子物性に起因するグラフェンの光熱電効果を積層構造により高効率化し、赤外線センサに応用するとともに、当該センサの室温における高感度かつ高速な撮像性能を検証します。	富士通株式会社 (佐藤 信太郎)
超高耐圧 α 型酸化ガリウムパワー半導体とパルス電源の基礎研究	本研究では、半導体特性の制御性に優れた α 型酸化ガリウムの高品質な結晶成長技術及びデバイス作製技術を確立するとともに、 α 型酸化ガリウム半導体デバイスを組み込んだパルス電源を作製し、性能を確認します。	株式会社FLOSFIA (四戸 孝)
グラフェン等二次元機能性原子薄膜を用いた光検知素子の基礎研究	本研究では、基板材料への光照射によって生じる電圧変化を、グラフェンの高感度な応答を利用して検知する手法により、高性能な光検知素子の実現を目指す研究を行います。研究の中で実際に素子を作製し、提案手法の有効性を検証します。	三菱電機株式会社 (佐竹 徹也)

*1 MIMO: Multiple - Input Multiple - Output (複数のアンテナでデータの送受信を行なう無線通信技術)

【小規模研究課題（タイプA）】 5件

研究課題名	概要	研究代表機関 (研究代表者名)
回転爆轟波の詳細構造の解明	本研究では、燃焼器内部の可視化及び直接数値シミュレーションにより、デトネーション波に関する物理メカニズムを解明するとともに、回転デトネーションが安定して継続する条件を明らかにします。	宇宙航空研究開発機構 (丹野 幸幸)
優れた広帯域透光性ナノセラミックスの革新的創製手法	本研究では、非晶質セラミックス材料のナノ化により、優れた赤外線透過特性及び機械的特性を併せ持つ赤外線光学材料の実現を図るとともに、製造技術の確立を目指す研究を行います。	物質・材料研究機構 (森田 孝治)
超高感度性能と耐環境性を併せもつ超電導磁気センサの研究	本研究では、液体窒素温度以上で動作可能な酸化物高温超電導材料を用いた超電導量子干渉素子(SQUID)について、高い磁場耐性と磁気感度の両立を図る研究を行い、作製したセンサの有効性を検証します。	超電導センシング技術研究組合 (田辺 圭一)
10kV級酸化ガリウムトレンチMOSFET ^{*2} の研究開発	本研究では、結晶性に優れた β 型酸化ガリウムを用いたMOS型電界効果トランジスタを高耐圧化することにより、超高耐圧、かつ、低損失の大電流半導体デバイスの実現を図ります	株式会社ノベルクリスタルテクノロジー (佐々木 公平)
極少数の人間とAIの協働による課題対処に関する基礎研究	本研究では、人と人工知能群との双方向の合意形成手法の確立を通じて、複雑な課題を効果的に解決するための基礎研究を行います。	三菱重工業株式会社 (松波 夏樹)

*2 MOSFET: Metal - Oxide - Semiconductor Field Effect Transistor (金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ)

平成30年度の採択課題（その2）

【小規模研究課題（タイプC）】8件

研究課題名	概要	研究代表機関 (研究代表者名)
繊細な力触覚提示のための革新的MR ^{*1} 流体アクチュエータの開発	本研究では、高速なトルク制御を可能とするMR流体アクチュエータに関する研究を行い、遠隔手術の模擬環境下において力触覚を提示する性能を実証します。	大分大学 (菊池 武士)
メカニカルストレス負荷システムの開発	本研究では、高圧負荷環境下における細胞内の情報伝達メカニズムに関する基礎研究を行い、将来の革新的センシングデバイスへの実現を目指します。	岡山大学 (成瀬 恵治)
UAV ^{*2} を用いた音波照射加振による浅層地中探査技術の基礎研究	本研究では、上空から音波を照射し、地面の振動をレーザーで検出することによって地中の埋設物を探査する手法に関する基礎研究を行います。	桐蔭横浜大学 (杉本 恒美)
雑音画像中の低輝度移動物体高速自動検出技術の開発	本研究では、宇宙デブリや近地球天体の観測において、大量の画像データの重ね合わせによる画像処理技術、及び背景物体除去アルゴリズムを適用することにより、雑音レベル以下の移動物体を高速で検出する技術を確立します。	宇宙航空研究開発機構 (柳沢 俊史)
新規耐熱・耐酸化チタン合金創製のための信頼性評価基準構築	本研究では、各種試験を踏まえ新たなチタンの信頼性評価基準を構築するとともに、チタンの酸化機構等の解明を通じて、高温で安定的に使用可能な新たなチタン合金を創製します。	物質・材料研究機構 (松永 哲也)
トポロジカル磁気センサの感度を増強する新物質創製研究	本研究では、特異な電気伝導を用いた革新的な磁気センサの実現を目指し、新物質の探索及び創製を行います。	物質・材料研究機構 (山浦 一成)
給電距離調整機能付複数同時給電可能な電磁誘導を利用した水中及び海中大電力伝送装置に関する課題の分析と解決法	本研究では、水中及び海中で高効率に電力伝送が可能な電磁誘導方式ワイヤレス電力伝送の確立を目指し、高速な電磁界解析手法に関する研究を行います。	サイエンスソリューションズ株式会社 (貝森 弘行)
金属酸化物のナノ構造制御による高速充放電材料の研究	本研究では、結晶構造中にイオンを蓄えることができる金属酸化物電極材料を創出するとともに、その充放電メカニズムの解明と特性向上を目指します。	東芝マテリアル株式会社 (末永 誠一)

*1 MR: Magnetorheological (磁性粘性) *2 UAV: Unmanned Aerial Vehicle (無人航空機)

平成29年度の採択課題（その1）

【大規模研究課題（タイプS）】6件

研究課題名	概要	研究代表機関 (研究代表者名)
極超音速飛行に向けた、流体・燃焼の基盤的研究	本研究では、将来の極超音速飛行を支える基盤技術の向上を図るために、風洞試験、飛行試験及び計算機上での解析を通じ、地上設備でのデータから極超音速領域での燃焼現象と空力加熱を推定する手法の獲得を目指します。	宇宙航空研究開発機構 (谷 香一郎)
フォトニック結晶による高ビーム品質中赤外量子カスケードレーザーの開発	本研究では、量子カスケードレーザーにフォトニック結晶を用いた面発光素子を導入することにより、高出力かつ高ビーム品質を備えた中赤外光源の実現を目指します。	物質・材料研究機構 (迫田 和彰)
無冷却タービンを成立させる革新的材料技術に関する研究	本研究では、航空エンジンへの適用を想定し、モリブデン合金及びニッケル合金材料を適用した無冷却タービンシステムを形成するために必要となる材料技術や製造プロセスの検討を行い、その成立性を確認します。	株式会社IHI (高橋 聡)
共鳴ラマン効果による大気中微量有害物質遠隔計測技術の開発	本研究では、レーザー光の照射により微量有害物質が発する共鳴ラマン散乱光を計測することで、複数種の物質の種類、量及び位置を遠隔から瞬時に特定する計測手法の実現を目指します。	株式会社四国総合研究所 (岡崎 宗孝)
極限量子閉じ込め効果を利用した革新的高出力・高周波デバイス	本研究では、新しい半導体材料を用いることで可能になる強い量子閉じ込め効果を適用した電子輸送チャネル構造の適用や、高放熱材料との異種材料融合等により、高周波デバイスの飛躍的な出力向上を目指します。	富士通株式会社 (小谷 淳二)
複合材構造における接着信頼性管理技術の向上に関する研究	本研究では、炭素繊維複合材の接着界面について、分子レベルの化学状態や電子状態観察、ミクロ及びマクロスケールにおける接着強度評価、界面化学状態に関する分子シミュレーションを通じ、接着力の発現メカニズムを理解し、プロセス因子影響度を体系的に把握するとともに、新しい表面改質手法を評価することで、既存の技術・手法を上回る接着強度を得るための検討を行います。	三菱重工業株式会社 (高木 清嘉)

平成29年度の採択課題（その2）

【小規模研究課題（タイプA・B）】8件

研究課題名	概要	研究代表機関 (研究代表者名)
マルチアングル3次元ホログラフィックGB-SAR*1による不均質媒質内埋設物の高分解能な立体形状推定に関する研究	本研究では、様々な角度からの埋設物体の電磁波散乱を観測することにより、地中に埋設した物体の立体形状を精度良く推定する計測手法の実現を目指します。	宇宙航空研究開発機構 (西堀 俊幸)
電気化学的手法によるCFRP*2接着界面域におけるエポキシ当量測定	本研究では、CFRPの接着における分子結合を電気化学的に観察することで、接着界面における分子レベルの接着不良を可視化する新しい評価手法の実現を目指します。	宇宙航空研究開発機構 (森本 哲也)
海水の微視的電磁場応答の研究と海底下センシングへの応用	本研究では、海水中における微視的な電磁波応答を考慮した電磁場伝搬モデルを構築し、これを適用したモデル化及びセンサ技術により、海底下の埋設物を高感度・高精度で探知する技術の実現を目指します。	情報通信研究機構 (児島 史秀)
半導体の捕獲準位に電子を蓄積する固体電池の研究開発	本研究では、イオン移動や化学反応が不要であるため、高い安全性が期待される半導体固体電池の実現を目指します。	東芝マテリアル株式会社 (平林 英明)
超広帯域透過光学材料・レンズに関する研究開発	本研究では、新たな光学材料の探索、レンズへの成形プロセス研究、超広帯域にわたる解像を実現する光学設計を通じ、可視光から遠赤外線までの超広帯域にわたり透過可能な材料・光学系の実現を目指します。	パナソニック株式会社 (難波 亨)
不揮発性高エネルギー密度二次電池の開発	本研究では、電解質の揮発温度を高めるとともに高安全化、高エネルギー密度を両立する革新的リチウム二次電池の実現を目指します。	株式会社日立製作所 (奥村 壮文)
MUT*3型音響メタマテリアルによる音響インピーダンスのアクティブ制御の研究	本研究では、音響インピーダンス整合の物理モデルに基づき、MEMS*4技術により音響特性をアクティブに制御する音響メタマテリアルの実現を目指します。	株式会社日立製作所 (南利 光彦)
超高温遮熱コーティングシステムの開発	本研究では、超高温遮熱を可能とするセラミックスコーティング膜材料の実現を目指し、理論計算により最適化学組成と層構成に関する設計検討を行うとともに、実プロセスを通じ条件の最適化を図ります。	一般財団法人ファインセラミックスセンター (北岡 諭)

※1 GB-SAR: Ground-Based Synthetic Aperture Radar (地上設置型合成開口レーダー) ※2 CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastic (炭素繊維強化プラスチック)
 ※3 MUT: Micromachined Ultrasonic Transducer (マイクロマシン技術による超音波振動子) ※4 MEMS: Micro Electro Mechanical Systems (微小電気機械システム)

平成28年度の採択課題（その1）

【小規模研究課題（タイプA・B）】8件

研究課題名	概要	研究代表機関 (研究代表者名)
ゼロフォノンライン励起新型高出力Yb:YAGセラミックレーザー	本研究は、発熱損失の少ない励起方式を導入するとともに、高性能冷却システムにてレーザー媒質内の温度分布を制御することにより、実用的且つ安定なYb:YAGセラミックレーザーの実現を目指すものです。	公益財団法人レーザー技術総合研究所 (藤田 雅之)
吸着能と加水分解反応に対する触媒活性を持つ多孔性ナノ粒子集合体	本研究は、配位高分子をナノ粒子化し、その集合体を構築することで様々な有機分子を吸着、分解する材料の実現を目指すものです。	大阪市立大学 (山田 裕介)
軽量かつ環境低負荷な熱電材料によるフェイルセーフ熱電池の開発	本研究は、軽量かつ環境低負荷なMg ₂ Si熱電材料を用いたエンジン廃熱発電システムについて、高耐久化及びフェイルセーフ機能の実装を目指すものです。	東京理科大学 (飯田 努)
酸化物原子膜を利用した電波特性の制御とクローキング技術への応用	本研究は、導電性、誘電性、強磁性などの機能を有する極薄の層状結晶である酸化物原子膜を活用して、広帯域での電波特性の制御技術の実現を目指すものです。	物質・材料研究機構 (谷口 貴章)
超多自由度メッシュロボットによる触覚/力覚提示	本研究は、多自由度・超小型マイクロロボットをメッシュ状に多数組み合わせ、手のひらサイズのメッシュロボットを開発し、これを用いた触覚/力覚提示システムの実現を目指すものです。	東京農工大学 (遠山茂樹)

平成28年度の採択課題（その2）

【小規模研究課題（タイプA・B）】 8件

研究課題名	概要	研究代表機関 (研究代表者名)
海棲生物の高速泳動に倣う水中移動体の高速化バブルコーティング	本研究は、水中で空気層を保持することを可能とする塗膜を表層に形成することで、水中移動体の摩擦抵抗の低減を目指すものです。	物質・材料研究機構 (内藤 昌信)
超高温高圧キャビテーション処理による耐クラック性能・耐腐食性の向上	本研究は、超音波を印加したウォータージェットピーニングを用いたマイクロ鍛造により、過酷環境下で用いられる金属表面の耐久性向上を目指すものです。	山口東京理科大学 (吉村 敏彦)
LMD(Laser Metal Deposition)方式による傾斜機能材料の造形技術の研究	本研究は、異なる金属粉末の積層が可能なLMD方式をベースに、金属間化合物の発生を抑制しながら3D造形できる技術の確立を目指すものです。	三菱重工株式会社 (荻村 晃示)

研究成果一覧

【これまでの研究成果公表実績・特許出願件数】

研究成果公表実績（件）		特許出願件数
論文発表	口頭発表	
24	152	31

(平成30年10月中旬現在)

【プレスリリース】

研究課題名	掲載日又は発表日	研究代表機関 (研究代表者)	件名
海棲生物の高速泳動に倣う水中移動体の高速化バブルコーティング	平成30年8月29日	物質・材料研究機構 (内藤 昌信)	ペンギンが高速に泳ぐ仕組みに倣った摩擦低減バブルコーティング
ヘテロ構造最適化による高周波デバイスの高出力化	平成30年8月10日	富士通株式会社 (中村 哲一)	従来比3倍となる窒化ガリウムトランジスタの高出力化に成功 レーダーの観測範囲を約2.3倍に拡大
ヘテロ構造最適化による高周波デバイスの高出力化	平成29年12月7日	富士通株式会社 (中村 哲一)	世界初、単結晶ダイヤモンドと炭化シリコンを常温で接合する技術を開発 効率的に冷却し、GaN-HEMT送信用パワーアンプの高出力化によりレーダーの観測範囲を約1.5倍に拡大
光電子増倍管を用いた適応型水中光無線通信の研究	平成29年10月2日	海洋研究開発機構 (澤 隆雄)	水中光無線通信による100m超の20Mbps双方向通信に成功 ～水中光Wi-Fiの構築及び水中観測機器のIoT化へ大きく前進～
ヘテロ構造最適化による高周波デバイスの高出力化	平成29年7月24日	富士通株式会社 (中村 哲一)	W帯向け窒化ガリウム送信用パワーアンプで世界最高の出力密度を達成
ダークメタマテリアルを用いた等方的広帯域光吸収体	平成29年4月26日	理化学研究所 (田中 拓男)	アルミニウムのナノ構造体で「色」を作る 一半永久的に失われず塗料より軽い「メタマテリアル・カラー」

●研究成果一覧 (つづき)

【論文発表実績 (平成29年度終了研究課題)】

研究課題名 (研究代表機関)	発表 時期	学術誌名	著者	件名
ダークメタマテリアル を用いた等方的広帯域 光吸収体 (理化学研究所)	2017年1月	Optics Express	Yi - Hao Chen, Che - Chin Chen, Atsushi Ishikawa, Ming - Hua Shiao, Yu - Shin Lin, Chien - Nan Hsiao, Hai - Pang Chiang, Takuo Tanaka	Interplay of mutual electric and magnetic couplings between three - dimensional split - ring resonators
	2017年4月	Scientific Reports	Renilkumar Mudachathi, Takuo Tanaka	Up scalable full colour plasmonic pixels with controllable hue, brightness and saturation
	2017年7月	Scientific Reports	Yuto Moritake, Takuo Tanaka	Controlling bi - anisotropy in infrared metamaterials using three - dimensional split - ring - resonators for purely magnetic resonance
	2018年2月	Optics Express	Yuto Moritake, Takuo Tanaka	Impact of substrate etching on plasmonic elements and metamaterials: preventing red shift and improving refractive index sensitivity
	2018年2月	Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology	Renilkumar Mudachathi, Takuo Tanaka	Broadband plasmonic perfect light absorber in the visible spectrum for solar cell applications
	2018年5月	Applied Physics Letters	Renilkumar Mudachathi, Yuto Moritake, Takuo Tanaka	Controlling coulomb interactions in infrared stereometamaterials for unity light absorption
	2018年6月	Scientific Reports	Yuto Moritake, Takuo Tanaka	Bi-anisotropic Fano resonance in three-dimensional metamaterials
ヘテロ構造最適化による 高周波デバイスの高出力化 (富士通株式会社)	2018年1月	Japanese Journal of Applied Physics	Atsushi Yamada, Tetsuro Ishiguro, Junji Kotani, Norikazu Nakamura	Electron mobility enhancement in metalorganic - vapor - phase - epitaxy - grown InAlN high - electron - mobility transistors by control of surface morphology of spacer layer
極超音速複合サイクル エンジンの概念設計と 極超音速推進性能の実験的検証 (宇宙航空研究開発機構)	2018年	Proceedings of Asian Joint Conference on Propulsion and Power	Taguchi, H., Kojima, T., Kobayashi, H., Hongoh, M.	Combustion test of hydrocarbon fueled ramjet combustor
海中ワイヤレス 電力伝送技術開発 (パナソニック株式会社)	2018年11月	電子情報通信学会和文論文誌B	江口 和弘, 川田 壮一, 岡本 克也, 柳場 亮祐, 小柳 芳雄	磁界結合によるボジションフリー海中ワイヤレス電力伝送システムの実験検討
光電子増倍管を用いた適応型 水中光無線通信の研究 (海洋研究開発機構)	2018年1月	電子情報通信学会誌	澤 隆雄, 西村 直喜, 東条 公資	水中可視光通信
	2019年1月	IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences.	Takao Sawa, Naoki Nishimura, Koji Tojo and Shin Ito	Practical performance and prospect of underwater optical wireless communication
可搬式超小型 バイオマスガス化 発電システムの開発 (東京工業大学)	2017年2月	Energy & Fuels	Thanyawan Tarnpradab, Siriwat Unyaphan, Fumitake Takahashi, Kunio Yoshikawa	Improvement of the biomass tar removal capacity of scrubbing oil regenerated by mechanical solid-liquid separation
	2017年8月	Applied Energy	Siriwat Unyaphan, Thanyawan Tarnpradab, Fumitake Takahashi, Kunio Yoshikawa	Improvement of tar removal performance of oil scrubber by producing syngas microbubbles
	2017年9月	Fuel	Lu Ding, Kunio Yoshikawa, Minoru Fukuhara, Dai Xin, Li Muhan	Development of an ultra - small biomass gasification and power generation system: Part 1. A novel carbonization process and optimization of pelletization of carbonized wood char
	2018年1月	Fuel	Lu Ding, Kunio Yoshikawa, Minoru Fukuhara, Yuto Kowata, Shunsuke Nakamura, Dai Xin, Li Muhan	Development of an ultra - small biomass gasification and power generation system: Part 2. Gasification characteristics of carbonized pellets/briquettes in a pilot - scale updraft fixedbed gasifier
	2018年3月	Applied Energy	Ding Lu, Kunio Yoshikawa, Tamer M. Ismail, Mohamed Abdel - Salam	Assessment of the carbonized woody briquette gasification in an updraft fixed bed gasifier using the Euler - Euler model

●お問い合わせ先

〒162-8870

東京都新宿区市谷本村町5-1
防衛装備庁 技術戦略部 技術振興官

TEL:03-3268-3111(代表) 内線28513 28514
e-mail:funding@cs.atla.mod.go.jp



防衛装備庁

2019.3