



自然科学研究機構

大学共同利用機関法人 SINCE 2004



2021 研究シーズ



機構長挨拶

大学共同利用法人 自然科学研究機構

自然科学研究機構(NINS)は、宇宙、エネルギー、物質、生命など、自然科学研究分野を担う5つの研究所(国立天文台、核融合科学研究所、基礎生物学研究所、生理学研究所、分子科学研究所)と、4つの機関直轄センター(新分野創成センター、生命創成探究センター、アストロバイオロジーセンター、国際連携研究センター)で構成され、世界を牽引する自然科学研究分野の国際的研究拠点として国内外の大学や研究機関と共同研究を推進しています。

また近年は、研究分野の枠を超えた学際的研究にも重点を置き、独創的、かつ革新的な研究分野の創成を目指すとともに、各々の基礎研究分野のさらなる深化を図っています。

本パンフレットは、我々 NINSが培ってきた自然科学研究分野の知識と経験、そして最新の研究成果を、我々を支えて下さっている国民の皆様へいち早く還元するため、産業界の皆様が新たな可能性を掴む足がかりとなれば、との思いを込めて作成しました。我々が担う自然科学研究の成果の中で社会に還元できると思われるものの中から、産業界の皆様が実用化できるものを見出していただくことができましたら幸いです。

NINSは、我々が担う研究の成果と技術を、社会の中においてしっかりと実体を持った、価値ある有用なものへと焼結させるべく、産業界の皆様のお力添えを賜りながら、今までに大きな一歩を踏み出す瞬間を迎えています。産業界の皆様におかれましては我々との産学連携を通して、イノベーションを生み出すブレイクスルーを見出していただけましたら幸甚です。

小森 章夫
Kōtarō Komori

自然科学研究機構とは



自然科学研究機構(NINS)は、宇宙、エネルギー、物質、生命等に係る大学共同利用機関(国立天文台、核融合科学研究所、基礎生物学研究所、生理学研究所、分子科学研究所)を設置・運営することにより、国際的・先端的な研究を推進する自然科学分野の国際的研究拠点として、全国の大学等の研究者に共同利用・共同研究の場を提供しています。

機構長挨拶	1
機構の概要	2
研究シーズ	

国立天文台

所望の周波数を高周波数分解能で発生する 光シンセサイザ	
国立天文台・特任教授 木内 等	5
高安定基準信号光伝送方法	
国立天文台・特任教授 木内 等	6
低周波数で位相比較を可能にする光信号位相比較方法	
国立天文台・特任教授 木内 等	7
光ファイバ波長分散測定方法	
国立天文台・特任教授 木内 等	8
超低消費電力・低雜音動作するマイクロ波帯超伝導増幅器	
国立天文台・准教授 小嶋 崇文 教授 鵜澤 佳徳	9
非破壊・低侵襲・高感度テラヘルツ波 アクティブイメージング	
国立天文台・准教授 小嶋 崇文 特任教授 木内 等	
国立天文台・教授 鵜澤 佳徳	10
全方位型3Dディスプレイ向けのCG描画手法	
国立天文台・専門研究職員 中山 弘敬	11

核融合科学研究所

4μm帯中赤外パルスレーザーの開発	
核融合科学研究所・助教 上原 日和	13
小型で安価な広帯域中赤外ファイバー ASE光源	
核融合科学研究所・助教 上原 日和	14
高出力な中赤外パルスレーザー発振を 可能とする新規可飽和吸収体	
核融合科学研究所・助教 上原 日和	15
中赤外短パルスレーザーによる 新規樹脂フィルム加工法	
核融合科学研究所・助教 上原 日和	16
小型で高出力な中赤外Er:YAPレーザーの開発	
核融合科学研究所・准教授 安原 亮	
核融合科学研究所・助教 上原 日和	17
鉄道車両・大型建機用の長寿命接点材料の研究	
核融合科学研究所・技術部 村瀬 尊則	18
有限要素解析コードを用いた熱、構造、電磁場等の解析	
核融合科学研究所・技術部 村瀬 尊則	19

基礎生物学研究所

GWASを用いた改良メダカの表現型 —遺伝子型相関解析	
基礎生物学研究所・特任教授 成瀬 清	21

RNA干渉法を用いた新奇害虫防除法の研究開発	
基礎生物学研究所・教授 新美 輝幸	22

AI視覚による 歩行者・運転者・遠隔操作等の視覚支援ツール	
基礎生物学研究所・准教授 渡辺 英治	23

生理学研究所

映像内の他者との円滑なコミュニケーションを 診断する脳内指標の探索	
生理学研究所・教授 磯田 昌岐	25
高速連続電子顕微鏡画像取得による 生物組織の3次元微細構造解析	
生理学研究所・客員教授 大野 伸彦	26
脳波コンシスティ特性に着目したヒトの個人認証、 および、個人特性と内部状態の推定	
生理学研究所・教授 北城 圭一	27
イオンチャネル・受容体の機能を修飾する 新規薬剤の同定とその作用機構の解明	
生理学研究所・教授 久保 義弘	28
TRPチャネルを標的とする薬剤開発	
生理学研究所・生命創成探究センター・教授 富永 真琴	29
ヒト定位脳手術のための新規記録電極の開発	
生理学研究所・教授 南部 篤	30
上皮透過性の人為的制御による薬物送達補助剤を スクリーニングできる培養細胞系	
生理学研究所・教授 古瀬 幹夫	31

分子科学研究所

高分子固定化触媒の調製プロセスの確立	
分子科学研究所・教授 魚住 泰広	33
「一斉警報通知防災システム」構想の 実現に向けた社会実験	
分子科学研究所・技術課長 繁政 英治	34
バルク材料の欠陥分析を可能にする ガンマ線誘起陽電子分光法	
分子科学研究所・准教授 平 義隆	35

機関連携

補償光学系の多用途応用のための研究開発と 生物顕微鏡への応用	
国立天文台・特任助教 服部 雅之 准教授 早野 裕 特任准教授 大屋 真	
基礎生物学研究所・特任准教授 龜井 保博 教授 長谷部 光泰	37

名前検索	39
キーワード検索	40

国立天文台

NAOJ



SEEDS

所望の周波数を高周波数分解能で発生する光シンセサイザ

国立天文台・特任教授 木内 等

Keyword 光シンセサイザ、広周波数、高周波数分解能、マイクロ波フォトニクス

研究概要

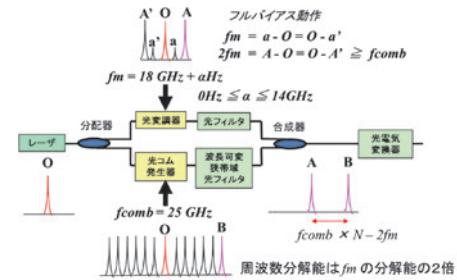
マイクロ波光技術を用い、共通のレーザを光源とするマッハツエンダ型光変調器と光コム発生器の出力の1光波ずつを合成することでコヒーレントな2光波信号の差として、低周波数からテラヘルツ領域までの所望の周波数を高周波数分解能で発生する光シンセサイザが可能となります。

テラヘルツ領域まで含めた高周波信号発生は、高周波数化が進む先端技術分野で不可欠なものになっています。測定器としてのマイクロ波シンセサイザは、高周波数分解能で所望の周波数信号を発生します。しかしながら、電気的な信号発生には通倍等を用いる必要があり、不要波の発生や費用の点で高周波になればなるほど難しくなります。電気信号（マイクロ波・ミリ波等）は、2つのコヒーレントな光信号の差として発生後に光検出器（フォトミキサ）を用いて光・電気変換をすることにより発生することもできます。近年フォトミキサの周波数帯域はテラヘルツ領域に達し、入手も容易になってきました。フォトニック技術を用い、共通レーザを光源とするフルバイアスモード動作のマッハツエンダ型光変調器と光コム発生器の1光波ずつを合成することでコヒーレントな2光波信号の差としてとりだし、低周波数からテラヘルツ領域までの所望の周波数を高周波数分解能でシームレスに発生する光シンセサイザが可能となります。

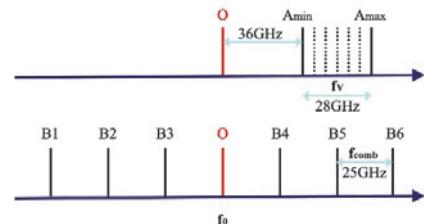
レーザ光（図中Oと表示）は分配され、ひとつは光変調器に入力、もう一方は光コム発生器に入力されます。光変調器には、基準信号に位相同期したシンセサイザ信号(f_m)で駆動されるマッハツエンダ型光変調器を用いることが可能です。光変調器出力は通常変調された信号2波であり、その差周波数は変調周波数の2倍（第1変調波aとa'：ヌルバイアス動作）、4倍（第2変調波AとA'：フルバイアス動作）となっています。ヌルバイアス動作では、OとAとA'は抑圧されます。一方フルバイアス動作では、aとa'が抑圧されます。本発明では、入力レーザ光（図中Oと表示）ではない変調波のひとつを抽出します。1mHzの周波数分解能のシンセサイザを用いた場合、光信号Oに対して2mHzの周波数分解能を持ちます。光変調器は高周波数分解能の信号発生能力を持ちます。

もう一方の共通レーザ光は光コム発生器（基準信号に位相同期した周波数固定マイクロ波信号 f_{comb} で駆動）に入力され、光コム信号を発生します。光コムの後段の狭帯域光フィルタで光コム信号の1信号（B信号のうちのどれか）を抽出します。本実施例では、 f_{comb} を25GHzとして例を示します。この場合は、光信号の持つダイナミックレンジは光信号Oに対して数THz以上が得られます。光コム発生器は高ダイナミックレンジの信号発生能力を持ちます。

光信号Oは共通であるため、光信号Aと光信号Bの差として、低周波からテラヘルツ領域までシームレスに信号発生が可能となります。2つの光の周波数差はフォトミキサで電気信号として出力されます。両光信号発生技術は高安定なため、光信号の不安定性を考慮しても1Hzの周波数分解能で低周波からTHz以上まで発生可能です。



第1図 ブロック図



第2図 光信号の周波数関係

想定される応用先・連携先

汎用測定器、高周波天文学、超高速光通信分野への応用、およびマイクロ波からテラヘルツ波を使用する分野への応用が可能です。

アピールポイント

本装置の特徴は、以下の通りです。

- ・共通レーザ光を光源とし、基準信号に位相同期した周波数可変高周波数分解能マイクロ波信号で駆動される光変調器と基準信号に位相同期した周波数固定マイクロ波信号で駆動される光コム発生器のそれぞれの光信号の1波を抽出し合成する構造。
- ・低周波からテラヘルツ領域までの広い周波数領域をシームレスにカバーし、任意周波数信号を高い周波数分解能で発生可能なシンセサイザ。
- ・高周波数分解能を光変調器で実現、周波数ダイナミックレンジを光コム発生器で実現する構造を持つ。
- ・位相同期ループを用いないので位相同期外れがない。
- ・低周波からテラヘルツまでの広範囲にわたり2mHz程度の周波数分解能が得られる（1mHz分解能シンセサイザ使用時）。
- ・マッハツエンダ型光変調器のフルバイアス動作信号を用いることで、光コム周波数間隔以上の広帯域で高周波数分解能光信号を実現。
- ・電気信号のような通倍技術を用いないのでスプリアスが少ない。

論文情報

- [1] H.Kiuchi, T.Kawanishi, A.Kanno, "A wide frequency range optical synthesizer with high-frequency resolution," IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 29, No. 1, pp.78-81. Jan 2017.
- [2] H.Kiuchi, T.Kawanishi, M.Yamada, T.Sakamoto, M.Tsuchiya, J.Amagai, M.Izutsu, "High extinction ratio Mach-Zehnder modulator applied to a highly stable optical signal generator", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.55, No.9, pp.1964-1972, Sep. 2007.

特許情報 米国特許番号：US9935717
発明の名称：OPTICAL SYNTHESIZER

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL:03-5425-1318・1316 E-mail:nins-sangaku@nins.jp

Keyword 光マイクロ波信号、原子時計安定度、テラヘルツ、長距離光ファイバ伝送

研究概要

原子時計の安定度を持った低周波からテラヘルツ波領域の高安定周波数信号の光ファイバによる長距離伝送を可能とする技術です。

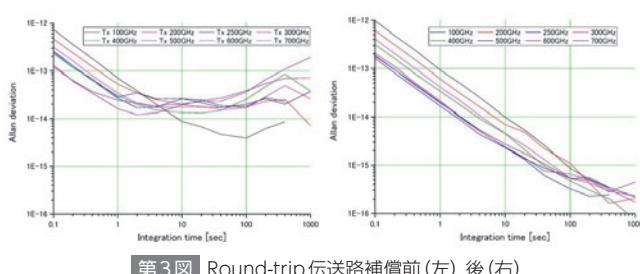
マイクロ波フォトニクス技術を用いる本研究では、超広域における原子周波数標準精度での高安定周波数信号配信手段を提供するため、ファイバ結合されたリモート局での信号純度をAllan偏差で位相安定度 10^{-13} (1秒)以上を実現します。

伝送したい高安定な電気信号は、光変調器でコヒーレントな光の2波に変換することができます。光ファイバ伝送では、伝送波長による波長分散が生じ、2つの光信号の遅延量が異なるという問題が発生します。2光波で独立に同一ファイバ内往復伝送位相量を測定し、その位相差をゼロにすることで波長分散補償を行い、位相安定な周波数長距離伝送が可能です。

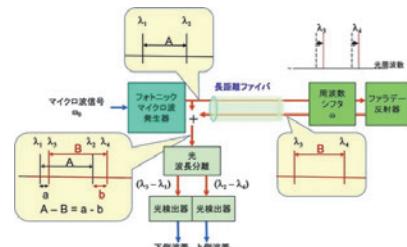
同一ファイバ内往復伝送による位相測定方法2種(高周波用(20GHz～THz以上):第1図、低周波用(~40GHz):第2図)を開発しました。ファイバで伝送されるマイクロ波信号は第1図の光信号 λ_1 と λ_2 の差として伝送され、伝送先で僅かに周波数シフトされ、戻りの信号 λ_3 と λ_4 となります。

高周波の場合A-B=a-bであるため、光のフィルタ分離で容易にaとbを取り出せ、a-bから往復位相差を測定することができます。低周波の場合、AとBを電気信号としてcとdとして取り出し、送信元の周波数Aで周波数変換し上下側波帯に分離することで往復位相差を測定することができます。いずれの場合も、検出された2信号位相の差が伝送路によって生じたもので、2信号位相を同一位相に制御することで伝送信号を安定に伝送することができます。

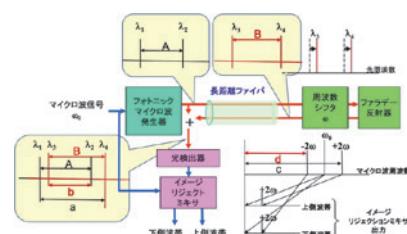
いずの場合も、検出された2信号位相の差が伝送路によって生じたもので、2信号位相を同一位相に制御することで伝送信号を安定に伝送することができます。さらにこの手法を用いると、実時間でも後処理でも波長分散補償が可能であり、高周波用では伝送周波数の上限の制限は原理的にありません。最新結果では700GHzまでの高位相安定信号(原子周波数標準相当の安定度)の10km伝送を実現しています。



第3図 Round-trip伝送路補償前(左) 後(右)



第1図 Round-trip高周波用伝送路補償



第2図 Round-trip低周波用伝送路補償

想定される応用先・連携先

本研究では、広域における原子時計精度の高安定周波数信号と高精度時刻信号の配信手段を提供します。高安定周波数の配信は、近代の高精度測定手法の最も基本的な要素でもあり、これらにより広域高精度コヒーレント系を構築することが可能となるため、その波及効果は計り知れません。天文学、加速器を用いた高エネルギー物理学など高精度な観測を要する基礎科学分野はもとより、第6世代(6G)通信等の超高速通信分野などのエリア間の精密同期などに大きな貢献が期待されます。

アピールポイント

伝送したい高安定な電気信号をコヒーレントな光の2波の差として光ファイバで伝送します。

2光波で独立に同一ファイバ内往復伝送位相量を測定し、その位相差をゼロにすることで波長分散補償を行い、位相安定な周波数長距離伝送が可能です。

実時間でも後処理でも波長分散補償が可能であり、低周波から高周波まで対応可能です。

論文情報

- [1] H.Kiuchi, "Postprocessing phase stabilizer for wide frequency range photonic-microwave signal distribution," IEEE Trans. Terahertz Sci. and Technol., Vol.7, No.2, pp.177-183, Mar. 2017.
- [2] H.Kiuchi, "Optical transmission signal phase compensation method using an image rejection mixer," IEEE Photonics Journal, Vol.3, No.1, pp.89-99, Feb., 2011.
- [3] H.Kiuchi, "Highly stable millimeter-wave signal distribution with an optical round-trip phase stabilizer", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.56, No.6, pp.1493-1500, Jun. 2008.

特許情報

特許番号: 特許第4599560号
発明の名称: 基準信号光伝送システム及び基準信号光伝送方法

特許番号: 特許第4849683号
発明の名称: 高周波信号光伝送システム及び高周波信号光伝送方法

特許番号: 特許第4801194号
米国特許番号: US8145065
発明の名称: 低周波信号光伝送システム及び低周波信号光伝送方法

特許番号: 特許第5291143号
米国特許番号: US8582977
発明の名称: 光伝送システム及び光伝送方法

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

低周波数で位相比較を可能にする 光信号位相比較方法

国立天文台・特任教授 木内 等

Keyword マイクロ波フォトニクス信号、光位相同期、光信号直接位相比較

研究概要

光信号2波の差周波数信号として伝送される高周波基準信号と光位相同期発振器出力の2光波信号を、それぞれ高周波光検出器（フォトミキサ）で高周波電気信号に変換後位相比較するのではなく、低周波光検出器2個を用いて位相比較を行うことを可能にする光信号位相比較方法です。高周波基準信号をコヒーレントなレーザ光2波の差信号として発生・伝送することが可能です。これにより広大なコヒーレント系を構築することができます。

近年、光2波で伝送される基準信号は低周波から100GHz以上の高周波帯域に及んでいます。従来、光ファイバ伝送先で位相同期系を構成するためには、伝送される光高周波基準信号を光・電気信号変換し、電気的な高周波基準信号として取り出し、位相同期を行いうことで光位相同期発振器を構成していました。このため高周波広帯域システムでは、光・電気信号変換に用いられる高周波フォトミキサ、周波数変換用の高周波ミキサ（ハーモニックミキサ）が多数必要であり、システムを高価で複雑なものにしていました。もし位相比較を高い周波数では無く低い周波数で処理することができるようであれば、位相同期ループ内に多数の高周波フォトミキサや高周波ミキサなどを用いなくて済むようになります。本方式では光基準信号を直接光電気変換することなく、伝送された光基準信号と光周波数シフタを用いて周波数シフトされた光位相同期発振器信号の位相差を低周波光検出器2台で変換後に差位相を測定することで実現しています。この方式では、広い周波数に渡り同一の低周波光検出器2台で対応可能です。

例えば、第1図のように遠隔局において光位相同期発振器で高周波マイクロ波光信号（光2波）を生成している場合を考えます。この信号を基準局より伝送された光基準信号（第2図黒で表示）に位相同期させることを想定します。この時、両者はコヒーレントであるものとします（例えば両者が共通レーザ源から発生：論文[2]）。この時、光位相同期発振器出力と外部光基準信号はほぼ同じ光信号周波数を持っています。光電気変換後に高周波位相同期回路を用いるのが従来の方式であるが、この場合は高周波の光電気変換器、位相比較器が不可欠です。

本発明では光位相同期発振器出力信号に対して光周波数シフタで周波数シフトを予め行います（第2図赤で表示する信号）。伝送された光基準信号Aと周波数シフトされた光位相同期発振器信号Bは混合され（第2図）、その後に光分波器で分離されます。分離された信号（aとb）は、それぞれ低周波の光検出器で光電気変換が行われた後で位相差を検出します（二重位相差検出）。AとBの周波数差（位相差）「A-B」は、aとbの差と等価です。つまり $A-B = a-b$ となり、低周波信号どうしの差「a-b」を求めればよいことになります。aとbは、発生される周波数（AまたはB）に依らず周波数シフト量とほぼ同じ周波数です。このことは、広帯域信号にも対応可能であることを示しています。

シフト周波数の影響は、光2波で共通な量であるために差位相の検出時に除去されます。これにより高周波電気信号での処理も必要なくなります。

想定される応用先・連携先

高周波天文学、超高速光通信分野への応用、およびマイクロ波からテラヘルツ波を使用する分野への応用が可能です。

アピールポイント

本装置の特徴は、以下の通りです。

- ・光高周波基準信号を直接光電気変換することなく、光高周波基準信号位相と光発振器位相差を得るために、光周波数シフタを用いたり、光2波発生手段の光源のレーザ波長を僅かにずらすことで低周波光検出器2台の差として測定する方式。
- ・光基準信号を高周波数のまま電気信号に変換せず、直接入力する光発振器。
- ・低周波から高周波までの光高周波基準信号に対して同一の低周波光検出器2台で対応可能。
- ・位相比較を低い周波数で行い、位相同期ループ内に高周波フォトミキサや高周波ミキサなど高周波部品が不要。
- ・ファイバ長距離伝送信号の振幅スタビライザとしての応用も可能（ファイバでの伝送では光信号の振幅・位相が影響を受け変動する。位相変動はラウンドトリップ法などで補償可能である。）。
- ・上図の2重位相差検出を用いた方式。
- ・高周波部品を使うことなく光基準に同期した光発振器を実現可能。マイクロ波からテラヘルツ波領域までの応用が可能。

論文情報

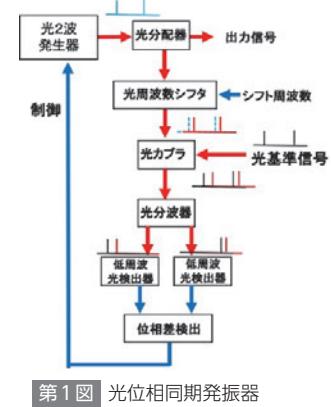
- [1] H.Kiuchi, "Phase comparison method for wide-frequency-range microwave photonic signals," J. of Lightwave Technol., Vol.35, No.17, pp.3643-3649, Sept. 2017.
- [2] H.Kiuchi, "Wide-frequency-range phase-locked Photonic-Microwave oscillator operated in a fiber-coupled remote station," J. of Lightwave Technol., Vol.37, No.10, pp.2172-2177, May 2019.

特許情報

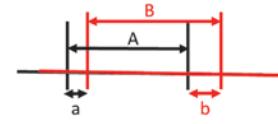
特許番号：特許第6130527号

米国特許番号：US9991959

発明の名称：光信号の周波数差を比較する方法ならびに光信号の位相を同期させる方法および装置



第1図 光位相同期発振器



第2図 光周波数シフタを用いた二重位相差検出

Keyword 波長分散測定、周波数コム、光周波数変換

研究概要

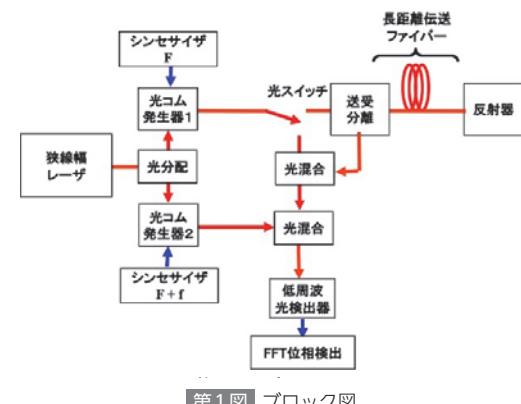
同一の狭線幅レーザを光源とする周波数間隔のわずかに異なった2つのコヒーレントな光コム信号を用い、片方を波長分散測定のために被測定ファイバ中を往復伝送させ、もう片方を周波数変換用のローカル信号とすることで、広帯域高周波光コム信号の波長分散情報を低周波マイクロ波コム信号として取り出し、各光コム信号あたりの波長分散量を測定することを可能とする広帯域波長分散測定方法です。低周波測定装置で高周波広帯域な光コムの発生が可能な全帯域にわたり波長分散量の測定を実現します。

広帯域な光信号が光ファイバで伝送される際、ファイバにおいて外圧等による時間変化を伴う伝搬速度の波長による差（波長分散）が生じ、高速データ伝送に重大な弊害が生じます。このため、ファイバの波長分散を広帯域にわたり測定することが重要です。近年、光コム信号の発生技術は5テラヘルツを優に超え広帯域になっています。この光コムを2つ用いて波長分散測定を行います。

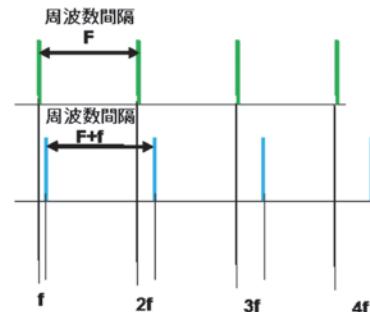
狭線幅レーザを光源とし、光干渉計の原理を用います。ブロック図を第1図に示します。

狭線幅レーザの光を2分配し、一方で周波数 F の間隔で光コムを発生し、他方で周波数 $F+f$ の間隔で光コムを発生します。光コム発生器1の出力は周波数間隔 F の光コム信号であり、光コム発生器2の出力は周波数間隔 $F+f$ の光コム信号です。ここで周波数 f は、周波数 F に比べ非常に低い周波数です。例えば、周波数 F を25GHz、周波数 f は50kHzなどです。周波数間隔 F の光コム信号は、長距離伝送ファイバ中を往復後に周波数 $F+f$ の間隔の光コムと混ぜられます。混合光は低周波光検出器で光コム信号同士の位相差が低周波のマイクロ波コム信号に変換されます。このマイクロ波コム信号のそれぞれの信号の位相はFFT位相検出器で測定されます。

各信号の関係を第2図に示します。この時、低周波光検出器の出力は周波数 f 間隔のマイクロ波コム信号となります。このマイクロ波コム信号は、光コム信号で受けた波長分散の影響を保持しており、位相を測定することで波長分散の影響を測定できます。光スイッチは、長距離伝送ファイバの波長分散測定との校正のために設けてあります。



第1図 ブロック図



第2図 信号の周波数関係

想定される応用先・連携先

超高速光信号伝送分野への応用、および伝送遅延を問題にする分野への応用が可能です。

アピールポイント

本技術の特徴は、以下の通りです。

- 2つのわずかに周波数間隔のずれた光コムを用いる。
- コヒーレントな2つの光コムのビート位相として生じる低周波マイクロ波コムを測定する。
- 光コム発生帯域分の波長分散を一度に測定可能。
- 光コムを構成している光波長ごとに波長分散を測定可能。
- 広帯域、高周波領域での波長分散を低周波領域に圧縮した状態で測定可能。

特許情報

特許番号：特許5760115号

発明の名称：波長分散測定方法及びその装置

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

超低消費電力・低雑音動作する マイクロ波帯超伝導増幅器

SEEDS

国立天文台・准教授 小嶋 崇文
国立天文台・教授 鵜澤 佳徳

Keyword マイクロ波、ミリ波、超伝導、高感度、増幅器、低消費電力

研究概要

国立天文台では、HEMTやHBT等の半導体増幅デバイスでは動作が難しいマイクロワットオーダーの超低消費電力条件で動作するマイクロ波帯超伝導増幅器を考案しました。本超伝導増幅器は、電波天文用受信機にミリ波サブミリ波帯のダウンコンバータとして用いられてきた超伝導体-絶縁体-超伝導体(SIS)接合に基づく周波数変換デバイス(ミキサ)を2つ用い、一方を周波数アップコンバータ、もう片方をダウンコンバータとして接続することにより構成します(図1)。それぞれに同一周波数のミリ波帯局部発信電力を入力すると、マイクロ波帯の入力信号はアップコンバータでミリ波帯に、ダウンコンバータでマイクロ波帯として出力されることから、結果的に出入力周波数が同一になります。SISミキサはアップコンバージョンおよびダウンコンバージョンの各々の過程で周波数変換利得を有することが確認されており、本構成では電力増幅効果を得ることができます。さらに、SISミキサは量子雑音限界に近い低雑音動作、かつ、直流付近から20 GHz程度まで広帯域動作が可能です。したがって、半導体増幅器に比べて3桁程度低い低消費電力で、それと同等以上の性能で動作する、理想的な特性を有する増幅器となる可能性を秘めています。

国立天文台では、これまで原理実証に成功しており、数マイクロワット程度の消費電力で、10 dB以上の利得、10 K程度の雑音温度特性で動作することを確認しています。現在回路を最適化しており、今後はさらなる低雑音化・広帯域化やコンパクト化を図る予定です。

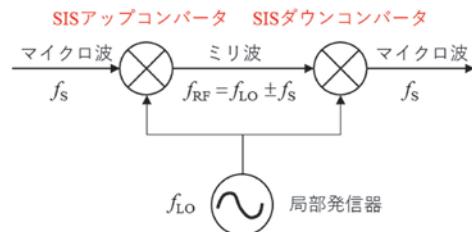


図1 考案した超伝導増幅器構成

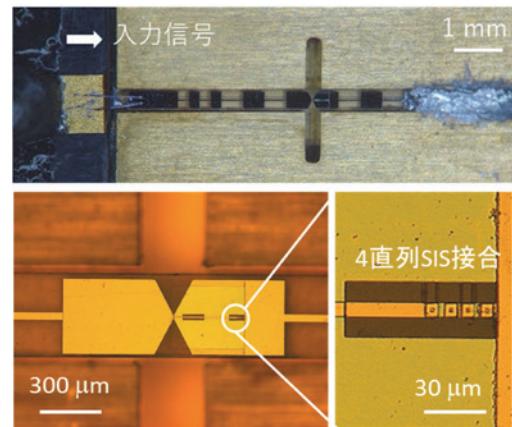


図2 実験に用いたSISミキサの写真。このSISミキサを2つ用意し、ミリ波帯の導波管を介してモジュールを従属接続することで増幅器を構成する。

想定される応用先・連携先

電波天文やリモートセンシング等を目的とした高感度観測が必要とされる分光実験装置やイメージング装置への導入、量子ビット研究などへの応用が期待されます。また、それらの大規模アレイ化に有用な増幅デバイスであると考えられます。

アピールポイント

- 物理温度4 Kステージ上で動作し、冷却型半導体増幅器と同等以上の広帯域低雑音性能が期待できます。
- 冷却型半導体増幅器に比べて3桁程度低消費電力化が可能で、冷却ステージ上の熱負荷を抑えることができるため、システムアレイ化を容易にします。
- 超伝導増幅器は進行波型超伝導パラメトリック増幅器などが提案されており、極めて低雑音な特性が示されています。一方、ポンプ光付近の周波数が使用できないことや、物理温度1 K以下の動作が必要になるなど実用性にやや難があると考えられています。提案した増幅器は汎用の4 K冷凍機を用いてもアレイ化が容易になると考えられます。

論文情報

- T. Kojima, Y. Uzawa, and W. Shan, "Microwave amplification based on quasiparticle SIS up and down frequency converters" AIP Advances 8, 025206 (2018)
- Y. Uzawa, T. Kojima, Y. Kozuki, Y. Fujii, A. Miyachi, T. Tamura, S. Ezakia, W. Shan, "An SIS-mixer-based amplifier for multi-pixel heterodyne receivers," Proceedings Volume 11453, Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy X; 114530Q (2020)

特許情報

出願番号:特願2017-184211
米国特許番号:US10680567
発明の名称:超伝導体-絶縁体-超伝導体接合を用いた低雑音マイクロ波増幅器

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL:03-5425-1318・1316 E-mail:nins-sangaku@nins.jp

非破壊・低侵襲・高感度なテラヘルツ波 アクティブライメージング装置

SEEDS

国立天文台・准教授 小嶋 崇文
 国立天文台・特任教授 木内 等
 国立天文台・教授 鵜澤 佳徳

Keyword テラヘルツ波、ヘテロダイン検波、多周波信号、空間マッピング、単一検出器

研究概要

国立天文台他では、高感度なヘテロダイン方式かつ検出素子ひとつで、1次元あるいは2次元のTHz波アクティブライメージングを可能にする装置を考案しました。図1に本考案の概念的な実施例を示します。光源装置に、例えば周波数間隔 f_1 のコム発生器を用います。これをフィルターパンクや遅延線路等に接続し、アンテナで放射することで、周波数成分を1次元あるいは2次元の空間にマッピングします。適切な光学系を用いて、このマッピングしたビームを被写体に透過あるいは反射させ、検出装置では、被写体を透過あるいは反射した信号(RF)と、例えば周波数間隔 f_2 (f_1 とは僅かに異なる)の局部発振波(LO)をひとつの周波数変換器で混合することで、1次元あるいは2次元の空間にマッピングした各周波数成分の信号を高感度なヘテロダイン方式でリアルタイムに低周波信号に変換します(図2)。各周波数成分に相当する信号の振幅と位相の変化をひとつの周波数変換器で検出可能となるため、1次元あるいは2次元の被写体イメージの取得が極めて簡便になります。これまでに図3に示す原理実証に成功しています。

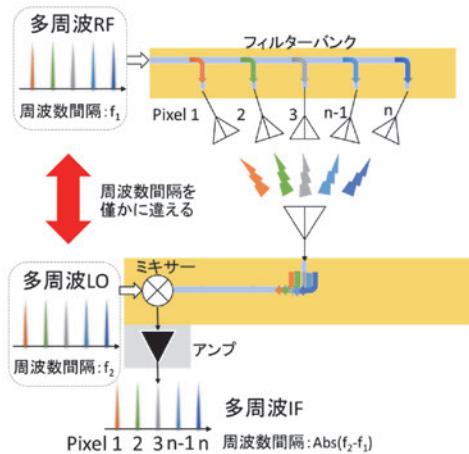


図1 多周波信号を空間マッピングするテラヘルツ波ヘテロダイニグイメージング装置概念図

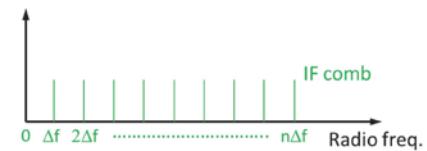
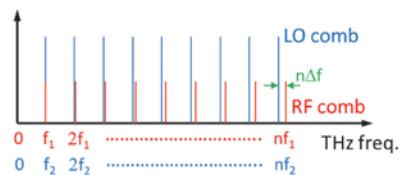


図2 ひとつのヘテロダイン検出素子(周波数変換器)による多周波信号の検出方法

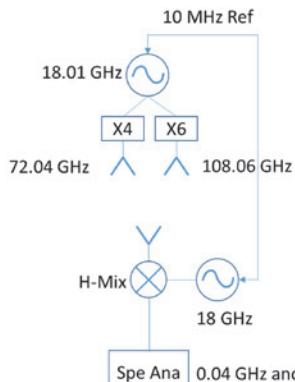


図3 原理実証の概略図

想定される応用先・連携先

高感度THz波イメージング装置用のラインセンサやエリアセンサを簡単な構成で実現することで、従来可視や近赤外域あるいはX線イメージング装置では不可能だった物体の透過イメージングがリアルタイムで可能となります。例えば、低誘電率の物体に埋もれた、他の低誘電率物体のイメージ検出(プラスチック中の気泡やクラックなどの検査)が容易となる可能性があります。

アピールポイント

- 従来のイメージングでは、1次元あるいは2次元に配列した多数の検出素子が必要でしたが、本イメージングで必要な検出素子は1つです。
- マイクロ波技術であるヘテロダイン検波を用いるため、振幅・位相情報をリアルタイムで取得でき、直接検波方式に比べ高感度です。
- 被写体が一様な誘電体材料の場合には、分光特性(複素誘電率)を取得することができます。

特許情報

特許番号:特許第6706790号

発明の名称:テラヘルツ波イメージング装置

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL:03-5425-1318・1316 E-mail:nins-sangaku@nins.jp

全方位型3Dディスプレイ向けの CG描画手法

SEEDS

国立天文台・専門研究職員 中山 弘敬

Keyword 全方位型3Dディスプレイ、立体視、VR、コンピュータグラフィックス

研究概要

近年VR技術が普及し始めたこともあり、360度型のコンテンツも多く制作されるようになっています。例えばVRゴーグルを装着した場合、ひとつのコンテンツに対して一人で鑑賞することになります。したがって、その一人に対して正しい立体情報を提供すればよいことになります。一方で、多人数で鑑賞できるタイプの全方位型3Dディスプレイの場合、ひとつのコンテンツから多人数に対して正しい立体情報を提供する必要があります。

このようなCGを描画するには、鑑賞する際の視線方向に応じて右目用のカメラと左目用のカメラの位置を連続的に変化させる必要があります。これはレイトレース法と呼ばれる手法を用いることで可能ですが、描画に多大な時間がかかるため、ゲームのようにインタラクティブなCGコンテンツの制作を行うことは困難でした。

これに対して、カメラではなく被写体の位置をずらすことで高速に描画を行う手法の開発を行っています。本手法はGPU内で高速に処理させることができるのであるため、インタラクティブコンテンツからあらかじめレンダリングを行う映像作品まで、幅広く対応可能です。また、上下方向を含む全方位型3Dディスプレイの場合、視線方向によっては立体情報が不連続になり、正しい立体視を行えなくなる場合があります。そのため、立体情報が不連続になってしまい領域ではあえて立体情報を無くすることでストレスのない鑑賞を可能としました。



本手法を用いて制作した全方位型3D可視化映像作品の例

想定される応用先・連携先

ドーム型3Dディスプレイなど、多人数で同時に楽しむことを想定したCGコンテンツの描画手法として利用できます。また、一般的なVR向けのCG映像作品の制作に利用することも可能です。シェーダとして提供できるため、3DCG制作ソフトウェアやゲームエンジンで簡単に利用可能です。

アピールポイント

本手法は上下方向を含む完全な全方位型3Dディスプレイを想定しているため、あらゆるタイプの全方位型ディスプレイ（ドーム型、円筒型、直方体型、VRゴーグルなど）に対応可能です。

特許情報

特許番号：特許第6198157号

発明の名称：プログラム、記憶媒体、画像処理装置及び画像処理方法

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

核融合科学研究所



SEEDS

核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword 中赤外レーザー、レーザー加工、ガスセンシング**研究概要**

大阪大学レーザー科学研究所と共同で、波長4 μ mにおいて高ピーク出力かつ高繰り返し固体レーザーの開発に成功しました。Fe²⁺:ZnSeレーザーは、波長4~5 μ mに極めて広帯域かつ高い利得を有するため、次世代高出力中赤外レーザーの有力候補のひとつです。しかし、3 μ m帯の励起光源が希少なことが、これまで高出力化の障壁となっていました。開発者らは、これまでに、独自開発した波長2.8 μ mフッ化物ファイバーレーザーを励起光源としたFe:ZnSeレーザーを世界で初めて実証し、波長4.1 μ mにおいて世界最高効率での連続波発振（出力2W）に成功しています。また、3.8~5.1 μ mの範囲で波長可変なレーザー発振器を実証しました。本研究では、レーザー加工光源応用を視野に入れ、ファイバーレーザー励起Fe:ZnSeレーザーのQスイッチングによる高ピーク出力化を試みました。図1に作製した能動QスイッチFe:ZnSeレーザーの概略図を示します。Qスイッチ素子には、高速変調可能な音響光学変調器（AOM）を用いました。発振効率を高めるために、Fe:ZnSe単結晶を独自開発したクライオスタッフを用いて液体窒素冷却しています。このFe:ZnSeレーザーのQスイッチパルス動作を試みた結果、波長4.0 μ mにおいて、繰り返し周波数5~40kHz、平均出力0.6Wのパルスレーザーが安定的に発振しました。パルス幅20ns、パルスエネルギー22 μ J、ピーク出力は1.1kWに達し、これはQスイッチFe:ZnSeレーザーで報告されている最短パルス幅、並びに最高出力です。これまで報告されていたQスイッチおよびゲインスイッチFe:ZnSeレーザーはいずれも繰り返し周波数が低い(<1kHz)ことが課題でしたが、連続波の中赤外ファイバーレーザーを励起光源として用いることで、高い繰り返し周波数を初めて実現しました。

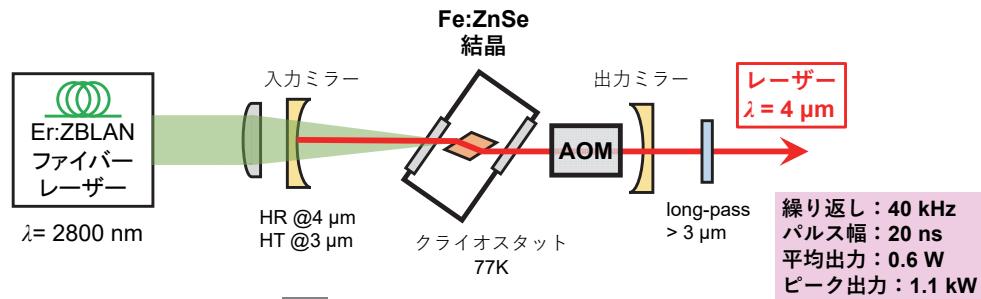


図1 QスイッチFe:ZnSeレーザーの概略図

想定される応用先・連携先

波長3~5 μ mの中赤外領域は、大気吸収による光損失が比較的小さく、CO基やCH基の吸収線が存在するため、この波長の高出力レーザーが実現すると、加工や微量ガスのセンシングなど多岐にわたる応用が期待できます。本レーザー発振器は、1.1kWのピーク出力を40kHzという高繰り返しで可能にしており、レーザー加工用途への応用が特に期待できます。波長4.1 μ mと4.6 μ mには、それぞれCO₂とCOの吸収線が存在しており、さらに、炭酸ガスや炭化水素の炭素同位体解析、水の水素同位体解析などセンシング用途における優位性が期待できます。

アピールポイント

このレーザー発振器の特筆すべき点は、キロワット級の高出力パルスを40kHzもの高繰り返しで出力可能なことです。これまで報告されていたQスイッチおよびゲインスイッチFe:ZnSeレーザーはいずれも繰り返し周波数が低い(<1kHz)ことが課題でしたが、連続波の高出力中赤外レーザーを励起光源として用いることで、高い繰り返し周波数を初めて実現しました。今後は種々の透明材料を対象にした加工検証を予定しています。

また、回折格子を用いた波長チューニング実験では、波長範囲3.8~5.1 μ mにわたって連続的な波長可変性を実証しています。スペクトル線幅は約2nmであり、ガス分子やその同位体の気相・液相・固相いずれの検出にも適した光源です。

論文情報

- [1] Hiyori Uehara, Takanori Tsunai, Bingyu Han, Kenji Goya, Ryo Yasuhara, Fedor Potemkin, Junji Kawanaka, and Shigeki Tokita, "40 kHz, 20 ns acousto-optically Q-switched 4 μ m Fe:ZnSe laser pumped by a fluoride fiber laser," Optics Letters 45(10), 2788-2791 (2020).
- [2] Hiyori Uehara, Daisuke Konishi, Kenji Goya, Ryo Sahara, Masanao Murakami, and Shigeki Tokita, "Power scalable 30-W mid-infrared fluoride fiber amplifier," Optics Letters 44(19), 4777-4780 (2019).
- [3] A. V. Pushkin, E. A. Migal, H. Uehara, K. Goya, S. Tokita, F. V. Potemkin et al., "Compact highly efficient 2.1-W continuous-wave mid-IR Fe:ZnSe coherent source pumped by Er:ZBLAN fiber laser," Optics Letters 43(24), 5941-5944 (2018).

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

小型で安価な 広帯域中赤外ファイバー ASE光源

核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword 中赤外分光、光ファイバーセンサー、ガスセンサー、広帯域ASE光源

研究概要

本発明では、波長 $2.5 \sim 3.7 \mu\text{m}$ で出力可能な広帯域自然放出増幅（ASE）光源を、小型かつ安価な構成にて提供します。

本研究において開発者は、エルビウムとジスプロシウムをコア材に共添加した、ダブルクラッド型フッ化物ガラス光ファイバーを新たに開発しました。適した共添加濃度下において、エルビウムからジスプロシウムへのエネルギー移動が効率的に誘起されることを明らかにし、従来は困難であった波長976nm半導体レーザー（LD）励起によるジスプロシウムの中赤外発光を観測することに成功しました。

今回、開発者は、この光ファイバーを利得媒質利用したLD励起のASE光源を構築しました（図1）。最適化した長さ0.5mのダブルクラッドZBLANファイバーを、安価でマルチ横モードの976nmLDを用いて第一クラッド層励起しており、極めてシンプルかつコンパクトな装置構成となっています。近年、LD等の低価格化が進んでおり、本ASE光源をパッケージ化した場合、原価わずか20-30万円程度で作製可能と見込まれます。

図2に、作製したASE光源のスペクトルを示す。波長 $2.5 \sim 3.7 \mu\text{m}$ に亘る極めて広帯域なASE出力が得られました。出力は最大で3mWであり、中赤外波長であることを考慮すると、十分に高輝度といえます。ビーム品質の指標となる M^2 は1.1-1.3と良好であり、高効率なシングルモードファイバー結合が可能です。

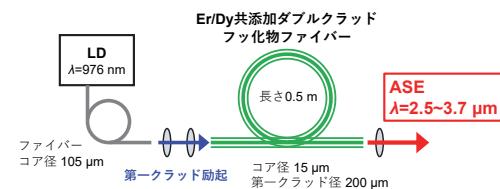


図1 開発した中赤外ASE光源の概略図

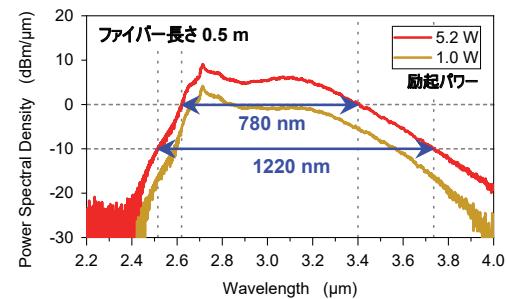


図2 中赤外ASE光源のスペクトル

想定される応用先・連携先

ASE光源の特長として、波長当たりの輝度が高く、出力・スペクトル安定性に優れていることが挙げられます。そのため、分子構造解析など学術研究のほか、光学素子の評価、ガスセンシング等の分光計測用途に適しています。さらに、ビーム品質が高く、シングルモード光ファイバーとの結合が容易なことから、ファイバー・プラグ・グレーティングを利用した各種光センサーヤ、光通信、並びに今後普及が予想される光ファイバーセンサー用光源として極めて優位性が高いと考えられます。近年では、可視域や近赤外域の通信波長帯に加えて、ツリウムを利得元素に用いた波長 $2 \mu\text{m}$ 帯のASE光源が上市されており、今後、中赤外デバイス技術の発展に伴って、潜在用途の豊富な $>3 \mu\text{m}$ 帯においてもASE光源の需要が高まることが期待されます。

アピールポイント

本提案のASE光源の性能上での主要なアピールポイントは、①センシングに重要な波長帯において従来になく広帯域であること、②出力・スペクトルが安定していてビーム品質も高いこと、③小型でシンプルな装置構成となっており安価で作製可能なことです。

ビーム品質に優れた代表的な中赤外広帯域光源として、ASE光源のほかにも、スーパー・コンティニウム（SC）光源が挙げられます。しかし、この光源は非線形光学効果を利用するため出力やスペクトル安定性がASE光源よりも低く、センシングには不向きです。また、システムが大型で複雑であり、波長 $2.5 \mu\text{m}$ よりも長波長のSC光源の市場価格は、500-1000万円と極めて高価です。

$2 \mu\text{m}$ よりも長波長のファイバーASE光源は、エルビウム系のLD励起フッ化物ファイバーレーザーの発振に伴って波長 $2.7 \sim 2.8 \mu\text{m}$ において報告されています。しかしながら、この波長帯には、大気中の水分子の吸収線が多数存在しており、大気による減衰が著しくセンシング光源には不向きです。

一方、本ASE光源で出力可能な波長 $3 \sim 4 \mu\text{m}$ は、大気中の減衰が比較的小さな「窓」に該当し、炭化水素（メタンなど）、窒素酸化物、アンモニア、ホルムアルデヒド等のガス分子の共鳴線が存在する、極めて重要な波長帯です。本発明では、ジスプロシウムの持つ広帯域な発光特性を維持したまま、高度な励起テクニックが要求されるジスプロシウム系の欠点を克服しており、いかなる既存の中赤外広帯域光源よりも優位性の高い革新的なASE光源を実現しました。

論文情報

- [1] Kenji Goya, Akira Mori, Shigeki Tokita, Ryo Yasuhara, Tetsuo Kishi, Yoshiaki Nishijima, Setsuhisa Tanabe, and Hiyori Uehara, "Broadband mid-infrared amplified spontaneous emission from Er/Dy co-doped fluoride fiber with a simple diode-pumped configuration," *Scientific Reports* 11, 5432 (2021).
- [2] Hiyori Uehara, Weichao Yao, Akio Ikesue, Hiroyuki Noto, Hengjun Chen, Yoshimitsu Hishinuma, Takeo Muroga, and Ryo Yasuhara, "Dy-doped CaF₂ transparent ceramics as a functional medium in the broadband mid-infrared spectral region," *OSA Continuum* 3(7), 1811-1818 (2020).

特許情報 出願番号：特願2020-208308
発明の名称：光ファイバおよびASE光源

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

高出力な中赤外パルスレーザー発振を可能とする新規可飽和吸収体

SEEDS

核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword 飽和吸収体、受動Qスイッチング、中赤外パルスレーザー、レーザー加工、ガスセンシング

研究概要

本発明では、中赤外波長域において非線形吸収特性を示す新たな可飽和吸収体、およびそれを用いたレーザー発振器を提供します。可飽和吸収体とは、強度の低い入射光に対して吸収体として働き、強度の高い入射光に対しては吸収体としての能力が飽和し透明体として働く物質のことです。可飽和吸収体を固体レーザー共振器中に導入することで、受動Qスイッチや受動モードロッカーとして動作し、高いピーク出力を有する短パルスレーザーが発振します。可飽和吸収体を用いた近赤外波長短パルスレーザーは近年広く普及していますが、一方で、中赤外波長レーザーに適用可能な可飽和吸収体はFe:ZnSe、GaAs系半導体、グラフェン、カーボンナノチューブ等に限られています。最近、波長 $3\text{ }\mu\text{m}$ 近傍で発振するエルビウム系固体レーザーが盛んに研究されるようになり、高ピーク出力化のための可飽和吸収体に対する要求が高まっています。

本発明では、波長 $2.5 \sim 3.2\text{ }\mu\text{m}$ において優れた非線形吸収特性を示す新たな可飽和吸収体であるジスプロシウム添加透明材料を提案しています。実施例として、ジスプロシウム添加フッ化カルシウム透明セラミックスを作製し、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯における非線形吸収特性を調査しました。その結果、比較的低い飽和強度で、大きな変調深さを有する非線形吸収が確認され、中赤外可飽和吸収体として利用可能であることを見出しました。さらに、ジスプロシウム添加フッ化カルシウム可飽和吸収体を用いてEr:YAlO₃レーザーの受動Qスイッチングを試み、波長 $2.9\text{ }\mu\text{m}$ におけるナノ秒パルス動作を実証しました。

本発明で提案するジスプロシウム添加材料の優位点として、飽和強度が比較的低く変調度が高いこと、添加濃度の調整によって変調深さが精度よく制御可能であること、吸収極大波長がエルビウム系固体レーザーの発振波長とよい一致を示すことなどが挙げられます。また、グラフェンに代表される波長に無依存な可飽和吸収体と異なり、波長 $0.97\text{ }\mu\text{m}$ の励起光を吸収しないことも大きな利点であり、これにより従来にないコンパクトかつ高ピーク出力なレーザー発振器の構築が可能です。

想定される応用先・連携先

中赤外波長域には多くの分子の共鳴線が存在します。これを用いた中赤外レーザーの応用範囲は、分子構造解析や同位体計測、分光測定といった学術分野にとどまらず、レーザー加工やガスセンシングに挙げられる産業応用、呼気診断や血液検査、歯科治療、手術用メス等の医療分野など多岐にわたっています。そのほかにも、爆発物や可燃性・毒性ガスの遠隔検出などの社会的に極めて重要性の高い応用用途が存在します。そのため、近年では、中赤外波長コヒーレント光源に対する需要が爆発的に高まっており、既存光源の希少な新波長帯レーザーの開発やその小型化・高効率化は重要な課題です。特に、波長 $3\text{ }\mu\text{m}$ 近傍には、OH伸縮振動モードに起因する強い吸収バンドが存在するため、この波長のレーザーを用いることで、水分を含有した生体組織やガラス材料、OH基を有する樹脂材料などに対して強い相互作用が誘起され、高品位なレーザー加工が期待できます。

本研究で新たに開発した可飽和吸収体を用いることで、高いピーク出力を有する $3\text{ }\mu\text{m}$ レーザーの開発が可能になり、レーザー加工分野にブレークスルーをもたらすことが期待されます。今後はレーザー加工機メーカー等と連携することで、高スループットな産業用加工光源を世界に先駆けて実現することを目指しています。

アピールポイント

中赤外波長、特に $3 \sim 4\text{ }\mu\text{m}$ 域において低光損失かつ優れた変調特性を有する可飽和吸収体は希少です。従来の吸収体の問題点として、可視・近赤外波長域における光吸収が大きいことが挙げられます。一般的に、パルスレーザー発振器において、可飽和吸収体の励起光吸収は性能低下の要因となります。

本発明で提案するジスプロシウム添加材料の優位点として、飽和強度が比較的低く変調度が高いこと、添加濃度の調整によって変調深さが精度よく制御可能であること、吸収極大波長がエルビウム系固体レーザーの発振波長とよい一致を示すことなどが挙げられます。また、励起光（エルビウム系中赤外レーザーの場合 $0.97\text{ }\mu\text{m}$ ）を吸収しないことも大きな利点であり、これにより直線型で長さの短いレーザー共振器の構成が可能になり、従来にないコンパクトかつ高ピーク出力なパルスレーザーの開発が期待されます。Dy:CaF₂は、特に、波長 $2.5 \sim 3.2\text{ }\mu\text{m}$ に渡って連続的に大きな吸収断面積を有しており、Er:YAGレーザー、Er:ZBLANレーザーに代表される全てのエルビウム系レーザー、並びにCr:ZnSeレーザー等の様々な $3\text{ }\mu\text{m}$ 帯レーザー発振器に適用可能です。

論文情報

- Hiyori Uehara, Weichao Yao, Akio Ikesue, Hiroyuki Noto, Hengjun Chen, Yoshimitsu Hishinuma, Takeo Muroga, and Ryo Yasuhara, "Dy-doped CaF₂ transparent ceramics as a functional medium in the broadband mid-infrared spectral region", OSA Continuum 3(7), 1811-1818 (2020).
- Ryo Yasuhara, Hiyori Uehara, Weichao Yao, Hengjun Chen, Shigeki Tokita, and Hiroaki Furuse, "Dy-doped Y₂O₃ transparent ceramics as a mid-infrared laser medium and saturable absorber", Optical Materials Express 10(11), 2998-3006 (2020).
- Hiyori Uehara, Daisuke Konishi, Kenji Goya, Ryo Sahara, Masanao Murakami, and Shigeki Tokita, "Power scalable 30-W mid-infrared fluoride fiber amplifier," Optics Letters 44, 4777-4780 (2019).
- Hiyori Uehara, Shigeki Tokita, Junji Kawanaka, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Seiji Shimizu and Ryo Yasuhara, "Optimization of laser emission at 2.8 μm by Er:Lu203 ceramics," Optics Express 26, 3497-3507 (2018).

特許情報

出願番号：特願2020-058899

発明の名称：可飽和吸収体およびレーザー発振器

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

中赤外短パルスレーザーによる 新規樹脂フィルム加工法

核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword レーザー加工、積層樹脂フィルム加工、ディスプレイパネル、中赤外レーザー

研究概要

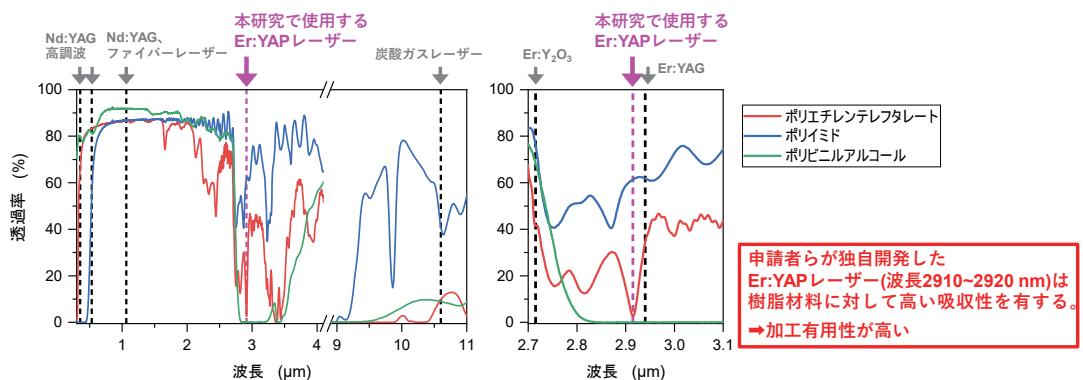
近年、モバイルフォンや車載ディスプレイ用途として積層樹脂フィルムから成るディスプレイパネルが開発、上市されています。ディスプレイパネルの切断等を高精度に行うために樹脂の吸収特性に適合した新規波長のレーザー光源での加工が要求されています。開発者らはPET樹脂の吸収極大波長2920nmにおいて高出力で発振するEr:YAPパルスレーザーを独自開発することに成功しました。新たに開発した加工用中赤外レーザー光源は、発振波長2920nm、パルス幅90ns、パルスエネルギー50μJ、ピーク出力600Wであり、当該波長帯の固体レーザーでは世界最高レベルの出力特性を有しています。この光源に加え、中赤外波長用の特殊ミラーや特殊レンズ等を用い、ビームスポット半径が9～10μmで、自動スキャン可能な微細加工システムを構築することに成功しました。

想定される応用先・連携先

近年、モバイルフォンや車載ディスプレイに対して軽量化や自由形状化といった新たな付加価値が求められており、機能性を付与した積層樹脂フィルムから成るディスプレイパネルが開発、上市されています。本研究で提案・検証する加工法は、ディスプレイパネル製造過程で求められる積層樹脂フィルムの高品位かつ高スループットな加工を可能とする新規技術です。今後は、ディスプレイパネル製造過程で求められる積層樹脂フィルムの高品位かつ高スループットな加工を実現すべく、本システムを用いた加工技術を世界に先駆けて提供し、産業界と共同で産業グレードの中赤外レーザー加工機の開発を目指します。

アピールポイント

本研究では、波長2.92μmにおいて高出力で発振するエルビウム添加イットリウム・アルミニウム・ペロブスカイト(Er:YAP)レーザーでの加工を新たに提案しました。図1に示す樹脂材料は、波長2.8~3.5μmにおいて吸収性が高く、特にEr:YAPレーザー波長の2.92μmでは、特異的な吸収特性を有しています。そのため、Er:YAPレーザーは、樹脂フィルム加工用途において優位性が高く、高品位で高スループットな加工用光源としての応用が期待できます。波長3μm近傍では、Er:YAGレーザーが歯科治療・皮膚治療など医療分野でいち早く実用化されていますが、中赤外レーザーを用いたガラスや樹脂材料等のレーザー加工は十分に実証されていません。今回開発した中赤外レーザー加工システムを用いることで、ディスプレイ材料として一般的なポリエチレンテレフタート(PET)を極めて高品位かつ高速で微細加工することが可能となります(加工結果の詳細はお問い合わせください)。



論文情報

- Weichao Yao, Hiyori Uehara, Hiroki Kawase, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Highly efficient Er:YAP laser with 6.9 W of output power at 2920 nm," Optics Express 28, 19000 (2020).
- Hiroki Kawase, Hiyori Uehara, Weichao Yao, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Optical chopper based mechanically Q-switched ~3 μm Er:YAP single-crystal laser," Japanese Journal of Applied Physics 60, 012002 (2021).
- Hiyori Uehara, Shigeki Tokita, Junji Kawanaka, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Seiji Shimizu and Ryo Yasuhara, "Optimization of laser emission at 2.8 μm by Er:Lu₂O₃ ceramics", Optics Express, 26, 3497-3507 (2018).
- Hiroki Kawase, Hiyori Uehara, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Passively Q-switched 2.9μm Er:YAP single crystal laser using graphene saturable absorber", Applied Physics Express, 12, 102006 (2019).

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL:03-5425-1318・1316 E-mail:nins-sangaku@nins.jp

小型で高出力な中赤外 Er:YAPレーザーの開発

核融合科学研究所・准教授 安原 亮
核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword 中赤外レーザー、レーザー加工、ガスセンシング

研究概要

開発者からのグループでは、波長 $2.92 \mu\text{m}$ で発振する極めて小型かつ高出力な固体レーザー発振器を世界に先駆け開発することに成功しました。

波長 $3 \mu\text{m}$ 近傍には、OH伸縮振動モードに起因する強い吸収バンドが存在します。そのため、この波長のレーザーを用いることで、水分を含有した生体組織やガラス材料、OH基を有する樹脂材料などに対して強い相互作用が誘起され、高品位な微細加工が期待できます。

開発者からの開発したエルビウム添加イットリウムアルミニウムペロブスカイト (Er:YAP) レーザーは、半導体レーザーを励起光源とした長さ 10mm 前後の極めて小型な発振器であり、波長 $2.92 \mu\text{m}$ において 5W を超える連続波出力を高いビーム品質で得ることができます。また、受動 Q スイッチング、能動 Q スイッチングによるパルス発振動作も可能です。小型で比較的安価なシステムでありながら、極めて高い出力を有することから、レーザー加工やセンシング分野にブレークスルーをもたらす革新的なレーザー光源です。

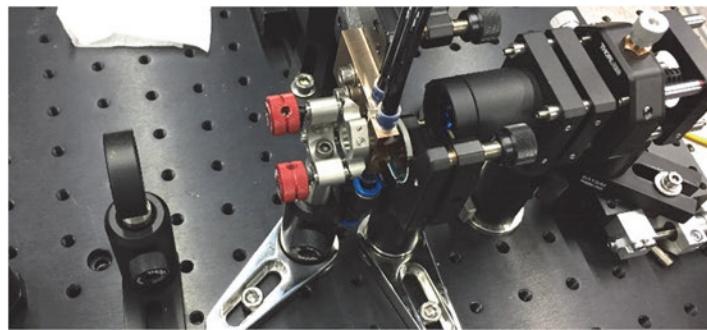


図1 開発したレーザー発振器

想定される応用先・連携先

近年、モバイルフォンや車載ディスプレイに対して軽量化や自由形状化といった新たな付加価値が求められており、機能性を付与した積層樹脂フィルムから成るディスプレイパネルが開発、上市されています。一般的に用いられる PET 樹脂の吸収極大波長は、Er:YAP レーザーの発振波長 2920nm とよい一致を示します。そこで、PET 樹脂フィルムの加工検証実験をおこなった結果、極めて高品位かつ高速な切断加工を実証することに成功しました。

今後は、レーザー加工機メーカーなどと共同で Er:YAP レーザーを搭載した産業グレードの中赤外レーザー加工機の開発を目指したいと考えています。また、ガスのリモートセンシングや同位体計測応用も視野に入れ、関連企業との連携を検討しています。

アピールポイント

開発者からの開発した Er:YAP レーザーは、半導体レーザーを励起光源とした長さ 10mm 前後の極めて小型な発振器であり、波長 $2.92 \mu\text{m}$ において 5W を超える連続波出力を高いビーム品質で得ることができます。また、受動 Q スイッチング、能動 Q スイッチングによるパルス発振動作も可能であり、熱的加工にとどまらず、高ピーク出力パルスでの微細加工も可能です。小型で比較的安価なシステムでありながら、極めて高い出力を有することから、レーザー加工やセンシング分野にブレークスルーをもたらす革新的なレーザー光源です。

論文情報

- Weichao Yao, Hiyori Uehara, Hiroki Kawase, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Highly efficient Er:YAP laser with 6.9 W of output power at 2920 nm", Optics Express, 28, 19000-19007 (2020).
- Hiroki Kawase, Hiyori Uehara, Weichao Yao, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Optical chopper based mechanically Q-switched ~3 μm Er:YAP single-crystal laser," Japanese Journal of Applied Physics 60, 012002 (2021).
- Hiroki Kawase, and Ryo Yasuhara, "2.92-μm high-efficiency continuous-wave laser operation of diode-pumped Er:YAP crystal at room temperature," Optics Express 27, 12213-12220 (2019).
- Hiyori Uehara, Shigeki Tokita, Junji Kawanaka, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Seiji Shimizu and Ryo Yasuhara, "Optimization of laser emission at 2.8 μm by Er:Lu203 ceramics," Optics Express 26, 3497-3507 (2018).
- Hiroki Kawase, Hiyori Uehara, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Passively Q-switched 2.9μm Er:YAP single crystal laser using graphene saturable absorber," Applied Physics Express 12, 102006 (2019).

特許情報 出願番号：特願 2018-076779
発明の名称：レーザー装置

出願番号：特願 2020-058899
発明の名称：可飽和吸収体およびレーザー発振器

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

Keyword 接点材料、異種金属接合、放電プラズマ焼結法

研究概要

本研究で対象とする製品は大電流制御スイッチです。これは新幹線等の鉄道や、建設重機等で使用される接点材料であり、一般に銅 (Cu) とタンゲステン (W) の合金や、銀 (Ag) とWの合金が使われています。この材料は、スイッチ材料として、電気伝導性の良いCuあるいはAgと高融点でアーク消耗性の低いWの両方の特性を活かした複合材料です。これらの複合材料と基盤となる母材の鉄製のボルトとの接合はロウ付けで接合されますが、一般にロウ付け法は接合面積率が低く、接合強度が低いことから、接合界面において亀裂や剥離が発生し破損の原因となります。

本研究では、放電プラズマ焼結 (SPS) 法を用いて上記の異種金属接合を行います。SPS法では、固体間あるいは粒子間に低電圧で大電流を印加することで、粒子間に「火花放電現象」が生じます。この粒子間放電によって生じる粒子表面の局所的な気化および溶融現象を接合駆動力として利用している点にSPS法の大きな特徴があります。さらに特定の還元雰囲気下で接合を行うことにより、接合を阻害する酸化物の生成を大幅に抑制し、比較的短時間で高品質・高強度の異種金属接合を実現します。

これまでの研究で、ロウ付け法と比べて極めて高い有効接合面積が実現できることが分かっています（図1：画像は接合面積100mm×100mmの試料の接合界面の欠陥を超音波探傷試験にて可視化したもの）。更にロウ付け面が存在しないことから、熱伝導性および電気伝導性においても優れた高性能接点材の製作が期待できます。

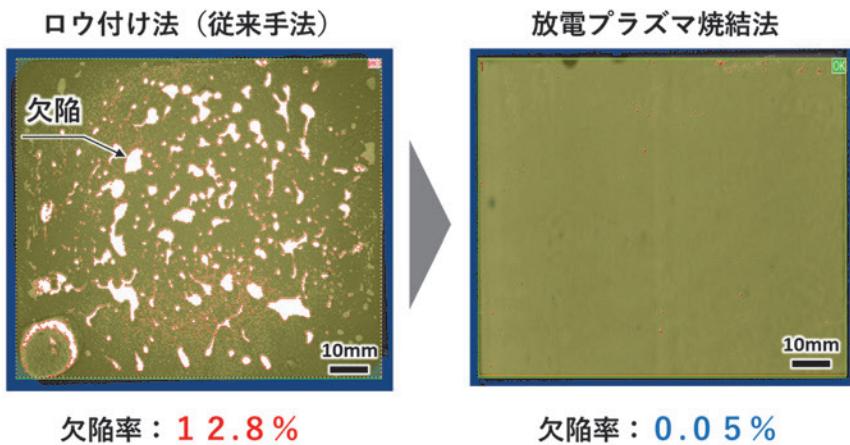


図1

ロウ付け法と放電プラズマ焼結法の接合界面における有効接合面積(欠陥面積率)の比較
※超音波探傷試験にて接合界面の欠陥を可視化

想定される応用先・連携先

本技術は様々な製品の電極材として応用展開が可能です。想定される応用先として、鉄道車両や、建設重機等の接点材料のみならず、ガス遮断器やタップ切替器、および電磁接触器など大電流を制御する機器類、あるいは放電加工機やスポット溶接機の電極材料としても適用が期待されます。これらすべての製品の長寿命化に貢献できます。

アピールポイント

従来のロウ付け法と比較して接合面積率が高く、接合強度も高いため、接合界面における亀裂や剥離を大幅に抑制します。

特許情報 特許番号：特許第6563581号
発明の名称：ダイバータ用異種金属接合体

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

Keyword 有限要素法、構造応力解析、電磁界解析、流体解析、ANSYS

研究概要

核融合科学研究所では、将来の核融合発電を早期実現するために、世界最大級の超伝導コイルを有する大型ヘリカル装置（LHD）を用いて、高温プラズマの閉じ込め研究を行っています。LHDの高磁場・高熱負荷環境において使用する機器を、十分な信頼性・安全性を確保しつつ、低コストで実現し、効率的に研究を推進するため、有限要素解析コード「ANSYS」を用いたシミュレーションに基づく研究開発活動を広範に展開しています。

例えば、大型ヘリカル装置LHDの真空容器内部では、「ダイバータ」と呼ばれる狭小空間において使用される真空ポンプがプラズマや周辺機器からの高い輻射熱環境下に置かれます。そのため真空ポンプには輻射熱を遮るシールドを設置しますが、同時に排気効果を阻害しない十分な開口も必要となります。そこで設計チームは、このような相反する設計要求をクリアするため、精緻な3D-CADモデルを構築し、輻射熱やシールドの冷却性能を考慮したシミュレーションを実施しました。この計算結果を構造設計に反映することで、厳しい設計要求に応えるデザインを実現し、実際にLHDの実験で運用しています（参考：<https://www.nifs.ac.jp/NIFS-NEWS/pdf/243-2.pdf>）[1]。また、大学との共同研究では、効率的なプラズマ生成方式を探索するために真空容器中にマイクロ波を導入した場合の電界強度分布の評価（図1）[2]や新概念に基づく核融合実験装置の構造応力解析、プラズマ輻射熱解析、渦電流による電磁力解析（図2）[3]等も行っています。

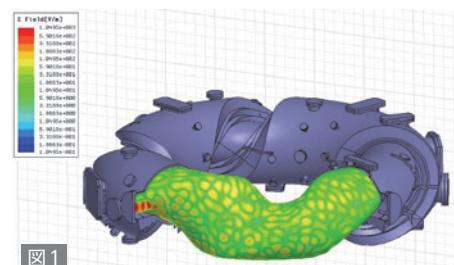
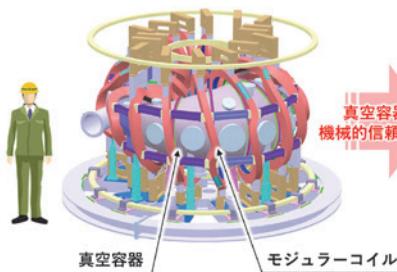


図1

解析例：プラズマ実験装置真空容器内に2.45GHzマイクロ波を入射した時の電界強度分布（大学との共同研究）

図2

解析例：国際共同プロジェクトとして建設が進められている核融合実験装置（準軸対称ヘリカル装置CFQS）における、CFQS真空容器に働く大気圧および渦電流の効果を含めた構造応力解析。

想定される応用先・連携先

核融合科学研究所では、主として磁場閉じ込めプラズマ実験装置での適用を念頭に置いて、装置本体、計測機器、プラズマ加熱装置等の開発を行っていますが、このような大規模で複合的な物理環境を扱う物理シミュレーションは、自動車、鉄道、航空産業など幅広い産業分野にも適用できます。これにより、少人数のエンジニアでも比較的短時間で多くのデザインを検証でき、その結果を機器開発へ迅速にフィードバックできます。また、試作コストが高い、あるいは想定される試験条件を再現するのが困難な場合など、物理試験にかかる時間やコストの低減にも役立ちます。

実際の共同研究では、既存あるいは設計中の構造や物理課題に対して、①最適な解析モデル作成、②必要十分な計算メッシュの設定、といった手順で計算条件を設定し、計算を実行後に③目的に適した結果表示を行います。また、3D-CADモデルの寸法値などをパラメータとし、複数の設計案をまとめて解析するといったことが可能です。

アピールポイント

高熱負荷、高磁場等の極限環境における熱、構造、電磁場、流体解析などの豊富な経験と実績があります。
複雑な3次元曲面を有するモデルや複合的な物理現象の解析が可能です。

論文情報

[1] Takanori Murase, et al., "Development of In-Vessel Cryo-Sorption Pump for LHD Closed Helical Divertor", J. Plasma Fusion Res. 93, (2017) 213-221

[2] 河野星志、「ヘリオトロンJにおける有限要素法を用いたNBIプラズマ着火アシスト用マイクロ波の電界強度分布解析」、京都大学工学部電気電子工学科学士学位論文、2019

[3] Takanori Murase, et al., "Eddy current analysis for vacuum vessel of CFQS quasi-axisymmetric stellarator" Fusion Engineering and Design 161 (2020) 111869.

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

基礎生物学研究所

NIBB



SEEDS

基礎生物学研究所・特任教授 成瀬 清

Keyword Genome Wide Association Studies (GWAS)、改良メダカ、選抜育種、遺伝子タイプ

研究概要

10年ほど前、非常に鮮やかな緑色の体色を示すメダカが発見され「楊貴妃」と命名され販売がはじまりました。今までのヒメダカにはない強いオレンジ色のメダカは人気を博し、高い値段で取引されるようになりました。その後、それまでに知られていた体色や体型に関する突然変異体との交配によって様々な体色や形態をもつメダカ系統が作出され現在では「改良メダカ」として販売されています。

本研究は、この様々な形質をもつ「改良メダカ」のゲノム塩基配列を決定し、その形質に特異的に連鎖するDNA多型をGenome Wide Association Studies (GWAS)によって同定し、その配列を特異的に検出できるPCRプライマーを設計することで効率的に改良メダカを作出できる方法を樹立することを目的としています。今回の研究では既にゲノムDNAを抽出した改良メダカ20系統とさらに28系統を加えた合計48系統を選び、各系統2個体の計96個体の全ゲノム配列を決定します。解析の対象は楊貴妃、ミユキ、オロチ（全身黒）、ヒレ長、部分ヒレ長、出目、ラメ、二色、三色など10程度の新規形質に加え、解析系のベンチマークを目的として既に原因が判明しているヒカリ（*zic1/zic4*）、ダルマ（*wnt4b*）、アルビノ（*Tyr/OCA2*）を解析に含めています。これらの系統についてゲノム配列を決定し、GWASを行うことで、それぞれの形質にリンクするDNA多型を同定するとともに、その領域を特異的に認識するPCR用プライマーを設計することで交配による新「改良メダカ」の樹立を容易にする方法論を確立します。これにより「改良メダカ」業界ひいては観賞魚業界に貢献するとともに、廃棄処分されるメダカを減らすことで野外への改良メダカ廃棄による遺伝子汚染の可能性を軽減できます。

想定される応用先・連携先

本研究によって明らかになった遺伝マーカーを用いた育種技術を提供することで、国内のメダカ生産業者との連携による観賞魚産業への寄与が期待できます。またキンギョ、錦鯉への応用や他の観賞魚にその知見を応用することでより多様な観賞魚を遺伝育種によって作出する基盤が構築できます。

アピールポイント

本研究の実施により体色や形態など従来のメダカとはその表現型が大きく異なるメダカを人為的に作出するための遺伝基盤を理解することができます。これにより効率的に改良メダカを作成することができるようになると期待されます。

メダカはキンギョ等に比べて世代時間が3ヶ月程度と短いため、得られた知見の検証も容易です。また小型であるので一般家庭でもより簡単に飼育を開始できることから、潜在的なユーザー数もより多いと考えられます。また海外への輸出実績もあり、本研究成果の海外展開も期待されます。

論文情報

- Kimura, T., Takehana, Y., and Naruse, K. (2017). *Pnp4a* is the causal gene of the medaka iridophore mutant guanineless. *G3: Genes, Genomes, Genetics* 7, 1357-1363.
- Kimura, T., Nagao, Y., Hashimoto, H., Yamamoto-Shiraishi, Y. I., Yamamoto, S., Yabe, T., Takada, S., Kinoshita, M., Kuroiwa, A., and Naruse, K. (2014). Leucophores are similar to xanthophores in their specification and differentiation processes in medaka. *Proc Natl Acad Sci* 111(20), 7343-7348.
- Nagao, Y., Suzuki, T., Shimizu, A., Kimura, T., Seki, R., Adachi, T., Inoue, C., Omae, Y., Kamei, Y., Hara, I., Taniguchi, Y., Naruse, K., Wakamatsu, Y., Kelsh, R.N., Hibi, M. and Hashimoto, H. (2014). *Sox5* functions as a fate switch in medaka pigment cell development. *PLoS Genetics*, 10(4), e1004246.
- Moriyama, Y., Kawanishi, T., Nakamura, R., Tsukahara, T., Sumiyama, K., Suster, M. L., Kawakami, K., Toyoda, A., Fujiyama A., Yasuoka Y., Nagao, Y., Sawatari, E., Shimizu, A., Wakamatsu, Y., Hibi, M., Taira, M., Okabe, M., Naruse, K., Hashimoto, H., Shimada, A. and Takeda, H. (2012). The Medaka *zic1/zic4* Mutant Provides Molecular Insights into Teleost Caudal Fin Evolution. *Current Biology*, 22(7), 601-607.
- Kon, T., Omori, Y., Fukuta, K., Wada, H., Watanabe, M., Chen, Z., Iwasaki, M., Mishina, T., Matuzaki, S., Yoshihara, D., Arakawa, J., Kawakami, K., Toyoda, A., Burgess, S. M., Noguchi, H. and Furukawa, T. (2020). The Genetic Basis of Morphological Diversity in Domesticated Goldfish. *Current Biology*, 30(2), 2260-2274 e6.

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL : 03-5425-1318・1316 E-mail : nins-sangaku@nins.jp

Keyword RNA干渉法、害虫防除法、生物農薬、ナミテントウ、RNA農薬

研究概要

爆発的な人口増加に伴い世界規模での食糧不足が緊迫するなか、農作物の約3分の1が病害虫により消失しており、世界規模での食糧増産を果たす上で、いかに害虫を管理するかは重要な問題です。従来の害虫管理は、主に化学農薬に頼っており、農薬市場は世界中で年間約3兆円の市場規模に膨らんでいます。化学農薬は人畜に対する安全上の課題や環境負荷が大きく、害虫は化学農薬に対する耐性を短期間のうちに獲得するため、次々と新たな作用点を持つ薬剤の開発を余儀なくされています。持続的な農業生産を目指す上で、これら既存の害虫管理の限界を打破する新たな技術の開発が望まれています。私達は、RNA干渉(RNAi)を利用して害虫の生存に必須な遺伝子の二本鎖RNAを摂食させることによる遺伝子阻害法を利用し、標的害虫のみを駆除することが可能な画期的な方法(RNA農薬)を発見しました。そこで、この原理を利用した安全で耐性昆虫の出現を許さない非GM(Genetically Modified)型新奇害虫防除法を開発するため、(1) 非GM型新奇農薬としてRNA農薬の実用化に向けた基盤研究、ならびに(2) RNAiを利用した高付加価値化した非GM型新奇生物農薬の創生に向けた基盤研究を行ってきました。その成果として、(1) 害虫の生存に必須のアポトーシス阻害因子(Inhibitor of apoptosis; Iap)由来の二本鎖RNAをジャガイモ害虫であるニジュウヤシテントウに摂食させたところ、速効的な摂食停止と致死をもたらすことを明らかにしました(図1)。(2) RNAi法を利用して、生物農薬としての天敵昆虫利用の際の欠点を補う“翅なしテントウムシ”作出に成功しました。現在、生物農薬として有用な形質をもたらす新規遺伝子を単離し、二本鎖RNAの摂食に基づく遺伝子機能阻害により、様々な高付加価値化した非GM型機能改変天敵昆虫の開発を行っています。

RNA農薬の有効性の実証

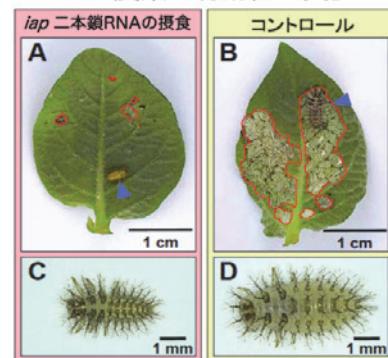


図1 *iap* 二本鎖RNAの摂食による新奇害虫防除法。
(A) *iap* 二本鎖RNA摂食によりジャガイモ葉の食害停止。
(B) コントロール個体による食害の拡大。
赤線内：食害領域、青三角：幼虫。
(C) *iap* 二本鎖RNA摂食による早期の発育停止、致死。
(D) コントロール個体は正常に発育。

想定される応用先・連携先

農業害虫防除、衛生害虫防除、家屋害虫防除、ダニ防除、外来種防除、線虫防除など。

アピールポイント

本研究の独創性は、生体高分子であるRNAを直接農薬として利用する点にあります。原理はきわめて単純であり、二本鎖RNAを害虫が摂食することにより、生存に必須な遺伝子の機能を阻害するRNAi法に基づいています。これまでチトクロームP450、V-ATPaseなどの生存に必須な遺伝子の二本鎖RNAの摂食および二本鎖RNA発現遺伝子組換え植物を用いた害虫防除法が、さまざまな害虫を用いて試みられていますが、これらの従来の方法は防除効果が表れるまでに1週間以上も要するため速効性がなく、また害虫の致死率も100%に達していません。開発者らのこれまでの研究から*iap*遺伝子を標的としたRNA農薬の効果は絶大であることが明らかになっています。

開発者らは通常、RNA農薬の有効量の10,000倍以上ものRNAを日々食物から摂取していることからRNA農薬の人体への影響は考えにくく、RNA農薬は従来の化学農薬に比べ圧倒的に安全であり、環境影響も小さいと考えられます。また、標的RNA配列の選択により標的害虫の特異性を自在に設計でき、従来の農薬では常に問題となる耐性昆虫の出現も抑制できます。

論文情報

- Ohde, T., Masumoto, M., Morita-Miwa, M., Matsuura, H., Yoshioka, H., Yaginuma, T. and Niimi, T. (2009) Vestigial and scalloped in the ladybird beetle: a conserved function in wing development and a novel function in pupal ecdysis. Insect Mol. Biol., 18, 571-581.
- Chikami, Y., Kawaguchi, H., Suzuki, T., Yoshioka, H., Sato, Y., Yaginuma, T. and Niimi, T. (2019) Oral RNAi of diap1 in a pest results in rapid reduction of crop damage. bioRxiv, doi: <https://doi.org/10.1101/737643>.

特許情報

特許番号：特許第4911731号
発明の名称：テントウムシ科の昆虫を含む生物農薬

特許番号：特許第5305489号
発明の名称：害虫防除方法

Keyword 人工知能、視覚、交通事故、大脳、錯覚

研究概要

私達は大脳の数理モデルを組み込んだディープニューラルネットを使用して、人の視覚をシミュレートできるAIを開発しました。時に人の知覚は錯覚のようなエラーを起こしますが、本AIではそのようなエラーを含めた再現が可能です。例えば、人は動いていない図形であっても動いていると知覚することがあります。本AIではそうした知覚を再現することができます（図参照）。本AIを応用すれば、人の知覚の特性上必然的に生じる見落としなどの事象を防ぐツールの開発が可能となります。見落としなどは自動車の運転などでは事故の原因となるため、これを支援するツールは有用です。人は視覚情報に大きく頼って生活をしており、本技術の応用範囲は広いと考えられます。

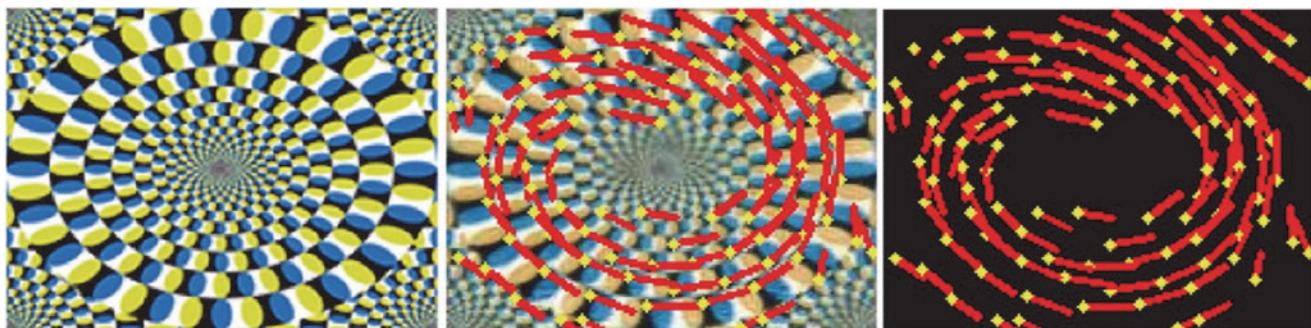


図1 左図が錯視图形、中央図と右図はAIの予測した知覚上の動きを赤い線で表示しており、人の知覚が再現されている。

想定される応用先・連携先

歩行者やドライバーの視覚支援、路面標識や案内地図などの都市デザイン、遠隔医療などで遠隔操作の支援、広告デザインの最適化、監視システムの支援など。

アピールポイント

従来技術には、AIによる画像分析があります。こうした画像分析は専門性が高く、人間よりも正確で優れた性能を持ちます。今回のAI視覚は、正確性よりも人の感性に近い特性を持つことが特徴です。そのため、人間により近くで寄り添う支援ツールの開発が可能となります。

論文情報

- Watanabe E, Kitaoka A, Sakamoto K, Yasugi M and Tanaka K (2018) Illusory Motion Reproduced by Deep Neural Networks Trained for Prediction. *Front. Psychol.* 9:345. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00345

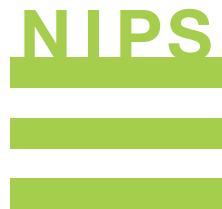
特許情報

出願番号：特願2019-084479

発明の名称：画像分類器、画像分類方法およびコンピュータプログラム

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

生理学研究所



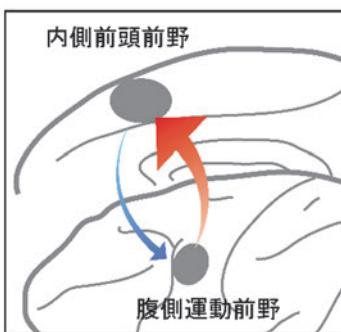
SEEDS

生理学研究所・教授 磯田 昌岐

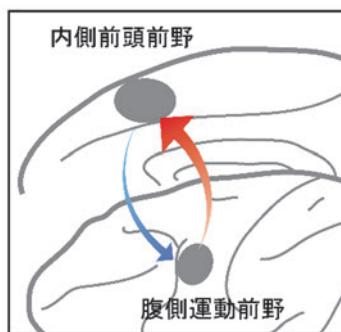
Keyword 他者、映像、オンライン、コミュニケーション**研究概要**

実社会では他者の行動観察を通して抽出した情報を自己の行動決定に役立てています。これまでの研究から、社会の複雑化とともに発達してきた大脳新皮質、とくに腹側運動前野や内側前頭前野とよばれる脳領域が、他者の行動情報の処理・利用に重要な役割を果たすことが示唆されてきました。しかし近年、私たちのコミュニケーションは目の前に実在する相手（実在他者）だけでなく、テレビ会議の相手（映像他者）や接客ロボット（物体他者）などにまで広がっています。さまざまな他者とかかわりあう際にこれらの脳領域がどのように機能し、どのように情報のやり取りをしているのかはわかっていました。開発者らは霊長類動物をモデルとする研究をおこない、腹側運動前野から内側前頭前野への脳情報の流れが、実在他者とのやりとりで最も多く、物体他者とのやりとりで最も少なくなることを明らかにしました。さらに腹側運動前野から内側前頭前野への情報流を遮断すると、他者、特に実在他者の行動情報を自己の行動決定に利用することができなくなることを見出しました。

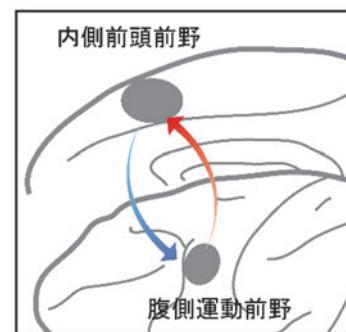
実在他者の行動観察



映像他者の行動観察



物体他者の行動観察

**想定される応用先・連携先**

今後ますます発展するウェブ社会では、映像を介する他者との円滑なコミュニケーションが求められます。基礎研究で得られる脳活動指標をコミュニケーションの診断ツールとして利用することで、企業における効率的なウェブ会議システムや教育現場における効果的なリモート授業法の開発が加速されるものと期待されます。

アピールポイント

任意の脳領域の神経活動を、ミリメートル以下の大空間解像度とマイクロ秒程度の時間解像度で計測・解析することが可能です。

論文情報

- Ninomiya T, Noritake A, Kobayashi K, Isoda M (2020) A causal role for frontal cortico-cortical coordination in social action monitoring. *Nature Communications* 11: 5233.
- Yoshida K, Go Y, Kushima I, Toyoda A, Fujiyama A, Imai H, Saito N, Iriki A, Ozaki N, Isoda M (2016) Single-neuron and genetic correlates of autistic behavior in macaque. *Science Advances* 21: e1600558.
- Yoshida K, Saito N, Iriki A, Isoda M (2012) Social error monitoring in macaque frontal cortex. *Nature Neuroscience* 15: 1307-1312.

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL : 03-5425-1318・1316 E-mail : nins-sangaku@nins.jp

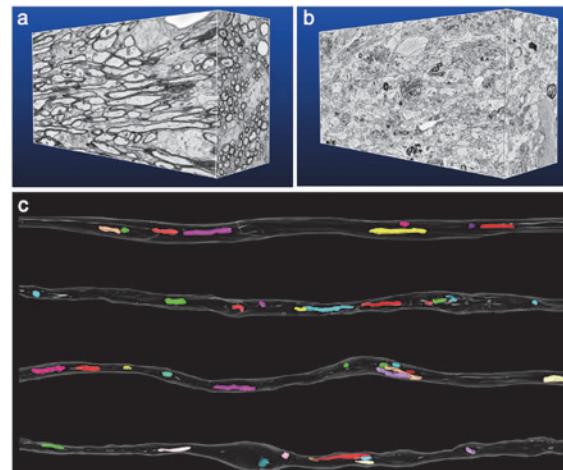
生理学研究所・客員教授 大野 伸彦

Keyword ミクロトーム組み込み式走査型電子顕微鏡、連続電顕画像、構造抽出、3次元再構築

研究概要

本研究では樹脂に包埋された生物試料をミクロトーム組み込み型走査型電子顕微鏡 (SBF-SEM) の内部で切削しながら表面を観察することにより、数十マイクロメートルにおよぶ範囲から高速に連続電子顕微鏡画像を取得します。得られた連続電子顕微鏡画像から任意の構造をセグメンテーションし、3次元再構築することで、試料内部の様々な3次元微細構造を可視化します。そして、細胞突起などの複雑な構造の追跡や体積・表面積といった立体的なパラメーターの解析を可能にします。

この研究では、固定済みの生物試料に特殊なブロック染色を行った後、樹脂に包埋して観察を行います。得られるデータの質の向上のため、包埋に特殊な導電性樹脂を使用する場合があります。これまでにヒトを含む哺乳動物の脳や腎臓などの様々な臓器や、ウニやホヤなどの無脊椎動物からデータを取得し、細胞体、ミトコンドリア、核などの様々な3次元構造を計測し、多くの成果をあげてきました。得られた膨大なデータの解析に多くのマンパワーを要することが多く、機械学習を使った効率的なデータ解析法の応用により、さらなるスループットの向上を目指しています。



マウスの脳組織から連続電顕画像を取得し(a,b)、神経突起内のミトコンドリアを再構築した(c)[Ohno et al. 2014]。

想定される応用先・連携先

遺伝的背景、環境因子、薬剤処理など、異なる条件下における組織・細胞の構造的变化を正確に捉える上で有用です。したがって、薬剤開発、健康機器開発などに利用できると考えられます。

アピールポイント

従来の電子顕微鏡レベルの微細形態解析では薄い切片を観察したり、表面構造のみを観察したりすることがほとんどで、広い領域の3次元構造を観察することは技術的に困難でした。本研究手法は3次元微細構造解析の上でのブレークスルーとも言える技術です。また、高速に連続電顕画像を取得する類似の技術も徐々に普及してきていますが、独自に開発した導電性樹脂を応用する本研究手法は、多くのサンプルの比較的広い範囲からデータを取得する上で有効な手法として、確立されています。

論文情報

- Nguyen HB, Thai TQ, Saitoh S, Wu B, Saitoh Y, Shimo S, Fujitani H, Otobe H, Ohno N. Conductive resins improve charging and resolution of acquired images in electron microscopic volume imaging. *Sci Rep.* 2016 6:23721.
- Katoh M, Wu B, Nguyen HB, Thai TQ, Yamasaki R, Lu H, Rietsch AM, Zorlu MM, Shinozaki Y, Saitoh Y, Saitoh S, Sakoh T, Ikenaka K, Koizumi S, Ransohoff RM, Ohno N. Polymorphic regulation of mitochondrial fission and fusion modifies phenotypes of microglia in neuroinflammation. *Sci Rep.* 2017 7:4942.
- Morizawa YM, Hirayama Y, Ohno N, Shibata S, Shigetomi E, Sui Y, Nabekura J, Sato K, Okajima F, Takebayashi H, Okano H, Koizumi S. Author Correction: Reactive astrocytes function as phagocytes after brain ischemia via ABCA1-mediated pathway. *Nat Commun.* 2017 8:1598.
- Takaki T, Ohno N, Saitoh S, Nagai M, Joh K. Podocyte penetration of the glomerular basement membrane to contact on the mesangial cell at the lesion of mesangial interposition in lupus nephritis: a three-dimensional analysis by serial block-face scanning electron microscopy. *Clin Exp Nephrol.* 2019 23:773-781.

特許情報

国際出願番号 : PCT/JP2019/034218

発明の名称 : 皮膚細胞の細胞活性又は肌状態の決定方法、並びに皮膚細胞賦活剤のスクリーニング方法

出願番号 : 2015-177235

発明の名称 : 形態観察用試料の調整方法及びそれに用いる液体処理用器具、試料台

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL : 03-5425-1318・1316 E-mail : nins-sangaku@nins.jp

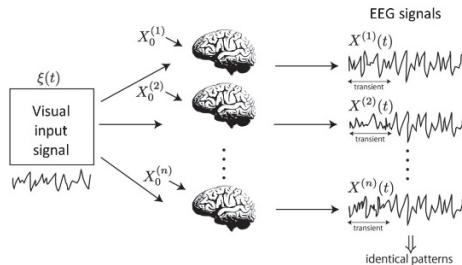
Keyword 脳波、コンシスティンシー、個人認証、個人特性、内部状態、統計的機械学習

研究概要

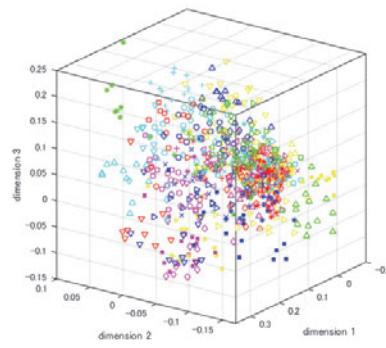
ヒトの脳波は、脳への同一の時系列の感覚ノイズ、例えば、視覚ノイズの繰り返し入力に対して、その初期状態に関わらず、特定条件下では過渡応答を経て再現性の高い信号出力を示します。この現象はコンシスティンシー（一貫性）と呼ばれ、半導体レーザーを含む一部の非線形システムでみられる興味深い現象です。本研究では、この脳の非自明な非線形ダイナミクス特性であるコンシスティンシー特性に着目し、脳波計測と解析を用いて脳波非線形ダイナミクスを利用した個人認証、および、個人特性、内部状態の推定という新たなサービスを実現します。

開発者らの脳波を用いた研究により、同一時系列の視覚的ノイズの繰り返し入力（共通ノイズ入力）に対して、脳はその非線形ダイナミクスの特性により、個人内でコンシスティンシーの高い応答を示すことが統計的機械学習手法を用いたデータ解析によって明らかとなっています。この応答は個人特異的であり、個人認証に応用でき、個人特性や内部状態の推定に用いることができるようになりました。

不規則な脳の自発活動下でも外部入力により誘起されるコンシスティンシー特性を利用した個人認証および個人特性や内部状態の推定は新規なブレインマシンインターフェース技術サービスです。入力刺激と統計的機械学習手法を工夫することにより、個人特性や内部状態の推定、さらには集団特性の可視化等へ幅広く展開可能です。



脳波コンシスティンシー特性の概念図
(Proceedings of 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications)



多様体学習手法による脳波の個人特性や集団特性の可視化

想定される応用先・連携先

- ・脳波個人認証：簡易脳波計と併用することによるセキュリティの高い個人認証
- ・個人特性推定：脳波ダイナミクスの計測と解析による性格特性、認知傾向の個人特性の定量化
- ・内部状態の推定：動画や音楽に関する嗜好性、注意、記憶等の内部状態の推定

アピールポイント

従来手法は100回程度の脳波応答の加算平均から個人認証を行っていました。本研究成果により数秒の脳波の少数の単一試行で極めて精度の高い個人認証、個人特性推定や内部状態推定が可能となります。

論文情報

• Keiichi Kitajo, Takumi Sase, Yoko Mizuno, Hiromichi Suetani,
Consistency in macroscopic human brain responses to noisy time-varying visual inputs
doi: <https://doi.org/10.1101/645499> bioRxiv 2019

• Keiichi Kitajo, Hiromichi Suetani, Consistency of human brain response to noisy visual inputs. Proceedings of 2014 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, 443-445 (2014).

特許情報

特許番号：特許第6712788号
国際出願番号：PCT/JP2016/065789
発明の名称：判定装置、判定方法、プログラム、ならびに、情報記録媒体

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

生理学研究所・教授 久保 義弘

Keyword イオンチャネル・受容体、In vitro発現系(アフリカツメガエル卵母細胞等)、電気生理学解析、光生理学解析、構造機能連関

研究概要

開発者らは、イオンチャネルや受容体等の膜タンパク質の機能発揮のメカニズムの理解を目指して研究を進めています。アフリカツメガエル卵母細胞等の in vitro 発現系を用いて、イオンチャネルや受容体の野生型およびその変異体を発現させ、2電極膜電位固定法やパッチクランプ法等の電気生理学的手法により機能解析を行う、いわゆる構造機能連関研究を進めています。

本研究では、イオンチャネルの機能を修飾する薬剤の新規同定を目指して、小分子ライブラリーのスクリーニングを行いました。その結果、Gタンパク質結合型内向き整流性 K⁺チャネル (GIRKチャネル) を、抗寄生虫剤 Ivermectin が活性化すること (J Physiol 2017, 2018)、抗ヒスタミン剤 Terfenadine が抑制すること (Br J Pharmacol 2019) を新たに見出しました。さらに、変異体の解析により、両者の作用部位を同定し、新規作用機構を解明しました。

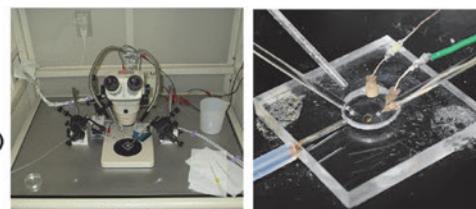
In vitro 発現系 (ツメガエル卵母細胞)

標的とする分子のみを発現させ、厳密に解析

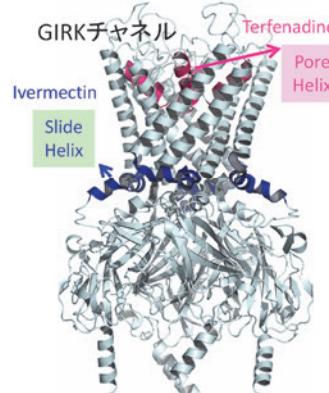


電気生理学実験 (2電極膜電位固定)

分子機能と薬剤作用の生物物理学的解析



新規知見の例



- GIRKチャネルを、抗寄生虫剤 Ivermectin が活性化する (J Physiol 2017, 2018)
- GIRKチャネルを、抗ヒスタミン剤 Terfenadine が抑制する (Br J Pharmacol 2019)
- 両者の作用部位の同定と新規作用機構の解明

想定される応用先・連携先

製薬企業等における、イオンチャネル・受容体に対する新規作用薬の開発とその作用機序の理解

アピールポイント

イオンチャネル・受容体等の膜タンパク質は、薬剤の重要なターゲット分子です。新規薬剤の探索のための大規模スクリーニングは、製薬企業等において、自動化された電気生理学記録装置や、多検体同時 Ca²⁺イメージング等により進められています。一方、その作用機構等に踏み込むためには、ある程度絞り込まれた薬剤の候補となる分子の作用を、正常型と作用候補部位等の変異体を対象として、厳密な電気生理学的解析により明らかにすることが必要です。また、開発中、もしくは既存の薬剤の標的外分子に対する副作用の解析も重要性を増しています。開発者らは、そのような解析に強みを有しています。

論文情報

- Chen IS, Tateyama M, Fukata Y, Uesugi M, Kubo Y. Ivermectin activates GIRK channels in a PIP2-dependent, G_β-independent manner and an amino acid residue at the slide helix governs the activation J Physiol. 595, 5895-5912 (2017)
- Chen IS, Liu C, Tateyama M, Karbat I, Uesugi M, Reuveny E, Kubo Y. Non-sedating antihistamines block G-protein-gated inwardly rectifying K⁺ channels Br J Pharmacol. 176, 3161-3179 (2019)

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL : 03-5425-1318・1316 E-mail : nins-sangaku@nins.jp

Keyword TRPチャネル、痛み、痒み、発汗

研究概要

TRPチャネルは感覚神経を含む多くの細胞で発現してさまざまな生理機能に関わっています。特に温度を感じて活性化する温度感受性TRPチャネルは、感覚を制御する薬剤の格好の作用標的です。開発者らはこれまでに、カルシウム透過性が高いTRPチャネルを通して流入したカルシウムイオンがTRPチャネルと複合体を形成するカルシウム活性化クロライドチャネルanoctamin1を活性化することを報告しました。また、TRPV4とanoctamin1の機能連関は、脳の脈絡叢上皮細胞では脳脊髄液分泌を、唾液腺や涙腺ではそれぞれ唾液や涙の分泌を、TRPV1とanoctamin1の感覚神経での機能連関がクロライドイオン流出からさらなる脱分極による痛み感覚の増強をもたらすことを明らかにしました。さらに、TRPV4とanoctamin1の機能連関が発汗にも関わっていることを明らかにしつつあります。

唾液や涙が出にくいことは近年大きな問題となっており、効果的な発汗制御薬はありません。また、サブサイシン受容体TRPV1は1997年に遺伝子クローニングされ新たな鎮痛薬の開発が期待されましたが、いまだにTRPV1の機能阻害剤は鎮痛薬として使われていません。したがってTRPチャネルとanoctamin1の複合体形成を阻害することやanoctamin1を活性化あるいは阻害することは、新しい薬剤開発につながります。開発者らは、TRPV1, TRPV4, anoctamin1とともに阻害する新たな薬剤として4イソプロピルサイクロヘキサンノールを同定しました。

想定される応用先・連携先

鎮痛薬、鎮痒薬、唾液分布刺激薬、涙分布刺激薬、制汗剤の開発

アピールポイント

本技術の特徴は、以下の通りです。

- ・アノクタミン1を標的とした薬剤は開発されていない。
- ・TRPチャネルを標的とした薬剤は開発は非常に少なく、TRPチャネルとアノクタミン1の複合体形成制御をメカニズムとした薬剤開発も行われていない。

論文情報

1. Takayama Y, Shibasaki K, Suzuki Y, Yamanaka A, Tominaga M. Modulation of water efflux through functional interaction between TRPV4 and TMEM16A/anoctamin 1. *FASEB J.* 28: 2238-2248, 2014.
2. Takayama Y, Uta D, Furue H, Tominaga M. Pain-enhancing mechanism through interaction between TRPV1 and anoctamin 1 in sensory neurons. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 112(6): 5213-5218, 2015.
3. Takayama Y, Furue H, Tominaga M. 4-isopropylcyclohexanol has potential analgesic effects through the inhibition of anoctamin 1, TRPV1 and TRPA1 channel activities. *Sci. Rep.* 7: 43132, 2017.
4. Derouiche S, Takayama Y, Murakami M, Tominaga M. TRPV4 heats up ANO1-dependent exocrine gland fluid secretion. *FASEB J.* 32 (4): 1841-1854, 2018.

特許情報

出願番号：特願2017-158822

発明の名称：活性抑制剤および皮膚感覚過敏抑制剤

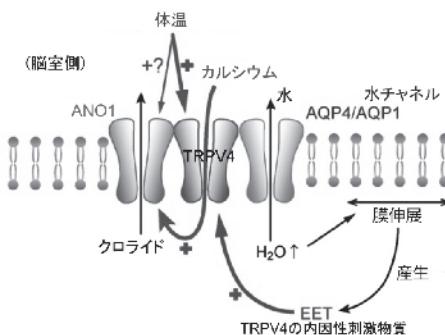


図1 脳の脈絡叢上皮細胞でのTRPV4とanoctamin1(ANO1)の機能連絡と水流出

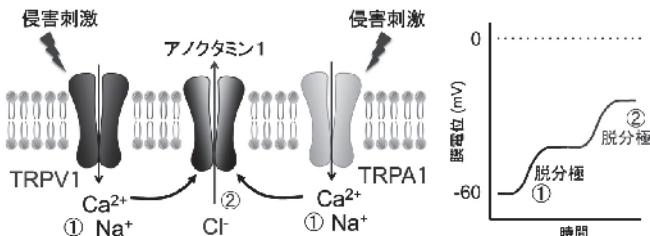


図2 感覚神経でのTRPV1, TRPA1の活性化と流入したカルシウムイオンによるアノクタミン1の活性化(左)およびアノクタミン1活性化によるさらなる脱分極(右)

生理学研究所・教授 南部 篤

Keyword 定位脳手術、脳深部刺激療法(DBS)、パーキンソン病、ジストニア、運動異常症

研究概要

進行期パーキンソン病やジストニアなど薬剤で治療が難しいヒトの神経難病に対して、脳深部を小さく壊したり（凝固術）、刺激電極を留置して24時間刺激を行う（脳深部刺激療法、DBS）といった脳外科的な治療法が有効です（定位脳手術）。MRIなどの画像診断によって大まかにターゲットを決めた後、記録電極を脳内に刺入、神経活動を記録し詳細にターゲットを決め、実際に凝固あるいは刺激電極を埋めるという手順をとります。その際、単純な記録では脳部位の正確な同定が難しい場合があります。本研究では、二ホンザルを用いた実験により、記録電極に刺激電極を貼り付け、記録部位の近傍を刺激、神経活動を記録すると（図1）、脳部位に特異的な反応が記録できることを明らかにしました（図2, J Neurosci, 2013）。この知見を応用することにより、電極先端部が存在する脳部位を同定することができます。今後は、ヒト患者へ適用し、実際に役立つか検証を行います。

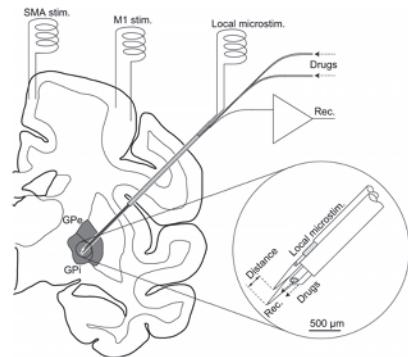


図1 サルの実験セットアップ。記録と刺激ができる電極（丸内）を、大脑基底核の淡蒼球外節（GPe）、内節（GPi）に刺入する。

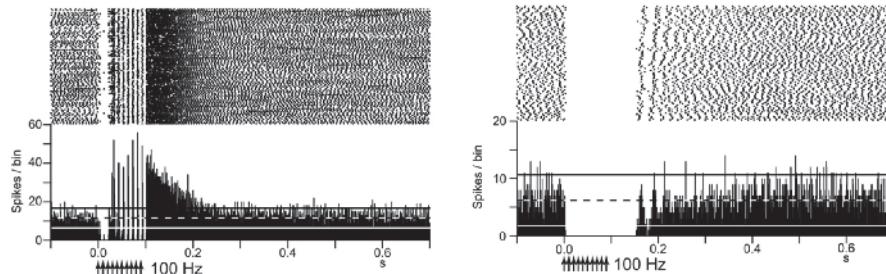


図2

局所刺激による神経活動の反応を記録をすると、GPe（左）では抑制と興奮が観察されるのに対し、GPi（右）では抑制のみが観察される。GPiは定位脳手術のターゲットとなるが、GPeはならないので、これらを判別することは重要であるが、実際の手術の際は困難な場合もある。

想定される応用先・連携先

定位脳手術を行なっている医療機関、定位脳手術の記録装置・記録電極等を開発・製作・販売している医療機器企業。

アピールポイント

パーキンソン病の有病率は人口1000人あたり1人、60歳以上でみると100人に1人になり、超高齢社会の日本では大きな問題になっています。パーキンソン病やジストニアに対する定位脳手術の際、ターゲットの同定が容易に短時間に行えるようになり、治療効果が上がると期待されます。

本研究成果により、従来の手法と異なり、記録部位を機械的に容易かつ短時間で同定することが可能になります。

論文情報

- Chiken S, Nambu A (2013) High-frequency pallidal stimulation disrupts information flow through the pallidum by GABAergic inhibition. *J Neurosci* 33: 2268-2280. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4144-11.2013.
- Nishibayashi H, Ogura M, Kakishita K, Tanaka S, Tachibana Y, Nambu A, Kita K, Itakura T (2011) Cortically evoked responses of human pallidal neurons recorded during stereotactic neurosurgery. *Mov Disord* 26: 469-476 doi: 10.1002/mds.23502.

特許情報 特許番号：第6300208号

米国特許番号：US10,478,085

イスラエル特許番号：IL238094

発明の名称：脳における電気的活動取得装置及びその利用

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

生理学研究所・教授 古瀬 幹夫

Keyword 上皮、血液脳関門、タイトジャンクション、薬物送達

研究概要

タイトジャンクションは、上皮細胞や血管内皮細胞等の透過障壁としての機能に重要な細胞間接着構造であり、例えば、脳内に流入する物質を厳密に制限している血液脳関門を形成していることが知られています。もし、タイトジャンクションのバリア機能を人为的に弱めることができれば、今までタイトジャンクションが邪魔をしていた部位にも、医薬品を届けることができるようになると期待されます。タイトジャンクションのバリア機能を弱める方法として、タイトジャンクションを形成しているクローディンという接着分子の作用を阻害する物質を見つけて、それを投与することが考えられます。ところが、クローディンには多数のサブタイプが存在するため、そのような物質もクローディンサブタイプによって異なることが予想されます。各クローディンサブタイプに作用する物質を特定するためには、クローディンを発現しておらずタイトジャンクションを持たない上皮細胞株に、特定のクローディンサブタイプのみを発現させてタイトジャンクションを再構成し、そこに様々な物質を投与してタイトジャンクションのバリア機能が低下するのを評価すればよいはずです。今回、開発者らは、もともと発現していた複数のクローディンサブタイプの遺伝子をゲノム編集技術で破壊することにより、タイトジャンクションを完全に失った上皮細胞株を樹立することに世界で初めて成功しました。この細胞に個々のクローディンサブタイプを再発現させることにより、そのサブタイプだけで形成されたタイトジャンクションをもち、十分なバリア機能を有する上皮細胞を取得できることも確認しました。

想定される応用先・連携先

薬物送達システム（DDS）、医薬品メーカー

アピールポイント

上記のクローディン欠失上皮細胞に各クローディンサブタイプを戻し発現させた細胞は、サブタイプごとのタイトジャンクション形成阻害剤を化合物ライブラリーからスクリーニングするのに使用できます。例えば、血液脳関門に必須なクローディン5だけを発現させた細胞をすでに樹立しており、この細胞でスクリーニングを行えば、血液脳関門を超えて脳腫瘍に薬物を送達するための補助剤が得られる可能性があります。

論文情報

- Otani T, Nguyen TP, Tokuda S, Sugihara K, Sugawara T, Furuse K, Miura T, Ebnet K, Furuse M. (2019) Claudins and JAM-A coordinately regulate tight junction formation and epithelial polarity. *J Cell Biol.* 218:3372-3396

特許情報

出願番号：特願2019-226655

発明の名称：クローディン欠損上皮細胞株の製造方法、クローディン欠損上皮細胞株、クローディン欠損上皮細胞株を含むタイトジャンクション機能抑制剤のスクリーニング方法、及びクローディン欠損上皮細胞株を含むタイトジャンクション機能抑制剤のスクリーニングキット

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

分子科学研究所

L M S



SEEDS

分子科学研究所・教授 魚住 泰広

Keyword 高分子固定化ナノ白金触媒、高分子スルホン酸触媒、酸素酸化、直接エステル化、フロー化学合成

研究概要

本研究では白金触媒およびスルホン酸触媒の大量調製法を確立し、これら触媒を充填した触媒カートリッジによる連続フロー反応を実施しました。白金触媒ではアルコール類やアルデヒド類の酸素酸化反応によるカルボン酸合成を実施し、続いてスルホン酸触媒を利用しカルボン酸をアルコールとの直接エステル化を実現する連続フロー反応を実施します。これら汎用性に富む新しい触媒の大量調製法を確立し、続いて触媒を利用した連続フロー工程を実践することで、触媒の市販化、触媒カートリッジの産業展開、さらには触媒工程の工業展開に道を拓こうとしています。

直接エステル化反応はその逆反応（エステルの加水分解）との平衡反応であり、そのため従来の直接エステル化工程では平衡定数を超える変換効率を達成することは原理的に不可能です。一方、本触媒を用いた連続フロー反応では酸触媒によって

進行するエステル化反応生成物が速やかに酸触媒から分離されるため、生成物（エステル分子）の酸触媒加水分解を制御することができます。すなわち固定化触媒を利用するフロー反応はエンジニアリングであると同時に基礎科学に立脚した新しい反応制御法を与えうる新技術といえます。

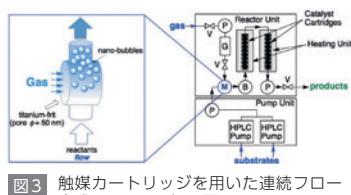


図3 触媒カートリッジを用いた連続フロー合成システムの概要図

想定される応用先・連携先

【高分子担持白金触媒】

応用1：カルボン酸化合物の酸化的合成

対応するアルコール原料やアルデヒド原料を酸素のみを酸化剤とするグリーンな工程でカルボン酸へと誘導します。例えばサリチル酸合成やアニオン性界面活性剤合成に適用可能です。

【高分子担持スルホン酸触媒】

応用2：直接エステル化の高効率化

脱水の直接エステル化法によるアクリル酸やサリチル酸のエステル誘導体合成を高効率で実施可能です。

応用1、2はいずれも連続フロー反応で実施可能。

アピールポイント

【高分子担持白金触媒】 本触媒はアルケンおよびカルボニルの水素化、および芳香族クロリドの還元的脱クロロ反応にも利用できます。またいずれの反応においても連続フロー反応、触媒の回収再利用、生成物への金属種の非混入を確認しています。これにより不飽和脂肪類の水素化による食品類の品質向上やPCB汚染水の無毒化などが実現すると考えています。

【高分子担持スルホン酸触媒】 直接エステル化工程では平衡定数を超える変換効率を達成することは原理的に不可能です。一方、本触媒を用いた連続フロー反応では酸触媒によって進行するエステル化反応生成物が速やかに酸触媒から分離されるため、生成物（エステル分子）の酸触媒加水分解を制御することが可能となります。

論文情報

【白金触媒関連論文】

- (1) A Nanoplatinum Catalyst for Aerobic Oxidation of Alcohols in Water
Yamada, Y. M. A.; Arakawa, T.; Hocke, H.; Uozumi, Y.
Angew. Chem. Int. Ed. 2007, 46, 704–706 (査読あり)
DOI: 10.1002/anie.200603900
- (2) Aerobic flow oxidation of alcohols in water catalyzed by platinum nanoparticles dispersed in an amphiphilic polymer
Osako T, Torii K, Uozumi Y.
RSC Advances 2015, 5, 2647-2654 (査読あり)
DOI: 10.1039/c4ra14947e
- (3) Chemoselective continuous-flow hydrogenation of aldehydes catalyzed by platinum nanoparticles dispersed in an amphiphilic resin
Osako T, Torii K, Hirata S, Uozumi Y.
ACS Catalysis 2017, 7, 7371-7377 (査読あり)
DOI: 10.1021/acscatal.7b02604

- (4) Direct Dehydrative Esterification of Alcohols and Carboxylic Acids with a Macroporous Polymeric Acid Catalyst
Minakawa, M.; Baek H.; Yamada, Y. M. A.; Han, J.-W.; Uozumi, Y.
Organic Letters 2013, 15, 5798-5801 (査読あり)
DOI 10.1021/o4028495
- (5) In-water and neat batch and continuous-flow direct esterification and transesterification by a porous polymeric acid catalyst
Baek H, Minakawa M, Yamada Y.M.A, Han J.W, Uozumi Y.
Scientific Reports 2016, 6, 25925 (査読あり)
DOI: 10.1038/srep25925
- (6) Second-Generation meta-Phanolsulfonic Acid-Formaldehyde Resin as a Catalyst for Continuous-Flow Esterification
Hu, H.; Ota, H.; Baek, H.; Shinohara, K.; Mase, T.; Uozumi, Y.; Yamada, Y. M. A.
Organic Letter 2020, 22, 160-163 (査読あり)
DOI: 10.1021/acs.orglett.9b04084

特許情報

特許番号: 特許第5358804号
国際出願番号: PCT/JP2005/022068
発明の名称: レジン担持白金クラスター触媒

出願番号: 特願2018-078643

発明の名称: メタ-フェノールスルホン酸系樹脂およびその触媒としての利用

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

分子科学研究所・技術課長 繁政 英治

Keyword 防災ラジオ、LoRa、災害情報伝達、Jアラート

研究概要

(1) 防災ラジオの起動に連動して家電製品の制御を開始するシステム

開発者らは、岡崎市や盛岡市などで使用されている緊急告知防災ラジオ（以下、防災ラジオ）の自動起動を常時監視する親機と、親機からの無線信号を受け取り、様々な動作を開始する子機からなるシステムを既に開発しています。

本システムは、例えば、日常生活で使用しているLED照明器具やTVなどを子機に接続するだけで、JアラートやLアラート、緊急地震速報などによる防災ラジオの起動に連動してLED照明を点滅させる、TVを自動起動させる等の手段で、緊急情報を素早く伝達し、早期の避難誘導を促すものです。

(2) 研究開発の現状と目指すところ

(1)に挙げたシステムについて、親機と子機間の通信範囲を100m程度に

限った小規模な検証実験を実施しました。また、当初予定していた2.4GHz帯の無線は、用途が多く混信が懸念されたため、これをLoRaと呼ばれる920MHz帯の規格に変更し、通信範囲を100mから3kmへと格段に拡張しました。この条件下で、親機・子機の台数を限定した基本動作の確認は完了しており、引き続き実証試験を進めています。

本研究では、従来のシステムを拡充し、一台の子機が受け取った情報をさらに別の子機に転送するメッシュ型構造を導入しました。これにより、通信範囲内で通信障害が発生しても様々な経路でバックアップした通信が可能となるため、信頼性をさらに拡張・強化できます。このメッシュ型構造を導入した親機と子機を相当数配置したシステムを構築し、実際の災害発生を想定した広範囲実証試験を行い、自治体や企業とも共同して、システムの実用化に向けた開発と検証を進めています。

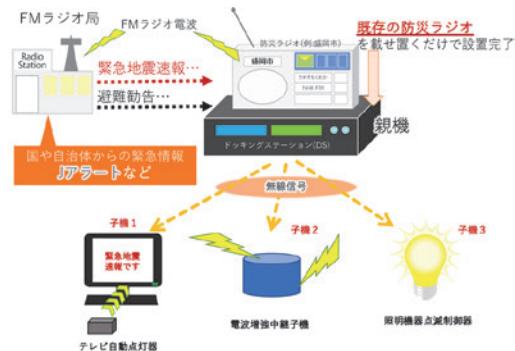


図1 一斉警報通知システムの概略図

想定される応用先・連携先

・想定する適用先・応用先

既存の防災ラジオ製造・販売企業、防災関連機器企業、IoT関連企業

・応用された結果解消される社会課題・技術課題

インターネット環境が十分でない過疎地や独居老人の増加により、災害時、或いは急病等緊急時に連絡が遅れ、被害の拡大や発見の遅れが懸念されています。一方、既存の緊急通報装置はインターネット環境の新規導入や維持費が必要であり、利用者の負担となります。本システムの応用により、これらの課題の解決が見込まれます。

アピールポイント

本計画では「LoRa」と呼ばれる無線伝送方式を採用しています。この無線伝送方式を導入することで、通常の通信範囲内で通信障害が発生しても様々な経路からバックアップした信頼性の高い通信を実現することができます。また無線モジュール間の中継機能も実装しているため、バケツリレー状の長距離伝送にも展開できることが他にはない強みであると考えています。

本システムでは親機が防災ラジオの起動を検出しますが、検出対象は防災ラジオに限定されず高い汎用性を有しています。住宅用火災警報器や温度センサ、人感センサなどを検出対象として多様な適用が可能です。

本研究で開発したコア基板に接続するモジュールを差し替えることで、接続先の電気的条件を容易に変更することができます。このインターフェースは、Pmod規格に準拠しており、市販のモジュールも使用できます。

特許情報

出願番号：特願2019-214632

発明の名称：通知システム、通知システムにおける制御装置、および通知システムにおける制御方法

特許番号：特開2020-30719

発明の名称：緊急告知防災ドッキングステーション

特許番号：特開2018-026807

発明の名称：警報運動型防災システム

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

分子科学研究所・准教授 平 義隆

Keyword ナノメートル欠陥分析・陽電子・ガンマ線

研究概要

電子の反粒子である陽電子は、電子と消滅することで2本の消滅ガンマ線を放出します。物質中では内部にある欠陥に捕獲された後に陽電子が消滅します。その消滅過程には次の2つの特徴があります。

1. 陽電子が消滅するまでの寿命は周囲の電子密度に依存するため、電子密度の低い欠陥で陽電子が消滅すると寿命は長くなる。
2. 消滅ガンマ線のエネルギー広がりは消滅相手の電子の運動量を反映するため、外殻電子と消滅するとエネルギー広がりは狭くなり内殻電子では広くなる。

したがって、陽電子の消滅寿命スペクトルを測定することで、物質内部の欠陥の大きさや種類を非破壊で分析することができます。また、エネルギー広がりを測定することで、元素分析も可能となります。この陽電子消滅分光法は、他の測定方法では困難な結晶を構成する原子の一部が存在しない単原子空孔型欠陥や高分子中のsub-nm ~ 数nm程度の微小空隙の測定を行えることに大きな特徴があります。測定可能な材料は金属、半導体、セラミックス、高分子、ガラスなど多岐にわたります。

従来は、陽電子を放出する放射性同位元素を用いて陽電子計測の開発が行われてきました（図1下）。一方で、陽電子はガンマ線から対生成と呼ばれる現象によって物質内部で発生できます。分子科学研究所の極端紫外光研究施設UVSOR-IIIのBL1Uでは、図1上に示すように超短パルスガンマ線を用いて陽電子の寿命を測定するガンマ線誘起陽電子消滅寿命測定法(Gamma-ray induced positron annihilation lifetime spectroscopy: GiPALS)を開発しました[1]。

現在は、GiPALSのユーザー利用が可能であり、年間36週×60時間/週の合計2,160時間のビームタイムをユーザーに供しています。主なユーザーは大学や研究所が多いが、企業ユーザーも利用可能です。GAGGシンチレータの欠陥分析については[2]で発表しています。その他、鉄系合金や発光材料、蓄光性材料、触媒材料において興味深いデータが得られ始めており、今後研究成果を公表する予定です。

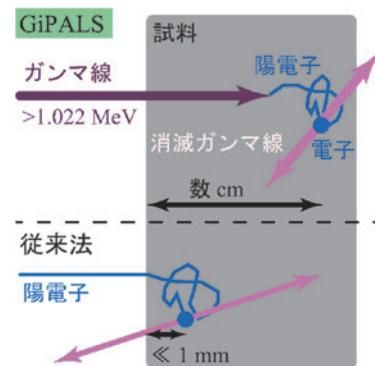


図1 GiPALS(上)と従来法(下)の陽電子計測の概要。

想定される応用先・連携先

UVSOR-III BL1Uで開発しているガンマ線誘起陽電子消滅分光法で測定可能な材料は金属、半導体、セラミックス、高分子、ガラスなど多岐にわたります。ガンマ線は物質に対する透過性が高いために厚さ数cmのバルクの実材料内部に存在する欠陥を非破壊で分析することができます。試料測定は大気中で可能であり、数100°Cの加熱雰囲気で測定することも可能です。金属と水素の相互作用については未解明の機構が存在するため、欠陥分析により水素脆化機構の解明やカーボンニュートラル達成に向けた水素貯蔵合金の性能評価などに貢献できます。

アピールポイント

陽電子計測において一般的に用いられる方法は、陽電子を放出する放射性同位元素を用いた方法です。図1下に示すように陽電子を直接試料に照射して行われているが、この従来法と比べたGiPALSの優位な点を以下に3つ挙げます。

- ①従来法では表面から1mm以下の領域しか測定できないのに対して、GiPALSでは厚さ数cmのバルク材料全体に陽電子を発生することができる。
- ②従来法では線源成分と呼ばれるバックグラウンドが存在するが、GiPALSではそれが著しく低いためノイズの低いデータが得られる。例えば従来法では寿命スペクトルに10%程度の線源成分が混入するが、GiPALSでは試料由来以外の寿命成分は0.1%以下である。
- そのため、バックグラウンドが2桁以上低く、これまで線源成分に埋もれて解析不能であった陽電子寿命の詳細な測定が可能である。
- ③円偏光の超短パルスガンマ線から偏極度の高いスピニ偏極陽電子の発生が可能であるため、磁性材料の測定も可能である。

論文情報

- [1] Y. Taira, H. Toyokawa, R. Kuroda, N. Yamamoto, M. Adachi, S. Tanaka, M. Katoh, "Photon-induced positron annihilation lifetime spectroscopy using ultrashort laser-Compton-scattered gamma-ray pulses", Review of Scientific Instruments, vol. 84, 053305, (2013).
- [2] K. Fujimori, M. Kitaura, Y. Taira, M. Fujimoto, H. Zen, S. Watanabe, K. Kamada, Y. Okano, M. Katoh, M. Hosaka, J. Yamazaki, T. Hirade, Y. Kobayashi, A. Ohnishi, "Visualizing cation vacancies in Ce:Gd₃Al₂Ga₃₀I₁₂ scintillators by gamma-ray induced positron annihilation lifetime spectroscopy", Applied Physics Express, vol. 13, 085505, (2020).

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL:03-5425-1318・1316 E-mail:nins-sangaku@nins.jp

機 関 連 携

NAOJ

NIBB

SEEDS

補償光学系の多用途応用のための研究開発と生物顕微鏡への応用

国立天文台・特任助教 服部 雅之 国立天文台・准教授 早野 裕 国立天文台・特任准教授 大屋 真
基礎生物学研究所・特任准教授 亀井 保博 基礎生物学研究所・教授 長谷部 光泰

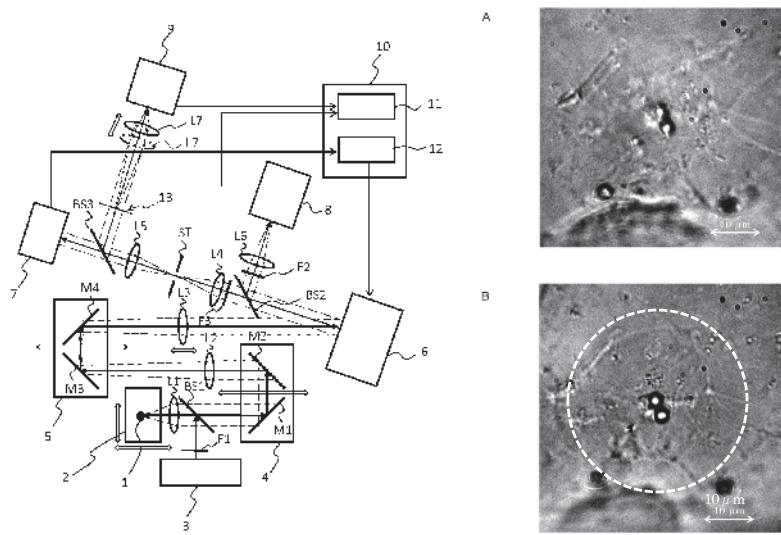
Keyword 補償光学、顕微鏡、収差補正、波面補正、波面センサー

研究概要

補償光学装置は、光赤外領域による地上望遠鏡による天体観測において、大気揺らぎに起因した収差による像劣化を防ぎ、大口径の地上望遠鏡で集めた光線を正確に一点へ収束させることで、感度と分解能の同時向上を実現しています。補償光学について、近年は機器の市販もあり、研究のシーズとして天文以外の応用も進んでいます。その一方で、しばしば、市販品を組み合わせて構成しても動作が安定せず、像の補正が不十分なことがあります。本研究では、基礎生物学研究所での生物の顕微鏡観察に対して、安定で像補正が良く効く[1]補償光学系を、国立天文台すばる望遠鏡のレーザーガイド星補償光学系の研究開発グループが検討しました。上空の大気を通して無限の彼方を見る天体望遠鏡と異なり、生物用顕微鏡では微小な生物試料から発する光線に対し、観察部分に近接した組織に由来する収差を補正するため、補償光学の安定動作には難しい条件となります

[2]。その克服において、特許[4]の系の構成[3]がシーズのひとつになりました。部品に市販品を用いながらも、従来と比べて大幅に安定した動作を実現し、さらに、光変調器や波面センサーなどの性能を最大に活かして良好な像改善を実現しています[1][2][3]。天文用と同じ波面センサー式の構成により時間応答に優れています。生物観察用の顕微鏡系を試作し、観察対象の拡大や性能の評価を進めています[1]。

特許[4]の光学系は、一般的な補償光学系の構成からの改良であり、部品や構成などに特殊な制約が少なくなっています。このため系の構成の自由度が高く、様々な応用についての実験的検討を行うことにも適しています。実験系はその特色を活かした汎用の補償光学ベンチ[2]として設計されています。波面センサーや変調器などの基本要素の検討に始まり、顕微鏡を含めた種々の応用に関する実験的検討に至るまで、補償光学応用機器の総合的な研究開発のシーズとして、開発された実験系の利用が期待できます。



特許[4]より、左図(明細書 図.1)は、系の構成例である。右図(明細書 図.40に加筆)は、タマネギの生細胞の核近傍の顕微鏡像である。上図(A)は通常の像で下図(B)は補償光学による補正像である。実用的な視野径(破線)で細部が μm 以下まで明瞭化できている。

想定される応用先・連携先

光学顕微鏡、また、既存の補償光学応用装置の安定性や像特性の改善の可能性、さらに、動的なものを含む光学装置の収差全般に関し、補償光学の応用による性能改善の可能性があります。具体的にはレーザー応用装置、加工・測定装置、カメラ、医療・診断装置、眼底カメラ、通信装置、望遠鏡などが挙げられます。また、それら種々の補償光学応用について、実験系を用いた原理実験や評価実験などの研究開発の可能性も考えられます。

アピールポイント

ゆらぎの下でもくっきりした光学像を得るために補償光学による収差補正を、新たな研究のシーズとして、応用の可能性を天体望遠鏡以外にも広げる研究です。顕微鏡のみならず各種光学機器への応用について、ご興味を持たれた方のご連絡をお待ち致します。

論文情報

- [1] (生物観察) Y. Tamada and M. Hattori, "Adaptive optics microscopy for fine imaging of live plant cells", SPIE Newsroom. DOI: 10.1117/2.1201602.006335 (2016).
- [2] (動作実験) M. Hattori, Y. Tamada, T. Murata, S. Oya, M. Hasebe, Y. Hayano, and Y. Kamei "Artificial testing targets with controllable blur for adaptive optics microscopes" Optical Engineering, 56: 080502 (2017)
- [3] (光学系構成) M. Hattori, "A Test Bench of General Purpose Adaptive Optics and its Application to Microscopy", Biomedical Imaging and Sensing Conference (BISC/OPIC), Yokohama (2016)

特許情報 特許番号:特許第6394850号、US10254538

国際出願番号:PCT/JP2014/074837

発明の名称:補償光学系及び光学装置

問い合わせ先 / 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL:03-5425-1318・1316 E-mail:nins-sangaku@nins.jp

い

磯田 昌岐 25

う

上原 日和 13・14・15・16・17

魚住 泰広 33

鵜澤 佳徳 9・10

お

大野 伸彦 26

大屋 真 37

か

亀井 保博 37

き

木内 等 5・6・7・8・10

北城 圭一 27

<

久保 義弘 28

こ

小嶋 崇文 9・10

し

繁政 英治 34

た

平 義隆 35

と

富永 真琴 29

な

中山 弘敬 11

成瀬 清 21

南部 篤 30

に

新美 輝幸 22

は

長谷部 光泰 37

服部 雅之 37

早野 裕 37

ふ

古瀬 幹夫 31

む

村瀬 尊則 18・19

や

安原 亮 17

わ

渡辺 英治 23

A～Z

ANSYS	19
Genome Wide Association Studies (GWAS)	21
In vitro発現系 (アフリカツメガエル卵母細胞等)	28
Jアラート	34
LoRa	34
RNA干渉法	22
RNA農薬	22
TRPチャネル	29
VR	11

い

イオンチャネル・受容体	28
異種金属接合	18
痛み	29
遺伝子タイピング	21

う

運動異常症	30
-------------	----

え

映像	25
----------	----

お

オンライン	25
-------------	----

か

害虫防除法	22
改良メダカ	21

ガスセンサー

14

ガスセンシング

13・15・17

痒み

29

ガンマ線

35

<

空間マッピング

10

け

血液脳関門

31

原子時計安定度

6

顕微鏡

37

こ

高感度

9

広周波数

5

高周波数分解能

5

構造応力解析

19

構造機能連関

28

構造抽出

26

広帯域ASE光源

14

交通事故

23

高分子固定化ナノ白金触媒

33

高分子スルホン酸触媒

33

個人特性

27

個人認証

27

コミュニケーション

25

コンシステムシー

27

コンピュータグラフィックス

11

キーワード検索

さ

災害情報伝達	34
錯覚	23
3次元再構築	26
酸素酸化	33

し

視覚	23
ジストニア	30
収差補正	37
周波数コム	8
受動Qスイッチング	15
上皮	31
人工知能	23

せ

生物農薬	22
積層樹脂フィルム加工	16
接点材料	18
選抜育種	21
全方位型3Dディスプレイ	11

そ

増幅器	9
-----	---

た

タイトジャンクション	31
大脳	23
他者	25
多周波信号	10
単一検出器	10

ち

中赤外パルスレーザー	15
中赤外分光	14
中赤外レーザー	13・16・17
長距離光ファイバ伝送	6
超伝導	9
直接エステル化	33

て

定位脳手術	30
低消費電力	9
ディスプレイパネル	16
テラヘルツ	6
テラヘルツ波	10
電気生理学解析	28
電磁界解析	19

と

統計的機械学習	27
---------	----

な

内部状態	27
ナノメートル欠陥分析	35
ナミテントウ	22

の

脳深部刺激療法 (DBS)	30
脳波	27

は

パーキンソン病	30
---------	----

KEYWORD SEARCH

波長分散測定	8
発汗	29
波面センサー	37
波面補正	37

ひ

光位同期	7
光周波数変換	8
光シンセサイザ	5
光信号直接位相比較	7
光生生理学解析	28
光ファイバーセンサー	14
光マイクロ波信号	6

ふ

フロー化学合成	33
---------------	----

へ

ヘテロダイン検波	10
----------------	----

ほ

防災ラジオ	34
放電プラズマ焼結法	18
飽和吸収体	15
補償光学	37

ま

マイクロ波	9
マイクロ波フォトニクス	5
マイクロ波フォトニクス信号	7

み

ミクロトーム組み込み式走査型電子顕微鏡	26
ミリ波	9

や

薬物送達	31
------------	----

け

有限要素法	19
-------------	----

よ

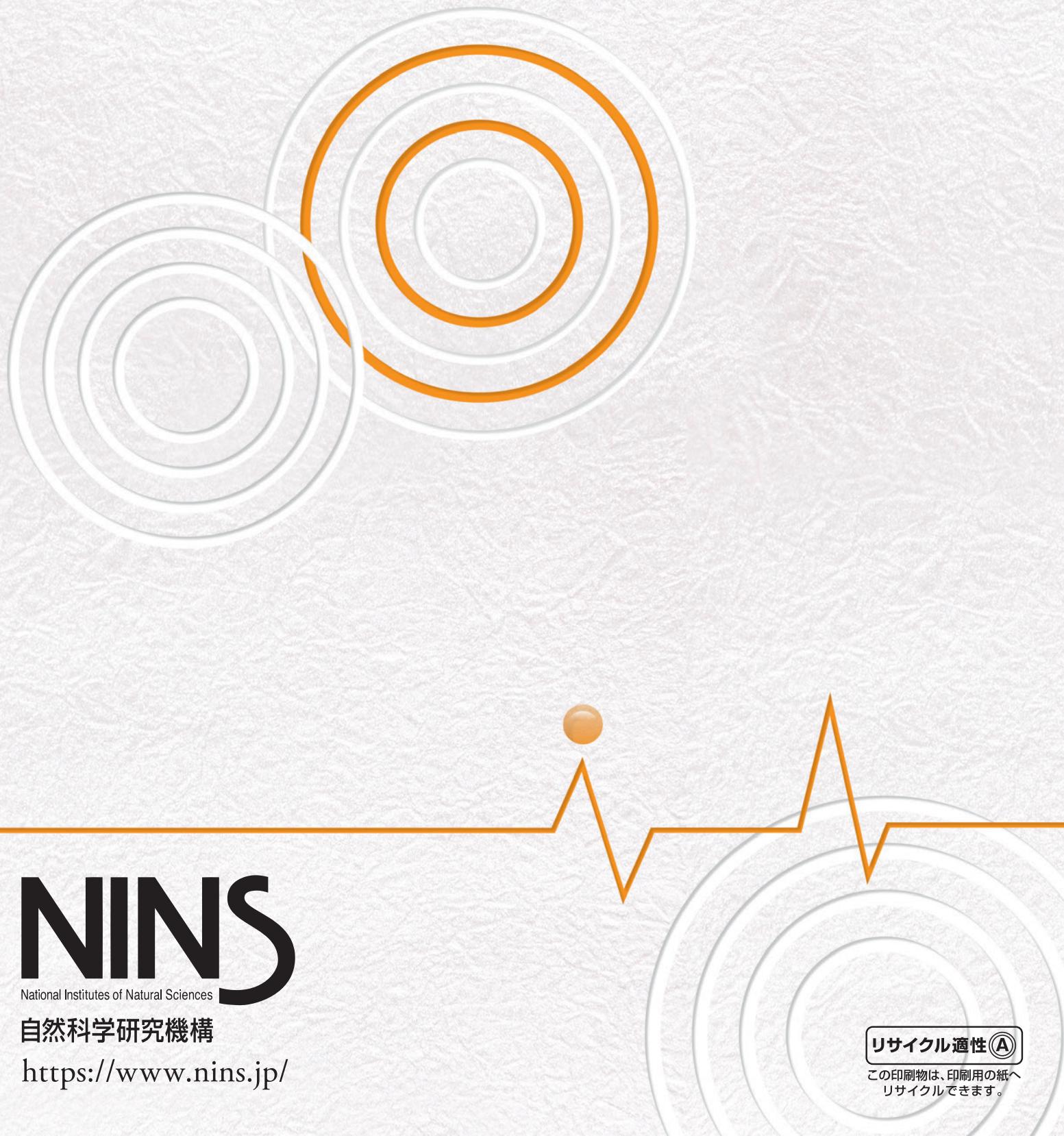
陽電子	35
-----------	----

り

立体視	11
流体解析	19

れ

レーザー加工	13・15・16・17
連続電顕画像	26



NINS

National Institutes of Natural Sciences

自然科学研究機構

<https://www.nins.jp/>

リサイクル適性(A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。