

JST ERATO

美濃島知的光シンセサイザプロジェクト

MINOSHIMA Intelligent Optical Synthesizer Project

光コムを駆使したエレクトロニクスと光技術との融合により
「知的シンセサイザ」を実現し、革新的応用分野の開拓を目指します



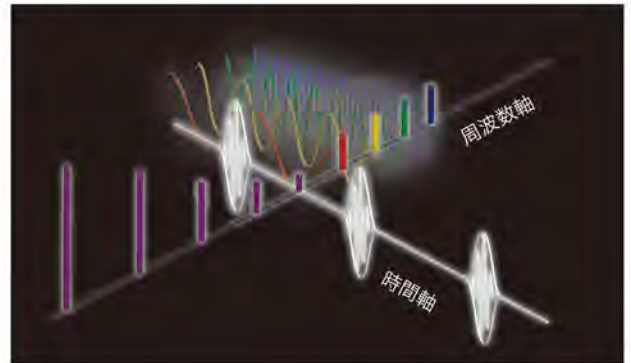
プロジェクト概要

📄 研究領域	知的光シンセサイザ
📅 研究期間	2013年10月 ~ 2019年3月
👤 研究総括	美濃島 薫 (電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授)

光波の持つ位相情報や周波数情報を余すことなく利用できれば、圧倒的なダイナミックレンジを持つ情報をそのまま利用できるようになり、光は単なる情報伝達媒体でなく、真にインテリジェントな主役、すなわち対象の計測から信号解析、情報処理や伝達、そしてユーザの利用までを担う主体になることができます。例えば、産業計測や安全計測において、欠陥・変形などのその場検出を光で行い、該当の画像のみを選別して高速で伝送し、結果に対応して光で加工・修復を行うなど、一連の作業を高速かつ知的に実現することが考えられます。このように光を主役として活用することにより、医療、環境、エネルギー、安全・安心、製造等の様々な産業・社会に対し日常的に恩恵がもたらされるでしょう。

このような背景のもと、本研究領域では周波数軸上においてスペクトル強度が櫛状に精密かつ等間隔に並んだ先端光源「光コム」を、エレクトロニクスと光技術との融合により、基盤的かつ革新的な「知的光シンセサイザ」へと進化させます。これによって、光波の時間、空間、周波数、位相、強度、偏光などの全てのパラメータを自在に操作でき、様々な応用に使えるところまで進化している知的光源を開発し、その未踏な応用分野を開拓することを目標とします。

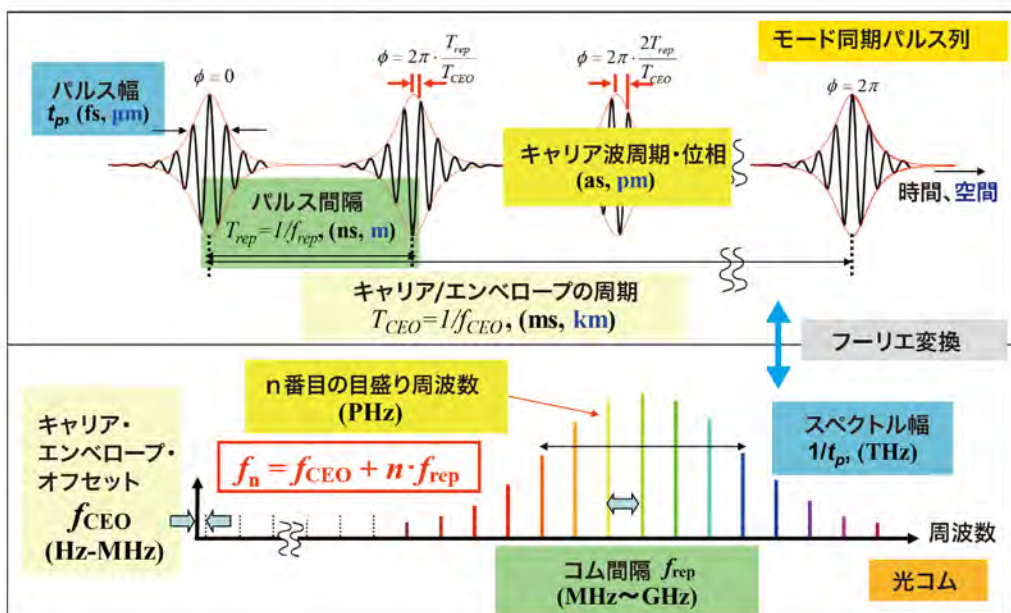
<http://www.jst.go.jp/erato/minoshima/index.html>



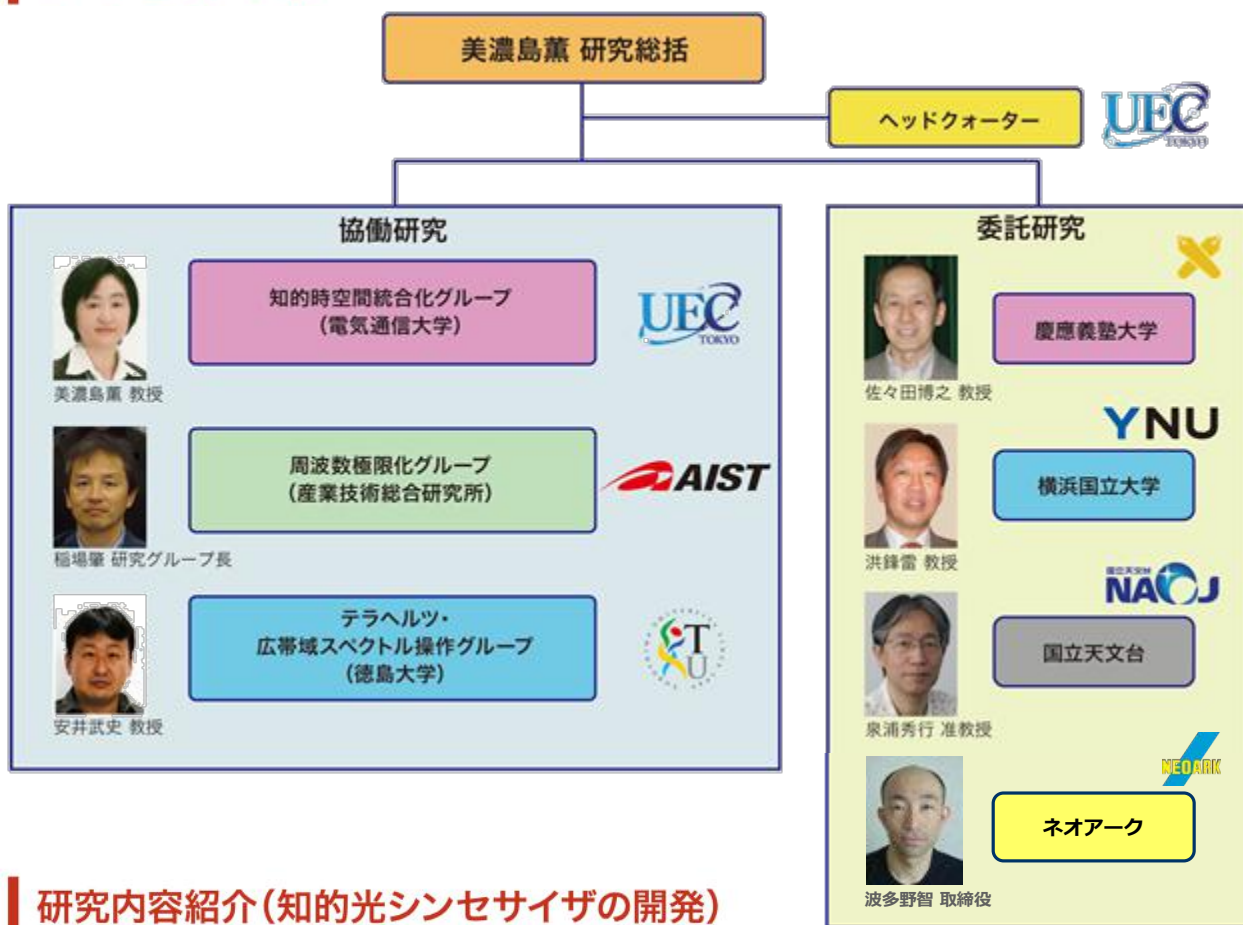
光コムとは

超短パルスレーザー（モード同期レーザー）のスペクトル（色）を細かく分解して見ると、等間隔に並ぶ多数の光周波数モード列が現れます。これが櫛状に見えることから、光コム（コムは櫛のこと。光周波数コムとも言う）と呼ばれます。

光コムは、時間、空間、周波数の精密なものとして利用できます。ひとつのものさしの中に異なるサイズの目盛があるように、光コムも異なるレンジの基準を持っています。例えば、周波数軸なら、光周波数（サブPHz）、スペクトル広がり（THz）、コム間隔（GHz）、オフセット周波数（MHz以下など）です。これらは、相互に精密な関係を持っており、広範囲の精密な基準として用いることにより、超高精度計測や制御を実現できます。



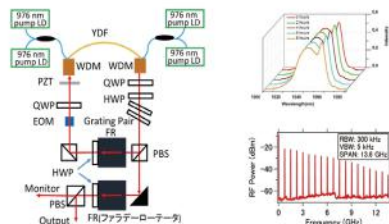
プロジェクト体制



研究内容紹介(知的光シンセサイザの開発)

高繰り返しファイバコム

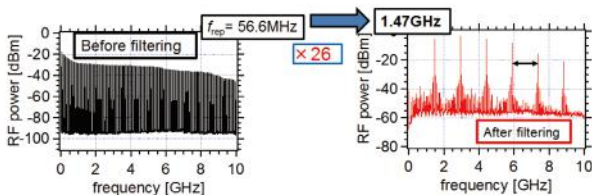
繰り返し周波数750 MHzのYbファイバコムの高度化と、応用に必要な高品位な高強度化に取り組んでいます。



Ybファイバコムの構成と特性

モードフィルタリング技術

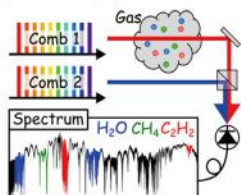
ファブリーペロー共振器を用いたモードフィルタリングシステムを構築し、デュアルコム分光の大幅な感度向上を実現しました。



フィルタリング前と後のコム出力のRFスペクトル

デュアルコム技術

デュアルコムに関して、広帯域、高分解能、高精度を有するシステムを開発し、ガス分析を始めとする様々な用途に活用するための基盤研究を行っています。



デュアルコムによるガス分析の模式図

アダプティブコム干渉計

2色干渉計による距離測定において、空気屈折率自己補正技術を開発し、従来の経験式を凌駕する補正不確かさを得ることに成功しました。

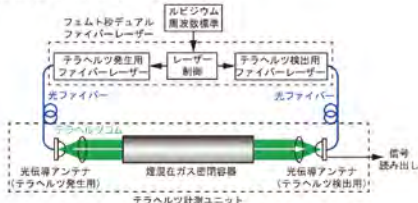


2色干渉計実験装置の写真

研究内容紹介(革新的応用の開拓)

テラヘルツコム分光

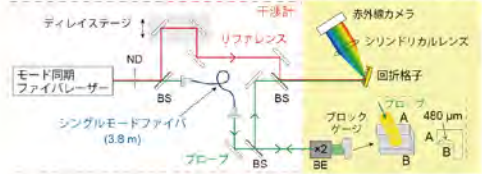
高い分光性能とリアルタイム性を両立させたテラヘルツコム分光装置を開発し、テラヘルツ領域におけるガス分析などの応用研究に取り組んでいます。



テラヘルツコム分光装置の構成

ワンショット3次元イメージング

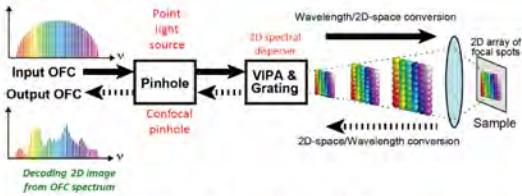
光コムを用いて、チャープした超短パルス列のスペクトル干渉をカメラで計測し、同時多点の距離情報を取得することで形状情報を瞬時に得る新しいイメージング手法を開発しました。さらなる性能向上と並行して、新規応用に向けた研究も進めています。



3次元イメージング実験システムの概略図

スキャンレスデュアルコム顕微鏡

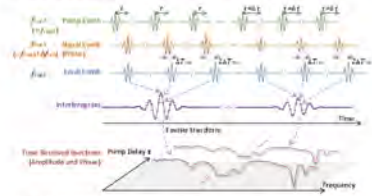
2次元波長分散素子(VIPA/回折格子)を用いて光コム顕微鏡を開発し、スキャンレスに2次元共焦点イメージを取得できることを実証しました。



光コムの波長/2次元変換

時間分解・コヒーレント分光

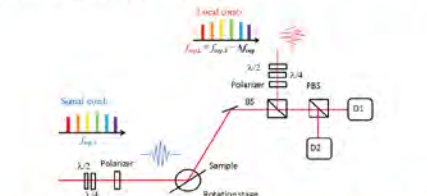
デュアルコム分光の応用展開として、超高速時間分解測定やコヒーレント変調分光などの新たな手法を開発し、固体物性評価などで斬新な成果をあげています。



時間分解デュアルコム分光の原理図

デュアルコム分光エリプソメトリー

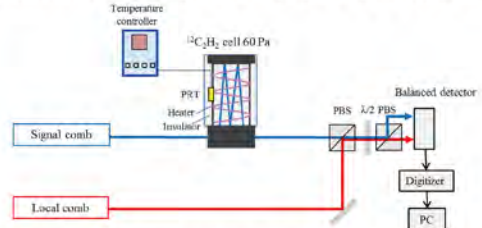
デュアルコム分光法をエリプソメトリーに適用し、薄膜物性計測において、エリプソパラメーター(Δ , Ψ)を高い波長分解能で測定することに成功しました。



デュアルコム分光エリプソメトリーの実験系

光コム温度計

デュアルコム分光法を用いた気体分子の温度計測技術を開発し、新しい温度測定法として有用であることを実証しました。



デュアルコム温度計の実験系

天文コム

天文応用に最適な光コムシステム(天文コム)を開発し、国立天文台岡山天体物理観測所に校正光源として導入して、観測・評価を行っています。



天文コムが搭載されている188 cm天体望遠鏡

ナノオプトメカニクス

光コムの高精度な繰り返しパルス周波数/スペクトルを利用し、ナノ構造の機械的応答を精密に計測するナノオプトメカニクス技術の創出を目指しています。



光コムを光源としたナノ構造振動計測システム

成果紹介

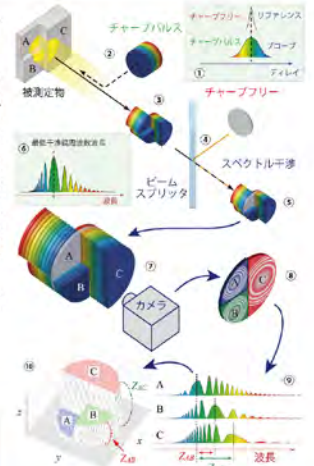
光コムを用いた新しい高速3次元イメージング法の実証に成功 ～瞬時立体計測と広範囲・高精度を両立～

電気通信大学の研究グループは、計測対象までの距離情報を色(周波数)情報に変換して取得する、高精度で広範囲に適用できる瞬時イメージング方法を開発しました。

ファイバレーザーで発生させた光コムから繰り返し出射される超短パルス列を2つに分け、一方の色(周波数)が時間とともに規則的に変化するパルス光(チャープしたパルス光)を被測定物に照射し、その反射により戻ってきた光を、もう一方の色(周波数)が変化しないパルス光(チャープのないパルス光)と干渉させます。干渉パターンをカメラで撮影し、簡単な解析から距離情報を抽出します。実際に、この方法を用いて、既知の段差を持つ被測定物(ブロックゲージ)の段差プロファイル形状計測を行い、瞬時に3次元形状を取得できることを原理的に検証しました。光コムから繰り返し発生される精密間隔のパルス列を用いることで、大きな物体でも精度を落とすことなく測定できる点が特徴です。

本方法は、非常に小さな物体から、大きな段差や長辺と短辺の比が大きな物体の高速3次元形状計測、単発現象の瞬時イメージングなど、多様な応用が期待されます。

(2017年6月プレスリリース)



論文: T. Kato, M. Uchida, and K. Minoshima: Scientific Reports 7, 3670 (2017)

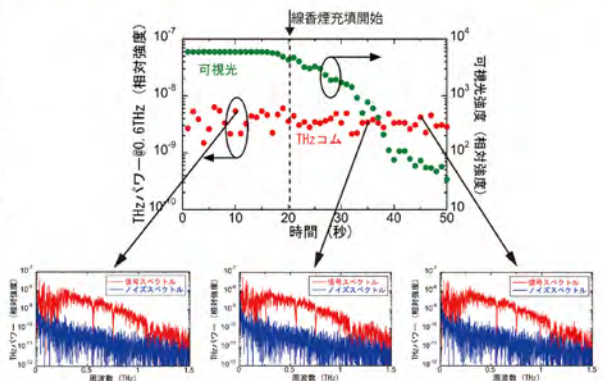
櫛の歯状のテラヘルツ波(テラヘルツコム)で煙混在ガスの濃度をリアルタイムに分析

徳島大学と、リトラル・コート・ド・パール大学(フランス)の国際共同研究グループは、煙が混在したガスの濃度をリアルタイムで分析する技術の開発に成功しました。

ルビジウム周波数標準を基準とした極めて正確な周波数間隔の櫛の歯状テラヘルツ波(テラヘルツコム)を生成し、非同期光サンプリング式テラヘルツ時間領域分光法と呼ばれる手法で正確かつ高速に読み出すことにより、エアロゾル混在ガス分析において、高い分光性能(高精度、高分解能、広帯域)と、リアルタイム性(測定レート1秒毎)の両立を実現しました。加えて、広帯域テラヘルツスペクトル内に存在する数百本に及ぶ回転吸収スペクトル群を考慮した解析モデルを適用することにより、煙が充満した環境で時々刻々と変化するアセトニトリルガス濃度を検出限界200 ppmで分析することができました。

このようなエアロゾル混在ガスの分析手段は、燃焼過程の効率化、火災現場における二次災害予防、大気環境汚染の分析に役立つと期待されます。

(2016年6月プレスリリース)



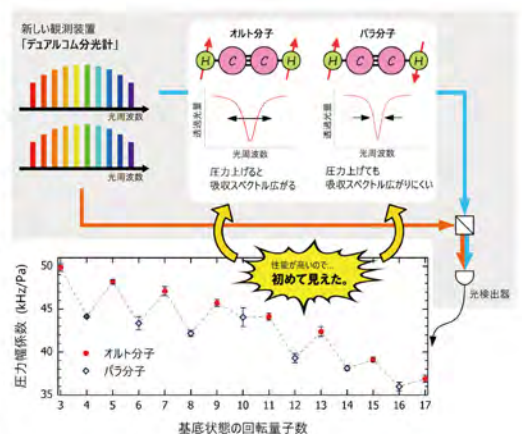
論文: Y. Hsieh, S. Nakamura, D. Abdelsalam, T. Minamikawa, Y. Mizutani, H. Yamamoto, T. Iwata, F. Hindle, and T. Yasui: Scientific Reports 6, 28114 (2016)

分子の衝突過程に核スピン依存性を発見 -デュアル・コム分光計の成果-

慶應義塾大学の研究グループは、産業技術総合研究所、横浜国立大学の研究グループと共同で、分子の衝突過程に核スピン依存性があることを発見しました。

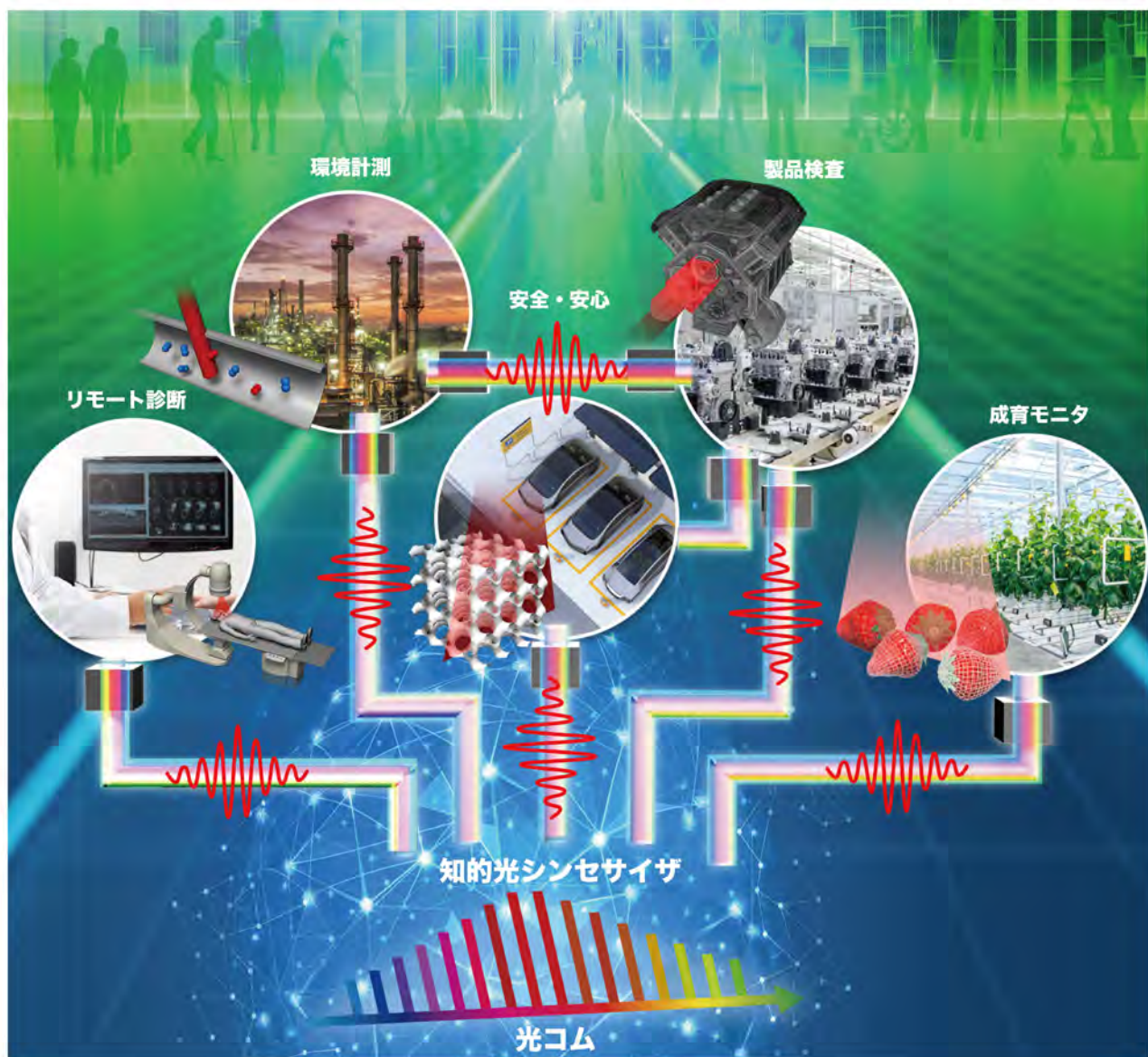
分子を構成する原子の核スピンは、分子同士の衝突過程には影響を与えないと考えられてきました。高性能なデュアル・コム分光計を用いてアセチレン分子(C_2H_2)の多くの吸収スペクトル線を様々な圧力下で精密に調べた結果、2つの水素(H)原子核の核スピンの互いに平行か、反平行かによってスペクトルの線幅が違ふことを世界に先駆けて発見しました。この成果は、分子衝突の基礎理論から、地球や天体の環境を大気のスペクトルから推定するモデルにまで影響を与えます。

(2016年9月プレスリリース)



論文: K. Iwakuni, S. Okubo, K. Yamada, H. Inaba, A. Onae, F. Hong, and H. Sasada: Phys. Rev. Lett. 117, 143902 (2016)

知的光シンセサイザの拓く世界



美濃島知的光シンセサイザプロジェクト

お問い合わせ

JST ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト ヘッドクォーター

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1
電気通信大学 情報理工学研究科 基盤理工学専攻
TEL : 042-443-5758
E-mail : erato-ios-webmaster-ml@uec.ac.jp