

福井セミナー概要集

8月11日(水)

応用物理学会北陸・信越支部セミナー（応用物理学会北陸・信越支部主催）

1. 冠水下の作物に及ぼすミリ波照射の影響と作用機構の解明

○小松節子、筒井淑衣、古屋岳、谷正彦

福井工業大学・環境食品応用化学科、福井大遠赤センター

地球温暖化により、降水量や降雨パターンが大きく変動し、作物の収量低下を招いており、環境ストレス耐性作物の作出を目指した耐性機構の解明は、重要な課題である。特に、畑作物は湿害に弱く、従来の栽培学や農学の技術だけに頼らない手法の開発が望まれている。一方でミリ波照射は植物の初期成長を促進させるという事例があるが、その作用機構は不明な点が多い。本研究では、グイズとヒヨコマメのようなマメ科植物およびコムギの種子にミリ波を照射し、その影響を形態学的に解析し、冠水ストレス下において生長促進効果があることを明らかにした。さらに、タンパク質科学的に、その作用機構を解析したので、得られた知見を報告する。

2. 食品安全に係るカビ毒の生合成機構及びカビ毒生産菌の検出法について

矢部希見子

福井工業大学環境情報学部環境食品応用化学科

農作物のかび毒汚染は家畜やヒトの健康被害に繋がるだけでなく、穀物汚染検査や汚染した穀物の廃棄等のために経済的にも大きな影響がある。そのため、世界的に極めて深刻な問題となっている。カビ毒の中でもアフラトキシンは最も発がん性および毒性が強い物質であることから、その防御法の開発は強く求められている。本講演では、これまでかかわってきたアフラトキシン生合成機構の研究について紹介するとともに、近年開発したアフラトキシン生産菌検出法についてふれ、今後のアフラトキシン研究の展望についてお話しする予定である。

3. 生物機能模倣光デバイスで挑む自然計算

磯島隆史

理化学研究所

自然現象を用いて情報処理を行う自然計算が注目を集めている。粘菌や化学反応を用いた迷路探索探索がその代表的なものとして知られている。では、粘菌と同様に振る舞う光デバイスを作ることができれば、迷路探索を行わせることができるのであろうか？本講演で

は、自然現象のどのようなダイナミクスが自然計算に用いられるかを概説し、迷路探索において必要な機能と、光双安定素子でこのような機能を実現する講演者の取り組みを紹介する。

4. 修正カオス尺度による半導体レーザーカオスの時系列解析

○井上啓 1、真尾朋行 2,3、糸島史欣 4、奥富秀俊 2、梅野健 3

1 山陽小野田市立山口東京理科大学工学部

2 東芝情報システム株式会社

3 京都大学大学院情報学研究科

4 福井工業大学工学部

カオス尺度は、情報理論の観点から導入されたカオスを定量化する指標である。カオスを定量化する指標として、リアプノフ指数がよく用いられているが、力学系に関する情報が観測結果としての時系列でしか得られない場合は、リアプノフ指数が計算困難であることが知られている。その一方で、カオス尺度は時系列データのみからカオスを定量化することができる。しかし、リアプノフ指数よりも大きな値を取る。そこで、カオス尺度とリアプノフ指数の差の考察に基づいて、修正カオス尺度が導入された。ここでは、半導体レーザーカオスの実験において得られた時系列データのカオスを修正カオス尺度を用いて定量化する。

5. 運動による生活習慣病予防効果

戎 利光

福井工業大学 スポーツ健康科学部

運動には多くの健康効果があり、生活習慣病予防効果についても、数多く報告されています。ただ、運動を正しく理解して実施しないと、健康づくりどころか、極端な場合には命を失ってしまうといったことにもなりかねません。また、死にまで至らなくても、怪我をしてしまうことがあり、さらには、健康づくりの運動効果をほとんどもたらさないまま、一生懸命運動だけをしているということさえあります。

今回は、本演者のこれまでの研究結果などを紹介しながら、運動による生活習慣病予防効果や運動実施時の注意点についてお話しします。

8月11日(水)

物理学会特別講演

表面プラズモン共鳴とメタマテリアル

岡本敏弘, 山口堅三, ○原口雅宣

徳島大学大学院社会産業理工学研究部理工学域, 徳島大学ポストLEDフォトンクス研究所

金属などの微細構造中の電子の集団運動が光と共鳴的に結合する現象として表面プラズモン共鳴が知られている。

この現象を積極的に利用する人工的光学材料としてメタマテリアルがある。メタマテリアルは完全光吸収や負の屈折率などの自然界にない光学特性を実現できるとして注目されている。メタマテリアルの課題は、(1) 良い共鳴を起こす単位構造とどのように作るかと、(2) バルクとみなせるメタマテリアルをいかに作るかである。この講演では、低コストでそれら課題を解決できる手法として我々が提案している微小球リソグラフィ法による積層型メタマテリアルの作製と光学特性について紹介する。

8月11日(水)

福井セミナー (学生発表)

1. 各種非線形光学結晶からの THz 波放射特性の比較

山本大智

福井大学・工学部・応用物理学科

非線形光学結晶をフェムト秒レーザーで励起することで、高強度の THz パルス波を発生させることができる。代表的な高強度 THz 波発生手法である LN 結晶を用いた Tilted Pulse Front 法その他、DSTMS 結晶, GaAs, InP, DAST 結晶などの非線形光学結晶を用いて THz 波放射を比較し、励起波長依存性を評価する。

2. 励起レーザー波面制御によるスピントロニック膜からのテラヘルツ波放射制御

高市誠和

福井大学・工学部・応用物理学科

スピントロニック素子、すなわち強磁性体金属薄膜 (たとえば Fe) と非磁性体金属薄膜 (たとえば Pt) の 2 重層をフェムト秒レーザーで励起すると、強磁性体金属金属中で励起された電子スピン流が非磁性体金属薄膜に拡散し、逆スピンホール効果で、過渡的な実電流を生じる。これにより広帯域の THz 波を発生させる。本研究では、大きな面のスピントロニックを用意し、集束 Pump ビームで励起する。凹面球面波で平面スピントロニック膜を励起して、THz 波集束を実証する。

3. DAST の b 軸同時入射によるテラヘルツ波の EO サンプリング検出

松井優磨

福井大学・工学研究科・知識社会基礎工学専攻

我々の研究グループでは電気光学(EO)サンプリングによるテラヘルツ(THz)波の高効率な検出法の研究を行っている。THz 波の高効率な検出を行うためには電気光学定数の大きい有機非線形光学結晶を用いることが有効であり、本研究では DAST を用いた研究を行った。DAST による EO サンプリング検出効率を改善するために、通常使用される c 軸方向よりも結晶長を大きくとることのできる b 軸方向にプローブ光と THz 波を共軸に入射させる光学配置で測定を試みた。その結果をおよび、今後の展望について論じる。

8月12日(木)

レーザー学会「レーザー普及セミナー」

1.可視光レーザー応用の現状と未来 -SDGs、カーボンニュートラル貢献、そして地球を救う-

山本和久 (60分)

大阪大学 レーザー科学研究所

可視光レーザー応用は当初光ディスクであったが、昨今レーザーディスプレイ、特にレーザープロジェクタ応用が加速している。波及効果として、レーザー照明があり、ヘッドランプなどへ展開されつつある。ここでは可視光レーザー応用の現状と未来について紹介する。また、SDGs、カーボンニュートラルへの貢献、そして地球を救うような展開が可能であるかについて述べる。

2. 光を用いた強化学習の研究

成瀬誠 (60分)

東京大学

人工知能やコンピューティングの諸課題に対し応用物理の多様な貢献が期待され、光科学についても関連研究が活発である。我々は、光を用いた意思決定や強化学習という新たな研究を探求している。本講演では、単一光子、レーザーカオス、近接場光、もつれ光子に見られる光の性質を、バンディット問題を中心とした強化学習の基礎問題に応用する原理を示す。また、Beyond 5G などを見据えた応用に関わる最近の研究例を述べる。

3. 兵頭 政春 (40分)

金沢大学理工研究域機械工学系

利得媒質の長さが1mm程度以下の固体レーザーはマイクロチップレーザーと呼ばれ、縦モード間隔が極めて大きい(概ね50GHz以上)、2つの縦モード光を混合することで安定なミリ波信号を容易に発生させることができる。本講演では、発生させるミリ波信号の純度を高めるためのモード間位同期技術、ビート周波数の制御によるレーザー発振周波数の安定化技術、ミリ波の位相変調を容易にするための偏光状態制御技術等について、最新の研究成果を報告する。

8月12日(木)

電気学会北陸支部フロンティアセミナー

1. 曾我之泰

金沢大学理工研究域数物科学系

我々は電子ビームと遅波構造を伝搬する電磁波との相互作用によって発振を得る THz 帯 BWO の高出力化を最終目標として、ミリ波帯での原理検証を進めている。先行研究で高出力の計算結果が報告されているスタaggerド・ダブルグレーティング遅波構造について、Ka 帯での実機を開発し発振特性を検証した結果、同帯域ではトップクラスの出力を得た。遅波構造の設計・製作から専用装置を用いた電磁波発振実験まで、BWO 開発のすべての工程を概観する。

2. 光リザバーコンピューティングとセンシング

砂田 哲

金沢大学 理工研究域

リザバーコンピューティングはダイナミカルシステムを計算資源とするコンピューティング手法であり、音声認識や時系列予測などの機械学習処理が可能である。本講演では、光波動システムを利用したリザバーコンピューティングを提案し、それがデジタルコンピューターを圧倒する計算速度・効率を達成できることを示す。また、リザバーコンピューティングは、センシングから信号処理までを一体化させた end-to-end・データ駆動型の新しいセンシングスキームへ発展できることを議論する。

3. 人工視覚：脳視覚系に学んだコンピュータの目

八木哲也

福井工業大学 電気電子工学科

脳の視覚情報処理は、その様式・機序において、工学分野で採用されているデジタル画像処理とは大きく異なっています。その処理は、極めて巧妙かつ効率的であり、またなによりもその機能は既存のデジタル画像処理をはるかに凌駕しています。私の研究グループでは、この脳視覚系の機能と回路構造に学んだ全く新しい視覚システム（人工視覚）を開発してきました。今回はこの人工視覚の概要を説明しながら、これをロボットビジョンや失明者の視覚補綴に応用するプロジェクトについて紹介いたします。

4. クロロフィルの光増感作用と真核細胞の進化

柏山祐一郎

福井工業大学環境情報学部環境食品応用化学科

地球生命圏をエネルギー面で支える光合成において不可欠な光増感剤クロロフィルは、一重項酸素の励起など副作用的な側面（「光毒性」と呼ぶ）を有する、生命にとっていわば諸刃の剣である。近年、光合成と密接に関わりながら発展してきた複雑な真核細胞には、クロロフィルの光毒性に対処する「無毒化」代謝機構が広く保存されていることが分かってきた。この光毒性は、ミトコンドリアによる呼吸に依存して分子酸素に高い親和性を持つ真核細胞にとって特に深刻な問題である。このため、地球表層環境への分子酸素の蓄積と平行して発展した真核生物の進化史において、クロロフィルの無毒化代謝が果たした役割は重要であったと考えられる。

8月12日(木)

福井セミナー（学生発表）

1. 高強度テラヘルツパルス励起におけるガス分子からの自由誘導減衰計測

下野望

福井大学・工学部・応用物理学科

我々の研究グループでは高強度テラヘルツ光源であるジャイロトロンを励起光源としたガス分子からの自由誘導減衰（FID）の計測を目指し実験を行っている。これまでの実験では、信号に対しバックグラウンドの揺らぎが大きく、得られた信号がFIDであるかの判別がつかなかった。本研究ではガス分子の励起効率向上に向け断面積が小さく、光路長がこれまでの3倍となるセルを試作し、ガス分子からのFID計測を試みる。

2. 第一原理計算を用いたSTMシミュレーションによる低温成長GaAsの点欠陥の直接同定

泉明宏

福井大学・工学部・応用物理学科

本研究の目的は、低価格かつ安定性の高い低温成長GaAs（LT-GaAs）をPCアンテナとしたとき、 $1.55\mu\text{m}$ のファイバレーザーを用いて高効率なテラヘルツ波発生および検出を行うためにはどうしたらいいのかを理論的に考察することである。 $1.55\mu\text{m}$ のレーザーで光キャリアの励起が起こるメカニズムとして、LT-GaAs中のミッドギャップ状態を介した2段階光子吸収が考えられる。我々の先行の研究から、ミッドギャップ状態の存在はAsのアンチサイト点欠陥によるものだということがわかっている。この欠陥の構造を原子

レベル精度で理解するために、GaAs(110)表面上に実験的な走査型トンネル顕微鏡法 (STM) を行った。実験的なSTM画像で点欠陥として様々なSTM輝点が示しているが、それらがAsアンチサイトであるかどうかはわかっていない。本研究では、第一原理計算法(密度汎関数理論)を用いたSTMシミュレーションによって実験で得られたSTM画像に対応する点欠陥の種類と性質を明らかにする。この研究は、LT-GaAsに基づく高効率なテラヘルツ発生および検出の素子の原子スケール設計に貢献することが期待されている。

3. 金属スピントロニック素子によるテラヘルツ波放射の素子形状依存

冨永啓太

福井大学・工学研究科・知識社会基礎工学専攻

金属スピントロニック素子は、磁性体／非磁性体金属ヘテロ構造における、光照射によるスピン流生成と逆スピンホール効果によるスピン流の電流への変換を利用したTHz波放射素子である。金属スピントロニック素子によるTHz波放射は従来用いられている素子よりも放射効率が低いという欠点があり、放射効率を向上させることが課題となっている。本研究では金属スピントロニック素子によるTHz波放射の形状依存性を調べることを目的に、金属膜の厚さ、素子の構造と形状を変えた際のTHz波放射効率を比較、評価した。また本講演では、現在研究を行っている階段ミラーを用いた励起レーザー波面制御による金属スピントロニック素子からのTHz波放射の研究計画についても解説する。

4. ボウタイ型プラズモンアンテナの作製

○和泉建哉¹、谷正彦²、糸島 史欣³、原口雅宣^{1,4}

1.徳島大学 創成科学研究科 理工学専攻 光システムコース

2.福井大学遠赤外領域開発研究センター

3.福井工業大学

4.徳島大学大学院・社会産業理工学研究部理工学域, 徳島大学・ポストLEDフォトリクス研究所

光伝導アンテナは、テラヘルツ波の発生や検出によく用いられる。しかし、光伝導アンテナの放射電力や検出感度は比較的低いため、テラヘルツイメージング・システムや分光システムのS/N比や動作帯域に制限がある。そこでテラヘルツ波の発生・検出用光伝導アンテナの性能を向上させる方法のひとつとしてプラズモンを利用したプラズモンアンテナが存在する。この講演では、ボウタイ型のプラズモンアンテナの作製手法や現状の課題について紹介する。

8月13日(金)

一般講演

1. 透過テラヘルツ波形の伝播特性と物性の関係性の解明

○守安毅¹、谷正彦²、北原英明²、河本敏郎³、熊倉光孝¹

1. 福井大学学術研究院工学系部門, 2. 福井大学遠赤外領域開発研究センター

3. 神戸大学大学院理学研究科

一般的なテラヘルツ時間領域分光法 (THz-TDS) や光ポンプ・テラヘルツプローブ分光法 (OPTP) における解析で得られる誘電率や光学伝導度ではなく、光学定数に起因するテラヘルツ波パルスの伝播特性の変化を元に物性を議論することを目指している。テラヘルツパルスのピーク部分のみを測定することによって情報が得られる本手法は、ある種の測定では一般的な THz-TDS に比べて測定時間を大幅に短縮することができると考えられる。講演では、これまで行ってきた反強磁性体 MnO やアルカリハライド結晶 CaF₂、ペロブスカイト型ハロゲン化物 KMnF₃、半導体 Si 等で得られた結果について報告する。

8月13日(金)

福井セミナー (学生発表)

1. LT-GaAs 基板光伝導アンテナの 1 μm, 1.55 μm 帯サブバンドギャップ励起での

テラヘルツ波の発生・検出効率評価

友永景介

福井大学・工学部・応用物理学科

フェムト秒 Yb 固体レーザー (発振波長 1030nm, パルス幅約 200fs, 平均出力約 100mW, 繰り返し 40MHz) およフェムト秒ファイバーレーザー (発振波長 1550nm, パルス幅 100fs, 平均出力約 400mW, 繰り返し 40MHz) を用いて 1mm 帯および 1.5mm 帯励起での LT-GaAs 基板の光伝導アンテナの動作特性を比較評価する。

2. GaP を用いた電気光学サンプリングによるテラヘルツパルス波の検出

坂本篤哉

福井大学・工学部・応用物理学科

電気光学 (EO) サンプリングとは、テラヘルツ波を EO 結晶に入射させると生じる屈折率変化を同時に入射させるプローブ光の偏光変化として検出する方法です。この偏光変化に伴う位相変化を検出して、テラヘルツパルス波の振動電場の強さを計測します。

EO 結晶として GaP を用いることで広い周波数帯の検出を行います。

3. ゴーレイセル検出器を用いたテラヘルツ波強度の評価

中村響

福井大学・工学研究科・知識社会基礎工学専攻

我々のグループは高強度テラヘルツ(THz)波の発生研究を行っている。この研究では、THz 波の絶対強度を正確に評価することが重要である。通常 THz 波の強度測定には電気光学(EO)サンプリングが用いられる。しかし EO 結晶の非線形感受率は文献によって値にばらつきがあり、実際に用いる結晶の品質や厚さによっても感度が異なる。そのため THz 波の強度評価の精度 R を上げるには、複数の手法を用いて比較する必要がある。今回我々はゴーレイセルを用いてテラヘルツ波の強度評価を行い、EO サンプリングの場合と比較したので報告する。

4. Fe ドープ InP を用いたテラヘルツ帯の第二高調波発生の研究

中川弥

福井大学・工学研究科・知識社会基礎工学専攻

本研究では、非線形光学媒質に InP 結晶を用意した。光源には、再生増幅チタンサファイアレーザー(中心波長 780nm, 繰り返し周波数 1kHz, 最短パルス幅 約 50fs)を用い、Tilted Pulse Front 法により高強度 THz パルス波を発生させた。金属導波路構造に挿入した InP 結晶に THz パルスを透過し、入射波と直交する SHG の偏光成分をワイヤグリッド偏光子を用いて検出した。検出した THz パルスが入射波の強度の 2 乗に比例していないため、SHG の測定には至らなかったと考えられる。講演では今後の実験計画についても報告する。

8月13日(金)

日本分光学会中部支部北陸ブロック福井地区講演会

1. ミリ波-テラヘルツ波レーダーを用いた3Dイメージング

○大谷知行、佐々木芳彰 (理研)

理研

ミリ波・テラヘルツ波は多くの非金属材料に対して透明であり、非破壊検査に利用可能である。特に、連続波 (CW) 半導体光源を用いたレーダー3D イメージングは、そのコンパクトさ、安定性、高い信号対雑音比、及び、広いダイナミックレンジを可能とする。本発表では、2種のシステム開発と実際のイメージング結果を紹介する。

1つめのシステムは、トンネルの壁面などのインフラ検査を目的とした THz-OCT システムである。雑音除去とアニヒレーションフィルタを組み合わせた新たな解析法により、従来の理論限界を下回る深さ分解能が得られた。

2つめは、300GHz 付近の周波数変調連続光 (FM-CW) イメージングを用いたウォークスルーボディスキャナーで、開発中のプロトタイプシステムの概要、装置構成、及び、衣服下の異物のリアルタイムイメージングについて紹介する。

2. 薄膜型テラヘルツ波制御素子の研究開発

○南出泰亜、大野誠吾、韓正利

理化学研究所 光量子工学研究センター

最近、次世代無線通信技術開発に注目されテラヘルツ波の利用応用が一層進むことが予想される。一方で、テラヘルツ波領域で利用できる素材の多くは大きな吸収を持っており、機能性受動デバイスの開発には人工材料の利用が期待されている。本講演では、テラヘルツ波制御技術として薄膜型の制御素子を提案する。位相制御メタ表面を応用した技術では、薄膜型高効率フレネルレンズを実現した。また、導波路を伝搬する電磁波に対し、入射偏光状態に応じた位相制御技術の開発を進めている。これら薄膜型の制御素子は次世代テラヘルツ応用におけるキーテクノロジーと考えている。

3. 戻り光をもつ多モード半導体レーザーの動作解析と THz-TDS 用光源としての利用 和田健司¹, 北川宙拓¹, 松山哲也¹, 岡本晃一¹, 栗島史欣²

1 大阪府立大学, 2 福井工業大学

戻り光をもつ多モード半導体レーザーを励起光源とすることにより、小型・安価・軽量の THz 時間領域分光 (THz-TDS) システムが構築でき、安定な THz 波の検波が可能である

ことが実験的に報告されている。今回は、多モード半導体レーザーレート方程式を用いて、戻り光をもつ多モード半導体レーザーの動作解析を行い、出力強度、安定性、スペクトル広がり等の観点から THz-TDS 出力との関係性について調べたので報告する。

4. 中嶋 誠

大阪大学・レーザー科学研究所

超ワイドギャップ半導体 Ga₂O₃ や GaN におけるテラヘルツ分光や、テラヘルツパルスによる磁気制御に関する研究成果など、最近のトピックを中心に紹介する。

5. フェムト秒時間領域で観る物質ダイナミクス

長谷 宗明

筑波大学 数理物質系・物理工学域

レーザーが開発されて60年以上経った現在、超短パルスレーザーの出現により、フェムト秒時間分解分光が可能になり、格子振動や電子（スピン）、あるいはそれらが相互作用して生じた準粒子などを実時間で観測できるようになった。このフェムト秒時間分解分光では、超高速現象を観測するだけにとどまらず、原子・電子の運動をレーザーで制御することによって、例えば化学反応の制御や新しい物質相の発現など、光による物質創成の世界が拓かれると期待されている。講演では、これまで取り組んできた物質内のダイナミックな世界の観測と制御の研究について紹介したい。