

第 59 回 応用物理学会北海道支部 第 20 回 日本光学会北海道支部 合同学術講演会予稿

A 会場 (B12 講義室)

A - 1 1 月 6 日 (土) 10:30 ~ 12:00

座長： 船水 英希 (室工大)

- A-1-1* 金ナノ粒子を添加した水中で生じる電場増強現象の観測
○酒井 稜弥、唐澤 直樹
(公立千歳科学技術大学)
- A-1-2* 注視された空中像の脳波による識別 -焦点から光刺激までの奥行距離による影響- ★
○上見拓也¹、酒井大輔¹、平塚心太朗¹、橋本泰成²
(北見工業大学¹、公立小松大学²)
- A-1-3* 複合現実感を利用したリハビリテーションに関する基礎的検討
○平塚心太朗、酒井大輔
(北見工業大学)
- A-1-4 画像 RGB データと機械学習モデルによる嗜好品の分類 ★
○三船光貴¹、小島伊織²、合田元清¹、伊藤佳卓¹、一戸善弘¹、木村尚仁¹、渡部智希¹、横山 徹¹、北間正崇¹、小島洋一郎¹
(北海道科学大学¹、室蘭工業大学¹)
- A-1-5 回転するメカニカルグラフェンにおけるトポロジカルエッジモードの可視化
○山口 幸之介、尹 建、松田 理、友田 基信
(北大工)
- A-1-6 ウェーブマシンによる局所共振のあるフォノンニック系でのトポロジカル境界モードの実演★
○平田 拓也、松田 理、友田基信
(北大工)

金ナノ粒子を添加した水中で生じる電場増強現象の観測

公立千歳科学技術大学 ○酒井 稜弥、唐澤 直樹

本研究は、金ナノ粒子を添加した水（以下、懸濁液と呼ぶ）にフェムト秒レーザーを集光した際に確認される電場増強現象に関するものである[1]。この増強現象を解明するため、チャープパルスデジタルホログラフィー[2]を用いてプラズマの発生する集光領域での様子を時間的・空間的に記録した。この増強現象の解明が進めば、レーザープラズマを利用した加工技術や化学反応過程に新たな手法をもたらす可能性がある。

図1に本研究を行うための光学系を示す。チャープパルスデジタルホログラフィーはチャープパルスを参照光として、観測対象を透過した物体光と干渉させてその波面を記録し、数値計算で観測対象の振幅・位相画像を取得するものである。チタンサファイヤレーザー増幅システムによる超短光パルス(中心波長 800 nm、パルス幅 142 fs、パルスエネルギー0.7 mJ)を参照光と物体光、ポンプ光に分け、ポンプ光は純水及び懸濁液入りのガラスセルに集光する。時間変化の記録は参照光及び物体光とポンプ光との間に入射タイミングの違いをすることで行い、プラズマ発生時を 0 s として 6021 ps まで記録した。記録する位置はポンプ光の集光点の手前に限定した。

図2に実験で得られたプラズマの発生領域における時間 0 s、667 ps、6021 ps の位相変化画像を示す。左側(a)、(b)、(c)の図は純水、右側(d)、(e)、(f)の図は懸濁液で記録を行ったものであり、疑似色で色づけられている。0 s では両方ともプラズマが負の位相変化として筋状に現れているが、懸濁液の方は液体中の金ナノ粒子によって物体光が散乱したせいか、純水よりも明瞭でない。667 ps では両方とも正の位相変化が生じ、6221 ps では両方とも正と負の位相変化が 0.05π のスケールで表せないほど生じている。これは、実験によりプラズマが発生するとその部分から気体が発生することが分かっており、発生直後のまだマイクロな状態の気体が筋状の位相変化として表れていると考えられる。0 s では増強効果を確認できないが、667 ps 以降では懸濁液の方が空間的に大きく位相変化が生じており、プラズマによって気体が多く発生していることを示しているので、増強効果が現れたと言える。

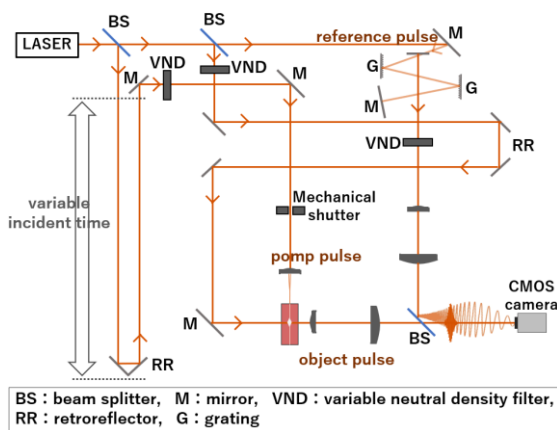


図1 実験光学系

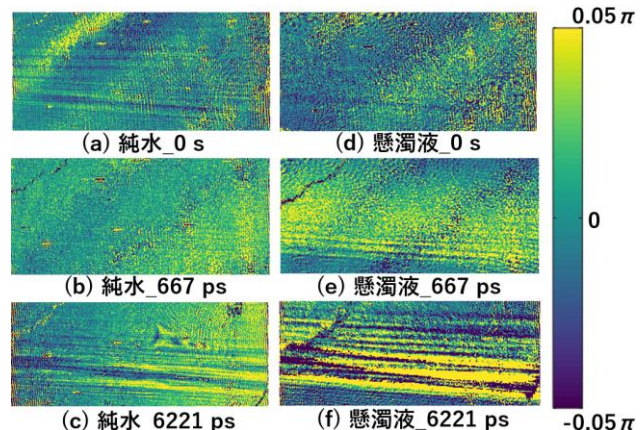


図2 位相変化画像

[1] P. Vasa, M. Singh, R. Bernard, A. K. Dharmadhikari, J. A. Dharmadhikari, and D. Mathur, Appl. Phys. Lett. 103, 111109 (2013).

[2] N. Karasawa, Opt. Commun., 413, 19 (2018).

注視された空中像の脳波による識別 -焦点から光刺激までの奥行距離による影響-

上見拓也¹, 酒井大輔¹, 平塚心太郎¹, 橋本泰成²

1 北見工業大学 2 公立小松大学

E-mail: m3225300040@std.kitami-it.ac.jp

1. はじめに

空中ディスプレイとは光の反射を用いて空中に情報を表示する技術である。空中ディスプレイにより結像した空中像へのインタラクション技術としては赤外線カメラや超音波センサーの利用などが研究されている。私たちは、結像面で光が透過するという空中像の特徴を活かしたブレイン・マシン・インターフェイス (Brain Machine Interface: BMI) への応用について研究してきた[1]。脳波の一種である定常状態視覚誘発電位 (Steady-State Visual Evoked Potentials: SSVEP) を用いた従来の BMI では、問題点として、被験者が周期的に点滅する光刺激を直視することで、まぶしさにより不快に感じる事が挙げられている。本研究では、被験者が光刺激を直視する必要がないように、注視した空中像の奥行方向にずらして光刺激を配置した。このとき、SSVEP にどのような影響があるか知見を得ることを目的として、実験を行った。

2. 実験装置

本研究の実験装置を図1に示す。空中像は、液晶ディスプレイに映した緑色の円を2面コーナリフレクタアレイ (Dihedral Corner Reflector Array: DCRA) 構造の素子によって、対称な位置に結像させることで表示した。光刺激として、空中像と DCRA の奥行方向にチェッカーパターンで覆った面発光 LED を配置し、ファンクションジェネレータを用いて 13 Hz で点滅させた。本実験では、空中像と光刺激との距離 D を、20 cm, 40 cm, 60 cm とした。計測した脳波はパワースペクトル解析し、各距離における SSVEP のパワー値を求めた。

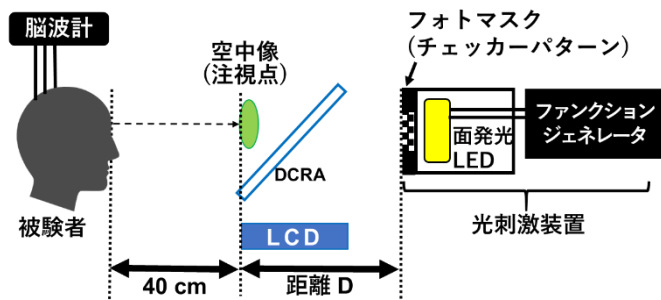


図1 測定実験装置

3. 実験と結果

被験者には、常に手前側の空中像を注視するように指示した。被験者の視点からは図2に示すように手前に空中像である円の図形、その奥に点滅する光刺激が重なって見える。10秒間の測定を1回とし、各距離について10回ずつ測定を行った。

被験者1名について、各距離で得られた13 Hzのパワー値の平均値を図3に示す。距離 D が大きくなるにつれて、SSVEP のパワー値が小さくなっていく傾向が見られた。



図2 被験者の視点

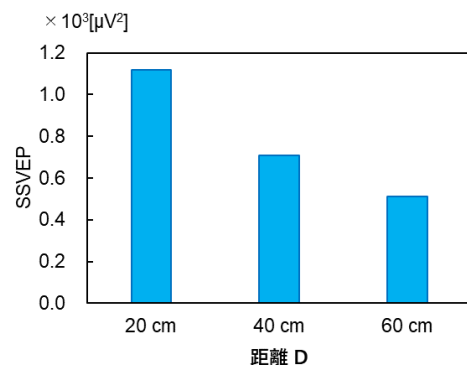


図3 各距離におけるパワー値

参考文献

[1] 上見, 他. 第 58 回応用物理学会/第 19 回日本光学会北海道支部合同学術講演会 予稿集 (2022).

複合現実感を利用したリハビリテーションに関する基礎的検討

北見工業大学 平塚心太郎, 酒井大輔

mail : m3235300096@std.kitami-it.ac.jp

はじめに

複合現実感(MR : Mixed Reality)とは, 現実世界と人工現実世界を継ぎ目なく融合して人間に提示する技術の総称である. 近年では, カメラトラッキング型ヘッドマウントディスプレイ(HMD)によるハンドトラッキング機能を実装した MR デバイスが市販されている. 私たちは, MR の 3次元情報表示技術とハンドトラッキング機能を利用したリハビリテーションへの応用を目的とした研究を行っている. 本研究では, ビデオパススルー方式の MR HMD を用いたハンドトラッキングの精度について知見を得るための実験を行った.

実験方法

ハンドトラッキング時の親指と各指の指先の距離をリアルタイムで記録する MR アプリケーションを Unity にて作成した. 本研究では, HMD として Meta Quest Pro, Meta Quest 3 (Meta Platforms Inc.)を用いた. 実験タスクとして, 使用者は現実空間での親指と人差し指のつまみ幅を 50mm に固定した状態で手を伸ばす動作を行った.

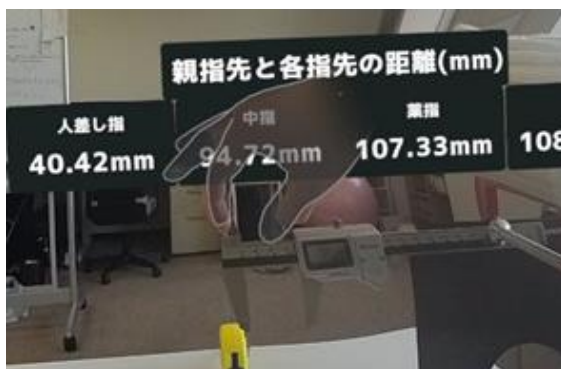


Fig. 1 実験の様子

実験結果

HMD から指先までの距離に応じて MR 空間で認識されたつまみ幅を Fig. 2 に示す. 現実空間における HMD から指先までの距離が 150mm~350mm の時に, 現実空間上のつまみ幅と MR 空間上のつまみ幅との誤差が 10mm 程度となり, 400mm 以上では, 急激に誤差が大きくなることが分かった.

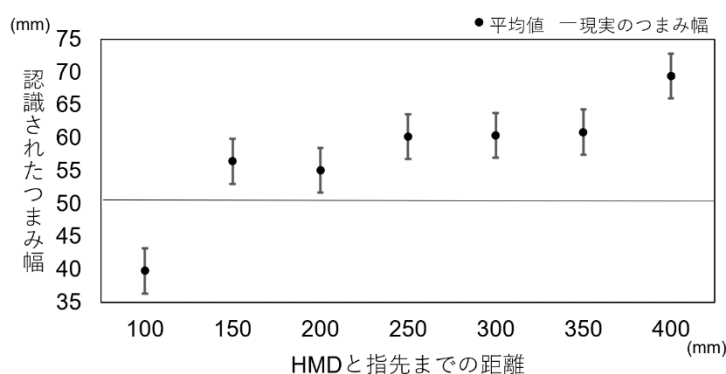


Fig. 2 MR で認識された親指と人差し指のつまみ幅

謝辞

本研究は一般社団法人新雪による「2023年度 北海道 IT クリエータ発掘・育成事業 (新雪プログラム)」の支援を受けて実施したものである.

画像 RGB データと機械学習モデルによる嗜好品の分類

北海道科学大学、*室蘭工業大学

○三船光貴、小島伊織*、合田元清、伊藤佳卓、一戸善弘、
木村尚仁、渡部智希、横山 徹、北間正崇、小島洋一郎

1. はじめに

食品の代表的な評価試験法は、理化学試験、微生物試験、官能検査の大きく3つに分類される。この中で、人の視覚・味覚・嗅覚などの感覚を通じて評価を行う官能検査は、人手不足や検査品質のばらつきといった課題を有する。そのため近年、目視検査から高性能カメラなどの光学機器を用いた外観検査への移行が推進されている。一方、小規模な企業ではこれら検査システムの導入・維持に多大な費用を要し、運用・管理面にも懸念を抱えている。本研究では携帯通信端末カメラから得られる画像 RGB データを用い、廉価で簡易に同系色嗜好飲料の分類を実施するシステムの開発を検討した。

2. 実験方法

多種多様な環境下にて撮影することが想定されることを踏まえ、本実験では厳密な撮影条件を定義せず、直射日光の影響を受けない実験室内にて実施した。各試料はシャーレ内に 2[ml] を注ぎ、これを光源の真下に敷いた灰色のマット上に設置した。携帯端末の内蔵カメラを使用して、以下の手順により撮影評価を行った。① 実験試料の撮影、② 撮影画像を画像処理ソフトにより RGB 値を取得、③ RGB 値のスペクトル分析処理、④ 試料間の測定画像データをクラスター分析などの多変量解析や機械学習により評価。なお、嗜好品液体試料は同系色を示し、製造企業の異なる、「紅茶系・コーヒー系・ポン酢系」の3種を使用した。

3. 実験結果

RGB の変数がどのように関連しているか図1に示した。対角線上に位置する3つの波形は、カーネル密度推定を示し、その他はRGB値による各試料の散布図である。カーネル密度推定によりデータ分布の特徴を確認すると、R要素のスペクトル波形は異種との重なりが少ない。R-G要素の散布図においては、緑色のプロット（ポン酢類）と青色のプロット（紅茶類）に多少なりとも重なりが見られる。一方で、R-B要素における散布図の各試料は特徴的なクラスターを形成し、異成分試料間での重なりはないことから、それぞれを分類する可能性が示された。次に、R-B要素における多変量解析の決定木を用いた結果を図2に示す。分類の正答率が96.49%と高精度になった。決定境界として、青の領域（紅茶類）が多く占めており、その他の領域面積が比較的小さい。これにより、決定境界の線とプロットの間隔が狭くなり、未知なるデータを区分する上で新たな課題が生じた。分類器を用いた図3は、B要素にて26.5を閾値にすると、紅茶全てが分類可能である。残り2つの嗜好品はR要素の92.3を閾値に設定すると、最終的に3種の嗜好品を分類できた。

4. おわりに

撮影画像 RGB データ解析と、R-B要素を活用して多変量解析による分類を行った。結果として、通信端末の小型内蔵カメラにより廉価で簡易に同系色嗜好品の分類可能性を示唆できた。今後は汎用性をより一層高められるよう、様々な分類器を比較検討する予定である。

参考文献

1) 三船ら“表面RGB画像とクラスター分析による食品の簡易分類”日本食品工学会第23回年次大会講演要旨集, P. 071, 2022年

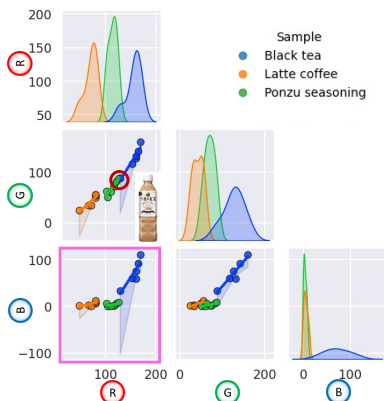


図1. RGB要素の散布図行列

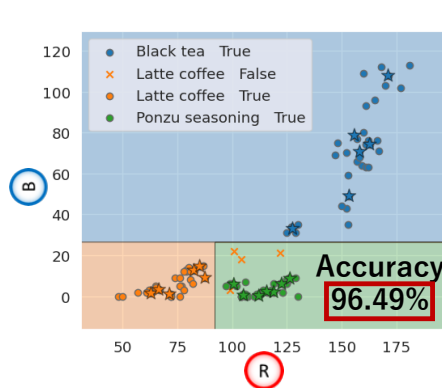


図2. 決定木を用いた分類結果

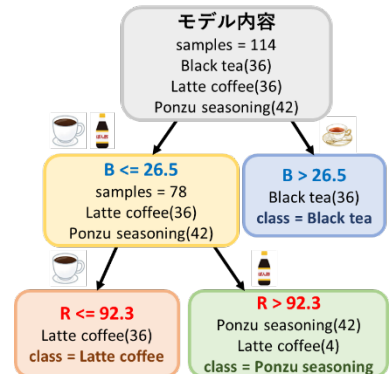


図3. 分類器によるモデル

回転するメカニカルグラフェンにおける トポロジカルエッジモードの可視化

Visualization of topological edge modes in rotating mechanical graphene

北大工 °山口 幸之介, 尹 建, 松田 理, 友田 基信

Hokkaido Univ., °Yamaguchi Konosuke, Yoon Gun, Osamu Matsuda, Motonobu Tomoda

E-mail: knsyng@eis.hokudai.ac.jp

量子ホール効果の発見に端を発したトポロジカル相は古典的な波動現象においても応用ができることから近年注目されている。量子ホール効果ではバルクのトポロジカルな性質により試料の境界に沿って電子が輸送されることが知られているが、トポロジカルに保護された伝送は電子だけではなく光子やフォノンでも実現できることが分かっている。フォノンにおいてトポロジカル導波路は屈曲や欠陥に対して固有の頑強性があり、後方散乱が防がれることからより高効率な導波路や非相反の音響デバイスの実現が期待されている。量子ホール系を実現するためには時間反転対称性を破る必要があり、フォノン系の多くは磁場と相互作用しないため回転流体[1]やジャイロスコープ[2]の導入を行う手法が考案されているが、より直接的に系に一樣な回転運動を導入する手法も提案されている[3]。回転座標系で質点は変位の速度に対して垂直方向のコリオリ力を受け、速度を逆転させるとコリオリ力の向きも逆転するため磁場と同様に時間反転対称性が破られる。先行研究ではばねと質点を六角格子状に平面上に並べたメカニカルグラフェンと呼ばれる構造が考案された。この系で振動励起を行うと固定端に沿った一方向の振動伝搬が実現できることが数値計算により示されたものの、実際の実験には至っていなかった。

本研究の目的はメカニカルグラフェンでのトポロジカルエッジモードを実現し、可視化することである。メカニカルグラフェンを構築するにあたり、回転運動が可能なプレートに球面ベアリングを埋め込み、両端におもりのついたロッドを通して固定することで質点を二次元に束縛し、自由な面内運動を可能にした。また、最近接のロッドを引張コイルばねで接続することで復元力が働くようにした。各質点の変位の測定にはトラッキングカメラと専用ソフトを用い、得られた結果から振動伝搬の様子を可視化し、トポロジカルエッジモードの実現に向けて取り組みを進めている。また、実験系のバンド構造や振動モードを把握するために数値計算プログラムを作成し、実験結果との比較を行った。

[1] P. Wang et al., Phys. Rev. Lett. **115**, 104302 (2015).

[2] Z. Yang et al., Phys. Rev. Lett. **114**, 114301 (2015).

[3] T. Kariyado et al., Scientific Reports **5**, 18107 (2016).

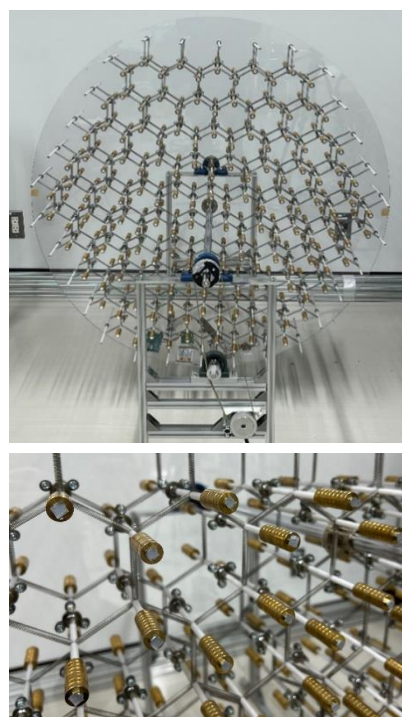


図1 作製したメカニカル
グラフェンの構造

ウェーブマシンによる局所共振のあるフォノン系での トポロジカル境界モードの実演

北大工 ○平田 拓也, 松田 理, 友田基信

トポロジカル絶縁体は内部が絶縁体だが、物質の表面や界面に沿って電子が伝導するエッジモードが存在する物質である。このトポロジカル相に起因するエッジモードは、トポロジカル絶縁体以外にも、電磁波が伝播するフォトニック結晶、音波や弾性波が伝播するフォノン結晶においても発見され、研究の興味を引きつけてきている。

1次元電子系の SSH (Su-Schrieffer-Heeger)モデルは、トポロジカルエッジモードの存在を説明するのによく使われる。そして、古典力学系において SSH モデルに対応するものが、本研究で用いる 1次元質量バネモデルである。この系では、異なるバネ定数を交互に配置することや周期的に共振器構造を付加することで、バンドギャップが発生する。さらに、同一のバネ定数を一箇所でのみ隣接して配置すると、バンドギャップの周波数域にトポロジカルエッジ状態が現れると予測される[1]。これは、実験的にも確認されている[2]。また、図1のように、質量に共振器をつけると、局所共振によるバンドギャップが現われ、バンドギャップの周波数を下げることができる。この共振器のついた質量バネ模型でのトポロジカル境界モードの発現は、理論的には示されている[3]。

本研究では、共振器を付加した質量バネ模型でのトポロジカル境界モードを、ウェーブマシンを用いて実験的に可視化することを目的とする。これは、質量バネ模型と図2に示すような対応関係を持っている。図3に示したように、共振器としてウェーブマシンの各棒の両端に、板バネを取り付けた。本講演では、ウェーブマシンを用いて視覚的にトポロジカル境界モードの動きを紹介する。このフォノン系における局所共振とトポロジカル境界モードを組み合わせる研究には、連続体や2次元系への拡張により、今後さらなる発展が見込まれる。

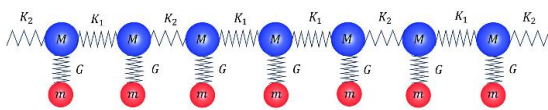


図1. 共振器のついた2つの質量バネ模型

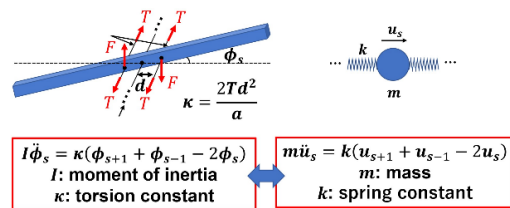


図2. ウェーブマシンと質量バネ模型

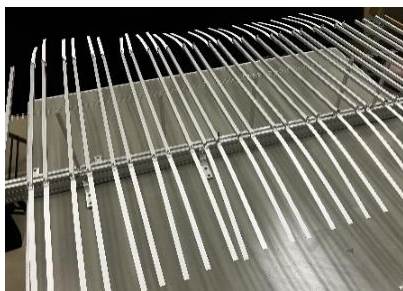


図3. 板バネがついたウェーブマシン

- [1] H. Chen, *et al.*, J. Mech. Phys. Solid., **117**, 22 (2018)
- [2] R. Chaunsali, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **119**, 024301 (2017)
- [3] D. Zhao, *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 014110 (2018)