

一般セッション(口頭講演) | 1 応用物理学一般：1.1 応用物理一般・学際領域

■ 2023年9月19日(火) 13:00 ~ 15:30 | 会 A311 (熊本城ホール)

[19p-A311-1~9] 1.1 応用物理一般・学際領域

藤川 知栄美(東海大)

13:00 ~ 13:15

[19p-A311-1] 銀ナノ粒子積層膜の金属外観発現に対する新原理と新規誘電関数モデル

○松本 渚¹ (1.MAS)

13:15 ~ 13:30

[19p-A311-2] 希土類系におけるQSGWを用いた多重項励起の第一原理解析

○鈴木 雄大¹、小谷 岳生^{2,3}、佐藤 和則^{1,2} (1.阪大工、2.阪大CSR、3.鳥取大工)

◆ 奨励賞エントリー

13:30 ~ 13:45

[19p-A311-3] 1次元Rice-Mele格子におけるエネルギーポンピング

○石川 航大¹、服部 公則¹ (1.阪大院基礎工)

◆ 奨励賞エントリー ◆ 英語発表

13:45 ~ 14:00

[19p-A311-4] High Air-Quality Nap-Box based on Clean Unit System Platform(CUSP)

○(M2)He Wu^{1,2}, Ziling Zhou^{1,2}, Dan Wu^{1,2}, Tsung-Hao Hsieh³, Sheng-Fu Liang³, H. Yamaguchi⁴, Akira Ishibashi^{1,2} (1.RIES Hokkaido Univ., 2.Science HU, 3.Cheng-Kung Univ., 4.Koyoju-corp.)

◆ 奨励賞エントリー

14:00 ~ 14:15

[19p-A311-5] ブルーライトカットレンズを用いた時の色認識特性の検討 2

○(M1)稲田 真莉乃¹、室谷 裕志¹ (1.東海大院工)

◆ 英語発表

14:30 ~ 14:45

[19p-A311-6] Monitoring the effects of heavy metal (Cu) on Aquatic plant (Myriophyllum) using Biospeckle Optical Coherence Tomography and Statistical Interferometry Technique

○(D)Maimaiti Zulupuhaer¹, Hirofumi Kadono¹, Uma Maheswari Rajagopalan² (1.Saitama Univ., 2.Shibaura Inst)

14:45 ~ 15:00

[19p-A311-7] 統計干渉法(SIT)を用いた遠赤色光,青色光,赤色光照射条件下における極短時間の植物成長挙動への影響評価

○山口 暁久¹、矢吹 海¹、門野 博史¹ (1.埼玉大理工研)

15:00 ~ 15:15

[19p-A311-8] 熱延伸プロセスによるファイバー内三次元螺旋流路の実現

○(B)加藤 駿典¹、ダニエル カールソン³、シェン エイミー³、郭 媛元² (1.東北大工、2.東北大学際研、3.沖縄科学技術大)

15:15 ~ 15:30

[19p-A311-9] シリカ粒子分散液のシェアシックニングに伴うX線小角散乱変化

○山田 達矢¹、赤田 圭史²、大久保 総一郎³、石橋 諒一⁴、小野木 伯薫³、小林 幹佳⁵、手島 正吾¹、藤田 淳一² (1.高度情報、2.筑波大数理、3.住友電工、4.筑波大理工情報生命学術院、5.筑波大生命環境)

銀ナノ粒子積層膜の金属外観発現に対する新原理と新規誘電関数モデル

A New Principle and a Novel Dielectric Function Model for the Appearance of Metallic Appearance in Silver Nanoparticle Layer Films

ミネベアアクセスソリューションズ¹ °松本 渚¹

Minebea AccessSolutions Inc.¹, °Nagisa Matsumoto¹,

E-mail: nagisa_matsumoto@minebea-as.com

1. 背景：

銀ナノ粒子(以下 AgNP)の分散液を用いた塗料が市販され、塗布、乾燥させると簡便に金属外観が得られることから金属めっきや銀鏡塗装の代替としての利用が進んでいる。一方で何故 AgNP の積層膜が金属外観を示す原理について納得できるロジックがないのが現状である。

2. 結果：

そこで前述の塗料を塗布して得た AgNP 積層膜の反射・透過のスペクトルから光学定数を逆算し、誘電関数を求めた。その結果古典モデルいずれとも合致しない山型の誘電関数を得た。

3. 考察：

この誘電関数は元が銀であるからドルーデモデル型の誘電関数と何らかの長波長側(低周波数側)で減衰する因子の積と仮定した。減衰する因子として自由電子数 N_0 に目を付け、ロジスティック関数で補正することにより挙動を定性的に再現した。以上から AgNP 積層膜の金属外観は局在表面プラズモンに依るものではなく、電子が光を受けることで凝集体の内部をある程度自由に運動することで金属として振舞っているためと説明できる。粒子間の移動はトンネリングと予想され、粒子間距離に強く影響されるため AgNP の並びの良さと補正の関数が相関していると考えられるが定量モデルの構築には至っていない。自由電子数が変動するモデルの妥当性は同様の誘電関数を得たナノレベルで不連続なインジウム蒸着膜のデータを示しつつ当日議論する。

4. 結論：

モデルの導く結論として AgNP 積層膜において電子は光の電場であっても複数の粒子間をトンネリングして相当程度自由に運動している。この新知見が様々な発見を導くことになる。

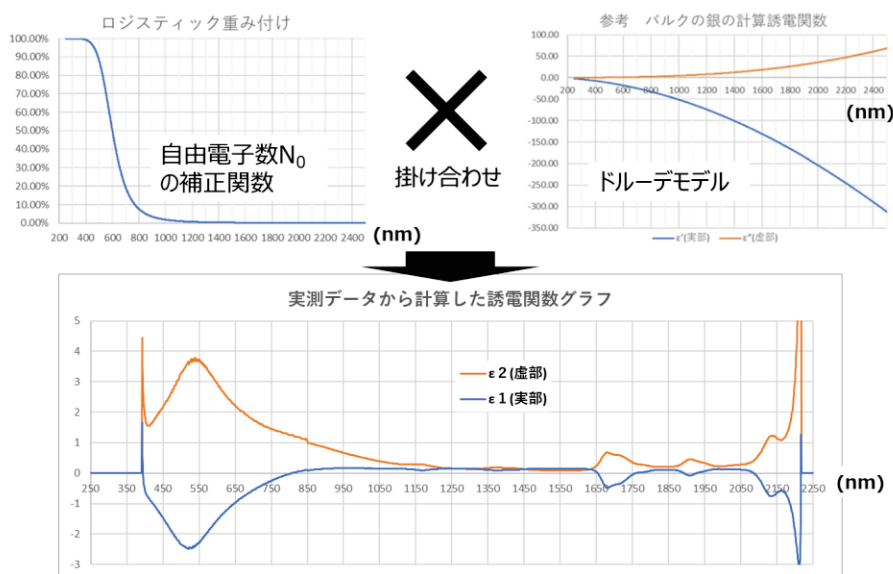


Fig. Measured dielectric function and model construction

希土類系における QSGW を用いた多重項励起の第一原理解析

The first-principles analysis for multiplet excitation of a rare-earth system using QSGW

阪大工¹, 阪大 CSRN², 鳥取大工³, 鈴木 雄大¹, 小谷 岳生^{2,3}, 佐藤 和則^{1,2}

Osaka Univ.¹, CSRN-Osaka², Tottori Univ.³, Katsuhiko Suzuki¹, Takao Kotani^{2,3}, Kazunori Sato^{1,2}

E-mail: E-mail: k-suzuki@mat.eng.osaka-u.ac.jp

希土類元素の局在 f 軌道の振る舞いは発光特性や磁性の性質を理解する上で重要な要素である。 f 軌道は原子に局在しているため、電子相関の効果を正確に考慮することが重要である。しかし一般的に使われている LDA/GGA 相関汎関数を用いた第一原理計算では電子相関の効果の取り扱いが不十分で有るより正確な電子相関の効果を取り扱う必要がある。また、多重項励起は集団励起であるため、局在描像に基づいた多体のモデルハミルトニアンを用いた解析が行われている[1]。第一原理計算を用いた物質探索を希土類化合物で行うためには、より正確な電子相関の効果を取り込みモデルハミルトニアンのパラメータを第一原理的に決定する必要がある。

本研究では第一原理計算からモデルハミルトニアンのパラメータを決定し、物質中の希土類 f 軌道の励起について議論する[2]。第一原理計算で f 軌道を取り扱う場合、オンサイト相互作用をパラメータとして電子相関を補完する LDA+ U 法がしばしば用いられる。本件研究では、この U を第一原理計算の枠組みの中で決定可能な Quasi-particle self-consistent GW (QSGW)法[3]を用い、QSGW のバンド構造を参照し、モデルハミルトニアンのパラメータを決定した。具体的には、QSGW で得られた f 軌道の準位が、モデルハミルトニアンに平均場近似を適用した結果を再現すると仮定して、QSGW の固有値との差が最小になるようにパラメータを決定した。これを用いて、物質毎のパラメータの違いを取り込んだ多重項励起を解析する。

この手法を 3 価の希土類自由イオンに適用して、多重項励起を求めた結果を図 1 に示す。このように自由希土類イオンにおける励起を第一原理計算の枠組み内で再現することを示した。発表ではこの手法を用いて物質中の希土類イオンの多重項励起について議論する。

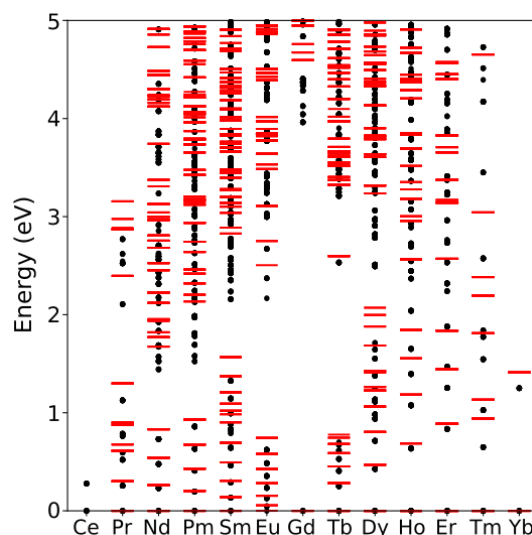


図 1 本研究手法で得られた多重項励起(赤線)と先行研究[1]の励起(黒点)との比較

Reference

- [1] G. Racah: Phys. Rev. 76 (1949) 1352.
- [2] K. Suzuki, T. Kotani, and K. Sato: Phys. Rev. Research 5 (2023) 03111.
- [3] T. Kotani, and M. van Schilfhaarde: Phys. Rev. B 76 (2007) 165106.

1 次元 Rice-Mele 格子におけるエネルギーポンピング

Energy pumping in Rice-Mele chains

阪大院基礎工, °(M2) 石川航大, 服部公則

Graduate School of Engineering Science, Osaka Univ., °Kodai Ishikawa, Kiminori Hattori

E-mail: u679328h@ecs.osaka-u.ac.jp

1. 背景・目的

近年、新奇な物性を示すトポロジカル絶縁体が注目を集めており、その研究分野が急速に発展している。トポロジカル絶縁体の表面状態はエネルギー損失無く電流を輸送できるという特徴があり、超低消費電力デバイスや量子コンピュータへの応用が期待されている。

1 次元トポロジカル絶縁体として知られる Rice-Mele (RM) モデルでは、冷却原子系において近年チャージポンピングの実験的な観測がなされた。チャージポンピングとは、パラメータの周期的変調により無電場で散逸無く電荷を輸送する技術である。

本報告では、RM モデルにおけるエネルギーポンピングに焦点を当て、断熱サイクル中にポンプされるエネルギーカレントについて詳細な理論計算を行う。

2. 方法

第二量子化形式を用いてエネルギー分極を解析し、これをセル間エネルギーカレントに連続方程式で結び付ける。次に、分極の期待値から任意の断熱サイクルで流れる瞬時カレントを記述する一般的なポンピング公式を導く。本研究ではハーフフィリングを仮定し、系のパラメータが周期的に変調する特定の断熱サイクルにおけるエネルギーポンピングを数値的に評価する。

に評価する。

3. 結果

Fig.1 は1サイクルあたりにポンプされるエネルギーの温度依存性についての計算結果である。Fig.1 から、エネルギーポンプ量 Q_h は温度 θ に依存しないことがわかる。さらに、変調振幅 δ とは $Q_h = -\delta$ の関係があり、ポンプ量は $Q_h/\delta = -1$ に量子化されている。この結果は、全バンドに対するグローバルベリー位相と断熱サイクル中のトポロジカルな相転移によって説明される。

エネルギーポンピングの物理的意味は、ポンピングサイクル中のワニエ状態の時間発展を考えることで説明できる。当日には、ワニエ中心とエネルギー期待値の関係を交え、RM モデルにおけるエネルギーポンピングについて包括的に議論する。

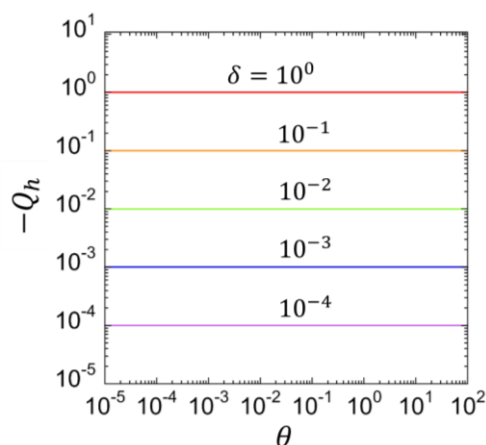


Fig.1. Pumped energy Q_h per cycle as a function of temperature θ .

High Air-Quality Nap-Box based on Clean Unit System Platform(CUSP)

He Wu^{1,2}, Ziling Zhou^{1,2}, Dan Wu^{1,2}, Tsung-Hao Hsieh³, Sheng-Fu Liang³, H. Yamaguchi⁴, and Akira Ishibashi^{1,2}

¹Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan

²Dept. of Condensed Matter Physics, Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan

³Institute of Medical Informatics, National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

⁴Koyoku Plywood Corporation, Asahikawa, Japan

*Contact: wu.he@es.hokudai.ac.jp

I. Introduction

In this century, the importance of environmental issues has steadily been increasing, and a personal clean environment (PCe), we believe, is now exactly in the same situation as the PC was back then in the last century. Since we have experienced COV-19, the new environment-conscious high efficiency clean space will surely gain much more importance not just only for hospitals, houses for elderly people but also for all the generations of ours. Bringing a clean space at low cost in the world of consumers will realize “The PCe for all of us”. We have been developing clean unit system platform (CUSP) as a promising candidate of the PCe. The CUSP is a closed (isolated) system in that there is no net air-flow exchanged between inside and outside. Also, to exchange the gas inside and outside, GEM (gas exchange membrane) has been provided. It can easily exchange designated gas molecules. We have developed a new compact CUSP-GEM system named Nap Box as shown in Fig. 1. In the CUSP, a fan-filter-unit (FFU) is in the room decoupled from outside and takes away the particles inside the CUSP/Nap-Box being free from clogging in quite short time. Nap-box provides a clean space for people to take a nap. Based upon scaling rules, CUSP-GEU can be applied to any closed space, not only for sleep assessment but also for medical treatments for COVID-19 or other infectious diseases.

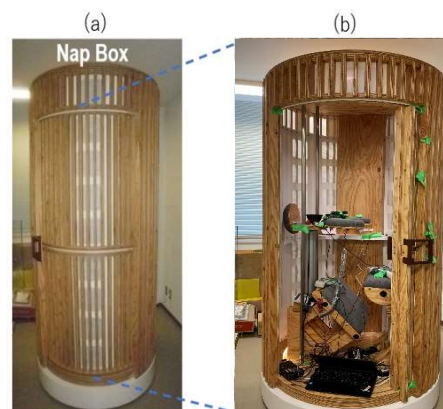


Fig. 1. a) Outlook and b) inside, with some air sensors, of a high air-quality Nap-Box based on CUSP.

II. Experiment

We have done the dust number count experiment and CO₂ concentration experiment.

The dust experiment use air filter to clean the air that box inside. We have counted the number of dusts in Nap-box. Then use filter to clean the air and absorb dust and see time-dependence of particle count. Filter has 3 flow modes, high, medium and low. The mode means filter's ability to clean the air. After the fan filter power on, the system dust number will tend to stable. The lower flow needs more time to get dust number stable. On the other hand, we tried to measure the CO₂ change by igniting alcohol (3 g of CH₃OH) experiment. Alcohol burning and produce CO₂. The CO₂ can go through GEM and exchange with the outside air.

III. Results and Conclusion

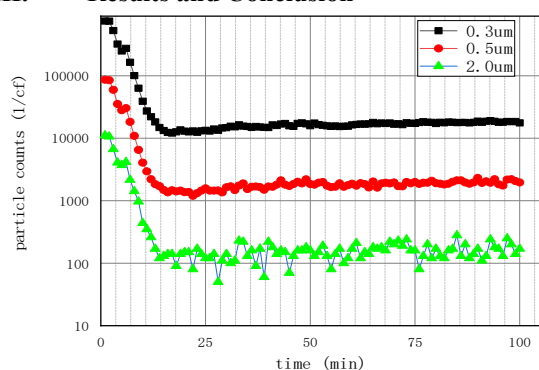


Fig. 2. Cleanliness in the Nap Box. Particle count decreases rapidly after its FFU turns on. The black, red, green line represent the particle with diameter at 0.3μm, 0.5μm, 2.0μm

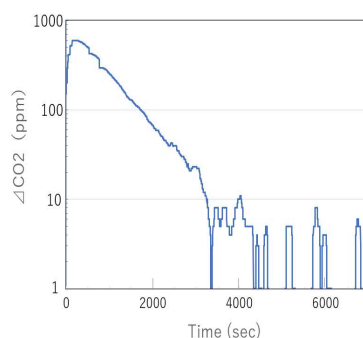


Fig. 3. Result of alcohol burning experiment in the Nap Box. Increase in CO₂ concentration ($\Delta\text{CO}_2 = \eta(t) - \eta_0$) is plotted as function of time.

We can infer that Nap-box is very effective to decrease dust number, as shown in Fig. 2. The time cost is not very long (about 14min), and the particle number will soon become low and stable.

For the gas exchange capacity experiment, as shown in Fig. 3, carbon dioxide concentrations

are well controlled after the 2-minute-long combustion process. When the combustion is over, the concentration of carbon dioxide can quickly decrease. The concentration of carbon dioxide in the Nap-box reduces from 1500 ppm down to normal level (below 600 ppm) within 50 minutes.

Acknowledgements

This work is supported by the Network Joint Research Centre for Materials and Devices; Dynamic Alliance for Open Innovation Bridging Human, Environment and Materials; Grant-in-Aid for Challenging Researches [15K15280], [16K12698] and [22K07432] from Japan Society for the Promotion of Science (JSPS); and also by AMED under Grant Number JP20he0622027.

Reference

- [1] D.J. Tenenbaum: ‘The cleanroom: how clean?’, Environ. Health Perspect., 111, pp. A282–283 (2003)
- [2] A. J. Cohen, et al. *Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015*. The Lancet, 389(10082), 1907–1918. (2017).
- [3] A. Ishibashi, and M. Yasutake *Clean unit system platform (CUSP) for medical/hygienic applications*. Int. J. Eng. Res. Sci., 2, 92–7(2016).

ブルーライトカットレンズを用いた時の色認識特性の検討 2

Study of color recognition characteristics when using blue light-cut glasses 2

○ 稲田 真莉乃, 室谷 裕志 (東海大院工)

○ Marino Inada, Hiroshi Murotani
(Grad. Sch. of Eng., Tokai Univ.)

E-mail: murotani@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

1. 背景・目的

ブルーライト光とは、380nm～495 nm 付近の波長の青色光とされており、紫外線に最も近い可視光で高い光子エネルギーをもち、パソコンやスマートフォンなどのディスプレイからも放射されている。近年ブルーライトの人への影響を考慮した製品が多く発売されている。眼鏡もそれらの製品として発売されている。人間は、色情報を網膜にある視細胞であるL, M, Sの3錐体への光刺激より得ている。S錐体のピーク感度は440 nm 付近であり、ブルーライト光がカットされることにより色の判別への影響が考えられる。実際に、目視検査における色彩判別作業への影響も作業者から報告されている。

本研究では、ブルーライトカットのレンズの眼鏡を使用することによって人間の色の認識特性への影響について検討する事を目的とした。我々の先行研究で色順応の可能性が考えられたため本報告ではHue100テストの方法を工夫することにより色順応を考慮しての結果について報告する。

2. 実験方法

Hue100テストによる検査の様子を Fig. 1 に示す。色相配列検査を被験者 17 名で行った。照明には、昼光色の標準光源 D65 を使用した標準光源装置 (BYK-Gardner 製)を用いた。Hue100 テストは被験者が両端に固定されている色の間のコマを似た色の順に並べることにより色覚異常の程度を判断するものでマンセル色相環を網羅することができる。ブルーライトカット眼鏡を装着してから時間の間による色順応の影響を考慮して、眼鏡の装着する順と 4 種類の内箱を試行する順を無作為にして色順応の影響を低減した。裸眼と市販のブルーライトカット眼鏡 2 本の計 3 条件で色覚配列検査を行った。評価に利用した眼鏡の正透過率の分光スペクトルを Fig. 2 に示す。

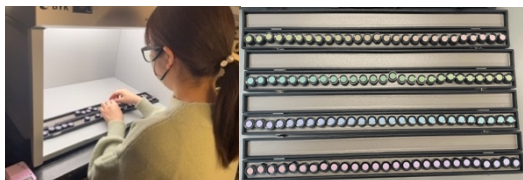


Fig. 1 Farnsworth Munsell Hue100 color tests and the color frames of Farnsworth Munsell Hue100 color tests

3. 結果および考察

ブルーライトカット眼鏡の 435 nm の時の透過率と各眼鏡使用時の色相別誤り値を Fig. 3 示す。間違えた箇所の多いほど加点される。Hue100 内箱ごとで結果を比較した。内箱は

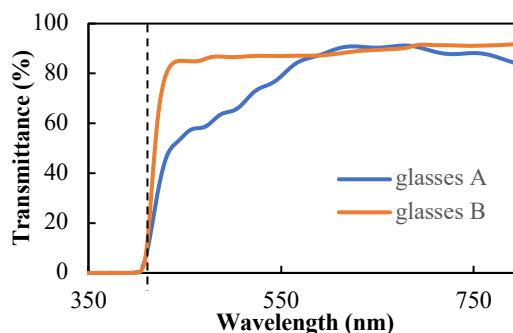


Fig. 2 Transmittance spectra of blue light cut glasses

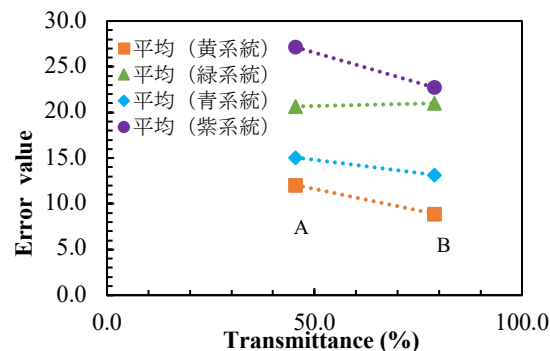


Fig. 3 Relationship between transmittance and error values at 435 nm wavelength

上から黄, 緑, 青, 紫系統 (Fig.2) とした。紫系統での弁別能力が他の色相系統より悪いことがわかる。ブルーライトカットメガネを使用した場合、透過率が減少するにつれて弁別能力が低くなる傾向を確認できた。これは、S 錐体への光刺激の低下が原因と考えられる。この結果は先行研究と同様の傾向を示している。本報告の結果を踏まえると本実験手法を用いるときには色順応の影響は少ないと考えられる。

4. 結論

ブルーライトカット眼鏡を装着することにより、個人差はあるものの紫系統の色味での色の弁別能力の低下があると考えられる。

5. 謝辞

本研究で行った実験の被験者を努めていただいた方々に感謝致します。

6. 参考文献

- 1) 日本眼科学会, 他. 小児のブルーライトカット眼鏡装用に対する慎重意見. 2021.
- 2) 稲田真莉乃, ブルーライトカットレンズを用いた時の色認識特性の検討, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会, 15p-D405-8, 2023

Monitoring the effects of heavy metal (Cu) on Aquatic plant (Myriophyllum) using Biospeckle Optical Coherence Tomography and Statistical Interferometry Technique

Zulupuhaer Maimaiti¹, Hirofumi Kadono^{1*}, R. Uma Maheswari²

¹ Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan.

² Dept. Mech. Eng. Faculty of Engineering, Shibaura Institute of Technology, Japan

Email: zulpikarzero@gmail.com

1. Introduction

Recently, heavy metal pollution is becoming a very important environmental issue. Copper is a heavy metal that can be harmful if ingested in excess. When Cu exceeding it is critical level might bring serious toxicological concerns such as vomiting, cramps, convulsions, or even death. We demonstrated two optical interferometric techniques to monitor the biological activities of plants. Firstly, biospeckle optical coherence tomography (bOCT) was proposed. In bOCT, the temporal speckle contrast variation of the OCT signal is used as a parameter to characterize the internal activities of the aquatic plant (Myriophyllum). [1]. Next, Statistical interferometric technique (SIT) was applied, and SIT is a highly sensitive, high speed and non-invasive optical technique developed by our group capable of measuring instantaneous sub-nanometer displacements. SIT applied to plant growth has revealed nanometric intrinsic fluctuations (NIF) that are reliable and sensitive to variations in the environment making NIF as a measure of healthiness of the plants.[2]. In this study, we demonstrated the validity of propose optical methods on detecting the effect of heavy metal copper, on aquatic plants by monitoring the NIF by SIT and bOCT observation together with traditional biometric methods.

2. Experiments and results

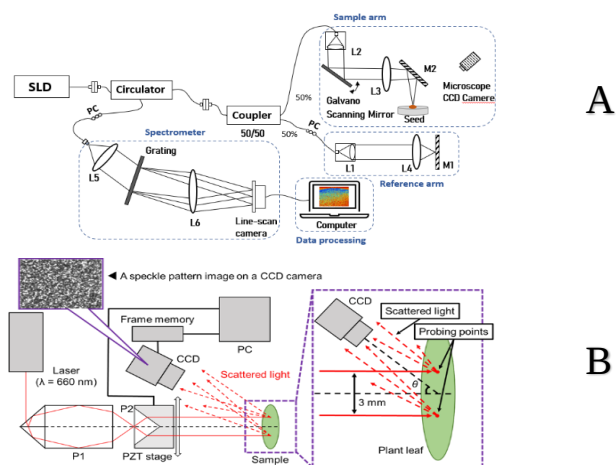


Fig.1 (A) Biospeckle Optical Coherence Tomography (bOCT) system
(B) Statistical Interferometry Technique (SIT) system;

The experimental system of bOCT and SIT systems are shown in Fig. 1. The OCT system used a source of wavelength of 840 nm, we used a 2048-pixel line-scan CCD camera with a 25000 line-per-second acquisition rate. A two-dimensional image of 1024×2500 is collected at the acquisition rate of 10 frames per second.

SIT system used diode laser of wavelength 660 nm was used as a light source to illuminate the sample. First, using a specially designed prism, P1, the laser beam was divided into two beams. Next, a right-angle prism, P2, mounted on a piezoelectric transducer (PZT) stage was employed to introduce path difference between the two illuminating beams. Interference speckle patterns generated from the two illuminating points (on plant stems) were acquired by a CCD camera for every 500 ms and stored in a frame memory [2]. The Phase difference was measured by using this equation,

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L \sin\theta$$

Where λ is wavelength of light, ΔL is in-plane elongation of leaf and θ is the angle between the illumination and observation direction.

Plant stems were observing point using the bOCT technique after 7 days of exposure to copper solutions of three different copper concentrations to 0, 30, 100 mg/l. For SIT technique it is just 3 hours of experiment time, we observed that the plants were receiving heavy metal stress in the copper solution. Under the same heavy metal exposure conditions (7 days), Traditional biometrics method (H₂O₂, CAT) are also measured.

By calculating the contrast of a specific region in the bOCT image, the average biospot contrast of the aquatic plant for each treatment can be obtained. The average contrast of aquatic plants in copper solution was significantly lower than that of the control, and the average contrast of aquatic plants treated with 100 mg/l copper solution was the lowest.

Standard deviations (SD) of NIF were calculated to evaluate the dependence of NIF on the environmental conditions. After we normalize the data, it is easier to see the range of NIF changes. When the copper concentration is 30mg/l, the decrease rate is 23.5%. When the copper concentration was increased to 100mg/l, the decrease came to 51.8%. Fig 3.

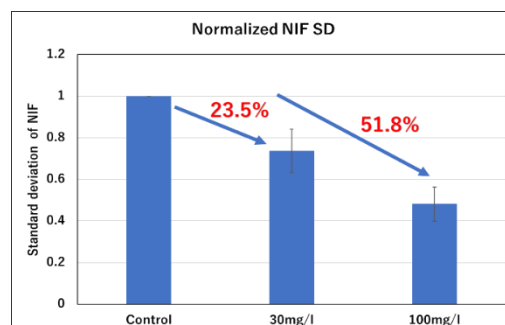


Fig 3 Decline rate of Standard deviation under three copper concentrations of control, 30mg/l and 100mg/l.

From the experiments of H₂O₂ and CAT, we can clearly see that when the copper concentration increases to 30mg/l and 100mg/l, these two indicators were increasing, indicating that these two concentrations have imposed stressed on the plant.

3. Conclusion

In this study, we proposed to use biospeckle optical coherence tomography (bOCT) and then used Statistical Interferometry Technique (SIT) to monitor the effects of heavy metal, copper, on the aquatic plant Myriophyllum. Hydrogen peroxide and catalase amount obtained from traditional biometric methods. The increase of copper solution has a significant effect on the activity of plants. It was not possible to observe the effects of 7 days of heavy metal exposure on plants by measuring their length or the color of their leaves. Compared with traditional bioassay methods, SIT technology is the fastest, followed by bOCT technology. Both technologies are advanced and can be used as a new method for the determination of plant bioactivity.

References

- [1] De Silva, Y. S. K., Rajagopalan, U. M. and Kadono, H. J. Environ. Sci. Manag. 7, 1–22 (2021).
- [2] Li, D.; Rajagopalan, U.M.; De Silva, Y.S.K.; Liu, F.; Kadono, H. Applied Sciences 2022, 12, 355.

統計干渉法(SIT)を用いた遠赤色光,青色光,赤色光照射条件下における 極短時間の植物成長挙動への影響評価

Evaluation of sub-nanometric plant growth activities under far-red light and blue light and red light illuminations using Statistical Interferometry Technique (SIT)

埼玉大学, °(M2)山口 暁久, 矢吹 海, 門野 博史

Saitama Univ., °Akihisa Yamaguchi, Kai Yabuki, Hirofumi Kadono

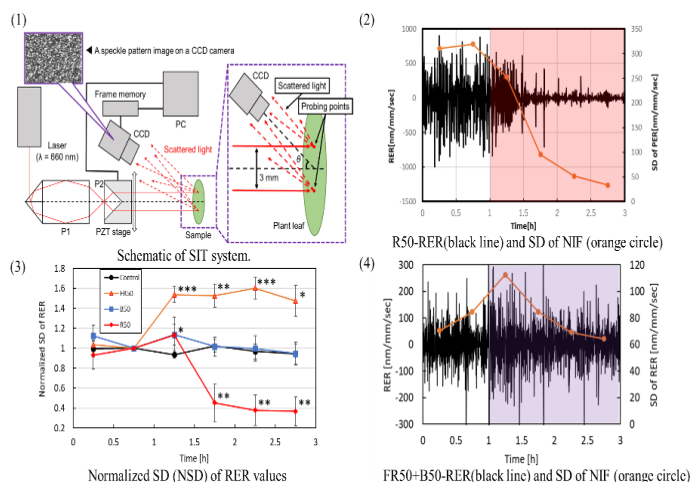
E-mail: a.yamaguchi.209@ms.saitama-u.ac.jp

【1. はじめに】 当研究室で独自に開発した「統計干渉法 (SIT)」は、散乱場の位相が完全にランダムであることを基準とする新しい原理に基づいた、サブナノメートルの高精度を実現しながら、非侵襲で植物の表面において秒スケールで生じる微小な成長挙動をリアルタイムで計測することができる光干渉法である¹⁾。SITを植物の葉の伸長計測に応用すると、植物はナノスケールの微小なゆらぎを伴いながら成長していることを初めて明らかにした。我々はこのゆらぎを、植物の成長に伴う「自発的ナノメートルゆらぎ (Nanometric Intrinsic Fluctuation, NIF)」と名付け、注目している。興味深いことに、このNIFは植物の活性状態を高感度に反映していることが明らかになり、この現象に基づいた環境評価も可能であることを指摘した²⁾。しかし、NIFの起源等については未だに不明な点が多い。

本研究では、NIFの起源に迫ることを目指して、波長域 700-800 nm の「遠赤色光 (FR)」および植物の光合成に深く関係する赤色光(R)(波長 660nm)照射の植物に与える影響を調査した。

【2. 実験方法】 Fig. 1 は、本実験で使用した SIT の光学系である。レーザー光 (660nm) は、二つの平行ビームに分割され、葉の表面の二点を垂直に照射する。そして、照射された二点からの散乱により生じた2つのスペckル場の重ね合わせによる、ランダムな干渉パターンを CCD カメラにより取り込む。SIT では、その2つの照明光間の葉の伸長を高精度に決定することができる¹⁾。我々は極短時間「相対伸長速度 (Relative Elongation Rate, RER [nm/mm/sec])」を定義し、測定を行った。これは 5.5 秒間の極短時間の成長速度を求め、比較的長時間の成長量を差し引いた後の、1 mm あたりの成長速度である²⁾。(Fig. 2)に示すように RER は、ナノメートルスケールで激しいゆらぎを示し、植物が自発的にもつ成長ゆらぎ (すなわち NIF) である。サンプルには新鮮なイネの苗の葉 (発芽後 2-4 週齢) を用いた。

【3. 結果と考察】 前回の結果から、50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の光子束密度 (PFD) の FR 照射 (波長 730 nm) が、イネの葉の NIF の大きさ (ゆらぎの標準偏差) を約 50% 増加させた (Fig. 3, オレンジ▲) 一方で、同じ量の青色光 (B) (波長 470 nm) を照射しても、NIF に変化が起きなかった (Fig. 3, 青■)³⁾。本実験では、イネの葉に、PFD 約 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の R を単体照射したところ NIF の大きさは照射後、30 分~1 時間後に明らかに減少していることが確認できた (Fig. 2)。その減少量は、平均すると約 63% であった。(Fig. 3, 赤◆)。植物は、光環境中の R と FR の割合 (R:FR) を受容体である「フィトクロム」で感知し、自身への光環境を識別している。本実験の結果から、「フィトクロム」のもつ伸長抑制効果が関係した可能性や高 R:FR 環境、つまり植物にとっては、日向にいると認識したことからの避陰反応自体が起こらなかった可能性が考えられた。さらに前回の実験結果から、FR と同様の量の B を同時照射することで FR による NIF の増加を打ち消していることが確認できた (Fig. 4) これは、B 受容体の「クリプトクロム (C) を感知して、植物の過剰な成長を抑制する)」などが関与した可能性も考えられる。以上の結果を踏まえて、植物は光条件 (明るさやスペクトル等) を認識しており、それが NIF にも反映されているようであることを示唆している。一方で植物にとって FR 単体照射よりも R 単体照射の方が光合成に対しては、良い光条件にも関わらず NIF が減少した。この理由として、避陰反応による植物伸長と各光受容体での作用が関係している可能性が考えられ、今後も更なる研究を進めていく予定である。



[1] Kadono et al., J. Opt. Soc. Am. A 18, 1267-1274 (2001). [2] Kabir et al., Plant Biotech. 37, 1-11 (2020). [3] 山口 他, 第 70 回応物春 15a-A405-1 (2023).

熱延伸プロセスによるファイバー内三次元螺旋流路の実現

Twisted Fiber Microfluidics: A Cutting-Edge Approach to 3D spiral Devices

東北大学際研¹, OIST²

○(B)加藤 駿典¹, ダニエル W カールソン², エイミー Q シェン², 郭 媛元¹

FRIS, Tohoku Univ.¹, Okinawa Institute of Science and Technology.²

°Shunsuke Kato¹, Daniel W. Carlson², Amy Q. Shen², Yuanyuan Guo¹

E-mail: amy.shen@oist.jp ; yyuanguo@fris.tohoku.ac.jp

マイクロ流体工学はマイクロスケールの流体を操作し応用する技術であり、生命科学や化学、材料工学などの分野で広く利用されている。従来のマイクロ流体デバイスの多くは平面基板上にリソグラフィによって構築されており、流路形状を細かく制御できる反面、材料の選択制限や製造工程の複雑さ、平面構造に限定されるといった課題がある。本研究では、光通信ファイバーの製造技術である熱延伸プロセスを改良して、これらの課題を解決しつつ、新たな手法として三次元螺旋型微小流路を持つポリマーファイバーを開発することに取り組んだ。

微小流路を集積したファイバーを開発するためにまず、チャンネルを持つポリマー製のプリフォームを作成した(Fig.1(a))。プリフォームを熱延伸することで、構造を維持したまま直径数百ミクロンのファイバーを作成することができ、内部のチャンネルも縮小され、ファイバー内部に微小流路を形成することができる。さらに、延伸中にファイバーを水平方向に回転させることで内部の流路を回転させ(Fig.1(b))、三次元の螺旋流路を形成した(Fig.2(c))。この回転型熱延伸プロセスを活用することによって様々な断面形状と螺旋ピッチを持つ三次元微小流路を開発することに成功した。また、数値流体力学(CFD)に基づいた流体シミュレーション及び作成したマイクロ流体デバイス(Fig.2)に対して三次元流速分布計測(Tomographic PIV)を行い、流路の内の流れの評価を行った。曲率を持った流路内には Dean flow^[1]と呼ばれる二次の渦が発生することが知られており、本研究ではシミュレーションと実験結果の両方で Dean flow の発生を確認することができた(Fig.3)。この新たなマイクロ流体デバイスの製造手法により、従来のデバイスでは実現できない流れの生成および制御が期待される。

本研究は OIST-SHINKA、JST-FOREST(JPMJFR205D)の支援を受けて実施された。

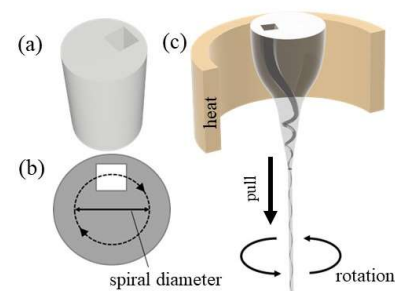


Fig.1 The fabrication method

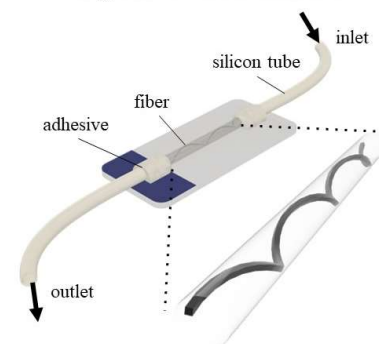


Fig.2 The microfluidic device

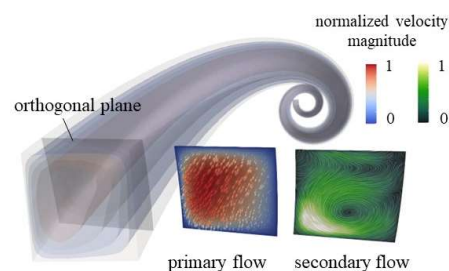


Fig.3 The simulation study

[1]W. R. Dean, Proceedings of the Royal Society of London. 121 (1928) 402–420.

シリカ粒子分散液のシェアシックニングに伴う X 線小角散乱変化

Changes in Small-Angle X-ray Scattering

Associated With Shear Thickening of Silica Particle Dispersions

高度情報¹, 筑波大数理², 住友電工³, 筑波大理工情報生命学術院⁴, 筑波大生命環境⁵○山田 達矢¹, 赤田 圭史², 大久保 総一郎³, 石橋 諒一⁴, 小野木 伯薫³, 小林 幹佳⁵,手島 正吾¹, 藤田 淳一²RIST¹, Grad. Sch. of Pure and Applied Sci., Univ. of Tsukuba², Sumitomo Electric Industries, Ltd.³, Grad.Sch. of Sci. and Tech., Univ. of Tsukuba⁴, Faculty of Life and Environmental Sci., Univ. of Tsukuba⁵○Tatsuya Yamada¹, Keishi Akada², Soichiro Okubo³, Ryoichi Ishibashi⁴, Takamasa Onoki³,Motoyoshi Kobayashi⁵, Syogo Tejima¹, Jun-ichi Fujita²

E-mail: tyamada@rist.or.jp

球状シリカ粒子のエチレングリコールへの分散液は、せん断速度($\dot{\gamma}$)の増大に伴う見かけ粘度(η_{app})の増大というシェアシックニング現象を示す。この仕組みを説明する枠組みとして、流体力学的相互作用、並びに、粒子表面間の斥力、及び、接触摩擦力を取り入れたストークス動力学(SD)シミュレーションが提唱され、 $\dot{\gamma}$ — η_{app} 曲線の再現を通してその妥当性が検証された (R. Mari *et al.*, *J. Rheol.* **58**, 2014)。しかし、この枠組みに関して、シェアシックニング前後での粒子配置の変化を通じた検証は未だ十分ではない。X 線小角散乱(SAXS)測定(Fig. 1-1)の結果は、粒子配置を反映する。特に、粒径が均一の場合は、シェアシックニング生起の前後で分散液の SAXS パターンがスポット状から円環状へと変化する(Fig. 1-2)。そこで本研究では、シェアシックニングに伴う SAXS パターンの変化について SD シミュレーションを行い、実験結果と比較し、 $\dot{\gamma}$ — η_{app} 曲線の再現とは異なった方式で、Mari らによって提唱された枠組みの検証を行った。

まず、初期構造として実験と同様の直径 $560\text{nm} \pm 28\text{nm}$ の球状シリカ粒子 2016 個を体積分率 53%となるよう直方体内にランダムに配置し、系に一定のせん断速度($10 \sim 100 \text{ s}^{-1}$)を与えた。すると、粒子は内部に六方格子状配置を伴う秩序だった積層構造に整列し、SAXS パターンの計算結果として実験と同様のスポットが現れた(Fig. 1-2)。引き続いて、系に大きなせん断速度(1200 s^{-1})を急激に与えると、時間経過($\sim 20\text{ms}$)とともに積層構造は崩れ、系の粘度は上昇した(Fig. 2-1)。粘度の上昇に伴って、SAXS スペクトルはスポットの出現状態から円環状態へと変化した。このことは、粒子配置が秩序のある構造からほとんど無秩序な状態へと変化したことを表しており、その時系列変化は、実験結果とよく一致した(Fig. 2-2)。また、接触摩擦を考慮しない場合の SD シミュレーションの結果では、シェアシックニングは生ぜず、粒子の層状配置は維持され、スポットは出現し続けた。以上の結果から、シリカ粒子分散液のシェアシックニングの仕組みには、粒子表面間の接触摩擦力が重要な影響を持っていると結論した。

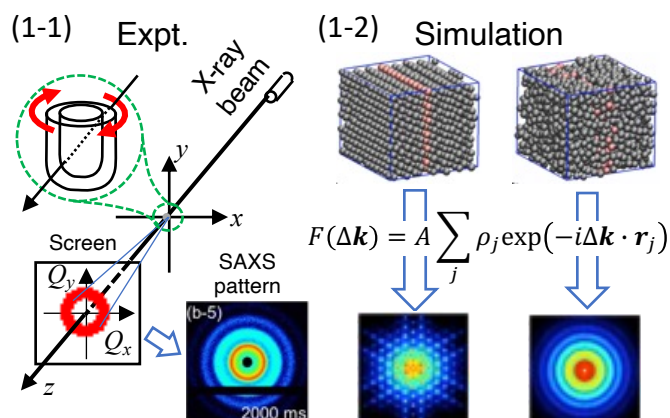


Fig. 1-1. SAXS pattern measurement system using a cylindrical rheometer.
Fig. 1-2. Snapshots of a Stokes dynamics simulation result and calculations of SAXS patterns.

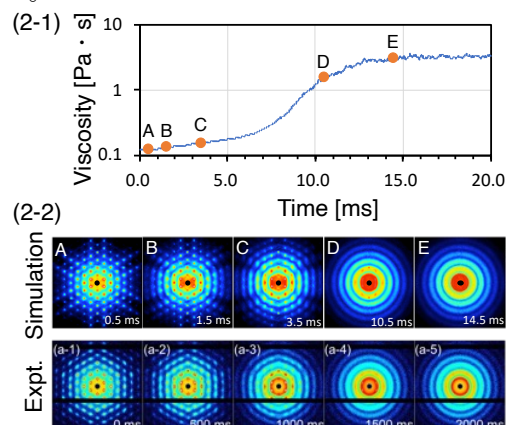


Fig. 2-1. Time-series change in viscosity of a particle suspension applied an abrupt shear rate. Fig. 2-2. Comparison of SAXS patterns between experiments and simulations.

本研究は、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度 JPJ004596、及び、筑波大学計算科学研究センターの学際共同利用プログラムの支援を受けて実施した。