

## 2022 年度 武田・片山研究室 P 実習テーマ例

- ※ これらの論文の PDF が手に入らない場合は、武田・片山に問い合わせてください。
- ※ 論文内にある引用も参考にしつつ、論文をしっかりと読み込んで理解することを目的に調べ学習を進めてください。
- ※ 完全に同じ実験は難しいですが、可能な範囲で関連する実験を行うこともできます。
- ※ コメントは論文を読んで書いているわけではないので誤りがある可能性があります。

### テラヘルツ走査トンネル顕微鏡

1. テラヘルツ STM を用いて、グラフェンナノリボンの極限的な時間・空間分解分光を実現した論文  
Lightwave-driven scanning tunnelling spectroscopy of atomically precise graphene nanoribbons  
S.E. Ammerman, V. Jelic, Y. Wei, V.N. Breslin, M. Hassan, N. Everett, S. Lee, Q. Sun, C.A. Pignedoli, P. Ruffieux, R. Fasel and T.L.Cocker  
<https://www.nature.com/articles/s41467-021-26656-3.pdf>  
Nature Communications 12, 6794 (2021).
2. 広帯域のテラヘルツパルスを用いて、テラヘルツ走査トンネル顕微鏡のテラヘルツ電場波形を検討した論文。  
Phase-Resolved Detection of Ultrabroadband THz Pulses inside a Scanning Tunneling Microscope Junction  
Melanie Müller, Natalia Martín Sabanés, Tobias Kampfrath, and Martin Wolf  
ACS Photonics, 7, 8, 2046–2055 (2020).  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsp Photonics.0c00386>
3. 散乱型のテラヘルツ走査型の顕微鏡を用いて、グラフェンのナノスケールでの超高速応答を明らかにしようとした研究  
Jiawei Zhang, Xinzhong Chen, Scott Mills, Thomas Ciavatti, Ziheng Yao, Ryan Mescall, Hai Hu, Vyacheslav Semenenko, Zhe Fei, Hua Li, Vasili Perebeinos, Hu Tao, Qing Dai, Xu Du, and Mengkun Liu  
ACS Photonics 2018, 5, 7, 2645–2651  
<https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.8b00190>

## 高強度テラヘルツ分光法

4. 走査型電子顕微鏡における量子効果・コヒーレント効果の検討を行った論文。  
Quantum-Coherent Light-Electron Interaction in a Scanning Electron Microscope  
R. Shiloh , T. Chlouba, and P. Hommelhoff  
PHYSICAL REVIEW LETTERS 128, 235301 (2022).  
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.128.235301>
  
5. 水からのテラヘルツ放射を研究した論文。  
Hsin-hui Huang, Saulius Juodkazis, Eugene G. Gamaly, Takeshi Nagashima, Tetsu Yonezawa and Koji Hatanaka  
Spatio-temporal control of THz emission  
<https://www.nature.com/articles/s42005-022-00914-2.pdf>  
Communications Physics 5, 134 (2022).
  
6. グラフェンを用いたナノデバイスによって、テラヘルツ検出を高速かつ高感度を実現しようとした論文  
Sebastián Castilla, Bernat Terrés, Marta Autore, Leonardo Viti, Jian Li, Alexey Y. Nikitin, Ioannis Vangelidis, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Elefterios Lidorikis, Miriam S. Vitiello, Rainer Hillenbrand, Klaas-Jan Tielrooij, and Frank H.L. Koppens  
Fast and Sensitive Terahertz Detection Using an Antenna-Integrated Graphene pn Junction  
Nano Lett. 19, 5, 2765–2773 (2019).  
<https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.8b04171>
  
7. グラフェンの非線形テラヘルツ応答を高調波発生によって調べた論文  
Extremely efficient terahertz high-harmonic generation in graphene by hot Dirac fermions  
Hassan A. Hafez, Sergey Kovalev, Jan-Christoph Deinert, Zoltán Mics, Bertram Green, Nilesh Awari, Min Chen, Semyon Germanskiy, Ulf Lehnert, Jochen Teichert, Zhe Wang, Klaas-Jan Tielrooij, Zhaoyang Liu, Zongping Chen, Akimitsu Narita, Klaus Müllen, Mischa Bonn, Michael Gensch & Dmitry Turchinovich  
NATURE 561(7724),507 (2018).

<https://www.nature.com/articles/s41586-018-0508-1>

8. グラフェンナノリボンにおいて、キャリアの運動を光電場によって制御した研究。  
Light-field control of real and virtual charge carriers  
Tobias Boolakee, Christian Heide, Antonio Garzón-Ramírez, Heiko B. Weber, Ignacio Franco & Peter Hommelhoff  
<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04565-9>  
Nature 605, 251 (2022).
  
9. 光電場によって駆動されるデバイスを、中赤外領域で実現した研究。ショットキー整流効果が明らかにされた。  
Light-field-driven electronics in the mid-infrared regime: Schottky rectification  
Maria T. Schlecht, Matthias Knorr, Christoph P. Schmid, Stefan Malzer, Rupert Huber, Heiko B. Weber  
<https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/sciadv.abj5014>  
Sci. Adv. 8, eabj5014 (2022).

## テラヘルツ分光法・イメージング・シングルショット分光

10. シングルショットでテラヘルツ波形を検出することによって強く光励起下物質の電気伝導度を測定した研究。  
Ultrafast multi-cycle terahertz measurements of the electrical conductivity in strongly excited solids  
Z. Chen, C. B. Curry, R. Zhang, F. Treffert, N. Stojanovic, S. Toleikis, R. Pan, M. Gauthier, E. Zapolnova, L. E. Seipp, A. Weinmann, M. Z. Mo, J. B. Kim, B. B. L. Witte, S. Bajt, S. Usenko, R. Soufli, T. Pardini, S. Hau-Riege, C. Burcklen, J. Schein, R. Redmer, Y. Y. Tsui, B. K. Ofori-Okai & S. H. Glenzer  
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-21756-6>  
NATURE COMMUNICATIONS 12, 1638 (2021).
  
11. 単一ピクセルの検出器で、二次元のイメージングを行う技術に関する論文。高価な二次元検出器がなくとも高速にイメージングが可能な技術として注目されている。  
Real-time terahertz imaging with a single-pixel detector  
<https://www.nature.com/articles/s41467-020-16370-x>

R. I. Stantchev, et al., Nature Commun. 11, 2535 (2020).

12. バイオイメージングのためにメタサーフェスという人工構造を用いシングルショットで位相を計測できるシステムの開発を行った。

Single-shot quantitative phase gradient microscopy using a system of multifunctional metasurfaces

H. Kwon, E. Arbabi, S.M. Kamali, M. Faraji-Dana, A. Faraon

NATURE PHOTONICS, 14 (2), 109 (2020).

<https://www.nature.com/articles/s41566-019-0536-x>

13. 1秒間に  $10^{13}$  フレームの動画を 1000 枚取得する手法の提案。

Single-shot ultrafast imaging attaining 70 trillion frames per second

Peng Wang, Jinyang Liang & Lihong V. Wang

NATURE COMMUNICATIONS 11, 2091 (2020).

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15745-4>

## フォノン分光・制御

14. イオン結晶におけるフォノンの非線形性を検出した論文

Yao Lu, Qi Zhang, Qiang Wu, Zhigang Chen, Xueming Liu & Jingjun Xu

Giant enhancement of THz-frequency optical nonlinearity by phonon polariton in ionic crystals

Nature Communications 12, 3183 (2021).

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-23526-w>

15. テラヘルツ電場によって引き起こされるフォノンのアップコンバージョン検出に関する研究の論文

M. Kozina, M. Fechner, P. Marsik, T. van Driel, J. M. Glowina, C. Bernhard, M. Radovic, D. Zhu, S. Bonetti, U. Staub & M. C. Hoffmann

Terahertz-driven phonon upconversion in SrTiO<sub>3</sub>

NATURE PHYSICS 15(4),387(2019).

<https://www.nature.com/articles/s41567-018-0408-1>

16. 人工的な構造を作って、フォノンや熱の輸送を制御しようとしている研究。欠陥がフォ

ノン輸送に与える影響を調べたもの。

Disorder limits the coherent phonon transport in two-dimensional phononic crystal structures

<https://doi.org/10.1039/C9NR02548K>

Shiqian Hu et al., *Nanoscale* 11, 11839-11846 (2019).

## 二次元層状物質とその応用

17. 二次元物質の重要な材料として知られる、遷移金属ダイカルコゲナイドに関するレビュー論文。分野を俯瞰することができる。

2D Transition Metal Dichalcogenides: Design, Modulation, and Challenges in Electrocatalysis

<https://doi.org/10.1002/adma.201907818>

Qiang Fu et al., *Advanced Materials* 33, 1907818 (2021).

18. 二次元物質の非線形光学応答と、そのデバイスへの応用について述べたレビュー論文。層状物質の光応答について調べられる。

2D Layered Materials: Synthesis, Nonlinear Optical Properties, and Device Applications

<https://doi.org/10.1002/lpor.201800327>

Bo Guo et al., *Laser & Photonics Reviews* 13, 1800327 (2019).

19. 二次元材料の非線形光学応答に対するレビュー論文

Nonlinear Optics with 2D Layered Materials

Anton Autere, Henri Jussila, Yunyun Dai, Yadong Wang, Harri Lipsanen, Zhipei Sun

*ADVANCED MATERIALS* 30 (24),1705963 (2018).

<https://doi.org/10.1002/adma.201705963>

20. 良質かつ二層の二次元物質を用いて、層間の励起子を観測した研究。発光分光などを用いている。

Optical absorption of interlayer excitons in transition-metal dichalcogenide heterostructures

Elyse Barré, Ouri Karni, Erfu Liu, Aidan L. O'Beirne, Xueqi Chen, Henrique B. Ribeiro, Leo Yu, Bumho Kim, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Katayun Barmak, Chun Hung Lui, Sivan Refaely-Abramson, Felipe H. da Jornada, Tony F. Heinz

Science 376, 406–410 (2022).

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abm8511>

21. 三層グラフェンにおいて超伝導を見出したという論文

Superconductivity in rhombohedral trilayer graphene

Haoxin Zhou, Tian Xie, Takashi Taniguchi, Kenji Watanabe & Andrea F. Young

<https://www.nature.com/articles/s41586-021-03926-0>

Nature **598**, 434–438 (2021).

## 光機能性材料とその光応答

22. 相変化材料の非線形光学応答を調べた研究。導波路や金属構造を利用して、光スイッチなどへの応用を目指している。

A High-Index Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>-Based Fabry-Perot Cavity and Its Application for Third-Harmonic Generation

Tun Cao, Kuan Lou, Yutaro Tang, Junhong Deng, Kingfai Li, Guixin Li

Laser & Photonics Reviews 13(7), 1900063 (2019).

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/lpor.201900063>

23. ナノ粒子において、非常に低い閾値で光による結晶・アモルファス相変化を起こすことができることを示した論文。

Ultralow-fluence single-shot optical crystalline-to-amorphous phase transition in Ge-Sb-Te nanoparticles

B. Casarin, A. Caretta, B. Chen, B. J. Kooi, R. Ciprian, F. Parmigiani, M. Malvestuto

NANOSCALE 10 (35), 16574-16580 (2018).

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/nr/c8nr04350g>

24. 非線型光学結晶として重要なニオブ酸リチウムを用いて、高調波発生を調べた研究。

Nonlinear lithium niobate metasurfaces for second harmonic generation

Junjun Ma, Fei Xie, Weijin Chen, Jiaxin Chen, Wei Wu, Wei Liu, Yuntian Chen, Wei Cai, Mengxin Ren, Jingjun Xu

Laser & Photonics Reviews 15(5), 2000521 (2021).

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/lpor.202000521>

25. トポロジカル絶縁体と呼ばれる興味深い物質を用いて、円偏光の制御や、高次高調波発

生を研究した論文。

All-optical probe of three-dimensional topological insulators based on high-harmonic generation by circularly polarized laser fields

Denitsa Baykusheva, Alexis Chacon, Jian Lu, Trevor P Bailey, Jonathan A Sobota, Hadas Soifer, Patrick S Kirchmann, Costel Rotundu, Ctirad Uber, Tony F Heinz, David A Reis, Shambhu Ghimire

Nano Letter 21(21), 8970-8978 (2021).

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.nanolett.1c02145>

26. ナノスケールの磁化を測定する技術を用いて、CrGT という新しい相変化物質の磁化特性を測定した研究。

Interior and Edge Magnetization in Thin Exfoliated CrGeTe<sub>3</sub> Films

Avia Noah, Hen Alpern, Sourabh Singh, Alon Gutfreund, Gilad Zisman, Tomer D. Feld, Atzmon Vakahi, Sergei Remennik, Yossi Paltiel, Martin Emile Huber, Victor Barrena, Hermann Suderow, Hadar Steinberg, Oded Millo, and Yonathan Anahory

Interior and Edge Magnetization in Thin Exfoliated CrGeTe<sub>3</sub> Films

Nano Lett. 22, 3165 – 3172 (2022).

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.1c04665?ref=PDF>

## 光デバイス

27. 光カー効果を用いた偏光制御デバイスの実証研究。高速のスイッチングが可能。

N. Moroney, L. Del Bino, S. Zhang, M. T. M. Woodley, L. Hill, T. Wildi, V. J. Wittwer, T. Südmeyer, G.-L. Oppo, M. R. Vanner, V. Brasch, T. Herr & P. Del'Haye

A Kerr polarization controller

NATURE COMMUNICATIONS 13, 398 (2022).

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-27933-x.pdf>

28. Optoelectronic frequency-modulated continuous-wave terahertz spectroscopy with 4 THz bandwidth

Lars Liebermeister, Simon Nellen, Robert B. Kohlhaas, Sebastian Lauck, Milan Deumer, Steffen Breuer, Martin Schell & Björn Globisch

Nature Communications 12,1071(2021).

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-21260-x>

29. 赤外の単一サイクルパルスを合成する研究

Single-cycle infrared waveform control

Philipp Steinleitner, Nathalie Nagl, Maciej Kowalczyk, Jinwei Zhang, Vladimir Pervak, Christina Hofer, Arkadiusz Hudzikowski, Jarosław Sotor, Alexander Weigel, Ferenc Krausz and Ka Fai Mak

<https://doi.org/10.1038/s41566-022-01001-2>

Nature Photonics 16, 512–518 (2022).