

テラヘルツテクノロジーフォーラム通信

Vol.17, No.1

2019 年度に向けた取り組み

テラヘルツテクノロジーフォーラム 会長 谷正彦

昨年 9 月 9 日から 14 日にかけて名古屋国際会議場で開催されました第 43 回赤外ミリ波およびテラヘルツ波国際会議 (2018 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, 略称 IRMMW-THz 2018) は参加者が 824 人と過去最多参加者で、発表件数も 727 件を数え、大変盛況のうちに終了しました。これもひとえに会員の皆様やコミュニティーの支援の賜物と感謝申し上げます (その詳細につきましては次ページ以降の報告をご参照ください)。

さて、今年度のフォーラムの活動において重点的に取り組みを行いたいと考えていることを簡単に述べさせていただきます。

まずその第 1 は、会員の皆様に対するサービス向上のため、環境の変化と先を見据えた戦略と企画力を重視し、企画からイベントなどの実施を戦略的かつ連続的に実施するための組織改革を行いたいと考えております。そのための今年度はワーキンググループを組織し、組織改革の青写真を固めたいと思います。

第 2 は、寄付金やフォーラムの活動において得た利益を原資として、テラヘルツ技術の産業化のための研究開発、情報交流、産学連携、人材育成などを支援する基金を設立することです。今年度はそのための準備委員会を組織し、できるだけ早期に基金を設立し、コミュニティーの皆様の活動のための支援に役立てたいと考えています。

これらの取り組みについては、ぜひ会員の皆様のご意見を広く取り入れたいと思いますので、引き続き、ご支援、ご協力のほどお願い致します。

日本におけるテラヘルツ波科学の草分けである西澤潤一先生が 2018 年 10 月 21 日にお亡くなりになりました。西澤先生は格子振動を利用したテラヘルツ波光源の先駆的なお仕事を始め、テラヘルツ波科学において大変大きな足跡を残されました。またさまざまな活動を通じてこの分野の発展に尽力されました。当フォーラムが学術振興会第 182 委員会と主催した The Second International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT 2015) では名誉委員長を務めていただいたこともあります。末筆になりましたが、西澤先生のご業績に敬意を表するとともに、心よりご冥福をお祈りいたします。

IRMMW-THz 2018 報告

テラテクノロジーフォーラム研究交流委員長 永井 正也 (大阪大学准教授)

赤外、ミリ波、テラヘルツ技術に関する研究者が一同に介する国際会議が今年度 2018 43rd *International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves* (IRMMW THz-2018)として名古屋で 2018 年 9 月 9 日から 14 日の日程で開催された。今年度は実際の参加者が 824 人と過去最多参加者で、日本からの参加者 250 人 中国香港から 178 人の参加者であったことに由来する。したがって発表件数も 727 件で 9 件の基調講演に加え 6 つの口頭発表会場で 20 分類のセッションで 39 名の招待講演、42 の keynotes 302 件の contributed orals があった。329 件のポスター発表と合わせて連日活発な議論がなされた。

初日は Rochester 大の Xi-Cheng Zhang は超短光パルスを水膜や水ジェットに照射した際に発生する THz 波についての最新の動向について紹介した。また Button 賞受賞者である MIT の Qing Hu は"The Long Journey from Far-infrared to THz"というタイトルで、最近の QCL 研究も含めた講演を行った。

2 日目はフランス CNRS の Maxim Zhadobov による体内デバイスからの 60 GHz 帯通信技術の最新の動向についての紹介があった。また Utah 大の Ajay Nahata によって近年太陽電池材料として注目されている鉛ハライドペロブスカイト材料を用いたテラヘルツデバイスに関する紹介が行われた。

3 日目は Michigan state 大の Tyler Cocker は超短光パルス技術と SNOM 技術を組み合わせ原子レベルのテラヘルツ分光に関する研究成果を講演した。また東大の小宮山進先生よりテラヘルツパッシブ検出器を用いた近接場光学に関する研究を紹介し、集積回路内のホットキャリアからのテラヘルツ放射をナノスケールで検出する実証実験についての紹介があった。4 日目には Yale 大の Charles Schmuttenmaer によって光伝導度を THz 分光で行う最近の研究を Review し、近年の電気化学的応答を THz 分光で調べる研究についての紹介があった。また Seoul 大の Joo-Hiuk Son はがん細胞のテラヘルツ検出と THz 照射による細胞の制御に関する研究の紹介があった。

最終日にはイタリア Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto Nanoscienze の Miriam Serena Vitiello によって 2D ナノ材料と複合ヘテロ構造を利用した能動型および受動型 THz フォトニックおよびナノ電子デバイスの開発における最新の成果についての報告があった。

(1) *Spectroscopy and Material Properties* のトピックスでは 8 つのセッションに分かれて幅広い物質、分光手法に関する報告があった。2 次元物質全般に関する報告が多く、強結合系としては超伝導メタ表面やサイクロトロン共鳴における真空 Bloch-Siegert シフトなどの報告があった。このほかの報告に Cd₃As₂ 薄膜におけるプラズモン共鳴、SmFeO₃ におけるスピン配向相転移、ポリマー中の束縛波などが挙げられる。また近接場光学顕微鏡ではナノスケール分解能の実現やエレクトロニクスベースの THz ナノ顕微鏡に関する報告があった。

(2) *High-field THz wave Generation and Nonlinear THz physics* のトピックスでは 5 つのセッションに分かれて様々な光源、物質での実験に関する報告があった。物質系の電子加速やバレイトロニクスへの展開、小型 THz 加速器の可能性、3 角リングのトンネル電流、QCL ベースの THz 波発生と制御などがあった。また高強度 THz 光を用いた応用例として THz 電界電子放出によるフェムト秒電子バンチ、遷移金属カルコゲナイド単層膜の高調波発生に関する報告があった。

(3) *Laser Driven THz Sources* のトピックスでは 4 つのセッションに分かれて様々なブロードバンドからナローバンドの光源に関する報告があった。非同期光サンプリングのための偏光を巧みに用いた単一レーザー、3 色入射で誘起された空気プラズマからの THz 波発生、非同軸 LN THz パラメトリック発振器からの THz 光発生、プラズモン共鳴を巧みに用いた空気プラズマからの THz 波発生、THz 波発生に向けたデジタルマイクロミラーを用いたパルス面傾斜などの報告があった

(4) *Applications in Industry, Security and Inspection* のトピックスでは 3 つのセッションに分かれて報告があった。THz イメージングによるパウダー密度のモニター、THz 波による湿度も含めた液体検出、飛行機のラドームのための 100/150 GHz イメージングなどがあった。

(5) *Application in Biology and Medicines* のトピックスでは 4 つのセッションに分かれ、機械学習によるバイオ関連物質の水和状態の測定や THz 化学顕微鏡によるサブマイクロリッタの溶液のイオン検出などが報告された。また高強度 THz パルスによる人間の皮膚組織のカルシウムの抑制などの報告もあった。

(6) *Devices, Components, and Systems* のトピックスでは 6 つのセッションに分かれ、様々なテラヘルツコンポーネンツに関する報告があった。具体的には集積 THz フォトニックスラブ上のロッドアレイによるアンテナ構築、THz フォトニック結晶スラブを用いたテラヘルツ通信と誘電体球のナノジェットを用いたイメージング、電子ビーム制御に向けた誘電体線状導波路の THz 波の評価、THz 検出に向けた平面非対称半導体ナノダイオード、100 kHz Yb ファイバーレーザーを用いた高速 THz パルス波形計測、

直接バイナリー探索法を用いた回折光学素子、GaN ヘテロ構造超薄膜の同期プラズマ共鳴などの報告があった。

(7) *Gyro-Oscillations and Amplifiers* のトピックスでは5つのセッションに分かれ、世界各国のジャイロトロン最新の開発状況についての報告がなされた。国別内訳はロシア 12 件、ドイツ 6 件、中国 5 件 (内 2 件はキャンセル)、日本 4 件、英国 2 件、米国 1 件であり、ロシアが全体の 4 割を占めた。核融合プラズマ加熱用高出力ジャイロトロン関連では、ドイツの W7-X の電子加熱用に 10 台のジャイロトロンを用いるシステムが報告された。また、DEMO 用ジャイロトロンとしてドイツ KIT で 170 GHz, 2 MW ジャイロトロンが開発され、初期実験がなされた他、240 GHz, 1.5 MW ジャイロトロンについての検討も始まった。ロシアでも 250 GHz ジャイロトロンを開発を始めた。登壇者の最も多かったロシアの発表ではダブルビームジャイロトロン(DBG)、ラージオービットジャイロトロン(LOG)、周波数連続可変ジャイロトロン、プラナージャイロトロン、2共振器をもつジャイロ増倍管、2つのヘリカル型共振器を持つジャイロ進行波管、IAP/GYCOM でのメガワット管開発、外部マスタシグナルによるジャイロトロンフェーズロック、ジャイロトロンによる無線情報通信など、多様な内容の講演があった。招待講演 4 件はすべてロシアの発表である。ポスターも含め 43 件と多くの講演があった。

(8) *Metamaterial Structures and Applications* のトピックスでは4つのセッションに分かれ講演されている。メタ構造によるホップフィールドモデルを超えたランダム準位遷移との結合によるソフト化に関する報告や、有効媒質近似に代わるデジタルコーディングによるメタマテリアルの同定、超広帯域偏光変換素子などがあった。メタ物質やメタ表面に関しては他の様々なセッションでも講演がなされ、概念の広がりを見せている。

(9) *Imaging and Remote Sensing* のトピックスでは4つのセッションに分かれ、幅広い分野の報告が行われた。ミクロンスケールの表面形状計測に向けた 0.56 THz 近接場アレイ検出器、THz 放射顕微鏡を用いたナノスケールイメージングと時間分解分光、KID (Kinetic induced detector)を用いた THz 時間領域分光、THz ベッセルビームの偏光ベクトル特性などがあった。

(10) *Sources, Detectors, and Receivers* のトピックスでは8つのセッションに分かれ、検出器を中心に幅広いデバイスの報告が行われた。THz 検出器をベースとした FET、THz 検出器としてのフェルミ準位が制御された低ノイズバリアダイオード、衛星搭載可能な 10 W 以下の電源で動作する 520-600 GHz/1100-1200 GHz の帯の超小型受信機、赤外検出器を増強させるメタマテリアル、THz FET 検出器におけるプラズマ波と熱電効果の寄与、GaN HEMT メタ表面を用いた 3 GHz 電気駆動 THz 空間変調器、MEMS 共振器を用いた THz ボロメータなどが報告された。

(1 1) *Astronomy, Planetary and Environmental Science* のトピックスでは、50 年にわたるサブミリ波天文学とサブミリ波技術の融合とその将来に関する招待講演がなされた。また ALMA における最新の研究開発動向についての報告がなされた。

(1 2) *Quantum Cascade Lasers* のトピックスでは2つのセッションに分かれ、量子カスケードレーザーの最新研究動向の報告が行われた。14 μm QCL ベースとした THz 波発生器、QCL ベースの広帯域オンチップ周波数コムに関する報告があった。

(1 3) *Spectroscopy of Gases, Liquids, and Solids* のトピックスでは3つのセッションに分かれ様々な報告が行われた。固体では低周波振動ダイナミクスからみた有機分子材料のディスオーダーの探索、溶液では非線形テラヘルツ分光法による溶媒和の研究など、ガスではサブハーモニクス中赤外線周波数コムによる微量同位体分子の並列検出などの報告があった。

(1 4) *Ultrafast Measurements* のトピックスでは2つのセッションに分かれ、高温超電導体における超高速ダイナミクスやタイプ II 量子井戸における電荷移動励起子のコヒーレント、インコヒーレントダイナミクスに関する研究 などの報告があった。また最近の近接場光学の進展からテラヘルツ操作型顕微鏡の最近の進展に関するレビューやテラヘルツ電場誘起の電界電子放出に関する報告がなされた。

(1 5) *Free Electron Lasers and Synchrotron Radiation* のトピックスでは2つのセッションに分かれ、世界各国の自由電子レーザーの最新の開発状況についての報告がなされた。招待講演ではロシア IAP および中国の最新の FEL 施設に関する講演が行われた。また日本の阪大の FEL 施設は世界にほとんど認知されていないものの、様々なセッションでその応用についての報告が多くされた。

(1 6) *Modeling and Analysis Techniques* のトピックスでは CMOS における高周波放射線検出に適した新しい二重障壁構造における新しい自己混合プロセスのモデルなどが報告された。

(1 7) *MMW and THz Wave Radar and Communications* のトピックスでは2つのセッションに分かれ、様々な報告がなされた。300 GHz 周波数帯域で動作する世界初の無線通信規格 IEEE802.15.3d-2017 および世界ラジオ会議 2019 (WRC-2019) での ITU-R レベルでの活動に関するレビューがなされた。また CMOS ベースの THz システムの設計上の課題と最新のトピックス、SiGe BiCMOS 技術をベースとしたミリ波ガス分光システム、100-400 GHz チャンネルでの室内外テラヘルツ通信の検証などの報告があった。

(1 8) *2D Materials for MMW, THz, IR Applications* のトピックスでは3つのセッションに分かれ、2次元物質を用いた様々なデバイスに関する報告がなされた。WSe 薄膜メタマテリアルをベースとした超高

速 THz 変調器、熱電変換をベースとした高感度のグラフェン THz 検出器、集積されたグラフェン FET をベースとした 200 GHz THz レシーバー などの報告があった。

(19) *MM and sub-MM Wave Systems* のトピックスでは2つのセッションに分かれ、実装システムに関する最新の開発状況についての報告がなされた。モバイル THz 通信のためのマイクロ波集積技術、ITER 装置中のプラズマ燃料における 20 MW マイクロ波システムに関する報告があった。

(20) *Metrology* のトピックスでは、様々な手法に関する報告がなされた。走査型ノイズ顕微鏡によるナノスケールでのホットエレクトロン温度分布計測、1 GHz ファイバーレーザー周波数コムによる 2.5 THz CO₂ 励起分子レーザーの周波数雑音測定に関する報告があった。



IRMMW-THz 2018

9 - 14 SEPTEMBER 2018

2018 43rd International Conference on Infrared,
Millimeter and Terahertz Waves

Nagoya, Japan



国際会議・国内会議予定

テラヘルツテクノロジーフォーラム 総会と講演会

日時：2019年5月17日(金) 13:00～17:00

場所：大阪大学東京ブランチ 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町二丁目3番11号
日本橋ライフサイエンスビルディング 9階

(1) テラヘルツテクノロジーフォーラム 総会 (会員のみ) (13:00-13:50)

(2) 講演会 (14:00～17:00)

「テラヘルツ技術の2018年度の動向と展望」

永井 正也 (テラヘルツテクノロジーフォーラム 研究交流委員長)

「浜松ホトニクスにおけるテラヘルツ波研究の紹介」

里園 浩 (浜松ホトニクス)

「カーボンナノデバイスによるフレキシブル・ウェアラブルテラヘルツ帯カメラと全方位画像検査」

河野 行雄 (東工大)

「THz 周波数帯の光コム技術とその応用」

安井 武史 (徳島大)

「ミリ波、テラヘルツ波を用いた通信の動向と展望」(仮)

安藤 真 (テラヘルツシステム応用推進協議会)

国際会議およびシンポジウム等

- French-German THz Conference 2019
April 2-5, 2019 (Kaiserslautern, Germany)
<http://fgtc2019.eu/>
- 30th International Symposium on Space Terahertz Technology (ISSTT2019)
April 15-17, 2019 (Gothenburg, Sweden)
<https://www.isstt2019.com/>
- Second International Conference on Optics, Photonics and Lasers (OPAL2019)
April 24-26, 2019 (Amsterdam, Netherland)
<http://opal-conference.com/>
- Optics and Photonics Conference
April 25-26, 2019 (Valencia, Spain)
<https://pagesconferences.com/optics-conference/>
- Workshop on Ultra-high Broadband Terahertz Communication for 5G and Beyond networks (UBTCN'19)
April 29-May 2, 2019 (Paris, France)
<https://infocom2019.ieee-infocom.org/workshop-ultra-high-broadband-terahertz-communication-5g-and-beyond-networks>
- Conference on Laser and Electro-Optics (CLEO 2019)
May 5-10, 2019 (San Jose, USA)

<https://eventegg.com/cleo/>

- Global Symposium on Millimeter Waves 2019
May 22-24, 2019 (Sendai, Japan)
<http://www.gsmm2019.org/index.html>
- 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2019)
Sept. 1-6, 2019 (Paris, France)
<http://www.irmmw-thz2019.org/>
- SPIE, Optical Sensing, Imaging, and Photon Counting: From X-Rays to THz 2019
Aug. 11-15, 2019 (Sand Diego, USA)
<https://spie.org/OPN/conferencedetails/optical-sensing-imaging-and-photon-counting-from-x-rays-to-thz>
- The 5th International Conference on Microwave and Terahertz Technology (ICMTT-BT 2019)
Dec. 13-15, 2019 (Bangkok, Thailand)
<https://www.clocate.com/conference/The-4th-International-Conference-on-Microwave-and-Terahertz-Technology-ICMTT-2019/48171/>

国内会議および研究会等

- 日本分光学会年次講演会
2019年5月14日－16日（京都大学化学研究所）
<http://www.bunkou.or.jp/events/events2/2019/20190514.html>
- マイクロ波・ミリ波フォトニクス研究会
2019年5月22日（機械振興会館）
<https://www.ieice.org/~mwp/index.html>
- 日本物理学会秋季大会（物性）
2019年9月10日－13日（岐阜大学）
https://www.jps.or.jp/activities/meetings/autumn/2019b_index.php
- 電子情報通信学会ソサイエティ大会
2019年9月10日－13日（大阪大学豊中キャンパス）
<http://www.ieice.org/jpn/>
- 応用物理学会秋季学術講演会
2019年9月18日－21日（北海道大学札幌キャンパス）
<https://www.jsap.or.jp/>

テラヘルツテクノロジーフォーラム通信 Vol.17, No.1

発行日 2019年4月22日

企画・編集 山本晃司（福井大学）、武田正典（静岡大学）

メール：kohji@fir.u-fukui.ac.jp

発行 テラヘルツテクノロジーフォーラム事務局

（株）ポラリス・セクレタリーズ・オフィス

TEL: 070-5658-7626 FAX: 020-4622-1920

E-mail：teratechoffice@terahertzjapan.com

<http://www.terahertzjapan.com>