

会議報告

TeraNano 2011 & GDR-I THz 2011 レポート

黒田 隆之助*

Report of TeraNano 2011 & GDR-I THz 2011

Ryunosuke KURODA *

1. はじめに

テラヘルツ関連の合同国際会議 The Joint Conference for International Symposium on Terahertz Nanoscience (TeraNano 2011) & Workshop of International Terahertz Research Network (GDR-I THz 2011) が 2011 年 11 月 24 日から 29 日まで、大阪大学中ノ島センター (<http://www.onc.osaka-u.ac.jp>) にて開催された(図 1)。TeraNano は第 1 回、GDR-I THz は 2 回目の開催となる。GDR-I は、European Research Network (Groupement De Recherche Europeen -GDRE) に日本が加わる事で International となった組織である。本会議ではテクニカルプログラム(計 4 日間)として 64 の招待講演と 80 を超えるポスター発表が行われ、エキスカッションと施設見学の土日を挟んだ計 6 日、2 週にわたる国際会議であった。

この会議の特徴としては、いくつかの事業が共催(ス

ポンサー)をしていることである。その 1 つは、JSPS コアプログラム“ナノカーボンテラヘルツ科学”として日本(東大、阪大、東北大等)、米国(ライス大、ニューヨーク州立大等)、ドイツ(ドレスデン研究所、ヴュルツブルグ大等)の各大学・研究機関が、材料開発、THz システム開発、伝導ダイナミクス、非線形応答、デバイス応用、理論に分担して連携研究を行う拠点事業である。2 つ目は、科学技術振興機構(JST)の戦略的国際科学技術協力推進事業の一つである、フランス国立大学研究機構(ANR)とのテラヘルツ帯無線通信関連のプロジェクト(東北大学-フランス国立科学研究センター)である。3 つ目は、米国の National Science Foundation(NSF)が実施している PIRE (Partnerships for International Research and Education)の主要事業である NanoJapan プログラムである。これは、国際的な知見を有する科学者やエンジニアを育成するため、特にナノテクノロジー分野などの急を要する研究領域に対して、国際性豊かな科学者や研究者を育成することを目的に、米国の学部学生を日本へ派遣するプログラムである。この制度では、2006 年度から毎年全米数 100 名の応募から 10 数名を選抜し、日本の大学や研究機関へ数週間派遣され、日本側も学生(院生)のインターンシップなどを通じ相互に交流することで、グローバルな認識を持った人材を育成することを目的としている(図 2)。このプログラムは、1 期目(5 年間)が成功裏に終わったことから、現在は TeraNano プロジェクトの名称が付加され継続プログラムがスタートしている。このプログラムのいくつかの参画機関は、ナノカーボンテラヘルツ科学と重複しているが、米国側は、ライス大学やフロリダ大学を含めた 6 大学、日



図 1 開催会場の大阪大学中ノ島センター(ホームページより)

* 独立行政法人産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門
Research Institute of Instrumentation Frontier, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
(E-mail: ryu-kuroda@aist.go.jp)



図2 NanoJapan 所属学生(日米)の紹介(懇親会にて)



図3 オープニング挨拶の様子

本側は、大阪大学や東北大学、情報通信研究機構、物質・材料研究機構を含めた11の大学・研究機関である。残念ながら、当方の所属する産業技術総合研究所は含まれていない。このように、本会議は、中規模ではあるが、既にグローバル交流が密に行われている分野での会議であり、国際的な垣根のない情報交換・ディスカッションが行われた。

2. 会議概要

会議初日、まず主催者である大阪大学斗内先生のオープニング挨拶(図3)において、本Joint Conferenceについて趣旨説明等があり、続いて行われたPlenary Talkでは、名城大学の飯島先生によるカーボンナノチューブ(CNT)についてのレクチャーがあった。飯島先生は1991年にCNTを発見したその世界のパイオニアであるが、現在も産業技術総合研究所ナノチューブ応用研究センターのセンター長など要職を兼任している大家であり、テラヘルツに関連した話ではなかったが、CNTについての基礎から応用までを網羅した講演を拝聴することが出来た。

その後は昼休みを挟んだ“Lectures”のセッションで、グラフェン及びCNT中でのテラヘルツダイナミクスといったホットな話題を筆頭に、グラフェン関連が2件、光コムを用いたテラヘルツ量子カスケードレーザー(QCL)、半導体中の非線形・コヒーレント効果についてのレクチャーなど、計7件のレクチャーがあった。初日最後のセッションはポスターセッション(I)で、41件のポスター発表があった。そのうち13件は、NanoJapanに属する学部学生の発表であった。内容としては、CNT関連が7件、グラフェン関連が6件、テラヘルツ時間領域分光(THz-TDS)利用関連が7件、ラマン分光関連が2件と分光分析が主流であり、その他は材料分析関連やテラヘルツ光源の話題があった。加速器



図4 TeraNano 2011 ポスター賞授賞式

関連としては、兵庫県立大学庄司氏の蓄積リングを用いたサブテラヘルツ光源の発表があった。ポスター発表の優秀者には当日夜に開催された懇親会(大阪城前のKKRホテルにて)でポスター賞が授与された(図4)。

尚、本会議は2つの会議のJoint Conferenceであるため、驚いたことに懇親会も2回あり、この日は“TeraNano 2011”の看板を掲げた懇親会である。懇親会では、NanoJapanの学生達も幾人かポスター賞を授与されていたが、NanoJapan学生以外では、東北大学佐藤氏の光学励起グラフェンにおける反転分布によってキャリア間散乱のダイナミクスを検証した“Population Inversion in Optically Pumped Graphene: Effect of Carrier-Carrier scattering”や、京都大学の谷氏によるテラヘルツ励起グラフェンの近赤外透過性を検証した“Terahertz-wave Induced near-infrared transparency in Graphene”など、グラフェン関連の注目された研究に対してポスター賞が授与されていた。

会議2日目は、朝からパラレルセッションに分かれ、“Terahertz”のセッションと、“Nano-Carbon”のセッションが行われた(図5)。“Terahertz”のセッションでは13件の講演があり、中ではバイオセンシングや薬剤等の化学材料、ソフトマテリアなどの分光・イメージング等の利用関連の講演が続き、テラヘル

ツ光源についての講演も2件あった。なかでも理研(東北)南出氏の講演“High-peak-power Terahertz-wave Generation and Sensitive Detection using Nonlinear Optical Wavelength-conversion”では、非線形光学効果を用いた広帯域高出力テラヘルツ光源についての報告があったが、有機非線形結晶であるDAST (4-dimethylamino-N-methyl-4-stilbazolium tosylate) 結晶では1.3 ~ 9 THz, BNA (N-Benzyl-2-methyl-4-nitroaniline) 結晶ではsub-THz ~ 20 THzにおいてバンド幅数10 GHzでの広帯域可変テラヘルツ生成が可能であるとのことであった。“Nano-Carbon”のセッションでは計13件の講演があり、半数がグラフェン関連、半数がカーボンナノチューブに関連した講演であった。17時からの夕方のセッションでは、合同セッション“Terahertz & Nano Carbon”となり、太陽電池等のポリマー関連のテラヘルツ分光が2件、テラヘルツを用いたナノ材料分析についての講演や、カーボン材料の講演など4件の講演があった。

土日の施設見学やエクスカージョンを挟み、テクニカルプログラムとしては会議3日目には、“Imaging/Electronics”のセッションがあった(尚、当方は参加していないが、エクスカージョンは比叡山観光、施設見学は大阪大学レーザーエネルギー学研究センターであった)。この日は、13件の講演があり、テラヘルツイメージングに関連した講演が4件、テラヘルツ帯の無線通信についての講演が2件、その他テラヘルツ量子カスケードレーザー(QCL)についての講演があった。イメージング関連では、ドイツのHeinz氏によるパッシブな350 GHz帯のカメラの報告があり、NECの小田氏の講演では、テラヘルツQCLを用いたアクティブなイメージングについて、0.54 ~ 2.4 THzに感度のある2次元マイクロボロメータFPA (Focal Plan Array) カメラについての講演があった。また、テララヘルツ



図5 コーヒーブレイクの様子

帯の無線通信に関する講演では、東工大の浅田氏により共鳴トンネルダイオード(RTD)を用いた550 GHz帯における2 Gbpsの高速無線通信に関する報告があった。これは2つのRTD (InGaAs/AlAs)をLOとRFにし、ショットキーバリアダイオード(STD)にてヘテロダイン検出する方式である。一方、フランスのDucournau氏からテラヘルツ無線通信用に開発しているInGaSs/InPをベースとしたUTC-PD (Uni-travelling Carrier Photodiode) エミッターと、FET (Field-effect Transistors) レシーバーを用いた実験の報告があった。データ転送は次のステップのようだが、1.5 μm 帯の光源でテラヘルツ生成が可能であることが有用な点であろう。

この日の夕方にはポスターセッション(II)があり、42件のポスター発表があった(図6)。大きく分けると量子カスケードレーザー(QCL)や共鳴トンネルダイオード(RTD)を含めたテラヘルツソース関連が14件、化学顕微鏡2件を含めたテラヘルツイメージング関連が9件、テラヘルツ時間領域分光(TDS)利用関連が7件、テラヘルツ無線通信関連が3件、テラヘルツを利用したグラフェン関連が2件、その他メタ材料等の発表があった。なかでも大塚電子(株)赤木氏のTHz-TDSを用いたD-maltose, D-lactose, L-glutamateの薬剤タブレット吸収スペクトル測定、及びこれらの錠剤の3色(1.4, 2.0, 2.9 THz)イメージングによる識別に関する発表は大変参考になった。当方も、“Development of High Power THz Souce using High-charge Ultra-short Electron Beam for THz Time-domain Spectroscopy and Imaging Systems”と言う題名で発表を行った。尚、会議2回目となるの懇親会(GDR-I)では、幾人かの注目される発表にポスター賞が授与されていた。

会議5日目には、“Applications”のセッションが行われ、13件の講演があった。テラヘルツ無線通信に関連する講演が2件、アプリケーション全般やイメージング・分光分析・センシングに関連した講演が続いた。特にテラヘルツセンシング関連で印象的だったのは、名古屋大・理研の川瀬氏の非線形光学テラヘルツ光源を用いたセンシングアプリケーションの講演“Nonlinear Optical Terahertz Generation and Sensing Applications”で、人間の皮膚のエリクソン汗腺は、ヘリカルアンテナになっているためテラヘルツ帯の吸収スペクトルをもち、発汗状態のモニターに有用であるとの報告であった。実際に人間による実験を行っており、90 GHz付近の吸収をモニターすることにより、アイドル写真(A○B48とのこと)を見せた学生の発汗状態が時系列で測定できていた。またテラヘルツ無線通信関連では、ローム(株)の向井氏の発表



図6 ポスターセッションの様子

“Development of Resonant Tunneling Diode Oscillators and Detectors to Realize Terahertz Applications”で、InGaAs/InP をベースとした共鳴トンネルダイオード (RTD) と、ショットキーバリアードダイオード (SBD) を用いた 300 GHz 帯での高速無線通信の報告があった。この報告に関しては、先立ってプレスリリースがされていたが、この方式で 0.3 m の距離において 1.5 Gbps の通信に成功したとのことである。無線通信業界では、電波割り当てが周波数としては 275 GHz までで、通信のための帯域幅が数 GHz と狭く、単純な変調では伝送速度に限界があることが問題となっており、更に限られた狭い帯域の中で伝送速度を高めようとする、複雑な変調方式を使わざるをえず、消費電力の増加にも繋がることも問題となっているようだ。そこで、テラヘルツ帯のように周波数割り当てが決められていない領域では、単純な変調方式でのデータ伝送速度の高速化を実現することができるため、国内外において、この領域での無線通信の研究が盛んに行われているようだ。若干、法規制とのイタチゴッコのイメージは否めないが、テラヘルツ帯での無線通信技術は、テラヘルツ光源、及び検出器開発も兼ねているため、様々な分野にメリットのある研究であろう。また、前日のポスターセッションで注目していた大塚電子 (株) の発表に関連し、同泉谷氏から “Non-uniformity evaluation of a tablet sample by THz spectroscopy and imaging” の講演があり、製品化された THz-TDS 装置による錠剤などの分光・2D イメージングについての詳細な発表があった。最後に、本会議のトリを飾る講演では、大日本スクリーン製造 (株) の中西氏の講演 “Observations of Terahertz Waves from Solar Cell Using Laser Terahertz Emission Microscopy” があった。この講演では、太陽電池にフェムト秒レーザーを照射し、流れる超短パルス電流によって発生するテラヘルツ波を測定することで、太陽電池の発電特性の非接触可視化に成功したとの報告があった。試料を走査することで、

2次元の顕微イメージングにも成功していた。尚、この研究に関しても、発表に先立ってプレスリリースがされており、大阪大学との共同研究の成果であるとのことであった。そして、この日の夕方、テクニカルプログラムが終わった後、クロージングセッションにおいて本合同会議の総括がなされ、盛況のうち無事閉幕を迎えた。

3. おわりに

本合同会議 (TeraNano 2011 & GDR-I THz 2011) は、参加者数 198 名 (うち学生 56 名) で、参加者の国別内訳は、日本 132 名、米国 22 名、ドイツ 12 名、フランス 8 名、韓国 4 名、イギリス 4 名、中国 4 名、イタリア 2 名、ポーランド 2 名、ロシア 2 名、他 6 名とのことであった (主催者発表)。テラヘルツ関連では、フランス・ドイツが非常に盛んであり、米国はどちらかというとナノサイエンスよりの研究が多く、総合するとテラヘルツ関連分野では日本がかなり進んでいる印象であった。加速器関連の会議と比較すると、会議の規模は中規模ではあるが、既に国際的に非常に密な関係が築かれている印象である。企業関係者の発表が多いことや、プレスリリースを行った成果の発表が多いことも、特筆すべき点であろう。また、NanoJapan プログラムなどを利用した業界若手の国際交流・人材育成が進んでおり、国際プロジェクトが多い加速器業界も見習うべき点は多々あるように見受けられた。なかでも驚いたことは、初日の懇親会における NanoJapan 学生 (学部学生である) による日本語の自己紹介であった (図2)。早くからの研究活動だけでなく、相手国文化を学ぶ姿勢も、学部学生の時代から育まれている様子が伺えた。筆者が学部学生のときは恋愛ごっここのサークル活動しかしてこなかったため、このような取り組みは国益を考えると非常に有効な人材育成手段と思われる。加速器業界でも、NanoJapan プログラムのような人材育成プログラムを立ち上げられることを、政治的影響力を持つ上の方々に、不躰ながらここで強くお願いしておきたい。

尚、今後のテラヘルツ・ナノサイエンス関連のワークショップ情報としては、GDR-I (国際テラヘルツ研究ネットワーク) ワークショップがフランスのティエニユ (Tignes) にて、2012 年 4 月 24 日から 27 日の日程で開催される予定である。また日本開催の国際会議では、OTST (International Workshop on Optical Terahertz Science and Technology) が 2013 年 4 月 2 日から 5 日の日程で、京都にて開催される予定である。日程等は変更される場合もあるので、詳細情報はその都度調べていただきたい。