

## テラヘルツテクノロジーフォーラム通信

Vol.6. No.2 (2008 年度)

## 巻頭言

## 「テラテクオープンイノベーション」

テラヘルツテクノロジーフォーラム副会長  
東京工業大学 井筒雅之

世界の経済が困難に直面している。金融界の未熟性が露呈して、世界経済に大きな混乱を招き、我が国の産業界も大打撃を受けている。一方、環境・資源の有限性による従来型社会システム、経済産業活動の限界が明らかになると共に、これまで経験したことの無い少子高齢化社会に突入しつつある現在、新しい政治・経済・社会体制構築に向けた模索が徐々に始まっている。少なくとも、何らかの体制変革の必要性は広く認識されるに至っている。昨年来の経済産業社会の大混乱によって、産業界の変革は一層の急務となった。ただ、旧来のしがらみに捕らわれることの多い我が国で、この急激な転換期を無事乗り越え、新しい、安心・安全な持続的発展社会に脱皮（あるいはメタモル）することが出来るのかどうか、危惧は大きい。

長期低落を予兆する様な、ある種、閉塞した社会状況の中で、社会に大きなパラダイム変換をもたらすブレークスルー技術出現への期待は極めて大きい。社会システムにイノベーションをもたらすブレークスルー技術が渴望されている。ブレークスルーに至る新技術開発には、従来型の垂直モデル（リニアモデル）に基づいて、基礎研究から実用開発研究までを一手に取り込んで、単独で解決を目指すのではなく、幾つかのセクターが手を組んで、他のセクターが挙げた成果を互いに広く活用する、オープンイノベーションの重要性が指摘され、重要性に対する認識が広がりつつある。

ブレークスルーを目標とする研究には大きなリスクを伴う。往々にして、腰を落ち着けた探査的研究が必要となる。生き残りをかけた競争社会の中で、営利を目的とする企業では、この様な長期的視野に立つ必要のある研究への取り組みは甚だしく困難を伴う。大学・独法研究機関と組み、あるいは他の企業と組み、それらで得られた革新的な研究成果を産業化に結びつける体制の構築が重要である。ブレークスルーを実現するには、産官学連携をはじめとするオープンイノベーションが不可欠である。

オープンイノベーションには、学術指向的な研究者と、技術応用指向の研究者、あるいは、大学、独法研究機関、企業における研究者、ベンチャー・起業研究者、さらには、様々な学術研究の中からイノベーションの芽を見いだし育て上げるイノベーター（すなわち

「目利き」) などからなるコミュニティの存在が不可欠である。人と人をつなぐコミュニケーションの場、ネットワークが不可分である。

オープンイノベーションに結びつくコミュニケーションの場、ネットワークを形成する上で、研究開発を担う各セクターには、そのようなコミュニティを育てようとする心構えが必要である。遊牧社会の感性を未だ内包する西洋社会と異なり、ともすれば、異分子を排除し、仲間内だけで大過なく物事を進めようとしがちなメンタリティーを持つ日本社会が、大いに苦手とする取り組みとも云える。

不得手を乗り越えるための、我が国、産業界への要望を一つ挙げるとすると、最先端研究者、特に博士研究者の価値を認め、独創性やリーダーシップを存分に発揮できる環境が与えられる様、配慮して頂きたい。組織に拘束されすぎることなく、クリエイティブな人材が、スペシャリストとしてのキャリアを積める社会に変化する必要がある。

公的研究機関に対して一つ挙げると、保有する研究環境のオープン化をさらに促進して頂きたい。知財の取り扱いに縛られることなく公的研究環境を利活用するには、研究施設・設備の有償利用化が不可欠である。欧米では、技術応用を指向する営利企業に対して、公的機関のサポートが充実し、幾つかの研究メッカが形成されるに至っていて、我が国の大手企業も利用者として参入している現状がある。筆者が念頭に置く代表例は、ベルギー・フランドルのIMECである。

この状況は、欧米の有力大学においても同様で、欧米には我が国大手企業から多くの研究者や研究費の集まる大学がある（例えばMITやスタンフォード大学）。大学関連起業家が周辺に集積し、オープンイノベーションの拠点としての機能を果たしている。我が国は、大学・大学院教育を大改革し、広い視野を持った、チャレンジ精神の旺盛な人材を輩出する必要がある。

テラヘルツに関する研究は、長期に渡り、どちらかと云うと学術指向研究であった。未知の周波数領域を開拓し、知の基盤を拡充してきた。知の海を豊かにしてきた。今こそ、この豊饒の海から技術的ブレークスルーを得るときである。センシングやICTをはじめ、テラヘルツ技術の様々な分野への応用の可能性が探求され始めている。逆境の時にこそ、革新的技術が生み出される可能性が大きいと期待される。

テラヘルツテクノロジーフォーラムが、近い将来、テラヘルツを核としてブレークスルー技術を創出する、オープンイノベーションの母体コミュニティとなることを切望する。我が国が長期凋落国家に陥らないためにも、フォーラムに期待される役回りは極めて重大である。

## テラヘルツイメージングによる初期ルネサンス絵画の分析

情報通信研究機構 福永 香 (kaori@nict.go.jp)

## 1. はじめに

「私たちがずっと見たくて見られなかったものが、テラヘルツを使うと、作品を痛めずに見えるんです。」これは、先日、あるイベントでFirenzeの修復家が一般の方に伝えていた言葉です。テラヘルツ (THz) 技術は、彼らが使いたい道具になりつつあるのです。

イントロとして絵画の科学調査についてご紹介しましょう。作品はその保管されている環境 (湿度, 紫外線等) と時間によって劣化, 汚損, 損傷を受けます。作品の美しさを後世に伝えるためには、オリジナルの意匠を損なわないよう洗浄, 加筆する修復が不可欠で、私たちが美術館で鑑賞している絵画のほとんどは、何世紀にもわたる修復の歴史があります。修復は医療に似ていて、まず作品を科学的に観察, 調査し、修復方針を決め、限られた時間内に処置をします。調査は研究所レベルでは X 線回折による元素分析なども用いられますが、多くの場合は赤外, 紫外, X 線による写真撮影が用いられます。修復家, あるいは学問として作品を扱う美術史家の判断材料を提供する理系分野が「文化財科学」です。ヨーロッパでは、応用物理系の中に確立された分野で、Louvre 美術館の地下では、最先端の計測設備と 30 人以上の常勤スタッフが、プロトン照射による微量元素分析などを行っています。そんな彼らが見たくても見えなかったものは、「X 線が透過してしまう物質でできた内部の構造」や「中赤外では見えないニスの下の顔料」です。それらが THz イメージングで見えるということ、修復家の作業現場で実証してきました。

## 2. 絵画材料スペクトルデータベース (ライブラリ)

中赤外領域でのユーザー向けスペクトルデータベースは分光器メーカーからライブラリとして販売されています。現状では、THz 分光器にスペクトル集はなく、既知の材料の THz 帯での特性を知りたい、という人がユーザーです。

文化財分析の分野でも、中赤外, ラマン分光については IR Raman Users Group (<http://www.irug.org>) という、世界各国の美術館, 博物館の担当者の団体がおり、顔料などのスペクトルを共有しています。3 年毎に 2 百人規模の国際会議を開催し、次回は THz のセッションをつくる提案があります。NICT では 2007 年より絵画材料の THz 帯でのスペクトルを公開し、2008 年に理研のデータベースと統合 (<http://www.thz.org>), 現在は約 300 種の絵画材料のスペクトルを掲載しています。図 1 は古代から用いられている重要な顔料, 鉛白と水銀朱の例で、反射, 透過ともに特徴あるスペクトルが得られています。

絵画材料は、危険物のように特殊ではなく、岩石, 土, 動植物などが原料で、最近の合成顔料, 樹脂は一般の工業製品に用いられているものと同じです。そのためデータベースは文化財関係者だけでなく、地質学, 工業化学の関係者にも参考になるはずで

## 3. 中世の技法で新しい時代の幕をあけた Giotto

私がテラヘルツ波の特徴を同僚から知らされた時に最初に浮かんだ対象が「テンペラ画」でした。表面が平滑で、中赤外分光では邪魔になるニスが塗布されています。完全反射する金が多用され、ベースの木で十分に乾燥していて、石膏下地の上に、比較的限られた種類の顔料と卵で彩色されています。大きな作品の場合、何枚もの板を金具でつないでおり、これらは X 線で充分観察できます。しかし、彩色層の修復を行うためには、石膏下地などの構造が重要なので、許されればサンプリング (破壊検査) により、断面の電子線マイクロアナライザ (EPMA) 等による元素分析も行います。それらを有名なエビや Suica のように、THz 波で非破壊、3 次元で見せられたら... と思いました。図 2 は一部を石膏で覆ったテンペラ画サンプルで、金箔, 水銀朱, ウルトラマリン, 緑青, カーボンブラック, 再表面に鉛白を用いたハッチング画法で製作しました。これを Picometrix 社に持ち込み、T-Ray4000 (周波数範囲: 約 0.1~2THz) を用いて反射イメージングを行った結果です。反射 0% を黒, 100% を白としたグレースケールで表しています。石膏はこの周波数ではほとんど透過するため、境界での散乱部分

以外は金箔による模様が連続して見えます。また顔料部分に関しては、図1に示すように反射の得られる鉛白、水銀朱は白く現れ、他はほぼ黒になりました。また、画像として記録は残さなかったものの、層構造をしている断面画像が確認できたので、既存技術でテンペラ画を分析できる、という確証を得ました。

2008年10月～2009年2月に Firenze の Galleria degli Uffizi 所蔵の祭壇画 Polittico di Badia が修復される期間を利用して、2008年の12月に T-Ray4000 を3日間借用し、THz波による調査を行いました。その結果、図3のように、顔料の下に金箔や、内部構造が非接触で観測でき、修復家達が「見たくても見られなかったもの」を見せることができました。さて、通常のテンペラ画は、ベースの平らな木の上に麻布を膠で張り、彩色の下地としての石膏層があります。しかし、この作品は、ベースの木の凹凸を平らにするための石膏層があり、その上に麻布が張られていました。これこそが、まだ絵画というジャンルが確立していない、祭壇の一部を削って平らにし、彩色する中世の技法です。古典技法を踏襲しながら、人間を描き、ルネッサンスの幕を開けた Giotto、この作品が、美術史上のマイルストーンであることを科学的に実証したことになります。

文化財関係者の間で「テラヘルツ」が大きな話題になるのは当然のことでした。2009年11月には New York Conservation Foundation 主催の国際会議において THz波の利用に関するセッションが設けられ、それまでにはルーブル美術館でも大きな作品の分析を行っていることと思います。

#### 4. 汎用化にむけて

ごく普通の材料で作られている文化財に役立つ技術が、一般の工業製品に使えないわけがなく、今後は高信頼性を要求される分野での複合材製品の「見たくても見られなかった欠陥の検出」等に適用されていくでしょう。装置に関しては、小型、低価格なリアルタイムイメージング装置などの開発が進められていますが、そろそろユーザーが注文をつけ出す時期ではないかと思えます。装置の比較をしたい、動作確認用の標準試料が欲しい、電源をオンするだけで使いたい、定量性はどのくらいか、自分の分野のスペクトルライブラリは...等、中赤外領域ではごく普通の要求をしていくことが、技術の汎用化、THz関連産業の発展につながると信じています。

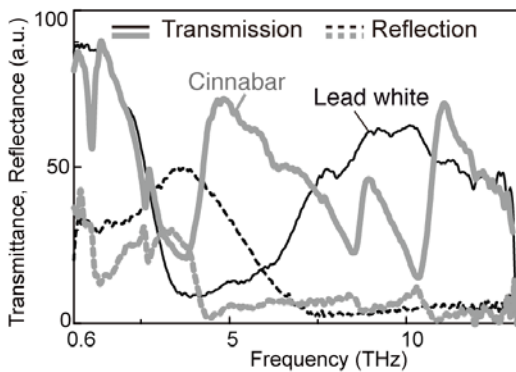


図1 鉛白、水銀朱の透過、反射スペクトル

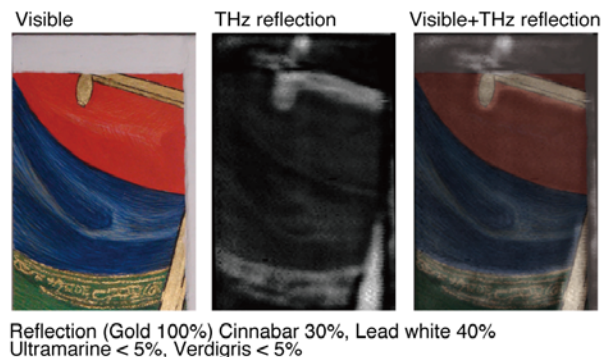


図2 石膏で一部を覆ったテンペラ画サンプルの THz イメージング結果の一例

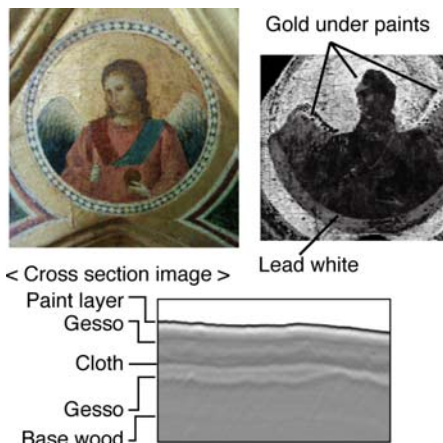


図3 Uffizi 美術館所蔵の Giotto 作 Polittico di Badia 分析結果の一例



## 研究室紹介

### 福井大学 谷・山本研究室

(URL <http://fir.fir.fukui-u.ac.jp/index.html>)

昨年4月に谷と山本はそれぞれ教授、准教授として福井大学・遠赤外領域開発研究センター（以下、遠赤センター）に着任しました。大阪（二人は阪大レーザー研・萩行研究室に所属していた）から福井に来たのはつい昨日のこのように思いますが、はや1年が経過しました。我々の研究室紹介のまえに、まず研究室が所属する遠赤センターの紹介をさせていただきます。遠赤センターは福井大学の共同教育研究施設として平成11年度に設立され、高出力テラヘルツ波光源として Gyrotron の開発とその応用を中心に研究を進めています。現在、遠赤センターには谷・山本を含め教員8名（客員等は除く）、技術職員4名、ポスドク2名、事務職員1名、大学院生11名、4年生16名が所属し、地方大学にあっては比較的大きなセンターと言えると思います。Gyrotron 関連の大学研究拠点としてはおそらく日本唯一で、世界で初めて1THzを超える高周波数での Gyrotron 発振を成功（H17年度）させ、Gyrotron を光源に用いた ESR 分光、動的核偏極による増強 NMR 計測、高品位セラミック焼結、など様々な応用研究を活発に展開しています。つい先月ですが、遠赤センターの出原敏孝特任教授、小川勇教授、光藤誠太郎教授が平成21年度科学技術分野の文部科学大臣表彰「科学技術賞(研究部門)」を「高出力テラヘルツ光源—高調波ジャイロトロン」の研究」業績によって受賞されました。

さて、谷・山本研究室ではフェムト秒レーザー等を励起源に用いたテラヘルツ波の発生とその分光・計測等への応用研究を行っています。電子レンジを超える出力を誇る Gyrotron の研究・開発とは違い、レーザーで発生できるテラヘルツ波のパワーはせいぜいサブ mW、通常では  $\mu\text{W}$  レベルです。それでも、テラヘルツ時間領域分光法といわれる手法を用いると検出感度は高く、スペクトルのピークパワー換算のダイナミックレンジで6桁を超える信号対雑音比を得ることができます。現在取り組んでいる主なテーマは、

- ・ 新奇な光伝導アンテナ(テラヘルツ波発生兼検出素子)の開発、光伝導アンテナの効率化の研究
- ・ テラヘルツ波の偏光分光法の研究
- ・ 新しいサンプリング法によるテラヘルツ時間領域分光法の高速度化
- ・ 生体分子や有機薄膜のテラヘルツ分光（時間領域分光法およびテラヘルツ帯コヒーレントラマン分光法による）
- ・ イオン液体等、溶液系のテラヘルツ分光
- ・ 癌組織などのテラヘルツイメージング

などです。共同研究にも積極的に取り組んでおり、例えば「癌組織のテラヘルツイメージング」は福井大工学部電気・電子工学科福井研（山本の学科所属研究室）と福井大医学部の三好憲雄先生との共同研究ですが、その他にも、学内および他大学・企業の研究グループとの共同研究を複数実施しています。昨年は異動直後で装置の立ち上げと環境整備で手一杯でしたが、今年度は4月に着任した古屋岳（ふるや たかし）特命助教、クリストファー・ケ研究員、および4月の新配属で人数が倍増した学生ら（現在11名：うち4年生8名、大学院生が3名）とともにステップアップした研究活動を展開していきたいと考えています。

なお、谷・山本研究室では博士前後期課程の大学院生（福井大工学研究科物理工学あるいは電気・電子工学専攻への入学者）を募集しています。また遠赤センター Gyrotron グループではポスドク（1~2名）を募集中です。ご興味をお持ちの方はぜひご一報ください。

（文責 谷正彦・山本晃司、連絡先 [tani@fir.u-fukui.ac.jp](mailto:tani@fir.u-fukui.ac.jp)）



遠赤センターのメンバー

（2008年7月、遠赤センター前で撮影）

## テラヘルツ関連会議案内

### <EOS Annual Meeting 2008>

欧州光学学会年会(European Optical Society Annual Meeting 2008)は、9月29日から10月2日までの4日間、パリ北部のParis-Nord Villepinte 展示会場で開催された。その中の Topical meeting 2 (TOM2) として初めてテラヘルツ科学技術の分科会が設けられた。その参加者は百数十名に及び、テラヘルツに対する関心の高さを示していた。欧州の参加者が多いのは当然であるが、日本からの参加も多く、Braunschweig 工科大の M. Koch 氏と共に議長を務めた Delft 工科大の P. Planken 氏が冒頭、コメントして謝意を表していた。

プレナリー講演は、ウィーン工科大の K. Unterrainer 氏によるテラヘルツ量子カスケードレーザーのダイナミクスに関する報告であり、時機を得たものであった。チュートリアル講演も2件行われた。Denmark 工科大 P. Jepsen 氏による時間領域分光の講義はビールなどが登場する映像を交えた分かりやすいものであった。Alberta 大 A. Y. Elezzabi 氏によるメゾスコピック媒体のテラヘルツ分光の講義も充実していた。オーラルセッションとポスターセッションでそれぞれ50件を超える講演があり、イメージング、光源・検出器、分子や固体の分光など重要な課題を網羅していた。前者はシングルセッションで行われたが、会場となった階段教室の中央にプロジェクターが設置されていたため、聴衆が出入りする際に奇妙な影絵が映し出され、たびたび笑いが起こる和やかな雰囲気であった。

日本からの招待講演者は理研の大谷知行氏で、封筒内の禁止薬物の非開披検査技術を紹介し、注目を集めた。広帯域テラヘルツ波を用いた励起子の制御等に関する Konstanz 大 R. Huber 氏の招待講演では、100MV/cmの強度に至る発生に関しても言及し、印象的であった。同氏は若手賞(Terahertz Focus Group young investigator award)の1st prizeを「テラヘルツ量子光学」を推進したとして受賞した(賞金1000€の表記を隠しながら長さ1mを超える巨大な「賞状」を抱えて帰路についていたのは滑稽だった)。また、2nd prizeは信州大の宮丸文章氏に授与された。表面プラズモンを用いたイメージングの研究で、プレゼンターの P. Planken 氏も高く評価していた。(大阪大学 芦田昌明)

### <第2回日韓合同ワークショップ (2nd Japan-Korea Joint Workshop on THz Technology)>

テラヘルツテクノロジーフォーラムと韓国テラヘルツフォーラムは、2008年10月24日(金)～25日(土)、三菱ビルコンファレンススクエア・エムプラスにおいて「テラヘルツ技術に関する日韓合同ワークショップ」を開催した。本ワークショップは、2007年8月25日に韓国科学技術研究院(Korea Institute of Science and Technology: KIST)で開催されたワークショップに引き続くもので、両国におけるテラヘルツ技術の最新動向を議論するとともに、本年、韓国釜山において開催される IRMMW-THz2009の成功に向けて、両フォーラムの連携を強めることを目的としたものである。プログラムは、日韓のテラヘルツ技術分野の第一人者による招待講演(14件)と、個々のホットなテーマについて議論するショートプレゼンテーション「テラヘルツ・ポプリ」(7件)からなり、約70名の参加があった。2日間にわたり、「日韓のテラヘルツ技術の動向概要」、「テラヘルツフォトリクス」、「テ

ラヘルツエレクトロニクス」、「テラヘルツイメージング・センシング」「テラヘルツ・ポプリ」の各セッションで、テラヘルツ波の発生と検出といった基礎技術から、イメージング、計測、通信などの産業応用に関して活発な議論が繰り広げられた。

なお、本ワークショップのダイジェストは、講演者のプレゼンテーションスライドを集めたもの（オールカラー版 168 ページ）で、テラヘルツ技術の基礎から最新情報までが分かりやすくまとめられている。いくらか余部があるので、ご希望があればフォーラムのホームページ [http://www.terahertzjapan.com/event/2008jkwkshop\\_digest.html](http://www.terahertzjapan.com/event/2008jkwkshop_digest.html) から購入いただきたい。

（大阪大学 永妻忠夫）



日韓の招待講演者ならびに主催側スタッフ

### <第7回研究会・見学会>

テラテクフォーラムが主催する第7回研究会・見学会が、11月21日、大阪大学レーザーエネルギー研究センターで開催された。研究会の部の前半は、デンマーク工科大学の Peter Jepsen 氏による「Terahertz Technology and Spectroscopy」と題する講義があり、続いて小生の最新研究成果でもある「高出力 THz 波の発生と応用へのインパクト」について講義を行った。休憩を挟んで、後半は、大阪大学の卓越したテラヘルツ研究者4名(萩行正憲氏、村上博成氏、芦田昌明氏、安井武史氏)による「大阪大学におけるテラヘルツ研究の紹介」があった。最後に、見学会の部では3つのグループに分かれ、レーザーエネルギー研の施設である慣性核融合実験棟(E棟)、萩行研究室および斗内研究室のテラヘルツ実験室を各々20分ずつ見学した。

（京都大学 iCeMS 田中耕一郎）

### <International Workshop on Terahertz Science and Technology (OTST) 2009>

OTST2009が3月7日から10日に米国サンタバーバラの DoubleTree Resort で行われた。このワークショップは2年おきに行われる OSA の分科会であるもののヨーロッパやアジアからの参加者も多く、200人もの参加者があり非常に活発な議論が行われた。講演は導波路と近接場イメージング、高出力光源と非線形応答、イメージング、デバイス、CW 分光と超高速分光、量子カスケードレーザーなどのセッションに分かれており、また100件のポスター講演が行われた。米国のテラヘルツの研究者は企業との共同研究が多いようで、光業界としてのテラヘルツ技術の注目の高さを強く感じた。中でも印象的だったのは金属平行平板を用いた導波構造を構築することで高感度の微結晶の分光を行うが主流となっており、また最近ではテラヘルツ光源、検出器を近づけることで準近接場によって水蒸気の除去や光学素子の調整することなく分光が可能であることが提案されていた。また量子カスケードレーザー、高強度テラヘルツ光源に関する講演が2セッションで構成されており、高強度テラヘルツ光源を用いた応用として半導体を用いた非線形分光に関する報告が多くなされていた。

（京都大学 永井 正也）

## <国内会議予定>

### 【2009年度総会ならびに第7回講演会】

日時：2009年 5月 22日(金) 午後1時～5時

場所：東京大学 駒場キャンパス 数理科学研究棟講堂(駒場Iキャンパス)

(1) 総会(午後1時から)

1. 2008年度事業報告・決算に関する件
2. 2009年度事業計画・予算に関する件
3. その他

(2) 講演会(午後2時30分から)

- 挨拶  
テラヘルツテクノロジーフォーラム会長 阪井 清美
- 来賓挨拶  
総務省 情報通信国際戦略局 技術政策課 研究推進室長 森 孝
- 「テラヘルツテクノロジー産業化のためのロードマップ」  
大阪大学/フォーラム企画委員長 永妻 忠夫
- パネル討論：「テラヘルツテクノロジーの近未来を占う」
- |                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| 電子情報通信学会テラヘルツ応用システム時限研究専門委員会/東京工業大学   | 浅田 雅洋  |
| 応用物理学会テラヘルツ電磁波技術研究会/名古屋大学             | 川瀬 晃道  |
| 日本分光学会テラヘルツ分光部会/日本電信電話株式会社            | 味戸 克裕  |
| 日本赤外線学会/静岡大学                          | 廣本 宣久  |
| 日本学術振興会「テラヘルツ波科学技術と産業開拓第182委員会」/防衛大学校 | 安岡 義純  |
| キヤノン株式会社                              | 尾内 敏彦  |
| 日本電気株式会社                              | 小田 直樹  |
| 有限会社スペクトルデザイン                         | 深澤 亮一  |
| 日本電信電話株式会社                            | 久々津 直哉 |
- モデレータ：京都大学 iCeMS 田中 耕一郎

### 【2009年度 研究会・見学会(第8回)】

日時：2009年7月10日(金) 午前11時～午後5時

場所：京都大学 物質-細胞統合システム拠点(iCeMS)本館セミナー室

テーマ：「テラヘルツイメージングの進展(仮題)」 詳細が決まり次第、ホームページにてお知らせします。

## <国際会議予定>

### 2009 International Microwave Symposium

June 7-12, 2009, Boston Convention & Exhibition Center, Massachusetts, USA

<http://www.ims2009.org/>

### 2009 SURA Terahertz Applications Symposium

June 10-12, 2009, AAAS Headquarters, Washington DC, USA

<http://www.sura.org/commercialization/terahertz.html>

### International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging (ISPDI2009)

June 17-19, 2009, Beijing International Convention Center, Beijing, China

<http://www.ispdi2009.org/en/index.html>

### IRMMW-THz2009

September 21-25, 2009, Paradise Hotel, Busan, Korea

[http://www.irmmw-thz2009.org/USR\\_main.asp??=MAIN/index](http://www.irmmw-thz2009.org/USR_main.asp??=MAIN/index)

テラヘルツテクノロジーフォーラム通信 Vol.6 No.2 500部 無料

発行日 2009年 4月 30日

企画・編集 田中 耕一郎(京都大学大学院理学研究科/物質-細胞統合システム拠点)

電子メール: [kochan@scphys.kyoto-u.ac.jp](mailto:kochan@scphys.kyoto-u.ac.jp)

発行 テラヘルツテクノロジーフォーラム事務局

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

京都大学大学院理学研究科 物理学第一教室 光物性研究室

Tel/Fax 075-753-3757 E-mail: [teratech@terahertzjapan.com](mailto:teratech@terahertzjapan.com)

<http://www.terahertzjapan.com>