



## 内田淳史氏の論文紹介

静岡大学工学部 大坪 順次

内田淳史氏は、平成 12 年 3 月、慶応大学大学院理工学研究科電気工学専攻後期博士課程を修了し、博士（工学）の学位を得ている。同年 4 月に拓殖大学工学部助手となり、以後マイクロチップレーザー、半導体レーザーにおけるカオスダイナミクスとその応用について精力的に研究を行ってきた。同大講師を経て、平成 20 年 4 月からは埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報部門准教授となり現在に至っている。

今回受賞の対象となった論文は、レーザーカオスを使い高速に物理乱数を発生させる新しい方法の提案である。ソフトウェア乱数発生の問題点を克服するために、物理的な乱数発生に期待が集まっているが、従来の方法では、高速な乱数生成において難があった。そこで、同氏らは戻り光半導体レーザーにおいて発生するカオス信号を使い、1.7 Gbps での高速な 2 値物理乱数を実時間で生成することに、実験にはじめて成功した。この結果は、今回受賞対象となった論文として Nature Photonics に掲載された<sup>1)</sup>。本研究に対するインパクトは高く、同誌のニュース記事「The world's fastest dice」(Nature Photonics, Vol. 2, Dec. 2008, pp. 714-715) や、インタビュー記事 (Nature Photonics, Vol. 2, Dec. 2008, p. 760) としても紹介されている。さらに、このニュースは Physics Today (Aug. 2009, pp. 12-14) でも取り上げられている。また、関連論文において、この物理乱数生成器を量子鍵配送システムへ搭載することにより、物理乱数生成器応用の実用性を実証した。この研究に端を発し、光を使った高速物理乱数発生法の研究が活性化し、現在 300 Gbps の乱数発生の報告がなされるまでになっている<sup>2,3)</sup>。

同氏は、研究に対して柔軟な視点を持ちアイデアも豊富で、それを遂行する力量を備えている。すでに大学院時代から頭角を現し、IEEE の Student Awards を授与されたり、レーザー学会の奨励賞なども受賞されている。2005 年には、Progress in Optics (Vol. 48, pp. 203-304) にカオス通信に関する論文を執筆している。また、2012 年 3 月には Wiley-VCH から Optical Communication with Chaotic Lasers と題する本を出版している。さらに、CLEO Europe, Photonics Europe, NOLTA などのプログラム委員として名を連ね、多くの国際会議でも招待講演を行うなど、レーザーカオスの分野における国際的な知名度も高い。同氏は間違いなく今後、わが国のみならず世界の光学界をリードできる研究者である。この受賞を機に、同氏の今後のますますの活躍を期待したい。

### 文 献

#### 受賞論文

- 1) A. Uchida, K. Amano, M. Inoue, K. Hirano, S. Naito, H. Someya, I. Oowada, T. Kurashige, M. Shiki, S. Yoshimori, K. Yoshimura and P. Davis: "Fast physical random bit generation with chaotic semiconductor lasers," Nat. Photonics, **2** (2008) 728-732.

#### 関連論文

- 2) T. Honjo, A. Uchida, K. Amano, K. Hirano, H. Someya, H. Okumura, K. Yoshimura, P. Davis and Y. Tokura: "Differential-phase-shift quantum key distribution experiment using fast physical random bit generator with chaotic semiconductor lasers," Opt. Express, **17** (2009) 9053-9061.
- 3) A. Uchida, K. Yoshimura, P. Davis, S. Yoshimori and R. Roy: "Local conditional Lyapunov exponent characterization of consistency of dynamical response of the driven Lorenz system," Phys. Rev. E, **78** (2008) 036203.



## 藤田克昌氏の論文紹介

大阪大学大学院 河田 聡

光学顕微鏡，特に生物細胞を見る光学顕微鏡の世界におけるイノベーションは，1936年のZernikeの位相差顕微鏡と1955年のNomarskiの微分干渉顕微鏡に始まり，70年代の共焦点顕微鏡から90年代の二光子顕微鏡，同時期の近接場顕微鏡，そして下村脩氏が発見した緑色蛍光蛋白などが知られるが，いま新たなイノベーションの時代を迎えつつある。効率が低くてイメージングには使うことができないと考えられていたラマン散乱分光法が，光学生物顕微鏡の世界を塗り替えつつある。それを開拓したのが受賞者の藤田克昌氏である。従来，顕微ラマン分光とよばれて，顕微鏡下で試料の一点のラマン散乱光を検出し分光分析していたのが，分子振動分光画像が得られるようになった。

藤田克昌氏は，細胞内の蛋白，脂質，核酸の分布を初めてラマンイメージングし，細胞分裂の様子をビデオ化することに成功し<sup>2)</sup>，最近ではアポトーシスのダイナミクスをラマン画像として観察した<sup>3)</sup>。生物顕微鏡観察においては細胞を蛍光色素で染色するため，光学顕微鏡といえども細胞分子を生きたままの状態を観察することはできず，動態観察はできなかった。ラマン散乱顕微鏡は，細胞内分子分布を染色することなく観察することができる。光学生物顕微鏡の新たなイノベーション時代の到来という所以である<sup>4)</sup>。

受賞論文では，金ナノ微粒子（50 nm 径）を細胞の中にエンドサイトーシスさせて細胞の中のラマン散乱信号を表面増強ラマン散乱（SERS）測定し，イメージング化している<sup>1)</sup>。そして金ナノ粒子の空間分布の変化とラマンスペクトルの変化を継時的に捉えることに成功した。後に，この研究は細胞内の輸送系の機能と分子分布の解明へと繋がった<sup>5)</sup>。最近，ハイパワーのパルスレーザーを使ってCARS（coherent anti-Stokes Raman scattering）およびSRS

（stimulated Raman scattering）を顕微鏡に導入する研究が盛んであるが，藤田氏の研究成果は，通常のspontaneousなラマン散乱で十分明るいラマン散乱画像を検出できることを示した。Spontaneousなラマン散乱であるので，すべての振動モードが同時に検出されるため，細胞内の異なる分子の分布を同時に観察し分子同定をすることができる点も大きな利点であるといえる。小分子観察用のラマンタグの開発<sup>6)</sup>，ユニークかつ実用的な超解像顕微法<sup>7)</sup>の成果を含めて，光学顕微鏡の分野に大きなインパクトを与える。

### 文 献

#### 受賞論文

- 1) K. Fujita, S. Ishitobi, K. Hamada, N. I. Smith, A. Taguchi, Y. Inouye and S. Kawata: "Time-resolved observation of surface-enhanced Raman scattering from gold nanoparticles during transport through a living cell," *J. Biomed. Opt.*, **14** (2009) 024038.

#### 関連論文

- 2) K. Hamada, K. Fujita, N. I. Smith, M. Kobayashi, Y. Inouye and S. Kawata: "Raman microscopy for dynamic molecular imaging of living cells," *J. Biomed. Opt.*, **13** (2008) 044027.
- 3) M. Okada, N. I. Smith, A. F. Palonpon, H. Endo, S. Kawata, M. Sodeoka, K. Fujita: "Label-free Raman observation of cytochrome c dynamics during apoptosis," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **109** (2012) 28-32.
- 4) 藤田克昌, 河田 聡: "生体分子のマイクロ/ナノ分光イメージング", *応用物理*, **78** (2009) 1118-1122.
- 5) J. Ando, K. Fujita, N. I. Smith and S. Kawata: "Dynamic SERS imaging of cellular transport pathways with endocytosed gold nanoparticles," *Nano Lett.*, **11** (2011) 5344-5348.
- 6) H. Yamakoshi, K. Dodo, M. Okada, J. Ando, A. Palonpon, K. Fujita, S. Kawata and M. Sodeoka: "Imaging of EdU, an alkyne-tagged cell proliferation probe, by Raman microscopy," *J. Am. Chem. Soc.*, **133** (2011) 6102-6105.
- 7) K. Fujita, M. Kobayashi, S. Kawano, M. Yamanaka and S. Kawata: "High-resolution confocal microscopy by saturated excitation of fluorescence," *Phys. Rev. Lett.*, **99** (2007) 228105.