



## 堀崎遼一氏の紹介

大阪大学大学院情報科学研究科 谷田 純

堀崎遼一氏は、平成 17 年 3 月に国立奈良工業高等専門学校専攻科機械制御工学専攻を卒業後、大阪大学大学院情報科学研究科博士前期課程、同博士後期課程に在学しました。その間、複眼撮像システムとその関連技術に関する研究に従事してきました。筆者は研究指導の立場にあった関係により、同氏のこれまでの研究内容について紹介します。

今回の受賞対象となった論文<sup>1)</sup>は、TOMBO (thin observation module by bound optics) と名付けられた複眼撮像システムにおける取得画像の画質向上に関するものです。複眼カメラを構成する各個眼レンズとイメージセンサーの位置ずれに起因する個眼像の色ずれを除去しつつ、高解像画像を再構成する手法を提案しています。取得画像を高周波成分と低周波成分に分離した上で、物体距離推定、超解像処理、逆投影処理を組み合わせて処理します。変化が緩やかな色情報には、1つの個眼像からの低周波成分を利用して、個眼像ごとの色ずれを除去します。微細領域の再現には、すべての個眼像の高周波成分を用いて物体距離を推定し、その情報に基づいて超解像処理を適用します。デフォーカスを補正する反復逆投影法を用い、焦点深度の深い高解像度画像を得ています。試作システムにより、実際の複眼カメラにおける有効性も確認されています。

本論文の成果がきっかけとなり、撮像システム TOMBO のさまざまな分野への応用が進められています。当初から構想されていた薄型カメラに加えて、物体の距離計測が行えることから、コンパクトな立体カメラへの応用が期待されています。特に興味深い成果として、複眼レンズの意図的な不規則配置により、遠距離領域の測距精度が改善できることを見いだしました<sup>2)</sup>。「複眼＝規則的なレンズ配置」という固定観念にとらわれない同技術の開発は、同氏の柔軟な思考能力を示す一例としてあげることができます。

堀崎氏は、博士後期課程在籍中に、海外留学に対する強い希望をもち、修了時期を遅らせてまでも米国 Duke 大学

に延べ 1 年間滞在しました。その間、David Brady 教授の研究室で、コンプレッシブ・センシングに基づく新しい計測技術の研究に携わり、滞在期間中に 4 編の論文と 5 編の国際会議報告に共著者として名を連ねました。さらに、複眼撮像システムに同大学での研究内容を適用して、三次元の空間座標のみならず、波長、偏光などの情報を同時に取得する多次元物体撮像システムを効率的に構築できることを見だし、その成果を学位論文としてまとめるに至りました。

堀崎氏は、平成 22 年 10 月より大阪大学大学院情報科学研究科情報数理学専攻で助教の職に就いています。現在、コンプレッシブ・センシングなどの信号理論に基づいた新しい画像システムの開発に関する研究に取り組んでおり、これらは立て続けに論文として発表されています<sup>3-5)</sup>。情報フォトンクス分野のみならず、光学分野における若手研究者として、今後のいっそうの活躍を期待しています。

### 文 献

- 1) R. Horisaki, Y. Nakao, T. Toyoda, K. Kagawa, Y. Masaki and J. Tanida: "A thin and compact compound-eye imaging system incorporated with an image restoration considering color shift, brightness variation, and defocus," *Opt. Rev.*, **16** (2009) 241-246.
- 2) R. Horisaki, K. Kagawa, Y. Nakao, T. Toyoda, Y. Masaki and J. Tanida: "Irregular lens arrangement design to improve imaging performance of compound-eye imaging systems," *Appl. Phys. Express*, **3** (2010) 022501.
- 3) R. Horisaki, K. Choi, J. Hahn, J. Tanida and D. Brady: "Generalized sampling using a compound-eye imaging system for multi-dimensional object acquisition," *Opt. Exp.*, **18** (2010) 19367-19378.
- 4) R. Horisaki and J. Tanida: "Multi-channel data acquisition using multiplexed imaging with spatial encoding," *Opt. Exp.*, **18** (2010) 23041-23053.
- 5) R. Horisaki and J. Tanida: "Compact compound-eye projector using superresolved projection," *Opt. Lett.*, **36** (2011) 121-123.



## 古殿瑤子氏の紹介

株式会社東芝 研究開発センター 野村 博

古殿瑤子氏は、平成 17 年 3 月に東北大学工学部応用物理学を卒業、平成 19 年 3 月に東北大学工学研究科応用物理学専攻博士課程前期の課程を修了され、同年 4 月より株式会社東芝セミコンダクター社プロセス技術推進センター（現研究開発センターデバイスプロセス開発センター）において、先端半導体リソグラフィ技術開発に従事しています。同氏は、東北大学 3～4 年次で超伝導体の探索研究に従事していましたが、インターンシップ制度を活用し、NTT 未来ねっと研究所で研修を行ったことを契機に光学の世界に飛び込み、大学院 1～2 年次ではフォトニックバンドギャップの電磁界解析を行っていました。筆者が同氏の就職をお世話し、その後の入社 3 年教育を担当した関係で、同氏のこれまでの研究内容について紹介します。

今回の受賞対象となった論文<sup>1)</sup>は、半導体露光装置の偏光特性を測定するために必要な、広視野角移相子の開発に関するものです。東芝では、デジタルカメラなどの主記憶装置として用いられる NAND フラッシュメモリーなどの最先端半導体製品を製造しています。このような最先端製品の製造では、写真技術の原理を応用し、原版（フォトマスク）の図柄をシリコンウェハー上に縮小転写する、巨大な露光装置が用いられます。露光装置の性能は微細加工の要となるため、性能にかかわるさまざまな特性を精緻に、正しく評価することが求められています。その中でも偏光特性に関しては、使用に耐えられる偏光光学素子が全く存在しなかったため、評価技術開発が長らく暗礁に乗り上げていました。ちょうど古殿氏が東芝に入社したころ、薄型偏光子と広視野角移相子のアイデアがようやく出始め、具現化する段階にありました。しかし、試作した光学素子は、その性能を測定しなければ露光装置の偏光評価ツールに採用することはできません。そこで、古殿氏に広視野角移相子の基本性能測定を担当していただきました。

単に偏光素子の基本性能を計測するといっても、対象波長が 193 nm という真空紫外域であるため、さまざまな困難が伴います。そもそも簡単に使える安定な光源がありま

せん。実験も窒素雰囲気中で行う必要があります。そこで、コマツ平塚研究所殿のご好意により、実験装置を持ち込み、開発実験用エキシマレーザーを借用させていただきました。実験装置は別の目的で作製したものを転用したため、光学素子の配置やデータ解析法に工夫を凝らす必要がありました。一方、測定結果の解釈も一筋縄にはいきませんでした。波長 193 nm での信頼できる光学定数データはほとんどありません。特性が異なる 2 種類の結晶板を直列に並べた広視野角移相子は、本論文以外に発表された例がなく、どのような結果となるのか、全く予想できませんでした。古殿氏の今回の研究結果を通して、波長 193 nm 用新規光学素子の基本特性が明らかになったことで、先端露光装置の偏光特性評価が可能になり、現在では、照明光のストークスパラメーターと投影レンズのミュラー行列を独立に測定する技術が完成し<sup>2-4)</sup>、実際の先端露光装置の評価に活用されています。

現在、古殿氏はナノインプリントの開発に従事しています。技術討論の場でナノインプリントに有効なアイデアを自ら発案したため、偏光評価技術もちょうどひと区切りついたこともあり、そのアイデアを具体化させるために、正式にテーマを変えるよう助言しました。その後の彼女の活躍は、東芝のホームページ<sup>5)</sup>にもありますので、そちらもご覧ください。今後のご活躍を期待しています。

### 文 献

- 1) Y. Furutono and H. Nomura: "Wide-view-angle  $\lambda/4$  plates for diagnosing 193-nm lithography tools," *Opt. Rev.*, **16** (2009) 188-191.
- 2) H. Nomura and Y. Furutono: "Polarimetry of illumination for 193-nm lithography used for the manufacture of high-end LSIs," *Proc. SPIE*, **6834** (2007) 683408.
- 3) H. Nomura and Y. Furutono: "In-situ polarimetry of illumination for 193-nm lithography," *Proc. SPIE*, **6924** (2008) 69241T.
- 4) H. Nomura and I. Higashikawa: "In-situ Mueller matrix polarimetry of projection lenses for 193-nm lithography," *Proc. SPIE*, **7640** (2010) 76400Q.
- 5) <http://www.toshiba.co.jp/rdc/recruit/technology/furutono.htm>