スペックルのない画像を作り出すランダムレーザ

イメージングの分野でランダムレーザは有望かもしれない。昨年、空間コヒーレンスの低いランダムレーザを作成した米エール大学のチームは、スペックルのない画像を得るために低コヒーレンスレーザの実証を開始した。この実証試験はバイオイメージング、ピコプロジェクタ、映写機などにレーザを応用する可能性を探るものである。

コヒーレンスの副産物であるレーザ・スペックルとは、レーザビームが散乱体を通過する時に発生する明領域と暗領域の変動パターンのことである。レーザアプリケーションの多くは許容範囲であるが、スペックルはレーザ光で記録、またはレーザプロジェクタで映した画像を劣化させる。

エール大学の物理学者であるホイ・ツァオ氏は、「人は、ランダムに表れる粒状のパターンであるスペックルに焦点を当てるので厄介だ」と言う。また、スペックルは医者が見ようとする詳細を隠すので医用画像分野では特に厄介な問題である。スーパールミネセント光源でさえもスペックルを発生させるため、多くの画像システムでは低輝度であってもインコヒーレントランプまたはLEDが使われる。

ツァオ氏は無秩序物質でのランダムレーザ発振を最初に実証して以来、ランダムレーザに十数年以上取り組んでいる。ランダムレーザが特異な点は、レーザ共振器ミラーがないことと、発振の持続がレーザ媒質に分散された粒子からの光散乱が必要なことである。これらの点はレーザ色素と半導体を含む多くの物質で実証されたが、昨年まではそれらは常にコヒーレンス出力であった。

スペックルとOCT

ツァオ氏は、エール大学メディカルスクールのイメージングの専門家であるミハエル・コーマ氏と、彼の光コヒーレンストモグラフィ（OCT）の研究におけるスペックルノイズ問題について議論を重ねて、コヒーレンス低減研究を開始した。「この問題の解決にランダムレーザが使えるのではないかと考えた」とツァオ氏は言う。

ツァオ氏とコーマ氏は博士号取得研究員のブランドン・レディング氏と共同で、ランダムレーザのコヒーレンスを低減する方法を研究している。その中にはレーザ色素溶液中の240nmポリスチレン球を使い、光散乱球の密度を変える効果、さらには532nmパルス光でポンプされたレーザ媒質のサイズと形の研究がある。彼らは、ポンプ領域を高くして、散乱体間の距離を短くするとレーザモード数が高くなり、空間コヒーレンスが低減することを発見した。また、昨年発表したこの研究はコヒーレンスを低減させるランダムレーザ設計法も示している[1]。

今回、彼らが報告したのは、空間コヒーレンスを低く調整したランダムレーザによるスペックルのない画像の実証である[2]。空間コヒーレンスを低くしたランダムレーザにより照射された物体の画像を、LED、増幅自然放出光、広帯域レーザ、狭帯域レーザ照射などで記録した画像と比較する一連の実験を行っている。いずれの結果も、ランダムレーザの鮮明さは、LEDに次いで2番目であったが、増幅自然放出光やその他の

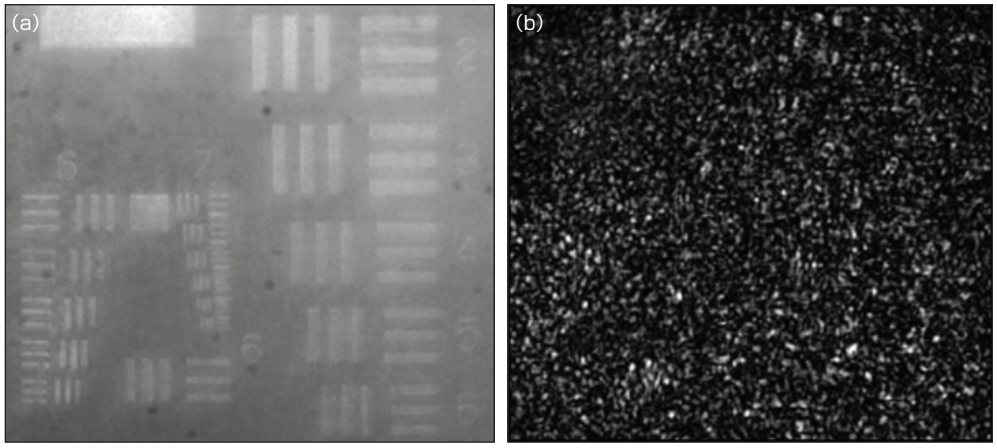

図1　光源にランダムレーザ（a）と通常のレーザ（b）を使用して、散乱フイルム（ターゲットの検出側に設置）を通して得られた空軍の解像力テストチャートの画像。（提供：エール大学）

レーザ光源よりも著しく良好であった。

より明るいレーザ光源は移動または変化する撮影対象などで新たな展望を開くため、得られた結果は生体医学画像化には朗報といえる。「どれだけ速く映像化できるかという可能性の限界を確定するのは光源である。そして高速化が常に求められているのだ」とコーマ氏は言う。さらに、レーザプロジェクションでも、スペックルのないレーザは魅力的である。現状のレーザプロジェクタは、スペックルを平均化するための動的な光学要素が必要だが、ランダムレーザは、それが不要になるかもしれないのである。

ランダムレーザでのインコヒーレント画像化の実証後は、コーマ氏の本来の目標であるOCT、つまりコヒーレントイメージングプロセスからコヒーレントアーティファクトの消去を実現したいとツァオ氏は言う。またツァオ氏は、量子ドットおよびランダム空孔、またはフォトニック結晶ファイバなどの、より実用的な低コヒーレンスレーザを開発したいと考えている。加えて、ホログラム作成に十分な程度にコヒーレントであるが、スペックルを作らない程度にインコヒーレントなランダムレーザの調整法も考察している。

英アイルランド国立大学のクリス・デインティ氏は、本件の実証を「印象的な成果」と評したが、レーザのコヒーレンスの低減はビーム発散増大と低輝度を伴うと忠告する。米スタンフォード大学のジョセフ・グッドマン氏は、スペックルのないレーザはニュース価値があると同意するが、揺動拡散板などのスペックル低減技術と競合になると付け加える。グッドマン氏の意味するところは、変動のないマルチモードファイバが大型のレーザプロジェクタでスペックルを低減させる可能性の示唆である[3]。 （Jef Hecht）

参考文献

(1) B. Redding et al., Opt. Lett., 36, 3404（Sept. 1, 2011）.
(2) B. Redding et al., Nat. Photon.（advance online publication,（Apr. 29, 2012）; doi:10.1038/NPHOTON.2012.90.
(3) J. Manni and J. Goodman, Opt. Exp., 20, 11288（2012）.

LFWJ

BioOpto Japan 2012 Conference + Exhibition

Sep.25火-27木 10:00-17:00
パシフィコ横浜 Pacifico Yokohama
主 催：株式会社ICSコンベンションデザイン
Organized by: ICS Convention Design, Inc.

第4回 BioOpto Japan カンファレンス 聴講登録受付中！

Web登録 聴講料金・申込方法等の詳細はこちら ▶▶▶ www.optojapan.jp/bio

■9月25日（火）1日目：バイオ研究開発セッション

10:15-10:55 ルミナスアレイフィルム技術を用いた水銀フリー・フレキシブル深紫外面光源
篠田プラズマ株式会社 主監 粟本 健司 氏

10:55-11:35 ホタル生物発光型長波長発光材料の創製と実用化
電気通信大学大学院 情報理工学研究科 先進理工学専攻 助教 牧 昌次郎 氏

11:45-12:25 生細胞ダメージレスソーティングセルソーターの商品化開発
古河電気工業株式会社 バイオデバイス事業チーム チーム長 徐 傑 氏

12:25-13:05 局所光酸化反応による大規模・高効率細胞膜穿孔法と細胞改変ロボットシステム
秋田県立大学 システム科学技術学部 機械知能システム学科 准教授 齋藤 敬 氏

■9月26日（水）2日目： 医療・診断セッション

10:15-10:55 新理論に基づく低出力レーザによる虫歯予防法 ―Ｆ素を用いず、安全かつ無痛で予防する―
日本歯科大学 共同利用研究センター Ｘ線解析施設 准教授 廣田 文男 氏

10:55-11:35 レーザーにより１時間で評価！生体濃度での抗がん剤薬効
九州大学 大学院農学研究院 環境農学部門 准教授 小名 俊博 氏

11:45-12:25 動きながら測定できる高感度血流量センサ
九州大学 大学院工学研究院機械工学部門 システム生命科学専攻 バイオメカニクス研究センター（兼任） 教授 澤田 廉士 氏

12:25-13:05 疼痛治療におけるLLLTの役割
JR東京総合病院 名誉院長 花岡 一雄 氏

お問い合わせ・お申し込み
BioOpto Japan事務局：株式会社ICSコンベンションデザイン
TEL：03-3219-3643 FAX：03-3219-3628 e-mail：bioopto@ics-inc.co.jp