

高感度カメラを使用したスペックルコントラスト計測技術の開発

Development of speckle contrast measurement technique using high sensitivity camera

株式会社オキサイド ○鈴木 幸司, 久保田 重夫

Oxide Corporation, °Koji Suzuki, Shigeo Kubota,

E-mail: suzuki_k@opt-oxide.com

近年レーザーディスプレイの実用化が進んでいる。レーザーは多くの利点がある反面、その可干渉性に特有のスペックルノイズが発生してディスプレイの画質を大きく劣化させる可能性がある。従って、レーザーディスプレイの性能評価においてスペックルノイズ測定は非常に重要である。

様々なスペックルノイズ低減技術の中でスペックルノイズを時間変化させる方式では、その観測手段であるカメラの露光時間が重要と考えられる。理由は、ヒトの眼の応答速度 (80 ms 程度と推定) に比べてカメラの露光時間が大きく掛け離れている場合、スペックルノイズパターンの重ね合わせ回数が増加してヒトの眼で感じるスペックルノイズから大きく外れる可能性があるためである。従って、この様なスペックルノイズ低減技術を搭載したディスプレイの測定にはヒトの眼の応答速度に近い観測手段が必要であると考えられる。

スペックルノイズはヒトの眼の網膜上で発生する干渉現象であるため、その測定にはヒトの眼の特性をシミュレートした光学系の構築が必要不可欠である。筆者らは、評価量としてスペックルコントラスト ($C_S = \sigma / \bar{I}$, σ と \bar{I} はそれぞれ画像輝度分布の標準偏差および平均) を測定する装置を既に開発している[1][2]。その装置では、収差を持つヒトの眼の点像強度分布をカメラ前に配置したピンホール (直径 1.2 mm) で再現している[3]。しか

しながら、ピンホールを通過する光量は少なく、市販のレーザーディスプレイを観測する時に必要な露光時間は数秒程度である。今回、高感度カメラを使用してヒトの眼の応答速度に近い露光時間で観測可能な測定装置を開発したので報告する。

従来の CCD カメラを EMCCD カメラに変更した。EMCCD は CCD 読出部に電子増倍機能を付加した撮像素子で、CCD と比較して 1000 倍近くの信号増幅が可能である。本研究で使用した撮像素子は CCD97-00 (e2v technologies 社) である。

本撮像素子を使ってスペックルコントラスト測定を行うために実施した技術課題を以下に示す。

- A) カメラ光学系の再設計
- B) 増幅時の受光感度リニアリティ補正
- C) 増幅時のノイズ軽減
- D) ディスプレイの測定タイミング

A)は、大きなピクセルサイズでもスペックルノイズパターンが正確に撮像できるようにカメラレンズの焦点距離を 135mm に変更した。B)は、分光放射計 SR-UL1R (トプコンテクノハウス社) と 12 インチ積分球を使用して 2 次曲線近似の受光感度を校正した。C)は、増幅時に発生する電子ノイズを Butterworth フィルタで軽減した。D)は、ラスタスキャン型プロジェクタへの対策で、カメラの外部トリガ機能を利用して撮影タイミングをディスプレイ表示タイミングに合わせ、かつ露光時間をディスプレイのフレームレートの整数倍に変更した。本撮像素子の増幅率は冷却温度に依存するが、今回はカメラメーカー推奨の -30°C で使用した。

図 1 は、市販のレーザーテレビ 75-LT1 (三菱電機社) を本装置で観測する様子とその時に撮影したスペックルノイズ画像である。この時のスペックルコントラストは $C_S = 0.069$ であった。

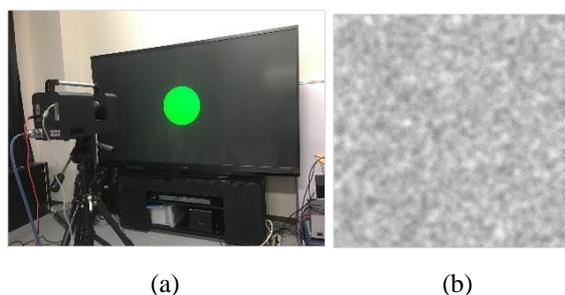


Fig.1. Example of speckle contrast measurement

(a) Measurement system and Laser TV.

(b) Observed speckle noise image. Measuring conditions: exposure time is 80 ms, observation distance is about 1 m, pinhole diameter is 1.2 mm, and measured color is green.

参考文献

- [1] S. Kubota and J. W. Goodman, *App. Opt.* **49**, 23, 4385-4391 (2010).
- [2] 鈴木、福井、久保田, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, **17p-F9-2** (2014).
- [3] S. Kubota, *App. Opt.* **53**, 17, 3814-3820 (2014).