CGH のための観察位置変化を考慮したスペックルノイズ評価法

Evaluation method of speckle noise considering change of the observer's position for CGH

°芳賀 祐太，中村 友哉，山口 雅浩 (東工大総理工)
°Yuuta Haga, Tomoya Nakamura, Masahiro Yamaguchi (Tokyo Tech.)
E-mail: haga.y.aa@m.titech.ac.jp

1. はじめに

計算機合成ホログラム(Computer Generated Hologram: CGH)技術において，スペックルノイズは解決すべき重要な課題の一つである．立体像表示のための CGH におけるスペックルノイズは，観察者の瞳の帯域制限により網膜上で拡がった点像同士が干渉しあうことで発生する．スペックルノイズの評価尺度としてスペックルコントラストが広く用いられている．しかし，スペックルコントラストを用いた場合，ある特定の観察位置から見たスペックルの量しか評価できない．そのため，CGH の三次元ディスプレイへの応用を考えた場合，この評価尺度のみでは実際の三次元像の画質を正しく評価できない．本報告では，観察者の視点移動を考慮することにより，より実際的な立体像表示におけるスペックルノイズの評価方法を提案する．

2. 原理

スペックルノイズの評価方法として，次式で定義されるスペックルコントラストが広く用いられている[1].

$$C = \frac{\sigma}{\langle I \rangle}. \qquad (1)$$

ここで σ は評価領域の強度分布の標準偏差，$\langle I \rangle$は強度分布の平均を表す．この評価値は特定の位置で観察した際の観察像のみを考慮している．そのため，視点変化に伴うスペックルの変化に起因する立体像観察時の不快感を正しく評価できない（図 1）.

視点位置の移動に伴うスペックルの変化を評価値に反映するため，視点を移動させながら複数枚の再生像を取得し，再生像の同じ位置となる画素間の強度値の標準偏差及び強度平均を求め，評価領域内で平均する(図 2). M×N 画素で構成される評価領域を仮定し，K 視点での再生像を用いた場合，提案する評価尺度は次式で表現される．

$$C' = \frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\frac{\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{i=1}^{K}((I_{mn})_i - \langle I_{mn}\rangle)^2}}{\langle I_{mn}\rangle}. \qquad (2)$$

ここで m,n は再生像内の座標，i は各視点画像，I_{mn}は対応する画素における強度値，$\langle I_{mn}\rangle$は K 枚の視点位置画像の平均強度を表す．これにより，視点移動前後で強度値の変化が小さい場合は評価値が小さくなり，逆に視点移動により強度値が大きく変化する場合には評価値は大きくなる．視点移動による強度の変動は観察者に不快感を感じさせる主要な要因となると考えられるため，評価値の低い再生像ほど質が良いといえる．

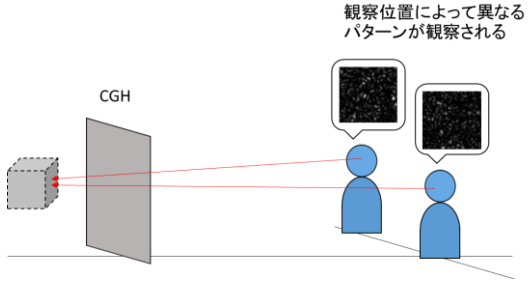

図 1. 想定する観察系.

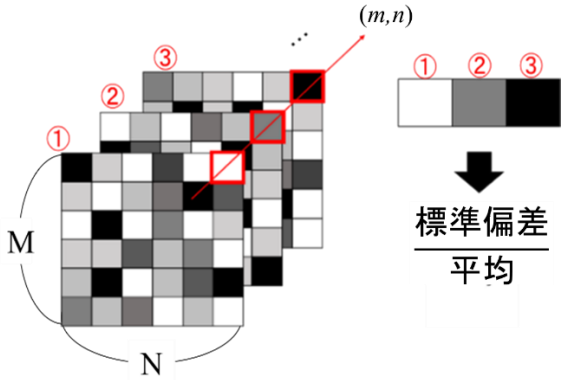

図 2. 提案評価法の概念図.

3. 視点移動シミュレーション

シミュレーションによる再生像を用いて，提案手法による評価を検証した. 平面物体を観察者から 300mm の位置に配置した．なお CGH は波面を理想的に再生できると仮定したため，CGH 面の位置は結果に影響しない．観察者の瞳は瞳径 3.5mm の無収差レンズと仮定した.

4. 結論

既存のスペックルコントラストの評価式を，視点位置の移動に伴う像変化量を反映できる形に拡張した．これにより，立体像の質をより観察者の主観品質に忠実に評価できる．今後は光学的再生像の主観評価実験により提案手法の有効性を実証する.

参考文献

[1] J. W. Goodman, Speckle phenomena in optics: theory and applications. Roberts and Company Publishers, 2007, p. 387.

© 2016年 応用物理学会