

拡張現実感を利用したホログラム撮影方法体感学習ツールの開発 ～光強度を考慮した光学系構築の学習～

柴田 将志[†] 山口 健[†] 吉川 浩[†]

日本大学理工学部電子情報工学科[†]

1 はじめに

ホログラムを撮影する際には、一般に暗室内で撮影光学系を構築する必要があり、光学素子の扱いには慎重さを要する。熟練者が初学者へ、撮影や光学系構築の手順を指導する際にも暗室内での指導は難しい。そのため、初学者がホログラム撮影方法を学ぶには敷居が高い。そこで我々は、拡張現実感技術(Augmented Reality: AR)を用いて、手軽で簡単に初学者がホログラム撮影方法を学ぶ学習ツールを開発した [1]。以前のツールは、光学系構築における素子の配置を教えるものであった。しかし、実際のホログラム撮影では、感光材料に露光し干渉縞を記録するため、感光材料に適した露光量の調整が重要となる。そこで本報告では、パワーメータによる光強度測定の実装することで、レーザー光強度を測定できるようにした。これにより、光強度を考慮した光学系構築を可能とし、学習効果の向上を図った。

2 原理・方法

2-1 感光材料の露光量

フレネルホログラム撮影の様子を図1に示す。ホログラムは物体光と参照光によって生じる干渉縞を記録して作るため、感光材料を必要とする。感光材料には材料毎で異なるが最適な露光量がある [2]。そのため、ホログラムの撮影の際には露光量を考慮しての撮影が必要となる。光強度と露光時間から露光量を求める式を(1)に示す。

$$\text{光強度}[\text{W}/\text{cm}^2] \times \text{露光時間}[\text{sec}] = \text{露光量}[\text{J}/\text{cm}^2] \quad (1)$$

撮影者は光強度を読み取り、最適な露光量になるように露光時間を設定させる。これにより、露光量を考慮した撮影を学習させる。

2-2 光学素子による光強度の変化

光強度は距離による減衰の他に、光学素子を通過したときにも減少する。学習者に光学素子

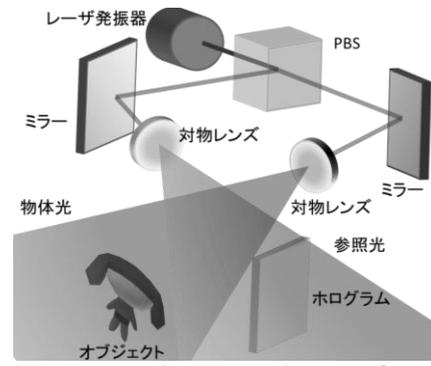
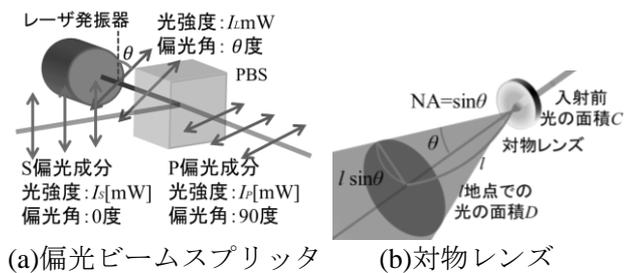


図1 フレネルホログラムの撮影



(a)偏光ビームスプリッター (b)対物レンズ
図2 素子による光強度の変化

の役割を理解させるため、光学素子による光強度の変化を実装する。

2-2.1 偏光ビームスプリッター(PBS)

PBSにレーザー光が入射すると、P偏光成分を透過してS偏光成分が反射されることで2光束が生成できる。レーザー光のPBS入射時における2光束の生成の様子を図2(a)に示す。この時、レーザー光の偏光角に応じてP偏光成分とS偏光成分の光強度が変化する。レーザー光の光強度を I_L 、偏光角を θ としたとき、P偏光成分の光強度を I_P とS偏光成分の光強度 I_S は(2)式で求められる。

$$\begin{bmatrix} I_P \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin^2 \theta \\ \cos^2 \theta \end{bmatrix} \times I_L [\text{W}/\text{cm}^2] \quad (2)$$

2-2.2 対物レンズ

対物レンズに光線が入射すると光が焦点に集束し、その後発散光となる。レーザー光の対物レンズ入射時における発散の様子を図2(b)に示す。対物レンズの開口数NAに対して、光線の光軸に対する発散角度 θ が $\sin \theta = \text{NA}$ に応じて変化する。入射前の光の面積と半径を C と r 、入射後 l 地点での光の面積を D とすると、入射後 l 地点での光強度 I_l は式(3)で求められる。

Development of Tangible Learning for Holography with Augmented Reality Technology
~ The learning of optical setup with consideration of light intensity ~
Masashi Shibata, Takeshi Yamaguchi and Hiroshi Yoshikawa
[†]Electronics and Computer Science, College of Science and Technology, Nihon University

$$I_l = \frac{C}{D} I_L = \frac{r^2}{l^2 \sin^2 \theta} I_L \quad (3)$$

2-2.3 反射率と透過率

ミラーとレンズには反射率と透過率がある。このため、光強度はミラーとレンズを通過毎に減少していく。ここでは反射率と透過率を共に90%とする。

2-3 光強度の測定

拡散物体を撮影する際の物体光と参照光の比は撮影方式によって異なるので、予め比率を設定できるようにする。そして、パワーメータによる光強度測定の機能を実装することで、光路での光強度を測定できるようにする。パワーメータとは、装置に付いている光センサに光を当ててことで光強度を測定する装置である。パワーメータの機能を持つマークを作製する。これを光路上に設置することで、光強度の測定を可能とする。また、ユーザは露光時間を撮影前で設定できるようにする。これらにより、ホログラム撮影に必要な露光量に設定させることで、光強度を考慮しての光学系の学習を可能にする。

パワーメータの操作時に手などによりマークが隠されてしまい、カメラから光学素子の位置を認識できない場合がある。そこで、マーク検出時にマークの位置関係を記憶する。マークが隠された時、図3のように記録した情報から光学素子を表示する。これにより、自由な位置で光強度を測定出来るようにする。

3 結果

3-1 光強度の測定

表示するパワーメータを図4(a)に示す。パワーメータから光強度を取得している様子を図4(b)に示す。光路中にパワーメータを設置することで、設置された地点での光強度を測定出来るようにした。光強度測定時に光学素子のマークが消失している様子を図5に示す。パワーメータ操作時には光学素子のマークが隠れても、記録してある位置情報から光学素子を表示できるようにした。フレネルホログラムの光学系では参照光と物体光の比率が10:1程度になるようにすると、鮮明な再生像が映し出されるホログラムが作製できる。

3-2 露光時間の設定

露光時間を設定してのホログラム撮影の様子を図6に示す。露光時間を手動で操作できるようにすることで、光強度からの最適な露光時間で撮影することを可能にした。これにより、露光時間による露光量の調節を可能にした。

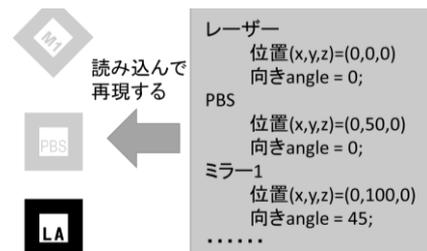
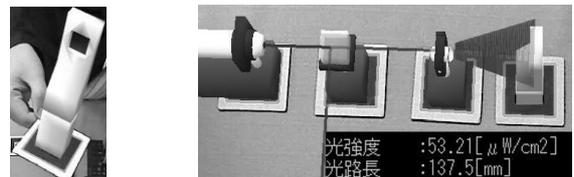


図3 マークの再現



(a)パワーメータ

(b)光強度の測定

図4 パワーメータによる光強度の測定

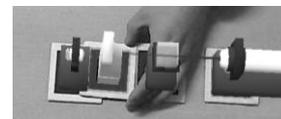


図5 マーク消失時の素子の表示

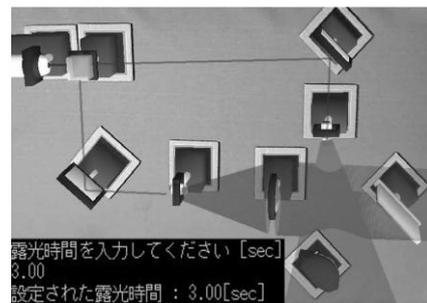


図6 ホログラム撮影の様子

4 まとめ

本研究では、パワーメータによる露光量測定の機能を実装したことで、光強度を考量した光学系の構築を可能にした。そして、光学素子による光強度の変化を実装し、光強度の変化を現実に近いものとしたことで学習効果の向上を図った。また、光強度を測定した上での露光時間の設定を可能にしたことで、露光量の調節をできるようにした。これにより、設置から撮影までのホログラム撮影のシミュレートをできるようになり、撮影の手順をより効果的に学習させることが可能となった。

5 参考文献

- [1] 柴田将志, 山口健, 吉川浩: "拡張現実感技術を利用した体感学習ツール～手と目で実感できる光学系のシミュレーション～", 教育システム情報学会, Vol.25, No.4, pp.51-58 (2010-11)
- [2] 辻内順平: "ホログラフイー", 裳華堂, 東京 (1997)