GPU を用いたホログラフィック網膜投影型ディスプレイのリアルタイム表示

Real-time image generation for holographic retinal view display using GPU

東京農工大学　○長浜 佑樹，(M2)藤本 直大，高木 康博

Tokyo University of Agriculture and Technology , ○Yuki Nagahama, Naohiro Fujimoto, Yasuhiro Takaki

E-mail: yuki-nagahama@go.tuat.ac.jp

1. はじめに

マクスウェル視を用いると, 水晶体中心に収束する光を用いて水晶体の屈折状態によらない網膜への画像提示ができるため, 網膜投影型ディスプレイが実現できる[1,2]. そのため, 眼鏡による屈折矯正が困難な場合や, 水晶体を摘出した場合においても画像提示が行える. しかし, 従来のマクスウェル視では, レンズ等を用いて光を収束するため, 集光点を移動させるのが困難であるという問題点がある. この問題点を解決するため, われわれは過去にホログラフィーによる波面制御を用いた網膜投影型ディスプレイを提案した[3]. これによって眼球の移動に合わせて集光点を電子的に移動することが可能となった. また, ホログラムによる波面変調が可能なため, 使用者の水晶体の屈折状態に応じた波面補正を行うことも可能である. しかしながら, 実際の使用においては, 検出した瞳孔位置に応じたホログラム計算をリアルタイムに行う必要がある.

そこで本研究では, ホログラフィック網膜投影型ディスプレイにおいて, ホログラムの生成計算のリアルタイム化を Graphics Processing Unit (GPU)を用いることで実現する.

2. 原理

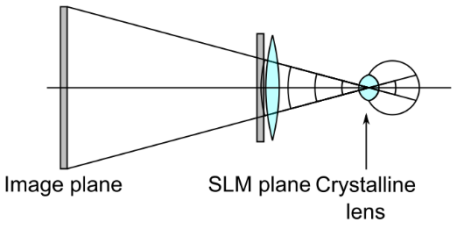

Figure 1. Optical system of holographic retinal view display

ホログラフィック網膜投影型ディスプレイの光学系を Figure 1 に示す. 本光学系では, image plane 上にある表示画像から発せられて水晶体の中心に収束する光の波面を記録したホログラムをコンピュータで計算し空間光変調器(SLM)に表示することで, マクスウェル視状態を実現する. 光の波面の傾きや曲率を変えて集光点を電子的に 3 次元移動することで, 眼球運動に対応する.

ホログラムを表示する SLM, 表示画像および眼球の位置関係を Figure 2 に示す. ホログラムの計算手順は以下のようになる.

1. 表示画像のある image plane から pupil plane へ回折計算を行う.
2. 水晶体の中心に光が収束してマクスウェル視状態となるよう, pupil plane 上でビーム径と集光点の位置を調整する. 集光点の位置の調整は瞳孔の位置をカメラで取得することで行う.
3. Pupil plane から SLM plane へ逆回折計算を行い, ホログラムを求める.

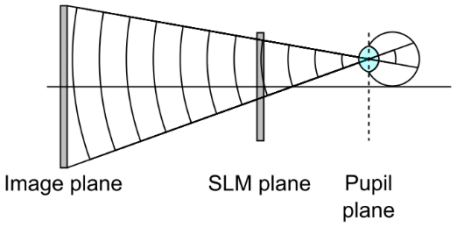

Figure 2. Model for hologram calculation

3. 実験

今回はホログラムの計算部分を GPU で実装し, 計算時間の計測を行った. GPU への実装には OpenCV および CUDA を利用した.

ホログラムの計算, 再生時のパラメータを Table 1 に示す.

Table 1. Experiment conditions

SLM resolution [pixels]	1,920×1,200
SLM pixel pitch [μm]	8.1
Wavelength of light [nm]	640

計算時間を計測した結果, ホログラム 1 枚当たりの計算時間は 56 ms, フレームレートに換算すると約 18 fps であった.

4. まとめ

ホログラフィック網膜投影型ディスプレイにおけるホログラム計算を, GPU を用いて高速化した. その結果, ホログラム 1 枚当たりの計算時間は 56 ms となった. 今後の展望として, さらなる計算時間の短縮と, リアルタイム化によるインタラクティブ性を活かした使用者の水晶体の屈折特性に合わせた波面補正の実現などが挙げられる.

本研究の一部は JSPS 科研費 15K12078 の助成により行われた

文献

[1] G. Westheimer : “The Maxwellian view”, Vision Res, **6**, pp.669-682 (February 1966)

[2] M. Watanabe, H. Takayama, N. Asai, R. Matsuda and S. Yamada: "A retinal scanning display with a wavefront curvature modulator", Journal of the SID, **11**, 3, pp.511-515(June 2012)

[3] Y. Takaki and N. Fujimoto : “Flexible retinal image formation by holographic Maxwellian-view display”, Opt. Express, **26**, 18, pp.22985-22999 (September 2018)

© 2019年 応用物理学会