

テンソルディスプレイにおける中心窩レンダリング手法の検討

南 龍弥* 米谷 柚香† 小池 崇文*

* 法政大学情報科学部 † 法政大学大学院情報科学研究科

1. はじめに

本研究では、テンソルディスプレイへの中心窩レンダリングの適用を検討する。中心窩レンダリングは高解像度 CG の描画時間短縮方法の一つである。人間の視野は、中心窩の領域で最も鮮明になり、周辺視野に行くに従ってぼやけて行くという性質がある。その性質を利用し、ユーザの周辺視野以外に表示する画像の情報を落とすことでユーザが知覚を維持したまま、描画処理の負担を下げる。落とす情報は、表示する画像の解像度と、表示する視差数とする。複数の組み合わせで情報を落とし、実験を行った。

2. 関連研究

2.1. テンソルディスプレイ

LFD の一つであるテンソルディスプレイは Lanman らによって提案された [1]。層状に液晶パネルを重ね、層状に液晶パネルを重ね、多視点画像をテンソルに分解した画像をそれぞれ表示する。2 層からなるテンソルディスプレイを 2 次元に簡略化した概略図を図 1 に示す。ディスプレイを正面から見た場合、図 1-(1) のように、奥の層と手前の層で同じ座標の画素を通過する光線が再生される。別の角度から見た場合、図 1-(2) のように奥の層と手前の層で異なる座標の画素を通過する光線が再生されるため、図 1-(1) とは異なる光線群が再生される。そのため、異なる視線に対応した画像を表示することが可能である。Lanman らは、目標とする多視点画像をそれぞれ異なる角度で再生される光線群で再現することによって、視点の位置にあった画像を実現している。本研究では、バックライトの上に 2 枚の液晶パネルを層状に重ねたテンソルディスプレイで実験を行った。

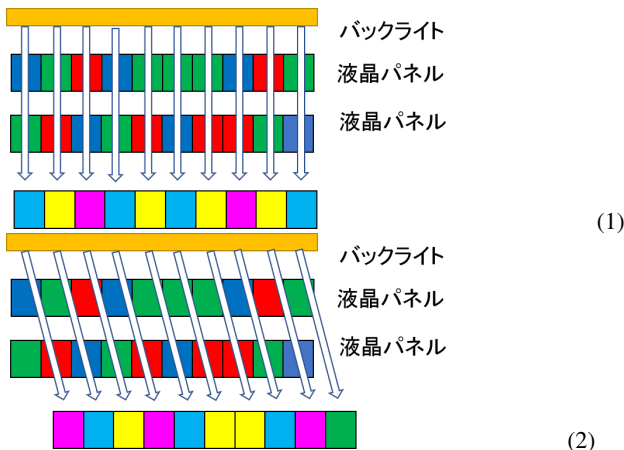


図 1. 2 層のテンソルディスプレイ。(1) は正面で再生される光線群、(2) は別の角度で再生される光線群

2.2. 中心窩レンダリング

中心窩レンダリングは高解像度 CG の描画時間短縮手法の一つである。人間の視野は、中心 5 度部分で最も鮮明になり、周辺視野に行くに従ってぼやけていくという性質がある。その性質を利用して、CG を描画する時に、周辺視野で知覚さ

れる範囲のレンダリング解像度を下げる手法を中心窩レンダリングという。中心窩レンダリングを行うことでユーザの知覚を維持したまま、描画処理の負担を下げるができる。ここで用いる知覚を維持するとは、ユーザの主観的な見た目を維持することとする。

Guenter らは、2D ディスプレイで中心窩レンダリングを実装した [2]。視線計測器を使用して視線方向を求め、周辺視野の解像度を段階的に低くすることで、表示画像の計算時間を短縮できることを示した。Qi らは、ユーザの周辺視野以外のレンダリング解像度を下げ、再現する視差の数を減らすことで、中心窩レンダリングを適用した [3]。Qi らは、パララックスバリア方式の LFD で中心窩レンダリングの実装を行っており、テンソルディスプレイ方式ではまだ実装されていない。

3. 提案手法

以下の 4 つの手法で中心窩レンダリングを実装する。複数の方法で実装し、LFD に有効な中心窩レンダリング手法を検討する。

- 周辺視野のみ視差を持たせる。
- 周辺視野の視差数を減らす。
- 周辺視野の解像度を下げる。
- 周辺視野の視差数を減らし、解像度を下げる。

視差数を減らすとは、テンソルディスプレイで表現する視点の数を減らすということである。各手法について、周辺視野以外の範囲の描画方法を示す。

3.0.1. 周辺視野のみ視差を持たせる (提案手法 1)

奥の液晶パネルは周辺視野以外には白の画像を出力し、バックライトをそのまま通す。手前の液晶パネルは周辺視野以外には、3D モデルから取得した多視点画像の一つを表示する (図 2: b)。

3.0.2. 周辺視野の視差数を減らす (提案手法 2)

3D モデルから視点数を減らした、多視点画像を取得する。取得した多視点画像から、テンソルディスプレイ画像を作成する。周辺視野以外の範囲には視差数を減らしたテンソルディスプレイ画像を出力する (図 2: c)。

3.0.3. 周辺視野の解像度を下げる (提案手法 3)

3D モデルからレンダリング解像度を下げた、多視点画像を取得する。取得した多視点画像から、解像度を下げたテンソルディスプレイ画像を作成する。周辺視野には解像度を下げたテンソルディスプレイ画像を出力する (図 2: d)。

3.0.4. 周辺視野の視差数を減らし、解像度を下げる (提案手法 4)

3D モデルから解像度を下げ、視点数を減らした多視点画像を取得する。取得した多視点画像から、解像度と視差数を下げたテンソルディスプレイ画像を作成する。周辺視野には解像度を下げ、視差数を減らしたテンソルディスプレイ画像を出力する (図 2: e)。

The First study of Foveated Rendering for Tensor Display
Ryuya MINAMI, Yuka KOMETANI, Takafumi KOIKE
Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University, Tokyo,
Koganei-shi, 3-7-2 Kajino-cho

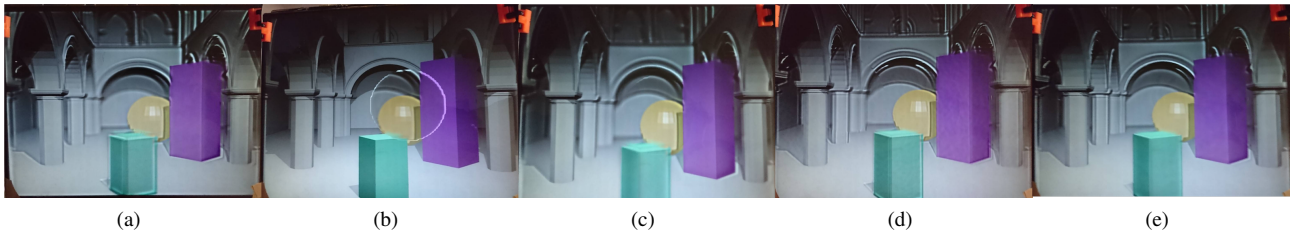


図 2. 実際にテンソルディスプレイに表示される画像。(a) は中心窩レンダリング未適用の画像, (b) は周辺視野のみ視差を持たせた画像 (提案手法 1), (c) は周辺視野以外の視差数を減らした画像 (提案手法 2), (d) は周辺視野以外の解像度を下げた画像 (提案手法 3), (e) は周辺視野以外の解像度を下げ, 視差数を減らした画像 (提案手法 4)

4. 実験

本研究の目的である,

- テンソルディスプレイにユーザの知覚を維持した中心窩レンダリング手法を適用することが可能であるか
- どの手法がテンソルディスプレイの表示形式に適した中心窩レンダリング手法か

を調べるため, 提案手法によって中心窩レンダリングを適用した画像と, 中心窩レンダリングを適用していない画像を比較する実験と提案手法同士を比較する実験を行なった.

4.1. 実験用アプリケーション

実験用アプリケーションはゲームエンジンの Unity で実装した. 操作はキーボードとマウスで行う. キーボードで提案した 4 つの中心窩レンダリング手法を切り替える. マウスで中心窩レンダリング手法適用の有無を切り替える. キーボードとマウスは実験者が操作し, 被験者にはわからないように設定する.

4.2. 実験方法

テンソルディスプレイに中心窩レンダリングを適用することで, ユーザの知覚に差が起きるかを調べるために実験を行う.

- 1) 被験者に中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 1 を続けて見せる. 被験者は中心窩レンダリング未適用の画像を基準に 7 段階評価の SD 法 (Semantic Differential Scale Method) で評価してもらう.
- 2) 中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 1, 2, 3, 4 についても同様に行う.
- 3) 自由記述にて実験についての感想を記入してもらう.

被験者は 20 代の男女 5 名である.

4.3. 実験結果

評価項目ごとに, 平均値を求めた. 中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法を比較した結果を図 3 に示す.

4.4. 考察

それぞれの項目ごとに図 3 の評価値を全て 4 として優位水準 0.05 で t 検定を行なった. 中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 1 を比較した時に「立体感がある」の項目において統計的に優位な差があった. 実験 2, 3, 4 については全ての項目において統計的に優位な差は存在しなかった. このことから, 中心窩レンダリングを行うことで, 中心窩レンダリング未適用の画像よりも立体感がある印象を与えることができると考えられる.

また, 各実験のそれぞれの項目ごとに優位水準は 0.05 として t 検定を行なった. 実験 1(中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 1 を比較) と実験 2(中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 2) を比較した時に, 「違和感がある」の項目において統計的に優位な差があった. このことから, 中心

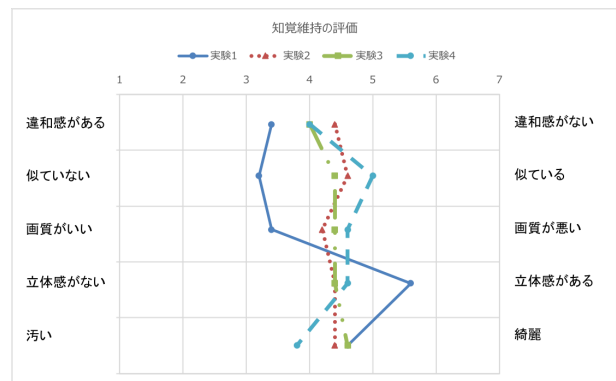


図 3. 知覚維持の評価. 実験 1: 中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 1 を比較した結果. 実験 2: 中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 2 を比較した結果. 実験 3: 中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 3 を比較した結果. 実験 4: 中心窩レンダリング未適用の画像と提案手法 4 を比較した結果.

窩レンダリングを行う際に, 周辺視野に視差を持たせない画像よりも, 周辺視野の視差数を減らした画像の方がユーザに違和感がないと考えられる.

4.5. 結論

本論文では, テンソルディスプレイの表示形式に適した中心窩レンダリング手法を探すために, 4 つの方法の中心窩レンダリング手法を検討した. 評価実験により中心窩レンダリングを行うことで, ユーザの知覚に悪い影響が起きないことがわかった. さらに, 周辺視野に視差を持たせない画像は, 中心窩レンダリングを適用しない画像よりも立体感があると感じるということがわかった. また, 手法間で比較した場合, 周辺視野の視差数を減らした画像が周辺視野に視差を持たせない画像よりも違和感がないということがわかった. これにより, テンソルディスプレイにも 2D ディスプレイや, パララックスバリア方式の LFD と同様に中心窩レンダリングが適用できると考えられる.

参考文献

- [1] D. Lanman, G. Wetzstein, M. Hirsch, W. Heidrich, and R. Raskar, "Polarization fields: Dynamic light field display using multi-layer LCDs", ACM Trans, Vol. 30, No. 6, 2011
- [2] B. Guenter, M. Finch, S. Drucker, D. Tan, and J. Snyder, "Foveated 3d graphics", ACM Trans, Vol. 31, No. 6, 2012
- [3] Q. Sun, F. Huang, J. Kim, L. Wei, D. Luebke, A. Kaufman, "Perceptually-Guided Foveation for Light Field Displays", ACM Trans, Vol. 36, No. 6, 2017
- [4] Yuto Kobayashi, Shu Kondo, Keita Takahashi, Toshiaki Fujii, "A 3-D Display Pipeline: Capture, Factorize, and Display the Light Field of a Real 3-D Scene", ITE Trans. on MTA Vol. 5, No. 3, 2017