

立体視映像表示システムのための高速再描画機能と輻輳角調節機能の実装 Implementation of High-Speed Image Rendering Function and Convergence Adjustment Function for a Stereo Video System

木村 朋博†
Tomohiro Kimura

横前 拓磨†
Takuma Yokomae

井口 信和‡
Nobukazu Iguchi

越智 洋司‡
Youji Ochi

Sierra Rafael††
Rafael Sierra

内尾 文隆‡‡
Fumitaka Uchi

1. 序論

本研究は、GPU (Graphics Processing Unit)を用いた高速再描画機能と優位眼を考慮した輻輳角調節機能を実装する立体視映像表示システム(以下、本システム)の開発を目的とする。さらに、ステレオ・イメージ内の視差情報である DisparityMap の生成に要する時間とカメラ・キャリブレーションの問題の解決手法を提案する。

ステレオ・イメージを用いた立体視では、眼精疲労や三次元酔いなどの立体視疲労が発生し、利用者の負担となる。また、立体視疲労が発生すると、利用者は立体視映像の詳細な情報を正確に得ることが困難となる。

そこで、立体視疲労を軽減する表示方法¹⁾(以下、本表示方法)が、Sierraらにより提案され、本表示方法を適用したシステムが開発された。これにより、利用者の負担を軽減した立体視映像の提供が可能となった。

Sierraらが開発したシステム(以下、前システム)は、静止画像を対象としている。そのため、本表示方法を動画画像へ適用するには、再描画の処理に要する時間と輻輳角調節による違和感の発生、DisparityMap の生成に要する時間、カメラ・キャリブレーションの4つの問題を解決する必要がある。

本研究では、まず、GPUを用いた高速再描画機能と優位眼を考慮した輻輳角調節機能を実装した。実装した機能により、再描画の処理に要する時間と輻輳角調節による違和感の発生の問題が解決できる。次に、DisparityMapの生成に要する時間とカメラ・キャリブレーションの問題の解決手法について提案する。

2. 立体視疲労を軽減する表示方法

本表示方法では、立体視映像の輻輳角を調節し、被写界深度に応じてぼかし処理を施すことで、注視領域に焦点が合うように調節する。これにより、立体視疲労が発生する原因を解消する。

立体視疲労が発生する主な原因は、輻輳角のずれと被写界深度の違いにより生じる違和感である。本表示方法では、立体視疲労の原因であるこれらの違和感を解消する。

まず、ステレオ・イメージに StereoMatching アルゴリズムを適用し、DisparityMap を生成する。次に、注視点を選

択し、DisparityMap を基にイメージをシフトする。この際、注視点で視差が0となるように調節する。この処理により、輻輳角の調節が可能となる。また、被写界深度から注視領域を決定し、その領域外にぼかし処理を施す。両システムは、処理したイメージを裸眼立体視ディスプレイ(シャープ製 LL-151D)を用いて提示することで、立体視疲労を軽減した立体視映像を提供する。

3. 動画画像へ適用する際の問題

前システムは、静止画像を対象として開発された。そのため、本表示方法を動画画像へ適用するには、再描画の処理に要する時間と輻輳角調節による違和感の発生、DisparityMap の生成に要する時間、カメラ・キャリブレーションの問題を解決する必要がある。

• 再描画の処理に要する時間

両システムは、輻輳角調節と被写界深度に応じたぼかし処理を繰り返し、再描画する。前システムでは、再描画に約1秒を要する。そのため、動画画像をリアルタイムに処理することは不可能である。

また、前システムは、事前にぼかし処理を施したイメージを入力し、そのイメージを描画することでぼかし処理を実現する。しかし、動画画像では、各フレームでイメージが異なるため、各フレームに対応したぼかし処理用のイメージが必要となる。そこで、ぼかし処理用のイメージをリアルタイムに生成する処理速度が必要である。

• 輻輳角調節による違和感の発生

本表示方法では、ステレオ・イメージをシフトすることで、立体視映像の輻輳角を調節する。そのため、輻輳角調節の前後で立体の再現位置が変化する。この変化が繰り返し作用することで、利用者は違和感を覚える。

• DisparityMap の生成に要する時間

StereoMatching アルゴリズムとして、BlockMatching アルゴリズムと Pixel-to-Pixel アルゴリズムの2種類のアルゴリズムで DisparityMap の生成が可能である。このとき、DisparityMap の生成には BlockMatching アルゴリズムを適用した場合に約0.5秒/枚、Pixel-to-Pixel アルゴリズムを適用した場合に約3.3秒/枚を要する。そのため、両アルゴリズムともに、動画画像に対してリアルタイムに DisparityMap を生成することは不可能である。

• カメラ・キャリブレーション

ステレオ・イメージの撮影では、2台のカメラのレンズの高さを厳密に一致させる必要がある。高さにずれが生じた場合、正確な DisparityMap を生成することが不可能である。しかし、実際の撮影では、レンズの高さを一致させることは困難である。

† 近畿大学大学院総合理工学研究科

‡ 近畿大学理工学部

†† 和歌山大学大学院システム工学研究科

‡‡ 和歌山大学システム情報学センター

4. 実装

GPU を用いた高速再描画機能と優位眼を考慮した輻輳角調節機能を実装する立体視映像の表示システムを開発した。システムの構成を図1に示す。

4.1. GPU を用いた高速再描画機能

本機能では、輻輳角調節と被写界深度に応じたぼかし処理を GPU により処理することで、高速な再描画を実現した。さらに、ぼかし処理用のイメージは再描画の命令の発生時に生成される。そのため、事前にぼかし処理用のイメージを生成することが不要となった。これにより、再描画の処理に要する時間の問題を解決した。

本機能を実装するにあたり、GPU には、Nvidia 製の GeForce 7900GT を用いた。GPU 用のプログラミング言語には Cg (C for graphics) 言語を使用し、実装した。また、Cg 言語は OpenGL の API を通じて使用している。

本システムでは、ステレオ・イメージと DisparityMap の計 3 種類のイメージをテクスチャとして GPU へ渡す。さらに、注視点の座標や被写界深度を判断するための閾値、ぼかしの強さなどのパラメータを与える。GPU では、DisparityMap から注視点のテクスチャ・データを読み出し、注視点の視差を求める。その視差を基に、ステレオ・イメージのテクスチャ座標を変換し、注視点で視差が 0 となるように処理する。これにより、輻輳角調節を実現した。次に、注視点の視差とステレオ・イメージの各点の視差を比較し、その差を求める。それぞれの視差の差が、設定した閾値を超える場合、注視領域外の点であると判断し、ぼかし処理を施して出力する。ぼかし処理には単純平滑化を使用している。

4.2. 優位眼を考慮した輻輳角調節機能

本機能では、優位眼と輻輳角調節による違和感の発生の関係を検証し、違和感が最小となる輻輳角調節の方法を適用した。これにより、輻輳角調節による違和感の発生の問題を解決した。検証には、以下の 3 方式の輻輳角調節の方法を用いた。

- 1) 両側シフト方式：左右両方のイメージをシフトする。前システムは、この方式で輻輳角を調節する。
- 2) 優位眼側シフト方式：優位眼側のイメージをシフトし、非優位眼側のイメージは固定する。
- 3) 非優位眼側シフト方式：優位眼側のイメージは固定し、非優位眼側のイメージをシフトする。

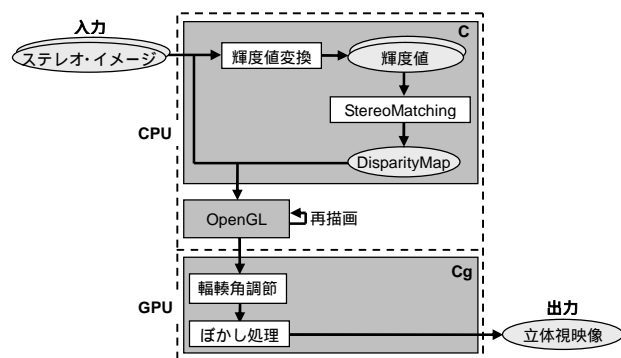


図 1：システムの構成

5. 結果・考察

GPU を用いた再描画処理により、約 30 回/秒の再描画が可能となった。これにより、再描画の処理時間の問題を解決することができた。

次に、優位眼と輻輳角調節による違和感の関係を検証するため、14 名に対して 5 点法による評価実験を実施した。結果を表 1 に示す。優位眼側シフト方式を適用した場合、違和感・疲労感が最小となった。さらに、立体の知覚に要する時間が最短となった。また、両側シフト方式に比べ、他の 2 方式では、実物を観察しているような実在感を得ることができ、映像の品質が向上した。これらの結果から、優位眼側シフト方式を適用することで、最も効果的に輻輳角調節による違和感を抑えられることが分かった。そこで、本システムでは、優位眼側シフト方式による輻輳角調節の方法を適用した。

さらに、試験的に動画像へ適用し、実装した両機能が目的通りに動作することを確認した。

表 1：優位眼を考慮した輻輳角調節

	違和感	疲労感	知覚時間	品質
両側シフト	3.64	3.71	3.00	3.14
優位眼側シフト	3.14	3.21	2.64	3.64
非優位眼側シフト	3.29	3.29	3.00	3.64

今後の予定として、DisparityMap の生成に要する時間の問題の解決手法には、GPU を用いた DisparityMap の生成と局所的な DisparityMap の生成の 2 つの手法の実装を検討する。また、カメラ・キャリブレーションの問題の解決手法には、左右のイメージから対応点の高さのずれを検出し、そのずれを基にソフトウェア側でイメージの高さを補正する手法の実装を検討する。本手法では、横前らが開発した BlockMatching アルゴリズムによる水平・垂直方向の探索を用いた DisparityMap の生成手法²⁾と水平方向のみの探索を組み合わせて使用する。

6. 結論

GPU を用いた高速再描画機能と優位眼を考慮した輻輳角調節機能を実装する立体視映像表示システムを開発した。これにより、再描画の処理に要する時間と輻輳角調節による違和感の発生の問題を解決できた。

本研究の成果により、立体視疲労を軽減する表示方法を動画像へ適用することが可能であることが分かった。

今後、提案した手法を実装することで、DisparityMap の生成に要する時間とカメラ・キャリブレーションの問題の解決が可能となる。

参考文献

- 1) R.Sierra, et al. : Improving 3D Imagery with Variable Convergence and Focus Accommodation for the Remote Assessment of Fruit Quality, SICE-ICASE International Joint Conference 2006, pp.3554-3558 (2006).
- 2) 横前拓磨, 他 : 遠隔教育への利用を考慮した立体視動画像通信システムの設計と実装, 電気学会研究会資料 IIS-07-16 (2007)