

# 視聴距離・視力に合わせた最適な立体視ビデオ再生システム

柴田 直樹<sup>1</sup> 玉井 森彦<sup>1</sup> 安本 慶一<sup>1</sup> 森 将豪<sup>2</sup>

**概要:** このデモでは、ディスプレイからのユーザの距離と、測定したユーザの視力に基づいて、両眼立体視映像における左右それぞれの目に提示されるビデオの視差角と解像度を最適化する。3Dメガネに取り付けたARマーカをディスプレイに取り付けたカメラで撮影することで、ユーザの両目の位置を測定し、異なった間隔で配置した4つのカメラで撮影した映像から、要求された視差角に対応した組み合わせを選択し、表示する。ビデオは、測定されたユーザの両目の位置に応じて傾ける。また、ビデオ再生開始前にユーザの視力を測定し、視力に見合った解像度のビデオを表示する。

**キーワード:** 両眼立体視, 視差角調整, 解像度の適応

## Adjusting Parameters for Stereoscopic 3D Video Playback Based on Viewer's Position and Attribute

**Abstract:** In this demo, we show a system that adjusts the parallax and the video resolution in stereoscopic 3D video playback based on the measured visual acuity of the viewer and the viewing distance. We measure the distance by tracking a fiducial marker attached on 3D glasses with a camera attached to the display. The parallax is optimized by choosing two videos for both eyes from videos taken by four cameras arranged at unequal spaces. The displayed video is tilted according to the tilt of the user's face. In order to save the network bandwidth and decoding power, we measure the visual acuity of the user beforehand, and the system provides the video whose quality is reduced according to the user's visual acuity.

**Keywords:** Stereoscopic 3D video, parallax adjustment, video resolution adjustment

### 1. はじめに

両眼立体視は、右目と左目に、それぞれの目に相当する位置から撮影した、わずかにずれのある画像をそれぞれ提示することにより、ユーザが画像の立体感を知覚し、従来と比べて臨場感の増した体験を可能にするものである(図

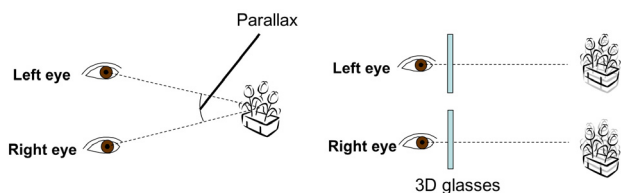


図 1 両眼立体視

1). 近年、両眼立体視によるビデオ映像の提示が可能な、大型テレビや携帯デバイスが発売されている。テレビのサイズが大型化する一方、スマートフォンやタブレットを用いて、各個人が一人で映像を視聴するケースも増えており、様々なデバイスおよび個人の特性を考慮して、映像を配信することの重要性が増している。両眼立体視映像をユーザが自然に知覚するためには、画面のサイズおよび視聴者のディスプレイからの距離と、カメラで撮った左右の映像の視差角に対応している必要があり、様々なデバイスや視聴距離に対応させるためには、それらに適した視差角で撮られた両眼立体視ビデオを再生する必要がある。視差角が小さすぎると、知覚される画像は平面的なものになり、臨場感を増す効果が少ない。一方、視差角が大きすぎると、画面の隅々にまで目の焦点を合わせるのが難しくなり、二重写しに見えやすくなる。あまりに大きすぎる視差角は、視聴者の頭痛の原因になり、また臨場感も得られない。また、両眼立体視ディスプレイ一般の問題点として、画面の向き

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学  
Nara Institute of Science and Technology  
<sup>2</sup> 滋賀大学  
Shiga University



図 2 システム全景

に対して、視聴者が顔を傾けたり、「ごろ寝」しながら視聴すると、両目用の画像の位置が合わず、画面が二重写しに見えてしまうという問題がある。

一方で、表示デバイスの解像度が近年非常に高くなっており、デバイスによっては人が認識できるピクセルの大きさよりも表示されるピクセルが小さくなっている。高解像度のデバイス向けに同じ解像度のビデオを配信すると、必要な帯域やビデオ再生処理に必要な電力が浪費されてしまう一方、ユーザの満足度には貢献しないという問題がある。全ユーザの視力がディスプレイのピクセル一つ一つを識別できるほど高いわけではなく、また両目の視力が異なるユーザも相当数いると考えられる。両目の視力が異なるユーザが両眼立体視映像を視聴する場合、それぞれの目の視力に合わせた解像度の画像を配信することで、ユーザの満足度を犠牲にすることなしに必要なネットワーク帯域やビデオのデコードに必要な消費電力を削減することが可能になる。

このデモでは、ユーザのディスプレイからの距離と、測定した視力に基づいて、再生する両眼立体視映像の視差角と解像度を最適化するシステムを実演する。異なった間隔で配置したカメラで撮影した映像から、要求された視差角に対応した組み合わせを選択し、表示する(図2)。また、3Dメガネに取り付けたARマーカ(図3)をディスプレイに取り付けたカメラで撮影することで、システムがリアルタイムでユーザの両目の位置を測定し、ユーザの両目の位置に応じて表示する映像を傾けることで、ユーザが「ごろ寝」しながら3Dビデオを視聴することを可能にする(図4)。ビデオ再生開始前にユーザの視力を測定し、視力に見合ったビットレートのビデオを表示する。映像のソースとして、異なった間隔で配置した4つのカメラで撮影した映像を利用し、視聴デバイス側で、測定したユーザの視力と視聴デバイスからの距離に基づいて4つの映像から左右の目それぞれに提示する映像を選択して表示することで、視差

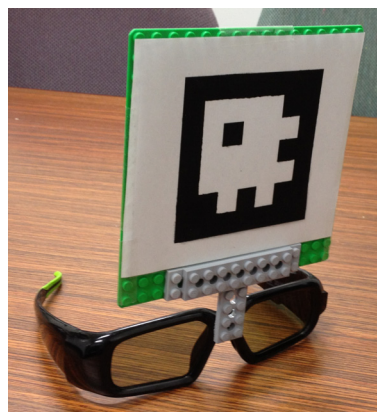


図 3 AR マーカを取り付けた 3D メガネ

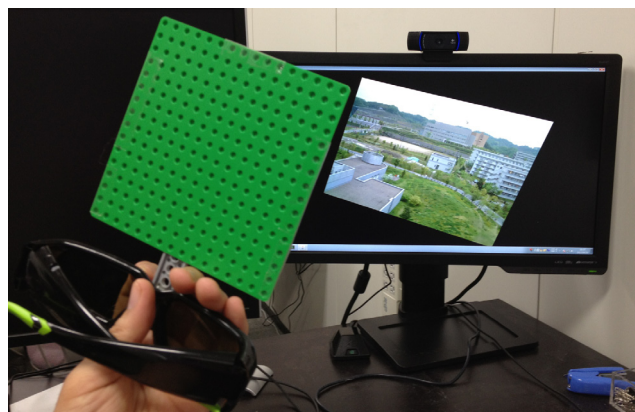


図 4 ユーザの顔の向きに合わせて画像を傾ける

角を最適化する。表示する映像は、本来は Scalable Video Coding[6]などを用いて配信されたビデオを、必要最低限のビットストリームのみ受信して表示することを想定しているが、今回のデモでは、1080pの解像度で撮影した映像に対し、リアルタイムにぼかしをかけることで、ビットレート低下による解像度の低下をシミュレートする。

## 2. 関連研究

文献[4]では、両眼立体視によるビデオ再生において、利き目(通常右目)用のビデオが十分高い品質で提示されれば、効き目でない目(通常左目)用のビデオの品質が低くても、総合的に知覚されたビデオの品質には大きな影響を与えないことが、大規模な主観テストにより示されている。文献[1]では、両眼立体視ビデオのエンコーディングにおいて、一方の目に提示するビデオを、空間的・時間的にダウンサンプリングすることにより、ビデオの総合的な圧縮率を高める方式が提案されている。文献[5]では、両眼立体視ビデオにおいて、効き目でない目用のビデオの品質を、解像度を減らすことで低下させるべきか、それとも解像度を保ったままビットレートを減らすことで低下させるべきかということについて議論している。この論文では、利き目用には最も高い品質のビデオを受信し、効き目でない目用のビデオの品質は、3Dディスプレイのテクノロジーに応

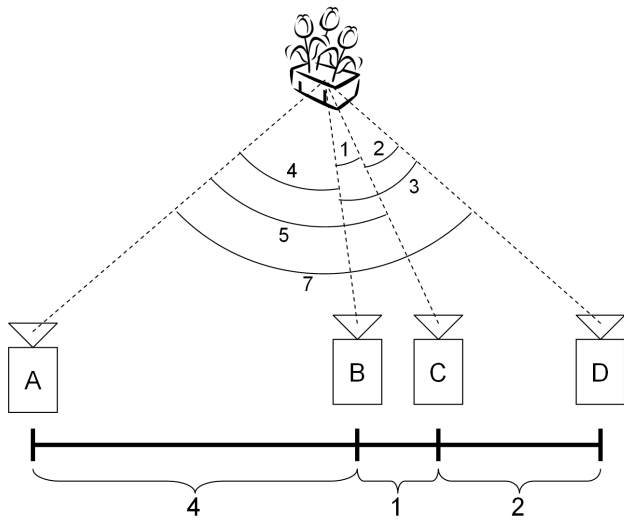


図 5 カメラのレイアウト

じて選択すべきという結論を示している。

我々の調査した限りにおいて、両眼立体視によるビデオ録画・再生において視差角を調整する手法は提案されていない。

### 3. 提案手法

本デモで使用する4つのカメラの配置図を図5に示す。図に示されるとおり、4つのカメラは直線上に4:1:2の距離に配置される。距離1がおおむね人間の左右の目の間距離に対応している。カメラは全て同じ向き(図では上)を向いており、カメラ間の距離に比べて十分遠くにある被写体を撮影する。このとき、その場で被写体を見た場合と同じ大きさでユーザに画像を提示することのできるディスプレイを使用して、図のBとCのカメラで撮影した映像を、それぞれ左と右の目で見ると、おおむねカメラの位置から被写体を見たのと同じ立体視効果が得られる。もし、ディスプレイに表示される被写体の大きさが2倍に拡大されている場合、視差角も2倍にしないと十分な立体視効果が得られない。この場合、カメラCとDで撮った映像をそれぞれ左と右の目で見ること、自然な立体視効果を得ることができる。提案手法では、4台のカメラで撮影した映像を同時に配信し、表示側で適切な組み合わせを選択することにより、立体視効果の強さを6段階に切り替えて表示することが可能である。原理的に、選択するカメラの組み合わせによっては、カメラ群の中心からわずかに右または左から撮影した画像がユーザに提示されるが、カメラと被写体の間に十分な距離があることを仮定しており、またカメラの位置のずれは、左右の目の間の距離の数倍にとどまるため、違和感はほとんどない。また、カメラを $n$ 台用意することで、立体視効果の切り替え段階数を $nC_2$ 段階とすることができる。適切な視差角は、ユーザの視点から見たビデオの画角に依存するため、提案システムでは、3Dメガ

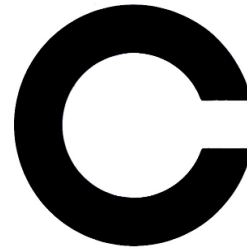


図 6 ランドルト環

ネに取り付けたARマーカを視聴デバイスにとりつけたカメラで読み取ることにより測定し、ユーザが視聴位置を変えても自動的に最適な視差角に調整する。

また、提案手法では、読み取ったユーザの両目の位置に応じて、表示するビデオを画面内でユーザの顔と同じ向きになるように傾ける(図4)。ユーザがディスプレイを斜めの位置から見た場合でも、ユーザが画面を正面から見るように画面を変形・回転させて表示させることで、ユーザが自然な立体画像を見ることを可能にする。

ビデオをネットワーク配信することを考える場合、帯域を節約するためにScalable Video Coding[3], [6]や、各ピクセルにおけるトランスコーディング[8]などを用いて配信されたビデオを、必要最低限の解像度での再生に必要なビットストリームのみ受信して表示することが望ましい。ここで、必要最低限の解像度は、ユーザの視力と視聴位置に依存する。すなわち、ユーザの視力が悪い場合、解像度の高いビデオを再生しても、ユーザの満足度には貢献しない。本デモでは、ユーザの視力に応じて再生するビデオの解像度を自動的に変更する。また、[4]に示されているとおり、両目に対し十分な解像度のビデオを再生できるだけの帯域が確保できない場合、両目のビデオの解像度を均等に落とすよりも、左目の解像度のみを低下させた方が、ユーザの満足度の低下が少ない。本デモでは、帯域の逼迫が発生した場合について、それぞれの目の視力に応じて解像度を低下させるような制御を行う。ビデオ再生開始前にユーザの視力測定を行う。これには、両眼立体視対応ディスプレイの機能を利用して、画面にランドルト環(図6)を、ユーザにとって右目または左目からのみ見えるように表示し、ユーザが正しく認識できたかどうかを入力させることを行う。視力測定は、眼科で視力測定を行う場合と同じ手順で、ユーザが画面に表示された指示に従い、ランドルト環の切れ目の方向を手元のリモコンで入力することによって行う。システムは、ARマーカの読み取りによりユーザとディスプレイの距離を測定できるので、適切な大きさのランドルト環を表示することにより、ユーザの視力測定を行う。

図2に示されるように、4台のwebカメラを用いて、図5に示した位置から同時にビデオを撮影し、ここから適切に選択した2つのビデオを市販の両眼立体視対応ディス



図 7 元画像



図 8 リアルタイムでぼかしをかけた画像

プレイに表示するシステムを制作した。ビデオの撮影には OpenCV[2] を、表示には OpenGL を用いた。また、3D メガネに AR マーカ [7] を取り付け、これをディスプレイに取り付けた別の web カメラで読み取る。解像度の低下をシミュレートするため、再生するビデオを OpenGL を用いてまずフレームバッファに縮小して描画し、これを画面に拡大して表示する。提案手法では、この際に GPU のプログラマブルシェーダの機能を用いて、bicubic 補間による画面の拡大表示を行うことにより、入力ビデオに対し、前処理なしに、リアルタイムで任意の程度のぼかしをかけて、比較的高品質な表示を行うことを可能にしている (図 7, 8)。

#### 4. おわりに

本デモでは、ユーザの表示デバイスからの距離と、測定した視力に基づいて、再生するビデオの視差角と解像度を最適化するためのビデオ撮影方式と表示方式を示した。今後、本デモで示した方式を用いて、両眼立体視ビデオをインターネット上で配信する際に、ユーザの満足度を損なわずに必要な帯域を削減する手法の実現を目指し、ユーザの両目の視力、利き目、ディスプレイのサイズ、ユーザとディスプレイの距離、左右のビデオの解像度、フレームレート、提示される立体視ビデオの視差角とユーザ満足度の間の関係のモデルを構築し、またインターネット上でのビデオを配信する方式について研究を進める予定である。

#### 参考文献

[1] A. Aksay, S. Pehlivan, E. Kurutepe, C. Bilen, T. Ozcelebi, G. B. Akar, M. R. Civanlar, and A. M. Tekalp. End-to-end stereoscopic video streaming with content-adaptive rate and format control. *Image Commun.*, 22(2):157–168, Feb. 2007.

[2] G. Bradski. The OpenCV Library. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*, 2000.

[3] N. Ozbek and A. Tekalp. Scalable multi-view video coding for interactive 3dtv. In *Multimedia and Expo, 2006*

*IEEE International Conference on*, pages 213–216, July 2006.

[4] G. Saygili, C. Gu andrlar, and A. Tekalp. Quality assessment of asymmetric stereo video coding. In *Image Processing (ICIP), 2010 17th IEEE International Conference on*, pages 4009–4012, Sept. 2010.

[5] G. Saygili, C. Gurler, and A. Tekalp. 3d display dependent quality evaluation and rate allocation using scalable video coding. In *Image Processing (ICIP), 2009 16th IEEE International Conference on*, pages 717–720, Nov. 2009.

[6] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand. Overview of the scalable video coding extension of the h.264/avc standard. *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, 17(9):1103–1120, Sept. 2007.

[7] N. Shibata and S. Yamamoto. Sumitag : Inconspicuous fiducial marker and gpgpu-assisted tracking method. *IPSSJ SIG Notes*, 2011(7):1–9, 2011-11-17.

[8] T. Sun, M. Tamai, K. Yasumoto, N. Shibata, M. Ito, and M. Mori. Mtcas: robust and efficient p2p-based video delivery for heterogeneous users. In *Proceedings of the 9th international conference on Principles of Distributed Systems, OPODIS'05*, pages 176–190, Berlin, Heidelberg, 2006. Springer-Verlag.