視差角を調整可能な両眼立体視のための複数カメラを用いた同期撮影システムの検討

川上 朋也[1,a)]　柴田 直樹[1]　伊藤 実[1]

概要：本研究では，カメラを接続した安価かつ汎用的な複数のコンピュータ（撮影端末）を用いて，複数の異なる視差角の立体視映像を同期撮影する仕組みを検討する．映像の表現手段の一つとして近年，立体映像では 2 眼ステレオ方式（ステレオグラム）が定着している．高品質の立体視を実現するためには，視聴者の状況に合わせて適切な映像を表示する必要がある．3D メガネを用いた両眼立体視において，映像の視差角と解像度を適切に設定する仕組みが提案されているが，さまざまな視差角に対応可能な映像を撮影するためには，多数のカメラが必要である．本研究の検討システムでは各撮影端末は同一のネットワークに接続し，同じくネットワークに接続した操作用のコンピュータ（制御端末）から，各撮影端末の撮影開始や映像収集などをネットワーク経由で行う．本稿では検討システムの概要と検討事項を述べ，実装と評価の予定について述べる．

1. はじめに

特に 3D 映画を中心に，映像の表現手段の一つとして，立体映像では 2 眼ステレオ方式（ステレオグラム）が定着している [1]．2 眼ステレオ方式は両眼視差を利用し，眼鏡型の器具を用いて左右の目に異なる映像を表示することで，立体視を実現する．また，特殊な器具を用いない裸眼立体視の仕組みやコンテンツも提供されおり，国土地理院からも地図を立体視するサービス（ウオッちず）が公開されていた [2,3]．

高品質の立体視を実現するためには，視聴者の状況に合わせて，左右それぞれの目に適切な映像を表示する必要がある．文献 [4] では，3D メガネを用いた両眼立体視において，視聴者の左右それぞれの目に表示する映像の視差角と解像度を適切に設定する仕組みを提案している．複数のカメラを用いることで立体視効果を多段階に切り替えられるが，さまざまな視差角に対応可能な映像を撮影するためには，多数のカメラが必要である．

そこで本研究では，カメラを接続した安価かつ汎用的な複数のコンピュータ（撮影端末）を用いて，複数の異なる視差角の立体視映像を同期撮影する仕組みを検討する．各撮影端末は同一のネットワークに接続し，同じくネットワークに接続した操作用のコンピュータ（制御端末）から，撮影の開始や映像の収集などの操作をネットワーク経由で行う．本稿では検討システムの概要と検討事項を述べ，実装と評価の予定について述べる．

[1] 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
[a)] kawakami@is.naist.jp

2. 関連研究

文献 [4] では，3D メガネを用いた両眼立体視において，視聴者の左右それぞれの目に表示する映像の視差角と解像度を適切に設定する仕組みを提案している．視差角の設定は**図 1** のように，異なる間隔で配置した複数のカメラから，2 つのカメラの映像を選択することで行っている．選択する 2 つのカメラは視聴者の両目からディスプレイまでの距離に基づいて決定し，視聴者の 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読み取ることで，視聴者とディスプレイの距離を推定している．AR マーカの読み取りは視聴者の両目の傾きの検知にも用い，両目の傾きに応じて映像も傾けて表示している．また，Scalable Video Coding [5,6] やトランスコーディング [7] を想定し，映像の再生前にユーザの視力を測定，視力に応じて映像の解像度を選択している．

文献 [4] の仕組みでは，n 台のカメラを用いることで，立体視効果を ${}_nC_2$ 段階に切り替えられる．このとき，さまざまな視聴者とディスプレイの距離，つまり視差角に対応可能な映像を撮影するためには，多数のカメラが必要である．しかし，処理性能や同時に使用可能なインタフェース数，チャネル数などの制約があるため，1 台の処理コンピュータが USB 接続などの複数のカメラで撮影することは難し

©2016 Information Processing Society of Japan

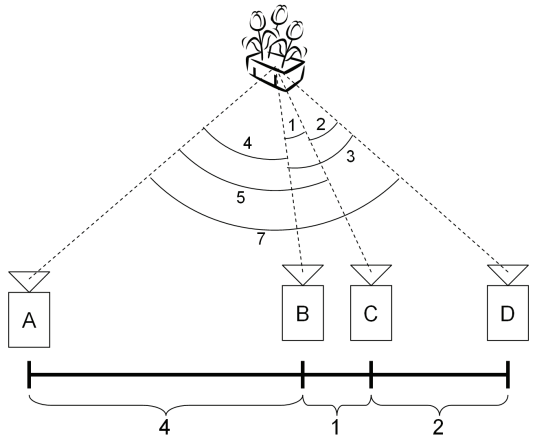


図 1　複数の視差角に対応するカメラ配置
Fig. 1　Cameras allocation for multiple parallaxes

い．また，一部のビデオカメラ製品では，マルチカメラコントロール [*1] や無線同期撮影（SynchroShot）[*2] などの機能を提供している．しかし，これらの製品は実売価格が 1 台数万円からで，接続可能な台数にも上限を設定している．

3. 検討システム

本研究では，視差角を調整可能な両眼立体視を安価に実現するため，複数カメラを用いた同期撮影システムを検討する．

3.1 概要

検討システムでは，Raspberry Pi などの安価かつ汎用的なコンピュータ（撮影端末）にカメラを接続し，複数の撮影端末がネットワーク経由で連携することで，複数の異なる視差角のための立体視映像を同期撮影する．各撮影端末は同一のネットワークに接続し，同じくネットワークに接続した制御用のコンピュータ（制御端末）から，各撮影端末の撮影開始や映像収集などをネットワーク経由で行う．また，制御端末には Network Time Protocol (NTP) サービスを立ち上げ，各端末の時刻を同期する．

3.2 検討事項

まず，選択可能な 2 つの撮影端末の組合せは全体の台数に従って増加するが，選択された 2 つの撮影端末の視差角が同値になる割合が高くなる．与えられた台数の撮影端末から視差角を効率的に選択可能な配置，もしくは要求された視差角を実現可能な最小限の撮影端末の台数と配置を定式的に求める必要がある．

[*1] https://www.sony.jp/support/handycam/guide/multi-camera/ (accessed Aug. 1, 2016)
[*2] http://support.casio.jp/answer.php?cid=001027003018&qid=98176 (accessed Aug. 1, 2016)

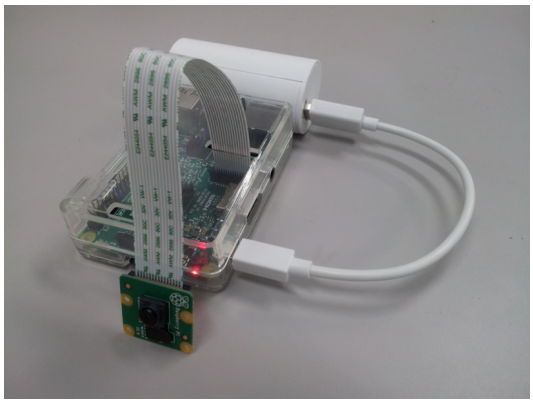


図 2　カメラデバイスの試作機
Fig. 2　Prototype of a camera device

次に，検討する複数のコンピュータを用いたシステムでは，ディスプレイに接続した端末（表示端末）へ各撮影端末からの映像をライブ配信することで，視差角を調整可能な両眼立体視をリアルタイムな映像で実現できる．このとき，高品質な立体視をリアルタイムの映像で実現するためには，表示端末までの配信遅延を軽減し，各撮影映像内の時刻を合わせて表示する必要がある．また，異なる視差角で表示端末が複数存在する環境も想定され，映像の配信元と配信先が多対多の関係において，配信遅延を軽減する必要がある．

4. 実装と評価

本システムにおいて複数設置する撮影端末の試作機を図 **2** に示す．試作機には Raspberry Pi 3 Model B[*3] と Raspberry Pi カメラモジュール V2[*4] を用いる．Raspberry Pi 3 Model B には標準で無線 LAN と Bluetooth のモジュールが付いており，撮影端末はすべて無線 LAN のアドホックモードで接続する．試作機は USB 接続のモバイルバッテリによる動作も可能で，ストレージ用の SD カードなども含めて，撮影端末 1 台を実売価格 1 万円以下で調達できる．

本研究では今後，実機による検討システムを既存手法と比較し，評価する予定である．評価環境では撮影端末の数や配置，撮影映像のビットレートなどを変化させ，遅延や再生途切れ時間，ネットワークの帯域使用率などを評価項目とする．また，視聴者の満足度を定義し，再生映像の立体視における品質についても評価する．

5. まとめ

本研究では，カメラを接続した安価かつ汎用的な複数の

[*3] https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/ (accessed Aug. 1, 2016)
[*4] https://www.raspberrypi.org/blog/new-8-megapixel-camera-board-sale-25/ (accessed Aug. 1, 2016)

©2016 Information Processing Society of Japan

コンピュータ（撮影端末）を用いて，複数の異なる視差角の立体視映像を同期撮影する仕組みを検討した．各撮影端末は同一のネットワークに接続し，同じくネットワークに接続した操作用のコンピュータ（制御端末）から，各撮影端末の撮影開始や映像収集などの操作をネットワーク経由で行う．本稿では検討システムの概要と検討事項を述べ，実装と評価の予定について述べた．

今後の課題としては，複数の撮影端末の配置を定式的に決定する手法の確立が挙げられる．また，視差角を調整可能な両眼立体視をリアルタイムな映像で実現するため，各撮影端末からの配信遅延を軽減しつつ表示端末で同時に再生可能な，同期型映像配信手法の検討が挙げられる．その後，実機を用いて検討システムを実装し，有効性や立体視の品質を評価する予定である．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 16K01288, 16K12421, 16K16059 の助成による成果である．

参考文献

[1] 奥井誠人，高木康博，吉川　浩，藤井俊彰，小池崇文，河合隆史，氏家弘裕：立体映像技術の研究開発動向，映像情報メディア学会誌: 映像情報メディア， Vol. 69, No. 1, pp. 76–82 (2015).

[2] 藤村英範，鈴木福義，山本陽子：地図閲覧サービスの立体視システムの開発，地図，Vol. 43, No. 91 (2005).

[3] 根本正美：地図を立体視する，高等学校 地理・地図資料, 2006 年 4 月号 (2006).

[4] 柴田直樹，玉井森彦，安本慶一，森　将豪：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，第 20 回情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS 2012) 論文集，pp. 117–120 (2012).

[5] Ozbek, N. and Tekalp, A. M.: Scalable Multi-View Video Coding for Interactive 3DTV, *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME 2006)*, pp. 213–216 (2006).

[6] Schwarz, H., Marpe, D. and Wiegand, T.: Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 17, No. 9, pp. 1103–1120 (2007).

[7] Sun, T., Tamai, M., Yasumoto, K., Shibata, N., Ito, M. and Mori, M.: MTcast: Robust and Efficient P2P-Based Video Delivery for Heterogeneous Users, *Proceedings of the 9th International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS 2005)*, pp. 176–190 (2005).

©2016 Information Processing Society of Japan