

## 研究速報

立体映像通信における画像間でのフレーム遅延が  
立体視へ与える影響

澤 祐一郎<sup>†</sup>(学生員) 福嶋 慶繁<sup>†</sup>

石橋 豊<sup>†</sup>(正員)

Influence of Frame Delay between Left and Right Frames  
on Stereoscopic Vision in Stereo Video Communications

Yuichiro SAWA<sup>†</sup>, Student Member,  
Norishige FUKUSHIMA<sup>†</sup>, Nonmember,  
and Yutaka ISHIBASHI<sup>†</sup>, Member

<sup>†</sup>名古屋工業大学大学院工学研究科, 名古屋市

Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya-shi, 466-8555 Japan

あらまし ネットワークを介して立体映像を伝送すると、左右映像のフレーム間に遅延が発生し、自然な立体視が困難になる。本論文では、フレーム遅延が立体視に与える影響を調査した。その結果、注目している物体の動きの速さにより影響が異なることが分かった。

キーワード 立体視, ネットワーク遅延, 主観評価, メディア間同期

### 1. ま え が き

本論文では、立体映像を遠隔地へリアルタイムに伝送するために、ネットワークを介して通信を行った際に発生するフレーム遅延の影響を検討する。特に、送信側で撮影された映像を、受信側へ実時間で伝送することを想定し、CG (Computer Graphics) によるポリゴン等を用いず、実写映像を扱う。また、二眼立体映像を用いる。

インターネットのように QoS (Quality of Service) [1] が保証されないネットワークを介して通信を行った場合、ネットワーク遅延によって映像の転送時にフレーム間の出力間隔が乱れる。更に、これを二眼立体映像に拡張した場合、左右の映像を別々に送信すると、同時刻に出力されるべき左右の映像フレーム間に遅延が発生することでメディア間同期が崩れ、立体視に影響を与えることが想定される。

そこで本論文では、フレーム遅延が立体視に与える影響を調査するため、実写立体映像にフレーム遅延を与えた場合に、立体視可能な範囲を主観評価試験を行うことにより調査する。

### 2. 関連研究

フレーム遅延が立体視に与える影響については、油井らが CG オブジェクトを用いた場合において実験を

行っている [2]。この実験では、立方体の CG オブジェクトが  $x, y, z$  の各軸方向に並進運動するものと、各軸回りに回転運動する立体映像を用いて行われている。その結果、 $x, z$  軸方向の並進、回転運動に対して、 $y$  軸方向の運動はフレーム遅延の影響を受けやすいことが明らかになっている。しかし、CG オブジェクトのみを扱っているため、実写を用いた場合の影響は調査されていない。また、並進、回転運動といった簡単な動きを扱っており、それらが組み合わされた複雑な動きは考慮されていない。

### 3. 実験方法

実験では、フレーム遅延が立体視へ与える影響を調査するため、立体映像は左眼のフレームに対し、右眼のフレームに固定遅延を与えて表示させる。実験で用いる立体映像はあらかじめ用意されている数種類のファイルを用いる。

被験者に立体映像を提示するため、解像度  $640 \times 480$  ピクセルの眼鏡型非透過式ヘッドマウントディスプレイ (Vuzix 社製 iWear VR920) を用いる。提示する立体映像として、走行中の自動車の前方からの映像 (映像 1)、手で水流を受け止める映像 (映像 2)、シャンパンタワー (映像 3)、2 人のピエロが芸を行う映像 (映像 4)、犬を訓練する映像 (映像 5) を用いる<sup>(注1)</sup>。映像の長さは、映像 1 及び映像 2 が 7.8 秒、映像 3 及び映像 4 が 8.3 秒、映像 5 が 5.0 秒である。

立体映像のスナップショットを図 1 に示す。これら立体映像は、左右それぞれ 1 秒間に 30 フレームの速度で更新される。立体映像には、運動速度及び運動方



図 1 立体映像のスナップショット  
Fig. 1 Snapshot of stereo videos.

(注1): 立体映像は、<http://sp.cs.tut.f/mobiled3dvt/stereo-video/> で公開されているものを使用した。

表 1 注目物体  
Table 1 Notable object.

映像 1	対向車, 前を走る車 (前の車)
映像 2	水しぶき, こぼれる水
映像 3	シャンパンを注ぐ人 (注ぐ人)
映像 4	ピエロのもつ風船 (風船), 右のピエロの手 (ピエロの手)
映像 5	方向転換する犬 (犬), 人の足

向が異なる複数の物体が映っている．そのため，被験者が注視している場所により，フレーム遅延が立体視に与える影響が異なると考えられる．そこで本実験では，上記の立体映像で被験者に注目してもらう物体を指定した．以下，これを注目物体と呼ぶ．それぞれの立体映像における注目物体は表 1 のようにした．

実験では，被験者に立体映像を 15 秒間繰り返し提示した後，注目領域が立体視可能か否かを二者択一で回答してもらった．あらかじめ被験者には，フレーム遅延のない立体視可能な立体映像とフレーム遅延が発生して明らかに立体視できない映像を見てもらい，これをもとに判断してもらった．

被験者には，九つの注目物体をランダムな順番で評価してもらった．また，それぞれの注目物体について，フレーム遅延を 1 から 8 までランダムな順番で変化させ，被験者に提示した．被験者は 21 歳から 28 歳の男女 30 名である．

#### 4. 実験結果と考察

図 2 に各注目物体を違和感なく立体視できた人の割合（以下，割合）を示す．また，図 3 には各注目物体における特徴点の動きベクトルの大きさの平均値（ $y$  軸方向）を，図 4 には各注目物体と背景を含む部分におけるヒストグラムを示す．なお，図 4 の横軸は輝度であり，輝度を 6 bit に量子化し，最大の頻度を 100 として正規化している．

図 2 より，フレーム遅延が 2 以下の範囲では，すべての注目物体の割合が 80% 以上となっており，フレーム遅延が 2 を超えると，注目物体ごとに異なる傾向で割合が減少していることが分かる．フレーム遅延が 3 のとき，風船の割合は 40% より小さな値になっており，フレーム遅延が 2 を超えると，注目物体によっては立体視へ与える影響が極端に大きくなると考えられる．このことよりフレーム遅延が 2 以下の範囲で，多くの人が立体視可能であるといえる．

図 2 より，各注目物体の割合はフレーム遅延が増加するにつれて，急激に減少するもの，緩やかに減少するもの，その中間と主に 3 種類に分けられる．注ぐ人，

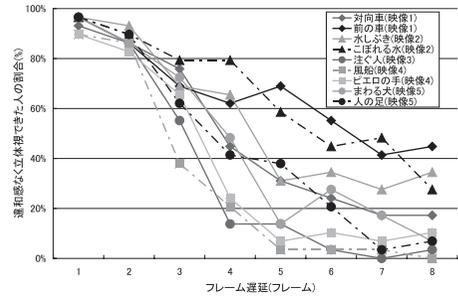


図 2 フレーム遅延に対する違和感なく立体視できた人の割合

Fig. 2 Percentage of subjects who can see notable point stereoscopically versus frame delay.

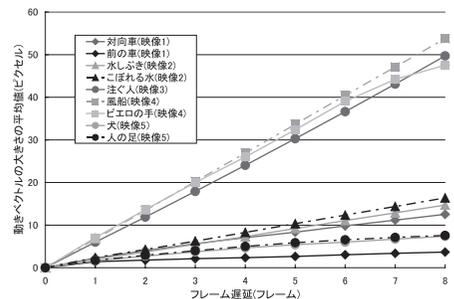


図 3 動きベクトルの大きさの平均値 ( $y$  軸)

Fig. 3 Average of size of motion vector ( $y$ -axis).

風船，ピエロの手の割合は，フレーム遅延が 2 より大きくなると，他の注目物体に比べ大きく減少していることが分かる．図 3 で示すように，これらの注目領域の動きベクトルの  $y$  軸成分は，比較的大きな値となっている．そのため，フレーム遅延が大きくなるにつれて，左右の映像間で対応点が上下に大きくずれてしまい，立体視が非常に困難になると考えられる．図 4 より，映像 4 の注目物体である風船，ピエロの手は，輝度が 16 付近と 255 付近にピークが分かれており，背景と注目物体で明度が大きく異なることが分かる．また，注ぐ人，まわる犬も 16 付近に一つ大きなピークがあり，200 付近に値が集中しており，これら注目物体も同様に背景と輝度に大きな違いがあることが分かる．一方，対向車や人の足は，大きなピークは見られるものの，前記の注目物体と比較して値が散らばっている．こういったことから，注目物体の動きの速さに加えて，注ぐ人，風船，及びピエロの手は，背景と注目物体のコントラストが大きさが，フレーム遅延の増加に対する割合の急激な減少に影響していると考えられる．

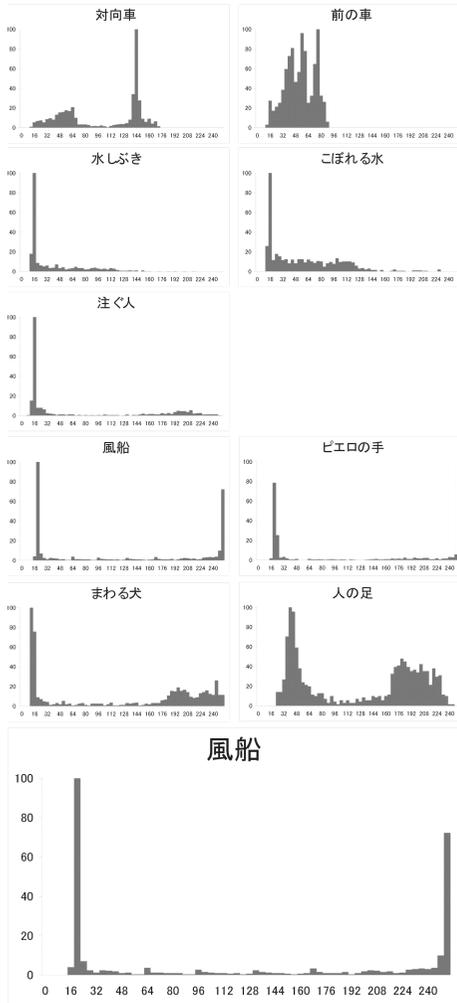


図 4 各注目物体のヒストグラム

Fig. 4 Histograms of each notable point.

図 2 より、前の車、水しぶき、こぼれる水の違和感なく立体視できた人の割合は、比較的緩やかに減少していることが分かる。前の車については、図 3 から分

かるように、フレーム遅延が増加しても  $y$  軸方向の動きが小さい。そのため、遅延による左右の映像間の対応点のずれが小さく、立体視への影響が小さいことが分かる。水しぶき、こぼれる水に関しては、フレーム遅延が発生すると凹凸が本来とは異なる形状として提示されるものの、これらは正しい形状が決まっていなため、水しぶきやこぼれる水として知覚されたためと考えられる。

対向車、まわる犬、人の足の割合は、図 2 の注ぐ人などの注目物体に比べると緩やかに減少するが、フレーム遅延が 8 になると、それらと同様な値となっている。

### 5. む す び

本論文では、立体映像通信を行う際に発生する左右の映像間のフレーム遅延が、立体視に与える影響について調査した。その結果、立体視可能なフレーム遅延の範囲は、2 以下であることが分かった。また、注目している物体の  $y$  軸方向の運動速度が速い場合にフレーム遅延による左右の映像のずれに気づきやすいことが明らかになった。今後の課題として、映像のコントラストの強さが立体視に与える影響を調査することが挙げられる。また、パケットロスや遅延に揺らぎが生じた場合の影響についても調査を行う予定である。

日ごろ、御討論頂く本学菅原真司准教授に深謝する。本研究は、一部、平成 22 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (課題番号 22560368) によって行われた。

### 文 献

- [1] 田坂修二, 情報ネットワークの基礎, 数理工学社, 2003.
- [2] 油井慶康, 神谷祐樹, 橋本直己, 中嶋正之, “フレーム遅延とオブジェクトの運動・大きさが立体視に与える影響”, 映像学誌, vol.57, no.12, pp.1703–1708, Dec. 2003.  
(平成 21 年 11 月 30 日受付, 22 年 3 月 31 日再受付)