

## ネットワーク特性がストリーミング映像の知覚におよぼす影響 Effect of Network Characteristics on Streaming Image Perception

寺田 裕樹<sup>†</sup>      坂本 歩海<sup>†</sup>      猿田 和樹<sup>†</sup>      陳 国躍<sup>†</sup>  
Yuki Terata      Ayumi Sakamoto      Kazuki Saruta      Guoyue Chen

### 1. はじめに

医療、ロボット制御、教育等の分野において遠隔作業のアプリケーションにはストリーミング等の映像配信が多く利用されている。しかし、専用の回線を用いない場合、インターネットには QoS (Quality of Service) 保証がなく、遅延時間、帯域およびパケットロスなどのネットワーク特性により映像品質が大きく劣化する可能性がある[1]。この問題に関して力覚メディア・ビデオを用いた遠隔制御システムを教育に適用し、遅延時間の影響を検討した報告[2]および CG や実写の立体映像通信においてフレーム遅延が立体視に与える影響について検討した報告[3, 4]はされている。これらの報告は遅延についてのみであり、帯域およびパケットロスについての検討はされていない。

そこで本論文では、遅延時間、帯域およびパケットロスのネットワーク特性がストリーミング映像の知覚におよぼす影響を検討するため、ストリーミング配信映像に遅延時間およびパケットロスを与えた場合、帯域を制限した場合に主観評価指標を用いて調査した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験システムの構成

図1に実験システムの概略を示す。実験ではストリーミング配信のためのサーバ PC (以下、サーバ PC)、遅延時間、帯域およびパケットロスを発生させるための PC (以下、ブリッジ PC) および被験者にストリーミング映像を提示するための PC (視聴 PC) を用意した。サーバ PC には Quick Time Streaming Server (Apple 社製 DSS) を用いた。ブリッジ PC にはネットワークエミュレータの dummynet を用いた。これらの PC のみを Ethernet ケーブル (100BASE-T) で接続した。この実験システムにより、ネットワークの QoS をブリッジ PC で任意に制御できる。予備実験により dummynet で設定する条件を表1に示す。遅延時間は 172~190ms、帯域は 1,000~1,500kbps およびパケットロスは 0.001~0.028%とした。測定間隔が異なるため、遅延時間およびパケットロスは各 10 条件、帯域は 6 条件となっている。被験者の応答は視聴 PC 内のプログラムにより収集することができる。

ストリーミングに用いた映像は画像サイズ 320×240pixl、大きさ約 2.5MB、ビデオストリーム MPEG-4、オーディオストリーム AAC、使用帯域 1,411kbps である。

#### 2.2 実験手順

被験者は視聴 PC から dummynet を導入したブリッジ PC を介してサーバ PC にアクセスしてストリーミング配信の映像を視聴する。始めに、dummynet を介さない (劣化していない映像) を 15 秒間視聴してもらう。次に、dummynet を介した (劣化した映像) を同時間視聴してもらう。その後、被験者には表2に示した 5 段階品質尺度を用いて評価してもらう。評価方法には ITU-R BT.500-11 の単一刺激法を用いた。被験者一人につき、遅延時間 10 条件、パケットロス 10 条件および帯域 6 条件、全ての条件において各 3 回、計 78 条件は全てランダムに提示するようプログラムで制御した。得られた評点は平均し MOS (Mean Opinion Score) を求めた。被験者には本実験の前に、予備実験をしてもらった。

被験者は 21 歳~26 歳までの男女 16 名である。

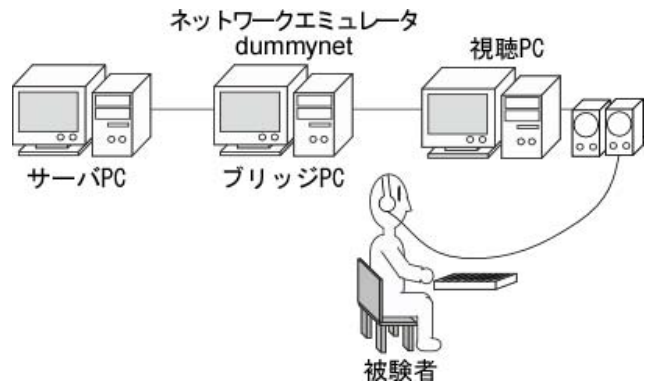


図1 実験システムの概略

表1 実験パラメータの条件

|        | 測定範囲            | 測定間隔      |
|--------|-----------------|-----------|
| 遅延時間   | 172~190ms       | 2ms       |
| 帯域幅    | 1000~1500kbit/s | 100kbit/s |
| パケットロス | 0.028~0.001%    | 0.003%    |

表2 5段階品質尺度

| 評点 | 評価品質            |
|----|-----------------|
| 5  | 劣化がわからない        |
| 4  | 劣化がわかるが気にならない   |
| 3  | 劣化が気になるが邪魔にならない |
| 2  | 劣化が邪魔になる        |
| 1  | 劣化が非常に邪魔になる     |

<sup>†</sup> 秋田県立大学システム科学技術学部,  
Dept. of Electronics and Information Systems, Faculty of  
System Science and Technology, Akita Prefectural University

### 2.3 実験結果および考察

図2に遅延時間および MOS の関係を示す。横軸は遅延時間を、縦軸は MOS を示す。図中の誤差線は標準偏差を示す。図2より、遅延時間が大きくなると MOS は低くなることわかる。また、遅延時間が 174ms のとき最も MOS が大きく、標準偏差が小さかった。これ以外の条件では標準偏差が大きく、個人差が生じていることがわかる。さらに、遅延時間が 184~190ms のとき MOS は変化し、

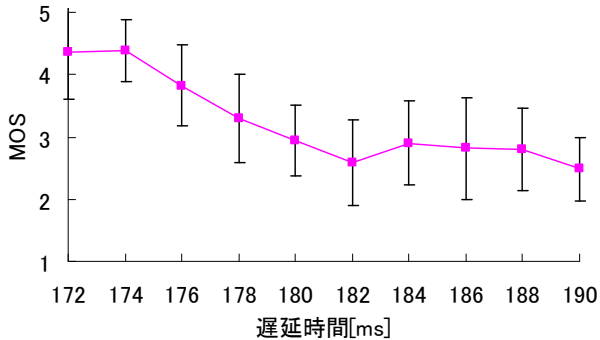


図2 遅延時間および MOS の関係

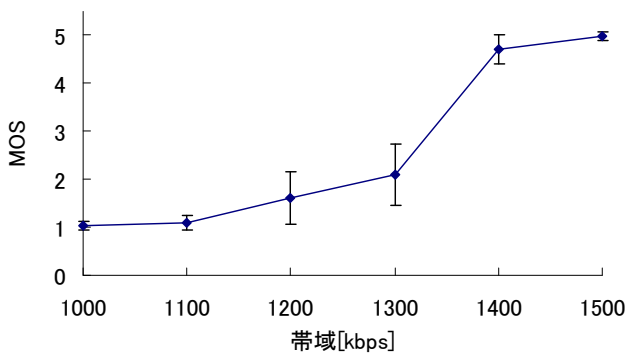


図3 帯域および MOS の関係

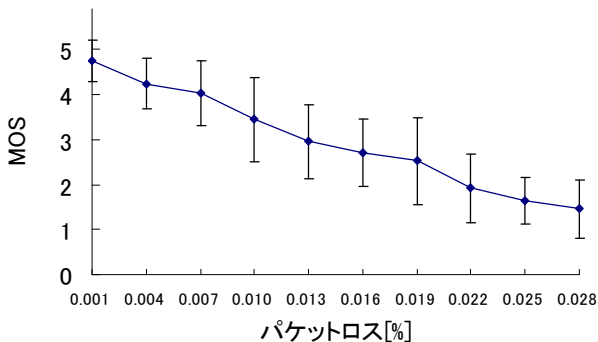


図4 パケットロスおよび MOS の関係

遅延時間が 184ms 以上のときでも映像の劣化に遅延時間は依存しなくなることがわかる。これは、遅延時間が映像の品質だけでなく、主に映像と音の同期に影響をおよぼすため、その評価が個人によって異なるため、MOS にばらつきが生じたと考える。

図3に帯域および MOS の関係を示す。横軸は帯域を、縦軸は MOS を示す。図中の誤差線は標準偏差を示す。図3より、帯域が 1,400kbps 以下になると MOS は低くなることわかる。また、標準偏差も帯域が 1,300kbps であれば大きい、それ以外では小さく、個人差もおおきくないことがわかる。これは、用いた映像の使用帯域が 1,411kbps なので帯域が小さくなると、映像の品質に大きく影響をおよぼしたためだと考える。

図4にパケットロスおよび MOS の関係を示す。横軸はパケットロスを、縦軸は MOS を示す。図中の誤差線は標準偏差を示す。図4より、パケットロスが大きくなると MOS は低くなることわかる。また、パケットロスが 0.007~0.022%までは標準偏差が大きく、個人差が大きいこともわかる。これは、遅延時間と同じで、パケットロスも映像の品質だけでなく、映像と音の同期に影響をおよぼすため、その程度が個人によって評価が異なってしまいますため、MOS にばらつきが生じたと考える。

### 3. むすび

本論文では、遅延時間、帯域およびパケットロスのネットワーク特性がストリーミング映像の知覚におよぼす影響について検討した。その結果、本論文の実験条件において遅延時間は 174ms 以下、帯域は 1,400kbps 以上、パケットロスは 0.004%以下であれば MOS が 4 以上となり、すなわち、ストリーミング配信映像の品質等に劣化や同期のずれがなく、正常に視聴できることが明らかになった。

今後の課題として、遅延時間およびパケットロスが映像と音の同期にどのような影響をおよぼすのかを明らかにすること、ネットワークの遅延時間は通常一定でなく、揺らぐため、その揺らぎがどのように影響をおよぼすのかを明らかにすることなどが挙げられる。

### 謝辞

被験者として協力していただいた、本研究室の学生諸子に感謝する。

### 参考文献

- [1]石橋 豊, 田坂 修二, “分散マルチメディアアプリケーションにおけるメディアの時間構造と QoS”, 電子情報通信学会誌, Vol.87, No.3, pp. 220-226 (2004).
- [2]渡邊 達也, 石橋 豊, 菅原 真司, “遠隔制御システムにおける力覚の伝達方法の比較とネットワーク遅延の影響”, 日本 VR 学会誌, Vol.12, No.2, pp.221-230 (2010).
- [3]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”, 映像情報メディア学会誌, Vol.57, No.2, pp.1703-1708 (2003).
- [4]澤 祐一郎, 福嶋 慶繁, 石橋 豊, “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”, Vol. J93-D, No.9, pp.1672-1674 (2010).