

パケット損失・遅延揺らぎに関する IPTV 伝送品質の主観評価

Subjective assessments of IPTV transmission quality concerning packet loss and delay swinging

山瀬浩介*, 村上泰司**

Kousuke Yamase*, Yasuji Murakami**

Abstract

Audio-video broadcast transmission services have been carried out thorough IP networks, which are called IPTV. The control and management of quality of service (QoS) are required to guarantee commercial base services of IPTV. There are some degradation parameters such as encoding quality, delays, jitters, and packet losses. However, it is little known how these parameters affect user-level QoS, i.e. subjective assessments.

The present study reports experimental results of quality degradations in IPTV transmission, which are caused by the packet loss and the delay swinging. Quality estimations are carried out by using both DMOS and the semantic differential method. The experimental environment was constructed in a virtual IP network using Dummynet.

1. はじめに

現在、電話網とインターネットを IP 技術により統一する次世代ネットワーク (NGN)の勧告が ITU-T 等で進められており、テレビ電話や映像のリアルタイム配信等が有力なアプリケーションになると期待されている [1]. また、インターネットにおいては、YouTube に代表されるように、動画・音声をストリーミング配信するサービスが急速に増加しつつある[2]. インターネットの利用者増加により、ネットワークへの負荷が増加傾向にあり、ストリーミング配信のサービス品質に影響が及ぶと予想される[3-4]. IP ネットワーク上で映像を伝送する際には、ユーザの主観品質を高く保つことが重要である[5]. これが映像品質管理の課題となっており、品質管理をする為に基本となる評価方法が主観評価である.

ネットワークを介して配信された映像には、符号化品質、遅延、遅延揺らぎ(ジッタ)、パケット損失などのパラメータが存在し、これらを品質条件として考慮する必要がある. しかしながら、主観評価は沢山の被験者に多くの映像・オーディオサンプルを評価してもらう必要があり、時間的にもコスト的にも実施が困難な場合がある. そこで、物理的な特徴であるこれらのパラメータを用いて主観評価を推定する技術が研究されている. 品質の目標値は ITU-T(Y.1541)が定めているが、客観評価によるものである為、実際の体感品質と異なることが考えられる[6]. しかし映像コーデックを複数利用して、それぞれの映像品質を主観評価で行っている研究は少ない.

本論文では、品質条件であるパケット損失、遅延揺らぎに着目し、主観評価を用いること

*大阪電気通信大学大学院 工学研究科、現在大学院研究生

**大阪電気通信大学 情報通信工学部 通信工学科

によって品質基準を検討する。実験には、仮想 IP ネットワーク上で Dummynet を用いる事によって、意図的にパケット損失や遅延揺らぎを与えることができる実験環境を構築した。

評価する際に「良い — 悪い」の 5 段階評価である MOS(Mean Opinion Score)値では信頼性のある評価値が得られるのかという疑問に至った為[7]，人の感性で劣化状態を評価する DMOS(Degradation Mean Opinion Score)でネットワーク障害に対する耐力について検証し，複数の質問で細かく評価する SD(Semantic Differential method)法も用いる事によって映像品質に影響を及ぼした原因を追求した。

2. 評価法

2.1 DMOS

DMOS とは、劣化平均オピニオン評点と言い、MOS 値を基にしており、表 1 に示すように、映像に対しての劣化を「全く認められない — 5」から「非常に気になる — 1」の 5 段階で評価し、全評価者の評価値を平均する方法である。

DMOS には評価手順が定められている。図 1 に示すように、まず、映像に全くの負荷を与えていない状態を評価値 5 として最初に視聴し、次に負荷が加えられた映像を初回の映像と比較する形で評価を行う方法である。

表 1 DMOS による評価

評価値	評価語	
5	劣化が全く認められない	Imperceptible
4	劣化が認められるが気にならない	Perceptible, but not annoying
3	劣化がわずかに気になる	Slightly annoying
2	劣化が気になる	Annoying
1	劣化が非常に気になる	Very Annoying

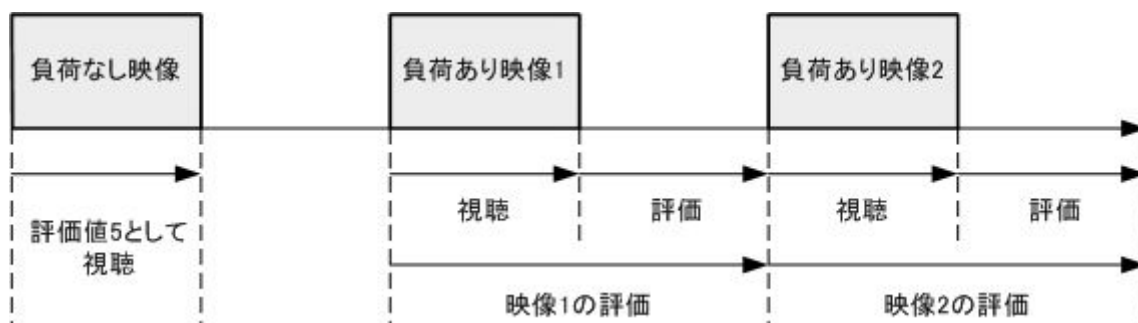


図 1 DMOS の評価手順

2.2 SD 法

SD 法とは、ある刺激に対する印象・イメージを数量化する評価方法である。例えば「雑音がある—ない」を 1 つの形容詞対とすると、図 2 に示すように「雑音が非常に気になる — 1」，

「雑音が全く感じられない — 5」として5段階の評価をする方法である。この評価方法では形容詞対を複数用いることで、評価値に影響のあった形容詞対を品質劣化の原因として追求することのできる仕組みとなっている。本研究で用いた形容詞対としては、表2に示すように画像関連で5項目、音声関連で5項目の全10項目とした。他にもいくつかの形容詞対が考えられたが、被験者にとって理解しやすく評価できる項目としてこれらの形容詞対を挙げた。

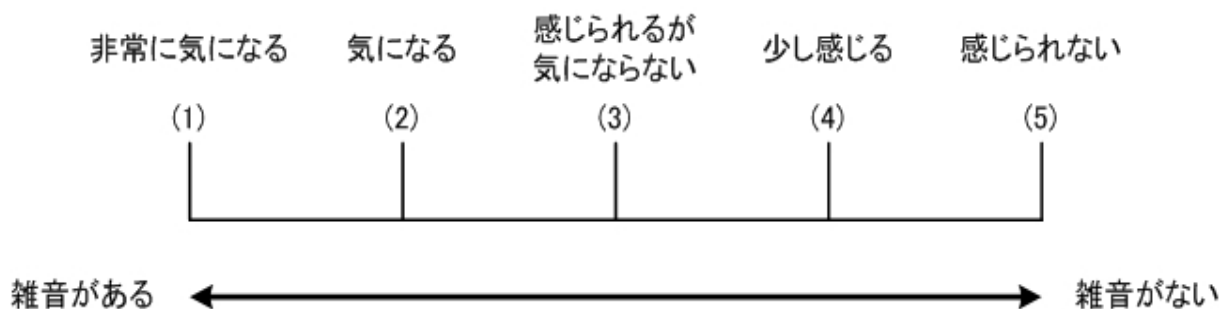


図2 雑音に対するSD法評価

表2 SD法で用いた形容詞対

項目	形容詞対
1	雑音がない — ある
2	音声が澄んでいる — 澄んでない
3	音声が途切れしない — 途切れる
4	音声が快い — 不快である
5	音声と画像がズレていない — ズレている
6	画像が滑らかである — 滑らかでない
7	画像が鮮明である — 鮮明でない
8	画像が崩れない — 崩れる
9	画像が自然である — 自然でない
10	画像と音声のズレがない — ズレがある

3. 評価実験

評価実験の為に、配信サーバ、負荷PC、視聴用PCを配置し、仮想IPネットワークを構築した。実験系を図3に示し、実験環境を表3に示す。配信サーバではVLC(Video LAN Client)または、WMS(Windows Media Service)を用いてストリーミング形式でUDP配信し、負荷PCではFreeBSD(Free Berkeley Software Distribution)のDummysnetによりパケット損失率、遅延揺らぎ率を与えて、視聴用PCのVLCまたはWMP(Windows Media Player)で被験者が視聴し評価を行う環境になっている。

VLCとは、マルチメディアプレーヤ兼ストリーミングサーバで配信と視聴が可能なソフトウェアであり、多数のOSに対応している。DVD、ビデオCD、MPEG、H.264等、殆どのビ

デオファイルをローカルネットワークやインターネット上で配信，視聴が可能となっている．

WMS, WMP とは, Microsoft が開発したマルチメディアソフトで, WMS は動画配信用ソフトとなっており, インターネットで映像や音声をパソコンに配信する為の仕組みである．クライアントがコンテンツをダウンロードしながら再生するストリーミング方式で配信でき, ビデオやカメラからの映像をリアルタイムにキャプチャして配信することも可能である．WMP は視聴用ソフトとなっており, 主に音声ファイルや動画ファイルなどのマルチメディアコンテンツを再生する為に用いられる．再生可能なファイル形式は, WMA, MP3, MPEG-4 などと幅広く対応している．

VLC と WMS, WMP (以下 WMS, WMP の 2 組を WM と呼ぶ) を用いた理由は, パケット補間の無い VLC と, パケット補間の有る WM によって映像品質に影響が出るのかを検証する為である．パケット補間とは, ある失われたデータをその前後のデータで予測し元の状態に近づける機能であり, 配信に用いた動画は静止画像を幾つも重ねることによって動いているように見せかけているアニメ, あまり動きの激しくないドラマ, 激しく動いているスポーツの 3 種類で評価結果を比較する．

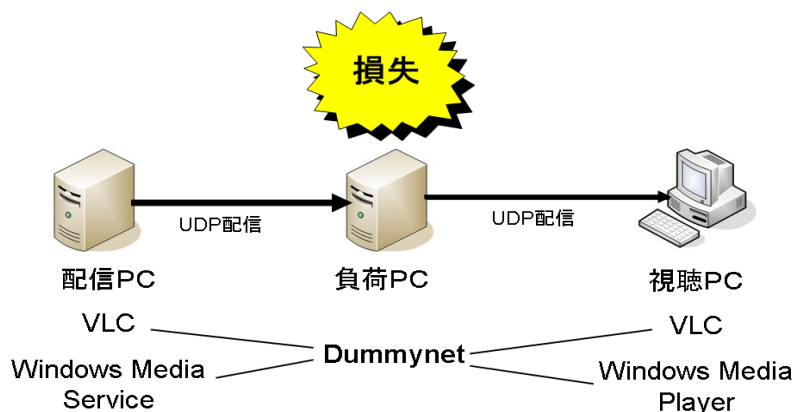


図 3 実験ネットワーク図

表 3 実験環境の一覧

		配信 PC	負荷 PC	視聴 PC
使用 OS		Windows Server 2008	Free BSD-Ver5.4 custom	Windows XP
使用ソフト ウェア	WM	WMS-Ver.9.6	Dummysnet-Ver.1.0	WMP-Ver.11
	VLC	VLC-Ver.1.0.3	Dummysnet-Ver.1.0	VLC-Ver.1.0.3
CPU		Intel Xeon E5410 2.33GHz	Intel Celeron D345 3.06GHz	Intel Celeron D345 3.06GHz
メインメモリ		4GB	1GB	1GB

評価手順は DMOS の手順を参考にし, 被験者 10 人で行った．パケット損失では, 負荷を与えていない状態であるパケット損失率 0%を DMOS, SD 法ともに評価値 5 として視聴し, 次に負荷をパケット損失率 0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, 1%でランダムに表示し, 損失率 0%時の映像と比較する形で評価をした．遅延揺らぎでは, 負荷を与えていない状態である遅延揺

らぎ率 0%を DMOS, SD 法ともに評価値 5 として視聴し, 次に表 4 の遅延揺らぎを与えた映像をランダムに配信し, 遅延揺らぎ率 0%時の映像と比較する形で評価をした。

表 4 実験で使用した遅延時間, 遅延揺らぎ量, 遅延揺らぎ発生率

遅延量	遅延揺らぎ		遅延量	遅延揺らぎ		遅延量	遅延揺らぎ	
	量	発生率		量	発生率		量	発生率
100ms	±10ms	0%	500ms	±10ms	0%	1000ms	±10ms	0%
		0.02%			0.02%			0.02%
		0.10%			0.10%			0.10%
		0.20%			0.20%			0.20%

4 実験結果

4.1 パケット損失

(a)DMOS

DMOS による評価結果を図 4 に示す. 図(a)は VLC での結果, 図(b)は WM での結果である.

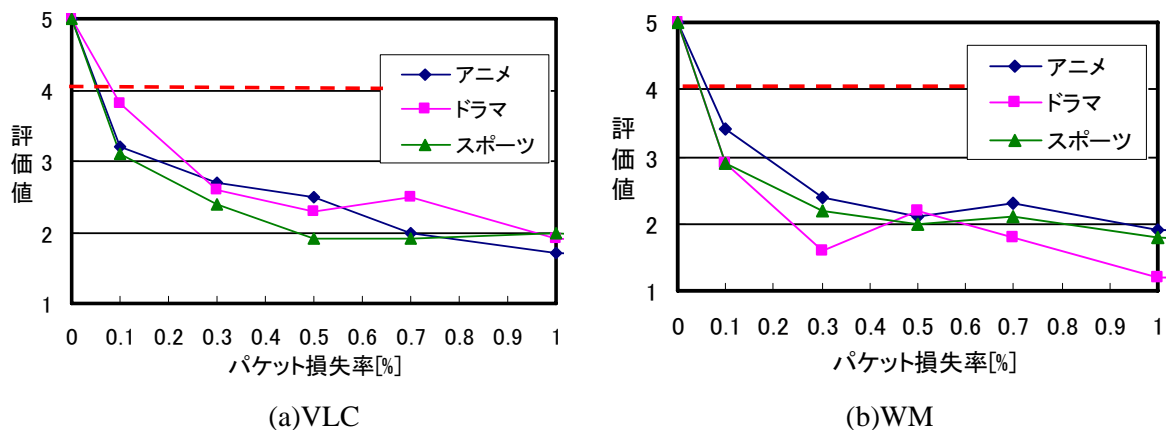


図 4 DMOS の評価結果

VLC, WM 共に評価値の低下が顕著に現れていることから, パケット損失の発生が評価に大きく影響していることが図 4 から分かる.

パケット損失率 0.3%では WM の評価値の方が低い傾向が見られた. パケット損失率 0.3%時の映像は, VLC では画像の一部にブロックノイズが発生しており, WM ではブロックノイズは出なかったが, 画像が静止した状態で配信された. よって, WM の映像の停止が劣化として大きく感じた為, 評価に影響が出たのではないかと考えられる.

評価値 4 より上を映像の品質維持条件としたが, VLC, WM 共に損失率 0.1%から評価値 4 以下である結果となってしまった為, DMOS による VLC(0~0.1%)の結果を図 5 に示す.

図 5 から VLC での DMOS の映像品質の許容範囲は, アニメ, ドラマ, スポーツ共に 0.04%と考えられる. 映像の種類による比較では VLC, WM 共に大きな差は現れなかった.

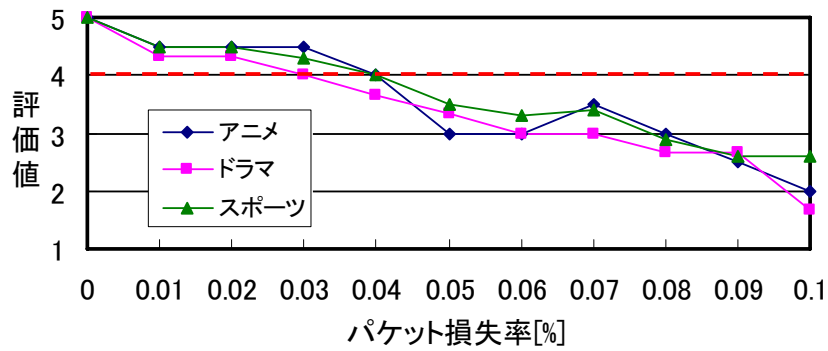
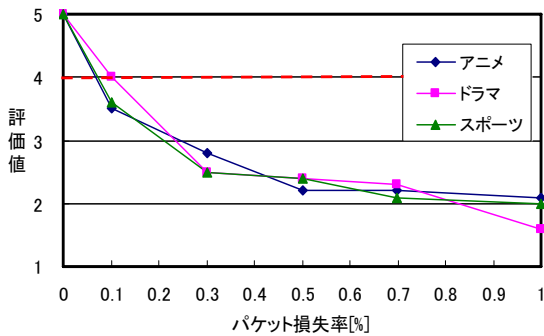


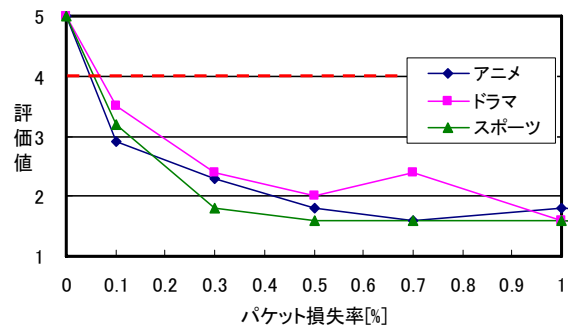
図5 DMOSによるVLC(0~0.1%)の結果

(b) SD法

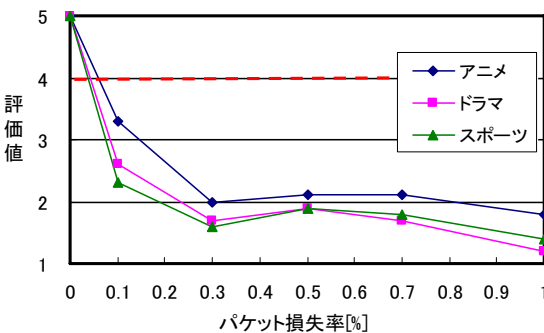
SD法の評価結果は、パケット損失で影響が大きかった形容詞対と、影響が少なかった形容詞対とに分けられた。パケット損失で影響が大きかった形容詞対の例を図6に、影響が少なかった形容詞対の例を図7に示し、SD法の比較結果を表5にまとめた。図6で(a), (b)はVLCでの結果、(c), (d)はWMでの結果である。また図7はWMのみの結果である。



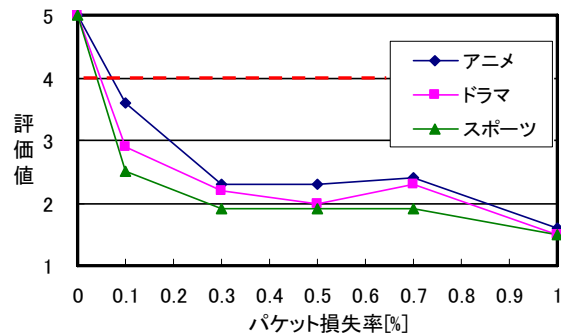
(a)画像の滑らかさ[VLC]



(b)画像の自然さ[VLC]

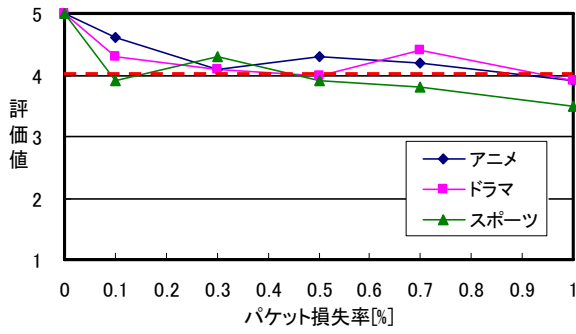


(c)画像の滑らかさ[WM]

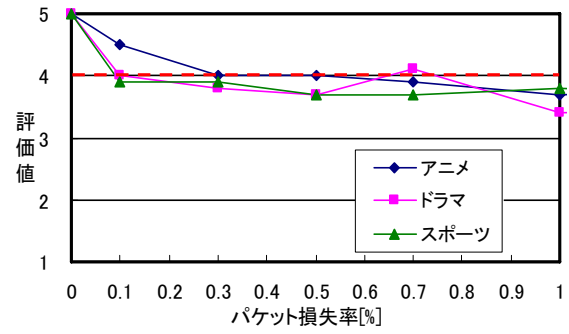


(d)画像の自然さ[WM]

図6 SD法で影響が大きかった形容詞対



(a)画像の鮮明さ[WM]



(b)画像の崩れ[WM]

図 7 SD 法で影響が少なかった形容詞対

表 5 SD 法の評価結果

		影響が小さかった形容詞対	影響が大きかった形容詞対	原因
VLC	音声		雑音がある 音声が澄んでいる 音声が途切れない 音声が快い 音声と画像のズレがある	雑音、途切れが発生したことによって、不快と感じた為
	画像		画像が滑らかである 画像と音声のズレがある 画像が鮮明である 画像が崩れない 画像が自然である	ブロックノイズが発生した為
WM	音声	雑音がある 音声が澄んでいる	音声が途切れない 音声が快い 音声と画像のズレがある	パケット補間により品質維持がされたが、それに伴い音声に途切れ等が発生し、不快と感じた為
	画像	画像が鮮明である 画像が崩れない	画像が自然である 画像と音声のズレがある 画像が滑らかである	ブロックノイズが出ないように、損失が出ていない映像のまま静止する場面が多かった為

影響が大きかった形容詞対には、VLC では全項目が挙げられ、WM では「音声の途切れ」、「音声の快さ」、「音声と画像のズレ」、「画像の滑らかさ」、「画像の自然さ」、「画像と音声のズレ」が挙げられた。これらの評価値の変化は、アニメ、ドラマ、スポーツ共に損失率 0.1% からの落ち込みが見られ DMOS の評価結果に近似していることが分かる。実際にパケット損失を与えると、主に音声と画像は途切れや静止が発生していた。これが、「音声の途切れ」や「画像の滑らかさ」という音声や画像の連続的な表現に対する評価に影響を及ぼしたと考えられる。更に「音声の快さ」と「画像の自然さ」の評価に途切れや静止が考慮され、この評

価値の変化になった。しかしながら、途切れや静止は音声と画像で同時に発生した訳ではなく、「画像は静止しているが音声は問題なく流れていた」など画像の方が静止や途切れの割合が多かったため、「音声と画像のズレ」、「画像と音声のズレ」にも影響したと考えられる。

影響が少なかった形容詞対には、VLC では該当する項目が無く、WM では「雑音があるか」、「音声が澄んでいるか」、「画像の鮮明さ」、「画像の崩れ」が挙げられた。音声 2 項目は評価値を大体 3.5 以上で維持している。これは、音声の途切れや静止は感じたが、音声自体の劣化は感じられなかったためであると考えられる。この原因として挙げられるのは、デコーダ側のパケット補間である。パケット補間により音声品質を維持した。画像 2 項目は評価値を大体 3.5 以上維持しており、全体的に高い評価が得られた。これは、パケット損失を高く与えても画像自体は静止するだけであるため、この静止画像を「鮮明である」、「崩れてはいない」と感じた被験者が多かったためであると考えられる。

SD 法を用いて評価した結果、パケット損失に対する映像品質の影響は、音声と画像の途切れや静止に現れ、その結果が評価の良し悪しに大きく左右されていたことが分かった。

4.2 遅延揺らぎ

(a) DMOS

DMOS によるアニメの評価結果を図 8 に示す。ドラマ、スポーツの評価結果に関してアニメの結果と類似しており、またデータ量が多いため、図等の記載を省略した。

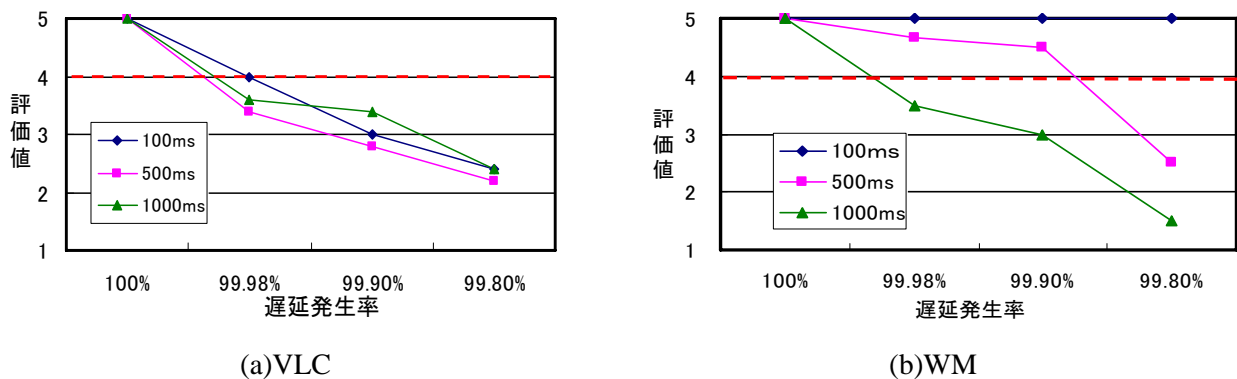


図 8 DMOS の評価結果

VLC, WM 共に評価値の低下が現れていることから、遅延揺らぎの発生が評価に大きく影響していることが図 8 から分かる。

基準遅延 100ms を比較すると WM の評価値の方が高い傾向が見られる。これは、パケット補間の影響により映像の品質が維持されたのではないかと考えられる。しかし、基準遅延 500ms 以降では、損失の方が大きくパケット補間の機能では対処しきれないため、映像品質に影響が出ている。VLC では画像の一部にブロックノイズが発生し、WM ではブロックノイズは出なかったが、画像が静止した状態で配信されたため、評価に影響が出たのではないかと考えられる。

評価値 4 より上を映像の品質維持条件としたが、VLC, WM 共に基準遅延 100ms, 遅延揺らぎ率 99.98% までなら品質に問題はない。

(b) SD 法

SD 法によるアニメの評価結果は、遅延揺らぎで影響が大きかった形容詞対と、影響が少なかった形容詞対とに分けられた。遅延揺らぎで影響が大きかった形容詞対の例を図 9 に、影響が少なかった形容詞対の例を図 10 に示し、アニメ、ドラマ、スポーツの SD 法の比較結果を表 6 にまとめた。影響が大きかった形容詞対には、VLC では「音声の途切れ」、「音声の快さ」、「画像の滑らかさ」、「画像の崩れ」、「画像の自然さ」が挙げられ、WM では「音声の途切れ」、「音声の快さ」、「音声と画像のズレ」、「画像の滑らかさ」、「画像の自然さ」、「画像と音声のズレ」が挙げられた。これらの評価値の変化は、遅延揺らぎ率 99.98%からの落ち込みが見られ DMOS の評価結果に近似している。

VLC では映像にブロックノイズが発生し「画像の崩れ」に影響が出たが、音声と画像自体は遅延揺らぎに関係なく同時に配信されていた為に、「画像と音声のズレ」には影響が出なかったのではないかと考えられる。

WM では映像の崩れは無かったが、主に音声や画像の途切れや静止が発生していた。この為、「音声の途切れ」や「画像の滑らかさ」の音声や画像の連続的な表現に対しての評価に対して影響を及ぼしたと考えられる。更に「音声の快さ」、「音声と画像のズレ」、「画像の自然さ」、「画像と音声のズレ」の評価にも影響したと考えられる。影響が少なかった形容詞対には、VLC では「雑音があるか」、「音声が澄んでいるか」、「音声と画像のズレ」、「画像の鮮明さ」、「画像と音声のズレ」、が挙げられ、WM では「雑音がある」、「音声が澄んでいる」、「画像の鮮明さ」、「画像の崩れ」が挙げられた。

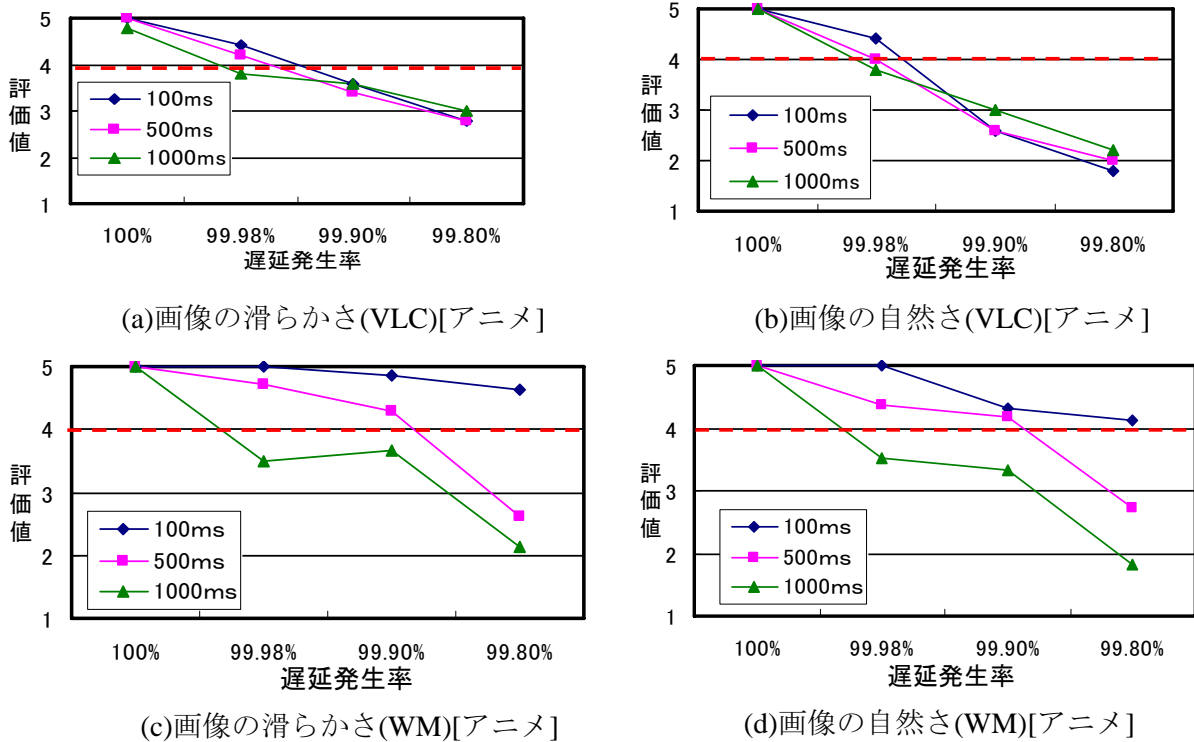
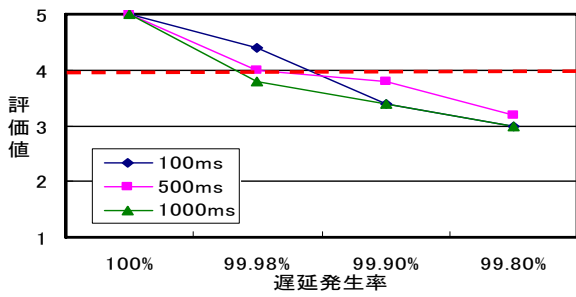
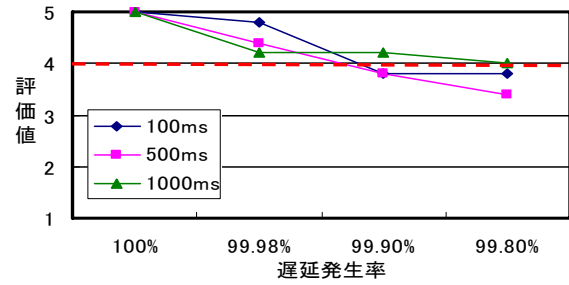


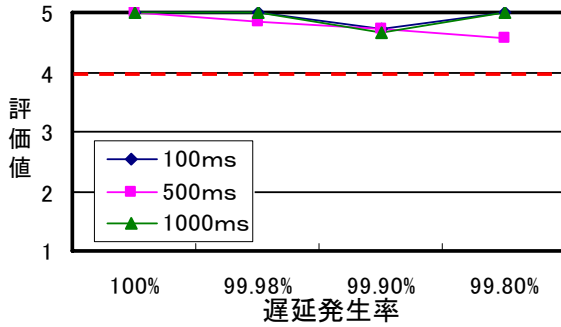
図 9 SD 法で影響が大きかった形容詞対



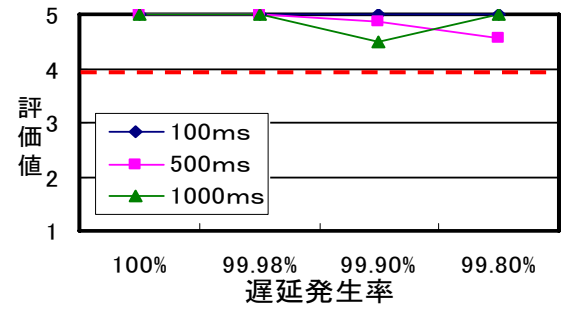
(a)画像の鮮明さ(VLC)[アニメ]



(b)画像と音声のズレ(VLC)[アニメ]



(c)画像の鮮明さ(WM)[アニメ]



(d)画像の崩れ(WM)[アニメ]

図 10 SD 法で影響が少なかった形容詞対

表 6 SD 法の比較結果

		影響が小さかった 形容詞対	影響が大きかった 形容詞対	原因
VLC	音声	雑音がある 音声が澄んでいる 音声と画像のズレがある	音声が途切れない 音声が快い	音声の途切れが発生したことにより不快と感じた為
	画像	画像が鮮明である 画像と音声のズレがある	画像が滑らかである 画像が崩れない 画像が自然である	動画にブロックノイズが発生した為、滑らかに配信されず自然さに影響が出た為
WM	音声	雑音がある 音声が澄んでいる	音声が途切れない 音声が快い 音声と画像のズレがある	パケット補間により音声の品質維持されたが、補間の為に、音声の途切れが発生した為
	画像	画像が鮮明である 画像が崩れない	画像が滑らかである 画像と音声のズレがある 画像が自然である	ブロックノイズが出ないように映像を流す為、動画に静止する場面が多かった為

表 6 に太字で示すように、「画像と音声のズレ」、「画像の崩れ」を着目すると、VLC では遅延揺らぎを与えても、画像と音声と同時に配信したので、「画像と音声のズレ」に対しては

影響が出ずに評価が良かったが、「画像の崩れ」に対してはブロックノイズが発生した為に評価に影響が出た。WM では VLC とは違って、パケット補間の機能により、ブロックノイズが発生しなかったため「画像の崩れ」には影響が出なかったが、画像は静止していたが、音声は流れている。または、画像は流れているが、音声は静止していたので「画像と音声のズレ」には影響が出た。これらの結果から、遅延揺らぎでは視聴ソフトの違いで映像品質の評価が変わる形容詞対があることが分かった。

5. まとめ

パケット損失と遅延揺らぎを与えた時の IPTV 伝送品質について主観評価を行ったが、今回用いたパラメータで、VLC, WM 共に SD 法で品質に影響が大きかった形容詞対は、音声では「音声の途切れ」、「音声の快さ」が挙げられ、画像では「画像の滑らかさ」、「画像の自然さ」が挙げられた。これらの項目が挙げられた原因は音声や画像の途切れや静止等が品質に大きく影響を与えた為に、DMOS の評価もそれに伴って悪くなったと考えられる。

参考文献

- [1] 三菱電機株式会社, “次世代ネットワーク対応ホームゲートウェイ技術を開発,” <http://www.mitsubishielectric.co.jp/news-data/2006/pdf/0215-d.pdf>, (2006)
- [2] 森村吉貴, 上原哲太郎, 侯書会, 美濃導彦, “IP マルチキャストを用いた放送型暗号によるライブ映像配信システムの構築と評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.108, no.24, pp.29-34 (2008)
- [3] 田村浩太郎, 島村和典, “IP パス遅延測定による後続パケットロス発生の予測に関する一検討”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 通信 2, pp.32 (2006)
- [4] 稲田修一, 小松義幸, 島村和典, “AV 転送経路制御のための IP 転送パス遅延評価に関する検討”, http://p-lab.jp/ronbun/file/IEICE2004_inada.pdf, (2004)
- [5] 平松和久, 田坂修二, “音声ビデオ IP 伝送においてコンテンツタイプを考慮したユーザレベル QoS 推定”, 電子情報通信学会 2007 年総合大会講演論文集, 通信 2, pp 437 (2007).
- [6] NTT サイバーソリューション研究所: 「ユーザが感じる品質基準 QoE」, 東京電機大学出版局, (2009).
- [7] 六反田貴明, 山瀬浩介, 村上泰司, “主観評価を用いた IPTV の伝送品質に関する一検討”, 大阪電気通信大学研究論集(自然科学編), 第 44 号, pp.43-50 (2009) 注

注) 本論文にてパケット損失結果について報告した。パケット損失率の値を百分率で 100 倍にした為に, 0, 10, 20...[%]と表記したが, 正しくは 0, 0.1, 0.2...[%]である。御詫びして訂正します。

