

ユーザ体感品質の向上を目指した音響データの劣化に対する事前提示法

赤坂 謙一†(学生員) 高橋 賢†(正員)
石田 賢治†(正員)

An Alarm for Sound Quality Degradation on Unstable Communication Channels

Kenichi AKASAKA†, Student Member,
Satoshi TAKAHASHI†, and Kenji ISHIDA†, Members

† 広島市立大学, 広島市

Department of Information Sciences, Hiroshima City University, Hiroshima-shi, 731-3194 Japan

あらまし 視聴者に不快感を与える可能性のある音響データ劣化に対するユーザ体感品質の向上を目指した事前提示法を提案する。この方式の有効性を主観評価で明らかにする。評価の結果、光の色変化による事前提示法が有効であることが分かった。

キーワード 通信品質, ユーザ体感品質, 聴感印象, 主観評価

1. ま え が き

近年, 移動端末向けの放送サービスやストリーミングによるインターネットを用いた映像や音楽配信などにおいて, ユーザ体感品質 [1] が注目されている。移動端末でデータを受信する場合, 無線を介してデータを受信する。この場合, 移動に伴う受信電波強度の変化により映像や音に乱れが生じることがある。また, データを受信しながら再生するストリーミングの場合, 受信速度が再生に追いつかないときや, ふくそうが発生する場合, パケットロスや遅延が生じる。これらの現象は映像や音に唐突な劣化を与え, 視聴者の不快感を高め, 聴感印象の変化を与える可能性がある。これまでに音声に関しては符号化により劣化を抑える研究 [2] や雑音の除去を行う研究 [3] 等が行われている。また, ストリーミングに関しては経路選択の工夫によりパケットロスを最小化して情報劣化を軽減する研究 [4] などが行われてきた。これらの研究はより良い品質のものを視聴者に提供することを目的としている。

これに対して人間には生まれながらにして, 認知, 学習などの能力が備わっている。そこで, これらの能力を利用し, 劣化によるユーザ体感品質の低下を軽減することをねらいとし, 視聴者にこれから得られるだろう品質を事前に提示する方式を提案する。これにより視聴者に次に起こり得る現象を意識付けすることができ, 注意を促し, 聴感印象の変化や不快感が軽減で

きる可能性がある。本論文では音の伝送に着目し, このことを主観評価実験により明らかにする。

以下, 2. では評価対象, 品質劣化提示方法と主観評価について説明する。次に, 3. では SD 法による主観評価実験を述べ, 4. ではシェッフェの一対比較法による主観評価実験について述べる。次に, 5. では主観評価実験に対して考察する。最後に, 6. でまとめる。

2. 評 価

2.1 評価音及び実験環境

本研究の評価対象は音である。評価対象の音を音声, 音楽, 歓声雑音の3種類に分類 [5] する。本論文では, これらのうち, メディアを介して得る情報として, 音楽と音声を対象とした。更にそれぞれを穏やかなものと激しいものに分類する。表 1 に評価対象の音の構成を示す。いずれの音もステレオ音で量子化ビット数は 16 bit であり, サンプリング周波数は音楽では 44.1 kHz で, 音声では 22.1 kHz である。これらの4種類の音に対し劣化を想定するものとしてガウス雑音を混入させた。この雑音に対して事前提示を行う。実験は外部からの音が遮断された部屋で行った。図 1 に実験環境を示す。実験者と被験者の間には壁を設置し, 被験者が実験者の行う操作を見れないよう考慮した。被験者に対して実験者が PC で再生した音源をヘッドホンで視聴させ, 5 段階の主観評価値 (Mean Opinion Score : MOS, 以後 MOS) による評価を依頼した。

表 1 評価音
Table 1 Sound of evaluation.

	穏やか	激しい
音楽	クラシック (Music I)	ポップス (Music II)
音声	ニュース (Voice I)	競馬実況 (Voice II)

() 内は以後の呼び名を示す

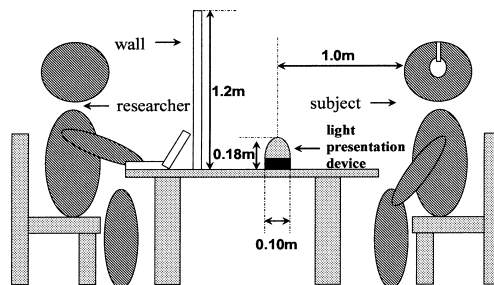


図 1 実験環境

Fig. 1 Experimental circumstance.

2.2 品質劣化提示方法

音の品質劣化に対する事前提示法として本研究では次の3方式を用いて実験を行った。(1) 光の色の変化による提示(以後 Light Alarm), (2) 音のフェードアウトによる提示(以後 Fade Alarm), (3) 警告音による提示(以後 Sound Alarm)である。

Light Alarm においては通常時は緑色の光を提示するが、雑音が混入する 0.5 秒前から雑音が混入するまでの 0.5 秒間赤色に変化させて提示する。Light Alarm の光提示に用いるライトは 0.5 秒の精度で光のオン・オフや発光色を指定できる。これを被験者の前に置き提示する。

Fade Alarm においては雑音が混入する 2 秒前から雑音が混入するまでの間の音のフェードアウトにより提示する。雑音の発生終了後は直ちにもの大きさの音に戻る。ここで用いたフェードアウトの時間(2秒)は一例である。

Sound Alarm においては雑音が混入する 0.5 秒前に 0.5 秒間継続する正弦波のアラーム音を左側チャンネルから提示する。ここでは、アラーム音の音量として、アラーム音の電力は音源の平均電力に対して 3dB 低い値に設定した。

Light Alarm と Sound Alarm において設定した時間(0.5 秒)は、人間の特性に基づいて設定した。人間が外界から情報を受け取り、判断し、行動を決定するまでに 0.2 秒から 0.3 秒必要であることが知られている[6] ため、提示法やアラーム音、色の変化を認知するのに 0.5 秒程度必要であると考えたからである。

2.3 主観評価実験

上記の提示法を施した音源に対して SD 法とシェッフェの対比較法に基づいた主観評価実験を行った。

はじめに SD 法を用いて提示法の違いによる聴感印象の定性的な性質、すなわち各提示法が与える聴感印象を明らかにする。

次に、最も良い提示法を示すために対比較法により不快度の軽減効果を定量化する。

3. 実験 1: SD 法

3.1 方法

SD 法は、対象の属性を表すと思われる多数の形容詞対を用い多次元的に評価し、対象のもつイメージ測定方法である。本研究では音の騒音問題を検討[7] する際に用いられたものを参考に次の 12 種類の形容詞対で評価を行う:「かたい-やわらかい」、「とげとげしい-まるみのある」、「ばらばらな-バランスの良い」、「ぼん



図 2 品質評価尺度 (SD 法)

Fig. 2 Scale of preference (SD method).

表 2 因子分析結果

Table 2 Result of factor analyses.

形容詞	因子負荷量			
	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
不快な-快い	0.828	0.308	0.216	-0.011
騒々しい-静かな	0.760	-0.037	0.194	0.130
とげとげしい-まるみのある	0.757	-0.127	0.384	0.005
ばらばらな-バランスのよい	0.736	0.278	0.281	-0.115
聞き取りにくい-聞き取りやすい	0.724	0.398	0.230	0.025
濁った-澄んだ	0.672	0.257	0.437	0.197
甲高い-落ち着いた	0.662	-0.285	0.428	-0.217
物足りない-迫力ある	0.099	0.630	0.074	0.173
ぼんやりした-はっきりした	0.380	0.626	0.354	-0.041
小さい-大きい	-0.066	0.471	-0.153	-0.091
金属性の-深みのある	0.544	0.202	0.616	0.190
かたい-やわらかい	0.518	-0.114	0.613	-0.090

相関係数 0.6 以上

やりした-はっきりした」、「ものたりない-迫力ある」、「金属性の-深みのある」、「甲高い-落ち着いた」、「小さい-大きい」、「騒々しい-静かな」、「濁った-澄んだ」、「不快な-快い」、「聞き取りにくい-聞き取りやすい」である。各対は左から右に 5 段階の順序尺度を等間隔の間隔尺度として取り扱う[7]。この評価の際の品質評価尺度カテゴリーを図 2 に示す。先に示した 12 種類の形容詞対 A-B に対して図 2 の尺度に従い評価を行ってもらった。また、評価の際の判断バイアスを軽減するために、刺激の提示順序は被験者ごとに変え、形容詞的意味の positive 側と negative 側の順をランダムにして実験した。この評価において、各音源の長さは 30 秒間で、ランダムな時刻から 1 秒間継続する雑音を 6 回混入させた。被験者は 20~30 代の男性 20 名である。

3.2 結果

それぞれの形容詞対の背後にある共通因子を探り出すために評価結果に対して因子分析を行った。表 2 に分析結果を示す。この因子分析の結果において第 3 因子までの累積寄与率 64.3% である。第 3 因子以降の固有値の差は 0.1 未満だった。また、第 4 因子以降は第 3 因子以前の因子に比べて因子負荷量の値が十分に小さいため第 3 因子までを考える。第 1 因子は「不快な-快い」、「騒々しい-静かな」等の因子負荷量が高い。第 2 因子は「物足りない-迫力ある」、「小さい-大きい」等の因子負荷量が高い。第 3 因子は「金属性の-深みのある」、「かたい-やわらかい」等の因子負荷量が高い。形容詞

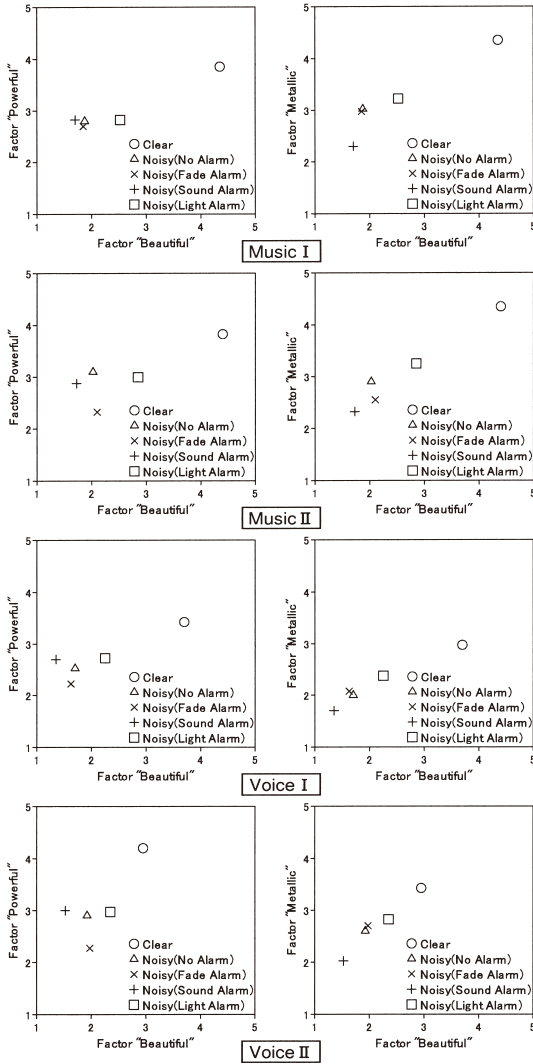


図 3 合成得点
Fig. 3 Synthetic points.

対のもつ意味から第 1 因子, 第 2 因子, 第 3 因子を美的因子, 迫力因子, 金属因子と呼ぶ [7]. この抽出された因子をもとにして, 合成得点 (composite score) を求め, Clear, Noisy (No Alarm, Fade Alarm, Sound Alarm, Light Alarm) の位置関係を図示して比較する. 合成得点は各因子に負荷量が高い複数の尺度を選び, 同じ刺激に対するそれらの尺度得点を平均したものである [8]. 本実験では美的因子, 迫力因子, 金属因子のそれぞれに対して因子負荷量の高い上位 2 個の尺度を選びその平均より合成得点を求めた.

図 3 にこの合成得点を示す. これは美的因子, 迫力

表 3 SD 法: 提示なしと提示を行う場合の MOS 値における相対距離

Table 3 SD method: relative distance of sounds with alarms from the sound without alarm.

提示法	相対距離
Fade Alarm	-0.31
Sound Alarm	-0.43
Light Alarm	+0.50

因子, 金属因子を軸とした三次元図を二次元に射影したものである. 図 3 よりどの音源に対しても Clear が全軸において最上位に位置していることが分かる. これに対して, 雑音加わることによって聴感印象が大きく変化している. 更に, 用いた提示法による聴感印象の変化を確認する. 表 3 に Noisy (No Alarm) を基準とし, 提示法を用いた場合の原点からの MOS 値での相対的な距離差を示す. これらの相対距離は四つの音源の平均値である. 表 3 において, 正の値は劣化事前提示により Clear の聴感印象に近づいたことを示し, 負の値は遠ざかることを示している. 表 3 より Light Alarm で劣化品質事前提示することにより, 聴感印象が提示を行わないよりも Clear の音源に MOS 値で 0.50 近づいている. これに対して, その他の提示法は提示を行わないよりも聴感印象が遠ざかることが分かる.

4. 実験 2: シェツフェの対比較法

4.1 方法

シェツフェの対比較法 [7] による主観評価実験を行う. この方法は異なる二つの評価対象を提示し, 優劣の度合を測定する方法である. 表 1 に示した 4 曲に対して, Clear, Noisy (No Alarm, Fade Alarm, Sound Alarm, Light Alarm) から二つの組合せをすべて考えて $10({}_5C_2 = 10)$ 対作った. この各対のどちらが不快度が少ないかの判断を 5 段階で行い, 提示法の違いによる不快度の軽減効果を求めた. この評価の際の品質評価尺度カテゴリーを図 4 に示す. はじめに聞いてもらった音を A, 後に聞いてもらったものを B とし, 図 4 に示す尺度に従い評価を行ってもらった. この評価において, 各音源の長さは 6 秒間で, ランダムな時刻から 1 秒間継続する雑音を 1 回混入させた. なお, 雑音が発生するタイミングはすべて異なり, 被験者が予測できないようにした. この実験の被験者は 20 ~ 30 代の男性 18 名である.

4.2 結果

図 5 は, 実験より得た各音源における提示法の違い

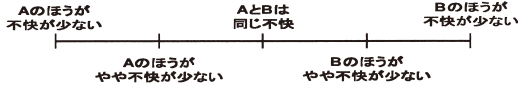


図4 品質評価尺度(一対比較法)

Fig. 4 Scale of preference (method of paired comparison).

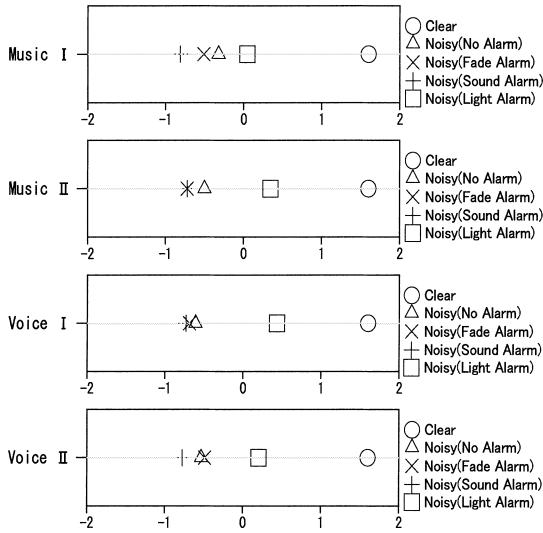


図5 不快度順位マップ

Fig. 5 Degree ranking map of unpleasantness.

表4 一対比較法: 提示なしと提示を行う場合のMOS値における相対距離

Table 4 Pair comparison method: relative distance of sounds with alarms from the sound without alarm.

提示法	相対距離
Fade Alarm	-0.11
Sound Alarm	-0.27
Light Alarm	+0.74

による不快度順位マップである。右に位置するほど不快度が小さいことを示している。図5より Clear の音が一番右に位置していることが分かる。これに対して、雑音が混入することで不快度は大きく増す。更に、提示法による効果を確認する。表4に Noisy (No Alarm) を基準とし、提示法を用いた場合の相対的な距離の差を示す。表4中の値は四つの音源の平均値である。正の値は提示を行わないよりも不快度が軽減できたことを意味し、負の値は増したことを意味する。表4より Light Alarm で事前提示することで、MOS値における不快度が提示を行わない場合に比べて0.74軽減できた。これに対して、その他の提示法は提示を行わない場合よりも不快度が増した。また、分散分析

により主効果・組合せ効果の検定を行った結果、本実験で用いた4音源で有意水準1%で主効果と主効果×評定者に有意差を生じ、有意水準5%で組合せ効果に有意差を生じた。このことから、提示法の違いによる影響、各提示法に対して評定者がもっている不快度の違いによる影響、組合せによる影響が統計的に示された。組合せ効果において有意差水準が生じたのは Clear がどの組合でも快いと評価されたためである。なお、Clear を含む組合せを除いた組合せ効果に有意水準は認められなかった。

5. 考察

二つの主観評価実験の結果より、音を変化させる Fade Alarm と Sound Alarm による事前提示は聴感印象が原音よりも遠くなり、不快度が増した。これは本実験で用いたこれらの事前提示法は、原音に事前提示の効果を加加することで原音そのものが変化したため、提示を行わないよりも視聴者が必要とする情報量が減ったからだと考えられる。Fade Alarm と Sound Alarm の不快度に対する提示継続時間依存性はこれらの実験結果からは明らかにできないが、本研究で用いた継続時間以下では提示の効果が十分現れず、以上では原音が更に変化するため不快度が増すと予測している。これらの二つの提示方法に対して、原音に変化を与えない Light Alarm は聴覚とは違う他の器官から刺激を感受することで不快度が軽減したと考えられる。つまり、情報を欠損させることなく劣化の存在を事前提示することで、心構えや注意を促すことができた。その結果、聴感印象の変化を抑え、雑音による不快度を軽減できたと考える。

また、本論文では音に関する実験及び考察をしたが、提案する事前提示方式は映像配信の場合にも適用可能であると思われる。人間の視野範囲は広いので、画面の隅にある Light Alarm により劣化を知ることによって映像そのものには変化を与えることなく劣化を知ることができる。また、この劣化の検知方法であるが、例えばストリーミング放送であればバッファがあふれたことを検知するなどの方法で実現可能である。この検知にかかる遅延を許容して視聴者に情報を配信することで、映像や音声とともにその劣化に対する事前提示が可能である。

6. むすび

20~30代の男性、限定された実験条件下ではあるが、音の劣化に対する事前提示法の違いによる視聴者の聴感印象の違いをSD法により明らかにした。ま

た、事前提示法の違いによる不快感の軽減効果をシェッフェの対比較法により明らかにした。音の刺激を受けている聴覚からではなく他チャンネルである視覚からの刺激により劣化を事前に通知することで不快感が軽減できることが分かった。よって、提案方式はユーザ体感品質向上のための一方式として有効であると考えられる。

謝辞 本研究を行うにあたり主観評価実験に協力頂いた広島市立大学の教員及び学生の皆様に感謝する。

文 献

- [1] 岸上順一, “IPTV サービスを実現するネットワークインフラの将来像と技術的課題” 電子情報通信学会 NS/IN 研究ワークショップ予稿集, pp.59-77, March 2007.
- [2] 三橋 禎, 高谷智哉, 宮部滋樹, 森 康充, 猿渡 洋, “独立成分分析を用いた多チャンネル音響信号の圧縮符号化” 信学技報, EA2006-28, July 2006.
- [3] 中静 真, “反響雑音推定を伴うスパース信号分解による音声からのショット雑音抑圧” 信学技報, EA2006-13, May 2006.
- [4] 池上大介, 中里秀則, 富永英義, “ネットワーク遅延時間の相関を用いたストリーミングデータのレート制御方式” 信学論 (B), vol.J89-B, no.7, pp.1265-1274, July 2006.
- [5] 中島康之, 陸 洋, 菅野 勝, 柳原広昌, 米山暁夫, “MPEG 符号化データからのオーディオインデキシング” 信学論 (D), vol.J83-D, no.5, pp.1361-1371, May 2000.
- [6] 斉藤正男, 生体工学, 電子情報通信学会 (編), コロナ社, 東京, 1985.
- [7] 難波精一郎, 桑野園子, 音の評価のための心理学的測定法, 日本音響学会 (編), コロナ社, 東京, 1998.
- [8] 大山 正, 池田 央, 武藤真介, 心理測定・統計法, 有斐閣, 東京, 1977.

(平成 19 年 3 月 30 日受付, 6 月 15 日再受付)