

Choice-supportive バイアスが動画視聴の QoE に与える影響の 主観実験評価

小南 大智[†] 西出 彩花^{††} 西村 敏^{††} 大歳 達也^{†††} 黒住 正顕^{††}
福留 大貴^{††} 山本 正男^{††} 村田 正幸[†]

[†] 大阪大学 大学院情報科学研究科 〒565-0879 大阪府吹田市山田丘 1-5

^{†††} 大阪大学 大学院経済学研究科 〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-7

^{††} 日本放送協会放送技術研究所

E-mail: [†]{d-kominami,murata}@ist.osaka-u.ac.jp,

^{††}{nishide.s-gs,nishimura.s-gy,kurozumi.m-fo,fukudome.d-he,yamamoto.m-hs}@nhk.or.jp,

^{†††}t-otoshi@econ.osaka-u.ac.jp

あらまし 近年、動画配信サービスや遠隔 Web 会議システムの普及、インターネットに接続するエンドホスト数の増加、エンドホスト性能の向上、アプリケーションの多様化・高度化に伴い、ユーザやサービス提供者の通信品質 (QoS) に対する要求がより一層高くなっている。しかしながら、ネットワークを流れるトラフィック量は年々増大し、ユーザに対して一定の QoS を保証するようなシステムの運用は困難となっている。近年では従来の QoS という観点のみならず、ユーザ自身の体感品質 (QoE) が重要視され、限られた通信資源の中で、ユーザーの QoE を向上させるようなアプリケーションレベルでの制御が、ユーザ、サービス提供者の両者にとって非常に重要となっている。QoE はサービスに対してユーザの感じる主観的指標であるため、人の主観的な意思決定にみられる認知バイアスの影響を受けると考えられる。本稿では認知バイアスの一つである choice-supportive バイアスに着目した実験を行い、この認知バイアスが動画視聴中のユーザに与える影響を明らかにする。

キーワード 認知バイアス、HTTP 適応的ストリーミング、MPEG-DASH、体感品質

Subjective experimental evaluation of the impact of choice-supportive bias on video viewing QoE

Daichi KOMINAMI[†], Sayaka NISHIDE^{††}, Satoshi NISHIMURA^{††}, Tatsuya OTOSHI^{†††}, Masaaki
KUROZUMI^{††}, Daiki FUKUDOME^{††}, Masao YAMAMOTO^{††}, and Masayuki MURATA[†]

[†] Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

^{†††} Graduate School of Economics, Osaka University

^{††} Japan Broadcasting Corporation

E-mail: [†]{d-kominami,murata}@ist.osaka-u.ac.jp,

^{††}{nishide.s-gs,nishimura.s-gy,kurozumi.m-fo,fukudome.d-he,yamamoto.m-hs}@nhk.or.jp,

^{†††}t-otoshi@econ.osaka-u.ac.jp

Abstract With the spread of video distribution services and remote web conferencing systems, the demand for communication quality of service (QoS) from users and service providers has become even higher. However, the amount of traffic flowing through the network is increasing year by year, and it is becoming difficult to operate a system that guarantees a certain level of QoS for users. In recent years, not only QoS, but also the user's own quality of experience (QoE) has become significant. Since QoE is a subjective measure of a user's perception of a service, it is considered to be affected by cognitive biases in human subjective decision making. In this paper, we conduct an experiment focusing on the choice-supportive bias, which is one of the cognitive biases, and clarify the effect of this cognitive bias on users during video viewing.

Key words Cognitive bias, HTTP Adaptive Streaming, MPEG-DASH, Quality of Experience

1. はじめに

動画配信サービスの利用者は年々増加しており、特に 2020 年には COVID-19 の影響もあり、大幅な増加が見られた [1]。ネットワーク提供者は安定したネットワーク通信品質 (Quality of Service; QoS) をユーザーに提供することを目的としているものの、インターネットを流れるトラフィックの急増がそれを困難にしている。そのような状況の中、動画アプリケーションサービスの品質を評価する際に、ユーザーの体感品質である QoE (Quality of Experience) が重要な指標として注目されている。

YouTube や Netflix などの動画ストリーミングサービスプロバイダーの多くは、QoS に応じて適応的なビットレート制御を行う技術である HTTP Adaptive Streaming (HAS) を採用しており、特に HAS の標準規格として Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) が広く普及している。DASH では、動画ファイルを複数の異なる品質にエンコードし、それぞれを固定長のセグメントに分割する。セグメントごとに動画ファイルの品質を変更できるため、クライアント端末は動画再生中においても動画品質を動的に切り替えることができる。クライアント端末による動画品質選択は、クライアントに実装されている適応ビットレートアルゴリズム (ABR アルゴリズム) に基づいて行われ、近年はユーザーの QoE 向上を目的とした ABR アルゴリズムが数多く提案されている [2]~[4]。

ABR アルゴリズムでは、クライアント端末と動画配信サーバー間のネットワーク QoS の推定や動画再生中のプレーヤーから取得可能な再生バッファ長等の情報の収集を行い、これらの情報に基づいて次にダウンロードするセグメントの品質を決定する。QoE 向上を目的とする ABR では、ユーザーの QoE モデル (例えば [5]) を定義し、利用可能な通信資源のもとでモデル上の QoE を最大化するような品質のセグメントをダウンロードする。また、多数のユーザーへの配信を行う場合には、通信資源が限られる中で多数のユーザーの QoE が向上するような考慮が必要となる。文献 [6] ではデバイスの解像度と映像のビットレートからユーザーの QoE を推定するモデルを用いており、その上でユーザー間の QoE の公平性を最大化している。ここで、QoE はユーザーの主観的な満足度合いを表す指標であり、ネットワークのスループット、遅延時間、パケットロス率、映像の解像度やフレームレートなどの定量的に測定可能な要因の他に、ユーザーの感情や過去の経験などの主観的・経験的要因の影響を受ける。

QoE がユーザーの過去の経験や主観的心理に基づくことから、QoE は認知バイアスの影響を受けると考えられる。認知バイアスとは、人の判断と意思決定が、ときおり合理的選択とはならず (誤って) 行ってしまふ心理的な現象のことであり、さまざまな要因が複雑に影響して生じると考えられている。認知バイアスは人が不十分な情報をもとに物事を予測する手助けとなる可能性も示唆されるが、多くの文脈では不合理で誤った行動として現れると捉えられている。我々は、動画視聴における人の認知バイアスを理解し、活用することで、従来のレート

制御だけでは QoE の維持や向上が難しい状況下においても、QoE の維持や向上を図る動画配信技術の実現を目指している。

本稿では認知バイアスの一つである choice-supportive (選択支持) バイアスに着目した実験を実施し、このバイアスが動画視聴にもたらす影響を明らかにする。選択支持バイアスとは、人が自身の選択したことが正しかったと信じ、納得を持つとしようとする傾向にある心理傾向のことである。既存の動画ストリーミングサービスでは、プレーヤーにおいて ABR アルゴリズムが動作し、ユーザの QoE を向上するようなビットレートが自動で選ばれるが、再生バッファの枯渇を避けるような ABR を用いて動画のリバッファリングを避けたとしても、そのために動画のビットレートを下げることでユーザの QoE に悪影響を与えてしまう。そこで容易にビットレートの変更が行える機能をユーザに提供し、ユーザの意思でビットレートの変更が可能なのが QoE に与える影響を、複数名の被験者による実験を通して明らかにする。

2. 認知バイアス

人には非常に多くの種類の認知バイアスが存在することが知られている。異なる名称で呼ばれている認知バイアス同士であっても互いに非常に類似している、あるいは非常に強い相関を持っていることから、様々な観点で分類がなされている。本稿では文献 [7] を参考に、動画視聴において生じると考えられる認知バイアスの整理を行った。

2.1 認知バイアスの分類

文献 [7] に記載されている認知バイアスの分類では、“Too much information”, “Not enough meaning”, “Need to act fast”, “What should we remember” という 4 つの項目に大別される。

a) Too much information

人が非常に多くの情報を扱う際に、有用になる可能性が高いと信じる情報を選択しようとすることで生じるバイアスである。この項目には、動画視聴に関連すると考えられるバイアスが多く含まれる。例えば、印象が強かったことや最近起きたことに認知が釣られる利用可能性ヒューリスティック、事前に提示された数値によってその後の判断が釣られるアンカリング効果、人の感覚量は受ける刺激の強さの対数に比例するウェーバーフェヒナーの法則、自分の選択したことが正しかったと信じる傾向にある choice-supportive バイアスなどがある。

b) Not enough meaning

人が非常に複雑な情報を扱う際に、観測した情報とすでに知っている情報を元にして対象を把握しようとすることで生じるバイアスの集合である。この項目も動画視聴に関連すると考えられるバイアスが複数含まれる。例えば、ランダムに発生するできごとがまとまって生じたときに、それをランダムでないと錯覚してしまうことクラスター錯覚、顕著な特徴に引きずられて評価が歪んでしまうハロー効果、少数のサンプルから何らかの法則を形成してしまう標本サイズの無視、などである。

c) Need to act fast

不確実性のある状況下において、より早い意思決定が必要と

なる際に生じるバイアスの集合である。

d) What should we remember

人が非常に多くの情報が与えられる中で、将来的に役立つ可能性の高い情報だけを残し、それ以外は忘れようとすることで生じるバイアスの集合である。人は多くの場合、特定の事象を多数記憶することができず一般化した情報を記憶しようとする。その際にいくつかの目立った項目を選んで記憶してしまう、あるいは、特殊な例を無視しようとしてしまう傾向などがここに含まれる。

2.2 選択支持バイアスと動画視聴時の QoE

我々の目的は、認知バイアスを考慮し、活用することで、動画視聴中のユーザの QoE を向上することである。この際、どのように活用し、ユーザに働きかけることができるかに関しては、「意図的に認知バイアスをユーザーにもたらし QoE を向上させる」、「もともと QoE が認知バイアスによって低下しているためそれを改善する」という二つの観点が考えられる。

また、動画視聴における認知バイアスの利用について考慮すべき点として、認知バイアスがユーザーの QoE に影響を与える時間スケールが、バイアスごとに異なる点がある。動画視聴中の QoE に影響を与える点は同様であるが、例えばハロー効果などは視聴終了後の動画全体に対する満足度合いとしての QoE に与える影響が大きいと考えられる。

本稿では選択支持バイアスを対象とした実験を実施する。「意図的に認知バイアスをユーザーにもたらし QoE を向上させる」ために、動画プレーヤーにビットレートの変更が容易に行える機能を追加し、ユーザに提供する。ただし、この機能の利用はユーザの自由意志に委ねることとしている。選択支持バイアスは自身の判断に対してそれを支持するような判断を行うものであり、比較的短い時間スケールで生じると考えられる。実験システムの設計は上記を考慮した上で行った。詳細については次章で説明を行う。

3. 実験機器の構成

図 1 に実験の機器構成を示している。視聴者はディスプレイを見ながらフェーダーを操作して QoE を入力する。ノート型計算機は DASH のクライアントであり、ディスプレイと HDMI で接続されている。デスクトップ型計算機は DASH のサーバーである。サーバーとクライアントはイーサネットケーブルで直接接続されている。

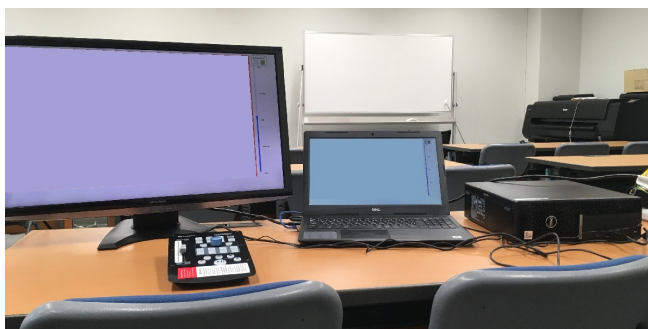


図 1 実験の機器構成

本実験では、動画を視聴するユーザー自身が容易に映像のビットレートを変更できる DASH プレーヤーを実装した。以降に、動画プレーヤーの備える機能、ユーザの操作作用インタフェース、利用可能帯域の変動の実装方法、記録する情報について説明を行う。

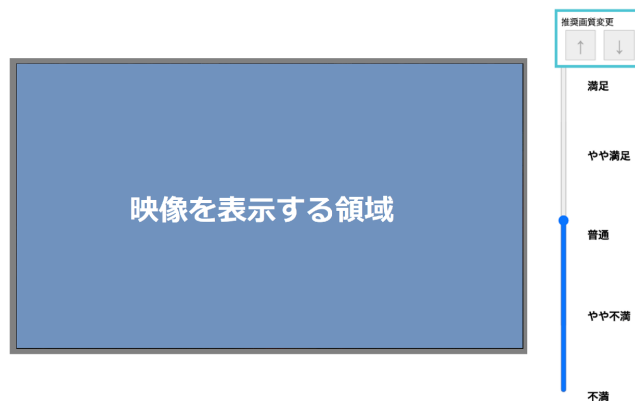


図 2 動画プレーヤー

3.1 動画プレーヤー

図 2 はブラウザ上で表示される DASH プレーヤーの外観である。動画が再生されるメインの領域には灰色の枠がついており、枠の色は、灰色、赤色、青色のいずれかとなる。灰色は現在の利用可能帯域に対して、映像が止まらず視聴できる中で最も高い画質を選んでいることを表している。赤色は利用可能帯域が現在選択しているビットレートに対して小さくなっていることを示しており、実際に利用帯域が小さくなる 5 秒前から表示する。青色は利用可能帯域が現在選択しているビットレートに対して高くなっていることを示している。本実験中では、ビットレートを 2 種類準備しており、赤色の枠が表示された際にビットレートを下げる、青色の枠が表示された際にビットレートを上げるといういずれの操作に対しても、リバッファリングが生じないように設定する。枠の色と同時に、枠が灰色となるような画質にするためには、画質を上げたほうが良いのか、下げたほうが良いのか、画面右上に矢印で表示される。枠の色の表示は、一般的な ABR を用いる場合と同様に、利用可能帯域の予測を前提としたものとなっているが、今回は正確に予測ができることとしている。

3.2 ビットレートの変更と QoE の入力

ビットレートの変更と QoE の入力には図 3 に示すフェーダーを使用する

動画の視聴中にビットレートを高く/低くする機能は、フェーダー右下部にある上向き三角/下向き三角のボタンの押下で割り当てる。また、実験中のユーザの QoE の収集もフェーダーを同様に用いることとした。QoE の計測方法には、ITU-R 勧告 BT.500-11 で規定される SSCQE 法 [8]、および ITU-R 勧告 BT.1788 で規定される SAMVIQ 法 [9] があり、これらを参考にフェーダーの左部のつまみを使用する方法を採用した。このつまみの位置は図 2 の右側に表示されているスライダーに対応しており、動画再生開始後に、毎秒ごとに 1 (不満) から 100



図3 フェーダー

(満足)の値が1刻みの離散値として保存される。

3.3 利用可能帯域の変動

利用可能帯域は動画配信サーバの外向きの通信レートをtcコマンドによって変更する。本実装においては、クライアントからサーバに対してtcコマンドを実行するように指示を行っている。これは、クライアント側で再生される動画内の経過時間をトリガーにするためである。これは、利用可能帯域の変化が生じる際に再生されている映像の内容が、ユーザごとに異なるという状況を避けるためである。前述の通り、サーバ側で準備する動画のビットレートは2種類であり、利用可能帯域も低い値と高い値の2種類とする。

3.4 実験で収集する情報

動画の再生終了後、プレーヤーは実験結果を記録したファイルを出力する。このファイルはcsv形式で、各行に、視聴開始からの経過時間(秒)、動画内での経過時間(秒)、QoE値(1~100)、選択された画質(低い側か高い側か)、利用可能帯域(低い側か高い側)が実験開始からの経過秒ごとに記録される。

4. 評価結果

4.1 評価環境

実装したシステムにより、選択支持バイアスがQoEに与える影響を評価するための実験を実施した。なお、本研究は大阪大学大学院情報科学研究科研究倫理審査委員会の承認を得て実施している(許可番号202008)。特にコロナウイルス感染症対策として、機器の消毒、部屋の換気、同室で同時に実験を行う最大人数を2人までに制限するなどの対策を行った。被験者には同大学の学生から募集を行い、29名を対象に実験を実施した。

実験に使用する映像はいずれも長さを5分とした。実装した機能はビットレートの高低をユーザーが選択したものであり、リバッファリングで動画が止まらないことを優先するか、高い画質を優先するかが選択できるようになっている。そのため、映像コンテンツのジャンルによって受ける影響が異なると考えられ、複数のジャンルから選定した。また、被験者として本学学生を多少としたため、被験者に興味を得られやすいと考えら

れるコンテンツを用いている。

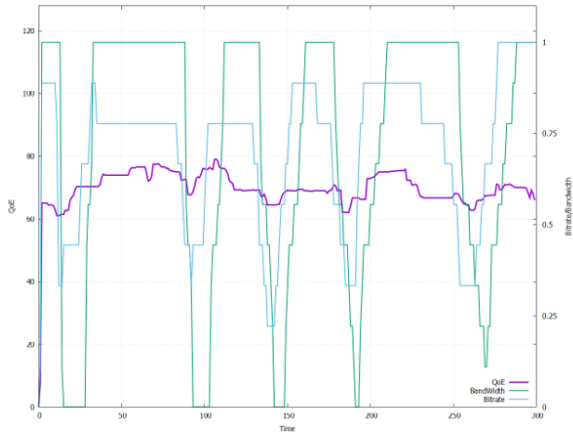
各被験者は15種類の映像を順に視聴する。この順序はすべての被験者に共通である。各映像について2種類のビットレート(10 Mbps、1.1 Mbps)を用意した。各ビットレートにおける画質は、高ビットレートの際に解像度1980×1080、低ビットレートの際に解像度352×198である。被験者は3つのグループに分けられ、グループ1では実装した機能を備えたプレーヤーを用いて被験者は動画を視聴する。グループ2では実装した機能を持たないプレーヤーを用いて被験者は動画を視聴する。この際のビットレートは、ABRによって決定されるものとなる。グループ3でも実装した機能を持たないプレーヤーを用いて被験者は動画を視聴する。この際、グループ3では常に高いビットレートが選択される。

ここで、グループ1の被験者は常に利用可能帯域にあわせて画質を選択しなくてはならないという誤解を与えないよう、「枠の色が変わるが自分の好きなように画質を選んでよい」と伝えて実施している。グループ1、グループ2ではサーバとクライアント間の利用可能帯域が時間によって変化し、グループ3では常に十分な利用可能帯域が与えられるように設定している。グループ1、グループ2では、利用可能帯域が100 Mbpsである期間が30秒間あるいは60秒間続き、その後15秒間は8 Mbpsとなる。この変動が映像の最後まで繰り返されることとなる。ここで、変動のパターンは全動画で同じである。

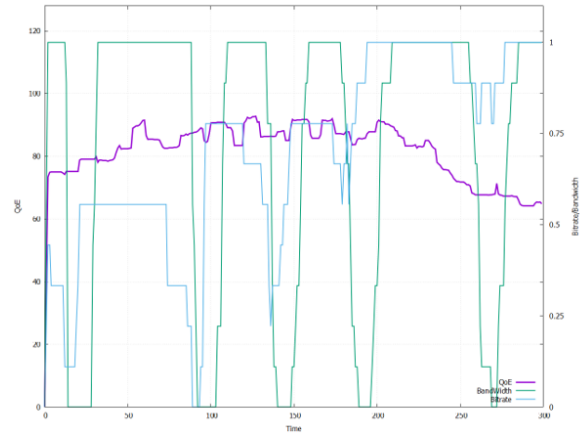
4.2 実験結果

コンテンツとして、映像や音声の不連続な場合の影響が比較的少ないと思われる、自然風景が中心となる映像での結果を図4に示す。いずれも各グループでの全被験者の平均値であり、動画内の時刻で、1秒ごとのビットレート、利用可能帯域、QoEの値を示している。グループ1の多くの被験者が、利用可能帯域が小さくなる予兆がしめされた際に(赤色の枠が表示された際に)画質を下げる機能を使用していることが分かる。この際にQoEも低下しているが、一方でABRによってビットレートが自動的に決まるグループ2の結果と比較して高いQoEが得られていることが分かる。グループ3では、常に高画質の映像が再生されており、画質の変化やリバッファリングは生じない。そのため、これらを要因とするQoEの低下が生じない。すなわち、映像の内容に対する嗜好が強く反映されていると考えられる。グループ1とグループ3を比較しても、グループ1で顕著なQoEの低下は見られず、ユーザーが自身でビットレートを選択することで、画質に対する納得を得て、結果的にグループ2で生じたようなQoEの低下が生じていないと考えられる。

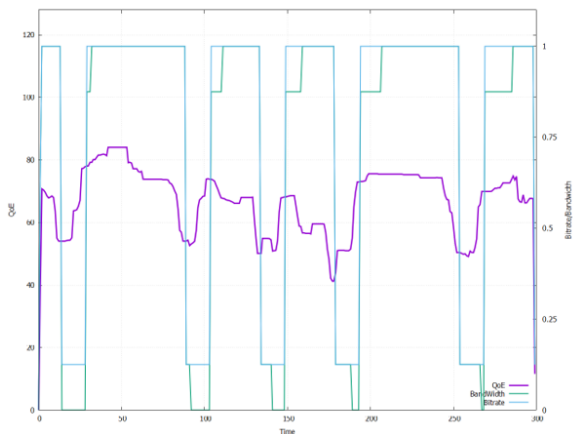
別の映像による結果を図5に示す。用いた映像内容では人同士の会話を多く含んでおり、映像や音声の不連続になることに対して、自然映像よりも影響が大きいと考えられる。この映像においてグループ1の被験者が動画の後半において利用可能帯域の変化に応じてビットレートを変更する割合が低下している。すなわち、リバッファリングが生じて映像が時折止まりながらも再生を続けていることになる。しかしながら、グループ2の被験者とのQoEを比較すると、QoEの低下が抑えられており、利用可能帯域の低下の後でQoEが維持されていること



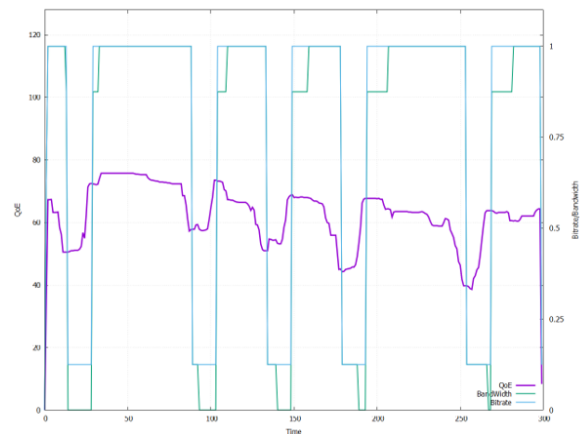
(a) グループ 1



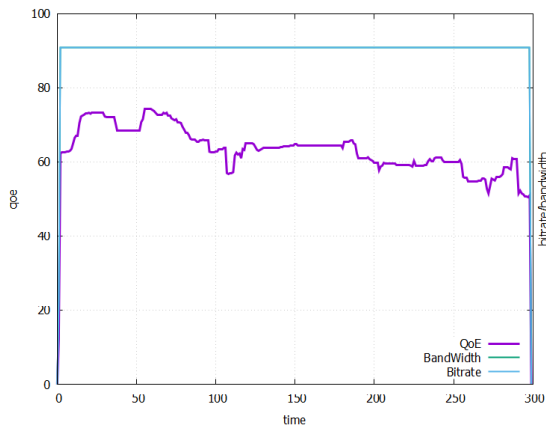
(a) グループ 1



(b) グループ 2

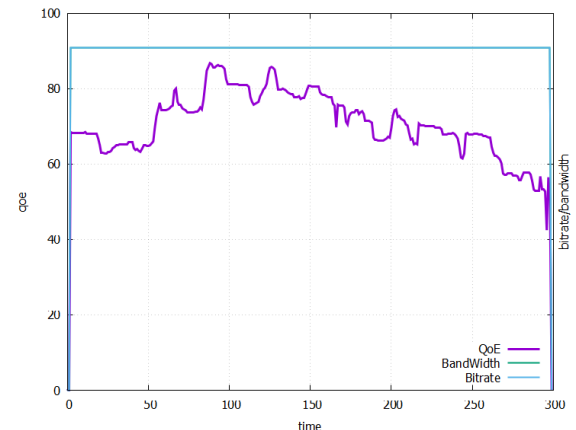


(b) グループ 2



(c) グループ 3

図 4 自然風景映像



(c) グループ 3

図 5 トーク映像

が分かる。グループ 1 とグループ 3 を比較すると、自然映像の結果と同様に、QoE の差がそれほど大きくないことが分かる。

5. おわりに

通信の輻輳が生じる状況においても、ユーザーの QoE を損うことのない動画配信の実現を図り、DASH プレーヤー上での容易な操作で画質を変更可能な機能を開発した。本開発機能は、人が自身の選択をより好意的に捉えようとする choice-supportive (選択支持) バイアスにより、ABR と同程度の画質が提供され

る場合においても、QoE が維持・向上できることを検証するためのものである。被験者実験による評価では、自身で画質を変化させる、あるいは変化させないことを選択することで、QoE の低下が抑制されていることが示された。選択支持バイアスを考慮に入れて開発した画質選択機能は、ユーザーに選択を委ねることで QoE を維持・向上することを目指しており、DASH クライアントによる配信制御はおこなっていない。選択支持バイアス以外の認知バイアスを含んだ形での QoE 推定モデルを構築し、配信制御に用いることも今後の展望である。

文 献

- [1] A. Feldmann, O. Gasser, F. Lichtblau, E. Pujol, I. Poese, C. Dietzel, D. Wagner, M. Wichtlhuber, J. Tapiador, N. Vallina-Rodriguez, et al., “A year in lockdown: How the waves of COVID-19 impact internet traffic,” *Communications of the ACM*, vol.64, no.7, pp.101–108, 2021.
- [2] Y. Qin, S. Hao, K.R. Pattipati, F. Qian, S. Sen, B. Wang, and C. Yue, “Quality-aware strategies for optimizing ABR video streaming QoE and reducing data usage,” *Proceedings of ACM Multimedia Systems Conference*, pp.189–200, June 2019.
- [3] H. Mao, R. Netravali, and M. Alizadeh, “Neural adaptive video streaming with pensieve,” *Proceedings of the Conference of the ACM Special Interest Group on Data Communication (SIGCOMM)*, pp.197–210, Aug. 2017.
- [4] D. Bhat, A. Rizk, M. Zink, and R. Steinmetz, “SABR: Network-assisted content distribution for QoE-driven ABR video streaming,” *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, vol.14, no.2s, pp.1–25, 2018.
- [5] “ITU-T P.1203”. <https://www.itu.int/rec/T-REC-P.1203>
- [6] L. De Cicco, G. Manfredi, S. Mascolo, and V. Palmisano, “QoE-fair resource allocation for DASH video delivery systems,” *Proceedings of International Workshop on Fairness, Accountability, and Transparency in MultiMedia*, pp.33–39, Oct. 2019.
- [7] “Cognitive bias cheat sheet”. <https://medium.com/better-humans/cognitive-bias-cheat-sheet-55a472476b18>
- [8] “ITU-R BT.500-13”. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-13-201201-I!!PDF-E.pdf
- [9] “ITU-T BT.1788”. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1788-0-200701-W!!PDF-E.pdf