

# Design of QoE Control Alleviating Cognitive Bias in Video Streaming Services

大阪大学大学院情報科学研究科  
情報ネットワーク学専攻 村田研究室  
西澤夏実

2022/02/10

1

## ストリーミング動画配信と QoE の活用

- 動画ストリーミング配信の普及
  - 各ユーザに合わせたサービス品質最適化
    - 同じネットワーク品質でもサービスに対する満足度は多様
    - ユーザの感情やコンテンツ内容に依存
- ストリーミング動画視聴者の満足度向上
  - 体感品質 (QoE: Quality of Experience) の推定と改善
    - QoE: ユーザの主観的なサービス品質に対する評価
    - ネットワーク品質, コンテンツ, ユーザーの気分, 視聴環境等から影響される

2

## 動画視聴者のふるまいに沿った QoE 推定

- 主観的な品質の定量化における課題
  - 動画視聴中における認知バイアスの影響
    - 認知バイアス: 人が物事を認知する上で生じる非合理的な意思決定
    - 認知バイアスを含めた QoE 推定, ビットレート制御が必要
- 動画視聴者に生じる認知バイアスの例
  - 順序効果: 情報の内容ではなく, 提示される順序によって生じる効果
  - 動画視聴者における適用: 同じ画質でもリバッファリング後に QoE 上昇
  - リバッファリング: 画質低下後, 再び元の画質に回復

3

## 研究目的とアプローチ

目的

動画視聴ユーザの QoE モデルで認知バイアスを表現し、認知バイアスを考慮したビットレート制御により QoE 向上

アプローチ

- 認知バイアスを考慮した QoE 推定
  - 認知バイアスを含む QoE モデルを構築
  - 構築したモデルにより動画視聴者の QoE を推定
  - QoE 推定値と実際の QoE を比較し, モデルの精度を評価
- 認知バイアスを考慮したビットレート制御
  - 動画視聴中に生じる認知バイアスを回避する制御方針を提案
  - あるネットワーク環境下で制御方針を適用する場合としない場合のビットレートをシミュレーション
  - 認知バイアスを考慮する場合としない場合で QoE を比較

4

## 認知バイアスを考慮した QoE 推定手法

- 認知バイアスのモデル化
  - 動画視聴者には様々な認知バイアスが生じる
  - 認知バイアスの包括的なモデルが必要
- 量子意思決定を用いて QoE モデルを構築
  - 量子意思決定: 人間の認知状態と量子状態を対応付けてモデル化
    - 量子理論の数学的構造によって矛盾や不合理を表現
  - 意思決定: 文脈に基づいて確率的
    - 意思が未決定の認知状態から特定の選択肢を選ぶ認知状態へ確率的に推移
- QoE モデルの構築手順
  - 量子意思決定を動画視聴者の QoE に適用
  - 認知状態の時間変化をモデルに導入
    - アンカリング効果のモデル化
  - 順序効果を QoE モデルに導入

5

## 量子意思決定を用いた QoE モデル

- 動画視聴中の認知状態
  - 認知状態: 量子状態  $|\psi\rangle \in \mathcal{H}$ 
    - QoE が良い状態  $|g\rangle$  と悪い状態  $|b\rangle$  を定義
  - 意思が未決定: 重ね合わせ状態  $|\psi\rangle = p_1|g\rangle + p_2|b\rangle$ 
    - $|g\rangle$  を  $|p_1|^2$  の確率, 選択肢  $|b\rangle$  を  $|p_2|^2$  の確率で選択
- 動画視聴者の意思決定
  - QoE:  $|g\rangle$  を選択する確率  $P(g)$
  - 意思決定: 重ね合わせの解消
    - 観測 (質問) により  $|g\rangle$  と  $|b\rangle$  のどちらかを選択

6

### 認知状態の時間変化のモデル化

- 動画視聴中に認知状態は絶えず変化
  - 量子意思決定は時間経過による認知状態変化を表現不可
  - 時間経過による認知状態変化を含む認知バイアスを導入
    - アンカリング効果: 直前の情報に意思決定が強い影響を受ける
- 量子意思決定によるアンカリング効果のモデル化
  - アンカリング効果の数値モデル<sup>[2]</sup>: サンプルを更新
    - 現在の推定値を確率的に修正し、新しい推定値を生成
    - 新しい推定値の事後確率と古い推定値の事後確率を比較し、高ければ更新
  - 量子意思決定に適用
    - 量子状態における時間発展: シュレディンガー方程式
    - サンプルを更新

$$\hbar \frac{d}{dt} |x(t)\rangle = \hat{H} |x(t)\rangle$$

$\hat{H}$ : ハミルトニアン,  $i$ : 虚数単位,  $\hbar$ : デイラック定数

[2] Val, E., Goodman, N., Griffiths, T.L. and Tenenbaum, J.B. (2014), One and Done? Optimal Decisions From Very Few Samples, Cognitive Science, 38: 599-637.

7

### 順序効果のモデル化

- 順序効果: 情報が提示される順序によって生じる効果
  - 動画視聴者における適用: 同じ画質でもリバッファリング後に QoE 上昇
    - リバッファリング: 画質低下後、再び元の画質に回復
  - 量子意思決定によるモデル化
    - 演算子の非可換性として表現

$$\hat{H} = \begin{pmatrix} b & -(a+c(t)) \\ -(a+c(t)) & b \end{pmatrix}$$

$$c(t) = \frac{d(t) - N_1}{N_2}$$

動画視聴者における順序効果の模式図

8

### 認知バイアスを考慮したビットレート制御方針

- QoE 低下の原因となる認知バイアス
  - 初頭効果: 再生開始直後の画質が悪いとその後の QoE が低下
  - 繰り返し効果: 短期間にリバッファリングを繰り返すと QoE が低下
- 認知バイアスによる QoE の低下を抑えるビットレート制御方針
  - 再生開始時: できるだけ高い画質で再生を開始
  - 再生中: リバッファリングの頻度を抑える
    - 10秒以内に再度リバッファリングが起こらないようなビットレート設定とする

実際の動画視聴者の QoE に表れる初頭効果

- 実際の動画視聴者から取られた QoE [3] における再生開始直後の QoE とその後の QoE の平均
- 相関があり、再生開始直後の QoE が低いとその後の意思決定に影響

[3] N. Eisera et al., "A Continuous QoE Evaluation Framework for Video Streaming Over HTTP," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol.28, no.11, pp.3236-3250, Nov.2018.

9

### QoE 推定とビットレート制御の評価

- 認知バイアスを考慮した QoE 推定の評価
  - QoE モデルを使用したシミュレーションで QoE を推定
    - データセット<sup>[3]</sup>のビットレートを QoE モデルへ入力
    - 1秒ごとの QoE 推定値を出力
    - QoE 推定値をデータセットの QoE と比較
  - 評価対象
    - QoE (数値列): 被験者 21 人が実際に動画を視聴して報告した QoE の平均、1秒ごとに時系列で記録
    - QoE 推定精度, QoE モデルによる認知バイアスの表現
- 認知バイアスを考慮したビットレート制御の評価
  - テストデータを用いた動画プレイヤーのシミュレーション
    - スループットを入力, ビットレートとバッファを出力
  - QoE のシミュレーション
    - ビットレートを QoE モデルへ入力, 1秒ごとの QoE 推定値を出力
  - 評価対象
    - 認知バイアスを考慮したビットレート制御を適用する場合, しない場合の QoE

10

### 認知バイアスを含む QoE 推定結果

- 実際の QoE における順序効果
  - 30秒以降において、リバッファリング後に QoE 上昇
- モデルの QoE 推定値における順序効果
  - 30秒以降において、QoE 推定値はリバッファリングが起きるたび徐々に上昇

movie15: TV08(FHD, 24fps), f = 3, d = 7

Legend: averageQoE, bitrate, datasetQoE, maxQoE, minQoE

11

### ビットレート制御のシミュレーション結果

- 認知バイアスを考慮したビットレート制御により QoE 改善
  - 認知バイアスを考慮した制御を行う場合, 平均 QoE が向上
  - 認知バイアスによる QoE 低下を抑止
    - 動画再生開始直後の急激な QoE 低下を防ぐ
    - リバッファリングの頻度を抑えることで QoE が安定

認知バイアスを考慮した制御を行わない場合 (QoE平均: 41.56)

認知バイアスを考慮した制御を行う場合 (QoE平均: 49.47)

同じスループットから異なるビットレートを出力

12

**まとめと今後の課題**

13

**• まとめ**

- ・ 認知バイアスを含むQoEモデルを構築
  - アンカリング効果、順序効果
- ・ シミュレーションによるQoEモデルの評価
  - アンカリング効果、順序効果を表現可能
  - 高い精度でQoEを推定可能
- ・ ビットレート制御によるQoE改善の評価
  - 認知バイアスを考慮したビットレート制御によりQoEが改善

**• 今後の課題**

- ・ 他の認知バイアスの調査とモデル化
- ・ QoE推定精度の向上