

令和 6 年 4 月 18 日現在

機関番号：14401
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2023
課題番号：20K14735
研究課題名（和文）認知バイアスを活用したネットワーク制御

研究課題名（英文）Network Control Using Cognitive Bias

研究代表者

大歳 達也（Otoshi, Tatsuya）

大阪大学・大学院経済学研究科・助教

研究者番号：60804458

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ネットワークの仮想化などより加速する複数制御主体によるネットワーク制御を、ユーザーとのインタラクションも含めて総合的に実現するための制御手法を検討した。ヒトは、系統的な誤りを持つことから、そのバイアスを考慮するために、バイアスを含んだ認知のモデルを構築した。制御主体は、このバイアスを持つユーザーに合わせた制御を行う制御を行うことで、制御主体自体もバイアスを持つ。そこで、このバイアスを持った制御主体間の相互作用を設計し、個々のバイアスに影響を受けず、全体として適切な制御を維持できる手法の提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後、サービスごとにネットワークを構築・制御・管理することで、個別のサービスに適したネットワークの運用形態が取られるようになり、サービスのみならず、運用方法自体の多様化も予想される。この際には、サービスの運用者が、サービスを楽しむユーザーにチューニングしたネットワークの構築、制御方式を設計する必要がある。すなわち、ユーザーの体感品質（QoE）を含めて、ユーザーがサービスとどのように関わるのかを考慮したネットワーク構築・制御が必要となる。本研究成果は、このようなユーザー中心の制御を実現する基盤的な技術を提供する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we examined control methods to comprehensively realize network control by multiple control entities, which is accelerated by network virtualization and other factors, including user interaction. Since humans have systematic errors, we constructed a model of cognition that includes bias in order to account for this bias. The control entity itself also has a bias, as it controls to match the user with this bias. Therefore, we designed an interaction between control entities with this bias and proposed a method that can maintain appropriate control as a whole without being affected by individual biases.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：認知バイアス ネットワーク制御

1. 研究開始当初の背景

(1) 動画ストリーミング配信を始め、様々なサービスがインターネットを介して提供され、ブロックチェーンなどを由来として、仮想通貨などの新しいサービスも生まれてきている。今後、サービスごとにネットワークを構築・制御・管理することで、個別のサービスに適したネットワークの運用形態が取られるようになり、サービスのみならず、運用方法自体の多様化も予想される。この際には、ユーザーの体感品質 (QoE) を含めて、ユーザーがサービスとどのように関わることかを考慮したネットワーク構築・制御が必要となる。これは、従来、行われてきた、通信遅延やパケットロスといった、ネットワーク通信そのものの品質 (QoS) を重視して行われてきた制御とは異なり、ヒトとサービスの関わりという、ヒトの感性による不確定的な要素を孕んだ上で、その向上に努めるという新しい制御の必要性を意味している。

(2) ネットワーク上でのヒトの行動やサービスの QoE のモデル化については従来、進められてきてはいるものの、主には、従来の QoS への回帰を行うものが中心となっている。これらは、本来、ヒトの認知というフィルターを通したものであり、そこには、ヒトの認知機構による系統的なバイアスが存在する。そのような系統的なバイアスは、従来の QoS から説明することが難しく、モデルの拡張が必要となるが、アドホックなモデルの拡張で対応しようとすると、いたずらにモデルパラメータが増加し、モデルのオーバーフィッティングなどの問題に直面する。

(3) また、ネットワーク上では複数のユーザーが存在し、また、ネットワークの制御でも、複数の制御主体が存在する。このような複数の制御主体が存在する場合、制御主体間の協調により、全体として適切な制御を維持することが重要となる。ここでは、当然、ユーザー同士はネットワークを通じて相互に影響しあっており、複数の制御主体での制御とは、最終的には、複数のユーザー間の折衷を付ける制御となる。したがって、どのようにして、認知バイアスをもった複数の主体によって、全体として正しい選択を生み出すかが大きな課題となる。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、ネットワークの仮想化などより加速する複数制御主体によるネットワーク制御を、ユーザーとのインタラクションも含めて総合的に実現するための制御手法を検討するものである。

(2) ヒトは、系統的な誤りを持つことから、そのバイアスを考慮するために、バイアスを含んだ認知のモデルを用いて、ユーザーのモデル化を行う。制御主体は、このバイアスを持つユーザーに合わせた制御を行う制御を行うことで、制御主体自体もバイアスを持ち、ユーザーの違いから、異なるバイアスを持った複数の制御主体によってネットワーク全体の制御が行われることとなる。本研究では、このバイアスを持った制御主体間の相互作用を設計し、個々のバイアスに影響を受けず、全体として適切な制御を維持できる手法の実現を目的とした。

3. 研究の方法

(1) ユーザーの複数種類のバイアスを含んだ QoE の時系列変化を量子意思決定の枠組みにおいてモデル化に取り組んだ。

(2) バイアスを含んだユーザーのモデルの解析結果から、バイアスの影響による QoE の振る舞いを明らかにし、QoE の低下につながるバイアスを回避するためのビットレート制御手法を提案した。

(3) 複数ユーザーが異なるバイアスを要求として持つ環境において、ユーザーに紐づいた複数の制御主体間での協調制御を行う手法の確立に取り組んだ。

4. 研究成果

(1) 量子意思決定を用いて実際の QoE の時系列データを再現するモデルを提案した。既存の Memory Effect を考慮した QoE モデル[1]と比較を行い、既存のモデルと比べて、実データとの相関係数が高く、より QoE の時間的な上下を再現可能であることを示した。図 1 は、提案モデルのシミュレーションにより推定された QoE と、実際の QoE データを時系列で比較したものである。時系列の後半では、動画のスループットの低下と回復を繰り返している。青色の実際の QoE

の時系列では、スループット回復後の QoE が、スループット低下前の QoE に比べて増加している様子が見られ、緑色のモデルのシミュレーションによる QoE も、同様の傾向が見られる。実際には、スループットは同レベルに回復しているため、論理的には QoE のレベルも同レベルに回復することが期待されるが、認知バイアスにより、一旦スループットの低下を経験した方がその後の QoE の評価が高くなるという現象が生じており、提案モデルではこれをよく再現できていることが分かる。ただし、モデルシミュレーションの入力はスループットのみという制限があるため、QoE の変化を追えるのはスループットの変化があった時であり、実際の QoE のように中間値を滑らかに動くことはない。

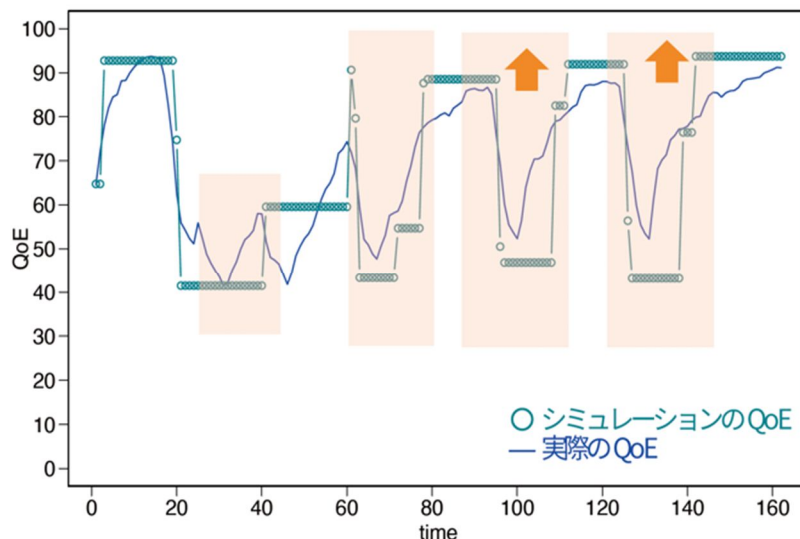


図 1 モデルと実際の QoE の時系列

(2) 認知バイアスの観点から、ネットワーク制御の再構成を行なった。人が外界から取得した情報を状態として記憶するモデルを構築し、少数サンプル取得時の意思決定におけるバイアスの影響を調べた。そこでは、従来の動画ストリーミングで用いられるスループット推定方法と、当該モデルによるスループット推定の比較を行った。図 2 はその結果を表しており、一定の精度を得るために必要とされるサンプル数 n を、画質の選択肢の数 k を変えて調べたものである。図中の波線が従来のスループット推定において必要とされるサンプル数、実線が当該モデルによって意思決定が行われるとした場合に必要とされるサンプル数である。比較の結果、従来のスループット推定では、目標精度から逆算されるサンプル数が認知バイアスモデルに基づいて必要とされるサンプル数以上のサンプル数を取得していることが分かった。これは、ユーザーモデルに比べて過度に慎重な意思決定を従来のスループット推定で行われていることを示唆しており、ユーザーの認知バイアスを考慮することで、より少数のサンプルで適切な判断が可能であることを示した。

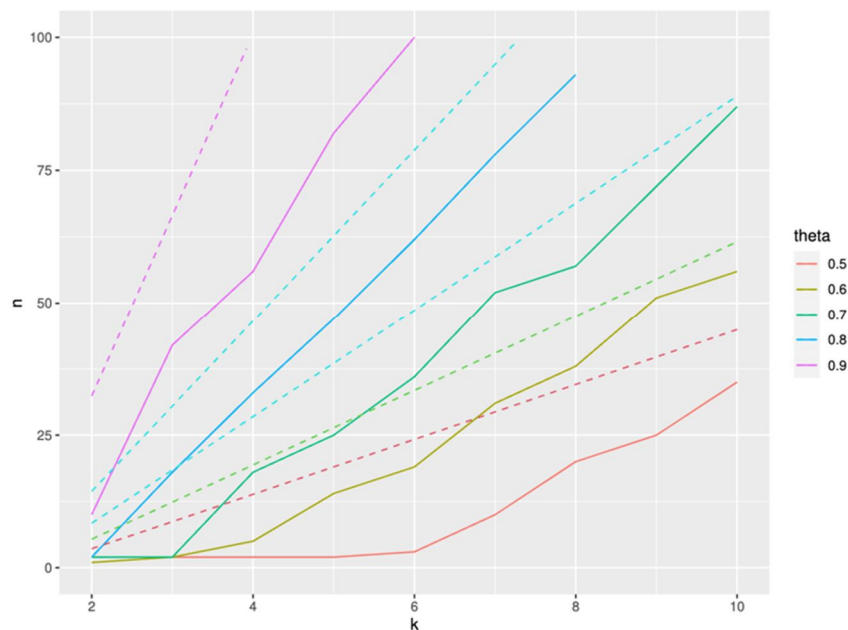


図 2 目標精度および選択肢の数について必要なサンプル数

(3) AI が持つバイアス特性と、ユーザーが持つバイアス特性をマッチングさせることで、主体間のバイアスを調整し、全体として適切な制御を維持する手法を提案した。本手法では、ユーザーの特性を AI に対する要請として捉え、ユーザーと AI の特性を表すプロファイルを制約とした最適化問題を解くことで、適切なマッチングを導出する。

<引用文献>

[1] Duc, Tho Nguyen et al. "Modeling of Cumulative QoE in On-Demand Video Services: Role of Memory Effect and Degree of Interest." Future Internet 11 (2019): 171.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Tatsuya Otoshi and Masayuki Murata
2. 発表標題 Quantum decision making with small sample for network monitoring and control
3. 学会等名 International Conference on Quantum Cognition and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Natsumi Nishizawa, Tatsuya Otoshi, Masayuki Murata
2. 発表標題 Design of QoE control alleviating cognitive bias in video streaming services
3. 学会等名 International Conference on Information Networking, ICIN 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

2023 年度研究成果報告書 https://www.anarg.jp/achievements/?lang=jp&year=2023 2022 年度研究成果報告書 https://www.anarg.jp/achievements/?lang=jp&year=2022 2021 年度研究成果報告書 https://www.anarg.jp/achievements/?year=2021 2020 年度研究成果報告書 https://www.anarg.jp/achievements/?year=2020
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------