



利他的行動は複雑なシステムを攻略するカギになるか？

宮田 純子（非文字資料研究センター 研究員）

スマートフォンやパーソナルコンピュータの爆発的な普及により、日々の生活でインターネットを使う機会が増えてきました。たくさんの方がインターネットを利用し、毎日データをやりとりしていると思います。そのやりとりを不満なく行うために、私は、情報ネットワークにおいて工学的な立場から、理論的な解析を行っています。工学分野においては、実際に使用されている（これから使用される可能性のある）ネットワークシステムを対象に、そのシステムのシステム効率が上がるように、システム内の特性を考慮しながら制御方針を決定します。このような制御方針を決定するためには、システム内の特性のシミュレーションや、問題のモデル化などにより、システム内の特性を把握する必要があります。この解析に必要な技術は、近年のコンピュータの計算能力の向上により、飛躍的に進歩しました。一方で、最初にも述べたように、端末の高度化と小型化により、インターネットに接続される端末数や通信量は爆発的に増加しています。そのため、高度に発達した計算機や複雑なモデルを用いたとしても、通信システムの最適な制御はいまだ容易な問題とはいえません。

ここで、いちどシステムを制御する側から離れ、システムを利用する利用者のことを考えてみましょう。一般に、利用者は、自分の要求に従ってシステムを使います。例えば、いますぐメールを送りたい、いますぐ動画を高画質モードで見たい、というような使い方です。このように自分の要求に従って行動するユーザを「利己的ユーザ」とよびます。しかし、利用者は一人ひとり個性を持った人間であり、状況や環境に応じて行動を変えようと考えられます。例えば、みなさんもお経験があると思いますが、年末年始に友人に送るメールは、大変混雑することが経験上明らかになっているため、送りたい要求はあるものの、あとから送るといった行動をとることもあると思います。また、動画を見ている際に、ネットワークの環境が悪く、画質が悪いと感じた場合には、画質を落として見る方もいると思います。

これらの行動は、利己的ユーザの行動というよりは、状況に応じて行動を変える（または他人のために自らの行動を変える）「利他的ユーザ」の行動であるといえます。このような利他的ユーザの行動は、有限なネットワーク資源の輻輳（ふくそう）緩和になるため、システムの効率化にとって重要な役割を果たすでしょう。図1に示すように、これまでは技術的な観点、ビジネス的な観点、ユーザからの観点から個別に研究されてきましたが、これからは技術面のみならず、ユーザの行動も考慮した制御方式を考察する必要性が増すと予想されます[1]。したがって、より複雑で高度な制御を必要とするこれからの制御では、ユーザの行動にも着目した制御というのが大事になってきます。これまでに、私は待ち行列理論やゲーム理論を用いて、これらの利他的ユーザの行動を考慮した制御について研究を行ってきました。

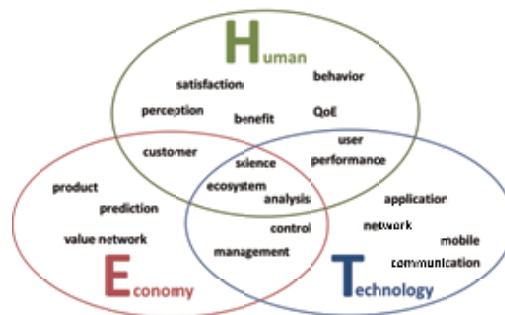


図1 ネットワーク制御における多方面からのアプローチ

例えば、図2に示すように、通信を新規にネットワーク内への収容可否を判断する受付制御に関して、利他的行動を考慮したものを提案しています[2]。既存の受付制御方式では、各ユーザが他のユーザに影響されず利己的に振る舞うことを仮定しています。そのため、仮に、他のユーザの接続状況に影響されて、他のユーザのために自らの要求を下げる利他的で協力的なユーザも存在する場合には、既存の受付制御方式は最適な制御とはならない可能性があります。制御が最適でないということは、有限なネットワーク資源を効率的に使用できていないこ

とを意味します。そこで、私はユーザの利己的および利他的な振舞いを待ち行列理論を用いて解析し、ユーザの振舞いも考慮するという新たな観点による受付制御方式を提案しています。図2に示してありますように、各ユーザの要求する帯域をトラヒック状況によって下げる協力行動をとることで、利他的ユーザの行動を考慮しない方式よりも、利他的行動を考慮した方式の方が、ネットワーク資源を効率的に使用できることを明らかにしました。

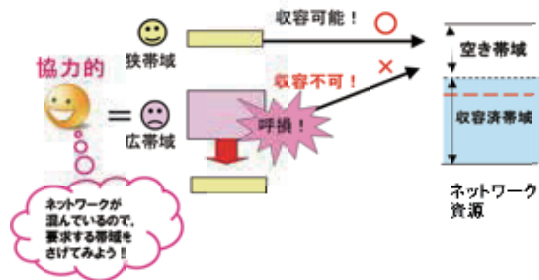


図2 利他的ユーザの行動を考慮した受付制御

また、図3に示すように、無線環境において無線アクセスポイントに接続する際のアクセスポイント選択方法についても、ユーザの利他的行動を考慮した制御方式を提案しています [3]。無線 LAN 環境では、端末を持つユーザとアクセスポイントとの距離が異なる場合、無線端末ごとに伝送レートも異なるマルチレートになります。そのため、このようなマルチレート無線 LAN 環境では、極端に低い伝送レートを得た端末の影響で、システム全体の効率さが下がること (Performance Anomaly) が知られています。そこで、この問題を解決するために、到着した新規ユーザを接続する前に、ユーザ自身が許容できる範囲でアクセスポイントに向かって「物理的に移動する」という協力行動をとることで、ユーザ自身の QoS (Quality of Services) である新規ユーザのスループットを保ちつつ、システム全体のスループット最大化を実現する新しい最適アクセスポイント選択法を提案しました。文献 [3] では、この制御によってシステム全体のスループットを向上できることを数値計算によって示しています。

私は、2012 年度に神奈川大学へ着任して以降、神奈川大学非文字資料研究センターの研究員の一人としても研究を行っております。一見すると、非文字資料研究センターの研究と、いま述べたようなシステム解析の研究は、まったく異なるフィールドの研究であると思われるかもしれませんが、じつは非文字資料の研究にお

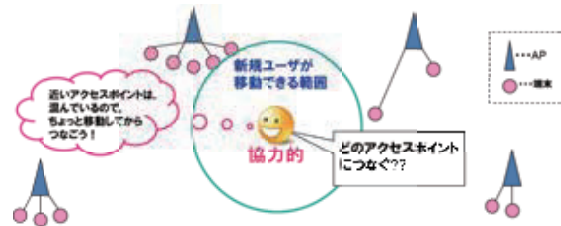


図3 利他的ユーザの行動を考慮したアクセスポイント選択方式

いても、ユーザの行動に着目したシステム解析は重要な役割を果たすと考えています。

非文字資料研究センターでの研究は、非文字資料の収集・整理・保存、公開・発信システムの開発研究を行いますが、その際、膨大な量の非文字資料データを解析する必要があります。もちろん、大量の時間と大量の計算機を用いれば、膨大な量の非文字資料データを解析することは可能かもしれませんが、また、非文字資料のデータベース化や、実際の検索方法など、システム側で制御できることも多々あると思います。しかし、これらの制御では、ネットワーク資源が有限である限り、必ず限界が来るはずです。

そんなとき、利用者の行動を考慮した制御を導入することで、膨大な量の非文字データ解析を、より効率的に行うことができる可能性があります。とくに、利他的なユーザの行動を考慮すれば、システムにとって計算負荷を減らすことができるでしょう。このように、ユーザの行動に焦点をあてることは、計算能力の向上のみに頼らずに複雑なシステムを効率よく制御するための新しい道標になるのではないのでしょうか。

- [1] K. Kilkki, "Quality of Experience in Communications Ecosystem," Proc. J.UCS Special Issue, pp. 615-624, Apr. 2010.
- [2] Sumiko Miyata, Katsunori Yamaoka, Hirotsugu Kinoshita, "Optimal threshold configuration with equality based call admission control with cooperative users (mixed loss and delay system)," In Proc. of IEEE ICNC 2014, Feb. 2014(accepted).
- [3] Sumiko Miyata, Tutomu Murase and Katsunori Yamaoka, "Novel Access-Point Selection for User QoS and System Optimization Based on User Cooperative Moving," IEICE Transactions on Communications, Vol. E95-B, No.6, pp.1953-1964, Jun. 2012.