

インターネットは信用できますか



若 者

荒 川 伸 一*

Is the Internet reliable?

Key Words : Information Networks, Noise-induced Control

1. はじめに

皆さんがコンピューター・ネットワークやインターネットを初めて使用したのはいつ頃でしょうか。筆者が初めて触れたのは、1995年4月に大阪大学基礎工学部情報工学科(現情報科学科)に入学して初めての講義でした。当時の通信回線のビットレートは低く、メールの添付ファイルは1Mbyte以下としなければならない、Webページにはサイズの大きい画像ファイルをおいてはいけない、などの「不文律」を守りながらインターネットを利用していた記憶があります。

インターネットは、多くの人にとってはブラックボックスであり、ボタンを押すと情報を運んでくれるシステムとなっていることでしょうか。電力や水などのモノを運ぶ社会 インフラと似ているとも言えますが、決定的に違うのはインターネットでは1対1でモノ(=情報)を運ぶことを基本としていること、および、モノの量や質が個々で異なることが挙げられます。現在は、1995年と比べて飛躍的にユーザー人口が増加し、また、様々なアプリケーションやサービスを楽しむようになっています。表面的に見れば、利用したい人が増えた(利用しやすいインターネットフェースを持つ端末が登場した)、ネットワークアプリケーションの作成技術が進展したからと考えられます。しかし、筆者はネットワーク側に受

け入れる土壌があったからとも考えています。

このたび、「若者」のコラムを執筆する機会を頂きましたので、ブラックボックスを取り巻く環境がどう変化してきたかを振り返りつつ、筆者なりに考えている今後の情報ネットワーク研究の方向性を述べ、最後に筆者らの取り組みについて紹介したいと思います。

2. 情報ネットワークの過去・現在・未来

研究室配属を経て情報ネットワークに関する研究に携わるようになった1999年~2000年頃は、いわゆるITバブル真っ盛りの時期でした。光伝送技術を活用する情報ネットワーク技術の研究に取り組んでいた私は、国内外の学会等で議論される通信需要の伸びに対する様々な供給策を見聞きし、学生ながらもどうすれば良いのだろうと考えたものです。その後、ITに対する過剰な期待は崩壊するところとなるのですが、それにもかかわらず通信需要は減少することなく現在まで着実に増加し続けています[1]。なぜでしょうか。筆者の個人的な考えを述べると、冒頭で述べたような「不文律」によって、ネットワーク利用者が自主的に制約を課していたものの、十分な通信環境の供給によって制約が薄れたからではないでしょうか。つまり、通信需要に対する供給がなされ、利用者が我慢することなくネットワークを利用して新たなサービス ~ YouTube や twitter/ facebook など ~ を創り出し、その新たなサービスが新たな消費者を呼び込む。これを繰り返した結果が現在までの通信需要の伸びにつながっていると筆者は考えています。

インターネットを取り巻く社会環境は劇的に変化していると言われています。実際、今は多くの人がスマートフォンなどのパーソナルデバイスを(ほぼ常時)手に持ち、電車などで高速に移動しながら乗



* Shin'ichi ARAKAWA

1976年12月生
大阪大学 大学院基礎工学研究科情報数理系専攻 博士前期課程(2000年)
現在、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 准教授
博士(工学) 情報ネットワーク
TEL: 06-6879-4541
FAX: 06-6879-4544
E-mail: arakawa@ist.osaka-u.ac.jp

り継ぎ地や目的地に関する情報を取得し、情報を取得したのちにはメールサービスや映像ストリーミングサービスや SNS サービスを享受しています。一昔前には見る事ができない光景です。このようなことができるようになったのは、もちろんアプリケーションが開発され利用できるようになったためです。しかし、なぜ 2000 年頃には開発されず、今、利用されているのでしょうか。それは、デバイス、システム、ネットワーク、プログラミング、および、それらを支える基礎技術それぞれが進展し、新たなアプリケーションの登場を受け入れる土台ができていたからでしょう。例えば、アプリケーションの構想段階で通信速度を 10kbps 程度とする「不文律」があれば、10kbps に合わせるアプリケーションしか産まれないでしょう。不文律が 10Mbps 程度であれば映像ストリーミングなど、不文律が「最大」10Gbps ならクラウドストレージなど、ネットワークやシステムができることに合わせてアプリケーションが登場するのです。

このような観点から情報ネットワークの未来や将来を考えると、現在 50Mbps ~ 100Mbps 程度のアクセス速度をギガビット級に引き上げるのも 1 つの方向性でしょう。もう一つの方向性は、今のインターネットや情報ネットワークではできないことをできるようにすること、すなわち、通信事業者が利用者に我慢を強いている事項を減らしていくことであると考えます。

さて、皆さんはインターネットを利用して何か我慢していることはありますか。特にはないという方でも、インターネットだから仕方ないと思込んでいることはないでしょうか。例えば出先でプレゼンテーションをする時に、その発表資料はどこにありますか。持参する PC や USB メモリに入れておく方も多いかと思いますが、もしかしたらインターネットにつながらないことがあるかもしれないという理由で。パーソナルデバイスの登場や無線技術の進展で、いつでもどこでもインターネットにつながると言えるようになりました。しかし、いつでもどこでも「確実に」と言えるほど信用できるネットワークシステムに至っているとは言い難いでしょう。確実につながると言い切るとは実際にはなかなか難しいのですが、少なくとも「ネットにつながらないなんて珍しい」と感じるレベルまで情報ネッ

トワークの信頼性を高めていくことが大事であると筆者は考えます。次章では、情報ネットワークの信頼性を高めるための筆者らの取り組みについて、簡単に紹介したいと思います。

3. 脳や生体の動作原理を用いた情報ネットワーク制御

ネットワークにつながっていたものの突然つながらなくなる原因は、主に 2 つ考えられます。1 つは、ネットワーク機器の故障で、もう 1 つは通信が多量に発生して混雑し通信遅延が許容できないレベルで増大するためです。ネットワーク機器の故障の原因はさらに細分化され、電源障害、熱暴走、通信ケーブル断線、機器設定ミス等が挙げられます。ネットワーク機器故障への対処策は、一般には冗長化、すなわち、機器故障時に備えたバックアップ機器を事前に準備しておくことが考えられています。通信遅延の増大に対しては、通信（の基本となるパケット）が辿る経路を調整する「トラフィックエンジニアリング」の手法が広く検討されています。しかし、このような対処策には限界があります。冗長化については、バックアップ機器の故障も本来は考えなければなりません。もちろんバックアップ機器の故障に備えてもう一台準備するという考え方もあるにはありますが、ここで言いたいことは想定した機器故障以上の障害が生じた時への対処が不十分となる点です。トラフィックエンジニアリングについては、実施が難しい点が 2 つあります。1 点目は最適な経路を計算する計算時間です。2 点目は、最適な経路を計算するために、ネットワークを流れる通信需要を厳密に把握する必要がある点です。

これらの問題点を回避しつつ情報ネットワークを制御するアプローチとして、筆者らは脳や生体の動作原理を説明する「ゆらぎ制御」を持ち込みました。ゆらぎ制御は、システムの制御状態を表す変数 x が、ゆらぎ方程式 $\frac{dx}{dt} = activity \cdot f(x) + \eta$ を用いて駆動され、 $f(x)$ で表現される安定点（アトラクター）へと導く数理モデルです。 η は「ゆらぎ」項（ノイズ項）です。すなわち、変数 x が「ゆらぎ」と確定的な振る舞いによって駆動され、それらの 2 つの振る舞いがシステムの状態を示すフィードバック値（アクティビティ）によって制御されるモデルであり、

生物システムが未知の環境変化に適応し生物システムの状態を安定点へと制御する選択による状態制御がなされるものです。なお、ゆらぎ制御と情報ネットワーク制御をどう対応付けているかについては解説論文 [2] で述べています。ここでは、従来手法との違いのみを述べるに留めます。ネットワークの制御状態と通信要求量を厳密に把握した上で最適化を図る従来手法と比較して、ゆらぎ制御ではネットワークの「心地の良さ」をアクティビティーとしてフィードバックしている点が大きく異なっています。つまり、機器故障や通信遅延増大によって「心地良さ」が失われればアクティビティーは0となりノイズ項を支配項として状態制御がなされ、いずれ「心地の良い」状態へと制御するものとなっています。通信機器が何台故障したか、どこで故障したかを把握して変数 x を決めるものではないため、様々な通信環境の変化にも適応して動作することを計算機シミュレーションにより確認しています。また、図1に示す広域実験ネットワークを構築し、日本電信電話株式会社と共同で実験に取り組んでいます。

4. おわりに

デジタルネイティブの成長にともなうあまねく世代の人が情報ネットワークを利活用する時代を迎えようとしています。今は情報ネットワークのポテンシャルを引き上げるべく様々な研究者が様々な研究に取り組んでいます。筆者も微力ながら尽力する所存です。

参考文献

- [1] 総務省：我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計・試算（2014年5月時点の集計結果の公表），総務省，（2014/10/7）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban04_02000086.html
- [2] 荒川伸一，小泉佑揮，村田正幸，“ゆらぎを用いる光パストロジー制御，” 光学（ランダムネスと光学：多様な展開），vol. 43, no. 5, pp. 217-222, 2014年5月.

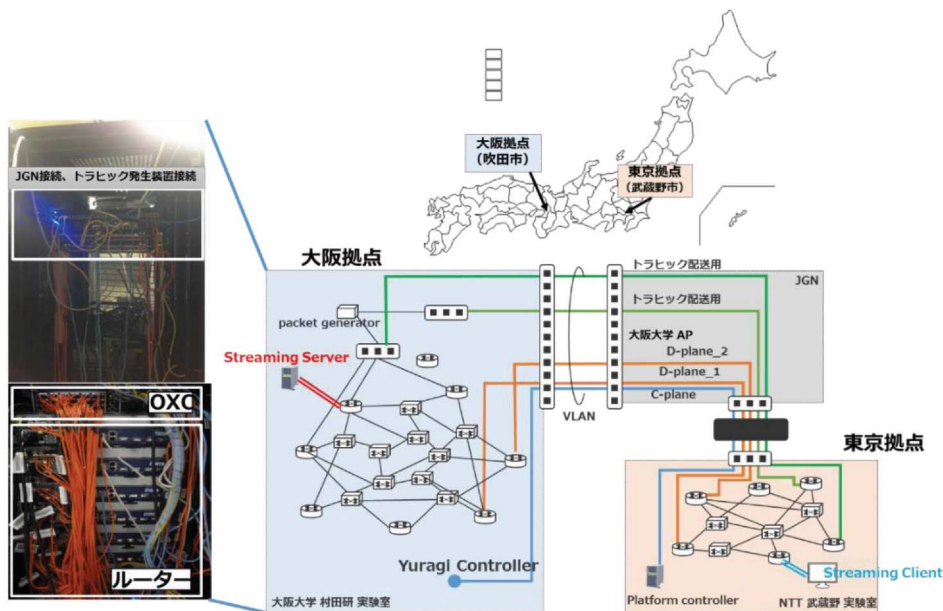


図1：広域実験ネットワークの構成