

トラフィックの現状と傾向

長 健二郎●株式会社インターネットイニシアティブ

福田 健介●国立情報学研究所

主要ISP6社の計測データから見えてきた利用傾向 新アプリケーションの登場でトラフィックも一変

■ブロードバンドトラフィック増加の影響

2001年に政府が決定したe-Japan 戦略では、ブロードバンドアクセス網の整備を大きな目標に掲げた。実際、その後日本ではブロードバンドは急速に普及し、誰もが速いインターネットを安く利用できる環境ができてきた。特に、FTTHの普及率では日本は世界最高で、最速のブロードバンド先進国となっている。その一方で、ブロードバンド利用者のトラフィック量が急増し、バックボーントラフィック全体の3分の2を占めるまでに至っている。

ブロードバンドトラフィックの増加に対して、ISP には大きく2つの懸念がある。1つめは、増加の速度がバックボーン機器の技術革新の速度より速く、近い将来にバックボーンがパンクするというものである。2つめは、安価なブロードバンドアクセスではISPは儲からないので、たとえ技術的な対応策ができたとしても、ISP がトラフィック増加に見合う投資をできなくなるというものである。

トラフィック量の伸び率は今後を予想するうえで重要な意味を持つ。トラフィック量が年率100%で増加を続けると10年で1000倍にもなり、画期的な発明でもされない限り実現できそうにない。しかし、年率50%の増加なら10年で58倍なので、既存技術の延長で対応できる可能性が出てくる。実際に、国内のトラフィック増加率は、一時より増加速度が鈍ってきている。国内主要IX のトラフィック量は、ITバブルの最中の2002年には年率4倍もの速度で伸びていたが、ここ2、3年は年率50%程度の増加で安定している。

この要因として、ブロードバンド普及が一巡したことが挙げられる。また、度重なる情報漏えい事件を受けて、P2Pファイル交換トラフィックの伸びに歯止めがかった一方で、ビデオストリーミングのトラフィックが増加する傾向が見られる。

■協力ISP によるトラフィック量調査

2004 年の総務省次世代IP インフラ研究会報告書⁽¹⁾では、今後のインターネットの在り方を考えるうえで重要な基礎データとして、技術的かつ継続的なトラフィックデータ集計の必要性を訴えると同時に、企業機密であるトラフィックデータの集計には産官学の協力による取り組みが欠かせな

いことが指摘された。

これを受け、2004年7月に、総務省データ通信課を事務局に、学界の研究者と国内ISP7社がトラフィック量調査の取り組みを始めた。データを提供いただいている協力ISPは、IIJ、ケイ・オプティコム、KDDI、NTTコミュニケーションズ、ソフトバンクBB、ソフトバンクテレコム、パワードコムの7社でスタート。2006年のKDDI とパワードコムの合併により、現在は6社7ネットワークとなっている。

調査の目的は、国内バックボーンにおけるトラフィック量の基礎データを開示することによって、事実に基づいた健全なインターネットの発展に寄与することである。

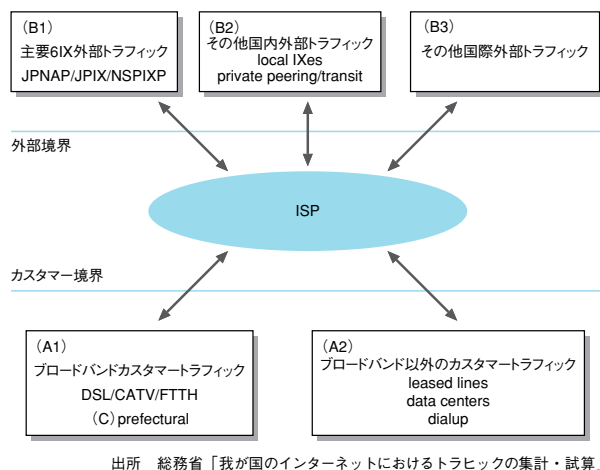
企業機密であるトラフィック情報は個別の事業者では開示が難しい。そのためデータの入手が難しく、ともすれば、推測あるいは一部の偏ったデータをもとに議論や判断がなされかねない。そこで、産官学の連携によって、トラフィック情報の秘匿性を維持しつつ、協力ISP 全社の合計値としてトラフィック量を公開している。集計結果は、総務省の報道資料として、また、国際会議などの場で発表されているほか、ブロードバンド先進国である日本のバックボーンの現状を示す貴重な資料として、あるいは、競合ISPが協調して大規模なトラフィック集計を行った世界初の事例として、国内外から注目されている。

■収集データ

調査を開始するにあたり、協力ISPでは、ほぼすべてのバックボーンルーターのインターフェイスカウンタ値をSNMPで取得し、MRTGやRRDtoolもしくは同等なツールを使ってデータを保存していることが確認できた。そこで、ルーターのインターフェイスの共通分類を定義し、これらのログを集計し、個別ISPのシェアなどがわからないように合算した結果を開示することにした。また、平均値は加算可能であるが、最大値などは加算できないため、平均値のみを扱うことにした。

測定対象は、ISP境界を越えるトラフィックである。一般に、ISP 境界は、顧客を接続するカスタマー境界と、他のISP と接続する外部境界に分けられる。協力ISPと協議の結果、各社の実運用と整合するよう図1に示す以下の共通

図1 定義したISP境界における5つのトラフィック分類



分類を定義した。

(A1) ブロードバンドカスタマーラフィック

ADSL/CATV/FTTHなどのブロードバンドサービスの顧客。ここには、ブロードバンド回線利用の中小企業も含まれる。

(A2) ブロードバンド以外のカスタマーラフィック

専用線、データセンター、ダイヤルアップ利用者などのブロードバンド回線以外の顧客。なお、ここには、専用線接続の下流プロバイダーも含まれているので、その下にブロードバンドカスタマーが存在する場合もある。

(B1) 主要6IX 外部トラフィック

国内主要IX、つまり、JPIX、JPNAP、NSPIXPの東京および大阪で交換される外部トラフィック。これは我々の調査結果を主要IX側での計測値と比較するため。

(B2) その他国内外部トラフィック

主要6IX以外で交換される国内外部トラフィック。主に、プライベートピアリング、トランジット、ローカルIXで交換される国内外部トラフィック。ここでは、両端が国内にあるリンクを国内と定義している。したがって、グローバルなASに国内で接続している場合も含まれる。

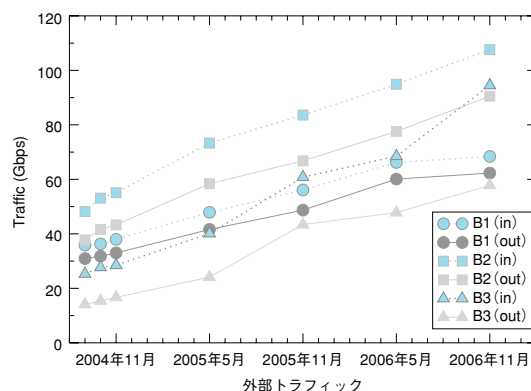
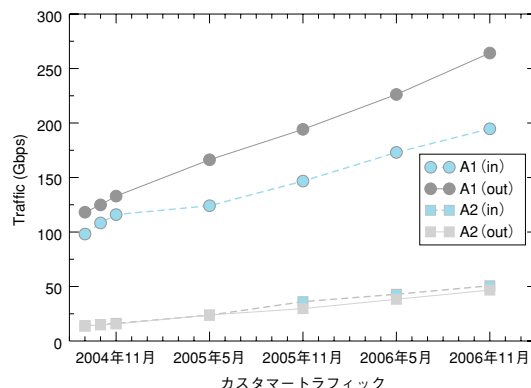
(B3) その他国際外部トラフィック

接続点が国外にあるような国際交換トラフィック。

これらに加え、(A1)のうち都道府県別に集計できるものは、その集計も行っている。大手ブロードバンドキャリアのうち2社は、顧客を集約したリンクを都道府県別にISPに提供しているため、一部の協力ISPでは都道府県別での集計が可能である。

2006年は国際トラフィックが伸びる

資料7-1-1 トラフィックの増加傾向: カスタマーラフィック(上)と外部トラフィック(下)



なお、(A2)のブロードバンド以外のカスタマーラフィックは4社からしかデータが得られてない。これは、ISPのネットワーク構成によっては社内リンクと外部リンクの切り分けが難しく集計が困難なためである。その他の項目は全社からデータが提供されている。そのため、(A2)のトラフィック量を他の項目と直接比較することはできない。

一般に、インターフェイスカウンター値を合算しても、ダブルカウントが発生し、意味のある数値は得られない。しかし、ここでは、ISP境界を越えるトラフィックだけをカウントすることによってISP内部でのダブルカウントをなくした。また、協力ISPは互いにピアリングしているためISP間のダブルカウントもほとんどないはずである。ISPのデータセンターなどもカスタマーとして分類しているため、ISP境界内部はバックボーンネットワークであり、ここで発生または消費されるトラフィックは無視できる量である。したがって、ISP境界外部から入ってきたトラフィックは、境界外部へ出ていくものと考えてよい。

ブロードバンドダウンロードは637Gbpsと推定

資料7-1-2 IXデータとの比較

	(B1)ext-6ix out	6majorIXes in	ratio(%)
2004年 9月	30.9G	74.5G	41.5
10月	31.8G	77.1G	41.2
11月	33.0G	80.3G	41.1
2005年 5月	41.6G	99.1G	42.0
11月	48.1G	115.9G	41.5
2006年 5月	60.1G	139.2G	43.2
11月	62.3G	150.1G	41.5

出所 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」

データの収集は、トラフィック分類ごとにSNMPインターフェイスカウンタ値を2時間粒度で1か月分収集することにした。時間粒度は、MRTGが1か月分のデータを2時間粒度で保存するため、2時間を選んだ。時間境界をUTCで計算するMRTGに合わせているので、日本時間では奇数時間となる。そこで、MRTGとRRDtoolのログを集計するスクリプトを開発し、これを協力ISPに配布、各ISPは自社で集計を行い、結果のみを提出することにした。

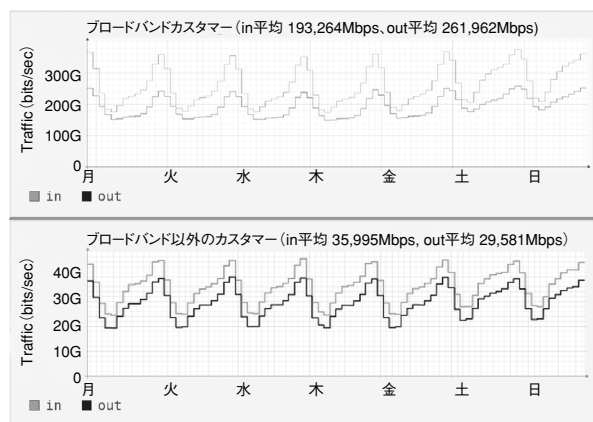
時間粒度のデータによって、各ISPで大きなトラフィック変化があった場合にも特定が可能となる。前回の測定値やIXでの測定結果と比較し、食い違いがある場合には、原因の究明を行うようにしている。原因には、ネットワーク構成の変更、障害、SNMPデータの抜け、インターフェイスグループ分けの不備などが挙げられる。トラフィック量に予想外の変化が見つかった場合には、当該ISPに確認を依頼し、必要があればデータを再提出してもらう確認体制を取っている。実際、何度か短期間のデータの抜けが見つかったが、いずれも全社合計値に対する割合は1%以下であったためデータの補正などは行っていない。

協力ISP側における作業工数で大きいのは、トラフィック分類ごとにインターフェイスのログリストを作成、維持管理する手間である。大手ISPではインターフェイスログの総数は10万以上にのぼる。また、頻繁なネットワーク構成変更に従事するため、ログリストの維持管理にも大きな労力を要する。協力ISP各社には、調査の意義をご理解いただき、データ収集に協力いただいている。

集計を開始した2004年9月から3か月間は毎月データを収集したが、データの一貫性が検証されたので、その後は年に二度、5月と11月に計測、収集を行うようにした。以下に示すデータは、6社7ネットワーク分のデータの合算値である。なお、INとOUTはISPからの視点である。

家庭でもダウンロードに匹敵する発信量

資料7-1-3 2006年11月の週間カスタマートラフィック：ブロードバンドカスタマー（上）とブロードバンド以外のカスタマー（下）



出所 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」

計測結果

トラフィックの増加傾向

資料7-1-1にカスタマートラフィックと外部トラフィックの増加傾向を示す (p.345)。

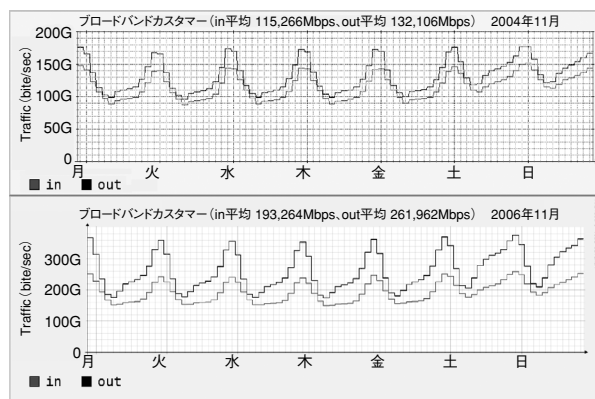
2006年には各項目で26～66%の増加が観測された。ブロードバンドカスタマーに関しては、INで年率33%、OUTで36%の増加となっている。トラフィックの増加傾向として以下の点が挙げられる。

- ・ (A1) のIN/OUTの差が開いてきた。2004年にはINとOUTはあまり差がなかったが、2005年以降のOUT（カスタマーのダウンロード）の伸びが大きい。これは、2004年にはP2Pファイル共有が支配的だったのに対し、P2Pファイル共有の伸びが鈍り、代わってGyaOやYouTubeなどの映像配信のトラフィックが増えてきたためと思われる。
- ・ (B2) が (B1) より大きく、その差が開いてきている。これは、大手ISP間のプライベートピアリングが広がり、その結果、主要IXでのパブリックピアリングからトラフィックが移動しているためだと思われる。
- ・ 国際トラフィックの伸び率が高く、特に2006年の流入が急増している。これは、YouTubeに代表される国外の人気ビデオストリーミングの影響だと思われる。

前述のように、(A2) は4社からしか提供されていないが、この4社の合計値で見ると、(A1) : (A2) は、ほぼ2 : 1と

2006年はダウンロードが増加

資料7-1-4 2004年（上）と2006年（下）のブロードバンドカスタマー・トラフィックの比較



出所 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」

なっていて、ブロードバンドカスタマーのトラフィックが全カスタマー・トラフィックの3分の2を占めている。

次に、(B1) OUTとIX側で測定したデータとの比較を資料7-1-2に示す。(B1) OUTは、IX側の総流入量に対し、測定開始以来一貫して42%程度のシェアがあり、整合のとれたデータ収集ができていたことが確認できる。この数字を国内総トラフィックに対する協力ISPのシェアだと仮定すると、2006年11月の国内ブロードバンド契約者のダウンロードトラフィック総量は約637Gbps (264.2/0.415) と推定できる。

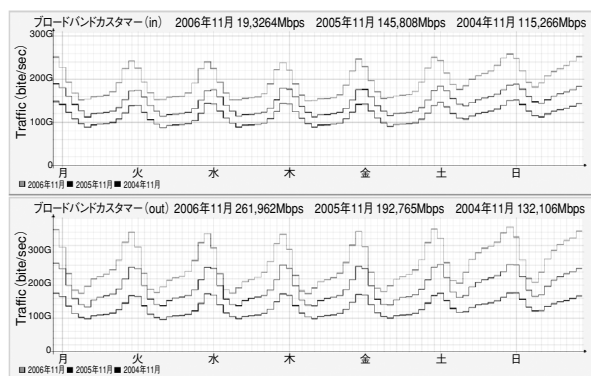
■ カスタマー・トラフィック

資料7-1-3は2006年11月の週間カスタマー・トラフィックを示す。これは、6社のDSL/CATV/FTTHカスタマーの合計値で、各曜日の同時時間帯を平均した値である。休日はトラフィックパターンが異なるため、除いて集計している。このため週間データの平均値と月間平均値には若干の違いがある。

資料7-1-3（上）のブロードバンドカスタマーでは、1日のピークは21時から23時で、夕方からトラフィックが増え、深夜を過ぎるとトラフィックは急減する。週末は昼間のトラフィックが増えるなど、家庭での利用形態を反映している。また、OUT（カスタマーのダウンロード）に匹敵する量のINトラフィックがあり、もはや家庭利用はダウンロード中心とは言えなくなっている。平均でIN側193Gbps、OUT側262Gbpsの流量があり、そのうち150Gbps以上は定常的にトラフィックがある。変動分は、利用者の操作がトリガーと

21時から23時のピークが顕著に

資料7-1-5 ブロードバンドカスタマー・トラフィックの増加傾向：IN（上）とOUT（下）



出所 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」

なっているトラフィックと考えられ、定常部分の多くは機械的に発生されるトラフィックが占めると推測できる。

資料7-1-3（下）のブロードバンド以外のカスタマーでも、時間別の変動や定常部分の割合といった家庭利用の特徴が出ていることがわかる。これは、専用線の下流にいるホームユーザーの影響だと思われる。上図と比べると、昼間のトラフィック量がやや大きい程度で、従来主流だった企業や大学の就業時間のビジネス・トラフィック量の割合が小さくなっていることがわかる。

資料7-1-4は、2004年11月と2006年11月のブロードバンドカスタマーの週間トラフィックを比較したものである。2004年にはIN/OUTがほぼ対称であったが、2006年にはOUTが大きくなっている様子が見える。

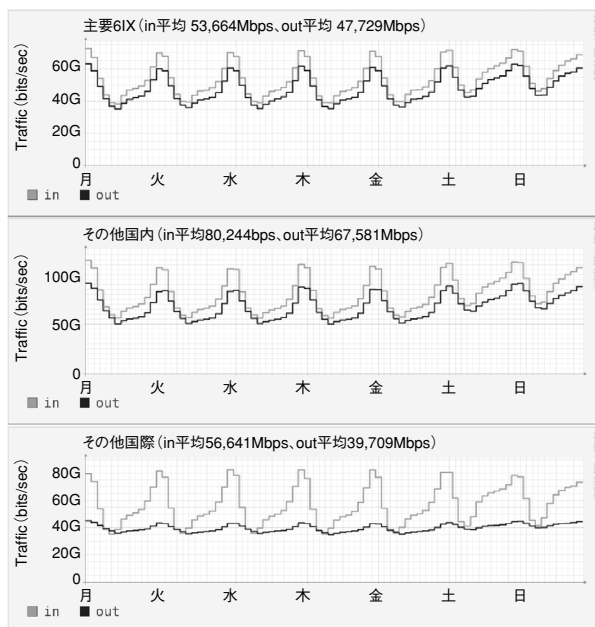
資料7-1-5は、各年11月のブロードバンドカスタマーの週間トラフィックをIN側（上）とOUT側（下）で比較したものである。2005年は主に定常部分が増加したのに対し、2006年には定常部分、変動部分ともに増加していることがわかる。また、2006年には、ピーク時間が21時～23時であることが、より明確になってきた。

外部トラフィック

資料7-1-6は2006年11月の週間外部トラフィックを示す。主要IXのトラフィック（上）とその他国内トラフィック（中）のパターンは、ブロードバンドカスタマーのそれと酷似していて、ホームユーザーのトラフィックの影響を大きく受けていることがわかる。国際トラフィックに関して、ピーク時間は同様であるが、変動部は流入が大きく、国外からのダウンロードが支配的である。

国外からのダウンロードが増加

資料7-1-6 2006年11月の外部トラフィック：主要6IX (上)、その他国内 (中)、その他国際 (下)



出所 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」

都道府県別トラフィック

ブロードバンドカスタマーのトラフィックを都道府県別に見ると、トラフィック量には大きな差があるものの、すべての県に共通して、21時から23時にピーク時間があり、7割が定常的など、同様のトラフィックパターンとなっている。

資料7-1-7は、都道府県別トラフィックの例として、大都市の県 (上) と地方の県 (下) の週間トラフィックを比較している。都市部では昼間のトラフィックが大きく、ブロードバンドを仕事で利用する割合が高いことがうかがえる。

資料7-1-8は県別人口とトラフィック量の相関を示す。トラフィック量はほぼ人口に比例していることが分かる。これは、地方でも都市部にはブロードバンドサービスが行き渡り、国内ブロードバンドサービスのユニバーサルな展開の成果と受け取れる。

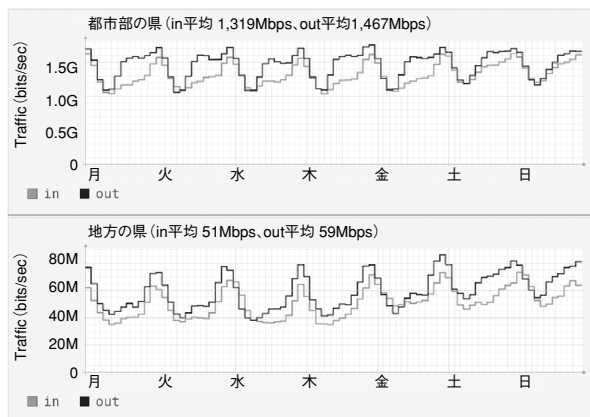
これからのインフラに求められる課題

二極化問題とトラフィック増大への対応

ブロードバンド利用者ごとのトラフィック量を調べると、一部の利用者が大部分のトラフィックを占めていることがわ

都市部では昼間の利用が高い

資料7-1-7 都道府県別トラフィックの例：都市部の県 (上) と地方の県 (下)



出所 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」

かる⁽²⁾。これは一見すると、一部のヘビーユーザーとそれ以外のユーザーという二極化が起こっているように見える。しかし、より詳しく調べてみると、ベビーユーザーは多様で、かつ、べき分布していて、その他のユーザーとの境界もはっきりしない。ファイバー回線利用者の約10%は1日平均2.5Gバイト以上アップロードするヘビーユーザーと考えられ、その総数が多すぎる、また利用者別のトラフィック量が統計的に分布していることから、ヘビーユーザーは特別な人たちではなく、一般ユーザーのヘビーユーザー化が起きていると考えられる。つまり、一般ユーザーが気軽にファイル交換のようなアプリケーションを使い始めた結果、ヘビーユーザー化している、あるいは一般ユーザーがまずは安価なファイバーアクセスを契約し、ブロードバンドを享受できる使い方を求めるということが起きているようだ。特に後者は、いままでなかった現象で、ブロードバンド第二幕を感じさせる。

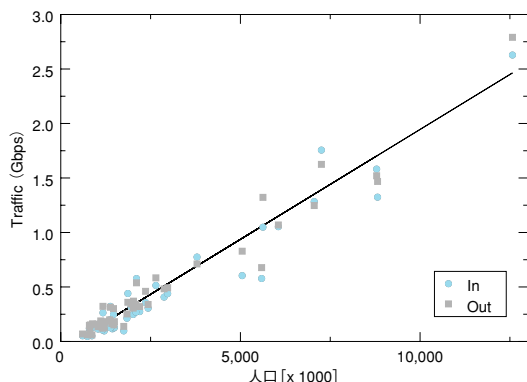
一方で、ヘビーユーザーの中でも極端なごく一部のユーザーのトラフィックが突出する傾向がある。短期的にはこれを抑えると全体のトラフィック量を抑えるのに有効である。しかし、ユーザー全体としてもトラフィック量が増えているのは確実で、あくまで対症療法であり、長期的にはトラフィック増大に対応していく必要がある。

アプリケーションの多様性とトラフィック変動の可能性

我々の調査では、ブロードバンド利用者のトラフィックのうち、ファイル交換に代表されるユーザー同士が直接やりとりするトラフィック量が、ISPやコンテンツプロバイダーとやりとりする量よりも、圧倒的に大きくなっていることがわ

県別トラフィックは人口に比例

資料7-1-8 県別人口とトラフィック量の相関



出所 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」

かった⁽²⁾。このような状況は、ISPやコンテンツプロバイダーは予想していなかった。ユーザー間のトラフィックは、現状では主にファイル交換のようだが、ストリーミングやビデオチャットも増えてきている。

しかし、現状のファイル交換人気はいつまでも続かないのではないと思われる。ファイル交換は、ある意味、ブロードバンド初期の常時接続化の産物である。細い常時接続回線では、ファイルをキャッシュしておくのは有効だが、ファイバーの広帯域があれば、オンデマンドでダウンロードしてもそれ程時間はかからない。また、一般ユーザーは、技術的な仕組みなどほとんど意識せずにアプリケーションを使っている。YouTubeの人気に見られるように、面白いコンテンツがあれば、一般ユーザーはそちらに流れる。このことは、一般ユーザーが、事業者が提供する既存サービスに捕らわれず、新しいアプリケーションに移行する証でもある。したがって、新しいアプリケーションの出現でトラフィック事情が一変する可能性もある。

■ コスト負担の不公平性とコスト構造の再検討

さらに、トラフィック増大によるコストを利用者が負担する必要が出てきたらどうするか、という問題もある。現状の定額制では、一部のヘビーユーザーのトラフィックをみんなで負担するということになり、不公平感が出てくる。

利用者のトラフィック量に応じて、帯域制限や通信品質の差別化を導入するという技術的な解決方法や、課金による解決方法もあるが、いずれにせよ、タイトなシステムは構築、運用とも高コストになるため、不公平を許容するコストとの比較で考えないといけない。

そもそもインターネットは、回線を占有しないで共有し、

パケット交換を統計多重する低コストアーキテクチャーである。一部の利用者がトラフィックを占有してしまえば、これは、共有資源を自己都合だけで食いつぶす、いわゆる「コモンズの悲劇」と呼ばれる状況である。したがって、ここではインターネットのアーキテクチャが破綻している。単にISPのビジネスモデルの問題ではない。低コストのインターネットの良さを維持していくためには、おそらくエコと同様に、利用者の意識改革が必要であろう。技術的には共有を認識するような仕組みを作っていくべきだと思われる。

ISPがインフラに投資できない問題については、安い接続料で利用者を集め、付加サービスで収益を上げるという囲い込みモデルが機能しなくなっているのが原因である。ISPやキャリアはコスト構造の再検討を迫られている。

そもそもインターネットは、ネットワークはサービスに対して中立であるという設計思想で作られた。自由に新しいサービスを展開できるネットワークを作るには、既存の特定のサービスに機能を最適化してしまうと、将来のサービスの発展の足かせとなるという考え方である。このモデルを維持するためには、インフラコストはインフラで回収する方向になる。

■ ブロードバンド第二幕への課題

ブロードバンドの普及により、その恩恵を受けたエンドユーザーによる革新が始まっている。ユーザー間トラフィックの増大など、すでに予想していなかった展開が起こってきている。今後、インターネット上のサービスがさらに飛躍していくためには、ISPやキャリアはそのような革新を受け止める準備をしなければならない。

将来のインターネットの発展を考えると、トラフィック増大に対応していくには、技術、課金、ユーザー啓蒙のルーズな組み合わせが有効だと思われる。短期的には一部の極端な使用を低コストで防止する必要も出てくるかもしれない。それでも、普通の使い方なら固定料金的に使えることは重要である。そして、新しい使い方やサービスが出てくるための十分なマージンを確保しておくことが大切だ。

参考文献

- (*) 総務省「次世代IPインフラ研究会第一次報告書」2004年6月
- (*) Kenjiro Cho, Kensuke Fukuda, Hiroshi Esaki and Akira Kato. The Impact and Implications of the Growth in Residential User-to-User Traffic. ACM SIGCOMM 2007, p207-218. Pisa, Italy. September 2006.



[インターネット白書 ARCHIVES] ご利用上の注意

このファイルは、株式会社インプレスR&Dが1996年～2012年までに発行したインターネットの年鑑『インターネット白書』の誌面をPDF化し、「インターネット白書 ARCHIVES」として以下のウェブサイトで公開しているものです。

<http://IWParchives.jp/>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容（技術解説、データ、URL、名称など）は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者（執筆者、写真・図の作成者、編集部など）が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は掲載されていない場合があります。
- このファイルの内容を改変したり、商用目的として再利用したりすることはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用される際は、出典として媒体名および年号、該当ページ番号、発行元（株式会社インプレスR&D）などの情報をご明記ください。
- オリジナルの発行時点では、株式会社インプレスR&D（初期は株式会社インプレス）と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めました。すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接的および間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

お問い合わせ先

株式会社インプレス R&D

✉ iwp-info@impress.co.jp