

加速するトラフィック増加

2.1 概要

本レポートでは、毎年、IJJが運用しているブロードバンド接続サービスのトラフィックを分析して、その結果を報告しています*1*2*3*4*5*6*7。今回も、利用者の1日のトラフィック量やポート別使用量などを基に、この1年間のトラフィック傾向の変化を報告します。

図-1は、IJJのブロードバンドサービス及びモバイルサービス全体について月平均トラフィック量の推移を示したグラフです。トラフィックのIN/OUTはISPから見た方向を表し、INは利用者からのアップロード、OUTは利用者へのダウンロードとなります。トラフィック量の数値は開示できないため、それぞれのOUTの最新値を1として正規化しています。ブロードバンドに関しては、この1年のトラフィック量は、INは18%の増加、OUTは47%の増加となっています。1年前はそれぞれ15%、38%の増加でしたので、大きく伸びていることが分かります。

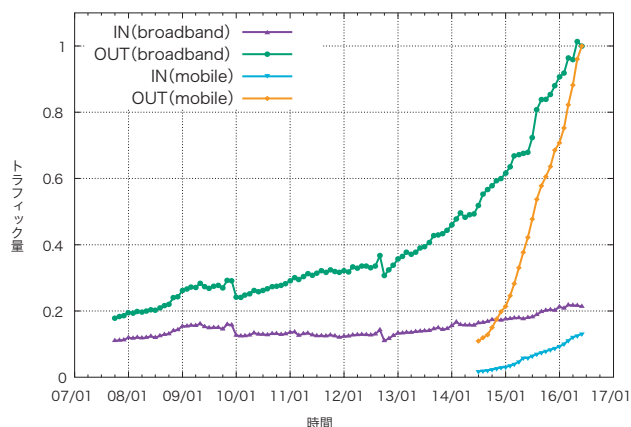


図-1 ブロードバンド及びモバイルの月間トラフィック量の推移

モバイルに関しては、この2年の数字しかありませんが、この1年で、INは2.3倍に、OUTは2.4倍にと、1年前の3.5倍と4.2倍に比べると少し伸びが鈍化しているものの、依然大きく伸びています。ただし、総量ではまだブロードバンドよりひと桁少ない状況です。

2.2 データについて

ブロードバンドに関しては、今回も前回までと同様に、個人及び法人向けのブロードバンド接続サービスについて、ファイバーとDSLによるブロードバンド顧客を収容するルータで、SampledNetFlowにより収集した調査データを利用しています。モバイルに関しては、個人及び法人向けのモバイルサービスについて、使用量についてはアクセスゲートウェイの課金用情報を、使用ポートについてはサービス収容ルータでのSampledNetFlowデータを利用しています。トラフィックは平日と休日で傾向が異なるため、1週間分のトラフィックを解析しています。今回は、2016年5月30日から6月5日の1週間分のデータを使い、前回解析した2015年6月1日から6月7日の1週間分と比較します。

ブロードバンドでは契約ごと、モバイルでは複数電話番号の契約があるので電話番号ごとの集計となっています。ブロードバンド各利用者の使用量は、利用者に割り当てられたIPアドレスと、観測されたIPアドレスを照合して求めています。また、NetFlowではパケットをサンプリングして統計情報を取得しています。サンプリングレートは、ルータの性能や負荷を考慮して、1/8192～1/16382に設定されています。観測された使用量に、サンプリングレートの逆数を掛けることで全体の使用量を推定しています。IJJの提供するブロードバンドサービスにはファイバー接続とDSL接続がありますが、今ではファイバー

- *1 長健二郎。ブロードバンドトラフィックレポート：ブロードバンドとモバイルのトラフィックを比較。Internet Infrastructure Review. Vol.28. pp28-33. August 2015.
- *2 長健二郎。ブロードバンドトラフィックレポート：この一年でトラフィック量は着実に増加、HTTPSの利用が拡大。Internet Infrastructure Review. Vol.24. pp28-33. August 2014.
- *3 長健二郎。ブロードバンドトラフィックレポート：違法ダウンロード刑事罰化の影響は限定的。Internet Infrastructure Review. Vol.20. pp32-37. August 2013.
- *4 長健二郎。ブロードバンドトラフィックレポート：この1年間のトラフィック傾向について。Internet Infrastructure Review. vol.16. pp33-37. August 2012.
- *5 長健二郎。ブロードバンドトラフィックレポート：マクロレベルな視点で見た、震災によるトラフィックへの影響。Internet Infrastructure Review. Vol.12. pp25-30. August 2011.
- *6 長健二郎。ブロードバンドトラフィックレポート：P2Pファイル共有からWebサービスヘシフト傾向にあるトラフィック。Internet Infrastructure Review. Vol.8. pp25-30. August 2010.
- *7 長健二郎。ブロードバンドトラフィック：増大する一般ユーザのトラフィック。Internet Infrastructure Review. Vol.4. pp18-23. August 2009.

接続の利用がほとんどとなっています。2016年には観測されたユーザ数の97%はファイバー利用で、ブロードバンドトラフィック量全体の98%を占めています。

2.3 利用者の1日の使用量

まずは、ブロードバンド及びモバイル利用者の1日の利用量をいくつかの切口から見ていきます。ここでの1日の利用量は各利用者の1週間分のデータの1日平均です。図-2及び図-3は、ブロードバンドとモバイル利用者の1日の平均利用量の分布(確率密度関数)を示します。アップロード(IN)とダウンロード(OUT)に分け、利用者のトラフィック量をX軸に、その出現確率をY軸に示して、2015年と2016年を比較しています。X軸はログスケールで、10KB (10^4)から100GB (10^{11})の範囲を示しています。一部の利用者はグラフの範囲外にありますが、概ね100GB (10^{11})までの範囲に分布しています。

ブロードバンドのINとOUTの各分布は、片対数グラフ上で正規分布となる、対数正規分布に近い形をしています。これはリニアなグラフで見ると、左端近くにピークがあり右へなだらかに減少するいわゆるロングテールな分布です。OUTの分布はINの分

布より右にずれていて、ダウンロード量がアップロード量より、ひと桁以上大きくなっています。2015年と2016年で比較すると、INとOUT共に分布の山が右に少し移動して、利用者全体のトラフィック量が増えていることがわかります。右側のOUTの分布を見ると、分布のピークはここ数年間で着実に右に移動していますが、右端のヘビーユーザの使用量はあまり増えていないので、分布の対称性が崩れてきています。一方で、左側のINの分布は左右対称で、より対数正規分布に近い形です。

図-3のモバイルの場合、ブロードバンドに比べて利用量は大幅に少ないことがわかります。また、使用量に制限があるため、分布右側のヘビーユーザの割合が少なく、左右非対称な形になります。極端なヘビーユーザも存在しません。外出時のみの利用や、使用量の制限のため、各利用者の日ごとの利用量のばらつきはブロードバンドより大きくなります。そのため、1週間分のデータから1日平均を求めると、1日単位でみた場合より利用者間のばらつきは小さくなります。1日単位で同様の分布を描くと、分布の山が少し低くなり、その分両側の裾が持ち上がりますが、基本的な分布の形や最頻出値はほとんど変わりません。

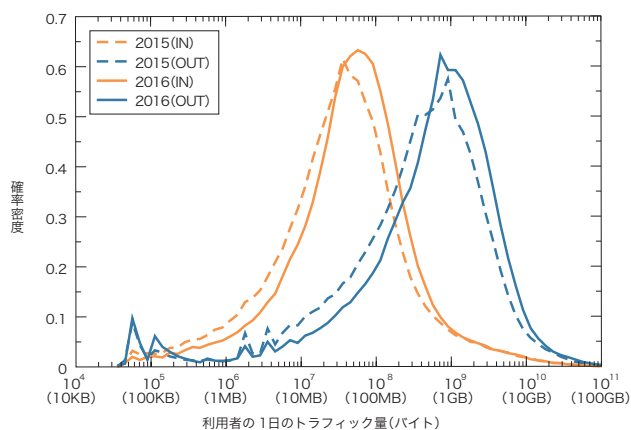


図-2 ブロードバンド利用者の1日のトラフィック量分布
2015年と2016年の比較

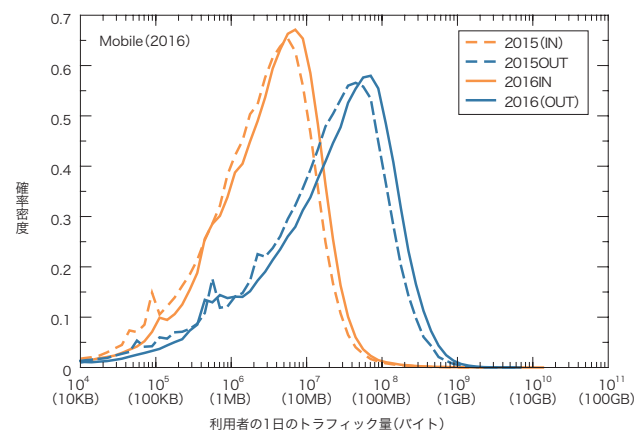


図-3 モバイル利用者の1日のトラフィック量分布
2015年と2016年の比較

表-1は、ブロードバンド利用者の1日のトラフィック量の平均値と中間値、分布の山の頂点にある最頻出値の推移を示します。分布の山に対して頂点が少しずれているので、最頻出値は分布の山の中央に来るように補正しています。分布の最頻出値を2015年と2016年で比較すると、INでは40MBから56MBに、OUTでは708MBから1000MBに増えていて、伸び率で見ると、INとOUT共に1.4倍になっています。一方、平均値はグラフ右側のヘビーユーザの使用量に引っ張られるので、2016年には、INの平均は475MB、OUTの平均は2081MBと、最頻出値よりかなり大きな値になります。2015年には、それぞれ467MBと1621MBでした。

年	IN (MB/day)			OUT (MB/day)		
	平均値	中間値	最頻出値	平均値	中間値	最頻出値
2005	430	3	3.5	447	30	32
2007	433	5	4	712	58	66
2008	483	6	5	797	73	94
2009	556	7	6	971	88	114
2010	469	8	7	910	108	145
2011	432	9	8.5	1,001	142	223
2012	410	12	14	1,026	173	282
2013	397	14	18	1,038	203	355
2014	437	22	28	1,287	301	447
2015	467	33	40	1,621	430	708
2016	475	48	56	2,081	697	1,000

表-1 ブロードバンド利用者の1日のトラフィック量の平均値と最頻出値の推移

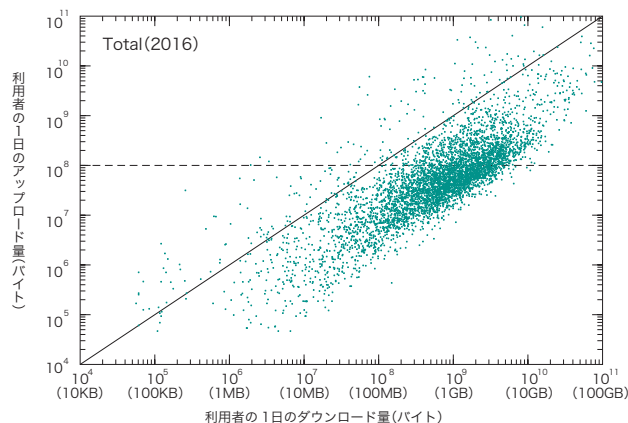


図-4 ブロードバンド利用者ごとのIN/OUT使用量

モバイルでは、表-2に示すように、ヘビーユーザが少ないため、平均と最頻出値がほぼ一致します。2016年の最頻出値は、INで7MB、OUTで63MBで、平均値は、INで7.8MB、OUTで63.0MBです。最頻出値の伸び率は、INで1.3倍、OUTで1.6倍となっています。図-4及び図-5は、利用者ごとのIN/OUT使用量を5,000人をランダムに抽出してプロットしています。X軸はOUT(ダウンロード量)、Y軸はIN(アップロード量)で、共にログスケールです。利用者のIN/OUTが同量であれば対角線上にプロットされます。対角線の下側に対角線に沿って広がるクラスターは、ダウンロード量がひと桁多い一般的なユーザです。ブロードバンドでは、以前は右上の対角線上あたりを中心に薄く広がるヘビーユーザのクラスターがはっきり分かりましたが、今では識別ができてなくなっています。また、各利用者の使用量やIN/OUT比率にも大きなばらつきがあり、多様な利用形態が存在することが窺えます。ここでは、2015年と比較しても、ほとんど違いは確認できません。

年	IN (MB/day)			OUT (MB/day)		
	平均値	中間値	最頻出値	平均値	中間値	最頻出値
2015	6.0	2.7	5.5	46.6	19	40
2016	7.8	3.6	7	63.0	27	63

表-2 モバイル利用者の1日のトラフィック量の平均値と最頻出値

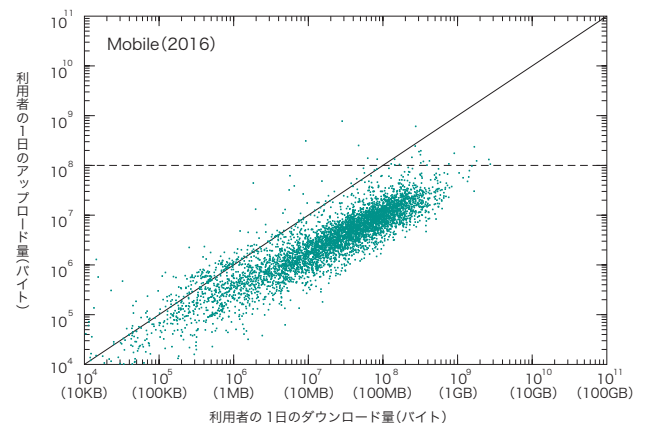


図-5 モバイル利用者ごとのIN/OUT使用量

ていて、使用量の多いユーザ程ダウンロード比率が高くなっていることが分かります。図-6及び図-7は、利用者の1日のトラフィック量を相補累積度分布にしたものです。これは、使用量がX軸の値より多い利用者の、全体に対する割合をY軸に、ログ・ログスケールで示したもので、ヘビーユーザの分布を見るのに有効です。グラフの右側が直線的に下がっていて、ベキ分布に近いロングテールな分布であることが分かります。ヘビーユーザは統計的に分布していて、決して一部の特殊な利用者ではないと言えます。

モバイルでも、ヘビーユーザはベキ分布していますが、その割合が少なくなっています。昨年は分布の右端においてもOUTの利用量がINより数倍大きくなっていましたが、今年は分布のテイル部分でINとOUTが逆転していて、大量のアップロードを行うユーザが存在します。利用者間のトラフィック使用量の偏りをみると、使用量には大きな偏りがあり、結果として全体は一部利用者のトラフィックで占められています。例えば、ブロードバンド上位10%の利用者がOUTの60%、INの87%を占めています。更に、上位1%の利用者がOUTの26%、INの60%を占めています。ここ数年のヘビーユーザ割合の減少に伴い、僅かながら偏りは減ってきています。モバイルでは、上位10%の利用者がOUTの48%、INの50%を、上位1%の利用者がOUTの

12%、INの21%を占めています。ここからも、モバイル利用者のヘビーユーザ割合が少ないことが分かります。

2.4 ポート別使用量

次に、トラフィックの内訳をポート別の使用量から見ていきます。最近では、ポート番号からアプリケーションを特定することは困難です。P2P系アプリケーションには、双方が動的ポートを使うものが多く、また、多くのクライアント・サーバ型アプリケーションが、ファイアウォールを回避するため、HTTPが使う80番ポートを利用します。大雑把に分けると、双方が1024番以上の動的ポートを使っていればP2P系のアプリケーションの可能性が高く、片方が1024番未満のいわゆるウェルknownポートを使っていれば、クライアント・サーバ型のアプリケーションの可能性が高いと言えます。そこで、TCPとUDPで、ソースとデスティネーションのポート番号の小さい方を取り、ポート番号別の使用量を見てみます。また、全体トラフィックは、ヘビーユーザのトラフィックに支配されているので、一般利用者の動向を見るために、少し荒っぽいですが、1日のアップロード量が100MB未満のユーザを抜き出して、これをライトユーザとします。これは、図-4では、IN=100MBにある水平線の下側の利用者にあたり、概ねモバイル利用者の使用量に相当します。

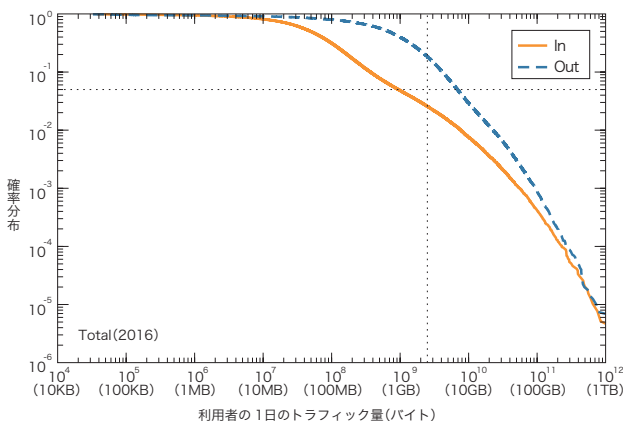


図-6 ブロードバンド利用者の1日のトラフィック量の相補累積度分布

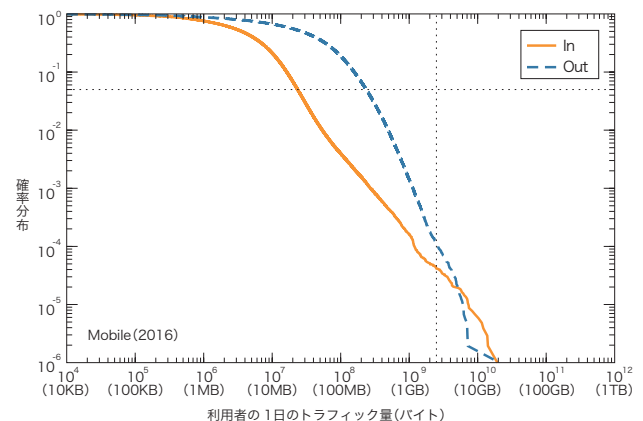


図-7 モバイル利用者の1日のトラフィック量の相補累積度分布

表-3はブロードバンド利用者のポート使用割合を、全体とライトユーザについて、2015年と2016年で比較したものです。2016年の全体トラフィックの83%はTCPです。HTTPの80番ポートの割合が、2015年の38%から37%に減って、HTTPSの443番ポートの割合が、23%から31%に増えています。減少傾向のTCPの動的ポートは、2015年の18%から2016年には14%にまで減りました。動的ポートでの個別のポート番号の割合は僅かで、Flash Playerが利用する1935番が最大で総量の約2%ありますが、後は0.5%未満となっています。TCP以外のトラフィックでは、UDPでもHTTPSの443番ポートのトラフィックがあり、GoogleのQUICプロトコルだと思われます。他はほとんどVPN関連です。

一方、ライトユーザに限ると、2015年には53%を占めていた80番ポートが、2016年には49%へと4ポイント減少しました。一方で、2番目に多いHTTPSの443番ポートが、2015年の35%から40%へと5ポイント増えていて、HTTPの一部がHTTPSに移行したと考えられます。また、動的ポートの割合は、5%から3%に減少しています。

protocol port	2015		2016	
	total (%)	light users	total (%)	light users
TCP	80.8	94.7	82.8	93.3
(< 1024)	63.3	89.9	69.7	90.7
80(http)	37.9	53.2	37.1	49.2
443(https)	23.3	35.1	30.5	39.6
81	0.5	0.7	0.4	0.7
182	0.4	0.3	0.3	0.2
22(ssh)	0.2	0.0	0.2	0.0
110(pop3)	0.1	0.1	0.1	0.1
(>= 1024)	17.5	4.8	13.7	3.2
1935(rtmp)	1.8	2.4	1.5	1.7
8080	0.3	0.1	0.2	0.1
7144(peercast)	0.2	0.0	0.1	0.0
UDP	11.4	2.6	11.1	4.0
443(https)	0.9	0.9	2.4	2.8
4500(nat-t)	0.2	0.1	0.2	0.1
1701(12tp)	0.2	0.3	0.1	0.1
ESP	7.4	2.6	5.8	2.6
IP-ENCAP	0.2	0.0	0.2	0.0
GRE	0.2	0.0	0.1	0.0
ICMP	0.0	0.0	0.0	0.0

表-3 ブロードバンド利用者のポート別使用量

表-4はモバイル利用者のポート使用割合で、全体的にブロードバンドのライトユーザの数字に近い値となっています。HTTPSの利用拡大については、2013年6月に米国家安全保障局(NSA)の通信傍受プログラムの存在が問題になって以降、暗号化通信を行うHTTPSを常時使用するサービスが米国を中心に増えてきているためです。2016年のHTTPSを利用するトラフィック量について事業者別内訳を調べると、その約7割はGoogle社関連で、同社の積極的なHTTPS採用の取り組みが窺えると同時に、YouTubeのトラフィック量がHTTPSの利用量を押し上げていると思われます。

図-8は、ブロードバンド全体トラフィックにおけるTCPポート利用の週間推移を、2015年と2016年で比較したものです。ここでは、TCPのポート利用を80番、443番、その他のウェルノウンポート、動的ポートの4つに分けてそれぞれの推移を示しており、ピーク時の総トラフィック量を1として正規化して表しています。2015年と比較すると、全体でも443番ポートの割合が更に増え、動的ポートの利用が減少している傾向が確認できます。全体のピークは21:00から翌1:00、土日には昼間のトラフィックが増加していて、家庭での利用時間を反映しています。今回、水曜の午前に80番ポートのトラフィック増加が見られますが、これはマイクロソフトの自動更新プログラム

protocol port	2015	2016
	total (%)	total (%)
TCP	93.8	94.4
80(http)	52.5	46.8
443(https)	37.4	43.7
81	0.5	0.5
993(imaps)	0.5	0.5
1935(rtmp)	0.5	0.3
UDP	5.2	5.0
443(https)	1.0	1.5
1701(12tp)	1.8	1.0
4500(nat traversal)	0.3	0.2
53(dns)	0.1	0.2
ESP	0.7	0.4
GRE	0.3	0.1
ICMP	0.0	0.0

表-4 モバイル利用者のポート別使用量

の影響だと思われます。図-9のモバイルでは、トラフィックの大半を占める80番ポートと443番ポートについて推移を示します。ブロードバンドに比べると、朝から夜中までトラフィックの高い状態が続きます。平日には、朝の通勤時間、昼休み、夕方から夜中にかけての3つのピークがあり、ブロードバンドとは利用時間の違いがあることが分かります。

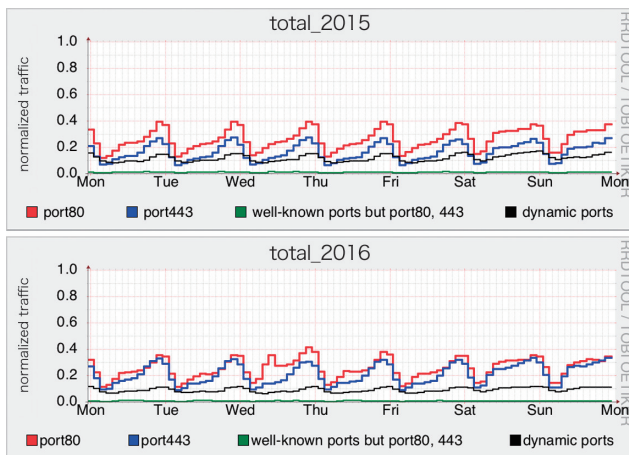


図-8 ブロードバンド利用者のTCPポート利用の週間推移
2015年(上)と2016年(下)

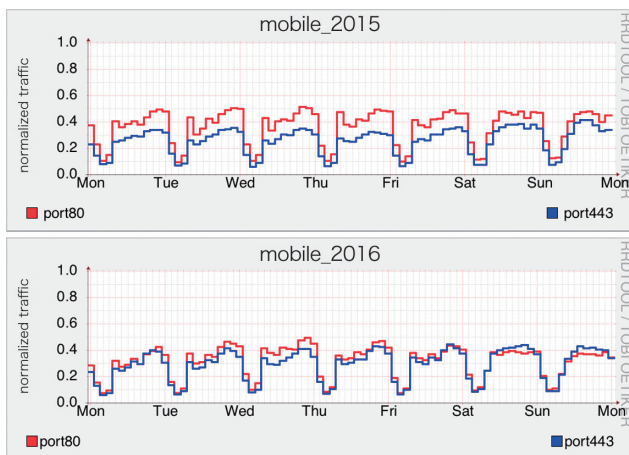


図-9 モバイル利用者のTCPポート利用の週間推移
2015年(上)と2016年(下)

2.5 熊本地震の影響について

今年4月の熊本地震では、図-10に示すように、県内のブロードバンドトラフィックにも影響が見られます。4月14日夜と16日未明に震度7を観測する地震が発生しましたが、地震直後にトラフィックが減少しています。また、16日以降は停電の影響で全体のボリュームが減っていて、約1週間かけて復旧していることが見て取れます。なお、近隣の県ではこのような大きなトラフィック変動は見られませんでした。

2.6 まとめ

この1年間のブロードバンドトラフィックの傾向として、トラフィック量の増加が加速していることが挙げられます。この1年間でダウンロード量は47%、アップロード量も18%増加しました。昨年と15%の増加、一昨年は27%と13%の増加だったので、増加率も大きく伸びています。また、2年前からHTTPSの利用が大きく拡大していて、HTTPとほぼ同量にまでなっています。トラフィック増加の要因としては、頻繁化するソフトウェア更新やその大型化、定額制の音楽配信や動画配信のストリーミングサービスが広く普及してきたことなどが挙げられます。また、フレッツ網のNGNへの移行が進んで、アクセス網インフラの整備がトラフィック増加を支えていることも重要なポイントです。前回から報告に加えたモバイルトラフィックは、この2年間で大きく伸びてきています。ブロードバンドと比較すると、ヘビーユーザの割合が少なく、利用時間では平日の通勤時間帯や昼休みの利用が目立つなどの違いがあります。

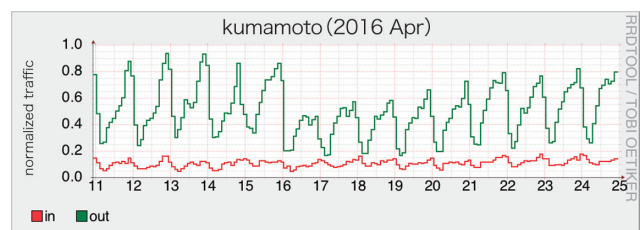


図-10 熊本県のブロードバンドトラフィック
2016年4月11日から24日



執筆者：
長 健二郎 (ちょう けんじろう)
株式会社IJ イノベーションインスティテュート 技術研究所所長。