

ブロードバンドとモバイルのトラフィックを比較

2.1 概要

本レポートでは、毎年、IIJ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。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。また、今回からモバイルサービスのトラフィックについても同様にトラフィック傾向を報告します。

図-1は、IIJ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、それぞれの最大値を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15%の増加、OUTは38%の増加となっています。この8年でみると、INが1.6倍、OUTが3.8倍と、アップロード量に比べダウンロード量が大きく伸びています。

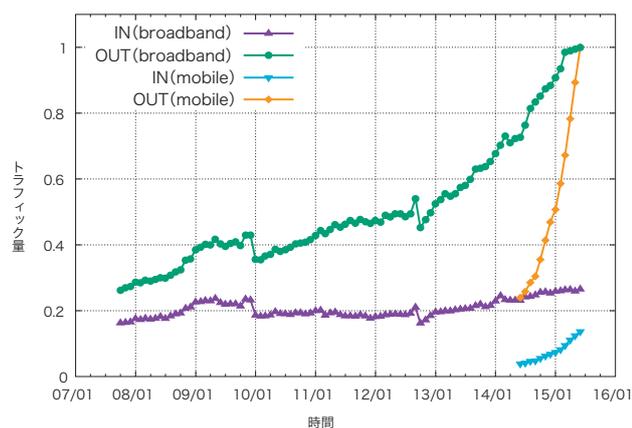


図-1 ブロードバンド及びモバイルの月間トラフィック量の推移

モバイルに関しては、この1年の数字しかありませんが、この1年で、INは3.5倍に、OUTは4.2倍にと、急速にトラフィック量が伸びてきています。ただし、総量ではまだブロードバンドよりひと桁以上少ない状況です。

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、Sampled NetFlow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Sampled NetFlow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、2015年6月1日から7日の1週間分のデータを使っています。ブロードバンドに関しては、前回解析した2014年5月26日から6月1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、1/8192～1/16384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。IIJ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、今ではファイバー接続の利用がほとんどとなっていて、2015年には観測された

- *1 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.
- *2 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.
- *3 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.
- *4 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.
- *5 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サービスへシフト傾向にあるトラフィック。Internet Infrastructure Review. Vol.8. pp25-30. August 2010.
- *6 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.

ユーザ数の95%はファイバー利用者で、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軸に示していて、2014年と2015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。2014年と2015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分かります。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、INの分布は右側の裾が広がっています。以前は、ここによりはっきりした山がINとOUT両方にあり、IN/OUT量が対称なヘビーユーザを示していました。そこで便宜上、大多数のIN/OUT非対称な分布を「クライアント型利用者」、右側の少数のIN/OUT対称なヘビーユーザの分布を「ピア型利用者」と呼んできました。今回もその慣習に従います。ここ数年で、ピア型利用者の山は小さくなりほとんど識別できなくなりました。これは、ヘビーユーザの割合が減少していることを示しています。

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分かります。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。

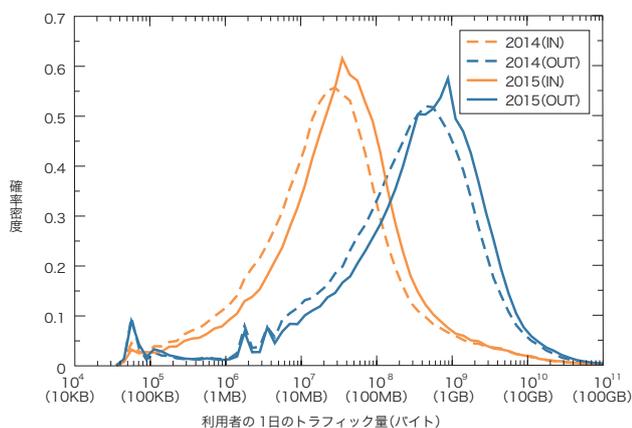


図-2 ブロードバンド利用者の1日のトラフィック量分布
2014年と2015年の比較

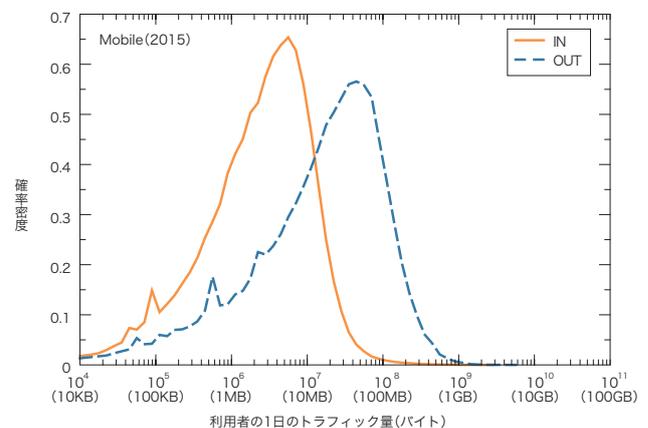


図-3 モバイル利用者の1日のトラフィック量分布2015年

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、分布の山の頂点にある最頻出値の推移を示します。今回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2014年と2015年で比較すると、INでは28MBから40MBに、OUTでは447MBから708MBに増えていて、各利用者のトラフィック量が、特にダウンロード側で増えていることが分かります。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、2015年には、INの平均は467MB、OUTの平均は1621MBと、最頻出値よりかなり大きな値になります。2014年には、それぞれ437MBと1287MBでした。モバイルでは、表-2に示すように、極端なヘビーユーザが少ないため、平均と最頻出値にはそれ程差がありません。最頻出値は、

年	IN (MB/day)		OUT (MB/day)	
	平均値	最頻出値	平均値	最頻出値
2005	430	3.5	447	32
2007	433	4	712	66
2008	483	5	797	94
2009	556	6	971	114
2010	469	7	910	145
2011	432	8.5	1,001	223
2012	410	14	1,026	282
2013	397	18	1,038	355
2014	437	28	1,287	447
2015	467	40	1,621	708

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

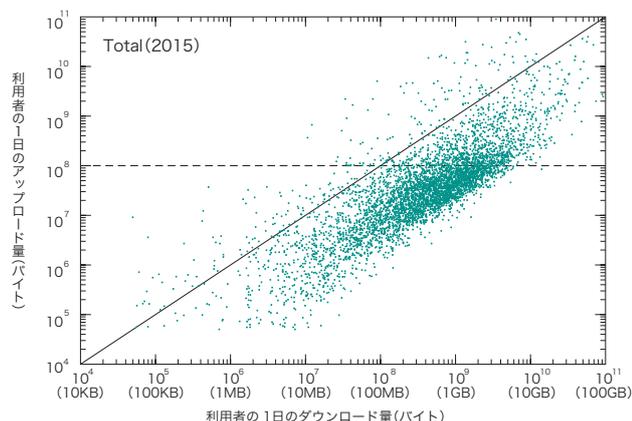


図-4 ブロードバンド利用者ごとのIN/OUT使用量

INで5.5MB、OUTで40MBで、平均値は、INで6.0MB、OUTで46.6MBです。

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は、ダウンロード量がひと桁多いクライアント型の一般ユーザです。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ピア型のヘビーユーザのクラスがはっきり分かっていましたが、今では識別ができなくなっています。便宜上、クライアント型とピア型に分けましたが、実際には、クライアント型の一般ユーザでもSkypeなどのピア型のアプリケーションを利用し、また一方のピア型のヘビーユーザもWebなどのダウンロード型のアプリケーションを利用しているので、その境界はあいまいです。つまり、多くの利用者は両タイプのアプリケーションを異なる割合で使用しています。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

年	IN (MB/day)		OUT (MB/day)	
	平均値	最頻出値	平均値	最頻出値
2015	6.0	5.5	46.6	40

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

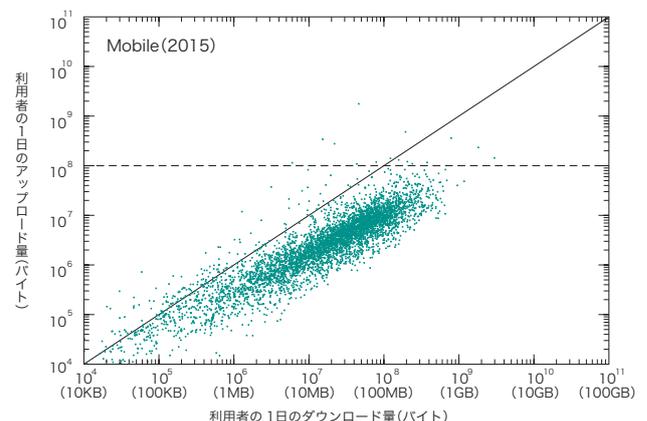


図-5 モバイル利用者ごとのIN/OUT使用量

存在することが窺えます。ここでは、2014年と比較しても、ほとんど違いは確認できません。

モバイルでも、OUTがひと桁多い傾向は同じですが、ブロードバンドに比べて利用量は少なく、IN/OUTのばらつきも小さくなっています。

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、べき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、ヘビーユーザはべき分布していますが、ヘビーユーザの割合が少なく、ヘビーユーザにおいてもOUTの利用量がINより数倍大きくなっています。

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65%、INの90%を占めています。更に、上位1%の利用

者がOUTの29%、INの63%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49%、INの50%を、上位1%の利用者がOUTの13%、INの19%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ノウン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。

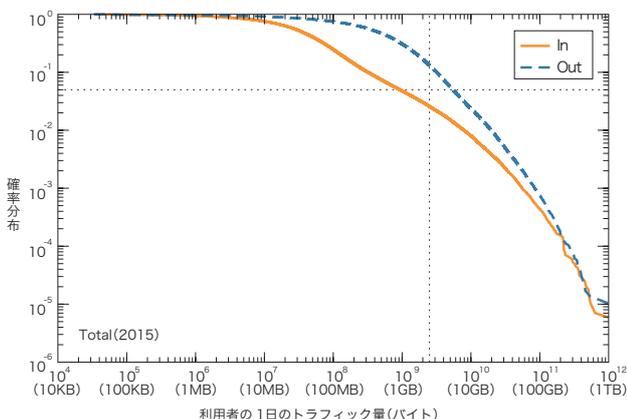


図-6 ブロードバンド利用者の1日のトラフィック量の相補累積度分布

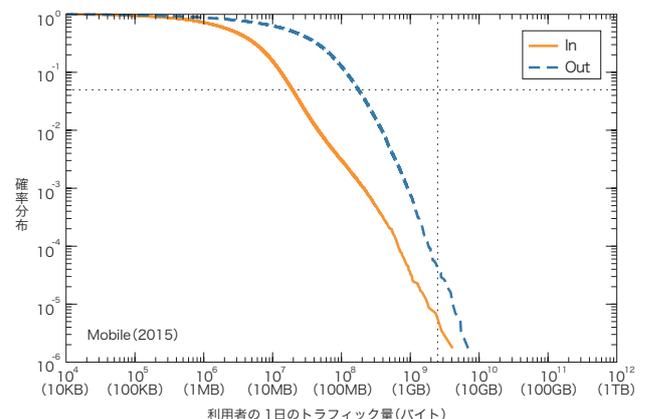


図-7 モバイル利用者の1日のトラフィック量の相補累積度分布

また、全体トラフィックは、ピア型のヘビーユーザのトラフィックに支配されているので、クライアント型の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、これをクライアント型利用者として扱います。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ます。

表-3はブロードバンド利用者のポート使用割合を、全体とクライアント型利用者について、2014年と2015年で比較したものです。

2015年の全体トラフィックの81%はTCPです。HTTPの80番ポートの割合が、2014年の45%から38%に減って、HTTPSの443番ポートの割合が、9%から23%に増えています。減少傾向のTCPの動的ポートは、2014年の24%から2015年には18%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すが、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、クライアント型利用者に限ると、2014年には75%を占めていた80番ポートが、2015年には53%へと22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、2014年の14%から35%へと21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、7%から5%に減少しています。

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クライアント型利用者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増えてきているためです。2015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8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。

protocol port	2014		2015	
	total (%)	client type	total (%)	client type
TCP	80.2	97.4	80.8	94.7
(< 1024)	56.3	90.1	63.3	89.9
80(http)	44.9	74.8	37.9	53.2
443(https)	9.3	13.8	23.3	35.1
81	0.0	0.0	0.5	0.7
182	0.0	0.0	0.4	0.3
554(rtmp)	0.4	0.3	0.2	0.1
22(ssh)	0.3	0.0	0.2	0.0
(>= 1024)	23.8	7.3	17.5	4.8
1935(rtmp)	2.5	4.0	1.8	2.4
8080	0.4	0.2	0.3	0.1
7144(peercast)	0.3	0.0	0.2	0.0
UDP	12.5	1.8	11.4	2.6
443(https)	0.0	0.0	0.9	0.9
1701(12tp)	0.0	0.0	0.2	0.3
ESP	6.9	0.7	7.4	2.6
IP-ENCAP	0.2	0.0	0.2	0.0
GRE	0.2	0.0	0.2	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

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

表-4 モバイル利用者のポート別使用量

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、2014年と2015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。前回までは443番ポートはその他のウェルノウンポートに含んでいましたが、その利用割合が増えてきたため、今回から443番ポートも別にプロットしています。2014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。

図-9のモバイルでは、80番ポートと443番ポートの推移を示し、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。

2.5 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、前回報告したHTTPSの利用がこの1年で大きく拡大したことが挙げられます。その他の全体のトレンドには大きな変化はありませんが、この1年間でダウンロード量は38%、アップロード量も15%増加しました。その前の1年間では、27%と13%だったので、この1年で増加率も増えています。

今回から報告に加えたモバイルトラフィックは、ブロードバンドに比べるとまだ量的には少ないですが、この1年間で大きく伸びてきています。モバイル利用者では、利用帯域や使用量の制約などからブロードバンドに比べてヘビーユーザの割合が少なくなっています。また、そのポート別の利用割合はブロードバンドのライトユーザに近くなっていて、マルチデバイス対応サービスの普及に伴って、モバイルでもブロードバンドと同じようなサービスを使っていることが窺えます。その一方で、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、ブロードバンドとの違いもあります。

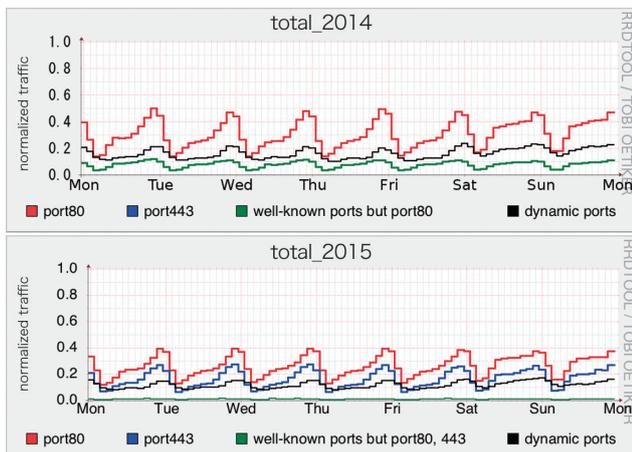


図-8 ブロードバンド利用者のTCPポート利用の週間推移
2014年(上)と2015年(下)

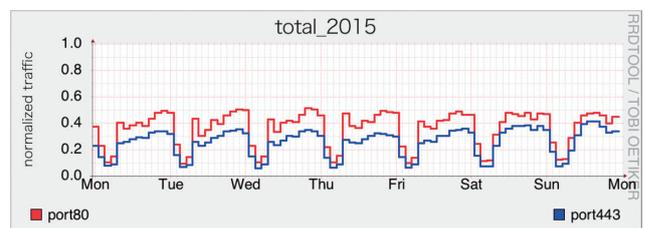


図-9 モバイル利用者のTCPポート利用の週間推移 2015年



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