

## ISP から見たブロードバンド トラフィックの現状

F3: ネットワークアーキテクチャ ~中立性第2ラウンド~

— Internet Week 2008 —

長 健二朗 (IJJ)  
福田健介 (NII)、江崎浩 (東京大学)、  
加藤朗、村井純 (慶應義塾大学)

2008 年 11 月 26 日



### トラフィックの現状とネット中立性

- ▶ ブロードバンド利用者はどのようにネットを使っているか？
  - ▶ ビデオコンテンツによってトラフィックは急増しているか？
  - ▶ P2P 利用者は減っている？
  - ▶ いっぽうでトラフィック増加率はここ数年 30%程度で安定
- ▶ ネット中立性とトラフィックの関係
  - ▶ コンテンツプロバイダに対する「ただ乗り論」
  - ▶ P2P ファイル共有に対するトラフィック制限の是非

## ビデオコンテンツでトラフィックが急増？

いろいろメディアで報道されているが、...

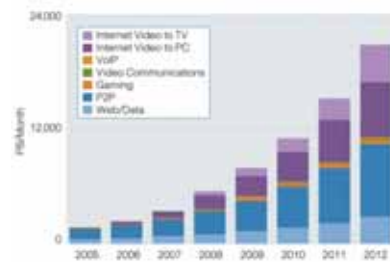
- ▶ Video, interactivity could nab Web users by '10
  - ▶ USA TODAY, 2007/11/20
- ▶ Information Super Traffic Jam
  - ▶ Forbes, 2007/01/30
- ▶ The Coming Exaflood
  - ▶ Wall Street Journal, 2007/1/20
- ▶ YouTube is just the beginning[Cisco2008b]

3 / 30

## 実際にはトラフィックはそんなに増えていない？

技術的な報告では、世界的に見てトラフィック成長は鈍化

- ▶ MINTS: 2007年はUSでも世界的にも年率50-60%の伸び
- ▶ Cisco visual networking index: 世界的に年率50%程度
- ▶ TeleGeography: 回線容量もここ数年50%程度の伸び



Approaching the Zettabyte Era (Cisco 2008/6) より

4 / 30

## トラフィック成長率の重要性

なぜトラフィック成長率が重要か？

- ▶ 研究開発、技術やインフラへの投資を促すファクター
- ▶ 年率 100%成長だと 10 年で 1000 倍に、年率 50%だと 58 倍
- ▶ 要は需要と供給のバランス
  - ▶ ともに伸びれば利用者にも事業社にも有益
  - ▶ 2003、4 年は P2P ファイル交換でトラフィックが急増した
  - ▶ 今後は供給過剰を心配する必要がある？

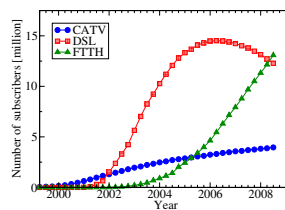
マクロに見て、ビデオや web2.0 系コンテンツが現状のトラフィック量にどれくらい寄与しているか？

5 / 30

## 国内のブロードバンド利用者数の推移

全体で 2930 万契約 (2008 年 6 月)

- ▶ 全世帯の 56%、2007 年には 5%しか伸びていない
- ▶ FTTH:1310 万契約、DSL:1230 万契約、CATV:390 万契約
- ▶ DSL から FTTH への移行が進行
  - ▶ 電話やテレビ利用の販促効果も？



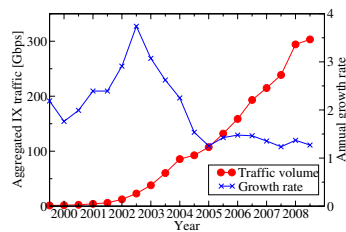
国内のブロードバンド利用者数の推移

6 / 30

## バックボーンのトラフィック増加傾向

### 国内主要 IX のピークトラフィック

- ▶ 2005 年以来年率 40%程度で推移



国内主要 IX のピークトラフィックと増加率の推移

7 / 30

## 国内 ISP6 社によるデータ

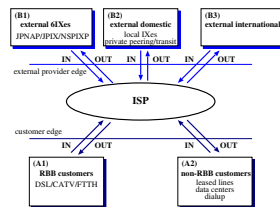
ISP による自主的な活動 (結果は総務省からも公表)

ISP 境界を跨ぐトラフィックに注目 (顧客側と外部 ISP 側)

- ▶ MRTG/RRDtool のログを集約するツールを開発

個別 ISP のシェアが分からないよう集約後の結果のみ公表

チャレンジ: 技術よりも政治的、組織的な困難



5 traffic groups at ISP customer and external boundaries

IN/OUT は ISP からの視点

8 / 30

## 集約トラフィック解析手法

5つのグループに関して2時間粒度の月間ログ

- ▶ SNMPによるルータのインターフェイスカウンタ値
- ▶ 各ISPは自社でログのリストを作成し集約

ISPにとっての負荷

- ▶ 膨大なインターフェイス毎のログの分類
  - ▶ ISPによっては100,000以上のログが存在!
- ▶ リストの維持管理
  - ▶ 頻繁な計画的あるいは予定外の設定変更

データセット

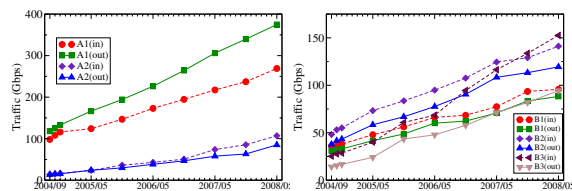
- ▶ 2時間粒度のインターフェイスカウンタの月間ログ
  - ▶ 6社提供のログを再集計
  - ▶ 2004年以來年2回(5月と11月)

9 / 30

## トラフィック増加

2007年は22-68%の増加

- ▶ ブロードバンドはINで22%、OUTで29%の増加
- ▶ 国際流入の急増：海外の人気サービスの影響と推測

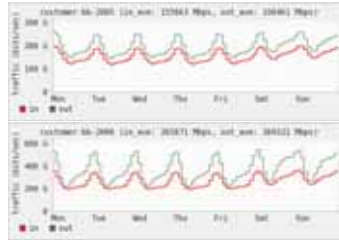


各グループのトラフィック推移-顧客側(左)外部ISP側(右)

10 / 30

## ブロードバンド週間トラフィックの変化

- ▶ 家庭利用のトラフィックパターン (ピークは21-23時)
- ▶ 2005はIN/OUTはほぼ同量 (P2Pトラフィックが支配的)
- ▶ 2008ではOUT(利用者のダウンロード)がより大きく
  - ▶ 定常部分、変動部分ともに増加
  - ▶ P2Pから動画サービスに移行?



ブロードバンド週間トラフィック: 2005(上) 2008(下)

11 / 30

## ISP 提供の利用者別データの解析

某ISPが利用者別のデータを提供

- ▶ Sampled NetFlow形式のデータ
  - ▶ FTTH/DSLブロードバンド顧客収容ルータ
- ▶ 1週間分のデータ4セット
  - ▶ 2004年4月、2005年2月、2007年7月、2008年6月
  - ▶ 主に人気ビデオサービス開始前後の2005年と2008年を比較

12 / 30

## FTTH と DSL の観測ユーザ数と総トラフィック量

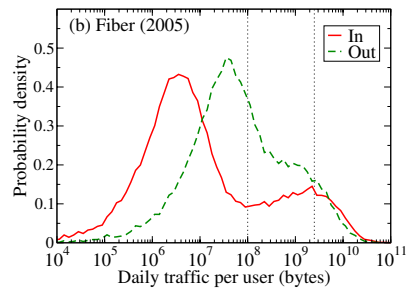
- ▶ 2008 年には観測ユーザ数の 80% は FTTH で、トラフィック量全体の 90% を占める
  - ▶ 観測ユーザ：データ中のユニークな利用者 ID

		active users (%)	total volume (%)
2005	fiber	46	79
	DSL	54	21
2008	fiber	79	87
	DSL	21	13

13 / 30

## 利用者ごとの 1 日の使用量

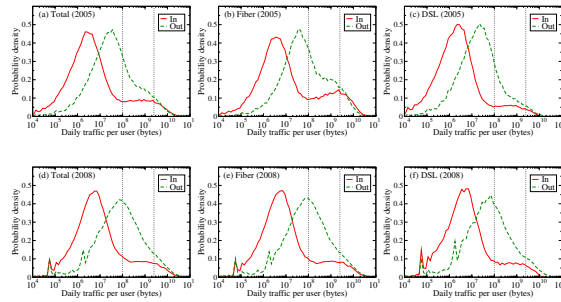
- ▶ 確率密度関数 (片対数)
- ▶ IN/OUT の各分布は 2 つの対数正規分布から成る
  - ▶ ダウンロードがひと桁多いクライアント型グループ
  - ▶ 利用量の多い IN/OUT 対称的なピア型グループ



14 / 30

## 利用者ごとの使用量: 2005年と2008年

- ▶ クライアント型のダウンロード量は約3倍に増加
  - ▶ モードは32MBから94MB/dayに (fiberとDSLでほぼ同じ)
- ▶ ピア型の利用量はあまり増えていない (モードは2GB/day)

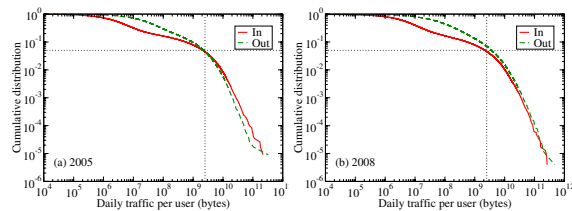


利用者ごとの1日の使用量確率密度: total(左) fiber(中) DSL(右): 2005(上) 2008(下)

15 / 30

## トラフィック使用量のユーザ分布

- ▶ ベキ分布的 (確率的な分布)
  - ▶ テールは200GB/dayを越える
- ▶ 2008年にはダウンロード (OUT) が大きく増加



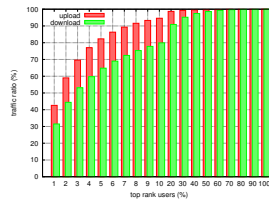
トラフィック使用量の相補累積度分布: 2005(左) 2008(右)

16 / 30



## 利用者間のトラフィック使用量の偏り

- ▶ 使用量に大きな偏り
  - ▶ 上位 10% の利用者が OUT の 80%、IN の 95% を占める
- ▶ 偏り方は 2005 年からほとんど変わっていない
  - ▶ ロングテールな分布
  - ▶ インターネットデータに共通な傾向、P2P を除いても同様

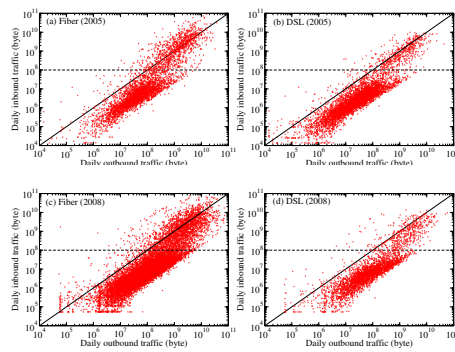


利用者間のトラフィック使用量の偏り

17 / 30

## 利用者ごとの IN/OUT 使用量

2つのクラスター: クライアント型一般ユーザとピア型ヘビーユーザ  
しかし境界はあいまい: 利用者は両タイプを異なる割合で使用



利用者ごとの IN/OUT 使用量: FTTH(左) DSL(右): 2005(上) 2008(下)

18 / 30

## プロトコル別使用量

アップロード 100MB/day でピア型とクライアント型を分類

- ▶ ポート番号: min(sport, dport)
- ▶ 全体で見るとほとんどはTCPの動的ポート
  - ▶ 83% in 2005, 78% in 2008
- ▶ TCP80番ポートが増加傾向

19 / 30

## プロトコル別使用量データ

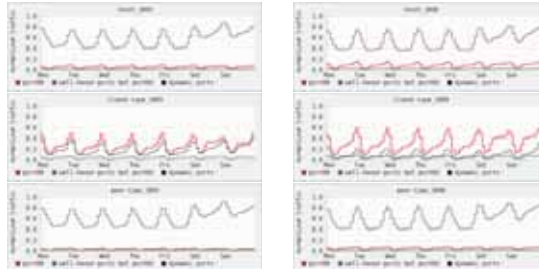
protocol	port	2005			2008		
		total (%)	client type	peer type	total (%)	client type	peer type
<b>TCP</b>	*	<b>97.43</b>	<b>94.93</b>	<b>97.66</b>	<b>96.00</b>	<b>95.51</b>	<b>96.06</b>
	(< 1024)	13.99	58.93	8.66	17.98	76.16	11.35
	80 (http)	9.32	50.78	5.54	14.06	64.96	8.26
	554 (rtsp)	0.38	2.44	0.19	1.36	8.21	0.58
	443 (https)	0.30	1.45	0.19	0.58	1.63	0.46
	20 (ftp-data)	0.93	1.25	0.90	0.24	0.17	0.25
	(>= 1024)	<i>83.44</i>	<i>36.00</i>	<i>89.00</i>	<i>78.02</i>	<i>19.35</i>	<i>84.71</i>
	6346 (gnutella)	0.92	0.84	0.93	0.94	0.67	0.97
	6699 (winmx)	1.40	1.14	1.43	0.68	0.24	0.73
	7743 (winny)	0.48	0.15	0.51	0.30	0.04	0.33
	1935 (rtmp)	0.20	0.81	0.14	0.22	0.73	0.16
	6881 (bittorrent)	0.25	0.06	0.27	0.22	0.02	0.24
<b>UDP</b>	*	<b>1.38</b>	<b>3.41</b>	<b>1.19</b>	<b>1.94</b>	<b>2.50</b>	<b>1.88</b>
	53 (dns)	0.03	0.14	0.02	0.04	0.12	0.03
	others	1.35	3.27	1.17	1.90	2.38	1.85
<b>ESP</b>		<b>1.09</b>	<b>1.35</b>	<b>1.06</b>	<b>1.93</b>	<b>1.85</b>	<b>1.94</b>
<b>GRE</b>		<b>0.07</b>	<b>0.12</b>	<b>0.06</b>	<b>0.09</b>	<b>0.08</b>	<b>0.09</b>
<b>ICMP</b>		<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>

20 / 30

## TCP ポート利用の週間推移

3つに分類: 80 番, その他の well-known ポート, 動的ポート

- ▶ クライアント型ユーザの 80 番ポートのトラフィックが増加
- ▶ ダイナミックポートの流量は朝にかけて序々に減る



TCP ポート利用の週間推移: 全体 (上) クライアント型 (中) P2P型 (下) 2005(左) 2008(右)

21 / 30

## 利用者別トラフィックのまとめ

- ▶ 量的には依然 P2P が支配的だが、P2P はあまり増えていない
- ▶ クライアント型のトラフィックは着実に増加
  - ▶ ビデオや他の web2.0 系のトラフィックを示す状況証拠
- ▶ 結果的にトラフィック全体の増加率は 30%程度で安定
- ▶ ネットワーク側の回線容量増加率を若干下回ると推測
- ▶ P2P から web2.0 系サービスへのシフト
  - ▶ 使い易く魅力あるコンテンツ
  - ▶ 情報漏洩報道、帯域規制などの圧力の影響

22 / 30

## 一般利用者のトラフィック増加予測

確率密度関数を対数正規分布とみてフィッティング、元分布の平均を計算

$$p(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$E(x) = \exp(\mu + \sigma^2/2)$$

クライアント型利用者のダウンロード量の単純な成長予測

- ▶ 定義から、平均はモードより急速に成長
- ▶ 実際には、物理的、制度的な制約がでてくる

	mode	mean
2004 Apr	26.2MB	110.6MB
2005 Feb	32.0MB	162.7MB
2007 Jul	65.7MB	483.2MB
2008 Jun	94.1MB	862.6MB
growth/yr	1.38	1.72
2009 Jun	130MB	1480MB
2010 Jun	179MB	2540MB
2011 Jun	248MB	4359MB

23 / 30

## 議論(1) トラフィック増加

- ▶ トラフィック増加の鈍化はP2Pがあまり増えていないため
  - ▶ しかし量的にはまだ支配的な状態が続くそう
- ▶ 一般利用者の使用量はビデオコンテンツ等の影響で増加傾向
  - ▶ 2011年には平均4GB/day程度まで増える可能性
  - ▶ 90年代後半のウェブのトラフィック増加も同様だった
- ▶ 一方で、ネットワークの容量も年率50%程度で増えている
  - ▶ マクロレベルではもはや使用量締めつけの必要はない
    - ▶ 海外のサービスが人気(国内サービスの競争力は?)
  - ▶ このままでは将来は需要喚起が必要になるかも
- ▶ 将来予測は難しい(対数正規分布!)
  - ▶ ヘビーユーザの挙動の影響大
  - ▶ 技術要因: コンテンツのキャッシュ、CDN、QoS
  - ▶ 経済要因: アクセス/回線容量/機器コスト
  - ▶ 政治的社会的要因: ネット中立性、コンテンツ管理
- ▶ 日本は世界のモデル、直面する問題をどう解決していくか

24 / 30

## 議論(2) 二極化問題

- ▶ 一見二極化に見える
  - ▶ 10%のヘビーユーザが80%のダウンロードトラフィックを使用
- ▶ 実は多様かつベキ分布、境界ははっきりしない
  - ▶ 一般ユーザのヘビーユーザ化
  - ▶ 数が多過ぎる、統計的に分布
    - ▶ 一般ユーザがヘビーユーザ化しファイバへ移行
    - ▶ 一般ユーザがファイバ契約し帯域の使い方を求める
    - ▶ ファイバ契約してもあまり使っていない利用者も
- ▶ 十分な帯域を持った一般利用者が今後どう動くか
- ▶ いままでなかった現象、ブロードバンド第2ラウンド

25 / 30

## 議論(3) アプリケーションの多様性

- ▶ ユーザ間トラフィック量の増加
  - ▶ ISP やコンテンツプロバイダはあまり考えていなかった
  - ▶ P2P ファイル共有はブロードバンド初期の常時接続化の産物
    - ▶ 多くの利用者には広帯域があれば必要ない
    - ▶ いっぽう大規模コンテンツ配信への応用等へ発展の可能性も
- ▶ 実際にユーザはさまざまな形態のアプリを利用している
  - ▶ ストリーミング、ビデオチャット、Ajax 系も増加
- ▶ 新しいアプリケーションの出現で事態が一変する可能性
  - ▶ 一般ユーザはあまり意識せずに使っている
  - ▶ 実際にファイル共有からビデオサービスへのシフトが起こっている

26 / 30

## 議論(4) コスト負担の不公平性

- ▶ 一部のヘビーユーザトラフィックをみんなで負担している現状
  - ▶ 技術的な解決：帯域制限、通信品質差別化
  - ▶ 課金による解決
- ▶ 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
  - ▶ 不公平を許容するコストとの比較
- ▶ インターネットは統計多重による低コストアーキテクチャ
  - ▶ コモنزの悲劇
    - ▶ アーキテクチャが破綻、単に ISP ビジネスモデルではない
    - ▶ ユーザの意識改革が必要(エコと同様)、共有を認識する仕組み
- ▶ インフラ投資ができない問題
  - ▶ 囲い込みモデルが機能しなくなっている
  - ▶ ISP、キャリアのコスト構造の再検討が必要

27 / 30

## ブロードバンド第2ラウンドへの課題

- ▶ ブロードバンドの恩恵を受けたエンドユーザによる革新
  - ▶ 予想していなかった展開が始まっている
  - ▶ ISP、キャリアは革新を受け止める準備が必要
  - ▶ ネット中立性の重要性: 法やルールの整備も必要
- ▶ 将来のインターネットの発展を考える
  - ▶ 一部の極端な使用を低コストで防止する
  - ▶ 技術、課金、ユーザ啓蒙のルーズな組合せ
  - ▶ 普通の使い方なら固定料金的に使える必要
  - ▶ 新しい使い方が出てくるための十分なマージン確保
- ▶ インターネットのデータの重要性
  - ▶ 憶測や偏ったデータをもとにした議論が多い
  - ▶ あるいは「ただ乗り論」や P2P が出来た当時の古いイメージが残っている
  - ▶ インターネット屋が公正なデータを公開する努力が必要

28 / 30

## 集約データ協力各社

- ▶ データ提供: IJ, ソフトバンクテレコム, 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
- ▶ 事務局: 総務省データ通信課

29 / 30

## 参照文献

- [CFEK2008] K. Cho, K. Fukuda, H. Esaki, and A. Kato.  
Observing Slow Crustal Movement in Residential User Traffic.  
To appear in *ACM CoNEXT2008*, Madrid, Spain, Dec. 2008.
- [CFEK2006] K. Cho, K. Fukuda, H. Esaki, and A. Kato.  
The impact and implications of the growth in residential user-to-user traffic.  
In *SIGCOMM2006*, Pisa, Italy, Aug. 2006.
- [Cisco2008a] Cisco.  
visual networking index – forecast and methodology, 2007-2012.  
June 2008.
- [Cisco2008b] Cisco.  
Approaching the zettabyte era.  
June 2008.
- [Odlyzko2008] A. M. Odlyzko.  
Minnesota Internet traffic studies.  
<http://www.dtc.umn.edu/mints/home.html>.
- [TeleGeography2007] TeleGeography Research.  
Global Internet Geography.  
2007.

30 / 30