

インターネット計測技術の進展とその応用 ブロードバンドトラフィック分析

福田 健介

国立情報学研究所/WIDE

kensuke@nii.ac.jp

共同研究者

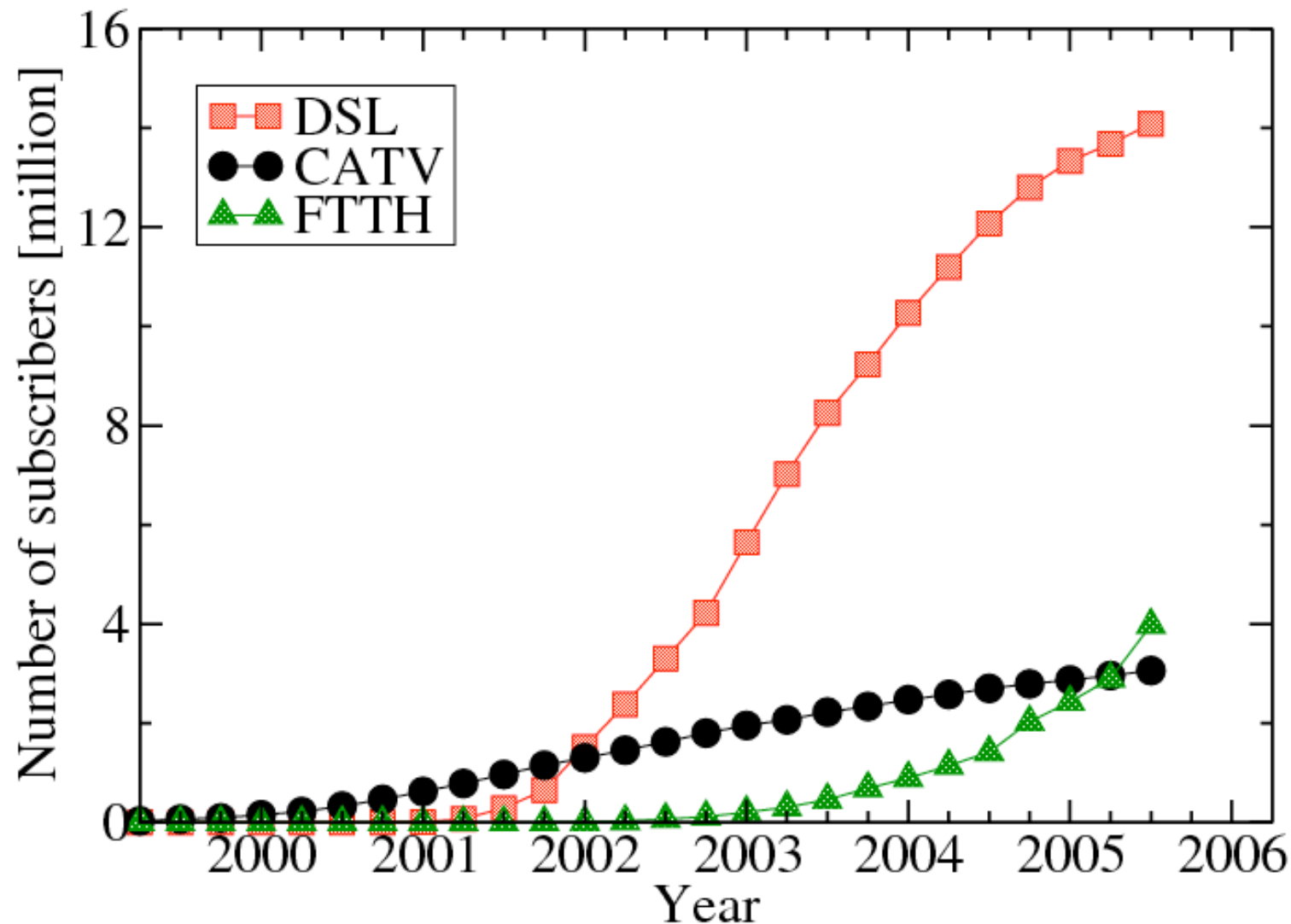
- 国内ISP 7社: IIJ, NTT Com, KDDI, K-Opticom, 日本テレコム, PoweredCom, YahooBB
- 研究者: 江崎@東大, 加藤@東大, 長@IIJ, 福田@NII
- 総務省データ通信課

Outline

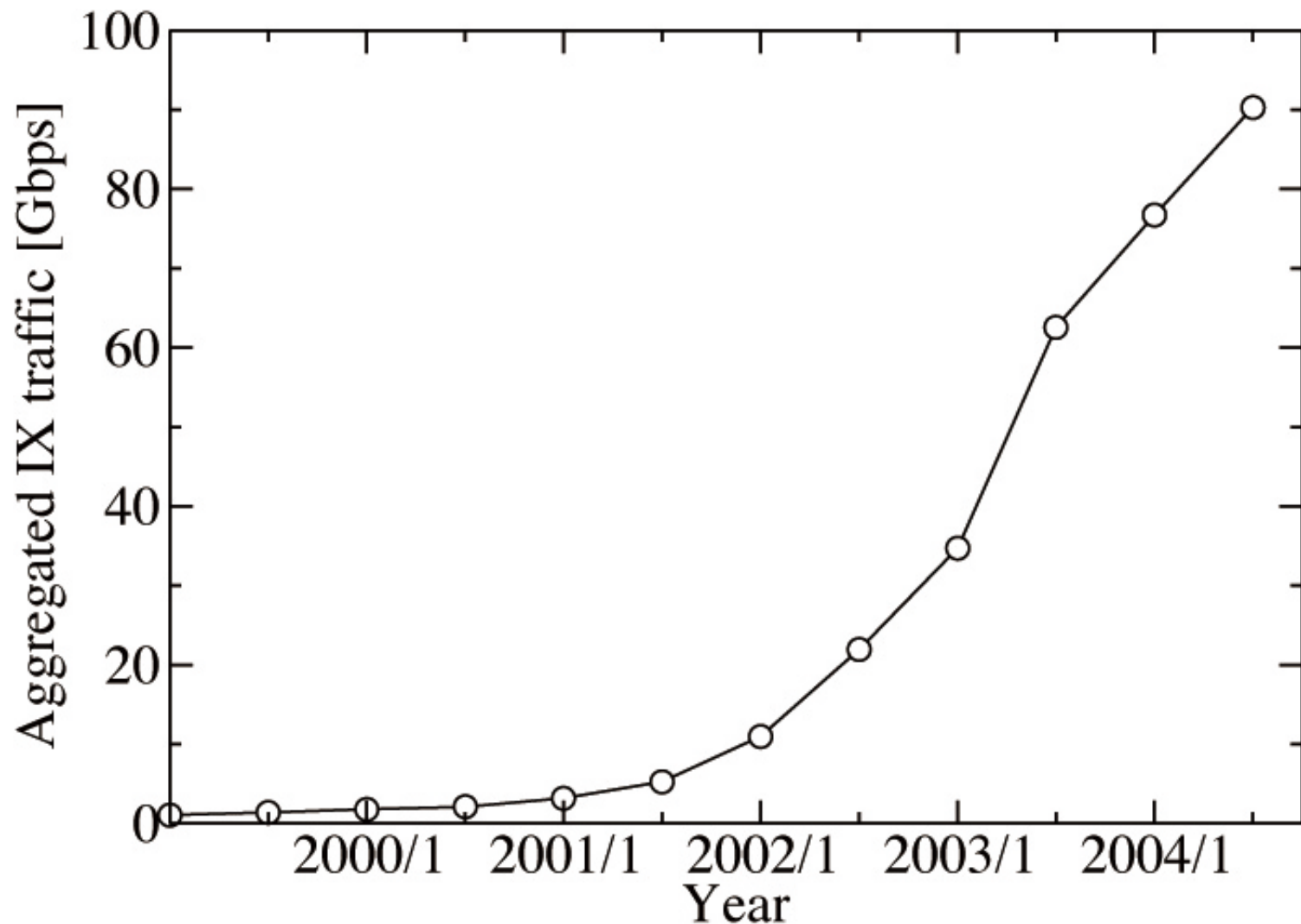
- はじめに
- ブロードバンドトラフィックの増加
- データ収集並びに解析手法
- 解析結果
 - 国内総トラフィック
 - ユーザレベルトラフィック
- 結論

ブロードバンドユーザの増加

(総務省発表)



インターネットエクスチェンジ におけるトラフィック



研究のねらい

- 国内トラフィックのマクロな性質を捉える
 - トラフィック量, 増加スピード, ユーザの使用パターン
 - ホームユーザ vs. オフィス・アカデミックユーザ
 - プライベートピアリング v.s IX
 - 大都市圏 vs. 地方
 - ファイバーユーザ vs. DSLユーザ

(1) 国内トラフィックの マクロな解析

データの収集

- 7つの国内ISPデータ: IIJ, NTT-Com, K-Opticom, KDDI, 日本テレコム, PoweredCom, ソフトバンク BB
- 測定期間: 2004: 9, 10, 11/2005: 5, 11
- 生データ: 各ルータのインターフェイス(IF)のバイトカウント(2時間ごと)
- 集計担当が各社データを合計し解析
- 匿名性の重視

データの収集方法

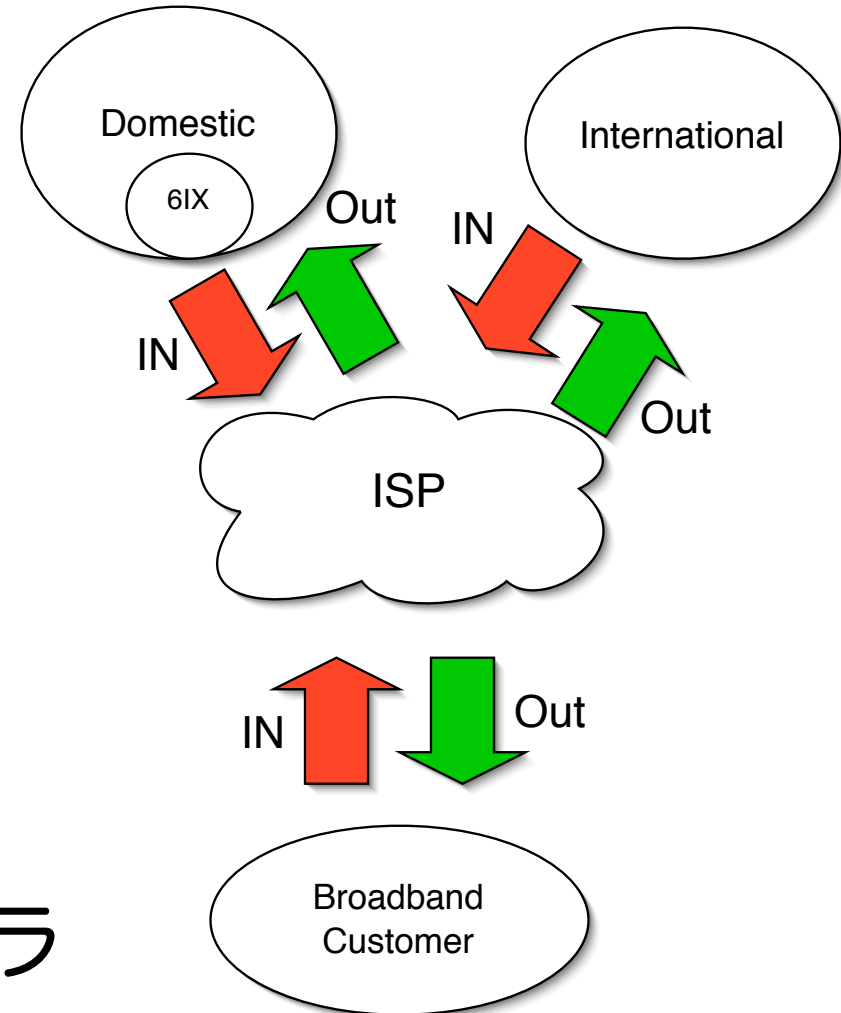
- ほぼ全てのISPがmrtg/rrdtoolsを使用
 - mrtg/rrdtoolsはSNMPを用いてルータのIFごとのバイトカウントを取得
 - データ構造上, 2時間おきのカウント数を約30日分保持
- IFのラベリング
 - トラフィックグループ
 - 方向

トラフィックグループ

- (A1) RBB カスタマ: ADSL/CATV/FTTH
- (A2) Non-RBB カスタマ: 専用線, データセンタ, ダイアルアップ
- (B1) 6 IXes: JPNAP/JPIX/NSPIXP
- (B2) その他国内: local IXes, private peering
- (B3) 国際
- (C) Regional: 47 都道府県別

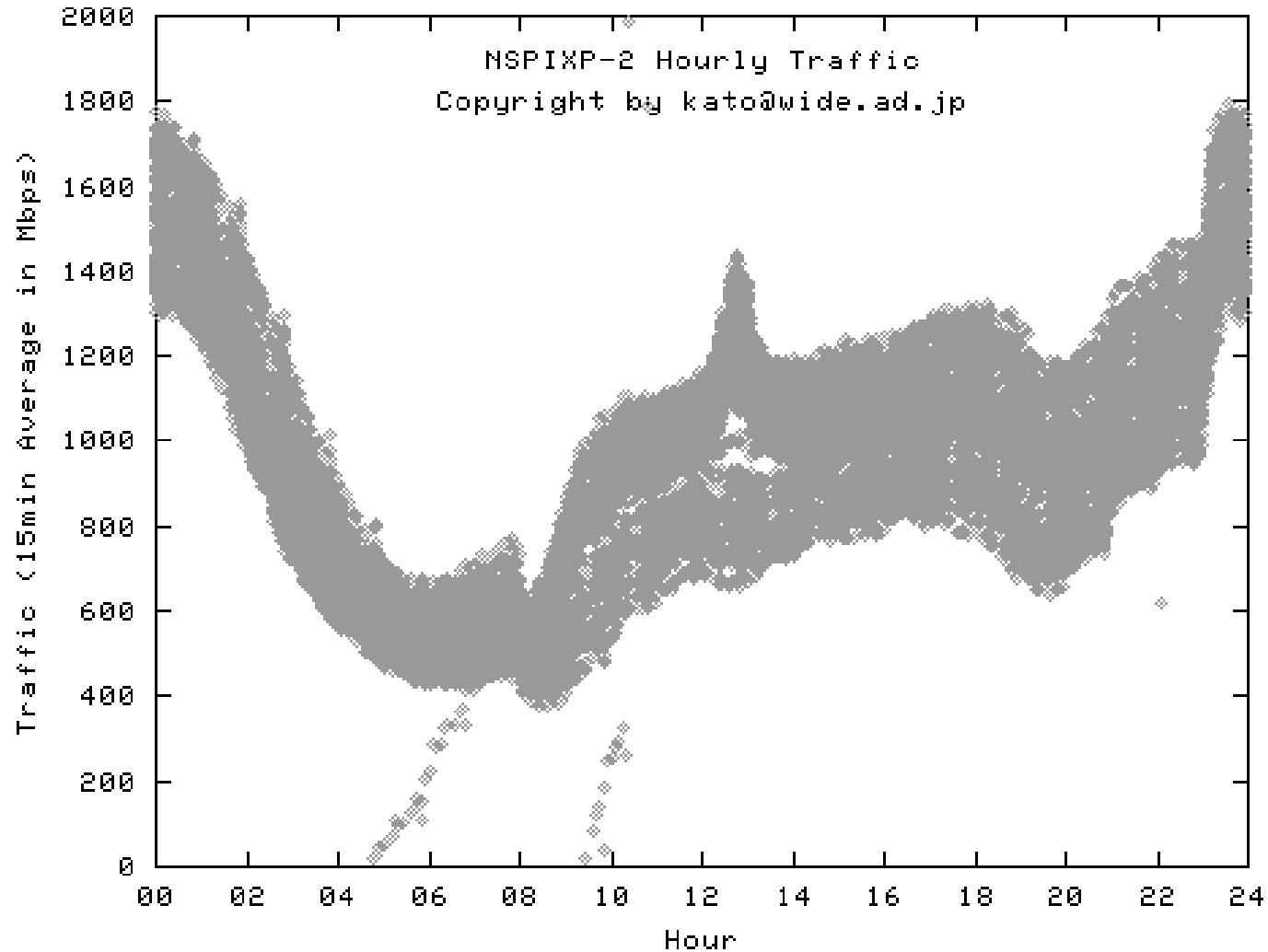
トラフィックの方向

- ISP側から見た方向で考える
 - In: 他所からISPへ
 - Out: ISPから他所へ
- たとえば, (A1)では
 - In: ユーザからISPへのトラフィック
 - Out: ISPからユーザへのトラフィック

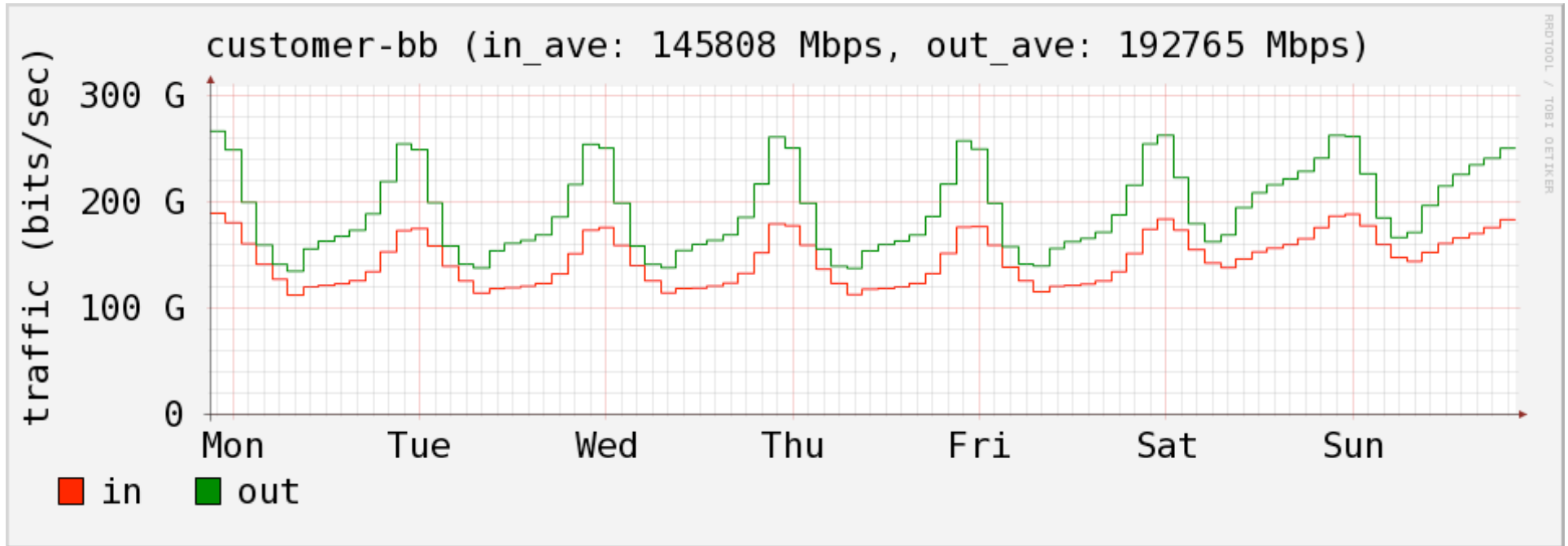


(1-A) ブロードバンドホーム ユーザのトラフィック特性

古き良き(?)時代 (nspix-2 in 1999)

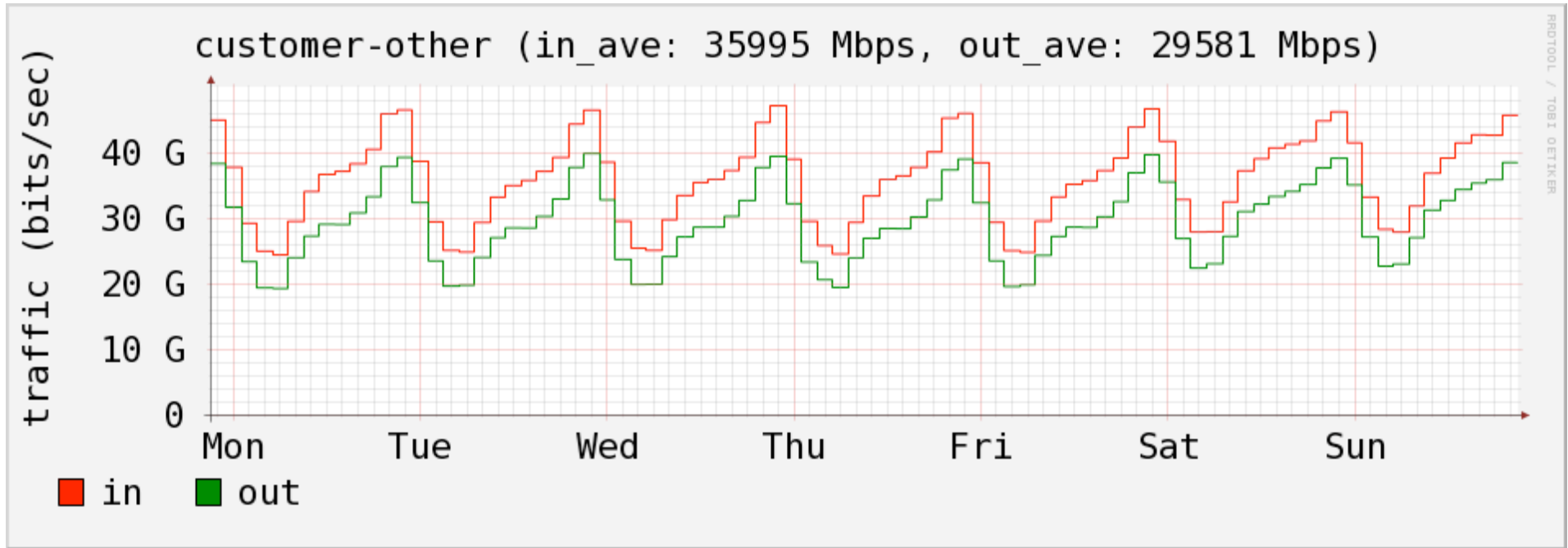


(A1) RBB カスタマトラフィック



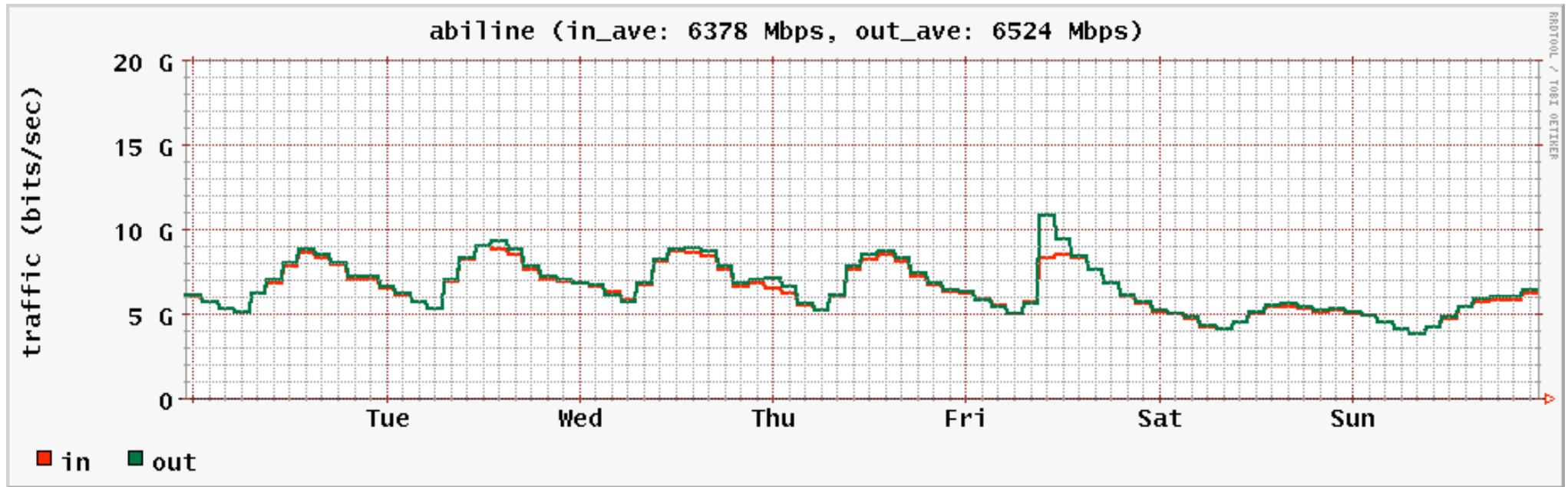
- 平均150Gbps. トラフィックの70%は一定
- ピーク時間: 21:00-23:00
- 平日と休日に違い
- In・Outトラフィックはほぼ対称

(A2) Non-RBB カスタマトラフィック



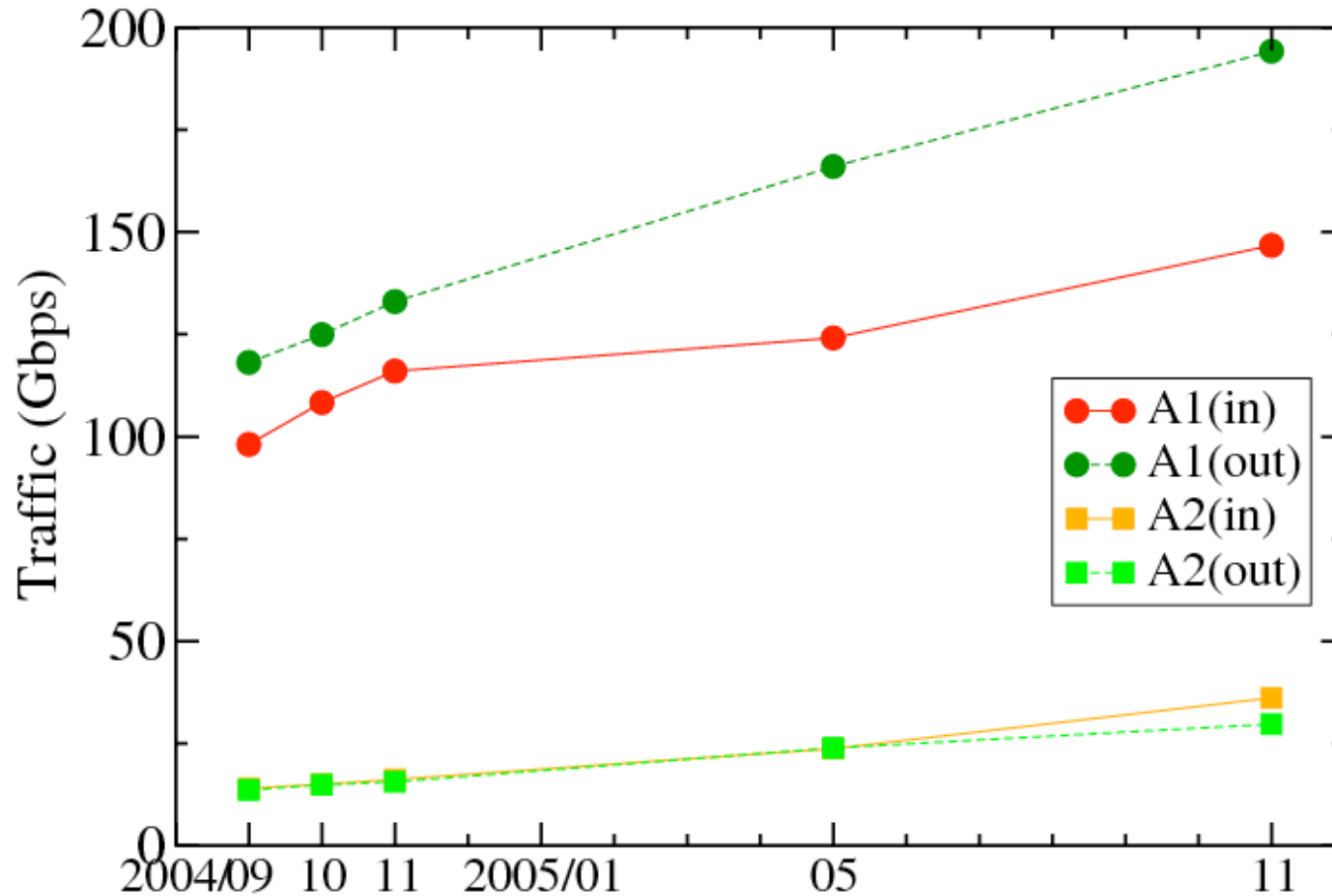
- 専用線, データセンタ, ダイアルアップ, 小規模 ISP
- ピーク時間: 21:00-23:00
- 平日の昼間にも高いアクティビティ

(比較)学術ネットトラフィック



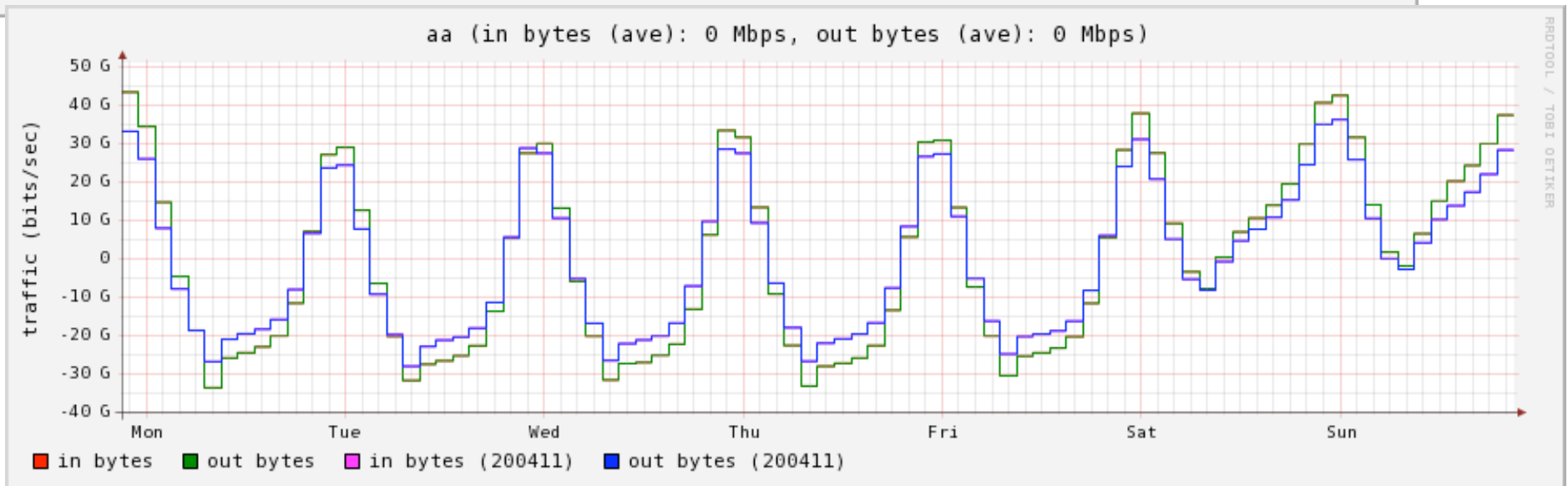
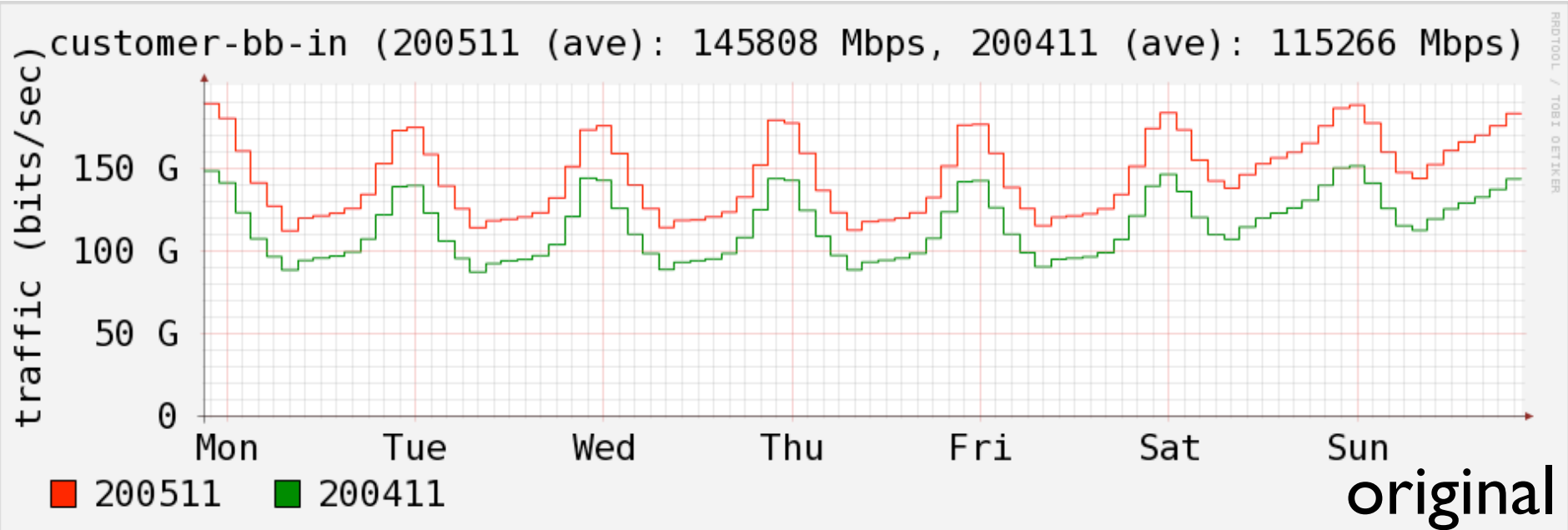
- ABILINE (Internet2)
- ピーク時間: 10:00-14:00
- 週末にはトラフィックが低下

トラフィックの増加傾向



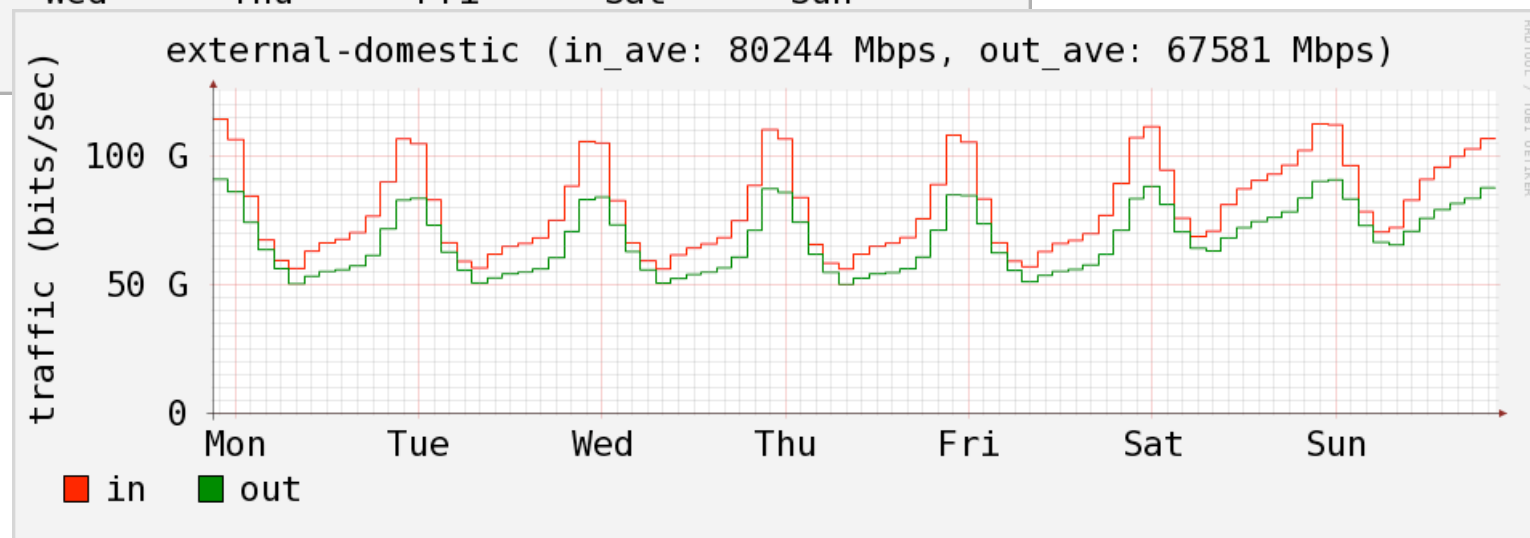
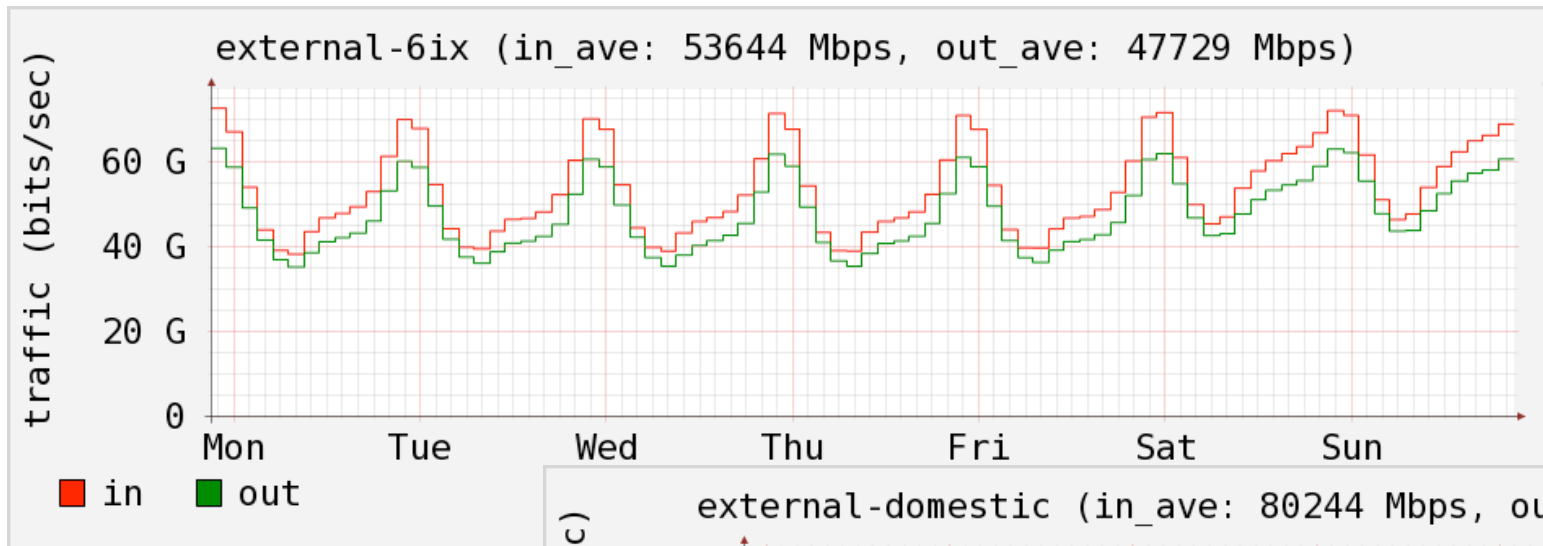
- 増加率: 37%/年
- 観測当初と比較すると増加率は低下

トラフィックの増加 (A1 in)



(1-B) 国内・国外トラフィックの 特性

(B1&B2) 国内トラフィック (6IX および その他)



- トラフィックパターンはRBBカスタマと同じ

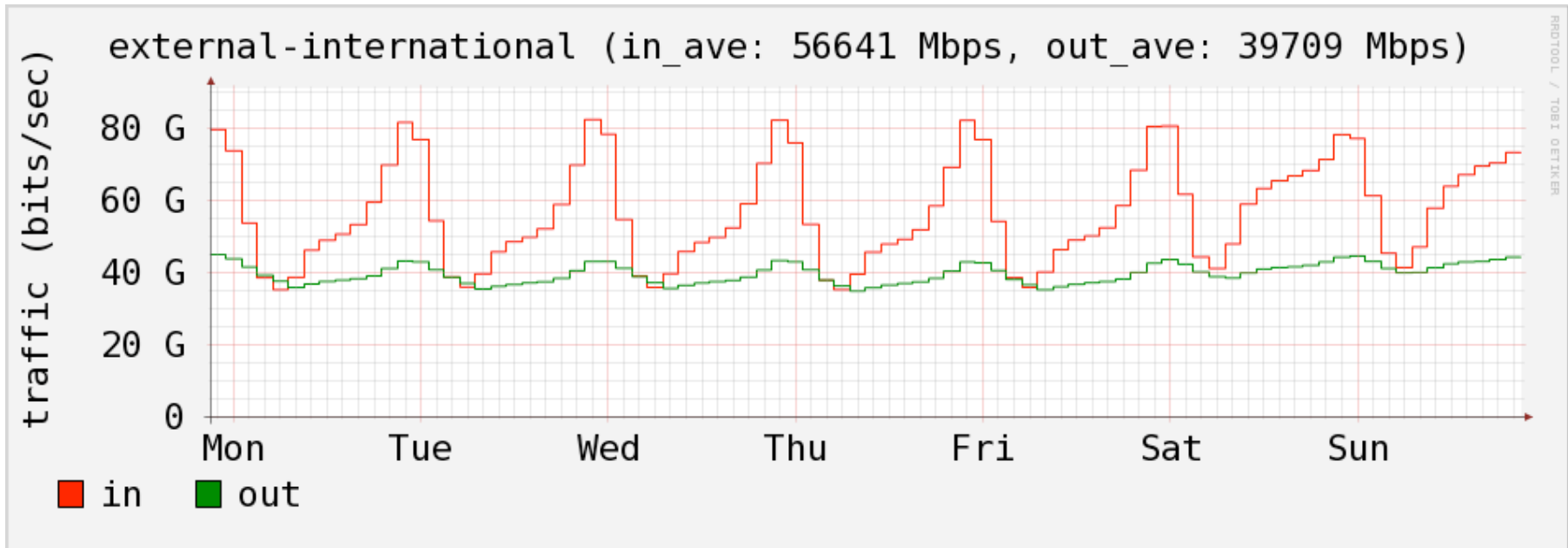
IX提供データとの比較

unit: Gbps

	(BI) 6 IXes (our data)	All 6 IXes (directly measured)	ratio (%)
2004/sep	30.9	74.5	41.5
2004/oct	31.8	77.1	41.2
2004/nov	33.0	80.3	41.1
2005/may	41.6	99.1	42.0
2005/nov	48.1	115.3	41.5

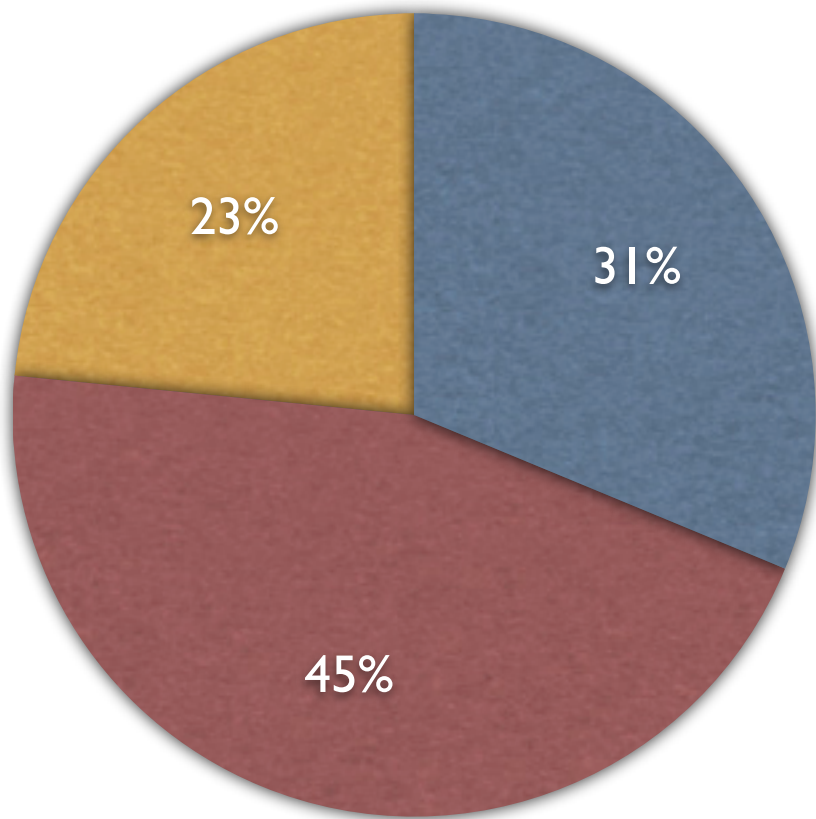
- 本測定 of データは全体の41%をカバー

(B3) 国際トラフィック



- トラフィックは非対称で，海外からの流入が主流
- 国内からのトリガーによるもの

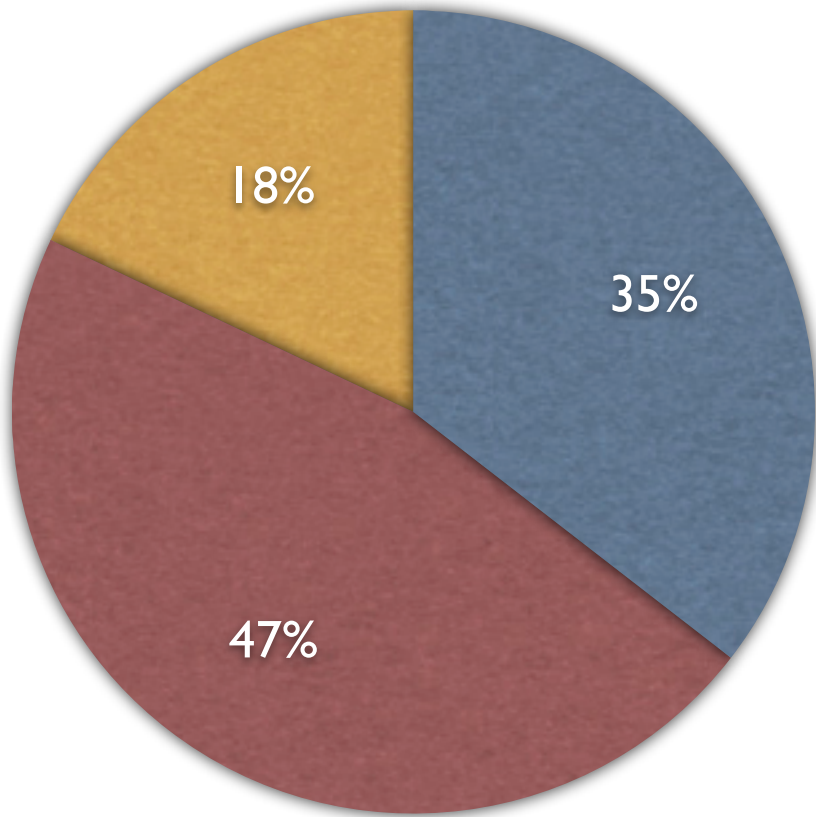
ISPへの流入トラフィック



● B1 ● B2 ● B3

- プライベートピアリング (B2)は6IX(B1)より多い
- 国際トラフィック(B3)は1/4弱

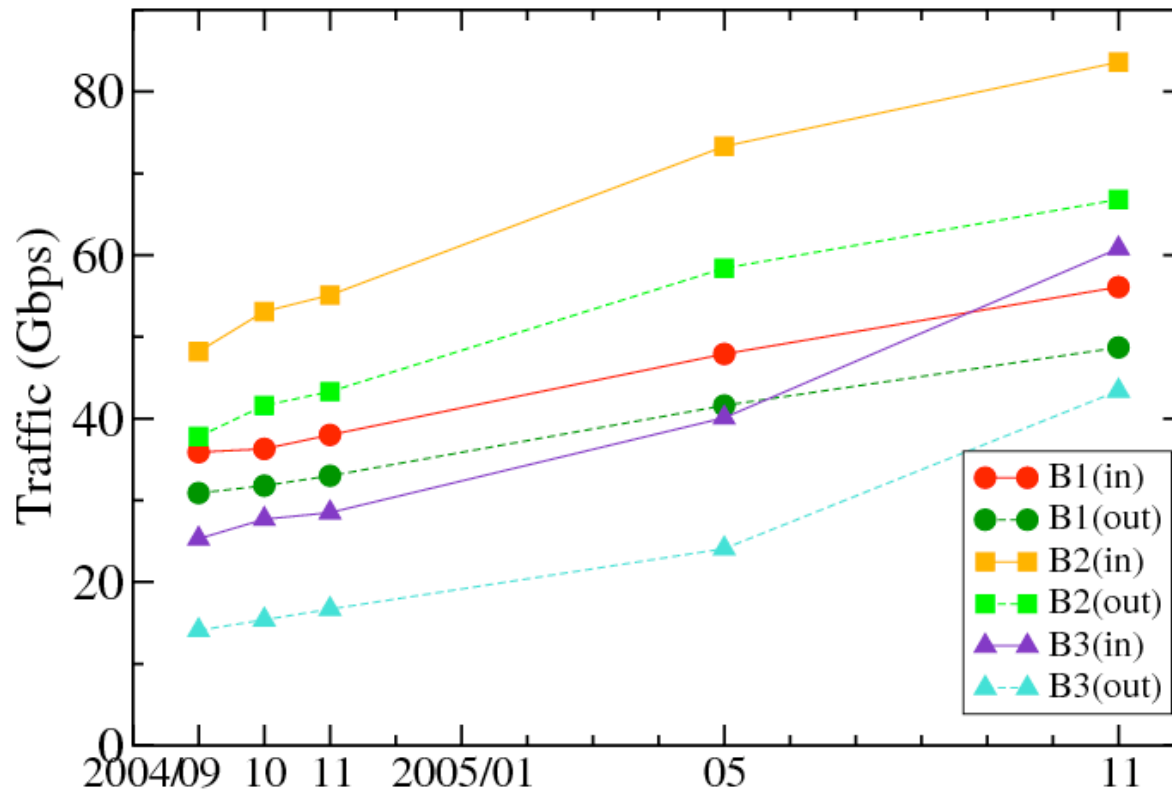
ISPからの流出トラフィック



● B1 ● B2 ● B3

- 流入同様, プライベートピアリング(B2)は6IX (B1)より多い

トラフィックの増加(B1,B2,B3)



- 国内: 40%/年で増加
- 海外: 100%/年で増加 (トランジットの影響)

トラフィックデータのサマリ

Unit: Gbps

	(A1) RBB customer	(A2) RBB other	(B1) 6IXes	(B2) Other domestic	(B3) International
	in/out	in/out	in/out	in/out	in/out
2004/ sep	98.1/118.1	14.0/13.6	35.9/30.9	48.2/37.8	25.3/14.1
oct	108.3/124.9	15.0/14.9	36.3/31.8	53.1/41.6	27.7/15.4
nov	116.0/133.0	16.2/15.6	38.0/33.0	55.1/43.3	28.5/16.7
2005/ may	156.8/198.1	23.7/23.9	47.9/41.6	73.3/58.4	40.1/24.1
nov	146.7/194.2	36.1/29.7	54.8/48.1	80.9/58.1	57.1/39.8

トラフィックデータのサマリ

1. RBBカスタマトラフィック

- 全トラフィック: 485Gbps (=194G/40%)
- 70%はコンスタント, in/outは対称
- ゴールデンタイムにピーク, 曜日による違い

2. 成長スピード: 国内:37%/年, 海外:100%年

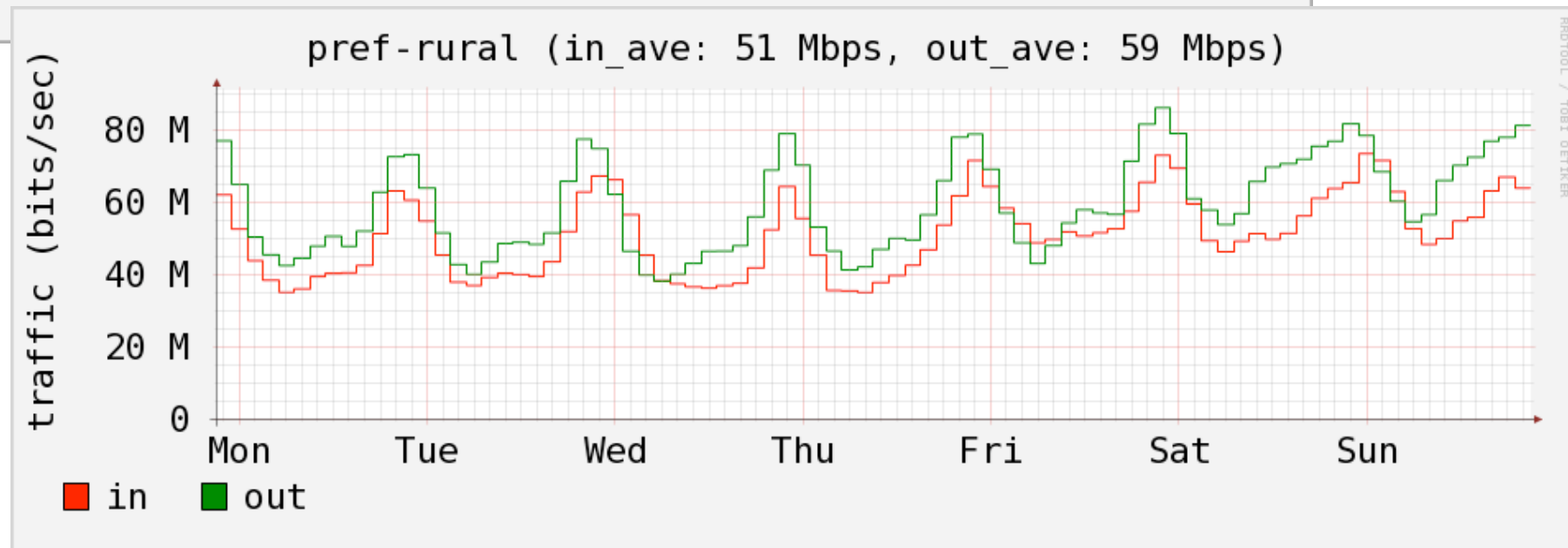
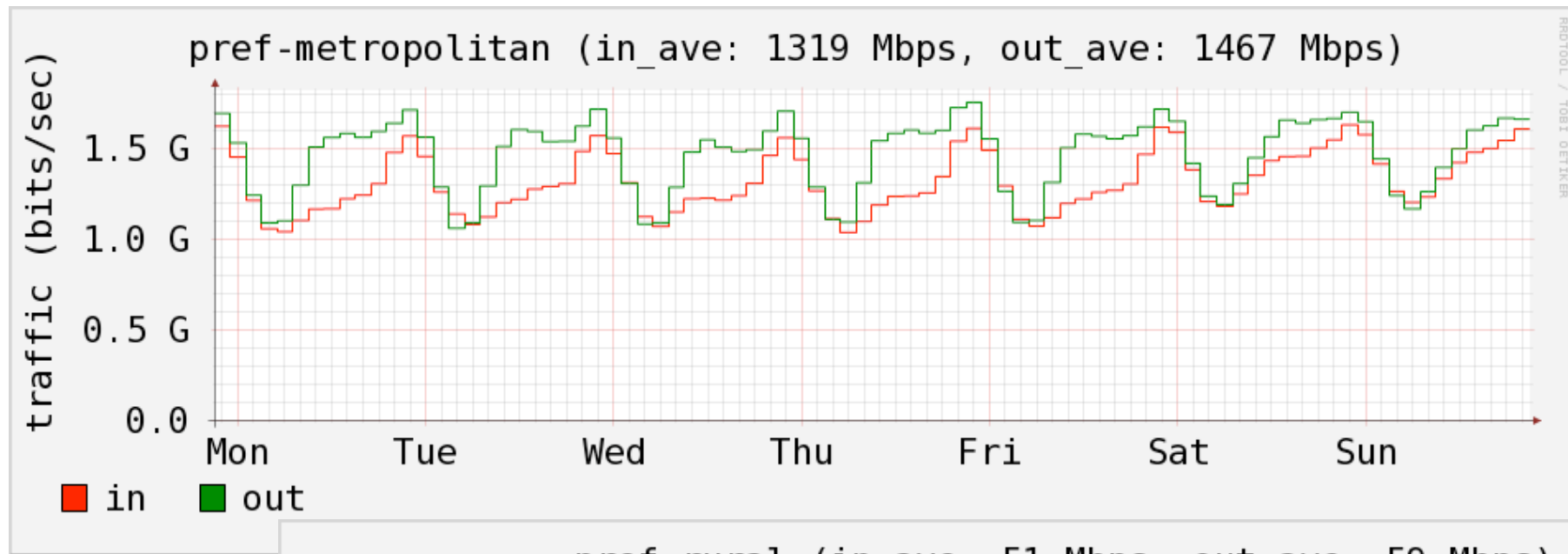
- ベース部分が増加に寄与

3. プライベートピアリングトラフィックは6IX並に存在

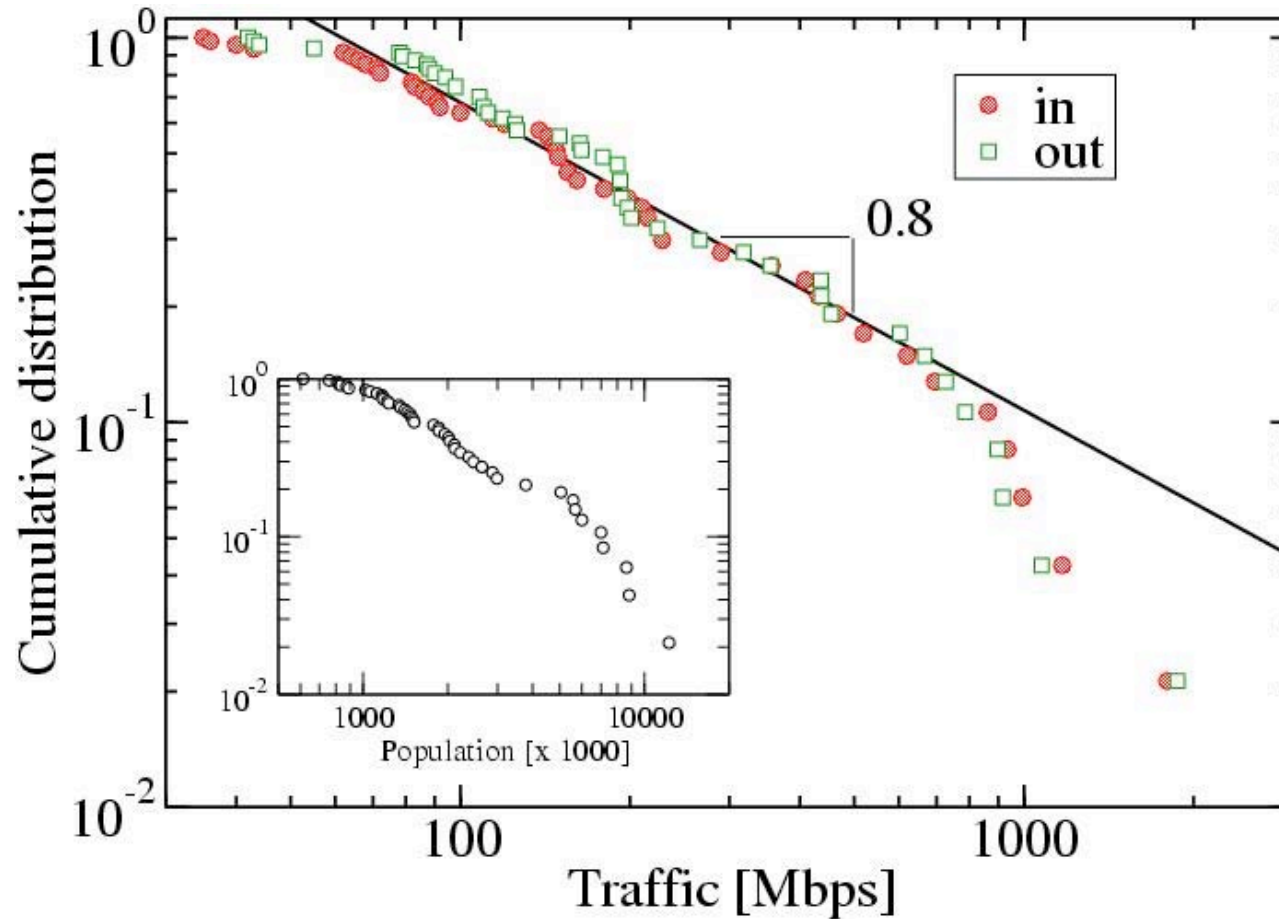
4. 国際トラフィックは全トラフィックの23%

(1-C) 大都市・地方別の トラフィック特性

(C) 大都市圏と地方の比較 (1)

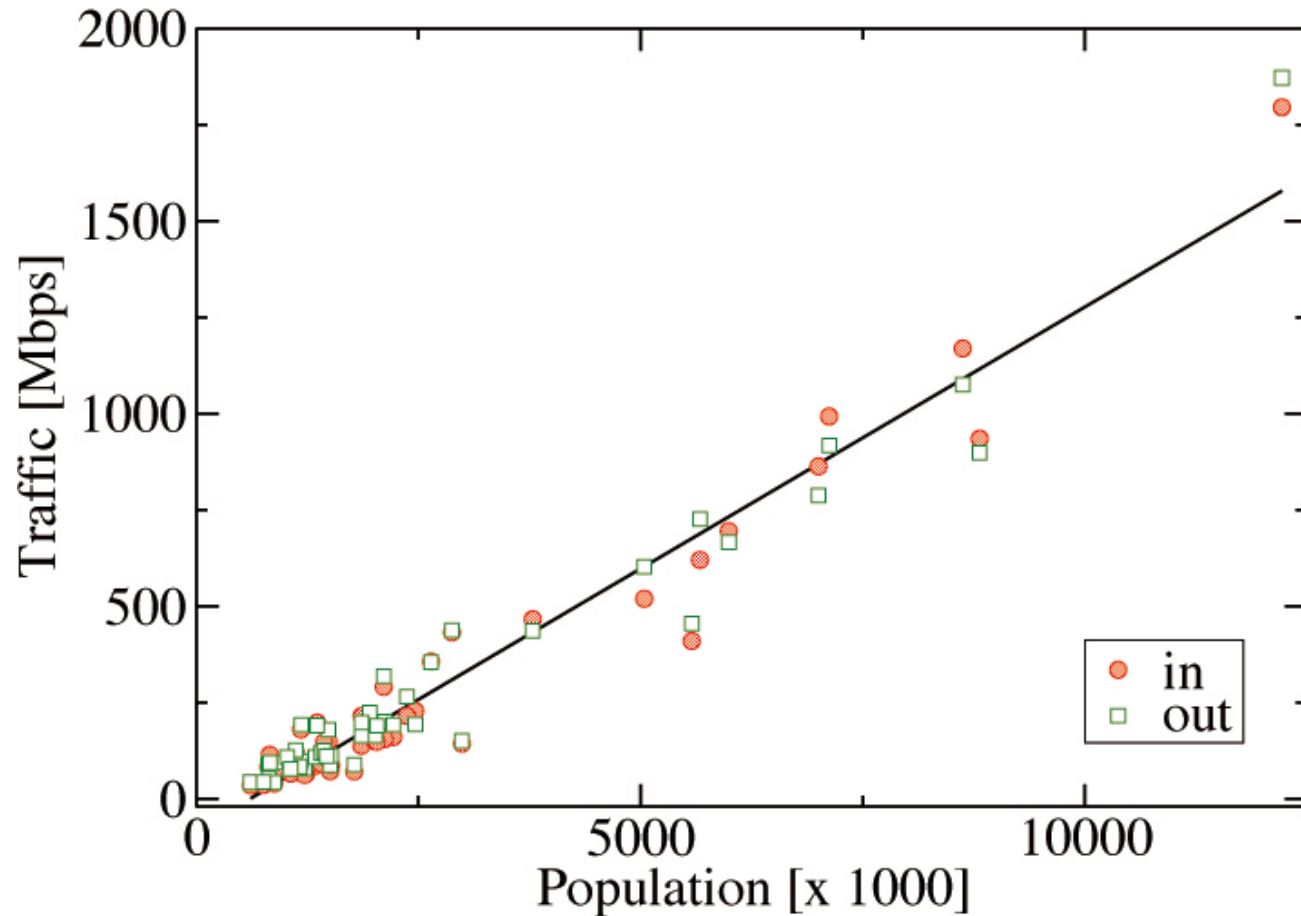


県別トラフィックの累積分布



- 県別トラフィック量は冪分布($x^{-0.8}$)
- 人口分布と類似

大都市圏と地方の比較 (2)



- トラフィック量は県の人口にほぼ比例
- ヘビーユーザの存在割合はほぼ一定

大都市圏と地方の比較結果

- ヘビーユーザの数は人口にほぼ比例
- 都市圏
 - 平日の昼間にも大量のトラフィックが存在
 - ビジネスユース(SOHO etc)の影響
- 地方圏
 - トラフィック量は少なく、A1データと同傾向

(2) ユーザレベルフローの 解析

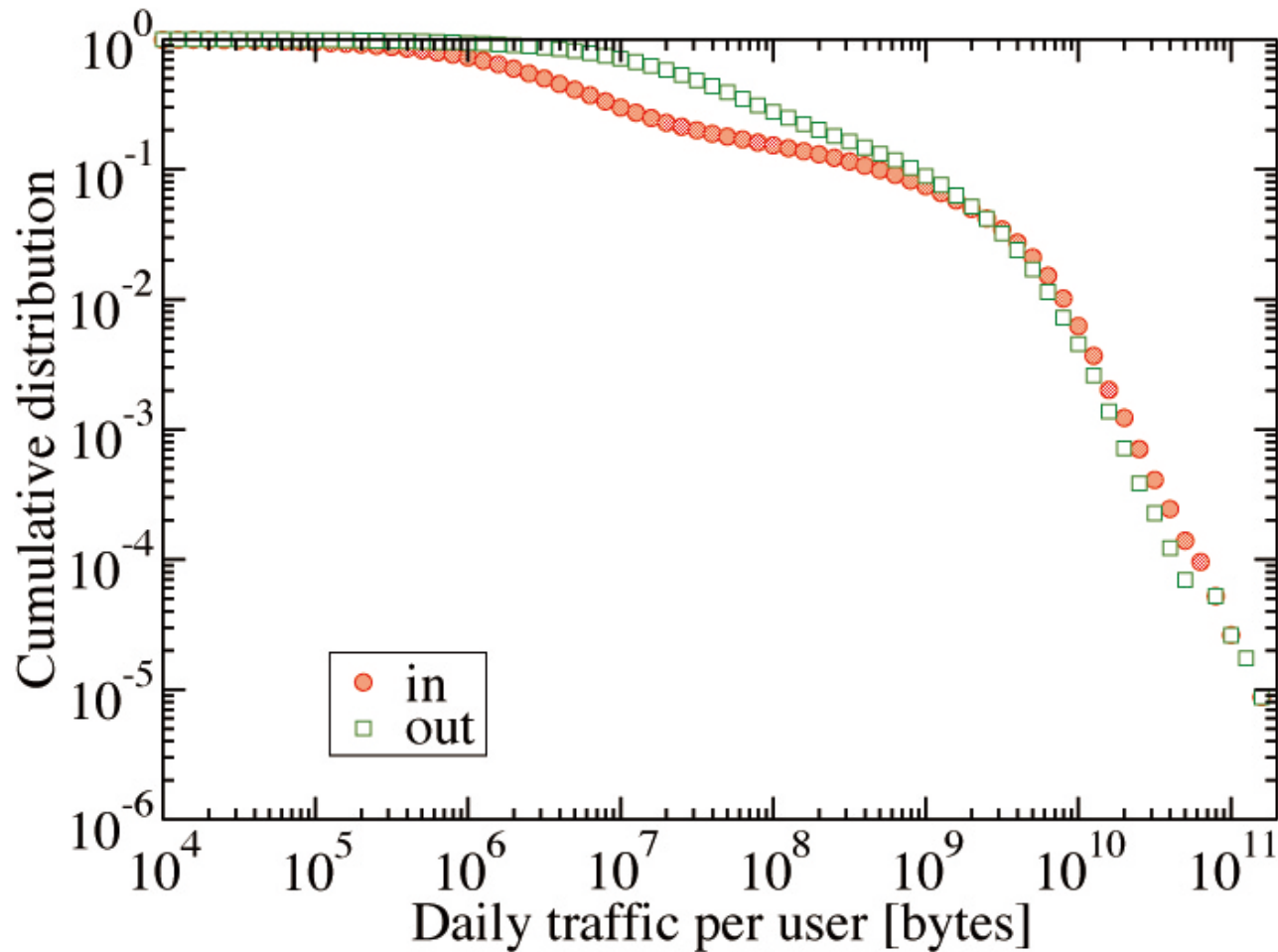
研究のねらい

- ヘビーユーザとライトユーザの挙動、ファイバーユーザとDSLユーザの違い
- 存在割合
- 都市圏と地方の違い
- トラフィックの対称性
- トラフィックマトリクス

データの収集

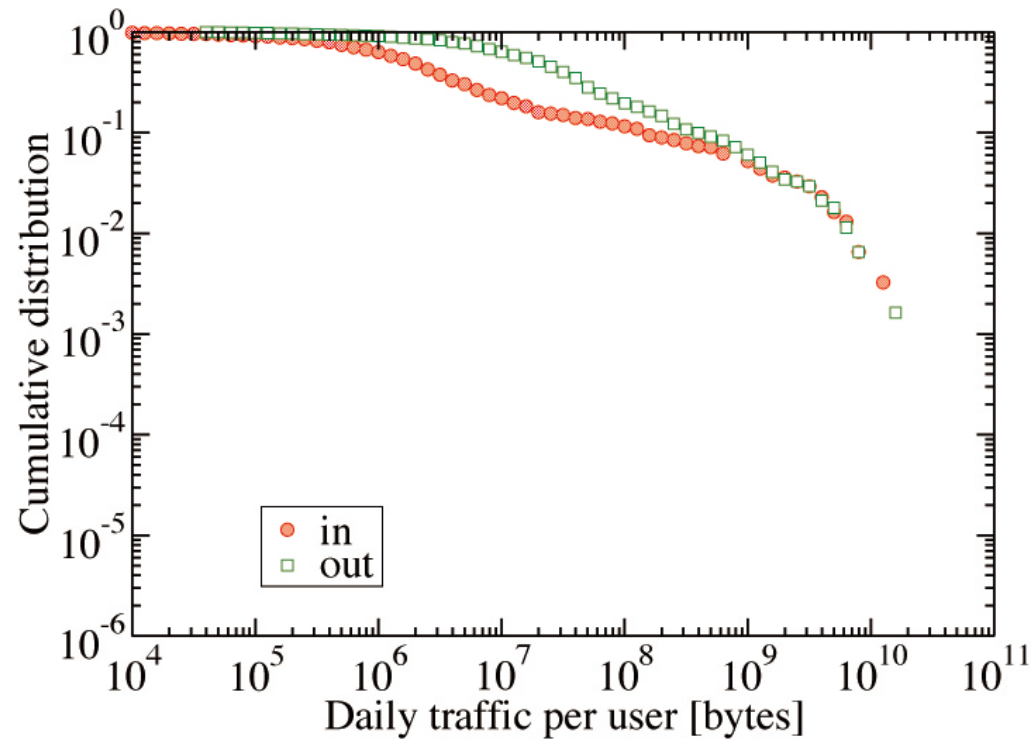
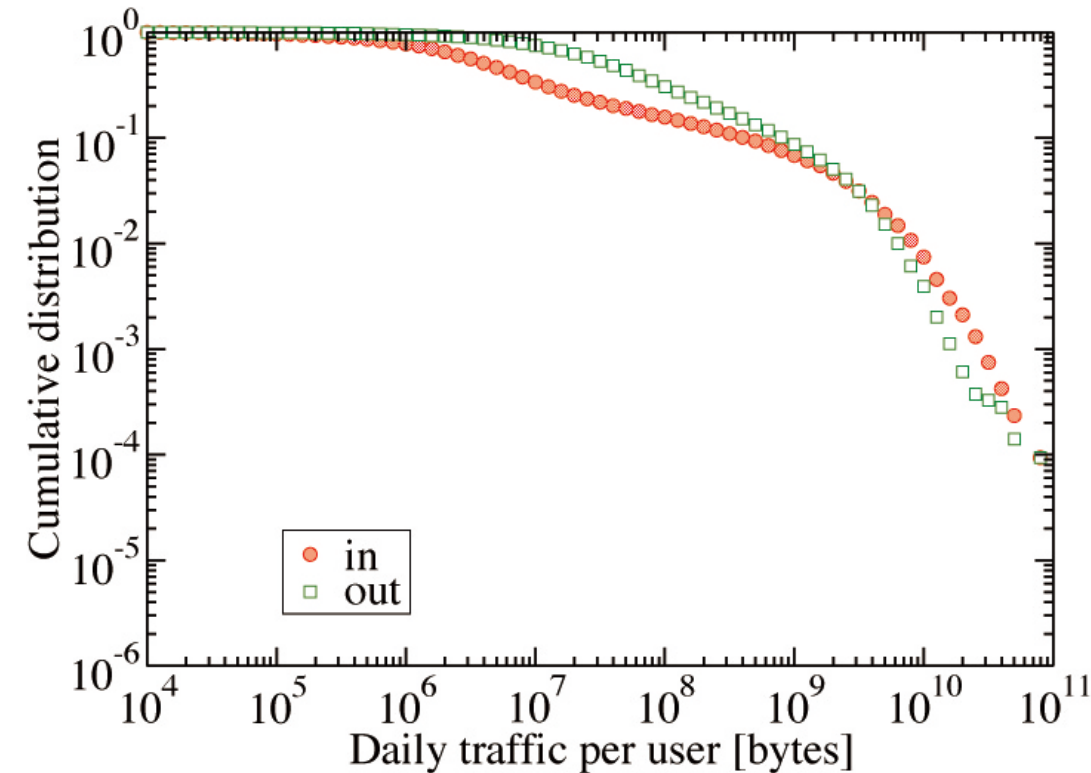
- NetFlowで各契約者(≒ユーザ)毎の一日当たりの送信・受信トラフィック量を測定
- 測定データ: ISP一社
- 測定期間: 2004: 4, 5, 10, 2005: 2, 7の一週間

ユーザ当たりのトラフィック量



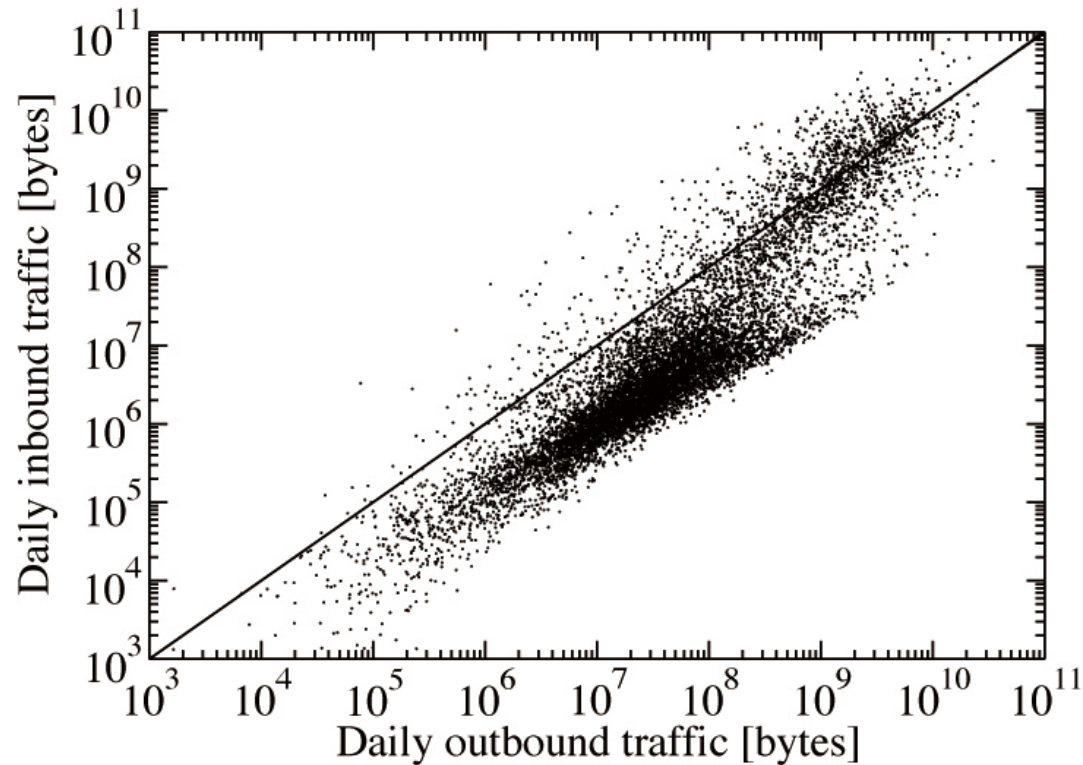
- 96%のユーザ(平均的)は2.5GB/日未満
- 2.5GB未満ではトラフィックは非対称

大都市圏 vs. 地方 (再び)



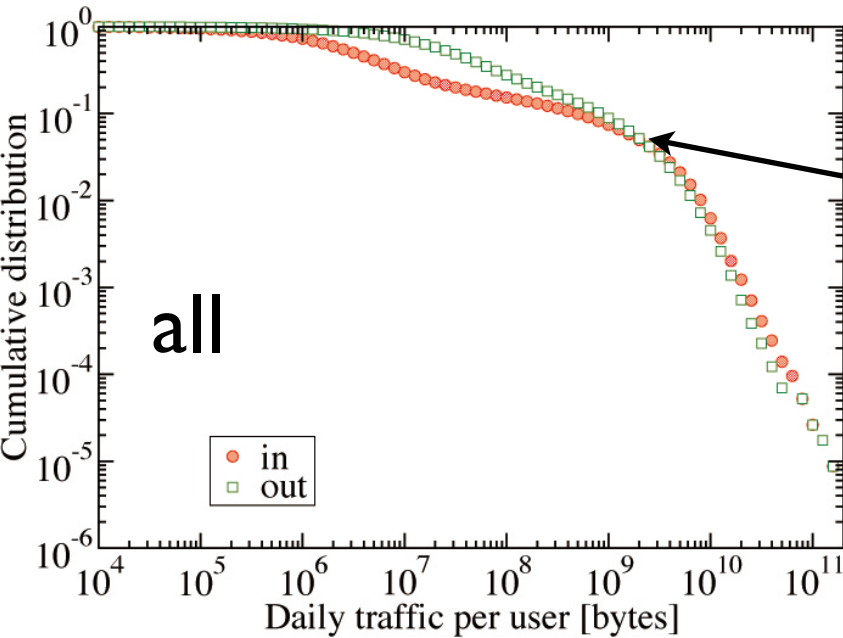
- ユーザ数の違い以外は同じ傾向
- ヘビーユーザ(> 2.5GB/day)は一定割合で存在

ユーザトラフィックの非対称性

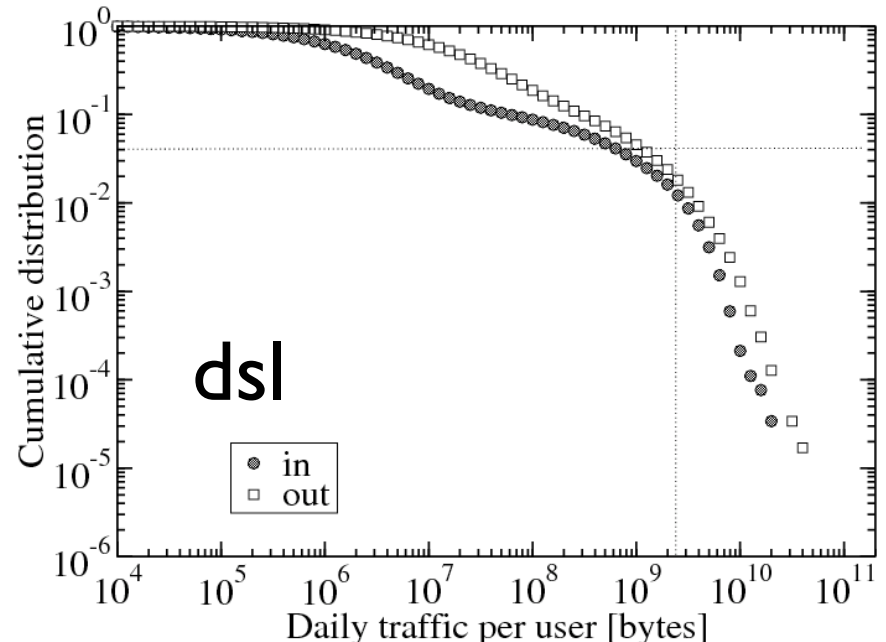
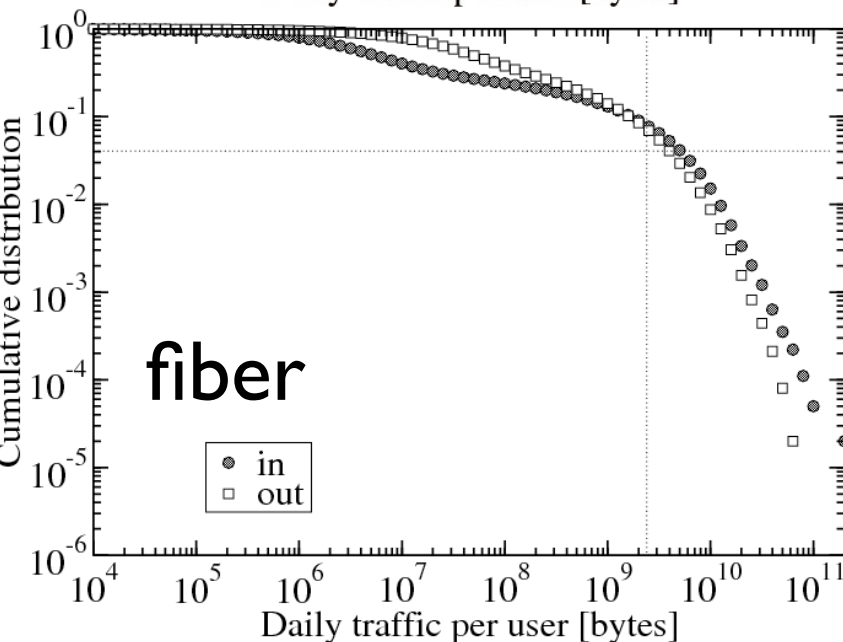


- 10^8 未満では、下りは上りに比べて10倍多い
- 10^8 以上では二つのパターンが観測
 - 上りが制限された部分 (ADSLユーザの影響?)
 - 上り下りが対称 (Fiberユーザの影響?)

アクセスラインの違い(1)

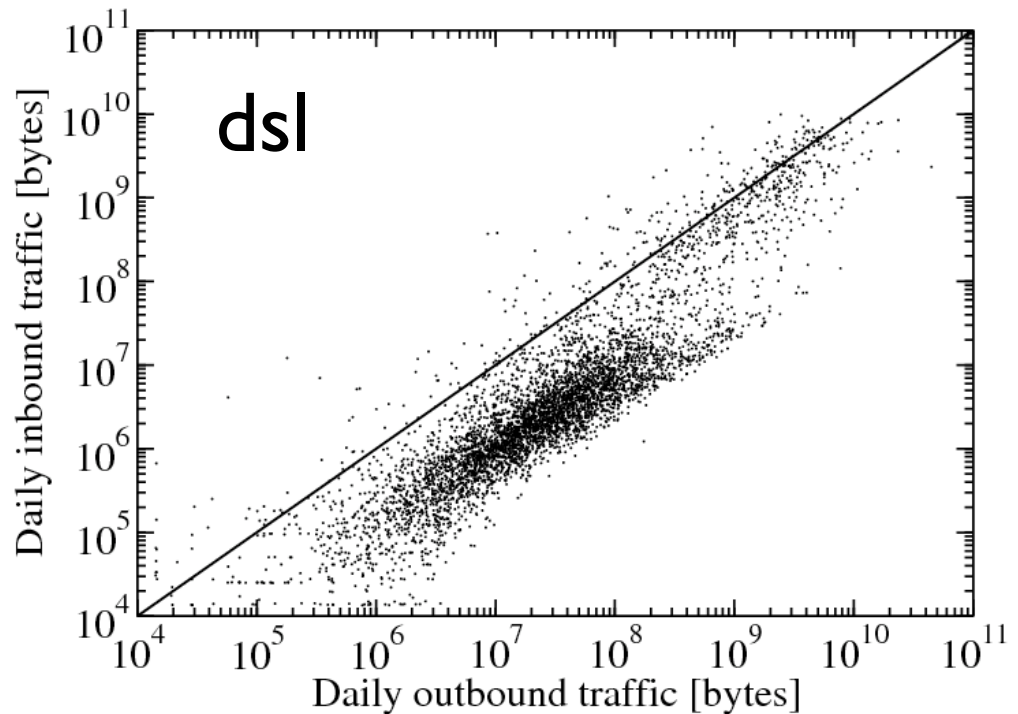
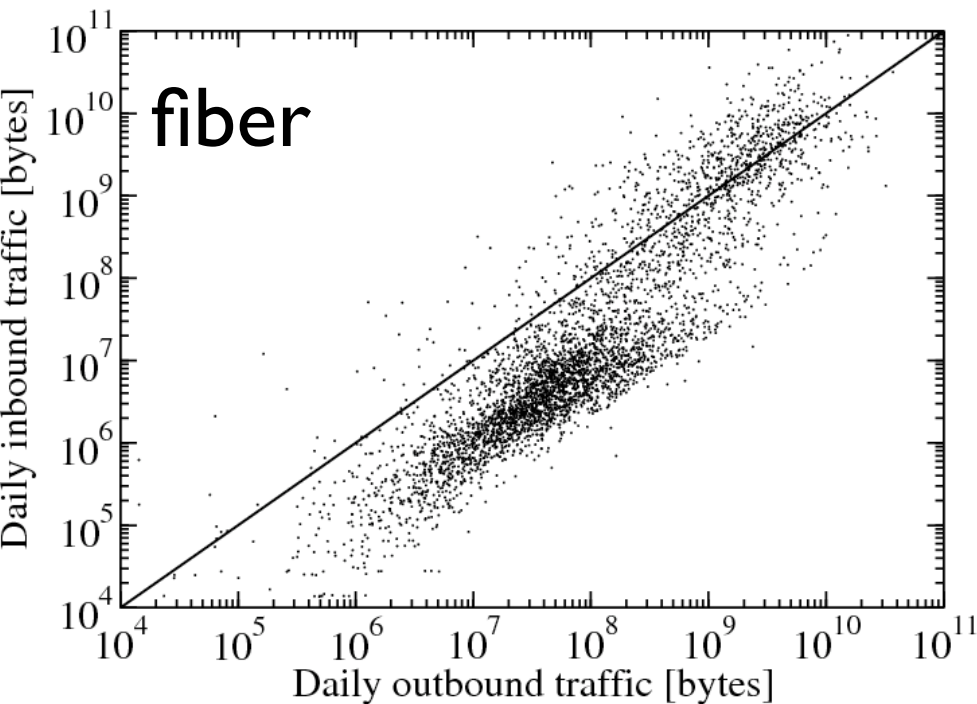


- top 4% uses >2.5GB/day
- ファイバの方が緩やかな減衰

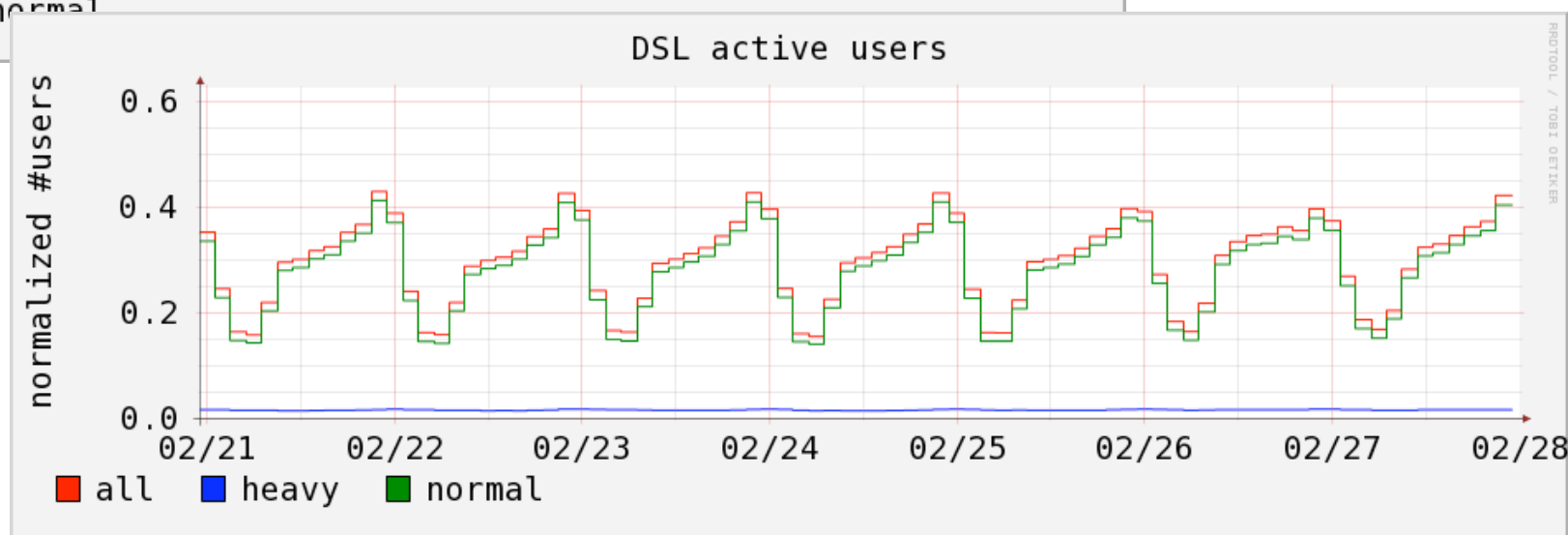
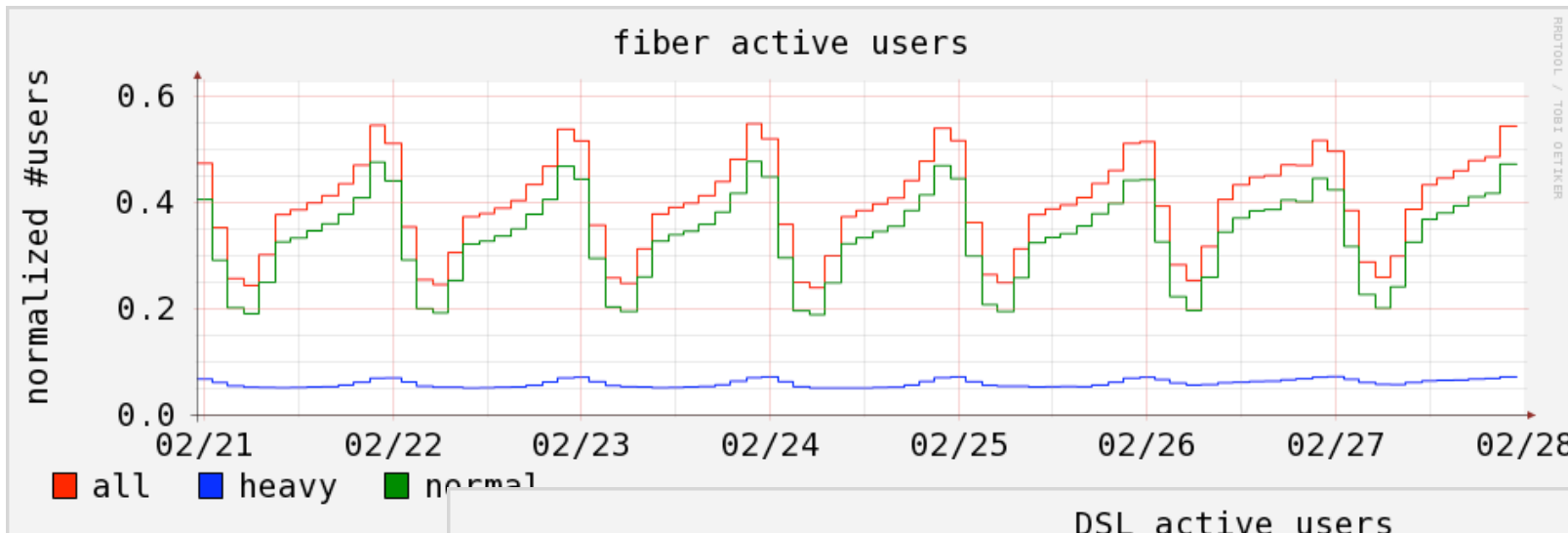


アクセスラインの違い(2)

- どちらも2つのクラスタが存在
- 分布は類似しているが、集中度合いに違い

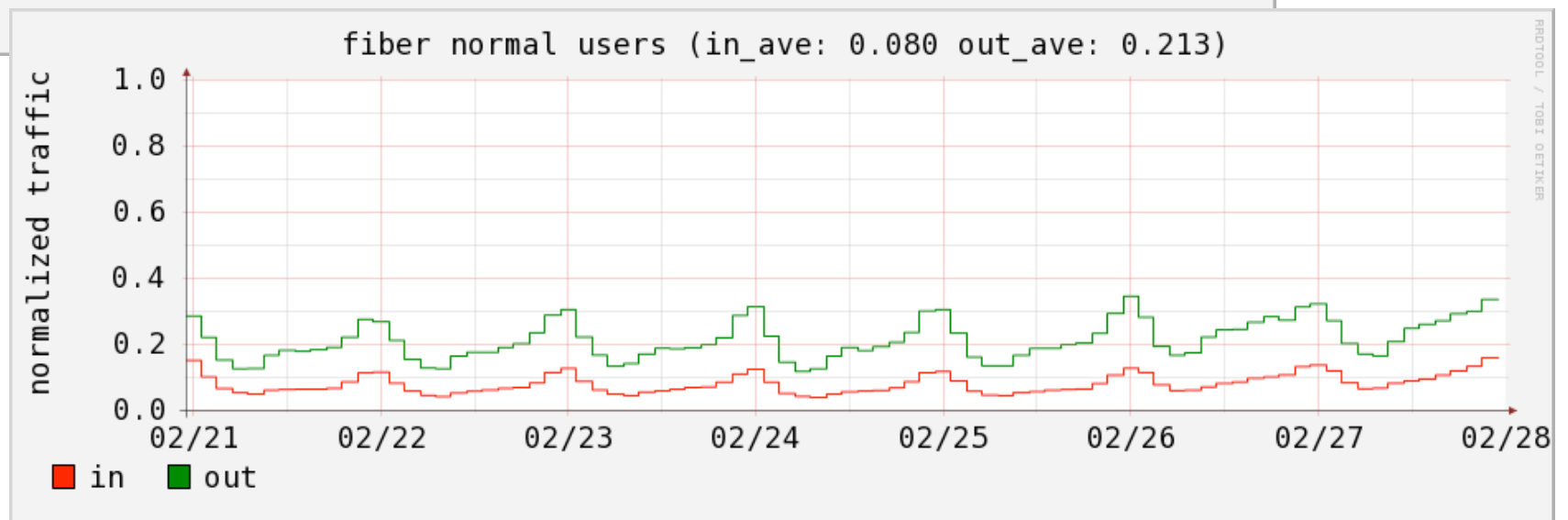
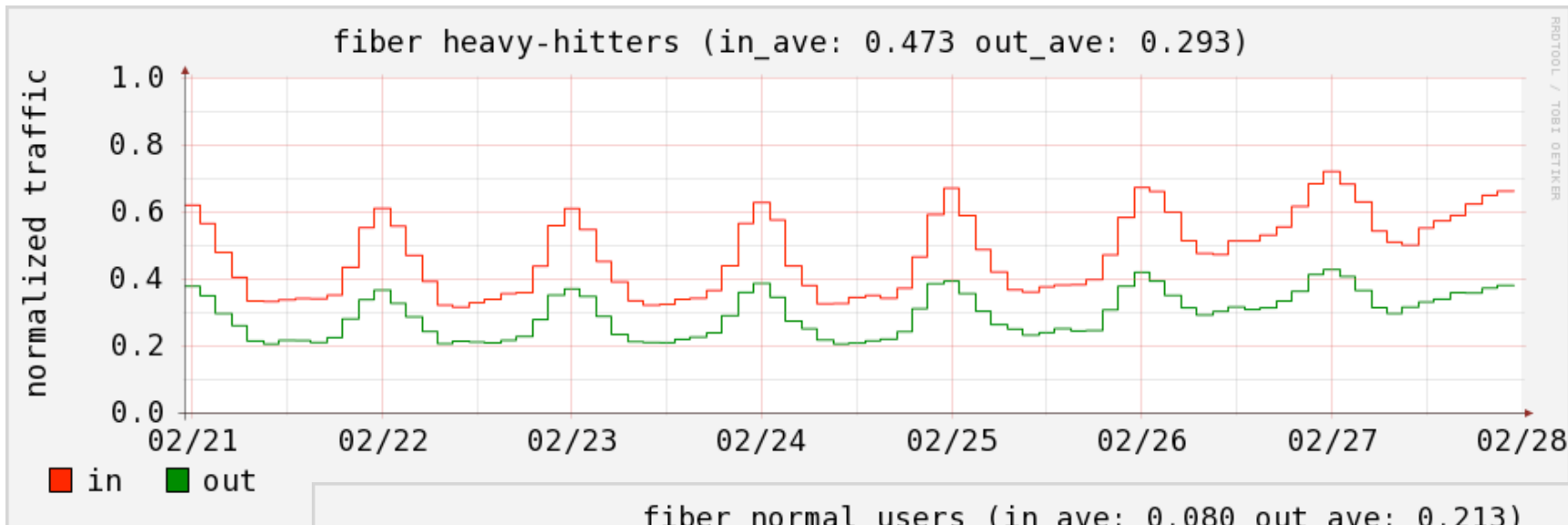


アクティブユーザ数の変化



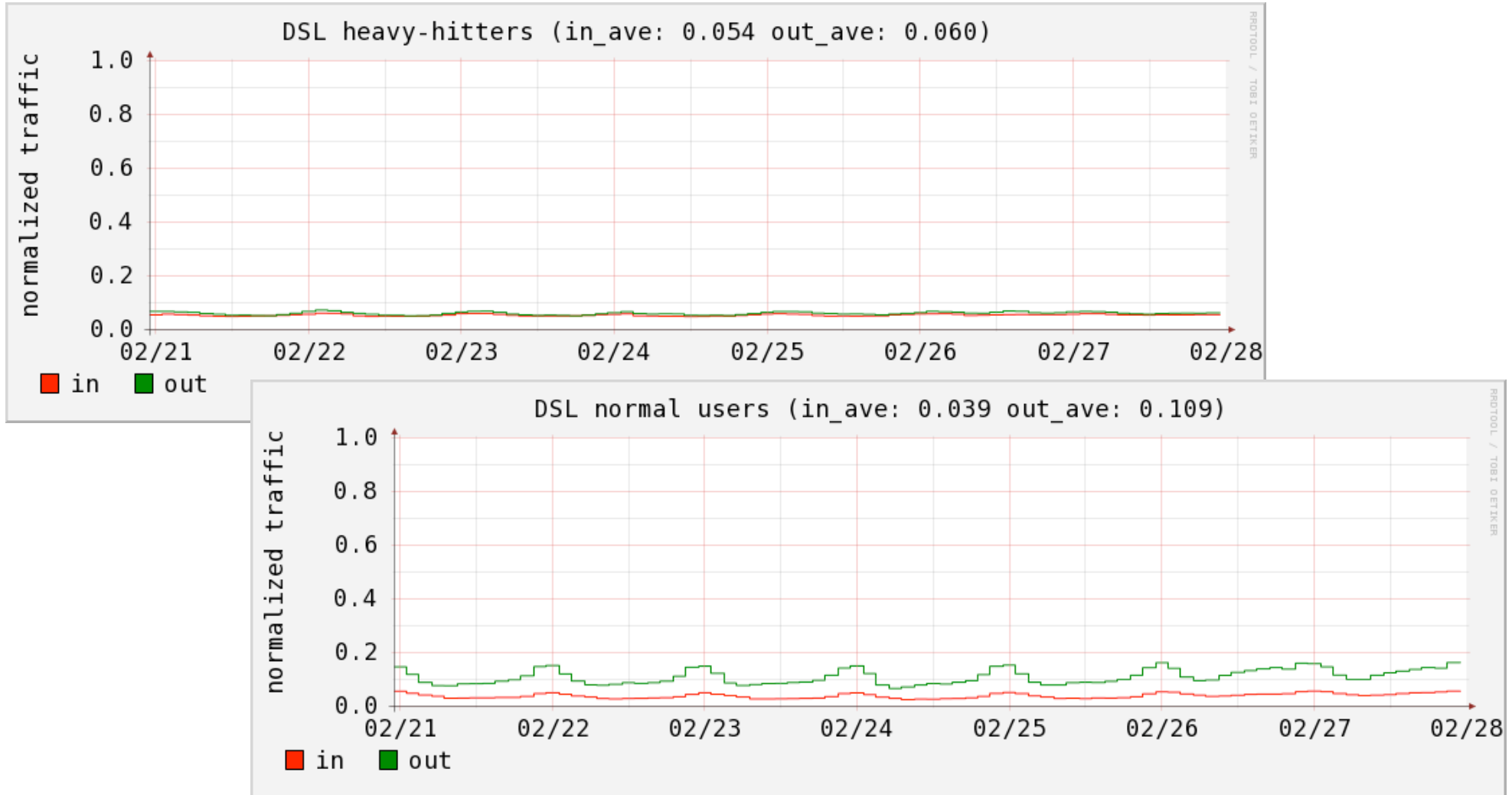
- ヘビーユーザはコンスタントに接続
- ファイバとDSLの割合は6:4程度

fiber traffic



- 少数のヘビーユーザが帯域を使用

dsl traffic



- ファイバに比べると圧倒的に少ない

Protocol別の内訳

- http: 9.3%
- ftp-data: 0.9%
- port > 1024: 82%

ほとんどはやはりP2P?

トラフィックマトリクス

src\dst	ALL	RBB	Dom	Intr
ALL	100.0	84.8	11.1	4.1
RBB	77.0	62.2	9.8	3.9
Dom	18.0	16.7	1.1	0.2
Intr	5.0	4.8	0.2	0.0

- 62.2%はユーザ間トラフィック
- 16.7%がデータセンタ系→ユーザトラフィック

県別トラフィックマトリクス

	hkd	amr	iwt	myg	akt	ygt	fks	lbr	teg	gnm	atm	chb	tky	kng	ngt	tym	isk	fki	yns	ngn	gif	szk	aic	mie	sig	kyt	osk	hyg	nar	wky	ttr	amn	oky	hrs	ygc	tks	kgw	ehm	kch	fko	ang	ngs	kmt	oit	myz	ksa	okn
hkd	3.1	4.9	3.0	1.6	4.5	3.9	.94	1.4	.99	.82	5.0	4.8	1.1	7.5	1.0	.82	1.1	4.0	3.4	.85	1.3	2.3	6.0	1.2	.83	2.3	6.3	3.1	.63	.62	.38	1.7	1.5	1.6	.51	4.5	.51	.71	.52	2.3	2.0	.61	.77	.46	.37	.30	.33
amr	3.6	1.3	4.4	2.3	3.5	5.5	1.2	1.5	1.0	.87	5.2	5.3	3.4	7.6	1.2	.55	1.0	3.4	1.2	.77	1.3	2.2	5.6	7.1	.66	2.2	6.6	3.2	.72	.61	.45	1.3	1.5	5.0	.37	6.4	.77	.52	2.1	2.9	3.5	.88	.30	.36	.34	.34	
iwt	4.0	5.3	1.3	1.8	4.8	4.9	.96	1.8	1.3	.98	5.4	4.9	1.3	7.1	1.7	.72	8.1	4.4	4.1	.65	2.0	2.1	6.4	1.1	.91	2.5	6.3	3.9	.91	.38	.30	1.3	1.7	1.6	.54	.38	.74	.72	.46	2.4	2.6	.49	.79	.46	.43	.54	.34
myg	3.6	8.6	6.4	2.5	5.0	5.0	1.1	1.6	.93	.87	5.3	4.9	1.1	7.5	1.0	.63	.99	3.6	.47	.78	1.3	2.1	5.8	.97	.60	2.4	6.5	3.1	.75	.54	.27	1.0	1.3	1.6	.61	.37	.45	.82	.50	2.4	2.0	.41	.77	.42	.40	.35	.35
akt	3.5	3.8	3.7	1.6	.87	3.8	.91	1.3	.89	.90	5.0	4.7	1.1	7.5	.94	7.1	.98	.27	.62	.67	1.4	2.1	6.3	.84	.85	2.3	5.9	3.0	.68	.39	.25	1.0	1.2	1.6	.51	.34	.55	.94	.41	2.2	1.4	.21	.64	.51	.32	.33	.21
ygt	3.1	4.3	4.7	1.4	.63	8.5	1.2	1.5	1.0	.67	5.1	4.8	1.2	6.4	.98	7.1	1.1	.37	.54	.87	1.4	1.8	9.7	1.1	.68	2.3	6.5	3.6	.72	.40	.33	1.1	1.3	1.4	.41	.38	.49	.66	.38	2.2	.20	.47	.63	.35	.30	.30	.30
fks	3.5	5.6	4.1	1.5	3.8	5.5	2.2	1.8	.92	.91	4.8	4.1	1.0	8.7	1.0	.57	1.1	5.0	.46	.66	1.4	2.1	5.8	1.2	.79	1.9	6.3	2.7	.50	.46	.27	1.3	1.3	1.5	.65	.29	.51	.60	.45	5.3	2.0	.47	.60	.33	.51	.49	.31
lbr	3.5	4.0	4.5	1.5	3.8	4.6	.99	2.0	.93	.85	4.8	4.2	1.1	8.7	1.1	.98	.91	.39	.45	.74	1.5	2.3	5.6	.89	.74	2.0	6.0	3.9	.58	.50	.30	1.1	1.3	1.6	.63	.40	.53	2.1	.54	2.9	.22	.36	.74	.48	.34	.72	.40
teg	4.1	6.0	5.2	1.5	4.5	4.3	1.2	1.7	1.8	.93	4.7	4.9	1.2	7.3	1.2	.64	1.3	4.1	4.3	.91	1.3	1.8	5.8	.93	.64	1.9	6.5	3.3	.74	.53	.25	.22	1.8	1.5	4.7	.39	.50	.78	.41	3.1	.29	.41	.95	.39	.26	.34	.37
gnm	3.1	4.6	4.4	1.4	4.3	5.6	.00	1.4	1.3	1.7	5.2	4.8	1.2	7.3	1.1	.59	.30	.45	.46	.85	1.2	2.4	6.0	.92	.69	2.1	6.4	3.1	.65	.89	.35	1.7	1.2	1.8	5.2	.30	.61	.93	.49	2.5	2.1	.35	.92	.42	.41	.40	.34
atm	3.9	4.8	4.1	1.6	4.4	5.3	.88	1.5	.87	.85	5.9	5.0	1.2	7.4	1.1	.74	1.0	.49	.52	.91	1.3	2.3	5.9	.95	.78	2.0	6.5	3.2	.61	.52	.29	1.2	1.5	1.6	.58	.35	.54	8.1	.52	2.4	.25	.38	.64	.48	.42	.34	.34
chb	3.6	5.4	4.2	1.7	5.0	4.8	.94	1.5	1.2	.97	5.2	5.4	1.2	7.8	1.2	.64	.97	.81	.48	.80	1.2	2.0	6.2	.92	.74	2.0	6.4	3.3	.75	.57	.33	1.4	1.4	1.5	.46	.33	.50	.74	.45	2.4	1.6	.33	.69	.46	.34	.38	.33
tky	3.4	4.4	3.9	1.5	4.3	4.4	.92	1.4	.86	.80	5.2	5.0	1.4	7.3	1.1	.65	1.1	.38	.37	.98	1.3	2.0	5.5	.89	.71	1.8	6.2	3.0	.63	.51	.27	1.4	1.2	1.9	.46	.32	.48	.67	.53	2.4	.29	.32	.68	.47	.31	.31	.31
kng	3.8	5.4	4.5	1.4	4.6	4.6	1.0	1.5	.95	.83	5.2	4.8	1.2	8.5	1.0	.66	.99	.49	.42	.89	1.2	2.2	5.6	.00	.74	2.0	7.3	3.0	.64	.54	.29	1.7	1.3	1.6	.49	.35	.50	.80	.45	2.8	.20	.31	.72	.45	.31	.32	.30
ngt	3.4	5.1	4.9	1.4	4.2	5.2	.97	1.3	1.1	.82	4.9	5.1	1.2	6.9	2.3	.74	.95	.45	.53	.71	1.2	2.2	6.3	1.1	.75	2.2	6.0	3.3	.52	.49	.24	1.6	1.5	1.6	.44	.38	.57	.76	.54	2.3	2.0	.43	.76	.86	.31	.34	.42
tym	3.5	4.6	4.3	1.3	4.3	5.6	.91	1.3	.83	.73	4.9	4.2	1.1	7.1	1.1	.81	1.5	.46	.58	1.0	1.3	2.3	6.2	.84	.69	2.1	7.2	3.2	.58	.51	.31	.32	1.3	1.4	.51	.67	.47	.72	.42	2.3	.23	.30	.78	.54	.35	.42	.31
isk	4.2	5.7	4.1	1.5	4.5	3.9	.86	1.3	.90	.72	5.3	5.1	.98	6.9	.99	.80	.27	.62	.39	.81	1.3	2.7	5.9	1.2	.63	1.8	7.0	3.1	.56	.45	.31	1.5	1.6	1.5	.50	.44	.43	.79	.38	2.3	1.5	.45	.83	.46	.38	.35	.36
fki	3.7	3.8	4.9	1.3	3.8	4.5	.85	1.7	.92	.74	5.3	4.8	1.0	7.2	.92	1.1	1.1	1.8	.36	.96	1.6	2.9	7.2	1.4	.62	2.1	8.8	3.2	.66	.50	.25	1.1	1.3	1.8	.40	.66	.40	.66	.45	2.7	.20	.41	.79	.42	.27	.38	.28
yns	4.3	5.2	3.7	1.8	3.3	5.0	1.4	1.6	.87	.76	5.8	4.9	1.1	6.5	.84	1.0	.89	.51	1.7	.81	1.3	2.3	5.9	.89	.81	1.9	6.0	3.4	.81	.62	.40	2.0	1.5	1.6	.37	.48	.77	.75	.44	2.3	1.5	.31	.76	.61	.41	.39	.35
ngn	3.7	5.1	5.7	1.7	4.6	4.9	.96	1.3	1.0	.70	4.9	4.8	1.1	8.0	1.1	.75	.89	.51	.35	3.2	1.3	2.2	6.3	1.1	.71	1.9	6.6	3.0	.82	.43	.29	2.4	1.3	1.7	.51	.45	.57	.74	.47	2.5	.29	.36	.77	.47	.29	.42	.35
gif	4.1	6.0	3.4	1.5	4.2	4.2	.99	1.5	.87	.88	5.1	4.2	1.2	7.0	1.3	.66	1.1	.51	.35	.99	2.2	2.6	6.0	1.2	.66	2.6	7.2	3.8	.71	.41	.29	1.6	1.5	1.5	.58	.50	.99	1.0	.73	2.8	1.7	.38	.73	.45	.39	.34	.55
szk	3.5	5.0	4.3	1.4	4.0	4.5	.91	1.4	.94	.91	5.3	4.5	1.0	8.6	1.0	.78	1.2	.52	.42	.77	1.4	3.7	6.0	1.1	.77	2.5	6.0	3.2	.70	.84	.29	1.4	1.4	1.6	.58	.35	.60	.70	.50	2.5	.36	.32	.74	.50	.47	.33	.40
aic	3.6	5.3	3.8	1.4	4.7	4.0	.94	1.3	.84	.82	4.8	4.6	1.1	6.9	1.1	.67	.94	.58	.39	1.0	1.5	2.0	7.3	1.0	.69	2.3	6.5	3.2	.68	.62	.20	1.6	1.4	2.5	.54	.40	.51	.84	.42	2.5	.29	.40	.72	.47	.38	.31	.31
mie	3.4	3.6	3.5	1.6	4.8	3.9	1.2	1.3	.91	.77	6.2	5.0	1.0	7.3	1.1	.74	1.1	.79	.41	.95	1.4	2.3	6.3	1.7	.83	2.1	8.8	3.0	.62	.60	.36	1.2	1.6	1.9	.44	.40	.49	.74	.35	2.4	1.8	.36	1.1	.47	.36	.38	.28
sig	3.3	4.5	4.5	1.4	4.9	3.5	1.0	1.5	1.1	.83	4.8	4.7	1.1	6.6	.99	.50	.88	.38	.47	.75	1.4	2.0	5.8	1.3	1.7	6.0	6.2	3.6	.69	.68	.29	1.4	1.6	1.6	.50	.27	.47	.81	.51	2.4	.24	.27	.88	.27	.30	.31	.38
kyt	3.6	4.9	4.2	2.1	4.1	4.5	.88	1.3	.91	.89	4.9	4.3	1.0	7.4	1.0	.65	1.1	.31	.41	.71	1.4	2.3	5.6	1.0	1.1	3.5	6.4	4.2	.69	.56	.41	1.5	1.4	1.6	.49	.38	.47	.67	.53	2.2	.22	.32	.67	.55	.36	.38	.31
osk	3.3	4.4	3.7	1.3	4.1	4.6	.93	1.3	.87	.80	4.8	4.4	1.2	7.1	.87	.71	1.1	.45	.43	.85	1.5	1.9	5.7	1.0	.75	2.0	8.9	3.0	.74	.54	.37	1.6	1.3	2.9	.51	.35	.57	.73	.66	2.7	1.8	.34	.65	.42	.34	.31	.39
hyg	3.6	5.0	4.3	1.4	4.5	5.3	1.0	2.0	.83	.84	5.2	4.7	1.1	6.9	1.3	.69	.93	.44	.45	.80	1.4	2.2	6.4	1.0	.69	2.4	7.2	4.5	.61	.58	.28	2.1	1.6	1.7	.53	.40	.51	.96	.58	2.4	2.3	.43	.71	.45	.38	.33	.38
nar	3.7	6.3	5.5	1.5	5.1	4.8	1.2	1.2	.92	.90	4.8	4.9	1.1	7.1	1.4	.58	1.2	.40	.44	1.1	1.1	2.6	6.2	.91	.95	2.0	7.9	3.0	1.2	.71	.27	1.9	1.2	2.1	.45	.40	.63	.84	.60	2.5	1.8	.40	.65	.46	.58	.36	.29
wky	5.1	4.0	4.1	1.8	3.8	3.6	1.0	1.3	1.0	.88	4.6	4.4	1.2	7.7	.93	.75	1.1	.57	.57	.79	1.3	2.8	5.8	1.1	.62	2.8	7.8	3.0	.73	2.2	.49	1.1	1.5	1.5	.47	.21	.48	.78	.60	2.6	2.0	.36	.73	.33	.45	.46	.37
ttr	4.2	3.3	7.2	1.2	4.2	3.5	1.2	1.5	.86	.95	5.2	4.6	1.1	7.5	1.0	.79	1.6	.31	.63	.79	1.5	2.0	6.5	1.2	.69	2.6	7.2	3.4	.67	.60	.45	.07	1.4	1.7	.50	.29	.75	.84	.50	2.3	.39	.39	.80	.37	.47	.46	.48
amn	3.3	2.1	5.3	2.1	5.1	2.8	.92	1.5	1.1	1.2	5.0	4.3	1.0	7.3	.92	.53	.71	.65	.51	.89	1.4	2.5	6.5	.74	.54	1.8	7.0	2.8	.54	.85	.46	2.5	2.4	1.8	.34	.92	.48	.35	.40	2.4	1.0	.34	.59	.36	.28	.38	.28
oky	3.6	4.5	3.8	1.3	3.6	3.4	.99	1.2	.79	.81	5.2	4.8	1.0	6.6	1.0	.59	.94	.62	.45	.72	1.3	1.9	6.1	1																							

ユーザレベルトラフィックのまとめ

1. 96%のユーザは2.5GB未満/日をやりとり
2. ファイバとDSLユーザの使用パターンに明確な差はない
3. ポート番号ではトラフィック特定は不可能
4. 62%のトラフィックはユーザ間
5. トラフィックは都市圏に集中、県内は弱い相関

今後の目標

- 今後の課題
 - 精度の向上
 - 他国との比較（韓国，アメリカ）
 - ミクロな解析
 - フローの局所性とアプリケーションタイプ
- 6ヶ月おきに1ヶ月分のデータの収集予定
- 詳細: The Impact of Residential Broadband Traffic on Japanese ISP Backbones (ACM SIGCOMM CCR, no.1, 2005)

サマリ

1. RBBカスタマトラフィック

- 全トラフィック: 485Gbps (=194G/40%)
- 70%はコンスタント, in/outは対称
- ゴールデンタイムにピーク, 曜日による違い

2. 成長スピード: 国内:37%/年, 海外:100%年

- ベース部分が増加に寄与

3. プライベートピアリングトラフィックは6IX並に存在

4. 国際トラフィックは全トラフィックの23%

サマリー

5. 県別トラフィック量は人口に比例し、ヘビーユーザの存在割合は一定
6. 96%のユーザは2.5GB未満/日をやりとり
7. ファイバとDSLユーザの使用パターンに明確な差はない
8. ポート番号ではトラフィック特定は不可能
9. 62%のトラフィックはユーザ間
10. トラフィックは都市圏に集中、県内は弱い相関