

講義資料

<http://hiroshi1.hongo.wide.ad.jp/hiroshi/files/network/>

# ネットワーク工学概論

電子情報工学

江崎 浩(Hiroshi Esaki)

# Professional History

- Graduate Kyushu Univ. (Fukuoka), Master on EE.
- 1987; Joined Toshiba Corporation
  - ATM system control technology
- 1990; Residential researcher at Bellcore (NJ, USA)
  - Member of AURORA project under Gigabit testbed
- 1994; Visiting researcher at Columbia Univ.(NY, USA)
  - Proposing CSR architecture (origin of MPLS) to IETF and to ATM Forum
- 1998; Associate Professor, The Univ. of Tokyo
  - Received Ph.D from University of Tokyo
- 2005; Professor, The Univ. of Tokyo

# 講義スケジュール(予定)

- 4/9 ガイダンス
- 4/16 コンピュータネットワークの基本概念
- 4/23 ネットワークアーキテクチャ
- 4/30 ネットワークレイヤ
- 5/7 休講
- 5/14 キューイング理論
- 5/21 トランスポート層
- 5/28 データリンク・物理層
- 6/4 ディレクトリサービス、コミュニケーションツール
- 6/11 特別講義( Xen.org )
- 6/18 Webシステム
- 6/25 ピア・ツー・ピアシステム
- 7/2 セキュリティー
- 7/9 ガバナンス

# 講義のゴール

- インターネットシステムの構造、要素技術、ビジネスモデルを概観し、デジタルネットワークのアーキテクチャと概要を理解する。
- 情報通信ネットワークの要素技術の位置づけを全体のアーキテクチャの中のものとして把握し、専門の講義で展開される個別の要素技術の必要性和役割を把握する。

# 履修方法

1. レポート提出 : 2-3回
2. 期末試験

- 講義資料

<http://hiroshi1.hongo.wide.ad.jp/hiroshi/files/network/>

# 4月9日(木)の課題

1. 「ネットワーク」によって、そのビジネス構造やビジネスモデルが、大きく変革された例を3つ挙げなさい。
2. コンピュータネットワーク、コンピュータシステム、通信システム、放送システムに関する(素朴な?) 疑問を3つ 挙げなさい。

- 講義資料

<http://hiroshi1.hongo.wide.ad.jp/hiroshi/files/network/>

- 質問

[hiroshi@wide.ad.jp](mailto:hiroshi@wide.ad.jp)

# 今日のトピック

- インターネットってどんなものか。
- インターネットトラフィックの最近
- 国際郵便の不思議

# インターネットとは？

インターネットとは？

==> 計算機を相互接続したデジタルネットワーク

What are the seeds？

(1) コンピュータ

(2) 伝送技術(電波伝送、有線伝送)

What did we need？

(3) 共通言語 => Internet Protocol (IP)

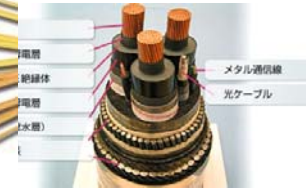
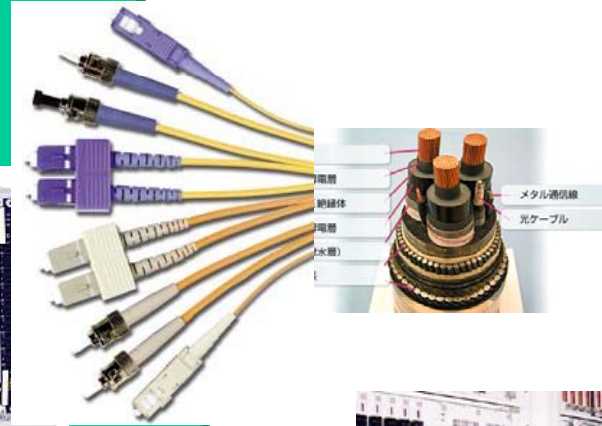
<< アナロジー >>

発電機 + 送電線 = 電力供給システム

蒸気機関(エンジン) + 線路(道路) = 荷物輸送システム



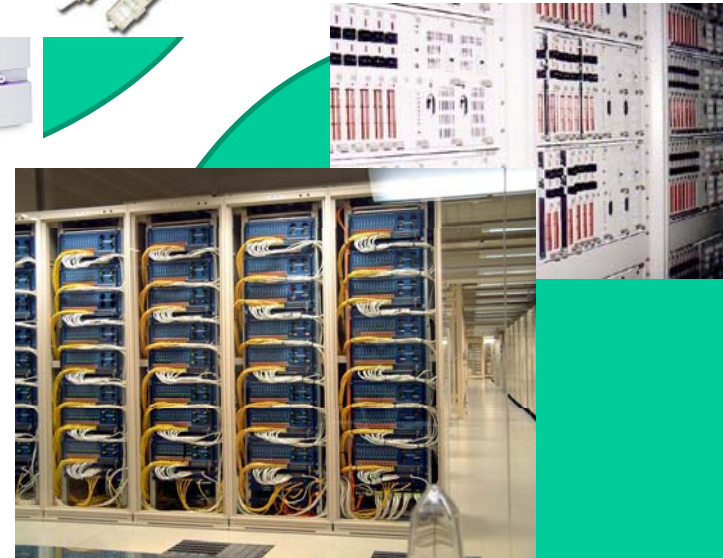
電話局

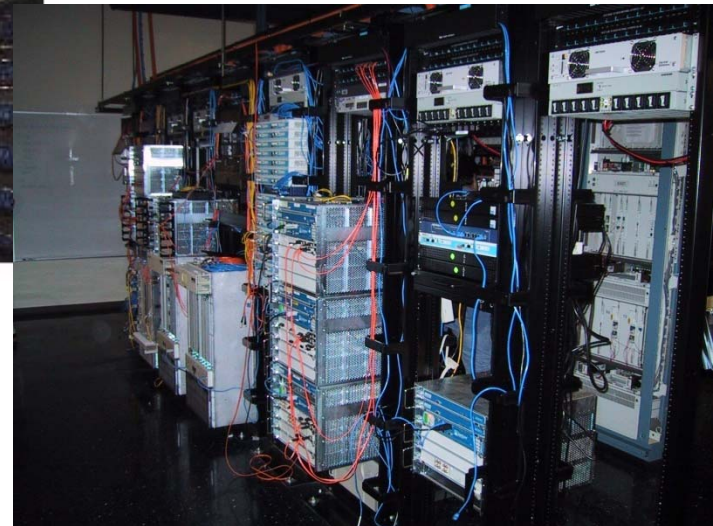
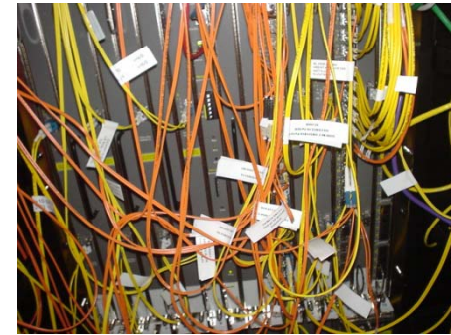


自宅

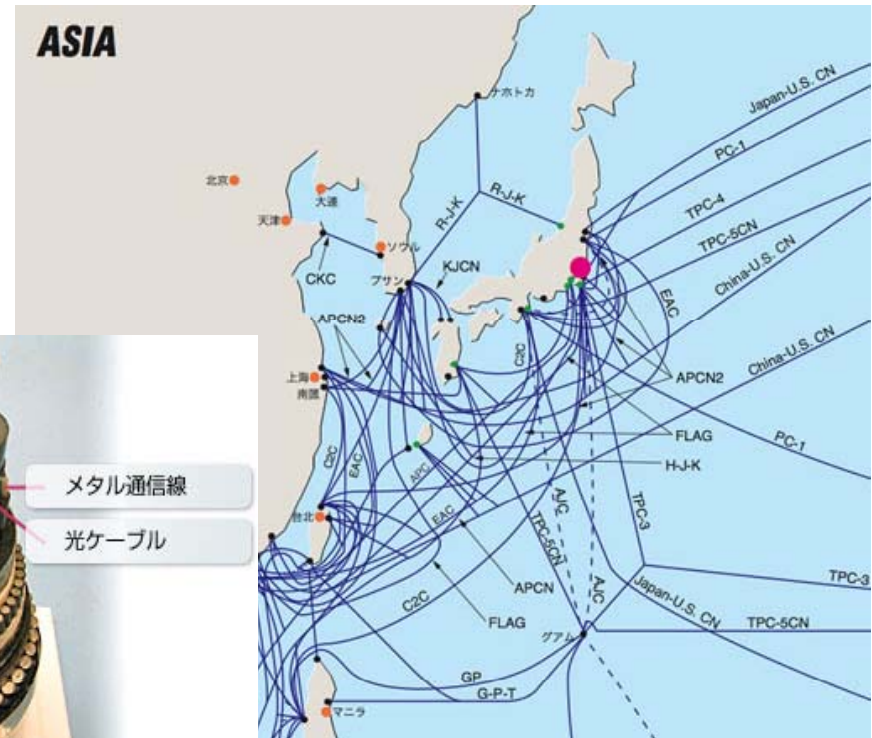
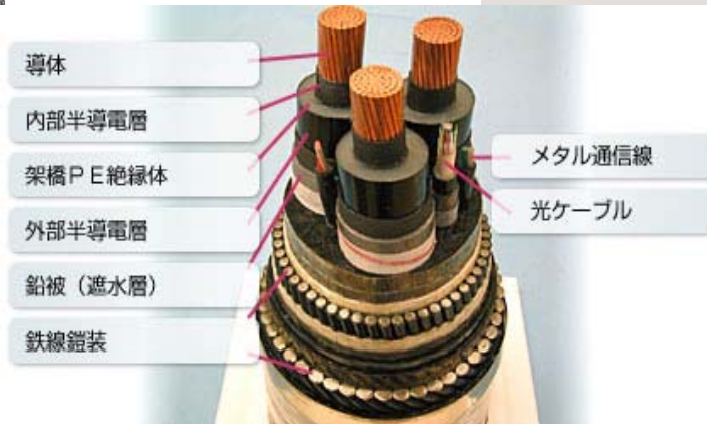
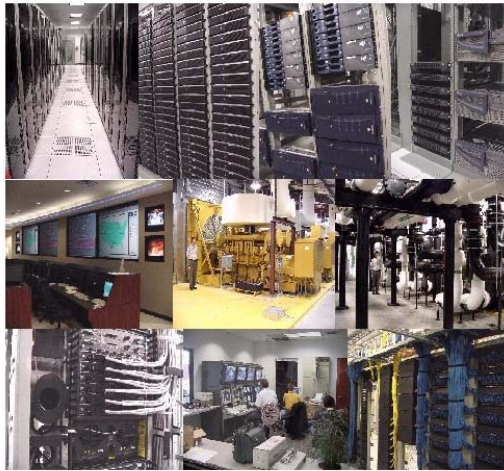


データセンター









# インターネットの実体

- 1960年代：コンピュータ ”らしき” もの
- 1970年代：UNIXの開発、まだ”鎮座”する計算機
- 1980年代：僕の体重の数倍の計算機
- 1990年代：パソコン
- 2000年代：携帯電話 と ゲーム機
- 2010年代：?????

# インターネットの実体

- 1960年代：コンピュータ ”らしき” もの
  - IBM for 政府
- 1970年代：UNIXの開発、まだ”鎮座”する計算機
  - HP for 研究機関
- 1980年代：僕の体重の数倍くらいの計算機
  - サンマイクロシステムズ for 大企業
- 1990年代：パソコン
  - マイクロソフト for ビジネスマン
- 2000年代：携帯電話 と ゲーム機
  - Google for everyone
- 2010年代：?????

# 「あちら側」と「こちら側」の議論

1. CS: メインフレーム

イーサネット+専用線

2. P2P: 分散コンピューティング

ダイヤルアップ

3. CS: インターネット(ISP/ASP)

ブロードバンド

4. P2P: ファイル共有

Grid的コンピューティング

5. CS: Google情報加工工場

??????

6. P2P : ???????

# インターネットの父

## Dr.Robert Kahn氏との話



- インターネットは、論理的なアーキテクチャである。スイッチやルータで形成される物理的なネットワークのことではない。  
インターネットは、デジタル情報が透明に流通する「コモンズ」の環境を提供する基盤である。
- インターネットアーキテクチャの“鍵”は、選択肢 (Alternatives) の提供にある。通信の面では、複数のメディアを自由に利用可能にすることになる
- 我々は、過去にアドレス長を長くしてきた。理由は、利用者に情報通信の透明性を提供することで、新たな可能性の提供を維持するためである。

そして、今の目標は、「すべてのデジタル情報」の共有

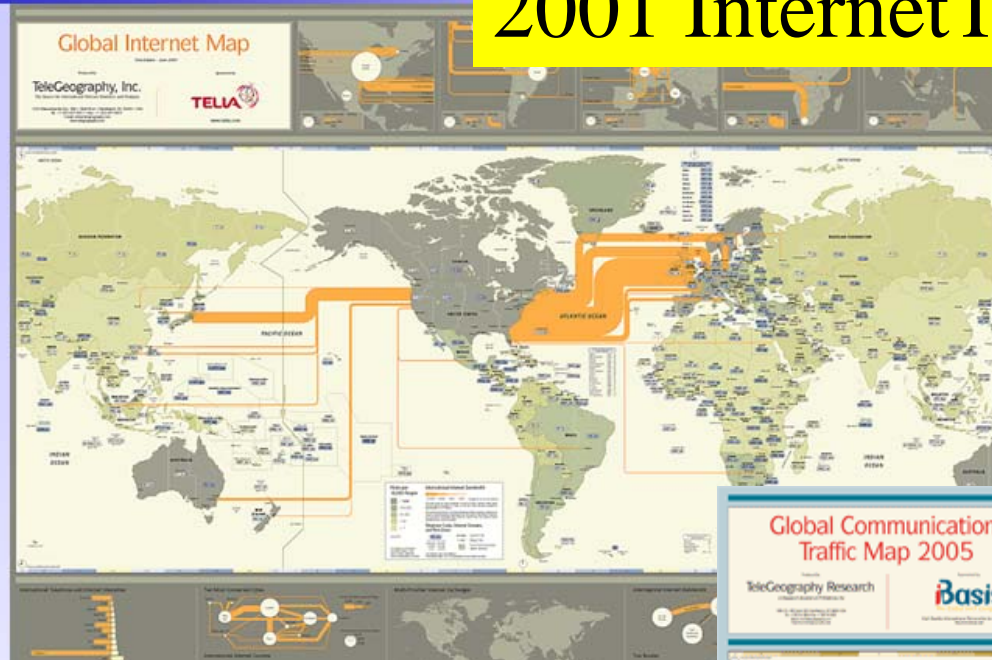
# 今日のトピック

- インターネットってどんなものか。
- インターネットトラフィックの最近
- 国際郵便の不思議



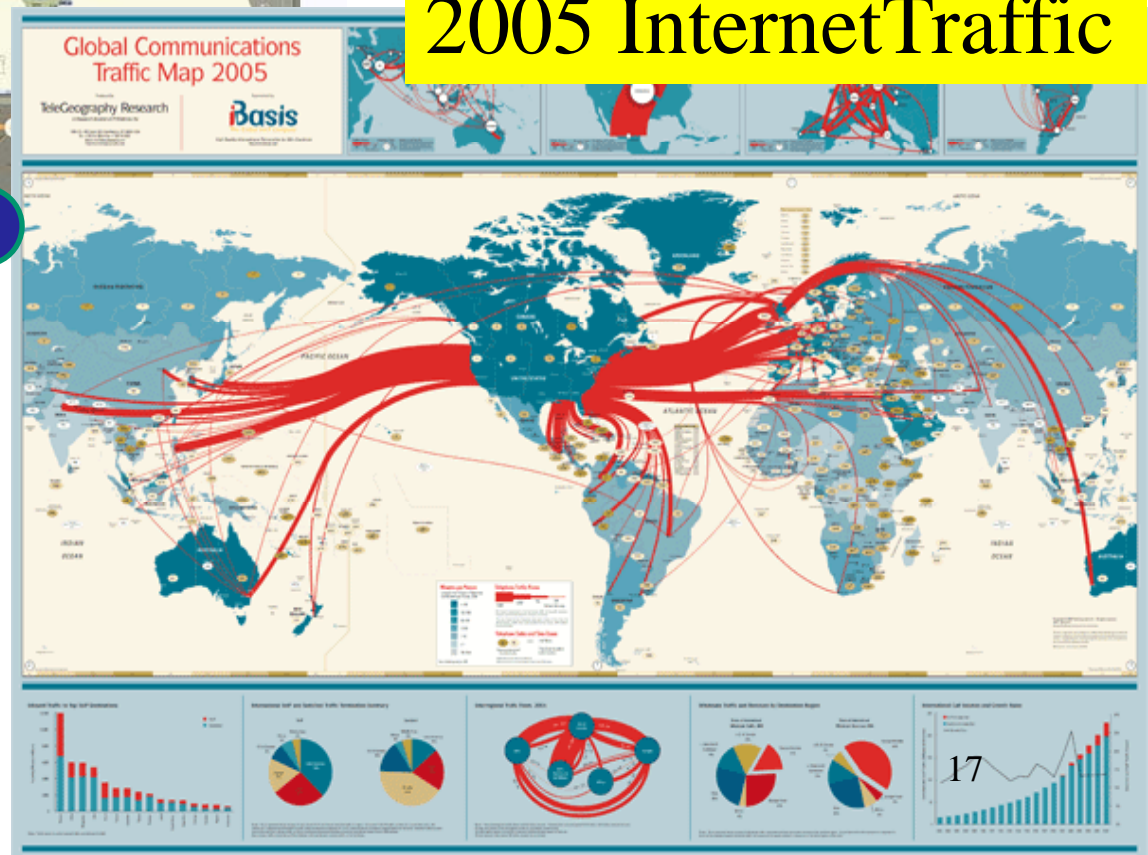
2001年のトラフィック量

## 2001 Internet Traffic



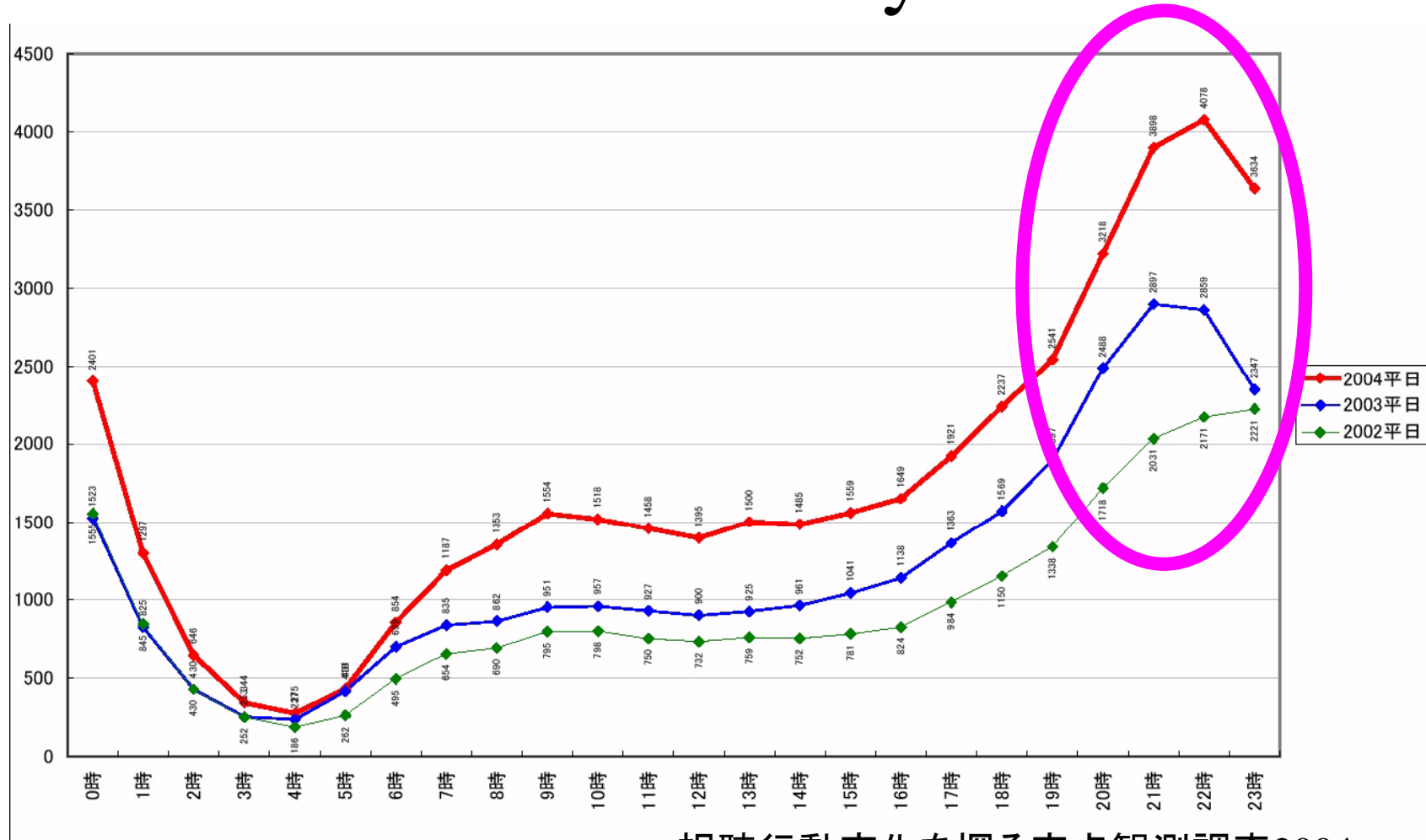
Reference : TeleGeography

## 2005 Internet Traffic



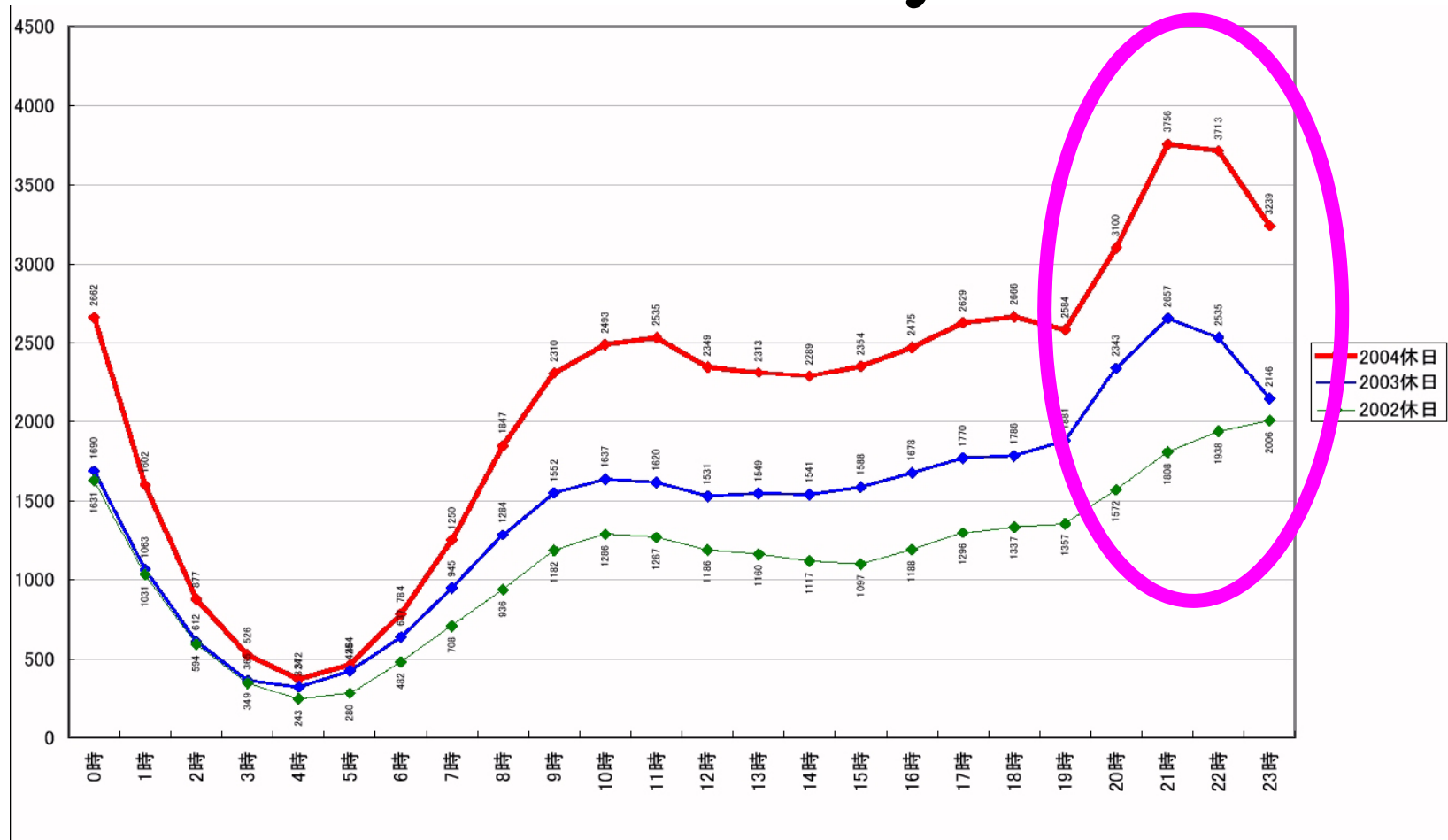
Increase of Traffic at BRICS, and The Internet is surrounding the “Earth”.

# When you access the Internet ? -- in week day--



視聴行動変化を探る定点観測調査2004  
(社)日本アドバタイザーズ協会 Web広告研究会  
がネットレイティングスのデータを基に集計

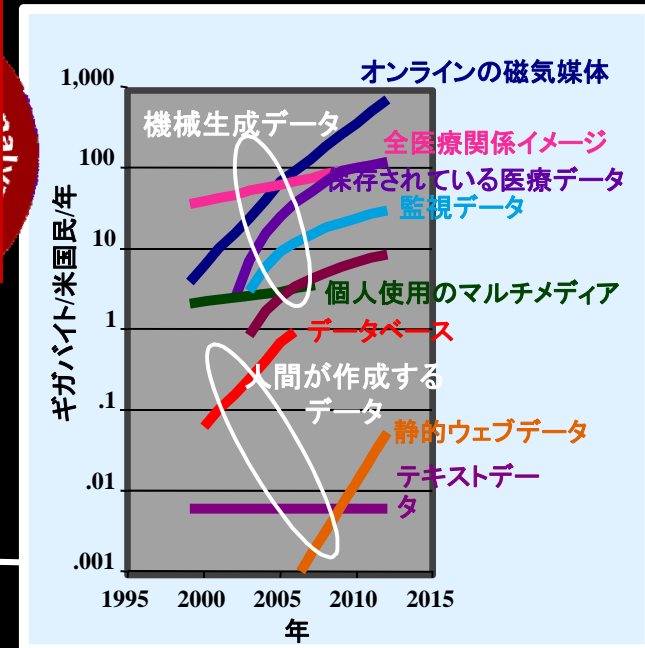
# When you access the Internet ? -- in holiday--



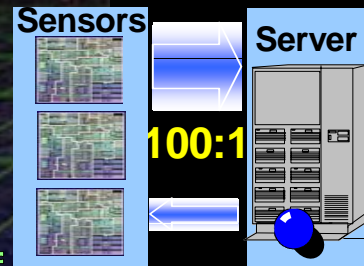
視聴行動変化を探る定点観測調査2004  
(社)日本アドバタイザーズ協会 Web広告研究会  
がネットレイティングスのデータを基に集計

1. Gyaao, YouTubeの効果
2. 大量のセンサ・アクチュエータ デバイスを用いたデジタル情報空間へ
3. SNSもP2Pもますます普及。

**トラフィックパターンの変革**  
 10年前 : ダウンロード型  
 現在 : 対称  
 10年後 : アップロード型

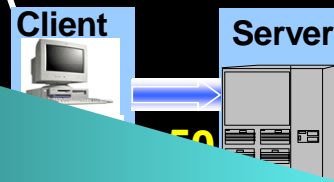


Sensor / Actuator  
Edge System

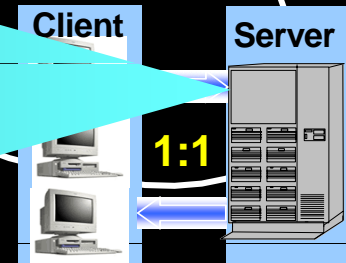


Realization

Web Server



Traditional  
Transactions

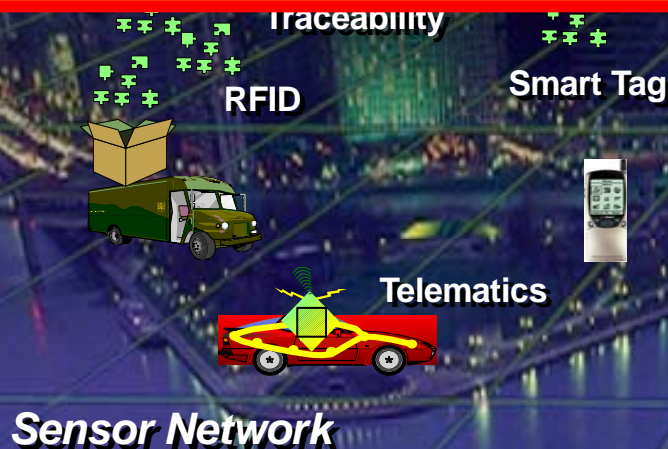


Virtualization

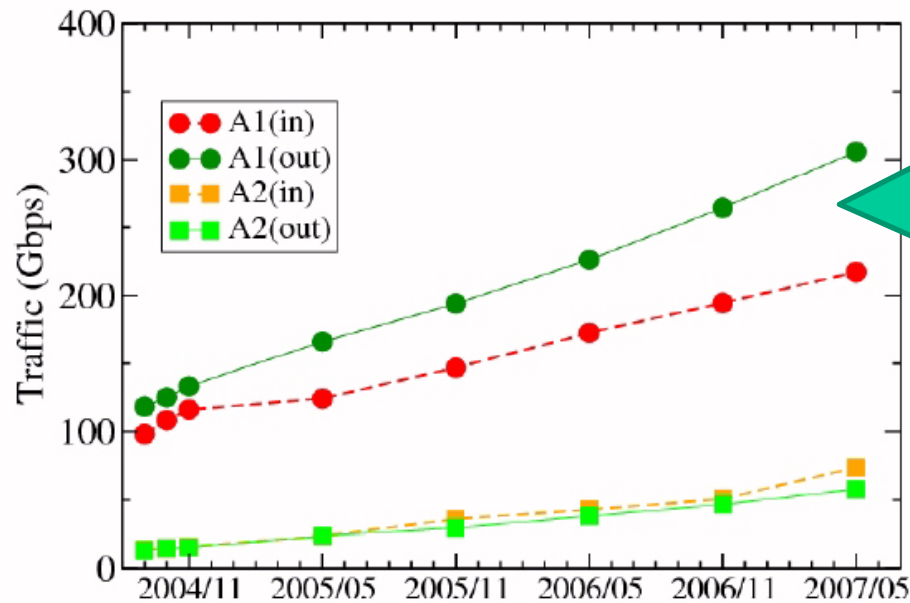
Super  
Scale  
Out

Scale  
Out

Scale  
Up







(1) Large contribution by residential customer traffic, small contribution by corporate networks

(2) Total traffic volume in Japan (2007)  
 Internet → Home : 721.7 Gbps  
 Home → Internet : 512.5 Gbps

## Total residential customer

International Incoming traffic is exception; steep increase

[note]

A=Residential customers

A1: Broadband users

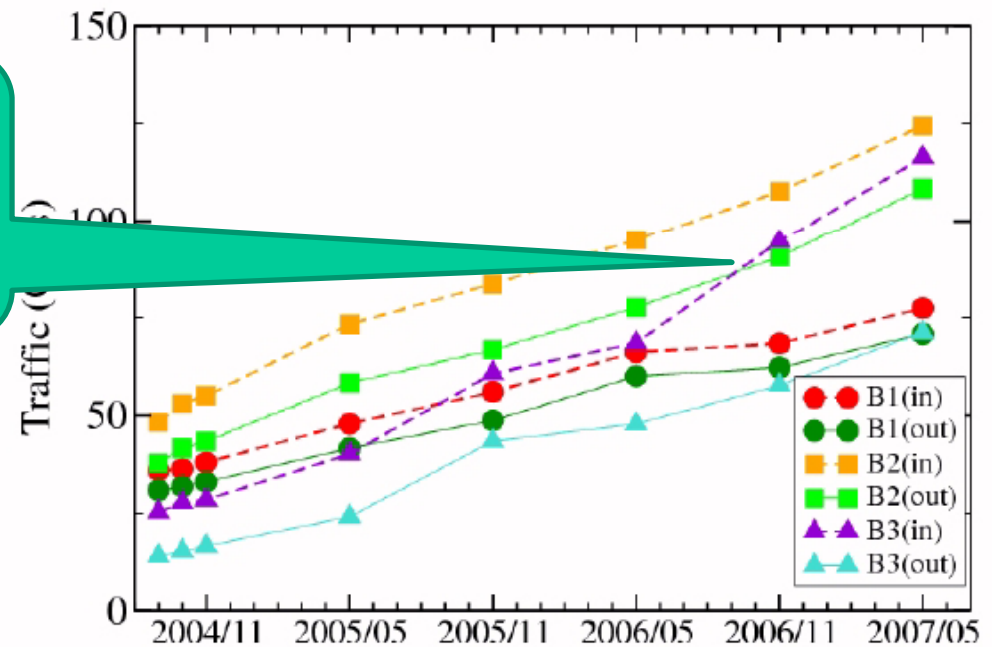
A2: Non-Broadband users

B=Non-residential customers

B1: Traffic exchanged through IXes

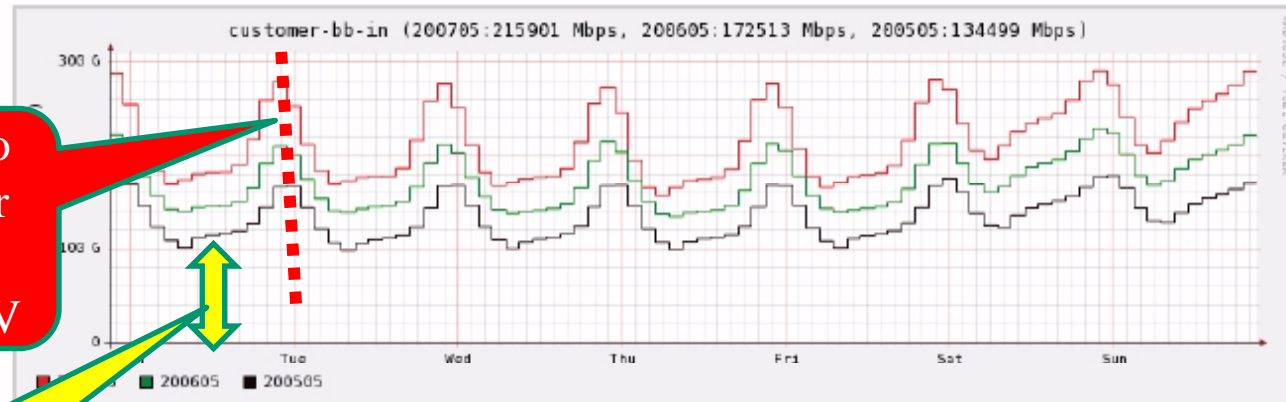
B2: Traffic exchanged private peerings

B3: Oversea traffic



## Non-residential customer traffic

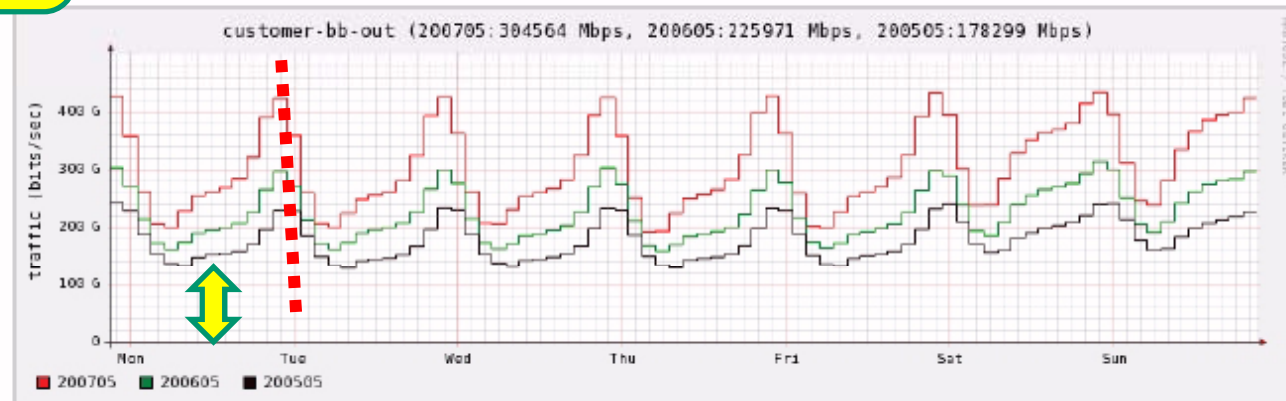
# Weekly Broadband customer traffic for three years



Peak time seems to shift toward earlier time-zone, i.e., premier time for TV

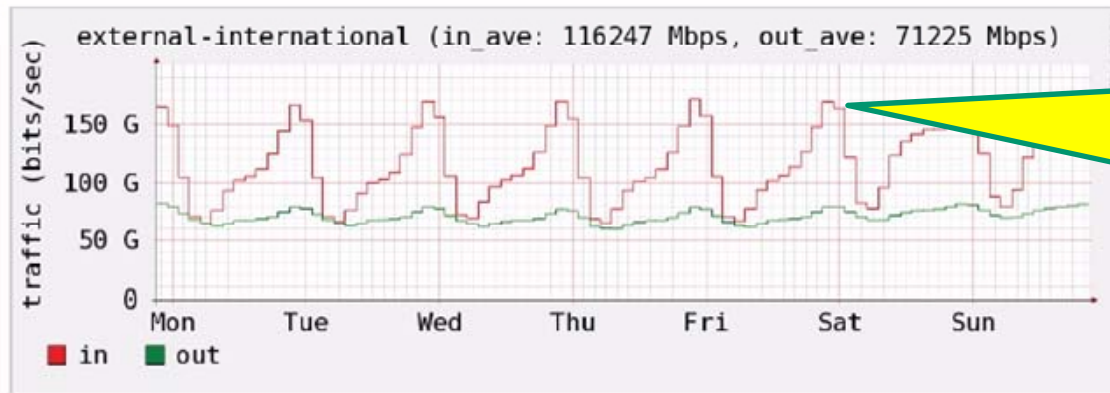
Large volume of ambient (background) traffic

<< Uploading traffic : Customer → Network >>



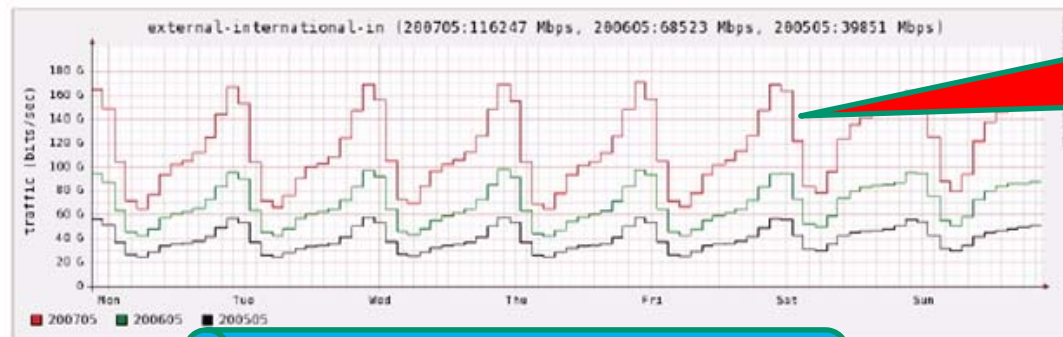
<< Downloading traffic : Network → Customer >>

# Weekly International Traffic Volume for three years



1. Incoming(import) traffic dominates outgoing(export) traffic
2. Large variation in incoming, i.e., interactive traffic

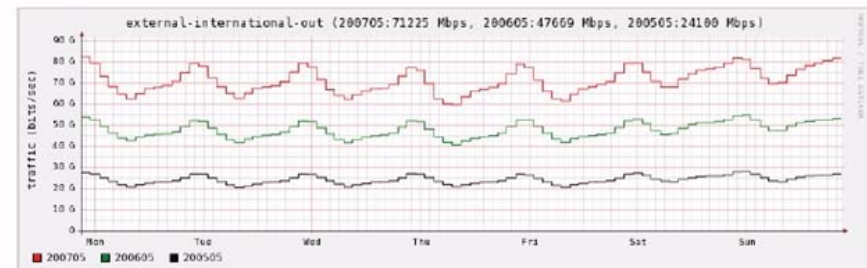
<< Current traffic volume >>



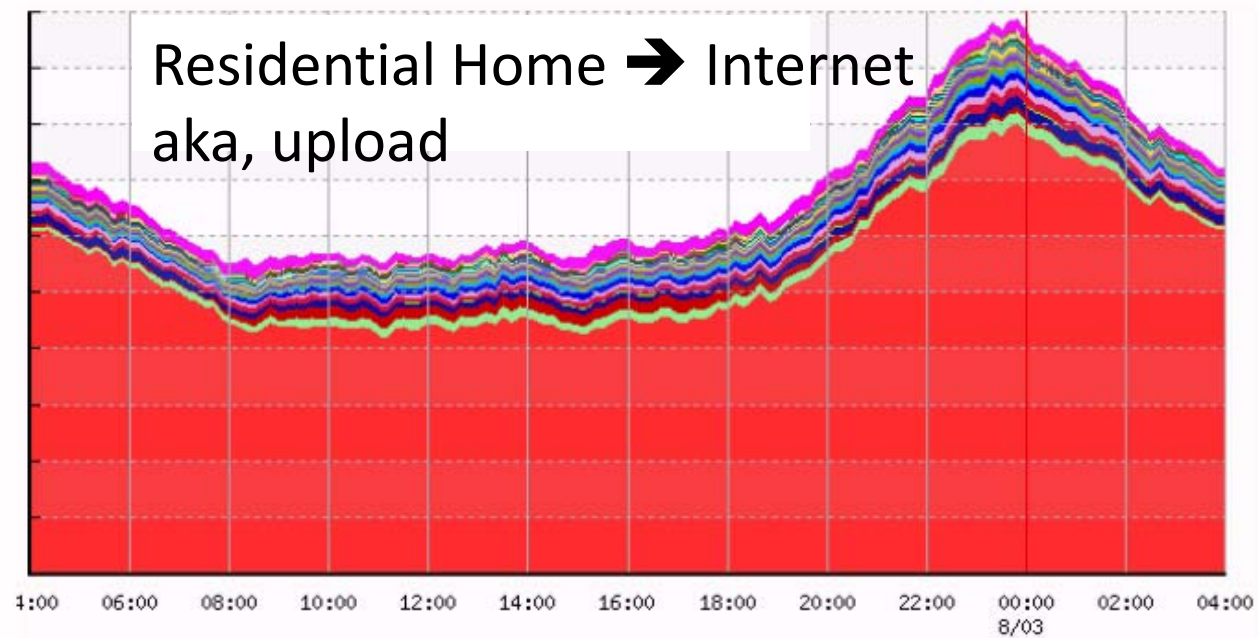
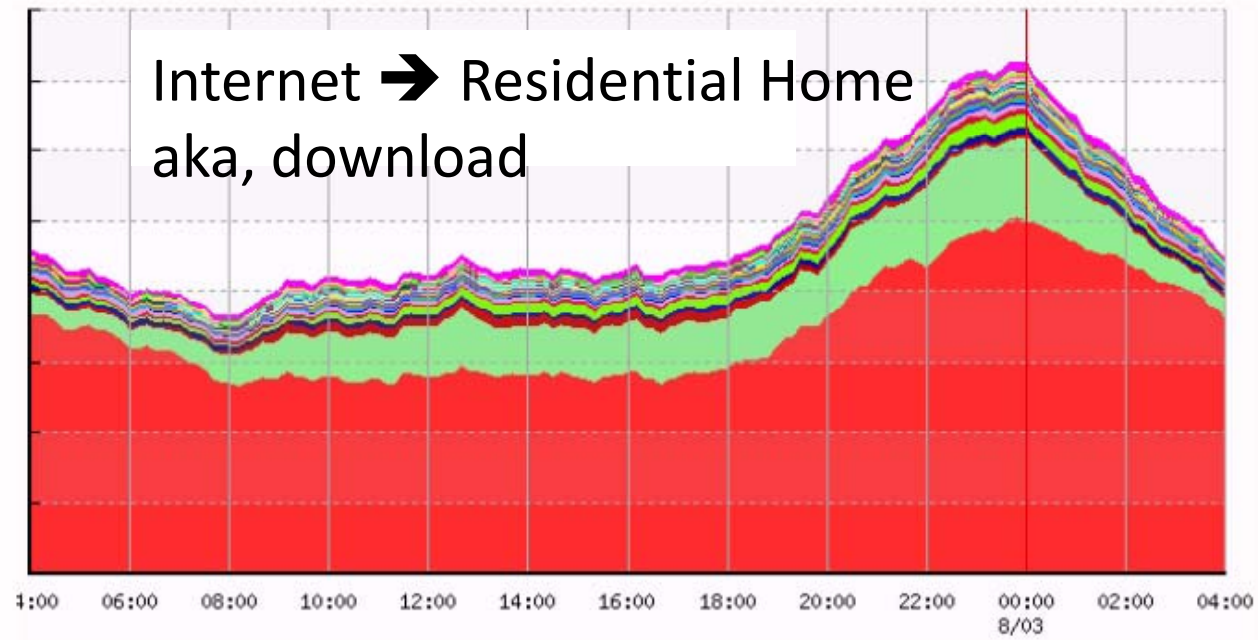
**Variation amplitude increases significantly. Due to interactive traffic ?**

<< In - Over

Mirroring or caching in Japan may improve this situation

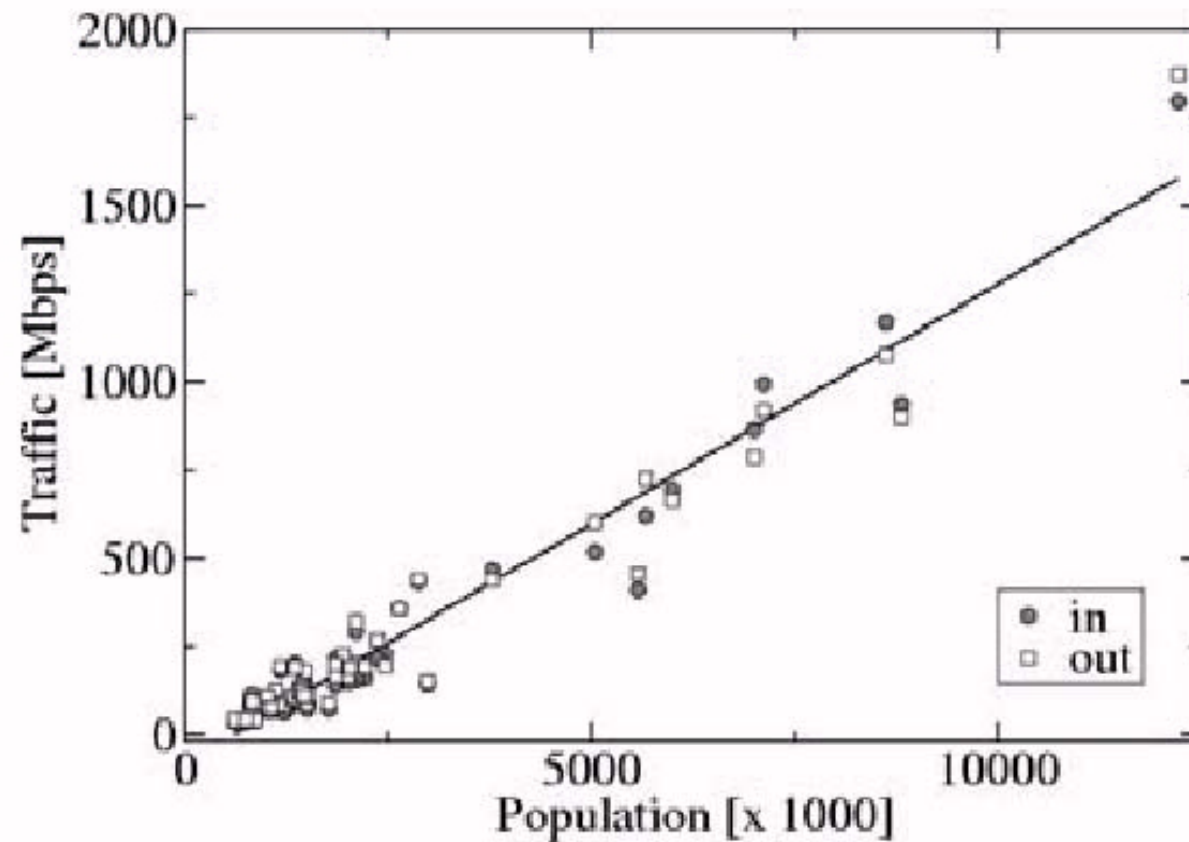


<< Outgoing traffic ; Japan → Overseas

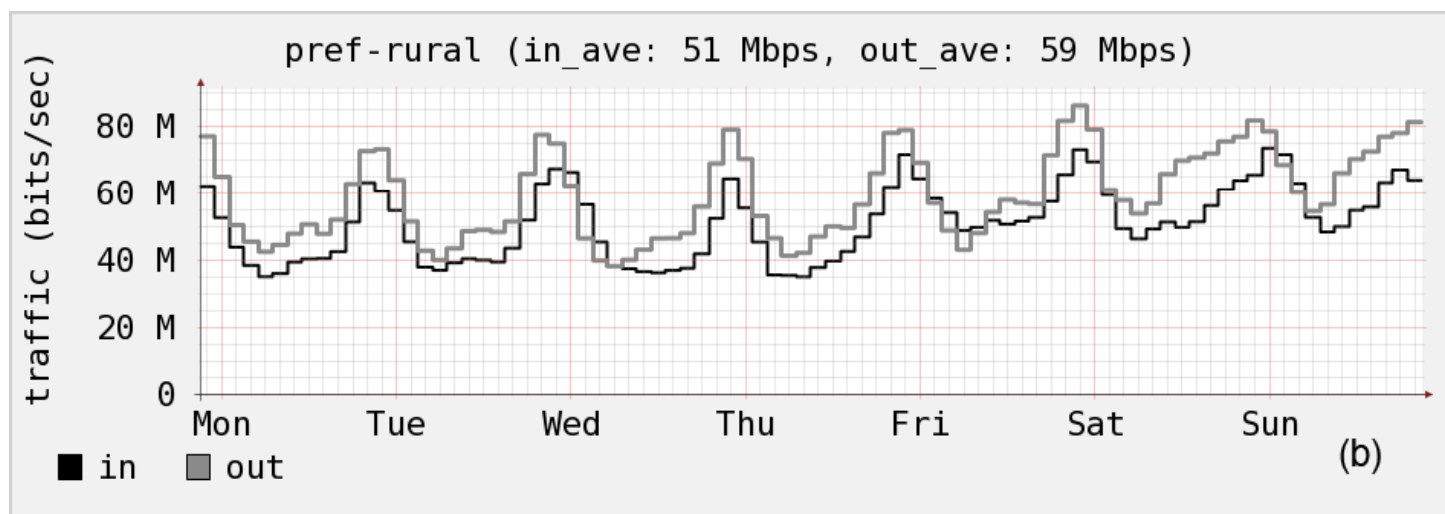
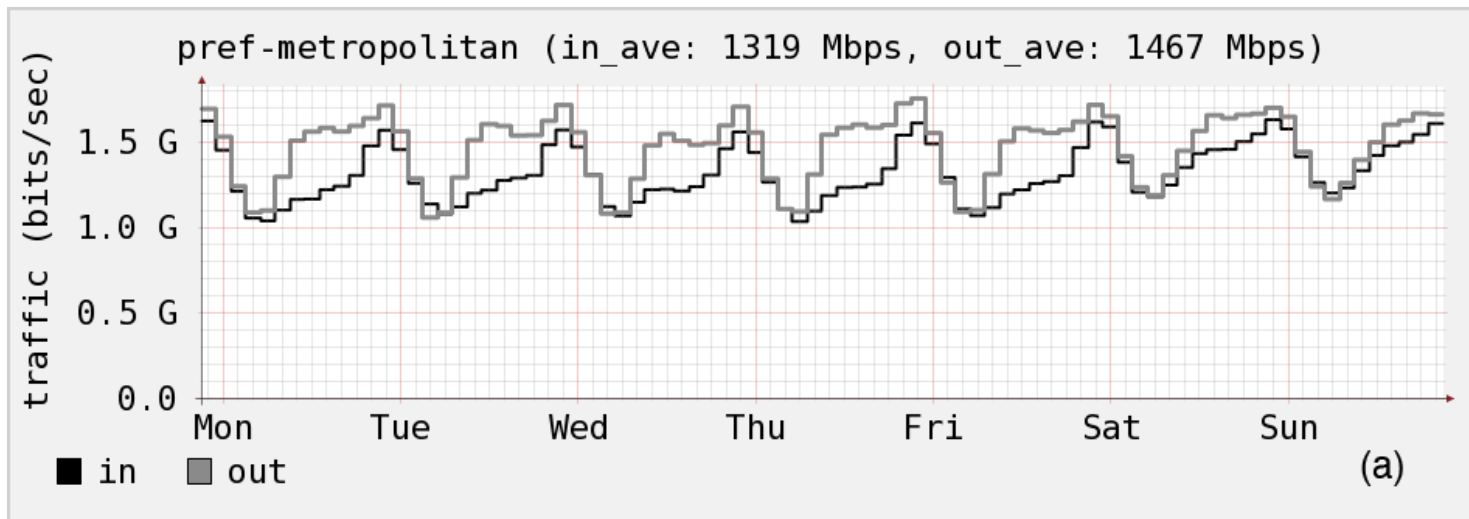




# 人口に対する 県別のトラフィック量



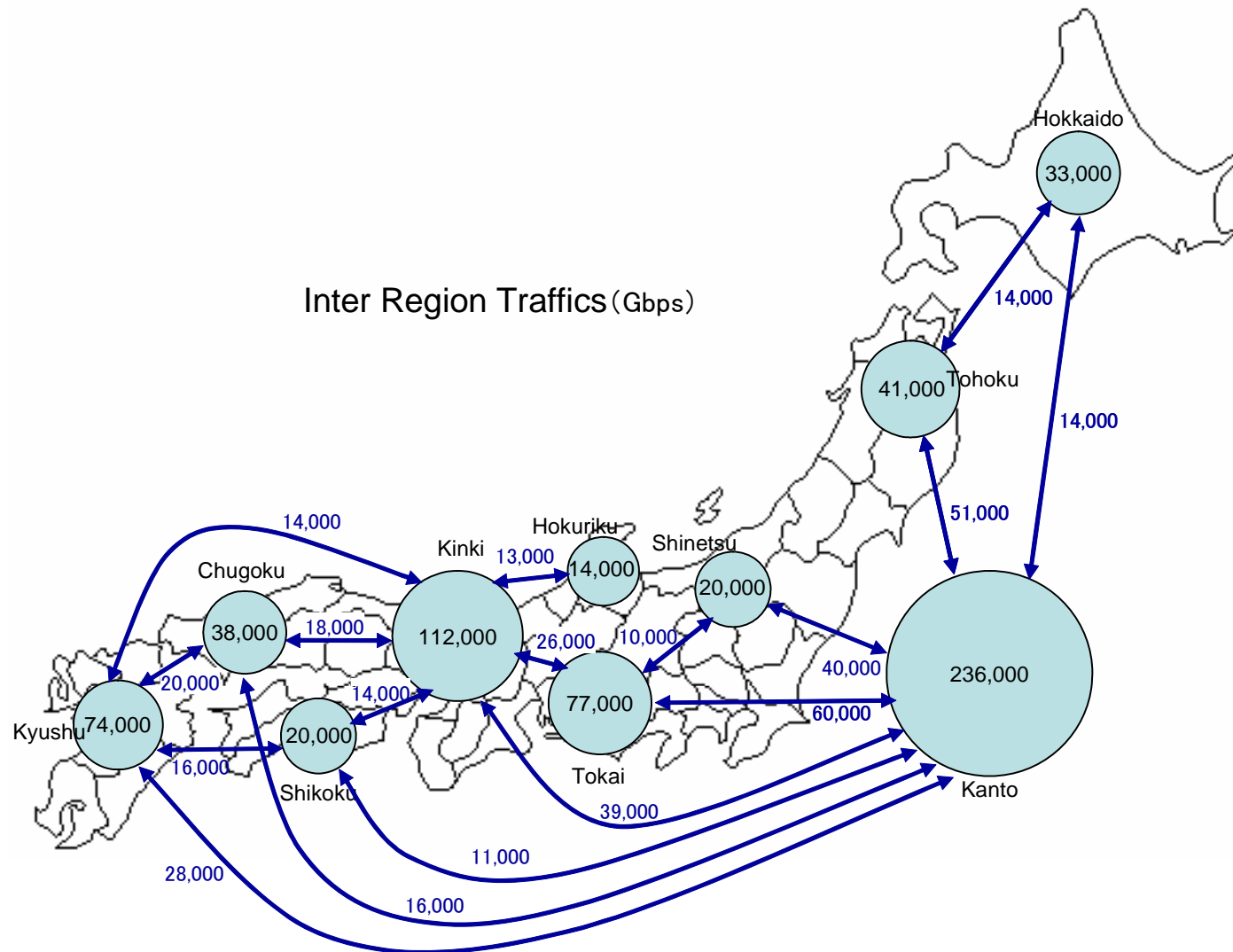
# 都会と田舎のトラフィックの違い



# トラフィックに局所性はあるか？

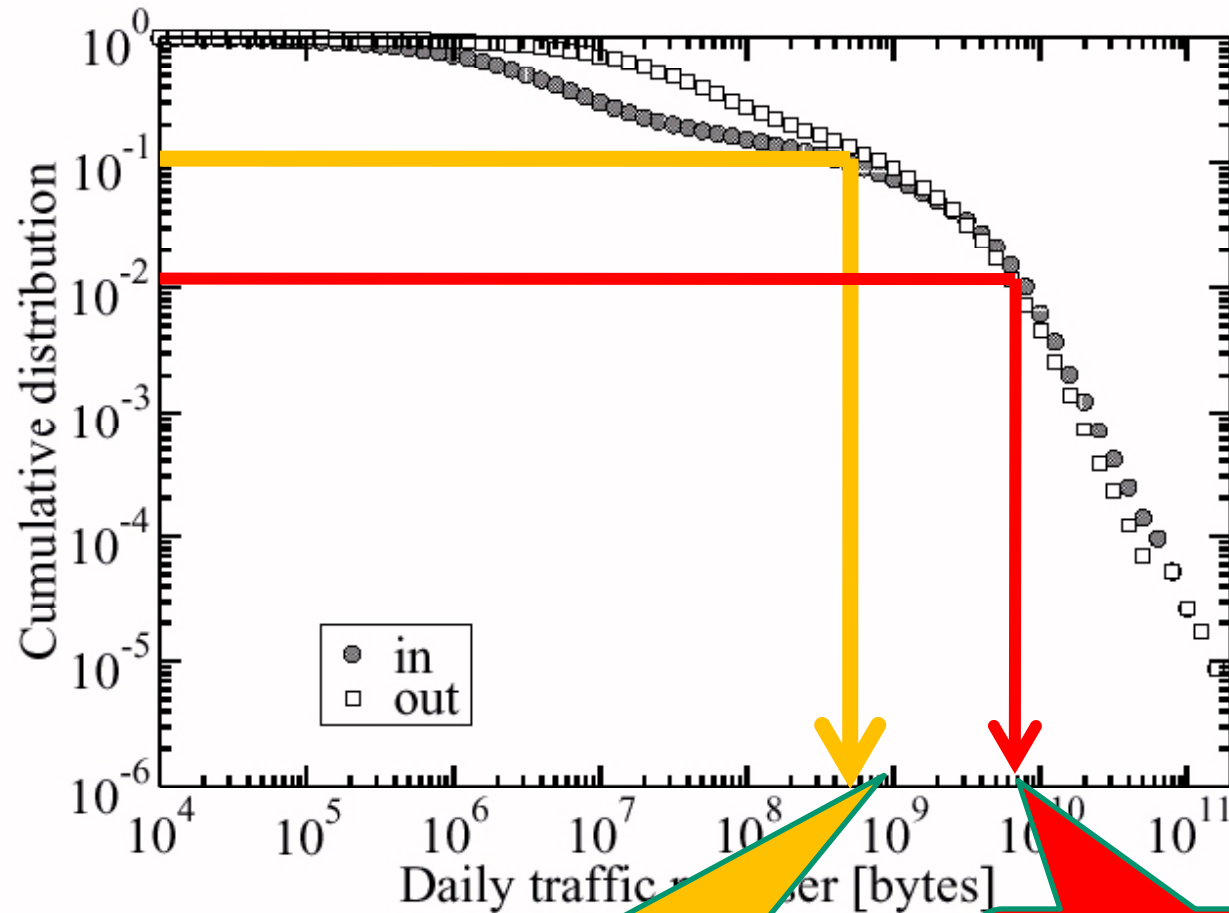
	hkd	amr	iwt	myg	akt	ygt	fks	ibr	tcg	gnm	stm	chb	tky	kng	ngt	tym	isk	fki	yns	ngn	gif	szk	aic	mie	sig	kyt	osk	hyg	nar	wky	ttr	smn	oky	hrs	ycg	tkg	kgw	ehm	kch	fko	sag	ngs	kmt	oit	myz	kgs	okn
hkd	5.1	.49	.40	1.6	.45	.39	.94	1.4	.99	.82	5.0	4.8	11	7.5	1.0	.82	1.1	.40	.54	.85	1.3	2.3	6.0	1.2	.83	2.3	6.3	3.1	.63	.62	.58	1.5	1.6	.51	.45	.51	.71	.52	2.3	.61	.77	.46	.37	.30	.34		
amr	3.6	1.3	.44	2.3	.35	.55	1.2	1.5	1.0	.87	5.2	5.3	11	7.6	1.2	.55	1.0	.34	1.2	.77	1.3	2.2	5.6	.71	.66	2.2	6.6	3.2	.72	.61	.45	1.1	1.3	1.5	.50	.27	.64	.77	.52	2.1	.33	.35	.88	.30	.30	.29	.34
iwt	4.0	.53	1.3	1.8	.48	.49	.96	1.8	1.3	.98	5.4	4.9	13	7.1	1.7	.72	.81	.44	.41	.65	2.0	2.1	6.4	1.1	.91	2.5	6.3	3.9	.91	.58	.30	1.7	1.6	.54	.38	.74	.72	.46	2.4	.26	.49	.79	.46	.43	.54	.34	
myg	3.6	.86	.64	2.5	.50	.56	1.1	1.6	.93	.87	5.3	4.9	11	7.5	1.0	.63	.99	.36	.47	.78	1.3	2.1	5.8	.97	.60	2.4	6.5	3.1	.75	.54	.37	1.0	1.3	1.6	.61	.37	.45	.82	.50	2.4	.41	.77	.42	.40	.35	.35	
akt	3.5	.32	.37	1.6	.87	.35	.91	1.3	.89	.90	5.0	4.7	11	7.7	.94	.71	.98	.25	.62	.67	1.4	2.1	6.3	.84	.85	2.3	5.9	3.0	.68	.39	.25	1.0	1.3	1.6	.51	.34	.55	.94	.41	2.2	.44	.64	.51	.32	.33		
ygt	3.1	.43	.47	1.4	.63	.86	1.2	1.5	1.0	.67	5.1	4.8	12	6.4	.98	.71	1.1	.37	.54	.87	1.4	1.8	5.7	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	.47	.63	.35	.38	.30	.30	
fks	3.5	.56	.41	1.5	.38	.55	2.2	1.8	.92	.91	4.8	4.1	10	8.7	1.0	.57	1.1	.50	.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	.47	.60	.33	.51	.29	.31	
ibr	3.5	.40	.45	1.5	.28	.46	.99	2.0	.93	.85	4.8	4.2	11	6.7	1.1	.98	.91	.39	.45	.74	1.5	2.3	5.6	.89	.74	2.0	6.6	3.9	.58	.50	.30	1.1	1.3	1.6	.63	.40	.53	2.1	.54	2.9	.36	.74	.48	.34	.72	.40	
tcg	4.1	.60	.52	1.5	.45	.43	1.2	1.7	1.8	.93	4.7	4.9	12	7.3	1.2	.64	1.3	.41	.43	.91	1.3	1.8	5.8	.93	.64	1.9	6.5	3.3	.74	.53	.25	1.8	1.5	.47	.39	.50	.78	.41	3.1	.29	.41	.95	.39	.29	.34	.37	
gnm	3.1	.46	.44	1.4	.43	.56	.00	1.4	1.3	1.7	5.2	4.8	12	7.3	1.1	.59	.90	.45	.46	.85	1.2	2.4	6.0	.92	.69	2.1	6.4	3.1	.65	.89	.33	1.2	1.8	.52	.30	.61	.93	.49	2.5	.35	.92	.42	.41	.40	.34		
stm	3.9	.48	.41	1.6	.44	.53	.88	1.5	.87	.85	5.9	5.0	12	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	.81	.52	2.4	.25	.38	.64	.48	.42	.34	.34
chb	3.6	.54	.42	1.7	.50	.48	.94	1.5	1.2	.97	5.2	5.4	12	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	.33	.69	.46	.34	.38	.33	
tky	3.4	.44	.39	1.5	.43	.44	.92	1.4	.86	.80	5.2	5.0	14	7.3	1.1	.65	1.1	.35	.37	.98	1.3	2.0	5.5	.89	.71	1.8	6.2	3.0	.63	.51	.27	1.2	1.9	.46	.32	.48	.67	.53	2.4	.32	.68	.47	.31	.31	.31		
kng	3.8	.54	.45	1.4	.46	.46	1.0	1.5	.95	.83	5.2	4.8	12	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	1.3	1.6	.49	.35	.50	.80	.45	2.8	.31	.72	.45	.31	.32	.30		
ngt	3.4	.51	.49	1.4	.42	.52	.97	1.3	1.1	.82	4.9	5.1	12	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	.23	1.5	1.6	.44	.38	.57	.76	.54	2.3	.43	.76	.86	.31	.34	.42		
tym	3.5	.46	.33	1.3	.43	.56	.91	1.3	.83	.73	4.9	4.2	11	7.1	1.1	4.1	1.5	.46	.58	1.0	1.3	2.3	6.2	.84	.69	2.1	7.2	3.2	.58	.81	.31	.32	1.3	1.4	.51	.67	.47	.72	.42	2.3	.30	.78	.54	.35	.42	.31	
isk	4.2	.57	.41	1.5	.45	.39	.86	1.3	.90	.72	5.3	5.1	9.8	6.9	.99	.80	2.7	.62	.39	.81	1.3	2.7	5.9	1.2	.63	1.8	7.0	3.1	.56	.45	.31	1.6	1.5	.50	.44	.43	.79	.38	2.3	.45	.83	.46	.28	.35	.33		
fki	3.7	.38	.49	1.3	.38	.45	.85	1.7	.92	.74	5.3	4.8	10	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	1.3	1.8	.40	.66	.40	.66	.45	2.7	.41	.79	.42	.27	.38	.29		
yns	4.3	.52	.37	1.8	.39	.50	1.4	1.6	.87	.76	5.8	4.9	11	6.5	.84	1.0	.89	.51	1.7	.81	1.3	2.3	5.9	.89	.81	1.9	6.9	3.4	.81	.62	.40	1.5	1.6	.37	.48	.77	.75	.44	2.3	.31	.76	.61	.41	.39	.33		
ngn	3.7	.51	.57	1.7	.46	.49	.96	1.3	1.0	.70	4.9	4.8	11	8.0	1.1	.75	.89	.51	.45	3.2	1.3	2.2	6.3	1.1	.71	1.9	6.6	3.0	.82	.43	.29	1.3	1.7	.51	.45	.57	.74	.47	2.5	.25	.36	.77	.47	.29	.42	.35	
gif	4.1	.60	.34	1.5	.42	.42	.99	1.5	.87	.88	5.1	4.2	10	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	1.5	1.5	.58	.50	.99	1.0	.73	2.8	.38	.73	.45	.39	.34	.55		
szk	3.5	.50	.43	1.4	.40	.45	.91	1.4	.94	.91	5.3	4.5	10	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	.26	.32	.74	.50	.47	.33	.40
aic	3.6	.53	.38	1.4	.47	.46	.94	1.3	.84	.82	4.8	4.6	11	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	.26	1.4	2.5	.54	.40	.51	.84	.42	2.5	.29	.40	.72	.47	.38	.31	.31	
mie	5.4	.36	.31	1.6	.48	.39	1.2	1.3	.91	.77	6.2	5.0	10	7.3	1.1	.74	1.1	.79	.41	.95	1.4	2.3	6.3	1.7	.83	2.1	6.8	3.0	.62	.60	.36	1.2	1.6	1.9	.44	.40	.49	.74	.35	2.4	.36	1.1	.47	.36	.38	.29	
sig	3.3	.45	.45	1.4	.49	.35	1.0	1.5	1.1	.83	4.8	4.7	11	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	.50	.27	.47	.81	.51	2.4	.44	.27	.88	.27	.30	.31	.38	
kyt	3.6	.49	.42	2.1	.41	.45	.88	1.3	.91	.89	4.9	4.3	10	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	1.4	1.6	.49	.38	.47	.67	.53	2.2	.32	.32	.67	.55	.36	.28	.31	
osk	3.3	.44	.37	1.3	.41	.46	.93	1.3	.87	.80	4.8	4.4	12	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	1.3	2.9	.51	.35	.57	.73	.66	2.7	.34	.65	.42	.34	.31	.39		
hyg	3.6	.50	.43	1.4	.45	.53	1.0	2.0	.83	.84	5.2	4.7	11	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	1.6	1.7	.53	.40	.51	.96	.58	2.4	.23	.43	.71	.45	.38	.33	.38	
nar	3.7	.63	.55	1.5	.51	.48	1.2	1.2	.92	.90	4.8	4.9	11	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	1.2	2.1	.45	.40	.63	.84	.60	2.5	.40	.65	.46	.58	.36	.29		
wky	5.1	.40	.41	1.8	.38	.36	1.0	1.3	1.0	.88	4.6	4.4	12	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	.48	.78	.60	2.6	.36	.73	.33	.45	.46	.37		
ttr	4.2	.33	.72	1.2	.42	.35	1.2	1.5	.86	.95	5.2	4.6	11	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
smn	5.3	.31	.53	2.1	.51	.28	.92	1.5	1.1	1.2	5.0	4.3	10	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	.92	.48	.55	.40	2.4	.10	.34	.59	.36	.28	.38	.29	
oky	3.6	.45	.28	1.3	.36	.34	.99	1.2	.79	.81	5.2	4.8	10	6.6	1.0	.59	.94	.62	.45	.72	1.3	1.9	6.1	1.1	.66	2.0	6.6	4.1	.62	.48	.28	2.8	1.6	.51	.39	.56	.82	.68	2.5	.33	1.2	.49	.34	.43	.32		
hrs	4.1	.48	.47	1.5	.45	.54	.95	1.7	.97	.91	5.2	4.6	10	7.1	1.1	.81	1.8	.48	.40	.75	1.4	2.2	6.0	.99	.87	2.1	6.7	3.2	.64	.52	.37	1.6	2.0	.44	.34	.61	.88	.41	2.8	.31	.36	1.7	.53	.31	.37	.31	
ycg	4.0	.55	.48	1.7	.54	.44	1.2	1.4	.95	.95	5.4	4.8	10	7.7	1.1	.76	.8																														

# An example of demand estimate by region from the aspect of final user needs



# Daily traffic volume per customer

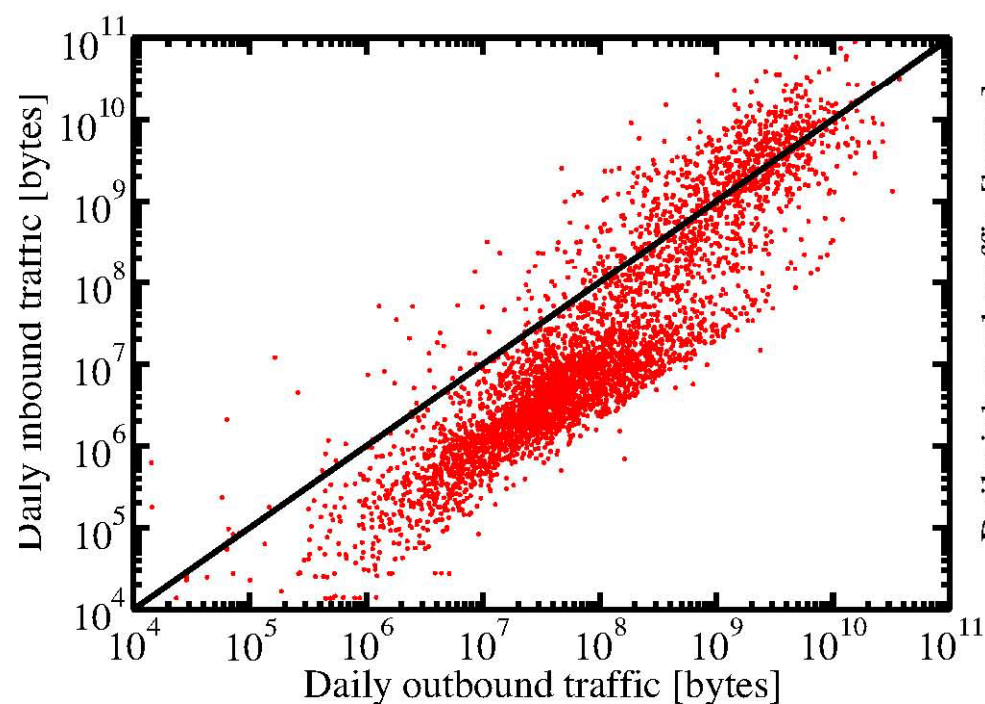
Cumulative distribution for total traffic per customer



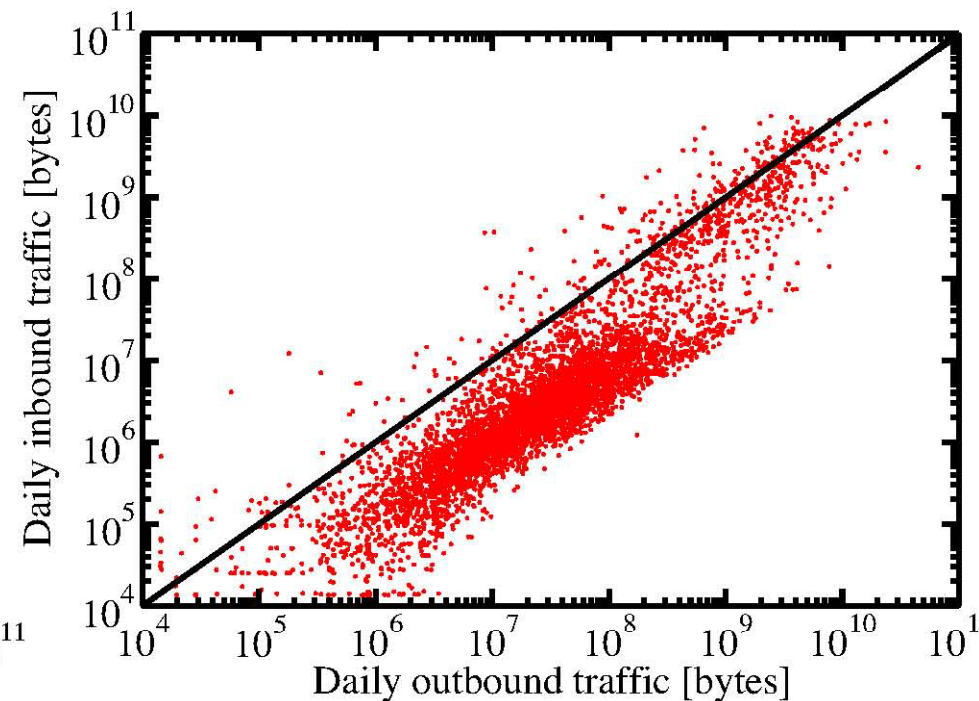
10% of users exchange  
more than 500MBytes  
per day

1% (1/100) of users  
exchange more than  
6GBytes per day

# ダウンロード vs アップロード



fiber



DSL

daily per-user inbound/outbound volumes

# 結果。。。分かったこと。。。。

- 悪魔のような邪悪な暴走族は 存在しない。
  - ユーザごとの利用トラフィック量の分布は、通常の統計的分布に従っている!!
- トラフィックパターンの対称化
- 背景トラフィックの増加
  - m2m のトラフィックに思える
  - Peer-to-Peerのトラフィックだろうか????

# 今日のトピック

- インターネットってどんなものか。
- インターネットトラフィックの最近
- 国際郵便の不思議
  - なぜ、国内企業の郵便が、国際郵便で来るのだろうか？
  - 企業活動はグローバル、規則(法律)は国内。 ネットワークのインパクト



# 4月9日(木)の課題

締切: 4月14日(火)、提出先: 電気系事務室

1. 「ネットワーク」によって、そのビジネス構造やビジネスモデルが、大きく変革された例を3つ挙げなさい。
2. コンピュータネットワーク、コンピュータシステム、通信システム、放送システムに関する(素朴な?) 疑問を3つ 挙げなさい。

- 講義資料

<http://hiroshi1.hongo.wide.ad.jp/hiroshi/files/network/>

- 質問

hiroshi@wide.ad.jp