

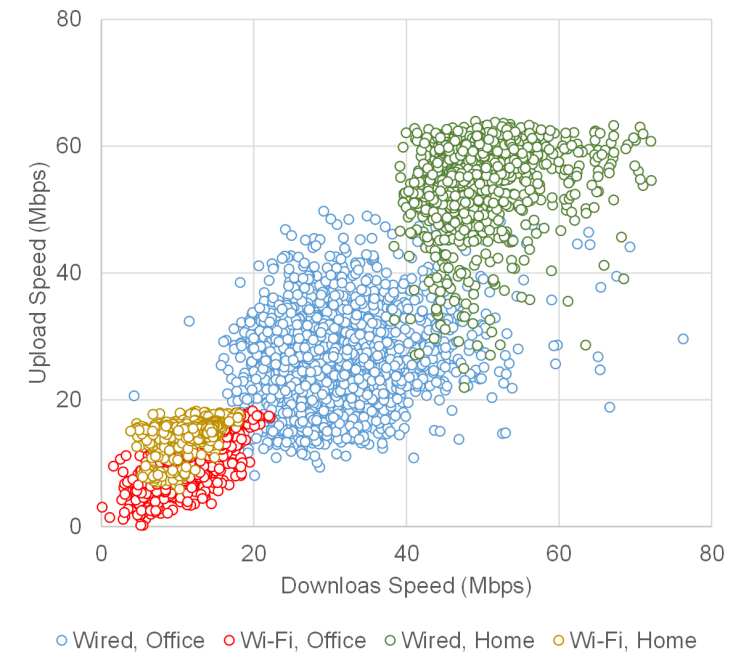
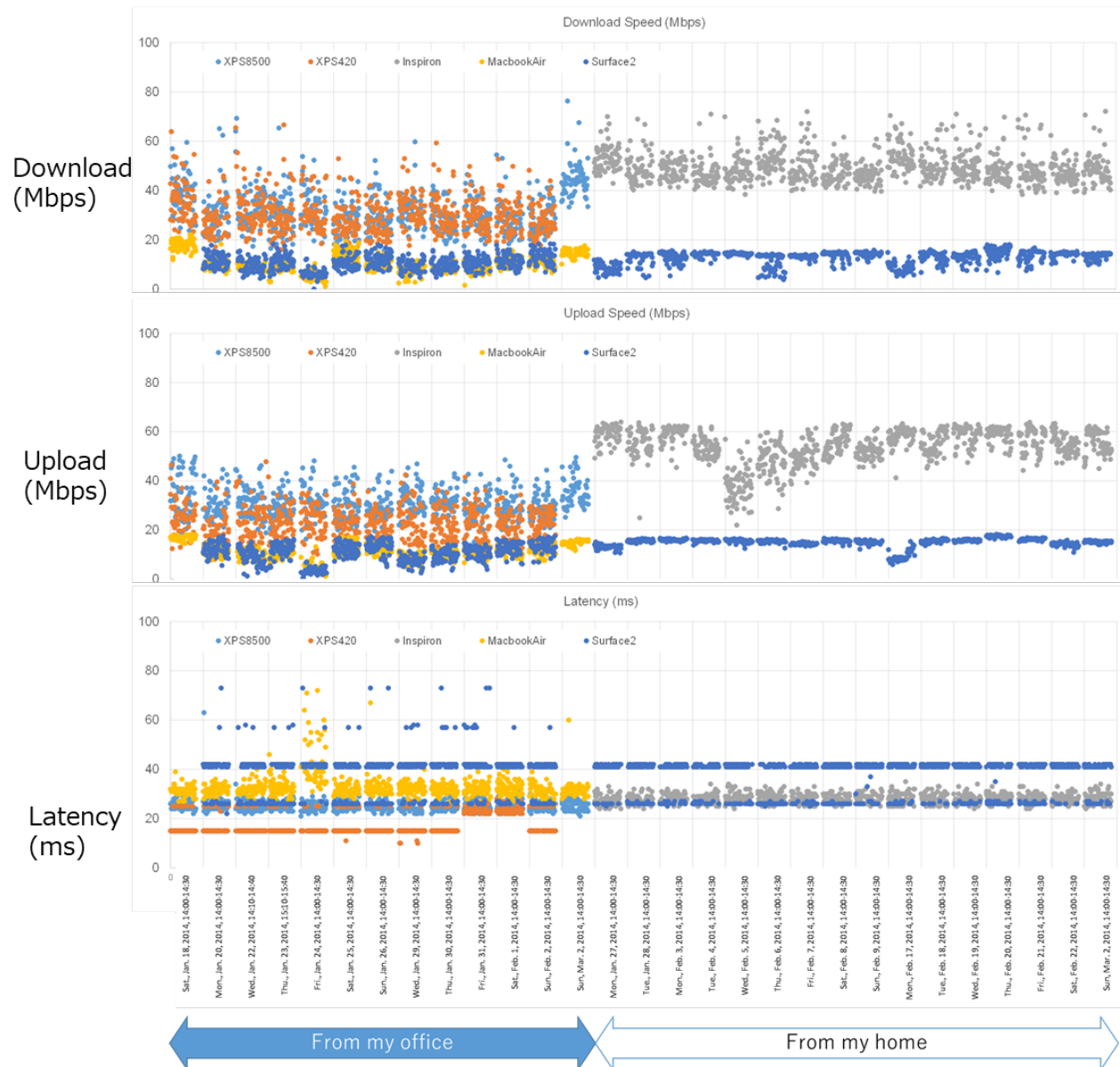
固定ブロードバンドの速度計測から 得られた知見

中央大学 実積寿也

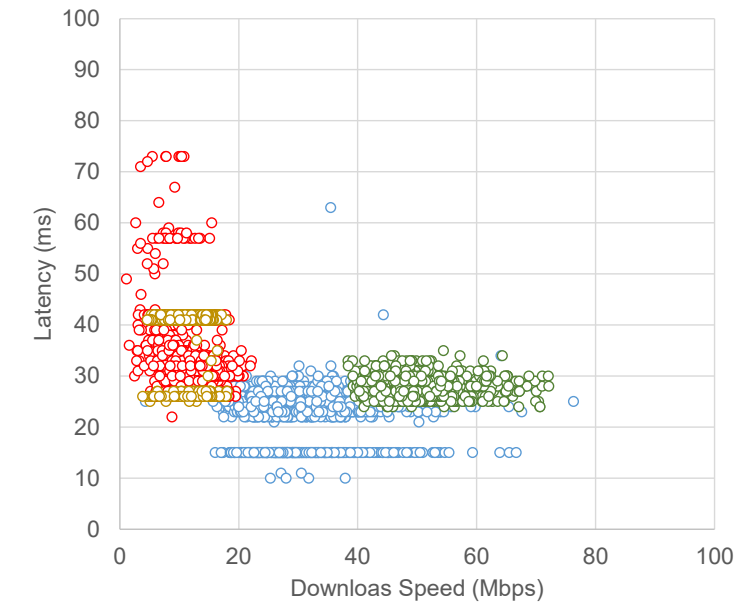
計測 1 : 固定地点における多重計測

- 計測場所・使用機器
 - 九州大学経済学部研究室
 - DELL XPS 8500
 - Windows 7 Ultimate Service Pack1, Intel® Core™ i7-3770 CPU @3.40GHz、RAM 16.0GB, 64bit Operating System
 - Connected to the university's LAN via cable
 - DELL XPS 420
 - Windows Vista Home Premium Service Pack2, Intel® Core™ 2 QuadCPU Q9550 @2.83GHz、RAM 4.0GB, 32bit Operating System
 - Connected to the university's LAN via cable
 - MacBook Air
 - OS X version 10.9.1, 1.6GHz Intel Core 2 Duo、RAM 4GB 1067MHz DDR3
 - Connected to the university's LAN via Wi-Fi
 - Surface 2
 - Windows RT 8.1, Microsoft Office Home & Business 2013 RT2、RAM 2GB
 - Connected to the Internet via Wi-Fi
 - 福岡市内自宅 (NTTフレッツ光)
 - DELL Inspiron
 - Windows 7 Home Premium SP1, Intel® Core™ i7-3610QM CPU @2.30GHz、RAM 8GB, 64bit Operating System
 - Connected to the Internet via the Ethernet cable
 - Surface 2
- 計測日時 : 2014年1月から3月
- 計測サイト : Speedtest.net (Ookla社)
- 計測頻度 : 午後2時から30分間、可能な限り計測

計測 1 : 計測結果



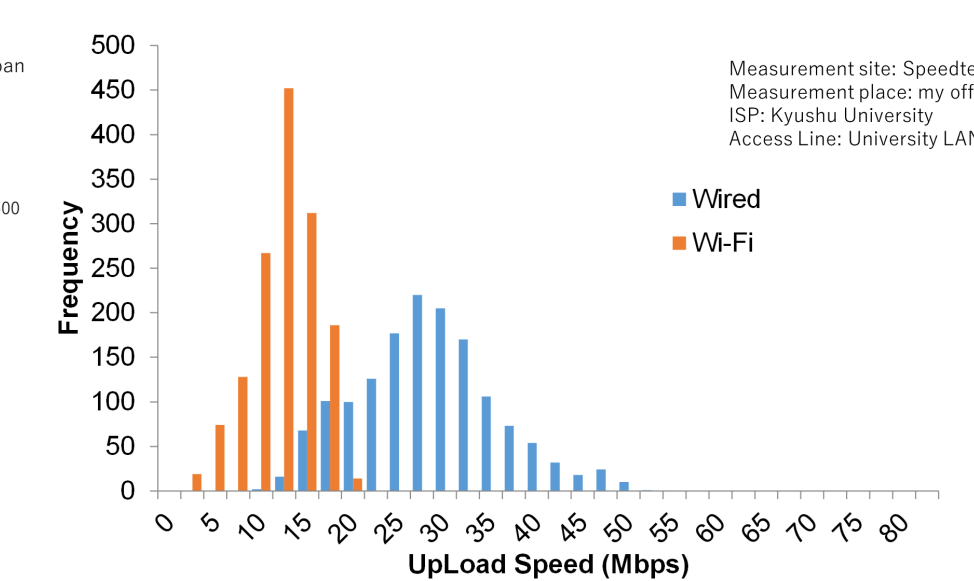
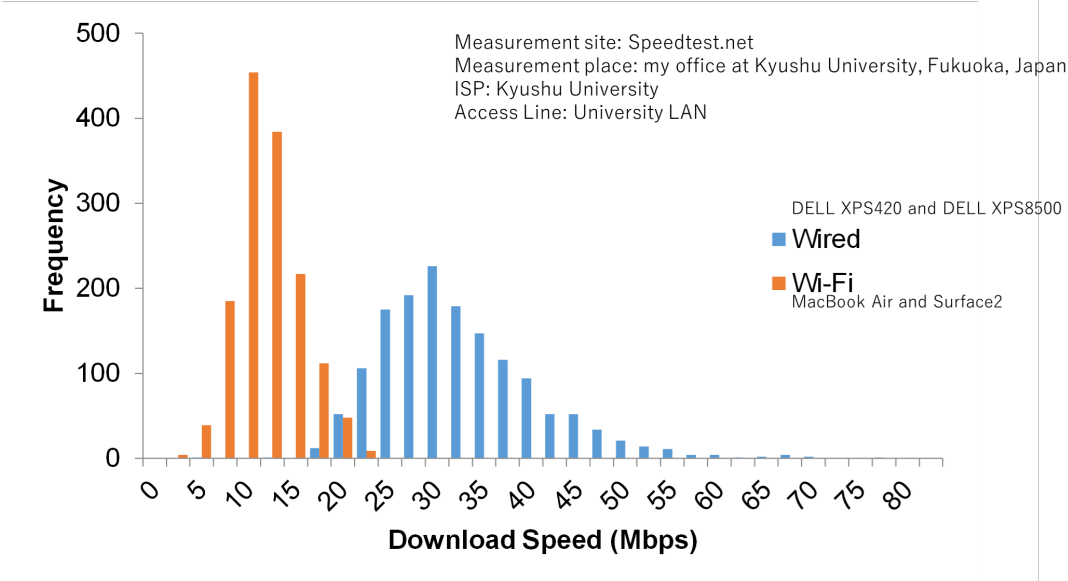
○ Wired, Office ○ Wi-Fi, Office ○ Wired, Home ○ Wi-Fi, Home



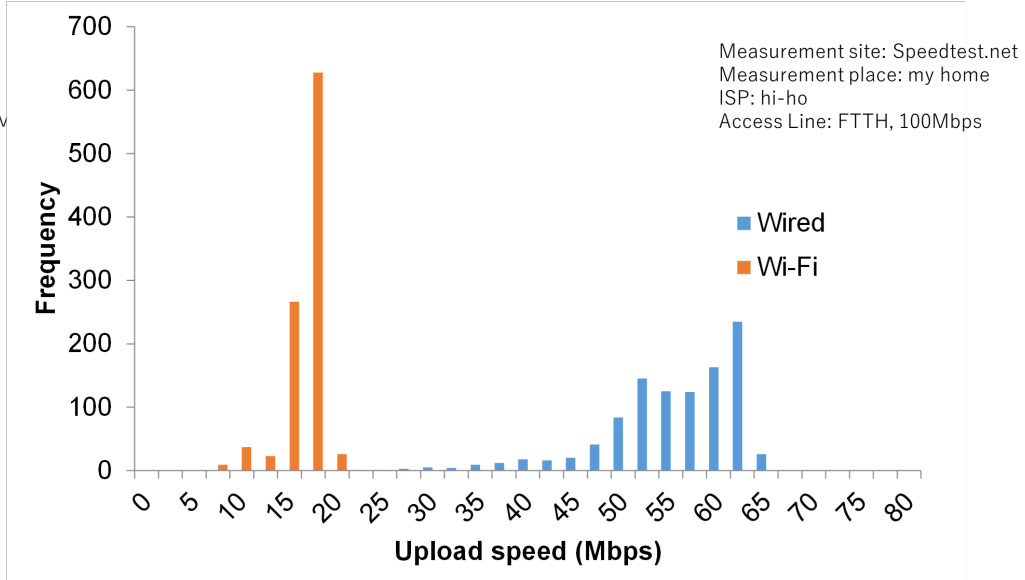
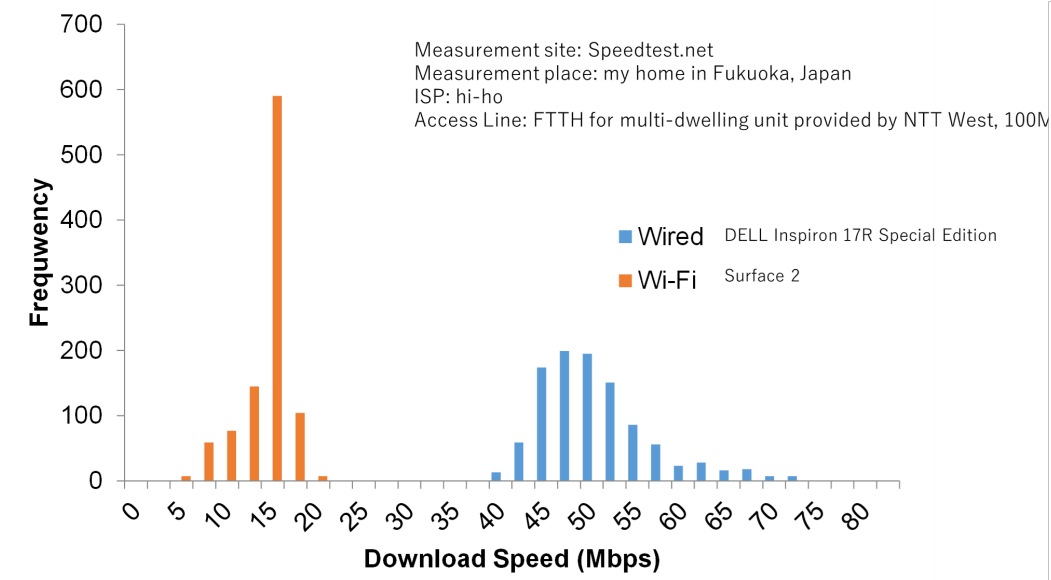
○ Wired, Office ○ Wi-Fi, Office ○ Wired, Home ○ Wi-Fi, Home

計測1の結果：分析 1

研究室



自宅



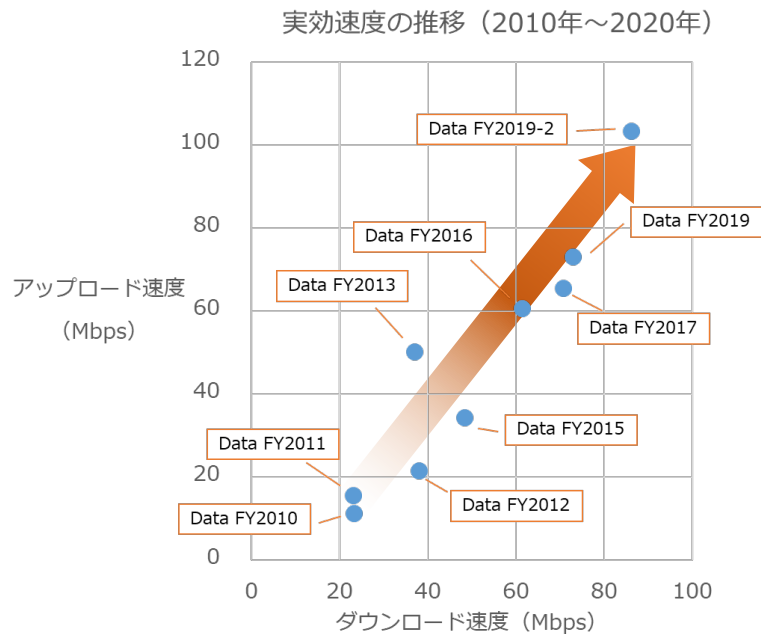
計測 2 : アンケートによる経年変化観察

- 調査期間
 - 2009年11月から2020年3月

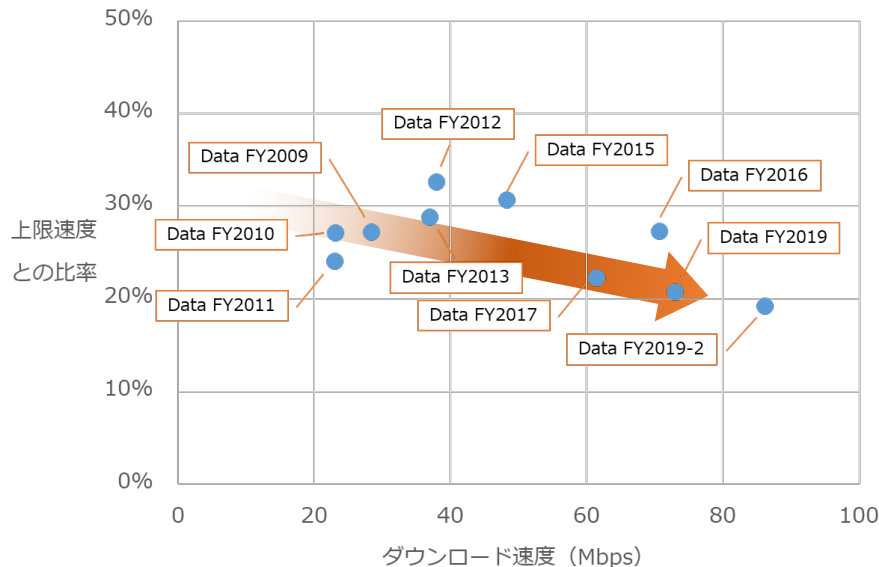
データ名称	Data FY2009	Data FY2010	Data FY2011	Data FY2012	Data FY2013
調査時期	2009/11/17-2009/11/26	2011/1/25-2011/1/27	2012/3/30-2012/4/25	2013/3/14-2013/3/19	2014/3/26-2014/3/31
利用会社	gooリサーチ (NTTレゾナント)	楽天リサーチ	gooリサーチ (NTTレゾナント)		NTTコム オンライン・マーケティング・ソリューション
有効回答	1,117	1,000	1,024	650	1,022
計測サイト	gooスピードサイト http://speedtest.goo.ne.jp/	ookla社スピードテストサイト http://speedtest.net			
性別 (男)	60.3%	56.9%	63.2%	67.2%	63.2%
年齢	45.0歳	44.3歳	39.9歳	50.4歳	48.6歳
世帯年収	664万円	595万円	603万円	611万円	597万円
ネット利用月額	4,959円	4,776円	4,070円	4,673円	4,704円
ネット利用経験	12.4年		13.7年	12.6年	9.36年*

データ名称	Data FY2015	Data FY2016	Data FY2017	Data FY2019	Data FY2019-2
調査時期	2015/4/28-2015/4/30	2016/5/26-2016/5/30	2018/1/25-2018/1/30	2019/7/31-2019/8/3	2020/3/26-2020/3/30
利用会社	マクロミル	NTTコム オンライン・マーケティング・ソリューション			
有効回答	1,264	1,067	1,504	1,000	2,069
計測サイト	ookla社スピードテストサイト (http://speedtest.net)				
性別 (男)		50.5%	52.3%	51.0%	49.9%
年齢		41.7歳	45.8歳	47.2歳	45.3歳
世帯年収	520万円	572万円	631万円	580万円	532万円
ネット利用月額		4,461円			
ネット利用経験		9.32年*	9.37年*	9.4年*	

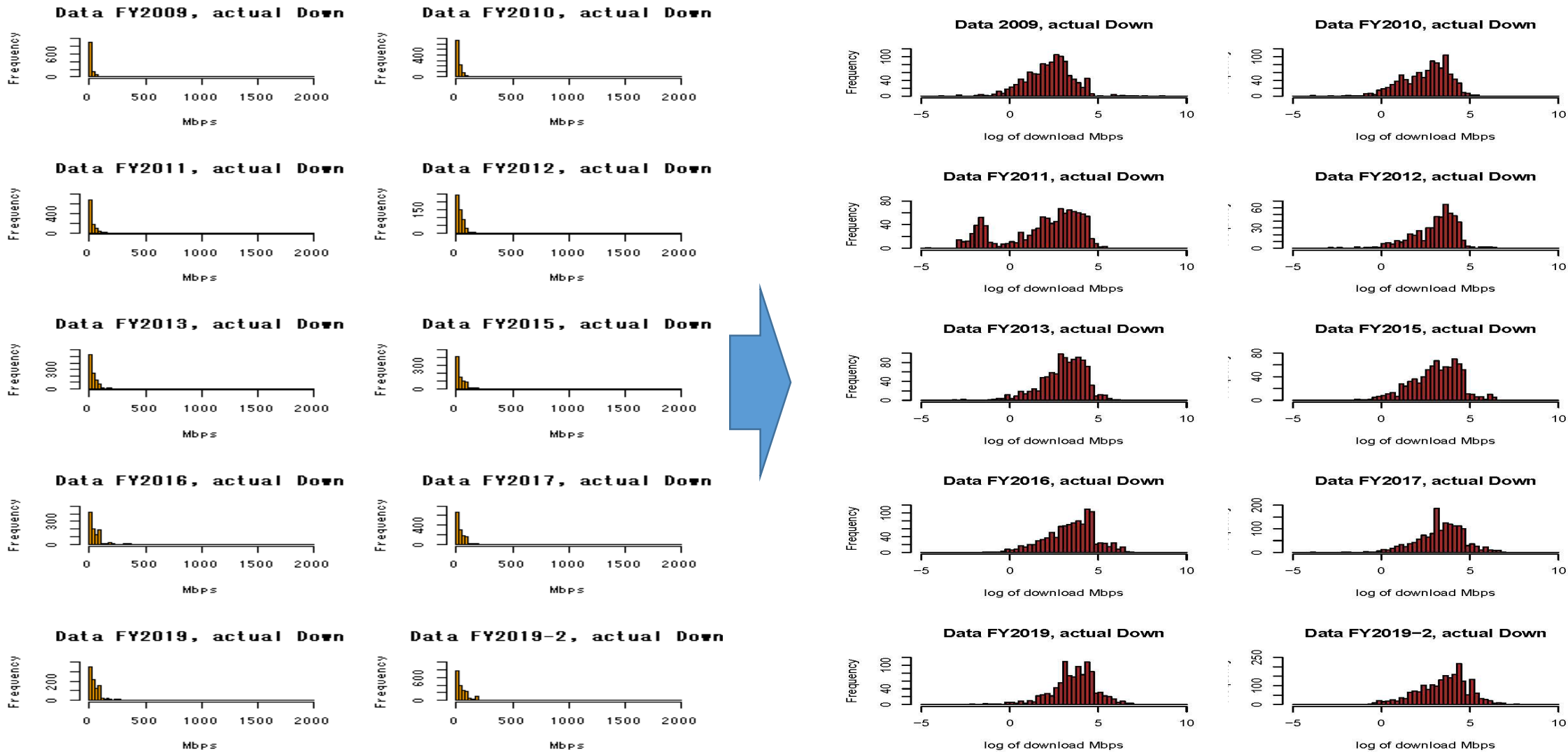
注*:9年以上は10年と見なして平均値を算出



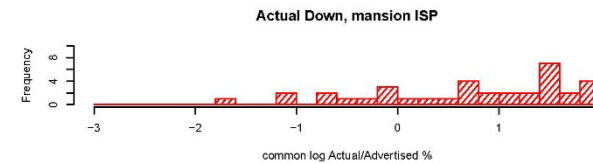
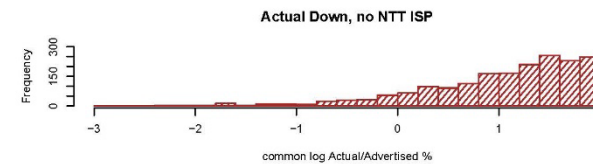
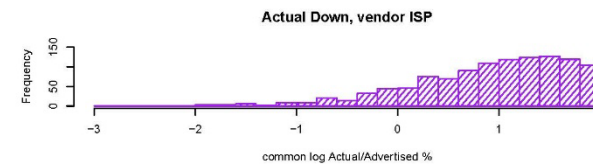
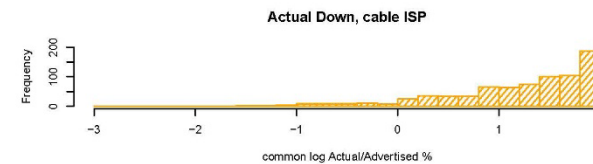
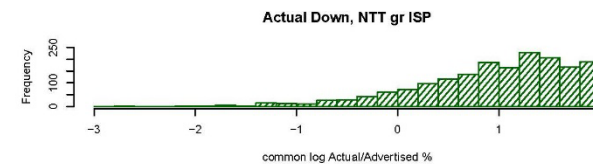
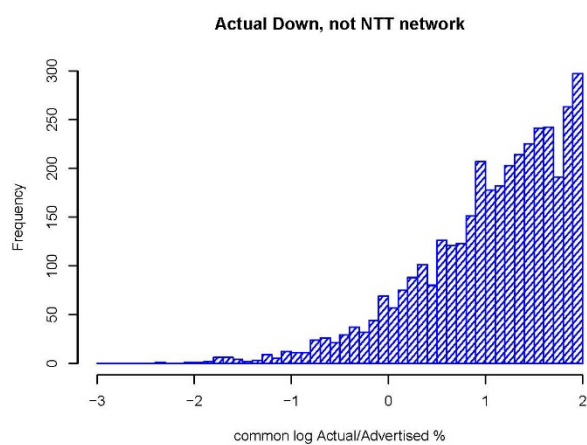
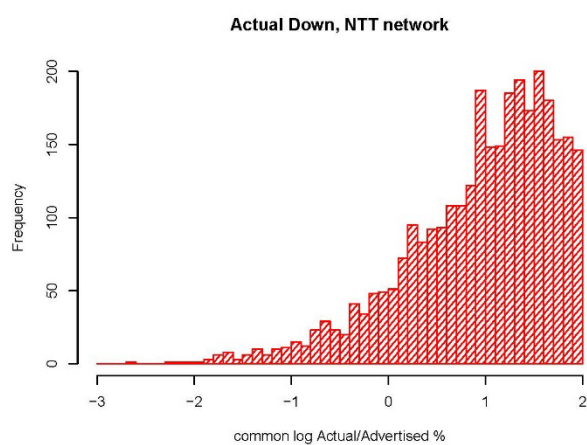
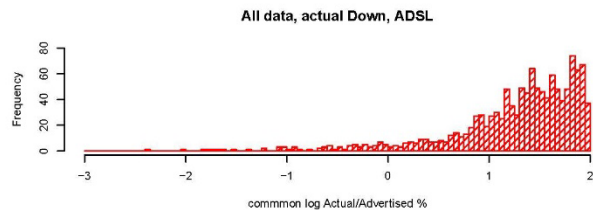
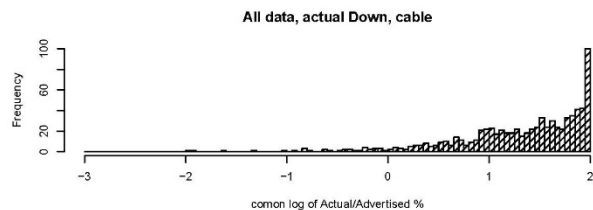
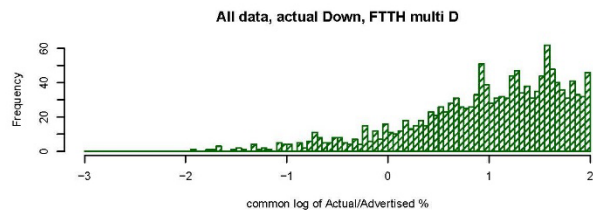
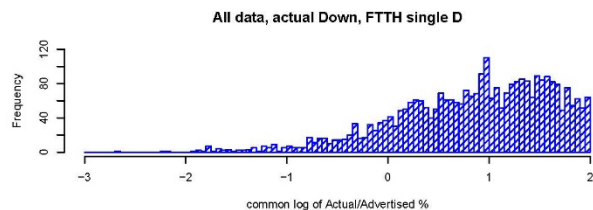
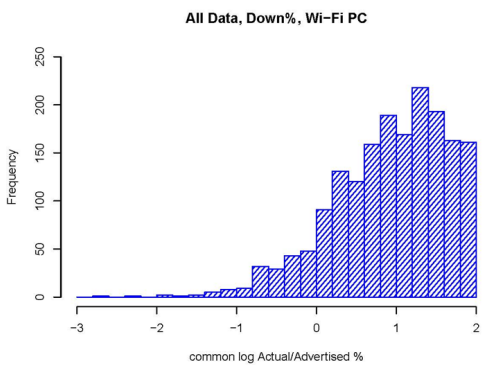
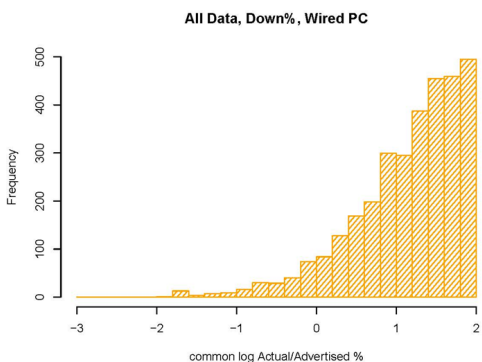
ダウンロード実効速度の平均値の推移 (2009年~2020年)



計測 2 : 実計測データはほぼ対数正規分布となる



計測 2 : 利用環境の影響 1 (横軸は上限速度に対する%を常用対数に変換)



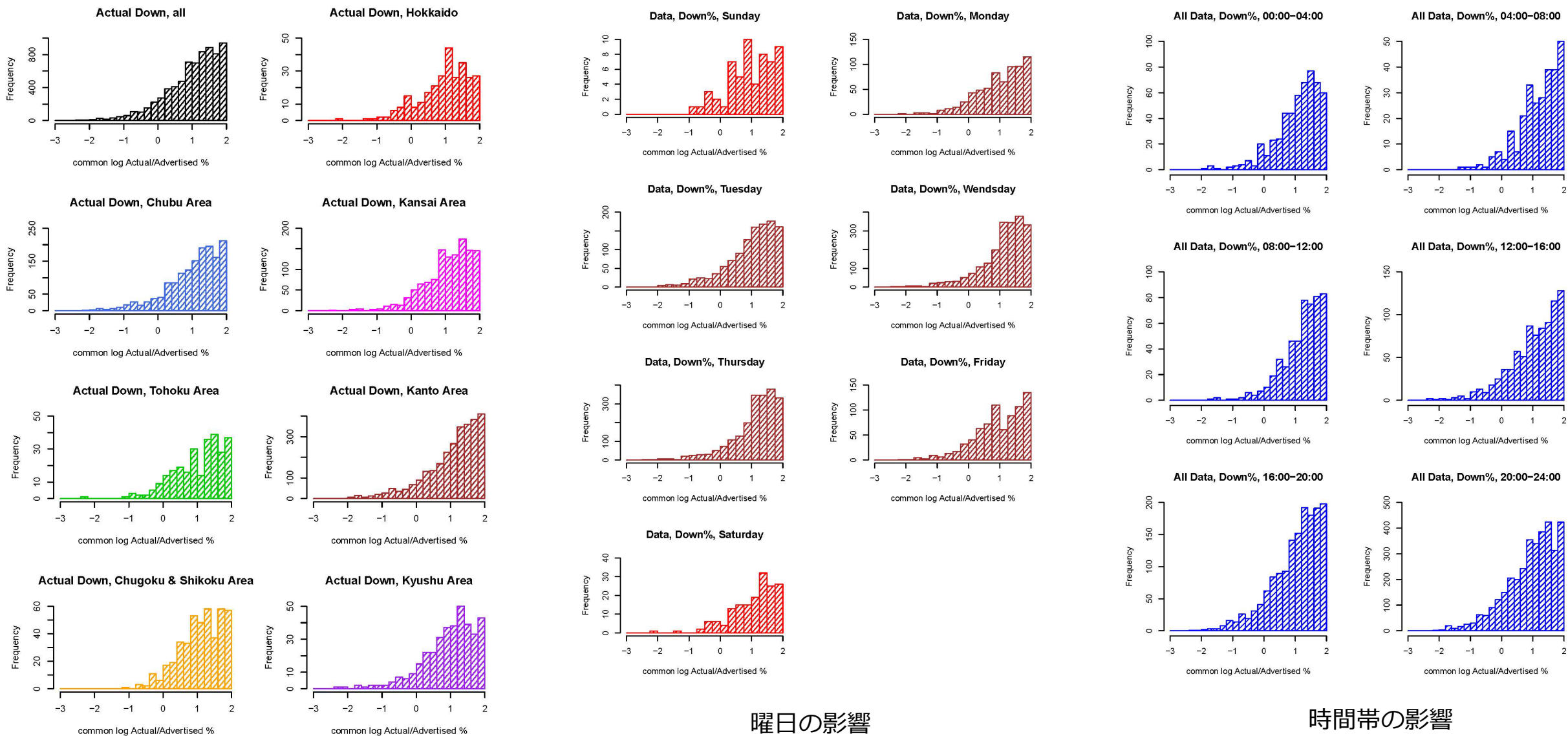
Wi-Fi利用の影響

アクセス回線種類の影響

アクセス提供会社の影響

ISP系列の影響

計測 2 : 利用環境の影響 2 (横軸は上限速度に対する%を常用対数に変換)



地域の影響

曜日の影響

時間帯の影響

計測 2 : 多変量解析結果

Dependent variable	Log of actual download speed	Log of actual upload speed	Log of actual/advertised download speed ratio	Log of actual/advertised upload speed ratio
Distribution	Normal	Normal	Truncated	Truncated
N	5020	5020	5014	533
R-squared	0.38057	0.02344	Log likelihood -7904.66373	-947.17266
R-bar squared	0.37722	0.01816	Inf.Cr.AIC 15867.3	1932.3
F[27, 4992]	113.59386***	4.43861***	AIC/N 3.161	0.385
	Coefficient	Coefficient	Coefficient	Coefficient
Constant	0.893***	-42.815***	-0.003	-0.358
Dummy for FTTH user	2.015***	17.884***	-1.124***	-0.004*
Dummy for cable internet user	1.212***	11.643	-0.122	0.181
Dummy for Wi-Fi connection	-0.372***	0.127	-0.688***	1.750
Advertized download speed	3.51.E-05***	-5.20.E-04	-5.60.E-04***	-0.397*
Dummy for NTT's access line	-0.127***	-2.371	-0.055	-0.246
Dummy for using PC	0.191*	-3.687	0.278	1.290***
Dummy for NTT-group ISP	0.013	0.454	0.051	1.883***
Dummy for cable ISP	0.032	1.228	0.153	1.724***
Dummy for FY2011	-0.689***	8.899	-1.635***	0.510
Dummy for FY2012	0.355***	25.921***	0.341*	1.307***
Dummy for FY2013	0.482***	29.789***	0.162	-0.710
Dummy for FY2015	0.450***	29.343***	0.070	0.980*
Dummy for FY2016	0.877***	31.891***	0.419***	-0.397
Dummy for FY2017	0.763***	27.824***	-0.324**	-0.246
Dummy for FY2019	0.925***	31.878***	0.213	-0.604
Dummy for weekend	-0.029	-15.854*	-0.172	-0.324
Dummy for 00:00-04:00	0.272***	15.022***	0.334**	-0.358
Dummy for 04:00-08:00	0.551***	19.930***	1.031***	-0.004*
Dummy for 08:00-12:00	0.454***	16.206***	0.779***	0.181
Dummy for 12:00-16:00	0.230***	5.577	0.482***	1.750
Dummy for 16:00-20:00	0.217***	-0.554	0.358***	-0.397*
Dummy for Hokkaido	-0.396***	5.073	-0.679***	-0.246
Dummy for Tohoku area	-0.160*	-0.544	-0.318*	1.290***
Dummy for Chubu area	-0.124**	-0.229	-0.489***	1.883***
Dummy for Kansai area	-0.042	0.826	-0.272***	1.724***
Dummy for Chugoku/Shikoku area	0.007	0.719	-0.311**	0.510
Dummy for Kyushu area	-0.270***	4.239	-0.459***	1.307***
Sigma			1.835***	1.867***

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

ダウンロード解析結果からわかること

注 * 切片の変化で測定

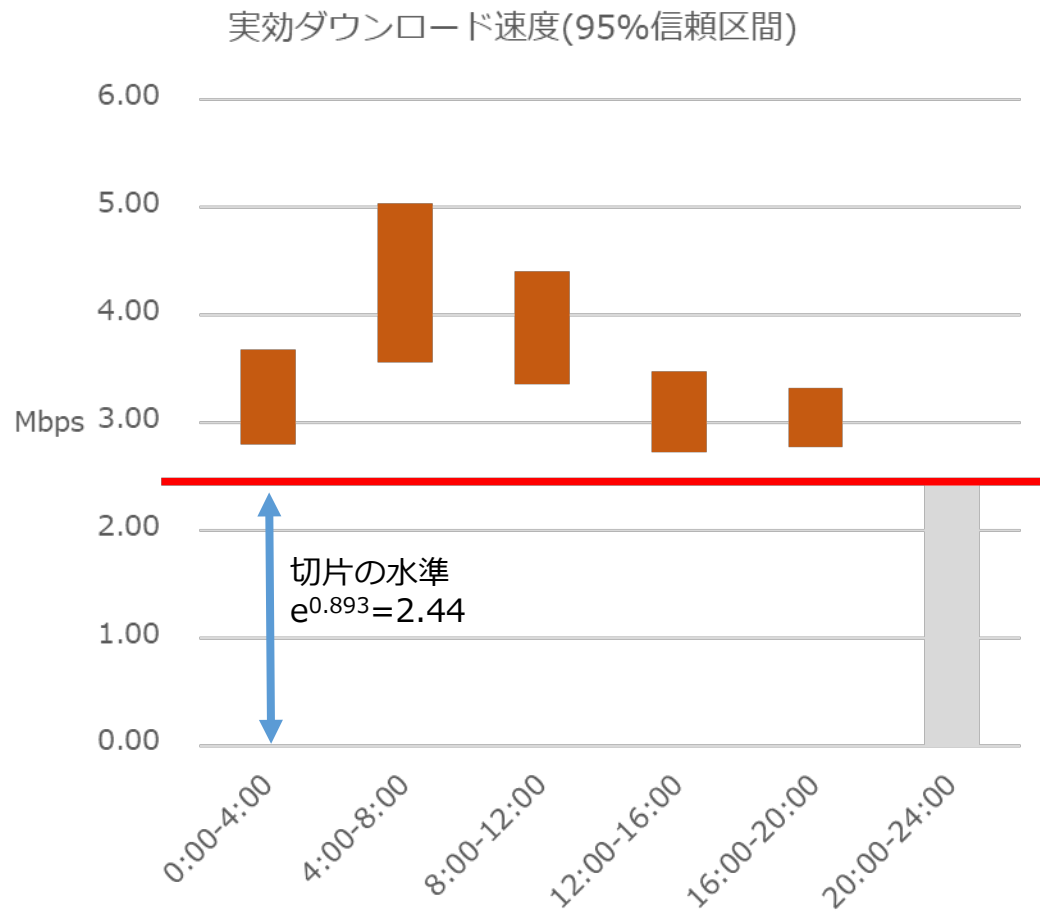
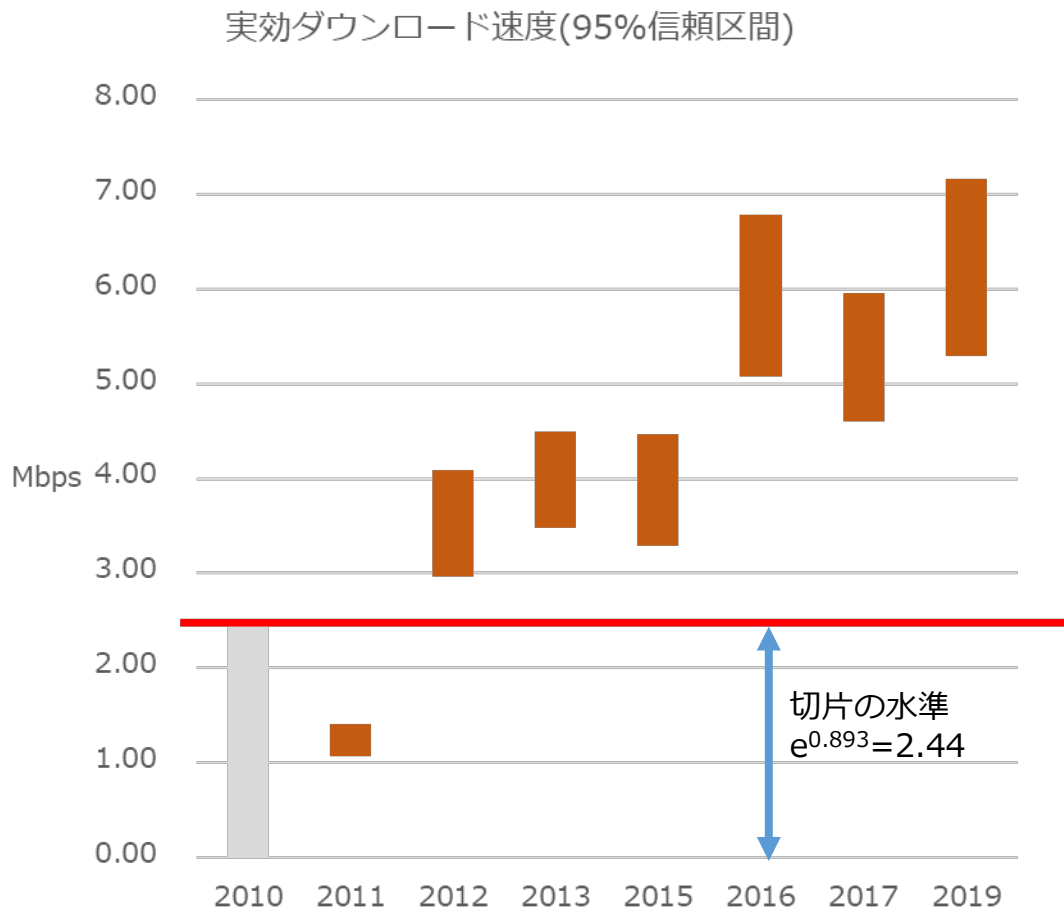
1. FTTH利用世帯は速度が15.88Mbps増*、上限速度との比率は低下
2. Wi-Fi利用世帯は速度が0.76Mbps減*、上限速度との比率も低下
3. 上限速度が高くなれば実効速度は増大するが、上限速度との比率は低下
4. 実効速度は関東圏は他地域よりも実効速度、上限との比率ともに有意に高水準

実効速度と上限速度の比率と上限速度水準との相関が負

- ブロードバンド契約をめぐる競争が、実効速度への配慮が十分には担保されない、額面速度だけのものになっていることを示唆。

時系列トレンド、時間帯による影響の分析

注 * 切片の変化で測定



計測 2 : crowd sourcingで求められる観測数

- 広告メッセージにおける実効速度表示を対数表示とし、その範囲を約95% のデータをカバーできる $\pm 2\sigma$ とした場合、その範囲を平均値の上下10%の枠内に毎年収めようとするなら、各年度における計測数を**平均13.5万回**程度までに拡張する必要がある。
 - 対数ベースで上下10%幅に限定できた場合、例えばFY2019-2データの場合は23.5Mbps~47.4Mbpsとなる。
 - 実効速度の各年の計測平均（対数を実測値に再変換）は、ダウンロードは6.2Mbps~37.5Mbps、アップロードは3.4Mbps~35.7Mbpsであるが、標本標準偏差（同）はそれぞれ3.4Mbps~8.7Mbps、2.9Mbps~11.9Mbps。
 - 測定値を対数変換しないまま表示範囲を平均値上下10%の枠内にするなら、要求計測数で平均で120.8万回程度。
- 計測環境をある程度コントロールすることができれば必要計測数は大幅に減少。
 - NTT東西が提供しているFTTHでWi-Fiを介さずにネットに接続している世帯に限定すれば、ダウンロード速度計測については**平均2万回**、アップロードについても**平均3万回**まで減少。
 - 対数ベースで上下10%幅に限定できた場合、例えばFY2019-2データの場合は17.5Mbps~33.14Mbpsとなる。
 - 1000人のサンプルで各20~30回の計測（一時間に一回として一日分）
 - 対数変換しない場合はダウンロードについては約13万回、アップロードについては約14万回が必要

計測3：計測サイトの比較

- 計測場所・使用機器

- 都内自宅 (ケーブル回線、多摩ケーブル)
 - DELL XPS8930
 - Windows 10 Home, ver20H2
 - Intel(R) Core(TM) i7-8700 CPU @ 3.20GHz 3.19 GHz、RAM 16GB, 64bit Operating System
 - Connected to the Internet via the Ethernet cable
 - Mac Book Air
 - macOS Big Sur, ver 11.2
 - Apple M1, RAM16GB
 - Connected via Wi-Fi (5GHz)
 - Router:WRM-D2133HP
 - 無線インターフェイス：IEEE802.11n、最大600Mbps
 - 有線LANインターフェイス：最大1000Mbps

- ネット環境：ケーブルテレビインターネット
 - 多摩テレビ アドバンス300：通信速度300Mbps

- 計測日時：

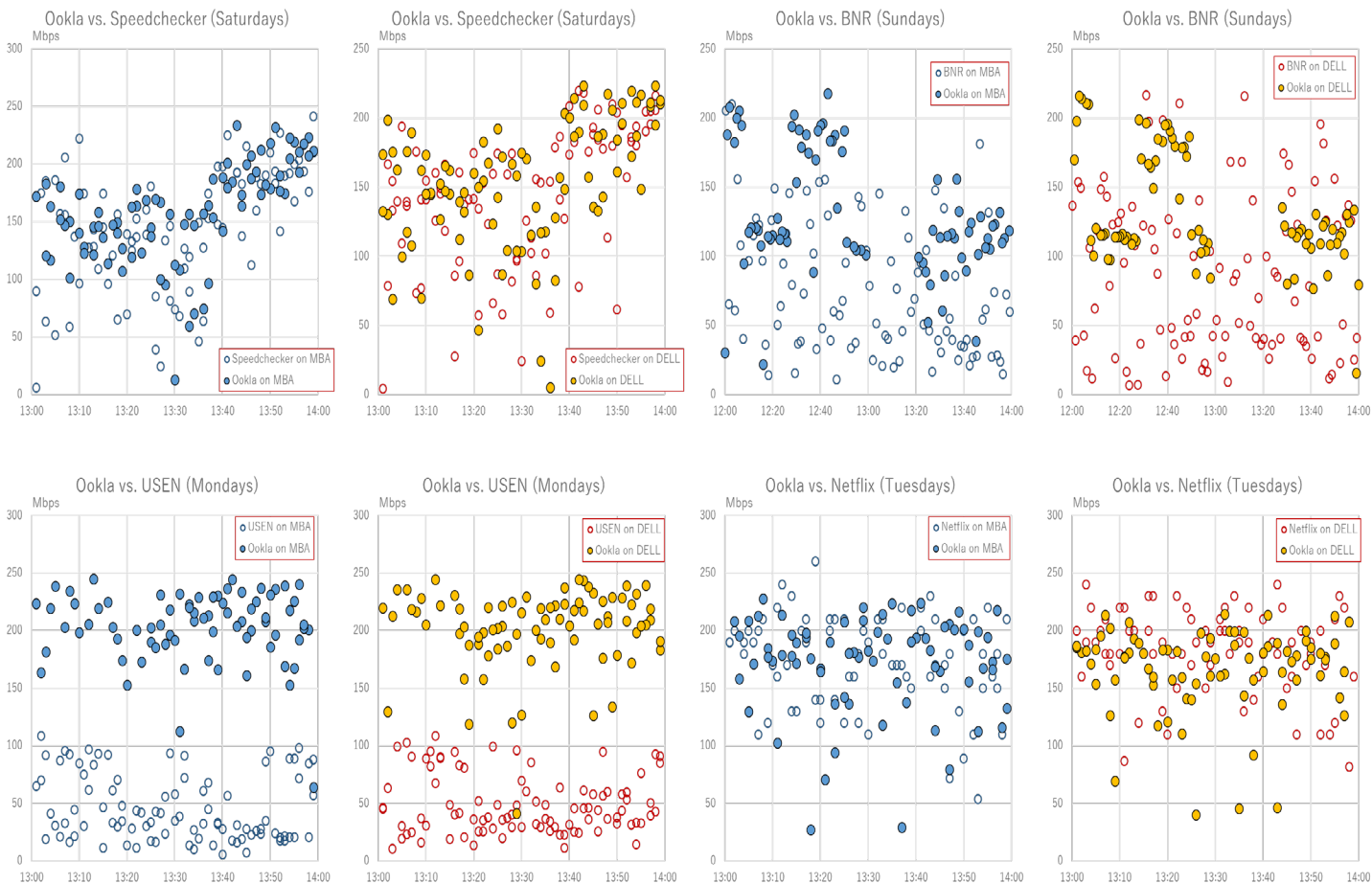
- 2021年2月6日～16日午後1時 (もしくは正午) から60分間

- 計測サイト

- NETFLIXの測定サイト (<https://fast.com/ja/>)
- USENの測定サイト (<https://speedtest.gate02.ne.jp/>)
- BNR (<https://www.musen-lan.com/speed/>、<https://www.musen-lan.com/speed/speed-img.html>)
- Speedchecker社の測定サイト (<https://www.bspeedtest.jp/>)



計測3：各計測サイト毎の特性



	Average	S.D.	C.V.
MBA, Ookla	157.5	43.2	0.274
MBA, Speedchecker	147.1	53.2	0.362
DELL, Ookla	154.8	45.8	0.296
DELL, Speedchecker	143.3	50.9	0.355
	Average	S.D.	C.V.
MBA, Ookla	126.8	42.9	0.338
MBA, BNR	76.2	47.9	0.628
DELL, Ookla	127.4	38.0	0.298
DELL, BNR	87.2	57.2	0.656
	Average	S.D.	C.V.
MBA, Ookla	196.4	37.4	0.190
MBA, USEN	45.9	28.9	0.629
DELL, Ookla	197.8	39.5	0.199
DELL, USEN	50.2	26.1	0.521
	Average	S.D.	C.V.
MBA, Ookla	169.5	44.8	0.264
MBA, Netflix (fast.com)	172.3	42.4	0.246
DELL, Ookla	165.2	37.4	0.227
DELL, Netflix (fast.com)	180.9	39.5	0.219

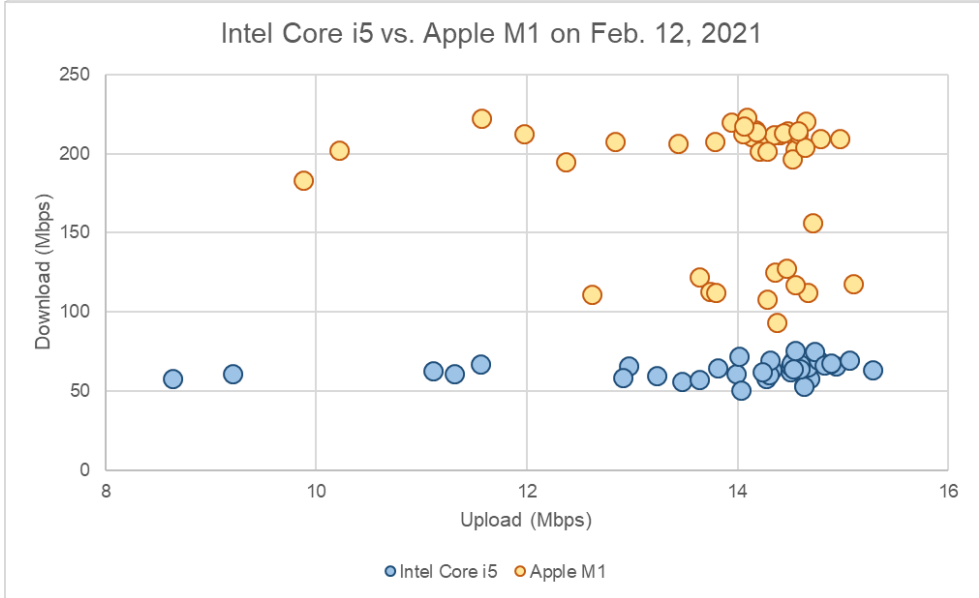
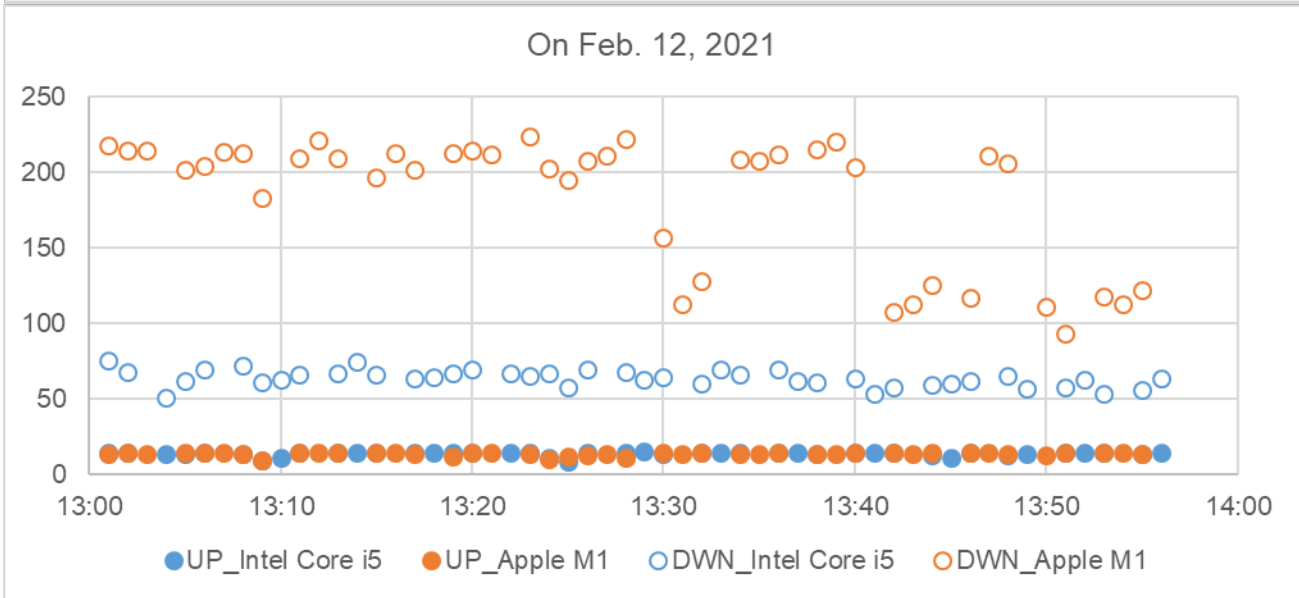
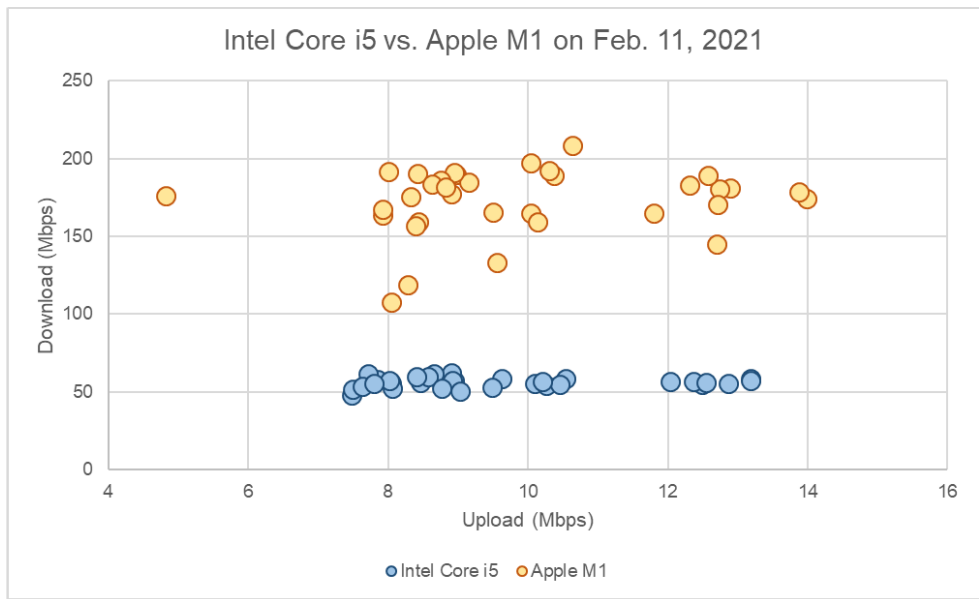
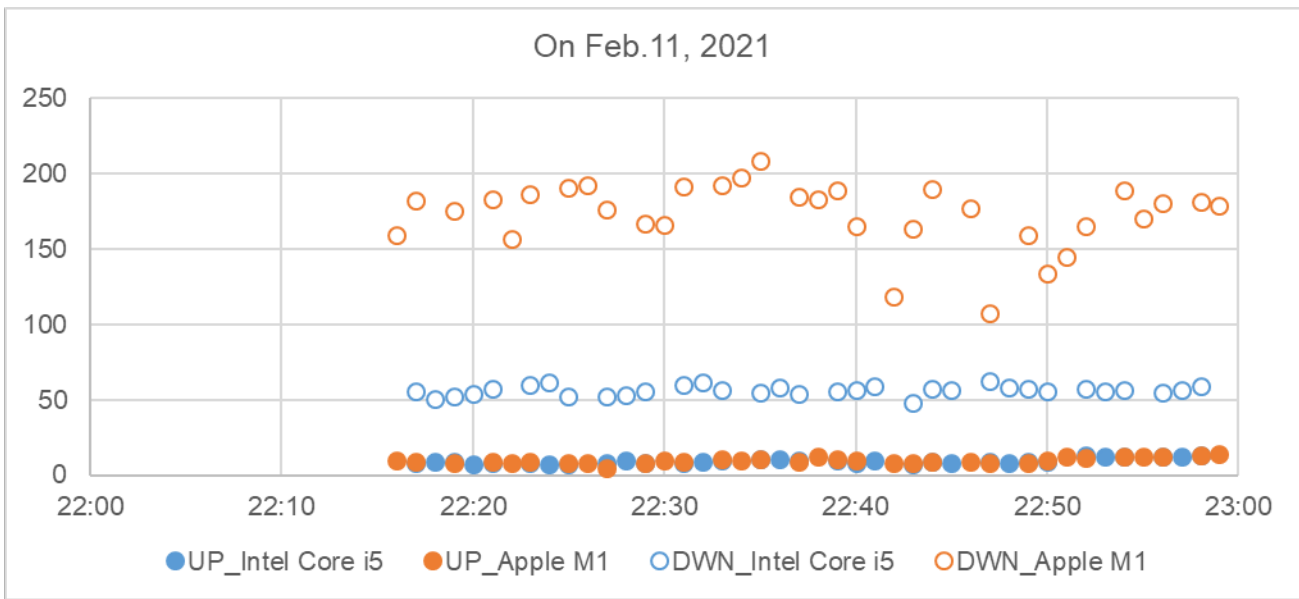
Ookla (およびNetflix) の計測数値の高さ、変動係数の小ささが際立つ。

計測4：計測端末の比較

- 計測場所・使用機器
 - 都内自宅（ケーブル回線、多摩ケーブル）
 - Mac Book Air (M1, 2020)
 - macOS Big Sur, ver. 11.2.1
 - Apple M1, RAM16GB
 - Connected via Wi-Fi (5GHz)
 - Mac Book Air (11-inch, Early 2015)
 - macOS Big Sur, ver. 11.2.1
 - Dual Core, intel Core i5, RAM8GB
 - Connected via Wi-Fi (5GHz)
- ネット環境：ケーブルテレビインターネット
 - 多摩テレビ アドバンス300：通信速度300Mbps
 - Wi-Fiルータ：BUFFALO WRM-D2133HP
- 計測日時：2021年2月11日午後10時17分～11時
- 計測サイト：Speedtest.net (Ookla社)
- 計測頻度：各68回（計測タイミングがかぶらないよう交互に計測）



計測4：計測結果



計測から導かれること

- 計測環境を固定しても得られる計測結果は確率変数として挙動する。
 - クラウドベースで計測を行う場合、計測結果の分布スタイルを考慮すべき。
 - 実測値そのもので平均値・標準偏差を計測しても意味がない。
 - 対数表示±10%の範囲で計測結果をまとめるためには、2～3万回の計測データが必要
 - サンプルを1,000世帯集め、20回～30回計測する規模
- 計測サイトによって計測結果には一定の傾向がある。
 - ookla社の計測数値は他のサイトより高めに出る。
 - 変動係数が小さいのはookla社
- 計測端末によって計測結果には差がある。
 - 技術進歩の影響は大きい
 - 統計的に処理することが必須

- ✓ 唯一無二の正しい推計方法・推計値は存在しない
- ✓ 接続環境・利用機器の影響は統計的に取り除く方法を検討すべき
- ✓ 既存推計システムの計測傾向を把握・公開することで互いの計測結果の検証が可能

提言：マルチ計測環境によるフェアな情報提供

- 唯一・無二の計測システムを作り上げることの問題点
 - 「正しい」計測値が推定できるような印象を与えることがミスリーディング
 - 計測方法を一般利用者が理解できる形で周知・公表することは期待できないので、「相場」を示すことで納得感を得る工夫が不可欠
 - 技術環境の変化により計測システムが実態を反映できなくなる可能性が存在
- 複数の計測システムの併存を容認し、お互いの情報を公開・相互参照できるフレームワークの確立

1. 三つの計測システムの確立

- ① 事業者自身による定期観測
 - 一定規模以上の事業者に限定
 - 小規模事業者は任意参加
 - 4半期に一回程度
- ② 既存計測サイトからの情報提供
- ③ 新たなcrowd調査

2. 結果検証のための情報集約サイトの運営

- 第三者機関による運営
 - 比較基準値を提供するためのcrowd調査の定例実施
- 基準値と比較することで各システムの計測バイアスを公表
- 利用環境の変化も測定
- 消費者教育

事業者計測

- Pros
 - 安定的に計測
 - 計測環境制御は容易
 - マーケティングへの反映が容易
- Cons
 - 計測環境選択の恣意性
 - E2Eを計測するインセンティブがない
 - 事業者のコスト負担
 - サンプル数の問題
 - 結果検証ができない

既存計測サイト

- Pros
 - 安定的に計測
 - サンプル数が多い
 - コストがかからない
 - 計測継続のインセンティブあり
 - 複数社が既に存在
- Cons
 - サイト毎の癖が存在
 - サイト側との交渉が必要となる可能性
 - 計測手法自体はブラックボックス
 - 計測環境が不明

新たなcrowd計測

- Pros
 - 計測方法の制御が可能
 - 属性情報が入手できるので計測環境の事後統一が統計的に可能
 - push型を採用できれば測定タイミングを統一も可能
- Cons
 - サンプル数確保の問題
 - 調査費用が必要
 - 長期継続性に疑義アリ
 - 結果検証ができない