

動画像をストリーミング配信する場合の転送速度測定実験

An Experiment of Measuring Transfer Rates in Streaming Digital Movie Contents

川口 雄一¹⁾

Yuuichi KAWAGUCHI

目時 光紀¹⁾

Mitsutada METOKI

小島 洋一郎²⁾

Yohichiro KOJIMA

In this study, we show the result of measuring transfer rates of digital video contents streamed to different locations in Japan. In addition, we determine whether the transfer rates are sufficiently high to ensure smooth playback of the content at those locations. In the streaming network constructed for this study, one end point was the project server at Hokkaido Univ., and four other end points were chosen on the basis of their distance to the server; by considering physical and network-rated factors. Two metrics are considered for the evaluation; one is the transfer route from a particular location to the server, and the other is the time taken for the corresponding transfer. Note that, because the routes cross commercial networks and the SINET (*i.e.*, not commercial but academic) network, the network distances between each end point and the server were equal.

本稿では、動画像をストリーミング配信する場合における、(1) 日本国内の各地点で計測した転送速度 (“transfer bit rate”) を示し、(2) 計測したどの地点においても、動画像の滑らかな再生に十分な転送速度があったことを示す。ネットワーク構成は、北海道大学のプロジェクトサーバを片側とし、もう片側を、北大からの物理的な遠近および、予想されるネットワーク的な遠近を考えて、国内の4箇所とした。動画再生機器から北大サーバまでの経路、および、ダウンロード時間を測定した。商用回線と SINET に跨る経路であり、予想とは異なり、ネットワーク距離はすべての測定地点で同等程度であった。

キーワード:	ストリーミング	streaming
	転送速度	transfer bit rate
	伝送経路	transfer route
	ssh トンネル	ssh tunneling
	SYS-Activity Manager	SYS-Activity Manager

1) 天使大学 看護栄養学部 教養教育科 (2013年7月1日受稿, 2013年11月18日審査終了受理)

2) 国立 苫小牧工業高等専門学校 理系総合学科

1 はじめに

本稿では、動画をストリーミング配信する場合における、(1) 日本国内の各地点で計測した転送速度 (“transfer bit rate”) を示し、(2) 計測したどの地点においても、動画の滑らかな再生に十分な転送速度があったことを示す。

2 取組みの結果

2.1 ネットワーク構成

今回の測定実験におけるネットワークの構成を図 1 に示す。

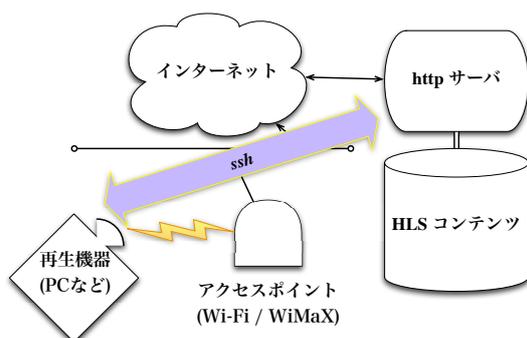


図 1 ネットワーク構成

再生機器には、Windows PC, Apple Mac, iPod touch / iPad 等の iOS 機器の三種類を使った。ただし、iOS でサーバを指定してダウンロード時間を計測 (= 表示) するアプリが見つからず、また自作する計画もなかったため、転送速度の計測には Windows PC または Apple Mac のどちらかを使った。iOS では簡易計測に留まった。

図中に示したとおり、再生機器からサーバへのアクセスには、ssh の公開鍵を用いたトンネルアクセスとした。これは、利用者認証のためである。

ストリーミング用のサーバ (apache ver. 2.2.3) は、北海道大学のクラウドシステムを借用し、プロジェクトサーバ S (CentOS 5.5, 標準パッケージ、以降「北大サーバ」と呼ぶ) の上で運用した。各地点から、公衆 Wi-Fi アクセスポイント、または、UQ WiMaX 回線を利用し、インターネット (SINET) を経由して北海道大学 (札幌市) へアクセスする。

2.2 計測の手順

計測の手順を以下に示す。

- (1) 再生機器からインターネットへのアクセスを確立する。

主に、UQ 社の WiMaX (モバイルブロードバンド通信)、または、公衆 Wi-Fi サービスの UQ Wi-Fi (UQ WiMaX 契約者は無料) を利用した。

- (2) iOS アプリの “SYS Activity Manager” (以降「SYS-Activity」) を用いて、転送速度を簡易計測する。

このアプリは、iOS 機器の対向側が明示されておらず、また、その他の詳細も明示されていない。しかし、簡易的にネットワークの状況を見るために、計測手順に含めた。

- (3) 経路探索をおこなう。

Microsoft Windows の場合にはコマンド “tracert” を使い、Apple OS X の場合にはコマンド “traceroute” を使った。何れも OS 標準のコマンドである。このコマンドは、ストリーミング・コンテンツを配信するサーバから再生する機器までに存在するルータ等の中継装置の数 (= ホップ数) と、再生機器と各中継装置の間の応答時間 (msec.) を示す。

本稿では、ホップ数と応答時間を合わせて「ネットワーク距離」と定義する。

- (4) 公開鍵・秘密鍵の組を用いて、ssh の暗号化トンネルを通す。

Microsoft Windows の場合にはコマンド“**putty** (ver. 0.62, portable^{*1})”をインストールして使い、Apple OS X の場合には OS 標準コマンド“**ssh**”を使った。何れも ssh のポート転送機能を用い、ローカルポートの 10080 番を、ストリーミング用 http サーバの 80 番ポートへ転送した。

- (5) ダウンロードの転送速度 (W) を計測する。

Microsoft Windows^{*2} / Apple OS X (OS 標準) とともにコマンド“**curl**”を用いた。転送速度は 1 秒毎に表示される。しかし、この値は使わず、実測値としては、ダウンロードサイズ (M) とダウンロードにかかった時間 (T) から次式により求めた; W (byte/sec.) = M (byte) ÷ T (sec.). 実際には、時間計測 (= ダウンロード) を 10 回おこなった。

計測の手順は以上である。

補足 1 計測場所によって、計測機器として PC または Mac を用いた。応答時間と転送速度のいずれについても条件を統一していない。機器やドライバ等の基盤ソフトウェアの性能によって測定結果に違いが予想される。このため、今回の測定結果を厳密な比較に使うことはできない。しかし、凡その比較には充分である。

補足 2 特に公衆 Wi-Fi については、測定する時間帯や曜日によって、状況が変動することが予想される。今回の測定実験では、「平日 (月曜 ~

金曜)、昼間 (ただし昼食時間帯を除く)」という内容で条件を統一した。

2.3 結果

測定地点を図 2 に示す。図中の「H」は「北大サーバ」を示し、測定地点 1 ~ 4 は表 1 と対応する。

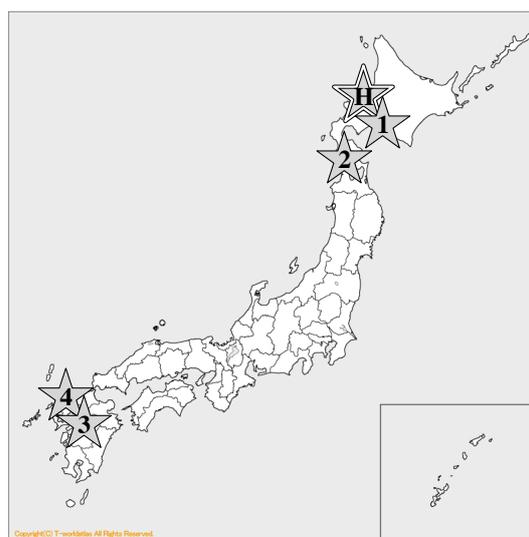


図 2 測定地点

地理的な距離の遠近と、予想されるネットワーク的な距離の遠近を組合せ、測定地点を 4 箇所、定めた。

測定結果を表 1 に示す。

測定地点毎に、測定場所、測定機器、アクセス回線、転送速度、ネットワーク距離を示す。

3 考察

3.1 ネットワーク距離

九州大学からのアクセス以外は商用回線と SINET を跨る経路であった。

結論として、北大サーバまでのネットワーク距離は、予想とは異なり、九州大学を除く、す

*1 <http://portableapps.com/>

*2 <http://curl.haxx.se/>

表 1 測定結果

転送データサイズ: $M = 93,750,691$ (bytes)

No.	場所・機器		Wi-Fi	WiMaX	SINET
1.	千歳市 (空港付近) Mac	$A^\dagger =$	44.0 ± 9.0	256.6 ± 30.2	–
		SYS-Activity	608.2	760.8	
		$W^{\dagger\dagger} =$	2080.8	356.8	
		$N_{\text{hop}}^\ddagger, N_{\text{res}}^{\ddagger\ddagger}$	15, 43.7	14, 118.0	
2.	函館市 (空港付近) PC	$A =$	51.0 ± 2.4	297.3 ± 58.5	–
		SYS-Activity	1365.2	382.2	
		$W =$	1795.2	307.9	
		$N_{\text{hop}}, N_{\text{res}}$	12, 65.7	13, 144.7	
3.	福岡市 (博多区近辺) Mac	$A =$	386.8 ± 105.0	328.5 ± 55.1	–
		SYS-Activity	1295.9	1289.9	
		$W =$	236.7	278.7	
		$N_{\text{hop}}, N_{\text{res}}$	15, 70.9	13, 128.7	
4.	福岡市 (九州大学) Mac	$A =$	–	–	55.4 ± 8.5
		SYS-Activity			(有線のため未計測)
		$W =$			1652.6
		$N_{\text{hop}}, N_{\text{res}}$			9, 36.5

† A ... 平均値 ± 標準偏差 (sec.)†† W ... $M \div A \div 1,024$ (Kbytes/sec.)‡ N_{hop} ... ホップ数‡‡ N_{res} ... 応答時間 (平均値) (msec.)

すべての測定地点で同等程度であると言える。

3.1.1 ホップ数

計測された伝送経路 (**tracert** / **tracert**出力) の幾つかを末尾の付録に示す。

SINET 内で閉じた九州大学における計測を除き、どの測定場所においても、下記の経路にてコンテンツは伝送された。

- (1) 再生機器
- (2) → ローカルネットワーク
- (3) → 商用回線
- (4) → SINET ゲートウェイ
- (5) → 北海道大学 VLAN
- (6) → 北大サーバ

商用回線から SINET へは、関東 (北海道)・関西 (福岡県) を問わず、一旦、東京にある SINET

ゲートウェイを経由して、再び札幌市(北海道)へ戻ってくる。SINET内である九州大学(福岡県)からのアクセスは、大阪(SINET)を経由して、札幌市(北海道)へ向う。

何れにしても、北海道大学内のVLAN(HINET)から先のICMP応答を得ることができなかった。このため、ネットワーク距離としてのホップ数は、再生機器からHINETまでの中継装置数とした。

九州大学以外の、どの測定場所においても、Wi-Fi/UQ WiMaXに関わらず、ホップ数は同程度であった。

3.1.2 応答時間

測定機器をWindows PC (**tracert**)とした場合、応答時間の単位は「ミリ秒(msec.)」(整数値)である。応答時間は3回、表示される。Apple Mac (**traceroute**)の場合には、同じく「ミリ秒」(小数点以下第3位)で3回、表示される。表1には、何れの機器による計測でも、小数点以下第1位まで平均値を求めた。

ホップ数の場合と同様に、ネットワーク距離としての応答時間は、厳密な比較には使えないが、凡その比較には充分である。

九州大学以外の、どの測定場所においても、回線にWi-Fiを用いた場合の応答時間は、UQ WiMaXを用いた場合の半分程度であった。測定場所による変動は、ほとんどない。

3.2 転送速度

結論として、理論上、データの転送を原因として、ストリーミング動画の再生に支障が出ることはないとわかった。

3.2.1 基準値

実際に配信を予定している動画像コンテンツ(mpeg-4)は、ファイルサイズ19,358,461(bytes)、720×480(画素)で、2分8秒(=128 sec.)の長さをもつ。したがって、 $19,358,461 \div 128 = 151,238.0$ (bytes/sec.)、つまり147.7(K³bytes/sec.)以上の転送速度があれば、とどこおりなく動画を配信できる。この値(147.7 Kbytes/sec.)を基準値とする。

念のため、例えば、標準偏差が最大(=105.0)である「福岡市博多区近辺」(Wi-Fi)において、平均値から標準偏差だけ遅くなった(=時間がかかる)場合を想定してみる。この場合、転送速度は、

$$\frac{M \div (386.8 + 105.0)}{1,024} = 186.2(\text{Kbytes/sec.})$$

である。この場合でも、基準値を上回っている。

3.2.2 実測値と基準値との比較

表1中、Wで示す値が計測された転送速度(=実測値)である。どの地点においても、何れの回線によっても、Wは基準値147.7(Kbytes/sec.)を上回っている。

3.3 SYS-Activity

iOSアプリであるSYS-Activityによる転送速度の簡易計測結果を表1に示した。

函館空港付近では、実際に計測した転送速度(W)と近い傾向の値となっている。しかし、他の地点では相関関係などの関連性は認められない。

函館空港付近は、他の千歳空港付近や博多区近辺に比べて、アクセスポイント当たりの利用

*3 1 K = 1,024 で計算した。

者数が、かなり少ないと予想される。若しかしたら、何か関係があるかも知れない。

いずれにせよ、SYS-Activity の作者により詳細な情報が公開されていない現状では、計測結果は参考程度にしかならない。

iOS など携帯情報端末による転送状況についても、もう少し詳細な計測の必要性を感じている。現在、ネットワーク計測のできる iOS アプリを探している。今回の研究計画には含まれていなかったが、今後の課題として、iOS 専用の計測アプリを作成することも検討している。

3.4 考察の結論

動画をストリーミング配信する場合における、

- (1) 各地点で計測した転送速度を示し、
- (2) 計測したどの地点・回線においても、動画の滑らかな再生に十分な転送速度があったことを示した。

なお、予想とは異なり、ネットワーク距離はすべての測定場所において同等程度であった。

4 結び

本稿では実計測および基準値データを示し、計測したどの地点においても、基準値以上の転送速度があったことを示した。予想とは異なり、北大サーバまでのネットワーク距離はすべての測定地点で同等程度であった。

なお、今回の実験では、源動画を一括してダウンロードする状況で、転送時間を測定した。本来は、ストリーミング・プロトコルを意識して、例えば Apple HLS(HTTP Live Streaming)であれば、10 秒程度の細切れにしたデータを、繰り返し受信する状況で測定すべきである。こ

のことは、今後の課題とする。

実は、本稿で述べた以外の懸案事項として、画質の問題がある。現在は、DVD の画質 (= 720 × 480 画素) で源動画を作成している。このままでは、例えばエクセル等の高精細な (e.g., 1280 × 1024 や Full HD など) 映像で、特に 11pt 程度の文字の場合には判読不能 [1, 2] である。この件は、本稿の範囲外である。

謝辞

本研究は主に、天使大学 特別研究費 (2012 年度) により支援を受けている。また、転送速度計測のため、北海道大学のクラウドシステム (プロジェクト S サーバ) を利用した。これは、北海道大学情報基盤センター共同研究 (課題番号: A4-6) により支援を受けている。

さらに、九州大学 (福岡県 博多市) における計測では、九州大学 情報基盤研究開発センターから、アプリケーションサーバの借用など、支援を受けた。感謝します。

本稿で利用した白地図はサイト「白地図から世界へ」*4 よりダウンロードした。無料使用の許可に感謝します。

参考文献

- [1] 川口雄一. 授業の記録、蓄積、配信のための基盤構築. 平成 22 年度情報教育研究集会論文集, pp. A1-1, 京都市 (京都テルサ), 11 月 2010. 京都大学, 国立大学情報教育センター協議会.
- [2] 川口雄一. 授業の記録、蓄積、配信のための基盤構築 (第 2 報). 天使大学紀要 11, 天使大学, 3 月 2011.

*4 <http://sekaichizu.jp/>

付録: 伝送経路の出力 (一部)

新千歳空港、Wi-Fi、抜粋

```

traceroute to 北大サーバ, ...
 1 10.xxx.xxx.xxx ...
 2 1xx.xxx.xxx.xxx ...
 ... (途中省略) ...
 7 sjkjbb202.kddnet.ad.jp ...
 8 sjkbbac05.bb.kddi.ne.jp ...
 9 otejbb206.int-gw.kddi.ne.jp ...
10 ix-ote206.int-gw.kddi.ne.jp ...
11 as2907.ix.jpix.ad.jp ...
12 tokyo-dc-rm-ae4-vlan10.s4.sinet.ad.jp ...
13 sapporo-dc-rm-ae1-vlan10.s4.sinet.ad.jp ...
14 hinet-3.gw.sinet.ad.jp ...
15 1xx.xxx.xxx.xxx 43.735ms 43.189ms 44.060ms
16 * * *
17 * * *
18 * * *

```

九州大学、SINET、抜粋

```

traceroute to 北大サーバ, ...
 1 xxx.xxx.kyushu-u.ac.jp ...
 2 1xx.xxx.xxx.xxx ...
 3 1xx.xxx.xxx.xxx ...
 4 fukuoka-dc-rm-ge-7-1-0-106.sinet.ad.jp ...
 5 osaka-dc-rm-ae2-vlan10.s4.sinet.ad.jp ...
 6 1xx.xxx.xxx.xxx ...
 7 sapporo-dc-rm-ae1-vlan10.s4.sinet.ad.jp ...
 8 hinet-3.gw.sinet.ad.jp ...
 9 1xx.xxx.xxx.xxx 35.762ms 35.790ms 35.907ms
10 * * *
11 * * *
12 * * *

```

福岡市 博多区付近、Wi-Fi、抜粋

```

traceroute to 北大サーバ, ...
 1 10.xxx.xxx.xxx ...
 2 1xx.xxx.xxx.xxx ...
 ... (途中省略) ...
 6 1xx.xxx.xxx.xxx ...
 7 sjkjbb202.kddnet.ad.jp ...
 8 sjkbbac06.bb.kddi.ne.jp ...
 9 otejbb205.int-gw.kddi.ne.jp ...
10 ix-ote206.int-gw.kddi.ne.jp ...
11 as2907.ix.jpix.ad.jp ...
12 tokyo-dc-rm-ae4-vlan10.s4.sinet.ad.jp ...
13 sapporo-dc-rm-ae1-vlan10.s4.sinet.ad.jp ...
14 hinet-3.gw.sinet.ad.jp ...
15 1xx.xxx.xxx.xxx 73.927ms 69.859ms 68.912ms
16 * * *
17 * * *
18 * * *

```