

ポスター

## ポスター1

## ネットワーク・Web活用

2017年11月21日(火) 14:15 ~ 15:15 L会場（ポスター会場1）（12F ホワイエ）

**[2-L-1-PP1-4] SSL-WebDAVにおける臨床顕微鏡動画像データのストリーミング効果**

富田 明男（とみた 歯科）

[緒言] 第36回医療情報学連合大会において、歯科用手術用顕微鏡の臨床動画データにおける SSL-WebDAVプロトコルを用いたファイルのホスト間転送、共有について実験報告を行い、初期の目標は達成した。他方、配信では Download時間が再生時の Waiting時間に反映される事を指摘した。既存の HTTPストリーミング配信技術として AppleHLSや MPEG-DASH等がある。これらは動画データをサーバーに保存、配置する際、クライアント又はサーバー側で元ファイルのセグメント化を行う。配信、再生する際は、定義されたリストを元に、セグメントデータを管理する。以上を院内 LANに適応させると、セキュリティの観点からは、データの分散、運用上の観点からは、即時性に欠ける問題点を考える。解決策は録画処理において取り込みデータの即時セグメント化、再生処理において描画と転送処理の並列化、以上アルゴリズムを考案、実装、評価する。[方法]1.SSL-WebDAVの構築2.録画、再生アプリケーションの作成3.録画セグメントデータ(H264 1800kbps 1280x720 30fps)を一定撮影条件で作成、サーバーに転送4.再生 Waiting時間の計測、試行10回5.セグメント間のフレーム推移の計測、各30seam[結果]SSL-WebDAV60000frameの Waiting時間は、no segment(70.6秒),6000frame/segment(12.2秒),5000f/seg(9.72秒),4000f/seg(6.93秒),3000f/seg(5.32秒),2000f/seg(3.45秒),1000f/seg(1.76秒)WinSMB(比較対象)60000frameの Waiting時間は、no segment(44.1秒),6000f/seg(7.87秒),5000f/seg(6.61秒),4000f/seg(5.33秒),3000f/seg(4.05秒),2000f/seg(2.78秒),1000f/seg(1.49秒)セグメント間フレーム推移は、理論値0frame,最頻値0frame,最小値-2frame,最大値6frame(CAMERA output 60fps)[考察]データ管理と運用を考慮する録画時間33分20秒を最適化するとセグメント数30個,再生待ち時間3.45秒を妥当と考える。

# SSL-WebDAV における臨床顕微鏡動画像データのストリーミング効果

富田明男  
とみた歯科

## Effect of streaming dental microscope video data in SSL-WebDAV

TOMITA Akio  
Tomita-dent

**Introduction** At the 36th Joint Conference on Medical Informatics, we made a report on the experiment of transferring dental microscope video data files from the host and sharing them using the SSL-WebDAV protocol, and how we achieved our initial objective. On the other hand, we pointed out that when the data is being distributed, the downloading time is reflected in the playback waiting time. Existing HTTP streaming distribution technology includes such as AppleHLS and MPEG-DASH. When these services store and distribute the video data from the server, segmentation of the original file occurs on the side of the client or server. When distributing or reproducing the data, the data segments are managed based on a defined list. When the above is adapted to an in-house (hospital) LAN, from a security perspective, there are problems to be considered from the viewpoint of the lack of immediacy in data distribution and operations. The solution is the immediate segmentation of the data imported from the recording process, parallelization of the data transfer and drawing processes that takes place in the reproduction process, and devising, implementing and evaluating the algorithm above. **Method** 1. Construction of SSL-WebDAV.

2. Creation of recording and playback application. 3. Creation of recording segment data (H264 1800 kbps 1280 x 720 30 fps) under constant video recording conditions and transferring to server. 4. Measurement of playback waiting time and testing 10 times 5. Measurement of frame transition between segments, each 30 seam. **Results**

The waiting time for SSL-WebDAV 60000 frames is (70.6 sec) for no segment, 6000 frames/segment (12.2 sec), 5000 f/seg (9.72 sec), 4000 f/seg (6.93 sec), 3000 f/seg (5.32 sec), 2000 f/seg (3.45 sec) and 1000 f/seg (1.76 sec). WinSMB (comparison) waiting time for 60000 frames waiting time is (44.1 sec) for no segment, 6000 f/seg (7.87 sec), 5000 f/seg (6.61 sec), 4000 f/seg (5.33 sec), 3000 f/seg (4.05 sec), 2000 f/seg (2.78 sec) and 1000 f/seg (1.49 sec). The theoretical value of intersegment frame transition is 0 frame, mode value 0 frame, minimum value -2 frame, maximum value 6 frame (CAMERA output 60 fps). **Considerations** It is considered appropriate that data management and operation are optimized when the recording time is 33 minutes 20 seconds, the number of segments is 30, and the playback waiting time is 3.45 seconds.

**Keywords:** SSL-WebDAV, dental microscope, HLS, MPEG-DASH, petrinet

### 1. 背景と目的

第36回医療情報学連合大会<sup>(1)</sup>において、小、中規模歯科医療機関を想定した歯科用マイクロスコープ（歯科用手術顕微鏡）の治療動画像データを録画・再生クライアントと情報提供サーバーとの間でファイル転送を行う際、その信頼性（セキュリティ）を確保するため、HTTP暗号化ファイル転送向け拡張プロトコル SSL-WebDAV を用

いたアップロード、ダウンロード転送実験、MD5 アルゴリズムによるチェックサム実験報告を行い、結果、WebDAV による汎用性のあるデータ共有及び、階層データ管理、SSL暗号化通信と iptables (firewall) による WAN に準じたセキュリティ対策、アパッチによるシンプルなシステム構築、そして、サーバーOS に Linux Ubuntu、クライアント開発環境に VC++ を導入する事によるオープンソースソフトウェア、ユーザーメードソフトウェアと

しての経済性、以上の手段を獲得、初期の目標は達成した。他方、動画像データ配信においては、クライアントから Windowse Media Player 等の一般的な動画再生アプリケーションを使ってサーバー内の WebDAV 領域の動画像データにアクセス及び、動画再生を行う際、プロトコルセッションの特性から、ダウンロード時間が再生時の Waiting 時間に反映される事が判明した。

ユースケースにおいては、歯科用マイクロスコープによる治療の際、患者導入、治療前説明、治療、治療後説明までの一連の流れの内、治療中、術者はマイクロスコープ下のため、処理操作は録画処理の ON, OFF に限定される。その後のファイル操作は治療後に行われ、即刻に動画再生による治療説明過程に移る。任意の動画ファイルにアクセス、再生が行われる過程は、治療前説明と治療後説明の各過程である。この際、再生待ち時間が生じると、程度により診療に支障をきたす懸念がある。

内部処理においては、SSL-WebDAV メソッドは通信規格に HTTP<sup>(2)</sup> を用いており、ダウンロード時サーバー側 OSI7 層において、レスポンスメッセージのペイロード領域にエンコードにより圧縮、符号化された動画像データを配置、転送させ、クライアント側で受信、ペイロード領域のバイナリデータ列をオクテット単位で所得する。またこれらはデコードにより解凍、動画像データ化され各種処理が行われる。この際クライアント側は、全データの受信終了を待って、バッファ内のデータ取得、各種処理を行うため、各種処理が始まるまで待ち時間が生じる。

第 36 回医療情報学連合大会<sup>(1)</sup>の報告における、サーバー、クライアント間の動画像データダウンロード時間の測定値と推移グラフを表 1 と図 1 に示す。

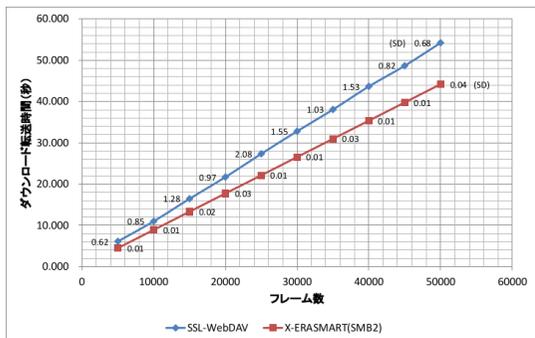


図 1 ダウンロード転送時間の推移

転送時間は、サーバー、クライアント間送受信転送、及び、データ処理、ファイルのディスクへの書き出しま

での時間である。グラフより、Windows SMB 転送プロトコル、SSL-WebDAV プロトコル共に、フレーム数にほぼ比例する転送時間の延長が認められる。これは、両者ともに全データの受信終了後にディスクへの書き出しを行なっていると考える。次に、各サーバー、クライアントソフト Windows Media Player 間の動画ファイルアクセス後の再生待ち時間をストップウォッチにて計測した測定値と推移グラフを表 1 と図 2 に示す。



図 2 再生待ち時間の推移

再生待ち時間は、サーバー、クライアント間送受信転送開始から画像データのレンダリングの開始までの時間である。グラフより、SSL-WebDAV プロトコルはフレーム数の増大に伴い、再生待ち時間の延長が認められるが、Windows SMB 転送プロトコルではどのフレーム数も再生待ち時間は僅かである。これは、前者は全データの受信終了後にレンダリング処理を行っており、後者は転送データの受信開始から、後追いでレンダリング処理を行っていると考えられる。

以上を踏まえ、歯科用マイクロスコープにおける院内 CSS 上の SSL-WebDAV 動画配信の問題点である再生待ち時間の発生に対して、原理追従より解決策を考案し、本研究を通じて、よりよいデジタル化された医療データの活用、及びプラットフォームの活用を歯科医療現場において実践していくことを目的とする。

表 1 ダウンロード転送と再生待ち時間

フレーム数	5000F	10000F	15000F	20000F	25000F	30000F	35000F	40000F	45000F	50000F
ファイル容量(MB)	49.88	99.80	149.69	199.39	249.16	298.99	348.75	398.53	448.42	498.25
録画時間(30秒/標準時)	2分46秒	5分33秒	8分20秒	11分9秒	13分53秒	16分40秒	19分27秒	22分13秒	25分0秒	27分46秒
WebDAV	6.0	10.9	16.4	21.6	27.3	32.8	38.0	43.6	48.5	54.2
サーバー	0.62	0.85	1.26	0.97	2.08	1.55	1.93	1.93	0.82	0.68
SSL-WebDAV	7.1	10.2	15.5	20.2	29.8	32.2	34.2	37.9	42.0	49.3
SSL-WebDAV	1.31	3.07	5.41	4.03	11.63	5.16	1.97	1.69	3.89	9.81
X-ERASMART	4.4	8.8	13.2	17.7	22.1	26.5	30.9	35.3	39.7	44.2
X-ERASMART	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.04
XP-63	1.5	1.8	1.4	1.7	1.8	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4
SMB	0.64	0.59	0.77	0.67	0.67	0.57	0.58	0.56	0.41	0.46

## 2. 方法

### 2.1 問題点の解決策

前章で述べた SSL-WebDAV メソッド受信側の OSI7 層において、レスポンスメッセージのペイロード領域をオクテッド単位でバッファリングを行い、後追いでデコード及び、フレーム単位でのレンダリングを行うことで目的は達すると考える。しかしながら、本システムはネットワークドライブにより、ネットワーク OSI 参照モデルのラッパーとして Windows ファイルシステム化しているため、上記の方法は、ネットワークドライブが使用出来なくなり、困難が予想される。そこで、既存の AppleHLS<sup>(3)</sup> や MPEG-DASH<sup>(4)</sup> 等の HTTP アダプティブストリーミング配信技術に着目した。これらは動画データをアパッチサーバーに保存、配置する際、クライアント又はサーバー側で元ファイルのセグメント化を行い、配信するクライアントの帯域変化に応じた複数の異なるビットレートのセグメント群を配置する。更にこれらの動画データの情報を定義したリストをサーバー側に配置する。配信、再生する際にクライアントは定義されたリストを受信、リストから動的にクライアントの帯域変化に応じたセグメントデータを管理、再生する。これらの HTTP 動画配信技術から院内 CSS 上の SSL-WebDAV 動画配信に対して応用を考えた場合、元動画データデータのセグメント化は、再生待ち時間の解消に有効と考える。すなわち、クライアント側は動画再生時、セグメントファイル単位で受信、ファイル単位でバッファリングを行い、後追いでデコード及び、フレーム単位での後追いレンダリングすることにより、Windows ファイルシステムによるアクセスすなわち、ネットワークドライブを用いてのストリーミングが行えると考えられる。またこのとき再生待ち時間は、最初のセグメントファイルの転送時間に反映される。このことは、セグメントファイルの容量により再生待ち時間の調整が出来ることになり、問題点の解消になると考える。他方、ユースケースにおいては、前章のごとく、録画処理中、術者はマイクロスコープ下での治療中であり、共に終了後、即刻に治療説明過程に移る。このときに、録画したファイルをセグメント化すると、エンコード待ち時間が生じ、程度により診療に支障をきたす懸念がある。さらには、セキュリティにおいて、扱う動画は第 36 回医療情報学連合大会<sup>(1)</sup>の報告のごとく個人識別符号になりえるため厳格な管理、運用が求められる。元ファイルか

らセグメントファイルをエンコードする場合、同一内容のデータファイルが、院内 LAN に分散され、データ漏洩のリスクが高まる懸念がある。解決策は、録画時に即時（リアルタイム）セグメント化を行い、セグメント群自体を元データとすることでエンコード待ち時間の解消とデータ分散化の防止が共に図れると考える。

以上を踏まえ、解決策のアルゴリズムを考案する。

### 2.2 解決策の方法

前節の解決策から、録画処理と再生処理における具体的方法として次にまとめる。

①クライアント側の録画処理において、録画時にカメラ出力のキャプチャリングより取り込んだ動画データデータを即時（リアルタイム）にエンコードを行い、セグメント化ファイルとして順次 SSL-WebDAV に書き込んでいく。

②クライアント側の再生処理において、SSL-WebDAV からセグメントファイルを順次読み込み、バッファリングを行い、最初のセグメントファイルの読み込み終了後、後追いでデコード及び、フレーム単位でのレンダリングを行う。

### 2.3 解決方法のアルゴリズム

解決方法のアルゴリズムをペトリネット図を用いて述べる。ペトリネット (petrinet)<sup>(5)</sup> は、1962 年 C. A. Petri が提案した概念であり、図中の [丸] はプレースとしてメモリー、[四角] はトランジションとしてデータ処理、[矢印] はアークとして推移方向、[黒小丸] はマークとしてデータを示す。

#### 2.3.1 録画処理のアルゴリズム

録画処理は 3 種類のスレッドから成る。第 1 のスレッドはレンダリング用であり、他の第 2、3 のスレッドは録画用である。まず第 1 のスレッドのフローを図 3 に示す。

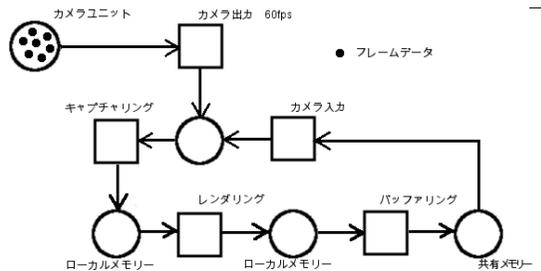


図 3 レンダリング用スレッド

カメラ信号入力からキャプチャリングにより画像フレームデータを取り込み、レンダリング後スレッド間共有メモリーにバッファリングを行う。以上ループを繰り返

すことにより、逐次画像フレームデータをスレッド間共有メモリーにセットする。

次に録画処理におけるファイルの書き込みの一連のフローと時系列スケールを図4に示す。

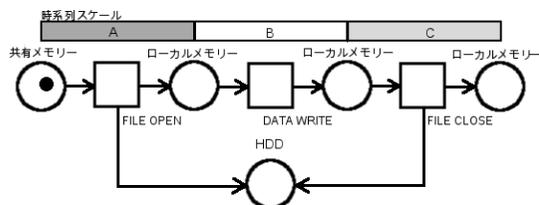


図4 ファイルの書き込み

録画する画像データは、図3レンダリングスレッドの共有メモリーを介して供給される。時系列AのFILE OPENと時系列CのFILE CLOSEは、HDD等の外部記憶装置にデータを書き込む過程を含み、時系列BのDATA WRITEは、内部メモリーにデータを書き込む過程を含む。そして、A,B,Cの一連の過程を連続ループさせることにより、セグメント化ファイルの生成が行える。

次に、上記の工程をシングルスレッドとツインスレッドで展開させる場合の各時系列スケールを図5に示す。

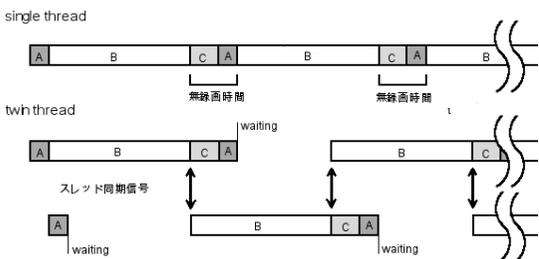


図5 シングルとツインスレッドによる録画処理

シングルスレッドで展開させる場合、A,B,Cが連続する一連の過程の内、時系列AのFILE OPENと時系列CのFILE CLOSEの過程は、HDD等の外部記憶装置にデータを書き込むため、時系列BのDATA WRITEの連続性が途切れ、無録画時間が発生する。ツインスレッドでの展開は、A,B,Cが連続する一連の工程を含む2個の同じ内容のスレッドで構成されている。そして、時系列BのDATA WRITEの開始と終了時点で信号を発生させ、両スレッドの同期をとり、時系列BのDATA WRITEの連続性を保つ。

次に、ツインスレッドでの展開における、録画処理のフローと時系列スケールを図6に示す。

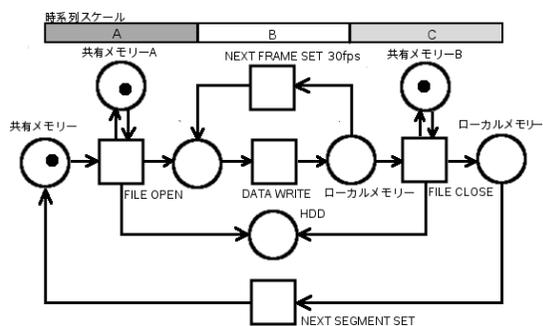


図6 録画用ツインスレッド (片肺)

録画する画像データは、図3レンダリングスレッドの共有メモリーを介して供給される。ツインスレッドの片肺同士は、互いに共有メモリーAと共有メモリーBが接合される。片方のスレッドの時系列AのFILE OPENから、時系列BのDATA WRITEが終了すると、共有メモリーBを介して、フラグデータがセットされ、時系列CのFILE CLOSEによりHDD等の外部記憶装置にデータを書き込む。そして、もう片方のスレッドでは、共有メモリーAを介して、フラグデータにより、FILE OPENが開始する。以上の同期をとり、データの連続性を保ち、即時(リアルタイム)にセグメント化ファイルを生成する。

### 2.3.2 再生処理のアルゴリズム

再生処理は2種類のスレッドから成る。第1のスレッドは、ファイル読み込み用、第2のスレッドは、レンダリング用である。

初めに、動画ファイルの読み込みからレンダリング処理の一連のフローと時系列スケールを図7に示す。

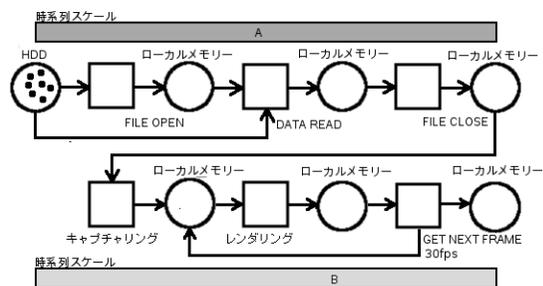


図7 ファイルの読み込みと再生処理

再生する動画ファイルは時系列Aにおいて、FILE OPEN、DATA READによりHDD等の外部記憶装置から読み込まれ、FILE CLOSE後、キャプチャリング、フレームデータ単位でのレンダリングが行われる。

次に、上記工程をシングルスレッドと2スレッドで展

開させる場合の各時系列スケールを図8に示す。

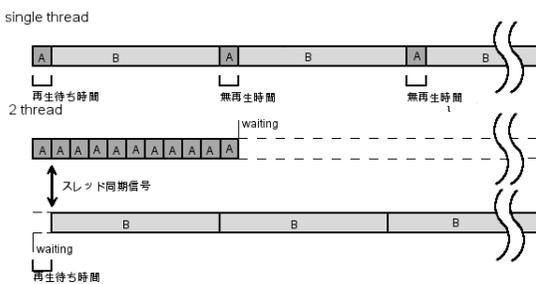


図8 シングルと2スレッドによる再生処理

シングルスレッドで展開させる場合、時系列A,Bが連続する一連の過程の内、最初の時系列Aのファイル読み込み時間が再生待ち時間となり、2回目以降の時系列Aのファイル読み込み過程は、無再生時間となりレンダリング再生が行われない。2スレッドで展開させる場合は、第1のスレッドで時系列Aのファイル読み込みが連続して行われる。第2のスレッドでは、第1のスレッドにおける最初のファイルの読み込み終了後、スレッド同期信号により、時系列Bのレンダリング処理の連続が開始する。この場合、最初の時系列Aのファイル読み込み時間が再生待ち時間となる。また、シングルスレッドでの展開のようなファイル読み込み時の無再生時間は発生させずに、連続再生が行われる。

次に、2スレッドでの展開における、再生処理のフローと時系列スケールを図9に示す。

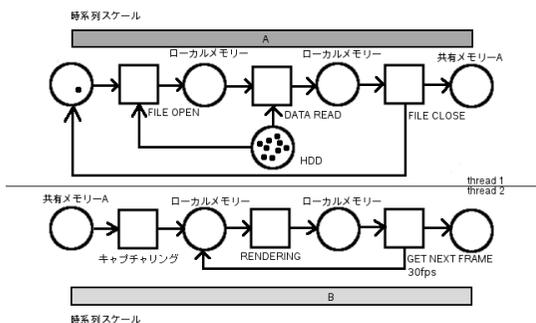


図9 再生用2スレッド

第1のスレッドで、再生する動画ファイルは時系列Aで、FILE OPEN、DATA READによりHDD等の外部記憶装置から読み込まれ、FILE CLOSE、共有メモリーにセットし、Aを繰り返す。第2のスレッドでは、共有メモリーにデータがセットされると、時系列Bのキャプチャリング、フレームデータ単位のレンダリングを繰り返す。

## 2.4 評価実験

SSL-WebDAV システムにおける動画像配信時ストリーミング効果の評価として、次の2点について検証する。

①同一録画時間の分割セグメント数に対する再生待ち時間

②再生時における各セグメント間の継目のフレーム推移(フレーム落ち)

評価実験の環境は、第36回医療情報学連合大会<sup>(1)</sup>の報告によるcssを用い表2に示し、手順を次項で述べる。

表2 実験環境

NAME	CPU	MEM	HDD	ETH	OS	SOFT	LIBRARY
Client PC	MSI H61 MJ-E35	Intel Core i7 2660K 3.4GHz	4GB SATA2.0 500GB	1000base-T	Windows 7 pro 32bit	Visual C++ 2010	Intel TBB 4.1
WebDAV 課主機	Intel Xeon	SATA2.0 500GB * 2			Ubuntu server	OpenCV 2.4.7	Intel TBB 4.1
サーバー	PRIMERGY RX100 S6	X3430 2.4GHz	4GB Software RAID1		14.04.4 64bit	iptables 1.4.21	
カメラ	Intel Core i3					X-ERA SMART MFG Ver03.01	
XP-43 ネットワーク	HP Z230 Workstation	A350k 3.6GHz	4GB SATA2.0 500GB	1000base-T	Windows 7 pro 32bit	Torothy Windows 6 13.3.3	Media Keeper ver05010n 1.45
カメラ						1280x720p フレームレート: 30fps 圧縮アルゴリズム: H264 ビットレート: 約1800kbps 音声データ: no sound	

### 2.4.1 再生待ち時間の測定

①テスト用録画、再生アプリケーションの作成  
前節アルゴリズムを踏まえ、クライアント側の実装する。

②セグメント化動画像ファイルの作成  
①で作成した録画アプリケーションにより、全60000フレーム数、録画時間33分20秒の動画像データに対して、{1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 60000}のセグメント単位フレーム数のセグメント化ファイル群を通常使用に準じた一定撮影条件で作成、SSL-WebDAV サーバーと SMB サーバーに配置する。

③再生待ち時間の測定  
①で作成した再生アプリケーションにより、SSL-WebDAV サーバーと SMB サーバーのセグメント化動画像ファイル群にアクセス、再生待ち時間を計測する。試行回数は10回として、統計処理を行う。

### 2.4.2 セグメント間のフレーム推移の測定

①セグメント化動画像ファイルの作成  
前項①で作成した録画アプリケーション第1スレッドのレンダリング処理において、カメラ出力(60fps)からキャプチャリングしたフレームデータに通し番号(フレームカウンター)をレンダリングする。これを用いて{1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000}のセグメント単位フレーム数のセグメント化ファイルを各31セグメント分(30seam)通常使用に準じた一定撮影条件で作成、SSL-WebDAV サーバーに配置する。

②観測アプリケーションの作成  
前項①で作成した再生アプリケーション第2スレッドのレンダリング処理において、各セグメントファイルの継

目となる前後 10 フレームデータに通し番号をレンダリングする。また、同スレッド内でメモリーにフレームデータを順次 DATA WRITE (30fps)、HDD への書き込みを行い、1 個の観測用動画ファイルにエンコードする。

③各セグメント間継目のフレーム落ちの測定  
②で作成した観測用動画ファイルを再生、②の処理による通し番号から継目を検出し、①の処理による通し番号からフレーム落ち数を測定する。

### 3. 結果

測定結果より平均値と SD を求め、次の表 3 に示す。

表 3 再生待ち時間の測定結果

フレーム数 x セグメント数	1000X30	2000X30	3000X30	4000X15	5000X12	6000X10	6000X1
ファイル容量(MB)	#1:300MB	#1:300MB	#2:300MB	#3:300MB	#4:150MB	#5:150MB	#6:20MB
録画時間(分:秒:フレーム)	33分20秒	33分20秒	33分20秒	33分20秒	33分20秒	33分20秒	33分20秒
WebDAV サーバー	再生待ち時間(平均)	1.76	3.45	5.32	6.93	9.72	12.2
SSL-WebDAV	110回観測平均(SD)	0.00	0.071	0.27	0.28	0.95	1.1
X-ERASMARK サーバー	再生待ち時間(平均)	1.49	2.78	4.05	5.33	6.61	7.87
SMB 2	110回観測平均(SD)	0.005	0.021	0.091	0.099	0.093	0.094

結果より、クライアント PC から SSL-WebDAV サーバー、比較対象としてクライアント PC から SMB サーバーへセグメント化動画データにアクセス後のセグメント単位フレーム数に対する再生待ち時間の推移を図 10 に示す。

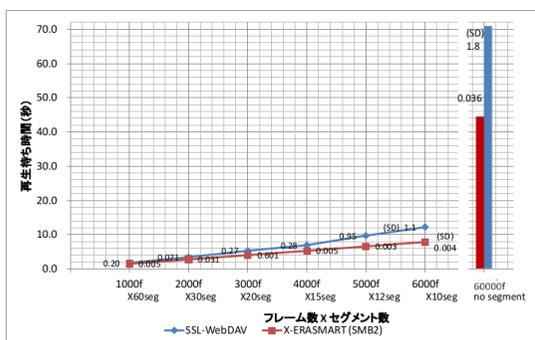


図 10 再生待ち時間の推移

結果より、クライアント PC から SSL-WebDAV サーバーへセグメント化動画データにアクセス、再生時の各セグメント単位フレーム数における、セグメント間のフレーム推移(フレーム落ち)の度数分布を図 11 に示す。

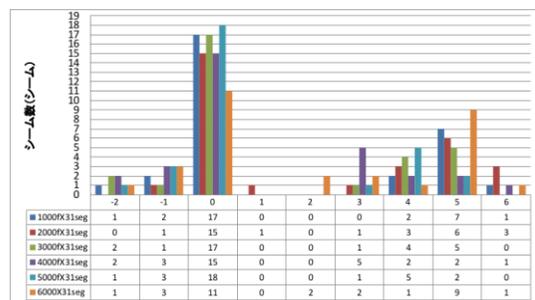


図 11 再生時セグメント間のフレーム推移

### 4. 考察

歯科用マイクロスコープ動画データの SSL-WebDAV サーバー配信におけるストリーミング評価として再生待ち時間は、結果と推移グラフより①SMB サーバーと比較して値が大きい。②33 分 20 秒の録画時間における {60, 30, 20, 15, 12, 10, 1} のセグメント数に対して再生待ち時間(秒)は、{1.76, 3.45, 5.32, 6.93, 9.72, 12.2, 70.6} である。2 つ目のストリーミング評価としてセグメント間フレーム落ち数は、度数分布図より③コード上理論値 0 に対して、最頻値 0 最小値-2 最大値 6 (frame) である。④ピークが 0 と 5 (frame) に認められ、0 の方が大きい。

以上の分析より、①は許容範囲であり、②は 1 つのファイルでは 70 秒以上の待ち時間に対して、セグメント化する事により、最速はセグメント数 60 の場合の 1.76 秒である。③は録画処理は非同期な 3 スレッドをループ稼働させ、フラグにより同期化させており、必ずしも理論値の 0 には成らないことが見て取れる。④の 2 つのピークもスレッドの影響が考えられる。ユースケースにおいては、治療中、術者はマイクロスコープ下で集中しており、その後は患者説明に移るため、動画ファイル管理は極力簡素化させたい。よってセグメント数は少ない方が望ましい。セグメント数と再生待ち時間はトレードオフにあり筆者は録画時間 33 分 20 秒を最適化するとセグメント数 30 個、再生待ち時間 3.45 秒を妥当と考える。

#### 謝辞

当院のスタッフ、家族の皆様へ感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 富田明男. SSL-WebDAV を用いた手術用顕微鏡における臨床動画データのセキュアなファイル転送. 第 36 回医療情報学連合大会 36th JCMSI, 2016.
- [2] rfc7230. <http://www.ietf.org/rfc/rfc7230.txt>
- [3] HTTP Live Streaming. <https://developer.apple.com/streaming/HLS-WWDC-2017-Preliminary-Spec.pdf>
- [4] ISO/IEC. 2009-2012 information technology -dynamic adaptive streaming over http(dash). part1:Media presentation description and segments. 2012.
- [5] Petri Nets World. <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/index.php>