ポスター | 画像情報・生体信号処理

ポスター6
画像情報・生体信号処理

2019年11月23日(土) 14:40 〜 15:40 ポスター会場1 (国際展示場 展示ホール8)

[3-P1-3-02] SS-MIX2に基づく、歯科用マイクロスコープのセグメント化動画像データファイル群における、 FIFOによる再生処理と、自動カラー認識によるフレーム検索

○冨田 明男[1] （1. とみた歯科）

キーワード：WebDAV, SS-MIX2, PetriNets, color recognition, dental microscope

【緒言】 SSL-WebDAV歯科用マイクロスコープ録画配信システムの SS-MIX2拡張ストレージ適応により動画セグメントデータファイル群の真正性と保存性を確保、診療所内のみならず部門間や院外データ共有の道筋を立てた。また、見読性の観点から動画データー群から任意のフレーム検索機能を検討するに至った。従来は治療録画時に任意のシーンでマーキングを行い再生時シークさせる方法が用いられているが、術者の主観的選択でありデータ共有では客観的選択が必要である。今回、自動カラー認識を導入し有効性を評価した。他、機器のリプレースに伴い長時間の録画データで再生時バッファーオーバーフローを確認、対処として FIFOによる再生処理を実現した。

【方法】システム評価は、①動作アルゴリズムを PetriNetsによりグラフ化する。②再生待ち時間,再生時各セグメント間継目のフレーム推移、非録画時と録画時のフレーム単位のレンダリング処理、カラー認識の処理、各過程をプロットする。③各過程の推移、時間を計測、統計処理を行う。カラー認識評価は、①ラバーダムのカラーマッチングを行う。②顎態マネキンを用い上顎左側第一大臼歯の CR充填処置をマイクロスコープ下で録画する。③治療の各過程と認識状態をタイムラインでグラフ化、観察する。

【結果】1000frame×60segmentから6000f×10segまでの再生待ち時間の推移は、ほぼ均等な増加を認め、各セグメント間フレーム推移は、理論値0f、最頻値0f、幅は[0 1]に収束した。各処理時間は、非録画時:15.92ms、録画時:15.94ms、カラー認識:0.09ms（ mean,N:100）であった。カラー認識の観察結果は、ラバーダム装着時:静止時に認識傾向、非装着時:すべて非認識であった。

【結語】 SS-MIX2はマイクロスコープのカラー認識により治療過程の INDEXを定義する。

©一般社団法人 日本医療情報学会

SS-MIX2 に基づく、歯科用マイクロスコープのセグメント化動画像データファイル群における、FIFO による再生処理と、自動カラー認識によるフレーム検索

冨田 明男[*1]

*1 とみた歯科

The frame show process by FIFO algorithm, and the frame search process by automatic color recognition in video segment data files group of dental microscope system based on SS-MIX2

Akio Tomita[*1]

*1 Tomita Dental Clinic

Abstract SS-MIX2 extended storage adaption of the SSL-WebDAV dental microscope reading and delivering system to ensure the authenticity and preservation of video segment data files, in the course of sharing data not only in the clinic but also between departments and outside hospitals. And from the viewpoint of readability, we came to consider an arbitrary frame search function from the moving image data groups. Up to now, a method has been used where arbitrary scenes are marked when recording treatment and during playback, but it is a subjective choice of operator and objective selection is necessary in the date sharing. This time, we introduced automatic color recognition and evaluated its effectiveness. In addition, we confirmed buffer overflow at the time of reproduction with recording date for a long time with the replacement of equipment, and realized processing by FIFO again as a countermeasure.

Method System evaluation was carried out as follows: **(1)** Use PetriNets to plot graphs of action algorithm. **(2)** Plot each process about playback waiting time, frame transition between each segment during playback, frame-by-frame rendering process for non-recording and recording. **(3)** Measure the transition of each process, time and perform statistical processing. Color recognition evaluation was carried out as follows: **(1)** Perform color matching of rubber dam. **(2)** By using a jaw mannequin, record a video of composite resin filling treatment of maxillary left first molar under the microscope. **(3)** Plot graphs with timelines showing each process of treatment and state of recognition, and observe.

Result The transition of the regeneration waiting time from 1000 frame×60 segment to 6000 frame×10 segment showed almost equal increase, and frame transitions between each segment converged into theoretical value 0f, width[0 1]. The various process times were as follows: When not recording: 15.92 ms, when recording: 15.94 ms, color recognition: 0.09 ms (mean, N:100). Color recognition survey results were as follows: With rubber dam installed: Trend for recognition when still. Without rubber dam installed: No recognition at all frames.

Conclusion SS-MIX2 defines INDEX of the treatment process for frame searching by rubber dam color recognition of the dental microscope.

Keywords: WebDAV, SS-MIX2, PetriNets, color recongnition, dental microscope

1. 背景と目的

第22回日本医療情報学会春季学術大会 [1)]において、筆者の過去の研究 [2)3)]による SSL-WebDAV 歯科用マイクロスコープ録画・配信システムを SS-MIX2 拡張ストレージ [4)5)]に適応させるべく実装、評価実験の報告を行った。実装した仕様を述べると、録画処理は、マイクロスコープ下での治療を録画する際に一度に生成される多数で大容量のセグメント化動画像データは、入力 ID と録画アプリケーション実行日時のデータから、SS-MIX2 拡張ストレージの仕様に基づく階層を SSL-WebDAV サーバー上に自動作成させ、所定のコンテンツフォルダ階層にファイル転送させる。同時に、各セグメント化動画像データの属性、MD5 ハッシュ値を求める。これらのデータから SS-MIX2 で定められたコンテンツ定義ファイル_contens.xml[5)]の自動作成を行い所定のコンテンツフォルダ階層にファイル転送させる。これらの動作を録画時にリアルタイムで行う。再生処理は、再生アプリケー

ションにおける入力 ID と処置日時のデータから、SS-MIX2 拡張ストレージ上の所定のコンテンツフォルダ階層にアクセスを行いコンテンツ定義ファイル_contens.xml[5)]の読み込みを行う。_contens.xml[5)]の構文から所定の再生する動画像データファイルと MD5 ハッシュデータファイルを読み込む。動画像データから MD5 ハッシュ値を求め、同値検証を行う。同値により、動画像データの再生処理を行う。この動作を各セグメントに対して行う。以上の仕様より、動画セグメントデータファイル群の MD5 チェックサムによる、真正性の確保と、SS-MIX2 拡張ストレージ仕様によって定義された階層管理による、保存性の確保が実現できると考える。見読性に関しては、動画データの大量のフレーム群から、短時間で任意のフレームにアクセスする仕組みを今後考える必要がある。

ユースケースにおいては、SS-MIX2 は本来医療機関間での情報交換に使われるものである。小規模な当歯科診療所における顕微鏡動画像配信の主な目的は、録画された治療動画像における、患者、アシスタント、その他医療従事者との共有、顕微鏡治療の技術習得である。SS-MIX2 による院外データ共有を考えた場合、後者の医療従事者とのデータ共有による顕微鏡治療の技術習得が符合する。

他方、今回 OS のサポート切れをきっかけに表 1 に示すごとく、実験環境におけるクライアント機器の全面リプレースを行った。特に SS-MIX2 ストレージサーバーによる支障は認められなかったが，作業中、再生アプリケーションにおいて、長時間の録画データを再生する途中に、バッファーオーバーフローを確認するに至り、見読性が担保されていないことが判明した。

表 1 クライアントのリプレース内容

リプレース前
MB: MSI H61 MU-E35 CPU: intelCore i7 2600k 3.4GHz GPU: Onboard MEM: 4GB STRAGE: HDD SATA2 500GB OS: Windows 7 Pro 32bit IDE: VC++ 2013ex LIBRARY: OpenCV2.4.11 intel TBB 4.1 CODEC: ffdshow tryouts revision 3562(GPL)
リプレース後
MB: ASRock H110 M-HDV CPU: intelCore i7 6700 3.4GHz GPU: GeForce GTX 1050Ti MEM: 16GB STRAGE: SSD SATA3 120GB OS: Windows 10 Pro 64bit IDE: VC++ 2017 LIBRARY: OpenCV3.2.0 intel TBB 4.1 CODEC: Xvid MPEG-4 Video Codec V1.3.5

以上の研究背景から、本システムの問題点を提起、解決策を講じ、実行することを本研究の目的とする。

2. 問題点

前章より、本システムの問題点を次節に述べる。

2.1. 問題点1

録画データは大容量で、大量なフレームデータの集まりである [2)]。ユースケースにおいて、治療終了後患者に動画を提示するために、即刻、録画データの全フレーム内から、目的のフレームにアクセスする必要がある [3)]。従前の方法としては治療録画中に術後の説明提示するべきシーンを手元や足元のスイッチ等を使ってマーキングを行いフレーム位置情報のデータを記録する。説明提示のための再生時、記録されたフレーム位置情報から即時に開始する。例えば、虫歯の治療の場合、治療録画中における患者説明のためのマーキングを、術前の患歯の拡大像、う蝕除去部の拡大像、充填後の拡大像とすると、術後の説明提示において、即時にそれぞれのシーンの頭出しが行える。しかしながら、その後の閲覧者が、術者や、その他医療従事者の場合、再生目的のシーンがかならずしも上記のフレーム位置とは限らない。もし、充填処置のシーンを閲覧する場合、まったく違ったフレーム位置になり頭出しの即時性が失われる。SS-MIX2 は医療機関間での情報交換に使われるものであることから、以上の場面が想定される。

2.2. 問題点 2

図 1 より、再生時の多数で大容量のセグメントファイルの処理は、セグメント毎のデータ A を順次内部メモリーに展開させる。最初のデータ A の展開が終わると同時にデータの再生処理 B を順次行う。もし A の数が許容量を超えるとバッファーオーバーフローが起きると考える。

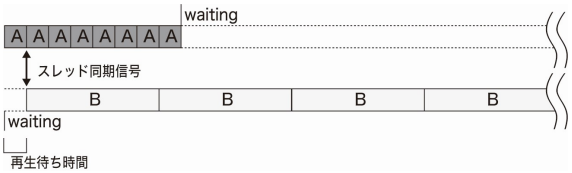


図 1 問題点 2 の再生処理

3. 解決策と方法

3.1. 問題点 1 の解決策と方法

前章のごとく、従前の治療録画時に任意のシーンでマーキングを行い再生時シークさせる方法は、術中の術者による主観的選択であり、その後のデータ共有により選択されるシーンは、客観的な指標による選択が望ましい。そこで今回は、ラバーダム防湿法で使用されるラバーダムシートの自動カラーマッチングによる、INDEX データの録画時リアルタイム作成を試みた。ラバーダムシートは、根管治療やう蝕治療において、術野の確保、術野の防湿、削片の口腔内への飛散防止、器具の誤飲防止等を目的に使用され、患歯や患歯を含む隣在歯のみを露出させ、それ以外の術野を伸展性のあるシートでマスクする。マイクロスコープ像では患歯や患歯を含む隣在歯以外の視野をラバーダムシート色でマスクする。これらの特性を利用して、治療録画時にラバーダムシートのカラーマッチングを行い、フラッグデータをリアルタイムに記録する。以上より少なくとも装着前、装着中、装着後の INDEX が定義できると考える。

方法手順を次に列挙する。

① システムのデータフローを PetriNets[1)3)appendix)]で示す。この際、PetriNets のプレースはメモリー、トランジションはデータ処理、アークは推移方向、マークはデータを表す [3)]。

② ①のごとく録画アプリケーションに自動カラー認識の演算用スレッド [appendix)]を新たに設ける。

③ ②の演算結果はカメラ入力用レンダリングスレッドと録画転送処理用ツインスレッド appendix)にリアルタイムに受け渡され、録画フレームに識別情報のレンダリングを行い、_contens.xml[5]ファイルにカラー識別のフラッグ情報を記録させる。

④ キャリブレーションとして、ラバーダムシートのカラーマッチングを行う。この際、使用するシート色は、口腔内色の補色になる緑色を用いる。

⑤ シミュレーション用顎態マネキンを診療チェアーに設置し、う蝕治療ガイドライン[6]に沿って上顎左側第一大臼歯のCR(コンポジットレジン)充填処置をマイクロスコープ下で行い、当システムで録画する。この際、う蝕は咬合面 C_2 を想定する。

⑥ 録画データの再生を行い、③の識別情報から認識状態を、再生画面から処置内容の推移、デンタルミラーの使用の有無とスコープ倍率をタイムラインによりグラフ化、観察を行い有効性を評価する。

3.2. 問題点 2 の解決策と方法

本件はシステムバグとして捉えバグの原因を PetriNets[1)3)]で検証し、適切な解決策を以下に述べる。

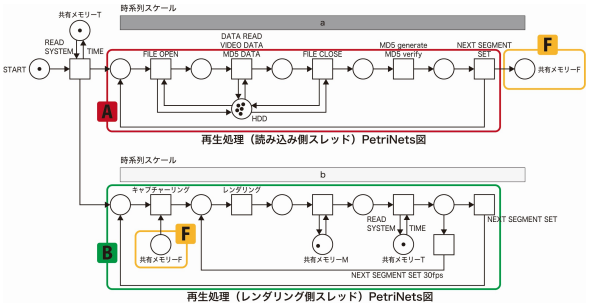


図 2 リプレース前の再生処理 PetriNets

リプレース直前の再生処理の PetriNets を図 2 に示す。図 2 より、読み込みスレッド **A** とレンダリングスレッド **B** はそれぞれ並列に非同期にアークの向きに周回を繰り返す。動画像データとしてのマークは共有メモリーⒻとしての 1 個のプレースを介して、セグメントファイル単位でスレッド **A** からスレッド **B** へ順次に受け渡される。この際 **A** の周期は、外部記録装置 HDD としてのプレースから順次にマークが読み込まれる周期に依存する。また **B** の周期は、**A** から受け渡された動画像データとしてのマークから、すべてのフレームデータをレンダリングする周期に依存する。以上から **A** の周期と **B** の周期を比べると通常は **A** の周期の方が速く、すべてのセグメントファイルが読み込まれるまで続く。このことは、共有メモリーⒻとしての 1 個のプレースに動画像データとしてのマークが逐次に蓄積される事になる。マークが蓄積されるプレースは容量に限りのある内部メモリーであるためバッファーオーバーフローを起こす。以上 PetriNets による検証結果より、解決策として、FIFO[7)]によるメモリー管理を考える。

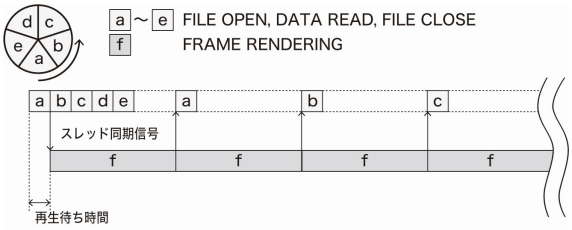


図 3 FIFO による再生処理

前述より導入した FIFO リングバッファー[7)]応用による再生処理の概略を図 3 に示し手順を列挙する。

① 5個の動画像データ格納用の共有メモリーを理論上でのリング状に確保する。

② 外部記憶装置から読み込まれる動画像データは順次リングバッファーに格納され、5個(**a**,**b**,**c**,**d**,**e**)で満杯になると読み込みの waiting がかかる。

③ ②の処理中に先頭の動画像データ **a** の読み込みが終了すると、**a** から順次レンダリングを開始する。

④ **a** の再生処理が終了すると新たに **a** の読み込みが始まり、読み込みが終了すると waiting がかかる。

⑤ **b** の再生処理が終了すると新たに **b** の読み込みが始まり、読み込みが終了すると waiting がかかる。

⑥ ④から⑤の処理を **a** から **e** へリング循環させる。

以上の仕様をシステム実装する。

4. システム評価

システム動作アルゴリズムを PetriNets[appendix)]でグラフ化する。評価事項は 37thJCMI2017[3)]報告に基づいて、①再生待ち時間の測定、②再生時各セグメント間継目のフレーム推移の測定、また今回新たに、③自動カラー認識用スレッドにおける、カラー認識演算処理時間の測定、④カメラ入力及びモニタ出力用スレッドにおける非録画時と録画時のレンダリング時間の測定を加え、次の計算式に従い行う。

①③④の経過時間測定 appendix)

PetriNets にプロットしたシステムタイムの測定点 T の値を t1,t2 とする。経過時間を Tn とする。

$$Tn = t2 - t1$$

②のフレーム推移の測定 appendix)

カメラ入力側レンダリングスレッドの PetriNets にプロットしたフレームカウンタ F に基づく。継目観測用エンコードスレッドの PetriNets にプロットしたファイルカウント A とフレームカウント B の値を a(x)、b(y) とする。 x は再生ファイル No、y は再生フレーム No とする。F に基づくフレーム数を f(a, b)とする。min max を最小、最大値、フレーム推移を Fn とする。

$$Fn = f(\ a(n+1), b(min)\ ) - f(\ a(n), b(max)\ )$$

5. 結果

再生待ち時間の測定結果より、平均値と標準偏差を求め、次の表 2 に示す。比較対象としてベンダー製 SMB2 サーバーを用いる。

表 2 再生待ち時間の測定結果

	録画時間 30fps 理論値	33分20秒						
	フレーム数 ×セグメント数	1000f ×60	2000f ×30	3000f ×20	4000f ×15	5000f ×12	6000f ×10	60000f ×1
	ファイル容量 ／ セグメント	約21.5MB	約42.3MB	約58.0MB	約78.0MB	約93.3MB	約109MB	約1120MB
A	再生待ち時間 10回平均(秒)	1. 76	3.45	5.32	6.93	9.72	12.2	70.6
	標準偏差	0.20	0.071	0.27	0.28	0.95	1.1	1.8
B	再生待ち時間 10回平均(秒)	1.49	2.78	4.05	5.33	6.61	7.87	44.1
	標準偏差	0005	0.031	0.001	0.005	0.003	0.004	0.036

動画ファイルプロパティ 解像度:1280×720p フレームレート:30fps 圧縮アルゴリズム:MPEG-4
ビットレート:約2500kbps 音声データ:no sound

A: WebDAV サーバー(SSL-WebDAV)　　B: X-ERAsmart ヨシダ(SMB2)

測定結果より、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次の図 4 に示す。比較対象としてベンダー製 SMB2 サーバーを用いる。

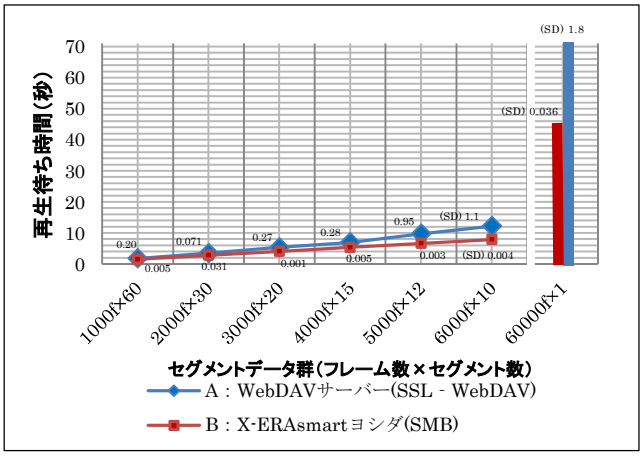
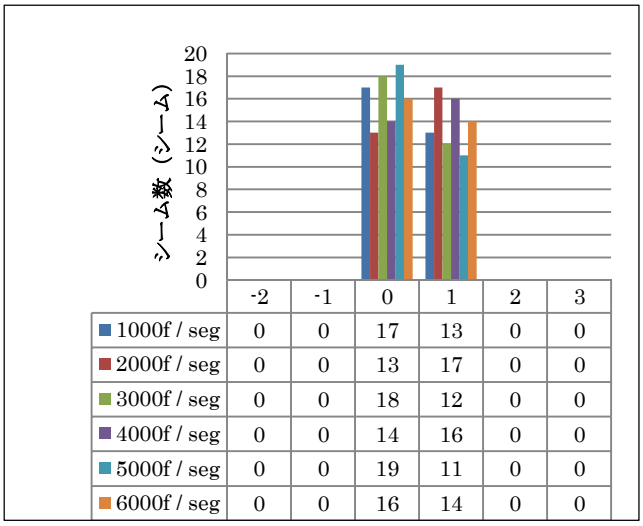


図 4 再生待ち時間の推移

測定結果より、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の度数分布を次の図 5 に示す



	-2	-1	0	1	2	3
1000f / seg	0	0	17	13	0	0
2000f / seg	0	0	13	17	0	0
3000f / seg	0	0	18	12	0	0
4000f / seg	0	0	14	16	0	0
5000f / seg	0	0	19	11	0	0
6000f / seg	0	0	16	14	0	0

図5 再生時セグメント間のフレーム推移

カラー認識演算時間とカメラ入力及びモニタ出力用スレッドにおけるレンダリング時間の測定結果と統計処理 [8]を表 3 と図 6 に示す。

表 3 各過程の演算処理時間

	自動カラー認識処理演算時間	レンダリング時間 (60fps,2000frame/seg)	
		非録画時	録画時
平均 ミリ秒(N:100)	0.09	15.92	15.94
標準偏差	0.02	3.46	3.17
95% 信頼区間 平均 *1		[15.29 16.62]	[15.37 16.60]
95% 信頼区間 標準偏差 *1		[2.335 4.345]	[2.079 3.960]

*1 Percentile bootstrap 10000replicates

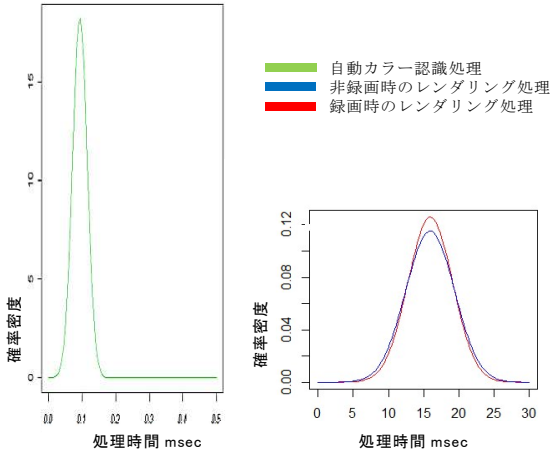
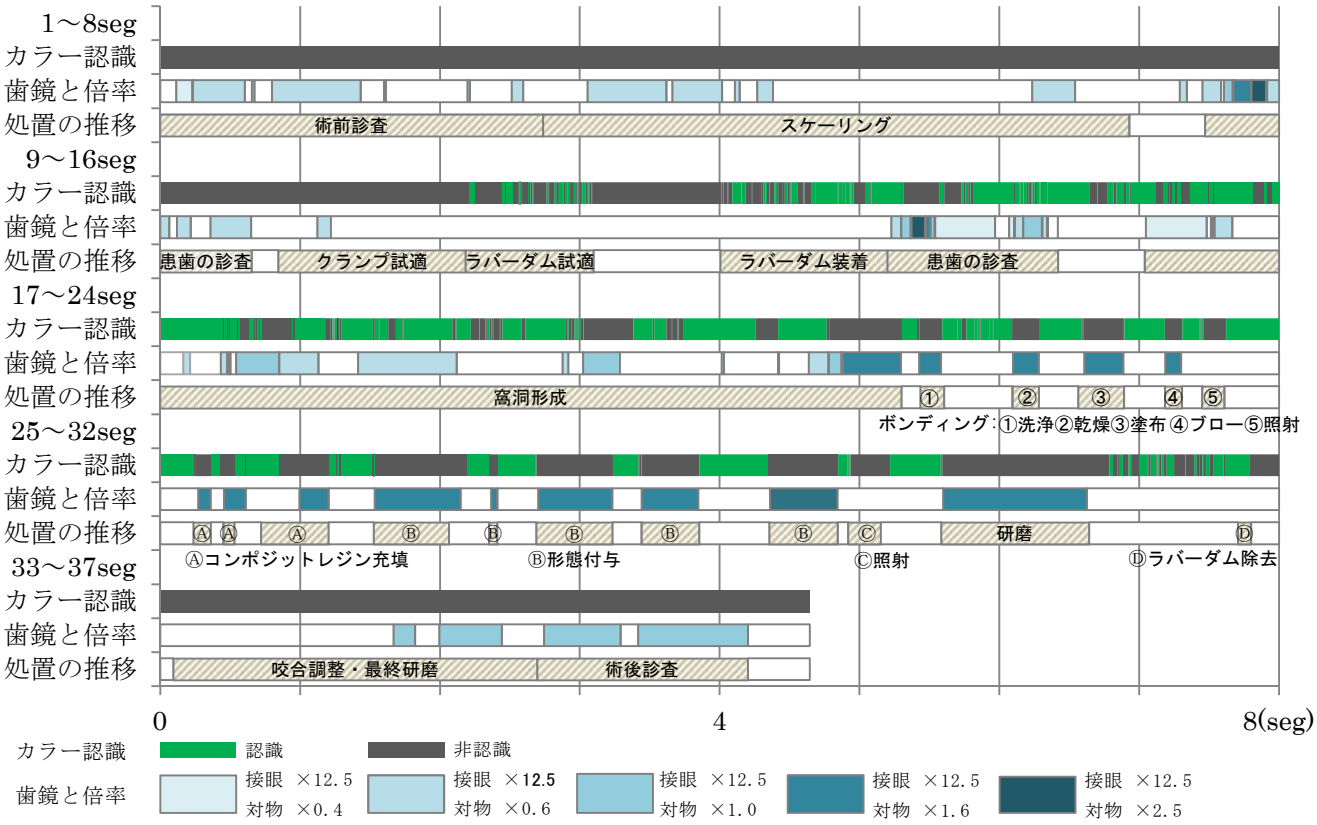


図6 各過程の演算処理時間の確率密度曲線

第 3 章 1 節における、カラー認識状態と処置内容の推移、ミラー使用の有無とスコープ倍率のタイムラインによるグラフを次章、図 7 に示す。

6. 考察と結語

OS のサポート終了による実験環境における OS と付随するライブラリー、ソフトウェア、加えてハードウェアの全面リプレースは、使用期間中の不具合等が顕在化され、修復する機会が得られ、性能、機能の向上が期待できる。他方、当規模では、ライブラリの更新等によりコード互換がなくなり、作業の困難さが露呈した。実務を想定する場合、負担軽減を考えると最低限度の内容とするべきである。長時間に及ぶ録画データ群の再生時不具合に関してのPetriNetsによる検証では、アークとトランジションによるデータ推移よりマークが蓄積するプレースを追跡することで、バッファーオーバーフローする箇所が動画像データ群を格納する内部メモリーと推測でき、延いては当メモリー管理に FIFO を用いることで解決策を得られ有用性が示唆された。システム評価は、SS-MIX2 歯科用マイクロスコープ録画・配信システムの録画並びに再生処理時の各スレッド処理への影響を評価するために、37thJCMI2017[3)]の報告と同様に、再生待ち時間の測定とセグメント間フレーム落ち数の測定を行った。前者は、6000f×10seg までの推移グラフにおいて、ほぼ均等な増加を認められる。後者は、フレーム推移度数分布グラフにおいて、理論値は 0f、最頻値は 0f、幅は[0 1]に



環境　鏡体：F=250 OPMI pico (Carl Zeiss) 光源：halogen J12V100WA (Panasonic) カメラ：CMOS 1280×720 60fps(Mintron) ファイル：mpeg4 2000frame/seg 30fps

図 7 コンポジットレジン充填処置の各過程とカラー認識のタイムライン

収束した。両者の分析結果より各スレッド動作は安定しておりユーザビリティは実用域であると考える。異なる観点からの評価としてカラー認識処理の演算時間と画像データのレンダリング時間は、モニタ出力の遅延を反映しており、実験環境におけるモニタは、術中のモニタリングを仮定するものである。カメラ出力周期は約 16.67msec で非録画時と録画時の平均処理時間は、約 15.92msec と 15.94msec であり 2 値の差 0.02 は偏差の大きい非録画時の 1 標準偏差 3.46 以内にあり、それぞれの平均値と標準偏差のブートストラップ 95%信頼区間幅はどれも際立った解離は認められない。これらから、遅延は極めて小さいと考える。カラー認識の平均処理時間は 0.09msec で、確率密度曲線から十分なパフォーマンスが得られており、今後の自動認識の拡張性が期待できる。カラー認識状態と処置内容の推移、ミラー使用の有無とスコープ倍率のタイムラインによるグラフから、①ラバーダム非装着時の全てのフレームはカラー非認識である。②ラバーダム装着時、かつ、処置の合間、かつ、ミラーを使用していない静止状態の時にカラー認識傾向にある。③ラバーダム装着時、かつ、何らかの処置中、かつ、高倍率でミラーを使用している時に非認識傾向にある。以上が読み取れる。①②より認識の立ち上がり、非認識の最終立ち上がりフラッグを検出することにより、ラバーダム装着前、装着中、装着後の INDEX が定義できると考える。②③より他の認識機能の考慮により、更なる INDEX の定義を示唆する。

謝辞　本稿の遂行にあたり、家族の皆様、当医院のスタッフの皆様、有限会社メディアレフの皆様に深く感謝いたします。

参考文献

1) 冨田明男，SSL-WebDAV 歯科用マイクロスコープ 録画・配信システムの SS-MIX2 拡張ストレージ適応,第 22 回日本医療情報学会春季学術大会抄録集，22nd JCMI 2018:p146-147.

2) 冨田明男，SSL-WebDAV を用いた手術用顕微鏡における臨床動画像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論文集[CD-ROM]，36th JCMI 2016:1000-1005.

3) 冨田明男，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，第 37 回医療情報学連合大会論文集[CD-ROM]，37th JCMI2017 :914-919.

4) 医療情報学会，SS-MIX2 標準化ストレージ 構成の説明と構築ガイドライン Ver. 1. 2f(2019.07.16 版).

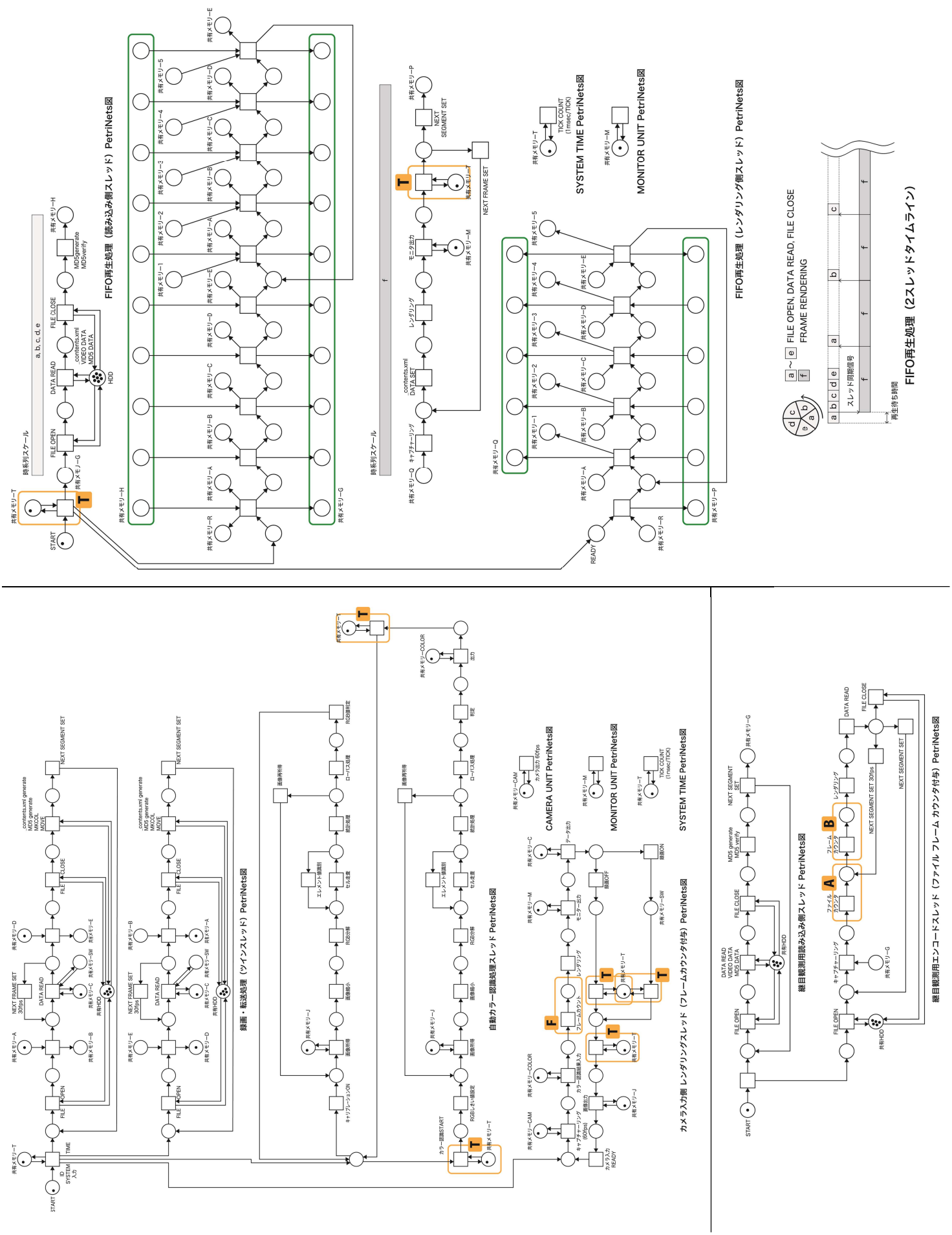
5) 医療情報学会，SS-MIX2 拡張ストレージ 構成の説明と構築ガイドライン Ver. 1. 2f(2019.07.16 版).

6) 日本歯科保存学会,う蝕治療ガイドライン第 2 版,永末書店，2015.

7) 柴田望洋 新・明解 C 言語で学ぶアルゴリズムとデータ構造 SBCreative，2017:p154-171.

8) Brent Boyer, Robust Java benchmarking,Part2 Statistics and solutions,Introducing a ready-to-run software benchmarking framework, IBM Dev. 2008. [https://www.ibm.com/developerworks/library/j-benchmark2/index.html (cited2019-Aug-10)].

appendix）


FIFO再生処理（読み込み側スレッド）PetriNets図
FIFO再生処理（レンダリング側スレッド）PetriNets図
SYSTEM TIME PetriNets図
MONITOR UNIT PetriNets図
FIFO再生処理（2スレッドタイムライン）
FILE OPEN, DATA READ, FILE CLOSE
FRAME RENDERING
録画・転送処理（ツインスレッド）PetriNets図
自動カラー認識処理スレッド PetriNets図
CAMERA UNIT PetriNets図
カメラ入力側 レンダリングスレッド（フレームカウンタ付与）PetriNets図
継目観測用読み込み側スレッド PetriNets図
継目観測用エンコードスレッド（ファイル フレーム カウンタ付与）PetriNets図