

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350341

研究課題名(和文) 手術記録映像の再利用によるカテーテル手技医育成支援

研究課題名(英文) Catheterization Doctor Training Support by Re-Use of Surgery Record Video

研究代表者

戸田 真志 (TODA, MASASHI)

熊本大学・総合情報統括センター・教授

研究者番号：40336417

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、カテーテル手技映像にアノテーション情報を自動あるいは半自動で付与し、ユーザが効率的に手技映像を閲覧できる支援システムの構築を行った。具体的には、「手技映像を常時記録可能な環境の構築」「手技映像ハンドリングソフトウェアの構築」「ジェスチャを用いた手技映像記録カメラの非接触操作インターフェースの開発」「自動アノテーション付与のためのカテーテルトラッキング」の4点について研究を進めた。実際に放射線科医に使用して頂き、構築したシステムの有用性を評価した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed video handling system for catheter surgery records. This system can add the automatic or semi-automatic annotation information to the catheter surgery video, and the user can view them efficiently. In concrete, we developed "construction of the environment which catheter surgery is always recorded", "development of the video handling software", "non-contact operation interface of the recording camera using a gesture", and "catheter tracking for automatic annotation". Our developed system actually was used by the radiologist, and we evaluated the usefulness of it.

研究分野：画像計測

キーワード：カテーテル手技 医師育成教材 映像編集 パン・チルト・ズームカメラ カメラ操作インターフェース ジェスチャ認識 アノテーション

1. 研究開始当初の背景

医師不足との指摘が為されはじめて久しい。本研究の目的は、カテーテル手術を対象とした医師育成の支援することである。医師育成では、経験の浅い医師に対し、大学病院等の中核病院にて指導医の同伴する OJT 的な手術を様々な症例について経験することで、医師としての経験値を上げ、技能の向上を図る、ということが一般的である。しかし、指導医の不足や負担を主な理由として、指導医同伴型の手術機会は圧倒的に不足しており、医師育成における大きな問題として指摘されている。少ない手術機会を補い、医師の学習を促進するものとして、

- ・映像教材や教科書

- ・カテーテル手技シミュレーションシステム等が挙げられる。しかし、前者は医学生等の初学者に対して手術の段取りを教示する、という意味では有用であるものの、本研究で対象とする経験の浅い若手医師にとっては、むしろ手術中の突発的なトラブル、迷い、失敗等にこそ有用な情報を含み、映像教材や教科書はライブ感に欠けると言わざるを得ない。また後者は実際の人体の血管構造や血栓等を擬似模型化しており、カテーテルに模した器具を利用して手術を行うことからライブ感が高いが、極めて高価のため多くの病院への普及は難しく、また、症例数の拡張が困難との課題がある。結果的にいずれも抜本的な解決策とはなり得ていないのが現状である。

他方、近年、情報開示等を目的として手術室内にビデオ等の記録装置を設置することが一般的となってきている。手術記録は、いわば生きた教材であり、医師の学習に重要な情報が多数含まれている。実際、いくつかの目的で医師が手術映像の一部あるいは全部を閲覧することは日常的な行為である。また、映像教材やシミュレーションシステムで課題であった、ライブ感、症例の豊富さ、安価に記録可能ないずれの課題についても解決できる可能性が高い。さらに手術記録の視聴は、OJT 的な手術現場において、指導医の手技を見学している行為に類似しており、学習者の教育効果も期待できる。しかし、長い時には数時間に及ぶ手術映像の閲覧は、日々の用務に忙殺されがちな医師にとって負担が大きく、その利用シーンは限られているのもまた現状である。そこで、映像を核とした手術記録に対して編集技術を駆使することで、ユーザの効率的な閲覧を可能とし、手術記録映像の再利用による、実利用性の高い医師育成教材の開発が可能ではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、カテーテル手技記録を題材として、自動あるいは半自動にて記録を編集し、ユーザが効率的に手技記録映像を閲覧できる支援システムの開発を行うことである。手技映像を解析し、手技の内容や状況に応じたアノテーション情報を自動あるいは

半自動にて付与する仕組みの開発が中心課題となる。手術は、決められた手順に従って実施される行為であるため、一連の手術映像をシーン分割し、各手順に相当するインデックスを付与すると同時に、その過程における迷いやトラブル等の状況を自動的に検出し、アノテーション情報として付与する。また、指導医による手技映像の直接編集を支援するシステムも併せて構築する。

3. 研究の方法

本研究では、カテーテル手技映像にアノテーション情報を自動あるいは半自動で付与し、ユーザが効率的に手技映像を閲覧できる支援システムの構築を行う。実際にカテーテル手技医と連携し、必要機能を洗練させることで、より実用的なシステムを目指す。

申請者は、「手技映像を閲覧する上で重要な映像は？」との命題に対し、実際の手技映像記録実験を通して、映像数や撮影方向等の検討を行っている。その結果、手技映像を閲覧する上で重要な映像は、(a) 手技の手元を上方から撮影した映像 (b) 手技行為を前方から撮影した映像 (全体像) (c) 手技部位を撮影した X 線映像 との結論を得ている。

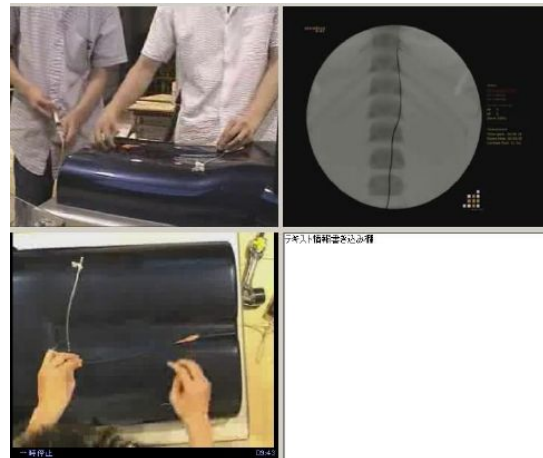


図 1 手技映像 (左上: 手技行為を前方から撮影した映像、左下: 手技の手元を上方から撮影した映像、右上: 手技部位を撮影した X 線映像)

本研究では、この 3 種類の映像を核として、編纂の仕組みを構築するものである。

本研究では、カテーテル手技記録に対するアノテーション付与の仕組みを中心課題とし、さらに指導医による編集作業支援システム等を構築することで、総合的な学習環境を整備する。なお、実践にあたっては、東京大学医学部附属病院放射線科と協力して実施する。

4. 研究成果

当該研究期間では、

- (1) 手技映像を常時記録可能な環境の構築
- (2) 手技映像ハンドリングソフトウェアの構築

(3) ジェスチャを用いた手技映像記録カメラの非接触操作インターフェースの開発
 (4) 自動アノテーション付与のためのカテ
 テルトラッキング
 の4点について研究を進めた。以下、各内容
 について詳述する。

(1) 手技映像を常時記録可能な環境の構築
 手技映像の記録のために、東京大学医学部
 附属病院放射線科カテーテル手技室に、映像
 記録用カメラ（パナソニック社製ネットワ
 ークカメラ BB-HCN581）を2台設置した。上述
 した設計の通り、手技行為を前方から撮影可
 能な位置と、手技の手元を上方から撮影可能
 な位置を検討した後、既設の設備を利用する
 ことで、安全性に考慮しつつ敷設を行った。
 なお、ケーブル工事の手間を軽減するために、
 PoE 給電スイッチングハブを設置し、有線
 LAN ケーブル1本のみにて、カメラの通信と
 給電を行う仕様とした。手技控室には PC を
 設置し、上述したカメラとネットワークを介
 して接続した。PC には、2台のネットワー
 クカメラからの映像の記録機能の他、各カメ
 ラのパラメータ（パン・チルト・ズーム）を制
 御・調節するためのアプリケーションも導入
 した。



図 2 手技室に設置したカメラ（手技を上方
 から撮影する）



図 3 手技室に設置したカメラ（手技を前方
 から撮影する）

(2) 手技映像ハンドリングソフトウェアの構 築

あああ(1)にて手技映像の取得が可能とな
 ったことを受けて、得られた手技映像記録の
 閲覧が可能なアプリケーションの開発を行
 った。閲覧のための基本ビューアは、前述し
 た前方からの映像、上方からの映像、手技部
 位の X 線透視映像の 3 つが表示可能な仕様と
 し、それら 3 映像を同期して再生可能なシス
 テムとして構築した。また、早送り、巻き戻
 しといった映像の基本操作を可能とする仕
 組みも実現した。さらに、記録された手技映
 像について、指導医による編集作業を支援す
 るためのアプリケーションも構築した。実現
 した機能は、以下の通りである。

症例追加機能

記録映像に対して情報を追加できる。併せ
 て、記録されている映像との対応付けも可能
 とした。症例追加の画面を図 4 に示す。



図 4 症例追加画面

カテゴリ分け機能

実際の手技は、いくつかの作業ステップに
 分割できる。本システムでは、作業ステップ
 をカテゴリ名として記憶し、そのカテゴリの
 動画範囲を指定後、カテゴリ名をクリックす
 ると、指定した動画位置から再生可能な機能
 を実装した。カテゴリ選択画面を図 5 に示す。

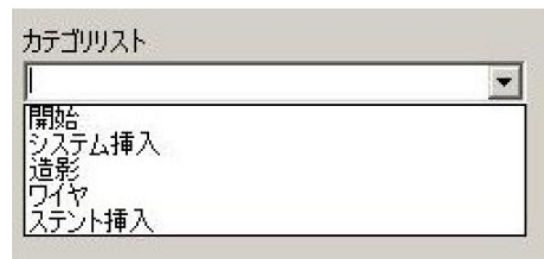


図 5 カテゴリ選択

カテゴリ説明機能

で登録したカテゴリについて、補足的な
 説明を付与できる機能を実装した。動画のみ
 では伝わりにくい情報をこの欄に記入する。
 カテゴリ説明を記入する画面を図 6 に示す。



図6 カテゴリ説明記入欄

キャプチャ機能

映像中の重要なシーンを静止画として記録するキャプチャ機能を実装した。その様子を図7に示す。



図7 キャプチャ画面例

タイムラインの可視化

カテゴリはリストボックス内に格納されており、再生画面のみでは現在どのカテゴリに属する映像が再生されているのかがわかりにくい。手技がどのような流れで行われているかをより明確に示すためには、現在再生されている箇所がどのカテゴリに属しているかを可視化させるのが望ましい。本システムでは、カテゴリと再生位置との関係を可視化できるようなシークバーを用意した。このシークバーでは、上部にカテゴリがどの再生位置部分であるかを色別で分けて表示される。また、このカテゴリ名はマウスオーバー操作にてポップアップ表示が為されるように実装している。その様子を図8に示す。



図8 タイムライン表示部

本編集支援アプリケーションは、実際の放射線科医に使用して頂きながら、ユーザインタフェースを含めた洗練化を行い、指導医

の負担の少ない編集アプリケーションを実現した。

(3) ジェスチャを用いた手技映像記録カメラの非接触操作インターフェースの開発

カテーテル手技映像記録では、術者の手元の動きの記録が重要となる。このとき、術者のカテーテル操作の動き、振る舞いは極めて微小であるため、ズームの利いた撮影方式を採用する必要がある。その一方で、この撮影方式では、撮影領域が狭くなってしまうため、患者のベッド位置の移動等によって、本来記録すべき術者の手元が撮影領域外となってしまう、結果的に低品質な映像記録となってしまう場合がある。言うまでもなく、術者はリモコン等を利用してカメラパラメータを変更することは、清潔性の保持等の観点から困難であり、機材を必要としないカメラ操作手法が必要となる。この問題を解決するために、術者自身がジェスチャによって、カメラのパン・チルトを操作可能なインターフェースを実装した。術者のジェスチャは、記録している映像を処理することで抽出する。すなわち、得られた画像から肌色抽出によって術者の手手を切り出し(図9)、その重心位置の時間変位を求めることで、術者のスワイプの様子を求める(図10)。術者の左右方向のスワイプはカメラのパンに、上下方向のスワイプはチルトにそれぞれ割り振った。これらはタブレット型コンピュータの操作方式に準拠しており、術者が直感的に操作可能である。実際の記録用カメラを利用して、構築した操作インターフェースが有用であることを確認した。



図9 肌色抽出の様子

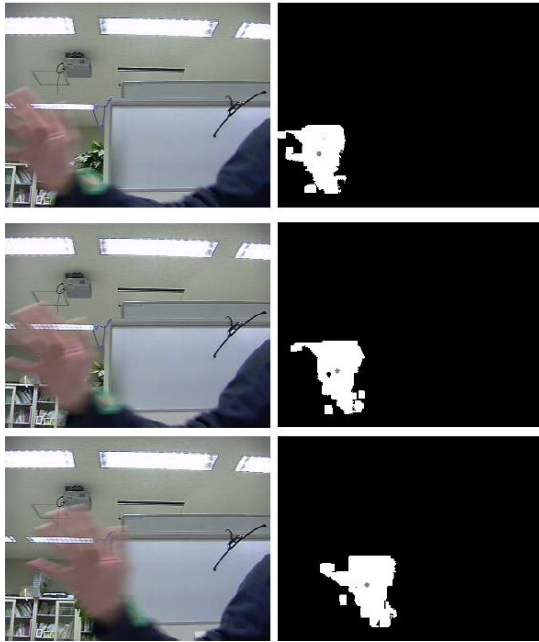


図 10 ジェスチャ認識の様子

(4) 自動アノテーション付与のためのカテーテルトラッキング

得られた手技映像を解析し、手技の状態を推定することで、手技映像の各シーンの重要度を推定する仕組みの検討と実装を行った。

手技中は、X線透視映像にて患者体内のカテーテルが抽出可能である。「カテーテルの動き・軌跡は手技者にとって実施している手技の困難さや迷い等を反映させることが多い」という経験則に基づき、カテーテルの先端部をトラッキングすることで、その移動速度や位置の検出を実現した。カテーテル先端の移動速度が遅いシーンは「術者が迷っている」重要なシーン（閲覧により教育効果の大きなシーン）と考えることが可能である。なお、手技中は、手技の進行に伴ってX線撮影部位もその位置を変えていく。従って、カテーテルの身体に対する位置や軌跡を算出するためには、X線透視画像中のカテーテルの位置のみならず、X線透視画像撮影用カメラの移動量を推定する必要がある。カメラの移動量は、得られたX線透視画像を解析することで、推定した。具体的には、時間差のある2枚のX線透視画像について、正規化相互相関を用いたテンプレートマッチング法を利用してカメラの移動量を推定した（図 11）。こうして求めたカメラ移動量とX線透視画像中のカテーテルの先端部の（画像座標での）位置を利用して、カテーテルの位置と軌跡を求めることができた。得られたカテーテル軌跡情報は二次元グラフの他、カテーテルの移動速度変化グラフとして表示可能な機能も実装した（図 12）。

実際のX線映像を用いてカテーテル先端部の抽出及びトラッキング実験を行い、安定して抽出できることを確認した。

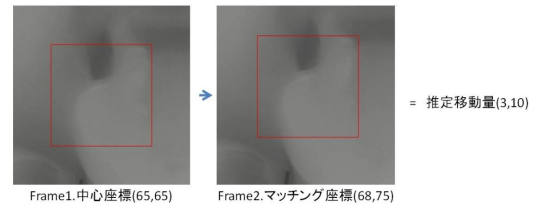


図 11 カメラ移動量推定の様子

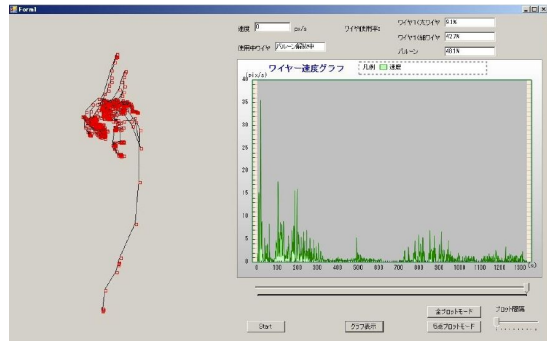


図 12 カテーテルの移動状況表示（右：移動軌跡、左：移動速度表示）

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

衛藤亮太, 右田雅裕, 戸田真志, 有馬勇一郎, 永井孝幸, 武蔵泰雄, 中野裕司, 杉谷賢一, “Level Set Methodを用いた細胞核領域の三次元抽出”, 動的画像処理実利用化ワークショップ 2016 (DIA2016), 2016年3月8日, 岩手大学(岩手県・盛岡市)

渡邊真樹, 右田雅裕, 戸田真志, “手術映像記録システムのためのジェスチャを用いたカメラ操作手法の検討”, 動的画像処理実利用化ワークショップ 2014 (DIA2014), 2014年3月7日, 熊本大学(熊本県・熊本市)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

戸田 真志 (TODA, Masashi)

熊本大学・総合情報統括センター・教授

研究者番号：40336417

(3)連携研究者

赤羽 正章 (AKAHANE, Masaaki)

東京大学・医学部附属病院・准教授

研究者番号：30282528