

アノテーション付与によるカテーテル手技映像の教材化支援

横 関 秀 樹^{†1} 戸 田 真 志^{†1} 赤 羽 正 章^{†2}

本研究では予め記録したカテーテル手技医の手元映像，X線透視，全体映像の3つの映像を元にまだ経験の浅い医師を対象とした映像教材を，指導医自らが容易に作成出来るようにするための支援システムを作成する事が目的である．具体的にはこれらの映像データに，タイトル，カテゴリ名，カテゴリ再生位置情報等のアノテーションデータを与え，学習者に合わせて適宜必要な映像部を参照出来るよう映像データを整理する事で，効率良く自学学習できるような映像教材を，指導者自らが容易に作成できるような支援システムの提案と開発をする．

Support System of Video Teaching Materials for Catheter Operation Based on Annotation

HIDEKI YOKOZEKI,^{†1} MASASHI TODA^{†1}
and MASAOKI AKAHANE^{†2}

This study targets to develop a support system that attending can make teaching materials about catheter operation for doctors in training using videos of radioscopy, catheter operation, and closeup doctor's hands. Concretely speaking, this study advances and develops a support system of video teaching materials for catheter operation based on annotation like title, category, playing position of category.

1. はじめに

高齢化が進む日本において，医師の重要性はますます大きくなっている．それと同時に医

師不足が指摘され始め，医師の拡充が求められている．医師の拡充を図る上で，経験の浅い若手医師を育成する必要がある．現在では主に指導医が付き添いながらシミュレーションを用いてある程度の技術演習を行った後，若手医師に様々な症例を経験させ，指導を行っている．しかし指導医の数自体も不足しており，現状の教育環境では指導医にかかる負担は大きい．そこで経験の浅い若手医師がある程度自学自習出来る様な教材を作成する等して，指導医の負担を軽減させるような環境構築が求められるが，現状で使用されているようなビデオ教材等では補い切れないのが実情である．本研究ではカテーテル手技映像を記録し，映像データを蓄積，整理する事，つまり映像データにアノテーションを付与させる事で若手医師の自学自習を支援するような教材の作成を指導医自らが容易に出来るような支援システムの開発を行い，既存の教材に変わる新たな教材の確立を目指す．

2. 関連研究

映像データの整理を目的とした研究は現在でも盛んに行われており，いくつか報告されている．例えば赤藤らの映像コンテンツのアノテーション手法¹⁾では，意味グラフに基づいた映像データの整理を目的としている．具体的には映像コンテンツの意味内容に基づき，入力支援を含めたアノテーション手法と意味グラフの概念の導入することを提案している．竹林らの研究²⁾では工学的視点から幼児の行動を記録した映像データを元に，コーパス構築を行う事で，言語データ化を行い，人の行動をモデル化する試みしている．

一方で医療に従事する者向けの実用的な教育支援の研究もいくつか報告されている．笹井らの研究³⁾では大学内の合同学習後の討議を Web 上でのビデオ会議を用いて行い，その効果を検証している．しかし，この研究では何らかの技術を取り入れ，独自の手法を導入するような事はされておらず，もちろん映像に何らかのアノテーションを加えて，映像データの整理を行ったり，記録するような事はされていない．

本研究では，医療現場における教育分野に，赤藤らや竹林らのような，映像コンテンツにアノテーションを加えるというアプローチの元，新しい視点での医療用教育用教材の提案をする．今回は特に，放射線科医が行うカテーテル手技に重点を置いてシステムの開発を行う．

3. 要求分析

日本の医師拡充を狙う上で，指導医の不足は頭を悩ませる問題である．特に手技医育成に関しては，指導医の存在は重要である．重要性が高いという事は，指導医にかかる負担も大きいという事も暗に示している．

^{†1} 公立はこだて未来大学システム情報科学部

School of Systems Information Science, Future University-Hakodate

^{†2} 東大医学部附属病院放射線科

The University of Tokyo Faculty of Medicine University Hospital, Department of Radiology

本研究で扱うカテーテル手技医育成に関わる指導医の重要性と負担の大きさについては大須賀らのトレーニング・ツールを用いた IVR 基本手技の修練に関する検討⁴⁾の中でも述べられている。具体的には、肝動脈塞栓療法では動脈穿刺に始まり、カテーテルを挿入して血管造影を行い、血管解剖の破格や栄養動脈を判断し、マイクロカテーテルを用いて選択的に薬剤や塞栓物質を注入する等、一人前になるまでに多くの段階を踏まなければならない。しかし、平成 16 年度の新医師臨床研修制度開始に伴い、臨床実習の医学生、放射線科をローテートする初期研修医、そして放射線科に入った後期研修医（専攻医）など様々な立場の初心者が放射線科で研修している、と記述がある。

通常の放射線診療業務の他、このような医師の立場の違いに応じて手厚い指導を行うのは指導医にとって負担である。このため、指導医に求められる能力は高く、単純に医学部の枠を増加するといった試みのみでは指導医の数が追いつかず、手技医増加のための解決策とはならない。この問題の解決策として以下のような例が考えられた。

1 つ目の方法は単純に指導医を数を何らかの方法で増やす事である。ただし指導医は先ほど紹介したように、十分な技量と経験が必要のため、様々な症例を長年に渡り体験する必要がある。早急に指導医を増加させるのはおそらく不可能に近く、この方法を実現させるには長いスパンでの計画が必要である。

2 つ目は、現状よりも、教育環境を整備し、指導医の負担を軽減させる事で、医師の育成を効率的に行う事が挙げられる。本研究ではこの考えを元に解決策を具体的に提案する。

指導医が比較的経験の浅い若手の医師を指導する際は、若手医師と共に指導医が実際の手技に立ち会い、若手医師に助言を与えながら指導を行う。こうした経験を重ねる事で、若手医師は手技の熟達と共に、除々に一人で手技を行うようになる。ただし、年に行える手技の回数は有限である上、大学病院等で扱うような稀な術例ともなると経験出来る機会は非常に少ない。若手医師はこの数少ない機会を十分に生かして学習する事が、自立への近道となる。

そこで、本研究ではある程度若手医師が事前に自分の行う症例に関する説明がなされた教材を用いて自学自習する事が、手技に対する理解を深め、効率的な学習が出来ると考えた。結果的に指導医の負担を減らす事にもつながる。より良い学習環境を構築する事が、若手医師や指導医どちらにもメリットを与えるだろう。

主に医師育成に使用させる教材として、大きく二つに分けるならば、高嶋らの研究⁵⁾で紹介されているような人体の内部構造に近いシミュレーションシステムを利用し、実際の手技に近い形で、自らの体を動かしながら技術の訓練が出来る、いわば動的な教材と、学術雑誌や教則本といったテキスト情報や、ビデオ教材のような映像データから知識を深める静的

な教材の二つに分ける事が出来る。シミュレーションシステムに関する研究は比較的盛んに行われているが、この静的な教材に関する研究はそれほど行われていないのが現状である。

原因として考えられるのが、シミュレーションシステムがより精密に、より人体に近い形で行われるようになれば、人を介さずともいつでも手技の訓練が可能となり、見込まれる成果がより大きい物であると考えられているからだと思われる。しかしながら、これら静的な教材の重要性も軽視出来ない。例えば、現段階で幅広く使用されているシミュレーションシステムは、事前にいくつか用意された血管の形状と、数種類の症状を体験出来るのみに留まっている。実際の現場では各個人によって血管の形や症状が異なり、症例や個人に合わせたいくつかの手法を想定し、状況によって適切な手法を選択する必要がある。このような臨機応変な対応を行い、様々な手法を提案する上で役立つのは、医師の経験であるが、論文や学術雑誌等といった静的な教材から得られる知識もその医師の経験の中に含まれる。

本研究ではシミュレーションのような動的な教材ではなく、静的な教材に焦点を置いている。静的な教材は先に挙げたようにテキスト情報主体の物と、映像データ主体の物とに分ける事が出来る。テキスト主体の物は論文や学術雑誌等があるように、数多くの症例や新しい技術について深く記述されている物が多数あるが、それと比べ、ビデオ教材のような映像データ主体の物はそれほど広く出回っておらず、それらに含まれる情報量も乏しい。

しかし、映像データ主体の教材が不要かというところではない。テキスト情報主体の物と比べ、視覚的で分かりやすい上、文や画像のみでは伝えにくいような内容も、動画によって伝える事が出来る。このような事から、ビデオ教材のような映像データ主体の教材の普及を求める医師の要求が存在する。本研究ではこの要求を元に、医師が望むような映像主体の教材の開発を目標としている。

4. 既存教材の問題点

手技医育成のための既存映像教材の例としてビデオ教材がある。現在でもビデオ教材は指導用教材として使われているが、指導医の要求を必ずしも満たすものではなく、教材としていくつか問題がある。

1 つ目の問題は、販社を介して教材が作成されるため、ビデオ教材のバリエーションが少なくなってしまう点である。原因として挙げられるのは、対象ユーザーがカテーテル手技に従事している者向けという、非常に狭い範囲であるため、ビデオ販売による利益があげにくい。その結果、教材として出版されるペースは遅く、教材自体も一般的な症例を扱うのみに留まっている。



図1 カテーテル手技シミュレーションの様子
Fig.1 Simulation about catheter operation

一般的な症例に加え、少数例も網羅しているような映像教材を確保したいという指導医の要求に応えるためには、第三者に教材の作成依頼を行うより、指導医自らが手技映像を記録し、教材化する方がより要求を満たす物になるだろう。このような観点から、本研究では指導医が容易に映像教材を作成出来るような支援システムの開発を行っている。

次の問題は、手技映像をカットするような編集を行うと、術中のプロセスが分かりにくくなってしまふ点である。医師にとって、手技中のプロセスには非常に重要な情報が含まれている。手技医は、必ず術前に手技工程を計画しているが、現場では実際に手技を行う際、想定していた手法が必ずしも成功するとは限らない。計画していた手法で上手くいかなかった場合、臨機応変に対応し、別手法を考える必要がある。このような対応は経験を多く積んだ医師ほどの確に対応する事が可能で、経験の浅い医師と、ベテラン医師との差でもある。こうした手法失敗も含めた手技成功に至るまでのプロセスも、学習者にとって非常に有効な情報源であるが、ビデオ教材中ではこうした術中の失敗から成功に至るまでのプロセスはカットされている場合が多く、成功した手法のみを紹介している場合が多い。

手技中のプロセスをより明確にするためには元動画はカットせずに利用するのが望ましい。しかし、そのままの映像を流すだけでは、学習の度に必要な箇所以外も閲覧する必要が生じ

てしまい、学習効率が悪くなってしまふ。必要に応じて動画をカテゴリ分けし、見たい動画部分だけを抽出出来るような編集が必要となる。具体的にはDVD映像で広く用いられているチャプターによる場面分けのような形で映像データを区切るような編集が望ましいだろう。

本システムでは、映像自体にはカットのような編集も加えずに、カテゴリ分けや、タグ付けを行う事で、映像データを整理する手法を用いている。

5. 利用する映像データの考察

一般的にカテーテル手技では、X線透視の画面を見ながら手技を行う。このため、本システムも同様にX線透視の映像がある事が望ましい。また、学習者が第三者視点でどのように手技が行われているかを見るために、手技室全体を撮影した映像データが必要となる。加えて、術者の手元映像も、学習者にとっては有益な情報と考えられる。理由として、手元映像では術者の手の微細な動きを見る事も出来る他、学習者が使用した事の無い術用用具の持ち方等も参考にする事が出来る。術用用具は、その用具に応じて持ち方が異なる物がある。用具の使用方法については、テキストや写真から読み取るよりも、映像ベースで学習した方が理解が早いだろう。また、場面に依じた用具の使い分け等の情報も得る事が出来る。この事から、本システムを元に術用用具の持ち方を参考に出来るという事は、非常に有効性が高い。以上より、本システムでは手技の全体映像の他に、X線透視、術者の手元映像を利用する事とした。

ビデオ教材中でも、X線透視と術者の動きを映している物があるが、それぞれの画面は同時に再生される場面は少なく、画面切り替えを用いて表示している。このため、X線透視の映像と、術者の動きをリンクして捉える事が難しく、X線透視と、術者の動きとの関連をイメージしにくい事が挙げられる。

この問題を解決するために、本システムでは手技全体を写した動画と、X線透視、そして術者の手元の3つの動画を同期させ、同画面内で同時に再生出来るような機能を与えた。

6. システム設計のプロセス

4章で述べた問題を踏まえた上で、記録した映像にアノテーションを与える。具体的には全体映像、手元映像、X線透視の3つの動画の選択、症例名の決定、映像のカテゴリ分けが必要となる。それに加え、より使いやすく利用するために、カテゴリの補足的な説明を書き込めるような機能や、任意の映像をキャプチャ出来るような機能を与えた。映像データは図2のような形で整理される。



図 2 映像データの構成図
Fig.2 Configuration about videos

システム設計をする上で重要なのが、これらのアノテーションデータを与え、動画を整理する作業を指導医が行えるようなシステム設計をする必要がある点である。映像データを記録し、教材化するまでに必要な編集工程は以下の通りである。

- (1) 必要な動画を記録する
- (2) システムに動画を取り込む
- (3) 症例名を決定する
- (4) カテゴリ名を決定する
- (5) カテゴリが属する再生位置を指定する
- (6) カテゴリについての説明文を書き加える

本システムでは、これらの編集作業を行う編集モードと、学習者が利用する時に使用する閲覧専用モードを用意した。編集モードでは、メイン画面内でほとんどの編集作業を行う事が出来る。中でも最も重要であるのは、5章で述べたように、動画を取り込む際に必要な動画は全体映像、手元映像、X線透視の3つの動画があり、動画の取り込みが終了した後は自動的に、これら3つの動画を同時に再生出来るような機能を実装する必要がある点である。一般的な動画プレイヤーにはこのような機能は備わっておらず、この機能を独自に組む必要がある。もちろん再生以外にも、動画を停止した場合や、再生位置を変更した場合も、それらの操作に応じて3つの動画を同時に停止、位置変更出来るようにする機能も必要である。

7. システム概要

7.1 メイン画面

メイン画面内には3つの動画再生部と症例選択欄、カテゴリリスト、カテゴリ説明用パ



図 3 メイン画面
Fig.3 Main panel



図 4 モード選択
Fig.4 Choice mode

ネル、画面キャプチャパネルとカテゴリと再生位置との関連を可視化出来るシークバーがある。またメニュー部分から、図3のような編集作業を行う事の出来る編集者モードと、編集を加える事が出来ないように、画面内から編集用のボタンや欄が表示されない閲覧専用モードの選択が出来る。

モードの切り替えは画面上部にあるメニューから行う。編集作業を行うモードに移行するためには、任意のパスワードを入力する必要がある。これにより、編集作業を行えるのは、



図 5 パスワード画面
Fig. 5 Password panel



図 6 投稿用画面
Fig. 6 Posted panel

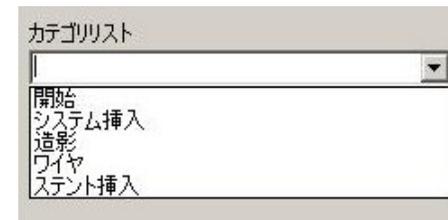


図 7 カテゴリリスト
Fig. 7 Category list

パスワードを知っている指導者のみが可能となり、学習者が誤って何らかの編集を加えてしまうような事を無くした。

7.2 投稿用画面

投稿用画面を紹介する。投稿用の画面はメイン画面上部にある、症例の追加と書かれたボタンをクリックすると、図 6 のような画面が表示される。投稿用画面には症例名を入力する箇所と、全体映像、手元映像、X 線透視の動画を投稿するためのボタンが用意されており、この画面から新しい症例を追加したい場合に、追加のための作業を行う。

7.3 動画再生部と同期機能

本システムでは動画モジュールとして、3 つの Windows Media Player が組み込まれている。それぞれの画面では、全体映像、手技者の手元映像、そして X 線透視が再生される。動画の投稿方法は、編集メニュー中にある、症例の追加をクリックすると、投稿用パネルが表示され、必要な動画ファイルを選べば新たな症例として再生が可能となる。また、この再

生部で最も重要な機能となるのがそれぞれの動画が同期しながら再生する事が出来る機能である。例えば、画面左下にあるシークバーを操作して、再生位置を指定した場合、他の動画部分もリンクして指定した再生位置にセットされる。この機能により、3 つの映像を切り替える事無く同時に閲覧する事が可能で、術者の動きと X 線透視の画面との関連が分かりやすくなり、術者の動きがよりイメージしやすいようになると思われる。また、それぞれの画面の細部が見たい場合には、任意の画面をダブルクリックする事で、フルスクリーン表示にする事が出来る。

7.4 カテゴリ分け

実際の手技では、いくつかの作業ステップに分ける事が出来る。本システム中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して次回から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出来る機能を与えた。例として、ある術例では図 7 のようなカテゴリ名が指定されている。

7.5 カテゴリ説明欄

カテゴリの補足的な説明を記入出来る欄を用意した。カテゴリ説明欄は、メイン画面の再生モジュール部の右下にある欄である。動画のみでは伝わりにくいような情報をこの欄に記入し、テキスト情報と共に発信する事で、より高い学習効果が期待出来るだろう。具体的な活用例として、手技開始位置のカテゴリ部には患者の年齢や性別、持病等のデータを入力しておく。癌を患っている患者であれば腫瘍の大きさ等も入力する。これらの情報は映像のみからでは得にくい情報である。いわば各患者の個人データを記録したカルテのような使い方も出来る。

7.6 キャプチャ機能

実際のカテーテル手技では、造影剤を使用しながら患者の血管を映し出し、X 線透視画



図 8 キャプチャ画面 1
Fig.8 Capture panel 1

面を比較しながら手技を行う場面が多い。本システムでも動画のキャプチャ機能を用意し、似たような感覚で X 線透視映像を比較する事が出来る。造影剤が血管を映し出すのは一瞬であるため、このキャプチャ機能を使用し、はっきりと血管が映し出されている瞬間をキャプチャすれば、血管の形状を再確認したい場合でも、動画を巻き戻さずに済む事が出来る。

本システム中には、それぞれの画面をキャプチャするボタンと、まとめて 3 画面全てキャプチャするボタンがあり、このキャプチャ機能を使用する事で、従来の X 線透視の比較に使用されるような場面に加え、術者の手元動画や全体映像も他の動画部と比較しながら再生を行う事が可能となる。キャプチャした画像は図 8 のようにパネル内に格納される形で保存される。小さいパネルは保存された画像が表示され、大きいパネルには現在指定している画像が表示される。順に 3 つのパネルに保存され、任意のパネルをクリックすると、そのパネルにある画像が右隣のパネルに拡大されて表示される。図 9 では下段のパネルをクリックした場合である。



図 9 キャプチャ画面 2
Fig.9 Capture panel 2

7.7 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のカテゴリに属する位置が再生されているのかが、わかりにくくなっている。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のかを可視化させるのが望ましい。

そこでカテゴリと再生位置との関係を可視化出来るようなシークバーを用意した。このシークバー中では、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図 11 のようにマウスを置いた場合にポップアップ表示されるようになっている。

8. おわりに

本研究ではカテーテル手技映像を記録し、記録した映像データにアノテーションを付与さ

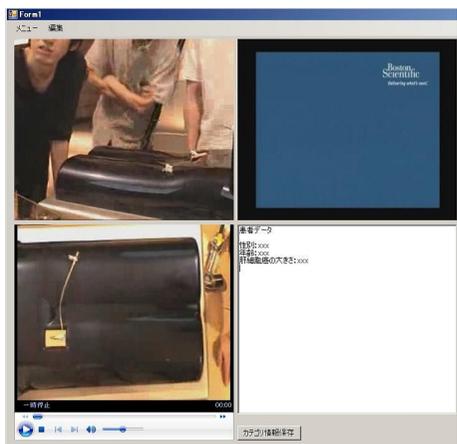


図 10 カテゴリ説明欄

Fig. 10 Explanation panel about category



図 11 カテゴリ名ポップアップ

Fig. 11 Pop-up category name

せる事で若手医師の自学自習を支援するような教材の作成を指導医自らが容易に出来るような支援システムの開発を行った。

現段階では对患者の手技映像の撮影は行っておらず、カテーテル手技医が行うカテーテル手技のシミュレーションを撮影、記録を行い、その映像データを元にシステム構築を行っている。シミュレーションは Mentice AB 社製の Vascular Intervention Simulation Trainer⁶⁾を使用している。最終的には手技を撮影、記録し、教材化する作業を、指導医が全て出来るようにする事が目標である。

実用化に向けた次のステップとして、撮影に必要なカメラの推奨スペックと台数の決定と、設営が必要となる。本システムで使用する画面は全体映像と手元映像、X線透視であるが、X線透視は既存の手技室環境ですでに記録されているので別途カメラを用意する必

要は無い。よってカメラで撮影するのは手元映像と全体映像のみである。最低限必要なカメラ台数は2台であるが、手技用の機材の影響で手技医がカメラの死角に立つ場合も想定されるため、手元用と全体映像用を映すためには2台のみではなく、複数台カメラを用意し、手技に合わせて使用するカメラを選択する形が望ましいだろう。実環境に向けた準備は今後更に考察を進めていく。

また、ユーザーインターフェースはそれほど重要視せずに開発を行っているため、今後はユーザーインターフェースの強化を行いたい。例えば、3つの再生パネルは基本的に大きさは固定されているが、必要に応じてサイズを変更出来るように機能強化を行う予定であるが、サイズを指定して変更するような形ではなく、マウス操作でサイズを変更出来るようにした方が操作性は良いだろう。また、動画投稿もドラック&ドロップで出来るような改善も考えられる。こうした使いやすさについても検証する予定である。

参考文献

- 1) 赤藤倫久, 春本 要, 香取啓志, 橋田浩一, 下條真司: 意味グラフに基づく映像コンテンツのアノテーション手法とその応用, 映像情報メディア学会誌, Vol.59, No11, pp.1677-1686 (2005) .
- 2) 竹林洋一, 桐山伸也: 工学的視点からの幼児の行動観察とコーパス構築, 日本音響学会誌, Vol.65, No10, pp.544-549 (2009) .
- 3) 笹井 潔, 山田恵子, 大柳俊夫, 中村真理子, 宮本重範, 乗安整而, 片岡秋子, 門間正子, 平野憲子, 深澤圭子, 大日向輝美, 肩倉洋子, 中島そのみ, 渡辺 孝, 伊藤 宏, 斉藤英明: DV over IP によるビデオ会議システムを用いた学内演習の試み, 札幌医科大学保健医療学部紀要, Vol8, pp.67-73 (2005) .
- 4) 大須賀慶吾, 山上卓士, 穴井 洋, 高橋正秀, 長谷部光泉: トレーニング・ツールを用いた IVR 基本手技の修練に関する検討, JCR News, No177 (2010) .
- 5) 高嶋一登, 葭中 潔, 池内 健: トレーニング用血管内カテーテルシュミレータの開発, 日本機械学会 (2006) .
- 6) Mentice AB: Vascular Intervention Simulation Trainer, <http://www.mentice.com/>.