

## 助言提示機能を有する注射手技訓練シミュレータの開発

## —画像処理による肘正皮静脈採血手技の認識系の構築—

## Development of simulator for venipuncture with function to provide advices

## - Image processing to recognize procedure of blood collection from the medial cubital vein -

○ 石井裕之（早稲田大学理工学術院），徳永慎也（早稲田大学大学院創造理工学研究科）

武部康隆（早稲田大学創造理工学部），藤井千枝子（慶應義塾大学看護医療学部）

春川涼，片山保（京都科学），高西淳夫（早稲田大学理工学術院）

Hiroyuki ISHII, Shinya TOKUNAGA, Yasutaka TAKEBE, Waseda University,  
Chieko FUJII, Keio University, Ryo HARUKAWA, Tamotsu KATAYAMA, Kyotokagaku Co. Ltd.,  
Atsuo TAKANISHI, Waseda University

**Abstract:** The blood collection is one of the most fundamental procedures in nursing. Trainings using simulators, which are a kind of manikins, become popular instead of trainings in clinical practices. However, conventional training simulators never provide any feedback to the trainees, which is the most important elements in skill trainings. Therefore, the purpose of this study is development of novel training simulators for blood collections with functions to provide advices. A simulator for blood collections from the medial cubital vein was then developed. It consists of a manikin of the arm, 3 cameras, a RGB-D camera, and a laptop computer. It provides advices based on the results of image processing on the images obtained from the cameras. An experiment was conducted to verify effectiveness of proposed method. The results suggest that advices provided from the simulator are useful to obtain correct skill of blood collection.

**Key Words:** Skill training, Nursing, Blood Collection, Image Processing

## 1. 緒言

静脈血採血は、看護におけるもっとも基礎的な手技の一つである(1)。一方で、不適切な手技は患者の苦痛を増大させるだけでなく、感染症等の合併症を引き起こす恐れがあり、静脈血採血手技を行う看護師は、十分な訓練によって正しい手技を習得する必要がある。近年、注射手技の訓練においては、患者や健常ボランティアの協力のもとに行われる臨床での実地訓練に代わって、シミュレータと呼ばれる模型を用いた訓練方法が普及している(2)(3)(4)。この訓練方法は、安全面および倫理面での問題が少ない反面、シミュレータには人間のように痛みに反応する機能が無いため、訓練者へのフィードバックが乏しいという欠点がある。訓練の場面において、指導者の適切な介入があればこの欠点は問題とならないが、看護教育の現場では指導者の質と数の両立が困難な場合も多く(5)、シミュレータの一層の普及には、この欠点を克服する必要がある。

そこで本研究では、手技を自動的に認識し、それにもとづいて助言の提示を行う機能を有する採血手技シミュレータの開発を目的としている。まず、一般的な静脈血採血の手技として、注射器を用いて肘正皮静脈から静脈血を採取する手技を対象とした。この手技は、駆血帯の患者上腕部への装着に始まり、静脈の位置確認、穿刺部付近の皮膚の消毒、穿刺、採血、駆血帯の解除、針の抜去で終了する(6)。各要素動作は、ここで述べた順序通りに実行される必要がある。例えば、駆血帯を巻き付ける前に静脈位置の確認を行うと、静脈の発見が困難となり発見までに多くの時間を要することとなる。また、駆血帯の解除前に針の抜去を行うと、穿刺部から血液が噴き出し、患者の不安や感染症のリスクを増大させる。このように、静脈血採血の手技におい

ては、手技の順序が非常に重要となる。

そこで今回、画像処理によって静脈血採血の手技の手順を認識し、それにもとづいて助言を生成するシステムを構築した。本稿では、システムの概要ならびに画像処理について述べる。また、構築したシステムを使用して実施した実験についても述べる。

## 2. システムの構成

### 2.1 概要

システムの外観と構成を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。このシステムは、腕模型 (Manikin arm) とその周囲に配置された3つのカメラ (Camera A, Camera B, Camera C)、RGB-Dカメラ、LED照明 (LED light)、ならびにノート型パソコンからなる。腕模型、カメラ類、LED照明は、相互の位置関係が変化しないよう共通のフレームに固定されている。

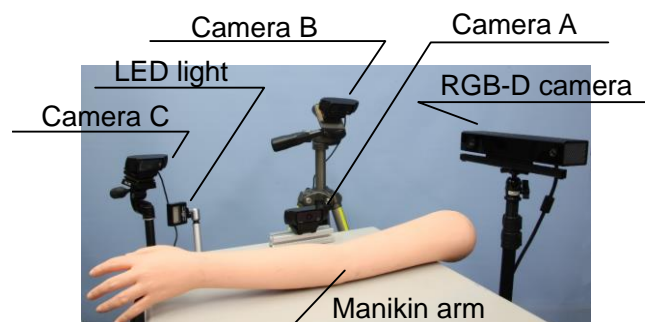


Fig. 1 System overview

カメラ類と LED 照明は，USB でノート型パソコンと接続されている。

2.2 構成要素

腕模型は，ヒトの皮膚の柔らかさを再現した軟性樹脂で製作されており，臨床で用いるものと同じ駆血帯，消毒用ガーゼ，注射針の使用が可能となっている。

腕模型の周囲に配置されたカメラには，高機能 USB カメラを用いている。3 台のカメラは，それぞれ腕模型上の異なる部位に向けて設置されており，それぞれのカメラが手技を構成する要素動作のうち特定の 1 つの動作の撮影に用いられる。Camera A は，穿刺時の注射器の位置の認識に使用する。そのため，穿刺する部位の近傍を真横から撮影可能な位置に設置されている。Camera B は，腕模型への駆血帯の装着の認識に使用する。そのため，上腕部を俯瞰的に撮影可能な位置に設置されている。Camera C は，皮膚の消毒の認識に使用する。そのため，穿刺する部位の近傍を俯瞰的に撮影可能な位置に設置されている。

LED 照明は，白色光を発する事が可能なものを使用している。LED 照明は，消毒に使用するガーゼの色による認識を容易にする目的で設置されているため，穿刺する部位の近傍に光を照射するよう設置されている。

RGB-D カメラは，Kinect v2 (Microsoft) を使用している。RGB-D カメラは，訓練者の動き全体を認識するために使用

する。そのため，常に訓練者の全身を撮影可能な位置に設置されている。

3. 画像処理による手技認識と助言生成

3.1 手技モデル

手技を構成する各要素動作を状態とする有限オートマトンによって，手技モデルを構築した。構築したモデルを Fig. 3 に示す。この図において，黒色で描かれた矢印が正しい手技に対応した状態遷移を表しており，手技が正しい場合，左から右へ順番に状態が遷移する。一方，赤色で描かれた矢印は，誤った手技に対応した状態遷移を表している。また赤色矢印近傍には，誤った状態遷移によって引き起こされる有害事象の例が記述されている。

3.2 画像処理による手技認識

画像処理にもとづいて，前述の有限オートマトンの状態遷移を実行することで，手技を認識し，その正誤を判定する。前述のとおり，3 台のカメラはそれぞれ役割が決められており，それに対応した 3 つの画像処理アルゴリズムからなる認識系を構築した。なお，Camera A による注射器の検出の際は，RGB-D camera (Kinect) によ訓練者（施術者）認識と組み合わせることで，検出精度の向上をはかった。これらをすべて統合した認識系の動作の概要を Fig. 4 に示す。各アルゴリズムの詳細を以下に示す。

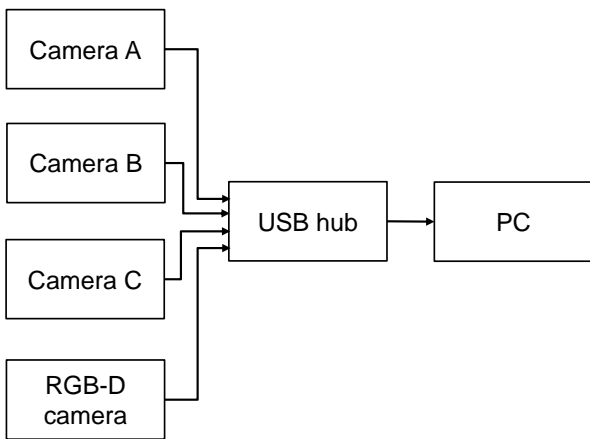


Fig. 2 System configuration

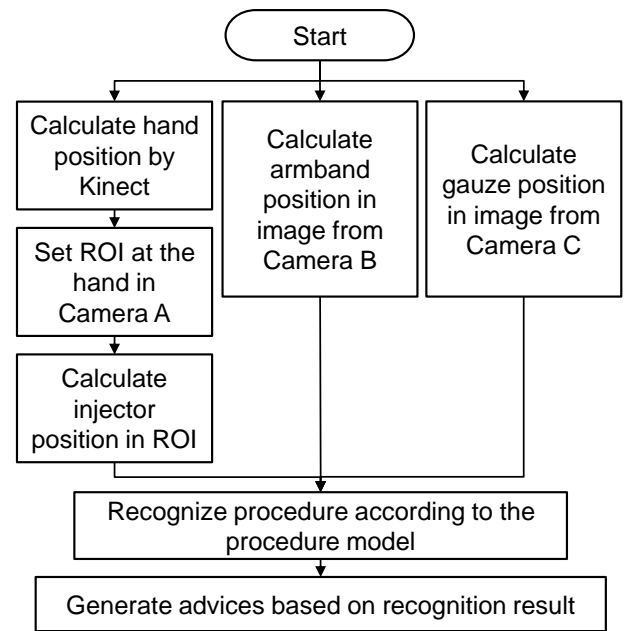


Fig. 4 Recognition of procedure

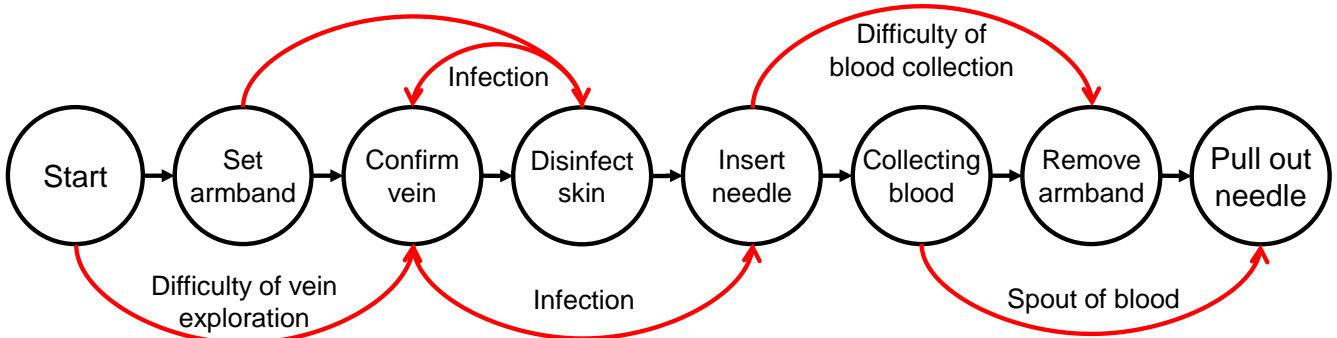


Fig. 3 Procedure model of blood collection from the median cubital vein

Camera A では、注射器の位置を検出し、注射針がシミュレータ内に刺入されているかを判断し、穿刺ならびに針の抜去の認識を行う。まず、RGB-D カメラによって訓練者の手先位置を検出し、その周囲に、Fig. 5 に示すようなカメラ画像全体の約半分の大きさに相当する ROI (Region of interest) を設定する。続いて、フレーム間差分によって動いている物体だけを抽出する。そして、あらかじめ用意した 3 種類の注射器テンプレート画像を用いて、ROI 内の画像でテンプレートマッチングを行い、注射器の位置を検出する。なお、ROI の設定は画像処理の高速化のために実行しており、ROI を使用しない場合と比べて 2 倍以上の高速化が実現されている。

Camera B では、駆血帯の有無を検出し、駆血帯の装着ならびに駆血帯の解除の認識を行う。まず、画像に対して 2 値化を行い、2 値化画像を生成する。続いて、あらかじめ用意された駆血帯が装着された腕模型の 2 値化画像テンプレート 6 枚と、駆血帯が装着されていない腕模型の 2 値化画像テンプレート 2 枚を用いてテンプレートマッチングを行い、駆血帯の有無を検出する。テンプレート画像のサンプルを Fig. 6 に示す。



Fig. 5 Image from Camera A (Ph is the position of the hand obtained by RGB-D camera)

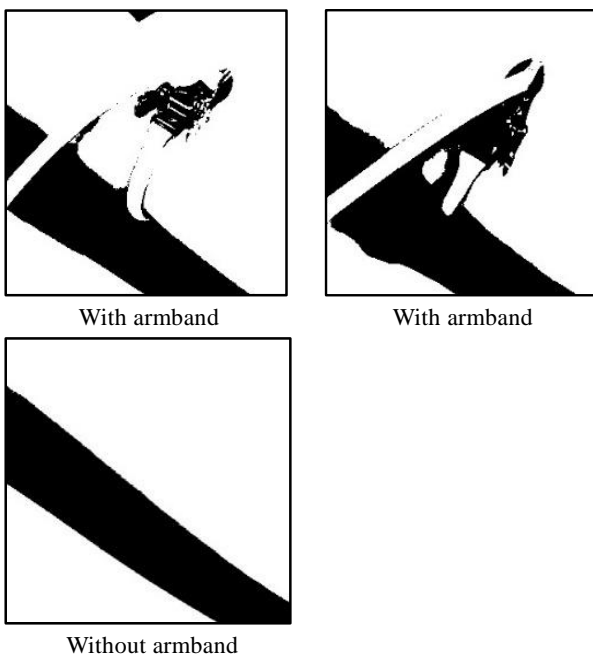


Fig. 6 Templates for armband recognition

Camera C では、ガーゼの有無と位置を検出し、穿刺する部位の近傍の消毒の認識を行う。Camera C は、ガーゼの白色を検出しやすいように、あらかじめコントラスト最大で撮影するように設定されている。Fig. 7 に示すような撮影画像から、色によってガーゼを抽出し、その重心点から位置を検出する。

### 3.3 助言生成

前述の画像処理により、誤った手順に対応した状態遷移が検出された際、システムは訓練者に対して助言を提示する。助言は、Fig. 3 中で赤色矢印で描かれた誤った手順それぞれに対して、あらかじめ音声として用意されており、画像処理によってそれが検出された際に、音声の提示が行われる。

## 4. 評価実験

### 4.1 方法

注射手技に関する経験の無い 8 名（工学部学生）を被験者として実験を行った。実験ではまず、全ての被験者に対して注射手技の手順の教示を行った。その後、全ての被験者に腕模型に対して 3 施行ずつ、肘正皮静脈からの静脈血採血手技を実施させた。その際、4 名（A/B/C/D）に対しては、システムによる助言生成機能を使用して助言の提示を行い、他の 4 名（E/F/G/H）に対しては、それを使用せず、その他一切のフィードバックも提示しなかった。

### 4.2 結果と考察

実験結果を Table 1 に示す。Table 1 からわかるとおり、助言生成機能を使用して 3 施行実施した 4 名は、第 3 施行において正しい手順で手技を実施できていた。一方、助言生成機能を使用せずに 3 施行実施した 4 名は、1 名のみ第 3 施行において成功が見られたが、他の 3 名は第 3 施行のみならず、3 施行中一度も成功させることができなかった。

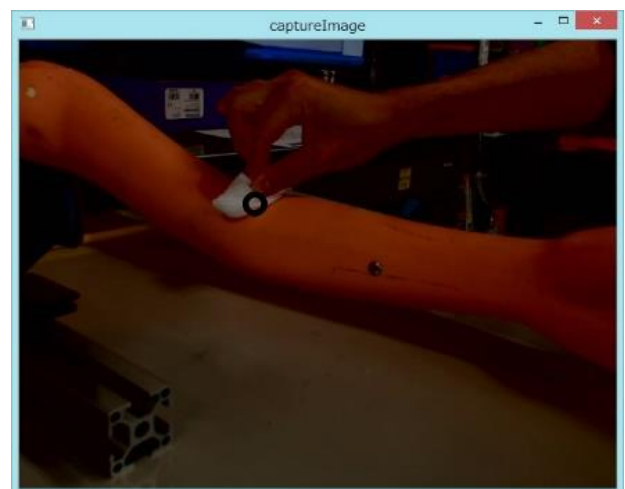


Fig. 7 Image from Camera C (the black circle represents the position of the gauze calculated by image processing)

Table 1 Experimental result

Advice	ID	Trial		
		1st	2nd	3rd
With advices	A	Success	Failure	Success
	B	Failure	Success	Success
	C	Failure	Success	Success
	D	Failure	Success	Success
Without advices	E	Failure	Failure	Failure
	F	Success	Failure	Success
	G	Failure	Failure	Failure
	H	Failure	Failure	Failure

この結果は、静脈血採血の訓練に際して、何のフィードバックも無い状況では手技の習得が困難な事を強く示唆している。一方、本システムによってフィードバックを与えることで正しい手技の習得が可能な事を示している。

## 5. 結言

本研究では、画像処理によって、肘正皮静脈からの静脈血採血手技を認識し、その結果にもとづいて助言生成を行う訓練シミュレータについて述べた。このシミュレータを用いた実験の結果から、シミュレータを用いて静脈血採血の手技の訓練を行う場面で、何らフィードバックが与えられないと、訓練者は正しい手技を習得できない可能性が強く示唆された。そして同時に、提案するシステムによって助言が提示されると手技を正しく習得可能な事が示された。

今後、このようなフィードバック機能を有する訓練シミュレータが看護教育の現場に普及し、より効率的で確実な手技訓練が可能となる事を期待する。

## 謝 辞

本研究は早稲田大学理工学研究所，同ヒューマノイド研究所，同先端生命医科学センター，同次世代ロボット研究機構にて実施された。また中小企業庁戦略的基板技術高度化支援事業による支援，ならびに JSPS 科研費 25220005 の助成を受けた。

## 参考文献

- (1) 厚生労働省，新人看護職員研修ガイドライン（改訂版），2014.
- (2) 石川和信，菅原亜紀子，小林元，奈良信雄，医学教育におけるシミュレータ活用に関する全国調査2012，医学教育，44(5)，311-314，2013.
- (3) 佐藤徹，安井清孝，天野隆弘，スキルスラボ，医学図書館，52(3)，2005.
- (4) 朱銘劼，シャチュンジン，菅宮友莉奈，王春宝，石井裕之，山根宗昭，春川涼，中江悠介，仁田壮一，藤井千枝子，高西淳夫，注射手技評価システムの開発－画像処理による針先軌道の計測に対応した皮膚モデルの製作－，第15回システムインテグレーション部門講演会(SI2014)，2014.
- (5) 細田 泰子，山口 明子，実習指導者の看護学実習における指導上の困難とその関連要因，日本看護研究学会雑誌，27(2)，2004.
- (6) 日本臨床検査標準協議会，標準採血法ガイドライン（改訂版），2006.