

採血技術における視線軌跡及び

皮膚進展圧力データに関する分析-手順の自動評価に向けて-

三原和馬^{*1}, 松田健^{*2}, 真嶋由貴恵^{*1}

^{*1} 大阪府立大学 人間社会システム科学研究科

^{*2} 長崎県立大学 情報システム学部

Analysis of gaze trajectory and skin extension pressure data in blood collection technology for automatic evaluation of procedures

Kazuma Mihara^{*1}, Takeshi Matsuda^{*2}, Yukie Majima^{*1}

^{*1} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture
University,

^{*2} Department of Information Security, University of Nagasaki

In research on tacit knowledge of nursing skills, it is necessary to automatically judge procedures to blood collection techniques and use them for education in order to reduce the physical burden on patients. In this research, we collected finger pressure and gauge trajectory data for during blood collection and we consider a method for automatically discriminating a part of the procedure for procedures to blood collection techniques by analyzing the characteristics of the pressure distribution and the gaze trajectory during blood sampling.

キーワード: 看護技術, 採血, 暗黙知, SECI モデル, 視線, 皮膚進展

1. はじめに

採血は、血液を検体とする臨床検査のために必須の医療行為である⁽¹⁾。また、採血は静脈を穿刺し血液を採取する侵襲的看護技術のため、的確な採血の技術と患者への配慮が同時に必要となり、熟練度が要求される技術である⁽²⁾。静脈に針を刺入する技術にたいしては、日本看護協会が「静脈注射に関する教育をより一層強化する必要がある」⁽³⁾との指摘をしている。しかしながら注射の技術は暗黙知が多く、暗黙知である熟練者の技術は熟練者自身すら言語化するのが難しい。それに加え、形式知として継承するのが一般的に容易ではなく、暗黙知を学習の中で継承することが難しい。そのため看護学生は熟練者の技術を修得できていないという問題がある⁽⁴⁾。従って、看護学生には効率の良い

技術修得が求められ、そのためには熟練者が作業動作をどのように行なっているかを明らかにし、教育に活用していくことが必要である。しかし、医療教育現場においては指導者の数が不足しているなどの課題がある。そこでトレーニングした手技中の手順などを自動で評価できるシステムがあれば、自己学習が可能となり効率的な学習が進むと考えられる。

先行研究では、視線計測と動作解析を用いて日本舞踊の目遣いや⁽⁵⁾、旗金具制作における熟練者の視線⁽⁶⁾などの暗黙知の伝承が試みられており、看護技術の分野においても、熟練看護師の技の特徴分析⁽⁷⁾や、看護スキル学習支援を目的とした視線動向の定量化⁽⁸⁾などが行われている。また、一方近年では、IoT 化の流れに伴いセンシング技術は必要不可欠な技術であると言える。すでに世の中には、センシング技術を持ったデバ

イスが数多く存在し、これらのセンシング技術を用いることで、これまで暗黙知であった熟練者の技術は数値や値としてデジタル化することができるようになった。今後ますますセンサの技術革新が進むにつれて、精度向上とより安価で小型になると予想され、多種多様なデータが取得可能となる。これらのデータを有効的に活用し、看護技術の向上に期待される。

そこで、手順の自動推定を目的として、センサを活用して採血時の補助手指の圧力と視線の軌跡データを取得した。このデータを採血技術の形式知化のために圧力データと視線データを複合的に分析することで、採血における各手順の特徴データを抽出することを試みた。結果として、皮膚進展時の圧力のグラフに特徴的な形が現れることと、皮膚進展時の視線の運動範囲は他の手順の視線の運動範囲に比べて小さい事がわかった。この 2 つのデータを複合的に見ることにより、皮膚伸展手順の特定を自動で行える可能性が示唆された。

2. 関連研究

2.1 SECI モデル

看護分野をはじめ、現在の医療は患者を中心とした組織単位で動いており、個人・組織の地を理解、共有し、さらに看護スキルを維持拡大させる（看護のナレッジマネジメント）ことが重要である⁽⁸⁾。看護学は実践の科学であり、その知識の多くは臨床で磨かれ、非言語的な暗黙知として存在している。しかし、金井⁽⁹⁾が「看護師が暗黙知を語ることは皆無に等しい」と述べているように、看護の知識伝授には改善の余地が残されている。そこで、野中・紺野が示したナレッジマネジメント（図：1）⁽¹⁰⁾は、SECI プロセスを進めることで、知識創造が起こり、知識伝授の促進の可能性を暗示している。また、国藤らは SECI モデルに情報技術を活用する重要性を指摘している⁽¹¹⁾。しかしながら、暗黙知を含む知識を人々の間で共有し、人が新しい知識を創造していくことを支援するには、現在普及している情報技術だけでは不十分であり、人工知能技術のような高度情報技術の必要性が、様々な点から指摘されている⁽¹²⁾。近年注目が集まっているのは、AI を活用し、SECI モデルを「人が行うべきところ」と「AI が行う

べきところ」を分けることによって SECI サイクルをより高速に回すことができるようになる。今回このサイクルの図 2 の SECI モデル⁽¹³⁾の右側 2 つの表出化と連結化を AI に置き換えるための前段階として、医療現場において、採血技術のセンシングとデータ解析を行いました。



図 1：SECI モデル

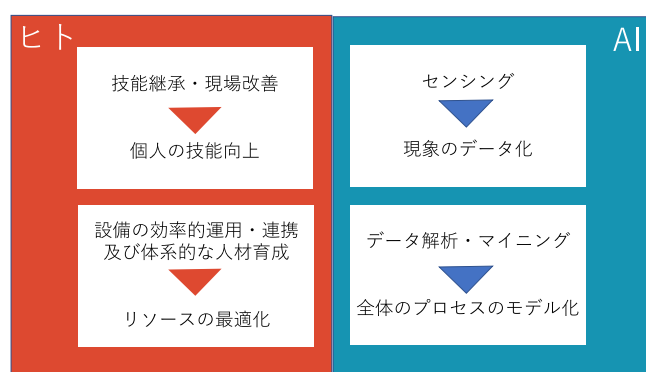


図 2：AI を活用した SECI モデル

2.2 注射技術における暗黙知に関する研究

注射技術における先行研究では、手指運動の数理的解析⁽¹⁴⁾や、静脈注射技術における暗黙知を機械学習の手法を用いて分類させる⁽¹⁵⁾など、様々な観点から暗黙知を形式化するため以前から研究が行われている。また、看護師独自の採血実施時の補助手指の動作である皮膚の進展や圧力に着目し看護師と看護学生の手技を比較することでその暗黙知を明らかにした⁽⁴⁾⁽¹⁶⁾。これらの研究では、主に皮膚進展の圧力のみを対象として、看護学生と熟練者のデータを収集しているが、本研究では、皮膚進展圧力と合わせて視線の軌跡データも収集した。また、今回は全員現役の看護師を対象とし、より特徴量が少ない暗黙知を分析することを試みた。

2.3 医療手技の自動評価に関する研究

先行研究において、医療手技を客観的に評価することを目的として、Deep Learning を利用した医療手技自動評価システムの開発などが行われている。文献⁽¹⁷⁾では kinecct から取得されたデータを分析しているが、本研究では圧力と視線のデータを分析することで採血手技のデータから手技の各手順を評価するために必要な特徴データを抽出することを試みた。

3. 実験

3.1 実験概要

本研究では、看護技術の中でも特に、日常業務において実施する頻度が高い「採血技術」に着目し、採血時の皮膚進展を行う圧力と視線軌跡を計測する。採血はシミュレーション用腕モデルを用いた。採血の臨場感を出すために腕モデルの前には患者役を設置し、看護師は患者と会話しながら採血できる環境とした。実験場所・期間を表 1、実験環境を図 1 に示す。

本実験では、熟練看護師と新人看護師の脳の活動の違いを脳血流量から見る研究も同時に行っている⁽¹⁸⁾。

なお、本研究は大阪府立大学人間社会システム科学研究科の倫理委員会の承認を得て実施している。

表 1：実験場所・期間

実施期間	2018 年 11 月 19, 20 日～ 12 月 3, 4 (4 日間)
実施場所	A 病院 看護実習室



図 3：実験環境

3.2 実験対象者

研究協力への同意が得られた、病院に勤務する現役看護師 19 名を対象とした。看護師のラダーレベルと人数の内訳を表 2 に示す。ラダーレベルとは日本看護

協会が定める看護師の能力開発・評価のシステムの 1 つであり、その能力・キャリアにおいて I ～ V の 5 段階が存在し、数字が大きい人ほど高い看護実践能力を有しているとする評価軸である。

表 2：看護師のラダーレベルと内訳

実験区分	ラダーレベル	人数 (人)	合計 (人)
新人看護師	I	9	9
	II	0	
熟練看護師	III	4	10
	IV	4	
	V	2	
計			19

3.3 使用機器

3.3.1 圧力センサ

本実験の対象者 19 名に補助手指に圧力センサを装着し、圧力を測定した。圧力データは Arduino で取得した。圧力センサからは時系列データとして 0～1023 の数値が取得される。値が大きいほど強い力がかけられていることになる。サンプリングレートを 214Hz とし、10 バイトで 1 つのデータが取得される。

今回圧力データを取得するために使用した機材は以下の通りである。

- ・ Arduino Uno
- ・ 圧力センサ FSR402 (図 2 参照)
- ・ A/D コンバーター
- ・ 1/4 カーボン皮膜抵抗
- ・ 小型ユニバーサル基盤 (ICB-90) ・ 耐熱電子ワイヤ

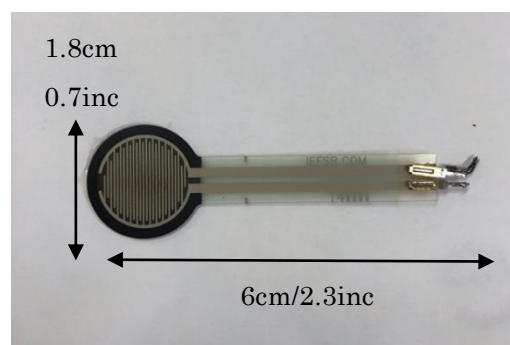


図 4：圧力センサ FSR402

3.3.2 視線計測機

視線計測をするにあたり、トビー・テクノロジー社のウェアラブルアイトラッキングシステム (tobii pro/glasses 2) 「G2-100」(図:3 参照) (以下、tobii) を用いて視線の計測を行った。眼球に直接接触しないアイトラッカーでは、角膜反射法という測定

法に改良を加えた技術を採用している。本実験では、サンプリングレート 100Hz で取得したデータから座標データを使用した。

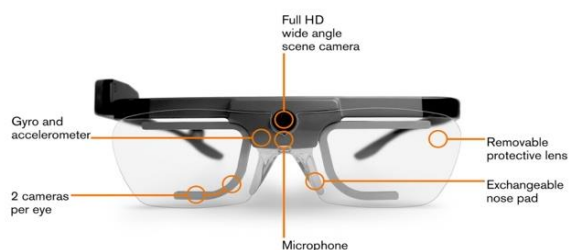


図 5 : tobii pro/glasses 2 の各センサ

3.3.3 採血シミュレーション腕用モデル

採血シミュレーションを行うに当たり、今回は高研社の「LM-086」を用いた。この腕モデルは、採血を行う血管を選択することができ、血管モデルにはいくつかの種類がある。図 4 に血管モデルを装着した腕モデル、図 5 に血管モデルの種類と難易度を示す。



図 6 : 腕モデルに装着している血管モデル



図 7 : 血管モデルの種類と難易度

被験者には、複数のシミュレーションモデルを交換しながら採血するという事を事前に説明し、サンプルを提示した。ただし、実験時にはどの血管モデルに対して採血を行うのかはわからないものとした。

4. 分析方法

本稿では、19 人の被験者のうち、データの欠損が無い 10 名の看護師を選んだ。10 人の看護師とラダーレベルの関係を下の表 3 に示す。実験より得られた圧力データと視線データをグラフ化した後、映像を見なが

ら採血実施時の手順や行動を一つ一つタグづけをしていき、それらの関連性を見ていく。録画した映像は以下の通り（図 6, 7）である。

採血時の手順を、下記に示す。

- (1) 駆血帯を巻く
- (2) 血管選定
- (3) 刺入部位をガーゼで拭く
- (4) 注射器を持つ
- (5) 注射器のキャップを外す
- (6) 刺入
- (7) 内筒を引く
- (8) 駆血帯を取る
- (9) ガーゼで刺入部位を押さえる
- (10) 針を抜く

人によって多少の順番に違いがあったりするものの、ほとんど同様の手順であった。



図 8: 腕カメラの映像例



図 9 : tobii 付属カメラの映像

5. 結果・考察

今回、皮膚進展時における圧力の変化と視線の軌跡データを手順や行動ごとと照らし合わせながら特徴を考察していく。

5.1 皮膚進展の圧力グラフ

まず、皮膚進展時のグラフを紹介する。図, 8, 9,

10は皮膚進展圧力の推移を散布図（平滑線）グラフで示したものである。圧力データには皮膚進展以外のものも含まれており、上記の手順で挙げた「注射器を持つ」、「注射器のキャップを外す」などの状態も含まれている。図6, 7, 8に現れているように、皮膚進展時の圧力には手技の成功失敗に関係なく、長方形のような特徴的な形が見られた。

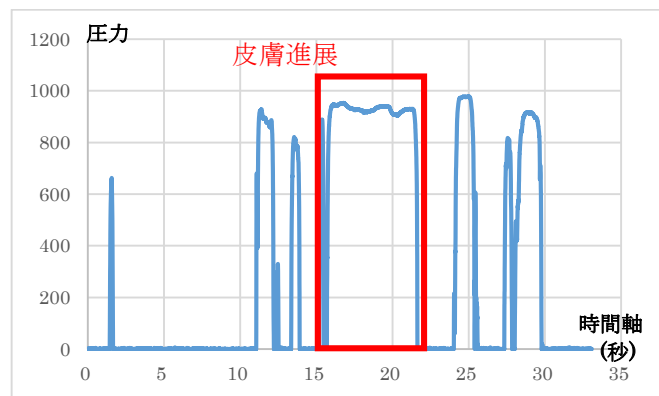


図 10:看護師 ID15 皮膚伸展圧力の変化

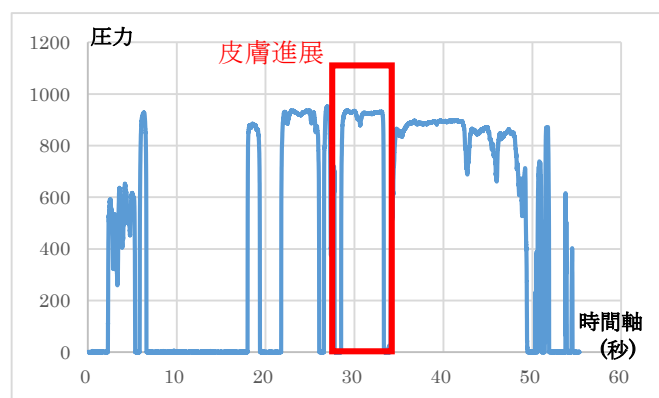


図 11:看護師 ID11 皮膚進展圧力の変化

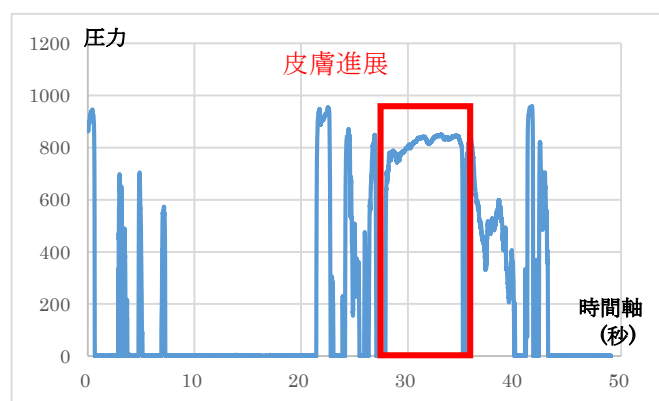


図 12:看護師 ID18 皮膚進展圧力の変化

ラフである。このグラフも先ほどの圧力と同様に、皮膚進展時の視線以外も含まれており、行動や手順の状態も含まれている。なお、丸で囲っている範囲が皮膚進展時の視線の運動範囲である。今回手技全体を通して、皮膚進展時と刺入時の視線の運動範囲は他の手順時の視線の運動範囲に比べて小さい事がデータから確認できた。また、図11, 12に示すように、失敗時の視線の運動範囲が成功時に比べ大きいと言える。図13, 14では両方とも看護師 ID18 の人のものであるにもかかわらず、成功時と失敗時では視線の運動範囲に差が生じた。ことから個人差によるものではなく、全体的傾向と考えられる。今回 19 人のうち、10 人の看護師の視線を対象とし、皮膚進展時または刺入時の視線の運動範囲において、ほかの手順に比べ小さくなるという特徴が今回分析した 10 人全員のデータから確認できた。今回こういった傾向が出たものの、腕モデルに対して、患者の腕との感覚が違い過ぎることを実験後のインタビューで指摘しており、単純な比較は難しいと推察される。今後は腕モデルの妥当性も検討していくと共に被験者、比較回数を増やしていきたい。今後の課題として、今回は「刺入」までの視線の動きの分析を行ったが、「刺入後」の被験者が手技を失敗したと自覚してから視線の軌跡がどうなっているのかを調査する必要がある。

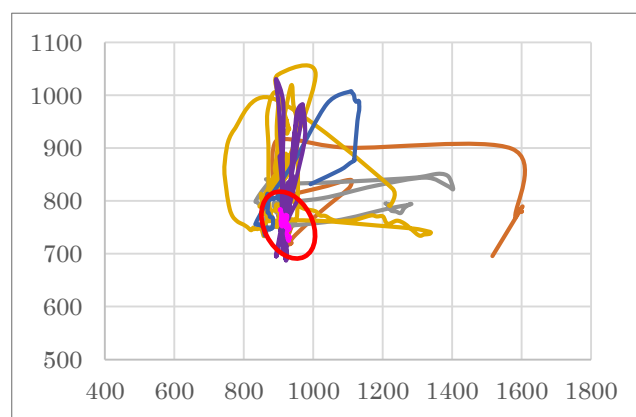


図:13 看護師 ID11-成功 皮膚進展時の視線の運動範囲

5.2 視線の軌跡グラフ

続いて、視線軌跡のグラフを紹介する。図 11, 12, 13, 14 は刺入時までの視線軌跡の散布図（平滑線）グ

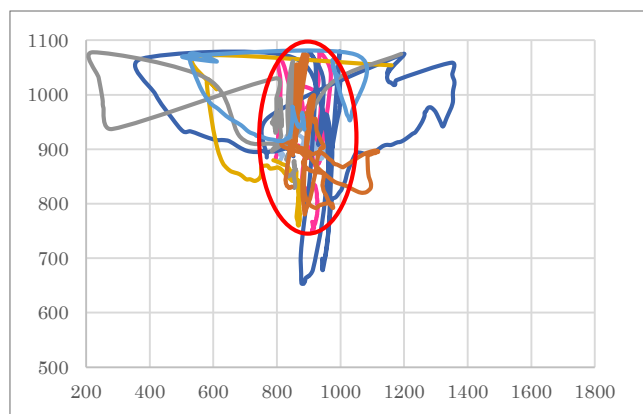


図:14 看護師 ID10-失敗 皮膚進展時の視線の運動範囲

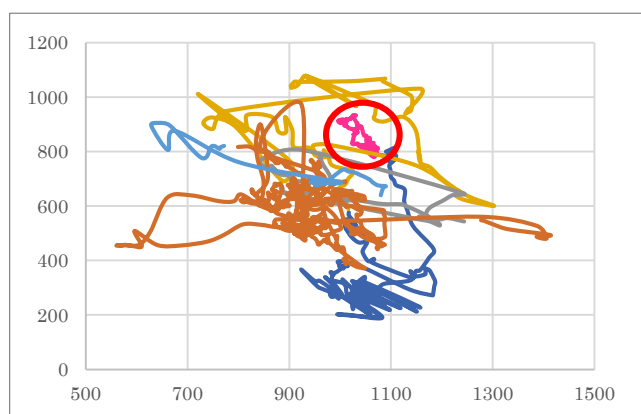


図:15 看護師 ID18-成功 皮膚進展時の視線の運動範囲

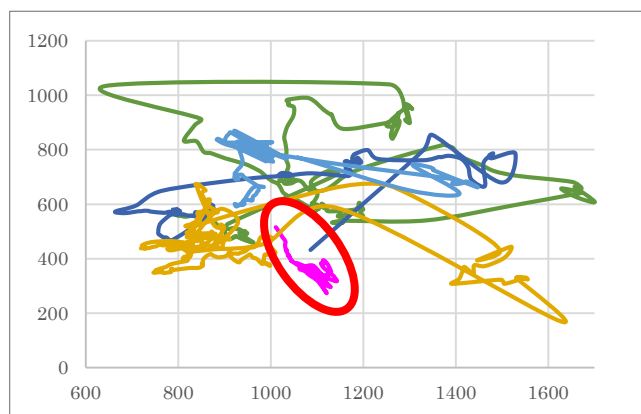


図:16 看護師 ID18-失敗 皮膚進展時の視線の運動範囲

6. 手順の汎用評価システムを目指して

今回の結果から、手順の汎用評価システムの構築に向けて考察を行う。今回分析を行った看護師の結果には、皮膚進展時の圧力において似たような特徴的な形が現れる傾向があった。しかしながら、1回の手技でその形が2回出現する看護師もいる。そのような場合、2つあるうちのどちらが刺入前の皮膚伸展圧力なのか

が断定ができない。そこで、皮膚進展時の視線の運動範囲は他の手順(「駆血帯を巻く」や「血管選定」など)の時の運動範囲に比べて小さい。従って視線皮膚進展圧力と視線軌跡の両方のデータ合わせて使うことで、「皮膚進展」の手順を推定できるのではないかと考えた。手順の推定を行うことができれば、その手順の評価につなげることができる。また、皮膚進展および刺入時の視線の運動範囲において成功時に比べ失敗時は大きくなるという特徴が表れた。これらの特徴は視線のブレに影響していると考え、手技の採点システムの構築を検討するにあたり、これらの特徴において、手技の成功、失敗の大きな判断材料になるのではないかと考える。

7. まとめ

本研究では、採血手技における手順の自動推定を目的とし、センサを活用して採血時の補助手指の圧力と視線の軌跡データを取得し、採血実施時の皮膚進展時における圧力および視線の運動範囲の特徴を明らかにした。その結果として、この2つのデータを複合的に見ることにより、皮膚進展の手順の特定が自動で行える可能性が示された。今後の課題として、「刺入後」の視線の分析なども行い、手順を定量的に評価する方法を検討し、自動評価につなげたいと考える。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19K10808, 19K22774, 17K19845 の助成を受けたものである。研究にご協力いただいた A 病院をはじめ、看護師の皆様に深謝する。

参考文献

- (1) 本臨床検査標準協議会, “標準採血ガイドライン,” (GP4-A3), pp.11 学術広告社 2018
- (2) 佐藤美紀, 大津廣子, 曾田陽子, 西尾亜里砂 “看護師と看護学生の静脈採血時の視線軌跡の違い” 愛知県立大学看護部紀要 (B), vol.17pp, 7-14, 2011.
- (3) 社団法人日本看護協会. 静脈注射の実施に関する指針. 看護 55, 8, pp.69-131, 2003
- (4) 上田直輝, 泉正夫, 真嶋由貴恵, 松田健, 前川泰子: “注射技術における左手指接触力と皮膚進展の相関”, 電子情報

- 通信学会,信学技報 2017-43, pp.11-16,2018.
- (5) 阪田真己子,丸茂祐佳,八村広三郎,崔 雄,吉村ミツ:“日本舞踊における目遣いの定量的分析-アイマークレコーダとモーションキャプチャによる視線と身体動作の同時計測-“,人文科学とコンピュータ研究会,じんもんこん 2005 論文集,pp.9-14,2005.
- (6) 仁科雅治,久米雅,高井由佳:“旗金具製作における打刻と視線の特徴”,Studies in science and technology,pp.23-28,2014
- (7) T.Matsuda and Y.Majima:”Consideration on Feature Extraction of Skill Level by Insertion Angle of Injection Technique”,23rd Int'l Conf on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (Accepted).
- (8) 前川康子,真嶋由貴恵,曾我正人,山田智文”暗黙的看護スキル学習支援を目的とした視線動向の定量化-静脈内注射技術における熟練看護師と看護学生の比較-“,JSiSE Reserach Report, Vol.27,no.7,pp.122-128,2013.
- (9) 金井 Pak 雅子看護のナレッジマネジメントの基礎知識 ナレッジイネーブラーとしての看護師:看護管理,12 (7) ,pp.499-503,2002
- (10) 紺野登 (2002) ナレッジマネジメント入門:39,日本経済新聞社,東京.
- (11) 国藤進,山口高平:ナレッジマネジメントと IT,人工知能学会誌,Vol.16,No.1,pp.42-48,2001.
- (12) 山口公平:知識マネジメントと AI 技術,人工知能学会誌,Vol.22,No.4,pp.461-466,2007.
- (13) 川野 俊充「インダストリー4.0 が実現をめざすデジタル市場:App Store for Machines」 HITACHI, (最終閲覧日:2020年2月13日)
<https://www.hitachisolutions.co.jp/belinda/sp/special/column23/page02.html>
- (14) 吉田悠多郎,松田健,真嶋由貴恵,大谷康介,野口俊樹“注射技術における手指運動の数理的解析と考察”,情報処理学会第79回全国大会,2017.
- (15) 松田健,真嶋由貴恵,前田利之,”手指運動データの特徴抽出による看護技術暗黙知の形式値化に関する考察”,第34回医療情報学連合大会 34th JCMI, pp458-461,2014.
- (16) 松田健,真嶋由貴恵,大谷康介”静脈穿刺置ける血管固定のための圧力データ分析”,第4回 MICT,pp1-3,2018.
- (17) 岡本覚,岩敷弘基,狩野賢二,佐藤直,大和田芽衣子,“Kinect を用いた CPR の手技評価に関する研究”-適用と可能性について-,日本実験力学会,2017
- (18) 玉井臣人,真嶋由貴恵,川野常夫 “採血技術実施時の脳の活動に関する一考察-脳血流量からの視点-”,電子情報通信学会,信学技報 509,pp.11-15,2019