

作業能力指標による定量評価と作業知識提示による 手術看護師トレーニングシステム

Quantitative Performance Indices and Simulator Training System Using Experts' Knowledge for Perioperative Nursing

大和裕幸¹ 稗方和夫² 湊谷洋平¹ 伊関洋³ 村垣善浩³ 中村亮一³ 鈴木孝司³
Hiroyuki Yamato¹, Kazuo Hiekata², Yohei Minatoya¹, Hiroshi Iseki³, Yoshihiro Muragaki³,
Ryoichi Nakamura³, and Takashi Suzuki³

¹ 東京大学大学院 新領域創成科学研究科

¹ Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

² 東京大学大学院 工学系研究科

² Department of Environmental & Ocean Engineering, The University of Tokyo

³ 東京女子医科大学 先端生命医科学研究所

³ Institute of Advanced Biomedical Engineering & Science, Tokyo Women's Medical University

要旨: 本研究では手術介助を行う手術看護師を対象とした、現場作業能力を測る客観的・定量的な指標、及び指標を利用したトレーニングシステムを開発し、それぞれの有効性を検証した。作業能力指標として「外科医の器械要求に対する応答時間」を含む4指標が選定され、現実の手術看護に適用し計測した結果、有効性が示された。開発したトレーニングシステムは、現実の手術ビデオを用い現場と同じ時間的制約を模したトレーニング・シミュレータ、提案した指標を用いた作業評価機能、熟練者から取得した作業知識を利用した教示復習機能からなる。このシステムを現役の手術看護師を被験者として評価したところ、新人・非新人双方から訓練効果について高い評価を得、またシステムによって作業能力評価が行える事を確認した。

1. 緒言

1.1 背景と目的

医療をはじめとした各種産業分野においては、人間の作業に起因する安全上の問題を減らす為、模擬的な環境での教育訓練手法^{[1][2][3]}が多く提案されている。しかし手術看護には有効な模擬環境はなく手術現場にて訓練が行われ、また作業能力を測る客観的定量的な指標^[4]もないため看護教育は熟練者に頼っており^[5]、安全・効率の点で問題がある。

本研究は手術安全と効率性の向上を目指し、手術看護の2大分野の1つである器械出し看護の作業評価及び訓練が可能な模擬環境の構築を目的とする。以下手術現場での作業分析を通した作業能力評価指標の提案、指標を利用した模擬訓練環境の開発と検証について述べる。

1.2 器械出し看護師の作業

Fig. 1は天井から見た手術室の例である。器械出し看護

師は主に手術介助を行う作業者であり^[6]、器械台と呼ばれる台上で手術中に使用する器械の準備・受け渡し・片付け・医療材料の作成等を行う。

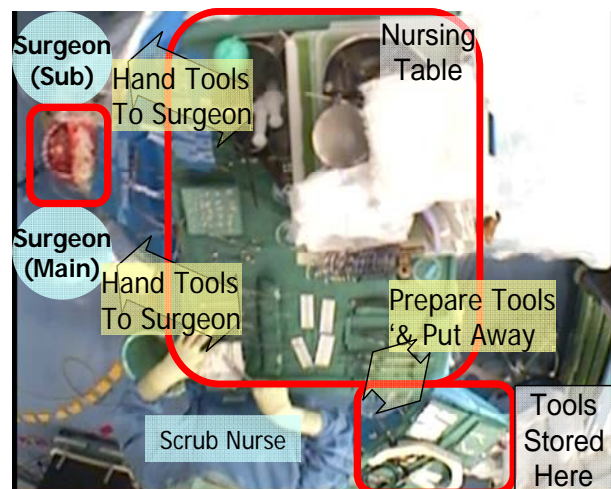


Fig. 1 Scrub nurse task

2. 作業能力指標の提案

熟練看護師へのインタビューから客観的・定量的な指標を選定する。選定された指標を現実の手術看護作業に適用する。指標値計測はFig. 2の様に現実の手術室内に配置したカメラから得た映像を連続稼働分析法^[7]による作業分析にて行い、新人・熟練者間の有意差の有無を統計的検定により示す。

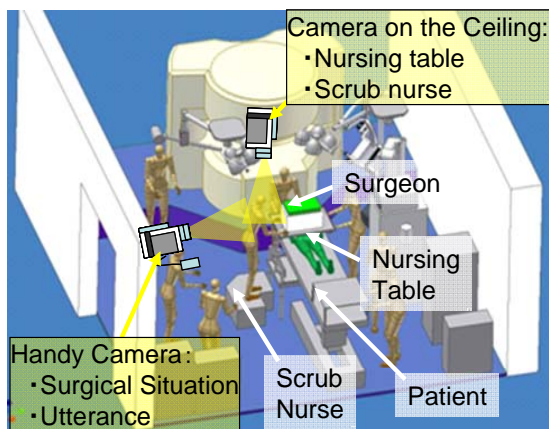


Fig. 2 Videotaping real surgery for analysis

2.1 作業能力指標

「術野を待たせない」、即ち手術の進行を止めない事を第一に作業が行われている事が分かり、その他の意見を参考に以下小節に示した4種類の指標を選定した。現在状況、状況認識、意思決定、作業実行のループで表現される認知プロセスモデル^[8]の、各段階での作業と指標値の関連をFig. 3に示す。下記の選定指標は、現在状況、状況認識、意思決定、作業実行を含めた全段階、の評価に対応している。

2.1.1 応答時間

外科医の器械要求発話の開始時刻から、看護師が器械を手渡した時刻までの時間と定義する。

2.1.2 直近の作業予測率

全器械受け渡し事象のうち、外科医の要求を予測する事ができた割合を直近の作業予測率と定義する。要求発話前に看護師が器械を持って待機している場合に予測ができているとみなす。

2.1.3 作業の優先順位付け間違いの回数

器械要求後に器械準備を開始した場合のうち、応答時間が平均応答時間の2倍を越えた場合を優先順位付け間違いと定義する。

2.1.4 器械台上の器械が一定数を越えた時間

計測実験では器械台の術野側半分領域に置かれた器械数が10を越えた時間として、2分間隔のサンプリング計測を行う。

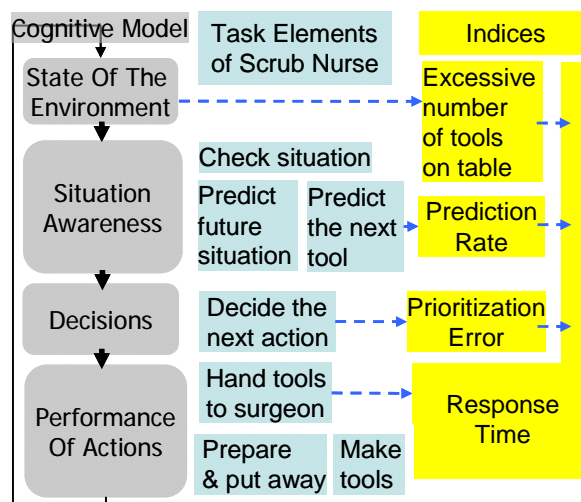


Fig. 3 Connection between tasks and indices

2.2 計測実験結果

新人6名と5年以上の経験を持つ手術看護師5名の手術看護師に対して指標値計測を行った。対象は脳腫瘍(神経膠腫)摘出術^[9]・開頭術の器械出し看護で、作業負荷はすべて同程度である。Table. 1に計測結果を示した。全ての指標値について、統計的検定により2群間で有意な差が認められた。計測の結果を元に作業上の問題点を抽出しビデオ映像と共に示した所、熟練看護師から有効な指摘である、現場で行われる作業復習よりも細やかな確認ができたとの評価を得た。

2.3 計測実験に対する考察

現実の手術において新人群と熟練者群の間で指標値に有意差が見られた事、指標に基づき問題点の指摘が可能な事から、現場作業能力を評価する指標として有効であると考えられる。

Table. 1 Indices results in real scrub nursing

Examinees		Novices (N=6)	Experienced Nurses(N=5)
Response Time	Avg.	5.02 [sec.]	2.97 [sec.]
	S.D.	8.23 [sec.]	2.00 [sec.]
Prediction Rate		26.2%	43.1%
Prioritization Error		5.33	2.20
Time of Excessive Number of Tools		690 [sec.]	324 [sec.]
		/4600[sec.]	/4000[sec.]

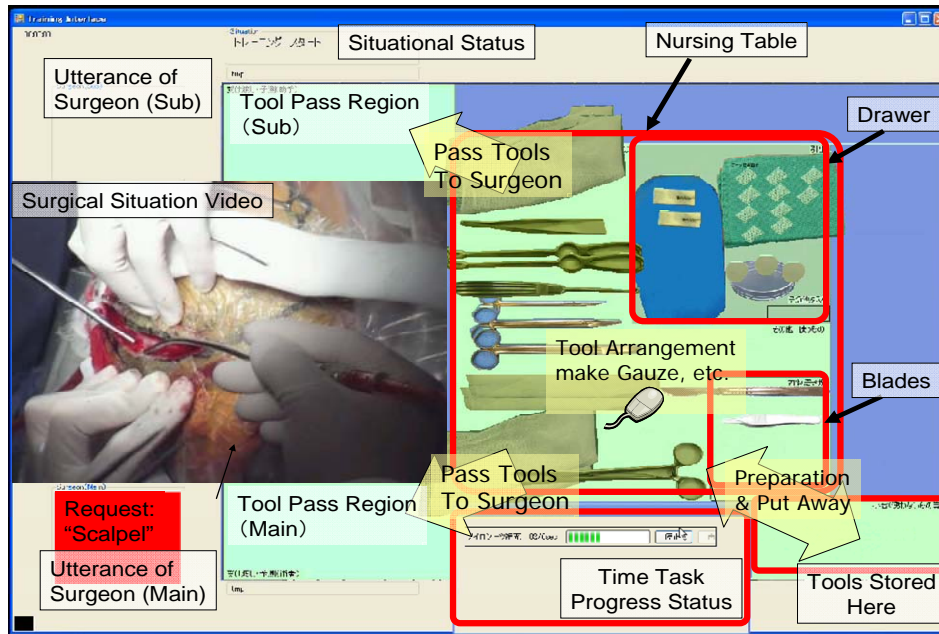


Fig. 4 Training simulator interface

3. トレーニングシステムの開発

新人一人でも作業能力向上を可能とし、また手術看護師の現場作業の感覚を取り戻す為の予習を可能にする事を目的としたトレーニングシステムを開発した。Fig. 5に示したとおり、システムはトレーニング・シミュレータ (Fig. 4)、作業評価・復習機能 (Fig. 7・Fig. 8)、その他模擬環境構築を容易にする管理機能からなる。

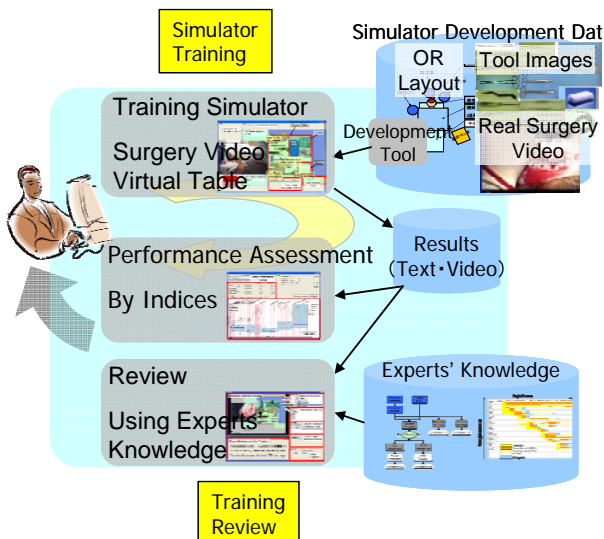


Fig. 5 System overview

3.1 トレーニング・シミュレータ

PC上で動作し、マウスで操作する。現実の手術映

像を用い、現場と同じ時間的制約の中での訓練を実現している (Fig. 4)。ビデオ表示される手術の進行に合わせて器械の要求がなされ、訓練者はそれに応じて模擬器械台上で器械の準備・片付け・器械手渡しを行う。作業分析を行って作業能力指標と要素作業を関連付けたモデル化を行い、必要な要素作業を模擬している。

シミュレータ上では予め器械を渡すタイミングと、応答の猶予時間が定められている。猶予時間中に応答できない場合、ビデオが停止し、手術の進行停止を模擬している (Fig. 6)。訓練者は現実の作業と同じ様に、なるべく手術を止めないことが求められる。

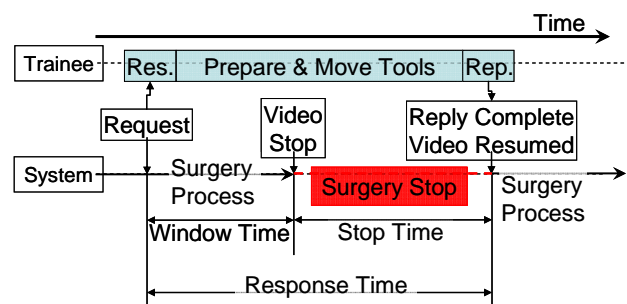


Fig. 6 Surgery stop

3.2 作業評価機能

模擬訓練の作業評価表示画面には、指標値と、その時間変化のグラフが表示される (Fig. 7)。システムは作業を映像及びテキストデータとして記録する

が、作業記録データから作業能力指標を算出し、これにより作業評価が可能である。システムによる指標値の計測方法は前章の定義に従うが、直近の作業予測率の計測についてはシステムの制約から、応答時間が0.5秒以下であった場合を予測ありとみなす。

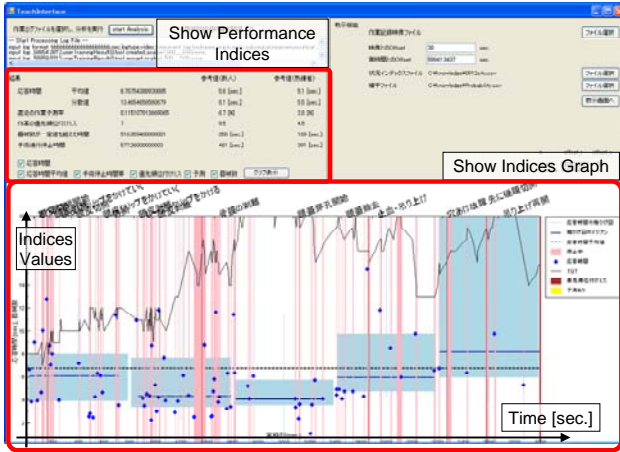


Fig. 7 Training simulator interface

3.3 作業知識を利用した復習機能

Fig. 8に復習機能の画面を示す。作業能力指標から作業中の問題点を抽出し、熟練者から収集した作業知識を利用して解決案を自身の作業映像と合わせ提示する。これにより訓練者が自身の作業を熟練者に頼らず復習することができる。

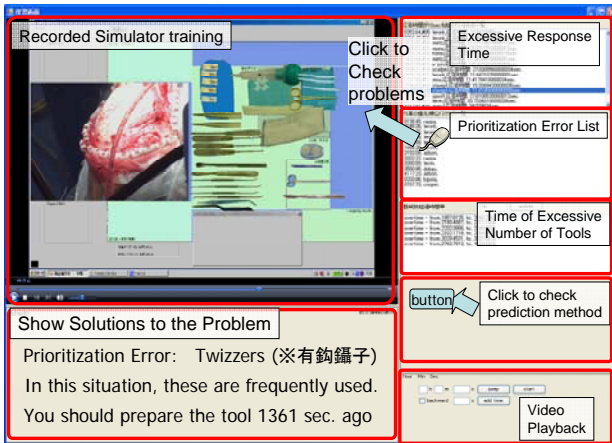


Fig. 8 Simulator training review interface

3.3.1 作業知識

熟練者から収集した知識は、(a)「手術の各工程における器械の使用頻度・準備片付けのタイミング」及び (b)「状況遷移の予測方法」である。それぞれ7年以上の経験を持つ熟練者について、作業映像を

用いインタビューを行い、それぞれ Matrix・Network Diagram の形に整理した。(a)を元にシステムが自動的に改善案を導出する。(b)は訓練者に閲覧させる事で、作業予測方法を習得させる。

Fig. 9は、(a)の例である。行方向に手術の工程、列方向に器械が記され、各セルの白、黄、橙、薄黄、薄青が、それぞれ使用無し、準備期間、高頻度、低頻度、片付け期間、に対応する。

Fig. 10に (b)の予測方法の例である。青が現在の作業、灰色が現在の次に起こりうる事象、緑が判断を表す。

	Drape	Ope. Start	Scalp Dissect	Scalp Clip	Scalp Avulsion	Periosteal Avulsion	Scalp Inversion	Pre. Cranial Perforation
0 Scalpel	0		0.9	0.3	0.3	0.3		0
1 Raspa	0				0.9	0.9	0.3	
2 Lenin	0			0.9	0.3	0.3	0.3	
3 Lenin w/Clip	0			0.9	0.3	0.3		0
4 Bipola	0		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
5 Monopola	0	0	0		0.9	0.9	0.3	0.3

Fig. 9 Probability of tool use and tool preparation and put away timing

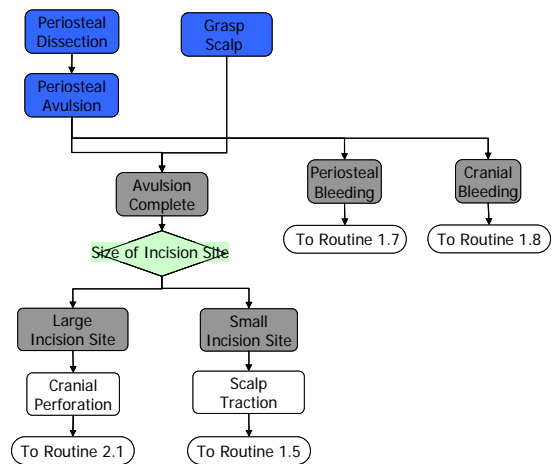


Fig. 10 Prediction method

3.4 模擬環境の構築機能

模擬環境の構築には、器械の画像、シミュレータ及びイベント抽出に必要な手術ビデオ、手術環境のレイアウト情報、の3つのデータが必要である。これらは全て病院内で取得可能な情報である。管理機能を利用する事でこれらのデータを用いて容易に模擬環境を構築することができる。また、複数の症例に対応する事も可能となっている。



Fig. 11 Construction of training simulator

4. システム評価実験

4.1 評価方法

新人手術看護師 4 名と 3 年以上の経験を持つ手術看護師 2 名を被験者としたユーザーテストを行った。評価項目は (a) シミュレータ及び復習機能の訓練効果、(b) シミュレータの使いやすさ、(c) シミュレータ及び作業評価指標値の現実環境との一致具合とし、アンケートによる主観評価と、(c) の指標値については新人群と非新人群で比較を行った。実験に使用したシナリオは脳腫瘍摘出術の開頭術 (60 分間) である。

4.2 実験結果

両群の被験者から訓練効果について高い主観評価を得た (Fig. 12)。また「判断の訓練になる」「手術本番の前日に使いたい」などの意見も得た。看護学生への訓練効果は比較的低い。ユーザビリティについては器械の移動、準備と片付け、状況確認の項目でやや評価が低い。現実との類似について、現実の作業の方が困難との評価が得られた。

また自由回答にて、作業能力指標に基づき抽出された問題点の指摘が正しい事、熟練者の作業知識を用いた改善案の提示が可能である事を確認した。自身の作業中の映像を確認しながらの復習が有効であるとの意見を得た。

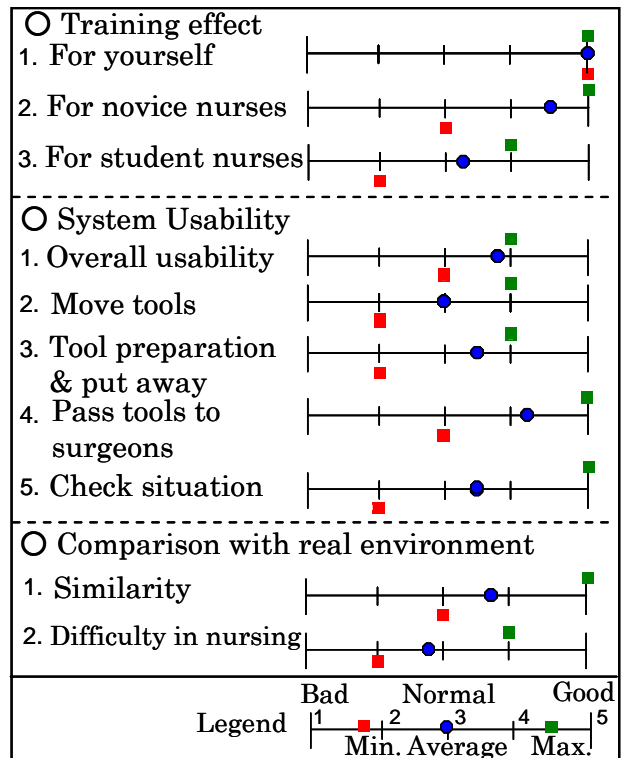


Fig. 12 Nurses' assessment of the system

指標値比較 (Table. 2) について述べる。応答時間が 2 群でほぼ差がなく、また熟練者の応答時間は現実値の 2 倍近い値となっている。また予測率は新人の方が高く、また現実値よりも著しく低かった。これら以外の値については、熟練者が新人よりも良い値を示した。

Table. 2 Indices results in simulator training

Examinees		Novices (N=4)	Experienced Nurses (N=2)
Response Time	Avg.	5.6 [sec.]	5.1 [sec.]
	S.D.	8.1 [sec.]	5.5 [sec.]
Prediction Rate		6.7%	2.8%
Prioritization Error		9.5	4.5
Time of Excessive Number of Tools		350 [sec.] /3600 [sec.]	169 [sec.] /3600 [sec.]
Stop Time		461 [sec.] /3600 [sec.]	391 [sec.] /3600 [sec.]

5. 考察

5.1 本システムの訓練効果について

本システムのトレーニング・シミュレータと復習

教示機能により新人は自身の作業能力を向上させ、経験の乏しい手術看護師が現場にて手術看護を行うという危険を低減できると考えられる。また予習環境としての利用によって、経験の少ない症例の訓練も可能となり、現場での作業効率を向上させる事ができると考えられる。

5.2 ユーザビリティについて

器械の移動がしにくいとの評価を得たが、シミュレータ上の器械の拡大表示・入力デバイス変更により解決できると考えられる。

5.3 システムによる作業評価について

新人の方が高い予測率を示したが、新人の一部に設計仕様上予期しない不適切な操作を行った例があり、この影響を排すと両群の予測率の差異はなくなった。また、応答時間についても差異が見られなかった。

応答時間は Fig. 3 の認知プロセスの全段階を評価する指標であるため、応答時間に差がないのは予測率に差がないこと、及び作業実行の仕様に問題があるためと考えられる。

5.3.1 予測率の問題

予測に必要な状況情報が不足している点が問題であるとの指摘を脳外科医及び手術看護師から得ており、手術ビデオを看護師視点から撮影し、撮影範囲を拡大し、発話を抽出することで予測に十分な情報が得られ、予測能力の差異を図ることが可能になると思われる。

5.3.2 作業実行の仕様

器械の準備・片付けが行いにくい事によるものと思われる。これは熟練者ほど器械の出し入れが頻繁であり、この影響を強く受けていると考えられる事による。機能の改善が必要である。

6. 結言

「応答時間の平均値及び標準偏差」他 3 つの指標が、手術現場における作業能力の指標として有効であることを示した。

現場の作業と同じ時間的制約の下での訓練が可能なトレーニング・シミュレータと、作業能力指標を利用した作業評価・問題点抽出・改善案提示機能を持つ、器械出し看護のトレーニングシステムを構築した。新人看護師の作業能力向上や、現場での器械出し看護の予習環境として有効であることを確認した。提案指標値を利用した作業評価は、予測率及び

応答時間以外の指標によって可能である。

予測率については手術ビデオの撮影視点及び範囲を変更する事で、応答時間については上記予測率の問題と器械の取り出し、片付けの仕様改善によって計測が可能になるとの知見を得た。

これらの知見を基にしたシステム改善による信頼性向上が課題である。また更なる改善によってシミュレータを作業プロセス改善に利用する事も可能になると思われる。

謝辞

東京女子医科大学の大学・病院関係者の方々にデータ提供及び被験者実験についてご協力いただいた。関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] R. Kneebone. Simulation in surgical Training, Medical Education, 37, pp.267-277. 2003.
- [2] R. Aggarwal, K. Moorthy, A. Darzi. Laparoscopic skills training and assessment, British Journal of Surgery, 91, pp.1549-1558. John & Sons Ltd., 2004.
- [3] J.A Allen, R.T. Hays, L.C. Buffardi. Maintenance training simulator fidelity and individual differences in transfer of training, 28(5), pp.497-509. Human Factors & Ergonomics Society, Inc., 1986.
- [4] K. Moorthy, Y. Munz, A. Dosis, F. Bello, A. Darzi. Motion analysis in the training and assessment of minimally invasive surgery, Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies, 12, pp.137-142. Taylor & Francis Health Sciences, 2003.
- [5] 永井則子. プリセプターシップの理解と実践. 日本看護協会出版会, 2006.
- [6] Association of periOperative Registered Nurses. <http://www.aorn.org> .
- [7] (ed.) B. Kirwan, L.K. Ainsworth. A guide to task analysis, pp.53-58. Taylor & Francis Ltd., 1992.
- [8] M. Endsley. The Role of Situation Awareness in Naturalistic Decision Making. pp.269-283. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1996.
- [9] (編) 山浦晶. 脳神経外科学体系 3 基本手術手技 解剖・麻酔. 中山書店, 2006.