

氏名（本籍）	濱口 淳（神奈川県）		
学位の種類	博士（医療科学）		
学位記番号	博乙第43号		
学位授与年月日	平成30年3月13日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
学位論文題目	医療機器に関するシミュレーション教育・訓練についての基礎研究		
論文審査委員	主査	東亜大学大学院	客員教授 高上 僚一
	副査	東亜大学大学院	教授 山田 寛
	副査	東亜大学大学院	教授 佐藤 陽子

## 論文内容の要旨

生命維持管理装置は、疾患の治療や回復を管理するうえで重要な機器であり、現代の医療に欠かせない。また、患者の生命に直結することが多く、取り扱いには十分注意が必要で、かつ熟練を要する。このような特性を持つ生命維持管理装置の取扱いにおいて、医療事故が発生しているという現実がある。生命維持管理装置に関する医療事故防止への取り組みについては数多くの報告があるが、臨床現場において主に取り組まれていることとして、医療従事者への教育や訓練が挙げられる。医療従事者への教育・訓練において、特に人材育成の点では、実践力を備えた医療従事者の育成が大きな課題となっている。臨床での技術を十分に修得した人材を育成することは、臨床現場では決して容易ではなく、どのような教育・訓練方法が患者の安全を確保するために最も効果的か、教育・訓練の評価方法も含めて検討する必要がある。米国の医療の質委員会が1999年に発表した「To Err is Human」では、学習を支援する環境を作り出す手法として、可能な限りシミュレーションを活用することを挙げている<sup>1)</sup>。また、阿部は個人のみでなくチームでの訓練（トレーニング）が重要であり、臨床に近い状況で行うこの訓練（トレーニング）が、シミュレーション教育の中で重要になるとしている<sup>2)</sup>。

このような社会的背景から、本論文では医療機器の操作者に対するシミュレーション教育・訓練に着目し、(1) 操作者個人の機器操作における問題および問題要因の分析方法を提案し、実験的検証例から教育・訓練に必要な要素を抽出した。また、(2) 医療チームについては、新たに考案したシミュレーション教育・訓練手法の実践例から、本手法の有効性について検討した。

#### (1) 操作者個人の教育・訓練の手法について

生命維持管理装置である人工呼吸器のアラームに対する操作者の対処行動についてシミュレーション実験を行い、個人の状況判断が対処行動にどのように関与するかを検討した。同時に、これらのシミュレーションの中で、実際に操作者がアラームにどのように対処をするかを行動パターンから調査し、その時の思考過程の違いから教育・訓練に必要な要素について考察した。

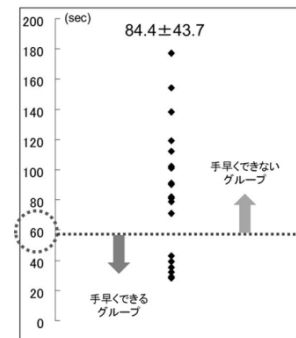


図1. 実験参加者の対処時間

対象者は集中治療室に勤務する看護師13名、救急患者室に勤務する看護師6名で、シミュレーションによる個人の対処時間を調査したところ、平均対処時間は  $84.4 \pm 43.7$  秒であった(図1)。この結果から、60秒付近を境にして手早く対処できるグループ(PG)とそうでないグループ(IG)に明らかに分かれた。このように参加者個人の対処時間にばらつきがあることから、各グループについての行動パターンと発話データをプロトコル分析に基づいて取得し分析した。

Rasmussenの行為の3段階モデル(SRKモデル)をもとに対処時間のばらつきについて考察した。IGの対処時間が長くなる理由としては、単純に不慣れた操作者がナレッジベースの行動レベルであるということだけでなく、ナレッジベースの行動を繰り返しているためであると考えられた(図2)。つまり、原因を同定する作業を繰り返しているために時間がかかってしまっていることが明らかになった。一方、PGはルールベースの行動において、アラーム発報の原因と実施すべき対処が理解できている(状態と作業の合致)ため、繰り返し行動もなく、出題した実験課題のレベルに沿った対処時間となると考えられた。ルールベースの行動における認知のところで、なぜIGとPGの行動が異なってしまうのか明らかになっていないことから、発話データを基に思考過程について検討し、認知的な観点から行動パターンの違いについて考察した。

図2. SRKモデルにおけるIGの行動パターン

原因を同定する際に「状況に必要な判断」、今回の検証実験では「換気量警報が鳴っている状況で換気量が保たれているかどうか確認する」という判断をしているか否かが、ルールベースの行動に移行するか、ナレッジベースの行動を繰り返すかといった参加者の対

処行動に影響を及ぼしていることが考えられた。アラームの原因の知識がないからではなく、判断（既得の知識を結びつける思考）ができていないことが、参加者ごとの手順の違いを発生させ、対処行動などの結果に影響を与えていると考えられた。

そこで、PGの対処行動のながれを基にした状況判断を示すガイダンス画面を作成し、作業中に利用することで、対処行動がどのように変化するかを検証した。

平均対処時間は42±5.7秒であった。IGのガイダンス画面を使用しない場合で比較した結果、有意な差が認められた ( $p < 0.01$ , Welch's t test)。ガイダンス画面を用いるほうが対処時間は早くなる結果が得られた。対処時間が早くなったものの、その理由については対処時間の結果だけでは分からない。そこで、ガイダンス画面に従うことが行動パターンをどのように変化させ、またガイダンス画面が行動のどの段階に影響しているのか、その理由を明らかにするためにSRKモデルで検討した。

ガイダンスを用いて行動することで、アラームの認知後、思い付きによる原因の同定がなくなり、ナレッジベースの行動への移行が見られなくなった（図3）。状況と作業が合致し、ルールベースの行動に近づけることができたと捉えられた。

原因の同定にはいくつかの判断するべきことがあり、これらを正しい順序で判断できることが、対処時間の短縮に繋がっていると解釈できた。

発話内容から思考過程を考察すると、原因の同定にはいくつかの判断するべきことがあり、これらを正しい順序で判断できることが、対処時間の短縮に繋がっていると考えられた。

これまでに述べてきたことから、既得の知識を状況に合わせて活用するためには、適切な状況判断が重要であることがわかる。操作者には、基本的な手順を会得させることに加えて状況判断するポイントを知識として会得させておくことが肝要である。それらを認知的スキルとして定着させるために検証実験のようにシミュレーション形式で実践して訓練することがスキルの獲得に有効であると考えられる。

以上より、アラーム発報時のような緊急時の対処行動について、以下のように結論づける。

1. 原因を同定するための探索手順を標準化する。

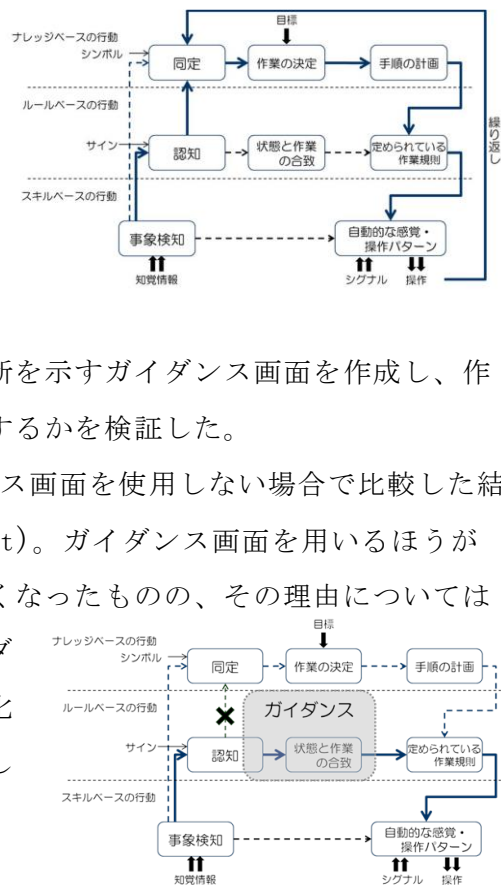


図3. SRKモデルにおけるガイダンス画面を用いたときのIGの行動パターン

2. 探索過程において状況判断のポイントを明確にする。
3. 推論で探索するのではなく、思考して状況判断する認知スキルを会得することが重要である。
4. 1 から 3 を踏まえたシミュレーション状況下での訓練が望まれる。

#### (2) チーム医療における教育・訓練の手法について

チーム医療におけるシミュレーション教育・訓練の例として、チーム医療の代表ともいえる心臓外科領域をテーマに、新たに試みた訓練方法（クロストレーニング）を実施し、その訓練の効果と展望について論ずる。本研究では、主に臨床工学技士の業務となる体外循環装置の基本操作を看護師が体験するクロストレーニングの実施およびその参加者アンケートの分析結果から、シミュレータを用いたチームダイナミクス手法の導入による体外循環のクロストレーニングが、メンバー相互の業務に対する本質的な理解の向上にもたらす効果を検討した。

アンケート調査結果の学術利用および匿名による公開の口頭による説明に同意した、手術室看護師54名を対象として、研修およびアンケート調査を実施した。研修の内容は座学による体外循環の基礎および実技による体外循環の基本操作とした。実技終了後に振り返りを実施した。振り返りでは、実技中の録画記録を再生し、体外循環中の手技やトラブル時の対応を自ら観察するフィードバック手法を適用した。

振り返り終了後、研修内容が業務に役立つかどうかについて、5段階評価および自由記述によるアンケート調査を実施した。

アンケートの結果は、94%の参加者（54人中51人）がシミュレータによるクロストレーニングが業務に役立つと答えた。役に立たないと答えた参加者はいなかった。自由記述の回答者数は44名であった。

自由記述の分析はGrounded Theory Approach（以下GTA）のオープンコーディングに基づいて行なった。描出されたプロパティおよびディメンションから、

1. チームメンバーの業務への意識・興味を持つ
2. チーム医療やコミュニケーションの重要性への気づき
3. 自らの役割への応用
4. 基礎の学習・深まり

の4つのラベルを抽出した。各ラベルの回答者数を図4に示す。チームを意識した記述が多数あることを考慮するとチーム医療への意識付けに効果があると考えられた。シミュレータを用いたクロストレーニングでは、個人差はあるが他職種の業務について、既得の知識以上に理解が深まったと実感した参加者が多数であることが確認できた。

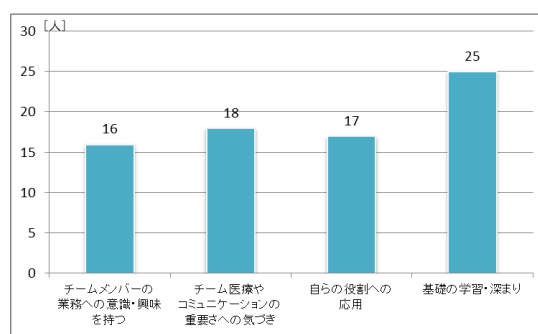


図4. ラベルごとの回答者数

抽出したラベル同士の関係について考察した(図5)。クロストレーニングにおいて、チームメンバーの持つ知識や技能を体験して獲得することと、チーム内での情報共有によるメンバーとの関わりという観点から、縦軸に知識・技能理解の指標となる「基礎と応用」、横軸に他者との関わりという観点から、縦軸に知識・技能理解の指標となる「自己とチーム」の2軸を設定した。ラベル同士の関係は知識・技能理解と他者との関わりという2軸で示す関係にあることが分かった。

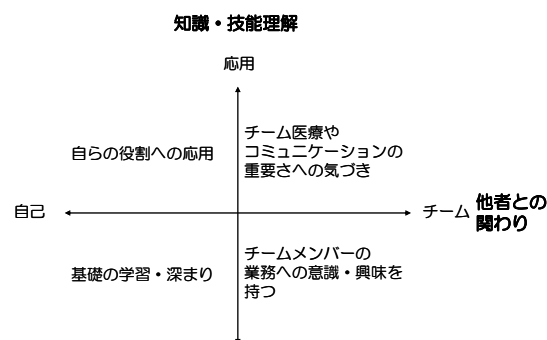


図5. ラベル同士の関係図

トレーニングの心理的な効果のような主観的な評価は、定量的に表すことが困難である。一方、作業時間および作業成績の変化などの定量的な技能評価指標からは、どのような理由でその変化が起きたのかは必ずしも明らかにならない。このため著者らは定性的データの分析の重要性に着目し、アンケートでは、実際に受けた体外循環のクロストレーニングが今後の業務に役立つかどうかを問い、その答えに対する理由を自由記述で回答してもらい、記述内容をGTA分析した。今回実施したクロストレーニングは、カークパトリックの論ずるトレーニング効果のレベル1の研修満足度調査の段階である。本手法を継続し、今後はレベル2(学習到達度)、レベル3(行動変容度)、レベル4(成果達成度)についての評価を行なうことで、より詳細なトレーニングの効果が明らかになると考えられた。

さらに、4つのラベルの認知心理学上の意味について、状況認識(Situation Awareness: SA)の観点から考察した。自由記述から抽出した4つのラベルは、Endsleyが示した状況認識の情報源図に、新たに4つのベクトル①～④の必要性を指摘するものであると考える(図6)。

このように、クロストレーニング手法は、既得の知識に対する理解だけでなく、他職種に対する理解が深まり、自らのスキル向上や業務視野を広げる契機を提供することができると考えられる。また、SAの向上や意思決定過程の改善に役立つトレーニング方法であることが示唆された。

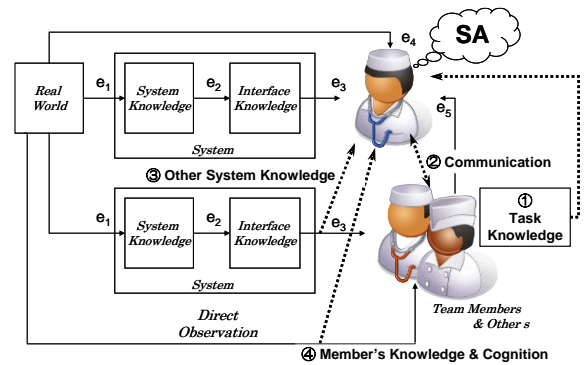


図6. クロストレーニングによって追加される状

況認識の情報源と情報の流れ

本論文では、(1) 操作者個人の教育・訓練の手法において、緊急時の対処行動について行動パターンと思考過程から分析した。手順の標準化や状況判断のポイントを明確にすることが重要で、シミュレーション状況下での訓練が必要であることを述べた。さらに(2) チーム医療における教育・訓練の手法では、新たに考案したクロストレーニング手法が、既得知識の理解だけでなく他職種への理解が深まり、業務に対する視野を広げるきっかけとなることが判明した。さらにSAの向上や意思決定過程の改善に役立つトレーニング方法であることが示唆された。

現在の医療において医療機器は欠かせない。医療機器を扱うスタッフがより安全に、正確に操作することに加えて、有事の際に的確に対応できるようにするためには、日々の訓練は必須である。しかし、ただ単に技術の研鑽に励むだけではなく、次のような段階を踏んで教育・訓練を実施するべきと考える。

1. 個人において状況判断を含めた対処行動をシミュレーション状況下で訓練
2. クロストレーニングによりSAの技能を向上させる

これにより、チーム医療を意識した系統的なシミュレーション教育・訓練のプログラムが構成されると考える。

#### 参考文献

1) Linda T. Kohn, Janet M. Corrigan, and Molla S. Donaldson. 2000. TO ERR IS HUMAN: Building a Safer Health System. Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine.

2) 阿部幸恵. 2012. 医療におけるシミュレーション教育. 日集中医誌, 23, 13-20.

# 論文審査の結果の要旨

本論文は医療機器に関するシミュレーション教育・訓練について、その手法および有効性を検討し、必要な要素を明らかにした研究報告である。近年、医療従事者への教育・訓練において、実践力を備えた医療従事者の育成が大きな課題となっている。どのような教育・訓練方法が患者の安全を確保するために最も効果的か、評価方法も含めて検討する必要がある。本研究では医療機器の操作者に対するシミュレーション教育・訓練に着目し、操作者個人の機器操作における問題および問題要因の分析方法を提案し、実験的検証例から教育・訓練に必要な要素を抽出した。また、医療チームについて、新たに考案したシミュレーション教育・訓練手法の実践例から、本手法の有効性について検討した。以下、研究項目ごとに要約する。

## 4.1 人工呼吸器のアラーム発報時における操作者（個人）の行動分析と思考過程分析に関する研究 —現状を把握するための検証（検証実験1）— （第1部第2章）

集中治療室に勤務する看護師19名を対象として実験的に検証した。対処時間の結果からIGとPGにグループ分けして、各グループについての行動パターンと発話データをプロトコル分析法に基づいて分析している。IGはSRKモデルにおけるナレッジベースの行動を繰り返しており、対処に時間を要していることが明らかにされている。また、状況判断ができていないことが対処行動などの結果に影響を与えていることを明らかにしている。

## 4.2 人工呼吸器のアラーム発報時における確認項目のガイダンスに関する研究

### —教示を与えた場合の行動および思考過程分析（検証実験2）— （第1部第5章）

PGの対処行動のながれを基にした状況判断を示すガイダンス画面を作成し、作業中に利用することでIGの対処行動がどのように変化するかを検証している。ガイダンスを用いて行動することで、思い付きによる原因の同定がなくなり、ナレッジベースの行動への移行が見られず、ルールベースの行動を取ることが確認された。原因の同定にはいくつかの判断すべきことがあり、これらを正しい順序で判断できることが、対処時間の短縮に繋がっていると思過程分析から明らかにされている。

アラーム発報時のような緊急時の対処行動について、以下のように結論づけている。

- ① 原因を同定するための探索手順を標準化する。
- ② 探索過程において状況判断のポイントを明確にする。
- ③ 推論で探索するのではなく、思考して状況判断する認知スキルを会得することが重要である。

④ ①から③を踏まえたシミュレーション状況下での訓練が望まれる。

#### 4.3 手術室チームを対象としたシミュレーション教育・訓練についての研究 (第2部)

チーム医療におけるシミュレーション教育・訓練の例として、チーム医療の代表ともいえる心臓外科領域をテーマに、新たに試みた訓練方法(クロストレーニング)を手術室に勤務する看護師54名に実施し、その訓練の効果と展望について論じている。Grounded Theory Approachに基づく分析から4つの項目(①チームメンバーの業務への意識・興味を持つ、②チーム医療やコミュニケーションの重要性への気づき、③自らの役割への応用、④基礎の学習・深まり)についての効果が明らかにされている。また、既得知識の理解だけでなく他職種への理解が深まり、業務に対する視野を広げるきっかけとなることが示されている。さらにSAの向上や意思決定過程の改善に役立つトレーニング方法であると結論づけている。

#### 5. 本論文の評価

[人工呼吸器のアラーム発報時における操作者の行動分析と思考過程分析に関する研究]に関して主にApplied Human Factors and Ergonomics International学会の論文誌に掲載され高く評価された。

[人工呼吸器のアラーム発報時における確認項目のガイダンスに関する研究]に関して主にPan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics学会の論文誌に掲載され高く評価された。

[手術室チームを対象としたシミュレーション教育・訓練についての研究]に関しては医療職の能力開発誌に掲載されその新規性が高く評価された。

#### 6. 公聴会の結果

本論文に関する公聴会は、平成30年2月15日に審査委員、公聴会参加者などの出席を得て開催された。論文提出者は、論文の背景と骨子、実験方法、解析法および結果などを約1時間で説明し、その後、参加者から質問とコメントなど活発な討議がなされた。これらに対して、論文提出者から適切な説明と明確な回答があった。

また、公聴会終了後、専攻授業科目(医療機器システム特論Ⅰ、医療機器システム特論Ⅱ、生命科学特論Ⅰ)および外国語(英語)の試問をおこない、すべての科目で合格した。

以上から本論文は博士(医療科学)の学位を授与するに値するものと認める。

以 上