

医療機器の警報装置と運用状況についての検討

A Study of Operational Status and Alarm System for Medical Devices

○ 星 善光 (都立産業技術高等専門学校)

Yoshimitsu HOSHI

Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

Abstract: Many medical equipments with alarm-system installed in hospitals. These devices are essential to prevent medical accidents. But, in fact, many operators could not deal with alarm due to overload alarm. As a result, medical accident has occurred. In this study, we focus on examples of nurse call, and we tried to analyze the operation-log of nurse-call. We reported results for the nurse call. In particular, focused on the overload alarm.

Key Words: medical alarm system, cry-wolf, nurse call, reliability

1. はじめに

医療事故を防ぐために、医療機器や病室等に様々な種類の警報装置が設置されている。警報装置が有効に働くためには、警報装置が正しく動作するだけでなく、発せられた警報に正しく対処することが重要である。しかし、現実には様々な要因により警報に正しく対処できない場合があり、結果として事故を防ぐことができなくなる。本研究では、警報への対処を警報に対する信頼度という概念に基づいて検討をし、警報への正しい対処を促す工夫について検討する。

2. 医療機器の警報に関する問題

医療従事者に対するアンケートによると、3割以上の従事者が警報装置に関するニアミス（ヒヤリハット事例）を経験している。ニアミスの主な原因は、警報をオフにしていた、警報慣れ、警報が聞こえなかった、対応遅れなどである。警報装置の満足度も60～70%程度と低く、その結果として警報装置への信頼度が低くなり、警報をオフにする、警報が発せられても無視する・適当に対応する、警報に関係なく行動するといったことが生じている。

3. 警報に対する信頼度

3-1 警報無視と警報に対する信頼度

警報に対処すべき人がこのような行動をとる理由として、日常的にこの警報を適当に扱っても問題が起きないことが挙げられる。警報が発せられても危険な状態でないことが連続して発生すると、警報を無視したり適当に扱っても問題が発生しない。

つまり、適切な運用のためには「警報装置」が「操作者・利用者」に信頼されていることが重要であり、「操作者・利用者」と「警報装置」の信頼関係について検討し、信頼度の低下しにくい警報装置を検討することが重要である。

警報を無視する状況を引き起こす要因としては、虚報、警報過多等が考えられる。警報が信頼されなくなると警報無視が発生する。我々はこの状態を対警報信頼度という概念を用いて検討している。

3-2 操作者・機器・警報装置の関係モデルの概要

警報無視を検討するために、警報を無視する可能性のある「操作者」と警報を発する「警報装置」、さらに警報装置を備えている「機器」を要素として定義し、「操作者」が「警報装置」から警報を受け取り、対警報信頼度に応じて対処行動を変化させるとした。

3-3 各要素の概要

本モデルには要素が3つ存在し、モデル全体のうち、操作者以外の部分を、警報装置本体を示す「警報装置」と、センサ等も含む警報装置以外の機器全体を示す「機器」として単純化した。操作者は認知、行動など全てをまとめて「操作者」とした。

モデルにおいて、操作者は機器に対して指示を与えて機器を動作させる。機器が制御対象に対して働いた動作の結果は機器へ戻され、警報装置を介して操作者へフィードバックされる。このとき、フィードバックされた情報を受け取る操作者は、最初の操作者と同一でも、他者でも構わない。操作者は、機器の状態を直接的に知ることはできず、警報装置からの信号を頼りに機器の状態を推定する。

モデルの各要素にはそれぞれ2つの状態を定義し、各要素がどちらの状態であるかは確率により定義される。状態を決定する変数には様々な関数を充てられるが、本論では、基礎的な検討を行うために、機器の故障率の時間変化など、確率が時間的に変化することは想定せず、状態を決定する確率は、初期条件で一定とする。

3-4 対警報信頼度

要素「操作者」に対して定義される状態は、「警報装置を信頼している状態」と「警報装置を信頼していない状態」の2状態とする。この要素に割り当てられる確率変数は、2状態のうち「警報を信頼している状態」が発生する確率を表す。この定義により操作者の状態を表す確率変数は「操作者の警報に対する信頼度」と同等になる。ここで、信頼度について簡単に説明する。

機器に対する操作者の信頼度には、大きく二つ存在する。一つは、機器本体に対する信頼度であり、もう一方は機器の警報装置（表示装置）に対する信頼度である。前者は機器本体の故障率に基づいて操作者が推定する確率。例えば、頻繁に誤作動を起こす機器に対しては、機器本体への信頼度が低くなる。この信頼度が低いと操作者は動作結果を信頼できず、頻繁に確認作業をするようになる。後者は警報装置の故障率に基づいて推定される確率である。例えば、機器が壊れていないにもかかわらず警報が作動する「誤報」が頻繁に発生すると、警報装置に対する操作者の信頼度は低下し、警報装置を無視するようになる。一方、警報装置に対する信頼度が高いと警報を信頼しすぎるため、誤報にも、見逃しにも気づかなくなる。

機器本体に対する信頼度は動作結果に基づいて決定されるが、動作結果のフィードバック機器が警報装置だけの場合、あらかじめ与えられている機器の故障率のみで機器本

体に対する信頼度は決定される。

3-5 機器・警報装置の状態

要素「機器」に対して定義される状態は、「機器が正常動作している状態」と「機器が故障している状態」に2状態とする。この要素に割り当てられる確率変数は、2状態のうちの「機器が故障している状態」が発生する確率を表す。要素「警報装置」に対して定義される状態は、「警報装置が正常動作している状態」と「警報装置が故障している状態」に2状態とする。この要素に割り当てられる確率変数は、2状態のうちの「警報装置が故障している状態」が発生する確率を表す。

4. 各要素の状態に基づく警報無視の検討

警報が正常に動作しても、警報を正しく受け取らない限り事故を防止することは不可能である。対警報信頼度、機器故障率及び警報装置故障率を組み合わせることにより、システム全体の状態を決定することができる。各要素は2状態しか取らないため、最終的な行動は「正常」「停止」「誤報」「適切な停止」「故障見逃し」の5通りに分類できる。ここで、問題となるのは、「停止」「誤報」「故障見逃し」の3つである。停止と誤報は、機器が正常であり、そのまま動作を継続させれば問題が無い状態を示し、警報装置に対する信頼度を変化させる要因となると考えられる。例えば、停止により不利益を被るような機器操作時に誤報が頻発すると、警報装置に対する信頼度が悪化することは容易に想像できる。反対に、思い過ごしが多い場合、警報装置に対する信頼度は上昇し、警報装置を信じ切る状態になる。「故障見逃し」は問題が発生していることを見逃し事故に至る状態を示しており、問題である。

各要素の確率を求め、それぞれの関係性に基づいて最終的に「故障見逃し」に至る確率、「停止」「誤報」に至る確率を求めることにより、事故に至る確率や、信頼度を低下させる状態にあるかを求めることができる。

5. ナースコールへの応用

ナースコールの発達に伴い、ベッドサイドモニタといった様々な機器と連動するようになりつつある。今後さらに連動する機器は増加することが予想される。一括して情報を得られることは効率的であるが、一方で警報過多になることが予想される。その結果として、警報に対応できなくなる、対応が遅れるといった事象の発生が予想される。

そこで、警報に対する信頼度と警報への対応をナースコールへの信頼度とナースコールへの対応に置き換えて分析し、信頼度の高いナースコールの開発や運用に役立てることを考えている。

ナースコールは機器自体の故障がほとんど発生しないため、信頼度は高いことが想定される。しかし、警報を発する原因が機器の状態ではなく人間の主観であるため、受け手にとっては不要なナースコールが頻発する可能性が高い。結果として、機器が安定しているにもかかわらず信頼度が低い状態が発生している可能性がある。このように、ナースコールの場合、機器のみでは警報に対する信頼度を決定することができないため、ナースコールの運用状況を分析し、信頼度を算出することが、システム全体の安全性を検討するために重要である。

本研究による分析を進められれば、ナースコールの適切な設置数や人の動きや環境を考慮した信頼度の低下しにくいナースコールの開発に結びつくものと考えている。

6. おわりに

警報装置が正しく運用されるためには、その設置環境や状況に警報装置を含むシステム全体が適合していることが重要である。例えば、ナースコールの場合、運用記録を分析することでシステムに適合しているかを検討することができる。警報に対する信頼度を導入することにより、より具体的にシステム全体を評価すること可能である。

Fig.1 は警報の閾値の調整についてのイメージ図である。

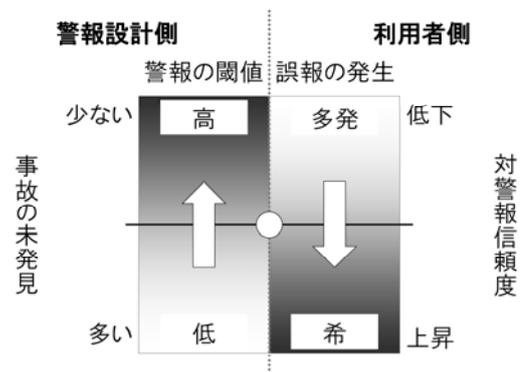


Fig.1 Alarm threshold and reliability

警報に対する信頼度を推定し、信頼度が低い場合は警報の閾値を高くして警報を減らすことで信頼度を回復できる。現実には、警報の閾値を高くすることには問題が多い。ナースコールの場合、閾値を変えること自体が難しい。しかし、信頼度が低下している場合、無駄な警報が少しでも少なくなるような工夫が必要であり、重要な検討課題である。