

医療機器操作支援のためのAI利用とコミュニケーション・デザイン

篠原 智誉 大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻 後期博士課程1年、
三菱京都病院 診療技術部 臨床工学科

黒田 聡 大阪大学COデザインセンター招聘准教授*1

*1 開講実績(池田光穂先生、黒田聡)
大阪大学COデザインセンター 春・夏学期 表現術(工学コミュニケーションの基礎)2020

1. 要旨

医療施設における医療機器操作および生体情報監視は、患者に接続された機器から得られる情報の認知とそれに伴う行動が患者生命に直結するため、習熟者が適切に取り扱う必要がある。本稿では、webカメラで取得した画像データとAIを利用して医療機器や生体情報を監視する操作支援装置を研究する過程として、不具合を検出したり定常状態から逸脱しうる生体の変化を察知した時、どのような手段で注意喚起すれば操作管理者が適切に認知し安全な行動が促されるかを考察した。

2. 医療機器操作における課題と解決のための戦略

課題

従来型の医療機器や生体情報の監視装置は医療安全確保の方策をSafety-I(機器固有にフェイルセーフ技術を有し、人と機器は共存・協調しない)に据えている。医療機器操作者の情報処理過程において下記の課題がある。

1. 本体と監視装置の紐付けが必要で汎用性がなく、個々の操作者の習熟度や特性を考慮した報知はできない。
2. 同時に複数の状況が発生した時は警報は時系列で報知され、重要性、優先性を機器は判断しない。
3. 覚醒水準は正常でも提供情報に注意を向けられるかどうかは人間特性に従い、その後の判断や行動に影響する。
4. 操作に熟練している者、豊富な知識を有する者であっても、過大な情報から必要な情報を選別する能力には限界があり、見落としは発生し得る。
5. 注意喚起情報を操作者が認知してから、必要とされる手技の実行を完了するまでの所要時間を考慮していない。
6. 注意喚起情報が期待通りの効果を発揮していることを検証する機構がない。

解決のための戦略

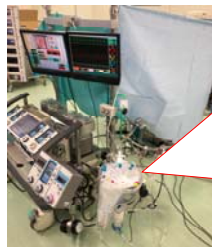
医療安全確保の方策をSafety-II(人と機器が協調し、それぞれの領域を補完してリスクを最小限にする)に据えた操作支援装置を採用する。操作者の人間特性や周囲環境に応じたタイミングで注意喚起情報を出す機能を持たせる。

1. webカメラを用いたスタンドアロン監視を可能とし、医療機器本体に接続しなくても本体付属の監視機構に不具合が起きても監視を継続できる冗長性を持たせる。
 2. 特定の装置に依存せず汎用性の高い機構を実装する。
 3. AIを用いて、ナッジ理論*2に基づく機構によって操作者に効率よく適宜、的確な注意喚起情報を提供し、安全な機器の操作方法へ導く。
 4. ハンズフリーデバイスによる視野内への表示、機器が発出する音声による伝達、想定されるリスクの重要度に応じた表示方法や色や音を実装する。
例) 間欠表示→断続フラッシュ表示→赤色連続表示、音量による区別
例) 間欠音→断続音→連続音、音量による区別
 5. 予測される事象発生何秒前に注意喚起情報を出すべきかを事前にAIに学習させて、操作者の注意特性に応じ、あらかじめ情報提供したり、直前に報知を行う。
 6. 機器の操作内容に応じた注意を向けられているかどうかをモニタリングする。
- *2 ナッジ理論: 選択を禁じることも、経済的なインセンティブを大きく変えることもなく、行動科学の知見から、望ましい行動をとれるよう人を後押しするアプローチのこと。

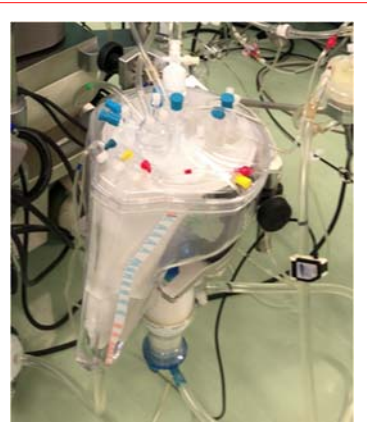
現状用いられている技法

人工心肺装置本体に付属する監視計器が計測して値を表示、本体に内蔵されたコンピュータが判断して警報を発する仕組み。注意喚起させたいリザーバーの液面位置にレベルセンサーを貼付、液面レベルがセンサーを下回ると警報を出す。液面レベル警報から送血流量を制御する機能が実装されているが、下記の課題を有する。

1. リザーバー液面から目を離している時間が長いと、突然の液面低下に即応できずリザーバー内が空になる危険がある。即応できなければ空気が動脈へ誤送されてしまう。
2. リザーバー筐体表面に貼り付けるセンサーが剥がれることにより動作不良を起こすなど、監視装置の信頼性も低下するリスクがある。



リザーバーレベル「300ml」のポイントにセンサーを貼った場合、血液灌流量が3L/minであれば、警報から6秒以内にポンプを止めなければリザーバーが空となる。一方で、灌流を停止させることは生体にとって重大なリスクに曝されることになる。



リザーバー

3. 用いる技法

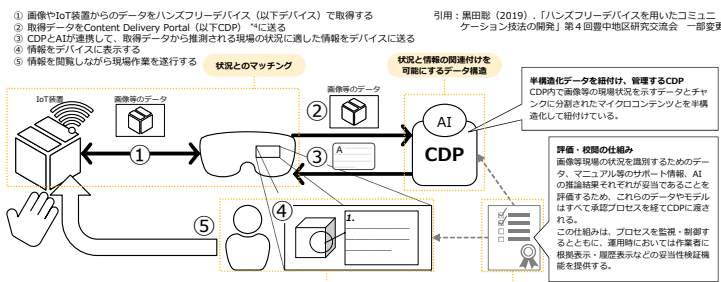
ハンズフリーデバイスを用いる

1. 操作者は両手を塞ぐことなく、操作上必要な視野角から注意を逸らすことなく、様々な生体情報や装置の状況が手近に収集できる。
2. 機器操作上、しばしば視野から外れる情報はwebカメラで監視し、ある条件でハンズフリーデバイス上に注意喚起情報として表示させる機構を構築する。
3. 操作者が認識すれば直ちに目視確認、必要な制御ノブに手を伸ばすなど、安全な機器の操作を促すことが可能となる。
4. ハンズフリーデバイスのアイトラッキング機能にて、操作者が注意喚起情報を認知し、必要な部分に視線を向けたことが確認できれば、注意喚起情報を消す。



人工心肺装置の操作風景

操作支援装置のシステム*3概念図



*3 このシステムは、「知的財産に関する新型コロナウイルス感染症対策支援宣言」の対象技術を用いています。
*4 必要な人に情報をつたえるための情報提供機構。

4. エラーのタイプとAIを用いた操作支援装置の親和性についての考察

適切な注意喚起タイミングの確保

- 重要性、優先性を考慮した注意喚起タイミングの判断は、AIによって実現する。
1. 過去に発生したエラー、監視項目の認知、反応速度をAIにデュープニングさせる。
 2. 情報ソースとして、インシデントアクセシブルレポート内容や装置の自動記録による情報を参照させ、主にwebカメラ画像による定常状態との比較を随時行う。
 3. 操作者の特性に応じたタイミングで注意喚起する。
例1) 確認漏れが多い項目を実行するタイミング
例2) 手技の実行に備え予防行動を促がすタイミング

エラーのタイプと本研究が想定する装置の親和性

1. スリッパ(実行段階での思い違いや確認ミス)
→**親和性が高い**
2. ラプス(実行段階での抜け、手順忘れや気の焦りによるミス)
→**親和性が高い**
3. ミステイク(前提の考え違いや知識、経験不足によるミス)
→**判断力を養う教育の併用が必要**

AIの種類と本研究が想定する装置の親和性

1. スキルベース(行動パターンの型が作り上げられ行動の意識的なチェックを行わない不注意、習慣による操作の誤り、割り込み中断による意図の衰退)
→**ナッジ理論が有効、親和性が高い**
2. ルールベース(知っているルールを用いた作業、適切なルールの適用を誤る。不適切なルールを適用する失敗)
→**適切なルールを表示するレコメンドが有効、親和性が高い**
3. 知識ベース(問題解決や目的決定をしながらの作業、場面同定の失敗、先入観から既知事象と判断、目前事象にとらわれ全体像を見失う)
→**ナッジ理論が有効、親和性が高い**

5. まとめ

本考察で得られたコミュニケーションデザインを今後の医療機器操作支援にかかわる開発・研究に生かし、安全で汎用性のある製品として実装されることを展望とする。