

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12824

研究課題名(和文) 眼球注視インタフェースを利用した医療安全解析技術の開発：視覚エラーの自動検出

研究課題名(英文) Development of Analysis Technology for Patient Safety by the Use of Gaze Interaction: Automatic Identification of Visual Information Processing Errors

研究代表者

伊藤 謙治 (Itoh, Kenji)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：80159871

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、医療事故の低減に眼球注視技術を役立たせる応用技術の開発を行い、現実の医療業務に対する適用を通して、この技術の有効性、および本格利用に対する将来展望を明らかにする。具体的には、安価で非侵襲な眼球注視測定装置を利用して、業務中に医療者が意識することなく、エラー解析に有効な視覚データを自動収集でき、そのデータと成功ケースの効果的マッチングにより医療業務中の医療者のエラーを自動検出できる眼球注視応用技術を開発した。このシステムを、電子カルテを用いた医師の薬剤処方、および人工透析装置の操作に適用し、その有用性、妥当性の評価を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we constructed an applied technology of eye tracking to healthcare management for reduction of healthcare accidents, and explored its effectiveness, pros and cons for the future, full-scale usage of the technology through its application to actual tasks in healthcare settings. In this study, we developed an application system to risk management by the use of a low-cost, non-intrusive eye-tracker, which collects healthcare personnel's visual processing data during their task performance without their consciousness of data gathering. The collected data can be analysed as their cognitive processes and be applied to automatically capturing human errors by effective matching between a particular task case and its successful samples stored in the database. This application technology was implemented to physician's prescription when using electronic patient record, and technician's operation of a dialysis machine to evaluate its effectiveness and usefulness.

研究分野：経営工学

キーワード：眼球注視技術 アイトラッカー ヒューマンエラー 注視インターフェース 電子カルテ 医療安全

1. 研究開始当初の背景

日本のみならず、世界中で医療事故が大きな社会問題となっている。医療の安全を確保するためのリスク管理に対して、これを効果的に行うためのアプローチ、方法論の不備が指摘されているが、さらにはそのための分析を行うためのデータもなく、その収集を含めたリスク管理に対する時間を医療者や安全管理担当者が十分に取れないという根本的な問題がある。

リスク管理に対する方法論としては、リスク要因を継続的にモニタリングし、その値から危険な状況を同定し、事故が発生する前に先手を打って事前にアクションを起こす先験型 (proactive) アプローチ、予期不能な、未知の混乱した状況に対して応答よく、そして弾力的に元の状態に適応的に復元できる能力をシステムや組織に備えるレジリエンス工学 (Resilience Engineering) など、新たなアプローチも提案されている。しかし、これらのアプローチは現実の組織ではいまだにほとんど取られておらず、実質上唯一のリスク管理に関する取り組みは医療組織に限らず、どのような産業においても応答型 (reactive) アプローチと呼ばれる、過去に発生した事故・インシデントを事後に分析し、それに対する対策を講じるという方法である。

この応答型アプローチを有効に機能させるためには、医療組織においては提出された事故報告、インシデント報告に書かれている内容だけでなく、関連する詳細な情報、データが必要となる。しかし、医療者は自身の業務に忙しく、医療安全に関連する調査、実験などに参加する余裕はない。この問題を克服するためには、データ獲得に対する付加的な活動を医療者自身が行うことなしに、日々の医療業務の遂行中にリスク管理の分析に利用可能なデータを自動的に獲得できる技術が必要である。このような現実的な理由から、医療者の業務中に非侵襲的な方法により、精度の高い、詳細な人間行動のデータを自動的に獲得し、記録、蓄積するという技術が必要となってくる。特に、医療業務という高度な知的・認知作業に対して、業務の邪魔に全くならず (データ収集を意識させることもなく) 詳細な行動・認知データを自動収集することが重要である。

このような医療業務に対して、医療現場で発生しているインシデントの4割以上は必要な処理や行動を省略してしまう「省略エラー」(omission error) である。その中でも、患者の状態、あるいは医療機器の計器のチェック忘れといった視覚情報に対する省略エラーが最も多い。さらに、必要な行為は行ったが、間違ってしまったという「誤処理エラー」(commission error) も含めると、医療現場のエラーの約半数は視覚系のエラーである。

このような人間の視覚情報処理を測定する代表的な装置として、注視点の位置を検出

するアイトラッカー (eye tracker) がある。アイトラッカーはかつては500万円以上もする非常に高価な装置であったが、近年急速な、そしてめざましい技術革新があり、100ドルを切る安価な装置が出現してきた。今のところ廉価版アイトラッカーの精度は十分ではないが、近い将来には現在の高機能アイトラッカーと同等の性能が期待されている。そのため、早急に廉価版アイトラッカーを前提として技術開発上の課題と解決方法を見つけておくことが重要になっている。

2. 研究の目的

本研究では以上の背景に従って、眼球注視技術を利用した医療安全に寄与する応用技術として、医療業務中の医療ミス関連データの自動収集とともに、医療業務中のエラーを自動検出できる眼球注視応用技術を開発することを目的としている。その適用例として、電子カルテを用いた薬剤処方、および人工透析装置の操作に利用可能なシステムを開発する。

これらの目的を達成するために、本研究では以下の5つのサブテーマを設定して、研究を推進した。

- 関連技術・システムの体系的調査
- 視覚データ自動収集機能の設計・開発
- ヒューマンエラー自動検出アルゴリズムの開発
- リアルタイム・タスク分析法の構築
- システム利用による適用評価

3. 研究の方法

研究目的の眼球注視応用技術の開発について、次の3つの構成要素の組合せに対して、本研究ではシステム設計・開発を実施する：(1) 対象機能 (視覚データ自動収集、業務遂行時のエラー自動検出)、(2) アイトラッカーの検出精度 (高機能、廉価版アイトラッカー)、(3) 適用業務 (電子カルテを用いた薬剤処方、人工透析装置の操作)。

これらのシステム要素に対して、廉価版アイトラッカーを利用したときの問題点は、高機能アイトラッカーと比べたときの注視点検出に対する精度の悪さである。すなわち、注視点位置の検出精度が十分に高くない情報をもとに正確な注視情報を同定するために、高精度アイトラッカーを用いて記録した (精度の高い注視情報が蓄積された) 数多くの成功ケースを「教師サンプル」としてデータベースに蓄積しておく。個別ケースとして入力された廉価版アイトラッカーからの注視点データと、データベース中の類似する複数の「教師ケース」とのマッチングを取るとともに、想定される注視誤差の範囲などの物理情報、そして提示情報間の関連度という意味情報、当該タスクの専門情報を加えて、個別ケースの注視点位置情報を補正していく。このように、物理情報、意味情報、および専門情報により、正確な注視情報を同定していく。

この視覚データ自動収集機能を、個別の適用対象、電子カルテを用いた処方業務（座位での業務）および人工透析装置の操作（立位で作業位置が作業中に変化する、より困難な適用対象）を対象として、業務遂行時のエラー自動検出機能を開発する。

電子カルテを用いた処方業務に関しては、次のような手順でプログラムを開発する。まず同一機種の電子カルテを用いて実行された個別の薬剤処方ケース（成功例）のデータを数多く収集する。これらの各成功ケースを、従事者が処方した薬剤の「処方情報」、電子カルテが提示した「システム情報」、当該ケースに有効な「参照情報」として整理して、データサーバ上に蓄積しておく。薬剤については、類似薬剤、タブー薬剤、関連性の強い薬剤など、数多くある薬剤それぞれの関係を意味ネットワークの形態で表現し、サーバ上に構築しておく。エラー検出対象となる新たな個別処方ケースに対して、視覚データ自動収集機能から獲得した従事者の「注視情報」、従事者が電子カルテで処方した薬剤の「入力情報」、および電子カルテが従事者に提示した「システム情報」の三つ組みとしてレコードを生成する。この当該ケースの三つ組みレコードとデータベース上の「成功サンプルケース」とのマッチングにより、類似度の高い少数の類似ケースを抽出する。これらの類似ケースとの差異、および薬剤関連ネットワークからの情報によりエラーを検出し、従事者に警告を発する。

4. 研究成果

(1) 関連技術・システムの調査

眼球注視技術を中心に関連する幅広い内容の文献のシステムティック・レビューを行い、関連文献のメタナリスにより研究成果の分類を行った。この文献サーベイ結果とともに、国内外の有識者に対して関連研究の動向調査を行ない、関連技術の現状と将来動向について技術マップとしてまとめた。

(2) 視覚データ自動収集の開発

注視点検出精度の低い、廉価版アイトラッカーを利用した視覚データ自動収集機能の外部設計、および内部（プログラム）設計をもとに、基本アルゴリズムを開発した。このアルゴリズムにさらに、表示項目の意味的な情報、利用対象領域の専門情報、および医療者の心理的情報も利用し、検出精度向上を目指した視覚データ自動収集メカニズムを開発した。

(3) 視覚データ自動収集機能の適用

上述した視覚データ自動収集機能を、イスに座って体の位置をあまり変えずに業務を遂行する、電子カルテを用いた薬剤処方業務を対象に適用方法を考案した。さらに、立位で身体的位置を変えて作業を行う、適用がより困難な人工透析装置の操作を対象にその

アルゴリズムを開発した。これらの適用対象に対して、シミュレーションによりアルゴリズムの妥当性を検証した。

(4) ヒューマンエラー自動検出法の開発

電子カルテを用いた処方業務に対する応用システムとして、個々の薬剤処方ケースにおいて視覚データ自動収集機能から出力されてくるデータをもとに、業務中のエラーを検出する方法を考案、基本設計を行った。このアルゴリズムの概要としては、電子カルテに蓄積された数多くの薬剤処方ケース（成功例）を、従事者が処方した薬剤の「処方情報」、電子カルテが提示した「システム情報」、当該ケースに有効な「参照情報」として整理して、データサーバ上に蓄積しておく。それとともに、個々の薬剤を類似薬剤、タブー薬剤、関連性の強い薬剤など、数多くある薬剤それぞれの関係を意味ネットワークの形態で表現し、サーバ上に構築しておく。エラー検出対象となる新たな個別処方ケースに対して、医師の注視情報、電子カルテで処方した薬剤の入力情報、そして電子カルテが提示したシステム情報の三つ組みとして構成されたレコードに対して、データベース上の成功サンプルケースとマッチングを行い、類似度のもっとも高い類似ケースを選択し、これら2つのサンプルの差異を計算し、薬剤関連ネットワークからの情報も加味して、エラーを検出するメカニズムを開発した。

(5) リアルタイム・タスク分析法の開発

上述(3)の電子カルテを用いた薬剤の処方業務、および人工透析装置の操作の適用タスクにおいて、視覚データ自動収集機能から出力されてくるデータをもとに、業務中のエラーを検出するアルゴリズムを構築した。

電子カルテによる誤薬発見の例でアルゴリズムを説明すると、電子カルテを用いて医師が処方した薬剤の成功例を「処方情報」、電子カルテが提示した「システム情報」として整理して、データサーバ上に蓄積する。さらに、個々の薬剤を類似薬剤、タブー薬剤、関連性の強い薬剤など、数多くある薬剤それぞれの関係をサーバ上に構築しておく。エラー検出対象となる新たな処方ケースに対して、医師の注視情報、電子カルテで処方した薬剤の入力情報を、データベース上の成功サンプルのケースとマッチングを行い、さらにタブー薬剤等の薬剤関連ネットワーク情報によりエラーを検出する。

このアルゴリズムを、実作業のケースに適用したシミュレーション実験により、その妥当性を確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5件)

Gu, X. and Itoh, K. (2018). Do healthcare employees and patients share satisfaction in dialysis clinics? *Journal of Japanese Operations Management and Strategy*, 8(1), 35-50, 査読有.

Gu, X. and Itoh, K. (2018). Performance measures for dialysis setting. *Journal of Renal Care*, 44(1), 52-59, DOI: 10.1111/jorc.12229 査読有.

Gu, X. and Itoh, K. (2016). Performance indicators: Healthcare professionals' views. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 19(7), 801-815, DOI: 10.1108/IJHCQA-12-2015-0142 査読有.

Aoki, H. (2016). Framework for rapid analysis of consumers' attention processes while looking at print advertisements: Eye tracking approach combined with information classification scheme. *Journal of Japan Industrial Management Association*, 66(4E), 460-471, DOI: 10.11221/jima.66.460 査読有.
鈴木聡, 前田佳孝, 青木洋貴, 石森勇, 木全直樹, 土谷健, 峰島三千男, 新田孝作 (2016). 血液透析の作業遂行に対するアイトラッキング技術の利用効果と期待: タスク関連注視の把握により可能になること, *日本透析医学会誌*, 49(10), 637-644, DOI: 10.4009/jstd.49.637 査読無.

[学会発表] (計 17 件)

Gu, X. and Itoh, K. (2018). Cross-cultural comparisons of nursing staff perceptions about patient handoff safety and quality between China and Japan. In the *5th Nordic Conference on Research in Patient Safety and Quality in Healthcare*, Copenhagen, Denmark, August 2018, 発表確定.

Gu, X. and Itoh, K. (2018). How nurses perceive organisational climate surrounding patient handoffs in Japanese hospitals? In the *20th Triennial Congress of the International Ergonomics Association*, Florence, Italy, August 2018, 発表確定.

Gu, X. and Itoh, K. (2018). Developing an assessment tool for healthcare employee satisfaction: Validating in cross-cultural settings. In the *25th Annual EurOMA Conference 2018*, Budapest, Hungary, June 2018, 発表確定.

川淵愛子, 青木洋貴, 鈴木聡 (2018). 熟練技士の認識を援用した透析装置の以上診断プロセス評価による方略と知識の抽出. 平成 30 年度日本人間工学会大会, 仙台, 2018 年 6 月, 発表確定.

Gu, X., Seki, T. and Itoh, K. (2017). Developing an error taxonomy system for patient handoff events. In the *2017 International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Singapore, December 2017.

青木洋貴, 鈴木聡 (2017). アイトラッキングを援用した消費者行動分析. 平成 29 年度日本経営工学会秋季研究大会, 横浜, 2017 年 11 月.

Itoh, K., Yamamoto, N. and Andersen, H.B. (2017). Assessing task complexity by use of Rasmussen's Decision Ladder: Model and Its application to recovery from healthcare adverse event. In the *48th Annual Conference of the Association of Canadian Ergonomists & 12th International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management*, Banff, Canada, July-August 2017.

Andersen, H.B. and Itoh, K. (2017). Taxonomies of human error and task conditions: Foundations and use. In the *48th Annual Conference of the Association of Canadian Ergonomists & 12th International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management*, Banff, Canada, July-August 2017.

Aoki, H. and Suzuki, S. (2017). Eye tracking-based reverse inference approach for design of restaurant information display. In the *8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, Los Angeles, CA, July 2017.

Gu, X., Liu, H. and Itoh, K. (2017). Patient handoff quality and safety in China: Health care providers' views. In the *European Safety and Reliability Conference 2017*, Portoroz, Slovenia, June 2017.

青木洋貴 (2017). 人間中心型設計思想の体系としての人間工学. 日本血液浄化技術学会 第 44 回学術大会, 東京, 2017 年 4 月.

Itoh, K. (2016). Safety climate scale for assessment of healthcare organisation: Validity and reliability applying to dialysis facilities. In the *International Conference on Healthcare Systems Ergonomics and Patient Safety*, Toulouse, France, October 2016.

Itoh, K. and Gu, X. (2016). Holistic management model based on Abstraction-Hierarchy and time-course operational benchmarking in healthcare. In the *5th World Conference on Production and Operations Management*, Havana, Cuba, September 2016.

Gu, X. and Itoh, K. (2016). Do healthcare employees and patients share satisfaction in dialysis clinics? In the *5th World Conference on Production and Operations Management*, Havana, Cuba, September 2016.

Aoki, H. and Suzuki, S. (2016). A method to detect problems in information display design of fast food restaurants based on customers' eye movement data. In the *7th International Conference on Applied Human Factors and*

Ergonomics. Orlando, FL, July 2016.

Gu, X. and Itoh, K. (2016). What work factors or conditions lead to higher employee satisfaction in dialysis clinics/hospitals? In the *23rd International Annual EurOMA Conference*, Trondheim, Norway, June 2016.

青木洋貴, 鈴木聡 (2016). 眼球運動解析に基づく店舗内行動分析. 日本人間工学会第57回大会, 三重, 2016年6月.

〔その他〕

ホームページ:

<http://www.me.titech.ac.jp/~itohlab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 謙治 (ITOH, Kenji)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号: 80159871

(2) 研究分担者

青木 洋貴 (AOKI, Hirotaka)

東京工業大学・工学院・准教授

研究者番号: 00322090

顧 秀珠 (GU, Xiuzhu)

東京工業大学・工学院・助教

研究者番号: 20632615

(4) 研究協力者

ヘニング・ボーエ・アナセン (Henning Boje Andersen)

デンマーク工科大学(Technical University of Denmark)・教授

ジョン・パウリン・ハンセン (John Paulin Hansen)

デンマーク工科大学(Technical University of Denmark)・教授

鈴木 聡 (SUZUKI, Satoshi)

神奈川工科大学・工学部・教授