

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22710137

研究課題名（和文） 眼球運動解析と行動分析アプローチの統合によるHCI認知オペレーション分析方法

研究課題名（英文） Analysis methodology for HCI cognitive operations based on eye tracking technique combined with behavior analysis approach

研究代表者

青木 洋貴（AOKI HIROTAKA）

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・准教授

研究者番号：00322090

研究成果の概要（和文）：

本研究は、作業システムにおける問題点や着眼点をうまく発見していくことを狙う経営工学的視点に立脚し、HCI(Human Computer Interaction)と特徴づけることができる作業・タスクにおける認知的な行動・処理について、眼球運動を含む人間行動データに基づき、特に心的な処理を評価することが可能となる分析方法の構築を目指して実施したものである。膨大かつ多くのノイズを含む人間行動データから、心的処理に関係する情報抽出をいかに効率的に行うことができるかといった点が、学術的にチャレンジングな点であると位置づけることができる。体系だてた方法論の一つの活用例として、特に医療タスクのうち臨床工学技士の行う透視関連業務の内容に着目し、これに合致した形での作業および処理の記述方法として展開することで、眼球運動特性および注意の分配プロセスと習熟との関係について示唆を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：

This study was performed to develop human behavioral data (incl. eye movement)-based analysis methodology that enables us to uncover cognitive/mental processes during performing a specific work based on human computer interaction. This was motivated by Industrial Engineering perspective that has been pursuing explicit methodologies enabling us to find operational problems to be solved in work systems. The primary challenge in this study is the fact that the behavioral data obtained becomes huge, and that they involve many noises. This fact implies that some idea is required to elicit useful information connected with cognitive/mental processes efficiently. In ca case study, a modified methodology was applied to analyze clinical engineers' work at a hospital. As results, relationship among eye movement, attention allocation and learning processes could be identified.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |
| 2011年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2012年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | | | 0 |
| 年度 | | | 0 |
| 総計 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：経営工学 H C I , 認知処理, 眼球運動, 行動解析

1. 研究開始当初の背景

生産性が高い作業を設計するために、主にIE(インダストリアルエンジニアリング)を始めとする経営工学分野ではさまざまな作業分析技法が開発されてきており、マニュアル作業に着目するならば、すでに十分な蓄積がある。しかしながら、たとえばHCI(Human Computer Interaction)と特徴づけることができる現代的な作業・タスクを想定すると、認知的な処理が重要な役割を担う、あるいは非定型な仕事が多く繰り返しが少ないことも多いといった性質があり、伝統的なIE技法をそのまま適用することは難しい場合が多い。HCIを対象にIEを適用していくために、作業分析方法論を開発・拡張していく必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、HCI(ヒューマンコンピュータインタラクション)において意思決定や判断等の認知的な処理が重要となる一連の人間作業(認知オペレーションと称する)を対象とし、作業の目的に照らして作業負荷、効率、エラーのしやすさの観点から評価を与えるための体系だった分析方法を構築することを目的とする。さらに、この分析方法を臨床工学技士の業務を対象に適用し、具体的な知見(基本的認知処理の特性、習熟の影響等)を得ることも目指した。

3. 研究の方法

以下に挙げる点を達成していくことを通して、本研究を推進した。

(1) 作業に要する心的処理(知覚、認知、判断などの要素処理をモジュールとしてまとめたもの)の特徴に基づく認知オペレーションの分析フレームワークの構築。このフレームワークは、a. 注意の配分の効率性、b. 安全確認の冗長性、c. タスク関連情報に対する網羅性、そしてd.先読み傾向という4点からとらえ、これらを実験・解釈していくという構造になっている。

(2) 心的処理と眼球運動特性(注視時間、注視点推移およびそれらのパターン)の関係の調査。これを通して、上記のa~dと実際の行動データの関係を検討した。

(3) 眼球運動データおよび行動データの効率的な書き起こし方法とそのツールの開発。ここでは、表計算上で行動データを記録・コーディングすることを可能とした。

(4) 作業システムの目的を基準とした認知オペレーションの評価指標(眼球運動データ、

眼球運動と行動データに基づく作業負荷、効率、エラーの評価尺度およびその算出手順)。具体的には、(1)のa~dの観点を評価するための、行動データから算出できる測定指標を構築した。

(5) 臨床工学技士業務を対象としたケーススタディの実施

4. 研究成果

ケーススタディ(臨床工学技士業務への適用事例)を通して、主たる成果を説明していく。(詳しくは発表論文①②を参照いただければ幸いである。)

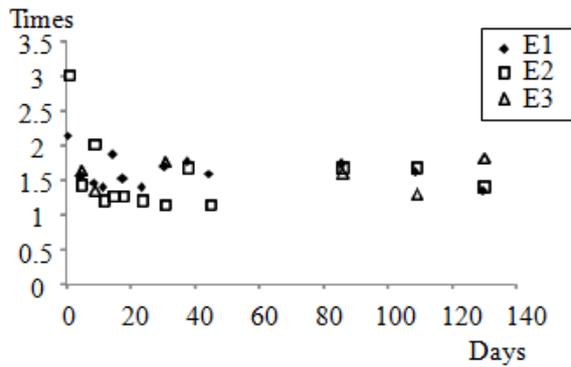
(1) 臨床工学技士の業務におけるHCIについて、行動データの解釈に向けたフレームワークを構築した。このフレームワークは、Situation Awareness(SA:状況認識)に関する研究成果を理論的背景として、HCIにおける「獲得獲得対象」をSAの観点から特徴づけるとともに、情報獲得をその網羅性、冗長性、先読み性といった3つの観点から特徴づけるものとなっている。

(2) 行動および認知処理を評価するための測定指標を構築した。これは(1)で述べたフレームワークに基づいており、各作業員(技士)の情報獲得における網羅性、冗長性、先読み性を定量的に評価するものとなっている。

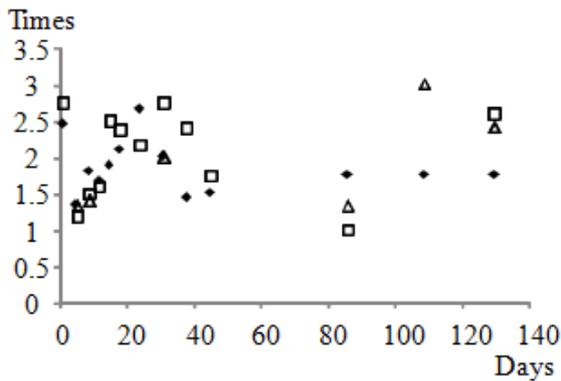
(3) ある病院の血液透析室において、5ヶ月間にわたり、入職直後の新人2名とベテラン1名について、観測を行った。行動データを獲得し、習熟に伴う行動および認知処理の変化を追跡した。この結果、以下のような知見が明らかとなった。

●タスクの性質により習熟に伴う行動および認知処理の変化が異なる。

以下の図1は、異なるタスク((1)治療開始前のプライミング、(2)回路の組み付け)における、1つの情報要素に対する平均注視回数の変化を、例として示したものである。ここで、1つの情報要素に対する平均注視回数とは、技士の情報獲得における冗長性を表す指標の1つである。ここから、治療開始前のプライミングでは、新人の指標値は安定せず、まだ習熟していないことが読み取れる。一方、回路の組み付けでは新人は20日程度の現場経験で安定し、その時点での頻度はベテランと変わらないことがわかる。



(1) 治療開始前のプライミング作業

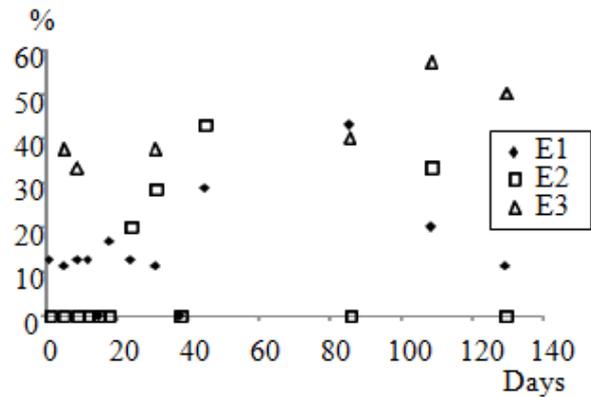


(2) 回路の組み付け作業

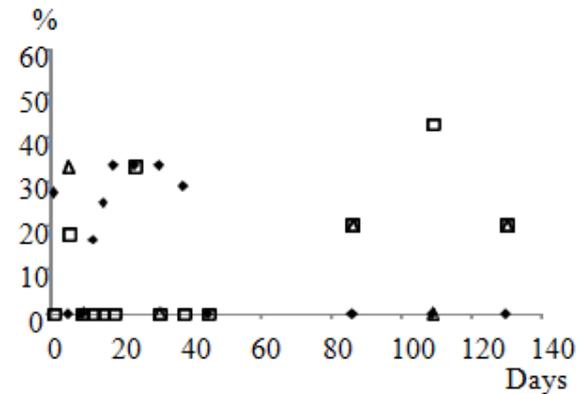
図 1 習熟に伴う 1つの情報要素に対する平均注視回数の変化(E1~2 は新人技士, E3 はベテラン技士である)

●熟練技士は先読みを効果的に行っている。
 以下の図 2 は、上と同じタスク(1) 治療開始前のプライミング、(2) 回路の組み付け)における、近い将来必要となるタスク遂行に必要な情報要素を見ていく度合いの変化を、例として示したものである。ここでプロットしている値は、注視した情報要素に含まれる、近い将来行うタスクに密接に関連する情報要素の割合であり、先読み性を表す指標の 1つである。ここから、ベテランは比較的高い値を示す一方で、新人の指標値は低い値であり、またこの観察期間では明確な上昇傾向が読み取れないことがわかる。

このような違いについて、技士属性ならびにタスクの属性を考慮し分析することで、習熟とタスク属性、ならびに実施している認知処理に関する特性を整理した。その結果、上記以外の点では、次にあげるようなことも明らかとなった。



(1) 治療開始前のプライミング作業



(2) 回路の組み付け作業

図 2 習熟に伴う先読み性の変化(E1~2 は新人技士, E3 はベテラン技士である)

●自らがタスクの割り当て、および作業時間をコントロールすることが可能な場合と、そのようなコントロールの余地がない場合で、新人技士の認知処理の内容が大きく異なる。
 ●新人技士は、タスクの目的に合致した情報の効率的な選択ができていない。観測期間の中では(5か月)、効率的な選択ができるようになっていく傾向はみられない。先読みができるようになるには、少なくとも年単位での訓練期間が必要であることが示唆している。
 ●安全に密接に関連する冗長的な見方(すなわち複数回注視する)は、新人技士は極めて短い期間でなくなる傾向が観察された。またベテラン技士についても、冗長的な見方はしない傾向があった。これは、熟練に依存しない、安全上重要な共通問題が存在している可能性を示唆している。
 ●今回用いた測定指標のうち、「1つの情報要素に対する平均注視回数」と「重要な要素に対する平均注視回数」が、適用の簡便さおよびこれに対応する認知処理の有用さの双方から、安全管理指標として有望であると評価できる。

●臨床工学技士業務への適用を通して、本研究で提案した分析のフレーム(HCI を主たる構成要素とする作業において、作業者の注意の配分の効率性、安全確認の冗長性、タスク関連情報に対する網羅性、そして先読み傾向という4点からとらえる枠組み)がフレキシブルに利用可能であるとともに、有用な示唆を得ることができたことから、このフレームは HCI を対象とした分析方法論として有用なものであると評価できる。

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2件)

- ① Hiroataka Aoki, Kento Endo and Satoshi Suzuki: Gaze metrics for visual scanning in hemodialysis operations and their application to the analysis of learning processes of novice clinical engineers working at a dialysis room, Journal of Japan Industrial Management Association, Vol. 63, No. 4E, pp. 312-323, 2013. (査読有り)
- ② Yasuko Tomizawa, Hiroataka Aoki, Satoshi Suzuki, Toru Matayoshi and Ryohei Yozu: Eye-tracking analysis of skilled performance in clinical extracorporeal circulation, Journal of Artificial Organs, Vol. 15, No. 2, pp. 146-157, 2012. (査読有り)

[学会発表] (計1件)

- ① 青木洋貴, 胤森章, 鈴木聡: 実作業観察と視線計測に基づく透析介助時の技士の行動分析, 日本人間工学会第53回大会講演集, Vol. 34, pp. 340-341, 2012, 九州大学(福岡)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 洋貴 (AOKI HIROTAKA)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・
准教授

研究者番号: 00322090