

令和 6 年 5 月 15 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04528

研究課題名（和文）逆推論アプローチに基づく胸部画像診断における熟練技能の解明

研究課題名（英文）Identification of skills in chest XP image diagnoses based on reverse inferences approach

研究代表者

青木 洋貴（Aoki, Hirotaka）

東京工業大学・工学院・准教授

研究者番号：00322090

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、認知プロセス分析における眼球運動データの適切な解釈に向けて概念として提案されている逆推論型のアプローチを実装し、これを胸部XP画像診断における医師の診断業務に適用可能な認知タスク分析方法論として構築すること、およびその適用を通して診断技能の解明に資することが目的であった。XP画像診断において医師が用いている方針、方略に対応する典型的な注意の推移パターンを得て、観察されるパターンから医師の内的処理を推測する手順について整理をした。アプローチの適用によって明らかとなった熟練医師の診断の方略、およびこれらと経験の異なる医師、ならびに研修医との違いに関する知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に実施が困難な認知作業分析を、扱いが困難な眼球運動データを効率的に解釈していく手順を準備することによって、専門的知識を有さない人でも実施が可能なアプローチ方法を提供することができた。さらにこれを医師の胸部XP画像診断を対象とした分析に適用することで、高度な技能に関する知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed at developing the reverse inference approach to interpret eye tracking data during performing cognitive tasks, and implementing it to the analysis of skills in diagnosing chest XP images by medical doctors. In the study, the doctors' strategy for effective diagnoses as well as their corresponding eye movement patterns were systematically identified. Based on the data analysis, the knowledge of well-skilled doctors' strategies, and their differences from those held by doctors having different background and residents could be obtained.

研究分野：認知人間工学

キーワード：眼球運動解析 技能解析 XP画像診断

1. 研究開始当初の背景

医師による胸部画像の診断技能は暗黙知化している。このような高度な診断技能を明らかにできれば、医師の技能向上に向けた教育に資する有用な示唆を得ることが期待できる。診断プロセス自体は視覚情報処理に依存していることから、自動化されている視覚認知プロセスの分析に強みを持つ眼球運動の解析を用いれば、情報の獲得過程が明らかになる。またそこから技能に密接に関連する診断方略について推測も可能になることが期待できる。しかしながら、この眼球運動の解析および解釈アプローチには、いくつかの困難性が存在する。

眼球運動データは視覚情報の獲得過程を直接表現するものであるものの、データ自体が含む本質的な情報は少ない。眼球運動データを構成する最小単位である注視点は、本質的には注視位置および停留時間という2つの情報のみを含む。これらの情報にのみ基づくと、典型的には注視時間の分布、および注視点間の移動距離の大きさ(サッケード距離)といった解析結果しか得られない。このような解析結果だけでは、上記のような診断方略のような、高度な認知プロセスに関する有用な情報や示唆を得ることが難しい。この困難性は長く認識されており、眼球運動データから認知プロセス分析の観点から有用な情報を適切に取り出すことの困難性を克服することが、学術的に重要なテーマとなっている。この困難性の克服に向けた解決策は、作業・タスク分析や言語プロトコル分析等の他の認知・人間行動分析も実施し、そこで得られる情報を加えて、眼球運動の解析データの解釈していくことである。眼球運動データに含まれる個々の注視について、それが含む注視位置と停留時間に加えて、他の分析から得られる注視位置の意味(たとえば実施中の作業での必要性、関連性等)も付加して、認知プロセス分析に結びつけようというのが典型例である。しかしながら、このやり方にも限界がある。膨大な眼球運動データに対して、個々の注視を詳細に吟味していくのは、大変な手間を要してしまう。また膨大に積み上げられた1つ1つの注視に対して、認知プロセス分析の観点から総合的に解釈をすることが難しいという、新たな困難性を生んでしまう。

この問題に対する斬新な解決方法として、逆推論アプローチが提案されている。このアプローチは、眼球運動データから有用な情報を読み取っていくために、個々の注視点の解釈を積み上げていく(ボトムアップ)のではなく、あり得る解釈の結果・情報をあらかじめ準備しておき、実際はどの解釈の結果に当てはまるのか吟味する解釈の方法を意味している。個々のデータを解釈し、これを積み上げることによって全体的な解釈を与えるのとは異なることが、逆と称される所以である。ただしこの解釈アプローチは、考え方の概念は示されているものの、具体的な実現方法を示しているわけではない。

2. 研究の目的

本研究は、胸部画像診断における高度な技能を、眼球運動データを中心とする人間行動データに基づいて明らかにすることを目的としている。画像診断の高度な技能は、医師の持つ疾病に関する知識体系、それによって駆動される視覚情報獲得・探索プロセス、ならびに獲得した情報による効率的な推論といった3つに分解することができる。本研究ではとに着目し、眼球運動解析から直接解釈できる「視覚情報獲得・探索プロセス」を医師個人レベルで明らかにし、事前に行う認知的ウォークスルーと、医師へのデブリーフィングにより得られる情報をに加えることによって適用可能となる逆推論アプローチにより、各医師の「推論」を明らかにする。そして「推論」と、被験者となる医師の熟練レベル(専門、資格、経験年数により評価)から推測できる各医師の「知識体系」の関連性を調査するといった3ステップにより、目的を達成する。

3. 研究の方法

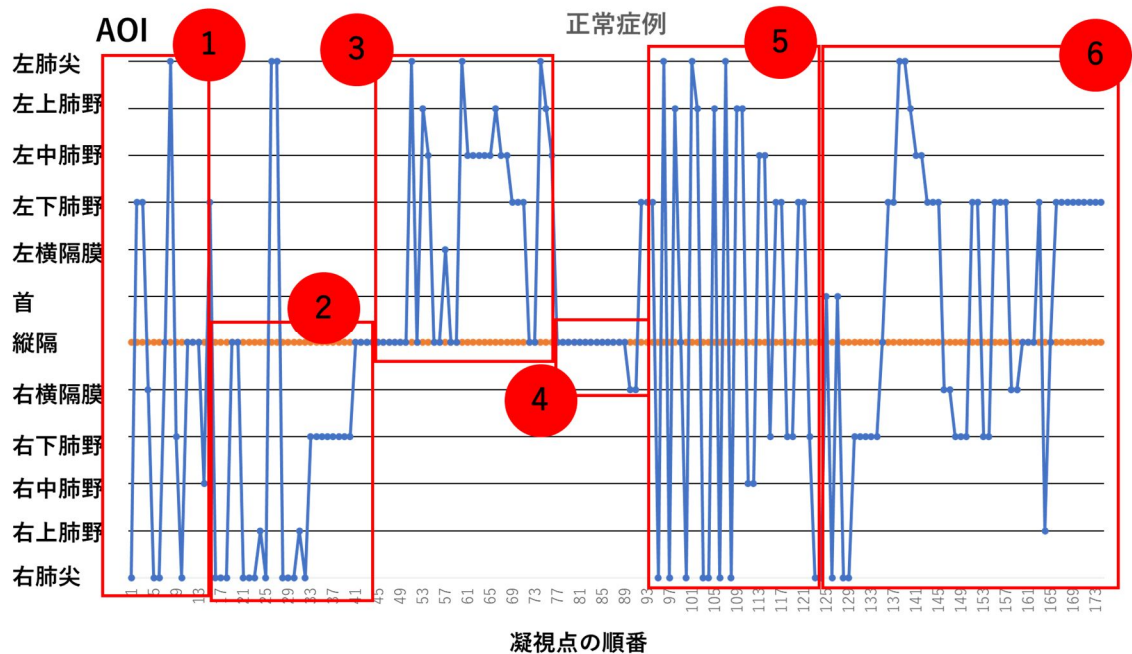
本研究は、認知プロセス分析における眼球運動データの適切な解釈に向けて概念として提案されている逆推論型のアプローチを実装し、これを胸部XP画像診断における医師の診断業務に適用可能な認知タスク分析方法論として構築すること、およびその適用を通して診断技能の解明に活用する手順を採用した。経験、専門が異なる医師を被験者として、1つの胸部XP画像に対する診断プロセスを実施し、その際の行動データおよび眼球運動データを獲得する実験を実施した。これらのデータについて、逆推論アプローチに用いることができる基礎的な資料としてまとめた。すなわち、診断において医師が用いている方針、方略に対応する典型的な注意の推移パターンを得て、観察されるパターンから医師の内的処理を推測する手順について整理をした。さらに、アプローチの適用によって明らかとなった熟練医師の診断方略、およびこれらと経験の異なる医師、ならびに研修医との違いに関する知見を得た。

加えて、通常健康診断状況を再現した、現在の画像と過去の画像の変化、比較診断を行う追加の実験を実施し、得られたデータの解析の実施した。この実験で観察される医師のタスクは、多くの既往研究で行われている単一の画像に対する画像診断実験とは状況が大きく異なり、現実の作業環境に近いとともに、処理は複雑なものとなっている。(これは、2つの画像それぞれに対する診断、およびこれらの間際の解釈等が含まれるためである) 同様に基礎的資料とし

て整理し逆推論アプローチに用いることができるフォーマットでまとめた。同様に、アプローチの適用によって明らかとなった熟練医師の診断方略、およびこれらと経験の異なる医師、ならびに研修医との違いに関する知見を得た。

4. 研究成果

逆推論アプローチの実装におけるポイントは、内的な方略に対応する、外部から観察可能な典型的な注意の推移パターンを得て、これを判断基準とした実際に各医師から観察されるパターンから医師の内的処理を推測する手順としてまとめることであった。詳細は[1-?]の文献に説明があるが、本報告書では1つの例を以下の図に示す。この図では横軸に時刻を取り、縦軸にXP画像において見ていた箇所を示している。つまり、診断時における注意の推移を示している。事前の認知的ウォークスルーおよび事後の詳細なインタビューとの対応によって、丸数字と四角で示された推移の部分が、それぞれ固有の意図(ここでは6つの異なる診断方略)のために行われていることが明らかとなった。すなわち、これらの注意の推移パターンと、それに対応する診断方略の資料が得られた。これは、診断時の方略を推論していくための判断材料として用いられる。



この逆推論アプローチを適用することによって、熟練医師の診断方略に関する知見を得ることができた。これらについても詳細は[1-?]の文献に説明があるが、本報告書では1つの例を以下の表に示す。この表では熟練技士が典型的にとり得る6つの診断方略を取り、8名の医師がそれらを採用していたか否かをまとめたものである。ここでは、人によりとる診断方略は異なること、また1つの方略ではなく複数を組み合わせることを、明らかにすることができた。

Strategy	Participant								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1 Taking very rational/logical reasoning processes for explicit lesions and relating implicit lesions backed by well-organized and advanced knowledge about lung-related disease.	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓

2	Examining organs borders/lines that have to be found.	✓	✓				✓		✓	
3	Checking symmetry in a present image	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Checking trend/changes along with time using a past image	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Putting priority on the present image	✓	✓							
6	Taking a patient's key attributes into account			✓	✓					
7	Thinking of the worst	✓	✓		✓		✓			

- [1] Yijia Wang, Hirotaka Aoki, Koji Morishita, Marie Takahashi, Rea Machida, Atsushi Kudoh, Mitsuhiro Kishino, and Tsuyoshi Shirai: Differences in Eye Movements in Chest X-Ray Diagnosis and Exploration of Effective Diagnostic Strategies: A Study in Annual Medical Checkup Conditions, *Proceeding of the AHFE International Conference 2023*, 306-316, Hawaii, USA, 2023.
- [2] Hirotaka Aoki, Koji Morishita, Marie Takahashi, Rea Machida, Atsushi Kudoh, Mitsuhiro Kishino, Tsuyoshi Shirai: Expertise Analysis in Chest X-Rays Diagnosis based on Eye Tracking Stimulated Retrospections: Effective Diagnosis Strategies in Medical Checkup Condition, *Proceedings of the 25th International Conference on Human Computer Interaction*, 181-189, Copenhagen, July. 23-28, 2023 (to appear).
- [3] Hirotaka Aoki, Koji Morishita, Marie Takahashi, Rea Machida, Kousuke Hirata, Atsushi Kudoh and Tsuyoshi Shirai: Elicitation of Diagnosis Strategy During Scanning Chest X-Rays from Eye Tracking Stimulated Retrospection, *Proceedings of the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, New York, USA, 2022.
- [4] Hirotaka Aoki, Koji Morishita, Marie Takahashi, Rea Machida, Atsushi Kudoh, Mitsuhiro Kishino and Tsuyoshi Shirai: Analysis of Clinical Reasoning Processes During Scanning Chest X-Rays Based on Visual Perception Patterns, *Proceedings of the 21st Triennial Congress of the International Ergonomics Association Vol. I*, pp. 425-431, Vancouver, Canada, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Aoki Hirotsuka, Morishita Koji, Takahashi Marie, Machida Rea, Kudoh Atsushi, Kishino Mitsuhiro, Shirai Tsuyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Analysis of Clinical Reasoning Processes During Scanning Chest X-Rays Based on Visual Perception Patterns	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)	6. 最初と最後の頁 425 ~ 431
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-74602-5_60	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hirotsuka Aoki, Koji Morishita, Marie Takahashi, Rea Machida, Kousuke Hirata, Atsushi Kudoh and Tsuyoshi Shirai
2. 発表標題 Elicitation of Diagnosis Strategy During Scanning Chest X-Rays from Eye Tracking Stimulated Retrospection
3. 学会等名 International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	森下 幸治 (Morishita Koji) (40456207)	東京医科歯科大学・医学部附属病院・講師 (12602)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------