

博士論文（要約）

視線分析手法の改良とその産業応用に関する研究

江川 陽

本研究では、視線分析を用いた人間行動の分析とその産業応用に注目し、視線データ分析手法の改良を行い、ケーススタディを通じて産業応用における有用性を検討した。

第1章では本研究全体の背景と目的を述べた。はじめに、現在、人間行動を定量的に分析することで、人間と機械などとのインタラクションを改善する試みがなされており、この中でも視線分析手法が様々な分野で活用されていることを示した。一方で、現状の視線分析においては、有用な視線データの分析手法が不足している点と、分析手法の不足にともない視線分析の産業応用が進んでいないという問題点を指摘した。これを受けて本研究では、視線データ分析手法の改良とその実問題への適用を通じて、産業応用における視線分析の有用性の向上を目的とした。

第2章と第3章では、視線分析の応用事例と視線データの分析手法について述べた。第2章においては、視線分析の応用事例をいくつかの分野に分けて示した。また、第3章では、視線データ分析手法において特にデータが有する時空間情報のうちの情報に着目して分析を行なっているかという観点にもとづき既存手法を整理した。

結果として、視線分析の応用事例では、視線分析は安全・安心の向上、作業の効率化、効率的な技術・技能伝承や効果的な教育、効果的な情報伝達といった目的のもとで活用されていることを示した。一方で、現状では視線データの分析に留まっており、分析結果を安全・安心の向上や作業の効率化などに活用した事例は少ないことがわかった。さらに視線分析の産業応用という観点からは、実作業環境において視線分析が行われた例が少なく、視線分析の有用性が十分に検証されていないことを示した。視線データの分析手法においては、分析者の恣意性に依存しないAOI分割手法が確立していない点と、視線データが有する時間情報の分析手法が不足しており、時間変化する個々人の見方の定量化、個々人の見方の差異の定量評価、平均的な見方の算出が難しい点を指摘した。そして以上のようなデータ分析手法における課題が、視線分析の産業応用が限定的である原因の一つであることを指摘した。

第4章では、第2章と第3章で述べた視線分析手法とその応用における問題点を解決するために、視線分析手法の改良法を二つ提案した。

一つ目の手法は、新たなAOI分割手法である。顕著度マップを用いて注視対象画像における高顕著度の領域を分割することで、オブジェクトや構造が明確でない注視対象画像においても人間が注視しやすい領域を抽出する手法である。もう一つの手法は、AOI間の視線の移動パターンの時間変化を反映した、注視対象画像に対する人間の注目度の算出法である。この手法では、AOI間の視線移動をネットワークとして考え、そのネットワークに対してPageRankアルゴリズムを適用することで、人間の視線移動パターンを反映したAOIへの注目度を算出する。また、第一と第二の手法を組み合わせることで、視覚的顕著度と人間の注視行動双方を反映した領域への注目度を算出する。

次に、視線分析結果の産業分野における活用手法の確立を試みた。はじめに、既存の視線データの類似度算出法を拡張することにより複数AOIにもとづき符号化された視線デー

タの類似度を算出し、この類似度にもとづいて視線データ系列の中で頻出するパターンをモチーフとして抽出する。次に、抽出したモチーフをワークフローに結びつけることで、個々人の注視行動を反映したワークフローの作成法を提案した。以上の手法を用いることで、個々人の注視行動を反映したワークフローを修正することである。

第5章では提案手法の一つ目のケーススタディとして、効果的な情報伝達を目的として、可視化画像における重要領域の算出を行った。流体シミュレーションの可視化結果に対して7人の被験者の注目度を算出した。その結果、専門家の被験者は流体力学的に重要な情報を含む顕著度が低い領域を他の被験者と比べて注目したことがわかった。これに対して非専門家の被験者は、顕著度が高い領域を中心に注目するが、重要な情報を含む領域に対する注目度は低かった。また、それぞれの被験者のモチーフからは、一部の被験者が特定の領域を繰り返し注視するという見方をとっていたことを示した。以上より、可視化画像の特徴と視線移動の関係や可視化画像における人間の見方という言語化が難しい情報を顕在化させることが可能となることを示した。このような情報は、熟練者の見方の効率的な伝達に有用であると考えられる。

第6章では二つ目のケーススタディとして、製鉄業のクレーン作業の安全性の向上や作業プロセスの効率化を目指して、視線分析によるクレーン作業の分析とワークフローの修正を行った。クレーン作業の多くは目視にもとづき行われるため、作業中の注視行動には作業内容とオペレータ個々人の技術や経験が反映していると考えられる。本研究では、オペレータの視線データの可視化や提案したモチーフ算出を行うことで、クレーン作業時のオペレータの注視行動を分析した。その結果、オペレータの注視行動は概ね共通しており、作業内容に応じた標準的な注視行動が存在していることがわかった。一方で、一部のオペレータのみに見られる特徴的な注視行動も得られた。このような注視行動には、クレーン作業を効率的に行うために各オペレータが有するコツのようなものが反映されているのではないかと推測された。このように提案する視線分析手法を用いることで、クレーン作業中のオペレータの注視行動の共通点や相違点などを分析することができた。そして、オペレータの視線データから抽出したパターンを標準的な作業内容やワークフローに反映させることで、個々のオペレータの行動内容に即した作業標準やワークフローが作成できることを示した。作業の効率化に資するとともに、効率的な技術・技能伝承や効果的な教育に利用できると思われる。

そして第7章では、結言として本論文全体のまとめと課題と展望を述べた。

また、付録には、提案手法で用いているデータ分析手法の解説と、提案手法におけるAOIの抽出法と評価についての妥当性を検証した実験を示した。

本研究では、視線分析の手法とその応用における現状の課題について整理し、課題を踏まえて新たなAOI分割手法の開発と時系列情報を反映するように視線データ分析手法を改良し、これらを二つの事例へ適用することで手法の有効性を検証した。よって本研究は、視線分析手法を改良し産業応用における有用性を向上させるという目的の達成に寄与でき

たと考える.