



Title	プラント建設と定期検査における熟練者のノウハウの活用基盤構築に関する研究
Author(s)	屋代, 裕一
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/88061
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (屋代裕一)

論文題名

プラント建設と定期検査における熟練者のノウハウの活用基盤構築に関する研究

論文内容の要旨

本論文はプラント建設と定検で従事している熟練者のノウハウ活用基盤を構築することを目的とし、各種要素技術の評価とアプリケーション開発を通じて有効性を評価したものである。

第1章は序論であり、プラント建設における熟練者のノウハウ伝承に関する課題を整理し、解決するための手段と本研究の目的を述べた。建設分野ではノウハウを伝承する手段はOJTが主であることや熟練者は現場を渡り歩くことからノウハウ伝承が効果的に行われず、特に本研究で対象とした原子力発電プラントではその特殊性からノウハウの抽出や伝承をより難しくしている。これらの課題を解決する手段として、IT技術を応用し熟練者が保有する様々なノウハウの抽出手段や伝承手段を検討した。

第2章は既往の研究の調査結果と本研究の新規性を述べた。本研究では実際の原子力発電プラントで行われている特殊作業を対象に各要素技術を適用し、熟練者の暗黙知抽出ではインタビューベースの新たな抽出手法、熟練者が保有している過去の大量の写真データの抽出では深層学習による識別手法、熟練者の視線情報の抽出ではアイトラッキングとインタビューを組み合わせた新たな可視化手法、効果的なノウハウ伝承手段として体験型のVR教育手法による新規性を示した。

第3章では熟練者の暗黙知抽出を目的としてノウハウ登録支援システムを開発し、ファンクショナルアプローチ法と半構造化インタビュー法を組み合わせた新たな暗黙知抽出手法を検討した。原子力発電プラントの定検作業へ適用し本手法の効果を評価した結果、ノウハウ1件に対する抽出時間効率を57.4%、作業ステップに対する抽出ノウハウの網羅性を2.1倍向上できることを確認した。さらに本システムに登録する画像データに関しては深層学習を適用することで熟練者が保有している写真を自動で分類・抽出できる仕組みを検討した。精度向上のために転移学習を利用し原子力発電プラントの特殊機器に適用した結果、認識率を評価する指標であるF値として89%という高精度の結果を得た。

第4章では熟練者の身体的動作の一つである視線情報を計測するためにアイトラッキング技術を適用し、プラント建設の中で最も重要な作業の一つである吊搬作業への適用を検討した。熟練者は非熟練者と比較すると、視線の総滞在時間が1.33倍、視線を向ける総回数が1.42倍と多く、安全や品質を意識して多くの情報を見て作業を遂行していることや、様々な箇所を満遍なく注意を払って作業を遂行していることなど定量的な傾向を把握できた。また、インタビューによるノウハウ抽出結果と組み合わせ分析マップ上で可視化する新たな手法を適用することで、熟練者は非熟練者と比較して1.4倍のノウハウを活用して作業を遂行していることが分かった。

第5章では抽出した熟練者ノウハウを効果的に伝承する手段の一つとしてVR技術を適用し、原子力発電プラントの特殊機器の定検作業への適用を検討した。ハンドトラッキング技術、アイトラッキング技術、ハプティクス技術を利用し、被験者が身体を動かしながら現場作業と同等の姿勢で作業を体験できるアクティブラーニングによる体験型VR教育システムを開発した。効果を評価した結果、従来の紙や動画教材と比較して理解度、定着率を向上できる結果を得た。また学習意欲を示す指標であるARCS因子を用いた評価では、VRは他の教材と比較して大幅に学習意欲を高める教材であることを確認した。各学習方式の特徴を評価した結果、VRは総合的に高評価の教材でありVRのメリットを生かしつつ他の学習方式を適切に組み合わせることで、より効果的な教育が実現できる見通しを得た。

第6章で、熟練者ノウハウの活用基盤構築に関する各種要素技術の結論をまとめ、その有効性と有用性を示した。今後の課題として、実際の原子力発電プラントの現場での適用性と、要素技術のさらなる検証の必要性を挙げた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (屋 代 裕 一)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	矢吹 信喜
	副 査	教授	北田 孝典
	副 査	准教授	福田 知弘

論文審査の結果の要旨

本論文はプラント建設と定検に従事している熟練者のノウハウ活用基盤を構築することを目的とし、各種要素技術の評価とアプリケーション開発を通じて有効性を評価している。

第 1 章は序論であり、プラント建設における熟練者のノウハウ伝承に関する課題を整理し、解決するための手段と本研究の目的を述べている。建設分野ではノウハウを伝承する手段は OJT が主であることや熟練者は現場を渡り歩くことからノウハウ伝承が効果的に行われず、特に本研究で対象とした原子力発電プラントではその特殊性からノウハウの抽出や伝承をより難しくしている。これらの課題を解決する手段として、IT 技術を応用し熟練者が保有する様々なノウハウの抽出手段や伝承手段を検討している。

第 2 章は既往の研究の調査結果と本研究の新規性を述べている。本研究では実際の原子力発電プラントで行われている特殊作業を対象に各要素技術を適用し、熟練者の暗黙知抽出ではインタビューベースの新たな抽出手法、熟練者が保有している過去の大量の写真データの抽出では深層学習による識別手法、熟練者の視線情報の抽出ではアイトラッキングとインタビューを組み合わせた新たな可視化手法、効果的なノウハウ伝承手段として体験型の VR 教育手法による新規性を示している。

第 3 章では熟練者の暗黙知抽出を目的としてノウハウ登録支援システムを開発し、ファンクショナルアプローチ法と半構造化インタビュー法を組み合わせた新たな暗黙知抽出手法を検討している。原子力発電プラントの定検作業へ適用し本手法の効果を評価した結果、ノウハウ 1 件に対する抽出時間効率を 57.4%、作業ステップに対する抽出ノウハウの網羅性を 2.1 倍向上できることを確認している。さらに本システムに登録する画像データに関しては深層学習を適用することで熟練者が保有している写真を自動で分類・抽出できる仕組みを検討している。精度向上のために転移学習を利用し原子力発電プラントの特殊機器に適用した結果、認識率を評価する指標である F 値として 89%という高精度の結果を得ている。

第 4 章では熟練者の身体的動作の一つである視線情報を計測するためにアイトラッキング技術を適用し、プラント建設の中で最も重要な作業の一つである吊搬作業への適用を検討している。熟練者は非熟練者と比較すると、視線の総滞在時間が 1.33 倍、視線を向ける総回数が 1.42 倍と多く、安全や品質を意識して多くの情報を見て作業を遂行していることや、様々な箇所を満遍なく注意を払って作業を遂行していることなど定量的な傾向を把握している。また、インタビューによるノウハウ抽出結果と組み合わせて分析マップ上で可視化する新たな手法を適用することで、熟練者は非熟練者と比較して 1.4 倍のノウハウを活用して作業を遂行していることを発見している。

第 5 章では抽出した熟練者ノウハウを効果的に伝承する手段の一つとして VR 技術を適用し、原子力発電プラントの

特殊機器の定検作業への適用を検討した。ハンドトラッキング技術、アイトラッキング技術、ハプティクス技術を利用し、被験者が身体を動かしながら現場作業と同等の姿勢で作業を体験できるアクティブラーニングによる体験型 VR 教育システムを開発している。効果を評価した結果、従来の紙や動画教材と比較して理解度、定着率を向上できる結果を得ている。また学習意欲を示す指標である ARCS 因子を用いた評価では、VR は他の教材と比較して大幅に学習意欲を高める教材であることを確認している。各学習方式の特徴を評価した結果、VR は総合的に高評価の教材であり VR のメリットを生かしつつ他の学習方式を適切に組み合わせることで、より効果的な教育が実現できる見通しを得ている。

第 6 章で、熟練者ノウハウの活用基盤構築に関する各種要素技術の結論をまとめ、その有効性と有用性を示している。今後の課題として、実際の原子力発電プラントの現場での適用性と、要素技術のさらなる検証の必要性を挙げている。

以上のように、本論文は環境エネルギー工学の発展に寄与すること大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。