

港湾工事における熟練技能のデジタル継承

株式会社本間組 非会員 ○ 安藤 恭平 中川 拓 佐藤 駿
株式会社ガゾウ 非会員 金田 篤幸

1. はじめに

建設業では技能労働者の高齢化や担い手不足が進み、熟練技能の継承が重要な課題となっている。特に港湾工事では、水上から目視できない水中での作業や海象条件、施工状況の変化に応じた判断が求められ、長年の経験によって培われた技能への依存度が高い。

従来の技能継承は、OJT を中心とした「見て覚える」方法が主流であった。しかし、熟練技能者が作業中に行っている判断や確認行動は本人にとって無意識であることが多く、言語化が困難である。このような経験や感覚に基づく知識は暗黙知と呼ばれ、その継承が大きな課題となっている。

当社においても、港湾工事に従事する熟練技能者の高齢化が進む一方で、若手技術者・技能者への技術継承が課題となっている。特に大型の作業船を用いての作業では、作業判断の多くが経験に依存しており、技能の形式知化が必要とされていた。

近年、ウェアラブルカメラやアイトラッキング技術の発達により、熟練技能者の視界や視線行動を客観的に記録できるようになった。本報告では、港湾工事における熟練技能の継承を目的として、目線カメラおよびアイトラッキングを活用し、熟練技能者の作業状況を可視化するとともに、動画マニュアルとして整備した事例について報告する。

2. 技能記録の概要

2. 1. 記録対象

記録対象は表-1 に示す 4 種類とした。

表-1 記録対象

工種	作業内容
基礎工 基礎捨石投入	潜水土による投入指示、管理
基礎工 基礎捨石均し	機械式均し（重錘均し）作業におけるクレーンオペレータ
ポンプ浚渫工	浚渫作業オペレータ
ポンプ浚渫船	船内機関部の日常点検

各作業において熟練技能者へウェアラブル型目線カメラを装着し、作業時の視界映像を取得した。また、ポンプ浚渫船オペレータについては、熟練技能者と経験の浅い作業員の双方にアイトラッキング装置を装着し、視線行動の比較を行った。

2. 2. 使用機器

記録にはウェアラブル型目線カメラを使用した。また、ポンプ浚渫工ではアイトラッキングシステム（株式会社ガゾウ製）を使用し、作業映像と視線位置を同時に記録した（図-1）。

2. 3. 記録方法

作業時の目線カメラ映像をリアルタイムに確認しながら、「どこを確認しているのか」「なぜその判断に至ったのか」「何を判断基準としているのか」など作業のポイントや勘所を確認し、映像に加えて音声も記録した。さらに、そのヒアリング結果を踏まえ、映像内の行動や視線移動の意図を言語化、動画マニュアルを作成することで、技能の形式知化を図った。



図-1 目線カメラ・アイトラッキングシステム

3. 技能の可視化

3. 1. 基礎捨石投入作業

基礎捨石投入作業では、投入船上での潜水士による投入位置や投入量の管理が施工品質に大きく影響する。

目線映像の分析から、作業者は投入位置、捨石の把持状況および作業船の動向を確認しながら作業を行っていることが確認された。一方で、ヒアリング結果からは、事前の投入量計画が重要であり、それに対し、バケットでの掴み量や捨石の形状、大きさを勘案しながら投入量管理していることが確認された(図-2, 3)。

3. 2. 基礎捨石均し作業

機械式均し船による捨石均し作業では、海中での施工となり施工状況を直接確認することができないため、均し作業を行うクレーンオペレータの目線映像からは、重錘の挙動や施工管理モニタを繰り返し確認しながら施工を進めている様子が確認できた。特に熟練技能者は重錘の倒れ方向や沈み込み量などのわずかな挙動から海底の凹凸の変化を予測し、施工の良否を判断していることが確認された(図-4, 5)。

3. 3. ポンプ浚渫工

ポンプ浚渫船オペレータについては、目線カメラに加えてアイトラッキングによる視線解析を実施した。

目線映像の分析から、作業者は施工管理モニタや複数の計器、スイングワイヤーの緊張状況を確認していることが明らかとなった。ヒアリング結果からは浚渫時の船体進行方向の違いによる手元のウインチレバー操作の考え方や、浚渫効率を維持するための確認ポイントが明らかとなり、動画マニュアルへ反映した(図-6)。



図-2 基礎捨石投入作業の撮影状況



図-3 熟練技能者の視界映像



図-4 重錘均し作業状況



図-5 クレーンオペレータ視界映像



図-6 ポンプ浚渫船オペレータ作業状況

3. 4. ベテランとビギナーの視線比較

ポンプ浚渫船オペレータを対象として、熟練技能者と経験の浅い作業員の視線挙動を比較した。

熟練技能者の視線は、施工管理モニタだけでなく、ポンプ負荷、吸入圧、船位情報など複数の計器へ周期的に移動していた。一方、経験の浅い作業員は特定のモニタや計器への注視時間が長く、視線移動範囲も限定的であった（図-7, 8）。

また、熟練技能者は複数の情報を組み合わせながら全体状況を把握し、運転状態の変化を予測するような視線行動が確認された。これに対し、経験の浅い作業員は目の前の状況確認に意識が集中する傾向がみられた。

これらの結果は、熟練技能者が周辺視を活用して作業全体を俯瞰的に把握している一方、初心者は中心視による局所的な確認を行う傾向があるとする既往研究と一致した。¹⁾

以上より、アイトラッキングは港湾工事における暗黙知の抽出および技能継承に有効であると考えられる。



図-7 視線解析システム



図-8 熟練技能者の視線解析映像

3. 5. 機関部日常点検

ポンプ浚渫船機関部の日常点検では、機械設備の異常を早期に発見することが求められる。

熟練技能者の点検映像からは、温度計や圧力計などの計器確認だけではなく、機器の音や振動など、複数の情報を総合的に確認していることが明らかとなった。

また、ヒアリング結果から、単に計器の数値を確認するだけではなく、「数値変化から推定される異常箇所」など、経験に基づく予防保全的な判断を行っていることが確認された。これらの判断内容を動画マニュアルへ反映することで、点検時の着眼点や判断根拠の継承を図った（図-9）。



図-9 機関部点検状況

4. 動画マニュアルの作成

撮影した映像および視線解析結果をもとに、各工種の動画マニュアルを作成した（図-10）。

動画内には作業手順に加え、熟練技能者が確認している箇所や判断の根拠、作業上の注意点をテロップとして挿入した。これにより、従来の紙マニュアルでは伝達が困難であった「どこを見るか」「何を判断しているか」といった暗黙知を視覚的に共有できるようになった。また、工種ごとに整理することで必要な作業を

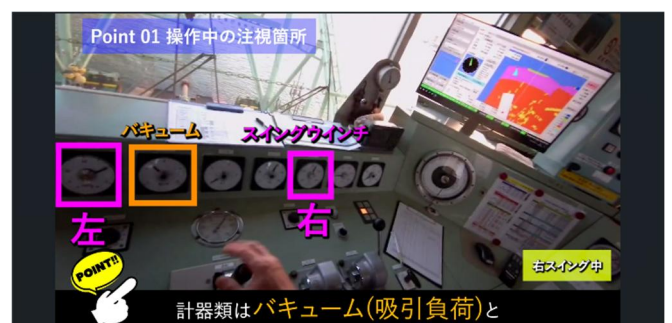


図-10 動画マニュアル例

選択して学習できる構成とし、若手技術者や新規配属者が熟練技能者の視点を追体験しながら学習できる教材とした。さらに、時間や場所に制約されない教育コンテンツとして活用することで、熟練技能の継承を図った。

5. 社内展開方法

作成した動画マニュアルは社内ポータルサイトに掲載し、社員が自由に閲覧できる環境を整備した。また、対象工種を施工する現場に対し、作業手順周知会や安全教育などでの活用を促した（図-11）。

さらに、ポンプ浚渫船では船内に動画マニュアルへアクセス可能な QR コードを掲示し、作業員が必要なタイミングで視聴できる仕組みを構築した（図-12）。

従来の技能継承は熟練技能者による対面指導に依存していたが、動画マニュアルを活用することで、熟練技能者が不在の場合でも作業のポイントや判断根拠を確認できるようになった。また、若手職員は作業前後に繰り返し視聴できるため、教育内容の標準化や理解度向上が期待される。

このように、目線カメラとアイトラッキングによって抽出した技能を動画マニュアルとして整備し、全社で共有する仕組みを構築したことで、熟練技能の組織的な継承に取り組んだ。

6. 考察

本研究により、港湾工事における熟練技能の多くが、「どこを見るか」「どの情報を優先するか」といった視覚的な判断行動に表れていることが確認された。

特にポンプ浚渫工の分析では、熟練技能者は広範囲に視線を移動させながら全体状況を把握しているのに対し、経験の浅い作業員は特定の情報に意識が集中する傾向が認められた。これは既往研究における周辺視と中心視の違いと整合する結果である。

また、目線映像を基に熟練技能者へのヒアリングを実施することで、従来は言語化されていなかった判断根拠を明確化できた。このことから、目線カメラおよびアイトラッキングは港湾工事における暗黙知の形式知化に有効であると考えられる。

さらに、動画マニュアルを社内展開することで、技能継承を個人依存から組織的な教育活動へ発展させることが可能となった。



図-11 若手職員への教育



図-12 ポンプ浚渫船内への QR コード掲示

7. まとめ

本報告では、港湾工事における熟練技能の継承を目的として、目線カメラおよびアイトラッキングを活用した技能の可視化を実施した。

その結果、基礎捨石投入、基礎捨石均し、ポンプ浚渫工および機関部の点検における熟練技能者の確認行動や判断プロセスを把握することができた。また、取得した映像を動画マニュアルとして整備し、社内ポータルサイトや現場で活用できる教育コンテンツとして展開した。

今後は対象工種の拡充や視線データの定量分析を進め、港湾工事における技能継承手法のさらなる高度化を図る予定である。

参考文献

- 1) 金田篤幸：技能の可視化におけるアイトラッキングの有用性，精密工学会誌，Vol.91，No.3（2025）