

コンクリート打設における熟練技能者の経験知の計測可能性の一考察

東京都市大学 学生会員 ○横田 拓也
 東京都市大学 正 会 員 今井 龍一・栗原 哲彦
 九州大学大学院 正 会 員 谷口 寿俊
 東急建設株式会社 正 会 員 伊藤 誠

1. はじめに

我が国の建設業では、少子高齢化と熟練技能者の大量離職に伴う技能者不足が見込まれている¹⁾。具体例としてコンクリート打設に着目すると、機器の操作等の手動による作業が多く、熟練技能者の経験知を後進に継承することが極めて重要といえる。しかし、熟練技能者の高齢化による離職が着実に進行している現状を踏まえると、技能継承が喫緊の課題として挙げられる。

昨今では、情報通信技術の発展により、センサを用いて人の詳細な振る舞いが計測できる。この技術を活用すると、熟練技能者の振る舞いに係わる経験知を計測・蓄積・形式知化して後進に継承できる可能性があるが、現時点では計測可能性すら明らかにされていない。

本研究の目的は、多様な計測技術を用いた熟練技能者の振る舞いに係わる経験知の計測可能性の解明とした。対象工種は、施工関係者の意見を踏まえ、技能継承のニーズのあるコンクリート打設の作業とした。

2. 研究方法

本研究では、まず、コンクリート打設の行動を分析する。次に、熟練技能者の経験知の計測に適した計測技術を調査・選定し、個人差の計測可否を検証する。そして、工事現場にて様々な技能者を対象に計測を実施し、熟練技能者の経験知の計測可能性を検証する。本稿は、個人差の計測可否の検証結果の一端を報告する。

3. コンクリート打設の行動分析

熟練技能者の経験知を計測するには、経験知の抽出に繋がる作業者および機器の振る舞いを把握する必要がある。そのため、本研究では、施工基準を調査して現場作業者の行動特性を分析した。

(1)コンクリート標準示方書の実態調査

本研究では、施工基準の実態を明らかにするため、コンクリート標準示方書（施工編）²⁾を調査した。その結

果、打込みおよび締固めのいずれの作業も手順の記載がない、または施工の目安幅が大きい等、施工品質に係わる詳細な作業内容が技能者の経験則に依存する基準となっていた。そこで本研究は、打込みおよび締固めに着目して経験知の計測可能性を明らかにする。

(2)計測項目の設定

前章の調査結果、工事現場における打込み・締固めの動画の分析およびコンクリート打設に関する有識者との意見交換に基づいて、表-1の熟練技能者の経験知に係わる「振る舞いの計測項目」を抽出した。とくにバイブレータの差し込み後の上下動や型枠付近の差し込みは、多くの熟練技能者に見られる特徴であるため、本研究では関連する挙動を詳細に計測することとした。

4. 計測機器の調査及び選定

本研究では、「装着機器による計測」および「外部機器からの計測」の2つの技術に着目し、3章（2）の成果である表-1の計測項目に適した計測機器・技術を調

表-1 振る舞いの計測項目と計測機器との対応関係

振る舞いの計測項目				計測に使用する機器		
				装着機器による計測		外部機器からの計測
				モーション キャプチャ	ウェアラブル カメラ	ビデオカメラ
施工 機器	打込み	打込み用 ホース	上下左右の 動き	×	×	△
			1か所の 打込み時間	×	△	×
			ホースの 高さ	×	×	△
			打込み箇所の 順序	×	△	×
	締固め	パイプ レータ	差し込み 位置	×	○	×
			差し込み 時間	×	△	×
			差し込み 回数	×	△	×
			差し込み 深さ	○ (持ち手から推定)	×	×
			差し込み 角度	○ (持ち手から推定)	×	×
			差し込み後 の上下動	○ (持ち手から推定)	×	×
			引き抜き 速度	○ (持ち手から推定)	×	×
			技 能 者	打込み	ホースに対する 作業者の振る舞い	○
締固め	パイプレータに対す る作業者の振る舞い	○		×	△	
作業動線		×		×	○ (俯瞰できる場所)	

定量的に計測可能：○、定量的ではないが計測可能：△、計測不可：×

査・選定した(表-1の計測に使用する機器)。モーションキャプチャは、人にセンサを装着して人の振る舞いを詳細に計測できる機器であり、作業員および機器の振る舞いを計測できる可能性がある。ウェアラブルカメラは、作業員の頭部に装着して作業員視点の動画を撮影できる機器であり、主にバイブレータの差し込み位置を計測できる可能性がある。ビデオカメラは、作業員を外部から撮影できる機器であり、作業動線、作業員や機器の振る舞いを計測できる可能性がある。また、ウェアラブルカメラやビデオカメラの撮影映像は画像解析(OpenPoseを適用予定)により経験知を抽出できる可能性もある。

5. 個人差の計測可否の検証

本研究では、選定した計測機器を用いて作業員の振る舞いを計測し、振る舞いの個人差の計測可否を検証した。本稿は、モーションキャプチャによる検証結果を報告する。モーションキャプチャの概要を図-1に示す。図-1(b)に示すとおり、モーションキャプチャを装着すると、体の各骨格の3次元座標を取得することができる。

(1) モーションキャプチャの模擬実験内容

本研究では、モーションキャプチャを用いて4人の被験者を対象に締固めの模擬動作を計測した。計測の様子・イメージを図-2に示す。実験では、床を打設面、棒をバイブレータと見立てた。全被験者は、打設面に対しておおよそ均等にバイブレータを差し込む動作を模擬した。また、被験者1および2は、熟練技能者の特徴である差し込み後の細かい上下動の動作を模擬した。

(2) 振る舞い分析の結果

本研究では、バイブレータの持ち手部分である右手に着目し、バイブレータの上下動の動作を比較した。右手の高さ推移を図-3に示す。その結果、バイブレータの上下動の大きさおよび差し込みの時間間隔等に個人差が見られた。また、熟練技能者の特徴を模擬した被験者1および2の計測結果では、差し込み後に細かく上下動させる動作を確認できた。以上から、選定した計測機器で個人差を計測できる可能性および熟練技能者の特徴を計測できる可能性が明らかとなった。

6. おわりに

本研究では、コンクリート打設の行動分析結果を基に計測機器を選定し、作業員の振る舞いの個人差の計測可否を検証した。本稿ではモーションキャプチャによる個

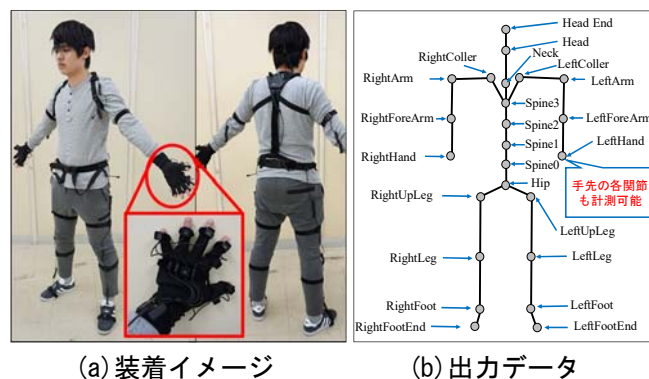


図-1 モーションキャプチャの概要



図-2 計測の様子・イメージ

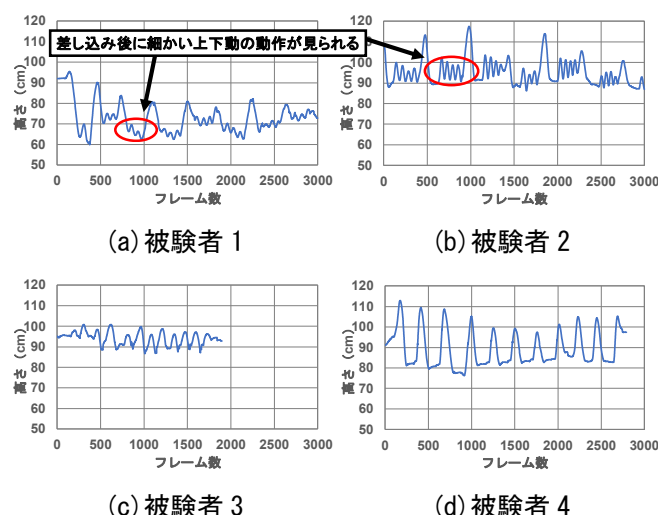


図-3 右手の高さ推移

人差の計測可否の検証結果を報告した。

今後は実際の工事現場における計測を実施し、熟練技能者の経験知の計測可能性を検証する予定である。

謝辞：本研究は東京都市大学・東急建設株式会社の包括契約による共同研究成果の一端である。研究の遂行にあたっては、東急建設株式会社の田中卓也氏、西村伸氏、増村佳大氏には、貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成27年度 国土交通白書，2016.6.
- 2) 土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書（施工編），2013.6.