

AR マーカを用いたコンクリート打設のバイブレータの差し込み位置の計測に関する考察

東京都市大学大学院 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
 東京都市大学 学生会員 新井 勇次
 東急建設株式会社 正 会 員 伊藤 誠
 青山学院大学 正 会 員 櫻井 淳

1. はじめに

コンクリート打設は、施工機器の操作等の手動の作業が多いため、熟練技能者の経験知を後進に継承していくことが極めて重要である。しかし、熟練技能者の高齢化に伴う大量離職が進行していることから、技能継承が喫緊の課題である。

課題解決の一方策として、センサ技術を用いて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することが挙げられる。筆者らは、締固め作業の施工基準の調査等により、バイブレータの差し込み動作が施工品質に大きく影響する、かつ経験知に係わる可能性を示している。また、それらの経験知の計測可能性も明らかにしているが、差し込み動作を計測する手法の開発は今後の課題となっている²⁾。

本研究の目的は、画像解析を用いたコンクリート打設におけるバイブレータの差し込み動作の計測手法の開発とした。本稿では、バイブレータの差し込み動作のうち、差し込み位置に関する内容を報告する。

2. 研究方法

本研究では、まず、実現場において締固め作業の実態を調査する。次に、AR マーカを用いたバイブレータの差し込み動作の計測手法を考案し、ケーススタディにより考案手法の有用性を検証する。そして、考案手法をプログラム化し、実現場において熟練技能者に対して差し込み動作の計測を試行する。本稿は、バイブレータの差し込み位置に関する計測手法およびケーススタディによる有用性の検証結果までを報告する。

3. 実現場における締固め作業の実態調査

本研究では、締固め作業の実態を明らかにするため、躯体工事のコンクリート打設における技能者の締固め作業を対象に人の行動を観察・記録するエスノグラフ

ィ調査を実施した。対象は、生コンが流し込まれた直後に締固める先行の技能者 2 名および先行の後を追うようにして型枠付近を中心に締固める後追いの技能者 1 名とした（図-1 参照）。また、先行の技能者は、経験の浅い技能者および熟練技能者それぞれ 1 名である。本稿では、差し込み位置に関する調査結果を述べる。

調査の結果、後追いの作業者は、型枠から約 50cm 離れた箇所にはほぼ等間隔に差し込んでいることが明らかとなった。先行の作業者は、経験の浅い技能者が一様にバイブレータを差し込んでいるのに対し、熟練技能者は打込み箇所付近を多く差し込んでいることが確認できた。また、先行の熟練技能者へヒアリングした結果、コンクリートを流すために打込み箇所付近を締固めていることが明らかとなった。以上より、バイブレータの差し込み間隔、差し込み位置と打込み箇所との距離および型枠との距離等に技能者毎の特有の動作が存在する可能性がある。

4. バイブレータの差し込み位置計測手法の考案

3 章で明らかとなった技能者毎の特有の動作が存在する可能性がある振る舞いを計測・分析するためには、大量の差し込み位置を自動的に計測する手法が必要である。そこで、本研究では、ウェアラブルカメラおよび AR マーカを用いたバイブレータの差し込み位置の計



図-1 先行および後追いの作業例

キーワード 技能継承, コンクリート打設, AR マーカ, 締固め

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL : 03-5707-0104 E-mail : g1881646@tcu.ac.jp

測手法を考案した（図-2 参照）。差し込み位置は、現場の規模や条件の異なる現場間で比較可能にするため、工事図面上の座標値として計測する。また、1回の差し込み動作毎に差し込み位置および差し込み時間を計測する。ウェアラブルカメラは、作業者のヘルメットに装着し、1人称視点によるパイプレータの差し込み動作の撮影に用いる。AR マーカは、工事現場内に4点以上設置し、ウェアラブルカメラにより撮影した動画像と工事図面との標定点として用いる。AR マーカにはそれぞれに ID が振られており、図面と対応づけることができる。

考案手法の処理フローとしては、図-2 に示すように、まず、動画像上のパイプレータの差し込み位置および差し込み時刻を手動で取得する。次に、オープンソースのコンピュータ・ビジョン・ライブラリである OpenCV の ArUco を用いて動画像内の AR マーカを認識する。そして、射影変換を用いて図面上に差し込み位置を投影する。また、引き抜き時刻を手動で指定し、差し込み時間を算出する。

5. ケーススタディによる考案手法の有用性の検証

本研究では、4 章の考案手法のケーススタディとして、被験者が装着したヘルメットにウェアラブルカメラを取り付け、締固めの模擬動作を計測した。そして、考案手法を用いて差し込み位置を計測し、事前に計測した差し込み位置の真値と比較することで、考案手法の有用性を検証した。実験環境は、180cm 四方の床を打設面とし、図面との標定点として 10cm 四方の AR マーカを 9 点設置した。被験者は、棒をパイプレータと見立て、あらかじめ設定した 15 か所の位置にパイプレータを差し込む動作を模擬した。図-3 に模擬計測実験の概要および計測結果を示す。

その結果、すべての差し込み位置を計測できた。考案手法を用いた計測結果と真値との誤差量は、平均して約 6.2cm であり、最大でも約 7.5cm であった。この誤差量は、工事現場の打設箇所の広さ、鉄筋の間隔およびパイプレータの締固め能力が一般的に差し込み位置から半径 25cm 程度の範囲である等を踏まえると、型枠付近や各鉄筋の間毎への差し込み等の詳細な挙動を確認できることから、許容内であるといえる。したがって、用途を満足する算出精度であると考えられる。以上のことから、本考案手法が有用であることを確認できた。

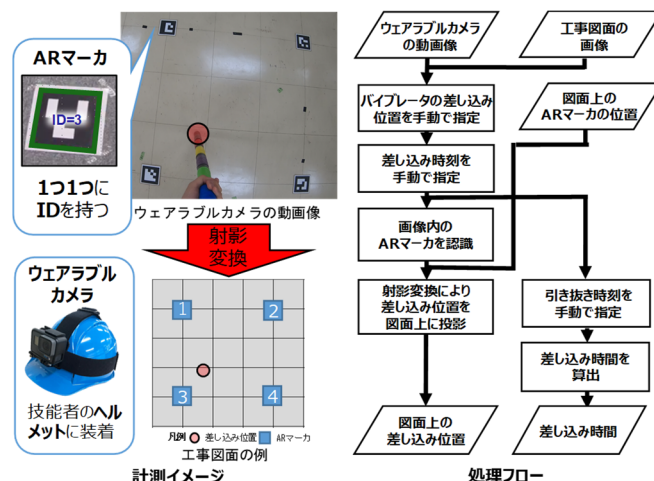


図-2 考案手法の計測イメージおよび処理フロー

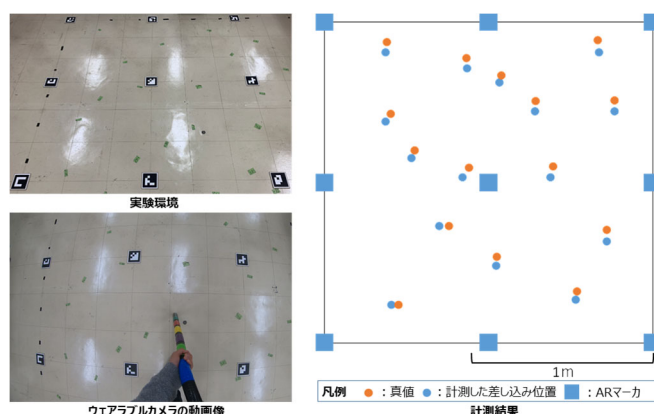


図-3 模擬計測実験の概要および計測結果

6. おわりに

本研究では、締固め作業の実態を調査し、技能者毎の特有の動作が存在する可能性のある振る舞いを明らかにした。そして、パイプレータの差し込み位置の計測手法を考案し、ケーススタディにより考案手法の有用性を検証した。今後は、考案手法に則したプログラムを開発し、実際の工事現場における差し込み位置の計測を試行する。また、4 章の考案手法の改良として、差し込み位置の指定の自動化や 3 つ以下の AR マーカのみを用いた計測手法への変更をする予定である。

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、清水建設株式会社の金丸清人氏、宇野昌利氏、根本浩史氏、本多眞氏、関西大学大学院の中原匡哉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。
- 2) 横田他：ディープラーニングを用いたコンクリート打設の技能者の移動軌跡の計測，土木学会第 73 回年次学術講演会，土木学会，Vol.73，No.CS9-046，pp.91-92，2018。