

## コンクリートの打込みのバイブレータの挿入深さの計測に関する一考察

株式会社建設技術研究所（元法政大学大学院） 正 会 員 ○中村 啓人  
 法政大学 正 会 員 今井 龍一  
 関西大学 正 会 員 山本 雄平  
 大阪産業大学 正 会 員 姜 文淵  
 大阪電気通信大学 正 会 員 中原 匡哉  
 清水建設株式会社 正 会 員 宇野 昌利

### 1. はじめに

建設業では、担い手となる若手比率の低下や高齢技能者の大量離職が進んでおり、将来的に技能者が不足する恐れがある。今後も建設業が持続的に役割を果たしていくには、担い手の確保とともに、教育訓練の充実による技能継承が重要となる。

特に、コンクリートの打込みの工程は熟練技能者に依存しており、経験知の継承が課題である。今井ら<sup>2,3)</sup>は、工事現場の打込み時におけるバイブレータの締固め位置・挿入深さ等の動作が経験知に係わることを明らかにし、計測手法を開発した。この計測手法は、頭部に取り付けたウェアラブルカメラで締固め位置を計測し、足部に取り付けたカメラで挿入深さを計測している。そのため、計測には2台のカメラを用いる必要があり、作業者に負担がかかる。頭部に取り付けた1台のカメラだけで挿入深さも計測できれば、機材の装着が容易になるうえ、操作が簡易的になり、作業者の負担が軽減する。

本研究の目的は、単一のカメラを用いたコンクリートの打込みにおけるバイブレータの挿入深さの計測手法の考案とした。本研究では、頭部に取り付けたカメラの動画のみを用いて挿入深さを計測することで、経験知の計測の簡易化を図る。

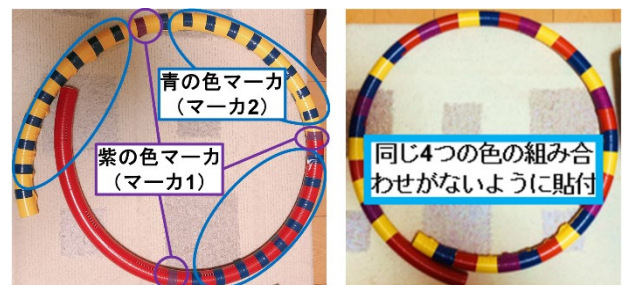
### 2. バイブレータの挿入深さの計測手法の考案

本研究では、色マーカを貼付したバイブレータから鉄筋との境目の色マーカを画像処理で抽出し、挿入深さを計測する手法を考案した。頭部から撮影するバイブレータは、先端部の色マーカが小さく映るため、貼付する面積に注意する必要がある。そこで、適切なカラーリングを把握するため、2種類のカラーリングを考案し、比較(図-1参照)した。バイブレータは塩化ビニル製のホースにビニルテープで着色して模擬的に作成し

た。実験時は、グレーのマットの上でバイブレータを撮影し、クロマキー合成で再現した工事現場の環境下で色マーカを抽出(図-2参照)して挿入深さを算出した。

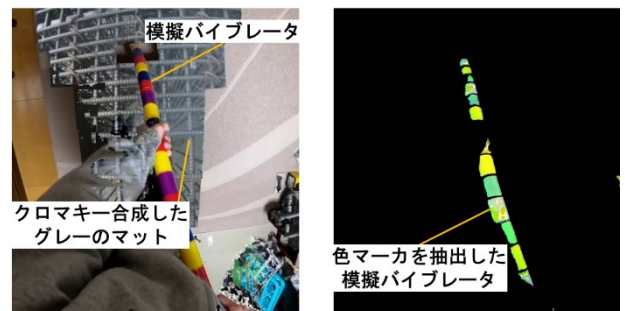
1種類目のカラーリングは図-1(a)に示すように、下地となる色の上に基点となる紫の色マーカ(マーカ1)と深さを算出するための青の色マーカ(マーカ2)を貼付した。計測では、隣接した色から特定したマーカ1より上部のマーカ2を数え、深さを算出する。

2種類目のカラーリングは図-1(b)に示すように、隣り合う4つの色マーカを選んだ時に同じ組み合わせがないように貼付した。計測では、先端部の4つの色マーカを識別し、バイブレータのどの箇所であるかを特定することで深さを算出する。



(a) 1種類目 (b) 2種類目

図-1 比較したカラーリング



(a) 撮影した画像 (b) 色マーカの抽出画像

図-2 画像処理の過程

キーワード：技能継承、コンクリート打設、バイブレータ、画像処理

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学 TEL：03-5228-1347 E-mail：ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

それぞれのカラーリングで撮影した動画画像から10フレームごとに切り出した画像を用いて、挿入深さを算出した結果を表-1に示す。1種類目のカラーリングでは、マーカ1の色が画角内に写らず、61フレーム以降の挿入深さが算出できなかった。しかし、2種類目のカラーリングでは、任意の4つの色マーカで判断するため、いずれのフレームでも挿入深さを算出できた。本結果に基づくと、2種類目のカラーリングが有用であると言える。

さらに、算出に失敗した値を前後の値で推定する線形補間と移動平均の補正手法を考案した。考案手法を適用し、グラフを補正した結果を図-3に示す。補正後の計測値は補正前と比べてノイズの補正ができており、より正解値に近い動きの推移へと変換できた。

### 3. 工事現場における考案手法の有用性検証

本研究では、工事現場の模擬環境に考案手法を適用し、その有用性を検証した。具体的には、挿入深さ0cmから20cmまで1cm刻みで撮影した計21枚の画像から、挿入深さを算出した。また、示方書<sup>4)</sup>から、許容できる誤差の最大値を10cmに設定した。

カメラで撮影した画像から色マーカを抽出した結果を図-4に示す。現場内の周囲の色も抽出したものの、色マーカを貼付したバイブレータを抽出できた。考案手法により挿入深さを算出し、時系列データとして作成したグラフを図-5に示す。正解値と計測値は同様に右肩上がりのグラフを描いており、正解値に近い値を算出することができた。この時、挿入深さの誤差の平均値は5.3cmであり、誤差の最大値は9.2cmであった。そのため、挿入深さの誤差の最大値は、10cm以内という基準を満たしており、考案手法を適用することで高い精度で計測できることが示された。

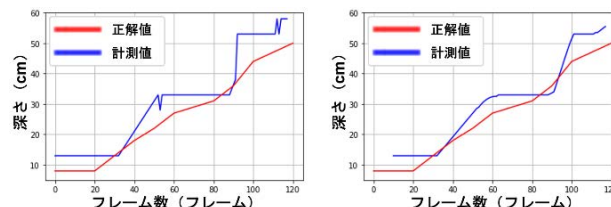
### 4. おわりに

本研究では、頭部に取り付けたカメラの動画画像から挿入深さを計測する手法を考案し、工事現場の模擬環境で有用性を検証した。その結果、考案手法で算出した挿入深さの誤差は、許容範囲内に収まり、経験知の計測の簡易化を実現することができた。

今回の検証は、打込みのない配筋の状態での模擬作業による計測であったため、今後は、実際に打込みをしている技能者にカメラを取り付け、考案手法を適用し、その有用性を検証する必要がある。

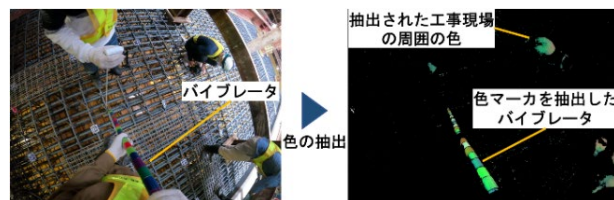
表-1 各カラーリングで算出した挿入深さ

| フレーム数<br>(フレーム) | 1種類目のカラーリング      |             |        | 2種類目のカラーリング      |             |        |
|-----------------|------------------|-------------|--------|------------------|-------------|--------|
|                 | 算出した挿入深さ<br>(cm) | 正解値<br>(cm) | 誤差(cm) | 算出した挿入深さ<br>(cm) | 正解値<br>(cm) | 誤差(cm) |
| 1               | 30.0             | 25.0        | 5.0    | 35.0             | 34.0        | 1.0    |
| 11              | 30.0             | 21.0        | 9.0    | 35.0             | 29.0        | 6.0    |
| 21              | 30.0             | 21.0        | 9.0    | 30.0             | 26.0        | 4.0    |
| 31              | 30.0             | 21.0        | 9.0    | 20.0             | 23.0        | 3.0    |
| 41              | 25.0             | 12.0        | 13.0   | 20.0             | 23.0        | 3.0    |
| 51              | 30.0             | 14.0        | 16.0   | 20.0             | 23.0        | 3.0    |
| 61              | -                | 14.0        | -      | 20.0             | 23.0        | 3.0    |
| 71              | -                | 13.0        | -      | 20.0             | 23.0        | 3.0    |
| 81              | -                | 12.0        | -      | 20.0             | 16.0        | 4.0    |



(a) 補正前のグラフ (b) 補正後のグラフ

図-3 補正手法による変換結果



(a) 撮影した画像 (b) 作成したマスク画像

図-4 バイブレータの色マーカを抽出した結果

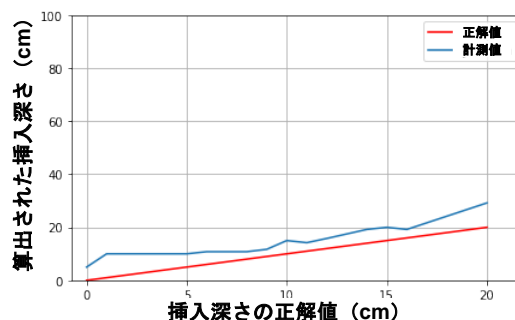


図-5 挿入深さを算出した時系列データ

**謝辞:** 本研究を遂行するにあたり、株式会社 Create-C の仲条仁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。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：建設業界の現状とこれまでの取組、〈<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001314888.pdf>〉, (入手 2022.3.27)。
- 2) 今井ら：ウェアラブルカメラの動画画像を用いたバイブレータの差し込み位置の計測プログラムの開発, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.74, No.2, pp.L102-L112, 2018。
- 3) 今井ら：コンクリート打設におけるバイブレータの差し込み深さの計測手法の開発, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.75, No.2, pp.L12-21, 2019。
- 4) 土木学会 コンクリート委員会：2017 年制定 コンクリート標準示方書【施工編】, pp.108-123, 丸善出版, 2018。