

「Confinix™」における Visual SLAM で取得した作業員の位置情報可視化手法の検討

(株)大林組 正会員 ○山中孝文 元村亜紀 湯浅知英 山中哲志
Cellid(株) 非会員 白神賢 山本駿

1. はじめに

大林組では、各種施工管理で利用する複数のアプリケーション（以下、アプリ）のデータを連携し、そのデータ活用を促進する施工管理データ・システム連携基盤「Confinix」を開発した^{1), 2)} (図-1)。Confinixは、建設現場のBIM/CIMといった設計情報、点群データなどの環境情報、人や建機の位置情報を統合管理、3D描写が可能である。さらに、アプリ開発において、API（ソフトウェアやプログラム、Webサービスの間をつなぐもの）を活用して各アプリとの双方向、各アプリ間での横断的なデータ連携が可能である。

本稿では、安全管理や進捗管理を目的として、作業員の位置や動線情報を3D空間上に可視化する手法を検討した結果について、報告する。

2. 位置情報取得の必要性と課題

位置情報の代表的な取得方法には全球測位衛星システム(GNSS)がある。しかし、地下や橋梁路下など頭上覆われた空間ではGNSSの信号が受信できないため、屋内で位置情報を取得する技術が必要になる。表-1に、屋内位置測位技術の比較表を示す。様々な技術はあるが、現場内に複数の送受信機や通信設備の設置、日々変わる現場の状況に応じた機材の再設置、機材の価格や維持費、取得する位置情報の精度などの観点で課題が多い。筆者らは、その中からカメラ画像から自己位置を推定する技術であるVisual SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)技術に着目した。市販の小型単眼カメラをヘルメットに装着し、その映像から自己位置を推定した座標をWebサーバー経由でUnity(ゲームエンジン)で構築した3Dビューワにリアルタイム描写する技術を開発し、Confinixに実装した。

なお、選定したカメラはSafie(株)のSafie Pocket2とアサヒリサーチ(株)のヘルメットカメラ Driveman SP-10である。前者の選定理由は、現在遠隔現場で使用しており、装着性や画質、耐環境性、撮影データのリア



図-1 全体イメージ

表-1 屋内位置測位技術の比較

測位手法	Wi-Fi	BLE	インパルスUWB	PDR+位置補正	LiDAR SLAM	Visual SLAM
概要	Wi-Fiの電波強度により距離を計測し、三点測位	BLE(Bluetooth Low Energy)対応のビーコン発信機の電波強度で計測	超広帯域無線通信(IR-UWB)のパルス信号の到達距離により計測、3点測位	気圧や地磁気、加速度、ジャイロ等のセンサーにより基準位置からの位置を推定	LiDARを用い周辺環境をセンシングし、返り値を用いて測位	カメラで撮影された映像から、画像特徴点をを用いて測位
測位方式	電波強度	電波強度	信号到達時間	内蔵センサー+絶対位置情報	レーザー到達時間	画像認識
移動体デバイス	専用受信機	専用受信機	専用受信機	専用センサー一式	専用センサー	カメラ
認識距離	最大100m程度	数10m	最大30m程度	ロガー計測であれば距離関係なし	最大200m程度	N/A (カメラ単体で稼働するため)
測位精度	数m~数10m	1m~数m	数10cm	数m	数mm	数cm~数10cm
現場利用時の課題	現場内でのWi-Fi環境整備、また状況により高頻度の盛替えが必須。電波の反射・干渉等で精度のブレが大きい。	認識距離が短いため現場内に多数の発信機が必要。状況により、盛替えが必須。	UWB専用デバイスが必要であり普及していないため現実的ではない。	発信機など固定デバイスは不要だが、基準点からの誤差が蓄積するため、一定間隔で位置補正が必要。	機材一式が高価。	既存のカメラデバイスを活用できる。特徴点の把握が困難な広大な空間や、暗闇に弱い。
総合評価	△	×	×	△	△	○

キーワード CPS, デジタルツイン, データ・システム連携基盤, DX, 位置情報, Visual SLAM

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組生産技術本部先端技術企画部

ルタイム送信，他現場への展開性で優れていたためである。後者は，装着性や画質，費用，小型性，動作時間で優れていたためである。

3. 実現場での作業員位置情報の取得結果

鉄道高架化工事に従事する 30 名の作業員に，ヘルメットカメラ SP-10 を 7 日間装着し，データを取得した。合計 210 件の映像データの内，3 時間以上の撮影データが 111 件 (53%)，3 時間未満の撮影データもしくは撮影されていないものが 99 件 (47%) となった。これは，休憩やトイレ後に OFF のままでの作業継続，誤操作，故障を懸念した雨天時の取り外しなどが理由であった。これらの操作性や耐環境性については，今後の運用に向けて解決すべき課題と考えている。

さらに，取得した映像データから位置情報の解析をした結果，解析可能なデータが 102 件 (49%) (図-2)，解析結果が不安定なデータが 49 件 (23%)，解析できないデータが 59 件 (28%) (図-3) となった。解析が不安定もしくは解析できないデータとなった理由は下記の通りである。

- ・夜間の撮影や暗所での撮影になったことで，対象が映像に捉えられなかったこと
- ・映像内に特徴物が映っていないなかったこと

解析可能なデータを Confinix で可視化した結果を図-4 に示す。

また，装着した作業員にアンケートをとった結果，下記の課題が得られた。

- ・ヘルメット装着形は，頭上が重くなり，作業の邪魔になる。また，カメラ本体が突起形状のため，足場などに引っ掛かりやすい。
- ・もともと作業用で装着しているヘッドライトに追加でカメラを装着することになるため，一体型にするなど装着物を減らしてほしい。

4. おわりに

周辺環境の影響を受ける点，ヘルメットカメラが作業の邪魔になる点，解析できない場面が多々ある点など，実際の位置情報の安定取得にはまだ課題がある。Confinix が施工段階において業界全体で活用できる「施工管理データ・システム連携基盤」になることを目指し，位置情報の取得に対して，Visual SLAM の性能向上だけでなく，複数の位置情報取得機器の併用など，現場での試行を繰り返して，作業員の負担にならず，かつ必要な情報を取得できるよう，研究開発を進めたい。

参考文献

- 1) 湯浅知英, 小澤一雅: CPS を活用した施工管理のためのオープンプラットフォームの構築, 第3回「i-Construction の推進に関するシンポジウム」, 2021
- 2) 元村亜紀, 湯浅知英, 小澤一雅: CPS を活用した施工管理のためのオープンプラットフォームの実装, 土木施工 1 月号(VOL. 63 No. 1), pp82-85, 2022



図-2 自己位置を捕捉できている状態



図-3 自己位置を捕捉できていない状態

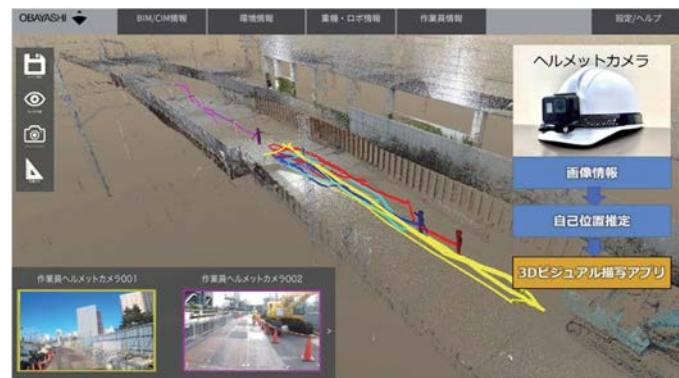


図-4 作業員位置情報の可視化状況