

映像を用いた3次元位置計測システムの現場適用性向上にむけた取組

安藤ハザマ 正会員 ○紫垣 萌 正会員 早川健太郎
正会員 澤城光二郎

1. はじめに

マシンコントロール (MC) / マシンガイダンス (MG) 技術をはじめ、建設現場において移動体の位置情報を取得する手法として GNSS (Global Navigation Satellite System) が広く用いられているが、切り立った法面や構造物の近傍、屋内等、GNSS 情報を正常に受信できない環境では、位置情報の取得が困難になる。

著者らはカメラ映像を用いて移動体に取付けた球体マーカの3次元位置を簡易な機器構成で計測するシステムを開発 (図-1, 図-2) し、実証実験で現場への適用性を検証してきた。その結果、本システムを実工事へ適用する場合には、①移動体が遮蔽物に隠れた場合にカメラが球体マーカを撮像できないこと、②複数の移動体を同時に追跡するケースがあること、③再施工の可否判断のために計測結果を即座に視認したい要望があること、等が判明した。そこで、本システムに3点の機能を追加し、その性能を確認するための実証実験を行った。本稿ではその結果について報告する。

2. 現場適用性を向上させるために追加した機能

(1) 遮蔽対策機能：マーカが遮蔽物に隠れた場合の対策

として、カメラを3台使用し、うち2台の映像でマーカの3次元位置を計測する仕様とした。これにより現場車両等の障害物がカメラとマーカの視通を横切っても、残る2つのカメラ映像から位置計測が可能となる。また、3つの映像のうち計測に使用する映像の組み合わせを自動で切り替える機能も実装した。

(2) 複数移動体の同時トラッキング機能：本システムでは色情報 (色相, 彩度, 明度) の閾値処理を用いて映像中からトラッキング対象のマーカを検出している。複数の移動体の計測に対応するため、検出する色情報のパラメータセットを2つ読み込み、色の異なる2つのマーカを同時に計測できるようプログラムを改良した。

(3) リアルタイム計測機能：カメラと解析用 PC を無線接続し、カメラ映像の取得と解析を同時に行う機能を実装した。これにより、移動体の3次元位置がリアルタイムに GUI にプロットされ、移動軌跡を即座に視認できる。

3. 実験方法

現場適用性を向上させるために機能を追加したシステムの性能を実証実験で確認した。実験状況を図-3 に示す。小型締固め機での転圧作業を想定し、10m×10m の計測範囲内を 2.5m のコース間隔で往復する2つの移動体を以下の条件で計測した。なお、機器の構成および配置は図-4 の通りである。

(1) 遮蔽対策機能：遮蔽物によりマーカが遮蔽された時、使用する映像が自動で切り替わり計測が途切れないことを確認するため、現場を模擬した計測範囲に視通を遮る高さ約 2.5m の障害物を設けた。

キーワード 映像, 3次元位置計測, 遮蔽, 複数, リアルタイム

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間5 1 5-1 安藤ハザマ技術研究所 TEL 029-858-8815

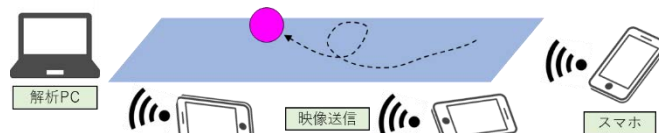


図-1 システム構成

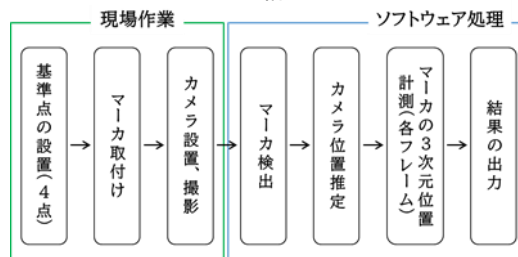


図-2 システム運用フロー



図-3 実験状況

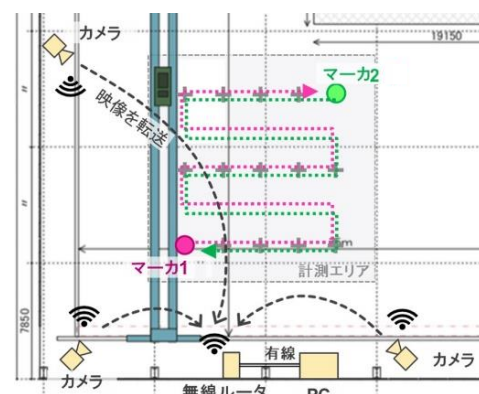


図-4 機器の構成と配置

(2) **複数移動体の同時トラッキング機能**：2つの移動体を同時に計測できることを確認するため、色の異なる球体マーカを2つ用意し、それぞれ別の移動体へ取り付けて計測を実施した。なおマーカの色は建設現場で用いられることの少ない蛍光色（ピンク、緑）を採用し、2つのマーカに近い色を表現する値（色相、彩度、明度）を、幅をもたせた閾値として解析用PCへ入力している。

(3) **リアルタイム計測機能**：リアルタイムな3次元位置計測が可能であることを確認するため、移動体の動き始めからその移動軌跡がPC上のGUIにプロットされるまでの時間を確認し、計測のリアルタイム性を評価した。

4. 実験結果

(1) **遮蔽対策機能の実証**：障害物を設置した状態での計測結果を図-5に示す。ピンクでプロットされた軌跡はカメラ1と2の組み合わせ、水色はカメラ2と3、黄色はカメラ1と3で計測された結果である。赤い破線で囲んだエリアでは、軌跡はピンクや黄色で示されているが、それ以外のエリアでは軌跡が水色を示す部分が多くなる。すなわちカメラ1とマーカが近接しており間に障害物が無い位置ではカメラ1と2で計測が行われ、カメラ1が遮蔽されている間はカメラ2と3で計測が行われていることが分かる。このことから、3台のカメラとマーカの視通状況に応じて、カメラの組み合わせをシステムが自動で切り替えながら計測しており、遮蔽物のある環境でも位置計測を継続できるため、現場適用性が向上したと言える。

(2) **複数移動体の同時トラッキング機能の実証**：図-6のピンク色の軌跡がマーカ1、緑色の軌跡がマーカ2の計測結果を示している。図の通り、計測結果に2つの軌跡がプロットされていることから、色の異なる2つのマーカを同時に位置計測できることを確認した。なお実験ではマーカの軌跡に一部途切れがあったが、これはマーカと似た色の物体が映像に映り込み誤検出が起きたため、マーカの正しい位置を計測できなかったものに起因する。この対策としては、誤検出された物体をカメラの画角外へ運び出す・目隠しを施す等の現場環境の整備が考えられる。

(3) **リアルタイム計測機能の実証**：移動体の動き始めからPC上で移動軌跡がプロットされるまでの時間差は最大5秒程度でほぼリアルタイムな3次元位置計測ができています。この機能を追加したことで、例えば小型締固め機の移動軌跡から転圧回数の過不足を判断し、その場で是正することができるため、盛土作業の品質管理への適用が可能となった。

5. まとめ

映像を用いた移動体の3次元位置計測システムについて、現場への適用性を向上させるための機能を補強し、実証実験でその性能を確認した。

本システムを適用することでGNSS計測が難しい施工環境、GNSS非搭載の小型建機においても位置計測が可能となる。また計測結果を既存の転圧管理システムへ組み込むことで、MC/MG振動ローラ等と同様の管理が可能となり、施工エリア全体のトレーサビリティをもれなく得られるようになることを考える。今後もシステム改良・実証を継続し、現場適用性のさらなる向上を目指す。

謝辞

本システムの開発および精度検証にあたり、日本アルゴリズム株式会社様には多大なご協力をいただきました。この場を借り、深く御礼申し上げます。

参考文献

1) 紫垣萌, 早川健太郎, 澤城光二郎：映像を用いた移動体の3次元位置の計測技術とその精度検証, 土木建設技術発表会, I-2, 2021.

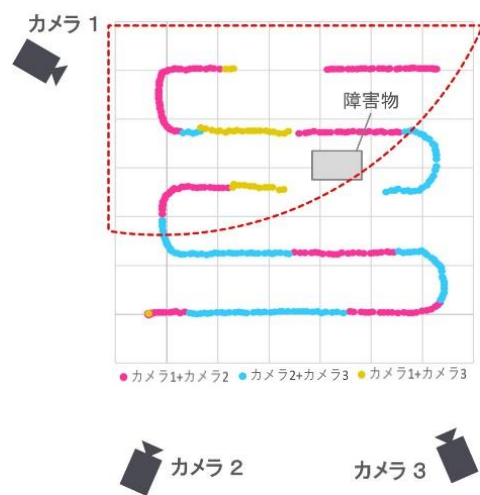


図-5 計測結果(カメラ自動選択)

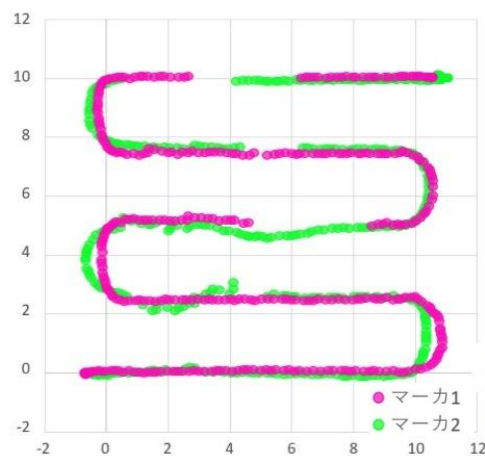


図-6 計測結果(マーカ1, 2)