

## 鋼板運搬設置用マニピュレータの位置合わせガイダンスの検討

株式会社竹中土木 正会員 ○千葉 俊二 倉知 星人 大村 啓介  
ケンブリッジコンサルタンツ株式会社 小島 威裕

### 1. はじめに

東日本大震災や熊本地震を教訓に、今後発生が予想されている大規模地震に備えた構造物の耐震化が進められており、柱等の補強には一面せん断補強工法などが用いられている。特に狭小部での作業では、チェーンブロックやウィンチを用いて人力で鋼板設置が行われているため、作業性や安全面が課題となっている。そこで筆者らは、補強用鋼板の運搬・設置作業の効率化および安全性向上を目的として、写真1の様な鋼板用マニピュレータの開発を進めている<sup>1)</sup>。本報告では、昨年までに得られた位置合わせの課題に対して、操作指示を表示するガイダンス機能を追加検討したため、その内容について報告する。

### 2. 課題と解決策

マニピュレータのベースマシーンに選定したジラフ（GR600）は、モーター駆動で前後進し、操作者がハンドルを切ることで車体本体を動かすことができる。また、アームとその先端に付いている材料を把持可能なアタッチメントを、リモコン操作することで、伸縮や回転などの動きができ、用途に合わせた材料を運搬設置可能としている。昨年度、このジラフ（GR600）にて柱に設置したボルトに孔の空いた鋼板を設置する作業を試みたが、図1の様にアタッチメントが22.5度ピッチでしか固定できない構造のため、柱に対して鋼板が平行になるようにジラフを走行させることが困難であった。また、鋼板を平行に合わせた後に、ボルトと鋼板孔の位置が合うようにリモコン操作をするが、ボルトが鋼板やアタッチメントの死角となり、図2の様にズレが生じている場合には、位置合わせに時間を要した。

これら2つの課題を解決するために、アタッチメントの固定角度に対応した走行経路指示と、ボルトと鋼板孔の位置合わせをサポートするリモコン操作指示を表示するガイダンスシステムを開発することとした。

### 3. 取付機器と構成

ガイダンスを可能にするためには、柱とアタッチメント、ボルトと鋼板孔の位置関係を正確に検知する必要があるため、ジラフや施工面にカメラ等の機器を設置した（図3）。走行経路指示に必要な機器は、車体前面に取り付けた深度カメラ（D435:RealSense）とトラッキングカメラ（T265:RealSense）、柱に取り付けたAR マーカー、ハンドルに取り付けたエンコーダー（E6B2-C:Omron）である。

深度カメラで大マーカーを視認することでジラフ本体の位置を検知させるが、旋回等で大マーカーが視認できない場合は、カメラ画像の変化によって移動位置を検知できるトラッキングカメラの情報を反映させる構成としている。また、ハンドルに設置したエンコーダーにて、ハンドル角度を検出させる。



写真1 鋼板用マニピュレータ  
アタッチメント角度に制限

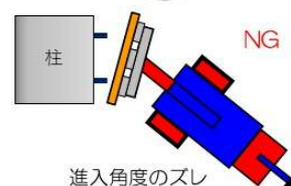
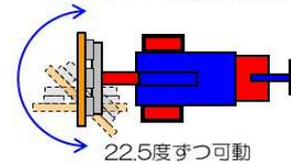


図1 ジラフ位置合わせの課題  
進入角度のスレ

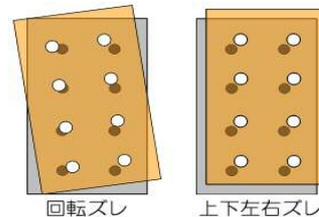


図2 鋼板孔とボルトの  
位置合わせの課題

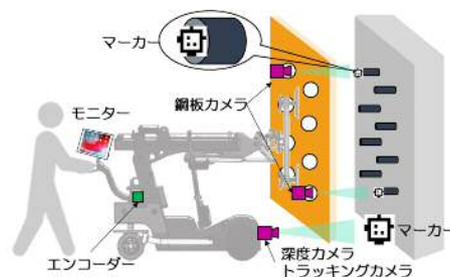


図3 取付機器

キーワード 耐震補強、鋼板、マニピュレータ、位置検知、ガイダンス

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂 1-1-1 (株)竹中土木 技術・生産本部 TEL03-6810-6215

ボルトと鋼板孔の位置合わせをサポートするリモコン操作指示に必要な機器は、ボルトの対角の位置に設置した2つの小マーカーと、その位置に対応した鋼板孔に設置する2つのカメラである。カメラで小マーカーを視認することで、ボルトに対しての鋼板孔の位置を検知させる。

また、ガイダンス表示のためのモニターをハンドル部分に設置する。

#### 4. ガイダンスシステムの概要

走行経路指示ガイダンス例を図4に示す。はじめに、深度カメラと大マーカーによって柱に対するジラフ本体の位置を検知させ、モニター上に自己位置を表示させる(A)。次にモニター上に表示しているアタッチメントの固定角度(22.5度)に対応した7つのアプローチ位置の中から、周辺環境などの状況を踏まえ適切な位置を選択すると、自動で最適経路が表示される。ハンドル角度を基に表示した予測経路と最適経路とを重ねるようにオペレーターがハンドルを操作し前進させることで、柱に対して鋼板を平行、かつアームとアタッチメントのリモコン操作で鋼板を設置可能な位置まで移動できる(C)。ここで、Bの位置にジラフが移動した場合は、深度カメラが柱に設置した大マーカーを視認できないため、トラッキングカメラの情報を反映し、自己位置を検知させている。

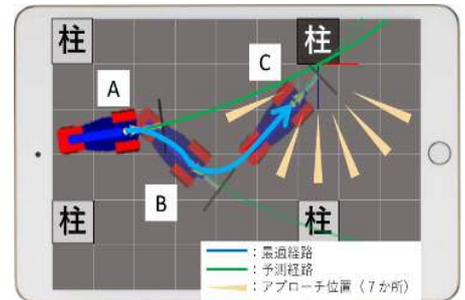


図4 走行経路指示ガイダンス例

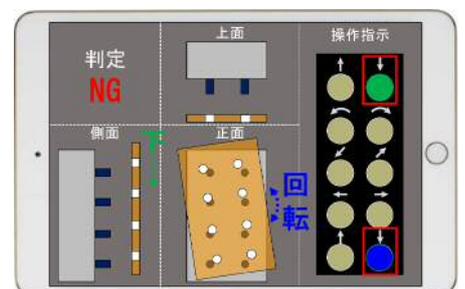


図5 リモコン操作指示ガイダンス

次にリモコン操作指示ガイダンス例を図5に示す。ボルト、鋼板孔の対称の位置に取り付けた小マーカーと、カメラにより、ボルトと鋼板孔の位置関係を検知し、柱に対して鋼板がどのような状態となっているか上面、側面、正面の三方向からモニター上で視認できるシステムとしている。図5の場合、鋼板は柱に対して上方向に位置し、かつ正面から見て左に回転しているため、緑色の下げる、青色の右に回転させる操作指示がモニターに表示されている。オペレーターはこれらの指示通りリモコンを操作することでボルトと鋼板孔の位置合わせを簡易的に行えるシステムとしている。

#### 5. ガイダンスの動作検証

製作したガイダンスシステムの動作検証状況を写真2に示す。一面せん断補強工事を想定し、柱側に模擬ボルト、ジラフのアタッチメントには模擬鋼板を設置し、検証を行った。

走行経路指示ガイダンスは、図4に示す7つのアプローチ位置において、最適経路とハンドル角度を基に表示した予測経路を合わせながら操作することで柱に対して鋼板を平行に、かつアームとアタッチメントのリモコン操作で鋼板を設置可能な位置に移動することが出来た。

また、リモコン操作指示ガイダンスは、模擬ボルトの位置を様々変更させた場合でも、柱に対して鋼板がどのような状態となっているか認識し、操作指示がモニターに表示された。この操作指示に従うことで、モニターのみを視認した状態で正確に位置合わせを行う事が出来た。



写真2 動作検証状況

#### 6. おわりに

開発したガイダンスシステムにより、人力施工に比べ、鋼板の位置合わせに要する時間を20%程度短縮できる可能性が確認出来た。今後は、現場適用を目指し、問題点の抽出と改良、省力化等の効果の確認を行う予定である。

#### 参考文献

- 1)大村啓介, 駒井秀治, 川崎達哉, 倉知星人, シュレスタジャスティン: 鋼板運搬設置用マニピュレータの検討, 土木学会第73回年次学術講演会, VI-688, 2018
- 2)千葉俊二, 倉知星人, 大村啓介, 駒井秀治, 木村和夫, 小林宏, 安原仁一: 補強鋼板運搬設置用マニピュレータのアタッチメント押出機構の検討, 土木学会第75回年次学術講演会, VI-1124, 2020