

VI-179

重量物ハンドリングマニピュレータの開発と実用化（その1）

－ 要素技術の開発 －

日立造船（株） 正会員 清水 徹 森井俊明  
（株）大林組 上田尚輝 富岡 彰

1. まえがき

シールド工事における自動化技術の開発は目覚ましく、これまでも種々のシステムやロボットが開発・実用化されてきた。しかし、付帯作業として位置付けられる軌条の敷設作業、セグメントボルトの増し締め作業、坑内配線延伸作業等については、作業の重要度が低いこともあって自動化が遅れているのが現状である。重量物ハンドリングマニピュレータ「オムニハンド 500」は、これら付帯作業の自動化をめざして開発された汎用性の高い多機能ロボットであり、その最初の適用例としてセグメントボルト増し締め作業が選ばれた。

ここでは、「オムニハンド 500」の概要と、セグメントボルトの増し締め作業を行うセグメントボルト締結ロボットへの適用に向けた要素技術の開発について報告する。

2. 「オムニハンド 500」の概要

定格で500kg、最大では750kgまでの重量物を誤差0.1mm以内で正確に、かつ高速で位置決めするマニピュレータで、垂直多関節型としては可搬重量が世界最大級のものである。マニピュレータは、アーム部分と取り替え可能な先端のアタッチメント部分から構成されており、次のように多くの特長を有している。

- ① 3つの関節からなる垂直多関節型ロボットで6自由度を有し、アーム部分を上下・左右・前後の各方向に自由に動かすことが可能である。
- ② アーム部分と交換可能な先端アタッチメントから構成され、6軸を交流サーボモータで制御している。
- ③ 先端部に装備した画像センサーと超音波センサーを使用し、500kgまでの重量物を0.1mm以内の高精度で位置決めする。
- ④ 先端部のアタッチメントを交換することにより、1基のロボットで複数の作業に適用できる。

なお、アーム部分の各関節には、重量物をハンドリングして高精度で位置決めするため高トルクのサーボモータを配置し、なかでも最も高いトルクが要求される第1関節の駆動には2台のサーボモータによる同期運転を採用している。また制御システムは、プログラマブルコントローラとアクチュエータを制御するサーボコントローラ、および各センサー等を通信回線で結んで構成されている。

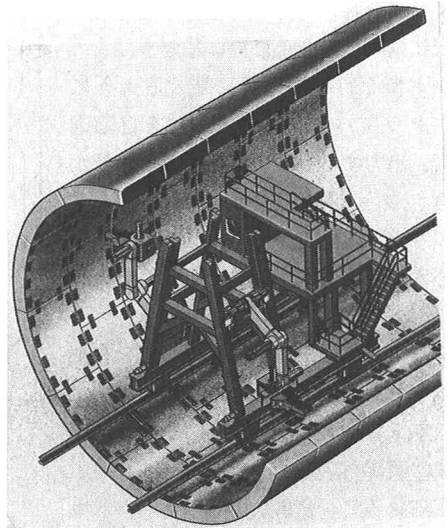


図-1 セグメントボルト締結ロボット概要図

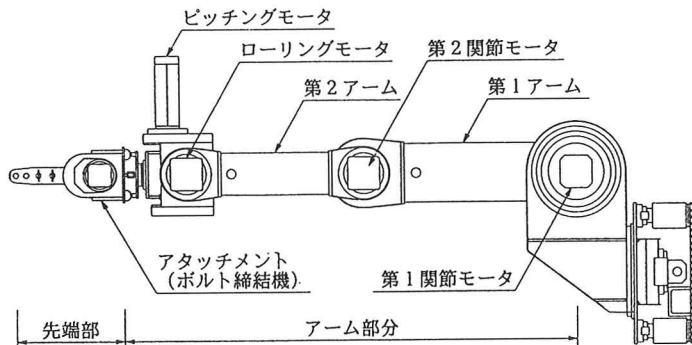


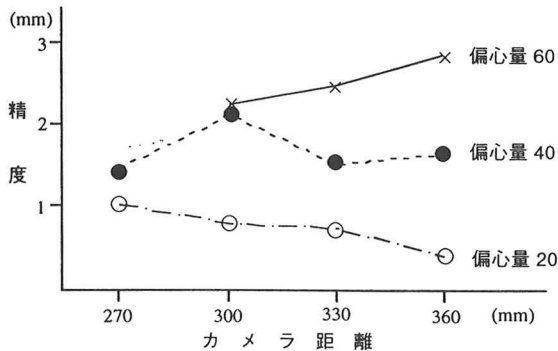
図-2 マニピュレータ構造図

### 3. 要素技術の開発

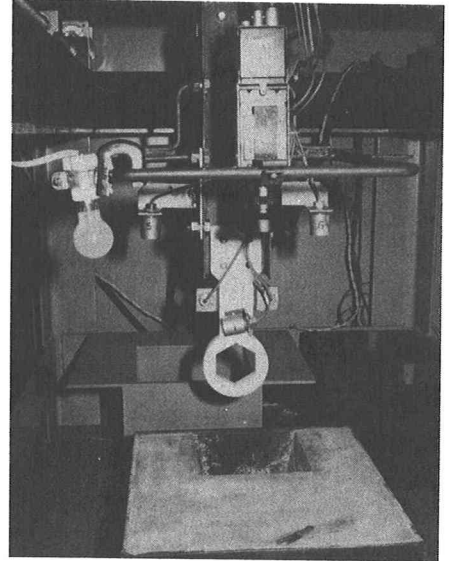
セグメントボルト締結ロボットの開発にあたって、①ボルト位置を正確に検出するセンシングシステムの確立と、②ボルト締結機の自重および締結時の反力を支持して高精度の位置決めが可能なマニピュレータの性能確認、を目的とした要素実験を行った。

#### ①ボルトセンシング実験

X-Y-Z方向に自由度を有し、Z軸（鉛直軸）にボルトグリッパとテレビカメラおよび超音波センサーを取り付けた直交テーブルと、模擬ボルトボックスを組み合わせた実験装置を製作して行った。この実験により、画像処理技術と超音波センサーを組み合わせたセンシングシステムを確立することができた。



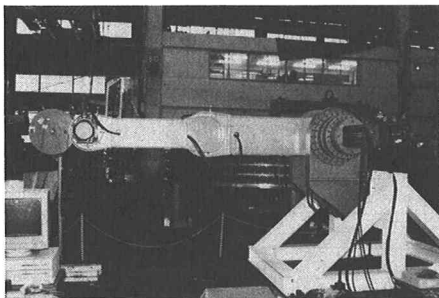
図－3 画像センシング結果



写真－1 センシング実験装置

#### ②マニピュレータ作動特性実験

実機仕様のマニピュレータを用いて実施した静的および動的特性実験の主な実験項目とその結果を表－1に示す。この結果からわかるように、重量物を取り扱うにもかかわらず、繰り返し位置決め精度が $\pm 0.1\text{mm}$ 以内と非常に高精度な特性を有するとともに、最大可搬重量も十分であることが確認できた。さらに、動的特性においてもアーム部の動作速度を適正に制御することによって、アーム部先端の残留振動を小さく抑えることが可能であり、重量物ハンドリング用として良好な特性を有することも確認できた。そのほか、アーム部の移動時における補間動作（円弧または直線補間）には、モーションコントローラの高速演算処理を採用することにより、アーム部先端の軌跡の偏差を $\pm 1.1\text{mm}$ 程度に抑えることが可能であることも実証した。



写真－2 マニピュレータ特性実験状況

表－1 実験結果

|   | 実験項目       | 実験結果                        |
|---|------------|-----------------------------|
| 1 | アーム振動特性    | 固有振動数 4.3 Hz<br>残留振動 0.5 mm |
| 2 | 位置決め繰り返し精度 | $\pm 0.1\text{ mm}$ 以内      |
| 3 | 最大許容可搬重量   | max. 970 kgf, 18.8 sec.     |
| 4 | 補間精度       | 偏差 1.1 mm（円弧補間）             |

### 4. あとがき

重量物ハンドリングマニピュレータ「オムニハンド 500」のセグメントボルト締結ロボットへの適用に向けた要素実験の結果、ロボットに必要な高精度のセンシングシステムを有する高性能のマニピュレータを開発することができた。今後はセグメントボルト締結ロボットの実工事への適用を図っていきたいと考えている。