

## 24. 軽量マニピュレータの開発と施工事例

東急建設㈱：\*難波 健治，鷹巣 征行  
小島 茂之

### 1.はじめに

これまでの内装工事は、ほとんどが作業員の手作業に頼っているのが現状である。重量のある内装材の持ち上げ・取り付けは手作業で行っており、天井工事など高所作業では鋼製足場板と脚立で構成される不安定な仮設足場上での作業のため、踏み外しや倒壊による転落事故の危険性が高かった。また、この仮設足場は作業場所が変わるたびに移動・設置・解体を繰り返しており、作業効率低下の原因となっていた。

このような理由から、今までに多くの内装工事用建設ロボットが開発されたが、天井ボード貼り付けや壁材のハンドリングなど単機能なロボットが多く、多種多様な内装工事ではロボット化による効果が十分に得られず、あまり普及していないのが現状である。

そこで、各種の内装工事に適用できる多機能型建設ロボットとして軽量マニピュレータを開発した。軽量マニピュレータは、ハンドリングマシンと自走式移動足場の機能を兼ね備え、各種内装工事に高い適用性を持つ建設ロボットである。

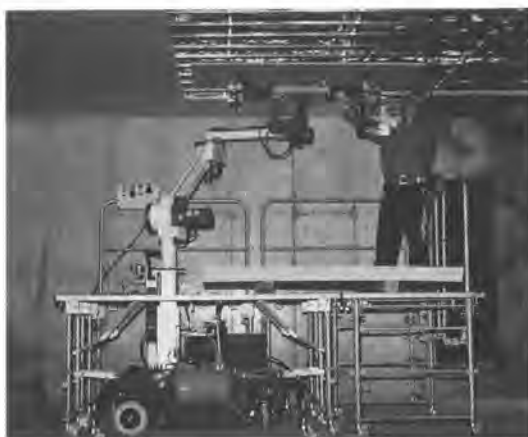


写真1 軽量マニピュレータ

### 2.軽量マニピュレータ概要

軽量マニピュレータの開発にあたり、以下の条件を設定した。

- (1) 仮設足場を不要にすることで施工速度と安全性の向上を実現すること
- (2) 重量のある内装材の持ち上げ作業から作業員を解放し、作業の省力化を図ること
- (3) 多種多様な内装工事に対応できること
- (4) ロボットの小型・軽量化のため構成機器を分割可能にすること

前記の条件をもとに製作した軽量マニピュレータの概要図と仕様を図1と表1にそれぞれ示す。

本装置は、マニピュレータと走行台車から成る本体とそれらに接続されるアタッチメントおよび作業ステージにより構成される。

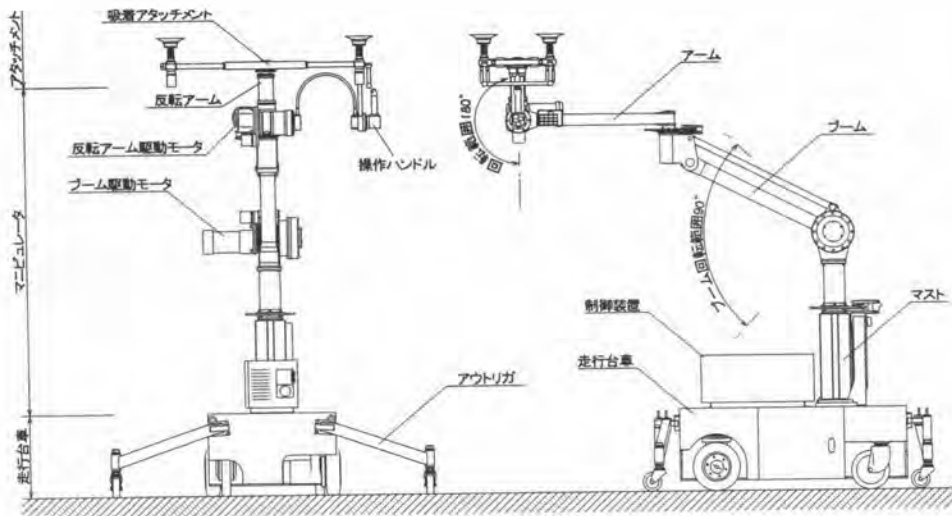


図1 軽量マニピュレータ概要

1) 本体

①マニピュレータ

内装材の持ち上げを行うマニピュレータは5つの関節を持ち、鉛直方向の関節は電動モータ駆動、水平方向の関節は軽いわずかな力で移動できるマニュアル操作型とした。

②走行台車

走行台車はバッテリー電源を用いたモータ駆動で、前後進・旋回・横行の3パターンでの走行が行える。

2) アタッチメント

各種の内装材や工種への対応はアタッチメントで行う。アタッチメントには吸着アタッチメントとテーブルアタッチメントがある。

吸着アタッチメントは、4つの吸着パッドにより板状の内装材の把持を行う。取り扱う内装材の大きさにあわせて吸着パッドの間隔を変更できる。

テーブルアタッチメントは天井仕上げボードなどの小さな内装材の積載、ファンコイルやダクトの取り付けなどに使用する。

壁や床を施工する場合は吸着アタッチメントとマニピュレータ先端部との間に専用アダプタを用いる。

表1 軽量マニピュレータ仕様

収納寸法	*アウトリガ有り:L×W×H=1,490×712×1,500mm *アウトリガ無し:L×W×H=1,260×712×1,500mm
重量	*本体:560kg *吸着アタッチメント:30kg *作業ステージ:45kg(1台あたり)
動作寸法	*最高高さ:2580mm(反転アーム基部中心) *最低高さ:870mm(---) *最大半径:1,750mm(---) *マストストローク:400mm *施工可能天井高さ:3,030mm以下
可搬重量	*マニピュレータ:150kg *反転アーム:120kg
電源	*走行台車:DC24V *マニピュレータ:AC200V(3φ)

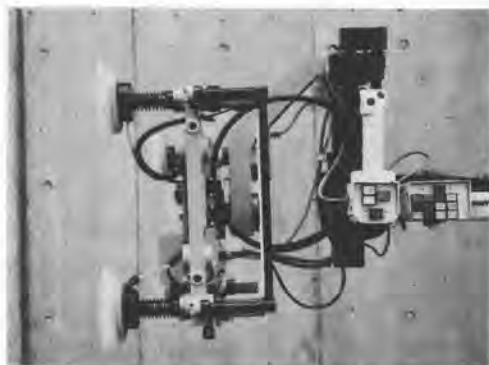


写真2 壁用アダプタ装着状況

壁用アダプタは吸着アタッチメントを壁面に平行になるよう回転軸を付加するものである。床用アダプタは反転アームを延長し、吸着アタッチメントを床面まで到達させるものである。

### 3) 作業ステージ

天井工事などの高所作業では作業ステージを用いる。本体と作業ステージを連結することで自走式移動足場として使用することができ、この作業ステージは作業内容やフロアの状況に応じて自由にレイアウトが変更できる。

作業ステージを用いることで堅固でフラットな足場を確保できるため、つまずきや踏み外しによる転落事故を防止でき、安全な作業が行える。

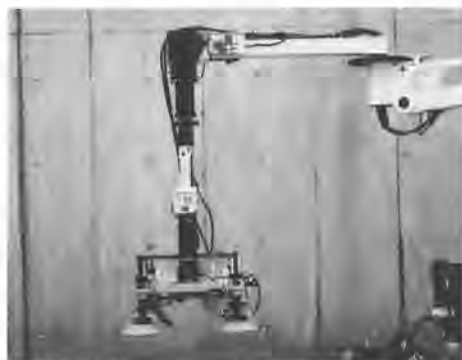


写真3 床用アダプタ装着状況

## 3. 試作機による施工実験および改良

### 3.1 施工実験およびヒアリング調査

製作した試作機による施工実験を行い、施工能力および作業性の調査と内装業者へのヒアリングを実施した。表2に天井工事での施工実験結果を示す。

表2 天井工事における施工実験結果

	天井下地ボード	天井仕上げボード	天井仕上げボード
内 装 材	材料:石膏ボード 寸法:910×1,820mm 厚さ:9mm	材料:岩綿吸音板 寸法:300×600mm 厚さ:12mm	材料:化粧石膏ボード 寸法:455×910mm 厚さ:9mm
作 業 構 成	軽量マニピュレータ:1台 作業員:2名	軽量マニピュレータ:1台 作業員:2名	軽量マニピュレータ:1台 作業員:1名
作 業 ス テ ー ジ	台数:6台 寸法:3,000×4,000mm	台数:8台 寸法:3,000×5,000mm	台数:10台 寸法:3,000×6,000mm
施 工 面 積	256.1m <sup>2</sup>	140.6m <sup>2</sup>	338.1m <sup>2</sup>
施 工 速 度	82.5[m <sup>2</sup> /日・人]	55.6[m <sup>2</sup> /日・人]	55.8[m <sup>2</sup> /日・人]
従来での施工速度	60.0[m <sup>2</sup> /日・人]	40.0[m <sup>2</sup> /日・人]	40.0[m <sup>2</sup> /日・人]
施 工 速 度 比	従来作業の1.4倍	従来作業の1.4倍	従来作業の1.4倍

天井工事の施工実験では、軽量マニピュレータにより天井下地ボード、化粧石膏ボード、岩綿吸音板の3種類の内装材の貼り付け作業を行い、施工時間および施工面積を測定し施工速度を算出した。

施工実験の結果、適用したすべての作業において従来作業に比べ施工速度の向上が確認できた。これは軽量マニピュレータの開発条件である仮設足場を不要にすることによる準備作業の低減と、マニピュレータによる持ち上げ・位置決め作業による効果と考えられる。

施工実験と同時に軽量マニピュレータを実際に使用した内装業者にヒアリング調査を行った。

軽量マニピュレータ導入による作業性や安全性の向上など良い評価が多く得られたが、操作性や装置の取り扱いなどで問題点が指摘された。ヒアリング調査で得られた問題点を以下に示す。

- ・現場での組立作業が多く、複雑である
- ・吸着した内装材の落下防止対策が不完全である
- ・マニピュレータ用電源が AC200V では使いづらい
- ・壁材取り付け作業時のマニピュレータの操作性が悪い
- ・走行台車の直進性が悪い

これらをもとに軽量マニピュレータの改良を行った。

### 3.2 本装置の改良点

前記の問題点から以下の改良を行った。

#### 1) 組立作業の低減

- ・分割していた構成機器を走行台車上に設置し、組立点数を低減
- ・走行台車と作業ステージとの連結部をピン挿入による簡易な方法に変更

#### 2) 安全装置の付加

- ・吸着不良による内装材落下の危険を知らせる警告ブザーを新設
- ・内装材を吸着中に停電や故障により電源が切断した場合でも、吸着力を保持する装置を新設
- ・転倒防止用アウトリガ使用時のみマニピュレータが使用できる安全装置の増設

#### 3) 操作性、作業性の向上

- ・走行台車の操作性向上のため、ステアリングを 2 輪式から 4 輪式へ変更
- ・壁工事用の簡易ステップの増設
- ・マニピュレータの操作性向上のため、上下操作スイッチを吸着アタッチメントに増設
- ・最大施工天井高さを 600mm 延長するマスト延長用アダプタの新設
- ・マニピュレータ部の電源を AC200V から AC100V へ変更

## 4. 施工事例報告

軽量マニピュレータを天井工事に導入した事例について報告する。事例は天井下地ボード貼り付け作業と天井仕上げボード貼り付け作業である。

### 4.1 天井下地ボード貼り付け作業

天井下地ボード貼り付け作業における軽量マニピュレータの作業構成を図 2 に示す。アタッチメントは石膏ボードを把持するために吸着アタッチメントを使用した。作業ステージはマニピュレータの動作範囲と作業性を考慮して 3m×4m に配置した。

軽量マニピュレータの組立・調整作業は約 2 時間、内装業者への指導は約 2 時間であった。

天井下地ボード貼り付け作業は二人一組で行い、作業員は軽量マニピュレータの操作とねじ留めに作

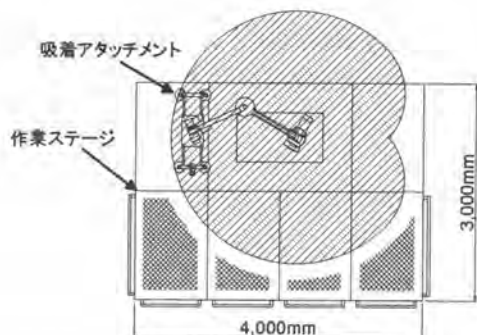


図2 作業構成



写真4 施工状況

業を分担した。石膏ボードの貼り付けは基本的にマニピュレータを使用した。柱の周囲や壁際などの加工を要する石膏ボードの貼り付けは手作業で対処した。

軽量マニピュレータによる天井下地ボード貼り付け作業の結果を表3に示す。

軽量マニピュレータを使用することにより、施工速度が従来作業に比べ約1.3倍に向上した。実施工においても施工実験と同様に、仮設足場を不要としたことによる準備作業時間の低減とマニピュレータによる作業効率の向上が確認できた。

また、重量のある石膏ボードの持ち上げ・保持をマニピュレータで行うため作業員の身体への負担が少なくなることから、疲労の蓄積が少ない、コンスタントな作業が行えるなどの意見が得られた。

表3 施工結果

内 装 材	種類:石膏ボード 寸法:910×1,820mm 厚さ:9mm
作 業 構 成	軽量マニピュレータ:1台 作業員:2名
計 測 日 数	約3.5日(延べ16.8時間)
施 工 面 積	423m <sup>2</sup>
施 工 速 度	75.5[m <sup>2</sup> /日・人]
従来 <sup>1)</sup> の施工速度	60.0[m <sup>2</sup> /日・人]
施 工 速 度 比	従来作業の1.26倍

#### 4.2 天井仕上げボード貼り付け作業

天井仕上げボード貼り付け作業における軽量マニピュレータの作業構成を図3に示す。作業対象が化粧石膏ボードであるため吸着アタッチメントを使用せず、テーブルアタッチメントとした。テーブルアタッチメントは100kgまでの重量が積載可能で、910×910mmの化粧石膏ボードでは約20枚に相当する。テーブルアタッチメントを使用することで、化粧石膏ボードを常に取りやすい位置に置くことができる。

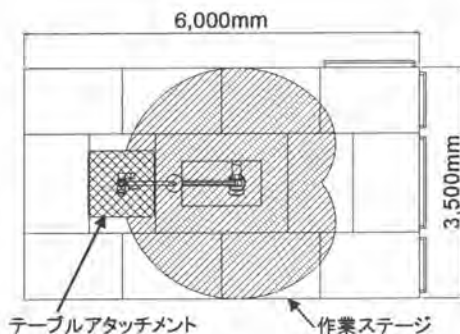


図3 作業構成

作業ステージはボードを貼る方向に長い作業エリアを確保するため、12台を細長く配置した。

軽量マニピュレータを導入した現場は大型店舗でフロア面積が広く、複数のフロアを同時に施工するため3台の軽量マニピュレータを2~4階の各階に1台ずつ導入した。また4階ではすでに作業が終了



写真5 施工状況

表4 施工結果

内 装 材	種類:化粧石膏ボード 寸法:910×910mm 厚さ:9mm
作 業 構 成	軽量マニピュレータ:2台 作業員:1日平均3.4名 (延べ17名)
計 測 日 数	5日(延べ30時間)
施 工 面 積	1190m <sup>2</sup>
施 工 速 度	70.0[m <sup>2</sup> /日・人]
従 来 の 施 工 速 度	55.0[m <sup>2</sup> /日・人]
施 工 速 度 比	従来作業の1.27倍

した軽量マニピュレータを導入し、2台を同時に使用して作業を行った。

軽量マニピュレータによる施工結果を表4に示す。軽量マニピュレータを使用することで、従来作業と比べ施工速度が向上するという結果が得られ、仕上げボード貼り付けにおいてもその効果が確認できた。

#### 5.おわりに

本論文では、軽量マニピュレータの仕様、試作機による施工実験、施工実験で得られた改良点、改良機による施工事例について報告した。

施工事例では、実施工においても軽量マニピュレの導入効果を確認することができた。軽量マニピュレータは既に十ヶ所以上の現場に導入しており、今後も現場施工を継続して天井工事だけでなく壁工事や床工事などを含めたトータル的な内装工事の効率化、安全性の向上を目指し改善改良を進めていく予定である。

#### 〈参考文献〉

鷹巣征行 他「軽量マニピュレータの開発－内装工事における無足場工法の実現－」第4回建設ロボットシンポジウム論文集 1994.7