

## 53. 天井工事ロボット・ スペースワーカーの開発

コマツ：\*長濱 政之

高砂熱学工業(株)：船津 敏夫・鈴木 基

### 1. はじめに

ビル建築現場での天井工事作業には空調設備工事、配管工事、ボード張り付け工事等がある。これらの工事は作業者が高所で作業をおこなうという面と、重量のあるワークの揚重・取付作業という面があるが、作業者にとっては危険で苦渋な作業となっている。

従来、こういった作業では作業者を高所へ上げる目的で高所作業車や組立足場、またワークを揚重する目的では各種揚重機械がそれぞれ使用されてきた。

そこで本報では既存の高所作業車に揚重機械としての面を積極的に持たせ、さらに高機能化・高付加価値化することで天井工事作業全般の改善を目的として開発した天井工事ロボットについて述べる。

### 2. 天井工事ロボットの特長

本機の特長を以下に示す。

#### ① 小型、軽量な車体

小規模な現場や仕上工程の現場で搬入・移動ができる様に、本設エレベータに載せられるサイズと重量とした。

#### ② 作業床の一部が収納・拡張可

作業床を収納・拡張できる様にすることで、狭い現場での取りまわしが楽になり、なおかつ走行台車部が小型でありながら広い作業スペースが得られる。

#### ③ 揚重能力の向上

作業者とワークを揚重するだけでなく、作業床上でワークの取付作業が効率良くできる様なアタッチメントの取付を考慮して揚重能力を向上させた。

#### ④ 多様な走行モード

狭い現場での移動や、ワークの取付作業の効率向上を目的として小回りがきき、多様な走行が可能。

#### ⑤ 走行の微操作性が良い

ワークの取付作業時に位置決めが容易となる様に、走行速度がレバーの傾れ角に比例する様にした。

#### ⑥ 2台連結して同期動作が可能

作業時に広い作業スペースが必要な場所や、重量のあるワークや長尺なワークの揚重・取付作業を可能とする為に、2台連結しての同期走行・同期昇降を可能とした。

⑦ 作業性の向上

作業台上でAC100Vの電動工具を使用する場合、外部より電源用の線をひきまわさなくてよい様に車体内部の電源(DC)を利用して電動工具(AC)を動かす事を可能にした。

3. 天井工事ロボットの構成

本機の構成を図1に示す。

大別して本機は走行台車・昇降装置、作業床・操作ボックスから成り、さらに2台連結時には連結フレームが追加される。

以下に本機の各要素ごとの機能について述べる。

① 走行台車

走行は対角2輪駆動、対角2輪操舵をマイコンで制御する事によって前後走行と旋回、横走行と旋回、斜走行、スピントーンの4種の走行モードを可能とした。

また操作ボックスの走行レバーの傾し角に比例した速度制御及び起動停止時のショックレス制御をマイコンでおこなう事によって微操作性を可能とした。

② 昇降装置

ワークを積載し揚重する機械として必要となるフラットな作業スペースを確保する為に、昇降装置はX字状のリンク構成となっている。

またこのX字状のリンク部に作業床の高さ検出用センサーを持つことにより2台連結時の同期昇降制御を可能とした。

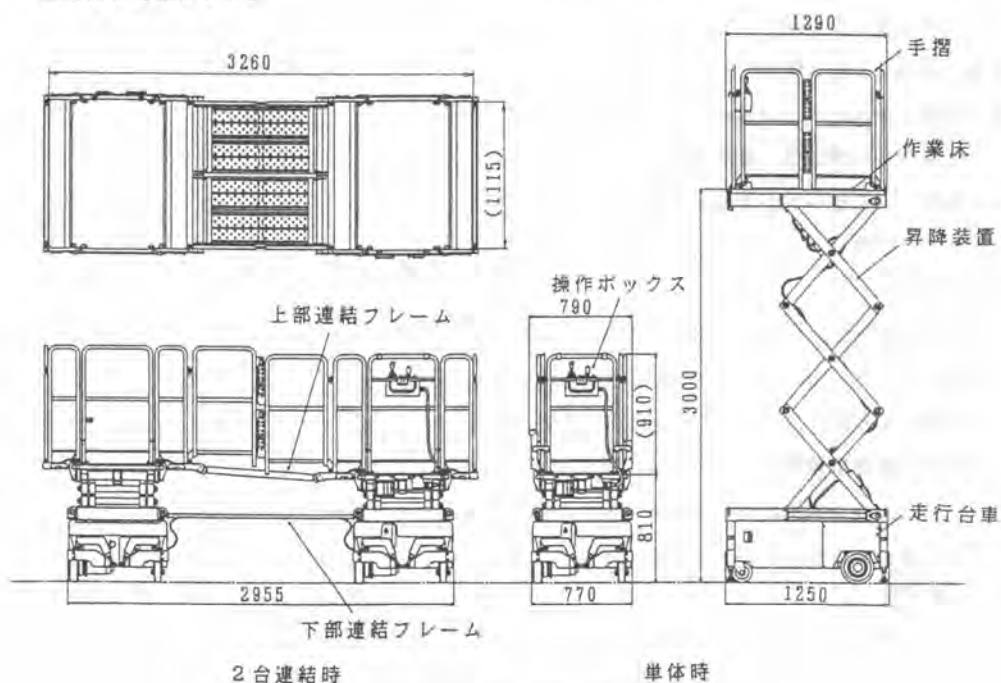


図 1 構成

### ③ 作業床

作業床は一部が収納・拡張可能であり、手摺は脱着可能とする事によって、それぞれの作業でそれに適した作業スペースを得る事を可能とした。

また走行台車内部の電源（DC 24V）をインバータによって電動工具が使用できる様にAC 100Vに変換して作業台上へ供給している。

### ④ 操作ボックス

操作ボックスは走行および昇降操作用レバーと、走行モードおよび昇降モード選択用の切換スイッチ等から構成されている。

走行および昇降操作用のレバーは誤操作防止の為、レバー上の押しボタンを押しながらレバーを倒さなければ作動しない構造となっている。

また操作ボックスはコネクタを介し脱着可能で、作業床側あるいは走行台車側に接続できるので車体に乗っても操作できるし車体外からでも操作できる。

### ⑤ 連結フレーム

2台の作業床間をつないで自らも作業床の一部となる上部連結フレームと、走行台車をつなぐ下部連結フレームから構成され、さらに下部連結フレームには2台間で電気信号のやりとりをおこなうための連結用ケーブルが装着されている。

また2台の作業床間の手摺は単体時の側面の手摺を流用しており、2台連結時の作業床間の高さの差を吸収するために上下にスライド可能な構造としている。

## 4. 2台連結時の同期動作

本機は単体でも動作可能だが、2台連結させた場合、その連結車両全体を単体と同じ操作パターンで動作可能とするために同期走行、同期昇降システムを有する。

この時操作ボックスは、連結車両のどちらか片方にのみ接続し、操作ボックスが接続された側が親機（主動側）、もう一方が子機（従動側）となる。

以下にこの同期システムについて述べる。

### ① 同期走行

親機は操作ボックスから入力された走行関係の指令に従って走行するとともに、子機の走行に必要なデータを連結用ケーブルを介して通信で子機へ送る。

子機はその受けとったデータに従って走行する。

走行の制御用通信データを図2に示す。

これにより2台連結時も単体時と同じ4種類の走行モードを持つことが可能となっている。

2台連結時の走行モードについては図3に示す。

### ② 同期昇降

親機は操作ボックスから入力された昇降の指令と、自分の作業床高さのデータ及び子機から通信で送られてきた子機の作業床高さのデータとの比較にもとづいて、親機・子機のそれぞれの昇降を決定する。

親機はその決定に従って昇降するとともに決定した子機の昇降指令を連結用ケーブルを介し通信で子機へ送る。

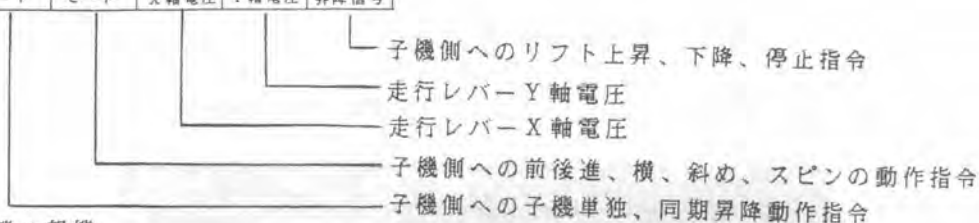
子機はその受けとったデータに従って昇降する他に、常時親機に自分の作業床高さのデータを通信で送っている。

これにより2台連結時に片側の作業床に偏荷重がかかった場合でも、2台それぞれの作業台の高さのバランスをとりながら昇降するので機械に損傷を与えることなく、安全である。

リフト モード	走行 モード	走行レバ X軸電圧	走行レバ Y軸電圧	リフト 昇降信号	リフト 高さ
------------	-----------	--------------	--------------	-------------	-----------

親機→子機

リフト モード	走行 モード	走行レバ X軸電圧	走行レバ Y軸電圧	リフト 昇降信号
------------	-----------	--------------	--------------	-------------



子機→親機

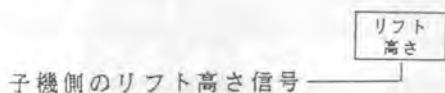


図 一 2 制御用通信データ

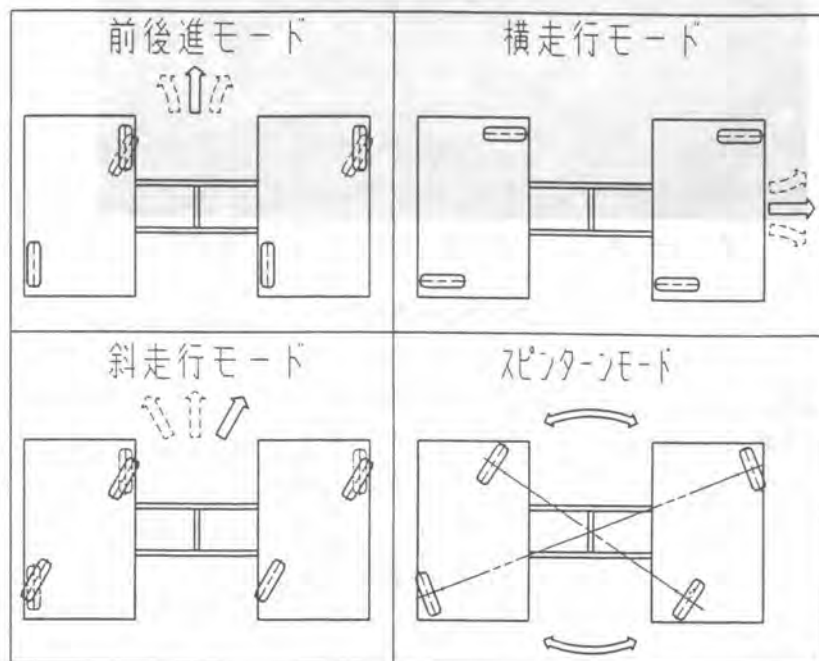


図 一 3 連結時の走行モード

## 5. 実施例

本機を2台連結して、ビル内装工事の石膏ボード貼り作業を行った事例を写真-1に示す。  
 今回、石膏ボード貼り作業のうち、空調ダクト等を避けるためのボードの切り欠き加工を必要とする壁上部部分のボード取付作業について、従来工法である脚立・足場を用いた施工と、スペースワーカーを用いた施工を実施し、施工効率の比較をした。結果を表1に示す。  
 この様な作業の場合、従来は採寸・加工・取付毎に足場を昇り降りしなくてはならなかったが、今回の工法では材料・工具など必要な物全てが作業者の手元にあり動き回る必要がないために施工速度にして90%近いアップがはかれた。  
 また作業者からは高所において手すりに囲まれて作業をおこなっているため落下の危険に対して気を遣う必要がないので安心であるとの評価を得た。

写真-1 ボード取付作業



表-1 施工効率の比較

工程	作業床	スペースワーカー使用時	脚立、足場使用時 —従来工法—	時間短縮の主要因
		(SEC/M2)	(SEC/M2)	
ボード積み込み		15・2	-----	
脚立の設置、移動		-----	88・2	
昇降、移動		52・5	107・3	材料、工具を作業床上に置いているため
採寸		71・7	214・8	採寸した寸法をメモる必要が無いため
加工		349・7	723・5	加工時に形状の確認が容易
ボンド塗布		44・0	46・2	
取付		111・0	214・0	作業者の姿勢に無理がないため
GLボンド隙間埋め		257・3	281・0	
合計		901・4	1675・0	合計で $1・86 = 1675/901・4$

## 6. 今後の展開

この約10年間、ゼネコン各社建築分野でのロボット化に努力されているが、普及となると、難しいようである。その原因は種々考えられるが、大きな要因としては、

- ① 機能をアップさせすぎた為にコストが高すぎる。
- ② 不特定多数の協力会社の作業員が使うには操作が複雑すぎる。
- ③ 高機能のわりには、ロボットを使用しない方が施工スピードが速い。

が考えられる。

上記のことを念頭におきながら、次の様な展開を予定している。

- ① さまざまな天井工事作業のなかでも特に、本機の特長（任意の空間中で広い作業スペースが得られる・微妙な位置決めが可能な走行系）を活かすことが可能と考えられる空調配管やボード等の取付作業現場に本機を導入して、従来の施工方法に対してより有効な施工方法を確立する。
- ② またワークの取付作業を部分的に自動化させたアタッチメントを開発することによって、従来工法より施工スピードをアップさせる。

## 7. おわりに

天井工事作業全般に広く適用できる事を目的とした、天井工事ロボットを開発し、その構成と機能について概要を述べた。

搬入・搬出時は単体、作業時は2台連結とすることにより、建築現場での機械の導入の上で障害となっている搬入・搬出及び作業空間の狭さという問題に対して有効であると考えられる。

最後に、テスト施工等で、多大な御協力をいただいた、関係者の方々には、謝意を述べたい。