

57. 住宅内装施工作業の自動化

（株）竹中工務店：*石川 敦雄、星野 春夫
室 栄治

1. はじめに

建設業では作業員の高齢化が進んでおり、適正な労働力の確保が困難な状況にある。とりわけ熟練労働者不足は深刻な問題であり、労働生産性を低下させる要因となっている。一方、依然として低迷する経済状況から建設コストの削減に対する要望は強く、さらなる省人化、短工期化が必要である。

悪化する労務環境の中で生産効率を向上させていくため、さまざまな作業の機械化、自動化に関する技術開発が進められている。その中でも内装工事は作業空間に制約が多く、繰り返し作業が少ないことなどを理由に、躯体工事や外装工事に比較して技術開発が遅れている。

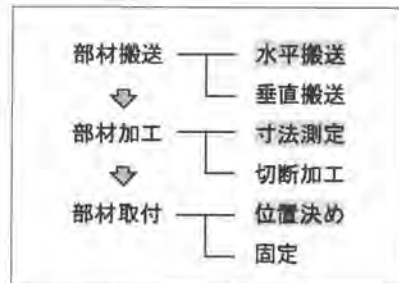
そこで作業員の肉体的負担を軽減するとともに、作業の合理化により作業効率を向上させるための内装施工システムの研究開発を実施した。ここでは、内装施工作業の中で全体に占める割合が大きく、重労働でもあるボード取付工事を対象に、住宅工事に適用可能な機械装置およびロボットを開発した。

本論文では、システムの概要、試作機の仕様、および実施工実験への試作機の適用結果を報告する。

本研究開発は、中小企業事業団からの委託を受けた（社）全国建設室内工事業協会、（社）石膏ボード工業会、（株）小松製作所ならびに（株）竹中工務店の4団体企業が共同で実施したものである。

2. 内装施工システム

ボード取付工事の主な作業の流れを右図に示す。現状ではこれらの作業は手作業によりおこなわれることが多く、とくに集合住宅や小規模ビルの現場では人力に依存する割合が大きい。右図の作業のうち「水平搬送」、「寸法測定」および「位置決め」では、以下に示す理由から疲労度が大きく、作業の改善が強く望まれている。



- ・大量のボードを人力で搬送することによる疲労
- ・高所の寸法を測定するときの昇降動作に伴う疲労
- ・作業員1名でボードを保持しながら固定することによる疲労と危険

2. 1 システムの概要

内装施工システムの開発目標を以下のように設定した。また、システムの構成要素を表1、システム構成の模式図を図1に示す。

- ・肉体的な負担の軽減
- ・作業効率の向上

表1 対象作業と開発装置

対象とする作業	開発装置
ボードの水平搬送	搬送装置
加工寸法の測定	寸法測定装置
ボードの位置決め	取付作業補助ロボット

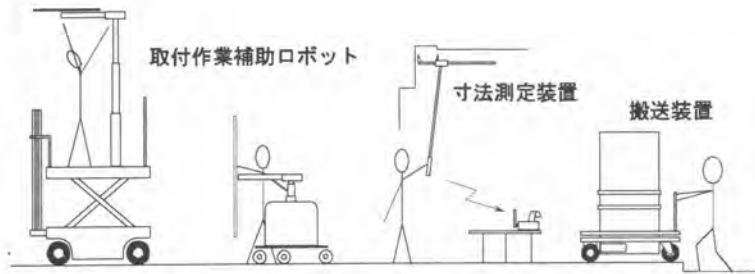


図1 内装施工システム（模式図）

2. 2 試作機の概要

内装施工システムの目的である「疲労の低減」、「作業効率の向上」を実現するため、以下に示す開発コンセプトに従い機械装置およびロボットの設計・製作を実施した。

- ・作業員と機械との協調的な作業の実現
- ・技術や技能などの人間の特徴を有効に活用
- ・作業時の安全性の向上
- ・住宅工事に適用可能なレベルの小型化、軽量化

（1）搬送装置

仮置き場所から施工場所まで積み下ろしのない連続した搬送作業を実現するため、搬送装置の性能を以下のように設定した。

- ・積載状態で本設 EV への搭載が可能
- ・住戸入口の段差の乗り越えが可能

上記の設定に基づき、表2および写真1、2に示す2種類の搬送装置を開発した。

表2 搬送装置の仕様

項目	手押し式搬送装置	電動式搬送装置
車体重量	54 kg	92 kg
車体寸法 (L×W×H)	1000×750×1000 mm	1200×700×1000 mm
動力源	—	バッテリー
駆動方式	—	DC モーター
最大積載重量	200 kg	250 kg



写真1 手押し式搬送装置



写真2 電動式搬送装置

試作した搬送装置によりボード搬送実験をおこない、以下に示すことを確認した。

- ・200kg のボードを載せて1人の操作により90mm の段差乗り越えが可能
- ・積載状態で本設EVへの搭載可能
- ・凹凸のある路面上の走行が容易

ボード搬送実験の状況を写真3に示す。

これより、搬送装置が作業員の疲労を大幅に低減できることが明らかになった。また凹凸面上での安定した走行は安全性、作業性の向上に有効である。



写真3 ボード搬送実験

(2) 寸法測定装置

脚立や足場などへ昇降することなく、加工に必要な高所の寸法を測定するため、寸法測定装置の性能を以下のように設定した。

- ・床上に立った状態で天井面(2700mm)の寸法測定が可能
- ・軽量で、携帯が可能
- ・誰にでも容易に操作可能

上記の設定に基づき、図2および表3に示す寸法測定装置を開発した。また、寸法測定装置による測定作業の状況を写真4に示す。

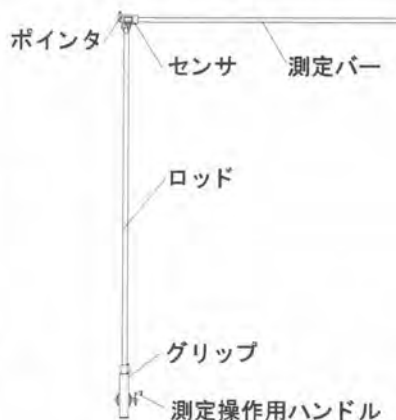


図2 寸法測定装置

表3 寸法測定装置の仕様

項目	寸法測定装置
装置重量	480 g
装置寸法	908 × 1367 mm
測長方式	導電プレート方式
測長範囲	0 ~ 807 mm
測定可能高さ	2700 mm 程度
駆動方式	手動リール 摩擦ローラ駆動
データ出力	デジタル表示および 無線データ転送 (プリンタ印字)



写真4 寸法測定装置による測定

寸法測定装置を用いた実験により以下に示すことを確認した。

- ・床上に立った状態で天井面付近の寸法が測定可能
- ・従来方法に比較して測定時間が2～4割程度短縮
- ・十分軽量であり、操作も容易

これより寸法測定装置が、測定作業の疲労低減および効率向上に有効であることが明らかになった。

(3) 取付作業補助ロボット

取付作業においてボードのハンドリングと取付位置での保持を作業員との協調により実現するため、取付作業補助ロボットの性能を以下のように設定した。

- ・小さな操作力で、誰にでも容易に協調動作が可能
- ・作業員の感覚・技能を活かすための高い操作性と安全性を実現

上記の設定に基づき、狭い室内での作業に適する小型・軽量のパーソナル内装施工ロボットおよび広い施工場所での取付作業を効率적으로こなえる自走式内装施工ロボットの2種類の取付作業補助ロボットを開発した。これら2種類の試作機を表4および写真5、6に示す。

表4 取付作業補助ロボットの仕様

項目	パーソナル内装施工ロボット	自走式内装施工ロボット
車体重量	115 kg	600 kg
車体寸法 (L × W × H)	作業時：1190 × 720 × 1170 mm	作業時：1350 × 1035 × 1650 mm
動力源	AC 100V	AC 100V + バッテリー
最大ハンドリング重量	20 kg	35 kg (最大積載重量 120kg)
最高天井施工高さ	3000 mm	3300 mm
マニピュレータ駆動方式	空圧サーボ	—
作業床高さ	—	670 ~ 1330 mm



写真5 パーソナル内装施工ロボット



写真6 自走式内装施工ロボット

3. ボード取付実験

パーソナル内装施工ロボットおよび自走式内装施工ロボットの実用性を確認するため、表5に示すような実際の施工現場におけるボード取付施工実験を実施した。施工実験では、ロボット操作を1時間程度練習した後、作業員1名とロボットによるボード取付作業からボード1枚を取り付けるために必要な時間を計測した。

表5 ボード取付実験の概要

項目	内容
作業者	ボード工1名
施工場所	壁面および天井面
天井高さ	2400 mm
ボード寸法	910×1820mm 厚さ 9.5 mm
ボード重量	約 12.6 kg

3. 1 実験結果と考察

施工実験結果を表6に、その状況を写真7、8に示す。なお、手作業のサイクルタイムはオフィスビルの天井および間仕切り壁の施工時に計測した。この場合、天井面の施工では全面足場を用いており、複数名の作業員による足場設置時間を作業員1名ボード1枚あたりに換算している。また壁面の施工では、高所作業車を用いた1名の作業員による取付作業を計測したデータである。

グラフ1および2には、壁面および天井面それぞれのサイクルタイムの内訳を示す。

表6 ボード取付実験結果

施工場所	サイクルタイム			A/B
	ロボット (A)		手作業 (B)	
壁	パーソナル	192 sec	171 sec	1.12
	自走式	184 sec		1.08
天井	パーソナル	246 sec	302 sec	0.81
	自走式	263 sec		0.87

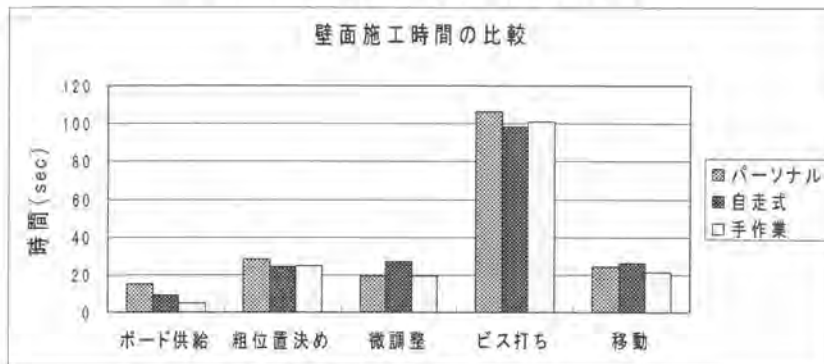


写真7 ボード取付実験 (パーソナル)

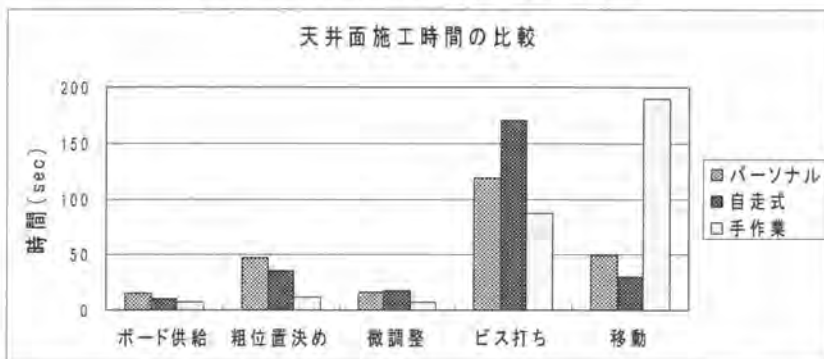


写真8 ボード取付実験 (自走式)

グラフ1 サイクルタイムの内訳（壁面施工）



グラフ2 サイクルタイムの内訳（天井面施工）



2種類のロボットとも、壁面施工では従来作業とほぼ同等の作業時間であり、天井面施工では1～2割程度サイクルタイムを短縮している。天井面施工では、ロボットの適用により足場組立・解体が不要になったことが時間短縮の要因である。2種類のロボットいずれにおいても、粗位置決めやビス打ちなどの項目に関しては、ロボット操作の習熟によりさらに短縮が期待できるものとする。実施工実験を通じて、以下に示すことを確認した。

- ・従来問題であったボード取付作業の苦渋性を解消し、作業員の肉体的負担を大幅に低減
- ・従来作業と比較して同等以上の作業効率を確保
- ・作業員と機械との協調作業を実現し、技能を活かした細やかな作業を実現

4. おわりに

搬送装置、寸法測定装置および取付作業補助ロボットからなる内装施工システムの開発を実施し、その実用性を実験により確認した。取付作業補助ロボットを用いた実施工実験では、開発装置が肉体的負担の低減と作業効率の向上に非常に有効であることが明らかになった。今後は、実施工などへの適用により研究成果の改良を進めながら、他産業を含めて広範囲に開発技術を普及していきたい。

〔共同研究者〕(社) 全国建設室内工事業協会 袴塚次郎、(社) 石膏ボード工業会 飯地 稔
 コマツ 鈴木英隆、養安豊彦、吉瀬 裕