

建築工事向け作業ロボットの開発

八條 貴誉 五十嵐 俊介 谷 卓
(技術研究所) (技術研究所) (生産技術本部)

Development of Autonomous Robots for Construction Works

Takayoshi Hachijo, Shunsuke Igarashi and Taku Tani

建築工事における内装施工を自動化する作業ロボットを開発した。天井ボードを施工する天井用作業ロボットは2本のロボットアームを持つ移動ロボットであり、石膏ボードを持ち上げ、ビスで下地に留めることができる。フリーアクセスフロアを施工する床用作業ロボットも同様に2本のロボットアームを持つ移動ロボットである。支持脚への接着剤塗布、高さ合せ、パネルの敷設まで行うことができる。また、それらの作業ロボットに資材を供給するアシストロボットも開発した。本稿では、それぞれのロボットの概要と現場適用の結果について報告する。

We have developed two types of autonomous robots for construction works. One is an autonomous mobile robot composed of two industrial robotic arms for ceiling board construction work. It can attach plasterboards to ceiling foundations with tapping screws. The other is also an autonomous mobile robot composed of two industrial robotic arms for raised floor construction work. It can install pedestals and panels to floor slabs. Moreover, we have developed assist robots which are autonomous mobile robots to supply materials. In this paper, we describe overviews of these robots and case studies.

1. はじめに

建築工事の自動化に関する研究開発はこれまでに数多く行われており、さまざまな企業や研究機関が生産性や安全性の向上に取り組んでいる。日本国内においては、1980年代から建築工事分野へのロボットや自動化技術の研究開発が活発に行われており、現在に至るまでさまざまなロボットや自動施工に関する報告がされている²⁾⁵⁾。

清水建設も1980年代から建設ロボットや自動化技術の開発に取り組んでおり、耐火被覆ロボットや全天候型ビル自動施工システムなどさまざまな建設ロボットや自動化技術を開発した⁶⁾⁷⁾。実際に現場適用に至るまで開発が進み、労務の削減や作業時間の短縮に貢献することができたが、当時のプロジェクトは2000年代の経済情勢の影響をきっかけに減速し、徐々に使われなくなってしまった⁸⁾。

その後、AIやIoT、センサなどの技術は急激な発展を遂げ、再び建設ロボットの開発が進められている。清水建設では最新技術を搭載したロボットとそれらを管理するクラウドサーバを連携させた“シミズスマートサイト[®]”⁹⁾を導入するなど、労働力不足

の解消に向けて新しい取り組みを進めている。その取り組みの中では、資材を搬送する移動ロボットや自律フォークリフト、内装施工用の作業ロボット、溶接ロボットなど様々なロボットを開発しており、中には既に現場で稼働しているものもある。

我々は、建築工事における内装施工の中で天井ボード施工とフリーアクセスフロアを自動化するための作業ロボットを開発している。本稿では、天井ボードの自動施工を目的に開発した天井用作業ロボットおよびフリーアクセスフロアの自動施工を目的に開発した床用作業ロボットについて報告する。また、本稿は5つの章で構成され、第2章では天井用作業ロボットの概要、機器構成、施工フロー、ケーススタディについて、第3章では床用作業ロボットの概要、機器構成、施工フロー、ケーススタディについて、第4章ではロボットを動かすためのインタフェースについてまとめ、第5章で結言を述べる。

2. 天井用作業ロボット

我々は内装工事の1つである天井ボード施工を自動化するために天井用作業ロボットを開発した。天

天井ボード施工とは、鋼製または木製の下地に石膏などを材料としたボード材を、用途別にビス、ステーブル、接着剤で固定する工事である。ボードの裏には照明や空調、配管、配線などの設備資材を設置することで隠蔽することができ、施工する材料によっては断熱性や遮音性、防湿性、意匠性を向上させることができる。1枚あたり11~14kg程度の石膏ボードを頭上まで持ち上げて支え、上向き姿勢で天井下地に固定する必要があるため身体的負荷の大きい労働である。また、作業時には仮設足場が必要となる。仮設足場の設置と撤収に手間がかかるとともに、高所での作業となるため墜落などの危険を伴う工事である。

2.1 機器構成

図-1 および図-2 に天井作業ロボットとロボットアームのエンドエフェクタ、図-3 に天井用アシストロボットを示す。また、天井作業ロボットおよび天井用アシストロボットの仕様諸元を表-1 に示す。ロボットアーム1にはビス打ち機、ビスマガジン、レーザ距離センサを有するエンドエフェクタが搭載されており、石膏ボードと天井下地の計測、石膏ボードのビス留め作業を行うことができる。ビスマガジンは最大400本のビスを装填でき、ビスを連結しているシートの回収も可能である。他方のロボットアーム2は石膏ボードを把持するための6つの吸着パッドを搭載するエンドエフェクタを持っている。

表-1 天井作業ロボットおよび天井用アシストロボットの仕様諸元

	天井作業ロボット	天井用アシストロボット
寸法 [mm] L×W×H	2,400×800× 2,600	2,100×800× 1,200
重量 [kg]	2,160	1,115
電源	バッテリー駆動 (リチウムイオン二次電池)	
対象資材	石膏ボード	
操作方法	タブレット端末による施工指示	
通信方式	携帯回線もしくはWi-Fi	

天井作業ロボットはそれぞれ異なる役割を持つ3つのPLC (Programmable Logic Controller)によって制御されている。クラウドサーバと通信を行い、ステータスや命令の送受信、レーザ距離センサやカ



図-1 天井作業ロボット

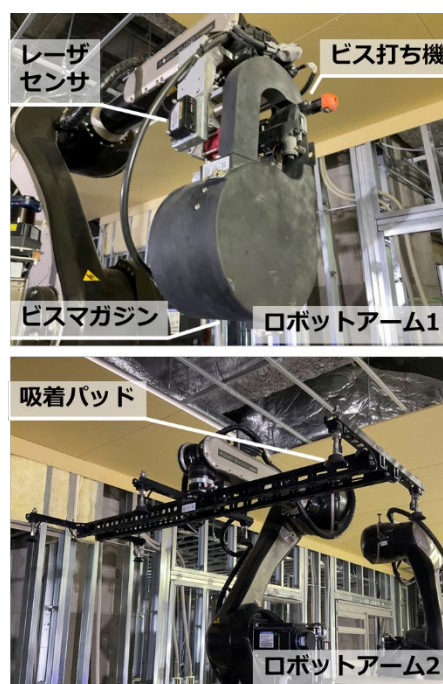


図-2 天井作業ロボットのロボットアーム



図-3 天井用アシストロボット

メラなどのセンサから得られる情報の処理、台車速度指令値の算出など統合的な制御の役割を持つ統合制御 PLC、車輪やリフタ、アウトリガなどを制御する台車 PLC、2本のロボットアーム間のパラメータやステータスを共有するロボットアーム PLC それぞれが連携することでタスクを実行することができる。

天井用アシストロボットは最大 60 枚の石膏ボードを積載することができ、作業ロボットに供給する。

対象とする資材は、幅 910 mm、長さ 1,820 mm の石膏ボードのみとし、切り欠きのないものとする。

天井用作業ロボットと天井用アシストロボットの車両の上にはリフタがついており、施工する天井の仕上げ高さに作業高さを合わせる事が可能である。バッテリーにはリチウムイオン二次電池を採用し、1時間の充電で4時間ほど稼働する。どちらのロボットも2次元 LiDAR (Light Detection And Ranging)を用いた自己位置認識が可能のため、現場内にマーカや磁気テープなどを必要とせずに走行できる。現場の CAD 図面をもとに作成した図面データと、LiDAR センサから得られる点群データを比較することでロボットの座標を取得する。建設現場では、資材の移動が頻繁に行われ、周囲の環境が時々刻々と変化する。そのため、周囲には作業員などの動的な障害物がある環境を想定する必要がある。そのため、LiDAR センサをマスト頂部に取付け、床面から 1.9 m の高さから計測できるようにしている。また、ロボットアームの動きを妨げないようにマストには伸縮するスライダ機構を取付け、走行時以外は格納している。車両の最高速度は 3.6 km/h で、車輪にはメカナムホイールを採用しているため、車体の向きを変えることなく任意の方向に移動できる。安全装置として、車輪の高さにも LiDAR センサを設け、障害物を一定の距離で認識すると減速し、さらに接近したときには停止する。万が一、接触した際には前後左右に取付けられたバンパセンサが作動し、非常停止する。段差を検出するためのレーザ距離センサも取り付けられており、走行中に段差や開口を検出すると減速もしくは停止することができる。

オペレータはタブレット端末に施工位置や施工枚数などを入力し、施工命令を送信する。施工命令はクラウドサーバに送信され、統合管理システムによって詳細なタスクに変換される。統合管理システムとは、現場内におけるロボットや工事事用 ELV を連携するクラウドサーバ上のロボット運用プラットフォームである。ロボットのステータスや現場の図面、施工命令などの情報をクラウドサーバ上に集積

し、タスクの実行や最短経路探索、モニタリング、ログの管理などを行う。統合管理システムによって生成されたタスクはロボットのステータスに応じて逐次送信され、命令を実行する。ロボットは建設中の建物内での運用を想定しているため、通信インフラが十分に整理されていない状態で制御する必要がある。そのため、タブレット端末とクラウドサーバ、クラウドサーバとそれぞれのロボットは公衆回線を利用することで、特別な準備を必要とせずに通信を可能としている。

2.2 施工フロー

作業員はタブレット端末を用いて施工命令を作成すると、クラウドサーバに施工命令が送られる。クラウドサーバ上で施工位置までの経路を探索し、施工位置までの移動タスクをロボットに送信する。このとき、天井用作業ロボットと天井用アシストロボットの現在位置などのステータスはクラウドサーバ上に共有されているため、ロボット同士が干渉しない経路探索ができる。ロボットは移動タスクとともに、指示された経路に沿って移動を開始する。施工位置に到達すると天井用作業ロボットはアウトリガを展開する。天井用アシストロボットは天井用作業

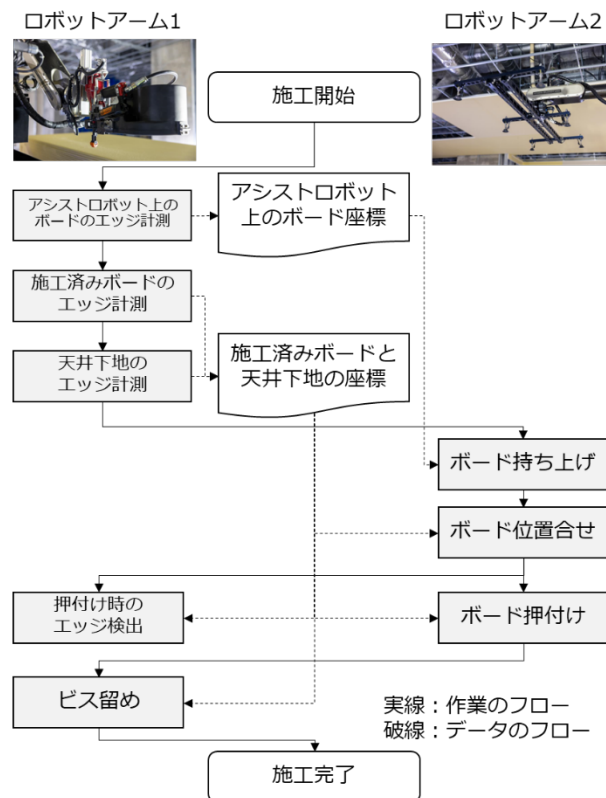


図-4 天井用作業ロボットの施工フロー

業ロボットの横に移動する。天井用アシストロボットの側面には単眼カメラが、作業ロボットの側面にはマーカが取付けられており、カメラでマーカを検出することで相対的な自己位置を検出し、天井用作業ロボットに対する姿勢や距離が一定となるように天井用アシストロボットを制御する。天井用アシストロボットが所定の位置に到達すると停止し、両方のロボットはリフトを上昇させ、天井ボード施工のタスクを実行する。

図-4 にロボットによる天井ボード施工のフローチャートを示す。また、図-5 にエッジ計測時におけるロボットアームの動作軌道を示す。まず、ロボットアーム 1 がレーザ距離センサを用いて天井用アシストロボット上に積載された石膏ボードのエッジ計測を行う。図-5(A) にそのときのロボットアーム 1 の軌跡を示す。ただし、座標系 O_r はロボットのベース座標、座標系 O はロボットから見た石膏ボードの相対座標である。まず、レーザ距離センサを用いて Z_{A1} および Z_{A2} にてロボットハンドから石膏ボードまでの距離を計測し、それらの平均を天井用アシストロボット上の石膏ボードの高さとする。ロボットアーム 1 は $-y_r$ 方向に平行移動し、石膏ボードの長辺側のエッジ座標 X_{A1} および X_{A2} を取得する。同様に、 $-x_r$ 方向に平行移動することで短辺側のエッジ座標 Y_{A1}

および Y_{A2} を取得する。これにより、長辺と短辺それぞれのエッジ座標を結んでできた直線の交点を原点とする相対座標系 O を得ることができ、 O 上における石膏ボードの中心座標 C を算出できる。

次に、施工位置に隣り合う石膏ボードのエッジを計測する。図-5(B) にそのときのロボットアーム 1 の軌跡を示す。まず、ロボットアーム 1 が x_r 方向に平行移動し、長辺側のエッジ座標 Y_{B1} および Y_{B2} を取得する。同様に、 y_r 方向に平行移動し、短辺側のエッジ座標 X_{B1} および X_{B2} を取得する。これにより、長辺と短辺それぞれのエッジ座標を結んでできた直線の交点を原点とする相対座標系 O' を得ることができる。また、エッジ計測の開始点 Z_{B1} から Z_{B4} にてロボットハンドから天井ボードまでの高さを計測し、それらの平均を天井高さとする。以降のフローにおいて、ロボットアーム 1 および 2 は取得した座標系 O または O' 上で動作する。

施工位置における天井下地のエッジを計測する。図-5(C) にそのときのロボットアーム 1 の軌跡を示す。 y' 方向へ平行移動後、 $-y'$ 方向に平行移動してそれぞれの天井下地につき 2 点分のエッジ座標を取得する。ロボットは得られた 2 点のエッジ座標を結んだ直線を用いてビスを打つ座標を求めることができる。

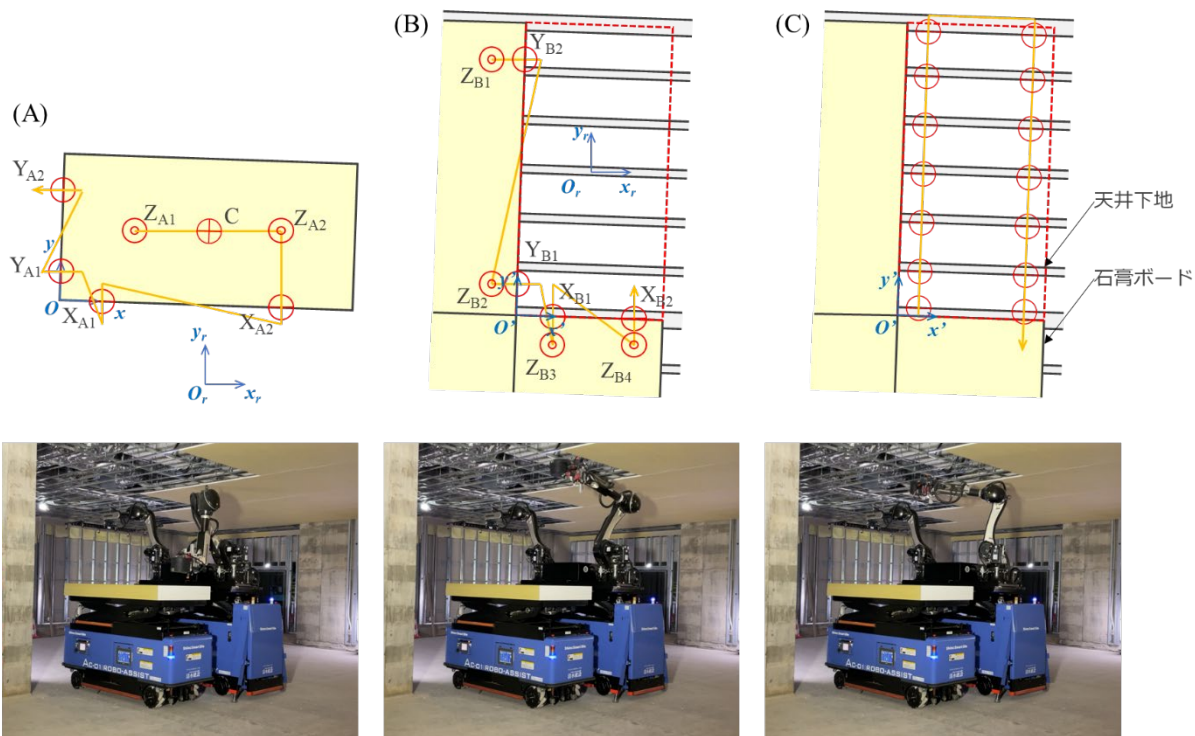


図-5 エッジ計測時におけるロボットアームの軌道 (A) アシストロボット上にある石膏ボードのエッジ計測、(B) 隣り合う石膏ボードのエッジ計測、(C) 天井下地のエッジ計測

ロボットアーム2は天井用アシストロボット上にある石膏ボードを把持し、施工位置まで持ち上げて隣り合う石膏ボードに位置合せをする。ロボットは施工位置の相対座標を取得しているが、石膏ボードは面積が大きく重量もあるため、たわみやすい。また、石膏ボードの製造誤差や作業ロボット本体の微小な傾きなども作用して隣り合う石膏ボードとの間に隙間が生じてしまう、もしくは押付け力が強すぎてロボットアームが過負荷状態になってしまうことが課題となっていた。そこで、ロボットアーム1のレーザ距離センサを用いた位置合せ動作を提案し、実装している。図-6に概要図を示す。まず、ロボットアーム1が隣り合う施工済みの石膏ボードから任意の距離 d だけ離れた位置にレーザを照射し計測を開始する。ロボットアーム2は天井下地の高さに石膏ボードを合わせ、施工済みの石膏ボードに向けて平行移動を開始する。ロボットアーム1が石膏ボードのエッジをレーザ距離センサにより検出するまで平行移動を続け、エッジ検出後、 d だけ平行移動して押付ける。この動作を長辺と短辺で行うことで隙間なく位置合せをすることができる。

石膏ボードの位置合せが完了すると、ロボットアーム1がビスで石膏ボードを固定する。ロボットアーム1はロボットアーム2のエンドエフェクタと干渉しないように石膏ボードの端部をビスで留める。端部のビス留めが完了すると、ロボットアーム2は石膏ボードの吸着を解除し、ロボットアーム1の動作に干渉しない位置まで退避する。退避完了後、ロボットアーム1は残った部分をビスで留める。

石膏ボードの取付けが完了すると、両方のロボットアームは待機姿勢に戻り、ロボット施工は完了となる。アウトリガを格納し、リフタを下降させて走行姿勢に戻ると、統合制御PLCからクラウドサーバ上に完了信号が送信される。ふたたびクラウドサーバから次の施工位置まで移動するための移動命令が送信され、移動と施工を繰り返す。このようにして、天井用作業ロボットと天井用アシストロボットは自動で天井ボードを施工することができる。

2.3 現場実証

我々は国内の建設現場において、天井用作業ロボットおよび天井用アシストロボットを適用した。壁や柱の周囲を除く施工範囲を対象とし、石膏ボード74枚、約123m²を施工した。一般的に天井ボードの施工は2人1組で行われる。作業員は足場の設置と撤収を含めて石膏ボード1枚あたり6分程度で施工する。1日の作業時間のうち、休憩時間を除く6

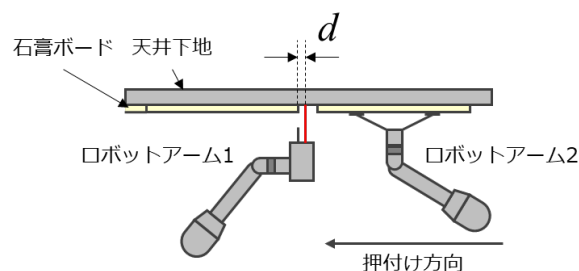


図-6 石膏ボード押付け時のエッジ計測

時間施工し続けると60枚、約100m²施工することができる。ただし、実際には段取りに要する時間や身体的疲労を考慮すると、連続した施工はできない。一方、ロボットは石膏ボード1枚あたり8分程度で施工することができた。1日のうち、8時間稼働できれば60枚施工することが可能で、2人日分の作業に相当する作業を代替することができる。ロボットは連続稼働が可能であり、運用次第では充電と材料の供給さえできれば昼夜関係なく施工することでより多くの作業を代替することが可能である。

3. 床用作業ロボット

我々は内装工事の1つであるフリーアクセスフロアの施工を自動化するために床用作業ロボットを開発した。フリーアクセスフロアの施工は床スラブの上に空間を設けることで、配線や配管を収納する工事である。オフィス機能に必要な配線を取り出しやすくし、隠蔽することでケーブルの断線や踏くことによる転倒を防ぐ役割をもつ。一般に支持脚といわれる支柱を設置して高さを調整し、その上にパネルを敷設していく。常に前かがみの姿勢で作業をするために腰など身体的負担の大きい工事である。

3.1 機器構成

図-7 および図-8 に床用作業ロボットとロボットアームのエンドエフェクタ、図-9 に床用アシストロボットを示す。床用作業ロボットおよび床用アシストロボットの仕様諸元を表-2 に示す。床用作業ロボットも天井用作業ロボットと同様に2本のロボットアームを搭載した移動ロボットである。ロボットアーム1にはカメラ、レーザ距離センサ、回転レーザ受光器、グリッパを有するエンドエフェクタを搭載し、床墨の計測、支持脚のピックアップ、支持脚への接着剤塗布、回転レーザレベルを用いた支

持脚の高さ合せを行うことができる。他方のロボットアーム2はカメラ、レーザ距離センサ、吸着パッドを搭載したエンドエフェクタを持っており、パネルのピックアップができる。床用アシストロボットには支持脚とパネルを積載するフィーダを搭載している。パネルは最大36枚、支持脚は最大88個積載できる。支持脚フィーダの上部にはロボットがピックアップできる位置に支持脚をセットできる送り機構を備えており、自動で床作業ロボットに供給する。また、上部にはロボットでピックアップした支持脚の底面に塗布する接着材を入れるための容器を設置している。対象とする資材はニチアス株式会社製のオメガフロア®と支持脚を使用する。

台車や PLC の機器構成などは天井作業ロボット、天井用アシストロボットそれぞれと共通しており、移動に関わる制御やタブレット端末からの命令送受信なども共通して開発を行っている。床作業ロボットには、カメラやレーザ距離センサから取得したデータを処理するためのPCを別途備えており、処理結果をロボットのPLCに送信する。また、床用アシストロボットのフィーダには支持脚を供給する装置を制御するためのPLCを搭載している。

表-2 床作業ロボットおよび床用アシストロボットの仕様諸元

	床作業ロボット	床用アシストロボット
寸法 [mm] L×W×H	2,500×800× 2,200	2,500×800× 1,700
重量 [kg]	1,460	1,125
電源	バッテリー駆動 (リチウムイオン二次電池)	
対象資材	オメガフロア	
操作方法	タブレット端末による施工指示	
通信方式	携帯回線もしくは Wi-Fi	

3.2 施工フロー

施工の準備として、まず床へフリーアクセスフロアを敷設するための墨出しを行う。この墨出しは作業員が施工する際にも必要なため、作業員と同じ環境下での作業が可能となる。次に、回転レーザレベルを設置し、任意のフロアレベルに合わせて高さを調整する。

天井作業ロボットの操作と同様に、作業員はタブレット端末を用いて施工命令を作成し、クラウド

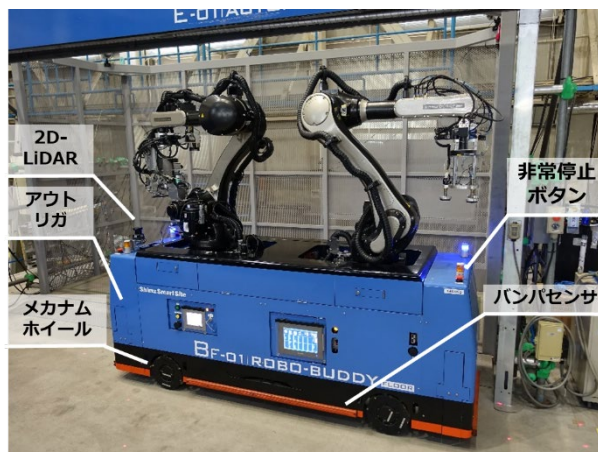


図-7 床作業ロボット

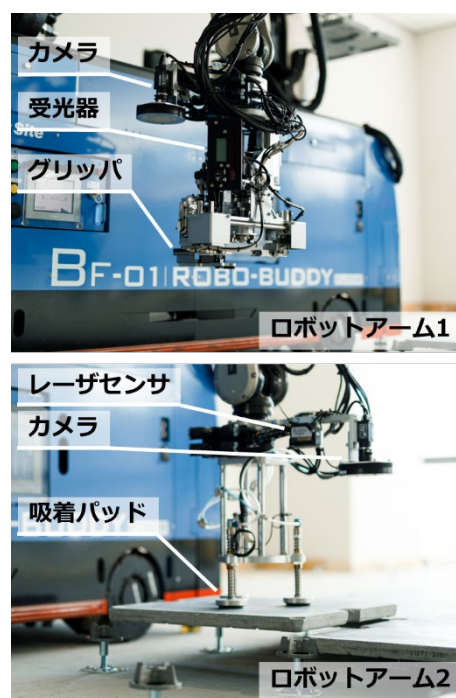


図-8 床作業ロボットのロボットアーム

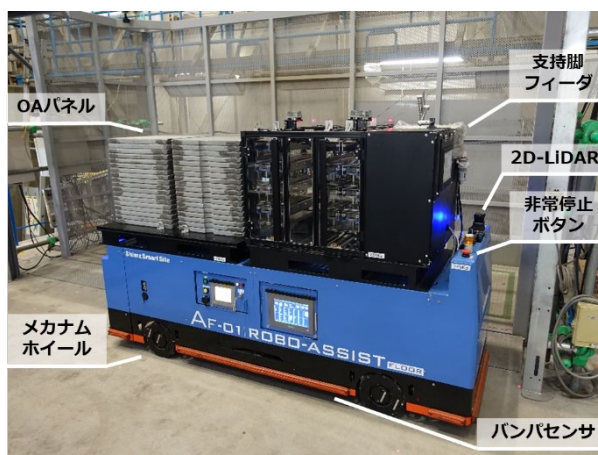


図-9 床用アシストロボット

サーバを通してロボットを操作することができる。また、移動に関しても同様な制御を行い、施工位置に到達すると、フリーアクセスフロア施工のタスクを実行する。

図-10 にロボットによるフリーアクセスフロア施工のフローチャートを示す。支持脚が1つも設置されていないとき、ロボットアーム1だけが支持脚を設置する作業を繰り返す。支持脚が4つ以上置かれ、パネルを敷設できるようになると、並行してロボットは作業を行う。まず、ロボットアーム1が床墨を撮影し、施工位置を把握する。ロボットアーム1の撮影が完了すると、ロボットアーム2が床墨の撮影を開始する。ロボットアーム同士はそれぞれのステータスや姿勢を共有しているため、干渉しないように動作することができる。ロボットアーム1は床用アシストロボットの支持脚フィーダから供給される支持脚のピックアップを行う。フィーダ上に設置したマーカから相対位置を認識することで、支持脚の位置を把握することができる。

支持脚をピックアップすると、支持脚の底面に接着剤を塗布する。床用アシストロボット上に接着剤を溜めたボックスを用意しており、レーザ距離センサによって計測した接着剤表面の高さ情報をもとに底面に接着剤を塗布する。また、ボックス上部には楯を用意しており、余分に付いた接着剤をそぎ落とす工夫をしている。

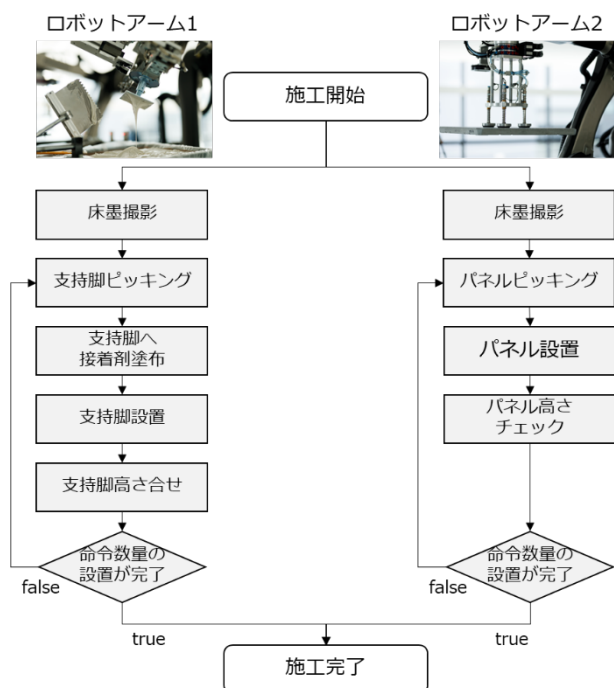


図-10 床用作業ロボットの施工フロー

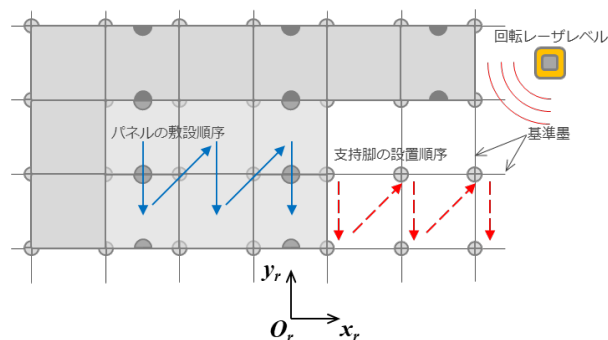


図-11 支持脚とパネルの設置順序

次に、最初に計測した床墨に合わせて支持脚を設置し、回転レーザレベルの高さに合わせて支持脚の高さを調整する。

支持脚の設置が完了すると、ロボットアーム2が床用アシストロボット上のパネルをピックアップし、支持脚の上に敷設する。最後に、敷設したパネル端部の高さを計測し、正しく敷設できているかを確認する。正しく施工できていない場合、隣り合うパネルの敷設を失敗しないように周囲のパネルを敷設せずにスキップする。これにより、エラーの伝播を防ぐことができる。

さらに支持脚が設置されていくと、パネルを敷設できる作業範囲が増えるため、ロボットアームはPLCを用いて信号を通知し合いながら干渉しないよう同時に作業を進めることができる。図-11 にロボットが最も効率良く施工を行っているときの支持脚の設置順序およびパネルの敷設順序を示す。それぞれのロボットアームは各矢印の向きにパネルおよび支持脚を設置する。このとき、車体中心は最後に敷設するパネルの中心線上に位置する。パネルおよび支持脚の設置が6つずつ完了すると、ロボットは x_r 方向に平行移動をし、施工を再び開始する。

3.3 現場実証

国内の建設現場において、床用作業ロボットおよび床用アシストロボットを適用した。天井用作業ロボットと同様に壁や柱の周囲を除く範囲を対象とし、570 m²を施工した。また、別の現場においても床用作業ロボットの適用を実施し、10日間で425 m²を施工した。作業員による施工は大まかに、床への墨出し、支持脚の設置、パネルの敷設の手順で行われる。ロボットによる施工手順とは異なり支持脚とパネルの敷設を並行せずに、施工エリア全体へ支持脚を設置してからパネルを敷設することが多いため、単純な作業効率の比較は難しいが、施工全体の歩掛

から換算するとロボットの1日の施工数量は1人日分に相当することがわかった。一般的に、実際の現場においては壁際など、パネルのサイズでは納まらない箇所に関してはパーティクルボードなどの資材を敷設する。それらはその場の納まりに合わせて加工する必要があるため、採寸、加工、施工と手間のかかる作業である。ロボットによる単純作業の代替により、作業員はこのような時間や手間のかかる高度な作業に集中することができる。

4. ユーザインタフェース

開発したロボットの操作はすべてタブレット端末で行うことができ、タブレット端末から実行されたタスクはクラウドサーバを通してロボットに送信される。

図-12～図-14 にタブレット端末の画面を示す。図-12には施工エリア、資材置場、一時仮置場、待機場、充電場、ELV、ロボットが走行する経路を表すノードとエッジが現場図面上に配置されている。施工エリアには現場に合わせた天井ボードもしくはフリーアクセスフロアの割付けを反映しており、作業ロボットはそれらの座標をもとに施工する。

図-13に天井ボードを施工するときの施工エリアの詳細設定画面を示す。天井ボードを施工する際は、作業順番設定から天井ボードを施工したい箇所を順に選択する。命令対象とするロボットや完了条件などの条件を選択し、天井下地の高さを入力後、“施工作業としてタスクの登録”を選択することでタスクを作成できる。作成されたタスクは画面左側にあるタスクリストに保存され、実行したいタスクを選んで実行することでロボットに命令することができる。

図-14にフリーアクセスフロアを施工するときの施工エリアの詳細設定画面を示す。フリーアクセスフロアを施工する際は、施工範囲の設定から施工したいパネルを選択する。天井ボード施工と同様に、命令対象とするロボットや完了条件などの条件を選択し、支持脚の高さを入力後、“施工作業としてタスクの登録”を選択することでタスクを作成できる。また、パネルの種類を設定することができる。

このように、タブレット上のアイコンを選択するだけで簡単にタスクを作成でき、ロボットを操作することができる。また、これらの図面や経路、施工エリアなどはAutoCADで作成することができるため、作成や変更が容易である。

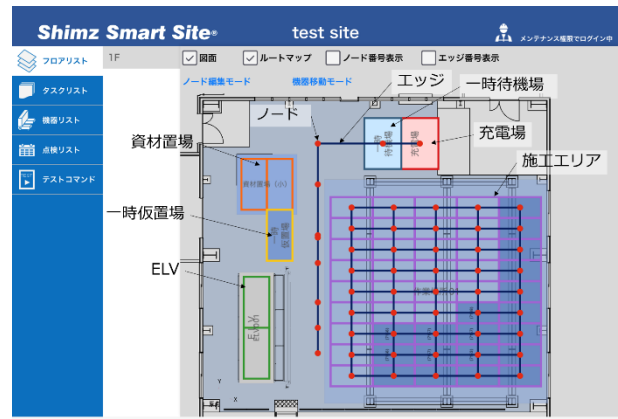


図-12 タブレット端末

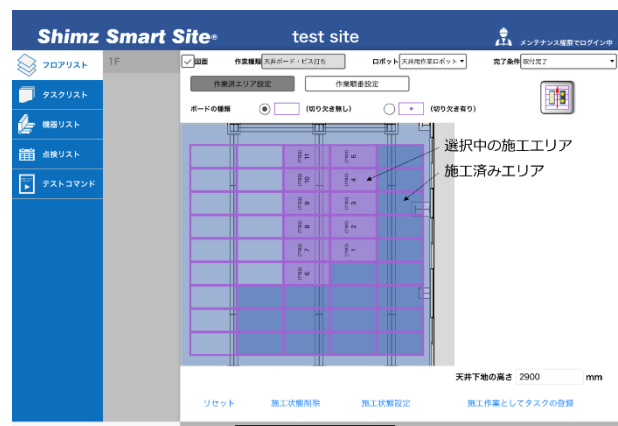


図-13 天井用施工エリア

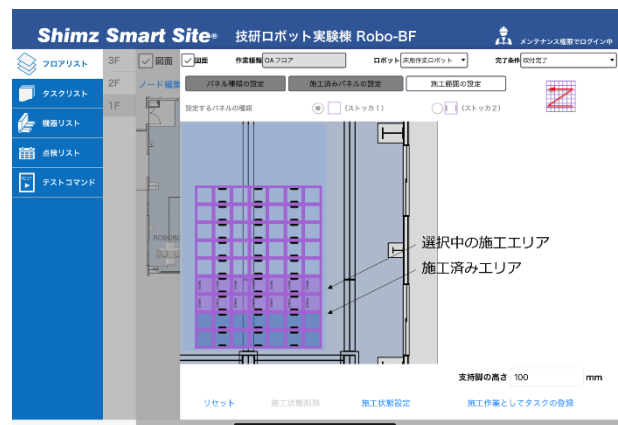


図-14 床用施工エリア

5. おわりに

我々は内装施工のうち、天井ボード施工とフリーアクセスフロア施工を自動化するために建築用作業ロボットを開発した。天井用作業ロボットは天井ボードの施工を自動で行うことができ、床用作業ロボットはフリーアクセスフロアの施工を自動で行うことができる。どちらの作業ロボットも自己位置を認識しながら、現場内を自律的に移動することができる。それぞれの作業ロボットは建設現場において実際に施工を行い、ロボット施工の有用性を示した。

しかし、実運用までには課題が多く残されている。まず、現地、現物に対する適応力の向上が挙げられる。ロボットの精度は環境に依存するため、天井下地や床墨の精度は通常の施工時よりも十分に注意する必要がある。作業員の施工では、現地で現物に合わせた修正が可能であるが、ロボット施工では対応できない。解決にはロボットがその場で考えて行動するなどの知能化が求められる。

次に、ロボットの多能化が挙げられる。天井用作業ロボットの適用は2枚貼り時の1枚目、一般に捨て貼りと呼ばれる天井ボードの施工に限られている。そのため、ステージ足場を用いる現場では、天井下地を施工する際に設置したステージ足場を一度撤去し、ロボットを導入した後、再度ステージ足場を設置する必要がある。このようにロボットの適用が施工の手順を増やしているのが現状である。建築分野の作業の種類は多様なため、解決にはロボットが作業可能な工種の拡大、もしくはそれぞれの作業ごとに別のロボットの開発が必要である。この課題に対しては、ロボットに合わせた施工方法の提案も解決策として考えられる。今後さらなる労働力不足に向け、ロボットの活用を前提とした建築現場の工業化、モジュール化の新たな提案も必要である。

専門人材の育成および体制化も課題となる。非常時に発生するロボットの復旧作業など高度なロボット操作ができる人員が求められる。また、オペレータとしてもロボットを扱うことに対する最低限のロボットリテラシーが求められる。今後、専門性のある人材の拡充化、建設ロボットサービスプロバイダのような運用体制の構築が望まれる。

将来的な労働力不足の解消を目的に作業ロボットの開発に取り組んだ。今後、建設ロボットのさらなる発展と普及によって作業員の代替を担う技術が進出するとともに、だれもが働きたいと思える魅力ある現場が実現され、労働力の確保に繋がることにも期待する。

<参考文献>

- 1) 長谷川幸男, “建築作業ロボット開発のための作業解析技法の研究”, 日本建築学会構造系論文集第501号, pp.181-186, 1997.
- 2) 高桑朋之, 長谷川幸男, 松田久, 松枝浩太郎, 難波健治, “1058 WASCOR IV プロジェクト研究成果中間報告: 第4報 床工事自動化システムの開発”, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.115-116, 1995.
- 3) 吉灘裕, “パーソナル内装施工ロボット”, 日本ロボット学会誌 Vol.16, No.3, pp.309-310, 1998.
- 4) 鷹巣征行, “天井ボード張り作業の無足場化を実現するロボットの開発”, 日本ロボット学会誌 Vol.16, No.7, pp.1012-1016, 1998.
- 5) 黒田穰, 林徹, 井上雅之, 小林祐亮, “ロボットアームを用いた施工自動化の検討—ビス打ちの自動化—”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.933-934, 2022.
- 6) 吉田哲二, 庄川選男, 上野高敏, 山崎忍, 野中稔, 熊谷敏男, “耐火被覆吹付けロボットの開発(その1)—ロボットシステム—”, 清水建設研究報告第39号, pp.85-98, 1984.
- 7) 前田純一郎, “全天候型ビル自動施工システムの開発と適用”, 清水建設研究報告第61号, pp.1-10, 1995.
- 8) 技術研究所75年史準備委員会, “技術研究所75周年～創設からの歴史を振り返る～”, 清水建設研究報告第97号, pp.5, 2019.
- 9) 坂本眞一, “次世代建築生産システム～シミズ・スマート・サイト～”, WE-COM マガジン第30号, pp.1-9, 2018.

