

HPのMulti Jet Fusion 3Dプリンティングを活用して建設コストを削減し、非効率性を解消するHP SitePrint Autonomous Robotic Layoutソリューション

エンジニアがHPのMJFを駆使することで、工業用プロトタイプの開発や、現場からのフィードバックの取り込み、新たな代理店の開拓が容易になり、新製品の立ち上げが最大1年前倒し可能に



概要

業界

建設業

目標

最大10倍の速度でフロアマーキングを行いながら人件費と作業ミスを削減する自律ロボットを中心とした、建設レイアウト用の新たなソリューションを開発¹

テクノロジー | ソリューション

HP Jet Fusion 5200シリーズ3Dプリンティングソリューション

セクター

商用

アプローチ

HP独自の3DプリンティングテクノロジーであるMulti Jet Fusion (MJF)とそのスピードのメリットを活かして、複雑な部品の製造や、組み立ての簡素化をしたり、実際のお客様のフィードバックに基づいたすばやい設計の繰り返しや、チャンネルの開拓により、市場投入までの時間を6か月～1年短縮

材料

HP 3D High Reusability PA 12



はじめに

HP SitePrintは、建設用の新しいロボットレイアウトソリューションです。従来のレイアウト段階における、チョークを用いるような手作業でマーキングするのではなく、ロボットによる自動化を使用して、壁、コンジット、電線などの建築要素を配置する予定の位置に正確かつ効率的にマーキングします。HPのMJFテクノロジーを活用することで、このデバイスは2年足らずで構想から発売へと至りました。

HP MJFテクノロジーにより、HPの建設サービスチームは、お客様とともに製品を開発してそのフィードバックをすばやく取り入れ、市場投入まで時間を短縮できるようになりました。またそれと同時に、ビジネスモデルの検証、販売代理店や整備業者の開拓、コンプライアンスや規制に関する問題の特定と解決も可能になりました。その結果、建設サービスチームは製品の開発スケジュールを数か月短縮することに成功し、現在では建設業界のコストのかかる問題の解決に取り組んでいます。

背景

HPの建設サービスチームの責任者であるXavi Juarezは、次のように述べています。「建設には、基本的に建築要素などを配置するスラブにマーキングする作業である、レイアウトと呼ばれる段階があります。建造物の設計に関する情報の大部分はデジタル化されており、その多くはすでにクラウドに置かれていますが、現場では今もなお、多くの企業がメジャーやチョークでフロアマーキングを行っています」

建築計画は、大規模建設プロジェクトで中心的な役割を果たすものであり、構想から完成までの全体的な概念やビジョンを伝えるとともに、構造統合や機械、電気、配管サービスのレイアウトと調整といった、あらゆる側面に関する詳細とドキュメントを示すことでプロセスの指針となります。

建設では通常、壁、窓、階段などの建築要素の位置を示すためにスラブにラインが引かれます。またラインは、計画で求められているケーブル、コンジット、配管、パイプの位置にマーキングするためにも使用されます。

初期段階では、測量技師と土木技師が杭、旗、スプレーを使用して、境界、基礎ライン、公共設備にマーキングします。建設段階では、鉄工員がチョークラインを使用して、鉄骨や鉄骨柱などの構造要素の位置にマーキングしたり、大工とドライウォーラーがチョークラインとレーザーレベルを使用して、壁やパーティションに、また床面の基準を示すためにマーキングしたりします。さらに配管工、電気技師、HVAC取付業者などの請負業者が、ラインを使用してそれぞれの取付場所にマーキングします。仕上げ段階では、塗装工などの請負業者がラインを使用して、どのような床仕上げ材を用いるのかといったことを示す目的でさまざまな塗装色の境界にマーキングします。

課題

Juarezは次のように述べています。「最近ある顧客から、建築計画の作成とクラウドでの管理に数十億ドルを費やしているという話を聞きました。その顧客は文字どおり、壁からねじまでのすべてに責任を負っているのかもしれませんが、今もなお人手をかけて、現場でロープとチョークを使ってすべてのマーキングを行っているわけです。それでは多くの人手が必要になるうえ、人為ミスが起きる可能性が高くなります」

ラインを引くには多くの時間と労力が必要

1本1本のラインを正しくマーキングするために、プロジェクトマネージャーは以下を行う必要があります。

- 建築計画を確認し、各要素の縮尺、寸法、位置を明確にする。
- 床面をきれいにして準備を整える。
- チョーク、テープ、またはレーザーを使用して、最終的なラインを引くときのガイドとなる基準点を付ける。
- 図面の縮尺と寸法に従って、メジャー、定規、分度器などのアナログツールかデジタルデバイスで各要素の距離と角度を測ってマーキングする。

- 適切なラインスタイルと重量を使用する。
- ラインと建築図面や基準点を比較してラインの精度や並びを確認する。
- 不要なラインや正しくないラインを消すか修正をする。
- 建設の次の段階に備えてスラブ面をきれいにする。

手作業によるラインマーキングはエラーの温床

全体として、手直し、コミュニケーション不足、不十分なデータ管理が、平均的な建設会社に年間20億ドルを超える損害をもたらす可能性があります。業界の調査によると、ミスの直接コストは平均すると契約額の5%となっていますが、生産性の損失、安全上の危険、訴訟や契約紛争などの間接コストは、コストを大幅に上昇させる要因となり、その額は建設価格の10%~25%にも達する場合があります。

人員が適任でない場合、設計や計画がはっきりしないか、品質プロセスや検査プロセスにギャップが生じて正しくラインが引かれず、多額の費用が発生する可能性があります。コストは法則化するのが難しく、次のようなさまざまな要因によって大きく変化することがあります。

- 建設の段階 - 早い段階でエラーを見つけた場合はラインを引き直すだけで済みますが、プロジェクトが進むとエラーの影響は大きくなります。たとえば、フレーミングなどの作業が完了した後にミスが見つかったら、解体や手直しが必要になり、コストが大幅に増える可能性があります。
- プロジェクトの規模と複雑さ - 大規模プロジェクトでは、必要な資金、材料、作業が増えるため、ミスのコストもそれに比例して大きくなります。
- 変動する材料費と労働コスト - ミスを修正するための労働コストと材料費は、当初の予定より大幅に増えることがあります。



物理的なマーキング手法の欠点

物理的なフロアマーキングの手法には、それぞれ制限があります。

チョーク

チョークは安価で比較的簡単に使用できますが、人の往来や天候などの要因によって簡単に消えたり、不鮮明になることがあります。またチョークラインは、糸が正しく引かれなかったり、表面が平らでなかったりすると、不正確になる可能性があるうえ、表面が暗いか汚れている、あるいは周囲が明るい低照度だと、見えにくくなる場合があります。さらにチョークラインの場合、表面によっては傷が付くこともあります。そのため、作業者はチョークの種類と色を選択するときに特に注意するとともに、表面の保護や塗り直しが必要かどうかとそれを行うタイミングを検討する必要があります。

テープ

テープはチョークより耐久性がありますが、いくつかの制限があります。粗い表面や凹凸のある表面では、テープを貼ったりはがしたりするのが難しい場合があるため、テープでラインを引くにはかなりの時間とスキルが必要です。また、屋外や人通りの多い場所では、テープがはがれたりちぎれたりしやすいため、テープでラインを引く場合は頻繁なメンテナンスが必要です。一般的なテープは、素材、色、幅、スタイルが限られており、特殊なテープはコストがかかりがちです。

その他のテクノロジー

レーザー

レーザーは、精度と効率の高さから建設業界で普及しつつありますが、制限と安全性などの欠点があります。レーザーは、適切に扱わなければ目の損傷や皮膚のやけどを引き起こす可能性があります。そのため、ユーザーは安全指針に従う必要があり、場合によっては防護器具を装着しなければなりません。レーザーは購入と維持のコストが高くなることもあり、ユーザーは多くの場合、常に適切な作動状態になるようにキャリブレーションや調整を行う必要があります。またレーザーは、精度と可視性を低下させる可能性がある、振動、ほこり、湿度、温度などの環境要因の影響も受けます。

仮想現実

仮想現実 (VR) ソリューションと拡張現実 (AR) ソリューションは、可視性の向上、コミュニケーションの改善、プロジェクトの効率の最適化をするための手段として、建築、工学、建設業界で受け入れられるようになりつつあります。たとえば、仮想フロアマーキングレーザープロジェクターは、建築現場の床などの表面にラインを表示するために使用されています。こうしたソリューションは効率的である一方、購入には多額のコストがかかり、適切なキャリブレーションと正確な調整が必要なうえ、ほこり、破片、光などの要素の干渉を受けがちです。

取り扱いが容易でないハードウェア

人工知能、ロボット、自律などの新たなテクノロジーが利用可能になり、建設レイアウトプロセスが大幅に改善される可能性がある一方、こうしたテクノロジーは適切なハードウェアがなければ実装するのが困難です。従来の製造手法は、大量生産には最適ですが、新たなソリューションを開発する際にはほとんど役に立ちません。初期段階では、小ロットで部品を製造するとともに、お客様のフィードバックに的確に対応できなければならず、その結果として生じる修正は、簡単に実施して現場でアップグレードできる必要があります。

ソリューション

Juarezは次のように述べています。「HPは長年プロセスに関与しています。私たちがCAD図面を印刷し、お客様が紙への印刷からチョークによるスラブへの印付けまでを行うなど、最終段階はすべて手作業でした。HPの3Dプリンティングテクノロジーと私たちが培ってきたハードウェア、ロボット、自動化の経験を活かすことにより、長期間にわたって大きな損害をもたらしていた問題を解決できるようになりました」

HP SitePrintは、現在建設現場で用いられているフロアマーキングの手法に関連する課題に対処するために開発されたソリューションであり、その目的は、請負業者とその従業員に明確で詳細なガイダンスを示すことにあります。

HPのロボットとプリンティングにおける豊富な経験を活かしたHP SitePrintは、建設現場のスラブにライン、弧、ポイント、テキストなどの要素を直接印刷する自律型のロボットです。

HP SitePrintは、さまざまな気象条件や建設環境下の各種の表面で動作する設計となっています。多数のセンサーと独自のトラッキングシステムにより、HP SitePrintは現場を自律的に移動して障害や段差を回避できるうえ、水性インクか溶剤インクを使用して、ビニールや合板からターマック、コンクリートまでのあらゆる素材への印刷を行うことが可能です。

ユーザーは、HP SitePrintをセットアップして動作させるためにコンピューター支援設計 (CAD) ファイルをHP SitePrint Cloudに送信すると、HP SitePrint Cloudでは、プロジェクトを作成して図面、レイアウトの進捗、コストを管理して、関係者間のコミュニケーションを確実に行うことができます。HP SitePrintが現場に到着すると、オペレーターはHP SitePrintユーザーインターフェイス (UI) を使用したCADドキュメントの参照、印刷したいジョブの送信、設定の調整、Robotic Total Stationのセットアップ、ロボットの動作の追跡ができます。HPの互換機能は、Robotic Total Stationと連携して角度と距離を測定したり、ロボットと無線で通信してロボットと制御ポイントの位置を合わせたり、印刷プロセスでロボットをガイドしたりします。



HP SitePrintに最適な現場

Juarezは次のように述べています。「病院の建設中にスラブにマーキングする作業は、2～3人の熟練作業員で構成されるチームでも2週間かかることがあります。HP SitePrintを使用すれば、同じ作業を最大10倍の速度で進めることが可能で、わずか数日で正確に完了できます」



病院

医療施設には、それぞれ固有のニーズや要件に合ったいくつかの独自の建設要素があります。こうした施設は清潔であることを優先し、抗菌表面、陰圧室、HEPAフィルターシステムなどによって病原菌の拡散を最小限に抑えています。また病院は、部門やスタッフと患者のための複数の輸送路を戦略的に配置した、モジュール方式の効率的な設計となっています。さらに多くの病院は、代替エネルギーを活用したり、効率の高い照明や暖房を用いたり、節水したり、リサイクル材料を使用したりすることにより、新たな建設プロジェクトに持続可能性を組み込んでいます。

HP SitePrintを使用することにより、プロジェクトマネージャーは病院のフロアですばやく正確にラインマーキングを行えます。またHP SitePrintを使用してポイントやテキストを追加で印刷することにより、建設チームや請負業者は、各自のサービスを配置してインストールすると同時に、医療施設に固有の危険や清浄区域などの側面を認識できるようになります。

学校

学校建設プロジェクトには、フロアマーキングに関して固有の課題がいくつかあります。学校はテクノロジーを念頭に置いて設計されますが、プロジェクター、スクリーン、音響システム、有線/無線ネットワーク、セキュリティシステムは広く行き渡っており、もはや教室に限られるものではありません。またこれらは、職員室、廊下、共有エリア、カフェテリア、スポーツ施設でも使用されます。さらに学校は、安全性とセキュリティに重点を置いており、今では脆弱性を軽減して学習環境を向上させるために、教室以外の場所でも窓と見通しの良さが重視されています。

HP SitePrintは、学校の建設で使用される多くのケーブルや備品を把握してそれらの位置に正確にマーキングします。またHP SitePrintは、X3 LiDARセンサーによって障害物を回避し、さらには落下事故を防ぐだけでなく、セキュリティ規制への準拠もサポートするX4 Safetyセンサーによって段差をよけながら、固有の建築要素に正確にマーキングすることができます。

データセンター

データセンターの建設では、スペースの効率と安全性を確保して有効利用できるようにするうえでフロアマーキングが重要な役割を果たします。データセンターにはスケラブルで柔軟なスペースが設けられるうえ、固有のエネルギー要件と環境要件があります。また特別な温度調節器と換気装置が必要であり、電力、冷却、ネットワークのための冗長システムが組み込まれます。さらに、アクセス制御システムとセキュリティシステムによって高度なセキュリティが実現されるだけでなく、高度な消火対策と安全対策も講じられます。データセンターの電気インフラストラクチャとネットワークアーキテクチャーは、非常に複雑であり、照明やサインージュに関するニーズも他とは異なります。

Juarezは次のように述べています。「スラブのマーキング情報がわかりやすくなると、テキストやその他のポイントを追加する方法を考えるようになります。そうした作業は不必要かもしれませんが、印を追加することで全体的なエラーが減るのであれば、その価値は十分にあります」

HP SitePrintを使用することにより、プロジェクトマネージャーはデータセンター固有の要素に関するCADのブループリントをアップロードできます。また、請負業者間の連携が可能になり、すべてのラインが目に見えるように、そして正確に引かれるようになります。HP SitePrintロボットは、承認されるとスラブにマーキングしてエラーを最小限に抑え、作業中のチームがすべてのサービスを確認できるようにします。

HP 3Dプリンティングが可能にするソリューション

HP SitePrintは、大判プリンティング事業部内のアイデアとして始まり、その後建設サービス部門に移管されました。その概念は、建設現場に適応可能な堅牢性を備えた、コンパクトで万能なロボットがあれば、従来の手作業によるレイアウトよりすばやく正確にスラブにマーキングして建設業界の大きな課題を解決できるだろうと考えていた、少人数のエンジニアチームによって生み出されました。このチームのメンバーは、プリンティングと自動化に関して豊富な経験があり、ロボットに関連するさまざまな側面でコンサルタントやエキスパートと連携しました。

Juarezは次のように述べています。「私たちは、競争相手がいない市場の隙間を見つけていたものの、そうしたチャンスはすぐに消えてしまうことをわかっていました。この製品を迅速に市場に投入するには、すべてのイテレーションですばやく対応することが重要でしたが、HP 3Dプリンティングによってそれが可能になりました」

建設サービスチームは、2021年の後半に最初のプロトタイプを開発しました。このチームのメンバーは、HPのMulti Jet Fusion (MJF) 3Dプリンティングテクノロジーを使用して実用的なマシンの作成に必要な部品をすばやく開発し、2022年に市場調査を行った後、生産に向けて設計を改善して拡張しました。そして2023年の初めに約50の工業用プロトタイプを製造し、その半数以上が初期段階のお客様トライアル用として現場で使用されました。



HP SitePrintプログラムマネージャーであるEduardo Martinは、次のように述べています。「私たちは、早い段階でエンドユーザーにソリューションの検証に加わってもらいたいと考えていました。これは新たな市場であるため、できるだけ多くのフィードバックを集めると同時に、それらを製品に取り入れたかったのです」

チームは、お客様から受け取ったフィードバックを参考にしてロボットに対するイテレーションを数回実施しましたが、それが建設現場で目の当たりにした実際の状況や誤用への適用に役立ちました。また、現場に投入可能な製品を使用したことでビジネスモデルを決定し、見込み客を獲得するための販売代理店、整備業者、ファネルを構築できました。

Martinは次のように述べています。「私たちは単にマシンを売るのではなく、『サービスとしてのロボット』を提供しており、お客様はデバイスに対してではなく、印刷面積ごとに料金を支払います。ビジネスモデルを検証するにあたり、私たちはコンプライアンス要件と規制要件が満たされていることだけでなく、課金モデルとレポートモデルが正確であることも確認する必要がありました」

HP MJFは生産テクノロジー

一般的に、製品に対する需要が高まると、企業は3Dプリンティングから従来の製造テクノロジーへの移行を検討するかもしれませんが、この事例では、HPは製造プロセスを変えずにテクノロジーを拡張することに気付きました。HPは、2023年7月にSitePrintを発売しましたが、このロボットの現在のイテレーションには、HP MJFテクノロジーを使用して3Dプリントされた38の個別の部品をはじめとする、275の部品が含まれています。これらの部品は、マシンのプラスチック部品の51%を占めていますが、マシンの総コストに占める割合はわずか6%にすぎません。

メリット

HP SitePrintは、プリンティングとロボットを活用して大規模建設プロジェクトでのフロアマーキングの方法に変革をもたらす画期的なソリューションです。このソリューションは、建設業界に次のような数多くの重要なメリットをもたらします。

- 正確なレイアウト - HPのテクノロジーは、CADデータとロボットを活用して正確なレイアウトを作成するとともに、スラブに直接建造物のブループリントをデジタル印刷することにより、精度を確保してヒューマンエラーを解消します。
- 地形多様性 - HP SitePrintには幅広いインクが用意されており、各種の粗い表面や凹凸のある表面にも対応できるため、多くの建設環境に適しています。
- 生産性の向上 - HP SitePrintは、従来手法と比較して最大10倍の速度¹でのフロアマーキングが可能です。
- コスト削減 - レイアウトのコスト増を招く手作業が減るため、建設チームは価値の高い他のタスクに注力できます。
- 使いやすさ - HP SitePrintは、ユーザーによる現場間の移動やデバイスのセットアップ、プリンティングプロセスの開始を容易にかつシームレスに実現する、包括的な建設レイアウト管理システムです。
- 豊富な情報 - HP SitePrintロボットは、ラインだけでなく、ポイント、弧、テキストも印刷し、現場でのコミュニケーションを改善する新たな情報を提供して、エラーとやり直しのコストを最小限に抑えます。
- クラウド管理 - HP SitePrint Cloudを使用することにより、ユーザーはジョブの進捗を監視したりレポートを生成したりするだけでなく、CADファイルを共有して他のユーザーと共同で作業を進めることができます。他のクラウドアプリケーションと同じように、HP SitePrint Cloudも拡張性、アクセス性、安全性に優れているため、大規模プロジェクトや機密プロジェクトに最適です。

3Dプリンティングの継続的な価値

Martinは次のように述べています。「HP MJFテクノロジーにより、開発スケジュールがすぐに6か月～1年短縮されました。従来の製造手法を使用した場合と比べてはるかに早く工業用プロトタイプを現場に投入できただけでなく、3Dプリンティングによって販売代理店と整備業者を開拓し、この種の製品に関連するコンプライアンスと規制の問題を解決することもできました」

HPのMJF 3Dプリンティングソリューションは、建設サービスチームにとって欠かせないものであり、次のような数多くの重要なメリットをもたらしました。

- 迅速な市場投入 - エンジニアは、初期段階で他の手法を使用した場合よりすばやく実用的なプロトタイプを作成し、お客様からフィードバックが届くと、修正を加えて各イテレーションを改善できました。また、製品のライフサイクルにわたって3Dプリンティングを使用する予定にしていたため、ローンチの前に新たなプロセスの計画を立てる必要がありませんでした。このようなスピードのメリットにより、エンジニアは複雑なハードウェア製品の構想から完成までのプロセスを2年足らずで終えることができました。
- 設計の自由度 - HP MJFを使用したことで、チームは従来の設計手法に制限されることなく、他の方法で製造されていたかもしれない複雑な部品を3Dプリンティングを使用して開発し、その部品を組み合わせることでコストを削減して組み立てを簡素化できました。
- 優れた経済性 - 3Dプリンティングは、CADファイルから直接部品が構築されるデジタル製造です。その他の製造方法では、ツールとかなりのマシンの準備が必要ですが、HPのMJFは、このような多額の初期費用をなくすことによって低コストでの短期生産を可能にし、ジャストインタイム製造や「オンデマンド」製造でさまざまな機会を切り開くことができます。
- カスタマイズ - お客様のニーズが次々と明らかになる中でチームはHP SitePrintを簡単に修正して強化し、新たな需要に対応できます。そうしたイノベーションは、お客様に固有の場合もあれば、製品の主要な機能セットに組み込まれる場合もあります。

Martinは次のように述べています。「設計の自由度のメリットを伝えるのは難しいかもしれませんが、私たちは、ロボットのプリンティング機能の開発中にDesignJet 2Dプリンターのカートリッジを利用したいと考えていました。このロボットは非常に小型で、カートリッジを収める場所と方法に関して多くの制約がありましたが、金型や機械加工の制限に対処する必要がなかったため、きわめて複雑な部品形状を作成し、カートリッジを内部に収めることができたのです」



今後の開発

HPの建設サービスチームは、他のテクノロジーをHP SitePrintの強化や改善に役立てる方法も検討しています。たとえば、2D大判プリンティングチームは、販売代理店やエンドユーザーのブランドを目立たせたり強調したりするために、Latexテクノロジーを使用してロボットの外殻をカスタマイズすることを提案しました。また、このチームは、HPのMetal Jet 3Dプリンティングテクノロジーの利用方法も検討しており、設計の自由度の向上や市場投入までの時間の短縮によってメリットを得られる可能性がある、具体的な金属部品を特定していますが、HPの建設サービスチームは、それらの部品が製造され、テストと検証が完了した時点で実装する予定にしています。

Martinは次のように述べています。「1つ確かなのは、HPの3Dプリンティングによってかなりの時間が節約され、少数の部品を経済的に製造できるようになったということです。私は他の製品開発者にも、MJFを活用して製品を改善したり、市場投入までの時間を短縮したりする方法を検討してもらいたいと思っています。ごくわずかな部品で小規模から開始しても、このテクノロジーが魅力的であることに気づき、すぐに使用頻度が増えるでしょう」

HP SitePrintの詳細については、<https://www.hp.com/us-en/printers/site-print/layout-robot.html> (英語) をご覧ください。

HP Multi Jet Fusion テクノロジー、および企業の製造工程全体のイノベーションにおけるこのテクノロジーの有効な活用の詳細については、<https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/products/multi-jet-technology.html> (英語) をご覧ください。

1. 「最大10倍の生産性」という主張は、HP SitePrintを使用したパイロットケーススタディのデータに基づきます。このケーススタディでは、HP SitePrintのパフォーマンスと同じ作業に対してHP SitePrintの導入前に行われていた手作業によるレイアウト、または類似プロジェクトでの経験に基づいた、必要な時間/リソースに関するお客様の見積もりを比較しました。実際の改善状況はプロジェクトごとに異なり、ラインの密度や現場の寸法といった複数の要因の影響を受ける可能性があります。

© Copyright 2024 HP Development Company, L.P.

HP製品およびサービスに対する保証については、当該製品およびサービスの保証規定書に記載されています。本書のいかなる内容も、新たな保証を追加するものではありません。本書の内容につきましては万全を期しておりますが、本書中の技術的あるいは校正上の誤り、省略に対しては責任を負いかねますのでご了承ください。