

自走式 3D プリンティングシステムを用いた建築施工システムの開発

ー 積層造形法を用いたロボットによる建設システムー

1. 背景

現在日本は高齢化社会を迎えており、建築業界での人手不足が問題となっている。例えば型枠工と言われる職人は、デザイン住宅のような家を建てる場合には不可欠だが、その人数は年々減少している。

特にデザイン住宅における表現手法の一種となる曲線壁を建築する際、型枠が手作業による一品生産となり、直線壁の約3倍程度の価格になると言われている。したがって、住宅の中に曲線壁を取り入れることを選択肢にすることが困難であるという現状がある。

2. 目的

本プロジェクトは自走式の建築施工ロボット(図.1)を製作し、積層造形法により曲線壁を直線壁と同程度の価格に抑え、その結果、これまでにないデザインの建造物(図.2)を建てることを目指した。

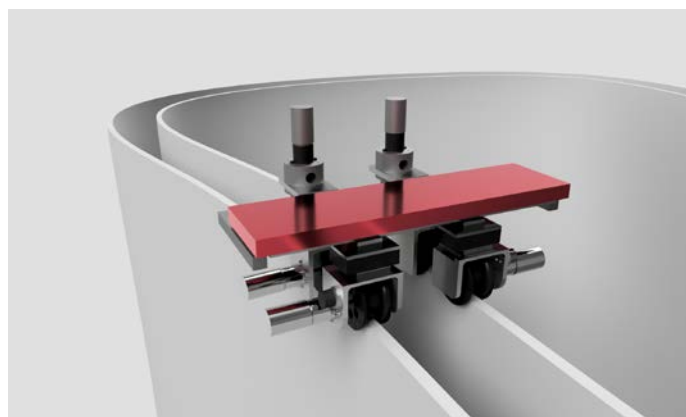


図 1. 自走式積層造形施工ロボット



図 2. 曲面壁をもつ建築デザインの例

自走式ロボットが走りながら材料を一層ずつ積み上げることによって建築する方法が実現できれば、理論的には直線壁と曲線壁を同程度の工数で建設できると考えられる。従来工法に比較しても曲線壁という選択肢を安い費用で提供できるようになる。また、建設自動ロボットは、建築における人件費の削減や工期の短縮も可能であり、コスト削減につながると考えられる。

3. 製品・サービスの内容

建築からデザインまでを一新するための建設手法を開発し、デザイン性豊かな建築を販売するサービスを本プロジェクトの目的とした。中でも、我々の開発する自走式の積層造形法による施工ロボットを用いて建築を行うことを目指し、プロジェクトの最終目標として2018年12月に5m x 5mの敷地面積を有する「タイニーハウス」の建設を完成させることとした。

実際の実績としてはタイニーハウスの建設までは至らなかったが、「施工技術」「ロボット」「ソフトウェア」「マテリアル」の開発を進める中で、一重の壁1mの材料の自動積層（図3）とポリウレタン+コンクリート+筋交いによる施工技術（図4）を完成させた。



図3, 1mの一重壁の建設



図. 4 施工方法の検証

4. 新規性・優位性

世界の他社でも積層造形法で建築を建設している事例が複数件ある。しかし、本プロジェクトは「自走式である」ことで建設面積を最大化できるため、大きな利点になる。

積層造形法での建設は、建築物の面積分を覆うフレームを構築したのちに建設する方式と、中心にロボットアームを配置する方式の大きく二種に区別できる。前者の方法は従来の3Dプリンターの方法に近いものであり、より開発が容易である利点がある一方、巨大なフレームを構築する工数が増えることやフレーム部分により建築可能面積が大幅に減少するという問題がある。後者の方式では、機械が安定して動作できる利点がある一方、ロボットアームが固定されているため、建築の面積がロボットアームの長さに制限されるという問題がある。

そこで、本プロジェクトでは、移動式ロボット上にロボットアームの吐出部を直接つけ、建築面積の無駄を無くし、機械による大きさの制約を減らすことに挑戦した。さらに、吐出後の材料の上に直接ロボットが乗り、材料に追従するように移動することで積層を実現する自走式を考案し、この開発を行った。これが実用化すれば、周辺の精密な制御機構無しで狭い面積でも積層造形による建設の実現が期待できる。

5. 事業普及（または活用）の見通し

市場の規模や営業シナリオ、事業計画のベースの議論を行い、ヒアリング等を重ねた。しかし、実際の製品としてはプロトタイプの域を出ておらず、現状では基本的なプロダクトの仕様を決定づけた所までである。そのため、現時点では起業には至っていない。

現在検討している利用目的は以下が考えられる。住宅は法的な制約も多いため、まずは住宅以外の構造物の施工での経験を積み、改良を重ねることで事業化を目指したい。

- ・ レンタルスペース
- ・ ショールーム
- ・ 常設イベントスペース
- ・ トイレ

6. 期待される波及効果

市場規模は国内外において非常に大きく、国内のみでも 50 兆円の規模が見込める。大型での施工技術が完了し、製品化ができれば広く利用される可能性がある。実際、プロジェクト期間中にいくつかの営業的引き合いや問い合わせがあった。今後開発を継続し、外部へアピールすることで初期の需要を創出できる。今回はパビリオンや飲食スペース、トイレについての問い合わせがあった。

7. イノベータ名（所属）

平山 雄太（東京大学大学院）

坂井 珠麗亜（東京大学）

北浦 ひな子（東京大学）

梅沢 啓佑（フリーランス）

田窪 竣（株式会社ヒュービシステム研究所）