

# ロボットと BIM の連携による清掃システムに関する研究 A Study on cleaning system by cooperation of robot and BIM

○長谷川 直人\*<sup>1</sup>, 澤 海斗\*<sup>2</sup>, 杉田 宗\*<sup>3</sup>  
Naoto Hasegawa\*<sup>1</sup>, Kaito Sawa\*<sup>2</sup> and So Sugita\*<sup>3</sup>

\*1 広島工業大学大学院工学系研究科 博士課程前期

Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Hiroshima Institute of Technology.

\*2 大和ハウス工業株式会社

Daiwa House Industry Co., Ltd..

\*3 広島工業大学環境学部建築デザイン学科 准教授

Associate Professor, Dept. of Architectural Design, Hiroshima Institute of Technology, Dr.Eng

**キーワード:** ロボット; BIM; 維持管理; センサ; 双方向利用  
**Keywords:** Robot; BIM; Maintenance; Sensor; Bidirection use.

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

現在、日本は人手不足という大きな問題を抱えている。近年、日本の人口は横ばいであり、人口減少局面を迎えている。これは、建築業界においても例外ではない。国土交通省は、この人手不足への対策のために人材確保だけでなく、ロボットの導入を目指している。そのため、これからの建築業界にロボットをどのように取り入れるべきなのかなど、様々な研究が行われている。

建築業界におけるロボットは、今まで人が行っていた作業を代わりに行ったり、人をサポートしたりすることで人手不足の問題を解決する。しかし、建築業界のロボットの参入のほとんどが、施工の分野にとどまっており、維持管理などの分野での活用はあまりされていない。今後、建築業界におけるさらなるロボットの普及には、様々な分野での活用が必要になると考えられる。

さらに、近年の建築業界では、ロボットの導入だけでなく、ビルディング・インフォメーション・モデリング (以下 BIM) の推進も行われている。国土交通省は、2019 年 6 月に官民が一体となって BIM の活用を推進し、建築物の生産プロセス及び維持管理における生産性向上を図るため、「建築 BIM 推進会議」を設置した。現在、設計や施工での BIM 活用は徐々に進んでいる。しかし、ほとんどの場合、設計、施工の各分野がそれぞれ個別に活用するにとどまっており、BIM の特徴である情報の一貫性が確保できていない。今後、維持管理段階までの一貫した BIM 利用に繋がっていくには、ロボット・先端情報技術・BIM が相互に連携を図ることで、ロボットと BIM を活用した建築維持管理への応用が可能になるのではないかと考える。

### 1.2 研究目的

本研究では、BIM とロボットが情報を介して繋がるシステムを開発し、BIM 情報によって、建物内でロボットを効率的に動かし、相互に連携を図ることで生まれる新たな清掃システムに関する検討を目的とする。

### 1.3 研究構成

本研究は、3つのフェーズから構成される。まず、BIM 情報によって清掃ロボットを動作させる環境を作成する。BIM 側では、椅子や床のマテリアルなどの BIM 情報をもとに最適経路を導き、ロボット側では、テキストデータによって清掃ロボットを動かすプログラムを作成する。次に最適経路を清掃ロボットに伝え、実際に動作を確認する。その際、清掃ロボットにセンサを取り付け、空間情報を取得する。最後に取得した情報を BIM 上に可視化・蓄積する。

## 2. BIM 情報をもとに動作する清掃ロボット

### 2.1 使用機器とプログラミング環境

本研究において BIM ソフトは、BIM の属性情報を用いて外部ソフトウェアとの情報伝達を行うため Autodesk Revit を用いる。また、Revit の属性情報を扱うために、ビジュアルプログラミングツールである Dynamo を用いる。清掃ロボットは、外部からの入力によって動作する必要があるため、小型コンピュータと接続可能な清掃ロボットである iRobot 社の iRobot Create2 (以降 Create2) を用いる。また、Create2 を動作させるために使用した機器などを表 1 にまとめる。



### 3. 実験と考察

まず、Create2 の動作性能を把握し、できるだけ安定した動作で以降の実験を行うために、性能実験を行い、動作性能を検証した。その上で、前章で導いた最適経路をテキストデータに変換し、Python プログラムに入力することで、実際に Create2 が最適経路上を移動できるかの実験を行う。

#### 3.1. 動作実験

Create2 の動作実験は以下の手順で行う。

1. 目標の距離だけ前進させ、初期位置と最終位置の距離が目標の距離と一致するか検証を行う。
2. 90° 旋回させ、初期角度と最終角度の差が 90° であるかの検証を行う。
3. 4 度連続的に 90° 旋回させ、初期角度と最終角度が一致するかの検証を行う。また、回転後のスリープ有無の比較検証を行う。ただし、スリープありの場合は 2 の実験の値を 4 倍にしたものとする。
4. 前進と 90° 旋回を 4 回繰り返し、初期位置と一致するかの検証を行う。本実験においても、回転後のスリープ有無の比較検証を行う。

1~4 の実験の結果から、カーペットにおける前進速度が 200mm/s、旋回速度が 55° /s で回転の後にスリープがある動作方法が最も精度の高い動作であることが明らかとなった。以降の実験はこの動作方法で行う。

#### 3.2. 経路実験

Create2 の最適経路での動作実験は以下の手順で行う。

1. 仮想の部屋を BIM で作成し、床材と障害物を設定する。
2. Dynamo によって床材と障害物を考慮した最適経路を導き、テキストデータとして出力し、Python プログラムに入力する。
3. BIM 上で作成した部屋をマスキングテープによって再現し、Python プログラムで Create2 を動作させる。(図 3)
4. 最終位置が一致しているかを検証する。

本実験は 5 回繰り返す。

実験の結果を表 2 に示す。X と Y は想定した位置とのずれを表しており、右を X の正、上を Y の正とした。また、角度は想定した角度との差を表している。平均値を見ると X、Y ともに Create2 の大きさ以下であり、角度のずれも小さいことから、自己位置推定を用いることで修正可能であると考えられる。

表 2 経路実験結果

	X	Y	角度
1	210mm	-165mm	2°
2	225mm	-155mm	1°
3	335mm	-175mm	-1°
4	295mm	-175mm	-2°
5	290mm	-180mm	-3°
平均	271mm	-170mm	-1°

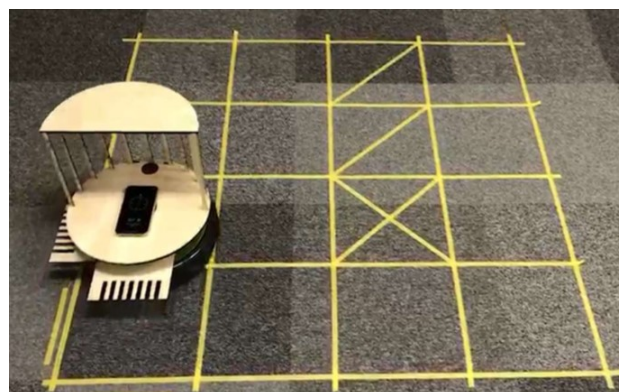


図 3 実験の様子

また、テキストデータを Python プログラムに入力することで、ずれはあるものの想定した速度変化と障害物を回避する動きがみられた。テキストデータを用いて動作させるプログラムは有用であると考えられる。

### 4. センサ情報の可視化

#### 4.1. 使用機器とプログラミング環境

本研究に用いるセンサは、情報を BIM に受け渡し、可視化することを目的とするため、数値化された情報を、BIM 上で利用できる SONY の MESH を用いる。MESH は、プログラミングでアイデアを形にすることができる IoT ブロック (MESH ブロック) であり、MESH アプリケーションを使って、前述した MESH ブロックを Bluetooth で接続し、ビジュアルプログラミングによって動作させる。

#### 4.2. センサ情報の取得と可視化

センサ情報の取得は MESH ブロックの明るさブロックを用いる。明るさブロックを Create2 に乗せ、動作する中で照度情報を取得する。また、取得した照度情報を記録するために IFTTT を利用し、Google Drive のスプレッドシートに取得した時刻と照度情報を記録する。実現性を考えると、これらは MESH のアプリケーションによるプログラムによって、自動で行われるようにすることが好ましいが、IFTTT を使う場合、連続的に記録することができない。本研究ではボタンブロックを用いて、手

動で照度情報を取得するものとする。また、記録したデータはそれぞれの時刻と照度情報に分けてテキストデータに変換する。

#### 4.3. 照度可視化実験と考察

本実験では、照度センサを Create2 に乗せて照度情報を取得した場合と、手で照度情報を取得した場合を比較し、Create2 にセンサを乗せた場合でも正確な情報を取得することができるかを、可視化することで比較する。照度を取得する際、高さの調整を行うために Create2 に土台を作成する。土台の高さは床から約 40cm とし、手で照度を取得する場合でも、同じ高さで取得するものとする。センサ情報の可視化は照度シミュレーションなどで用いられる Honeybee というプラグインを用い、可視化プログラムを作成する。本研究における可視化プログラムは、「三角マーク」「色」「数値」の3つでデータの可視化を行う。以下の流れで実験を行う。

1. 机や照明によって、明暗がはっきりしている部屋の床に、縦横ともに 4×4 の 300mm 間隔のグリッドをマスキングテープで作製し、各グリッドのセルに番号をつける。
  2. 手で各グリッドの中心で照度情報を取得し、スプレッドシートに記録する。
  3. 照度センサを Create2 に乗せた状態で、グリッド上を移動させながら照度情報を取得し、スプレッドシートに記録する。
  4. BIM 上に、照度情報を取得した時と同じ部屋を作成する。
  5. 2 と 3 の照度情報をテキストデータに変換し、BIM の Dynamo にインポートし可視化する。
  6. 2 と 3 の照度情報を可視化したものを比較する。
- 2 と 3 で得られた照度情報を可視化したものを図 4 と図 5 に示し、実験の様子を図 6 に示す。

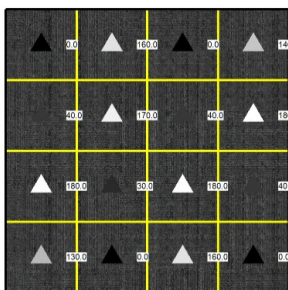


図 4 手動

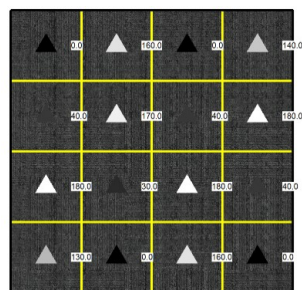


図 5 Create2

実験結果より、手で照度を取得した場合と Create2 で取得した場合では、数値で見ると若干の違いが見られた。これは、前章で述べたように、Create2 の動きが想定した経路からずれることで、本来の位置とは異なる場所

で照度の計測を行っていることが原因だと考える。



図 6 実験の様子

#### 5. まとめ

本研究では、BIM とロボットが情報を介して繋がるシステムを開発し、建築維持管理の分野において BIM とロボットの連携が可能であることを明らかにした。そして、BIM とロボットが相互に連携を図ることで生まれる、新たな清掃システムに関する検討を行った。

現在、BIM で作成された竣工モデルを、維持管理などに有効活用される事例はほとんどない。モデル作成後、センサなどを用い、建物に変化していく情報を BIM に蓄積していくことで、様々なデータ分析・評価が可能になる。そこには、データベースとしての BIM モデルに価値があると考えられる。

今後の展望として、データベースとしての BIM の在り方を考えていくとともに、実存する建築物においての実証実験を行うことで、本研究で開発した清掃システムの実用性を明らかにできると考える。

#### [参考文献]

- 1) 大西康伸, 仲間祐貴, 位寄和久, 村松弘治, 幡宮祥平: 識別情報タグと BIM を用いた施設維持管理における点検業務支援—オブジェクトベースの建築情報マネジメントシステム その 3—, 日本建築学会・情報システム技術委員会第 38 回情報・システム・利用・技術 シンポジウム 2015
- 2) 加藤崇: 建築現場向け清掃ロボットの開発(その 1. 基礎検討), 日本建築学会大会(九州), 学術講演梗概集, (社)日本建築学会, 2016. 8
- 3) 林慎也, 大西康伸, 仲間祐貴: BIM データを活用したクラウドシステム上での環境センシングデータの可視化に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 81-82
- 4) 漆山生羽, 中村優介, 高林弘樹, 加戸啓太, 平沢岳人: モザイクタイルとロボット施工に関する研究, 日本建築学会大会(中国), 学術講演梗概集, (社)日本建築学会, 2017. 8
- 5) 第 3 回建築 BIM 推進会議: 国土交通省