

ロボットコンテストにおける 3D プリンタを利用したロボット製作

田中将樹・山崎博之・佐々木道治*
三浦巧真*・佐々木智征・新井場貴寛

Robot Production Using 3D Printer for the Robocon Competition

Masaki TANAKA, Hiroyuki YAMAZAKI, Toya SASAKI*,
Takuma MIURA*, Tomoyuki SASAKI and Takahiro NIIBA

(令和 5 年 2 月 28 日受理)

Recently, 3D printers have become the primary tool of our team's robot production process for the NHK KOSEN Robocon competition. This paper outlines examples of 3D printers used by our teams, and summarizes the results of examining the strength of the produced samples. As a result of the proposed experiment, it was found that there is a tendency for the load to be in the direction of the resin deposit. It was also found that the filling rate inside the product greatly affects its strength.

1. はじめに

高専ロボコン（アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト）は、1988 年から始まり今回第 35 回を数えた全国規模の教育イベントで、今年は 3 年ぶりに 57 校 62 キャンパスが参加したリアル大会となった。これまで本校は、第 1 回大会を除くすべての大会に参加し、10 回の全国大会出場を果たしている。最近では、東北地区大会ではベスト 4 以上や各賞を受賞する結果を残しており、2015 年、2017 年そしてオンライン形式で行われた 2020 年[1]、リアル開催となった 2021 年[2]に全国大会に出場している。

2022 年の高専ロボコンはコロナ禍で感染症対策をしながらも地区大会、全国大会とも現地開催となった。10 月 2 日に仙台高専広瀬キャンパスで行

われた東北地区大会では 2 チーム（A チーム：ButterFly, B チーム：太平）が出場し、両チームとも予選敗退であったが、B チームがアイデア賞を受賞し、11 月 27 日に国技館で開催された全国大会に推薦された。全国大会では一回戦で和歌山高専と対戦し、大量得点差で敗退となったが、ロボットのパフォーマンスを十分に発揮して会場を沸かせることができた。

本稿では、ここ数年で本校のロボット製作のメイン工作機器となってきた 3D プリンタとその製作物について、本校での使用場面、使用例の概要を述べ、製作物の強度の検討を加えてまとめた。

2. 競技課題の概要とロボットの概要

今年の高専ロボコンの競技課題は「ミラクル☆フライ～空へ舞いあがれ！～」というテーマで、

*秋田高専学生

ロボットが紙飛行機を飛ばして様々なオブジェクトに乗せて点数を競う3年ぶりの対戦型競技となった。コロナ禍の過去2回の大会がパフォーマンスを披露して得点を競うのに対して、今回は対戦相手と同一のフィールド上で、より多くの点数を得点することが求められた。

今年度のロボコンの競技課題におけるロボットの主な制限は、1チームのロボット台数は1台で、ロボットのサイズはスタート時に縦800mm×横800mm×高さ1200mmに収まっている必要があり、スタート後は縦1200mm×横1200mm×高さ2000mmまで展開可能、分離は不可、重量は30kg以内であった。操縦方法は、手動、自動を問わず、圧縮空気の使用は0.75MPaまで、駆動系および回路制御系電圧は24V以下、電流値は30A以下であった。

今回、秋田高専ではA、B両チームとも同じ紙飛行機を採用し、それぞれ異なる射出方法と戦略とした。図1にAチームのロボット「ButterFly」を示す。足回りは手動で動かすオムニ4輪駆動で、遠距離用と近距離用の二種類の自動制御の射出機構を持っている。射出機構はベルトを使って紙飛行機を運び、回転するローラーに挟めて紙飛行機を射出、あるいはベルトを高速回転させてそのま



図1 Aチーム「ButterFly」



図2 Bチーム「太平」

ま紙飛行機を射出する方式となっている。一度に搭載できる紙飛行機は6機までであるが、手前にあるスポットに紙飛行機を確実に載せる戦略としている。図2にBチームのロボット「太平」を示す。ロボットはすべて手動で操作し、足回りはオムニ4輪駆動で、二つの高速射出機構を持っている。大量の紙飛行機を搭載し、紙飛行機を一つ一つベルトで送り出して、高速回転するローラーで高速かつ勢よく射出させて大量の紙飛行機をフィールドに舞い上げる戦略とした。

3. 3Dプリンタの利用

今大会のロボット製作ではA、B両チームとも3Dプリンタを利用してギヤなどの重要な動力伝達部分を製作した。特にBチームでは大型の3Dプリンタ製作物を利用しており、これまでの市販のギヤに置き換える形での使用が顕著であった。

現在、ロボコンでは2台の3Dプリンタ「Creator Pro2」, 「Adventurer3」(ともにFLASHFORGE社製)を使用している。フィラメント材はPLA(ポリ乳酸)樹脂を使用している。本校での3Dプリンタの

使用は2019年大会からで、部材やアクチュエータを固定する部分治具としての利用がメインであった。

図3にエアシリンダを固定する治具としての使用例を示す。エアシリンダの動きに合わせて可動させるように工夫されている。図4にモータマウントとしての使用例を示す。このように、始めはあまり負荷がかからないアクチュエータを固定する箇所から使用した。



図3 エアシリンダ固定具としての使用例

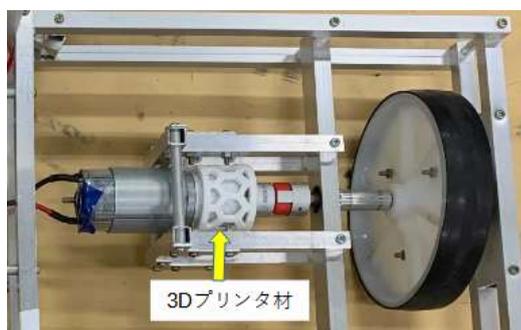


図4 モータマウントの使用例

2020年大会から可動部やギヤなどへ3Dプリンタ材を利用している。図5に竿燈を倒立させるロボットの竿燈との接合部の使用例を示す。重量のある竿燈の負荷が全てかかるため、強度と耐久性が要求された。また、図6に竿燈を盛り上げる装飾用小型ロボットを示す。ロボット本体の作製に3Dプリンタを使用することで同形のロボットを複数台製作することが容易であった。

図7に本年度のBチームのロボットにおける3Dプリンタ材の使用例を示す。ギヤやプーリーなどの動力伝達要素への使用は2020年から行ってお



図5 竿燈受け手部分での使用例



図6 小型ロボットの使用例

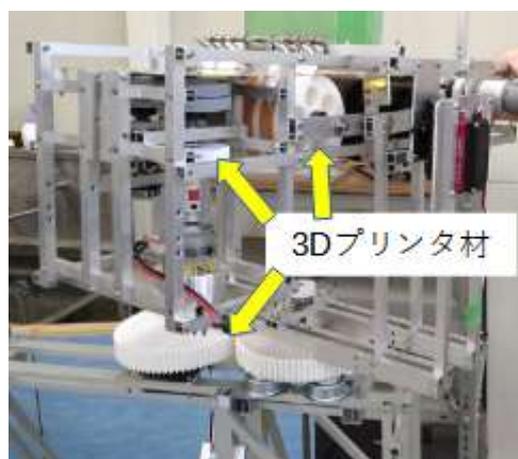


図7 ギヤ・プーリーの使用例

り、これまでの市販品の金属や樹脂製のギヤと置き換えてその使用頻度は増えてきている。市販品と比較しての3Dプリンタ材の利点は、①自由に歯数や寸法、形状を設定できること、②充填率を制御することで大きな部品でも軽量に作製できるこ

と、③低コストで納期がかからないこと等が挙げられる。これらの利点は、大会直前まで試行錯誤してロボットを製作することが多いロボコンにとって大変有益である。一方で、3Dプリンタの問題点の一つとして材料の強度、耐久性が挙げられる。今大会でも、金属製のギヤと嵌め合わせた高速回転させる3Dプリンタ製の小型のギヤの破損が見られた。

4. 実験

3Dプリンタの利用頻度が高まってきていることより、その製作物の強度に対する傾向を知る必要が出てきた。そこで、本校で使用している3Dプリンタ製作物の作製方法をもとに強度について検討を試みた。実験に使用した3DプリンタはFLASHFORGE社製Creator Pro2で、プリントタイプは熱溶解積層（FFF: Fused Filament Fabrication）方式である。積層ピッチは0.05～0.4 mm、ノズル径は0.4 mm、主な対応フィラメントはABS, PLA, HIPS等である。本実験では、本校のロボコンで使用している樹脂フィラメントのPxmation社のPLAを使用した。主な印刷設定は、充填率15%あるいは50%、モデル内部充填パターンは六角形、積層ピッチ0.18 mm、ベース印刷速度60 mm/s、ヘッド移動速度100 mm/s、ヘッド温度210℃、ベース温度40℃とした。製作物の形状は3DCAD (Solidworks) で作図し、スライサーソフトFlashPrintでスライスデータに変換した。図8に作製した試料の積層方向を示す。試料の作製寸法は幅10 mm×厚さ4 mm×長さ80 mmとした。作製した試料の重さは、充填率15%で積層方向①2.16 g、②2.43 g、③1.96 g、充填率50%で①2.93 g、②2.87 g、③3.15 gであった。図9に試料への荷重方向を示す。試料は先端から64 mmの位置で固定し、試料先端にFの方向に荷重をかけて先端の変位（曲がり）を記録した。荷重の測定にはバネばかりを使用した。



図8 試料の積層方向

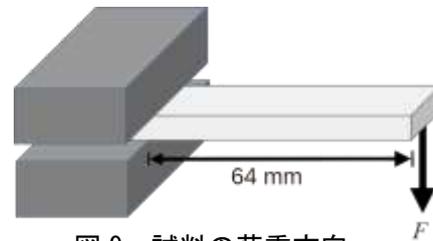


図9 試料の荷重方向

図10に樹脂の充填率を15%としたときの荷重に対する変位を示す。積層方向①、②および③において、それぞれ2.69 kgf、2.39 kgf および0.69 kgfの荷重を加えたとき、固定箇所破断した。図11に充填率を50%としたときの荷重に対する変位を示す。積層方向①および②において、それぞれ3.29 kgf および2.99 kgfの荷重を加えたときに固定箇所破断したが、③については1.79 kgfの荷重を加えたときにバネばかりを取り付けた箇所破損したため、そこで測定を中止した。図より、積層方向①の試料で荷重に対する変位が一番大きく、それ以外の積層方向よりも大きな荷重に強いことがわかる。また、積層方向①の試料よりも②の方が、同じ荷重に対して変位が小さいことから、硬く変形しにくい構造となっていることがわかる。さらに、すべての積層方向に対して、充填率が50%の方が15%のときよりも耐荷重が大きくなっており、破断あるいは破損した荷重の

比を求めると、積層方向①で 1.22 倍、②で 1.25 倍、③で 2.59 倍であった。これは試料内部の充填率が大きくなると、樹脂同士の接着面積が大きくなるため強度が増していることが推測できる。特に積層方向③に対しては充填率の影響が大きいものとする。図 12 に各試料の破断面を示す。充填率 15 % の試料では製作物が中空であり、特に積層方向③の試料では外周の 2 層程度の樹脂のみであり、外力に対して非常に脆弱な構造であった。一方で、充填率 50 % の試料では、内部が比較的樹脂で満たされており、外力に対して補強されていることがわかる。このことから、製作物の充填率が大きい方が強度的に優れているといえるが、その反面、製作にかかる時間と使用する樹脂フィ

ラメントの量すなわち製作物の重量もまた大きくなるため、ロボコンでの使用に関しては一長一短であると言わざるを得ない。



図 12 試料の破断面

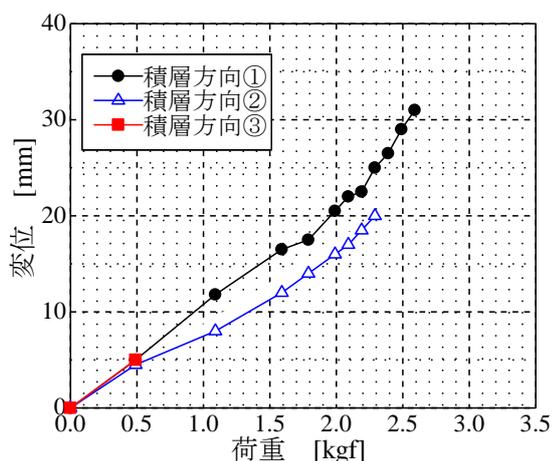


図 10 充填率 15 % のときの荷重 - 変位特性

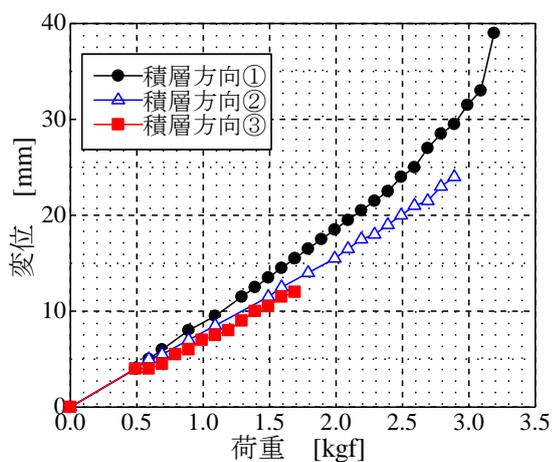


図 11 充填率 50 % のときの荷重 - 変位特性

5. まとめ

本稿では、ロボット製作の重要な加工道具となってきた 3D プリンタとその製作物について、本校のロボットで実際に使用した例について紹介した。さらにギヤなど負荷のかかる部分への 3D プリンタ製作物の使用頻度が上がってきていることを考慮し、製作物の強度について簡単な実験を行い、結果について報告した。その結果、製作時の樹脂の積層方向に荷重に対する傾向があることがわかった。また、製作物内部の充填率も強度に大きく影響があることも判明した。今回はこれまでのロボット製作で使用実績のある PLA についてのみ検討を行ったが、現在では 3D プリンタのフィラメント材は様々な特徴のある樹脂材料が容易に入手可能となっている。ロボコンでは製作時間やロボットの重量に制約があることから、PLA よりも強度に優れた材料の探索をしていくことも重要である。

謝辞

ロボコン活動において、日頃からご協力頂いた本校 物質・生物系 西野智路准教授および土木・建築系 山添誠隆准教授、また、日頃より技術的なサ

ポートをいただいている本校技術職員，そして感染症対策をしながらも大会に臨んだロボコンの学生に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 田中将樹，山添誠隆，西野智路，保坂真志，
辻尚史，三浦翔平：ロボットコンテストにおける倒立振り子ロボットの自動制御，秋田工業高等専門学校研究紀要，56，pp.1-6，（2021）
- [2] 田中将樹，山崎博之，小幡亮侑，保坂真志，
辻尚史，新井場貴寛：ロボットコンテストにおけるカメラを使用した自動ロボットの制御技術，秋田工業高等専門学校研究紀要，57，pp.1-5，（2022）