

論文 Article

手指からの感染防止をねらいとした自助具の設計製作

原稿受付 2021年8月20日

ものづくり大学紀要 第11号 (2021) 25~28

黒須祐哉^{*1}, 松本宏行^{*2}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科 (現 株式会社フジメカニック)^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 総合機械学科

概要 本研究は手指からの感染防止を目的とした自助具の設計手法を提示している。対象物としてドアノブに着目して、ジェネレーティブデザインを応用した軽量化および剛性向上を考慮した自助具の設計を行った。3Dプリンターを用いた自助具の造形製作、特性評価、使用についての成果をまとめている。

キーワード : 自助具, ジェネレーティブデザイン, 最適構造設計, 付加製造技術

Design and manufacture of self-help tool aimed at preventing infection from fingers

Yuya KUROSU^{*1}, Hiroyuki MATSUMOTO^{*2}^{*1} Student, Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Mechanical and Production Engineering, Institute of Technologists

Abstracts This study reports a design method for a self-help tool to prevent infection from hands. We focused on doorknobs as an object. We applied generative design to the design of the self-help tool, taking into account weight reduction and rigidity improvement.

Key Words : Self-help tool, Generative design, Optimum design, AM technology

1. 研究背景

近年,急速に感染が拡大している新型コロナウイルスの主な感染源として,接触感染がある。せきやくしゃみなどで発生した飛沫は大きさにかかわらず床に落ちたり壁に付着したりすることで動きを停止する。それらの付着物を触った手で目や鼻・口をこすすることで接触感染が生じると考えられている。リスク削減のために今回の研究テーマとして感染防止をねらいとした自助具の設計製作を行い,設計手法の有効性を提示する。

2. 研究目的

対象物として「ドアノブ」に注目し,接触感染を

防ぐために自助具の設計製作を行う。対象としたドアノブはドアを引く動作の際に,大きな荷重を必要とすることが想定される。そのため,最適構造設計の考えを取り入れて軽量化および剛性向上を含めた設計開発を行った。

3. 対象物

現在もなお,急速に感染が拡大している新型コロナウイルスの対策として,多くの人が共通して触るような物をいかに触らずに済むことができるか重視している。エレベーターのボタン,手すり,ドアノブ,部屋の照明スイッチなど様々な物や候補として検討した。使用頻度が高いものとして「ドアノブ」(図1)に対象を絞って研究を行った。



Fig.1 Targeted objects (doorknobs)

現在、新型コロナウイルスについての主な感染源のひとつとして、「接触感染」がある。

政府が推奨している3つの密（密集、密閉、密接）を避ける行動は飛沫感染やエアロゾル感染を防止するためにも重要である。

飛沫は大きさにかかわらず、床に落下したり、壁に付着したりすることで動きを停止する。接触感染は、それらの付着物を触った手で目、鼻および口をこすることによって起こる感染であるといわれている。

ドアノブ、手すり、エレベーター、自動販売機のボタン、座席、端末など、私たちは常に「他の人が触れた物」に触れている。

先行研究では、インフルエンザウイルスにおいてはある物に数秒触れると、その表面に付着したウイルスの1.5%~31.6%が手に付着すると言われている¹⁾。

4. ジェネレーティブデザイン

本研究では設計する自助具について、軽量化や剛性向上を考慮して設計製作を行う。今回、採用したジェネレーティブデザイン²⁾について解説を行う。

ジェネレーティブデザインは、材料、加工方法による多くの条件からなる組み合わせから、最適構造設計に基づく条件を考慮して複数の設計解を推定する手法である。「レベルセット法」³⁾を用いて、具体的な形状を推定している。

なお、ここでいう最適構造設計とは、目的関数の最小化（あるいは最大化）、制約条件を考慮することで、所望の特性を満たす解を数値的に算出する設計のことを指す。具体的には、軽量化や剛性最大化などの問題に応じて、目的関数、制約条件を選定し、解析を行う。

また、ジェネレーティブデザインでは、「保持(preserve)ジオメトリ」と「障害物(obstacle)ジオメトリ」を設定する必要がある。

保持ジオメトリとは、解析を行うにあたって保持すべき部位のことを指す。今回の報告では、手が触

れるグリップ部が保持ジオメトリに該当する。

障害物ジオメトリとは、空間として空けておきたい領域、干渉しないように領域を設定するものである。例えば、工具の通過する領域や手を差し込む領域などが該当する。ドアノブ、ドアが障害物ジオメトリに該当する。具体的な設計条件などは後述する。

5. 荷重測定および解析条件の設定

ドアを手前側に引くときに作用する荷重について測定を行った。ばねばかりをドアノブに取り付け、ドア表面垂直方向に静かにドアノブを引き、その際に作用する荷重を繰り返し測定した。鉛直方向下向きに押し下げる時に作用する荷重が約10.78N、ドア表面垂直方向に手前側に引くときに作用する荷重が約50.99Nと平均値(N=5)として算出された。その荷重を解析条件に入力設定している。また、拘束条件として円環部の内側に拘束を与えている。

目的関数として、剛性の最大化、制約条件として、安全率2.0以上および質量0.10kg以下を与えている。素材については、加工性、耐衝撃性が優れていることからABS樹脂を選定した。

次に、製造方法は、付加製造技術により製品を加工することを想定している。そのため、「積層造形」と加工方法を限定しない「制限なし」の2種類の加工方法を選定している。保持ジオメトリをドアノブに取り付ける円環部と手に触れるグリップ部と設定した。続いて、障害物ジオメトリとしてドアおよびドアノブを設定した(図2)。

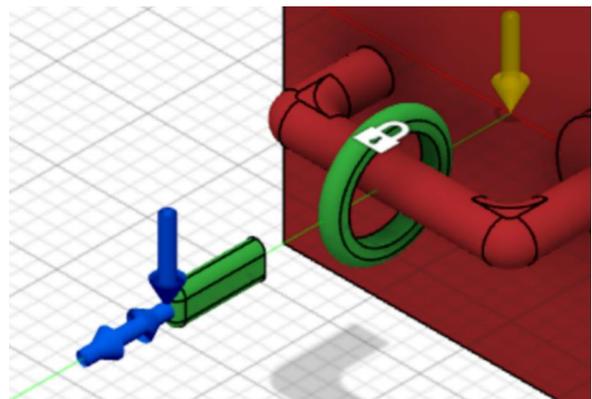


Fig.2 Model with analysis conditions set.

6. ジェネレーティブデザインによる解析結果

つぎに、ソフトウェア Fusion360 を用いてジェネレーティブデザインによる解析を行った結果を図3

および図4に示す。ここで、図3を骨組み構造モデル (Frame-structure model), 図4を板構造モデル (Plate structure model) として簡易的に呼称し, 解説を行う。



Fig.3 Frame-structure model



Fig.4 Plate structure model

図3は, 製造方法として「制限なし」を選択した「骨組み構造モデル」である。中央部の肉抜きが施され, 軽量化に有効な特徴ある形状を算出している。一方, 図4は製造方法として「積層造形」を選択した「板構造モデル」である。肉抜きが無く, 中身の詰まった形状を算出しているのが製造方法の差異として顕著であった。

7. 付加製造技術による造形製作

2種類のモデルについて3Dプリンター「UP! PLUS2」(図5)を用いて造形製作した。素材はABS樹脂を使用した。解析結果からSTLファイルへのデータ変換を行い, 3Dプリンターへ転送し造形を行った。積層間隔を0.2mmと設定した。



Fig.5 Additional manufacturing equipment (3D printer)



Fig.6 Molded objects (left: Frame-structure model, right: plate structure model)

図6の左側が骨組み構造モデル, 右側が板構造モデルとしての自助具の写真である。

8. 解析結果の考察および使用した際の印象評価

図7は, 横軸を最大フォンミーゼス応力, 縦軸を質量としたときのグラフを図示している。

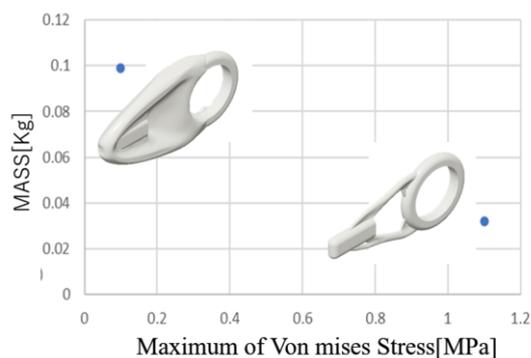


Fig.7 Analysis results of generative design (maximum von Mises stress vs. mass)

骨組み構造モデルの最大フォンミーゼス応力は 1.1MPa, 質量が 0.032 kg となっており, 板構造モデルの最大フォンミーゼス応力は 0.1MPa, 質量が 0.099kg として結果が得られている。

また, ABS の降伏応力は 35MPa~59MPa であることから, 2 種の自助具とも強度的には問題ない。

次に, 2 種の自助具をドアノブに取り付けて使用してみた (図 8, 図 9) 印象をまとめる⁴⁾。

いずれも軽量であるため, 多くの人にとって扱いやすい仕様になっていると感じた。そして, 強度も考慮されているため, 大学に設置されている重量のある防火性ドアに対しても問題なく使用できた。



Fig.8 Door opening test using a Frame- structure model



Fig.9 Door opening test using a plate structure model

また, 子供や手が小さい人に合わせて初期設計時のグリップ部の径や長さなどを適切に設定することでユーザに合わせた良好な形状がさらに得られるものと考えられる。

9. まとめ

感染症対策として自助具を設計製作し, ドアの開閉動作を行うことができた。また, ジェネレーティブデザインを用いることにより, 軽量化および剛性向上を考慮した設計解を提示することができた。さらに, 付加製造技術の例として, 3D プリンターを用

いて造形製作を行い, さらに使用評価を行うことで本手法の有効性を示すことができた。

さらなる発展としては, 多くの人々にとって使いやすい製品開発という視点が必要である。ユニバーサルデザインやユーザビリティを考慮した製品設計も本手法の応用として検討することが可能である。

例として, 初期設計時のグリップ部のサイズや形状を個々のユーザに合わせて設計すること, 利き手によらない形状を制約として含めるなどの応用が考えられる。

そのほか, 解析条件として作用する荷重と方向の設定は注意が必要であると考えられる。

すなわち, 解析時に設定する際に, 作用する荷重の大きさや方向について十分検証を行い, もれなく条件に含めておくことが重要である。想定外の荷重が生じることによる製品の破損やユーザの事故を未然に防ぐためにも, 本手法ではこれらの留意点が重要であることを付記しておきたい。

参考文献

- 1) 新型コロナウイルスの科学 (4)
感染経路と予防手段, 国際環境経済研究所.
<http://ieei.or.jp/2020/04/exp1200415/>
閲覧日: 2021-01-14
- 2) Autodesk, ジェネレーティブデザイン解説.
<https://www.datadesign.co.jp/fusion360/generative-design/> 閲覧日: 2021-01-14
- 3) J. A. Sethian, Level Set Methods and Fast Marching Methods: Evolving Interfaces in Computational Geometry, Fluid Mechanics, Computer Vision, and Materials Science, Cambridge University Press, 1999.
- 4) 黒須 祐哉, 手指からの感染防止をねらいとした自助具の設計製作, 2020 年度ものづくり大学卒業制作報告書, 2021.