

レーザ加工機を用いた COVID-19 飛沫対策用フェイスシールドの製作

生産技術科 小田 浩司 千葉職業能力開発短期大学校 小川 和彦

A Manufacturing of Face Shield to Prevent Droplet Infection COVID-19 by Laser Processing Machine Koji ODA and Kazuhiko OGAWA

概要 医療・介護現場で新型コロナウイルス感染対策用防護具の不足が深刻になってきた2020年当初、県内医療従事者から当短大校にフェイスシールドの製作について相談依頼があった。複数の学術機関がホームページ上で公開しているデータをもとに、レーザ加工機を用いて、設計変更、加工手法・条件、組立工程などを検討することで、効率的に短期間でフェイスシールドを製作・提供した事例を報告する。

1. はじめに

新型コロナウイルスが蔓延してきた2020年当初、世界および日本中でマスク、アルコール消毒液、体温計などの医療品・日用品が欠乏してきた。特に医療現場では新型コロナウイルス感染症の対策上、必要不可欠な構成要素であるマスク、フェイスシールドおよびガウンといった個人防護具が先進国、新興国を問わず不足する事態となる。当短大校が位置する島根県内においても例外ではなく、この状況を危惧した大田食支援研究会に所属する歯科医師から、フェイスシールドの製作依頼の問い合わせが寄せられた。本来ならば共同研究などの事業として検討・実施するところではあるが、緊急性、地域貢献およびボランティア活動の観点から校として取り組むこととした。

2. 設計

2.1 デザインの検討

製作依頼されたフェイスシールドは複数の学術機関が、ホームページ上でデータを公開しており、3Dプリンタを使用して製作する手法となっている。その中から図1に示す2種類のデザイン^{1) 2)}を3Dプリンタを用いて試作した。これらを実際

に装着した医療従事者からは、デザインAのフィット感が高く、長時間の装着にも耐えることができる感触を受けた。しかし、デザインAは取り換え用のクリアファイルやラミネートシートからなるシールド部分を挟み込んで固定するため、フレームの結合部分が大きくなり、3Dプリンタで製作するには多くの時間が必要となる。一方、デザインBはシールドに穴をあけ、フレームの突起部分に取り付けるため、結合部分が小さくて済み、デザインAと比較して製作時間が短縮可能となる。



図1 公開されたデザイン

すでにフェイスシールドの欠乏が予測される緊急の中、製作時間は重要な因子であるため、デザイン A、B 両者の長所を生かしたものを新たに設計した（図 2 参照）。この形状を 3D プリンタで試作して実装したところ、装着感を損なわない品質となった。

取り換えを必要とするシールド部の穴は、身近にあるものでかつ簡便に加工ができるように、文房具の穴あけパンチを用いることにした。パンチ穴に適合するように、フレームの突起の大きさと間隔を決定した。また、医療現場や福祉現場など使用用途において必要な防護性が異なるため、シールドの大きさに合わせて対応可能なように突起を左右 3 個とした。さらにフレームの厚みは、装着性、パンチ穴の大きさととの適合、強度、コストおよび加工時間を考慮して 5 mm とした。



図 2 設計したフェイスシールドフレーム

2.2 加工方法の検討

結合部分を極小にした図 2 のモデルにおいて、当短大校既存の FDM(熱溶解積層)型 3D プリンタを用いて製作すると、1 個およそ 60 分程度製作に費やされる。平日日中のみ稼働では、100 個の製作に 2 週間程度の時間が必要である。緊急事態宣言が発令されて当短大校においても就業人数の

制限がある中、より迅速に製作する手法としてレーザー加工機を用いることを検討した。特に新規に設計したモデルが、高さ方向に段差のない 1 平面内にあるため、一様な厚みの板材からレーザー加工機による切断加工で製作が可能となる。その結果、1 個の製作時間が 1 分程度となり、大幅な時間短縮となった。

2.3 材料の検討

フェイスシールドは頭部と脱着を反復するため、フレーム部分の材質は弾性に富み、しなやかな特性が必要不可欠となる。また、軽量、強度、低コストの特長に加え、繰り返し使用するため消毒が簡単におこなえる衛生性が求められる。

軽量で安価な MDF (Medium Density Fiberboard) を一考にしたが、衛生面に対応するには塗装工程などが増え生産性が低下するため、今回はプラスチック材料とした。

プラスチック材料の中では、表 1 に示すようにアクリル樹脂に比較して、ひずみ、引張弾性率および衝撃強さなど弾性特性がより顕著な特長³⁾を有する ABS 樹脂を選択することにした。

表 1 プラスチックの物性値

	アクリル	ABS
比重	1.2	1.05
引張強さ MPa	74	48
ひずみ %	4.5	20
引張弾性率 MPa	2900	2600
衝撃強さ J/m	16	147

3. 部品加工

3.1 配置を考慮した設計変更

前項で設計した形状は 1 部品となっており、レーザー加工機で板材から製作するには図 3 (a) で示すように部品以外の余剰部分が多くなり、材料の損失が大きくなる。飛沫防止の遮蔽板・衝立などでプラスチック材料の入手が極めて困難になっている中、材料の歩留まりを高くするため、形状を 1 部品から分割して、2 部品形状にすることにした。

2 部品にすることで、組立に必要とする時間が積算されてくることを憂慮したが、図 3 (b)に示すように、歩留まりの改善に明確に大きな効果をもたらし、板材を効率的に使用して隙間なく多数の部品を製作することが可能となった。



(a) 1 部品による配置 (b) 2 部品による配置

図 3 形状分割による効率的な配置

3.2 加工条件の検討

従来から使用している厚み 5 mm の樹脂の切断条件（出力電流値：35 mA、アシストガス：エア－0.03 MPa、加工速度：4500 mm/min、焦点深度：材料表面）で加工した。そのとき得られた加工物をレーザー光が射出された側、すなわち裏面からの外観を図 4 に示す。



図 4 テストカットした加工物の外観

図中の上方に示す部品は、特定部分の切断面に必要以上に溶け込みが発生している。良好に切断された図中の下方に示す部品と比較すると、その

差異は明らかである。特に深く溶融した部分は薄くなり、強度不足が否めない。

この対策として、以前報告したポリエチレンシートの高品位切断加工と同様に加工出力を下げるこがあげられる⁴⁾。材料支持部品を切断せずに、プラスチック材料のみが加工可能な電流値の下限値を見出すことにした。

また ABS の切断加工ではアクリルやポリエチレンとは異なり、加工時に多くの粉塵が煙状に発生する。この粉塵がレーザー加工機の集光レンズに付着しないようにするため、アシストガスを高く設定した。以上のように検討した結果、厚み 5 mm の ABS の加工条件を表 2 に示す。

表 2 加工条件

発振器定格	2000 W
ビームモード	シングルモード
電流値	32 mA
アシストガス	エア－
ガス圧力	0.1 MPa
加工速度	4500 mm/min
レーザー焦点	材料表面

4. 組立

材料の歩留まりを高くする観点から、前述のように部品を 2 分割して製作した。その分割部分は、接着剤で固定する際に、より効果的になるように楕円形状にした。接着剤で仮止めした後、固定部の補強のためテープと熱収縮チューブで接合部を覆った。組立前のフレーム部品と接合したフレームを図 5 に示す。熱収縮チューブを収縮させるには、一般的に温風器やドライヤで個々に加熱させるが、組立にかかる時間を短縮するために、恒温器を用い複数を一括で組立可能にした。

凹凸のないデザインの設計変更、レーザー加工機を用いた製作手法および組立方法の考慮から、本来提案されていた 3D プリンタでの製作方法と比較して、20 倍以上の効率で製作が可能となった。4 月 10 日に受けた相談依頼から、短大校として実施する決定、設計、部品製作、組立および各工程での修正・変更を経て、5 月中旬までの極めて短

期間の間に約 360 個を製作した。製作したフェイスシールドは図 6 に示すように、大田食支援研究会を通じて、西部島根医療福祉センターや江津市医師会などへ寄贈された。また、この一連の活動が島根県内で注目され、図 7 に示すように、当短大校で製作している様子が NHK 松江にて報道された。



図 5 製作したフェイスシールドフレーム



図 6 医療機関への配布



図 7 マスコミによる報道の様子

5. おわりに

レーザ加工機を用いて新型コロナウイルス対策用のフェイスシールドを設計・製作することで、以下のような結果を得た。

- ・既存の公開データから設計変更することで、高い生産効率と快適な装着性を併せ持つ製作が可能となった。
- ・分割した部品を製作することで、最適な部品配置が可能となり、材料の歩留まりが向上し、コスト性を考慮した加工が可能となった。
- ・出力電流値やアシストガスの圧力値を最適にすることで、ABS 樹脂の高品位な切断加工が可能となった。
- ・従来からある既存の設備を有効に活用することで、短期間で緊急的なものづくりを実現することが可能となった。
- ・近隣の医療関連や建設業関連と連携することで、地域貢献が可能となった。

謝辞

本報告にあたり、医療現場からの貴重な助言・提言をいただいた前田憲邦医師、極めて入手が困難の中、材料の提供をいただいた永井建設株式会社に感謝の意を表す。

文献

- 1)大阪大学大学院医学系研究科・医学部,
<https://www.med.osaka-u.ac.jp>, 2021 年 4 月 9 日現在
- 2)神奈川大学, <https://www.kanagawa-u.ac.jp>, 2021 年 4 月 9 日現在
- 3)三ツ星ベルト株式会社, エンジニアプラスチックカタログ
- 4)小田浩司, レーザ加工機を用いたポリエチレンシート
の最適加工の検討, 島根職業能力開発短期大学校
紀要第 4 号, pp.2-5, 2019