

# 光造形 3D プリントによるシリカガラス製ジャイロイド構造体

## Fabrication of Silica Glass Gyroid Structures via Photopolymer 3D Printing

伊藤 慎一郎<sup>1</sup>, 高木 祐輝<sup>1</sup>, 藤野 茂<sup>2</sup>

Shinichiro ITO<sup>1</sup>, Yuki TAKAGI<sup>1</sup>, Shigeru FUJINO<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>京都産業大学, <sup>2</sup>九州大学

<sup>1</sup>Kyoto Sangyo University, <sup>2</sup>Kyushu University

### 【要約】

高純度 SiO<sub>2</sub> からなるシリカガラスは高い機械強度, 耐久性, 光学的透明性, 耐熱性, 耐薬品性などの物性において優れる素材として知られている。しかし, シリカガラスを素材とした光造形式 3D プリント技術による複雑形状の報告は少ない。本研究では, シリカガラスを素材とした光造形 3D プリント技術により, ジャイロイド(Gyroid)構造体の作製成果を報告する。3DCAD ソフトウェア Rhinoceros と Grasshopper を用いてパラメトリックモデリング手法にてジャイロイド構造体の 3D データを作成した。20mm の立方体ユニットを 3D 出力, 焼結し, マイクロスコープで観察することで亀裂の有無を検証した。最後に, 本研究で得られた成果に基づき, シリカガラス製ジャイロイド構造体のデザインへの展開可能性について議論する。

キーワード: 3D プリント, シリカガラス, ジャイロイド

### 【Abstract】

Silica glass made from high-purity SiO<sub>2</sub> is known as an excellent material due to its high mechanical strength, durability, optical transparency, heat resistance, and chemical resistance. However, there have been few reports on the fabrication of complex shapes using photopolymer-based 3D printing technology with silica glass as the material. In this study, we report the successful fabrication of Gyroid structures using photopolymer 3D printing technology with silica glass. 3D data of the Gyroid structure was created using parametric modeling techniques with the 3DCAD software Rhinoceros and Grasshopper. A 20mm cubic unit was 3D printed, sintered, and observed under a microscope to verify the absence of cracks. Finally, based on the results obtained in this study, we discuss the potential for designing silica glass Gyroid structures.

Keywords: 3D Printing, Gyroid, Silica Glass

## 1. 序論

高純度 SiO<sub>2</sub> からなるシリカガラスは高い機械強度, 耐久性, 光学的透明性, 耐熱性, 耐薬品性などの物性において優れる素材として知られている[1]。また光造形 3D プリント技術によるシリカガラス造形の研究は近年報告されているが[2], シリカガラスを素材とした DLP (Digital Light Processing) 式光造形 3D プリント技術による緻密な複雑形状の報告は少ない。本研究では, シリカガラスを素材とした光造形 3D プリント技術により, ジャイロイド(Gyroid)構造体の作製を試みた。

## 2. シリカガラスを素材とした 3D 造形

藤野による特許 7178103 「無機成形体製造用組成物, 無機成形体の製造方法」では, シリカガラスを主成分とした組成物を用いた光造形 3D プリント技術に関する新たな手法が提案されている[3]。

本手法では, 非晶質 SiO<sub>2</sub> を含むシリカナノ粒子と光硬化性樹脂を備えた組成物を, 光を照射することで硬化し, 3D 造形の第 1 成形体を形成する。その後, 焼成により光硬化性樹脂を除去し, 無機粒子を主材料とする第 2 成形体を得る。さらに, この第 2

成形体を焼結することで, 高純度シリカガラス成形体を得る。組成物の塗布や光照射の工程を交互に行うことで, 硬化物の積層体として 3D 造形物が形成される。この方法により, 光造形式 3D プリントを用いてシリカガラスを主成分とする成形体を造形する。

この手法は, シリカガラスの特性である高い透明性を持つ複雑な形状の無機成形体の製造を可能とするものであり, シリカガラスを用いた 3D プリント技術の新たな可能性が広がることが期待される。

本研究では, 高純度シリカガラス素材の 3D 造形可能性とデザイン応用可能性の拡張のために, 特許 7178103 「無機成形体製造用組成物, 無機成形体の製造方法」の手法を用いる。

## 3. シリカガラス素材のジャイロイド構造体の 3D 造形

### 3.1. 3D データ

3DCAD ソフトウェア Rhinoceros と Grasshopper を用いてパラメトリックモデリング手法にてジャイロイド構造体の 3D データを作成した(図 1). 20mm 四方のジャイロイド構造立方体を 3 種類作成した. 3 種類の構造の違いを図 2 にまとめる.

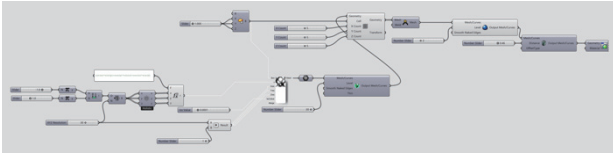


図 1. 3DCAD ソフトウェア Rhinoceros と Grasshopper のプログラム

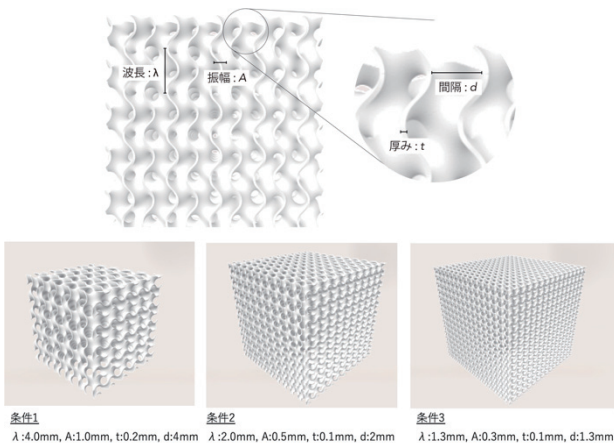


図 2. ジャイロイドデータの条件

### 3.2. 3D 出力条件

3D プリントには, 武藤工業製 DLP 式 3D プリント ML-48 を用いた. 出力条件は光源波長 405nm, 1 層あたりの露光時間 10 秒とした.

### 3.3. 結果

各条件のデータを 3D 出力し焼成した焼結体をマイクロスコップで観察した. 第1焼成及び第2焼成後に亀裂が確認されず成形できた条件は, 第1焼成時の昇温速度条件は昇温速度を室温から 850°Cまで 5°C/min とし, 焼成時間 30 分, 第 2 焼成温度を 1580°Cとしたジャイロイドデータ条件 1 のものであった(図 3).

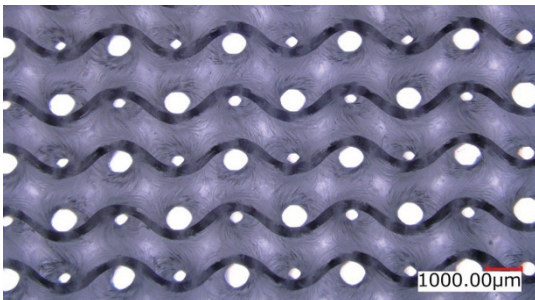


図 3. 条件(1)のマイクロスコップ撮影

## 4. シリカガラスのジャイロイド構造体のデザイン応用性

本実験で作成したシリカガラス素材のジャイロイド構造体を応用したデザイン展開として, ジャイロド構造のキューブ型照明を試作した(図 4). これはシリカガラスの透明性とジャイロド構造の複雑さを光の透過によって視覚的に感じるものである. 焼成体の透明性を高めることで, 光透過度を高めることが課題として示唆された. 焼成温度を上げることで焼結体の透明度を高める可能性があるが, 高温での焼成により変形が生じやすくなる.

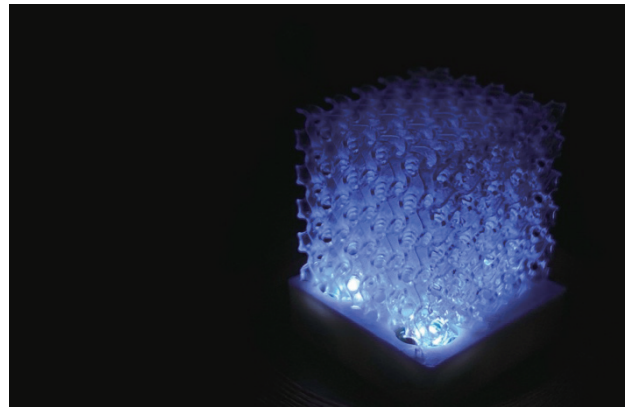


図 4. ジャイロド構造のキューブ型照明の試作品

## 5. まとめと展望

本研究では, パラメトリックモデリング手法にてジャイロイド構造体の 3D データを作成し, 非晶質  $\text{SiO}_2$  を含むシリカナノ粒子と光硬化性樹脂による組成物を素材として 3D 造形を試み, シリカガラスの透過性を活かしたデザイン展開可能性を見出した. データ条件 2 および 3 に示す緻密な構造を持つ焼成体造形のためには組成物の粘性と表面張力ならびに, 組成物中のシリカ粒子の濃度, 光造形条件の詳細な検討が必要である. 更には, 第 2 成形体の最適焼結条件(温度, 時間)と透明性を検討することで, デザイン展開のバリエーションを増やすことが今後の課題である.

### 参考文献

1. 藤野 茂, “切削不要・微細表面構造を有する透明シリカガラス焼結体の作製”, 粉体および粉末冶金, 69(2) (2022), pp.73-77.
2. Joseph T. Toombs et al. ,”Volumetric additive manufacturing of silica glass with microscale computed axial lithography”.Science376,308-312(2022)
3. 藤野 茂, “無機成形体製造用組成物, 無機成形体の製造方法”, 特許 7178103 (2022), 日本国特許庁.