

スライスフォームの断面形状デザインが 製作コストに及ぼす影響

熊谷慶也^{†1} 北直樹^{†2} 斎藤隆文^{†3}
東京農工大学工学部情報工学科[†]

1. はじめに

立体を表現する手法に、2方向の切断面を組み合わせることで表現するスライスフォームという手法がある。スライスフォームには図1のような断面スライスとリボンスライスという2つのスライスがある。

本稿では、2種類のスライスフォームを、パッキングに必要な **bounding box** の大きさや組み立て時の強度、組み立ての手間に関して比較し検討する。検討した結果からそれぞれのスライスが有効な場面を明らかにすることが本稿の目的である。実験に際して、2変数関数の数式からサーフェスモデルを計算し、スライスフォームに変換するシステムを構築した(図2)。検討対象とする立体はハイトフィールドで表現される3次元サーフェスモデルであるが、本稿では容易にパラメタを変更して形状を生成できることから数式で表現されるサーフェス形状を対象に実験を行った。評価結果自体は一般的なハイトフィールドをスライスフォームに変換した場合にも適用可能である。

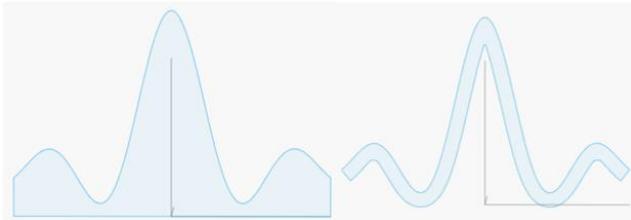


図1 断面スライス(左)とリボンスライス(右)

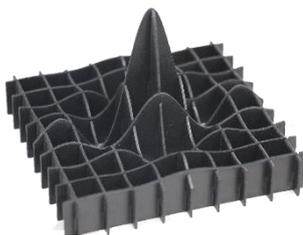


図2 $50 * \text{sinc}\left(\frac{x}{5}\right) * \text{sinc}\left(\frac{y}{5}\right) + 17$ のサーフェス形状から生成したスライスフォーム

2. 関連研究

スライスフォームは図1のような断面スライスとリボンスライスに分類できる。断面スライスはスライスした平面全体を切り出すスライスフォームのことである。本稿の断面スライスは接地面に対して平行になるようにスライスを成形して製作している。Hildebrand, K.ら[1]は断面スライスを用いて段ボール形状の立体を製作している。リボンスライスは、同じ幅のスライスになるようにスライスを成形して製作するスライスフォームのことである。Cignoni, P.ら[2]はリボンスライスを用いて3Dの物体を製作している。

3. ワークフロー

2変数関数の数式からスライスフォームを作成するシステムを構築し、実験に用いるスライスフォームの生成を行う。システムでは、スリット幅の設定や、図3のように生成したスライスをSVGフォーマットとしてエクスポート可能である。実験では、対象形状に対して断面およびリボン状のスライスを生成して比較を行う。ここで、スリットはスライスに等間隔に、縦幅の半分の深さで生成する。また、実験条件を揃えるため、スライス形状以外は同一のパラメタを用いる。

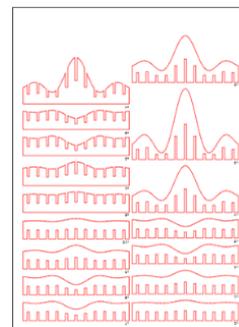


図3 スライスのSVGファイル

4. 評価と考察

断面スライスとリボンスライスのコストを、パッキングに必要な **bounding box** の大きさや組み立て時の強度、組み立ての手間に関して比較した。まず必要な **bounding box** の大きさを計測した。パッキングには、決められたシートの中でまとまった空間を残すようにパッキングする SVGnest[3]を用いた。実際に製作できるようにスライス同士の間隔が 2mm 以上を保つように設定した。パッキング結果を図 4 に示す。

またスリットの深さの平均をスライスの強度に関して調べることで組み立て時の強度を調べた。図 2 の関数と図 5 の関数についてスリット幅の計測と **bounding box** の大きさを測定した。結果を表 1, 表 2 に示す。スライスの枚数はどちらも 9 枚とした。いずれにおいても断面スライスの方がスリット幅は大きかったが、必要な **bounding box** の大きさは小さかった。

さらに、実際に製作してみると断面スライスはどのような形状であっても自立するというメリットがあった。加えて、スリット幅がリボンスライスよりも大きいいため構造の強度が高いといえる。またスリットの幅が大きい方が、製作する際にスリットが噛み合いやすく組み立てやすいというメリットがあった。リボンスライスは必要な **bounding box** の大きさが断面スライスよりも小さくなる傾向があり材料費が小さくなる。これはより材料費の高い材料でスライスフォームを製作しようとしたり、より大きな材料でスライスフォームを製作したりする際に大きなメリットがある。

表 1 $50 * \text{sinc}\left(\frac{x}{5}\right) * \text{sinc}\left(\frac{y}{5}\right) + 17$ の結果

	断面	リボン
スリット幅平均[mm]	9.17	5.91
bounding box の面積[cm × cm]	25 × 29	22.5 × 29

表 2 $15 * \cos\sqrt{\frac{x^2}{5^2} + \frac{y^2}{5^2}} + 21$ の結果

	断面	リボン
スリット幅平均[mm]	9.67	4.84
bounding box の面積[cm × cm]	37 × 28	32.5 × 28

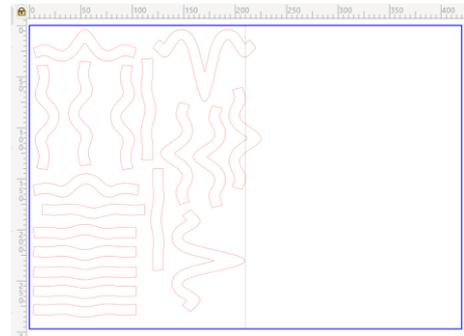


図 4 パッキングされたリボンスライス

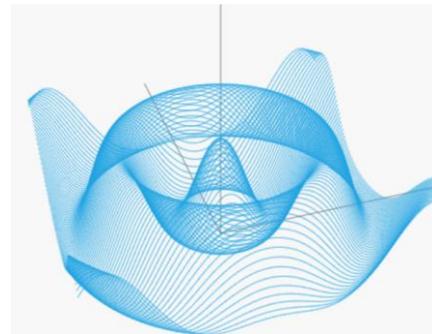


図 5 $15 * \cos\sqrt{\frac{x^2}{5^2} + \frac{y^2}{5^2}} + 21$ の形状

5. おわりに

本稿では、2 種類のスライスフォームのパッキングに必要な **bounding box** の大きさや組み立て時の強度、組み立ての手間に関して比較し検討した。

断面スライス、リボンスライスはスライスフォームを製作する際にお互いに優れている点があることがわかった。したがってそれぞれのスライスを場面に応じて使い分けることが必要であると考えられる。例えば断面スライスは鑑賞用のオブジェクト製作や壊れにくい立体を製作したい場合に適している。一方、リボンスライスは高価な材料で製作する際に製作費を減らしたい場合に有効である。

参考文献

- [1] Hildebrand, K., Bickel, B., and Alexa, M., “crdbrd: Shape Fabrication by Sliding Planar Slices.,” Computer Graphics Forum, 2012.
- [2] Cignoni, P., Pietroni, N., Malomo, L., and Scopigno, R., “Field-aligned mesh joinery.,” ACM Trans. Graph., 2014.
- [3] Jack Qiao, “SVGnest” <https://svgnest.com> (2022 年 1 月 1 日)