

空間充填と形態最適化によるプロダクトデザイン手法に関する研究

白髪 誠一
大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部空間デザイン学科

Seiichi Shiraga
Dept. of Design and Architecture, Osaka Institute of Technology

1. はじめに

テセレーションとは、「特定の図形を用いて隙間や重なりなく平面を敷き詰める技法である¹⁾。」図 1 に示すように三角形等のグリッドまたはメッシュで分割することで、テセレーションとすることができる。さらに、図 2 に示すように多角形となる各セルの辺に変形を与えることで得られる形態もテセレーションとすることができる。この手法は模様やパズル等のデザインに用いられている。

三次元テセレーションの 1 つである空間テセレーションは、立方体等の多面体による空間充填を用いることによって生成することが可能である。しかし、形態操作のパラメータが増大すること、製作の難易度が高いことから、デザインに用いられた事例は見るのが少ない。

一方、三次元デザインツールの発展ならびに各種 3D プリンタの高精度化によって、三次元テセレーションのような複雑な形状をデザインすることも可能となってきた。

本研究は、家具等のデザインにテセレーションを適用することで新たな表現の可能性について調査することを目的としている。テセレーションによって、個々のセルに対して異なる強度と剛性を与えることで全体の性能をコントロールすることができると考えている。造形物に対してテセレーションを適用するための基礎として、平面形状をメッシュ分割する手法とパラメータの設定について研究を行った。

2. メッシュ分割

対象形状は図 3 に示すような幅 1,600mm、高さ 1,000mm、面積 4,500cm² のリクライニングチェア様の形状とした。これをメッシュ分割し、生成されたセルの大きさと分割数の関係性を評価する。

メッシュ分割には Grasshopper を用い、三角形、四角形および六角形の 3 種類を作成する。メッシュ分割数の目標値は 50、100 および 150 の 3 段階を設定し、同一形状に対する分割数の違いが内部構造に及ぼす影響を評価する。表 1 にメッシュ分割する際のパラメータを示す。

三角形メッシュ (Triangles)

コンポーネント：TriRemesh

パラメータ：Length = 82.0~156.6, Iterations = 100

出力：Triangulation

四角形メッシュ (Quadrangles)

コンポーネント：Quad Remesh

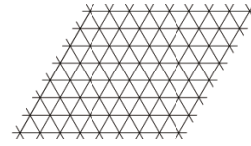
パラメータ：Target Count = 48~160

六角形メッシュ (Hexagons)

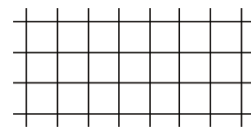
コンポーネント：TriRemesh

パラメータ：Length = 65.0~139.0, Iterations = 100

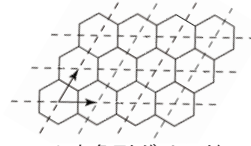
出力：Dual



a) 三角形グリッド



b) 四角形グリッド



c) 六角形グリッド

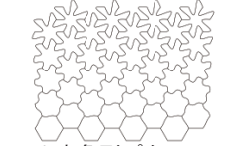
図 1 グリッド



a) 三角形パターン



b) 四角形パターン



c) 六角形パターン

図 2 変形パターン

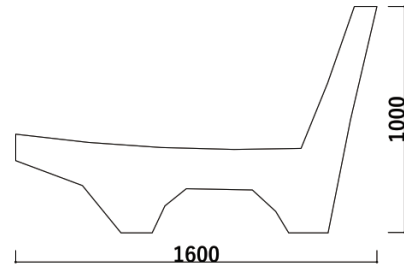


図 3 対象形状

3. 分割結果

図 4 および表 1 にメッシュ分割結果を示す。50 分割では、分割されたセルの面積のばらつきが大きく、四角形分割では 33.2 ~ 214 となった。150 分割では小さくなり、四角形分割では 13.2 ~ 71.0 となった。三角形分割ではばらつきが小さく、四角形分割では形状が細くなる部位で小さいセルが生成される。六角形分割では、外周に小さいセルが生成される。

一方、図 5 に示すように四角形分割の中に、三角形セルが生成される状況が確認された。このようなセグメントの異なるセルの生成は、三角形分割では見られず、四角形分割および六角形分割のとき生成される。表 2 にセグメントの異なるセルの生成された個数を示す。四角形分割では僅かだが、六角形分割では多くなり、四角形、五角形、七角形、および八角形のセルが生成されることが確認された。

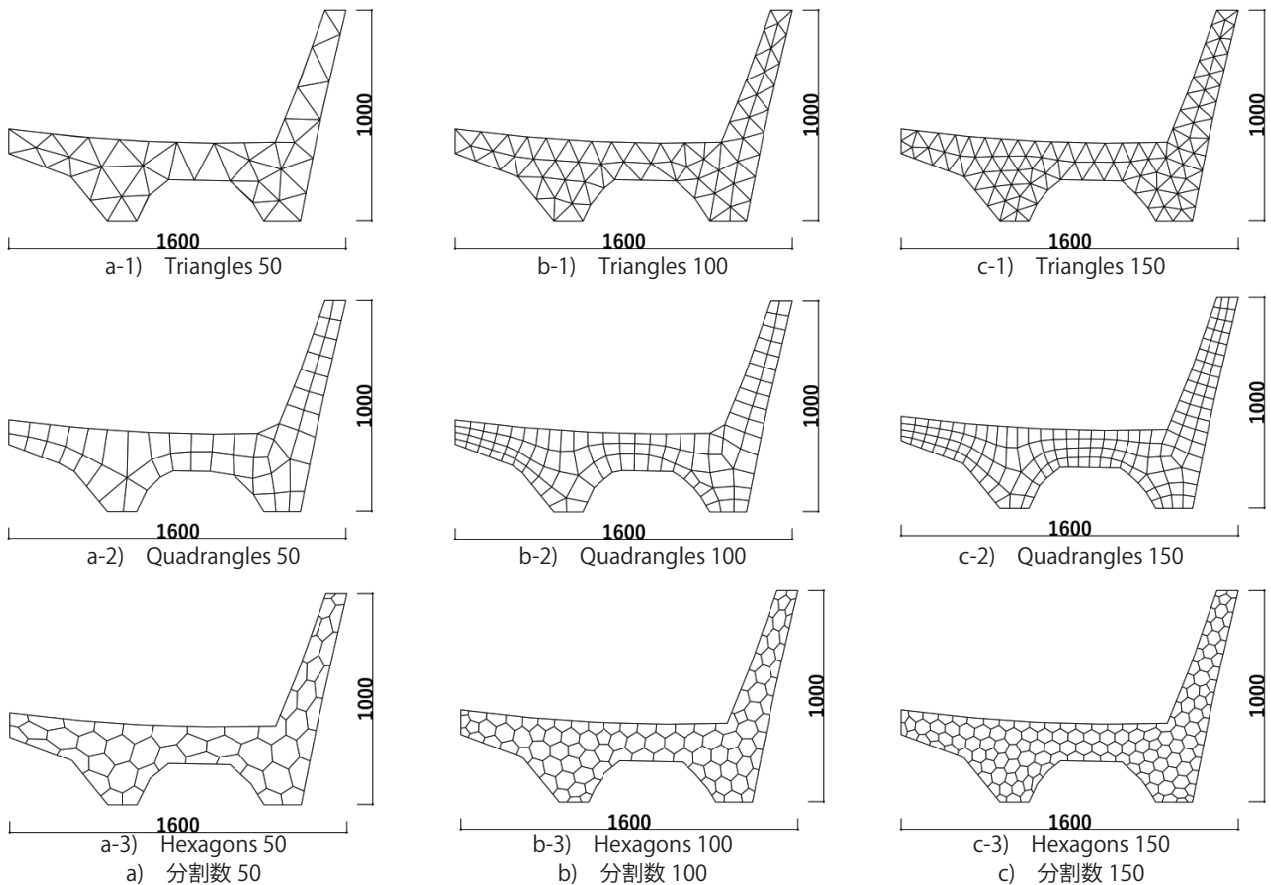


図4 メッシュ分割結果

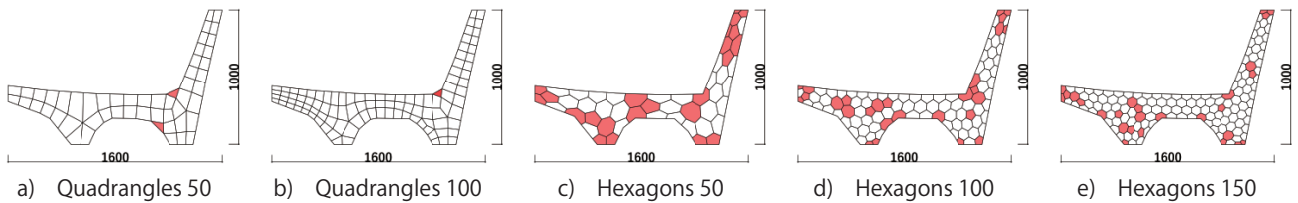


図5 セグメントの異なるセル

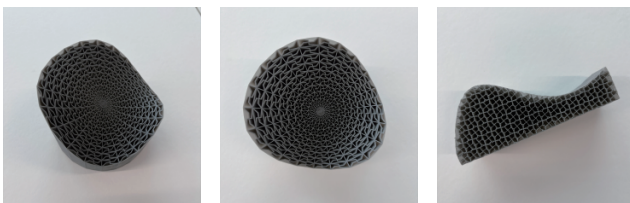


写真1 プロトタイプ

4. まとめ

家具等のデザインにテセレーションを適用するための基礎として、メッシュ分割を用いたセルの生成を行った。三角形分割では、大きさのばらつきが少ないセルが生成されること、四角形分割ではセルの大きさのばらつきは大きい、対象とする形状に従って生成されること、六角形分割では、セグメントの異なるセルが多く生成されることが確認できた。これらの状況は、分割した各セルに変形のパターンを与える際に問題となる可能性がある。

写真1に光造形3Dプリンタで造形したプロトタイプを示す。テセレーションを用いた高精細な表現が実現可能であることを示すことができた。

表1 各メッシュの目標値と分割結果一覧

	Mesh	Target count	Length (mm)	Count	Area (cm ²)
1	Triangles 50	—	156.6	50	51.7~158
2	Triangles 100	—	106.0	100	25.3 ~ 67.6
3	Triangles 150	—	82.0	150	15.5 ~ 45.2
4	Quadrangles 50	48	—	53	33.2 ~ 214
5	Quadrangles 100	104	—	103	15.2 ~ 94.8
6	Quadrangles 150	160	—	150	13.2 ~ 71.0
7	Hexagons 50	—	139.0	51	9.51 ~ 177
8	Hexagons 100	—	83.0	101	8.22 ~ 73.4
9	Hexagons 150	—	65.0	149	8.73 ~ 48.6

表2 セグメントの異なるセルの個数

figure	Quad.50	Quad.100	Hex.50	Hex.100	Hex.150
Error count	2	1	23	27	27

【参考文献】

- 1) 日本テセレーションデザイン協会, https://www.tessellation.jp/about#h.p_vDnNNP5bXfVd, 参照日 2025 年 4 月 4 日