

# パラメトリック編集による照明デザイン支援ツールの提案 Development of lighting Design Simulator using Parametric Method

○川角 典弘\*<sup>1</sup>, 稲田 優史\*<sup>2</sup>, 中尾 俊祐\*<sup>3</sup>  
Norihiro Kawasumi\*<sup>1</sup>, Yushi Inada\*<sup>2</sup> and Shunsuke Nakao\*<sup>3</sup>

- \*1 和歌山大学システム工学部システム工学科 講師 工博  
Lecturer, Department of System Engineering, Wakayama University, Ph.D.
- \*2 和歌山大学大学院デザイン科学クラスター 院生  
Student, Graduate School of System Engineering, Wakayama University
- \*3 凸版印刷株式会社 修士(工学)  
TOPPAN Printing co., ltd., M. Eng.

キーワード : CG シミュレーション; デザインサイクル; 照明; 対話的モデリング  
Keywords: CG Simulation; Design Cycle; Lighting; interactive modeling.

## 1. 研究背景

3DCAD/CG ツールによるデザイン検討は、建築やプロダクト設計分野で一般的に利用されているが、デザイン初期の試行錯誤的な形状生成段階で十分に活用されているとは言えない。その理由として、一般的に複数のコマンドを組み合わせて、イメージした形状を作り出すモデリング手順が煩雑、多様なアイデアを具体化、検証、再考するデザイン思考サイクルを短時間で効率的に回すことができないためと考えられる。本研究では、パラメトリック編集機能を備えたデザイン形状支援システムの開発を行い、デザイン初学者による造形支援とヒューリスティックなデザイン検証プロセスの有用性について考察する。研究対象は、形状と陰影双方の検討が必要な照明器具（ランプシェード）とし、基本的な造形行為のカテゴリとワークフローモデルを構築した。提案したシステム環境では、ランプシェードの形状生成、編集と加工、リアルタイムのレンダリングで陰影の見え方を確認、再帰的にデザイン案の見直しを行うシームレスなプロセスを実現する。最後に提案ツールと汎用 3DCAD ツールによるデザイン検討の比較実験でデザインの発散と収束のプロセスを円滑に支援できるかどうかを検証する。

## 2. 研究背景

本研究では、図形思考に基づいた再帰的な形状検討を行う支援環境を Fig 1 のように構成する。(Fig 1) CAD/CG ツールは設計者の想起するイメージを具象化するたびに新たなモデルの新規作成や編集が行われ、モデルの再定義が必要である。提案ツールでは、パラメトリック編集可能なモデルを利用、モデルの再定義や再作成は行わずにデザイン案の編集・加工を行い、フィードバックの円滑化とデザイン思考サイクルの効率化をサポートする。

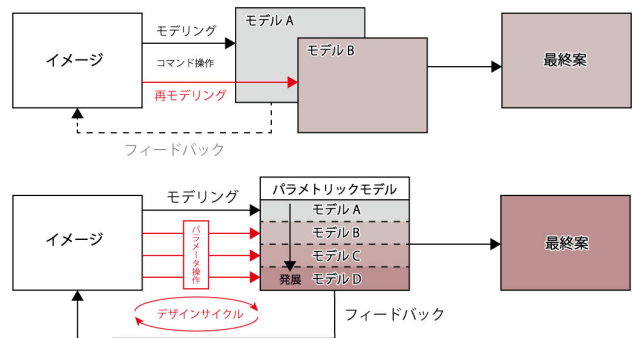


Fig. 1 再帰的なデザイン検討モデルのイメージ

## 3 照明デザイン事例の形状分析

照明器具デザインのランプシェードの形状には様々な意匠があり、デザインの特徴を決定する。ここではウェブで検索した事例とデザイン実習で製作した学生作品計 84 例の整理を行った。その結果、基本形状と変形操作は Table 1 にまとめられた。(Table 1)

Table 1 ランプシェードの基本形状と変形操作

基本形状		数	変形操作		数	
多角形	角柱	三角	5	折り目	アコーディオン	21
		四角	17		切れ目	5
		五角	3		ダイヤモンド	9
		六角	2		V字	3
		多角	27		自由	10
	角錐	四角	2	しぼり	40	
	多角	3	ねじり	17		
円形	角球	2	曲げる	全体	12	
	円柱	10		エッジ	2	
	円錐	1	押し出し	点	2	
	球	1		面	2	
自由形状	11	伸縮		6		
トリム	カット		5			
	穴あけ(四角)		5			
	穴あけ(円)		2			
	穴あけ(自由)		4			

以上の形状と変形操作の調査結果から、ランプシェードの形状編集操作は単一オブジェクトの変形による「規則変形タイプ」、複数のオブジェクトの組み合わせによる「複製タイプ」、両方を組み合わせた「変形・複製タイプ」、曲面変形や規則性のない「自由変形タイプ」に分類できる。以上のまとめを Fig 2 に示す。(Fig 2)

	規則変形タイプ	複製タイプ	変形複製タイプ	自由変形タイプ
説明	ひねりやしぼりなどの規則性のある変形に従って基本形状を変化させる。	基本形状を変形させずに回転や拡大縮小を加えて複製する。	基本形状を変形させたものを、複製する。	基本形状を規則性がなく自由に変形させる。
例				
実例				

Fig.2 ランプシェード形状の基本タイプ

#### 4 パラメトリック編集デザイン検討の開発

前述の編集・加工操作をシームレスにサポートできるパラメトリック編集とレンダリング表示による検討を可能にするデザイン検討ツールの開発を行った。開発環境として、操作手順や手続きをプロシージャとしてスクリプトで記述できる汎用3次元 CAD/CG ツールである Rhinoceros5 とスクリプト開発環境である Grasshopper を使用した。またレンダリングツールとして、Rhinoceros 用プラグインである V-Ray for Rhino も組み込んでいる。システム構成の概念図を Fig. 3 に示す。(Fig. 3)

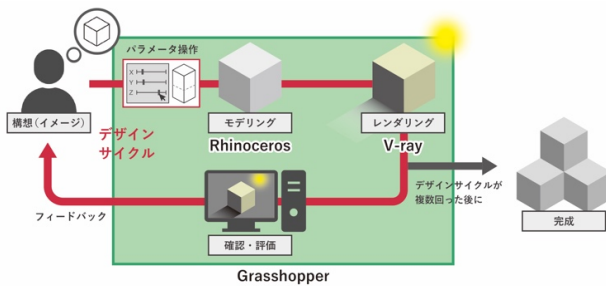


Fig.3 提案システムの構成

基本オブジェクトの選択、パラメータによる編集と加工、レンダリングと出力は Grasshopper にて実装しているが、その開発画面は複雑なリレーションを持つグラフで表示され、デザイン初学者による使いこなしは困難であるため、GUI 表示を可能にするプラグイン HumanUI でインターフェースの構築を行なっている。以上のシス

テム連携イメージを Fig. 4 に示す。(Fig. 4)

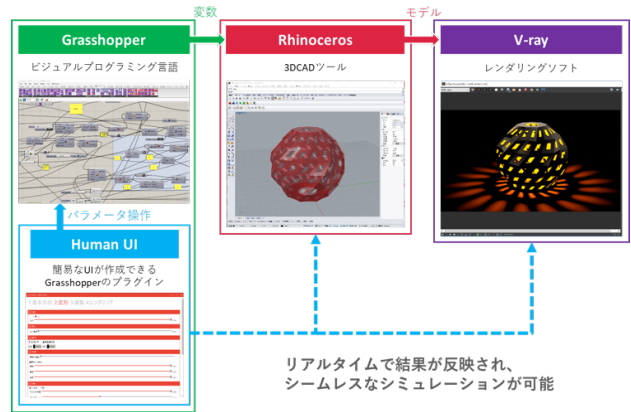


Fig.4 HumanUI, Rhino, Grasshopper, V-Ray の連携

#### 5 検討作業のワークフロー

デザイン検討作業は以下の手順で進める。(Fig. 5)

##### ① 基本形状の選択

「角柱」「角錐」「角球」「円柱」「円錐」「球体」の6つからイメージに近い基本形状を選択する。それぞれの「角数」「半径」「高さ」の基本形状に関するパラメータが設定できる。

##### ② 変形（編集と加工）

「しぼり」「ねじり」「曲げる」「折り目」「穴あけ」「面の押し出し」「伸縮」「回転」の8種類の変形に関する操作を行う。

##### ③ 複製（配置）

「直線状に」「回転させながら」「拡大/縮小させながら」「ミラー」「多面体」の5種類の複製・配置に関する操作を行う。

##### ④ レンダリング（陰影・光源と形状の確認）

光とマテリアルの設定に加えて、見え方の最終調整として「全体回転」「全体スケール」を設定する。

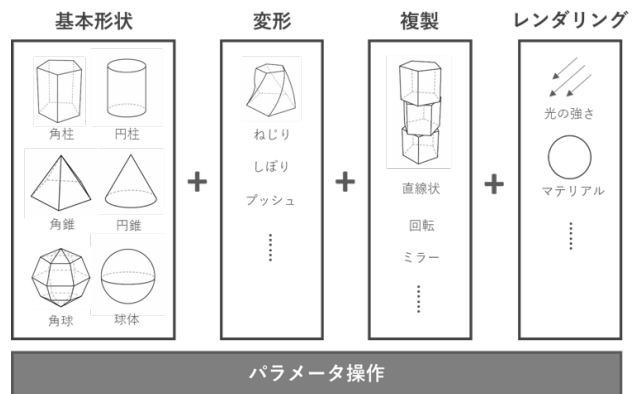


Fig. 5 4つのデザイン検討プロセス

提案ツールのインターフェースを示す。(Fig. 6) ユー

ザーはモデルが表示される左画面を見ながら、4つのプロセスを参照するタブを切り替え、モデルの選択と編集のパラメータの変更を行う。変更結果はリアルタイムにレンダリングされ、光源によるライティング、シャドウイングの効果が別ウィンドウに表示される。

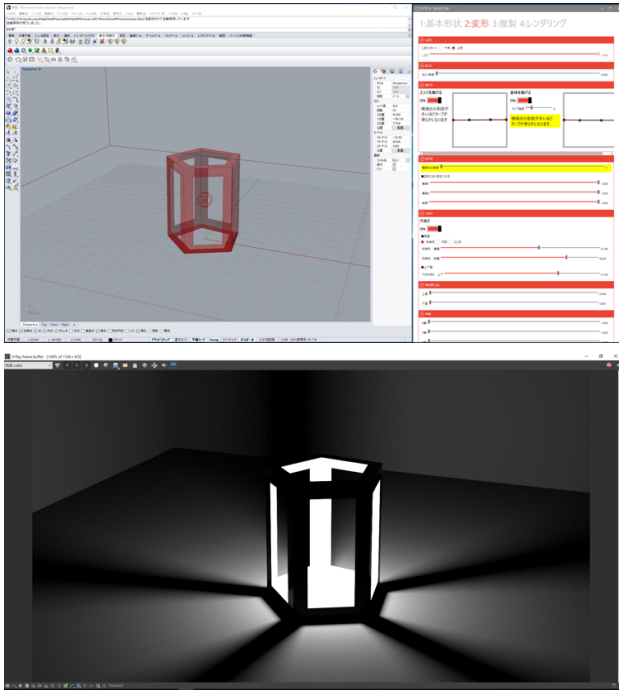


Fig. 6 提案ツールのインターフェース

開発したツールで操作できる6種類の基本オブジェクトの選択、捻り、曲率による全体変形、直線あるいは円環状の配列複製などの編集加工の操作選択肢の一部抜粋

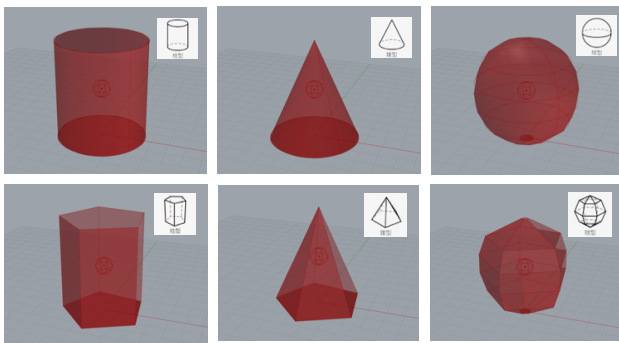


Fig.7 基本オブジェクトの選択

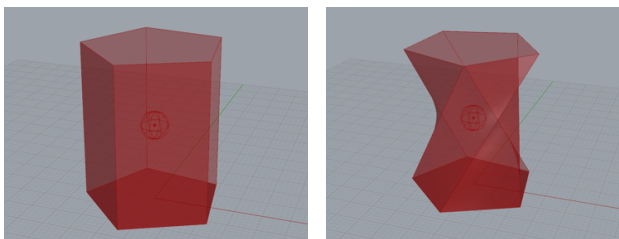


Fig.8 捻りによる変形

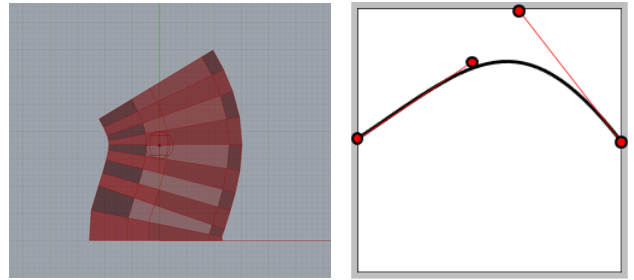


Fig.9 曲率表示による全体形状の変形操作

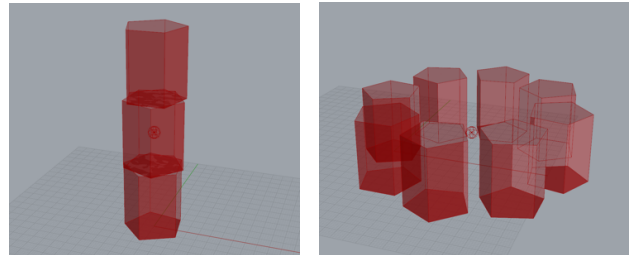


Fig.10 並列、回転による複製配置

を示す。(Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10)

## 6 デザイン課題における比較実験

提案したパラメトリック編集機能によるランプシェード形状のデザイン検討ツールを汎用の3DCAD/CGツールと比較し、再帰的なデザイン思考を支援できるか検証する。被験者はモデリング経験の有無で分けた初級者5名と中級者5名を1グループとし、提案ツールと汎用3DCAD/CGツールを1グループに割り当てて計20名で行った。比較実験の流れは、課題説明、ツールの基本操作の解説、簡単なアイデアスケッチ、モデリング作業へと進む。モデリング作業の様子はビデオ撮影で記録すると共に実験後にヒアリング形式のアンケート調査を実施している。比較実験で被験者が作成したランプシェードの作品事例を示す。(Fig. 11, Fig. 12) 作品の造形や工夫を見る限り、汎用3DCAD/CGツールでは、基本形状をベースに穴あけや複製による造形が多く、比較的単純な形状に留まっている。

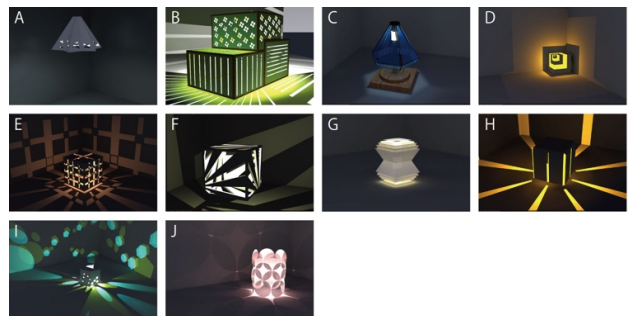


Fig. 11 既存3DCGツールを使用した学生作品

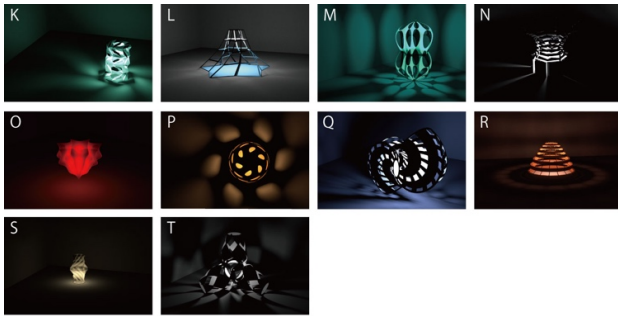


Fig.12 パラメトリック編集ツールによる学生作品

一方の提案ツールを使用した作品例では、デザイン初期段階で作り出したパーツを複雑に組み合わせた造形が見られる。3DCAD/CG ツールの造形機能に依存する部分や使いこなしに要する習熟度の違いもあるが、デザイン初学者でも短時間にアイデアを具体化できたと考えられる。

### 6.1 デザイン検討サイクルから見た考察

デザイン検討段階から表現までの再帰的なデザイン思考サイクルを支援できたか検証するため、記録した作業を1分毎の時間軸に沿ってグラフ化した。被験者の作業記録の一部事例を示す。(Fig. 13, Fig. 14) 提案ツールでは初級者、中級者共に作業時間が短い。また一定時間のモデリング作業の空白を切れ目とし、形状確認を行うと仮定、被験者毎に再帰的なデザイン思考サイクルとしてカウントした。提案ツールでは、平均4.8回、3DCAD/CGツールは1.7回に留まった。

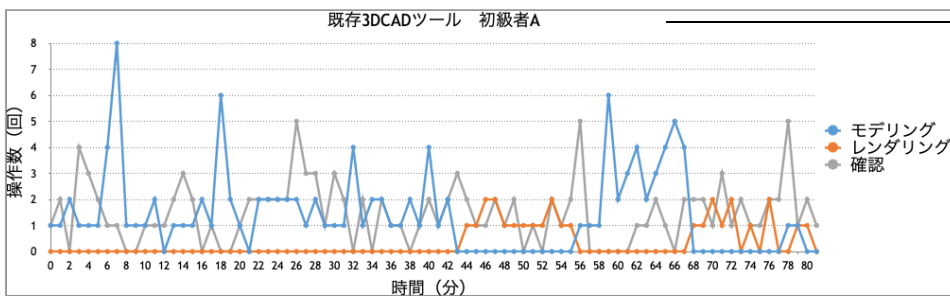


Fig.13 既存 3DCAD の作業記録とデザインサイクル

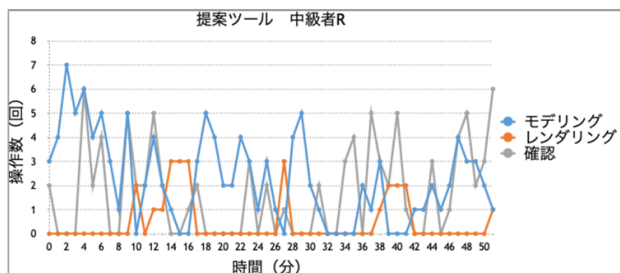


Fig.14 提案ツールでの作業記録とデザインサイクル

### 6.2 アンケート調査結果の考察

比較実験後のアンケート結果の一部を Table 2 に示す。(Table 2) 提案ツールでは、当初の構想からアイデアを発見的に展開して最終作品へとつながったこと、また一連の編集・加工操作がスムーズに連携できたことを確認できた。

Table 2 実験後の有意差のあったアンケート結果

番号	質問項目	平均値		t検定 p値
		既存 CAD	提案ツ ール	
Q1 -2	デザイン過程で形状変更や修正は容易だったか?	3.20	4.20	0.0644
Q1 -3	試行錯誤過程で思いがけない形や構成の発見があったか?	2.90	4.40	0.0074
Q1 -4	思いがけない形や構成はデザインに活かすことができたか?	2.50	4.50	0.0006
Q1 -6	形状について十分に検討できたか?	2.90	4.20	0.0131
Q1 -12	一連の手続きは容易に理解できたか?	4.30	5.00	0.0041
Q1 -13	一連の手続きはスムーズに行うことができたか?	2.80	4.80	0.0004

### 7 総論と今後の課題

本研究では、3DCAD/CG ツールの操作に不慣れなデザイン初学者が自身の想起するイメージを迅速に具体化(ビジュアライズ)できるパラメトリック編集機能に注目し、プロトタイプ構築によってデザイン初期の試行錯誤によるデザイン探索に有効であることを明らかにした。提案ツールはランプシェードという特定の目的に応じたものであるが、今後は他用途への拡張、UIなどのユーザビリティの向上に取り組む予定である。本研究は JSPS 科研費 JP 16K00708 の助成を受けたものである。

#### [参考文献]

- 1) 松田悠矢, 「パラメトリック編集機能を用いたデザイン検討支援ツールの基礎的研究」, 和歌山大学卒業論文, 2018
- 2) 渡邊圭他, 「パラメトリックモデルとデザインプロセスの関連性についての実践的研究」, 日本建築学会, 2014
- 3) 後藤一真他, 「パラメトリックモデリングによる光環境と構造の多目的形状最適化」, 日本建築学会第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 2013