

# パラメトリックシンセシスを通じた イヌ用義足のカスタマイゼーションサービスの実装

“Parametric Synthesis” in the Customization Service of Prostheses for Dogs

佐倉 玲<sup>1</sup>, 櫻井 智子<sup>1</sup>, 島田 旭緒<sup>2</sup>, 田中 浩也<sup>1</sup>

Rei SAKURA<sup>1</sup>, Tomoko SAKURAI<sup>1</sup>, Akio SHIMADA<sup>2</sup>, Hiroya TANAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学 環境情報学部, <sup>2</sup>東洋装具医療器具製作所

<sup>1</sup>Faculty of Environment and Information Studies, Keio University, <sup>2</sup>Toyo Sogu Iryo Kigu Seisakujo,

## 【要約】

ユーザーがウェブ上でプロダクトをカスタマイズできるサービスを実現する手法として、「パラメトリックシンセシス」を提唱する。これは、プロダクトに対する知見を持った人から暗黙知を引き出すことによって必要なパラメーターを抽出し、ユーザーが調整しやすい形でプロダクトのパラメトリックモデルをウェブ上に展開する技術である。本研究ではパラメトリックシンセシスを用いてイヌ用義足のカスタマイゼーションサービスを実装し、その有用性を検証した。

キーワード: イヌ, 義足, カスタマイゼーション, パラメトリックモデリング, 暗黙知

## 【Abstract】

This paper presents “Parametric Synthesis” as a method to develop services that allow users to customize products through a website. It consists of the following processes: the identification of necessary parameters for customization from tacit knowledge of experts for the products, and the implementation of the parametric models of them, in a way users can easily modify them as they like. We demonstrated its effectiveness through developing the customization service of prostheses for dogs.

Keywords: dog, prostheses, customization, parametric modeling, tacit knowledge

## 1. 序論

個人に合わせてプロダクトのカスタマイズが可能なのは、3D プリンティング技術の利点のひとつである。パラメトリックモデリングによって作られた 3D モデルは、寸法や角度などのパラメーターを後から変更することができ、プロダクト形状を編集できる。Nervous System の指輪[1]や Mecuris の義足[2]は、ユーザーがウェブ上でパラメーターを調整することで、個人の体に合ったサイズや好みのデザインにすることができる「カスタマイゼーションサービス」である。

カスタマイゼーションサービスを作るには、プロダクトのパラメーターを厳選する必要がある。3D モデルを作成するエンジニアはどこでもパラメーターにすることができるが、プロダクトの「カスタマイズすべきポイント」のみをパラメーターにすることが好ましい。どこがカスタマイズすべきポイントかは、ユーザーや専門家など、そのプロダクトに対する知見を持った人に聞くことになる。このとき、彼らにとってその知見は暗黙知であるため、引き出して言語化することが必要となる。

つまりカスタマイゼーションサービスは、知見を持った人から暗黙知となっている「カスタマイズすべきポイント」を抽出し、調整方法を整理して UI 設計し、「パラメトリック 3D モデル」としてウェブ上に展開する、という工程によって作られる。本研究ではこの一連の技術を「パラメトリックシンセシス」と呼び、実例を通してその有効性や課題点を確かめる。

## 2. 実例-イヌの義足

現在イヌの義足は、国内で唯一の義肢装具士によってすべて手作業で作られている(図1)。そのため、時間や労力がかかることや細かい修正が難しいことなどの問題があり、義肢装具士がイヌの脚に合わせて調整できる義足のパラメトリック 3D モデルが求められている。そこで今回パラメトリックシンセシスを用いて、ウェブ上で義肢装具士が調整を行える、イヌ用義足のカスタマイゼーションサービスの実装を行った。



図 1. 手作業で作られているイヌ用義足

### 2-1 パラメーターの抽出

まずは、義足のカスタマイズすべきポイントを抽出する。義肢装具士と共創しながら義足を作っていく過程で、

暗黙知である義足の設計プロセスを引き出し、3D CADのパラメーターに落とし込んでいった。共創型ものづくりで暗黙知を言語化していく試みは、浅野[3]が肩離断者用の3Dプリント肩パッドを制作する過程で行っている。浅野は『『実物(かたち)』をつくり、それを見せることで、次なる要求に気づき、それを取り入れていく、という過程を繰り返すことが重要であった』と述べており、義足でも同様に、義肢装具士にも物を見せることで対話を行い、暗黙知を引き出していった。たとえば図2は、3Dプリンターで出力したフレーム部分に義肢装具士が他のパーツを取り付ける、という作業を行った際に、作られた義足と従来の義足の先端部分である。従来の義足では足先にある衝撃吸収剤が円錐台であったが、3Dプリント物に衝撃吸収剤を取り付けた結果、丸みを帯びた形となった。これを受け、3Dデータでも衝撃吸収剤の部分の形を変更し、義肢装具士が丸みを調整できるようにパラメーターとした。



図2. 従来の義足(左)と3Dプリントしたフレームにパーツを取り付けて作った義足(右)

また、浅野は建築分野で提唱されている「超線形設計プロセス」(藤村[4])を応用し、「検討項目をひとつひとつ見つけ出し、それに対応する3Dプリント物を個別につくり、その都度3Dデータを残すことを繰り返す」「その過程を事後的に整理」することで、プロダクトに固有の設計プロセスを明らかにできるとしている。義足の事例でもこの手法を用い、検討項目をひとつずつ実装しその過程を整理することで、設計プロセスの言語化を行った。表1は検討項目が3D CADに実装されたプロセスをまとめたもので、一度実装された項目もプロセスが進んだ後に変更があれば、二重丸や三重丸として記述している。各項目が指す部位については図3に示した。

表1. イヌ用義足の設計プロセス

	1	2	3	4	5	6	7
フレームの厚さ	○	○	○	○	○	○	○
外形	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
上部の切り取り位置	○	○	○	○	○	○	○
衝撃吸収材との接続部分		○	◎	◎	◎	◎	◎
衝撃吸収材			○	◎	◎	◎	◎
内側の隙間				○	○	○	○
開口部					○	○	○
上部の切り取りの形						○	○

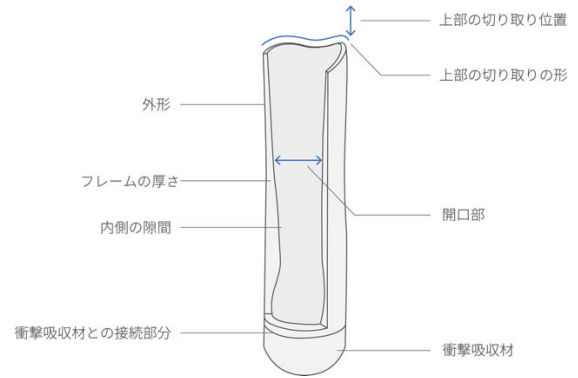


図3. 設計プロセスにおける各項目の部位

設計プロセスを言語化することでパラメーターを洗い出したら、パラメーターの厳選を行う。3D CADに実装した項目は、義肢装具士による調整が必要なものと、そうでないものに分けることができる。たとえば、着脱時にイヌの脚を通す「開口部」の項目は、各個体の脚に合わせて大きさや位置を変える必要があり、その調整には義肢装具士の専門知識や経験が必要となる。一方で「フレームの厚さ」は、使用する材料は決まっておらず耐久性の確認も済んでいるので、義肢装具士がウェブ上で調整する必要はない。このように分けていったときに、義肢装具士による調整が求められる項目(知見が必要な項目)を、イヌ用義足のカスタマイズすべきパラメーターとした(表2)。

表2. パラメーターの分類

知見が必要な項目 (カスタマイズすべき項目)	知見が不要な項目
上部の切り取り位置	フレームの厚さ
衝撃吸収材	外形
開口部	衝撃吸収材との接続部分
上部の切り取りの形	内側の隙間

## 2-2 ウェブへの実装

続いて、抽出したパラメーターをウェブ上で調整できるようにする。このとき、ユーザーの調整方法を考え、使いやすいUI設計を行うことが重要となる。たとえば指輪のカスタマイズを考えると、まず指に合わせてサイズを決めてから見た目のデザインを調整していくと考えられる。後からサイズを変えると、それに伴って見た目も変わってしまうからである。こうした調整手順などを整理し、UIに落とし込んでいくことになる。

今回は Nodi3D[5]を使用し、義足のパラメトリック3Dモデルをウェブ上に作成した(図4)。Nodi3Dは3Dモデルの色や材質を変えて表示したり、曲線をグラフ上で直感的に操作できたりと、UI設計の自由度が高い。イヌの義足は脚に合わせて調整を行うので、イヌの脚型の3D

モデルを青色にして表示し、見ながら調整できるような UI とした。

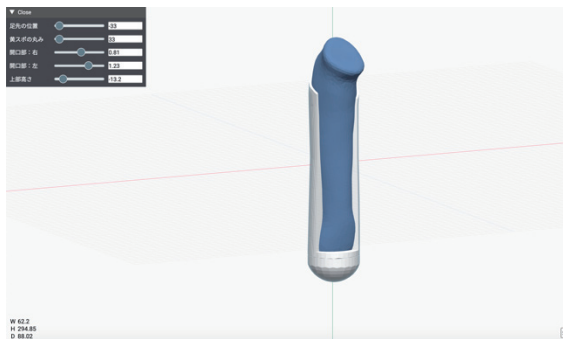


図 4. カスタマイゼーションサービスの操作画面

### 2-3 フィードバック

実装したカスタマイゼーションサービスを使用してもらい、フィードバックをもとにパラメーターや UI の修正を行う。今回のサービスを義肢装具士に試してもらった結果、以下のようなフィードバックを得ることができた。

- ・ スライダーで簡単にデータの修正ができるのはすごい。
- ・ 反映されるまでの時間は遅くない。問題なく調整できる。
- ・ イヌの脚型を見ながら調整できるのはやりやすい。
- ・ 元の義足と比較しながら調整できるとよい。
- ・ 衝撃吸収材の高さが、肘頭から足先までの長さで調整できるとよい。
- ・ 上部の切り取りの形は修正の必要がない。
- ・ スライダーは身体に接する部分から調整し、脚長差の調整を最後に行うような順番がよい。

まとめると、パラメーターに関しては「上部の切り取りの形」は調整する必要がなく、「肘頭から足先までの長さ」が必要だということがわかった。後者は、もともと「衝撃吸収材」の項目で足先の位置を調整する仕組みになっていたため、基準点を肘頭に変更し、「足先の位置」という独立の項目とみなすこととした。これにより、最終的なパラメーターは「上部の切り取り位置」「開口部」「衝撃吸収材の丸み」「足先の位置」の 4 項目となった。UI については、手順は身体に接する部分から調整し、最後に脚長差の調整を行うことから、スライダーをその順番に上から並べ替えることにした。また調整時に必要な情報として、脚型の 3D モデルだけでなく、調整前の義足データとの比較も行えるようにした。

### 3. 検証

実装した義足のパラメトリック 3D モデルを義肢装具士にパラメーター操作してもらい、義足の調整が問題なく行えるかの検証を行った。義足のフィッティングを行った際にうまく歩くことができなかったので、その義足データの修正を行った。結果、問題なくパラメーターを調整

することができ、新しい義足の作成ができた(図 5)。

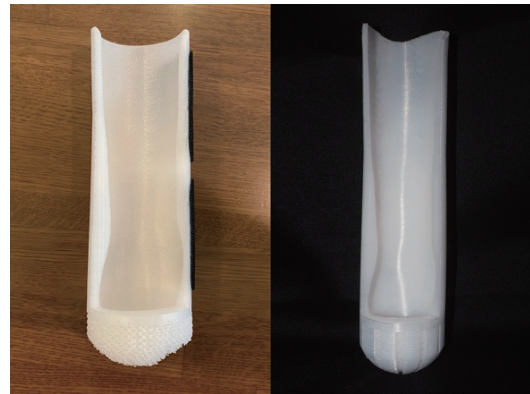


図 5. 修正前の義足(左)とカスタマイゼーションサービスを用いて修正を行った義足(右)

### 4. 結論

パラメトリックシンセシスを通じてイヌ用義足のカスタマイゼーションサービスを実装し、義肢装具士がウェブ上で義足の調整を行うことができた。このことから、パラメトリックシンセシスはカスタマイゼーションサービスを作る際に有効な手法であり、他のカスタマイズ可能なプロダクトに対しても応用可能であると考えられる。

課題としては、UI 設計のプロセスが明確になっていないという点が挙げられる。パラメーターの暗黙知は超線形設計プロセスを応用して言語化し、厳選して抽出ができたが、調整の手順や必要な情報の暗黙知は完全に引き出せていない。こうしたパラメーター以外の暗黙知も言語化し、UI として実装していくプロセスの構築が必要である。

今回は特定のイヌの義足の修正が行えることを検証したが、今後は他のイヌの事例にも活用し、カスタマイゼーションサービスの有用性を確かめていく。また、イヌ用義足以外のプロダクトにもパラメトリックシンセシスを適用し、有効性や課題点の検討を続けていきたい。

### 参考文献

1. Nervous System. <https://n-e-r-v-o-u-s.com/> (参照 2020-09-14)
2. Mecuris. <https://www.mecuris.com/> (参照 2020-09-14)
3. 浅野義弘, 増田恒夫, 田中浩也. 共創型ものづくりにおけるパラメトリックモデリングの導入. ヒューマンインターフェース学会誌. 2020, vol. 22, no. 1, p. 8-11.
4. 藤村龍至. “批判的工学主義から「設計」を考える”. 設計の設計. 柄沢祐輔, 田中浩也, ドミニク・チェン, 松川昌平. INAX 出版, 2011, p. 111-162.
5. Nodi3D. <https://nodi3d.com/> (参照 2020-09-14)

