

研究テーマ

板材から自由曲面を構成する手法の確立およびその設計システムの開発

大嶋泰介 政策・メディア研究科 修士過程 1年

1.概要

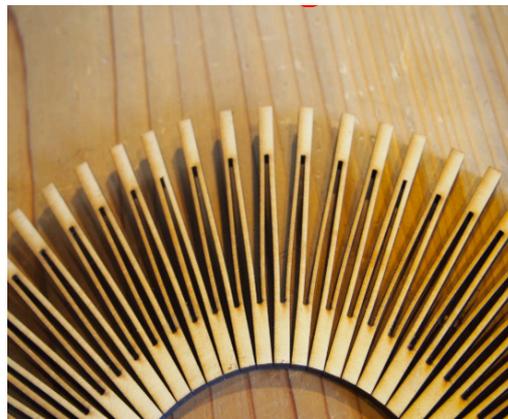
本研究では、板材から曲面形状を造形するための加工技術および、設計システムの開発を行った。具体的には、板材をレーザーカッター等の CNC (computer numerical control の略) 切削機で切り込みを入れ、それによって材を曲げる手法を用いて、これまでの製造方式では困難であった、多様な形状を低コストで製造する手法を開発した。本システムを用いることで、オンデマンドで多様な形状を CNC 切削機と板材のみからつくることができる。このシステムを用いて家具や小規模な建築の製作に応用可能である。

2.背景

現在デジタルファブリケーションとよばれる物質をコンピュータ制御で加工・出力する工作機械が高性能化、低価格化している。本プロジェクトはデジタルファブリケーション環境下で、曲げ木を製作するための設計および製作支援システムの開発を行った。通常の曲げ加工は型を用いて、型に材をプレスすることによって特定の曲げ形状を製作するものである。この手法は、ある特定の曲げを大量生産するのに適した製造方法である。一方、本システムは少量多品種に特化した製作手法である。本システムは材料に切り込みをいれることのみで材を曲げるため、システムによって自動生成されるパターンを刻むだけで、多様な形状を比較的 low コストで製作することができる。本システムはある個人にカスタマイズされた家具や、周辺環境に溶け込むような形状の建築物の製作に利用することができる。

3. 具体的な設計システムの概要

本プロジェクトでは型を必要としない曲げ形状の製作を可能にするシステム、**WoodWeaver** を開発した。具体的には材に特定の切削パターンを刻むことで材の弾性を変化させる加工法である **Dukta** を用いて、製作を行う。**WoodWeaver** はコンピュータ上で曲面を設計し、その形状を **Dukta** による材の曲げで構成するための、**Dukta** の最適パターンを自動生成する。さらに、



(図 1 Dukta)

設計時に材の変形による破壊の無い範囲で形状を設計するための対話的モデリング手法を開発した。このシステムを用いることで型なしで自由な曲げの製作が可能となる。これによって、曲げをもった家具の製作や小規模な建築のファサード等に応用されることを想定している。

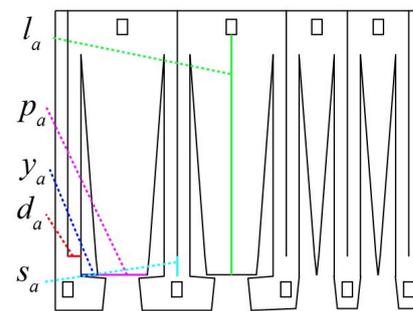
WoodWeaver は3つのプロセスから構成される。1つは材料パラメータの入力。これによって材料の変形特製をコンピュータに入力する。次に、対話的モデリング、これは1によって入力された材の変形特製の範囲内で自由な形状を対話的に設計することである。3つ目は図面の出力、これは設計した形状を **CNC** (**Computer Numerical Control**) 切削機で加工するための部材の図面を出力することである。その後、ユーザーが切削された部材を組み合わせることで最終形状を得ることができる。以下これら3つのプロセスを順に解説する。

3. 1 材料パラメータの入力

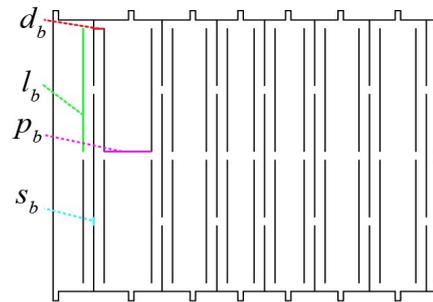
ユーザーは図 3.4 にあるような、パターン A と B を構成する最適なパラメータをシステムに入力する。最適なパラメータは、**CNC** マシンで小さく部材を切り出し、弾性変形範囲の変形を実物を曲げることで実験し設定する必要がある。パターン A は最終形状の側面に対応し、パターン B は座面にたいおうしている (図 2)。



(図 2 最終製作物)



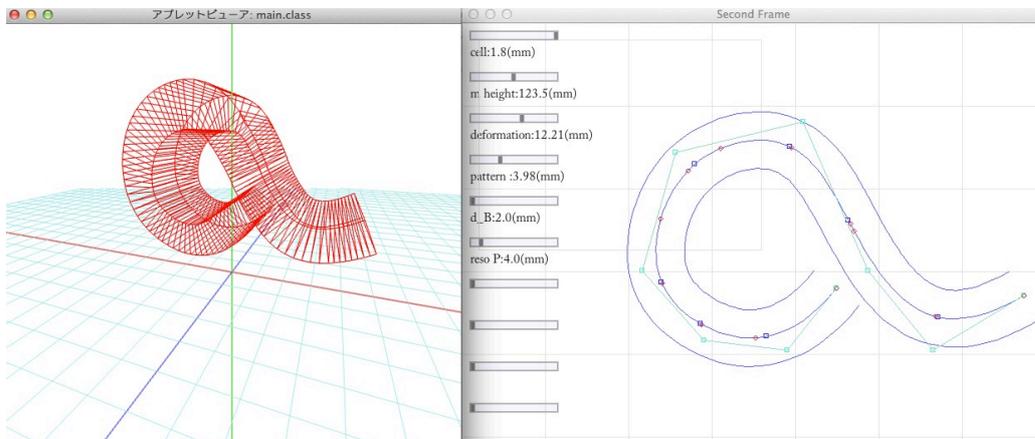
(図 3 パターン A)



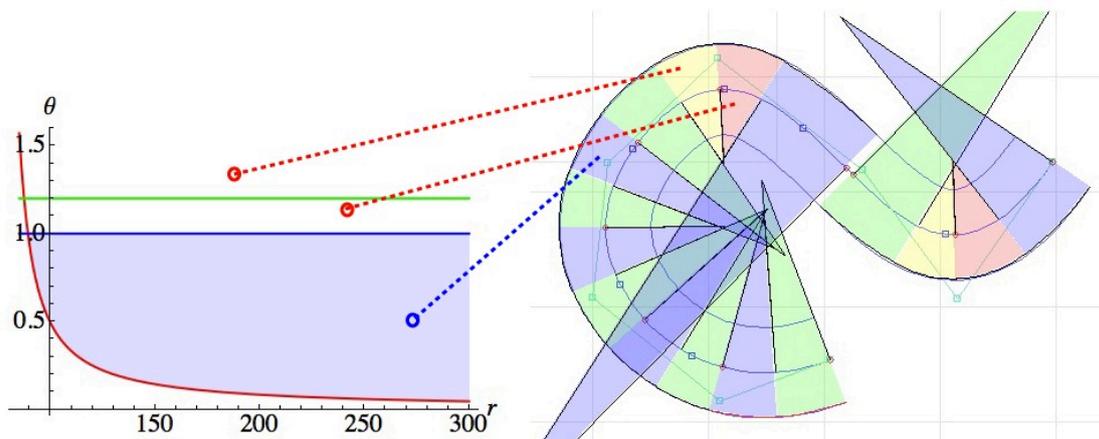
(図 4 パターン B)

2. 2 対話的モデリングシステム

図 4 にあるように本システムでは、曲面をモデリングするためにパラメトリック曲線を用いる。Dukta の変形をシミュレーションするために設計する曲線を、設計時と同時に円弧近似する (図 5)。その後、1 によって定義された制約 (実行可能領域) にこれらの近似された円弧があるかどうかで、堅牢な (壊れない) 形状であるかそう出ないかの判定を行う。もし、堅牢でない形状が設計された際にはシステムが自動で堅牢な形状を提案する。



(図 5 システムのユーザーインターフェース)



(図6 堅牢でない形状の例)

3. 3 図面の生成およびファブリケーション

ユーザーの求める形状でかつ堅牢なものが得られれば、システムはCNCカットのための図面を生成する。以下図6~9は製作の行程である。部材の凹凸をお互にはあめ込むことで最終的な目的形状が得られる。



(図7)



(図8)



(図9)



(図10)

4. 従来の技術（または機能）との相違

デジタルアプリケーションを前提とした自由な曲げ形状の設計システムは本プロジェクト以外に zipShape がある。しかし zipShape では 5 軸の CNC 切削機や、特殊な接着機械が必要となり、世界的な共通の機材をもとにしたものではなく、製作の行程も非常に手間のかかるものである。さらにシステムとしても図面を自動生成するのみで、材料の制約を加味した設計システムではない。WoodWeaver は通常の 2 軸の CNC 切削機さえあれば自由な曲げを製作でき、さらに接着剤がなくても最終形状得ることができる。本システムではスケッチ間隔で設計した曲面を、CNC カットと切り出された部材の組み合わせのみで手軽に製作できるという点で優れている。さらにシステムとしても、材料の制約を加味した、壊れない形状を直感的に設計・製作することができる。

5. 期待される効果

これまで、単品あるいは少量で特定の曲げを製造することは非常に難しかった。本システムを用いることで、少量多品種の用途に対して低コストで比較的簡単に曲げ持つ家具や建築物を製作できる。したがって、このような用途で実際のプロダクト製作に使用されることを期待する。

具体的な成果

- ・ IPA 未踏ソフトウェア事業採択 2012
- ・ 国際学会