

研究報告書

「適材適所システム: 広葉樹林業で発生する多様な小径木の家具および建築への応用」

研究期間: 2019年4月~2021年3月
研究者番号: 50230
研究者: 吉田 博則

1. 研究のねらい

戦後の針葉樹林化に伴い落葉広葉樹林の減少また、安価な輸入材により人工林の放置が問題となっている。広葉樹林を維持管理するには択伐による小径木や枝の処理が必要であるが、これらはチップ化され燃やすしかなかった。本研究の狙いはこれらの使いづらい多様な形状の木材を、より高付加価値を持つ家具や建築に活用できるようにすることである。落葉広葉樹は堅く密度も高いので成木だと高価だが、択伐から出る材なので安価に入手可能である。これらの材は使い方を工夫すれば、高付加価値を持つ家具や建築構造に十分応用可能である。

従来の伝統工法では経験ある職人によって材の特徴を見極める適材適所が行われていたが、人手不足や国内林業の衰退もあり今後ますますこのような材を使う機会は減っていくと考えられる。本研究では各々の材の特徴をデジタル化したデータを活用し、適材適所を誰もが実現できるワークフローを社会実装することを目指す。このようなワークフローの実現に向けて、1. 使いやすいデザインインターフェースを実現し、これらの材の需要を高める 2. これらのデザインと実際の林業から発生する枝をリンクし、生産工程に落とし込む包括的なワークフロー の2点に着目し開発を進めていく。

適材適所が実現されると小径木にも需要が生まれる。需要があると落葉広葉樹林に恒常的に手が入り、本来の森林の姿である適地適木にもつながる。最終目標として持続可能な循環型社会の実現に貢献したい。

2. 研究成果

(1) 概要

加速フェーズ期間ではプロダクトスケールと建築スケールの二つのスケールに意識して研究を遂行した。プロダクトスケールでは、以前の Act-I 期間では決め打ちだった接合部のデザインを多様化するようなデザイン支援ツール「Tsugite」を開発した。家具スケールでは人間の距離が近く、より部材の接合部にディテールデザインが求められデザインの差別化要素となる。建築スケールでは前回の Act-I 期間の後半および加速フェーズ前半で開発した三次元枝材の適材適所アルゴリズム、および3次元加工支援システムを用いて科学技術未来館の常設展示インスタレーション「Swirled Branches」を製作・提供した。また今年9月に Los Angeles のギャラリーで発表予定の「Tsugiki」プロジェクトでは、これまでの直接部材にジョイント加工するのではな

く、接合部の型を三次元出力し、レジンでキャストする方向で進めている。

(2) 詳細

テーマ1. プロダクトスケールでのデザイン支援ツールの開発および検証

釘を使わない接合部である木工継手・仕口を新たに設計して製作することは、熟練者でないユーザにとって困難で時間がかかる作業である。「Tsugite」システムは、切削加工機による加工と、計算機を用いたインタラクティブな形状モデリングを組み合わせることによって、カスタムデザインの木工継手・仕口の設計と製作を支援するものである。本システムには、マニュアル編集モードと、ギャラリーモードの2つのモードがある。マニュアルモードでは、リアルタイムに更新される接合部の性能に関する解析結果やシステムからの提案を見ながら、ユーザが手作業で接合部の形状を編集する。性能としては、組み立て可能性、加工可能性、強度などを考慮している。ギャラリーモードでは、あらかじめ計算済みの接合部形状が多数画面に提示され、ユーザはその中から好みのものを選択する。接合部の設計が完成したら、角を丸めるなどの処理をして、3軸CNCフライス盤で製造する。本研究ではユーザスタディによる評価の結果や、実際に設計し製作した接合部や家具の例を示した。



図1 左: 開発したシステムを利用して設計・製作した接合部の例。右: 開発したシステムを利用して設計・製作した椅子の例。釘や接着材を使わずに、組み立て、分解、再組み立てが可能である。

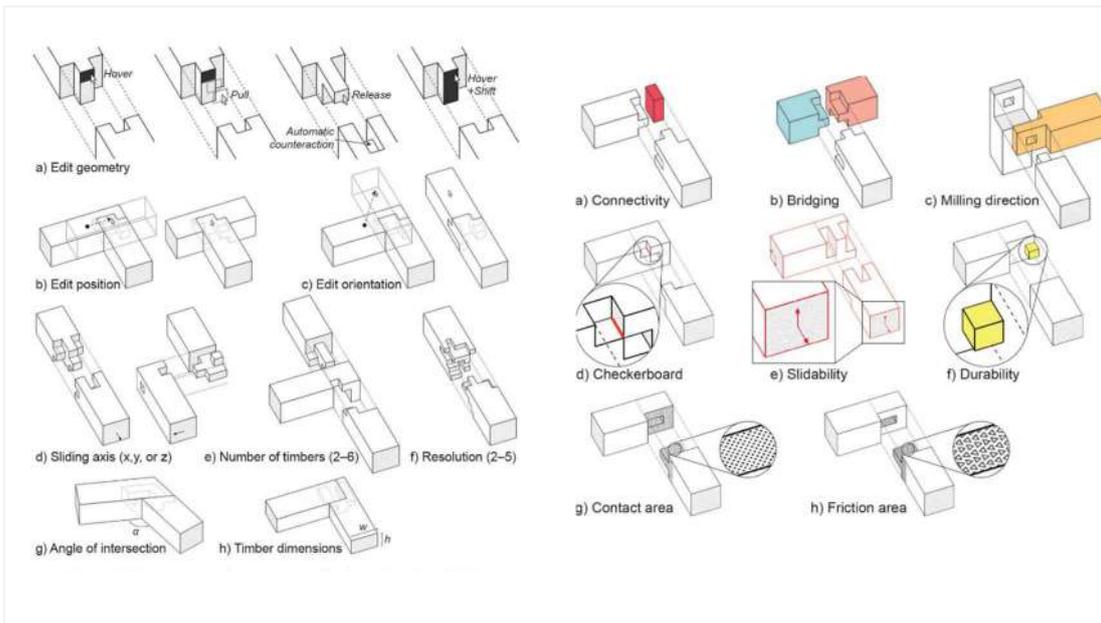


図2 左: ユーザによる操作の例、右: システムからのフィードバックの例

テーマ2. 建築スケールでの適材適所システムの開発および検証

三次元形状の枝を三次元的に配置し、自動で交差部のジョイントを生成し加工するシステムを開発した。テーマ1と違いジョイント部の基本的な設計は固定でパラメータを変化させるのみである。三次元的にジョイントを加工するため、従来の2.5次元CNC切削機では加工が困難である。そこでユーザーが加工ベッドに枝を3次元的に配置する際に正確に三次元形状の枝を配置をサポートする音声ガイダンスシステムを開発し、実際に使用することで科学技術未来館のインスタレーション「Swirled Branches」を製作した。

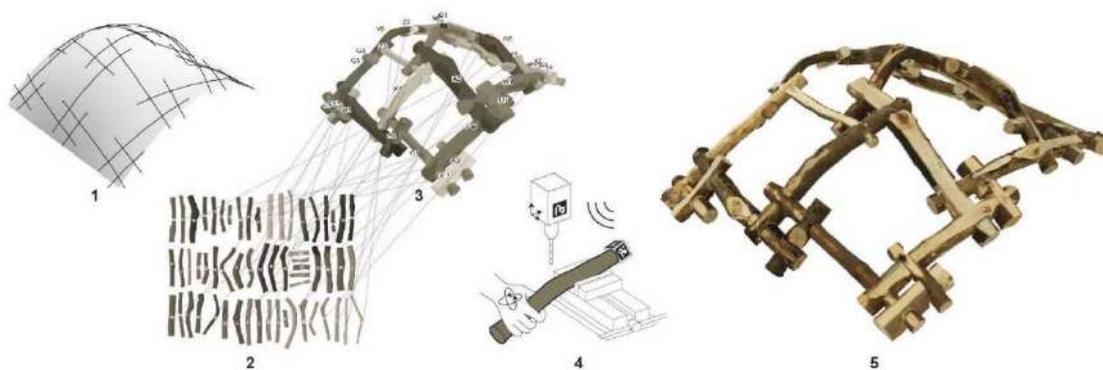


図3 設計および製作のワークフロー。自由曲面を入力に、あらかじめ3次元スキャンしておいた枝群を自動で適切に配置し、加工はユーザーに配置を指示することで2.5次元加工機でも3次元加工が可能となる。



3. 今後の展開

「Tsugite」システムは Github でも公開されており、すでに多数の問い合わせがある。これらの中には CAD のベンダー等もあり、既存のシステムに組み込むことも可能である。また適材適所システムにおいては、データ駆動型手法を取り入れることで、より多様な形態に対応できつつある。

4. 自己評価

- 研究目的の達成状況

当初提案した研究テーマ1は達成され、さらに研究テーマ2も現在開発中の Tsugiki は型を使用したシームレスな接合を目指しており、このような研究は他に類を見ない。

- 研究の進め方（研究実施体制及び研究費執行状況）

国内外での発表を通じて一緒に研究体制は整いつつある。研究費は主に加工機械や材料費および場所代として執行され、当初計画していた通り適切に処理されたと考えられる。

- 研究成果の科学技術及び学術・産業・社会・文化への波及効果

海外ではリサイクルよりもアップサイクルという考えた方が広まりつつある。リサイクルが材料を粉々にするのに対し、アップサイクルは材料をできるだけそのままの形で別の用途に用いる。ACM で Upcycle を検索してもヒットする論文数は限られるが、本研究の考え方は今後 HCI および情報学が持続可能な社会の実現に貢献する際に、重要かつ先駆的な研究例として挙げられると期待できる。また文化的にも本研究のテーマである、適材適所はそもそも日本の伝統構法から発想を得ており、日本の伝統文化の海外への発信という意味でも期待できる。参加型設計製作と合わせて、SNS のような情報と人をつなげる手法に実際の素材や経験を介して情報、人、モノをつなげるようなサービスに発展することが期待できる。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

- 1. Human-in-the-loop fabrication of 3D surfaces with natural tree branches.** Maria Larsson, Hironori Yoshida, and Takeo Igarashi. SCF '19: Proceedings of the ACM Symposium on Computational Fabrication (June 2019).
- 2. Tsugite: Interactive Design and Fabrication of Wood Joints.** Maria Larsson, Hironori Yoshida, Nobuyuki Umetani, and Takeo Igarashi. UIST '20: Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (October 2020).

(2)特許出願

研究期間累積件数:1件

1.

発 明 者: Larsson Maria, Hironori Yoshida, Nobuyuki Umetani, Takeo Igarashi

発明の名称: Information Processing System, Information Processing Method And Program

出 願 人: 東京大学

出 願 日: 2020/09/30

出 願 番 号: 63,085,401

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

Wood change award: <https://awrd.com/award/woodchangeaward>

東京大学プレスリリース <https://www.u-tokyo.ac.jp/content/400148405.pdf>