

デジタル・ファブリケーションを利用した木材流通のデザイン

Designs for timber transportation with digital fabrication

宮本 瑞基¹, 水野 大二郎²

Mizuki MIYAMOTO¹, Daijiro MIZUNO²

¹ 合同会社 Poietica, ² 京都工芸繊維大学

¹Poietica LLC., ²Kyoto Institute of Technology

【要約】

本研究は、生産と消費の関係性の再構築を目的としたデザイン・プロジェクトである。林業地域である京都市右京区京北地域を起点に、林業地域で生産される木材を都市部の空き家や木造家屋の改修材として活用する方法を検討し、里山と都市を繋ぐ暮らしを思索する。今回は山主、不動産業者、入居者による新しいスキームを提案するとともに、木造家屋の改修方法のひとつである柱材の根継に着目し、デジタル・ファブリケーションのひとつである CNC 切削加工機を用いた木材加工のプロトタイピングを行った。

キーワード: 林業、木材流通、CNC 切削加工、デジタル・ファブリケーション

【Abstract】

This research is a design project aimed at reconstructing the relationship between production and consumption. Starting from the Keihoku area of Ukyo-ku, Kyoto, which is a forestry area, we will examine ways to utilize timber produced in the forestry area for renovating vacant houses and wooden houses in urban areas, and explore ways of living that connect satoyama and city. In addition to proposing a new scheme involving mountain owners, real estate agents, and tenants, the project focused on the root jointing of post timbers, one of the methods for renovating wooden houses, and conducted prototyping of wood processing using a CNC milling machine, one of the digital fabrication methods.

Keywords: forestry industry, timber transportation, CNC milling, digital fabrication

1. 序論

1-1. 研究背景

今日、各国が国連の定める持続可能な開発目標 (SDGs) に取り組む一方、私たちは依然として、環境危機という地球規模の課題に直面している。デザイン対象が製品からサービス、行政にまで拡張するなか、デザイナーは持続可能な社会の実現に向けて、超包括的な社会・技術的問題に取り組む必要がある。ヴィクター・パパンエク (Victor Papanek) は自身の著書『生きのびるためのデザイン』(Papanek, 1971) [1]において、大量生産・大量消費を助長するインダストリアル・デザイナーを批判する一方で、専門家・非専門家を問わない、複数の分野のメンバーから構成されるデザインチームを提唱した。現在はクリティカル・デザインやスペキュラティブ・デザインといった領域において、大量生産・大量消費ではないデザインのあり方やありうる未来の思索の実践が提示されている。また持続可能性の観点からは「社会変革のデザイン (Design for Social Innovation)」、「移行期のデザイン (Transition Design)」といったデザイン環境が活発になっている。

本研究では、「生産と消費」という観点から、デジタル・ファブリケーションを利用した実践に着目した。デジタル・ファブリケーションとは、デジタルデータから直接ものをつくる機械であり、ものづくりのプロセスである。また、

ものづくりの民主化を後押しする技術であり、デジタルとフィジカルを繋ぐインターフェースとしても位置付けられる。

このデジタル・ファブリケーションを地域に開いた実践が「Fab Lab」であり、都市-地球スケールに拡張した実践が「Fab City」である。Fab City 構想ではものの製造におけるサプライチェーンに着目し、現在の持続不可能な形態 (PITO, Product in/Trash out) から、持続可能な形態 (DIDO, Data in/Data out) への移行を提案している [2]。これは環境負荷の低減や、知識・実践の民主化を目的としたサプライチェーンのリ・ローカライズ化であり、短期的な利用のために遠く海外の素材を使って生産、輸送し、廃棄する産業形態からの移行を図るものである。

本研究では、これを「生産と消費の関係性の再構築」として捉え、私の住む日本や本学のある京都における、ありうる未来を考察する。

日本の国土に注目して地域内での資源循環や経済圏を考えると、豊富な森林資源は素材として、また里山と都市は自然資源の生産地・消費地として適している。塩地博文らによる『森林列島再生論 森と建築をつなぐイノベーション「森林連結経営」』(塩谷他, 2022) は、生産地と消費地の密接、他国と比較した際の人工林の面積や森林備蓄量、それに対する木材使用量を挙げ、そのポテンシャルの高さを示している [3]。林野庁の発表に

よると現在森林備蓄量は約 52.5 億 m³[4]であり、その 6 割が人工林である。一方で国内における木材消費量は年間 7900 万 m³であり、木材自給率は 41.1%に留まっている[5]。この不健全な状況に加えて塩地は、国産材のサプライチェーンにおける課題の一つとして分業制の弊害を指摘する[3]。ここからは、仲介業者が多く、最上流の山主への利益分配がされにくい構造が構築されている点、また多くの場合、木材を利用する消費者にとっては、木材のサプライチェーン自体がブラックボックスである点が問題として考えられる。翻って京都に目を向けると、京都市北部には林業が盛んな京北地域があり、古くは 8 世紀、平安京造営時から都市部へ建材を供給してきた歴史がある。一方かつて建材の主な消費地であった京都市における空き家数は、2018 年 10 月時点で 10.6 万戸であり、総住宅数に対して 12.9%を占める[6]。

1-2. 研究目的

先述したいくつかの背景を踏まえ、本研究では、デザインリサーチを通じたオルタナティブな木材流通の思索と、技術的実現可能性の検証を目的とする。この実践では、京都市京北地域をフィールドとし、林業という地場産業と扱い、デジタル・ファブリケーションによるプロトタイピングを行うことで、説得力のあるありうる未来の思索がどのようにして可能かについても検討する。

2. 研究テーマ・コンセプト

2-1. テーマ

本研究のテーマは、生産と消費の関係性の再構築である。今回は京北地域を起点とし、デジタル・ファブリケーションを利用したオルタナティブな木材流通のデザインを行う。これは京北地域に山を持つ山主と、都市部に住む木材の潜在的な需要者を繋ぐサービスであり、里山と都市を繋ぐシステムの構築を目指す。

2-2. コンセプト

持続可能な社会の思索に向けた具体的なアプローチとして、①都市部における木材需要の確保、②山主への利益増加、③技術的実現可能性の 3 つを考える。

まず都市部における木材需要の確保である。先述した通り、京北地域では古くから建材を生産し、都市部に供給してきたため、以前と同様に新築の住宅や建築物の建材としての利用が考えられる。しかし持続可能性の観点では、短期的な利用と大量廃棄のモデルから、ものの修理を通じた長期的利用が求められている。これは製品だけでなく、建築物でも同様である。京都市の空き家は 10 万戸を超えている状況であり、また都市の持続可能性に目を向けたとき、建材を木造家屋の改修材としての需要と価値が見込めるのではないかと考えた。

次に森林の持続可能性と森林更新を目的とした、山主への利益増大である。仲介業者の少ないスキームの

構築により、山主への利益率を上げつつ、都市における需要者に負担のない価格で提供できる可能性が考えられる。

最後に技術的実現可能性である。素材丸太を生産する山主と比較して、加工品を供給する製材所やプレカット工場の単価は高い。デジタル・ファブリケーションを利用したプレカット方法を開発することで、高付加価値の製品として販売することができると考えられる。またサービス利用者の UX や加工時の歩留まり、輸送時の積込みまでを考慮し、利用者によるデジタルデータの自動生成を目指す。

3. 研究手法

3-1. ステークホルダーへの取材

1 か月の長期滞在を含む京北地域へのフィールドワークを複数回実施し、製材所や原木市場、森林組合への取材を行った。林業従事者を中心としたフィールドワークを通して、かつて河川を利用した木材流通とそれらを取り巻く経済圏が存在したこと、また原木市場を通さない一般的でない木材の流通経路が存在することを確認した。

また木造家屋の改修に必要な木材の規格、加工方法を把握するため、京都で町家改修事業を手掛ける事業者への取材を行った。京町家の改修は、新築と比較して 1 軒あたりの木材の使用量は多くないため、多品種少量生産が適していると考えられる。また加工が比較的簡易な板材のほかに、根継を目的とした継手を製作することがわかった。京町家の根継に主に利用されるのは目違継ぎ、蟻継ぎ、鎌継ぎ、金輪継ぎの 4 種類である。これらに必要な寸法に応じてカスタマイズしながら、デジタル・ファブリケーションで加工することで、木造家屋の改修プロセスの民主化につながると考えた。

3-2. 継手のプロトタイピング

先述の取材結果より、デジタル・ファブリケーションのひとつである CNC 切削加工機を用いた、継手のプロトタイピングを行った。デジタルデータの作成には Rhinoceros のアドオンである Grasshopper、Fusion360 を利用した。またプロトタイプ製作には、京都工芸繊維大学 KYOTO Design Lab の大型 CNC 切削加工機を利用した。

今回継手を加工する際の制約として、使用するエンドミルの種類と Z 軸の移動量に制限を設定した。一般に 100 万円以下のような安価な CNC 切削加工機の対応シャンク径は 6mm であることが多い。また木材加工に特化した CNC 切削加工機はサブロク合板に対応するため加工面積は広いが、一方で高さ方向の移動量には期待できず、105 角や 120 角といった規格の柱材を一度に切削することは難しい。今回は 105 角の規格材に対し、直径 6mm のフラットエンドミルのみを利用し、Z 軸の移動量は 60mm 以内とした。

3-2. サービスシナリオのプロトタイプング

ありうる未来の木材流通サービスを思索するため、実際にサービスの利用者や提供者と同じプロセスを実践しながらシナリオ構想を行った。今回は、①都市部に木造家屋を持つ家主が柱を 3D スキャンする場面、②京北地域の山主・製材所から都市部へ木材を輸送する場面を実践した。京都の空き家を扱う不動産協力の元、京都市内にある空き家の 3D スキャンを行った。3D スキャンには、京都工芸繊維大学 KYOTO Design Lab が保有する Focus Laser Scanner (Faro 社製) のほか、3D スキャンが可能な iPhone 14 Pro (Apple 社製) とアプリケーション 3D Scanner App (Laan Labs 社製) を利用した。また京北森林組合から柱材を購入し、自ら軽トラックを利用して木材輸送を行った。

これらの実践から、スマートフォン等の小型ハンディスキャナを前提としたサービスフロー、サービスシナリオの内容を決定した。

4. 成果物

4-1. 新たな木材流通サービスの提案

本研究を通して、里山と都市の持続可能性の向上を目的に、新しい家の建設ではなく、空き家の改修を通じた、木材の生産者と利用者を直接繋ぐプラットフォームを思索した。木材を生産する山主、都市部に空き家を持つ不動産業者、空き家への入居者の三者による新しいスキームを図 1 に示す。これは人々が地域の木材を直接購入することを可能にする、オルタナティブな木材サプライチェーンである。またデジタル・ファブリケーションを活用することで、高度な職人技が要求される木造家屋の改修材をプレカットすることが可能である。このプラットフォームを利用することで、山主は、高付加価値の木材によって利益を得ることができ、その一部を山へ還元することができる。また入居者自身が空き家を改修することで、安い賃料で住むことができる一方、不動産業者は資産価値の向上が見込まれる。

また CNC 切削加工機に必要な 3D データをプロシージャルに生成することで、希望の規格に応じたデータを自動的に生成することができる。山主にとって、空き家の改修という安定した需要に加えて、改修に必要な木材の量が正確に分かることもメリットである。

4-2. CNC 切削加工機を利用した継手の加工方法

CNC 切削加工機を用いて製作した、目違継ぎ、蟻継ぎ、鎌継ぎ、金輪継ぎの 4 種類の継手を図 2、図 3 に示す。それぞれ 1 面加工から 4 面加工までが必要となったため、それぞれの CAD データ、CAM データに加え、図 4、図 5 に示す加工面を変更可能な治具の製作も行った。3 面加工が必要で最も時間のかかる金輪継ぎであっても、加工時間の合計は 2 時間 40 分であり、十分実用的であると考えられる。

5. 結論

本研究を通して、京都市右京区京北地域の木材流通を起点とした、オルタナティブなサプライチェーンを提案した。これは、地域の森林資源と既存の空き家を活用した、里山と都市における持続可能で自律的な暮らしを支えるインフラとして機能する。また複数のステークホルダーへの取材やフィールドワーク、実践を通じたプロトタイプングを通して、持続的な社会に向けた、より具体的な未来を思索できたと考える。

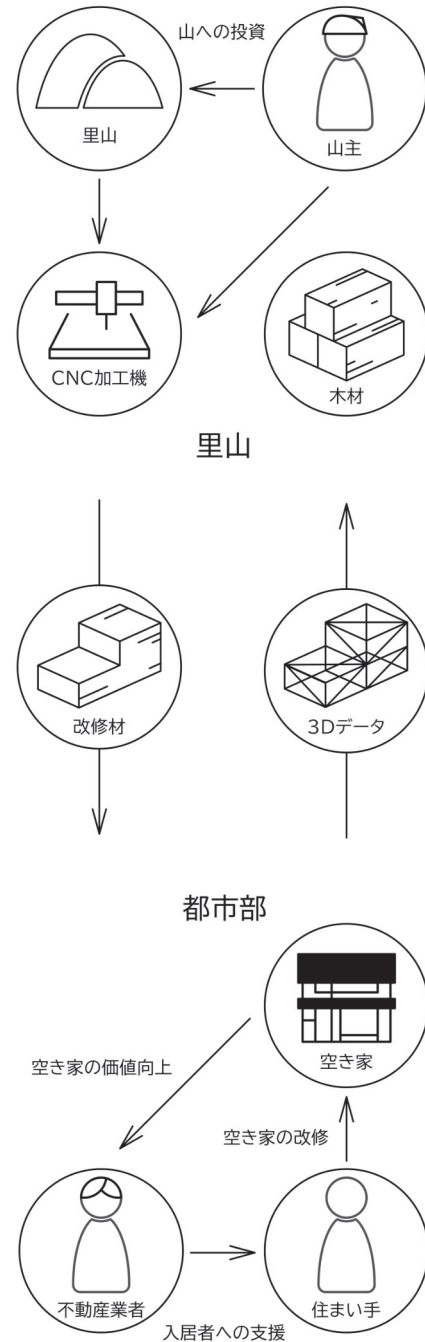


図 1. 山主・不動産業者・入居者によるスキーム



図 2. 鎌継ぎ、蟻継ぎ、目違継ぎ



図 3. 金輪継ぎ



図 4. 加工面を変更可能な治具



図 5. 治具を利用した継手加工

参考文献

1. ヴィクター・パパネック、阿部公正訳: 生きのびるためのデザイン、晶文社、p.9, pp.210-215, 1974
2. Tomas Diez: Fab City Whitepaper: locally productive, globally connected self-sufficient cities., pp.2-9, 2016, https://fab.city/assets/documents/FabCity_Whitepaper.pdf
3. 塩谷博文他: 森林列島再生論 森と建築をつなぐイノベーション「森林連結経営」、株式会社日経BP, pp.33, pp.46, 2022
4. 林野庁: 森林資源現況総括表、2017, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/3.html>
5. 林野庁: 令和3年度木材需給表、pp.2-4, 2022, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kikaku/attach/pdf/220930-2.pdf>
6. 京都市総合企画局情報化推進室統計解析担当: 平成30年住宅・土地統計調査「住宅及び世帯に関する基本集計」の概要、p.1, 2019, https://www2.city.kyoto.lg.jp/sogo/toukei/Publish/Analysis/News/111Housing_Report2018.pdf