

計算機と切削加工機による 木工継手・仕口的设计・製作のための インタラクティブシステムを新たに開発

1. 発表者：

Maria Larsson (東京大学 大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻 博士課程1年)
吉田 博則 (東京大学 大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻 特任研究員)
梅谷 信行 (東京大学 大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻 准教授)
五十嵐 健夫 (東京大学 大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻 教授)

2. 発表のポイント：

- ◆釘を使わない木工接合部「継手・仕口」を設計・製作するためのインタラクティブシステム(注1)を、計算機と切削加工機を用いて新たに開発しました。
- ◆木工継手・仕口の新たな設計や手動での製作は困難で時間がかかります。本研究はその解決策を示すものです。
- ◆日本の伝統的な技術に新しい光を当て、部材の再利用向上に貢献すると期待されます。

3. 発表概要：

東京大学 大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻の Maria Larsson 大学院生、五十嵐健夫教授らは、木工接合部(継手・仕口)の設計および製作のためのインタラクティブシステムを開発しました。釘を使わない接合部である木工継手・仕口の設計や手動での制作は、困難で時間がかかります。本システムでは計算機と切削加工機を用い、カスタムメイドの木工接合部のデザインと製作を容易にしました。まずユーザは接合部の加工性、組み立て可能性、強度など性能に関するリアルタイムフィードバック(注2)を受け取りながら、接合部を設計します。そして角を丸めるなどの処理をして、計算機制御の切削加工機により接合部を完成させます。

本研究は木工継手・仕口という日本の伝統的な技術に新しい光を当て、より発展的な利用への道を開くものであり、部材の再利用性の向上による環境保護への貢献も期待できます。

4. 発表内容：

釘を使わずに木材を接合する「継手・仕口」は日本の伝統的な工法であり、建築物や家具の製作に使用されています。伝統的な継手・仕口は美的外観、高品質、および加工性などの点において高く評価されていますが、美的要件と機能的要件を満たす必要があるため、設計が非常に困難で、手作業の制作は熟練者にとっても手間がかかります。

継手・仕口に関する研究としては複数の部材をパズルのように互いによく組み合わせるインターロッキング機構(注3)を自動で計算するものや、外観をデザインするとそれに合う内部の形状を計算するものなどが提案されてきました。しかし、これらの研究では、接合部を3次元プリンタで製作したり、ブロックを接着剤で接合して接合部を製作したりするなど、木材の切削による加工性は考慮されていませんでした。

本研究では、木工継手・仕口を、計算機と切削加工機を用いて設計・製作するためのインタラクティブなシステムを開発しました。システムは、加工可能性、組み立て可能性、強度など継手・仕口の性能を自動的に分析することにより、ユーザによる設計を支援します。

提案しているシステムには、手動編集モードとギャラリーモードの2つのモードがあります。手動編集モードでは、ユーザは接合部を構成するブロック（注4）を押したり引いたりして接合部の形状を直接操作します（図1）。ブロックが追加されると、相手の木材の対応するブロックが自動的に差し引かれ、重複したブロックや空のブロックがないことが保証されます。さらに、モデリング中に接合部の性能に関するリアルタイムのフィードバックを提供します（図2）。手動編集モードは、多くの解があるような接合部や、指数関数的に多数の可能性があるために組み合わせ検索が実行できない高解像度の接合部の設計に適しています。ギャラリーモードでは、システムが自動的に有効な接合部の形状を列挙してユーザに提示します。このモードは、可能な解の数が少ない難しい接合部や、操作に慣れていないユーザに適しています。

接合部の設計が完了すると、システムは3軸CNC（注5）による切削のための加工経路を生成します。提案システムによる加工経路計算アルゴリズムは、円筒形のミリングビット（ドリルの刃）が届かない場所を考慮した形状の最適化を行います。このシステムにより、基本的なデジタル製造ツールにアクセスできる人なら誰でも、継手や仕口に関する専門的な知識がなくても、洗練された木製の接合部を作成できます。

論文では、提案システムを使用して設計された、いくつかの接合部のサンプルと家具を示しています（図3、4、5）。

本研究の社会的意義の一つは、環境問題への貢献です。建築物は、環境に大きな影響を与える要因の一つです。国連の報告書によると、建築および建設業界は世界の二酸化炭素排出量のほぼ40%を占めています。木材は我々が使用することのできる数少ない自然で再生可能な建築材料です。また、木材の持続可能性上の利点をさらに向上することも期待できます。たとえば、金属製の固定具を使用せずに、木材のみで接合を行うことによって、廃棄時における素材の混合を軽減できます。これは、廃棄物の選別とリサイクルの観点から有益です。さらに、接着剤を使用していない接合を行うことにより、製作物を破壊することなく分解することが可能となります。これにより、一度製作した建物や家具を破棄することなく、分解してから別の場所で組み立て再利用するという可能性が広がります。また、一部が壊れた場合には、その部分だけを交換して修復することも容易です。

本研究成果は、2020年10月21日（米国中部夏時間）に国際会議 The ACM Symposium on User Interface Software and Technology 2020 にて発表されました。

研究紹介：<http://ma-la.com/tsugite.html>

ビデオ：<https://www.youtube.com/watch?v=kR-fww0KyHk>

開発者ブログ：https://medium.com/@maria_larsson/5ae63531c07

5. 発表学会：

学会タイトル：The ACM Symposium on User Interface Software and Technology 2020

論文タイトル：Tsugite: Interactive Design and Fabrication of Wood Joints

著者：*Maria Larsson, Hironori Yoshida, Nobuyuki Umetani, and Takeo Igarashi

学会 URL：https://uist.acm.org/uist2020/

DOI 番号：http://dx.doi.org/10.1145/3379337.3415899

6. 問い合わせ先：

(研究に関するお問い合わせ)

東京大学 大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻

教授 五十嵐 健夫

(報道に関するお問い合わせ)

東京大学 大学院情報理工学系研究科

広報室

7. 用語解説：

(注1) インタラクティブシステム

グラフィカルユーザインタフェース (※) を用いて、ユーザが対話的に計算機の操作を行うソフトウェア。

(※) グラフィカルユーザインタフェース

マウスやタッチなどのポインティングデバイスを用いてディスプレイに表示された画像を操作することによって、計算機を操作する方法。

(注2) リアルタイムフィードバック

計算機が、ユーザの操作に対して、即座かつ連続的に計算結果を画面に提示すること。

(注3) インターロック機構

部材同士がうまく組み合わせられており、特定の順番に外していかないとバラバラにすることができない機構。

(注4) ブロック

本システムでは、接合部の形状は小さなブロックの集まりとして表現される。

(注5) CNC

Computer Numerical Control の略。計算機によって制御される工作機械。

8. 添付資料：

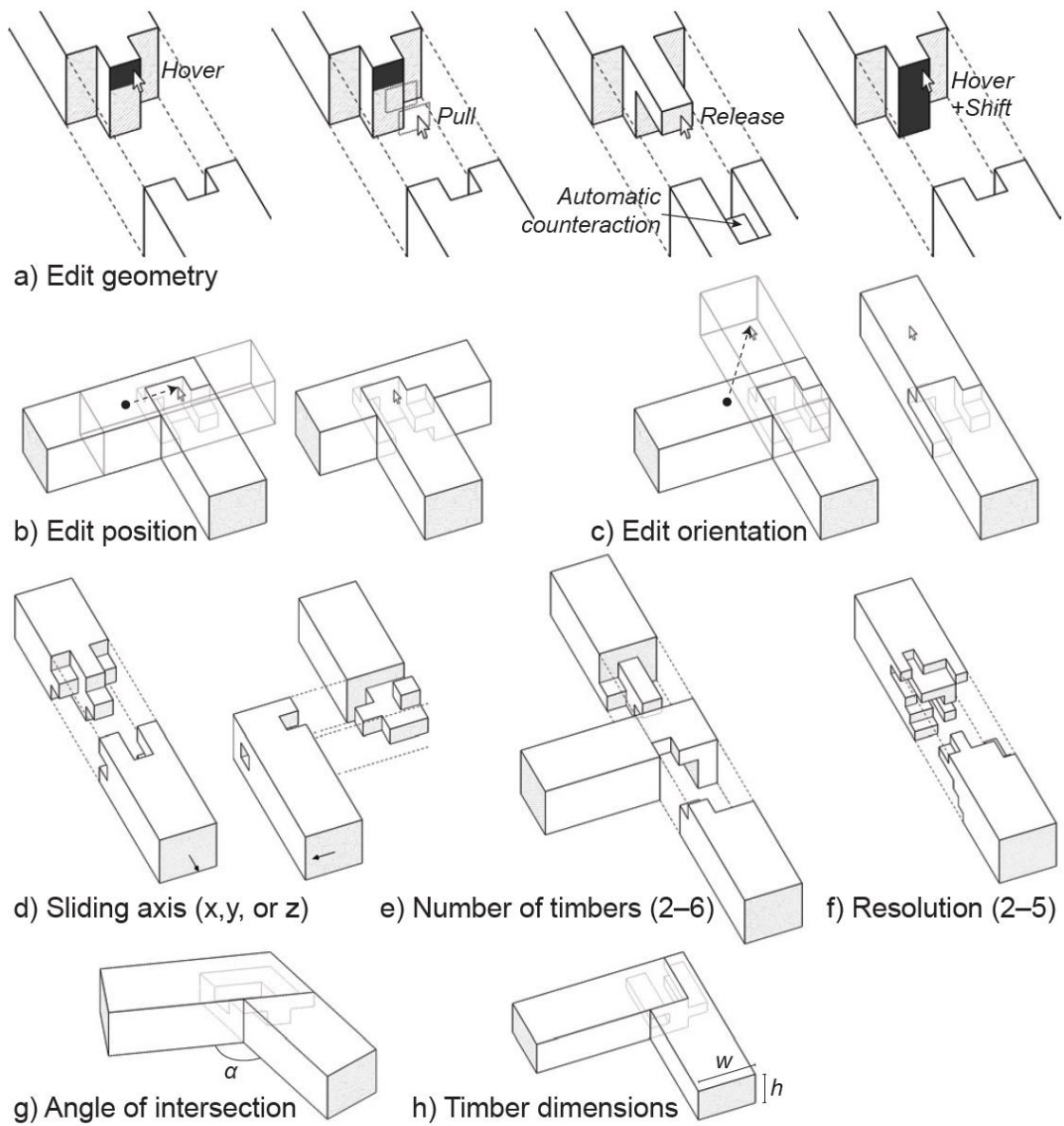


Figure 3. Mouse operations (a-c) and keyboard options (d-h).

図1 : ユーザによる操作の例

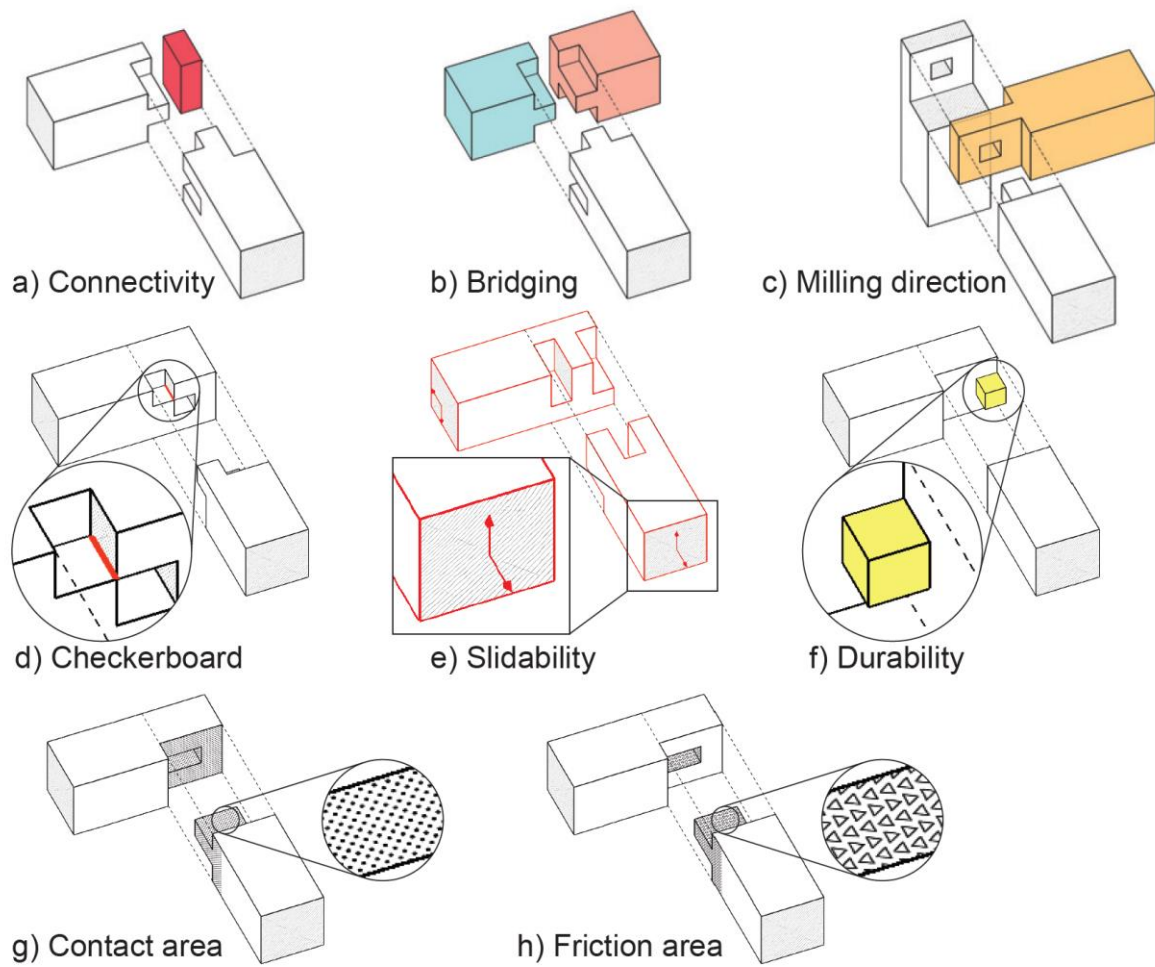


Figure 4. Graphical feedback.

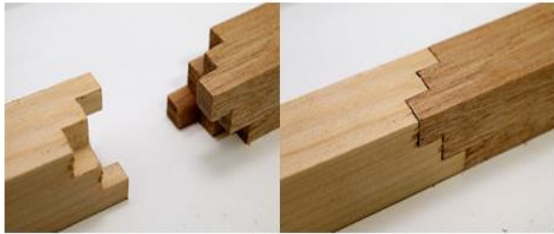
図2 : システムからのフィードバックの例



図3：開発したシステムを利用して設計・製作した接合部の例



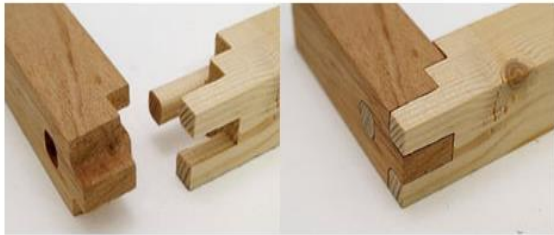
図4：開発したシステムを利用して設計・製作した椅子の例。釘や接着材を使わずに、組み立て、分解、再組立てが可能である。



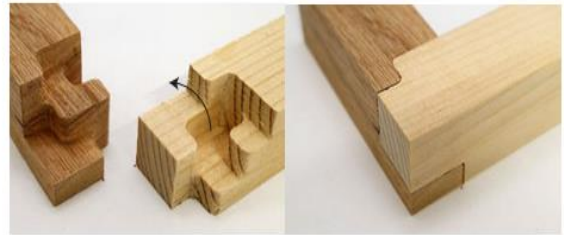
a) l-axial



b) l-perpendicular*



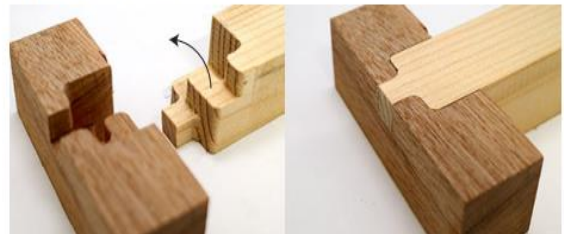
c) L-axial



d) L-perpendicular*



e) T-axial



f) T-perpendicular*



g) X-perpendicular

図 5 : 実際に製作した接合部の例