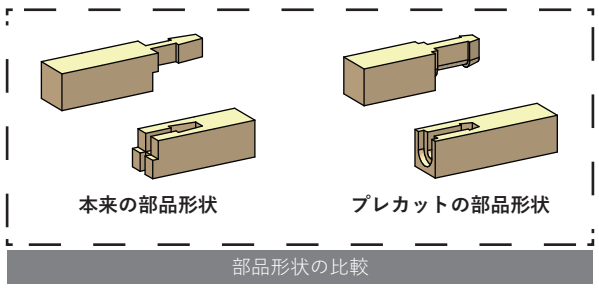
伝統木造建築のロボットによる部品加工

千葉大学 平沢研究室
大学院工学研究科 建築・都市科学専攻
www.hlab-arch.jp

研究背景と目的

現在の我が国の住宅生産では、在来構軸組法、ツーバイフォー構法のいずれにおいても、マルチカットソーなどの加工機による部品加工（プレカット）が主流となっています。これらのプレカットシステムでは、工作機械の性能や生産の合理化のために、本来の部品形状を単純化して部品加工を行います（図左）。伝統木造建築では部材形状そのものにも歴史があり、安易な規格化は受け入れられず、既存のプレカットシステムをこの構法に適用することは難しいと言えます。

本研究では、多関節ロボット（図右）を用い、複雑な形状をもつ伝統木造建築の部品を本来の形状のまま加工します。多関節ロボットは汎用的で自由度の高い動きが可能であり、このロボットに多様な工具を持たせることで加工のバリエーションを大幅に増大させることができます。



部品形状の比較

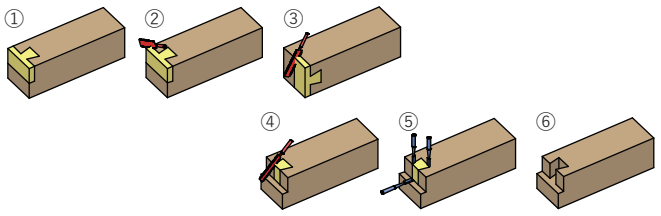
多関節ロボット

加工ツールの開発

大工職人の手仕事による部品加工

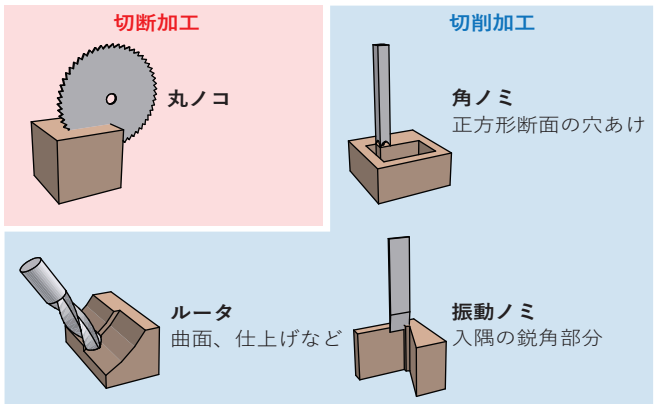
・鋸（のこ）と鑿（のみ）
・切断と切削の主に**２種類の加工方法**で対応

加工手順の例：腰掛蟻継ぎ　女木



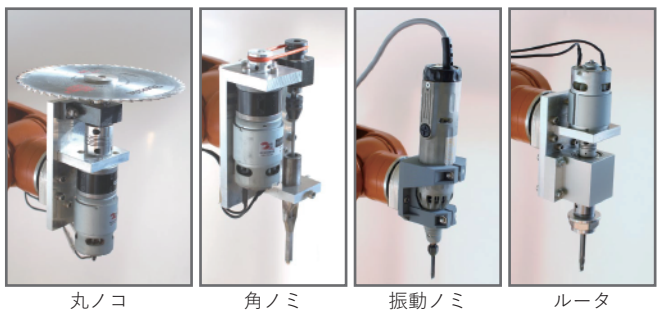
ロボットの加工ツールの選定

・手仕事の整理からロボットに取付ける加工ツールを４種類選定



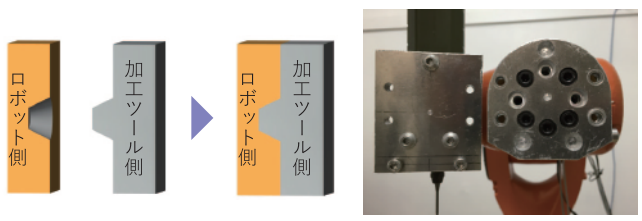
加工ツールの開発

・ロボットの可搬重量等を考慮し、加工ツールを開発


丸ノコ　角ノミ　振動ノミ　ルータ

加工ツール取付け器具の開発

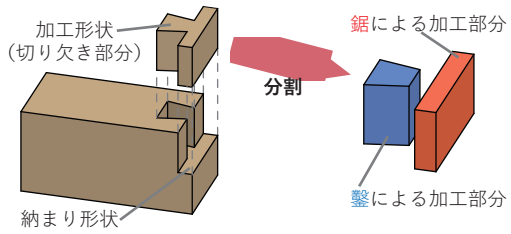
・加工ツール交換時の取付誤差をできるだけ小さくするために、位置合わせ用の凹凸を設けたプレートを制作。



ツールパスの生成手法

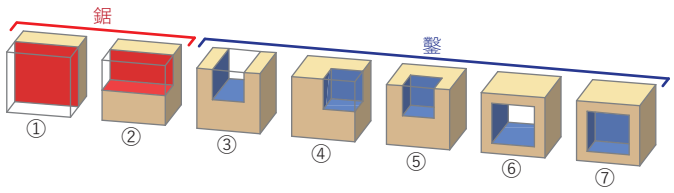
大工職人による部品加工工程のモデル化 -①加工形状の分割-

・伝統木造構法の部品形状は複雑なものが多い
・手仕事のそれぞれの工程では比較的単純な形状を切り落とす
・工程を経ることで全体として複雑な形状の加工をおこなう



大工職人による部品加工工程のモデル化 -②加工面による道具の選択-

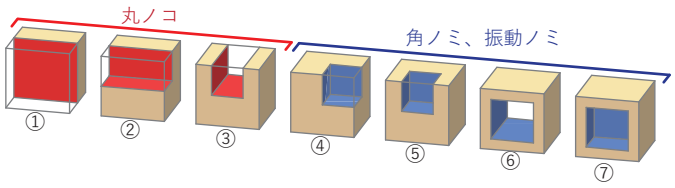
・分割した加工形状の各面が、全加工後に残る面（加工面）であるか否か
・手仕事　①､②：鋸　　③～⑦：鑿



▶加工形状を工程ごとに分割することで複雑な形状を扱いやすくすることができ、用いる道具の選択も可能

手仕事のモデル化のロボットへの適用

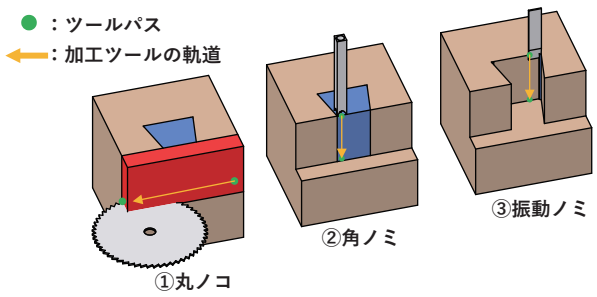
・①～③：**丸ノコ**（③は例外）
・④～⑦：入隅の角度が９０度以上　→　**角ノミ**
　　９０度以下　→　**角ノミ＋振動ノミ**
・稜線が曲線、加工面が曲面：**ルータ**



ツールパスの生成：加工工程を記述した雛形の作成

・加工形状：木割、規矩術といった作図法
・加工工程：大工職人による加工のモデル化
▶部品ごとに C/C++ 言語でパラメトリックに記述：部品雛形

加工ツールの選択とその軌道（座標）および姿勢（回転角）を算出（ツールパス）、ロボット制御プログラムを生成



制御シミュレータの開発

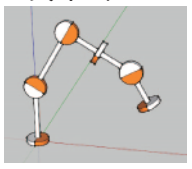
ツールパス検証と安全性確保のためのシミュレーション

・可動域外など、移動不可能な座標や姿勢への移動指示を事前に確認
・ロボットや加工ツールと作業台等の衝突による事故を防ぐ

実際に用いる多関節ロボットをモデル化

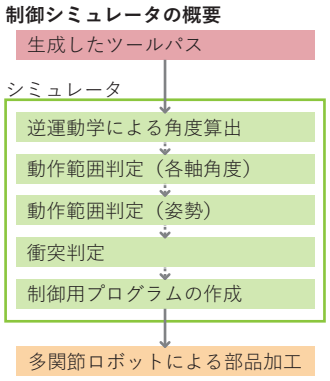
・目標座標、姿勢を入力として、逆運動学により目標点でのロボットの６軸の関節角度を算出

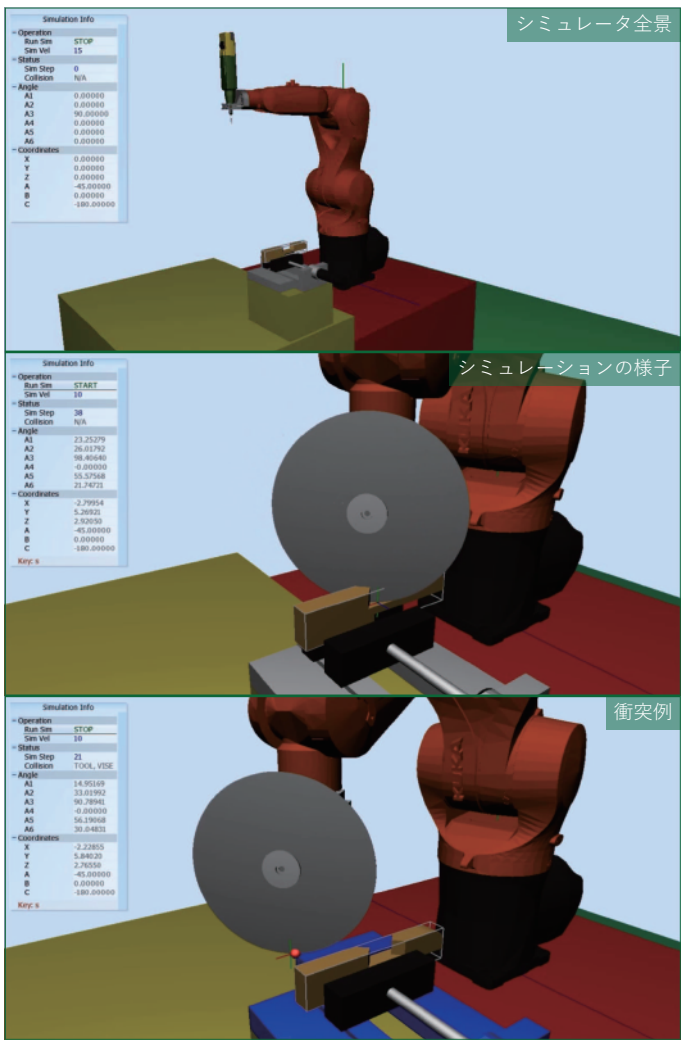
ロボットモデル



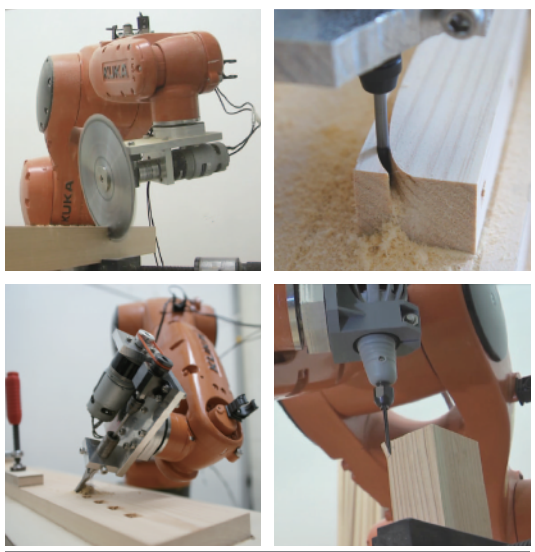
入力パラメータ
・目標座標
・目標姿勢
・工具種類
・基準座標
など

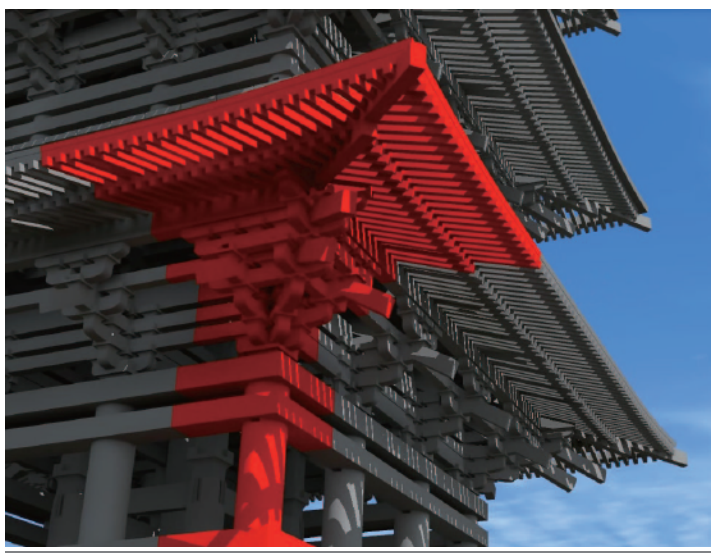
制御シミュレータの概要





五重塔　屋根隅部の模型制作


部品加工の様子


制作対象とする五重塔の３Ｄモデル

制作した模型（1/5 スケール）