

基調講演「木材の機械加工の現状と展望」

京都大学名誉教授 藤井義久

1. 過去10年の研究開発の振り返り

1960年代以降、また過去25回のIWMSでの研究発表などを総括しすると、1995年から2005年あたりまではIWMSで発表された論文数は増加したが、その後は減少傾向となった。研究開発の活性が低下しているように見える。より詳しく検討するために、主な木材関連の学会誌に過去10年で公表された約3000の論文を検索したところ、121の木材加工関連の論文が抽出された。これらの内訳は、切削など木材加工や生産システムなどにかかるものが60%で、40%は非破壊検査など木材の品質管理に関するものであった。数は多くはないが、この間、木材加工や機械の研究が実施されてきたといえる。またこの調査で対象とした論文以外に、企業や団体から公表されている技術レポート（書誌）の他にホームページ、動画など多数の研究開発に関わるオンラインでの情報が提供されていると思われる。

2. 機械加工研究のトピックス1「木材切削」

木材切削は、基本的な研究テーマであり、論文検索でも23論文が抽出され、今回のIWMSでも9件の口頭発表と4件のポスターがある。これまで切削機構、切削加工や鋸に関する研究が実施された。

木材の切削機構に関して松田ら（2017年）の研究を紹介する。まず実験的に切削現象を理解するために工具刃先付近での切削現象を顕微鏡で観察し、そのデジタル画像をDICという手法によって分析し、刃先付近での被削材のひずみを分析した結果を示す。また切り屑の生成状況をブラチックのような塑性的性質の材料の切削と比較した。これによって異方性で脆性のある木材の切削では、刃先先端近傍での先割れといわれる破壊が連続的に発生することで切り屑が生成・排出されること、それに応じたひずみの分布が認められることがわかった。さらに切込み厚さと刃先角の組み合わせによってひずみ特徴的に変化することもわかり、ひずみがあまり生じない条件が明らかになった。

一方で、木材切削の現象を理論的・数值的に解析し、シミュレーションする研究も実施された。これまでの研究事例として3例紹介した。ここでは有限要素法（FEM）を用いた解析事例を示す。FEMでは対象物体を小さな要素の結合体モデルとして表現し、個々の要素に力学的な機能を与え、さらにそれらの関係を数式化し、モデル全体の物理的なモデルを構築する。これに物性などの特性値、境界条件や外力を与えて、モデル全体の挙動をシミュレートする。この手法で切削現象を表現する場合には、刃物と被削材の2つのモデルを構築し、片方を固定、他方をこれに段階的に近づけて、接触状態を判定し、接触によって生じる被削材内でのひずみ分布を計算する。ひずみが強度限界を超えると破壊が生じたとして、その部分の要素を切り離し、その後の変形などを計算する。一連の研究では、この手法で木材切削現象やそれに与える加工条件の影響を明らかにすることができた。しかし異方性で脆性を有する材料である木材の切削（破壊）では、現象をひずみや応力を規定する基礎式は、線形力学ではなく破壊力学に基づいていることが望ましい。一連の研究では、切れ刃の先端で生じる割れ破壊について、応力拡大係数（モードI）を用いて解析した事例を示した。さらに加工条件によっては破壊モードをIIやIIIにまで拡大して検討する必要がある。

3. 機械加工研究のトピックス2「工具摩耗」

工具に関する研究については、5論文が抽出され、IWMS25でも3論文が発表される。木材加工の刃物は鋭利な状態が長時間維持されることが求められるが、これまで、摩耗現象の解明に関する研究の他、工具材質や加工条件・加工面の品質に関する研究が幅広く実施されてきた。PBやMDF、ラミネートされた材料や複合材料の加工における摩耗研究については近年より重要になっている。

4. 機械加工研究のトピックス3「表面性状と加工面粗さ」

木材の加工面の性状は、加工方式や加工条件・摩耗などの他に木材の材質によって決まる。また機械加工面は多くの場合、その後の接着、ラミネートや塗装などの仕上げ処理の観点から、その性状が評価される。また二次加工の中でも縁貼り加工などでは優れた加工面が求められる。IWMS25でも3件の発表がある。

5. 機械加工研究のトピックス 4.1 「品質管理と生産システム」

加工の品質管理や、加工面性状の管理に関する研究も重要である。6論文が抽出され、IWMS25でも3論文が発表される。製材を中心とした分野では、木取り、製材効率や製材システム、スキヤングといったテーマがこれまで研究されてきた。

6. 機械加工研究のトピックス 4.2 「品質管理のための非破壊検査」

木材に関する研究開発のジャンルに品質管理のための手法や装置の開発がある。特に天然物由来の材料である木材には、独特の性質とそのバラツキが存在する。外観的な特徴だけでなく、強度や内部欠点などを非破壊で全数検査することも求められる。これらのための技術開発も機械加工との関連性がたかく、木質建材の品質管理、製材用丸太の分別、製品の視覚的等級、材料内部の欠点検出の原理と実践は機械加工技術の一部に位置づけることができる。超音波や音波、振動特性、電磁波、赤外線や近赤外線などを用いた非破壊的な手法の研究開発が盛んである。さらに近年では、対象の識別や判定のためにAI技術のひとつである深層学習を用いた情報処理技術も導入されつつある。文献検索では45論文が抽出され、IWMS25でも関連7論文が発表される。またMokkiten2023でも、AIを用い単板、合板やラミナの検査装置が展示される。

7. Mokkiten 2023 から

1) 日本の木工機械の特徴

日本の木工機械産業の生産規模は約1000億円で、長い歴史をもつ。諸外国の木工機械産業とは少し異なる特徴をもっている。Mokkiten2023でもそれらを見学することができる。

2) 製材機械

現在では、小径の針葉樹丸太を効率よく製材するためにツイン帯鋸盤を主力とする製材機械や搬送装置が発達してきた。またこれらのツイン帯鋸盤には、製材前の丸太形状の自動計測装置とそれに基づく木取りの制御装置が付随していることが多い。

3) 合板機械

木質建材のなかでも古くから合板製造機械が発達してきた。かつては南洋材の大径丸太を輸入して合板を製造することが主流であるが、現在では小径で節の覆い針葉樹丸太を剥き芯が相当細くなるまで剥いて利用している。

4) プレカット機械

年間数十万戸の木造戸建て住宅が建築され、主力となる伝統的な軸組工法の部材を生産する加工機が発達してきた。現在では、住宅の設計から、設計情報に基づき加工機が連動して邸別に部材を生産するシステムが構築されている。

5) 工具と様々な木工機械

日本の伝統的な刃物づくりを背景に、日本にも優れた機械刃物を生産するメーカーがある。鋸、ベニアナイフ、かんなやカッター刃やビット類などの性能向上や新規開発製品が認められる。

8. 今後の展望

木材加工機械や工具は、これまでと同様常に改良や新規な開発が求められる。現在では大学などの研究機関中心の研究から企業における研究・開発が主流になったといえる。しかし、大学はこれらの産業を支える人材育成や基礎的研究を担うことも忘れてはならない。

さらに今後は、これまでのような資源大量消費型の生産システムから、環境や資源の保全を強く意識したものづくりが求められる。より広い視野で、足元の課題に取り組むことが求められる。