

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 竹山 顕

論 文 題 目 木材加工用薄丸のこの振動制御に関する研究

### 論文審査担当者

主 査 名 古 屋 大 学 教 授 土川 覚

委 員 京 都 大 学 教 授 藤井 義久

委 員 名 古 屋 大 学 教 授 山本 浩之

委 員 名 古 屋 大 学 准 教 授 山崎 真理子

委 員 名 古 屋 大 学 准 教 授 稲垣 哲也

## 論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

丸のこは、木材および木質材料の加工に広く用いられている工具であるが、薄い円板状であるため、その面外方向に変形しやすい性質をもつ。丸のこの振動や騒音の抑制技術開発は木材加工の分野でも重要課題として位置付けられており、これまでも多くの研究が報告されている。しかしながら、台金（丸のこ円板部）に振動抑制機能が施されたものであっても、円板外周に配列された数十個のこの歯の厚さを薄くして加工歩留まり向上や切りくず削減を企むと、丸のこ外周部（歯部）のみが高次の振動形態（歯部振動状態）となり、加工表面に想定外の凹凸が生じる。その発生理論や抑制方法については未解決のままであり、早急の対応が渴望されている。また、木材加工現場では、丸のこは周速 3000-5000 m/min の高速で使用されるため、安全対策として保護カバーが取り付けられているが、空転時の騒音が 100 dB を超える場合があり、工具（丸のこ）と保護具（カバー）の相互作用を考慮して作業環境下の振動・騒音状況を解明する必要がある。

本論文では、上記の諸問題を解決するために、有限要素法に基づく理論考察とこれに基づく系統的な実験を行い、新たな木材加工用薄丸のこを試作するとともに、丸のこカバー内の空気共鳴現象を詳細に考察した。

第 1 章では、本研究の背景および既往の研究について詳述し、解決すべき問題点と目的が記されている。

第 2 章では、丸のこ歯部振動に関する理論的考察について論述されている。(1) 丸のこの高次振動モードは歯部が無い円板とは異なり、歯部の数（歯数）に依存して低周波数に収束する。また、台金の厚みが薄い丸のこにおいては、振動モードはさらに低周波側に移動し、歯数が比較的少ない縦挽き用丸のこにおいては、実用回転数におけるこの歯の被削材通過周波数によって高次振動モードが励起された。(2) 有限要素法によるモード解析によって確認した歯部振動は、歯数の 2 分の 1 の節直径数を持つ振動モードであった。粘弾性樹脂を注入した内部スリットを設けた台金部はほとんど振動しないが、これに関係なく歯部のみが振動するため、内部スリットによる振動抑制効果が発揮されない。(3) 歯部振動モードの形態から、振動発生時に木材切削面に現れる切削痕紋様（トゥースマークパターン）を推定し、切削実験によってその妥当性を確認した。

第 3 章では、丸のこ歯部振動に関する実験的考察について論述されている。(1) 歯部深さを大きくすることで歯部振動は、低周波数側に移動した。これにより、歯部振動発生の回転数範囲を制御できることが明らかになった。(2) 歯部のピッチ配列を不規則にすることで歯部振動の発生領域は狭隘化し、また、隣接する歯部のピッチの差を大きくすると歯部振動が抑制された。以上により、ピッチ配列の不規則化が歯部振動の継続抑制に有用であることを実験的に明らかにした。

## 論文審査の結果の要旨

## 別紙 1 - 2

第4章では、前章までの理論解析と系統的な実験結果を基盤として、歯部振動を抑制しうる薄丸のこを設計し、その切削性能が検討された。1) 台金上を円周方向に進行する振動波の周波数をのこ歯の被削材通過周波数で除した端数値  $j$  が 0.5-1.0 以内の場合には、のこ歯側縁からの力によって再生びり型の自励振動である歯部振動が発生すること、2) 節直径数が歯数の半分である歯部振動モードの前進波振動が励起される場合、振動周波数は、のこ歯の被削材通過周波数よりも常に小さくなること、3) 歯部振動をすべての回転数で抑制するためには、歯部深さおよびピッチ配列によって端数値  $j$  が 0-0.5 の範囲のものを含むようにすることが設計の要点になることを明らかにした。これにより、通常の丸のこよりも台金の厚さを 0.5mm、のこ歯の厚さを 1mm 低減させても、歯部振動を完全に抑制しうる薄丸のこを作成することに成功した。

第5章では、丸のこのカバー内共鳴についての理論的検討と一連の実験結果が述べられている。(1) 丸のこカバー内共鳴音周波数は、カバーを取り付けない場合の風切り音のピーク周波数と一致した。(2) アクリル製丸のこの共鳴音周波数は、鉄製丸のこのそれと同じであった。このことから、丸のこ形状に起因する空気渦が共鳴音の励起周波数であることが裏付けられた。(3) カバーを取り付けた状態で丸のこを空転させた場合に発生する共鳴音周波数は、丸のこカバー間の空気音圧モードと一致した。以上により、空気渦とカバー内空気の共鳴による騒音が存在することが初めて明らかになった。

以上のように本研究では、木材加工用丸のこの歯部で発生する高次の振動形態である歯部振動の発生機構とその抑制手段を理論的かつ実験的に明らかにし、これにより、通常の丸のこよりも台金（丸のこ円板部）の厚さを 0.5mm、のこ歯の厚さを 1mm 低減させても、歯部振動を完全に抑制しうる薄丸のこを作成することに成功した。また、木材加工時の安全対策として取り付けられている丸のこカバーの振動解析を系統的に行い、空気渦とカバー内空気の共鳴による騒音が存在することを初めて明らかにした。これらの理論解析と実験により、木材加工に関わる環境負荷の低減に資する新たな知見を見出した業績は顕著であり、本審査委員会は、本論文の内容が博士（農学）の学位論文として十分に価値あるものとして認め、合格と判定した。