

NCルータによる木材加工製品の生産技術の高度化に関する研究 —ルータビットによる県産木材の加工面性状について—

有賀 康 弘*、浪 崎 安 治*、横 澤 忠 志**、高 橋 民 雄*

Machined Surface of Wood with Router Bit

ARUGA Yasuhiro*, NAMIZAKI Yasuji*, YOKOZAWA Tadashi**, TAKAHASHI Tamio*

岩手県内の木材加工製品に広く利用されている樹種であるスギ、アカマツ、セン、ブナについて、NCルータとルータビットによって欠点の少ない加工面を得るための条件を把握することを目的に切削実験を行い、加工条件（木材の繊維傾斜角、上向き切削、下向き切削の切削方向、ルータビットの回転数、送り速度）を変化させたときの切削面性状の観察、比較を行った。

Keyword：地場産 NCルータ ルータビット 加工面性状 スギ アカマツ セン ブナ

1 緒 言

岩手県の木材加工に関わる企業においても需要の多様化、高度化に対応するための生産性の向上、あるいは熟練技術者不足への対応や労働環境の改善のために、生産の省力化、自動化等の関心が高くなっており、NC加工機の導入も増えつつある。

しかし、木材は異方性材料であり、繊維直行方向と繊維平行方向でその材料特性は大いに異なる。例えば縦挽きのこや横挽きのこのように加工方向によって切削条件を変える必要がある。また、樹種のちがいが、あるいは同一樹種間においても材質のばらつきが大きく、さらに不均質性を助長する要因も多い。これらが切削加工の自動化を困難にする要因となっている。

本報は、NCルータとルータビットによって岩手県産木材の切削実験を行い、ルータビットによる適性切削条件を把握することを目的とした研究について記す。

1-2 ルータビットによる木材切削

切削方向と木材の繊維方向の関係は図1（1のように3つの繊維方向角度で示される。すなわち切削方向に平行で切削面に垂直な面（縦断面）において切削面と繊維方向のなす角度（繊維傾斜角： ψ_1 ）、切削面において繊維方向と切削方向のなす角度（木理斜交角： ψ_2 ）、および切削方向と切削面に直角な断面（横断面）において切削面と年輪の接線方向のなす角度（年輪接触角： ψ_3 ）である。

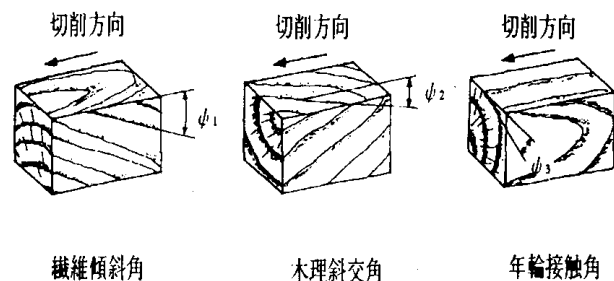


図1 切削方向と繊維方向の角度

繊維傾斜角が 0° を除く 90° 以下のときを順目切削、 90° 以上 180° 以下のときを逆目切削と呼ぶ。木理斜交角が 90° のとき横切削となり、年輪接触角が 0° 、 90° の場合それぞれ切削面が板目面、柁目面となる。

かんな盤や複軸面取り盤などによる木材切削では、被削材の送り方向が繊維方向に対して適切になるように加工することで順目切削が行われ、逆目ほれ等の欠点の少ない良好な切削面が得られる。

しかし、NCルータによる木材切削ではルータビットの回転が一方向であることから、加工形状によって切削面の繊維傾斜角が刻々と変化するため逆目切削が避けられず切削面の不良を生じやすい。このほか、切削面の性状は上向き切削、下向き切削の切削方向、刃物の送り速度、切削深さなどに影響される。図2にNCルータ、ルータビットによる木材切削の特性図を示す。

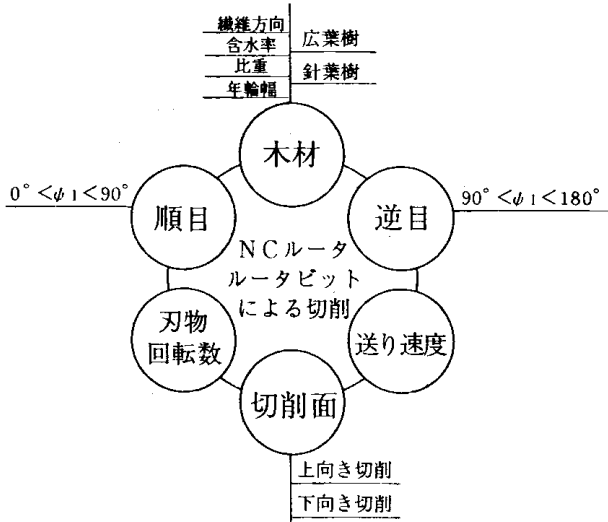


図2 NCルータによる木材切削の特性図

2 研究方法

2-1 供試材

実験に供した樹種は針葉樹2種類、広葉樹2種類でそれぞれ岩手県産材である。針葉樹は、アカマツとスギ、広葉樹は、環孔材としてセン（ハリギリ）、散孔材としてブナを選定した。供試材は含水率を約10%に調湿した後に20mm×150mm×500mmの柁目板として木取り、試験片とした。各供試材の基本的性質を表1に示す。

表1 供試材の基本的性質

供試材	含水率(%)	比 重	平均年輪幅
アカマツ	10.1	0.57	3.04mm
スギ	9.7	0.33	4.05mm
セン	10.6	0.45	1.36mm
ブナ	10.5	0.63	1.76mm

2-2 研究条件

前述のように、切削面性状に影響を及ぼす諸条件に工具条件、被削材条件、切削条件などがある。

ここでは、工具条件（刃物条件）を一定とし、被削材条件と切削条件を変化させた場合について実験を行った。

1) 被削材条件

繊維傾斜角が異なるときの切削面性状。

2) 切削条件

刃物（ルータビット）回転数、刃物の送り速度が異なるときの切削面性状。

これらの条件の組み合わせを表2に、工具条件を表3に示す。また、試験片に対するツールパスは図3のように設定した。

表2 実験条件

繊維傾斜角 ψ_1	刃物回転数 S	刃物の送り速度 F
0°	5,000rpm	3,000mm/min
45°	10,000rpm	6,000mm/min
90°	15,000rpm	9,000mm/min

表3 工具（刃物形状）

二枚刃ストレートビット・直径10mm

刃先角	60°
すくい角	12°
逃げ角	18°
切削角	78°

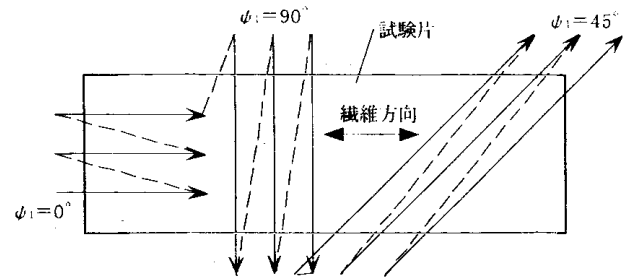


図3 ツールパス

3 結果および考察

3-1 切削面性状の評価

一般に加工面の良否は粗さ（表面形状）と表面層の性質（加工変質層の状態）で定められる。すなわち切削面が美しく滑らかで、切削後の表面状態が安定していることが良い加工面といえる。ただし木材表面の粗さは金属等のように幾何学的に算出される表面粗さだけでは表現し得ない。木材の場合、表面粗さは幾何学的粗さと、道管、放射組織などが持つ細胞内腔や切削された繊維の凹凸に基づく組織粗さより構成され、さらに表面粗さ以外に加工面が持つ通直木理、年輪、杻などの木理模様や節による視覚効果も評価に加味されることがある。

幾何学的な粗さは被削材に残る刃痕の大小で表すことができる。かんな盤やルータビットのような回転刃物の刃痕をナイフマークと呼ぶ。主軸の回転数をN、送り速度をF、軸に取り付けられた刃数をCとすると、ナイフマークの幅(e)は次式で表される⁽²⁾。これは1刃当たりの送り量(f)に等しい。

$$e = F / NC$$

今回の実験条件によるナイフマークの幅は表4のとおりである。ただし、実際の切削面には前述のように被削材（木材）の材質の影響が大きく現われる。材質

的な粗さは、むしろ、毛羽立ち、つぶれなどの大きな加工変質層として見られる。

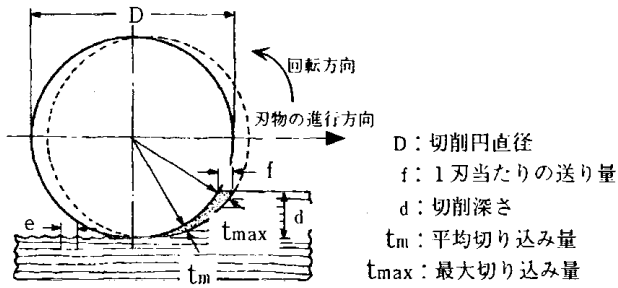


図4 回転削りとナイフマーク

表4 ナイフマークの幅

送り速度	刃物回転数	ナイフマークの幅
3,000mm/min	5,000rpm	0.30mm
	10,000rpm	0.15mm
	15,000rpm	0.10mm
6,000mm/min	5,000rpm	0.60mm
	10,000rpm	0.30mm
	15,000rpm	0.20mm
9,000mm/min	5,000rpm	0.90mm
	10,000rpm	0.45mm
	15,000rpm	0.30mm

実験後、カラーマイクロスコープ（スカラ製 VMS3000）によって試験片の切削面を拡大して観察を行った。

NCルータとルータビットによる切削加工では、上向き切削と下向き切削の2つの切削が同時に行われる。以下、3種類の繊維傾斜角における上向き切削と下向き切削の切削面性状について比較する。

3-2 繊維傾斜角と切削面性状

3-2-1 繊維傾斜角0°における切削面性状

繊維傾斜角0°のときの切削面は4樹種とも送り速度が一定の場合、主軸回転数が増大するにしたがって上向き切削、下向き切削ともに粗さが減少する（写真1、2）。これは1刃当たりの送り量が減少したことによるものでナイフマークが明らかに観察される。また、切削面に大きな加工変質層は認められない。

3-2-2 繊維傾斜角45°における切削面性状

繊維傾斜角45°のとき、すべての切削面の表層の組織はルータビットの移動方向に変形している。

1) スギ

スギは、上向き切削のとき、下向き切削のときに比べて粗さが大きい（写真3、4）。また、送

り速度が一定のとき、主軸回転数が低いほどこの傾向が顕著であり、送り速度9,000mm/min、主軸回転数5,000rpmの切削条件のときには目離れ、あるいは目ぼれが認められる。

上向き切削では、いずれの切削条件でも毛羽立ちが早材部に認められる。送り速度が大きくなるにつれて、早材部から晩材部へ刃先が移動する部分で早材部の毛羽立ちが著しい（写真5）。

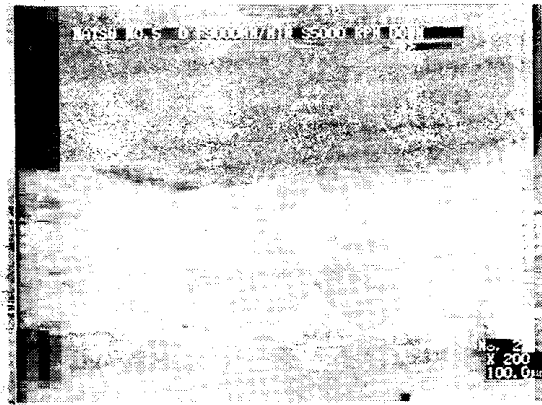


写真1

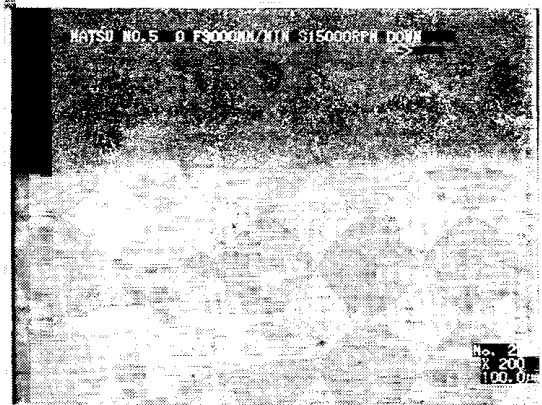


写真2



写真3

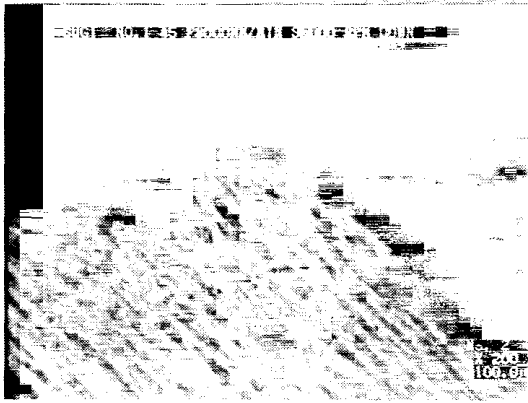


写真4

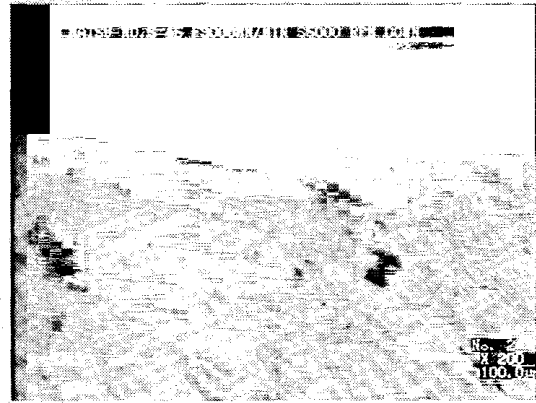


写真6

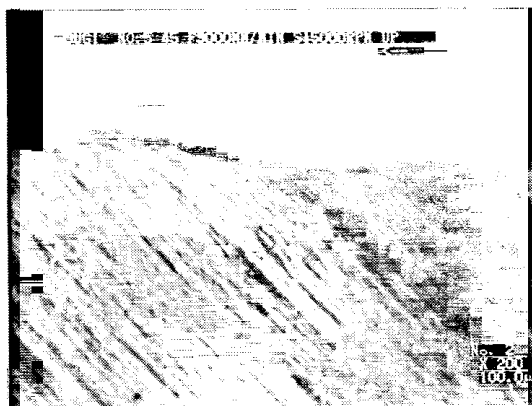


写真5

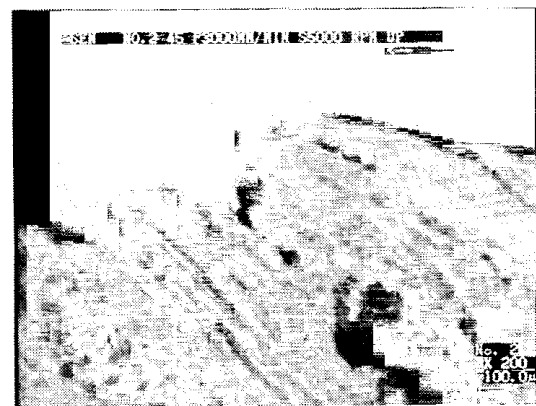


写真7

2) アカマツ

アカマツはスギと同様に上向き切削、下向き切削とも早材部に毛羽立ちが認められる。スギに比べ毛羽立ちが小さいのは比重、平均年輪幅の違いが影響していると考えられる。また、送り速度9,000mm/min、主軸回転数5,000rpmかつ下向き切削のとき目離れが発生しているが、スギに比べて多くない(写真6)。

3) セン

センは上向き切削、下向き切削いずれのときも切削面に道管が現われる部分に大きな加工変質が現れている(写真7)。これはセンの道管径が他の環孔材に比べて大きく、波状配列となっているため道管の空腔が切削面に現れやすく、このときに道管壁のむしれ、つぶれなどが発生すると考えられる。刃物の摩耗が進めばより顕著に現われると推測される。

4) ブナ

ブナはセンとは異なり道管は散孔をなしており、早材部と晩材部も明確に区別できない。道管径もセンより小さいため道管が切削面の粗さに与える大きな影響は認められない。

3-2-3 繊維傾斜角90°における切削面性状

切削面の表層の組織は刃物の移動方向に変形しており、これは繊維傾斜角45°のときと同様である。この切削では繊維方向に対して刃物が直角に進み繊維を分断しながら切削を行うので、切屑の生成形態は横断面のかんな削りに見られるような「むしれ型」になるものと推測される。

1) スギ

スギは、送り速度が一定のとき刃物回転数が低いほど上向き切削、下向き切削ともに切削面にむしれ、目離れが認められる(写真8、9)。しかし、送り速度3,000mm/min、刃物回転数15,000rpmの切削条件のときでは他の条件に比べて切削面のむしれはほとんど見られない。

2) アカマツ

アカマツはスギと同様に送り速度が一定のとき刃物回転数が低いほど切削面にむしれが多く見られる(写真10)。また、主軸回転数が一定のとき送り速度が早いほど切削面のむしれがより多く認められる。同一条件のスギの切削面に比べ、むしれが少ないのは比重、平均年輪幅の違いが影響していると考えられる。

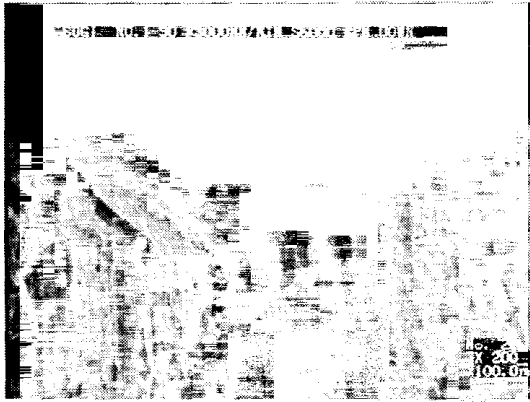


写真8

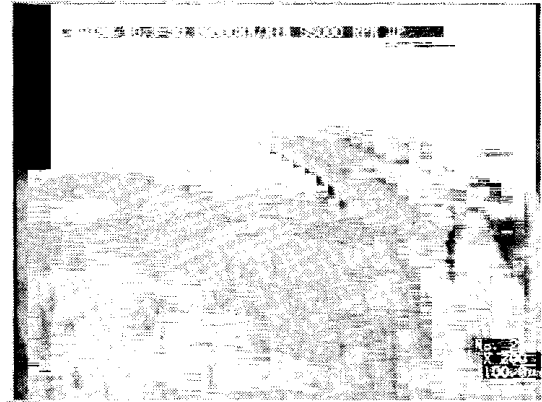


写真10

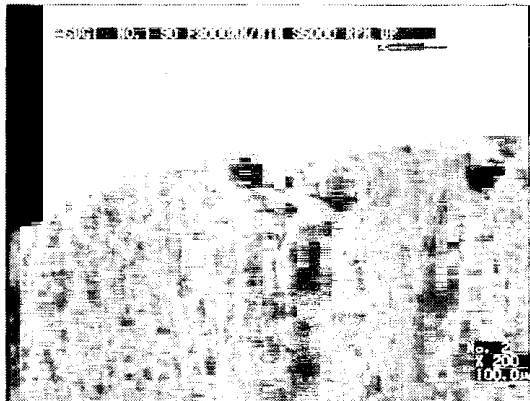


写真9



写真11

3) セン

センは送り速度が一定のとき、主軸回転数が低いほど上向き切削、下向き切削のいずれの場合も切削面のむしれが認められる(写真11)。また、繊維傾斜角45°の場合と同様に切削面に現れた道管が切削面性状に大きく影響していると考えられる。

4) ブナ

ブナは道管が散孔配列となっており、他の被削材に比べ早材部と晩材部を明確に区別し難い。切削面のむしれはあまり認められず、毛羽立ちが認められる(写真12)。これは他の材料に比べ比重が大きいことが影響していると考えられる。



写真12

4 結 言

一般にNCルータとルータビットによる加工はほとんどが成形加工である。このときの切削加工では塗装前の最終工程となし得るほどのできるだけ欠点の少ない仕上げ面(切削面)を得ることが不可欠であり、次工程の研磨仕上げは毛羽とり程度の修正であることが望ましく、研磨工程に成形仕上げ(切削あるいは研削加工)を持ち込むことは避けなければならない。

ここではルータビットによる県産木材の切削面性状について限られた条件ではあるが切削加工実験と切削面の観察、比較を行った。その結果、繊維傾斜角、切削方向、ルータビットの回転数、送り速度が木材の切削面性状に与える影響について、次の知見を得た。

- 1) 繊維傾斜角45°、90°では、切削面の表層に加工変質層が形成される。
- 2) 繊維傾斜角0°、45°では、下向き切削より上向き切

削の方が切削面性状が良い。

- 3) 刃物の送り速度が一定のとき、刃物の回転数が高いほど切削面性状が良い。
- 4) 刃物の回転数が一定のとき、刃物の送り速度が速いほど切削面性状が悪い。
- 5) 同一被削材(同一樹種)においては、早材部より晩材部の方が切削面性状が良い。
- 6) 環孔材と散孔材の比較では、散孔材の切削面性状の方が良い。

以上のことから、加工現場においてNCルータとルータビットによる木材加工を行う場合、繊維傾斜角が0°あるいは45°となる切削加工では加工面が上向き切削となることが望ましく、繊維傾斜角が90°のときには刃物回転数を高くすることがより滑らかで美しい加工面を得るための切削条件となる。

参考文献

- (1) 田中、喜多山：木材科学講座6，切削加工，海青社(1992)
- (2) 宮崎，他：木材の性質と加工，開隆堂(1993)
- (3) 吉松，野田，花岡：野田茂先生定年退職記念論文集，pp.218-230(1994)
- (4) 吉松：木材のNC加工の基礎と活用(1991)
- (5) 喜多山，他：木材の加工，文永堂(1991)
- (6) 林業試験場編：木材工業ハンドブック，丸善(1982)
- (7) 浅野，編集：木材の辞典，朝倉書店(1982)
- (8) 剣持，他：家具の辞典，朝倉書店(1990)
- (9) 木下直治：砥粒加工学会誌，VOL1，No.5，pp.276-277
- (10) 木下，他：第8回木材加工卒業研究合同発表会講演要旨集 pp.26-27(1974)
- (11) 佐伯：木材の構造，日本林業技術協会(1982)
- (12) 青柳：NCルータの機能と特徴・用途と活用技術(1994)
- (13) 有賀：岩手県工業試験場報告，No.35(1993)