



Title	チェンソー切削装置内部の摩擦抵抗について
Author(s)	孔, 徳剛; Kong, Degang; 湊, 克之 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 17(4), 499-504
Issue Date	1991-10-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12142
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(4)_p499-504.pdf



チェーンソー切削装置内部の摩擦抵抗について

孔 徳剛・湊 克之*・寺尾日出男

(北海道大学農学部農業工学科農業原動機学講座)

(*北海道大学農学部附属演習林)

(平成3年6月29日受理)

Studies on the Frictional Resistance to Cutting Device of Chainsaws

Degang KONG, Katsuyuki MINATO* and Hideo TERAO

(Agricultural Prime Mover, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

(* College Experiment Forests, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

I. はじめに

中国東北地方の伐木造材作業中ではチェーンソーが広く使われているが、極寒という使用環境条件の理由から、時々ソーチェンが引切られることがある。これは作業員を困らせるばかりでなく、機械化作業工期にも大きな影響を及ぼす。これまでの調査によると、ソーチェンが引切られた位置はすべてサイドリンクの底部の摩擦損された所にあることを見つけた。それは、ソーチェン、案内板、ソーチェン張り装置、チェンカバーなどから構成されている切削装置で木材を鋸断する場合、切込み抵抗(鋸断される木材がソーチェンを通じて案内板に作用する背分力⁽¹⁾)と切削速度(ソーチェンと案内板あるいは鋸断される木材の相対運動速度)が存在することによって、ソーチェンと案内板の間に摩擦抵抗を生じさせることになる。さらにその摩擦抵抗の作用によって、ソーチェンのサイドリンクの下部が摩擦損する。その強度が低下して引切られたものと判定された。それで、チェーンソーによる作業効率や耐用年数を高めるための一つの方法として、切削装置内部の摩擦抵抗をできるだけ少なくすることが考えられる。そのため、切削装置内部に生じる摩擦抵抗を測定・分析し、その結果から摩擦抵抗が少なくして済む方策を検討することにした。

チェーンソーが伐木造材の作業に応用させて以来、チェーンソー切削装置についてのさまざまな研究成果が報告されている。例えば、寺尾のソーチェンの木材鋸断時における切削抵抗特性に関する研究⁽¹⁾や林のチェーンソー切削状態に関する研究⁽²⁾を挙げることができる。しかし、これらの研究は、切削装置全体を一つの鋸として、木材を鋸断する切削装置全体の鋸断性能を研究したものであり、これまで切削装置内部の摩擦抵抗についての報告はなされていない。それで切削装置内部の摩擦抵抗を測定する実験装置を作製し、その装置での測定の結果によって、ソーチェンの切削速度および切り込み抵抗の変化に伴う切削装置内部の摩擦抵抗を検討し、切り込み抵抗と切削速度が切削装置の摩擦抵抗にどのような影響を与えるのかを明らかにした。

なお、測定に関しては、東北林業大学の王 徳惠教授(中国)ならびに王 多緒教授(中国)に多くの指導を受けた。ここに深謝の意を呈する。また測定結果の計算に北海道大学大型計算機センターを利用した。

II. 測定装置

切削装置内部の摩擦抵抗の測定は1987年、筆者の一人孔 徳剛が東北林業大学林業機械研究室で1984年に作成した装置を使用して行った。その装

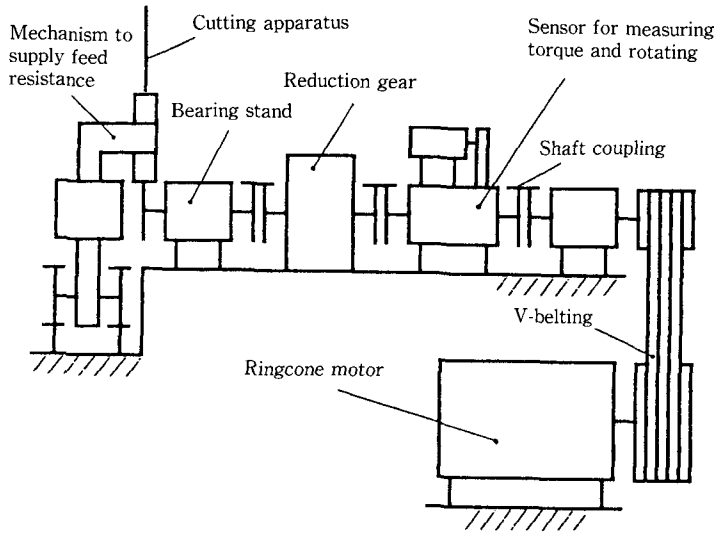


Fig. 1. Principle of mechanism for driving a saw-chain unit.

置は主として、ソーチェンの駆動機構と切込み抵抗機構、および摩擦抵抗測定系統から成っている。以下、その装置について説明する。

A. ソーチェンの駆動機構

図1は、ソーチェンを駆動する伝達機構図である。動力源としてはリングコーンモーター（出力3.5 kw）を用い、0~2,400 rpmの回転速度の範囲で無段階に調節することができる。リングコーンモーターとソーチェンを駆動させるスプロケット軸との間に、Vベルトと歯車変速機を増速機として介在させる。Vベルト変速機と歯車変速機の変速比は、それぞれ1:2で、したがってソーチェンの駆動スプロケットの回転速度範囲は0~9,600 rpmとなる。駆動スプロケットのピッチ円直径と回転速度によって得られるソーチェンの切削速度は次式(1)で計算できる。

$$V = d \cdot n \cdot \pi / 60 \quad (1)$$

ただし、V: 切削速度 [m/s], d: スプロケットのピッチ円直径 [m], n: 回転速度 [rpm]

用いられたスプロケットのピッチ円直径は52.6 mmであるので、スプロケットの回転速度の範囲0~9,600 rpmに応じて、(1)式からソーチェンの切削速度Vの範囲は0~26 m/sとなる。現在、用いられているほとんどのチェンソーの切削速度は20 m/s以下であるので、この装置で十分と判定された。

B. 切込み抵抗機構

種々の条件の切込み抵抗で摩擦抵抗を測定できるように設計した。図2に、その切込み抵抗機構の原理を示す。ソーチェンの木材鋸断時と同じような切削状態になるように、すなわち、ソーチェンに切削抵抗の作用を受けさせないで、かつ、通常木材鋸断時に木材がソーチェンと接触すると思われる位置に、4個の玉軸受を、木材の代わりにソーチェンに作用するようにした。本図中に示すように、4個の玉軸受は接触長が200 mmの範囲で等間隔に並べられている。また、ソーチェンと玉軸受との接触による衝撃や振動を減少させて測定精度を高めるために、ソーチェンの切歯をグラインダーで切除した。このようにして、玉軸受の摩擦トルクを非常に小さくすることにより、ソーチェンに生じる切削抵抗を非常に小さくすることができる。このようにすれば、この切込み抵抗機構に外部から加えた推力と同値の切り込み抵抗による摩擦抵抗を検出することが可能となると考えられる。

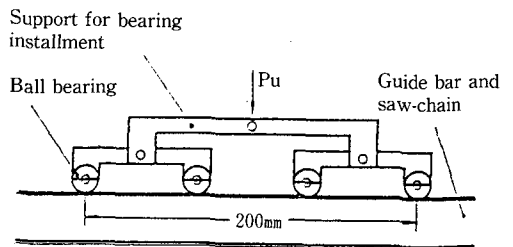


Fig. 2. Mechanism to supply feed resistance.

C. 摩擦抵抗の測定系統

摩擦抵抗の測定系統は、トルクピックアップと回転速度ピックアップ、トルク測定器と回転速度測定器などから構成されている。図1に示すように、トルクピックアップと回転速度ピックアップがコーンモーターの出力軸とソーチェンの駆動スプロケット軸の間に設置されているので、トルク測定器と回転速度測定器で検出することができる。測定には、ソーチェンは案内板の長さ550 mm、10.26 mmピッチの西ドイツSTIHL社製のソーチェンを使用した。

III. 測定の方法

A. 測定原理

摩擦モーメントの測定原理は、リングコーンモーターの回転によって伝達機構を通じて駆動スプロケット軸を回転させると同時に、ソーチェンも駆動スプロケットから駆動されて案内板を回転することになる。次に、切込み抵抗機構に推力を加えることにより、リングコーンモーターとスプロケット軸の中間につけられたトルクと回転速度ピックアップからの出力信号は、トルクと回転速度測定器に入力され、増幅して記録される。リングコーンモーターの回転速度を変化させることにより、種々の回転速度における切込み抵抗機構の推力を変化させることができる。このようにして、切削速度と切込み抵抗の様々な組合せでの摩擦モーメントの測定が可能となる。

B. 測定方法

摩擦モーメントの測定は、まずソーチェンを取り

つけない状態で、種々の回転速度での、ピックアップの出力軸からスプロケット軸にかかる摩擦モーメント M_0 を測定する。次に、ソーチェンを設置した状態で所要の切削速度を出現させておき、この状態のソーチェンへ切り込み抵抗機構から推力を加える。この時、トルクと回転速度測定器からピックアップ軸の回転モーメント M を測定する。

C. 摩擦抵抗の計算

摩擦抵抗は、駆動スプロケットの直径、ピックアップ軸とスプロケット軸の速度比から(2)式のよう

$$P_m = 2(M - M_0) / d \cdot i \quad (2)$$

ただし、 P_m ：摩擦抵抗 [kgf]、 M ：負荷時の回転モーメント [kgf・m]、 M_0 ：無負荷時の回転モーメント [kgf・m]、 d ：駆動スプロケットのピッチ円直径 [m]、 i ：ピックアップ軸とスプロケット軸の速度比

IV. 結果及び考察

A. 摩擦抵抗と切込み抵抗の関係

切込み抵抗と摩擦抵抗の測定結果を表1に示す。この測定結果から、切込み抵抗から摩擦抵抗を推定する直線回帰式を誘導した。図3は各種の切込み抵抗から得られた摩擦抵抗との回帰図である。直線回帰のそれぞれの回帰係数については、表2に示し、いずれも5%水準の危険率で有意となった。本図から、測定した切削速度の範囲では、摩擦抵抗は切込み抵抗の増加に伴い、それと正比例して増加することが認められる。この結果から切込み抵抗が摩擦抵抗に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

Table 1. Measurement results of frictional resistance

Cutting speed [m/s]	Feed resistance [kgf]							
	0	2.5	5	10	15	20	25	30
2	0.15	1.29	1.89	2.51	3.12	3.81	4.33	4.64
4	0.11	1.06	1.65	2.15	2.70	3.25	4.06	4.30
6	0.16	0.99	1.54	1.95	2.52	3.18	4.01	4.16
8	0.20	1.03	1.53	1.95	2.60	3.26	4.09	4.37
10	0.31	1.12	1.72	2.07	2.69	3.56	4.37	4.69
12	0.41	1.20	1.76	2.16	2.95	3.91	4.85	5.25
14	0.57	1.29	1.93	2.41	3.09	4.55	5.41	5.94
16	0.93	1.47	2.03	2.49	3.36	4.94	5.95	6.45
18	1.14	1.61	2.20	2.67	3.44	5.39	6.14	6.82
20	1.40	2.01	2.37	3.09	3.64	5.75	6.53	7.28

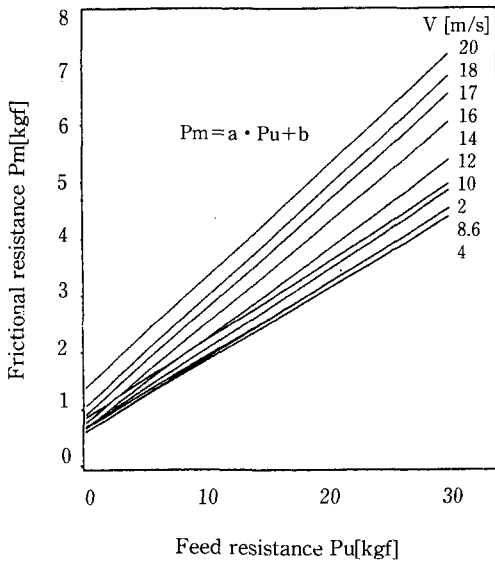


Fig. 3. Equilibrium of frictional resistance and feed resistance.

B. 摩擦抵抗と切削速度の関係

図4は、表1のデータの切込み抵抗の値別に、摩擦抵抗と切削速度の関係を表わしたものである。この関係は非線形回帰となった。これらの回帰係数は、表2に示し、いずれも5%以下の危険率で有意となった。本図4に示したように、おのおのの切込み抵抗に対して切削速度が摩擦抵抗にも影響を及ぼしているが、その影響の程度は切込み抵抗によって異なっている。一番下の曲線は切込み抵抗を加えない場合の摩擦抵抗と切削速度の回帰曲線である。これはスプロケットがソーチェンを駆動するトルク及

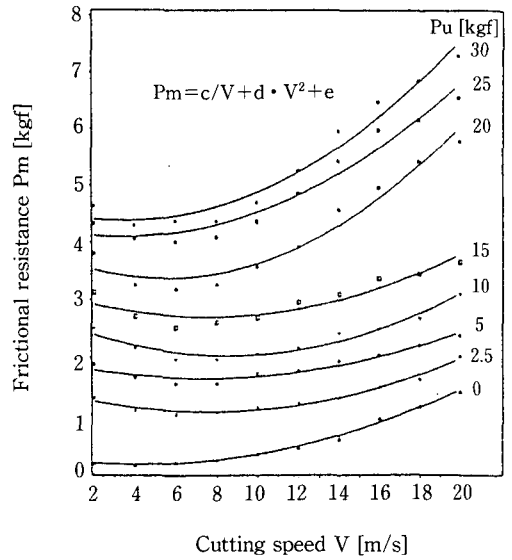


Fig. 4. Equilibrium of frictional resistance and cutting speed.

びソーチェンと案内板の摩擦抵抗が重ね合わされて作用した結果であると判定される。その曲線の形から、切削速度が2-10 m/sの範囲では摩擦抵抗の変化は大きくなく、10-20 m/sの範囲では大きくなっていることが認められる。このことは、ソーチェンは多角形状のスプロケットに噛み合っているため、切削速度の増大に伴って振動も増大することになり、そしてソーチェンがスプロケットにかみあう結合部における摩擦も多く発生する⁽³⁾ことになる。この摩擦抵抗とソーチェン張力によるソーチェンと案内板の摩擦抵抗とが合わさって作用すること

Table 2. Regression coefficients of frictional resistance

V	Linear regression coefficient between frictional resistance and feed resistance		Pu	Curve regression coefficient between frictional resistance and cutting speed		
	a	b		C	d	e
2	0.139	0.85	0	0.67	0.004	-0.17
4	0.131	0.65	2.5	1.24	0.003	0.67
6	0.128	0.59	5	1.16	0.003	1.29
8	0.133	0.59	10	2.01	0.004	1.51
10	0.141	0.67	15	1.81	0.004	2.18
12	0.158	0.69	20	2.40	0.008	2.54
14	0.178	0.75	25	1.41	0.008	3.57
16	0.190	0.90	30	1.74	0.009	3.69
18	0.195	1.04				
20	0.197	1.38				

によって、スプロケット軸トルクが急に増大したためであると思われる。

また、他の7種類の回帰曲線から切込み抵抗が大きければ大きいほど、切削速度が摩擦抵抗に与える影響が大きいことが認められる。切込み抵抗がそれぞれ30, 25, 20 kgfの場合は、切削速度の増加に伴って急速に増大している。このような現象が起こるのは、切込み抵抗が大きすぎることによってソーチェンと案内板の間の摩擦抵抗が大きくなったことに加え、さらにその摩擦抵抗の増大によってスプロケットがソーチェンを駆動するトルクもまた増大させられているためであると考えられる。逆に、切込み抵抗が15, 10, 5および2.5 kgfと比較的小さい場合には、切削速度が2-20 m/sの範囲内での変化は大きくない。もし、摩擦抵抗が小さく、かつ切削速度の増加に伴った変化も大きくない範囲内に納まる切込み抵抗で伐木造材作業を行えば、作業の工期からみても、チェーンソーの耐用年数からみても効率的な使用法と考えられる。

C. チェンソーに適当な鋸断面積速度

上述した結果は摩擦抵抗が小さく、かつ切削速度による変化も大きくないという点から、切込み抵抗を15 kgf以下の範囲にとどめることが適当であるとの判定が得られたものである。しかし、切込み抵抗を数値で表現するだけでは実際の伐木造材作業に結び付きにくい。そのために、切込み抵抗を鋸断面積速度⁽⁴⁾に換算して表現した方が判定しやしい。もし、切削速度を16 m/s、チェーンソーの出力を5 PS (排気量 80 cc クラス)、切込み抵抗を10 kgfとすれば、鋸断面積速度は次式(3)によって計算でき

る^(5,6)。

$$S = 10 P \cdot V / K \cdot b \tag{3}$$

ただし、S：鋸断面積速度 [cm²/s], P：切削抵抗 [kgf], V：切削速度 [m/s] K：比切削抵抗 [kgf/mm²], b：鋸断の幅 [mm]

換算された幾つかの樹種の鋸断面積速度を表3に示す。5 PS (80 cc クラス)のチェーンソーに対して鋸断面積速度を表4中の数値以下にとどめるのは適当であると認められる。その数値によって、上述条件下の不同樹種丸太材の鋸断時間を計算できる。例えば、直径45 cmのシラカンバ、カラマツ、アカマツの丸太材の鋸断時間はそれぞれ16.7, 12.5, 9.3秒である。それで表4の数値は実際の伐木作業の参考になると考えられる。

D. 摩擦抵抗と切削抵抗の比較

表4のデータは切削速度16 m/s、ピッチ10.26 mmの西独製のSTIHLソーチェンと同一案内板を採用した条件の下で得たものである⁽⁷⁾。表2から切込み抵抗が10-30 kgの範囲で、摩擦抵抗は平均にして切削抵抗の11%以上を、切込み抵抗が2.5 kgf, 5 kgfの場合でそれぞれ23.0%, 16.4%を占めていることが見られる。このことは、木材を鋸断する作業では、少なくともソーチェンに供給した力の10%以上が摩擦抵抗に使われることを明らかにした。このように摩擦抵抗は、ソーチェンの鋸断に使われる有効出力を減少させ、ひいては作業工期の低下につながる要因ともなっている。

V. おわりに

本研究はチェーンソーにとって最も重要な切削装置

Table 3. Cutting area velocity of a chian-saw

Tree species	Poplar	Red pine	White fir	Larch	Walnut	White birch	Elm
Cutting area velocity [cm ² /s]	182.6	171.2	150.9	127.6	100.9	95.4	92.1

Table 4. Comparison between cutting resistance and frictional resistance

Feed resistance	[kgf]	2.5	5	10	15	20	25	30
Cutting resistance	[kgf]	6.50	12.35	23.07	32.50	40.60	47.52	53.09
Frictional resistance	[kgf]	1.49	2.02	2.53	3.24	4.79	5.69	6.20
Cutting power	[PS]	1.39	2.63	4.92	6.93	8.67	10.14	11.32
Frictional power	[PS]	0.32	0.43	0.50	0.69	1.02	1.21	1.32
Frictional resistance/ Cutting resistance	[%]	23.0	16.4	11.0	9.9	11.8	11.9	11.7

である摩擦抵抗が、切削速度および切込み抵抗とどのような関係にあるかを検討したものである。得られた結果を要約すると、以下ようになる。

A. 2—20 m/sの切削速度範囲では、摩擦抵抗は切込み抵抗の増加に伴って、直線的に増大し、切込み抵抗は摩擦抵抗に大きな影響を及ぼしていることが認められた。

B. 切削速度は、切込み抵抗の大きさによって摩擦抵抗に異なる影響を及ぼす。切込み抵抗が20, 25, 30 kgfの場合、摩擦抵抗は切削速度の増加以上に増大する傾向がある。しかし切込み抵抗が2.5, 5, 10, 15 kgfと小さい場合は、摩擦抵抗は切削速度の増加よりも少ない。このことは、ソーチェーンに供給した力を鋸断力に効率よく利用するためには、チェーンの切り込み抵抗が2.5—15 kgfの範囲で使用されるのが妥当と考えられる。

C. 80 cc クラス(5 PS程度)のチェーンソーで伐木造材作業を行う場合、10 kgfの切込み抵抗に対応して、表3に鋸断面積速度の範囲を示した。本表は実際の伐木作業の参考になると考えられる。

D. 切削速度を高めるのは、伐木造材作業の工期を向上させるのに有効な方策の一つではあるが、摩擦抵抗もそれにとまって増加することにも留意する必要がある。今回の調査から、切込み抵抗が15 kgf以下の範囲であれば、切削速度が増加しても摩擦抵抗の増加は少ないとの結果を得た。このことは、チェーンソーを使用する場合の一つの有効な示唆を与えるものと思われる。

引用文献

1. 寺尾日出男：チェーンソーによる木材鋸断時の切削抵抗ならびに切削刃の形態に関する研究，文部省科学研究費補助，一般研究(C)成果報告書，1982
2. 林 石：チェーンソー切削状態に関する研究，南京林業大学(中国)修士論文，1982
3. 成瀬長太郎：機械要素動力伝達編，pp.226-238，

養賢堂，1971

4. 山脇三平：チェーンソーの性能試験，林業試験場研究報告 第160号，16-38，1963
5. 孔 徳剛：チェーンソー切削パラメーターに関する研究，東北林業大学学報，No.4，86-93，1985
6. 王 徳恵：木材生産切削機械，pp.85-139，中国林業出版社，1982
7. 孔 徳剛：チェーンソー切削パラメーターに関する研究，東北林業大学(中国)修士論文，1984

摘 要

鏈鋸の鋸木機構を伐木造材作業機械の工作部材、在伐木造材機械中占有相当重要な地位。从鏈鋸普及於伐木作業現場開始，有関鋸木機構鋸齒性能方面的研究已有很多成果，但有関鋸木機構内部摩擦阻力的研究還沒見過報告。因此，本研究通過試驗測試，考查了進給力和切削速度对鏈鋸鋸木機構内部摩擦阻力的影響狀況。結果表明，進給力是摩擦阻力的主要影響因素，切削速度对摩擦阻力影響較小。為了提高鏈鋸伐木造材的有效功率，應將進給力控制在適當的範圍内。

Summary

Since chainsaws have been widely used throughout logging operations, studies on the cutting device of chainsaws have been pursued. But studies on the frictional resistance to the cutting device on chainsaws are poor. Therefore, we have researched the influence of notching resistance and cutting speed on the frictional resistance to the cutting device.

As a result of the research, it was clear that the notching resistance greatly influenced frictional resistance, but the cutting speed had little effect.

We deduced the optimum range of speed for cutting area for notching resistance, so that the chainsaws could be used efficiently in logging operations.