

自動枝払い機による作業 (I)

作業性能に関する二三の考察

伏見 知道*・渡部 桂**・江崎 次夫***

Pruning Operation by Sachs Tree Pruning Machine (I)

Some investigations on working efficiency

Tomomichi FUSHIMI, Katsura WATANABE and Tsugio EZAKI

Summary: This report dealt with the results that authors made some investigations on working efficiency of Sachs tree pruning machine.

The applicable ranges of this machine were from 12cm to 24cm on a trunk diameter of breast height for use without any damage to trunk and for holding of working height over 3m. For the increase of usability as to larger diameter of trunk, the cramping spring must be fastened at outer side than the outside circle of machine's frame.

The working height was influenced by shape of a trunk but was decided from diameter of breast height. The machine climbed to 11m of trunk height from ground after all.

The process of pruning by chainsaw of this machine were distinguished to three kinds. Most of all branches pruned were imperfectly cut; namely, there were both a residual part was not cut but broken and some length (from 1cm to 2cm) of residual part uncut on every branch. So that, it is difficult to smooth every cut section by this machine.

In order to smooth the cut section, and to expand the general utilization of this machine in Japan, it is necessary to investigate the device of arm support a cutting branch, the engine speed in work and conditions of sawchain cutters, and to improve on this machine as much applicable to smaller trunk diameter of breast height than 12cm.

要 旨 Sachs の自動枝払い機による枝払い作業を実施し、作業性能につき二・三の考察を行なった。実用上安全な使用可能範囲は、胸高直径で 12~24 cm であり、上昇限度は幹形により影響されるが、胸高直径に支配され、地上 11 m 程度であった。枝切落しの様式は 3 通りに大別できるが、折損部および残枝長がほとんどの場合存在し、現状では枝切落し面の平滑化は期待しにくい。わが国の一般的使用を目指した性能向上のためには、クランピングスプリングの固定方法、「枝支えアーム」、エンジン回転数、ソーチェンの条件等を検討し、より小径木での使用を可能にする工夫が必要である。

* 森林工学講座 助教授

** 附属演習林 講師

*** 附属演習林 助手

はじめに

林木の育成あるいは素材生産における枝払い作業の必要性は、いまさら言うまでもないが、その作業者に対する労働負担は林業労働のなかでも、かなりのウェイトを占めるのみならず、特殊の熟練労働を必要とする場合も多い。近年林業界においても労働力の不足が著しく、造林作業の合理化あるいは枝払い費用の軽減を目指し、西独の Fichtel & Sachs 社において、枝払い機械が研究開発された。わが国にも輸入されているが、使用可能範囲に制約もあるうえ、高価なため一般の普及に至っていない。筆者らはたまたま自動枝払い機を使用する機会を得たので、その作業性能につき検討し、現在までに得た結果の一部につき報告する。

測定方法

供試機：Sachs KS—30 型自動枝払い機 本機は、走行ギヤによって上下に可動の登はん能力のある円筒型パイプ枠構造の中に、駆動装置とチェーン部分を備え、次の3主要部にわけることができる。

(1) 駆動装置

エンジン：型式 SACHS-Stamo 76

構造 1気筒(48mmφ×42mm) 2サイクル・空冷ガソリンエンジン

排気量 76 cc

能力 約2.7 PS (7000 rpm)

気化器 チイロットソン

点火系 Bosch フライホイールマグネット

ギヤユニット：計測車と700 cc ギャオイル (SAE 80) 容積を持った特殊転換装置

(2) フレーム

基本フレーム：4個のギヤ軸を持ち駆動輪に引きつけられた鋼管構造

揺動腕：4個のガイド輪を持ち、緊張バネのついた把手により、強く引きしめられる鋼管からなる。

タイヤ：特殊断面を持つ有孔の固形ゴムタイヤ8個

燃料タンク：3ℓ入 (消費量約1ℓ/hr)

(3) チェンソー

ソーチェーン：Prinz-Hobel ソーチェーン (特殊リップ歯チェーン)

案内板：戻り車を持った適切な案内板

チェーン給油：自動 (SAE 80)

自動枝払い機で枝払いを行なうには、本機を木の根元に置き、クランピングアームで幹の周りに締めつける。次にタイミング装置により枝打ち高さをセットした後、エンジンを始動し、クラッチレバーをオンにすると、機械は樹幹をらせん状に上昇し、枝払いを行なう。セット高さに達すると機械が逆回転して、エンジンの力で降下する。エンジンの力が落ちた時は、自動的にニュートラルに切り変わり重力で降下する。枝が障害となって上昇を中断したり、セット高さに達しないうちに、上昇不能の直径部位にかかった場合は、その部分で空転を続け、タイミング装置のセット高に相当する回転数が経過すると降下をはじめめる。障害物により降下をはじめない時は、補助桿により操作できる。降下帰着した時、スイッチ部を把握、エンジンを停止させるが、握りが弱いと完全に停止しないことがある。停止後、把手をとってクランプをはずし、次の木へ移り、同様の操作を繰り返す。移動は水平移動を繰り返すようにするのが合理的で、上下移動は従とする方が労働条件、能率的にも有利である。

測定は、米野々演習林椴皮田地区スギ林内において行なった。自動枝払い機により任意に作業を実施し、機械の移動距離、移動時間、取付調整時間、枝切り上昇時間、終了降下時間、取りはずし時間等を測定する一方、処理木については、取付け高さ、上昇高セット高さ、胸高直径、樹高、枝下高、落枝の生・枯別本数および切口の直径、重さ、曲がり具合、幹の乾湿等を調査した。また、胸高直径が順次変わるように測定木を選び、上昇可能範囲について観察した。さらに、特定観察木を選び、切口面および残枝長についても観察した。

結 果 と 考 察

自動枝払い機の性能に関し測定観察した結果につき、二三の考察を加えるが、作業工程については既に報告¹⁾²⁾もあるので、特に触れない。

1. 使用可能の直径および樹高の範囲

本機械使用可能の胸高直径について、順次変わる直径の測定木を選出し、実験した結果を表—1に示す。胸高直径 10.6 cm の木では（本機械の取付け時下端部直径 11.2 cm, 上端部直径 10.5 cm）上昇不能であった。胸高直径 11.4 cm の木では上昇をはじめが、わずか 2.5 m の上昇にすぎず、それ以上は車輪がスリップして上昇できなかった。また、胸高直径 12.0 cm では 3 m 上昇で、胸高直径 12.8 cm では 4 m 上昇で、それぞれ車輪がスリップを始めた。実用的には 3 m 以上上昇しなければ意味がないから、本結果からは、胸高直径 12.0 cm が使用可能の最小限界とすることができる。

Table 1. The relation between climbing height of tree pruning machine and D. B. H. of tree

Test tree			Tree pruning machine		Test tree			Tree pruning machine	
No.	D. B. H. (120 cm)	Height	Set height from 1.30m	(Working height from ground level)	No.	D. B. H. (120 cm)	Height	Set height from 1.30m	(Working height from round level)
	cm	m	m	m		cm	m	m	m
1	10.5	—	—	(0)	16	17.2	16	8 (7.5)	slipped
2	10.6	—	—	(0)	17	18.7	15	10 (10.0)	
3	11.4	11	5	(2.5) slipped	18	20.8	18	10 (11.0)	
4	12.0	10	3	(3.0) "	19	22.2	17	12 (11.0)	
5	12.8	12	6	(4.0) "	20	24.5	18	12 (13.0)	streaked (1.3m))
6	13.2	12	6	(5.0)	21	25.0	18	12 (11.0)	
7	13.9	12	6	(5.0) slipped	22	25.0	18	12 (10.0)	streaked (2.0m))
8	14.3	11	8	(6.0) "	23	25.2	16	12 (10.0)	" (2.5m))
9	14.6	13	6	(6.0)	24	25.6	18	12 (9.0)	" (3.0m))
10	15.2	14	8	(7.5) slipped	25	25.7	18	12 (10.5)	" (3.5m))
11	15.6	13	8	(7.5)	26	26.0	18	10 (10.5)	" (4.0m))
12	15.7	12	8	(7.5) slipped	27	26.0	15	12 (9.0)	" (2.0m))
13	16.3	15	8	(7.0) "	28	26.0	18	12 (11.0)	
14	16.7	14	8	(8.0) "	29	26.4	16	12 (7.0)	streaked (4.5m))
15	17.0	16	8	(7.5) "	30	27.2	20	12 (11.0)	" (1.3m))

次に胸高直径 13 cm 台では 5 m 上昇、14 cm 台では 6 m 上昇で車輪がスリップし始め、胸高直径 15 cm 台になると 7.5 m までの上昇が可能になるが、胸高直径 17 cm 程度までは、セット高さ 8 m（地上 9.3 m）に達することが不可能なことを示した。以上の結果から本機の上昇可能限度は、まず木の直径に支配され、樹高に比し、直径の小さい木では、上昇可能高さが低く、小径木での上昇可能限度は、胸高直径によりほぼ判定できることを示した。

一方、本機械の上昇可能最大直径の限度は、締付け用スプリングが、直接樹幹に圧着され、樹皮を削る状態になる値であり、本結果から 27.5 cm が得られた。しかし、本機のクランピングアーム端部の締付けスプリングの出入孔部は、スプリングの出入を容易にするため、フレームの中心方向と外方とに向かって開き大きくなっている。したがって、ある胸高直径（約 24 cm）以上の樹木に取りつけた場合、クランピングアーム端部の内側先端が樹幹に強く圧着したままで上昇を始め、ある樹高までこの状態が続く。また逆にある高さまで降下すると、再び端部が樹皮に接し、上昇時とは逆方向に旋回するため、樹皮に喰い込み削りたてるようになるので、樹皮に著しい線条痕が生ずる。この喰い込みが著しい時は、形成層をいため生長にも影響することが考えられる。したがって、この点から本機の実用上安全な使用可能限界は、胸高直径最大 24 cm までとすることができる。本機のクランピングアームの構造を改造し、フレームの一層外方でクランピングスプリングを緊張固定するようにすれば、使用可能胸高直

径の範囲を広げることができる。他方、わが国で行なわれる「枝打ち」は単なる「枝払い」と異なり、無節優良材の生産を目的とする場合が多く、このためには小径木での使用が可能でなければならない。しかし、本機械をより小径の木に使用可能にするためには、全構造の改造が必要であろう。

使用可能の樹高は 15 m といわれるが、本例では、樹幹形により上昇限度が制約されることが明らかであり、胸高直径の限界が優先するため、実際の上昇は地上 11 m 程度であった。

2. 樹幹の屈曲の影響

樹幹の屈曲が、本機の上昇に及ぼす影響については、調査例57本中全く上昇不能であったものはなく、うち8本は、一度上昇を停止したが、作業員の補助により容易に上昇を再開した。ただ、図一1のように胸高直径 12 cm のスギの例では、幹長 30 cm の間での局部的屈曲があり、突出側がチェーンソーで削られ木質部が裸出した。樹幹の屈曲による機械の上昇阻害は、スギの一斉株では、ごくわずかにすぎないと考えられる。

3. 自動枝払い機の作業速度

自動枝払い機の作業速度は、エンジン回転数によって変わるが、さらに枝の太さ、本数の分布の違いによって影響される。本例の平均枝払い本数は処理木一本あたり 35 本で、そのうち生枝 21 本、枯枝 14 本であり、また落枝の切断位置における直径は、生枝 4.1~0.2 cm、枯枝 3.8~0.1 cm であった。エンジン速度 7500 rpm で作業した場合、上昇枝払い作業速度は、測定木 32 本の平均値で 2.35 m/分であった。枝のない場合の上昇速度 4.5m/分に比べかなり減速される。なお、降下時の平均速度は 9.84 m/分であり、上昇時に比べるとかなりの高速である。

4. 自動枝払い機による枝切り様式

自動枝払い機による枝払いは、機械が旋回上昇する過程において行なわれるから、チェーンソーの枝に対する到達姿勢の違いにより切削落枝の様子が異なる。また、機械の回転数が一定であれば、枝に対するチェーンソーの押しつけ力も一定となるから、抵抗力の違う生枝と枯枝では、切削落枝の様子が異なる。表一2に落枝にいたるまでの枝直径の切削割合と落枝本数との関係を示す。さけて落ちる枝は、生枝・枯枝とも 1.5% 程度で少ない。全く切削されず叩き折られた形で落枝するもの枯枝で 8%、生枝では 2% でかなり少なく、生と枯の重さの違いより、強さの違いを示している。枯枝では、直径の 2 分の 1 切削で落ちるもの 46.5% に達し、切削半ばに達するまでに 48.4% が落枝し、3 分の 2 切削するまでに 85% の枯枝が一部未切削部で折れて落ちることがわかる。生枝では完全に切断されるものは 7.2% にすぎない。5 分の 4 切削で落枝するもの 37% と合すると 45% 近くがほぼ完全に切削されることになるが、なお 5 分の 1 程度の折損痕が残る。生枝は枯枝に比し重量が大きいが、強度も強いいため 2 分の 1 切削

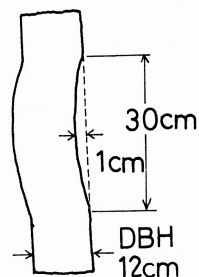


Fig. 1. A partial curve of trunk

Table 2. The ratio of branch's diameter cut by chainsaw in pruning by the tree pruning machine

the ratio of branch's diameter cut by chainsaw	green pruning		dry pruning	
	number of branch	% in total	number of branch	% in total
1/3	4	0.5	7	1.9
1/2	276	36.2	168	46.5
2/3	91	11.9	133	36.9
3/4	27	3.5	5	1.4
4/5	284	37.2	12	3.3
the whole	55	7.2	2	0.6
broke	15	2.0	29	8.0
splite	11	1.5	5	1.4
total	763	100.0	361	100.0

で落枝するものは、枯枝より少なく36%である。いずれにしても、枯枝・生枝の大部分の切削跡には、折損痕が残る、切り口の平滑化が期待出来ないことを示した。

自動枝払い機のチェーンソーによる枝切削の機式は、図-2に示すように大別することができる。図は便宜上、落下枝の断面を観察したものであるが、樹幹側の残枝の切断痕は、この逆になる。

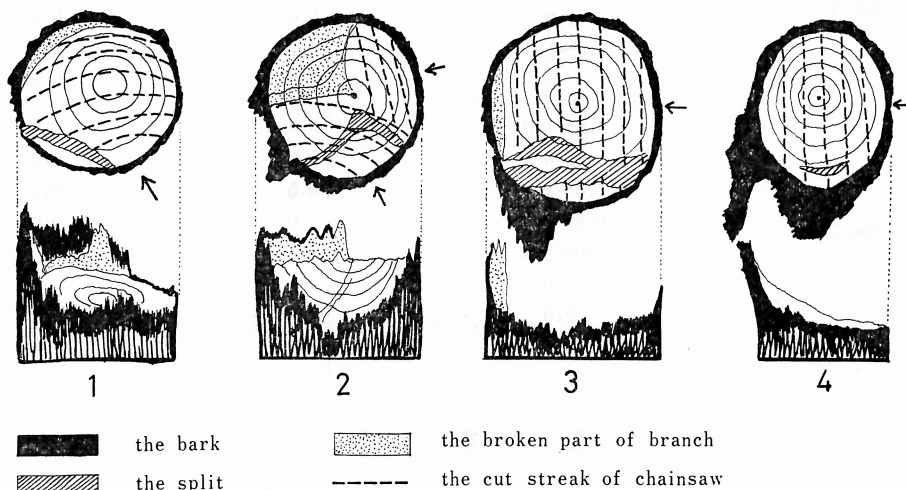


Fig. 2. Typical section of the branch was cut crosswise by the chainsaw of tree pruning machine

図の1は、チェーンソーの先端部によって、枝の斜下方から斜上方(矢印)本機の進行方向へ、一気に切り落とす場合であり、下方にさけ目と、バー先端に沿った折損部がわずかに残る。

図の2は、チェーンソーの先端で枝の下半を1度切りつけた後、次の旋回上昇の時、チェーンソーの中央部あたり、残部を切削するが、この時枝の一部がさけ残部は折れて落下するものである。

図の3は、チェーンソーの中央部で一気に切断する場合で、下側にさけ目を生じながら切削が進み、切残されたわずかの部分が折れて落枝する。

図の4は、ほぼ完全に切削される場合であり、わずかに折れた部分を残し、ときには、小さな割れ目が生ずる。

大部分の落枝は、以上のうちの1, 2, 3のいずれかの様式に分けられるが、切削の度合には差があり、表-2の結果になった。

切削面をより平滑にするために、「枝支えアーム」をチェーンソー側に張り出し、枝の荷重による折れを抑制すること、回転数および、ソーチェーンのデプスを検討し、切削による「さけ」「折れ」をできるだけ少なくするなどの対策について今後の検討が必要である。

5. 枝払い後の残枝

枝払い後の残枝の切口とその長さは、巻きこみしたがって生産材の品質に影響する因子である。切口の様子については前項で述べたように、不整正であり、枝打ちのこで切った切口はもちろん、なたで丁寧に仕上げた枝打ち跡には到底及ばず、したがって本機械については「枝打ち」とは言わず「枝払い」としているゆえんはここにある。

残枝の長さについて、自動枝払い機、枝打ちのこおよび枝打ちなたの3種でスギの枝を落した場合の観察例を表-3に示す。わずかの例であるが、自動枝払い機の例では、1~1.5 cm のものが平均的であるのに対し、枝打ちのこでは1 cm 以下、作業の仕方では残枝長を零にすることも期待できる。枝打ちなたも1 cm 以下で枝打ちのこ以上に残枝長を零にする可能性が強い。ただ作業高さに対する制約は、残枝長の大きさは逆の順になり、能率についても同じことが言える。

Table 3. The length of residual branch after pruning

tree number	length of residual branch after pruning		
	by tree pruning machine	Sandvik's pruning saw	Akimoto's pruning hatchet
No. 1	1.0 cm	0.5~0.8 cm	0.5 cm
	1.0~2.0	1.0	1.0
	1.0	1.0	0.5
	1.0~1.4	0.7	1.1
	—	1.0	0.9
No. 2	0.8~1.0	0.0	0.5
	1.0	0.0	0.0
	1.0~1.3	0.5	0.5
	0.8~1.3	1.0	0.0
	1.0~1.3	—	—
	1.0	—	—
	2.0	—	—
1.5	—	—	

む す び

自動枝払い機の作業性能につき検討を試みた。その結果、実用上 3 m 以上上昇出来しかも樹幹を損傷しないような使用可能範囲は、胸高直径 12.0~24.0 cm であり、それ以上の大径木に使用するためには、クランピングスプリングをより外周方向で突出固定するよう改造する必要がある。上昇高は樹幹形により影響されるが、胸高直径に支配され、地上 11 m 程度までで、上記の改造によっては 15 m まで期待できる。スギ一斉林では、幹の屈曲による上昇阻害は少ない。

枝切落しの様式は 3 通りに大別できるが、大部分の切削が不完全で、折損部を残し、残枝長も 1~1.5 cm あるため、切落し面の平滑化を期待しにくい。このため、無節材生産を目指すような「枝打ち」と趣が異なり、「枝払い」と呼ぶのが適切かと思わざるをえない。平滑化を進めるためには「枝支えアーム」の工夫、エンジン回転数、ソーチェンのデプス等作業方法に対する今後の検討とともに、わが国の一般利用のためには、いまだ少し小径木で使用できるように、改造軽量化することが望ましい。

文 献

- 1) 森多幸夫：自動枝打機による枝打作業調査の概要. 機械化林業 160:23~31, 1967
- 2) 岡本謙三：自動枝打機による枝打作業の功程. 機械化林業 179:22~33, 1968

(1971 年 12 月 25 日受理)