

ハーベスタ伐倒と架線搬出による間伐作業:オーストリア事例研究

ウィーン農科大学 リエン J.M.ヴィッサーとカール シュタンブファー

キーワード: ハーベスタ、スグスヤン 687、間伐作業、架線集材、シンクロファルケ、タイムスタディ

要旨

オーストリア、ミュルツ(Mürz)森林地域のノイブルク(Neuburg)で短距離架線集材のタイムスタディが行われた。集材機と荷掛け手の両方について計測し、6つのやり方が比較された。通常やり方は、20m幅の短冊型を1架線分伐区とし、ハーベスタにより伐倒、玉切り後、一荷ずつに束ねておき、下げ荷集材する方法である。この場合、2人の荷掛け手が付いた。他の5つのやり方は: (1)一荷分を大きくする, (2)横取り幅を広くとる, (3)荷掛け手を1人にする, (4)全幹材を荷掛け手1人で上げ荷集材をする, (5)30m幅の短冊型を1架線分伐区としてチェーンソー伐木造材をする。使用ハーベスタは601型ヘッドを付けたスコグスヤン(Skogsjan)687XL、集材機は中型のシンクロファルケ(Syncrofalke)で、搬器はシェルパ(Sherpa)U3である。

タイムスタディの結果、チェーンソー伐木に対して、ハーベスタ伐木が架線集材サイクルタイムを4.5分から3.7分に短縮できるという有意な改善が示された。さらに、(1)により、平均一荷量を26%増加させることができ、しかも綺麗な状態に荷つくりできた。(2)横取り幅を倍の20mに増やすと、サイクルタイムが7%増加した。(3)荷掛け手を1人にした場合、サイクルタイムが10%増加したが、荷掛け手の待ち時間がわずか5%に減少した。(4)荷掛け手1人による全幹材上げ荷集材のサイクルタイムは2人の荷掛け手を使った短材下げ荷集材とほぼ同じであったが、平均の一荷量が5%大きくなることが記録された。

はじめに

オーストリア林業にもハーベスタがだんだんと使われるようになった。1996年で、約50台のハーベスタが稼働している。そのうち、25台はオーストリア人の所有物で、他の25台は外国の請負業者のものである。ハーベスタ作業はチェーンソー作業に対して、労働負担を減少させ、全体的にコスト削減になるところが、有利なところであり、また作業が柔軟に実行できる。低い木材価格と時間30米ドルに達しようとしている労働賃金との間で頑

張っているオーストリアの業者にとっては、コスト節約がとくに重要な問題である。

オーストリアでのハーベスタ利用はその急な地形と森林所有形態によって制限を受けている。森林地帯の約半分(46.5%)は 40%以上の急斜面である。森林の 70%は 200ha 以下の小面積所有者のものであり、そのほとんどは緩斜面にある。そのような小さな林地では、大抵、自力作業かパートタイムヘルパーによる作業が行われている。

間伐のもっとも生産的な方法はハーベスタとスキッドまたはフォーワーダとの組み合わせ作業である。しかしながら、多くのオーストリアの貧弱な林では、虫害材や腐植材が疑われる。間伐では、とくに土壌や残存木の被害を最小にするように注意しなければならない。したがって、傷つきやすい林地では、スキッドやフォーワーダよりは架線集材が望ましい。

集材に架線が選択されておれば、ハーベスタ作業はチェーンソー作業よりも、伐木材を土の付かない綺麗な状態に荷つくりしやすく（地べたにおくのではなくて、枝葉の上に並べておく）だけでなく、一ヶ所で数本の伐採木を短材にして一つにまとめておくことも容易であるという利点を持つ。ハーベスタ作業の土壌圧迫その他の攪乱などは、タイヤの前に枝葉を敷くことと、シングルパス（一回一筋のみの通路）だけを通ることによって、最小に押さえることができる。架線集材の前にハーベスタを使うことによる生産性の利益を定量的に明らかにするためにこのタイムスタディが行われた。

タイムスタディの方法

短冊型伐区

6つの短冊型伐区が選ばれた。各々の伐区は 120–150mの長さで 10 から 15 度の凹凸の少ない斜面である。それぞれ 20m幅の伐区から 30m³を伐採した。これは 150m³/ha に相当する。それで、立木密度は 900 から 450 本/ha に減少した。伐採木はほとんど欧州トウヒで平均胸高直径 21-25cm のものである。ここは牧場跡に植林した初代の林で形質は貧弱である。伐区範囲はハーベスタを入れる前にマーキングした。先柱は 5mの高さにセットし中間吊手は使わなかった。

ハーベスタ

ハーベスタは直径 55 cmまで扱うことのできる 601 型ヘッドを付けたスコグスヤン (Skogsjan)687XL (図 1) である。このハーベスタが伐区に入った。スウェーデンのオペレータは経験豊かですでにオーストリアで同様な作業を 3 年間やっている。



図

1. スコグスヤン(Skogsjan)687XL ハーベスタ

集材機

集材機はマイヤーメルンホフーサウラウ(Mayr-Melnhof-Saurau)社製のトラック搭載型中型シンクロファルケ(Syncrofalke:図 2)である。このシンクロファルケは 10m のタワーを持ち、油圧で動くドラムを装備しており、搬器はコンピュータ制御できる。スカイラインは 18 mm 径で、引き寄せ索と引き戻し索は 11 mm 径である。搬器はシェルパ(Sherpa)U3 を用いる。

3 線式索張りとし、スカイラインと引き寄せ索のクランプはリモコンで操作できる。

集材機のオペレータはナックルブーム式グラップルの付いた回転式キャブに座る。オペレータは搬出路や荷台にある材を取り除くなど 9 m 範囲内の材を扱うことができる。オペレータはボタン一つで直前に来た材の出発点まで搬器を戻すことができる。ということは、搬器を送り出したあと、オペレータは自由になり、ローダアームを使う作業に掛かることができるということである。荷掛け手の方もリモコン器を持っており、ボタン一つで荷掛け後の搬器を集材機方向に戻すことができる。送り返された搬器は集材機の手前 20m のところまで走り、オペレータがリモコン操作するまで停止している。



図2 シンクロファルケ(Syncrofalke)集材機

テストされた集材方法

テストされた集材方法は表1の通りである。第1の方法では、短冊型伐区(通常型)の幅はハーベスタのシングルパスの20mである。第6の方法(手作業型)のチェーンソーのときは30m幅をとっている。方法2の伐区(大きな荷物型)では、ハーベスタドライバーは大きな一荷を綺麗な状態につくる努力をする。方法3の伐区(横取り型)では、(通常型)伐区に隣の伐区の半分を両側につけ、横取り幅を倍(図3)にする。方法4の伐区(1人荷掛け手型)の幅は第1の方法と同じで、荷掛け手が1人になるだけである。

短冊型伐区	伐木方法	集材形式	荷掛け手	集材準備
通常型	ハーベスタ	短材、下げ荷	2	線下近くに束ねる
大きな荷物型	ハーベスタ	短材、下げ荷	2	線下近くに大きな束
横取り型	ハーベスタ	短材、下げ荷	2	線下から15-25m範囲にも束をつくる
1人荷掛け手型	ハーベスタ	短材、下げ荷	1	線下近くに束ねる
全幹型	ハーベスタ	全幹材、上げ荷	1	なし
手作業型	チェーンソー	短材、下げ荷	2	なし

表1 テストした6つの方法

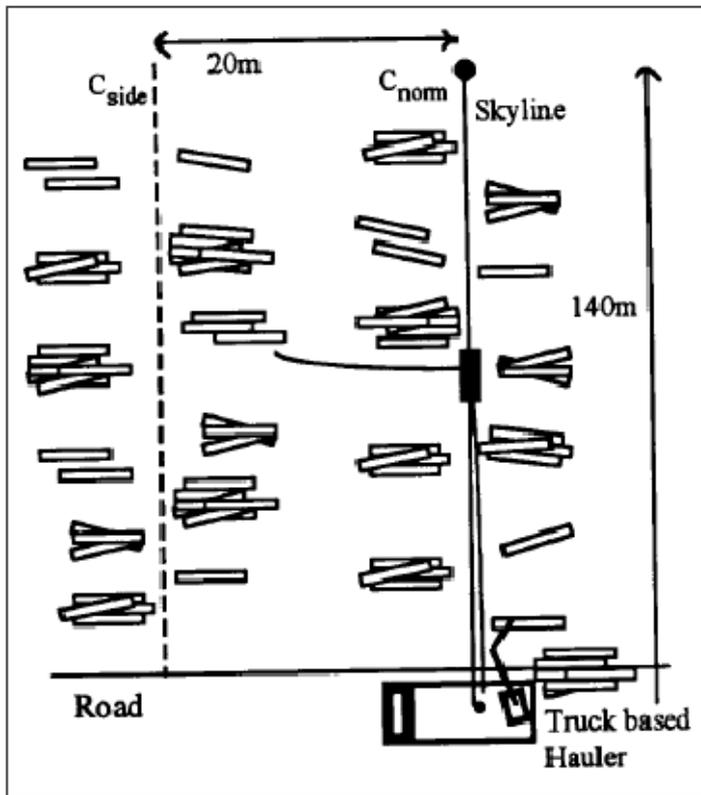


図3 通常型伐区と横取り型伐区の模式図

方法5の伐区(全幹型)では、ハーベスタで伐倒された伐採木はできれば線下で枝払いし枝葉の部分を線下に並べる。オーストリアでは全幹集材は上げ荷集材するのが習慣になっている。下げ荷の場合、残存木にダメージを与える可能性が高くなる。それゆえに方法5では全幹材を上げ荷集材し、玉切りは道端で行う。方法6の伐区(手作業型)ではチェーンソーで伐木造材される。

木材

作業の間、各短材(2mから5m長に採材)の長さや中央直径を計り、一荷ごとにまとめた。この計測は作業を邪魔することなく行うことができた。横取り距離(5m単位)と集材機から搬器までの距離を一荷ごとに記録した。後者は作業開始前に短冊型伐区の縦方向に沿って立木に10mごとの印をつけておき目測した。

全幹材については作業前に一本ずつ番号をつけておいた。長さや太い方の端の直径および中央径を一本ずつ計測しておいた。作業中には各材の番号と横取り距離および集材機から搬器までの距離を記録した。

時間観測

架線集材作業の間、集材機と荷掛け手の行動をポータブル時間観測用コンピュータ”Latchbacher”と必要な場合にはストップウォッチを用いて記録した。作業時間は集材機の部分作業（表2）と荷掛け手の部分作業（表3）に分解した。

部分作業	説明
1. 搬器送り	搬器を送り、目的位置でスカイラインにクランプさせる
2. ロープ引き出し	搬器からロープを引き出し、最初の材まで持っていく
3. 荷掛け	荷掛けと必要な追加ロープ引き出し
4. 荷吊り上げ	荷を吊り上げ、搬器のクランプが外れるまで
5. 搬器返送	荷のついた搬器を返送し、搬器が止まるか、荷物が下ろされるまで
6. 荷下げ	荷を下げ、ローダで掴み荷外ししやすいようにし、オペレータがキャブを出るまで
7. 荷外し	オペレータが荷を外し、チョーカを戻し、キャブに戻ってロープを搬器に引き込むまで
8. ローダ作業	オペレータがローダを使うために、1-7のサイクルが中断される時間、（通常は、部分作業6の前に入る）
1 2. その他雑作業	休憩時間およびその他の待ち時間を含む

表2 集材機の部分作業

部分作業	説明
1. リモコン操作	立ったままで、リモコン操作
2. ロープ引き出し	ロープを掴み、チョーカを外して、最初の材までロープを引き出す
3. 荷掛け	チョーカを運んでいき、材に取り付けておく
4. 歩く	歩く、チョーカを持たずに
5. 待ち	作業待ち、主に搬器が帰ってくるまで
6. その他雑作業	休憩時間およびその他の待ち時間を含む

表3 荷掛け手の部分作業

短冊型伐区	通常型	大きな荷物型	横取り型	1人荷掛け手型	全幹型	手作業型
集材回数	39	34	32	34	27	59
集材時間(分)	142	129	126	137	98	272
平均サイクルタイム(分)	3.65	3.74	3.92	4.02	3.63	4.59
搬出材積(m ³)	36.1	32.0	29.6	33.2	27.2	44.0
平均一荷量(m ³)	0.95	0.94	0.93	0.98	1.01	0.75

平均短材数/回	8.3	9.3	7.2	9.1	4.7	6.5
生産性(m ³ /時)	15.7	15.1	14.2	14.6	16.7	9.8

表4 各短冊型伐区のデータ

結果

表4に各短冊型伐区でのデータを記載している。チェーンソー伐木の伐区が30m幅であるために約40%収穫材積が多くなっている。平均サイクルタイムと平均一荷材積により時間生産性（余裕時間なし）を求める。

その他雑作業時間は、それぞれの伐区で事情が異なるため、考慮されない。例えば、1人荷掛け手型の作業中に先柱が壊れてその修理に1時間を要したこと、それから通常型ではtriple-leader tree（控え索用立木か？）が荷掛け手によって伐倒され枝払いされたことなどである。休息時間は主に伐区の集材作業の前後に取られたが、全作業期間中に3回取られたただけであった。

集材機の結果

大きな荷物型のハーベスタによる大きいサイズの一荷を束ねるという試みは、その余裕時間なしのサイクルタイムを通常型の場合より良くすることにはならなかった（表5）。このことはオペレータの、同じ場所で、位置を動かさないで取れる立木は2本ないし3本にすぎなかったというコメントによって裏付けられる。したがって、大きなサイズの一荷を束ねる機会は限られたものである。

2人の荷掛け手を使ってスカイライン沿いに荷をつくっておく（通常型と大きな荷物型）に期待される生産性向上の多くは、集材機オペレータがローダで搬出路に置かれた材を除ける作業の間システムを止めているために、失われている（部分作業8）。それゆえに1人荷掛け手の場合、2人荷掛け手の通常型と大きな荷物型に対してわずかに10%サイクルタイムが長くなるだけであった。

1人荷掛け手の全幹材集材（全幹型）がもっともサイクルタイムが短かった。とくに搬器走行要素が短くなっている。これは上げ荷集材であることと集材距離が短材集材の伐区の60-70mに較べて50mと短かったことによる。このやり方の不利な点は、伐区内ではハーベスタで伐倒と枝払いだけを行い、架線集材後に道に移動して玉切りをしなければならないところである。

チェーンソー作業の手作業型のサイクルタイムは他のどれよりもかなり大きくなっている。もっとも時間の掛かっているのが荷掛け作業である。この部分作業を難しくしている原因

は短材が散らばっていることと、材が枝条の下敷きになっている場合があるということである。このことが荷掛け作業を遅らせるばかりでなく、一荷量を 20%も減らしてしまうことにもなっている（表4）。

部分作業	通常型	大きな荷物型	横取り型	1人荷掛け手型	全幹型	手作業型
1. 搬器送り	0.31	0.27	0.30	0.32	0.19	0.31
5. 搬器返送	0.40	0.47	0.48	0.44	0.29	0.48
搬器動作	0.71	0.74	0.78	0.76	0.48	0.79
2. ロープ引き出し	0.30	0.34	0.48	0.66	0.51	0.41
3. 荷掛け	0.65	0.53	0.60	0.63	1.02	0.99
4. 荷引き込み	0.55	0.54	0.92	0.63	0.65	0.87
荷掛け作業	1.50	1.41	2.00	1.92	2.18	1.27
6. 荷下ろし	0.48	0.44	0.40	0.53	0.38	0.56
7. 荷外し	0.64	0.75	0.60	0.77	0.54	0.88
8. ロード操作	0.31	0.40	0.14	0.04	0.05	0.09
集材機	1.43	1.59	1.14	1.34	0.97	1.53
平均サイクルタイム (分)	3.65	3.74	3.92	4.02	3.63	4.59

表5 各短冊型伐区別の余裕時間を除いた平均集材サイクルタイム（分）

集材サイクルタイムのうち、通常型と大きな荷物型の荷掛け作業関連部分作業が他の伐区に較べてかなり小さくなっている（部分作業2, 3, 4の和）。これは、一荷分の材がスカイライン沿いに置かれている場合で2人荷掛け手にしていることによっている。

通常型と大きな荷物型の場合、部分作業8（ロード作業）が最大になっている。これは集材初期の最初の20mくらいの範囲の集材時に起こっている。これはシステムの構造的なものである。手作業型の荷下ろし、荷外し部分作業（部分作業6, 7）が通常型,大きな荷物型,横取り型,全幹型に較べて比較的長くなっている。これは現地観測から、荷に枝条が多く挟まっていたり（オペレータは荷外し前にこれを取り除きたがる）、荷掛け用ストラップの数が多かったり、荷がねじれていたたりするためであることが示されている。

荷掛け手の結果

表6は荷掛け作業のパーセンテージ分解を示す。全サイクル数は集材機の場合とほぼ同じである。これらの差についてはすでに述べた。

もっとも肉体的負担の大きい作業は荷掛け作業とロープ引き出し作業である。一つだけ例

外があるが、これらの作業の全時間に対するパーセンテージは26%から46%くらいである。1人荷掛けによる場合、これらの作業は短材集材サイクルタイムの67%の時間を費やしている。1人荷掛け手(1人荷掛け手型)では荷掛け作業だけでも、搬器走行中にチョーカを材のところまで持っていきチョーカを荷に掛けておく作業時間を加えると63%になってしまう。

この荷掛け手の待ち時間は、サイクルタイムに影響を与えないように作業をする場合、5%くらいのものである。このシステムには余裕が少ないために、荷掛け手が休憩時間をとると、それが直接生産性のロスにつながってくる。労働生理学的にみると、一般的な労働負担限界を越えることを避けるためには、少なくとも20%の待ち時間を持つべきである。しかしながら、この場合は短冊型伐区の長さが短いので、このことは大した問題にはならないだろうと思われる。他のすべての伐区では、作業中の待ち時間は25%以上あった。

目で見えた範囲では、荷掛け手の注意深い作業のおかげで、すべての伐区で残存木に対する傷害は最小に押さえられていた。ただ、重大な傷害が起こっているケースが3つ見ついている。一つはスカイラインに余りにも近くの木が残されていた場合で、他の二つはリモコン搬器の操作ミスによっていた。チェーンソー伐木伐区では、伐採木が散らばっているために、残存木への傷害を避けるため、搬器の位置を何回も変えたり、荷物を付けなおしたりしなければならなかった。

短冊型伐区	通常型		大きな荷物型		横取り型		1人荷掛け手型	全幹型	手作業型	
	A	B	A	B	A	B			A	B
荷掛け手										
部分作業										
1. リモコン操作	20	-	20	-	27	-	21	19	21	-
2. ロープ引き出し	6	-	7	-	10	-	4	11	7	-
3. 荷掛け	33	45	21	46	16	38	63	31	28	41
4. 歩く	13	14	10	12	10	28	7	15	10	12
5. 待ち	27	42	41	42	37	34	5	25	34	47
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表6 荷掛け手の部分作業（全作業に対する%）

討論

この林では、ハーベスタが効果的に伐倒、枝払い、玉切り作業をこなした。ハーベスタのタイヤの前に枝条を敷いて土壌への圧迫を最小限に押さえた。一筋通り（シングルパス）の伐区内の移動だけで、両側10mずつの20m幅の範囲の間伐を行い、同時に適当に印をつけておかれたスカイライン通路の切り開けを行った。

タイムスタディの結果から考えると、ハーベスタの3筋通り（スリーパス）、つまり60m幅を一回の索張りで集材するのが適当であると思われる。隣の短冊型伐区からの横取り作業はサイクルタイムを7%増加させるだけである。この短距離架線の架設・撤去作業には大体2時間を要した。両側の二つの隣接伐区から中央伐区に横取りすると、横取りのために全体で32分間（1回あたり0.4分だけサイクルタイムが増加する勘定なので、それに80回の集材回数をかけて）だけ集材時間が長くなる。その代わりに架設・撤去の時間が4時間節約できる。

全幹集材は1人荷掛け手作業で容易に実行できた。ただ、この作業では、道に上げてからハーベスタで玉切りをしなければならないという欠点がある。この場合、集材機のローダにハーベスタヘッドをつけておくことが理想的である。そうしておけば、ハーベスタが戻って来て玉切りをしたり、チェーンソー玉切りをしたりしなくても済む。

ハーベスタの細部まで調査できなかつたために、コスト最適化のところまで詰めることができなかつた。ハーベスタのコストと生産性、集材機と作業員のコスト、張り替え、架設回数、作業および作業員の余裕率、材価などの情報が全てこの計算には必要になってくる。今後も、種々の方法についてハーベスタと架線集材の組み合わせ作業について計測を重ね、比較コスト計算方法を確立していきたい。

結論

ハーベスタで伐木を行い、架線集材を行う方法についてタイムスタディを実施した。このやり方の6つの方法とチェーンソー伐木の方法を試行した。

この研究により、間伐作業においても、ハーベスタで伐木をし、架線で集材をしなければならないときでも、チェーンソー伐木よりは有利になることが判明した。ハーベスタにより搬出材を搬出に便利な形に準備することができ、一荷の大きさも大きくできるために、生産性が大きく改良された。

短材の平均一荷量は0.95m³で、材を引き出して道端に積み上げるまでのサイクルタイムは3.65から4分であった。チェーンソー伐木の場合は、サイクルタイムが4.60分で、一荷量平均が0.75m³であった。横取り幅を20m増やしたときサイクルタイムは7%増加した。また、荷掛け手を1人にするとサイクルタイムは10%増加した。

謝辞

この研究の構築と実施については、マイヤーマルンホフーサウラウ社のヨハネス ロシヨ

ック氏に大変お世話になった。心から御礼申し上げます。また、この研究実施時に受けたアービンおよびヨハネス シュタンプファー氏の多大のご助力にも感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Austrian Ministry of Land and Forestry. 1995. Österreichischer Waldbericht. Published by the Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, A-1010 Vienna. 103 pp.
- [2] Stampfer, K., S. Piechl, E. Stampfer, and A. Trzesniowski. 1996 (In Prep.). Belastung und Beanspruchungen bei der Holzernte im Gebirge. Report of the Forest Engineering Institute of the Bodenkultur University, Vienna. 59 pp.