

路網密度に対応した間伐作業システムの労働生産性

—スイングヤーダとプロセッサを使用した調査事例—

渡井純¹⁾・近藤恵市²⁾

¹⁾農林技術研究所森林・林業研究センター, ²⁾静岡大学農学部

The Labor Productivity of a Thinning Operation System According to Forest-Road Density —Study of an Operation System Using a Swing Yarder and Processor—

Jun Watai¹⁾ and Keiichi Kondo²⁾

¹⁾Forestry and Forest Products Research Center/Shizuoka Res. Inst. of Agric. and For.,

²⁾Shizuoka University Faculty of Agric.

Abstract

At thinning sites of different forest-road densities, thinning operation systems using a swing yarder and processor were evaluated. As a result, at thinning sites with high-density forest-roads (250 m/ha) for forwarders, prehauling with a processor arm improved the labor productivity on logging operations by improving the labor productivity of the prehauling operation. At thinning sites with middle-density forest-roads (100 m/ha) for trucks, prehauling operation with a swing yarder reduced the labor productivity on logging operations from lower labor productivity of on prehauling operation. Twelve ton class high-performance forest machines hereafter will be used for logging operations in high-density forest-road-networks and we think that it will improve the labor productivity.

キーワード：高性能林業機械, 功程調査, 高密路網, 利用間伐

I 緒 言

近年, 林業生産性の向上, 労働強度の軽減, 低コスト化等を目的として, 伐採・搬出作業においていわゆる車両系の林業機械による機械化が積極的に図られている。これら機械の導入による生産性の向上に対する期待は大きく, これを達成させるための作業システムの確立が望まれている。これらの機械を組み合わせた作業システムを生産性の向上に結びつけるためには路網整備が不可欠である。これまでにも, そのシステムに合った路網密度の検討がなされており^{3,4,6,7)}, 一般的に, 路網密度が高くなれば生産性の向上が期待できることから²⁾, 今後, さらなる生産性の向上を図るうえで高密路網による施業は有効な手段と考えられる。しかし, 作業道の作設にはコストがかかり, これを高密度に配置するには多額の経

費が必要となることから, それに見合うだけの生産性向上が見込めなければ高密路網による施業の採用は難しい。そのため, その採択の可否を判断するうえで, これら施業における生産性のデータが不可欠である。これまで, 高密路網による施業の調査事例は 8 t クラス以下の林業機械によるシステムについてはあるものの^{5,9)}, 今後, 伐出対象林分の高林齢化にともない 12 t クラスの林業機械の必要性が高まることが予想される中で, 同クラスの林業機械を対象とした高密路網施業による調査データの蓄積が重要となっている。

本研究では, 利用間伐施業地において, 作業路網に応じた高性能林業機械を使用した作業システムの労働生産性の把握を目的に, 木寄せにプロセッサを使用したシステムとスイングヤーダを使用したシステムの功程調査を行い, それぞれの作業現場における労働生産性の評価を

行った。

II 調査地及び方法

1 調査地の概要

調査地の概要を表1に示す。調査地Aは、榛原郡川根本町東藤川の民有林内の間伐地で、森林組合おおいがわにより搬出作業が行われた。調査地Bは、浜松市天竜区西藤平の民有林内の間伐地内で、天竜森林組合により搬出作業が行われた。両調査地とも林内には標準幅員3.5mの作業道が開設されており、ベース車両12tクラスの林業機械が作業可能な条件であった。

2 作業及び調査の概要

両調査地の作業システムの概要を図1に示す。調査地Aは定性間伐により行われ、立木は作業道方向に向けて伐倒された。林内に作業道が路網密度250m/ha程度で作設されており、路網間隔が約40mであるため、伐倒木はすべて作業道に近接する位置まで到達していた。このため、プロセッサのアームが届く範囲にすべての伐倒木があり、プロセッサが直接木寄せを行い、そのまま造材を行った。造材した材はプロセッサで作業道脇に集積

し、その後フォワーダにより運材を行った。フォワーダへの積み込みおよび山土場へのはい積みはフォワーダに搭載されているグラブで行った。作業道は、本来であればトラックによる運搬も可能なものであったが、所々に軟弱な箇所があり、トラックが進入できなかったため、すべて6t積みのフォワーダにより行った。

調査地Bは列状間伐により行われ、立木は作業道方向と反対方向へ伐倒された。それらはスイングヤーダにより上げ荷で作業道脇まで木寄せされ、プロセッサによる造材後、スイングヤーダに装着されたグラブで作業道脇に集積された。林内集積された材はトラックに積み込まれ直接市場まで運搬された。

生産性調査は、ビデオ撮影により作業の様子を記録し、後日、撮影したビデオから「木寄せ」・「造材」・「集積」・「積み込み」・「運材」・「はい積み」の作業工程ごとに作業時間の計測を行った。伐倒木の材積は幹材積計算により、造材処理された材の材積は末口自乗法により、それぞれ作業中に随時実測した。これらのデータからサイクルタイム、投入労働量、労働生産性を算出した。また、労働生産性は1日の労働時間を6時間として計算した。

表1 調査地の概要

項目	調査地A	調査地B
所在地	榛原郡川根本町東藤川	浜松市天竜区西藤平
林班	83ぬ	35い・26
樹種・林齢	スギ51年生	スギ55年生
平均傾斜	15度	22度
平均胸高直径	23.6cm	26.5cm
平均樹高	20.5m	24.0m
平均幹材積	0.342m ³	0.505m ³
立木密度	1800本/ha	900本/ha
間伐率・間伐方法	35%・定性間伐	38%・列状間伐
平均木寄せ距離	10m	35m
作業道幅員・密度	3.5m・250m/ha	3.5m・100m/ha
平均運搬距離	280m	—
スイングヤーダ	—	新キャタピラー三菱CAT312C
プロセッサ	新キャタピラー三菱CAT314D + KETO150P	日立建機EX120+イワフジGP35A
フォワーダ	諸岡MST-1500VDL グラブつき	—
作業体制	プロセッサ 1名 フォワーダ 1名	スイングヤーダ (木寄せ) 2名 スイングヤーダ (集積) 1名 プロセッサ 1名
経験年数	0.3年	2年

† 本報告の一部は、第1回中部森林学会(金沢市)で発表した。

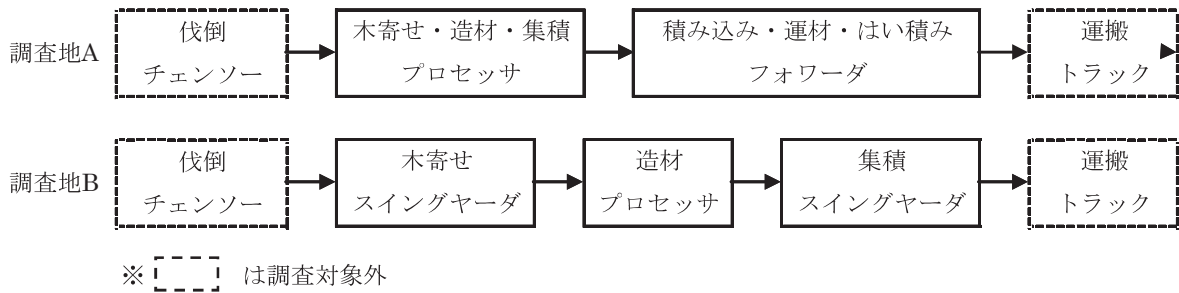


図1 作業システム概念図

Ⅲ 結果及び考察

1 各作業工程における効率性評価

(1) 木寄せ、造材、集積作業における効率性評価

表2に各調査地における作業工程毎の調査結果を示す。木寄せ作業では、プロセッサで直接材を掴んで木寄せを行った調査地Aのサイクルタイムが90.9sec/回で、労働生産性は81.32m³/人・日となり、調査地Aの労働生産性はかなり高い値と言える。また、調査地Aは1人体制で作業が行えたことも労働生産性の向上に寄与したものである。スイングヤードで木寄せを行った調査地Bのサイクルタイムは275.8 sec/回で労働生産性は19.76 m³/人・日であった。この値は、古川¹⁾の報告による19.26 m³/人・日と同程度であり標準的な値と推察される。造材作業では、木寄せ作業から造材作業まで一連の作業として行った調査地Aのサイクルタイムが43.7 sec/回で、労働生産性が169.30 m³/人・日と高い値を示した。木寄せ作業を行った後造材作業を行った調査地Bのサイクルタイムは96.6 sec/回で、労働生産性は111.30 m³/人・日であった。これは、今回と同様の段取りで行った渡井⁸⁾の調査による105.11 m³/人・日と同程度の値であった。調査地Aで労働生産性が高くなった要因としては、調査地Bのように木寄せと造材を別々に行う場合、通常、造材作業は、作業道脇まで木寄せされた伐倒木を掴む作業から始まり、造材後、次の伐倒木の位置まで移動しなければならない。調査地Aの作業システムの場合、移動は

木寄せ作業時に発生するのみで造材作業時には発生しないため、移動が省略されることによる生産性の向上が図られたものと思われる(図2)。また、調査地Aでは玉切り・枝払いにおいても高い生産性が得られた。澤口ら⁵⁾の報告にあるように、一般的に木寄せや造材は処理材の幹材積が大きくなると労働生産が上がる傾向にあるが、調査地Aの幹材積はそれほど大きくなく、高い生産性が

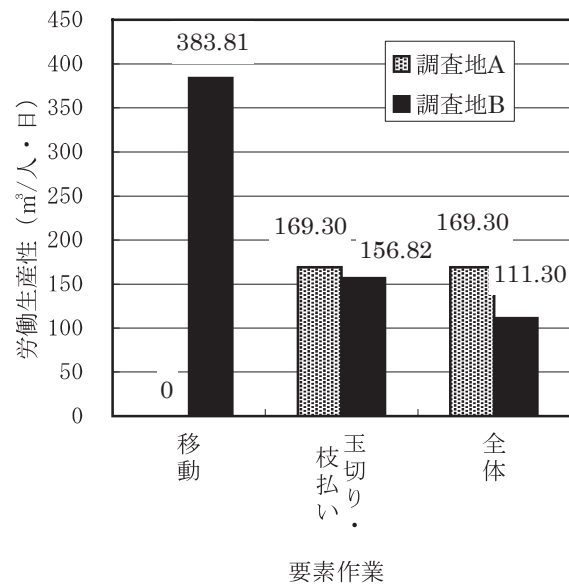


図2 各調査地における造材・集積作業の労働生産性

表2 各作業工程の調査結果

	木寄せ作業		造材作業		集積作業	
	調査地A	調査地B	調査地A	調査地B	調査地A	調査地B
サイクル数 (回)	19	28	19	37	13	34
処理幹材積 (m ³)	6.51	14.13	6.51	18.43	5.59	14.73
平均幹材積 (m ³ /本)	0.34	0.50	0.34	0.50	0.09	0.12
サイクルタイム (sec/回)	90.9	275.8	43.7	96.6	39.6	112.3
投入労働量 (人・hr)	0.48	4.29	0.23	1.15	0.43	1.15
労働生産性 (m ³ /人・日)	81.32	19.76	169.30	111.30	77.58	76.59

得られたのは、木寄せから造材を一連の作業として行った場合、材の持ち直しを行わず直ちに玉切り・枝払い作業に入ることができるため、木寄せと造材を別々に行う際に必要な材を掴む作業が省略されたことなどが作業効率の向上につながったものと思われた。これらのことから、プロセッサを使用して木寄せ-造材を一連の作業として行うことで造材工程の生産効率の向上が図られるものと思われる。

集積作業の労働生産性は、それぞれ、調査地 A が 77.58 m³/人・日、調査地 B が 76.59 m³/人・日であった。

(2) 積込み、運材、はい積み作業における効率性評価

この作業は、調査地 A のみで行われており、その調査結果を表 3 に示す。フォワーダへの積込みは、丸太 173 本を 48 回で行い、1 回当たりの掴み本数は 3.6 本であった。山土場へのはい積みでは同本数を 33 回で行っており、平均 5.2 本で、積込み時よりも多くの材を処理できた。また、サイクルタイムもはい積み時が短く、積込みとはい積みでは労働生産性に 2 倍以上の差が生じた。今回の調査地では作業道の谷側に林内集積が行われており、積込み時に材が見えにくかったことと、グラブのアーミングが下がった状態から多くの材を持ち上げるのに出力の限界が見られ、また、フォワーダも不安定となることから掴み量を制限せざるを得ない場面が見られた。このことから作業道よりも山側に集積することでこれらの作業効率は上げられるものと思われた。

表 4 に運材作業の結果を示す。フォワーダ運材については、今回の調査では約 280m の集材距離を 738 秒で往復した。また、今回 6 t 積みのフォワーダを使用したことから、労働生産性は 266.23 m³/人・日と運材効率は良かった。今回は下げ荷集材であり、空走行時は全体的に登りであったが、平均速度は 3990m/hr で下りの実走行時に比べ約 1.5 倍の速度であった。空走行時で勾配の緩い 1 回目より勾配の急な 2 回目で速度が上がっているが、これは、1 回目の作業道の路盤に軟弱な箇所が所々見られ、あまり速度を挙げられなかったことが要因として挙げられる。一方で、多少の登り勾配であっても空走行時ではそれほど速度が落ちないものとも考えられた。

2 各機械の要素作業における効率性評価

(1) スイングヤード

スイングヤードによる木寄せ作業の要素作業毎のサイクルタイムを図 3 に示す。架設・撤去を除いた作業では荷かけと荷はずしのサイクルタイムが大きくなっている。この値は実搬器走行よりも大きく、荷かけと荷はずしに手間取っていたことがわかる。ラインの架設は 513 秒で、1 回につき 8 分程度であった。撤去は 306 秒で架設より

は短く、およそ 5 分であった。

(2) プロセッサ

それぞれの調査地における、プロセッサが 1 本の伐倒木を処理するのに必要とした要素作業毎のサイクルタイムを図 4 に示す。プロセッサは調査地 B では造材のみの使用であったが、調査地 A では木寄せから集積までの作業をこなした。調査地 B で、玉切り・枝払いのみの作業において発生している移動のサイクルタイムと、調査地

表3 積込み・運材・はい積み作業の結果

	積込み	運材	はい積み
サイクル数 (回)	48	2	33
丸太材積 (m ³)	14.36	14.36	14.36
丸太本数 (本)	173	173	173
平均丸太材積 (m ³ /本)	0.08	0.08	0.08
平均掴み本数 (本)	3.6	—	5.2
サイクルタイム (sec/回)	93.9	582.5	49.4
投入労働量 (人・hr)	1.25	0.32	0.45
労働生産性 (m ³ /人・日)	68.80	266.23	190.28

表4 運材作業の結果

	1回目	2回目	平均
運搬材積 (m ³)	6.46	7.90	7.18
空走行距離 (m)	290	273	282
空走行高低差 (m)	5	32	19
空走行速度 (m/hr)	3492	4488	3990
実走行距離 (m)	267	221	244
実走行高低差 (m)	-3	-20	-12
実走行速度 (m/hr)	2708	2725	2716

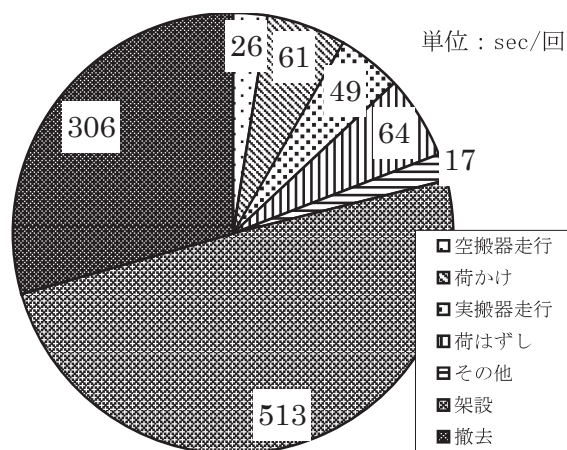


図3 スイングヤードの要素作業毎のサイクルタイム

Aで、木寄せから集積までの作業工程中に発生している移動のサイクルタイムがほぼ同程度であることから、木寄せ一造材を一連として行うことで移動の効率が改善されていることがうかがえる。また、プロセッサによる木寄せや集積のサイクルタイムは同程度で、それぞれの作業でおよそ1分に1本程度の伐倒木を処理できていた。

(3) フォワーダ

調査地Aにおけるフォワーダの要素作業毎のサイクルタイムを図5に示す。フォワーダでの作業では、実走行でのサイクルタイムがもっとも大きく空走行の約1.25倍であった。次いで積込みの値が高く、1回当たり2分30秒と、はい積みのおよそ2倍で今後は積込み時間の短縮を図る必要性が感じられた。

3 各調査地における生産性評価

表5に調査地A、Bの各工程における労働生産性をまとめた。調査地Aでは、木寄せからはい積みまで17.35 m³/人・日とかなり高い値が得られた。また、調査地Aでは、木寄せの生産性の高さが顕著であり、高密路網施業の効果がはっきりと表れた。調査地Bは作業道がトラック道であるため、集材作業の対象となる木寄せから林内集積まで10.09 m³/人・日と比較的高めの生産性が得られた。しかし、木寄せの労働生産性が他の工程に比べ低く、全体の労働生産性を低下させており、この工程を改善することで、全体の生産性を押し上げることが可能と思われた。例えば、調査地Bの木寄せの労働生産性を調査地Aの木寄せの労働生産性と同等であると仮定すると、木寄せから林内集積までの労働生産性は22 m³/人・日程度まで上がると試算される。現実にはトラック道を高密度に配置できる現場は限られるとは思いますが、今後、施業対象木の径級が上がり、12tクラスの林業機械の使用が不可欠になってきた場合、生産性の向上を図る上でこのよう作業システムの採択も考慮の対象になってくるものと思われる。

IV 摘要

路網密度の異なる利用間伐林において、それぞれスイングヤードとプロセッサを使用した作業システムによる素材生産作業の調査を行った。その結果、フォワーダ道を高密(250m/ha)に配置した施業地では、プロセッサでの直接木寄せによる作業により木寄せ作業の労働生産性が高まり、作業工程全体の生産性向上を可能とした。

トラック道を中程度の密度(100 m/ha)で配置した施業地で、スイングヤードによる木寄せを行ったところ、木寄せ作業の労働生産性が低く、作業工程全体の労働生

産性を下げる結果となった。今後、12tクラスの林業機械を使用する場合においても、生産性の向上を図る上では高密路網による作業システムの採択も考慮の対象になってくるものと思われる。

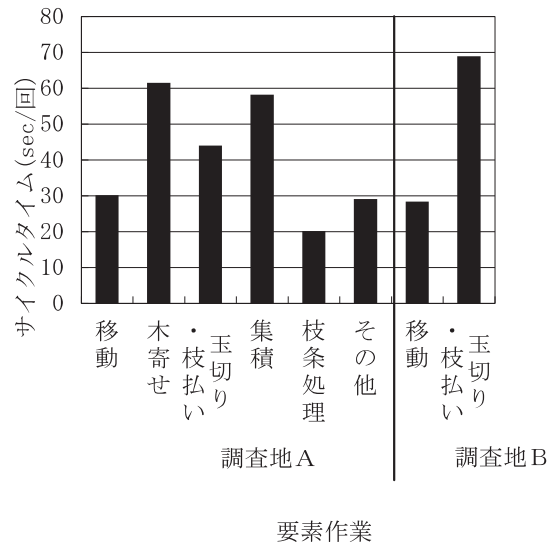


図4 プロセッサの要素作業毎のサイクルタイム

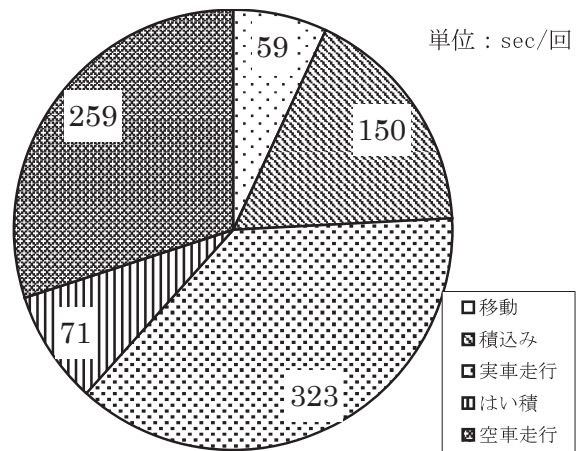


図5 フォワーダの要素作業毎のサイクルタイム

表5 各工程の労働生産性の比較

	調査地A	調査地B
木寄せ (m ³ /人・日)	81.32	19.76
造材 (m ³ /人・日)	169.30	111.30
集積 (m ³ /人・日)	77.58	76.59
運材全体 (m ³ /人・日)	42.47	—
(内訳) 積み込み (m ³ /人・日)	68.80	—
運材 (m ³ /人・日)	266.23	—
はい積み (m ³ /人・日)	190.28	—
全体 (m ³ /人・日)	17.35	10.09

謝 辞

本研究を実施するにあたり、天竜森林組合および森林組合おおいがわの皆様方には調査に際し多大な協力をしていたいただいた。ここに謝意を表する。

引用文献

- 1) 古川邦明 (2003) : 岐阜県における林業機械作業システム研究の取り組み, 機械化林業 597, 5~10.
- 2) 市原恒一(1992) : 複合路網計画における最適路網密度と木寄距離, 日林誌 74, 493-498.
- 3) 今富裕樹・梅田修史・岡勝 (2007) : 効率的な作業機械と路網整備による搬出コスト低減技術の開発, 機械化林業, №638, 16~20.
- 4) 朴相俊・岩岡正博・酒井秀夫・小林洋司 (1994) : タワーヤードによる間伐作業システムと適正路網密度, 東大農演報 92, 175~197.
- 5) 澤口勇雄・佐々木貴博・立川史郎・高橋健保・菊地智久・佐々木一也 (2009) : 超高密路網を基盤とする車両系伐出システムによる間伐の労働生産性とコスト, 岩大演報 40, 119~135.
- 6) 田坂聡明・熊倉由典・ダムロン スイパラン (2000) : 作業機械出力をパラメータとした路網密度の決定, 111回日林学術講, 403.
- 7) 梅田修史・鈴木秀典・山口智 (2006) : 林内作業車による搬出に対応した作業道路網, 117回日林学術講, G24.
- 8) 渡井純 (2010) : チェンソーを併用した小型ハーベスタ造材の労働生産性, 中部森林研究 58, 91~92.
- 9) 與儀兼三・森岡伸樹 (2010) : 高密路網とグラップル系作業システムー広島モデル林におけるグラップル集材システムー, 平成 21 年度林業機械化推進シンポジウム概要集, 15~16.