

# ハーベスタによる造材作業の習熟度 及び習熟モデルへの適合性評価<sup>†</sup>

渡井純<sup>1)</sup>・佐々木重樹<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>農林技術研究所森林・林業研究センター, <sup>2)</sup>賀茂農林事務所

## Improvement in Labor Productivity of a Logging Operation by Differences in Skill Level with a Harvester and Compatibility of the Learning Model in Harvester Work

Jun Watai<sup>1)</sup> and Shigeki Sasaki<sup>2)</sup>

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

<sup>2)</sup>Kamo Agri. and Forest. Office.

### Abstract

Improvement in the labor productivity in a logging operation was evaluated for different experiments on processing in harvester work, and we studied the Learning Model of log production grounded on the Dynamic Evaluation. As a result, the labor productivity improved for the “pulling” and “stacking” experiments in the processing of harvester work, but it did not improve the “bucking and branch limbing”. Moreover, the labor productivity improved in the logging operation for experiments in the processing of harvester work. In studying the fitness for the Learning Model of improvement in the labor productivity of logging operations, we confirmed that the learning of processing in harvester work was characteristic of the Log Linear Model. As a result, it suggested that the learning of forestry work conformed to the Log Linear Model.

キーワード：ハーベスタ，習熟モデル，高性能林業機械，労働生産性，習熟性工学

### 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，林業作業において機械化が積極的に図られている。プロセッサやハーベスタ等の大型林業機械においても，ヘッド部の小型化や軽量化などの改良が進められ，現在では，0.25m<sup>3</sup>クラス以下のバックホーにも装着が可能となり，林地における汎用性が高まっており，今後，さらに普及が進むと考えられる。

一方，高性能林業機械の操縦技術においては，技能修得に経験が必要であり，技術者育成を目的に，林野庁や各自治体を中心に養成研修等が行われてはいる<sup>2)7)9)</sup>が，多くは基礎教育を目的としたもので，その後の技術向上はオペレーター自身あるいは事業体に依るところとなっ

ている。事業体としては，これら技術者の確保<sup>5)</sup>と技能習得をできるだけ早く行いたい<sup>8)</sup>との意向はあるものの，技術者の養成にどの程度の期間がかかるかなどの情報がなく，導入の際の経営上の判断ができかねるといったケースも見られる<sup>5)</sup>。

高性能林業機械の習熟に関しては，シミュレータを使用したもの<sup>1)</sup>，1年経過時の比較<sup>4)</sup>，熟練者と非熟練者の比較<sup>8)</sup>，などの報告はあるものの，長期にわたり調査した事例はあまりない。また，その習熟についてモデル化を行うことにより導入初期の段階で将来的な生産性予測も可能となり，経営上の見通しを得られやすくなると言えるが，そのような試みは見られない。

本研究では，高性能林業機械の導入促進を図ることを

<sup>†</sup>本報告の一部は，第120回日本森林学会（京都市）で発表した。

表1 各調査地の概要

項目	2003年調査地	2005年調査地	2006年調査地	2009年調査地
所在地	静岡県南伊豆町 一条地内	静岡県伊豆市 湯ヶ島地内	静岡県南伊豆町 一条地内	静岡県西伊豆町 宇久須地内
樹種	スギ・ヒノキ	ヒノキ	スギ・ヒノキ	スギ
林齢	32年生	60年生	34年生	42年生
平均斜度	30度	27度	30度	19度
標準幅員	3.0m	2.5m	3.0m	3.0m
使用機械	ヤンマーGLOBAL Vi050 キャビン仕様 +KETO Mini30	日立ZAXIS 75US・ 2ピースブーム仕様 +KETO51ハーベスタ ヘッド	日立ZAXIS 75US・ 2ピースブーム仕様 +KETO51ハーベスタ ヘッド	日立ZAXIS 75US・ 2ピースブーム仕様 +KETO51ハーベスタ ヘッド
造材材積	4.85m <sup>3</sup>	26.73m <sup>3</sup>	18.26m <sup>3</sup>	25.81m <sup>3</sup>

目的に、ハーベスタを使用した引寄せ・玉切り・枝払い・集積作業の工期調査を、同一オペレーターについて5ヶ年にわたって行った。その調査結果から、経験年数の違いによる機械作業の労働生産性を比較し、素材生産作業の生産性について習熟性工学の観点からオペレーターの習熟モデルの検討を行った。

## Ⅱ 材料及び方法

### 1 調査地の概要

調査は、2003年12月、2005年3月、2006年3月、2009年1月にそれぞれ利用間伐林分において行った。各調査地の概要を表1に示す。調査現場は、いずれも伊豆地域で、作業は、南伊豆町内にある事業体により伐採から搬出まで行った。現場は標準幅員2.5m～3.0mの作業道が配置され、0.25m<sup>3</sup>級のバックホーをベースマシンとしたハーベスタが作業可能な環境に整えられた。2003年調査時のみ他の調査時に使用したハーベスタの機種が異なるが、その違いが処理能力や操作性等において造材作業の労働生産性に影響を与えないと判断されたためそのまま比較した。また、調査地により傾斜勾配や林齢に

違いが見られるが、造材作業は作業道上で行われており、大径部は、チェーンソーで処理しているため、これらの違いが労働生産性に与えた影響は少ないものと判断した。

### 2 オペレーター

ハーベスタのオペレーターは、4調査地とも同一（1名）であり、2003年12月の時点では運転に関する事前研修を受けたのみで、現場の作業はこの時が初めてであった。また、同オペレーターのハーベスタ操作年間日数はおよそ100日である。

### 3 作業及び調査の概要

伐倒木は、事前に全木の状態で作業路脇のハーベスタでつかめる範囲まで木寄せを行っておき、その状態から、作業路上でハーベスタが造材作業を行った。また、ハーベスタでは造材できない大径木が一部見られたが、それらについては、チェーンソーにより造材した。図1に作業システムの概要を示す。本報告では、ハーベスタの造材操作の習熟についての検証のため、調査対象はハーベスタによる造材作業のみとし、他の機械等による作業は調査対象外とした。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「引寄せ」「玉切

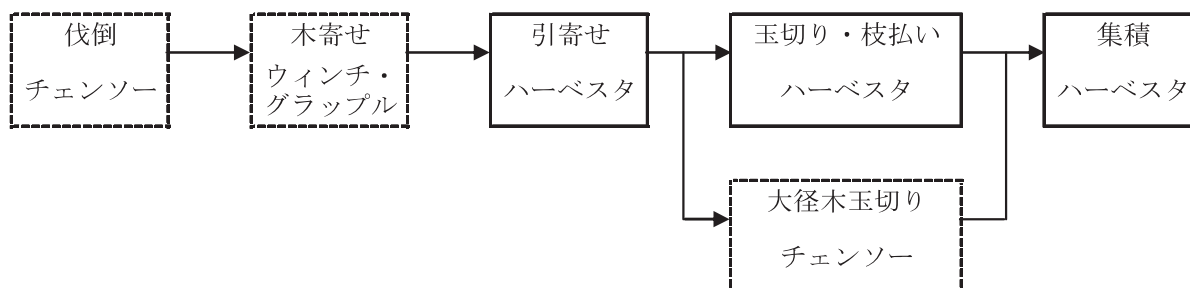


図1 作業システムの概要

※ [ ] は調査対象外

表2 ハーベスタの要素作業別 $m^3$ 当たり所要時間とその割合及び $m^3$ 当たり所要時間低減の寄与度

要素作業	$m^3$ 当たり所要時間 (sec/ $m^3$ )				寄与度 (%)		
	2003年	2005年	2006年	2009年	経験年数		
					1年	2年	5年
引寄せ	334.2 ( 27% )	154.2 ( 15% )	209.5 ( 24% )	133.0 ( 20% )	14.71	10.19	16.45
玉切・枝払	288.5 ( 24% )	283.0 ( 29% )	249.5 ( 29% )	263.6 ( 39% )	0.44	3.19	2.03
集積	454.0 ( 37% )	424.2 ( 43% )	260.0 ( 30% )	196.7 ( 29% )	2.44	15.85	21.02
その他	147.0 ( 12% )	126.2 ( 13% )	141.9 ( 17% )	79.8 ( 12% )	1.70	0.42	5.49
計	1223.7	987.6	860.9	673.1	19.29	29.65	44.99

※ ( ) 内数値は全体時間に対する各要素作業の占める時間の割合。

り・枝払い」・「集積」・「その他」の作業要素ごとに作業時間の計測を行った。各要素作業の区分は以下に従った。

「引寄せ」：機体を設置し、作業路脇の材を掴むためアームを動かし始めた時から最初の玉切りあるいは検尺を行うまで。

「玉切り・枝払い」：玉切り・検尺・枝払いを行っている間。

「集積」：玉切りされた材を作業道脇に集積している間。

「その他」：作業ポイント間の移動や枝条の整理、準備、打ち合わせ等。

造材処理された材の材積は作業中に随時実測した。

### Ⅲ 結果 及 び 考 察

#### 1 要素作業別所要時間とその低減に対する寄与度

表2にハーベスタ作業における各年の要素作業別 $m^3$ 当たり所要時間とその割合及び経験年数0年を基準とした各経験年数における要素作業別 $m^3$ 当たり所要時間の低減に対する寄与度を示す。各要素作業の全体に占める割合は、2003年(経験年数0年時)および2005年(同1年時)においては、「集積」が37%および43%と他の要素作業を大きく上回っているが、2006年(同2年時)には「集積」30%、「玉切り・枝払い」29%とほぼ等しくなり、2009年(同5年時)には「玉切り・枝払い」が39%となり「集積」の29%を上回った。「集積」は主に複数の材をつかみ任意の場所に置く技能が必要な作業である。また、材をつかみ移動させる作業が共通する「引寄せ」と「集積」を合わせた割合も、経験年数が上がるにつれ下がっている。所要時間の低減に対する各要素作業の寄与度も、経験年数1年時で「引寄せ」が最も高く、その後は「集積」と「引寄せ」が高くなっており、いずれの調査時においてもこれらの作業を合わせた寄与度は高くなっている。このことから、これら作業の作業能率の向上が全体の生産性向上に影響を与えていると言える。また、「引寄せ」・「集積」の所要時間低減の寄与度に対して

「玉切り・枝払い」の寄与度が低くなっていることから、「引寄せ」・「集積」の所要時間の全体に占める割合も下がったものと思われた。

#### 2 労働生産性

図2に各要素作業別の経験年数による労働生産性を示す。労働生産性は、処理した材積を、それを要するのにかかった時間と人工数で除し、1日の作業時間を6時間として1日当たりの値に換算した。「引寄せ」と「集積」作業は全体的には経験年数の増加にともない労働生産性の向上が見られ、経験による技術の向上があったものと思われた。一方、「玉切り・枝払い」作業は、各調査年ともほとんど差が見られず、経験年数による労働生産性の向上は見られなかった。このことから、ハーベスタの操作上、「玉切り・枝払い」は、経験による向上があまり見込めない作業であると考えられる。しかし、言い換えれば、ハーベスタやプロセッサにおいて「玉切り・枝払い」のみを行う場合には、経験の浅いオペレーターでも機械の能力を十分発揮させられるということになる。

図3に経験年数による作業全体の労働生産性を、表3に経験年数による同労働生産性の上昇率を示す。労働生産性は、経験年数の増加にともない上昇しており、その上昇率は、それぞれ24.0%、42.2%、81.8%と、経験年数による技術の向上がうかがえた。しかし、1年間の上昇率は1年目が24.0%で最も高く徐々に低くなっている。経験2年目から既に伸びの鈍化が見られているわけであるが、これは習熟性工学の観点から見た場合、顕著な現象であり<sup>6)</sup>、林業機械による素材生産作業にも習熟理論が適合する可能性を示唆しているものと思われる。

#### 3 習熟性工学に基づく習熟モデルの検討

当調査結果からハーベスタの造材作業における習熟モデルの検討を生産性習熟に当てはめて行った。生産性の指標として、各調査年における $m^3$ 当りの所要時間(表4の各調査年次の実測値)を使用した。この4点の年次と所要時間の対数をプロットし、回帰直線を求めたところ、

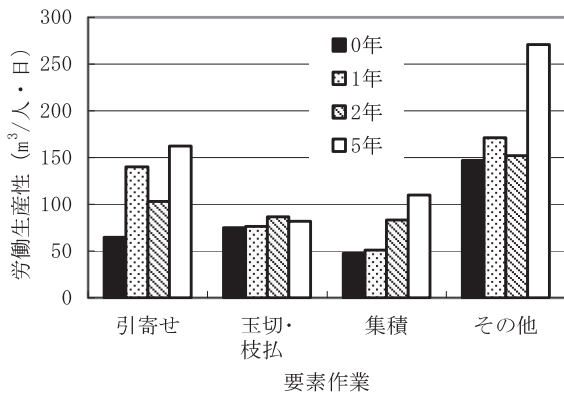


図2 経験年数による要素作業別の労働生産性

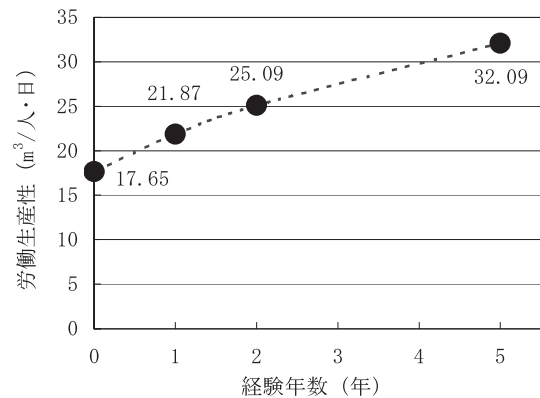


図3 経験年数による作業全体の労働生産性

決定係数 0.9987 の直線 (1) が得られたことから今回の調査における生産性は対数線形習熟の特性を持つと判断できた。

$$y = -0.3339x + 3.0912 \quad \dots (1)$$

(1) の傾き (n) が習熟係数であるので、習熟係数表<sup>6)</sup> から、習熟率はおおよそ 79% となった。生産性予測式  $P = P_1 / X^n$  に当てはめて得られた式を (2) に示す。

$$P = 1223.7 / X^{0.3339} \quad \dots (2)$$

P : 生産性予測値

P<sub>1</sub> : 1年次の生産性

X : 年次数

n : 習熟係数

(2) の予測式により求めた値を表 4 の計算値として示す。予測式により求めた計算値は、実測値と高い適合が確認できた。また、将来的な予測値として 11 年次及び 16 年次の計算も行った。この間においても労働生産性の向上は見られる訳であるが、今後、この現象の適合について検証が必要と思われる。

今回行ったモデル化は、調査点も少なく信頼性の面からも不足であり、また、あくまでも一事例に過ぎないため、一つの試みとして取り扱うことが適当だと考えるが、この試みにより林業作業においても、習熟理論が当てはまる可能性が示唆されたことは意義のあることだと考えられる。

表3 経験年数による労働生産性の上昇率

経験年数	未経験時からの上昇率 (%)	1年間の上昇率 (%)
未経験 (2003年12月)	—	—
1年 (2005年 3月)	24.0	24.0
2年 (2006年 3月)	42.2	18.2
5年 (2009年 1月)	81.8	13.2

#### IV 摘 要

ハーベスタを使用した造材作業の経験年数の違いによる労働生産性について比較を行い、素材生産作業の生産性について習熟性工学の観点から習熟モデルの検討を行った。その結果、要素作業別では「引寄せ」と「集積」については、経験による労働生産性の向上がうかがえたが、「玉切り・枝払い」については労働生産性の向上は見られなかった。また、造材工程全体においても、経験による生産性の向上が見られ、習熟モデルの適合について検討したところ、ハーベスタによる造材作業の習熟が対数線形習熟の特性を持つことが確認でき、林業作業における習熟においても習熟モデルの適合の可能性が示唆された。

表4 各年次における実測値と計算値の比較

		1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	11年次	16年次
所要時間 (sec/m <sup>3</sup> )	実測値	1223.7	987.6	860.7	—	—	673.1	—	—
	計算値	1223.7	970.9	847.9	770.3	715.0	672.7	549.5	484.9
労働生産性 (m <sup>3</sup> /人・日)	実測値	17.65	21.87	25.09	—	—	32.09	—	—
	計算値	17.65	22.25	25.47	28.04	30.21	32.11	39.31	44.55

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、(有)愛美林の皆様方には調査に際し多大な協力をしていただいた。ここに謝意を表する。

## 引用文献

- 1) 井上公基(2000)：高性能林業機械シミュレータの効果に関する研究，日林論 111, 396.
- 2) 川添峰夫(2007)：低コスト作業システム研修の取組みについて，機械化林業, No.642, 17～19.
- 3) 川添峰夫(2007)：林業機械化推進研修・研究協議会活動の発展に向けて，機械化林業, No.643, 3～6.
- 4) 小林洋司・岩岡正博・仁多見俊夫(1993)：ハーベスタとフォワーダによる間伐材搬出作業システム，東大農学部演習林報告 89, 81～97.
- 5) 望月春美(2006)：愛知県新城市における機械化に向けた人材育成，機械化林業, No.628, 33～36.
- 6) 師岡孝次(1969)：習熟性工学, 552pp, 建帛社, 東京.
- 7) 長野県林務部営林指導課(1994)：林業普及シリーズ-42-長野県ではいま…-, 林経協月報, No.397, 26～39.
- 8) 酒井秀夫(2000)：これからの林業機械化にむけた林業技術者の教育・研修の戦略化に関するセミナー-セミナーに寄せて-, 森林利用学会誌 15 (1), 49～50.
- 9) 戸田正和(2005)：高性能林業機械作業システムに対応できる人材育成，機械化林業, No.620, 20～27.