

タワーヤード集材における作業時間等の算出式^{*1}

柱 敦史^{*2} ・ 中山富士男^{*3}

1. はじめに

タワーヤードは、架線系集材の一つであるが、元柱となるタワーを架装することで架設撤去時間を短縮する特徴があり、間伐を主体とする鹿児島県の民有林において利用間伐に有効な林業機械であると期待されている。しかし、その作業工程等については厳密な算定基準が作成されていないのが実状でありタワーヤードの適切な普及・活用と条件整備をすすめるために、集材作業時間に関する算出式の解明が必要とされている。

そこで、集材作業時間を構成する作業工程ごとに作業条件と作業時間との関係性を解析し作業対象林分に適用する方法について検討したので報告する。

II. 調査地概況と調査・分析方法

調査区域となる作業対象林分は、北薩流域内のヒノキの間伐林分であり、間伐方法はいずれも5列残して1列伐採する列状間伐であった。

この調査区において使用した機種はバックホウにウインチを搭載した旋回ブーム式タワーヤード(HC-30)、索

張りはすべてランニングスカイライン方式による全木集材で、上げ荷集材6線、下げ荷集材2線について調査した。作業員は2名ないし3名で9時間19分間(33,568秒)161サイクルの集材作業を行い、合計36.2m³の素材を生産した。

集材工程を要素作業に分割し時間計測を行った。その時間構成は搬器移動空走(19%)、荷掛け(20%)、搬器移動実走(23%)、荷下し(30%)、その他(8%)(搬器調整、横取り実走、検討、立木回避、トラブル、括り直し)であった。

(図-1)

搬器移動、荷掛け、荷下ろし等の各要素作業は連続して1サイクルの集材作業を構成しているが、各工程の作業領域は異なっている。したがってそれぞれの作業工程ごとに作業条件と作業時間との関係性が成立し、これらを合計することで1サイクルの集材作業時間を求めることができる。そこで作業工程ごとに回帰分析を行いこれらを加算し、林分における集材作業時間に関する算出式を導いた。

III. 結果と考察

(1) 工程ごとの作業時間と作業条件との回帰分析

1サイクルにおける作業条件と時間との関係性は次式のとおりであった。

上げ荷集材

$$\begin{aligned}
 [1] \quad t_1 &= Y_1 + Y_2 + Y_4 + Y_5 + Y_8 \\
 &= 0.52X + 8.92 + 0.62X + 13.87 + 41.91 + 73.88 \\
 &\quad + 15.59 \\
 &= 1.14X + 154.17
 \end{aligned}$$

上げ荷集材(自動フック使用)

$$\begin{aligned}
 [2] \quad t_2 &= Y_1 + Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8 \\
 &= 0.52X + 8.92 + 0.62X + 13.87 + 41.91 + 42.2 \\
 &\quad + 15.59 \\
 &= 1.14X + 122.49
 \end{aligned}$$

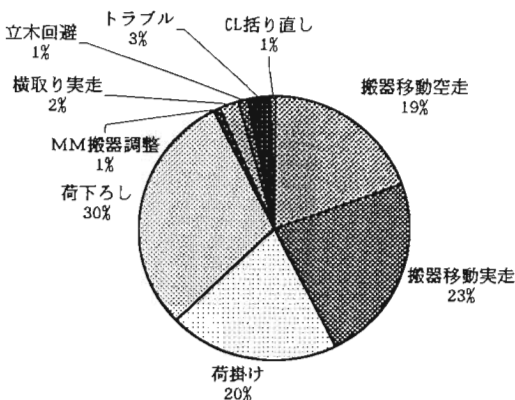


図-1 集材作業の時間構成

^{*1} Hashira, A. and Nakayama, F.: An operational time estimation for a mobile tower yarder

^{*2} 鹿児島県林業試験場 Kagoshima Pref. Forest Exp. Stn., Kagoshima 899-5302

^{*3} 鹿児島県林業振興課 Kagoshima Pref. Forest Promotion Division., Kagoshima 890-8577

下げ荷集材

$$\begin{aligned}
 [3] \quad t_3 &= Y1 + Y3 + Y4 + Y7 + Y8 \\
 &= 0.52X + 8.92 + 0.63X + 4.85 + 41.91 + 57.98 \\
 &\quad + 15.59 \\
 &= 1.15X + 129.25
 \end{aligned}$$

搬器移動空走時間、搬器移動実走時間については集材距離が説明変数として有意であり強い相関が見られた。上げ荷と下げ荷での違いはほとんどなく、また胸高直径、材積との相関は特に見られなかったが、これは1回の集材材積が平均0.22m³と小さくウインチの引張力(2.0t)に余裕があったためと考えられる。

荷掛け時間、荷下ろし時間については材積等作業条件の相違に関係なくほぼ一定の時間であったため1回あたりに平均した値である。

その他時間については集材工程中に偶発的に発生したトラブル時間を1集材工程あたりに平均した値である。(表-1)

表-1 集材工程における回帰分析

目的変数 (秒)	回帰係数			ケース数
	X	定数項	相関係数	
Y1 搬器空走時間	0.52	8.92	0.92	154
Y2 搬器実走時間 (上げ荷)	0.62	13.87	0.84	111
Y3 搬器実走時間 (下げ荷)	0.63	4.85	0.75	47
Y4 荷掛け時間		41.91		
Y5 荷卸工程時間 (上げ荷)		73.88		
Y6 荷卸工程時間 (上げ荷 自動フック)		42.20		
Y7 荷卸工程時間 (下げ荷)		57.98		
Y8 その他時間		15.59		

注) 5%の危険率で有意

(2) サイクル数を決定する木寄せ関与率

[1]~[3]式において1サイクルについての時間を求めたが、1集材線あたりのサイクル数を求めるには単木がどのように括り合わせて集材されるかを解明する必要がある。そこで中山らの木寄せ関与率(I)によりサイクル数を算出した。

今回の胸高直径別に括り合わせて集材した材の度数と単木で集材した材の度数を調べたのが図-2である。この図より胸高直径12cm未満では荷括り率が100%であり胸高直径が大きくなるにしたがって低下し、26cm以上では単木で集材していることがわかる。なお、荷括りした材のうち87%が2本括り、13%が3本括りであったので、すべての径級にわたってこの比率で括られたとみなした。図-3から胸高直径ごとに荷括り率を読みとって1回の集材に対し単木が占める割合(単木の木寄せ関与率(b))を算出したのが表-2である。この木寄せ関与率から1集材線あたりのサイクル数は[4]式で推計する。

$$[4] \quad S = m \cdot b \quad m: 1 \text{集材線あたりの集材本数}$$

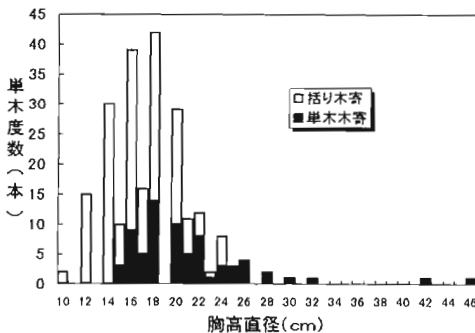


図-2 胸高直径別荷括り形態度数分布

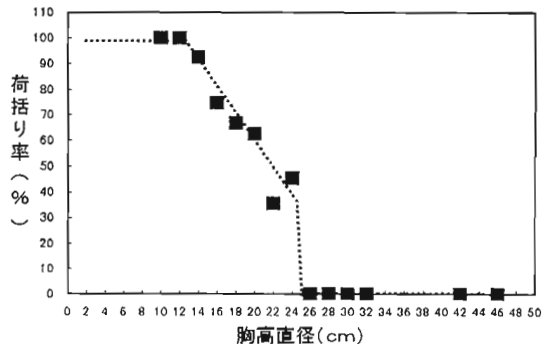


図-3 胸高直径別の荷括り率

表-2 木寄せ関与率早見表

胸高直径 (cm)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1本括り内訳	0.0	6.6	11.7	16.8	21.9	26.9	32.0	37.1	42.2	47.3	52.4	57.4	62.5	67.6	100.0
2本括り内訳	43.5	40.6	38.4	36.2	34.0	31.8	29.6	27.4	25.1	22.9	20.7	18.5	16.3	14.1	0.0
3本括り内訳	4.3	4.0	3.8	3.6	3.4	3.2	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	0.0
木寄せ関与率(%)	47.8	51.3	53.9	56.6	59.2	61.9	64.5	67.2	69.8	72.5	75.1	77.8	80.5	83.1	100.0

(3) 1集材線あたりの集材時間の推計

1集材線の平均集材距離における集材時間に[4]式のサイクル数を乗じることにより1集材線の集材時間を推計することができる。

$$l = L / 2 \quad \begin{array}{l} l: \text{平均集材距離} \\ L: \text{スパン長} \end{array}$$

上げ荷集材

$$\begin{aligned} [5] \quad T1 &= S \cdot 0.52X + 8.92 + 0.62X + 13.87 + 41.91 \\ &\quad + 73.88 + 15.59 \\ &= 1.14 \cdot l + 154.17 \\ &= S \cdot (1.14L/2 + 154.17) \end{aligned}$$

上げ荷集材 (自動フック使用)

$$\begin{aligned} [6] \quad T2 &= 0.52X + 8.92 + 0.62X + 13.87 + 41.91 + 42.2 \\ &\quad + 15.59 \\ &= 1.14 \cdot l + 122.49 \\ &= S \cdot (1.14L/2 + 122.49) \end{aligned}$$

下げ荷集材

$$\begin{aligned} [7] \quad T3 &= 0.52X + 8.92 + 0.63X + 4.85 + 41.91 + 57.98 \\ &\quad + 15.59 \\ &= 1.15X + 129.25 \\ &= S \cdot (1.15L/2 + 129.25) \end{aligned}$$

(4) 回帰式についての適合性の検証

調査区域の作業条件に基づいて[1]~[3]の式に代入し作

業対象林分における集材作業時間を算出した。(表-3, 4)

1サイクルごとの集材時間を推計した結果は表-4のとおりで、実測値に対し90~112%の範囲にあり、8調査区のうち、5調査区は5%以内と高い精度を検証することができた。

次に、サイクル数を推計した結果を見ると8調査区のうち4調査区は10%以内の値であったが全体としては74~122%の範囲であった。1集材線あたりの集材時間を求めるにはサイクル数の推定の精度をさらに上げる必要がある。

IV. おわりに

今回の報告で示したタワーヤードの集材時間に関する算出式で集材時間を推計する一応の成果を得たが、サイクル数推定の課程をさらに検討するとともに、データの集積・解析をすすめ、算出式を改善し、より精度の高い、適用範囲の広いものにしていきたい。

また、これらの算出式は煩雑であるが、表計算ソフトを利用することにより、条件を入力すると自動的に算出できるため実用面では簡易な操作で集材時間の算出が可能である。

引用文献

(J) 中山富士男・柱敦史:日林九支研論, 52, 17~20, 1999

表-3 工程時間等実測値

区 分	計(秒)(A)	サイクル数(回)(B)
1区(上げ荷自動フック)	5261	29
2区(上げ荷自動フック)	1401	8
3区(上げ荷)	4125	20
4区(上げ荷)	3169	15
5区(上げ荷)	3721	16
6区(上げ荷)	5696	23
7区(下げ荷)	4550	22
8区(下げ荷)	5645	28
	33568	161

表-4 現地作業条件からの工程時間等の検証と推計式による推計値

区 分	1サイクル毎に代入した値(秒)		推計式による推計値(秒)			
	計(C)	(C)/(A)	サイクル数(回)(D)	(D)/(B)	集材時間(C)	(C)/(A)
1区(上げ荷自動フック)	4735	0.90	24.3	0.84	3914	0.74
2区(上げ荷自動フック)	1345	0.96	6.0	0.75	948	0.68
3区(上げ荷)	4610	1.12	19.4	0.97	4207	1.02
4区(上げ荷)	3389	1.07	17.4	1.16	3876	1.22
5区(上げ荷)	3642	0.98	19.5	1.22	4292	1.15
6区(上げ荷)	5517	0.97	22.9	1.00	5215	0.92
7区(下げ荷)	4450	0.98	20.4	0.93	3909	0.86
8区(下げ荷)	5505	0.98	25.8	0.92	4774	0.85
	33193		155.7		31135	