

チェーンソー及びプロセッサによる伐木造材作業*1

柱 敦史*2

I. はじめに

鹿児島県における伐木造材作業ではこれまでチェーンソーが広く用いられているが、近年プロセッサ等の高性能林業機械の導入により、チェーンソーによる列状間伐・タワーヤード集材・プロセッサ造材という作業システムが見られるようになってきた。チェーンソーによる伐木造材作業は皆伐及び定性間伐を中心にすでに一応の成果を取めている(1, 2)が、タワーヤード集材を前提とした列状間伐やプロセッサによる造材作業の工期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、今後、高性能林業機械による伐出作業システムの条件整備をすすめるために伐木造材時間に関する算出式の解明が必要とされている。

そこで伐木造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

(1) チェンソー伐木工程

調査区となる作業対象林分は始良流域と北薩流域内のスギ・ヒノキ林であり、定性間伐4箇所、列状間伐2箇所、皆伐1箇所計384サイクルの条件・時間調査を

行った。(表-1)

調査区では事前に胸高直径、樹高、枝下高(枯れ枝含む)等の測定と地形測量を実施し、時間調査はストップウォッチ、または撮影したビデオ映像から計測した。

定性間伐については、連続して行われた伐木・造材工程を分割して計測した。

(2) チェンソー・プロセッサ造材工程

調査区域となる作業対象林分は始良流域と北薩流域内のスギ・ヒノキ林であり、チェーンソー造材3箇所、プロセッサ造材1箇所計193サイクルの条件・時間調査を行った。(表-2)

チェーンソー造材は(1)の伐木工程に連続して行った造材工程である。

プロセッサ造材は全木のままタワーヤードで林道の路肩部分に集材した木をコマツ KP746で林道上及び路肩部分で枝払いし、林道脇に玉切りと同時に積みした。

分析に当たっては各工程を要素作業に分割し時間計測を行い、さらに同一作業毎に各調査区のデータを合算し、条件と時間の関係性を回帰分析により明らかにした。

各要素作業は連続して1サイクルの作業を構成しているが各工程の作業領域は異なっており、これらを合計することで1サイクルの伐木・造材作業時間を求めることができる。そこで、各要素作業時間の回帰式等を加算し、

表-1 伐木工程調査箇所

| 調査区 | 使用機械 | 伐採種 | 樹種 | 林齢 | 面積 | D.B.H. | 樹高 | 伐採本数 | 傾向 | 生産材積 |
|------|--------|------|-----|------|--------|--------|-------|------|-----|----------------------|
| No.1 | チェーンソー | 定性間伐 | スギ | 28年生 | 0.11ha | 22.5cm | 18.5m | 39本 | 5° | 14.178m ³ |
| No.2 | チェーンソー | 定性間伐 | スギ | 31年生 | 0.15ha | 19.5cm | 15.0m | 34本 | 32° | 11.398m ³ |
| No.3 | チェーンソー | 定性間伐 | スギ | 31年生 | 0.15ha | 14.4cm | 11.6m | 52本 | 29° | 3.710m ³ |
| No.4 | チェーンソー | 定性間伐 | スギ | 33年生 | - | 18.1cm | 13.5m | 19本 | 15° | 3.584m ³ |
| No.5 | チェーンソー | 列状間伐 | ヒノキ | 33年生 | - | 16.0cm | 11.8m | 105本 | 16° | 13.765m ³ |
| No.6 | チェーンソー | 列状間伐 | ヒノキ | 42年生 | - | 23.8cm | 17.1m | 49本 | 34° | 21.241m ³ |
| No.7 | チェーンソー | 皆伐 | ヒノキ | 35年生 | - | 20.1cm | 14.1m | 86本 | 30° | 19.084m ³ |

表-2 造材工程調査箇所

| 調査区 | 使用機械 | 樹種 | 林齢 | D.B.H. | 樹高 | 伐採本数 | 傾向 | 生産材積 |
|------|--------|-----|------|--------|-------|------|--------|----------------------|
| No.1 | チェーンソー | スギ | 28年生 | 22.5cm | 18.5m | 39本 | 5° | 14.178m ³ |
| No.2 | チェーンソー | スギ | 31年生 | 19.5cm | 15.0m | 34本 | 32° | 11.398m ³ |
| No.3 | チェーンソー | スギ | 31年生 | 14.4cm | 11.6m | 52本 | 29° | 3.710m ³ |
| No.4 | プロセッサ | ヒノキ | 28年生 | 20.5cm | 13.2m | 68本 | 0°(路上) | 15.212m ³ |

*1 Hashira, A.: Felling, bucking and delimiting with chain saws and processors.

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

林分における伐木造材時間に関する算出式を導いた。
(3)

Ⅲ. 結果と考察

(1) チェンソー伐木工程

ア 時間構成

要素作業については定性間伐，列状間伐，皆伐の3つの伐採種ともほぼ同様であり，「移動」「検討」「受け口切り」「追い口切り」「くさび打ち」「倒伏」の工程が直列に行われた。場合によっては「掛かり木処理」「その他トラブル等」が発生した。

時間観測データを要素作業別に集計した結果，図-1に示すとおりであった。

列状間伐は架線系集材を前提に5列残して1列伐る方法で調査区 No.5では伐倒方向は山側へ，調査区 No.6では谷側へ伐倒した。列状間伐は順次同一方向に伐倒したため定性間伐に比較し伐倒木間の移動，伐倒・退避方向の検討，掛木処理時間の割合が少なく，定性間伐と皆伐の中間的な時間構成であった。

各伐採種の要素作業のうち，受け口切り時間，追い口切り時間の割合が，定性間伐は28%，列状間伐は51%，皆伐は58%といずれも最大であった。

イ 工程ごとの作業時間と作業条件との回帰分析

それぞれの要素作業時間とそれに影響を及ぼす因子について回帰分析した結果，「受け口切り+追い口切り時間」と胸高直径との間に相関があった。(図-2)

定性間伐では2次式の曲線への回帰が見られたのに対し，列状間伐と皆伐は回帰係数，定数項ともほぼ同じ直線への回帰が見られた。定性間伐はスギ，列状間伐及び皆伐はヒノキであるが，鋸断時間への樹種の違いによる影響は認められない(I)ため，作業種による回帰であるといえる。

その他の要素作業時間については，胸高直径，地形傾斜等との際だった相関は見られず，また全体に占める割合も小さく，樹種の違いによる差が無視できるものと仮定し，伐採種ごとに1本あたりの平均時間を求めた。これらの回帰式及び平均値を表-3に示す。

これら要素作業時間を加算し1本当たりの伐木工程時間(秒)の標準推定式を求めた。

[1] 定性間伐伐木時間

$$t1 = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8$$

$$= 23.22 + 14.05 + 0.11D^2 - 0.67D + 8.35 + 9.11 + 7.72 + 6.87 + 1.68$$

$$= 0.11D^2 - 0.67D + 71.00$$

[2] 列状間伐伐木時間

$$t2 = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7$$

$$= 7.72 + 6.58 + 3.81D - 38.45 + 7.02 + 5.96 + 1.25 + 2.03$$

$$= 3.81D - 7.89$$

[3] 皆伐伐木時間

$$t3 = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X7 + X8$$

$$= 5.63 + 3.41 + 3.84D - 38.10 + 4.91 + 4.11 + 3.59 + 8.90$$

$$= 3.84D - 7.55$$

D：胸高直径 (cm)

(2) チェンソー・プロセッサ造材工程

ア 時間構成

チェンソーによる造材とプロセッサによる造材の時間観測データを要素作業別に集計した結果，図-3に示すとおりであった。

チェンソー造材工程は，林内作業車による搬出を前提に，1~5本伐倒するごとに「移動」「測尺」「枝払い」「玉切り」「木口整形」「枝条整理」「その他トラブル等」の要素作業を連続して行った。「枝払い」が最も時間がかかっており次いで「測尺」であった。

プロセッサ造材工程は幅員3mの林道の路肩部分にあらかじめタワーヤードで全木集材した材をプロセッサで2m，3m，4mに造材し林道横にはい積みするまでの工程で，「荷つかみ」「造材空移動」「荷つかみ直し」「木口整形」「枝払い」「玉切りはい積み」「枝条整理」の要素作業が連続して行われた。各要素作業はほぼ均一な割合

表-3 伐倒工程の作業条件と作業時間の回帰式及び平均値

| 要素作業 | 定性間伐 | | 列状間伐 | | 皆伐 | |
|------|------------|----------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| | 回帰式 or 平均値 | R ² | 回帰式 or 平均値 | R ² | 回帰式 or 平均値 | R ² |
| 移動 | X1 | 23.22 | 7.72 | | 5.63 | |
| 検討 | X2 | 14.05 | 6.58 | | 3.41 | |
| 受け口 | X3 | 0.11D ² - 0.67D | 3.81D - 38.45 | 0.64 | 3.84D - 38.10 | 0.64 |
| 追い口 | X4 | 8.35 | 7.02 | | 4.91 | |
| 切り | X5 | 9.11 | 5.96 | | 4.11 | |
| くさび | X6 | 7.72 | 1.25 | | - | |
| 打ち | X7 | 6.87 | 2.03 | | 3.59 | |
| 倒伏 | X8 | 1.68 | - | | 8.90 | |
| 掛木 | | | | | | |
| 処理 | | | | | | |
| 空 | | | | | | |
| 走 | | | | | | |
| その他 | | | | | | |

D：胸高直径 (cm)

であった。

イ 工程ごとの作業時間と作業条件との回帰分析

それぞれの要素作業時間とそれに影響を及ぼす因子について回帰分析した結果、チェンソー造材については「測尺時間」と樹高、「枝払い時間」と樹冠長、「玉切り時間」と胸高直径との間に相関があった。(図-4)

プロセッサ造材については「枝払い時間」と胸高直径、「玉切りはい積み時間」と樹高との間に相関があった。(図-5) 枝払い時間については樹種の違いによる差が考えられるためヒノキの場合の相関とした。チェンソー鋸断に関係する「チェンソー枝払い・玉切り」の相関については樹種の違いによる影響は認められない(1)ため、作業種の違いによるものといえる。

その他の要素作業時間については胸高直径、樹高等の際だった相関は見られなかった。

これらの回帰式及び平均値を表-4に示す。

これら要素作業時間を加算し1本当たりの造材工程時間(秒)の標準推定式を求めた。

[1] チェンソー造材時間

$$t4 = Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8$$

$$= 11.40 + 0.33H^2 - 4.51H + 52.71 + 13.76(H-h) - 7.60 + 2.08D - 18.94 + 13.04 + 30.66 + 16.57 + 2.94$$

$$= 0.33H^2 + 9.25H - 13.76h + 2.08D + 100.78$$

[2] プロセッサ造材時間(ヒノキ)

$$t5 = Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5 + Z6 + Z7 + Z8$$

$$= 18.85 + 27.94 + 9.52 + 5.54 + 0.48D^2 - 15.35D + 129.26 + 4.09H - 32.98 + 13.82 + 1.09$$

$$= 0.48D^2 - 15.35D + 4.09H + 173.04$$

D: 胸高直径(cm) H: 樹高(m) h: 枝下高(m)

IV. おわりに

今回の報告で示した伐木・造材時間に関する算出式でチェンソーによる伐木造材、プロセッサによるヒノキの造材時間を推計する一応の成果を得たが、伐木造材工程に大きな影響を与えると考えられる下層植生の刈り払い時間、傾斜度と移動時間、プロセッサ造材の土場移動時間等さらに調査を行いデータの集積・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伐木造材工程時間、必用人工数、作業日数、生産コストなどさまざまな出力が可能となる。

引用文献

- (1) 酒井秀夫・伊藤幸也ほか：日林誌，70，(1)，1～10，1988
- (2) 辻隆道・桑原正明ほか：日林誌，52，1～9，1970
- (3) 柱敦史・中山富士男：日林九支研論，53，49～51，2000

表-4 造材工程の作業条件と作業時間の回帰式及び平均値

| | | チェンソー造材 | | | プロセッサ造材 | | |
|---------|----|------------|------------------------------------|----------------|---------|------------|--------------------------------------|
| 要素作業 | | 回帰式 or 平均値 | | R ² | 要素作業 | 回帰式 or 平均値 | R ² |
| 移測 | 動尺 | Y1 | 11.40 | | 荷 捆 | Z1 | 18.85 |
| 枝 払 | い | Y2 | 0.33H ² - 4.51H + 52.71 | 0.40 | 造材空移動 | Z2 | 27.94 |
| 玉 切 | り | Y3 | 13.76(H-h) - 7.60 | 0.50 | 荷 捆み直し | Z3 | 9.52 |
| 木 口 整 形 | | Y4 | 2.08D - 18.94 | 0.56 | 木 口 整 形 | Z4 | 5.54 |
| 枝 条 整 理 | | Y5 | 13.04 | | 枝 払 い | Z5 | 0.48D ² - 15.35D + 129.25 |
| 空 走 | | Y6 | 30.66 | | 玉切りはい積み | Z6 | 4.09H - 32.98 |
| そ の 他 | | Y7 | 16.57 | | 枝 条 整 理 | Z7 | 13.82 |
| | | Y8 | 2.94 | | そ の 他 | Z8 | 1.09 |

H: 樹高 (m) h: 枝下高 (m) D: 胸高直径 (cm)

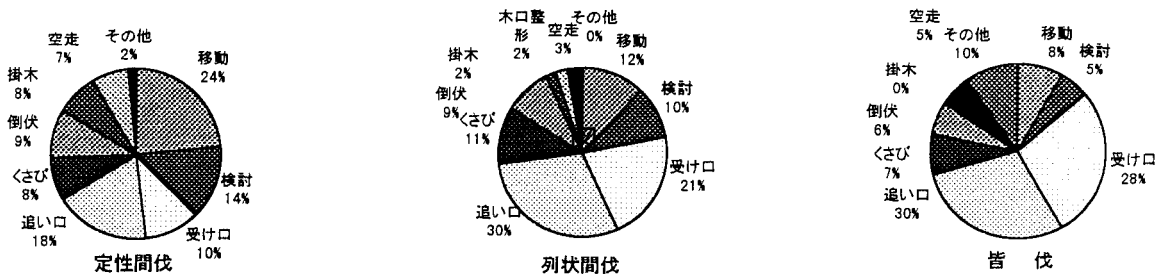


図-1 伐木工程時間構成

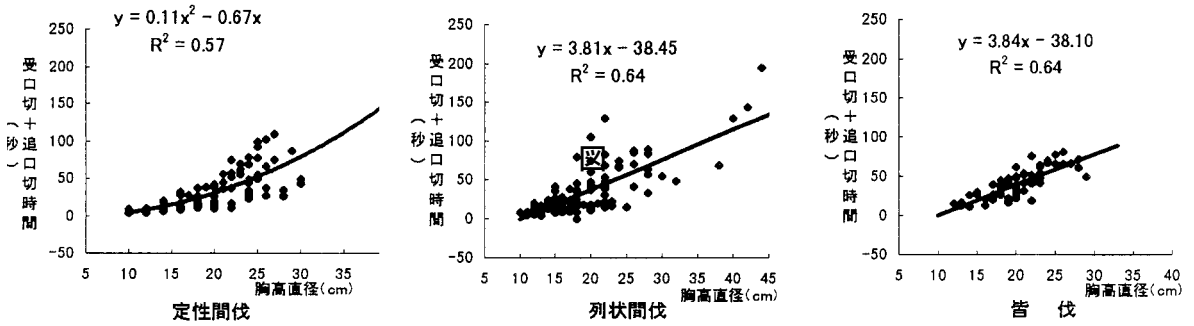


図-2 伐木工程作業条件と作業時間の相関

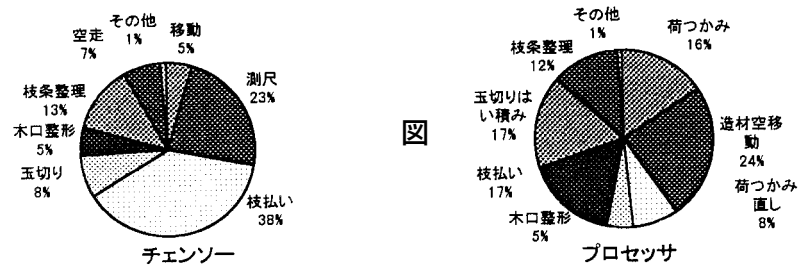


図-3 造材工程時間構成

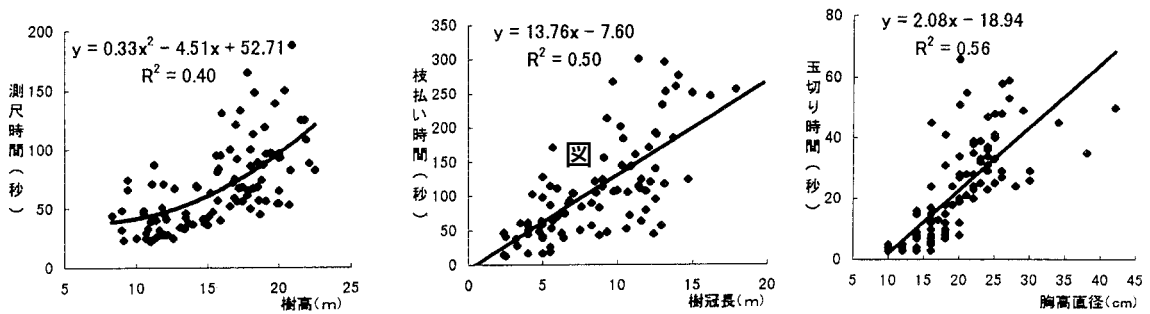


図-4 チェンソー造材の作業条件と作業時間との相関

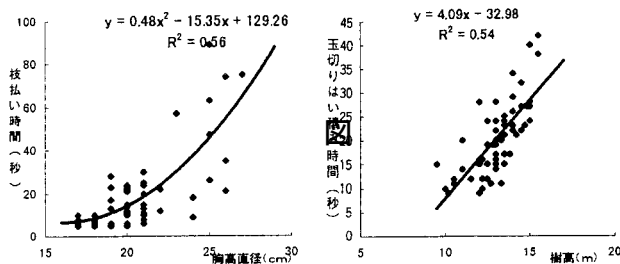


図-5 プロセッサ造材の作業条件と作業時間との相関