

大型タワーヤードを使った集材作業に関する研究

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者名	戸田,正和 谷山,徹
発行元	愛媛県林業試験場
巻/号	19号
巻号補足	
掲載ページ	p. 41-51
発行年月	1998年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



大型タワーヤーダを使った集材作業に関する研究

戸 田 正 和・谷 山 徹

Studies on the logging operations by large sized mobile tower-yarder

Masakazu TODA and Tohru TANIYAMA

当県に導入されている、大型タワーヤーダについて、その作業適応範囲・操作性、作業システム、作業工程、稼働状況を調査した。作業は通常3～5人組で行われ、従来型架線と較べると架設・撤収、運転操作とも容易である。集材作業は最大スパン約500m、横取り距離は最大20m程度である。作業組人数を通常行われている4人作業とすると、架設及び撤収作業時間はスパン長から、また、集材作業のサイクルタイムは下げ荷、平均集材距離100mから350m支間主索の支間傾斜角10度から20度の範囲では、平均集材距離により推定できると思われる。今後、1サイクル当たりの集材材積の推定方法を検討する必要がある。

1. 緒 言

現在、当県には3台のタワーヤーダが導入されており、今後林業構造改善事業等により数台の導入が予定されている。そのため、タワーヤーダの操作性、作業システム、作業工程、稼働状況の把握が必要となっている。そこで、今回、オペレータ、機械とも高い水準にある、S社所有の大型タワーヤーダ「ツルムファルケ」について、操作性、作業システム、作業工程、稼働実態等を調査したので報告する。

なお、この研究は国補課題「地域に適合した林業機械作業システム研究」の中で行った。

2. 調査箇所及び方法

2.1 調査場所

調査は平成4年から平成7年まで、事業としてタワーヤーダー集材を行っている現場6箇所で行った。調査箇所は県内6箇所で行った。調査地1、4、5、6はS社所有林、調査地2は愛媛県有林、調査地3は私有林である。林況は表-1に、作業システム及び作業概要は表-2に示した。

2.2 調査方法

2.2.1 事前調査

林況、地況調査及び調査地内の立木位置、架設位置、土場面積測量等を行った。

林況、地況の調査内容は表-1のとおりである。測量はポケットコンパスと巻き尺を用いた。平均傾斜、地形の複雑さ、障害物密度、地利は「地域に適合した林業機械作業システム研究設計書」(以下、研究設計書)に基づき判定した。

胸高直径は2cm括約とした。樹高測定はポケットコンパスを用いた測量結果から算出した。立木材積は胸高直径と樹高の測定結果から「四国地区立木材積表」により求めた。

2.2.2 作業状況調査

集材作業中は土場と先山にビデオカメラをそれぞれ1台ずつ配置し、作業状況を撮影した。また並行して、出材量、キャレージの走行距離、荷掛け位置等を観察した。

先山作業の作業位置やキャレージの停止・発進位置は事前調査で測量した立木位置及び架線位置測量の測点を基準として目測した。

出材量は全木集材と全幹集材では、立木材積とし、短材集材では末口二乗法で算出した値とした。

2.2.3. 作業時間観測

作業組人数、作業員の作業内容、オペレーターの運転状況、作業時間は撮影したビデオテープを持

ち帰り再生し把握・計測した。作業時間は秒単位で計測し、作業内容は研究設計書に基づき要素作業に分類した。なお、一連の作業で要素作業として区分できないものは一連の作業として計測した。

表－1 調査個所の地況・林況

所在地		1993-1	1993-2	1993-3	1994-1	1996-1	1996-2
		調査地1 面河村	調査地2 東予市	調査地3 西条市	調査地4 面河村	調査地5 面河村	調査地6 面河村
地況	面積(ha)	0.19	0.27	0.55	0.64	0.84	0.15
	平均傾斜(度)	18	22	35	17	26	30
	最小標高(m)	860	610	780	700	710	670
	最大標高(m)	780	690	880	725	730	720
	地形の複雑さ	複雑	複雑	単調	中	中	中
	障害物密度	多	多	中	多	多	中
	地利(m)	300	100	160	50	150	50
林況	林種	人工林	人工林	人工林	人工林 (複層林)	人工林 (複層林)	人工林
	林齢(年)	スギ51ヒノキ61	50	32	上65 下11	67	60
	樹冠粗密度	密	中	密	疎	疎	中
	樹種	スギ・ヒノキ混植	ヒノキ一部スギ	スギ	スギ一部ヒノキ	スギ・一部ヒノキ	ヒノキ・一部ヒノキ
	平均胸高直径(cm)	スギ32ヒノキ32	26	24	スギ35ヒノキ34	スギ35ヒノキ30	23
	平均樹高(m)	スギ21ヒノキ15	19	20	スギ23ヒノキ20	スギ23ヒノキ18	16
	立木密度(本/ha)	1100	730	707	344	424	600
	立木材積(m ³ /ha)	715	328	297	315	308	214
	下層植生	灌木	灌木	灌木	人工林ヒノキ	人工林ヒノキ	灌木
	平均高(cm)	100	70	100	309	250	200
	被覆度	密	疎	疎	中	中	中
伐採方法	伐採種	間伐	間伐	間伐	2段林上木間伐	2段林上木間伐	択伐
	伐採形式	単木	単木	単木	単木	単木	群状
	伐採本数(本/ha)	326	227	212	38	153	81
	伐採材積(m ³ /ha)	196	100	89	59	54	23
	伐採率・本数(本)	32	38	30	17	36	68
	伐採率・材積(%)	27	30	30	17	18	55
	平均胸高直径(cm)	32	30	24	31	32	23
	平均樹高(m)	スギ21ヒノキ15	19	20	23	21	16

(注)立木材積は四国地区(高知営林局管内)立木材積表による

表－2 作業システム及び作業概要

所在地	調査地1 面河村	調査地2 東予市	調査地3 西条市	調査地4 面河村	調査地5 面河村	調査地6 面河村
伐倒作業	チェンソー	チェンソー	チェンソー	チェンソー	チェンソー	チェンソー
集材作業(機種)	タローヤーダ ツルムファルケ	タローヤーダ ツルムファルケ	タローヤーダ ツルムファルケ	タローヤーダ ツルムファルケ	タローヤーダ ツルムファルケ	タローヤーダ ツルムファルケ
造材作業	チェンソー	プロセッサ	プロセッサ	チェンソー	チェンソー	チェンソー
極積み作業	グラップルロッガ	プロセッサ	プロセッサ	グラップルロッガ	グラップルロッガ	グラップルロッガ
作業組人数(集材作業人数)	3 3	4 3	6 4	4 3	5 4	4 4
スパン長(m)	400	205	440	164 178	333 351	262
有効スパン長(m)	380	142	220	110 126	282 290	150
支間傾斜(度)	10	22	11	7 9	10 11	12
揚げ荷下げ荷区分	下げ荷	下げ荷	下げ荷	下げ荷	下げ荷	下げ荷
集材木の形状	全木及び全幹	全木	全木	短材	全木及び全幹	全木及び全幹
平均集材距離(m)	339	102	141	58 61	233	204
最大横取り距離(m)	22	20	23	21 24	30	10
平均横取り距離(m)	8	10	11	6 8	9	5
平均作業量(m ³ /回)	0.56	0.68	1.06	0.44 0.33	0.44	0.38
平均作業量(本/回)	1.8	1.6	2.8	短材 2.6 2.7	1.3	1.0
土揚出材量(m ³)	37.3	26.8	53	37.9	53.5	17.6
労働生産性(m ³ /人・日)	2.3	0.8	2.4	1.6	1.6	1.6
生産コスト(円/m ³)	34,866	36,151	14,377	28,809	20,636	23,466
土揚面積(m ²)	200	150	651	234	310	60

2.2.4 その他の調査

年間稼働時間、燃料消費量はS社より提供のあった資料を使用した。架設・撤収の人工数は作業日報より抜粋した。タワーヤードの操作性等で感覚によるものは聞き取り調査を行った。

3. 調査結果と考察

3.1 タワーヤードの作業適応範囲と操作性

タワーヤードの緒元は表-3のとおりである。ツルムファルケによる集材作業の特徴は、最大600mの主索を有する大型主索式タワーヤードである

表-3 タワーヤードの諸元

機 種		ツルムファルケ		キャレージ	
総重量		14,500kg		型 式	
全 長		6,580mm		適用スカイライン	
全 幅		2,480mm		最大つり上げ能力	
動 力		トラックエンジンから P.T.O 駆動		自 重	
ウインチセット				全 長	
スカイライン				全 幅	
駆 動 形 式		油圧モーター式		全 高	
ブレーキ型式		手動操作油圧式		車 数	
索 の 長 さ		600m		タ ヲ ー	
索 の 直 径		18mm		構 造	
最大張力		7,000kg		型 式	
メインライン				タ ヲ ー 高 さ	
駆 動 形 式		油圧モーター式		チ ル ト 角	
伝 導 装 置		キャブスタン		油圧システム	
索 の 長 さ		700m		メインライン	
索 の 直 径		11mm		ホールバックライン	
最大直引力		2,500kg		回 路 形 式	
最大ドラム速度(無負荷時)		約 5 m/秒		最 大 圧 力	
ホールバックライン				作 業 圧 力	
駆 動 形 式		油圧モーター式		ボ ン プ	
伝 導 装 置		キャブスタン		吐 出 量	
索 の 長 さ		1,200m		モ ー タ ー	
索 の 直 径		11mm		キャブスタン用	
最大直引力		2,500kg		ウインチドラム用	
最大ドラム速度(無負荷時)		約 5 m/秒		ストローライン	
ストローライン				回 路 形 式	
駆 動 形 式		油圧モーター式		最 大 圧 力	
索 の 長 さ		1,200m		作 業 圧 力	
索 の 直 径		6 mm		ボ ン プ	
最大張力		400kg		吐 出 量	
ガイドライン(4本)				モ ー タ ー	
駆 動 形 式		ラチェット付クランク ハンドル手動式		回 路 形 式	
索 の 長 さ		60m		最 大 圧 力	
索 の 直 径		16mm		作 業 圧 力	
ワイヤーロープの構成				ボ ン プ	
用 途		構 成 種 類		吐 出 量	
スカイライン		I W R C 6 × W S (36) O / O		モ ー タ ー	
メインライン		I W R C 6 × F i (29) O / O		回 路 形 式	
ホールバックライン		I W R C 6 × F i (29) O / O		最 大 圧 力	
ストローライン		F C 6 × 7 G / O		作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	
				モ ー タ ー	
				回 路 形 式	
				最 大 圧 力	
				作 業 圧 力	
				ボ ン プ	
				吐 出 量	

(注) 三菱タワーヤードのカatalog、取扱説明書、住友林業より提供された資料による。

ことから、500m程度の長距離集材が可能であり、そのため谷越えの索張りにより、伐採区域の上空高く材を引き抜くことや、路網の整備が遅れている地域でも使用が可能であることである。

索張り方式は「主索付きランニングスカイライン方式」又は「スラックプリングライン式(作業索3本)」と言われる方式で、キャレージに巻き込んだであるストローライン(スラックプリングライン)を本体側に巻き取ることにより、リフティングライン(ホールラインとリフティングラインは1本のワイヤーロープで兼用し、これをメインラインと呼んでいる)を強制的に降下させる仕組みになっている。

このため、皆伐はもちろん、間伐や択伐などについても横取りが容易で、残存木の損傷も少ないことから、非皆伐施業にも適した機種である。

操作は有線リモコン方式で操作盤は20mのコードで本体に接続することができ、危険な位置を避けて、先柱が見える位置で操作することができる。

通常の集材作業は操作盤の1本のレバーで行うことができ、非常に容易である。また、腕力を必要としないことから力の弱い女性でも操作が可能で、現にS社では女性のオペレーターが操作しており、運転操作は容易であると言っている。

また、空搬器を先柱側に走行させる場合、距離をあらかじめ設定しておけば自動的に目的位置に停止する機能が付いており、便利である。

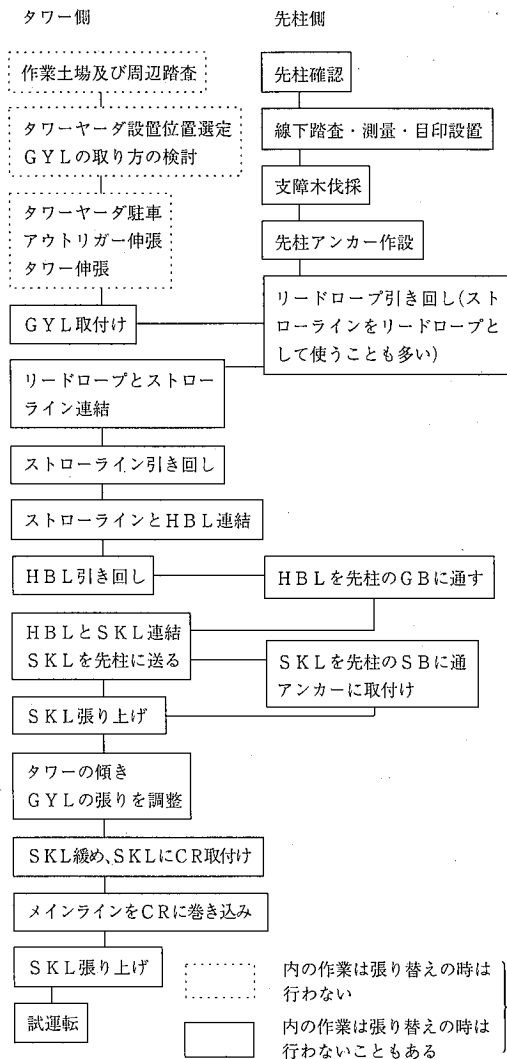
3.2 作業手順と工期

作業は大きく分けると架設、集材、撤収作業となるが、作業内容が類似している、架設・撤収作業と集材作業の2つに分けて作業工期を説明する。

3.2.1 架設・撤収作業

架設作業の作業手順は、図-1のとおりである。架設時間は架設距離が長くなるほど時間が掛かる。架設距離と時間の関係は図-2のとおりである。

先柱の作設は、サドルブロックを高所に取付け、先柱の控え索を作設したり、主索のアンカーやア



(略号は林業架線作業主任者教本の標準養護による)

図-1 架設作業手順

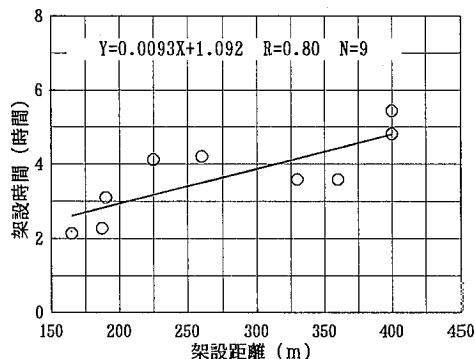


図-2 架設距離と架設時間の関係

ンカーにさらに控え索を取るなどの作業がある場合には、この作業が大きな割合をしめる。

撤収作業の作業手順は、図-3 のように行われる事が多かった。撤収作業はタワーを格納しない

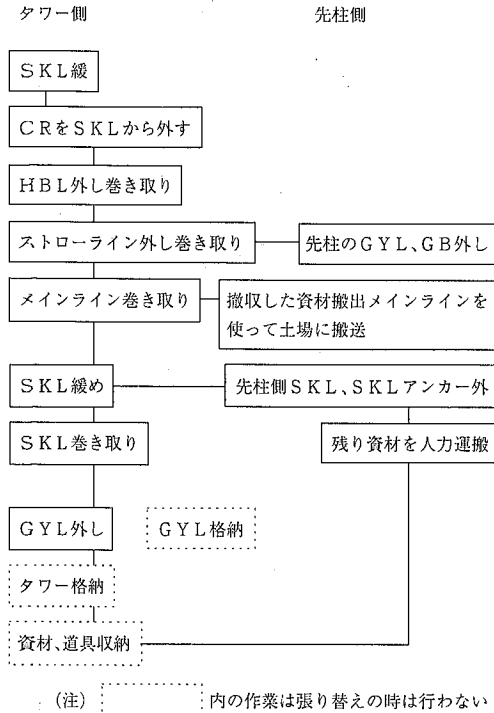


図-3 撤収作業手順

で索のみ放射状に張り替える場合(張り替え)の作業時間と、完全にタワーを格納し、他の場所に立て替える場合(完全撤収)の作業がある。図-4 のようにどちらもスパンが長いほど作業時間は長くなるが、前者と後者を較べると後者は前者より1.1時間程度作業時間が長く掛かる。これは、ガイラインの収納やタワーの格納、道具類の片付けに要する時間である。

なお、図-4 はサンプル数が少ないため信頼性は高くないが架設距離 x (単位: m) と撤収時間 y (単位: 時間) との間には

$$\text{張り替えでは } y = 0.0046x - 0.429$$

$$\text{完全撤収では } y = 0.0038x + 0.868$$

の関係が推測できる。

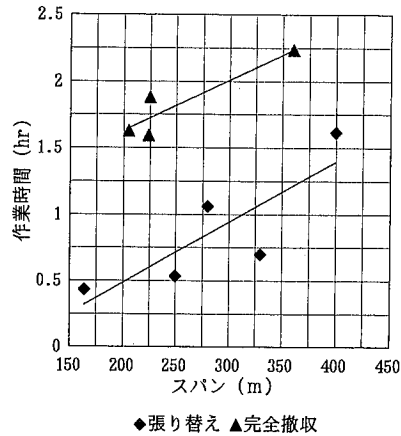


図-4 スパンと撤収時間の関係

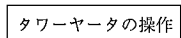
3.2.2 集材作業

集材作業の作業手順は、通常図-5 のように行われた。また調査は、一斉林定性間伐全木集材作業(以下、一斉林全木作業)、二段林上層木定性間伐全幹及び長材(玉切りは一番玉のみ行い二番玉以上は切らないで集材する)集材作業(以下、二段林長材集材)、二段林上層木定性間伐短材(山で玉切り済みの材)集材作業(以下、二段林短材集材)、一斉林群状択伐全幹一部長材集材(以下、群状全木集材)について行った。

作業時間の構成は、空走行(空のキャレージを先柱側に走行)、木寄せ等(索下げから荷揚げまでの一連の作業)、実走行(材を積載したキャレージを元柱側に走行及び移動)、荷おろし(荷下げから索揚げまでの一連の作業)に大きく分けて集計すると図-6 のように、スパンが短い場合は木寄せ等の作業が大きな割合を占め、スパンが長くなると空・実走行時間が大きな割合を占めることがわかる。

3.2.2.1 空走行

空走行速度は、主索の支間傾斜角10度から20度の下げ荷集材の範囲では集材作業の種類や主索の支間傾斜角によって差は見られない。走行距離と作業時間の関係は図-7 のようになり、走行速度は169m/分(2.82m/秒)であった。

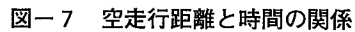


メインライン
(MAL)巻き取り

MAL巻き取り

MAL緩める

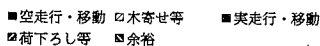
MAL巻き取り



索下げから荷揚げまでの作業(横取り等作業)の作業種別時間構成は図-8のとおりであった。

索下げ作業は、先山の主索の高さにより左右されると予想したが、実際の作業では荷揚げ索を完全に巻き取らないで走行してきたり、空走行中に荷揚げ索の索下げを行うことも多く、索下げ高さが空搬器停止位置での主索の高さに一致しない事例が多いため大きくばらついた。平均値は20.3秒であった。

図一 5 集材作業手順



☐ 索下げ ☒ 荷掛け歩行 ☒ 荷掛け ☒ 横取り待避
☒ 横取り ☐ 荷揚げ ☒ 荷掛け直し歩 ☒ 荷掛け直し

図-8 横取り等作業の構成

数になると予測したが、大きなばらつきがあった。

この原因として、荷掛けについては、伐倒された木の状態によっては、木が重なっていたり、木と地面の間に隙間がなくスリングロープが容易に通らない場合や、隣接した2～3本の木に玉掛けする場合などでは異常に時間が掛かることが原因と思われる。

また、横取り待避では、伐倒された木が重なり歩行が困難な場合や、待避に適した場所が近くない場合などでは待避距離が長くなり、待避時間が掛かることが原因と思われる。

なお、荷掛け時間の平均値は36.3秒、横取り待避時間の平均値は12.2秒であった。

荷掛け歩行時間と距離については、二段林長材集材(面河村)において図-9のように相関が見られ、その速度は0.758m/秒(2.72km/時)であった。しかし、他の調査地では相関が見られなかった。その原因は伐倒した木が歩行の障害となり、距離のみで歩行時間が決定されないためと思われる。

横取り時間は二段林長材集材(調査地5)、二段

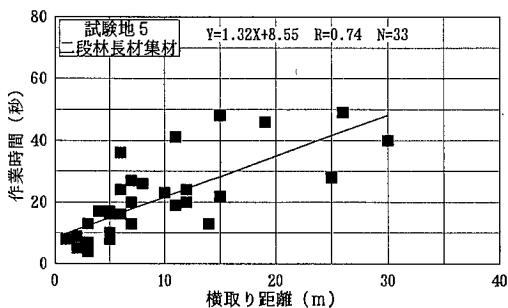


図-9 荷掛け歩行時間と横取り距離

林短材集材(調査地4)と調査地2と調査地3で行った一斉林全木作業において、横取り距離と相関があった(図-10、-11、-12)。そこで図-13のように、3図の回帰式をまとめ、更にその平均値で直線を引き、式を求めた。図-13では横取り距離10mではほぼ同じ値となり、横取り距離20m以内では、平均値近い値となっている。

しかし、調査地1の一斉林全木作業においては、ほとんど相関は見られなかった。これは、この調査地ではまとめて横取りをするため短距離の木寄せを行った後横取り作業を行うなど、複雑な作業をしたことが原因と思われる。

荷揚げ作業についてもばらつきは大きい、10秒から30秒の範囲に75%が含まれ平均値は23.9秒であった。

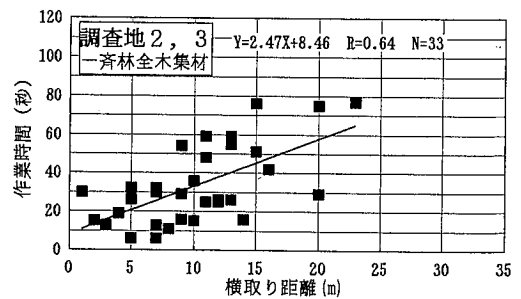


図-10 横取り距離と時間(一斉林全木集材)

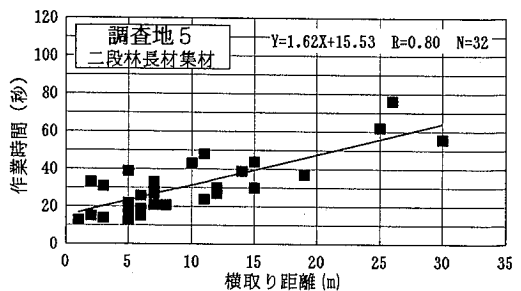


図-11 横取り距離と時間(二段林長材集材)

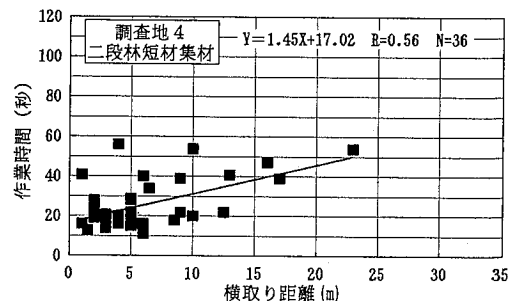


図-12 横取り距離と時間(二段林短材集材)

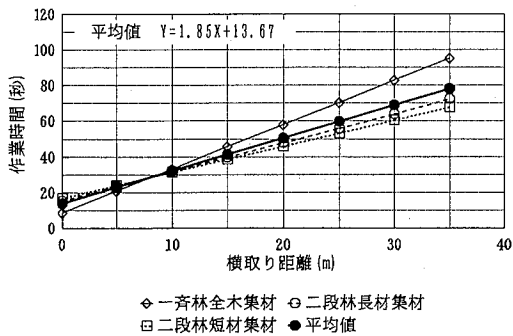


図-13 横取り距離と時間(推定)

3.2.2.3 実走行

実走行は、主索支間傾斜角10度～20度の下げ荷集材の場合、図-14のような相関が見られた。この場合の走行速度は88m/分(1.44m/秒)であった。

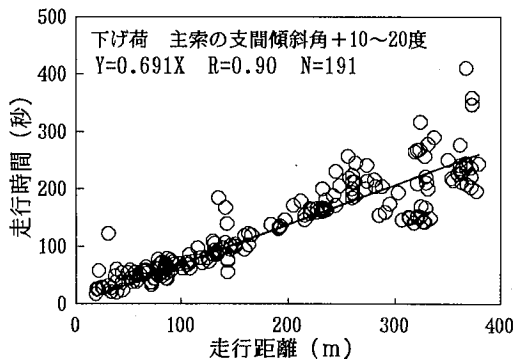


図-14 実走行距離と時間の関係

3.2.2.4 荷下ろし等

荷下ろし作業は、ばらつきが大きかったが、観測した回数の約80%が25秒以下の間にあり平均値は17.5秒であった。

荷外し歩行時間は15秒以下が約80%を占め、ばらつきも小さく平均は6.5秒であった。荷外し時間もばらつきが少なく平均は8.9秒、索上げ待避時間も同様で平均は4.4秒であった。

索上げ時間はやや異常値が出たが、5～20秒の間に大部分が含まれ平均は20.1秒であった。

3.2.2.4 余裕時間

余裕時間(集材ロス時間)は不定期に発生する。

発生の原因は、故障、打合せ、安全確保、等であった。集材作業のサイクルタイムを推定するため観測した作業中に発生した余裕時間を積算し、サイクル数で除した値を求め、サイクル毎の余裕時間としたところ22.5秒であった。

3.3 歩掛の推定

3.3.1 架設・撤収作業

3.3.1.1 作業時間と人工数の推定

架設・撤収作業においては、架設距離が最大の因子と思われる。現在は調査箇所数が少ないものの、3.2.1から、架設距離(L_s :単位m)と架設時間(T_{k1} :単位 時間)の関には、3～4人組作業では

$$T_{k1} = 0.0093L_s + 1.0925 \dots \dots \text{式1}$$

の関係が見られ、作業時間の推定が可能と思われる。

また、撤収作業は、張り替える場合と、走行できる状態まで完全に格納する場合とでは、作業時間に差がある。

架設距離(L_s :単位m)と張り替え撤収時間(T_{k2} :単位 時間)の間には、

$$T_{k2} = 0.0046L_s - 0.4294 \dots \dots \text{式2-1}$$

の関係が、完全撤収時間 T_{k3} との間には

$$T_{k3} = 0.0038L_s + 0.8683 \dots \dots \text{式2-2}$$

の関係が見られ作業時間の推定が可能と思われた。

そこで、この式から歩掛を推定した。

1日の勤務時間を6時間、4人組作業

架設人工数 y_1 、張り替え撤収人工数 y_2

完全撤収人工数 y_3 とすると

$$y_1 = T_{k1} / 6 * 4 \dots \dots \text{式3}$$

$$y_2 = T_{k2} / 6 * 4 \dots \dots \text{式4-1}$$

$$y_3 = T_{k3} / 6 * 4 \dots \dots \text{式4-2}$$

となり、これを作業日報から得た人工数と比較した。

結果は図-15のとおりである。架設は作業日誌から得た人工数には架設距離との相関が認められずバラツキが大きかったため、推定値からかなり

離れた値も見られた。撤収は「張り替え撤収」の推定式を用い算出したところ、推定した歩掛と作業日誌から得た歩掛に大きな差はなかった。

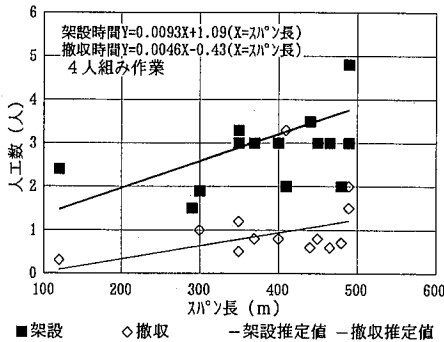


図-15 架設・撤収歩掛の検討

3.3.1.2 従来型架線集材との比較

式3、式4-2からタワーヤードの架設・撤収作業の人工数算出し、従来型架線と比較した。タワーヤードでは架設距離300mで架設人工数は2.56、張り替え撤収人工数は1.34となり、従来型架線では「標準工程表と立木評価」(梅田他, 1982)の図-31「集材索架線・張替え・架設撤去人工数」によればエンドレスタイラー式索張りの架設人工数22、撤収人工数4.62、ハイリード式索張りの架設人工数7、撤収人工数1.47となっており、タワーヤードが省力化が図られていることがわかる。

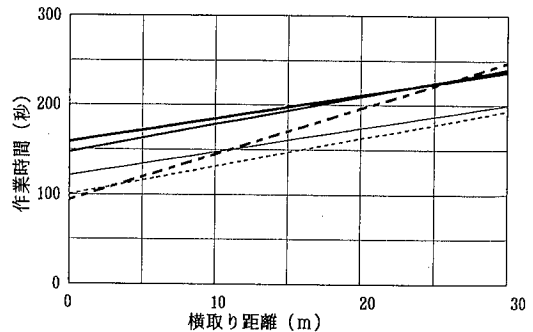
3.3.2 集材作業

3.3.2.1 作業時間の推定

集材作業においては集材時間の増減は搬器の走行距離が最大の要因である。今回、下げ荷、支間傾斜角10~20度の範囲ではあるが、走行速度はほぼ一定であることがわかったので、これを基に推定をすることも可能と思われる。

横取りは、間伐の全幹又は全木集材においては、最大横取り距離は20~30m、平均横取り距離は8~10mであった。これは、残存木の損傷や、荷掛け歩行作業の労働強度から、経験的に選択されていると思われる。また、図-16から、間伐においての

横取り等作業時間は横取り距離10mでは130秒~180秒、横取り距離20mでは170秒~220秒の範囲に含まれており、伐区単位で時間を推定する場合、平均横取り距離から横取り時間を推定しても実用上問題ないと思われる。



— 調査地3 — 調査地2 - 調査地1 - - 調査地5 - 調査地4

図-16 横取り距離と横取り等作業時間の検討

集材作業のサイクルタイムは一般的に式5により表される。

$$T = L \times (1/v_1 + 1/v_2) + h_1 \times (1/v_1 - 2 + 1/v_1 - 2) + h_2 \times (1/v_2 - 1 + 1/v_2 - 2) + r \times (1/v_3 + 1/v_4) + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_0 \quad \text{..... 式5}$$

T : 1サイクル時間(秒)、 L :集材距離(m)

r :横取り距離(m)、 h_1 :土場の索高(m)、

h_2 :先山での材の吊り上げ高さ、

v_1, v_2 :空、実搬器走行速度(m/秒)

v_1-1, v_1-2 :土場索上げ、索下げ速度(m/秒)

v_2-1, v_2-2 :先山索下げ、索上げ速度(m/秒)

v_3 :索の引込み(荷掛け歩行)速度(m/秒)

v_4 :引寄せ(横取り)速度(m/秒)

t_1 :荷掛け時間 t_2 :荷揚げ待避時間

t_3 :荷外し時間歩行(秒)

t_4 :荷外し時間(秒)

t_5 :索上げ待避時間(秒)

t_0 :集材ロス時間

式1に調査結果を当てはめると

$$v1=2.82 \quad v2=1.44$$

$$h1/v1-2=20.5 \quad h1/v1-2=17.5$$

$$v3=0.758$$

$$r/v4=1.85r+13.67 \text{ (図-13より)}$$

$$t1=36.2 \quad t2=12.2 \quad t3=6.5 \quad t4=8.9$$

$$t5=4.4 \quad t0=22.5$$

から

$$\begin{aligned} T &= L \times (1/2.82 + 1/1.44) + 20.5 + 17.5 \\ &\quad + 30.3 + 23.9 + r/0.758 + 1.85r + 13.67 \\ &\quad + 36.2 + 12.2 + 6.5 + 8.9 + 4.4 + 22.5 \\ &= 1.05 \times L + 3.17r + 197 \end{aligned}$$

と推定できる。

ここで平均横取り距離は8~10mであったので $r=10$ と仮定すると、

$$T=1.05L+229 \dots \dots \text{式6となる。}$$

また、サイクルタイムは図-17のように、作業組人数3~4人、有効スパン長100~380m、スカイラインの大部分が樹高以上の位置に張られているなどキャレージの走行に支障がない場合では、平均集材距離と高い相関があったので、要素作業単位で推定したサイクルタイムと平均集材距離を基に推定したサイクルタイムを比較した。その結果図-18のように平均集材距離200mでは後者が47秒高い値が出た。1伐区当たり100サイクルと仮定すれば約1.3時間の誤差となるが、実用上は問題ないと思われる。

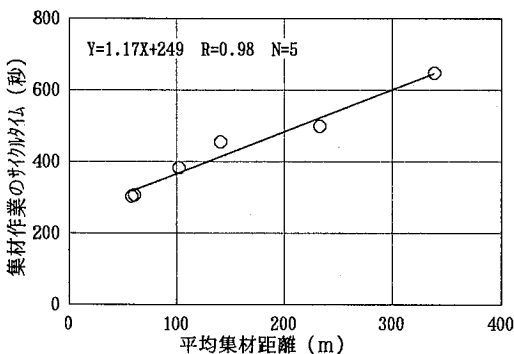


図-17 平均集材距離とサイクルタイムの関係

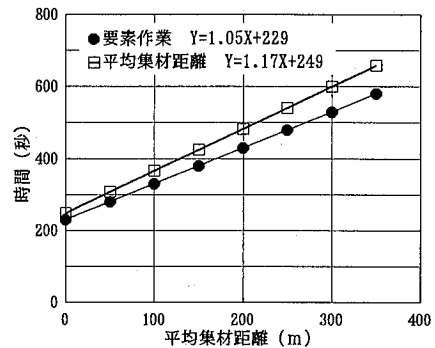


図-18 サイクルタイムの検討

3.3.2.2 1回当たり集材材積

1回当たりの集材材積は一斉林全木作業の伐区毎の平均では0.56立方mから1.06立方mと差が大きかった。平均値は0.76立方mであった。1回当たりの集材材積が単位材積当たりの歩掛を決定する大きな要因となることから、これを推定する方法を考える必要があるが、荷掛け本数と、荷掛け時間や、横取り等作業時間の間には相関が見られないことから、選木や伐倒方向等を工夫し、安全な範囲で1回当たりの集材材積を大きくすることが生産性の向上につながると思われる。

3.3.2.3 従来型架線集材との比較

ここで、平均集材距離200m、平均横取り距離10m(最大横取り距離20m)、実集材時間4.5時間と仮定して1日当たりサイクル数(N_s)を推定すると式6から、

$$N_s = 4.5 \times 3600 / (1.05L + 229) = 36.9$$

となる。

1回に胸高直径22cm樹高18mのスギ(材積0.33立方m)材を2本ずつ集材するとしてタワーヤーダー1日の集材量推定すると約24立方mとなり、前出の「標準工期と立木評価」の図-24「大型集材機による普通集材作業工期 人工林 天然林」(大型集材機75PS以上：エンドレスタイラー方式)より得られた従来型集材の集材量約26 m^3 よりやや少ない(図-24には平均横取り距離10mのグラフがないので推定した値である)。

3.3.2.4 稼働率と燃料消費量

平成8年4月から平成9年3月までの稼働率及び燃料消費量は表3のとおりである。作業可能日数は当該月の日数から休業日数及び天候等の理由で作業が不可能であった日を減じた日数である。なお、原則として雨天は作業を行っている。

稼働率＝稼働日数／作業可能日数×100

とすると、稼働率は22～100月によって大きな差がある。年度平均では70%であった。1日あたりの稼働時間は4.68時間であった。

燃料は軽油を使用しており、消費量は6.25ℓ／時間～11.14ℓ／時間の間で、平均は9.22ℓ／時間であった。

表－4 タワーヤーダの稼働時間と燃料消費量

平成8年4月～平成9年3月

年	月	作業可能日数 (日)	稼働日数 (日)	月稼働時間 (時間)	稼働率 (%)	日稼働時間 (時間)	燃料使用量 (L/月)	燃料使用量 (L/時間)
8	4	23	16	88.7	70	5.54		
8	5	22	22	110.3	100	5.01		
8	6	22	19	96.2	86	5.06		
8	7	20	20	101.9	100	5.10		
8	8	18	4	16.5	22	4.13		
8	9	22	17	70.3	77	4.14		
8	10	26	22	81.3	85	3.70	525	6.46
8	11	15	5	20.8	33	4.16	130	6.25
8	12	21	16	80.8	76	5.05	900	11.14
8	1	20	7	29.3	35	4.19	230	7.85
8	2	17	12	50.8	71	4.23	550	10.83
8	3	22	15	72.7	68	4.85	760	10.45
合計		248	175	819.6			3095	
平均		20.7	14.6	68.3	71	4.7	515.8	9.2

4. 結 言

タワーヤーダによる集材作業は、本県に適した高性能機械作業システムの検討を行っていく上で最も生産性を左右する作業である。

今回の研究により、架設撤収作業工期については全スパン長、集材作業のサイクルタイムは平均集材距離に大きく影響されることがわかった。また、1回あたりの集材量の推定が今後の課題となることもわかったので、今後、1回あたりの集材量を大きくするための選木方法、伐採方法等を解

明するため、タワーヤーダが様々な条件下で利用された作業実績を調査し、生産性の高い作業システムを確立して行きたい。

謝辞—現地調査に当たり、快く調査地での時間観測等に御協力いただくとともに、各種資料をご提供いただいた、住友林業フォレストサービス内藤忠夫氏、住友林業株式会社新居浜山林事業所の皆様、また、研究全般にわたってご指導いただいた森林総合研究所システム計画研究室の井上源基室長及び研究官の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 長岡 稔(1994) 疑問に答える高性能林業機械、林業機械化協会, 168p.
- 奥田吉春(1993) 機械化のデザイン, 林業機械化協会, 195p.
- 越智慎吾(1993) 高性能林業機械を考慮した路網整備に関する一考察, 第28回林道研究発表論文集, pp. 12-18.
- 労働省安全衛生部監修(1994) 林業架線作業主任者教本, 林材業労災防止協会, pp. 2-16., pp. 82-94.
- 柴田順一・桑原正昭(1996) タワーヤーダの考え方と作業マニュアル, 林業機械化協会, 171p.
- 谷山 徹・戸田正和(1996) タワーヤーダを使用した群状択伐集材作業について, 機械化林業, No. 513:31-37.
- 戸田正和(1993) タワーヤーダとプロセッサによる集材・造材作業, 機械化林業 No. 480:31-37.
- 戸田正和(1994) 複層林上層木の伐出作業, 機械化林業 No. 488 pp. 34-39.
- 戸田正和(1995) 急傾斜地におけるタワーヤーダを使った集材作業, 機械化林業 No. 501:36-40.
- 梅田三樹男・辻 隆道・井上公基(1982) 標準工期と立木評価, 日本林業調査会, pp. 11-59.