

緩中傾斜地に適した低コスト生産システムの開発

担当G：森林資源部長・経営G、道北支場

協力機関：森林総合研究所林業工学研究領域

研究期間：平成23年度～24年度 区分：受託研究

研究目的

緩中傾斜地が多く、降雨が比較的少ない気象条件を有する北海道では、北欧で広く利用され成果を上げている林内走行型作業システムの導入により、将来的には造林から伐出まで一貫した低コスト機械化作業システムの構築が可能と考えられる。ところが、このシステムでは大型機械が林内を直接走行することから、林地や残存木に及ぼす影響が懸念される。したがって、このシステムによる持続可能な低コスト木材生産を実現するためには、生産性の把握と同時に森林環境に与える影響を解明していかなければならない。この目的を達成するための一環として、本研究ではハーベスタとフォワーダによる林内走行型作業システムの構築を目指した実証試験を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地について等

調査地：道有林オホーツク西部管理区42林班（トドマツ35年生人工林）、国有林根釧西部森林管理署管内303林班（トドマツ39年生人工林）、同4451林班（カラムツ31年生人工林）、網走西部森林管理署管内307林班（トドマツ45年生人工林）

調査対象：ハーベスタ (Ponsse Beaver)、フォワーダ (Ponsse Gazelle) 他

調査方法等

方法：ビデオカメラによる作業状況の記録と時間観測調査、ならびにGPSによる機械の移動経路記録と解析

研究成果

1. ハーベスタ (Ponsse Beaver) の生産性

ハーベスタ (写真-1) による間伐作業の生産性は $13.6\text{m}^3/\text{時}$ となった。過去の調査結果 ($28.6\text{m}^3/\text{時}$) と比べて低くなったが、これは処理する立木の大きさの影響を受けたためである (過去データは平均 $0.6\text{m}^3/\text{本}$ 、今回は $0.3\text{m}^3/\text{本}$)。処理木の個別解析結果からは、立木の大きさが $0.6\text{m}^3/\text{本}$ であれば $20.6\text{m}^3/\text{時}$ の生産性となることが予測された (図-1)。さらに、立木の大きさに加えてオペレータの技量も生産性に影響することが明らかとなった。



写真-1 調査ハーベスタ

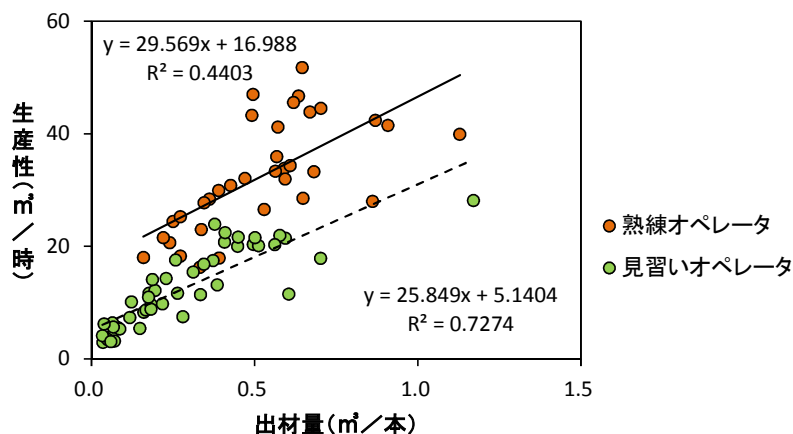


図-1 林業専用ハーベスタの生産性モデル

2. フォワーダ等集材機械の生産性

コンビマシ (Welte W130K) および林業専用フォワーダ (Ponsse Gazelle、写真-2) の生産性調査を実施した。コンビマシは、欧州産のホイールベースの集材機械であり、アタッチメントを交換すればフォワーダ仕様でもスキッド仕様でも使用できるという特徴がある。今回はフォワーダ仕様で試験を行った。それぞれの生産性は、主に集材距離の影響を受けることがわかった。



写真-2 調査フォワーダ

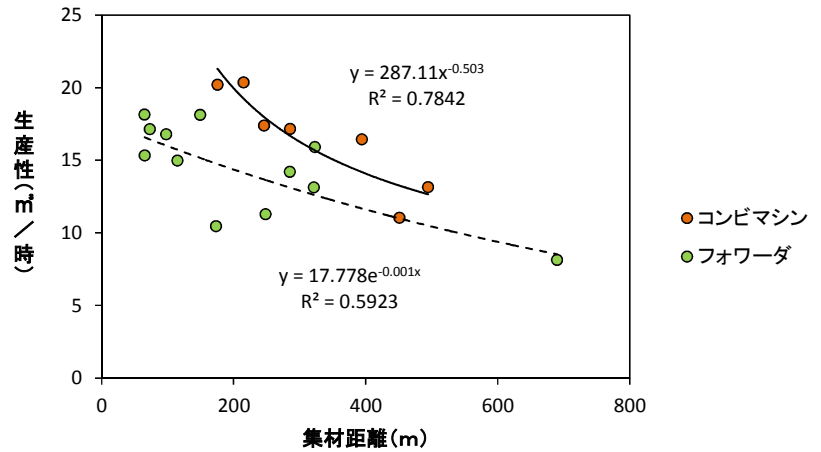
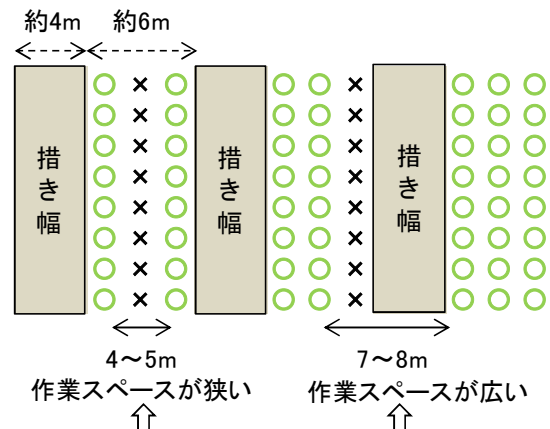


図-2 フォワーダ等集材機械の生産性モデル

調査結果から得られた回帰式より、コンビマシンは集材距離200mで約20m³/時、300mで16m³/時、またフォワーダではそれぞれ約14m³/時、13m³/時となることが予測され(図-2)、使用する機械の走行能力等も生産性に影響することがわかった。

3. ハーベスタによる列状間伐

3条植栽林分で実施されたハーベスタ(コマツPC-138US-8にValmet350を装着した建設機械ベースのハーベスタ)による1伐3残の列状間伐では、間伐列の位置により作業スペースが異なった(図-3)。作業スペースが狭い場所におけるハーベスタの生産性は13.9m³/時であったのに対し、広い場所ではその約1.5倍の20.3m³/時となった。この結果から、植栽仕様を考慮した列状間伐の必要性が指摘された。



3条植栽の中央列を伐採 3条植栽の外側列を伐採
 図-3 列状間伐とハーベスタの作業スペース
 措き幅は植栽時に地拵えが省略された部分。

4. 林業専用ハーベスタ・フォワーダ等によるCTL作業システム

調査事例から、林業専用ハーベスタとコンビマシンによるCTL作業システム*の生産性は8.9m³/時、同じハーベスタとフォワーダの組み合わせでは8.4m³/時となった。これに対して、グラップルローダを伐倒木の木寄せやフォワーダ集材での積み下ろしに多用するCTL作業システムの生産性は、4.0~4.4m³/時となり、前二者の約半分であった。この結果から、システム全体の生産性を上げるためには工程や機械台数、作業員数を減らしてできるだけシンプルな構成とすることが望まれた。

*CTL (Cut-to-Length) 作業システム: ハーベスタとフォワーダの組み合わせを基本とする短幹作業システム

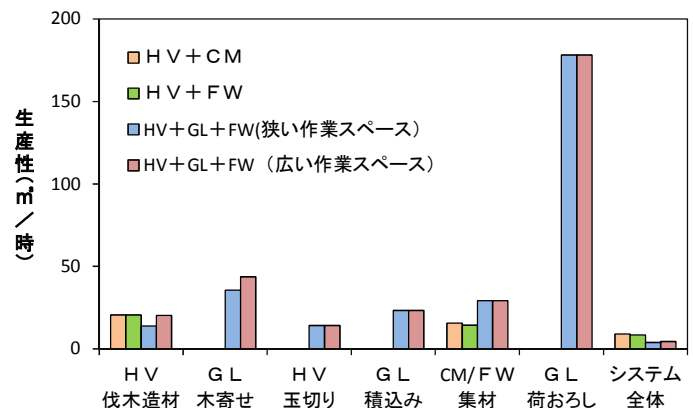


図-4 システムの構成と生産性の調査事例
 HV: ハーベスタ、CM: コンビマシン
 FW: フォワーダ、GL: グラップルローダ

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・渡辺一郎(2012) 最新型ホイール型ハーベスタ(PONSSE Beaver H60e)の期待される生産性 機械化林業698:35-40

フォワーダによる集材作業の生産性予測モデルの開発

担当G：森林資源部長・経営G、道北支場

共同研究機関：北海道水産林務部森林環境局森林活用課美唄普及指導員室

協力機関：IHI建機(株)北海道営業所、(一社)北海道林業機械化協会、(有)丸幸、
千歳林業(株)、南富良野木材産業(株)、松本木材(株)

研究期間：平成24年度 区分：公募型研究

研究目的

傾斜の緩やかな場所が多い北海道の人工林では、北欧の先進伐出技術であるCTL作業システム^{*1}の適用が有効と考えられる。CTL作業システムは林業専用のハーベスタとフォワーダ^{*2}を組み合わせることで最高のパフォーマンスを発揮できるが、フォワーダに関する研究や報告はまだ少ない。このため素材生産に関わる事業者がフォワーダ集材の生産性を十分に把握できない状況にある。そこで本研究では、国産のセミクローラタイプ・フォワーダを対象に走行条件別の走行速度、積載する丸太の大きさ別の積込み・荷おろし作業効率を明らかにし、集材作業の生産性予測モデルのプロトタイプ開発を行った。

^{*1} CTL作業システム：ハーベスタとフォワーダの組み合わせを基本とする短幹作業システム

^{*2} フォワーダ (Forwarder)：丸太を荷台に積載して運ぶ集材専用の機械

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地について等

調査地：美唄市の道有林52林班（トドマツ34年生人工林）、豊頃町有林118林班（カラマツ48年生人工林）、伊達市の一般民有林1014～1015林班（カラマツ41～58年生人工林）、占冠村の国有林1257林班（トドマツ65年生人工林）
調査対象：セミクローラタイプ・フォワーダ（IHI建機F801）

調査方法等

方法：ビデオカメラによる作業状況の記録と時間観測調査、ならびにGPSによる機械の移動経路記録と解析
走行条件：乾いて固い路面、湿って軟らかい路面、積雪して滑りやすい路面の三区分で、空荷・積荷状態での上り、下り

研究成果

1. 供試機的主要特徴

供試機は、キャビン内のシートが回転しオペレータはキャビン内に座ったまま走行、積込み、荷おろしのすべての操作が行えることが大きな特徴とされる。また、前輪はホイールで後部はクローラというセミクローラタイプの足回りを持ち、アーティキュレート機構^{*3}により林地環境に配慮しながら走行性能を高めている（写真-1）。

^{*3} アーティキュレート機構：車体屈折（中折れ）による操向方式で、林地を大きく傷めることなく小旋回ができる。



写真-1 調査フォワーダ

2. 路面条件、傾斜、積荷の有無と走行速度

乾いて固い路面（図-1）、湿って柔らかい路面、積雪して滑りやすい路面（図-2）のいずれにおいても、傾斜が緩やかになると積荷の有無に関わらず走行速度が上がる状況が認められた。

乾いて固い路面における緩傾斜（傾斜10度未満）での平均走行速度は、空荷時7.5km/時、積荷時7.4km/時、湿って柔らかい路面ではそれぞれ6.4km/時、6.3km/時、同じく積雪路面では5.0km/時、6.6km/時となった。積雪路面では、積荷状態の方が空荷時よりも速度が上がる傾向にあったが、これは適度の材を積載して車重を増すことにより接地部（クローラ部）のグリップ力が上がるためと考えられた。

3. 積おろし作業効率

丸太の大きさ別に行った積おろし試験の結果から、小丸太（末口径14cm未満）の積込み効率は465秒/m³、荷おろしはその約1/3の135秒/m³、これに対し中・大丸太（末口径14cm以上）ではそれぞれ340秒/m³、228秒/m³となり、その差は2/3程度に縮まることがわかった。中・大丸太の荷おろし作業効率が小丸太よりも低いのは、前者ではより重量のある丸太を扱う

表-1 積おろし作業効率

区分	積込み (秒/m ³)	荷おろし (秒/m ³)
小丸太	465	135
中・大丸太	340	228

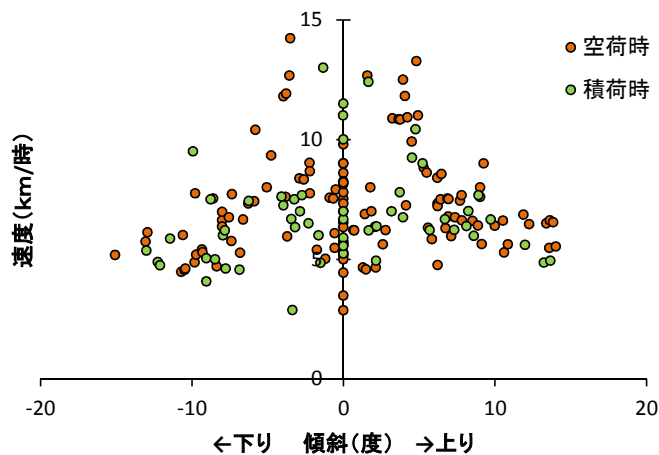


図-1 乾いて固い路面における傾斜と走行速度

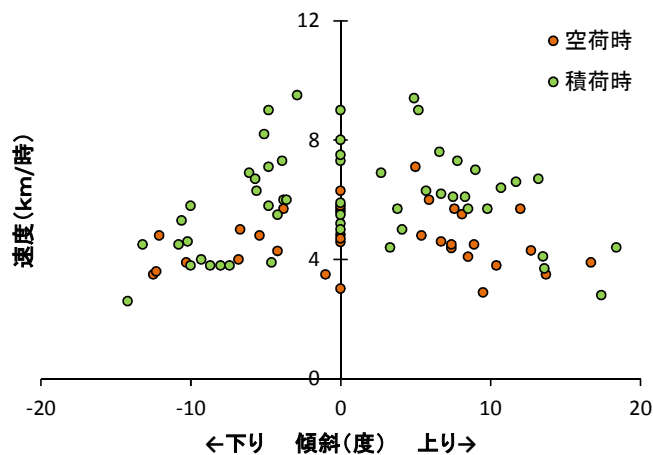


図-2 積雪路面における傾斜と走行速度

ため、荷おろし時の車体の安定性（揺れ防止など）に配慮し慎重に作業を進めたためではないかと考えられた。なお、今回は土場において積込み・荷おろし試験を行ったが、これらの作業効率には作業地の状況やグラップルクレーン操作の巧拙が大きく影響することに留意しなければならない。

4. 生産性予測モデル

調査結果を踏まえ、次の条件のもとで供試機による集材作業の生産性を予測するモデルのプロトタイプを開発した。

- 条件① フォワーダ集材の1サイクルを「空荷走行」、「積込み」、「積荷走行」、「荷おろし」という4つの要素作業に区分し、これらの合計時間をサイクルタイムとする。
- 条件② 1サイクル当たりの積載量を 5m^3 とし、すべての材を林内の1箇所での積込み、土場でも1箇所での荷おろしとする。積込み・荷おろし時間は、調査結果から得られた作業効率に基づき、それぞれ小丸太で2325秒/サイクル、675秒/サイクル、中・大丸太で1700秒/サイクル、1140秒/サイクルとする。
- 条件③ 空荷時は上り走行、積荷時は下り走行という集材パターンとし、路面条件別の走行速度は表-2のとおりとする。

開発したモデルから、乾いて固い路面で最も生産性が高く、逆に積雪路面では最も低くなると予測された（図-3）。この状況は小丸太の場合でも同様であった。また集材距離100mの条件での生産性は $6.0\sim 6.1\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{時}$ 、500mでは $4.9\sim 5.4\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{時}$ 、1000mでは $4.0\sim 4.6\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{時}$ と予測され、路面状況の違いが生産性に及ぼす影響は距離の増加につれて大きくなった。

表-2 予測モデルに用いた走行速度

路面条件	緩傾斜		中傾斜	
	空荷時 (m/秒)	積荷時 (m/秒)	空荷時 (m/秒)	積荷時 (m/秒)
乾・固	2.1	1.8	1.7	1.4
湿・軟	1.8	1.6	1.4	1.6
積雪	1.4	1.7	1.2	1.2

註1：緩傾斜は10度未満、中傾斜は20度未満とする
 註2：積荷時の走行時間には、フォワーダの走行準備時間（切り返しなど）も含む

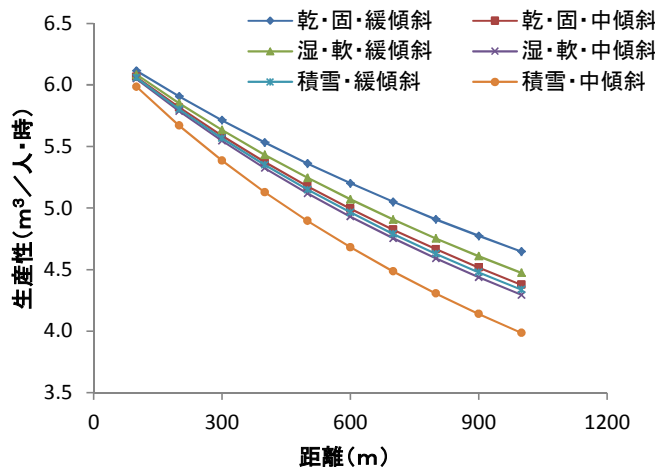


図-3 生産性の予測モデル（中・大丸太を積載した場合）

研究成果の公表(文献紹介や特許など)