

ハーベスタ、フォワーダ、グラップルローダによる 間伐作業システム

渡辺 一郎

はじめに

林業試験場では、平成19～21年度に林野庁補助事業「低コスト作業システム構築事業」の中で、ハーベスタの能力（1台で伐木、枝払い、玉切りの連続作業が可能）をできるだけ引き出し、最低限の人員かつ作業機械により、路網を積極的に活用したハーベスタとフォワーダを中心とした間伐作業システムの開発に取り組んできました。平成19～20年度の成果の一部については、光珠内季報No.154とNo.155で紹介してきました。平成21年度はこれに傾斜地での間伐作業方法を加えて検討しました。

その結果、ハーベスタとフォワーダとグラップルローダの3機種による様々な条件に対応可能な作業システムを開発しましたので紹介します。

作業機械について

作業システムに必要な機械は、ハーベスタ、フォワーダ、グラップルローダの3種類です。

(1) ハーベスタ

伐木、枝払い、玉切りを1工程で行える作業機械です。ハーベスタ作業は、作業路上もしくは列状間伐を行いながら間伐列を一時的な走行路として使用して作業を行います。

道内で一般的に使用されているバケットサイズ0.50m³（旧JIS規格では0.45m³）のエクスカベータ（通称、バックホーなど）のノーマルアームでは作業半径は6.7mですが、これに対しロングアームでは作業半径は



写真-1 ロングリーチハーベスタ
(2007年林業機械展にて撮影)

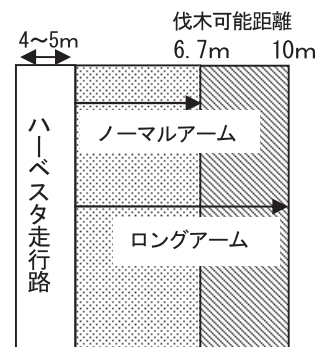


図-1 ハーベスタのアーム長と作業範囲の模式

10mとなり（図-1）、林地に機械が進入する面積を減らすことが可能です。ハーベスタ作業の生産性にはあまり差がないので（林業試験場調べ）、林地保全の面からはロングアームタイプが推奨されます。写真-1は、CATジャパンが販売しているロングリーチハーベスタ（ロングアームタイプの1例）です。

(2) フォワーダ

フォワーダは、ハーベスタなどにより玉切りされた材（短幹材）を付属のローダークレーンで自ら荷台に積み込み、運搬する林業機械です（写真-2）。本道にはローダークレーンのないものも多く導入されているため、今回紹介する作業システムでは、ローダークレーンを使用しないことを前提にしていますので、機械の定義上はフォワーダとは言いませんが、一般的にはこれらも含めてフォワーダと通称されています。



写真-1 ロングリーチハーベスタ
(2007年林業機械展にて撮影)

(3) グラップルローダ

グラップルローダは、現在、最も普及している林業機械であり、主に土場で玉切りされた材の巻き立てを行います。最近では、林内で伐木された材の木寄せ作業や集材作業に使われるケースも増え、様々な使われ方をするようになりました。今回紹介する作業システムでは、基本的にはフォワーダと連携して集材と運搬作業を行います。単独で木寄せ作業にも使われます。さらに、この作業システムでは、傾斜地に対応するために集材ウインチを搭載することを推奨します。ハーベスタで伐木できない場所では、チェーンソーで伐木することになります。伐木後の木寄せ作業の際に、グラップルローダにウインチが搭載されていると、新たな機械（例えば、林業用トラクタ）を追加することなく、木寄せ作業が可能となります。グラップルローダに搭載可能なウインチについて写真 3 に 2 機種を例示します。



写真-3 ウインチが付いたグラップルローダの例
(左：ヘッドとウインチが一体化したタイプ、右：アーム下部にウインチが装着されたタイプ)

作業システムの概要

基本的な作業の流れは、ハーベスタによる伐木、枝払い、玉切りと、グラップルローダとフォワーダの連携作業による集積された材（短幹材）の積込み、運搬、巻立によって構成されています（図 2）。これを基本型として、林分状況によって、機械の林内作業の可否とハーベスタがどの場所で玉切り作業を行うかによって、いくつか作業工程の変更が必要になります。その使い分けについての考え方を図 3 の概要図によって説明します。

最初に、作業を行う林地について、ハーベスタが林内で作業可能かどうかを傾斜や林地の状況から判断します。作業可能であれば「林内作業」を選択します。作業が困難であれば「路上作業」を選択します。次に、「林内作業」の場合であればフォワーダが林内で作業可能かどうか、路上作業であれば高密路網を作設可能かどうか、作業システム選択の条件になります。

なお、ここでいう路網密度は、作業機械が走行できる程度の作業路を対象とし、運材トラックなどの車両が走行可能な作業道レベル以上の道路規格を対象とはしていません。

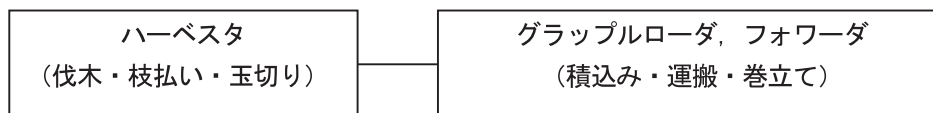


図-2 作業システムの基本型

作業システムの内容

各作業システムの工程と作業の流れについて説明します。

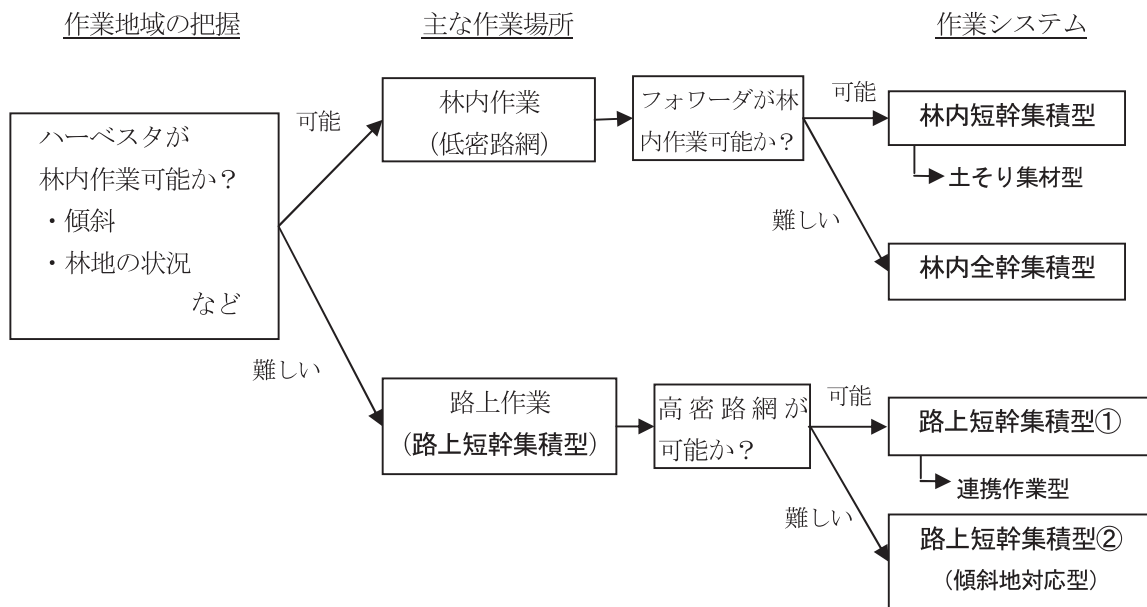


図-3 作業システム選択方法の概要

(1) 林内で作業できる場合 — 「林内短幹集積型」と「林内全幹集積型」—

● 林内短幹集積型作業システム

この作業システムは、最も積極的に林内で作業するシステムです(図-4)。まず、ハーベスタが林内で伐木、枝払い、玉切りまでを行い、林内の間伐列周辺に短幹材を集積します(写真-4)。間伐方法は列状間伐になります。次に、集積された短幹材をグラップルローダとフォワーダの連携作業により集材します。この時、フォワーダが間伐列に入る場合は、間伐列内を安全に走行できるか 事前に確認する必要があります。もし、困難な場合は、グラップルローダにより作業路まで短幹材を選び出すことにより対応するか、次に紹介する「林内全幹集積型作業システム」を採用し、林内でのハーベスタの作業を伐木と枝払いまでに止めることとなります。

また、集材作業に土そりを用いる場合は、グラップルローダが間伐列に入ることができれば作業可能です(土そり集材型)。これは、グラップルローダによって牽引された土そりに短幹材を積載して集材する方法です(写真-5)。なお、土そり集材の作業仕組みは、光珠内季報155号「土そりとグラップルローダによる集材」で紹介していますので参照して下さい。

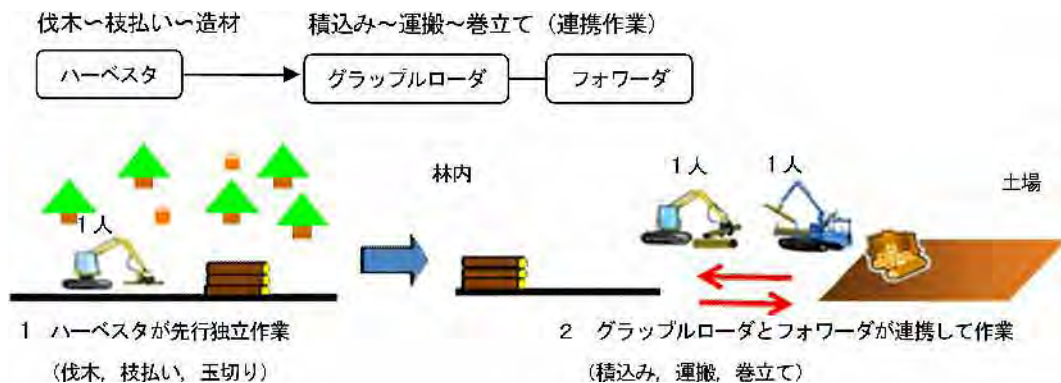


図-4 林内短幹集積型の作業工程と作業の流れ



写真-4 ハーベスタによって玉切りされ林内の間伐列に集積された短幹材



写真-5 土そり集材 (詳細は、光珠内季報 155号を参照して下さい)

● 林内全幹集積型作業システム

この作業方法は、主にフォワーダがハーベスタによって列状間伐を行った後の間伐列内で作業できない場合を想定した作業システムです (図-5)。「林内短幹集積型作業システム」でも触れたように、短幹材を林内からグラップルローダで作業路まで運搬することも可能ですが、全体の生産性を多少落とすこととなります。このような条件下では、ハーベスタでの林内作業を伐木と枝払いまでに止めて全幹材で集積し、グラップルローダで全幹材を作業路まで木寄せした方が生産性の向上に効果があります (写真-6)。作業路まで木寄せされた全幹材は、伐木作業を終えたハーベスタによって玉切りされ (写真-7)、玉切りされ作業路に集積された短幹材は、グラップルローダとフォワーダの連携作業によって集材します。

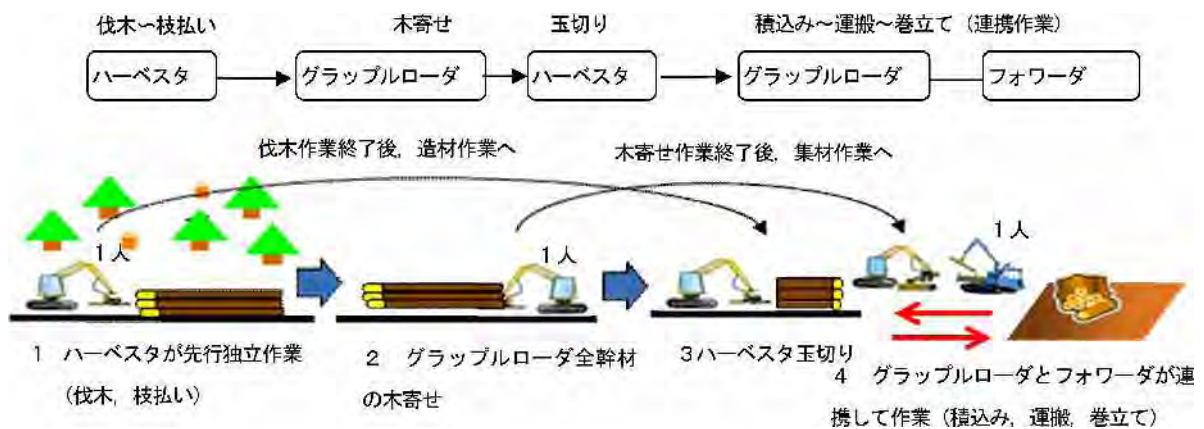


図-5 林内全幹集積型の作業工程と作業の流れ



写真-6 林内に集積された全幹材を木寄せするグラップルローダ



写真-7 作業路に木寄せされた全幹材をハーベスタで玉切って短幹材にして集積する

(2) 作業路上で作業するシステム ー路上短幹集積型ー

●路上短幹集積型① (高密路網が可能)

高密な作業路網が適用できる場所での作業システムで、作業の流れは図-4に示した林内短幹集積型と同じです。ただし、ハーベスタでの伐木作業を作業路でのみ行うため間伐候補木は図-6のようにハーベスタの作業可能距離の範囲内になります。そのため、この作業システムで全ての間伐を行おうとすると200m/ha以上の高密路網が必要となります。

また、この作業工程のうちグラップルローダによる積込み工程を省略して、ハーベスタがフォワーダの荷台上で玉切り作業を行う「連携作業型作業システム」があります。この作業システムについては、光珠内季報154号「作業路を活用したハーベスタ・フォワーダによる間伐作業事例」で紹介しました。土場までの距離が短い場合に特に効果的です。一方、ハーベスタにフォワーダの集材を待つ時間が生じることや作業機械の接近作業になるためオペレータが作業の流れや安全確保に気をつかうことが多くなるという面もあります。

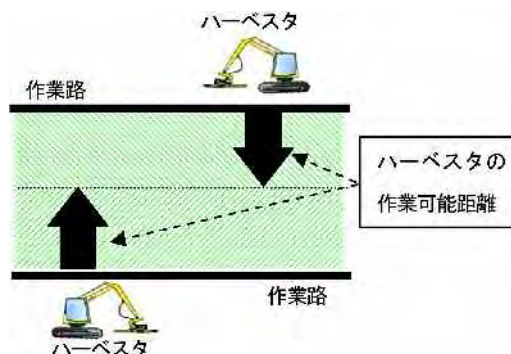


図-6 作業路からのハーベスタ間伐可能範囲の模式



写真-8 ハーベスタとフォワーダによる連携作業

●路上短幹集積型② (高密路網が困難)

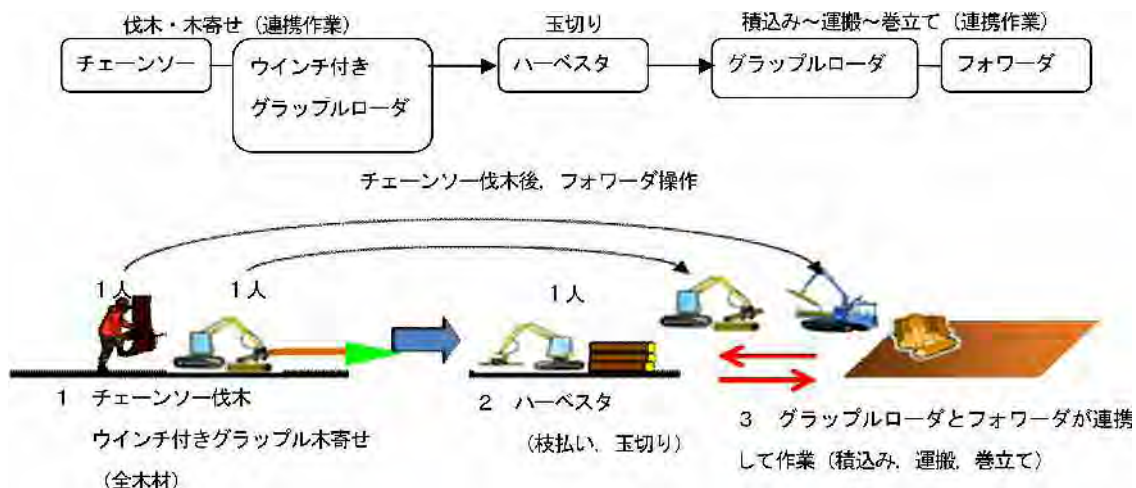
北海道は林内で機械作業が可能な緩傾斜地が多いですが、一つの施業対象林分の中にも部分的に林内で機械作業ができない傾斜地があります。また、森林所有者によっては高密な作業路網を作設することに理解が得られない場合も考えられます。そのため、この作業システムは作業路作設を最低限に止め(低密路網)、特に、ハーベスタの林内作業が困難な傾斜地に対応するものです(傾斜地対応型作業システム)。

図-7に作業工程と作業の流れを図示しました。チェーンソーで伐木した木をグラップルローダに装着したウインチによって作業路まで木寄せします。その後、ハーベスタによって作業路上で玉切り、短幹材を集積します。この際、短幹材を林内に置けない場合、写真-9のように作業路上に並べて集積する方法もあります。そして、これらの短幹材をグラップルローダとフォワーダの連携作業で集材します。

この作業システムの生産性は、平成21年度の調査事例では5.6m³/人・日と他の作業システムの8~10m³/人・日に比べて見劣りしますが、グラップルローダにウインチを搭載することにより、ハーベスタ、フォワーダ、グラップルローダの3台による機械セットを変更することなく、作業路を多く付けられない場所にも対応できます。



写真-9 作業路上で玉切りし、短幹材を集積するハーベスタ



図一七 路上短幹集積型 (傾斜地対応型) 作業システムの工程と作業の流れ

おわりに

ハーベスタ、フォワーダ、グラップルローダ (ウインチ付き) の3台の機械セットで、作業工程を工夫することにより、様々な林分条件と地形条件に柔軟に対応できることが分かりました。これらの作業システムの労働生産性は、立木のサイズにもよりますが、平均胸高直径20cmのカラマツ林でおおよそ8～10m³/人・日が期待できると試算できました (ただし、路上短幹集積型 (傾斜地対応型) を除く)。ただし、この作業システムは、効率のよいローダークレーンを搭載したフォワーダを簡単に導入できない現状 (例えば、大部分の欧米のフォワーダは価格が高く、また、全高が高いためトレーラで日本の公道を運搬できない) に対処したものです。本格的なフォワーダが導入される状況になれば、この作業システムはもっとシンプルに、かつ高生産性で低コストになると考えられます。今回提案した作業システムが現場に導入されることを期待し、今後さらに効率的な作業システム提案をしていきたいと思えます。

(森林資源部経営グループ)