

高性能林業機械による風倒木の安全かつ効率的な処理作業

木幡靖夫・菅野正人・寺田文子

はじめに

大型の台風や発達した低気圧による風倒被害が、毎年のように各地で発生しています。平成16年の18号台風による大規模な風倒被害は、まだ記憶に新しいことではないでしょうか。被害林分の長期にわたる放置は、木材としての価値を失うばかりか、CO₂吸収源の喪失や虫害の発生など環境に深刻な影響を及ぼす恐れがあり、速やかに健全な森林に再生していく必要があります。ところが、内部に応力を蓄えた風倒木を手持ち式のチェーンソーやトラクタで処理する従来の方法は、安全性や処理能力の低さが問題となっています。そこで、高い処理能力をもつ高性能林業機械を活用した処理作業システムの開発に取り組みました。

従来方法における問題点の整理

風倒木の処理作業を実施した13事業体への聞き取り調査から、従来方法の問題点等を整理しました。その結果、内部に応力を蓄えた風倒木を手持ち式チェーンソーで切断する作業には危険が伴い、人命に関わる重大な労働災害が発生する恐れがあること、土などの異物切断が発生し目立てやソーチェーンの交換で作業が頻繁に中断すること、トラクタ集材では未処理の風倒木が残された危険な状況下で荷掛けが行われていることや一回当たりの集材量が多くはないこと（最大でも5m³程度）、作業人員数が5～7名と多く高性能林業機械も土場などでの一部利用にとどまっているため生産性が低いことがわかりました。さらに、高性能林業機械が十分活用されていない理由は、ハーベスタなどは直立した立木の伐倒作業を想定して設計・製作されており、傾斜木や折り重なった状態の転倒木を無理に処理すると、手持ち式チェーンソーでみられた問題に加えて、ソーバーの挟み込みやナイフ付きアームの損傷が発生するためであることが明らかになりました。

こうした一方で、従来方法では風倒木の引き出しや集積、土そりを使った集材等にグラップルローダが活用されていることもわかりました。特に、土そり集材は簡易な集材補助具を安価で製作し、効率的な作業を実現していることに注目されました。

以上のことを踏まえて、チェーンソーに代わる切断装置と十分なグラップル機能を併せ持つ伐倒アタッチメント、ならびに土そり集材を発展させたクローラカート型集材装置の開発を行いました。

伐倒アタッチメントとクローラカート型集材装置

各種林業機械開発の実績をもつ共同研究機関のイワフジ工業(株)が中心となり、油圧ハサミ式の切断装置やスイング機構をもつ伐倒アタッチメントを開発し、自走式ベースマシンに装着してフェラーバンチャとしました(写真-1)。油圧ハサミのメリットは、土などの異物を切断しても作業に大きな支障が出ないこと、地際すれすれで切断できるため伐根が車両系機械の走行障害とならないことです。また左右50度のスイング機構により、機体に対して斜めや横方向に倒れた風倒木も本体を大きく移動せずに処理できるようにしました。さらに、積み重なった風倒木の引出しや転倒(根返り)木の掴み上げを容易に行うため、トングの開口幅を1,660mmに大型化し、グラップル機能の強化を図りました。

クローラカート型集材装置は、共同研究機関の(独)森林総合研究所北海道支所が中心となり、最小限の環境負荷と大量の材搬出の両立を目指して開発しました。この装置は、けん引するベースマシンと材を載せるカート部で構成されています(写真-2)。環境負荷の低減のため、カート部の足回りを空転するクローラとしました。このことにより、ベースマシンのけん引抵抗はトラクタ集材の約半分となり、林地攪乱の原因となる機体のスリップが大幅に軽減されました。集材木の形態は基本的に全木とし、元



写真-1 伐倒アタッチメントを装着したフェラーバンチャ

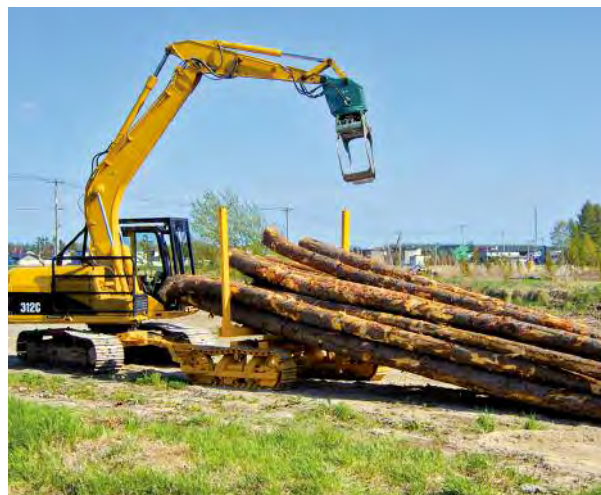


写真-2 クローラカート型集材装置

口部を荷台上に載せる半積載方式とすることで、一度に10m³以上の材を搬出できるようにしました。

なお、伐倒アタッチメントとクローラカート型集材装置のベースマシンには、伐出作業現場で普通に使われているグラップルローダ、すなわちバケットサイズ0.5m³クラスのエクスカベータを利用することができますので、特別な機械を新たに導入する必要はありません。

安全かつ効率的な風倒木の処理システム

開発した伐倒アタッチメントを取り付けたフェラーバンチャとクローラカート型集材装置を中心とし、これらの機械にプロセッサ等を組み合わせて、安全かつ効率的な風倒木の処理システムを構築しました。その際、被害状況を大規模・集中タイプと小規模・分散タイプに区分し、前者では作業の高効率化、後者では残存木の損傷防止に重点を置きました。もちろん、いずれのタイプでも林地攪乱等の環境負荷を最小限にとどめつつ、高い安全性と作業効率（生産性）を実現することを基本としました。

開発した処理システムを図-1に示しました。いずれのシステムもフェラーバンチャで風倒木を伐倒・集積するところから作業が始まりますが、大規模・集中タイプに適用される処理システムAではクローラカート型集材装置による全木集材が続きます。そして土場まで集材された材はプロセッサで枝払い・玉切りされ、グラップルローダで巻き立てを行います。これに対し小規模・分散タイプに適用される処理システムBでは、フェラーバンチャに続いてプロセッサが林内で枝払い・玉切りを行い、クローラカート型集材装置で短幹集材となります。この場合は短幹集材用のクローラカートを使用しますが、環境負荷が小さいという特長に変わりはありません。いずれの処理システムも作業員構成は4名、機械台数は4台ですが、クローラカート型集材装置のグラップルローダで巻き立てまで行えば作業員3名、機械台数3台となり、さらに省力化を図ることができます。

開発したシステムを用いて現地実証試験を行ったところ、フェラーバンチャが伐倒・集積に要した平均時間は転倒木で76.7秒/本、傾斜木で79.6秒/本となり、被害形態の違いによる差は大きくありませんでした（図-2）。また、無被害の支障木の処理時間と比べても12～17%程度の増加にとどまっております。前述したスイング機構の付加やグラップル機能の強化により被害木の処理能力が高まったと考えられました。一方、クローラカート型集材装置については一回当たりの搬出量が全木集材で6.6m³（後述する間伐作業への適用事例では約18m³）、短幹集材で16.4m³となり、一度に大量の材を運び出すという目標を達成することができました。こうした結果から得られた風倒木処理作業の生産性は、開発システムAが3.6m³/時、システムBが3.1m³/時となり、チェーンソーとトラクタ等による従来型システムの3～4倍の高さとなることが検証されました（図-3）。さらに、開発システムでは手持ち式チェーン



図-1 開発した風倒木の処理作業システム
(背景色が緑色は林内, 黄色は土場での作業を示す)

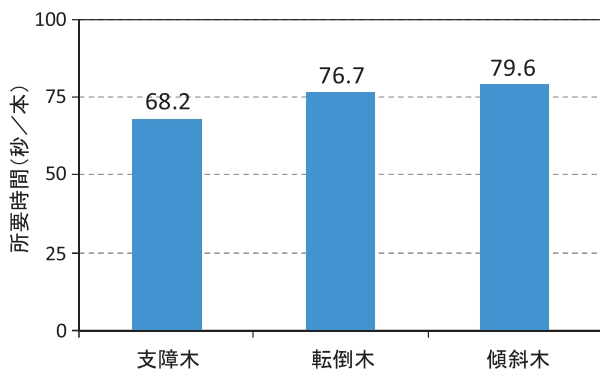


図-2 フェラーバンチャ作業の所要時間

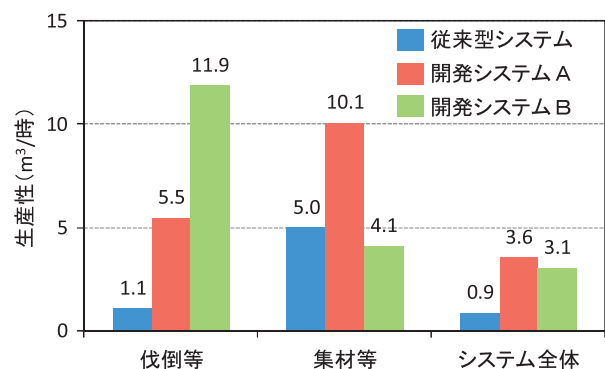


図-3 生産性の比較

ソーによる根株の切断や荷掛け作業が解消され、作業員が地上を歩くことなく処理作業を進めることができたので、安全性も高いことが確認されました。

リモートセンシングや森林GISによる処理作業の支援

開発したシステムを用いて処理作業を計画的に進めるため、まずリモートセンシング技術を用いて衛星画像や空中写真などの画像ソース毎の被害把握特性を明らかにしました。衛星画像は広範囲の被害の初期把握に、また空中写真は根返り等の被害形態の把握に有効です(図 4)。こうした情報をもとに、森林再生の方針やその時間的な目安、ならびに処理作業の進め方などについて早期に検討できます。

次に、被害形態、樹種、林齢、林地の傾斜角と方位、風倒方向、道路からの距離などの項目からなる資源表を作成し、この表と森林GISを利用して安全性や作業効率、処理した材の利用方法など、重視する目的に応じた処理優先順位を算出し、その結果を図示する手法を開発しました。図 5は風倒木の材

質確保と機械作業の難易度の観点から処理作業の優先順位を示したもので、樹種、道路からの距離、傾斜データをもとに計算しています(濃緑部ほど優先される場所)。作成した図からは既存林道との位置関係も把握できるので、作業ポイントとなる土場の配置や大きさ、新規路網開設の必要性等の検討により、開発した処理システムの効力が最大限に発揮できるような作業環境づくりを行うことができます。

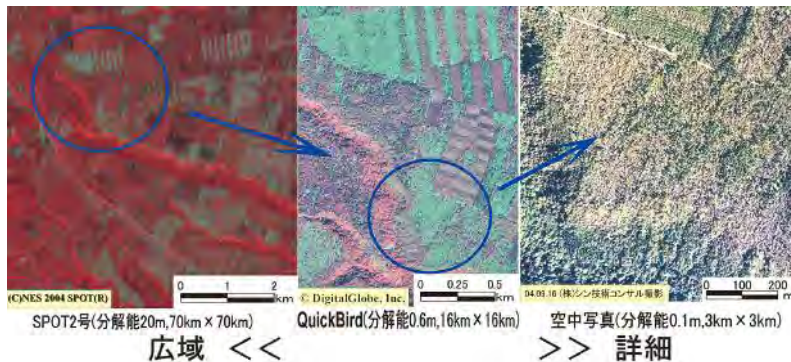


図-4 画像ソース毎の被害判読特性

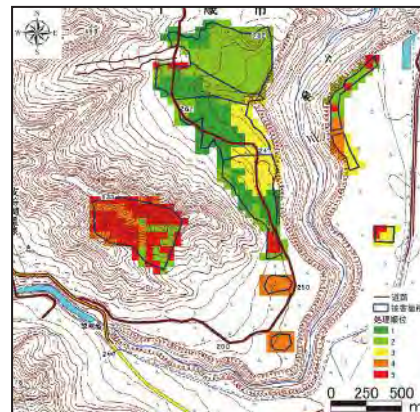


図-5 処理優先順位の解析例

開発した風倒木処理システムの活用

ここまで、風倒木の処理作業について述べてきましたが、開発したシステムは一般の間伐や皆伐作業、広葉樹の伐採作業などにも利用することができます。いくつかの事例調査を行いましたので、それらの生産性などを紹介します。

トドマツの間伐作業では、クローラカート型集材装置のメリットを生かして、一度に18.2m³の全木材を搬出することができました。この結果、集材距離が1,300mと長い条件にも関わらず、9.6m³/時の生産性(集材工程のみ)をあげることができました。

カラマツの皆伐作業では、一度に16.9m³の全木材を搬出し、集材距離347mの条件で16.9m³/時の生産性(集材工程のみ)をあげていました。集材コース内には最大傾斜21度の区間もありましたが、クローラカート型集材装置の走行には特に支障はありませんでした。

また、ハルニレやシラカンバなどの広葉樹の伐採作業では、フェラーバンチャによる伐倒・集積13.4m³/時、クローラカート型集材装置による全木集材54.7m³/時、システム全体(玉切りは含まない)では10.8m³/時の生産性をあげることができました(図-6)。集材の生産性が高かった理由としては、一回当たりの集材量が11.1m³であったことに加え、集材距離が81mと比較的短く、緩やかな下り勾配の直線コースであったことがあげられます。

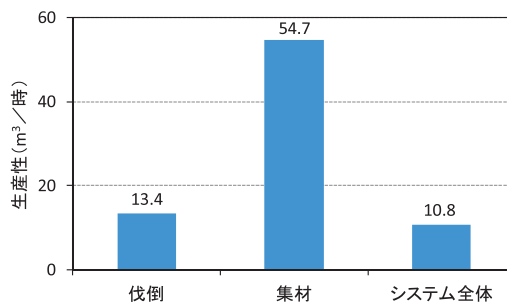


図-6 広葉樹伐採作業の生産性

おわりに

フェラーバンチャとクローラカート型集材装置などを組み合わせて、安全かつ効率的で汎用性の高い風倒木の処理システムを開発しました。この研究成果を取りまとめた作業マニュアルも作成していますのでぜひご利用ください。なお、本研究は平成20~22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「高性能林業機械を活用した風倒被害木処理システムの開発」で実施しました。

(森林資源部・森林環境部環境G)