

ハーベスタ作業における走行路の役割

対馬 俊之・由田 茂一

はじめに

作業員の高齢化と減少，人件費の高騰などにより，従来の人手による森林作業はますます困難になると予想される。このため，高性能林業機械を利用した森林作業に期待が込められている。特に，北海道は機械作業に適した緩傾斜地が多く，間伐適齢期の人工林も多く存在することから，ぜひ利用したいという声が強いの。しかし，一方では損傷木が多く発生するのではないかという不安の声も聞かれる。

ハーベスタは伐倒から枝払い，玉切りを一台でこなす多機能の機械であり，能力も高いことから，人工林間伐作業の代表的な機種になるであろう。このハーベスタを用いた作業例は最近いくつか報告されているものの，どのような方法で作業すると能率が上がり，また損傷木の発生を少なくできるかは明らかではない。

私たちは同じハーベスタを使った，植栽方法の異なる2つの人工林での間伐作業の調査結果から，植栽方法によって功程，特に損傷木の本数に大きな差が生じることを確認した。ここでは，功程や損傷木に差が生じた原因について分析するとともに，損傷木を減らす方法を提案する。

通常に植栽された林と4条植栽された林

事例を調べた林は，紋別市の23年生カラマツ人工林（以下，紋別と呼ぶ）と，道有林興部経営区の31年生トドマツ人工林（以下，興部と呼ぶ）である。表-1に2林分の概況を示した。平均的な立木の大きさは紋別で大きい本数が興部で多いので，ha当たりの材積はどちらも約260m³とほぼ等しかった。どちらの林も本数で28~31%が間伐されたが，紋別では下層間伐，興部ではやや上層に傾いた間伐が実施された。

表-1 林分の概況

	紋 別	興 部
樹 種	カラマツ	トドマツ
植 栽 方 法	通常植栽	4条植栽
林 齢	23	31
傾 斜	0~10度	5~25度
平均胸高直径	19.3cm	16.0cm
ha 当たり蓄積	1,224本, 264m ³	1,600本, 252.7m ³
間伐本数(率)	376本(30.7%)	448本(28.0%)
平均間伐木材積	0.167m ³	0.186m ³

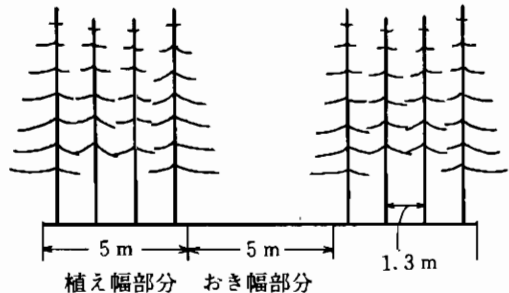


図-1 4条植栽された興部の林

2つの林で最も大きく異なるのは植栽方法である。紋別では列と列との間がほぼ等しい通常の方法で植栽されている（列間2.8m×苗間1.4mのha当たり2500本）。一方、奥部では約5m幅の植え幅（植栽部分）とおき幅（植栽しない部分）が交互に繰り返され、それぞれの植え幅では4列に植栽されている（図-1、ha当たり3000本）。なお、林地の傾斜は奥部の方が急であった。

作業に使った機械

使用されたハーベスタはノルウェー製の車体重量8.2t、出力121psのホイールタイプのハーベスタである。この機械は車幅を1.85mから2.60mまで自由に変えられるほか、車の高さも左右で変えることができるユニークな機構（段軸機構）を備えている（写真-1）。

集材に用いられた機械は、紋別ではログフォークを備えたクローラトラクタ（重量7.2t、出力66ps）、奥部ではフォワーダ（写真-1、重量5.0t、出力81ps）である。

2つの林に50m×50mの調査区を設け、機械の動作を時間と移動の両面から記録した。また、作業終了後、残存木の損傷を調べた。損傷のある木はその位置（地上高）と微、中、激の被害区分を行った。今後の成長にほとんど影響を及ぼさないとと思われる小さな損傷を微害とし、面積が大きく、成長や材質に大きな影響を及ぼすと思われるものを激害（写真-2）、その中間を中害（写真-3）とした。



写真-1 使用されたハーベスタ
（右後方は奥部で使用されたフォワーダ）



写真-2 激害を受けた損傷木の例
（紋別、カラマツ）



写真-3 中害を受けた損傷木の例
（奥部、トドマツ）

移動距離が長いと工期は低くなる

2林分のハーベスタ移動経路を図-2に示した。紋別では、狭い列の間（約2.6m）を走行したことがわかる。ハーベスタはまず、調査区の最も奥まで前進し、そこから後退しながら機械の両側の間伐木を伐倒し、その場で枝払い、玉切りして、数本分づつ列の中央に集積した。

ブームの届く範囲が5.5mであることから3列おきの作業が多かった。それに対し、興部では約5mのおき幅部分を余裕をもって走行し、そこから両側の間伐木を処理し、植え幅部分に集積した。集積位置が異なる(列の中央と植え幅部分)のは集材機械がクローラトラクタ、フォワーダと異なるからである。ハーベスタの移動距離は興部の250mに対し、紋別では590mと後戻りしたぶんだけ長かった。

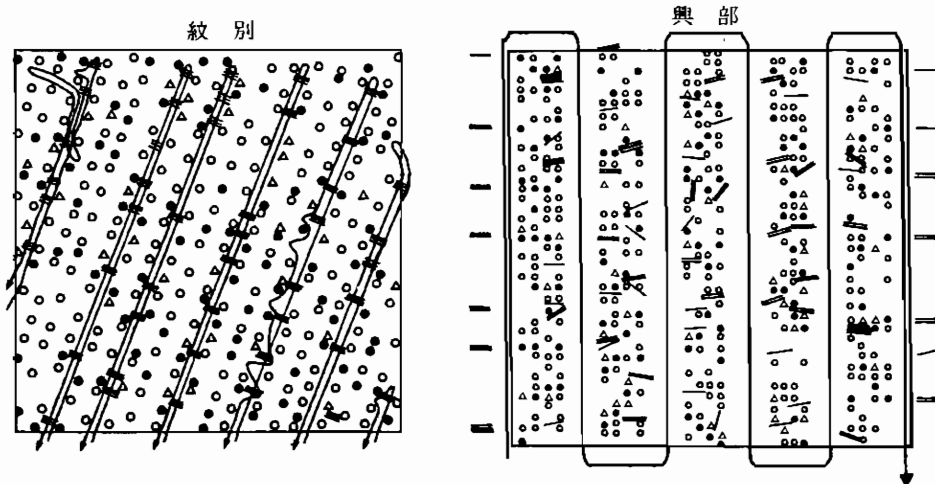


図-2 ハーベスタの移動経路と損傷木

●：間伐木 ○：残存木 △：損傷木 ——：移動経路 ≡：小集積

注) 紋別の損傷木はハーベスタによるもの。興部は間伐終了後の損傷木。

間伐木1本当たりの作業時間を図-3に示した。原因は明らかではないが、伐倒は興部の方が少し時間がかかり、枝払い・玉切りは紋別で時間が多くかかった。これら2つの作業の合計はほぼ等しかった。一方、移動時間は紋別の方が31%多く時間がかかった。これは前述したとおり後戻りしたために移動距離が長くなったからである。

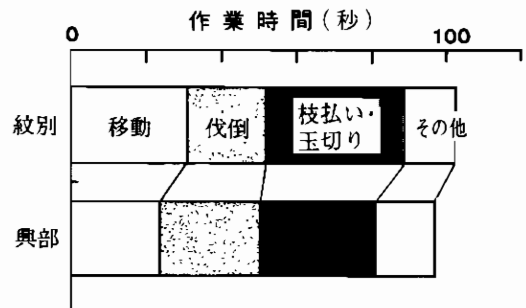


図-3 ハーベスタによる間伐木1本当たりの作業時間

これらの結果、1日6時間当たりの作業工程は紋別で34.8m³、208.6本、興部で41.4m³、222.6本であった。興部で工程が高いのは、作業時間が短かく間伐木の平均材積が少し大きいことによる。

走行スペースが十分あると損傷木の発生は少ない

間伐作業終了後の損傷木の発生状況を表-2に、損傷木の位置を図-2に△印で示した。

まず、微害を含めて何らかの損傷を受けた立木が残存木に占める割合は紋別では36.3%、興部では15.6%であった。微害を除けばそれぞれ15.6%、7.6%である。いずれにしても紋別

が高い値を示している。

紋別ではハーベスタとクローラトラクタにかけて損傷木の発生状況を記録した。損傷木 36.3%の内訳は、ハーベスタによるものが16.5%、トラクタによるものが22.2%であった。両方の機械から損傷を受けた立木もあるが、集材時により多くの損傷が発生していた。

次に、損傷木がどのような位置にあるかを調べた。図-2の紋別では、機械の移動経路に沿って多く存在しているように見える。紋別では機械の移動経路に面しているか否かで、損傷の発生に統計的に有意な差が認められた。つまり、残存木の位置が損傷発生の有無に大きく影響し、機械の移動経路に面していると損傷が多く、面していないと少ないということである。一方、輿部では損傷の発生は立木の位置に無関係であった。この原因は、やはり、機械が走行するスペースの違いにあると考えられる。紋別では列と列との間が狭いため、機械本体や集材時に短幹材が立木に接触することが多い。しかし、輿部では十分なスペース(約6m)が確保されているため、そのような接触が起こりにくい。

さらに、損傷が発生した部位の地上高を比較すると(図-4)、輿部では40~100cmの範囲に多かった。ハーベスタの枝払い時に送られた材が立木に触れたり、集材時に短幹材が接触したりすることなどで100cm以下に損傷が多く発生したと考えられる。紋別でも同じような傾向はみられるが、それ以上に0~40cmで多く発生したのが目立った。これは、紋別では狭い列間を立木すれすれに走行するため、根元付近や根に損傷が多く発生したからである。

表-2 損傷木発生状況の比較

	紋 別	輿 部
走行路の幅(m)	2.6	6.0
損傷木発生率(%)	36.3	15.6
地上高最頻値(cm)	0~20	80~100
損傷木の位置	移動経路沿いに多い	位置による差はない

注) 走行路の幅は立木間の平均距離。

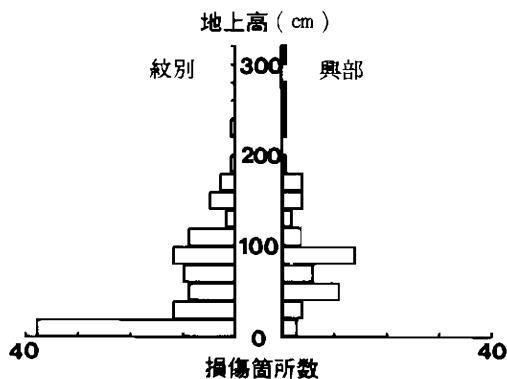


図-4 損傷部位地上高の頻度分布

注) 1本の木に複数箇所存在する場合があります。

機械で作業するには走行路が不可欠である

一般的に、機械の作業効率は林況(傾斜、立木密度、単木材積)や作業の種類(皆伐、択伐、間伐)、オペレーターの技量などより大きく左右される。今回の2つの間伐作業を比較すると、傾斜と立木密度はいく分違いが認められるものの、オペレーターは同一であり単木材積も似かよっているため、全体としては類似した作業環境にあったといえよう。

このような2つの林分で作業工程や損傷木の発生状況が大きく異なった原因は、機械が走行できるスペースがあるか否かであったと考えられる。すなわち、ほかの条件がほぼ同じならば、傾斜や立木密度の違いよりも走行路の有無が、作業能率や損傷木の発生状況を大きく左右したのではないかと考えている。

機械に対し十分な幅の走行路があれば、損傷発生の少ない効率的な作業が可能と思われる。また、そのスペースがあれば、周囲の立木への気配りなどのオペレーターの心理的負担も軽減されるだろう。しかし、今回の興部のように、格好の機械走行路となるようなおき幅のある林はむしろ珍しい。走行路として使えるスペースがあらかじめ確保されている林はほとんどないのが現状である。

林業機械の走行路として使えるようなスペースがない場合、損傷木の発生を低く抑さえ、能率のよい作業を実施するためには、列状間伐を行うことにより走行スペースを確保することが必要であると思われる。また、今後の人工林の造成には、来たるべき機械化作業——植栽から育林、間伐、伐採までの一貫した作業の機械化——を考慮した、機械が十分に走行できるスペースをあらかじめ確保するなどの配慮が必要であろう。

(機械作業科)