

伐木造材機による造材作業の分析

小澤雅之

Analysis of log cutting by processor

Masayuki OZAWA

Summary : We analyzed log cutting by processors at logging sites using video. Although the actual field conditions varied, we analyzed the conditions that were similar to preparation guidelines. The mean machine processing time was 64.6% of the total working time. In addition, the number of logs cut by machine was estimated to be 45/hour. The number of logs stacked was limited to the location and movable area of the machine. Thus, logs must be quickly removed from the timber yard to prevent a decrease in work productivity.

要旨:伐木造材機による造材作業の様子をビデオ撮影し、作業分析を行った。実際の現場は多様であるが、今回は一つの指針を示すために全て同一の条件下として解析した。総作業時間に占める造材時間の割合は64.6%だった。また、伐木造材機による造材本数は1時間あたり45本程度と推算された。造材木の積上げ場所は伐木造材機の設置場所と機体の可動領域に制限され、造材作業の生産性が低下するため、適切に搬出する必要性が認められた。

1 はじめに

森林資源は、古来より生活に必要な建築用材や家具などの各種材料として幅広く利用されてきた。また有史以来、人類の最も身近な熱源として薪や木炭などが多用されたが、戦後のエネルギー革命により、その用途は激減してしまった。一方、産業革命以降の化石燃料による工業化社会の出現により、大気中へ温室効果ガスが大量に放出される事態を招き、地球温暖化が地球規模の問題となっている。

森林資源は、純然たる循環型資源であると同時に、個体利用することで、二酸化炭素の貯蔵源の役割を担うことができる。また、熱源として燃焼させたとしても、固体内に貯蔵していた二酸化炭素が大気中へ放出されるが、それは一時的なものであり、他の樹体の成長源として大気中の二酸化炭素を必然的に取り込むため、炭素の物質循環が完結する。つまり、森林資源が有するポテンシャルを最大限活用することは、地球温暖化防止の一助である。

このような観点から、森林資源のさらなる用途拡大が求められているが、それには林業従事者の増加や規模拡大等により森林資源の増産体制構築が必要不可欠である。他の産業と比較して林業従業者数は少ないが、それを補い、林業全般の生産性を高める手段として、高性能林業機械の積極的な導入が推進されている。尾張（2001）は、北海道の事例として高性能林業機械の導入が本格化したのは1988年以降で、その後増加の一途をたどり、導入目的も労働力不足への対応が主になりつつあると指摘している。特に伐木を丸太状に加工するプロセッサやハーベスタ等の伐木造材機が広く使われるようになり、従来のチェーンソー等による作業よりも遙かに生産性が向上している。南方ほか（1987）は、人力林内造材作業の生産性と比較して、テーブルプロセッサでは生産性が3倍、ブームプロセッサでは17倍にも向上することを報告している。

本報では地域で実際に使用されている伐木造材機を対象として、実際の生産性について工程調査を行った。また、短時間で大量の造材が可能であるこ

とから、それら造材木の一時的な積上げについて考察を行った。

2 調査方法

2.1 作業分析

伐木造材機による造材作業を行っている現場において、造材作業の様子をビデオカメラで撮影し、後日その映像から作業分析を行った。

今回得られたデータ群は、同一作業地・同一作業者からのものではなく、実際の造材現場は多種多様であり、条件や状況が全て異なっている。これらの条件・状況を加味すると、様々な「場合分け」が必要となる。そこで、今回は一つの指針を示すために、これらを全て同一の条件・状況下とみなして検討した。

2.2 想定した作業条件

前述した通り、調査事例が全て異なるため、分析するに当たり作業状況を想定しなければならない。そこで、今回は次の6つを作業条件として設定をした。伐木造材機操縦者1名での作業、造材対象木は既に集積済み、造材する場所は比較的平坦な作業道か土場、造材作業中は自走しない、造材木は伐木造材機が別の場所に集積、伐木造材機が造材木を林内作業車に積載、である。

3 結果及び考察

3.1 伐木造材機による作業分析

各造材現場で撮影した映像を分析し、操縦者や伐木造材機の一連の動作・作業などを個々に分類・因子化したところ、24の作業因子に分類することができた。そのうち伐採木の造材に直接関わる4つの作業因子を新たに「造材項目」として一つにとりまとめた。この造材項目に区分された作業を行えば、基本的に伐採木1本を造材できることを意味する。具体的な作業因子は、「造材木を掴む」、「アーム実旋回」、「造材開始」、「材を離す」である。

残りの20の因子について、造材とは直接関わらない作業のため、ここでは「非造材項目」として分類した。具体的には、「伐木造材機の移動」、「土場整理」、「アーム空旋回」などである。なお、これら因子の

単位は秒とした。

この両者を合算すれば総作業時間になるが、個々の事例から作業の中断等、明らかに本務と関係がない時間は、総作業時間から削除した。各事例において総作業時間が異なるため、総作業時間に占める「造材項目」時間の割合を算出したところ、最小値44.5%、最大値88.5%、単純平均値64.6%となった。また、「造材項目」1回あたりの時間では、最短値35.8秒/本、最長値67.8秒/本、単純平均値51.2秒/本であった。もし、造材の総作業時間を4時間(14400秒)とした場合、上記の結果から、造材に費やせる時間は2時間35分2秒(9302秒)となり、その時間内に造材できる本数は約180本となる。従って、伐木造材機による造材本数は約45本/時間と推算した。

3.2 伐木造材機による作業の上限

現在、伐木造材機が各社から販売されているが、ここでは一例として某社製の説明書に記載されている車体高や幅、ブーム・アーム部の可動範囲などから、実際に伐採現場に設置した際の可動領域を設定した。なお、この機体の車幅を250cm、車体長を360cm、全高を290cmと設定した。

ブーム・アーム長は有限であり、ブーム・アーム部と機体との取付部を原点とし、水平および垂直方向に回転できる。従って、その先端にある造材・材を掴むヘッド部の可動領域は、取付部を中心とし、ブーム・アーム長を最大半径とする円内に限定される。ただし、垂直方向については、ブーム・アーム部の最高到達点はほぼ機体直上となり、ブーム・アーム部を高く上げれば、水平方向への可動領域は狭くなる。そこで、ブーム・アーム部が支障なく可動し、造材木を積上げられる範囲として、説明書の図面から図1のように設定した。水平方向について、取付部から機体最前部までの距離を200cm、ブーム・アーム部の高さ0cm(地表)としたときの最大伸張を630cm、垂直方向については地表から270cm(このときの水平方向の最大伸張を600cm)とした。また、地表より下部の最大伸張は、機体前部から400cmまでは地表と水平に深度500cmの直線を、機体前部から400~600cmについては、底辺200cm、高さ500cmの直角三角形の斜面に近似した軌道を描くとした。

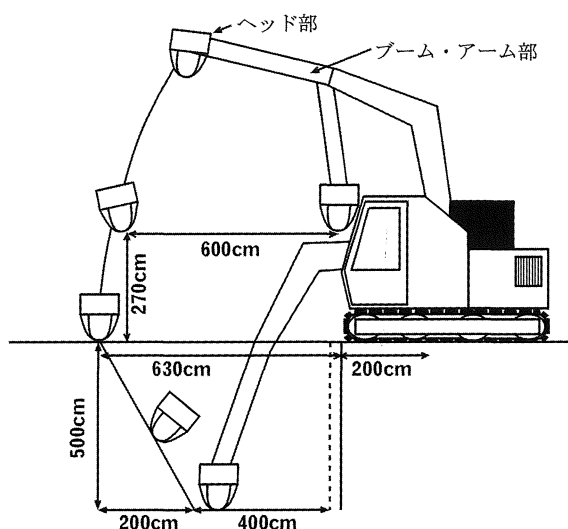


図1 ブーム・アームおよびヘッド部の可動領域

伐木造材機の配置であるが、造材作業中に移動・自走すれば、造材に費やす時間が削減されるため、定点固定とした。林内作業道の幅員は270cmとしたが、土場配置の場合の幅員は無限長とする。

想定した林内作業道での配置図を図2に示す。既に谷側に造材対象木が伐倒木群として配置され、人が通れる程度の幅30cmを片側に確保し、造材木を路面上および山側にはい積みする。土場では山谷の区別はないが、片側には伐倒木群を配置する。

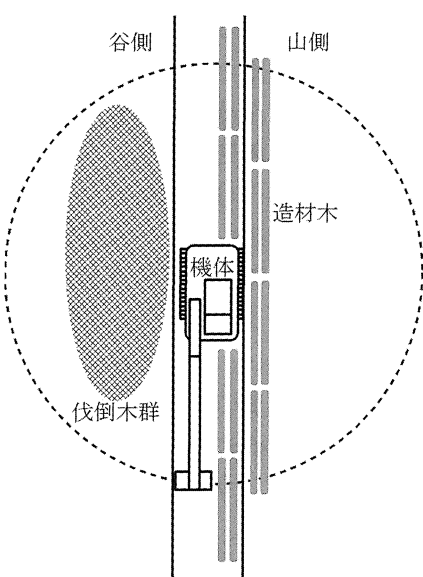


図2 林内作業道での想定配置図

造材された木・丸太の直径を30cm、材長を400cm

とした場合、路面上には図3のように物理的には幅方向に8本、高さ方向には6本、計48本をはい積みさせることができる。土場の場合も車幅制約から同様とした。なお、はい積み高さについては、伐木造材機械による安全な作業(2012)によると、2mを超えるはい積み作業では、作業主任者を選任すべき作業となる、と記されているため、ここでは最大高2m未満とした。よって、伐木造材機の前後4カ所に最大192本はい積みできるが、それにより伐木造材機は造材木に進路を阻まれ閉塞される。

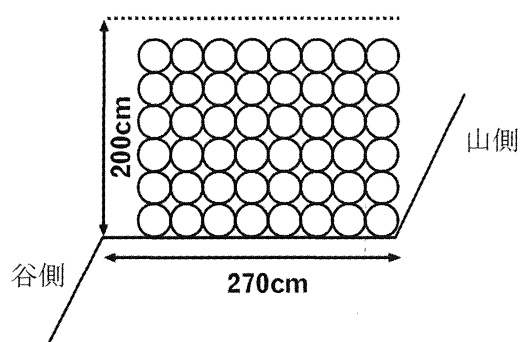


図3 路面上におけるはい積みモデル図

一方、山側に造材木をはい積みする場合、山の傾斜を考慮する必要がある(図4)。そこで、表1のように山の傾斜別により、物理的に配置できる造材木の本数を算出した。傾斜が増加するに従って、伐木造材木から離れるほど積上げられる本数が減少し、傾斜20度以上では積上げられない地点が生じた。また、傾斜50度では積上げられる本数は平坦地・土場(傾斜0度)の13%程度にまで減少した。

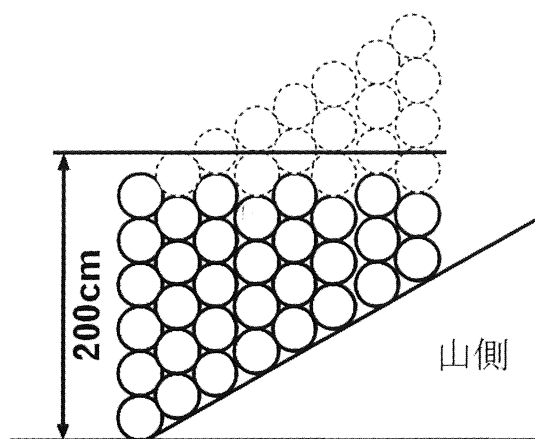


図4 山側におけるはい積みモデル図

点線は配置できない造材木

表 1 山側の傾斜別による最大本数

	傾斜(度)					
	0	10	20	30	40	50
最大到達距離(cm)	600	600	480	300	210	150
最大本数	120	88	53	31	23	16

一方、谷側に造材木を配置する場合、谷の傾斜を考慮する必要がある。そこで、図 5 に谷傾斜部におけるブーム・アーム部の可動領域を考慮した材の配置モデルを示す。なお、ここでは最深部に配置した造材木は、それより下部へ自然降下せず位置を保持する措置がとられていると仮定した。

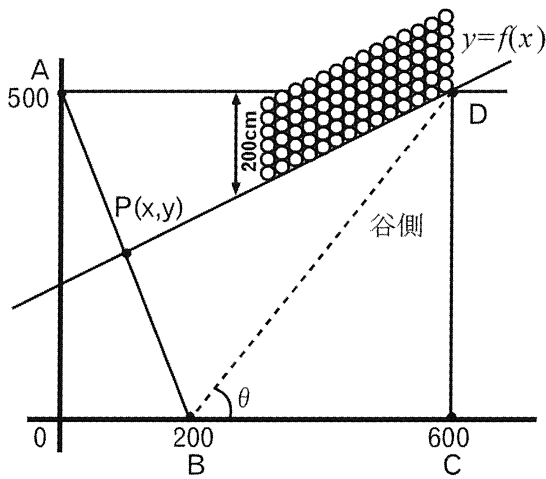


図 5 谷側におけるはい積みモデル図
ただし、点 P はヘッド部の位置

点 P はヘッド部の位置で、点 A,B,C,D で囲まれた範囲内を可動する。谷の傾斜を θ とすれば、ヘッド部が到達できる最大水平距離は次式から算出できる。

$$x = \left(\frac{1500}{\tan \theta + \frac{5}{2}} \right)$$

ただし、x は伐木造材機からの最大水平距離 (cm)
 θ は谷の傾斜で $0 \leq \theta < 51.3$ 度とする

表 2 に谷側の傾斜別による物理的に配置できる造材木の本数を示す。なお、傾斜が 51.3 度以上 90 度未満については、深度が 200cm 以上であり、急傾斜地化することから今回は試算から除外した。

表 2 谷側の傾斜別による最大本数

	傾斜(度)					
	0	10	20	30	40	50
最大到達距離(cm)	600	570	510	360	240	180
最大本数	120	114	102	72	48	36

その結果、同じ傾斜であれば、山側よりも谷側の方がより多く配置できるが、両側とも傾斜が増すにつれてヘッド部の最大到達距離が減少し、同時に積上げる高さの制限により、最大本数は減少する。また、造材木の増加は伐木造材機の可動領域の減少や閉塞を伴うことから、伐木造材機によって造材できる本数には限界値が存在するといえる。数字上では最大 672 本はい積みできるが、実際には道脇の山谷側にも立木がある場合が多く、緩やかな傾斜地であったとしても作業路から幅数 m にわたり自由な動きが保証された空間を確保することは難しく、最大本数よりも著しく少ない本数になる可能性が高い。また、丸太は円柱であり、想定した通りに積上げることは困難であり、それを実行するための緻密な操作は、必然的に「造材項目」の減少を招き、生産性の低下を招くことが危惧される。これまでの現地調査では、造材作業開始前から造材木の積上げを緻密に計画・実施した事例はほとんど認められていない。

さらに、今回は考慮していないが、造材に伴い発生する枝葉等の未利用材を一時的に堆積させる空間の確保も必要で、特に枝葉等は嵩張ることから造材木を積上げる空間を圧迫すると思われる。現地調査では谷側に配置した伐倒木を造材した後、発生した枝葉等を谷側に戻す事例が散見された。

今回はブーム・アーム部の可動領域が大きい機体で試算したが、小澤 (未発表) は、これよりも可動領域が小さければ造材木の積上げ場所がさらに狭小化されることを示唆している。従って、造材機による高い生産性を維持するには、造材木を適切に管理する空間の確保も同時に必要であり、この空間確保をするためには、造材木の速やかな搬出が有効な手段の一つになると思われる。今回の設定では造材の総作業時間を 4 時間としたが、残りの 2 時間は実際の現地調査から搬出に費やす時間として設定することが適切と判断している。搬出に関する考察については次報以降での報告を予定している。

引用文献

- 尾張 敏章 (2001) 高性能林業機械化の推移と展望に関する研究. 北海道大学演習林研究報告, 58:11-62
- 南方 康, 仁多見 俊夫, 酒井 秀夫, 伊藤 幸也 (1987) 機械化造材作業の時間分析と造材作業機械化の可能性. 日本東京大学農学部演習林報告, 76:213-237
- 伐木造材機械による安全な作業 (2012) 林業・木材製造業労働災害防止協会刊