

ゴムクローラ式林内作業車による間伐の採算性事前判定システムの確立(2)

地形情報処理による木寄せ工程予測システムの開発

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者名	豊田,信行
発行元	愛媛県林業試験場
巻/号	13号
巻号補足	
掲載ページ	p. 14-24
発行年月	1992年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ゴムクローラ式林内作業車による間伐の 採算性事前判定システムの確立 Ⅱ

——地形情報処理による木寄せ工程予測システムの開発——

豊田 信行

I はじめに

「間伐採算性事前判定システムの開発」では、間伐事業の収支計算をパソコンで実行できるシステム開発のため、次の研究を行った。

- 1 京都府林試作成の「間伐実施計画策定システム」の本県に適用した場合の適合度の検討と、システムの本県に合わせた改変、および使用上の問題点の検討。
- 2 ゴムクローラ式林内作業車を用いた間伐材の搬出工程調査と標準工程表の作成。
- 3 ゴムクローラ式林内作業車で間伐材の搬出を行った場合の、地形情報から木寄せ作業種を予測し、搬出工程を計算するシステム（以下木寄せ工程予測システムと言う）の作成。
- 4 下層間伐後の林分成長量を予測するために、樹高成長曲線と林分密度管理図をもとに、収穫予想表を作成するシステムの作成。

本報告では、3の木寄せ工程予測システムの開発について、報告する。本システムは、さきにⅠ報で報告した、標準工程表作成中に生じた問題解決のために、作成した。

その問題とは、林内作業車のような車輛型小型集材機においては、林内の任意の地点にある材の集材を、斜面上方から（上げ荷になるためウインチ木寄せ）と、斜面下方から（下げ荷になるため人力木寄せが多い）と複数選択でき、かつ、集材機の設置場所も自由度が大きいことや、作業種別の木寄せ工程が異なることを原因として、搬出工程を計算するためには、事前に作業種別の木寄せ距離と作業面積を予測する必要があるが、現実にはこれが難しい点にある。

このため、調査林分の数値地形モデルをメッシュ法で作成し、設定条件からメッシュ毎に木寄せ方法と集材位置を求め、木寄せ時間と搬送時間を計算するシステムを開発した。

なお、本システムのメッシュデータの入力・管理・表示部分は、森林総合研究所と（株）社会調査研究所が開発した市販ソフトであるMIC-FEIMAS（森林環境情報システム）¹⁾を利用した。

Ⅱ 研究期間

昭和63～平成2年度

Ⅲ システムの概要

地域情報を、格子上に規則正しく一定間隔で並ぶメッシュに標高を定義した、数値地形モデル

そこで、本県では調査林分の数値地形モデルを5千分の1地形図より5mメッシュで作成し、地形特徴量（傾斜・方位）と林内作業路までの距離を算出し、木寄せ作業種を傾斜と作業路までの距離で予測し、さきの工程分析の結果により、林内作業車の搬出時間を計算するシステムを開発した。

Figure 1 is a data flow diagram of the MIC-FEIMAS system. It illustrates the process from input data to the final output data file.

MIC-FEIMAS (Left):

- データ作成 (データタイザー)** (Data Creation (Data Entry))
 - 線データ作成 (Line Data Creation)
 - 標高作業路 (Elevation Work Route)
 - 面データ作成 (Area Data Creation)
 - 調査地域 (Survey Area)
 - 計算地域 (Calculation Area)
 - 線・面データのメッシュ化 (Line/Area Data Meshing)
 - メッシュデータの結合 (Mesh Data Combination)
- 出力データファイル** (Output Data File) - Represented by a cylinder icon.

本寄せ工程予測システム (Center):

- SBK43F2**: メッシュデータの作成 (Mesh Data Creation)
- SBK44F2**: 等高線データから標高データの補間 (Data Interpolation from Contour Data to Elevation Data)
- SBK45F1**: 標高データから地形特徴量の計算 (Calculation of Topographic Features from Elevation Data)
- SBK46F1**: 作業路データから搬送距離の計算 (Calculation of Haulage Distance from Work Route Data)
- SBK47F1**: 地形特徴量と本寄せ距離による本寄せ作業種の選別と本寄せ工程計算 (Selection of Haulage Work Type and Haulage Process Calculation based on Topographic Features and Haulage Distance)
- SBK48F1**: 本寄せ材積と搬送距離による搬送工程の計算 (Calculation of Haulage Process based on Haulage Volume and Haulage Distance)

MIC-FEIMAS (Right):

- メッシュデータの表示** (Mesh Data Display)
- 表示項目選定** (Display Item Selection)
- ランキング・色決定** (Ranking/Color Determination)
- 画面表示** (Screen Display) - Represented by a monitor icon.
- カラーハードコピー** (Color Hard Copy) - Represented by a printer icon.

Output and Results:

- 搬出工程予測結果** (Haulage Process Prediction Result) - Represented by a document icon.
- 出力データファイル** (Output Data File) - Represented by a cylinder icon.

Legend:

- X座標 (X-coordinate)
- Y座標 (Y-coordinate)
- 標高 (Elevation)
- 根拠地 (Reference Point)
- 調査地域 (Survey Area)
- 作業路 (Work Route)

1 処理地域および数値地形モデルの検討

— 15 —

処理地域の最大面積は、林内作業車の搬送距離が最大500m程度であることと、パソコンの処理能力より500m×500m（100×100メッシュ）とした。

数値地形モデルの精度は、与えられる標高データの精度に依存し、1つのメッシュには2つ以上の標高データを与えることが望ましいと言われている²⁾。

一方、民有林を広範囲にカバーする大縮尺の地形図は、1/5000であり、その等高線は5～10mのため、先に定めたメッシュサイズは小さすぎると言える。

しかし、木寄せ工程を計算する目的より、今回はあえて小さいメッシュを用い、地形図上で等高線と等高線の間隔が3mmより広い場合は、等高線補助線を作成することにより、現地での適応を試みた。

2 メッシュデータ入力

メッシュデータの輸入は、線データ（等高線・作業路）と面データ（調査地域・計算地域）をデジタイザーで入力し、メッシュデータとした。

なお、線データでは、デジタイザー入力ラインが横切るメッシュには、すべて入力ラインの属性を与えた。

3 木寄せ工程予測システムの構成

本システムは、5つのプログラムで構成されている。

動作条件として、

- 本体は、PC 9801シリーズ
- OSはMS-DOSでカレントドライブにN88BASIC.LIBがあること
- プリンターがオンラインのこと
- 外部記憶容量に2Mバイト以上のワークエリアがあること

を満足させる必要がある。

1地域の計算時間は、CPU32ビット+数値演算プロセッサのパソコンで、1時間を必要とする。

4 木寄せ工程予測システムの処理内容

各プログラムの処理概要を以下に記す。

(1) 等高線データから標高データの補間（SBK44F2）

等高線上のメッシュには等高線の標高が与えられている。標高データの補間は、周囲11×11メッシュより標高が既知で最も近い距離にあるメッシュを選び、次に計算メッシュと選んだメッシュとを結ぶ直線上にある、2つめの標高が既知のメッシュを選び、2つの既知のメッシュまでの距離と標高より比例配分して、求めた。

(2) 標高データから地形特徴量の計算 (SBK45F1)

標高補間済みデータから、地形特徴量として次の5種類を計算した。

計算メッシュの周囲3×3メッシュについて、計算メッシュと周囲メッシュの間の距離と標高差より求めた8組の傾斜より、傾斜角が正で最大のものを上方メッシュとして選び、上方傾斜と上方方位を求めた。

同様に周囲3×3メッシュより、傾斜角が負で絶対値が最大のものを下方メッシュとして選び、下方傾斜と下方方位を求めた。

計算メッシュから、下方(上方)方位を順に追いかけて求めた、周囲5×5メッシュの最低(最高)標高メッシュと計算メッシュの距離と標高差より求めた、上方傾斜と下方傾斜の平均を、平均傾斜とした。

(3) 作業路メッシュから搬送距離の計算 (SBK46F1)

作業路は、そのコードにより、上場・土場連絡路・一次分岐作業路・二次分岐作業路に区分して入力した。これらのコードをもとに、土場から順に周囲3×3メッシュ内にある作業路を捜し、搬送距離を計算した。

(4) 地形特徴量と木寄せ距離による木寄せ作業種の選定と木寄せ工程計算 (SBK47F1)

計算メッシュの平均傾斜が13度以上と未満で処理を分けた。

計算メッシュの平均傾斜が13度以上の場合、下方方位を順に追いかけて出会う最初の作業路を下方作業路とし、計算メッシュと下方作業路の座標と標高より、水平距離と傾斜を計算し、水平距離が30m以上あれば木寄せ不能地とした。

上方方位についても同様に処理し、上方にある作業路までの距離、傾斜、木寄せ不可能地の計算を行った。

木寄せ方法の選定は、I報の木寄せ工程の傾斜区分に同じで、次のとおり。

- ウインチ : 計算メッシュの平均傾斜13度以上の上げ荷
- 自由走行 : 計算メッシュの平均傾斜12～12度の平坦地
- 人肩 : 計算メッシュの平均傾斜13～22度の下げ荷
- 人力巻落とし : 計算メッシュの平均傾斜23度以下の下げ荷

木寄せ時間は、選定された木寄せ方法と木寄せ工程より計算した。木寄せ工程もI報に同じで、次のとおり。

ウインチの木寄せ工程 $Y = 1.34X + 23.7$

人肩の木寄せ工程 $Y = 2.44X + 0.97$

人力巻落とし工程 $Y = 29.9$

なお、Yは、一人当たり㎡当りの時間(分)、Xは、木寄せ時間(m)である(以下同様)。

計算メッシュの木寄せ方法と木寄せ時間は、上方木寄せと下方木寄せのそれぞれについて計算し、木寄せ時間の少ない方を採用した。

計算メッシュの平均傾斜が13度未満の場合は、林床の自由走行とした。周囲50m以内にある最も距離が近い作業路から走行するとして、木寄せ時間を計算した。なお、選定した作業路の平均傾斜が13度以上の場合は、これを除外した。

$$\text{自由走行の木寄せ工程} \quad Y = 0.051X + 14.8$$

調査地全体の木寄せ時間は、各メッシュの木寄せ時間を合計して求める。

(5) 木寄せ材積搬送距離による搬送工程の計算 (SBK48F1)

木寄せする作業路メッシュの搬送材積に、計算メッシュの材積を加算し、各作業路メッシュの搬送材積と搬送距離と搬送工程より、搬送時間を求めた。

$$\text{搬送工程} \quad Y = 0.0513X + 8.29$$

以上により、調査地の地形特徴量と木寄せ作業種と木寄せ時間、搬送距離と搬送時間を求めた。

IV 結果及び考察

1 計算事例

計算事例としてI報の表-3-2にある調査地No16と17につき、搬出工程の予測を行った。

No17は、地形図(図-2)のとおり、谷筋を走る長い林内作業路の奥にある、山腹急斜面～尾根緩斜面の林分である。上部の緩傾斜では、5m毎に等高線補助線をフリーハンドで記入した。等高線と等高線補助線より補完した数値地形モデルより、下方方位(図-3)と平均傾斜(図-4)の地形特徴量を計算した。次に上方(下方)方位と平均傾斜と林内作業路までの距離より木寄せ作業種を予測し(図-5)、メッシュ毎に木寄せ位置を求めることより、木寄せ材積(図-6)を求めた。この結果、搬出工程が得られた(表-1)。

同様にNo16は地形図(図-7)のとおり、尾根緩斜面にネット状に林内作業路がある林分である。緩斜面が広いので、ここでは2～5m間隔で等高線補助線を作成した。この結果、平均傾斜(図-8)が得られ、これより木寄せ作業を推定し(図-9)、搬出工程を計算した(表-2)。

2 数値地形モデルの検討

本システムで得られる数値地形モデルを、平均傾斜でその良否の判定を試みた。図-4の谷底や図-8の尾根では、周期的に緩傾斜が表れている。これは、谷底や尾根の最も低い(高い)標高を連続して与えていないためであり、尾根や谷底の標高の補間はまだ満足できていないレベルではない。また、緩傾斜地で等高線補間線の幅が広い場合は、標高既知の点が1つしか得られないため、不良な補間となった。一方、地形図と現地の地形が異なる場合は、根本的に補正できない。しかし、全体として見れば本システムの数値地形モデルは、ほぼ当初の要求を満足していると思われる。

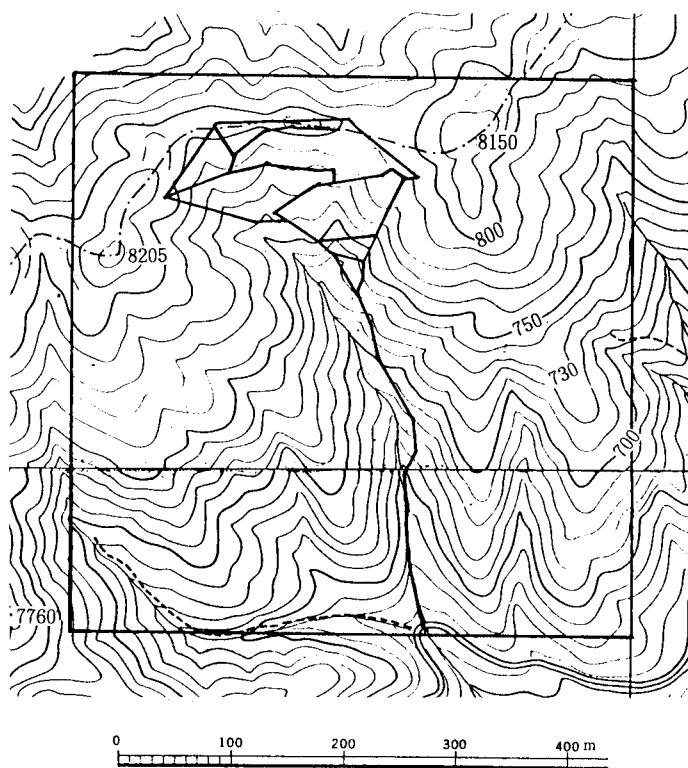


图-2 地形图 (No.17)

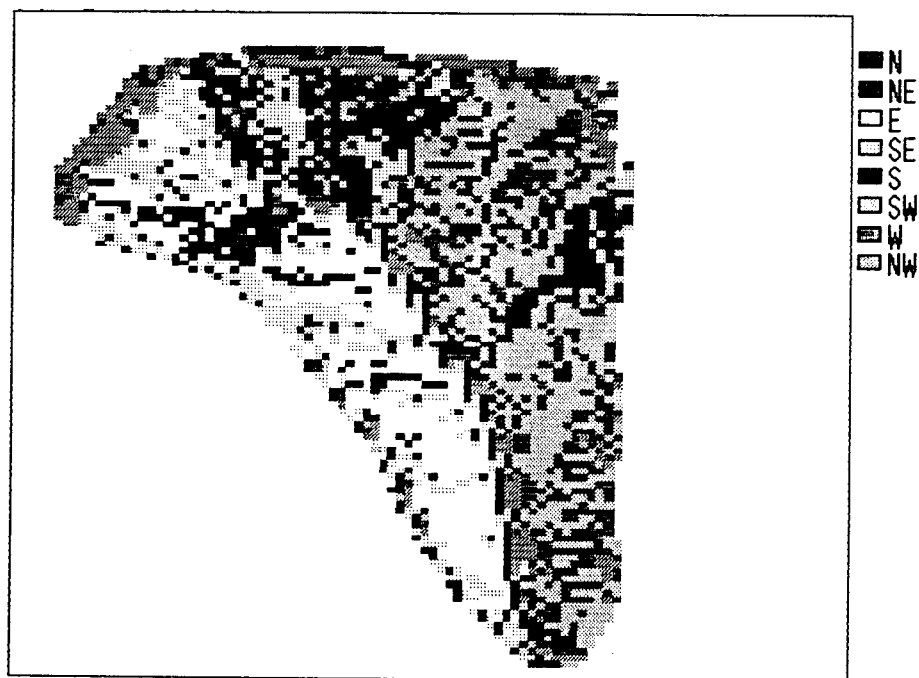


图-3 下方方位



図-4 平均傾斜

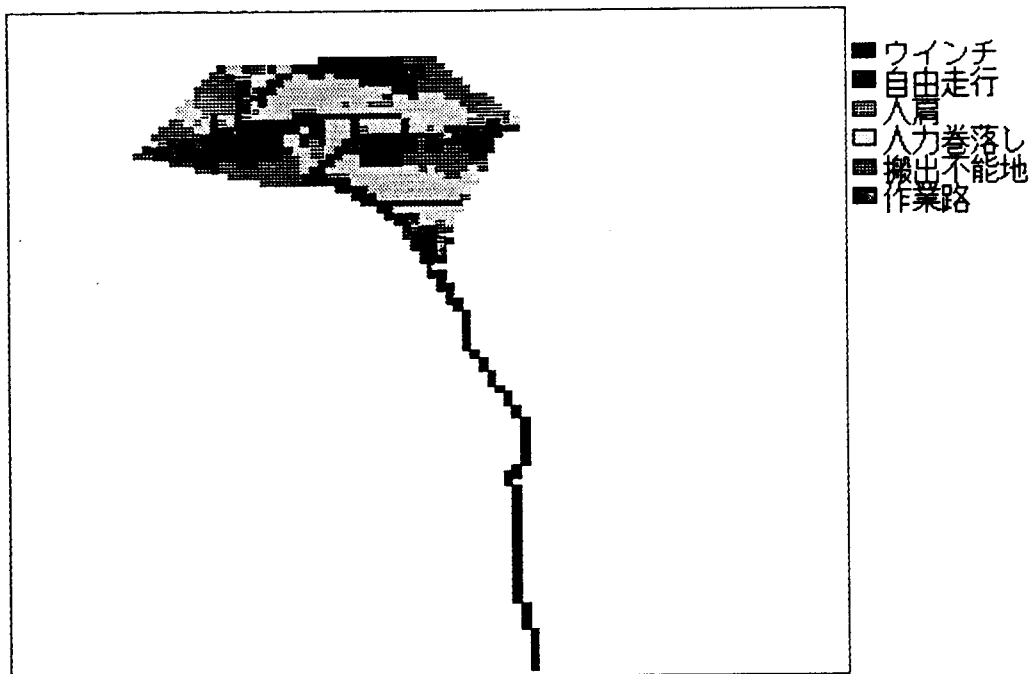


図-5 木寄せ作業種

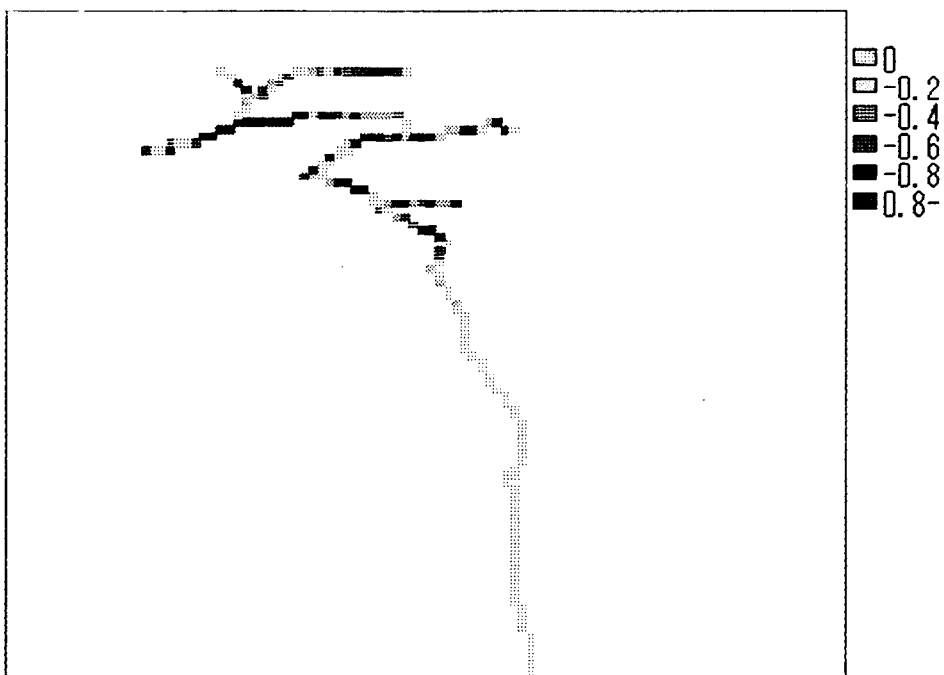


図-6 木寄せ材積 (メッシュ当㎡)

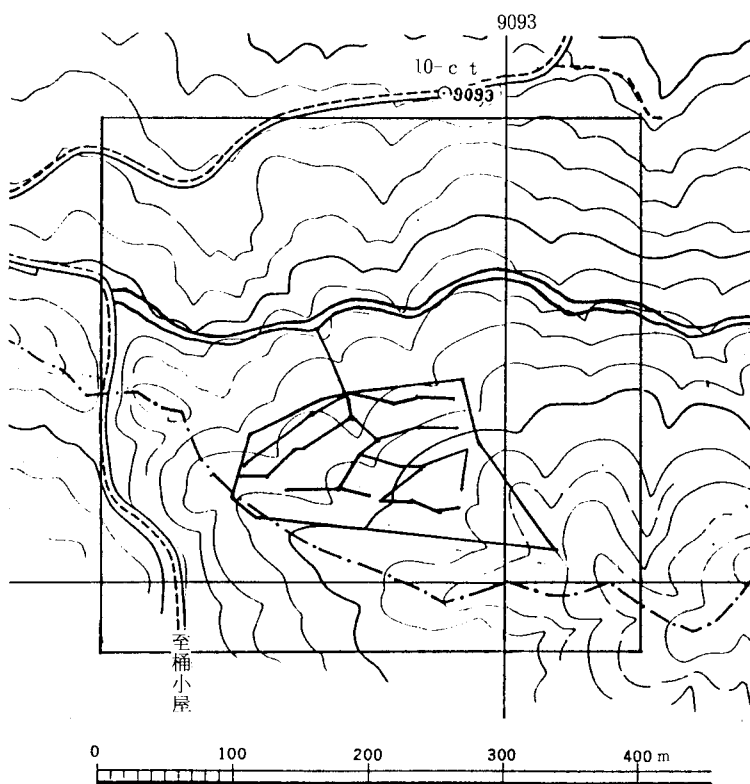


図-7 地形図 (No.16)

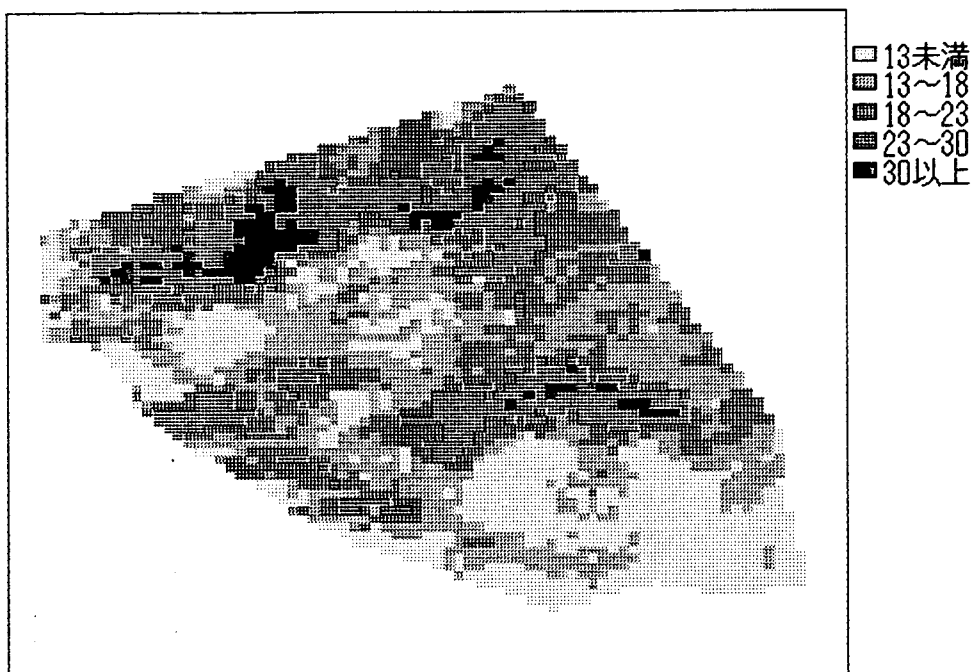


図-8 平均傾斜

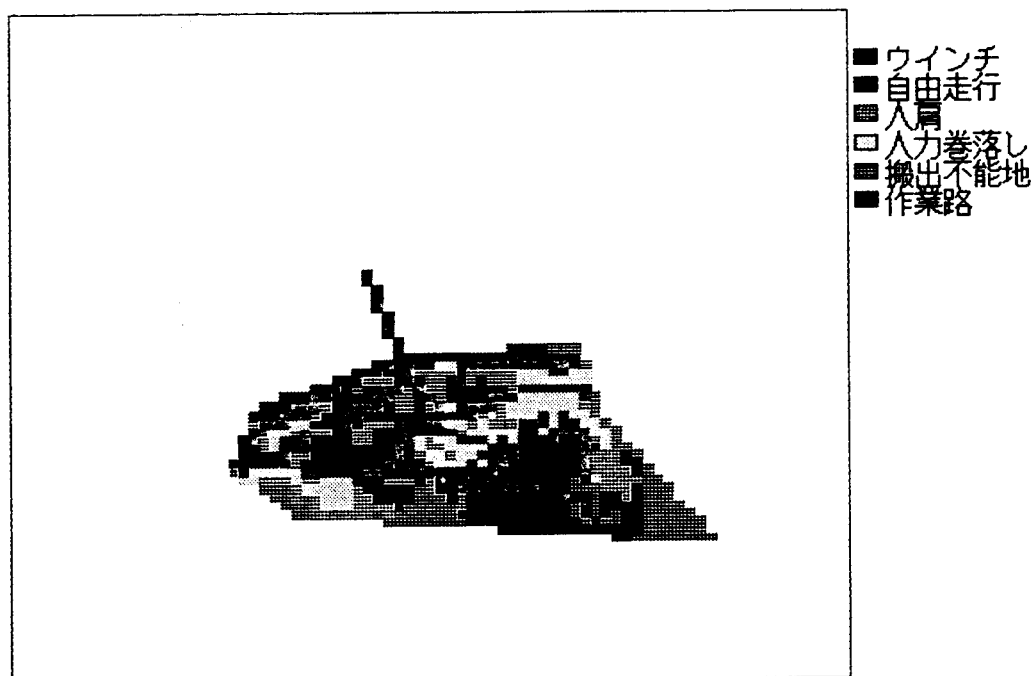


図-9 木寄せ作業種

表－１ 木寄せ工程予測システムによる搬出工程予測結果

調査地 №17

平均標高：77.4m 平均傾斜：27.6度 メッシュ数：100×100 1メッシュの現地幅：5m

木寄せ方法別工程

作業種	面積 (ha)	材積 (m³)	時間 (分)	平均距離 (m)	平均傾斜
ウインチ	0.413	27.233	1174.2	14.5	27.5
自由走行	0.095	6.272	95.6	8.7	4.3
人肩	0.125	8.252	294.3	14.2	18.5
人力巻落し	0.630	41.592	1243.6	16.3	33.1
小計 (搬出可能)	1.263	83.350	2807.8		
作業路	0.465		(7.8人役)		
搬出不能地	0.333				
合計	2.06	136.00			

搬送工程

距離 (m)：総作業路 957 平均搬送 566.3 総搬送時間 2988分 (8.3人役)

表－２ 木寄せ工程予測システムによる搬出工程予測結果

調査地 №16

平均標高：994.6m 平均傾斜：16.4度 メッシュ数：100×100 1メッシュの現地幅：5m

木寄せ方法別工程

作業種	面積 (ha)	材積 (m³)	時間 (分)	平均距離 (m)	平均傾斜
ウインチ	0.113	8.921	329.3	9.9	24.6
自由走行	0.573	35.838	256.8	14.6	7.2
人肩	0.280	17.528	594.4	13.5	18.4
人力巻落し	0.245	15.337	458.6	12.2	27.3
小計 (搬出可能)	1.240	77.623	1939.3		
作業路	0.397		(5.4人役)		
搬出不能地	0.248				
合計	1.885	118.00			

搬送工程

距離 (m)：総作業路 697 平均搬送 158.8 総搬送時間 1170分 (3.3人役)

3 搬出工程の検討

本システムで計算した搬出工程と、聞き取りにより現実に要したそれとを比較すると、木寄せ不能地が現実より多く、搬出工程は現実の方が計算結果より悪い工程であった。

その原因として、

- (1) 木寄せ工程を調査したのは1林分である。
 - (2) 本システムは、傾斜方向以外の木寄せをしないこととしたが、現場では横取り木寄せが時々なされており、本システムで木寄せ不能地とした面積のほとんどを集材していること。
 - (3) 横取り木寄せなどの工程表を準備していないこと。
- などが、考えられる。

V おわりに

パソコンを用いた間伐事業の収支予測を目的とし、本試験を実施した。

ゴムクローラ型林内作業車の搬出時間を予測するために、数値地形モデルを用いた作業種の予測と工程計算システムを開発した。

しかし、処理データ量が膨大になるため処理時間が長くなるとともに、運用に比較的高価なパソコンハードウェアとソフトウェアを使用するため、指導機関での利用に限定されるだろう。また、その推定精度は十分なものとは言えない。今後の研究に待ちたい。

VI 謝辞

本研究の出発点となった、数値地形モデル作成と地形特徴量の算出利用に関して、森林総合研究所地質研究室の吉永秀一郎氏には、貴重なご意見、ご指摘をいただいた。厚くお礼申し上げる。

VII 摘要

ゴムクローラ型林内作業車を用いた、間伐材の搬出時間を予測するシステムを作成した。システムは、メッシュの数値地形モデル作成と木寄せ作業種の選定および作業時間の計算処理よりなる。メッシュデータの入力・管理・表示部分は、市販ソフトのFEIMASを使用した。数値地形モデルは、5 mメッシュに1/5000地形図の等高線から得た標高を与え、標高の補間処理を行うことにより作成し、周囲3×3メッシュとの標高差をもとに、メッシュ毎の方位・傾斜や林内作業路までの距離などを計算した。これらの情報を1報で求めた木寄せ作業種別の作業条件と工程および搬送工程にあてはめ、木寄せ作業種を選定するとともに、作業時間を計算した。しかし、十分な推定精度は得られなかった。

参考文献

- 1) 河室公康・吉永秀一郎・石井勉：パソコンによる自然立地ゾーニング（Ⅰ）—システムの設計と構築—，38回日林関東論，157～160，1986
- 2) 中村太士：デジタイザ入力による森林地形情報の立体表示，北大農演報，45-1，279～299，1988