

集材機作業の最適化

I 研究担当者氏名

機械化部作業第1研究室	辻 隆 道
”	石 井 邦 彦
元 ”	桑 原 正 明 (現林野庁)
” 作業第2研究室	渡 部 庄三郎
” 機械第1研究室	上 田 実
	柴 田 順 一

II 試 験 目 的

立木を伐採し、市場まで搬出する生産過程は、林業システムにおいて重要な位置を占めている。

この伐木運材系の最適化は以前から渴望されていながら林地林木の複雑性、多種類の機械力の導入、地域の慣習ならびに社会情勢、経営規模の変化等により、類型化は非常に困難視されて来た。しかしながら合理的な企業経営の立場から各作業工程ごとの作業手順書や作業工程の全体的な最適化の必要性は益々増大しているといえる。

この研究は電子計算機の活用を前提として資料を収集し、最適化を図り、実用化の段階で中央にデータ処理センターを設置して、現地から送られて来るデータを速やかに解析し、最適化システムを全国的に採用できる様を構想である。

このシステムの最適化が図られた場合には次の様な効果が期待できる。

1. 生産計画の合理的樹立

従来の経験に基いた計画から、あらゆる条件を加味して、総合的に判断し、最も合理的な生産方式、日程計画、機械配置計画、雇用計画等を樹立できる。

2. 生産技術の向上

システムの最適化においては標準作業方法の確立を必要とし、それは作業員等への指導基準を明らかにし、技術の維持、継承を容易にする、このことはまた安全作業を推進することになる。

3. 標準原価の設定が可能となる。

ア、長期計画樹立の際コストの中で大きな部分を占める生産事業において客観的に妥当なコスト算定がなされることは計画の精度を高める。

イ、企業の合理的経営管理のための目標原価となる。

ウ、請負制度における予定価格を客観的に積算するため指針となる。

エ、予算統制の際の合理的な基礎資料となる。

最適化システムのプログラム完成後、使用段階における手続として

図Ⅰのごとく現場で伐採対象林分のデータを収集し、中央のデータ処理センターで一括して計算を行ない、結果を現地に速やかに送り返し、現地では、それに基づき生産計画、日程計画等を立て事業を実行する。

もう少し具体的に述べると(図Ⅱ)

ア、最適化システム実用化のための準備

① 最適化システム手法の解説書作成

最適化システムの内容を紹介して、実用化を図るために手法の解説書を作成、配布教育する。

② 現場におけるデータ測定方法指示書作成

イ、Total System 情報の流れと処理

① 事業所より送られたデータ(各項目とも解説書、測定指示書、機種選択基準書にもとづいて記入する)

a、地勢データ

与えられた伐採地域について

斜面の傾斜角、面積、地勢図、材の種類、平均直径、繁茂密度、貯木量、運搬障害物、特殊条件、最終運搬系統、

b、作業データ

最大動員数、作業の種類(全木、全幹、普通材)

c、設備データ

チェーンソー、集材機類、ロープなどの在庫、性能

d、与えられた地域の分割と不可能な機種の棄却

部分的な地域に対して、どの機種が不可能かを判断し、これを棄却することが可能である。

全地域を如何に分割するかについても同様

このような項目について測定されたデータは、郵送またはテレタイプで中央データ処理装置へ送られる。

② 中央データ処理装置でおこなうデータ処理

中央データ処理装置(Control Data Processor 以後C.D.P)に送られるデータは次のようなものである。

a、上記①より得られる事業所単位のデータ

b、物理データ

試験によって得られるロープの疲労、強度、ウインチの出力、チェーンソーの性能、燃料消費、実耐用年数、索道、集材機的能力などに関するデータ

c、経済データ

職種、地域によって異なる人件費；ロープ・機械など資材費、材木の価格などに関するデータ

d、作業データ

動作研究、現場調査などから得られる作業時間に関するデータ、ロープ、機械と作業速度の関係など

これら情報をうけたC.D.P.は、最適化プログラムを作り、計算する。

その計算内容は、

a、与えられた事業所の部分地域における最適設置計画の計算

b、各製品事業所の運搬システムの最適計画および生産計画大要の計算

c、a、b、にもとづく各段階の予算概要計算をおこなう。

このTotal Systemとは別に、解説書、指示書、基準書の作製、配布、教育システムが必要となる。

以上の構想を持ちながら、具体的に伐木、集運材システムについて42年度より調査を行ない、各要素作業の定式化および機械特性の解明により、最適化プログラムの作製を行なった、それぞれの成果について見る。

図 I

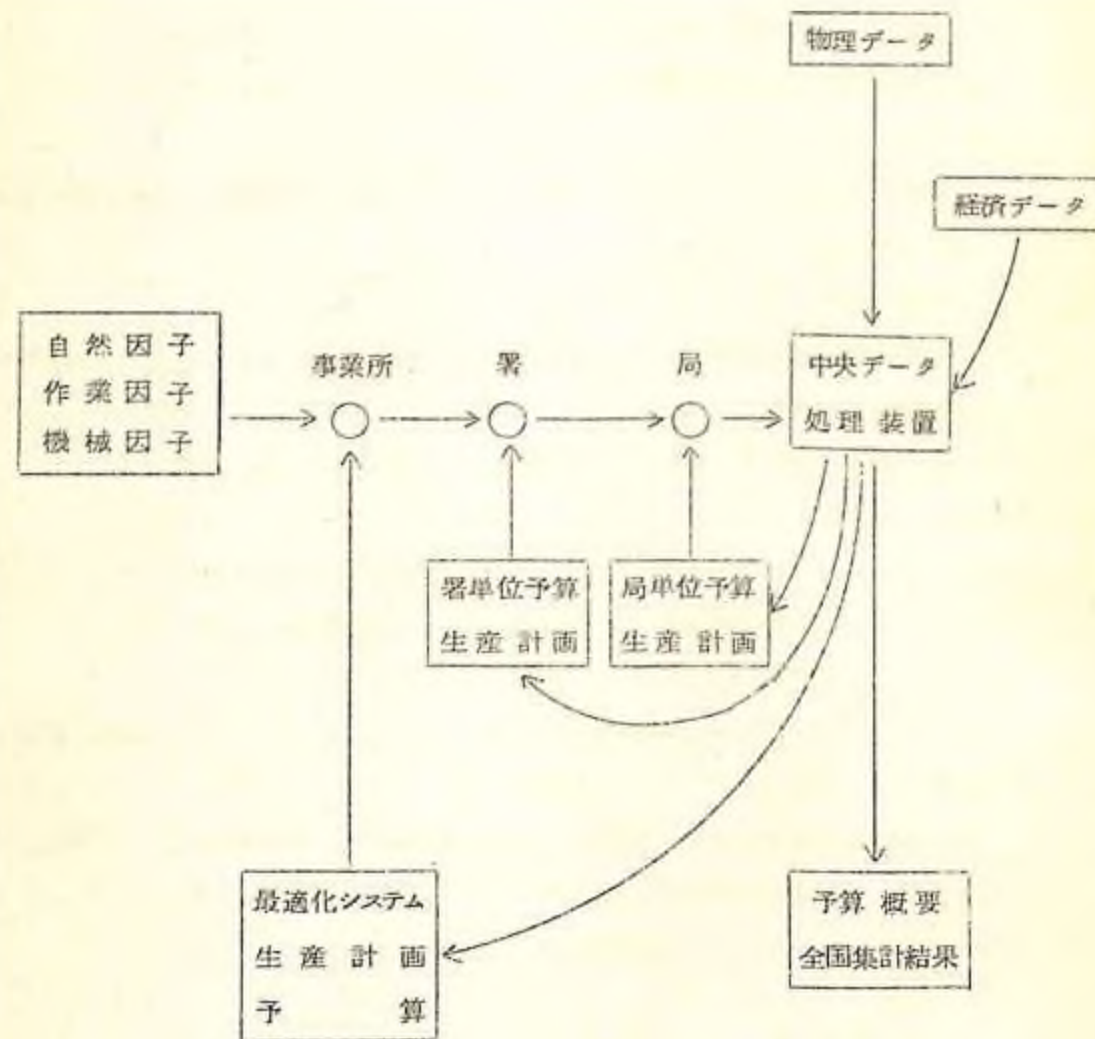
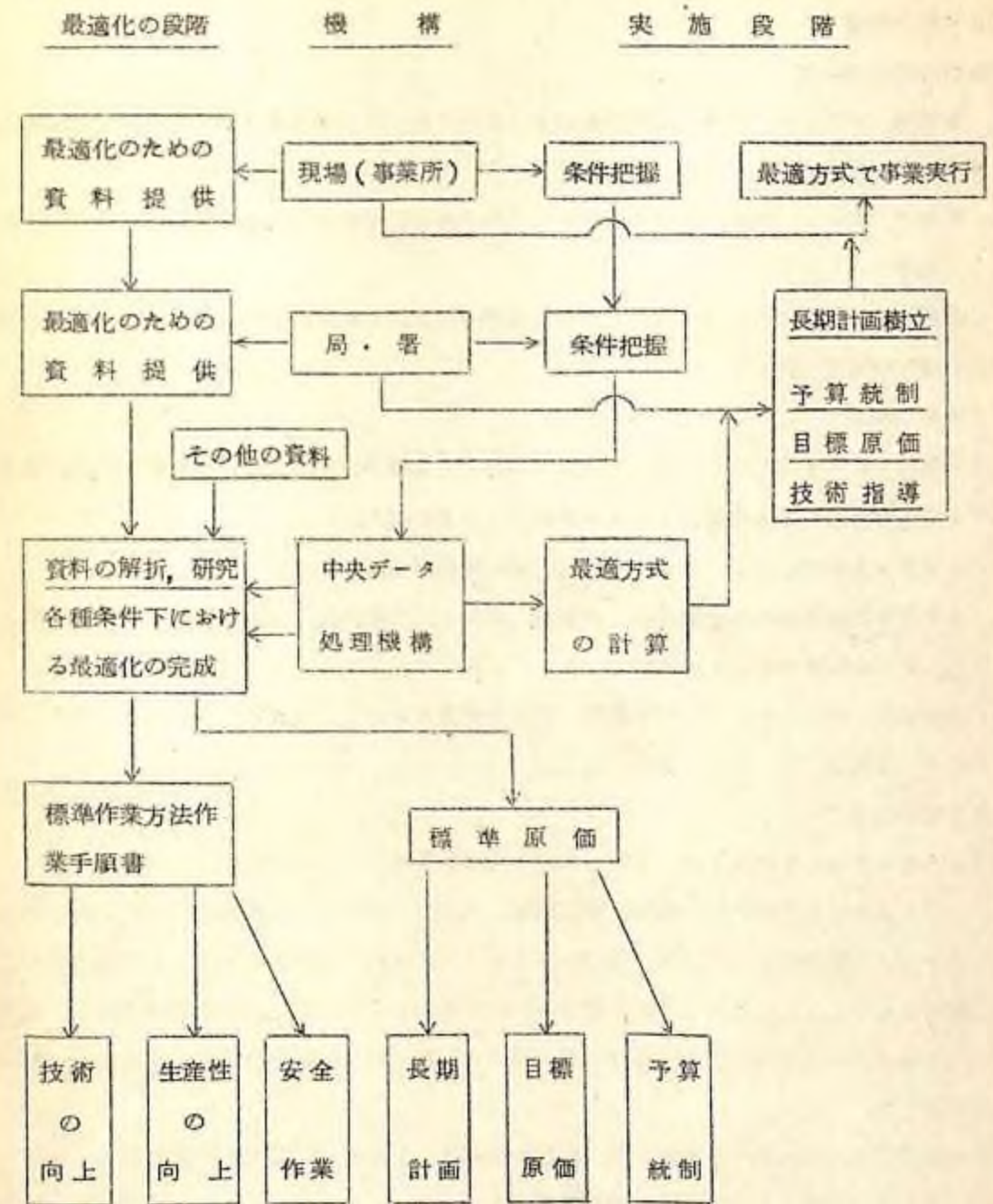


図 II



Ⅲ 試験の経過と得られた成果

42年度の概要

集材機作業について

1. 集材機、ワイヤロープ等の機械的検討から集材工程の所要時間を求める方法を明らかにした。
2. 荷掛け、荷卸し、伐倒、造材それぞれの工程の作業的特性を明らかにし、作業時間を求める方式を作った。
3. 最適化する手法について検討をし、目的関数を定式化し集材機を中心とした伐木集運材系の最適化計算を一例行なった。

43年度の概要

42年度に集材機を中心としたが、トラクタ集材との比較選択を行ないより有利な集運材法を採用することを考慮し43年度はトラクタ集材系をとりあげた。

1. トラクタ集材における、サルキー、地曳別に機械的検討を加えた。
2. トラクタ集材における全幹伐倒、荷かけ、荷卸し、土場作業について作業的特性を明らかにし、作業時間を求める方式をつくった。
3. 待合せ理論によるトラクタ配車台数、作業員数等を決定する最適化システムの検討及びプログラムの作成

44年度の概要

トラック運材工程と集材機工程とを結びつけた集運材系について検討した。

1. トラック運材工程の作業的特性、特に機械、人力別の積込時間を算定する方式を決定した。
2. トラックの走行速度について、林道条件（カーブ、傾斜、路面状態）による理論的検討。
3. 集材機を中心として最適化された伐木、集材工程とトラック運材工程を結びつけて、理論的解明とトラック機種を選択、配車台数、積込人員数、盤台規模の決定等の最適化システムを検討した。

各年度別に定式化された作業基準時間、機械特性をあらわす数式、最適化計算の基本フローチャート、及びその結果の全システムの変数を示すと次のごとくである。

環境を表
わす変数人為的条件
を表わす変数

$$C_{TS} + C_{KT} + C_{BAB} + C_{BUK} + C_{OK} + C_{ZOR} + C_{VSS}$$

(8)... 全木集材による利益 = 全木集材に利益に材の鮮度の有利性を含めて経費節約とみなす

普通集材

全木集材

普通集材 0
全木集材 全木集材に当り貯蓄種 × 0.05 (-C_{SES})

(7)... 災害コスト = 差なし

(6)... 集材後の造林費 = 普通集材と全木集材の差額

普通集材

全木集材

全木集材に当り一定金額 × 事業地面積 (-C_{ZPA}) (A_t)

(5)... 間接費 = 作業員数(人頭数) × 1日1人平均処理費・共通費(手当等) × 作業日数 (C_{KD})

ア. 集材機および附属品1日当り損料 = 購入価格 × 0.25%

イ. 主索1サイクル当り経費 = ワイヤロープの購入価格 × 1サイクル当り負荷回数 (N_D)

ウ. ワイヤロープ 直徑Dの主索の寿命(N_D)

但し N_D = $\frac{16}{2.26 \times 10^3 (E_s)} \times \frac{2.26 \times 10^3 (E_s)}{2 \times \text{主索断面積 } A_R} \times \frac{1.72 (R_1)}{1}$

ハ. 作業員1サイクル当り経費 = 作業員の購入価格 × $\frac{4}{\text{荷上げ索の寿命(NWC}_1)} + \frac{4}{\text{引戻索の寿命(NWC}_2)}$

但し N_{WD} = $\frac{1.04 \times 10^{12}}{\left(\frac{\text{ヤング率}(\sigma) \times \text{索線径}(8)}{\text{索直徑}(d)} + \frac{\text{索張力}(T)}{\text{主索断面積}(A_R)} \right) \times 3.68} \times \frac{10}{\text{索直徑}(d)}$

ニ. 機械運転経費 = 平均燃料費率 × 仕事量 (C_{UN})

但し 250 円/PS-h

ヘ. 盤台作設費 = 1㎡当り盤台作設費 × 盤台面積 (C_{BAA})

但し 200 円/㎡

ト. 集材線架設・撤去費 (C_{KT})

チ. 普通集材方式 = 伐木造材費 + 普通集材費 (C_{TSZ})

1. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

イ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ロ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ハ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ニ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ヘ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ト. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

チ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

リ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

レ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ロ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ハ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ニ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ヘ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ト. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

チ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

リ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

レ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ロ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ハ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ニ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ヘ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ト. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

チ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

リ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

レ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ロ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ハ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ニ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ヘ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ト. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

チ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

リ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

レ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ロ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ハ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ニ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ヘ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

ト. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

チ. 全木集材方式 = 全木伐倒費 + 全木集材費 (C_{BAA})

伐倒作業量算定式一覽表

作業名	全木伐倒		普通伐倒	
	作業量	発生率	作業量	発生率
伐倒方向検討	$T_{B21} = 0.419D + 9.0$	$\begin{cases} 0.0115D + 0.094 \\ (D \leq 78) \\ 1.00 (D \geq 79) \end{cases}$	$T_{BH2} = 0.491D + 9.1$	$\begin{cases} 0.0075D + 0.445 \\ (D \leq 74) \\ (D \geq 75) \end{cases}$
障害除去	$T_{B22} = 1.00$	0.78	$T_{BH2} = 1.07$	0.86
受口・追口切付帯	$T_{B23} = 0.0183D^2 - 0.685D + 19.22$	1.00	$T_{BH3} = 0.0031D^2 + 0.632D + 1.513$	1.00
根張切	$T_{B24} = 2.4$	0.025	$T_{BH4} = 4.2$	0.140
矢打	$T_{B25} = 3.9$	0.0042D + 0.035	$T_{BH5} = 5.8$	
受口・追口切	T_{B26H} $= 0.0986D^2 - 2.7637D + 56.31$	1.00	$T_{BH6H} = T_{B26H}$	1.00
サワラ				
T_{B26S}				
$= 0.0434D^2 - 0.4729D + 18.30$		1.00	$T_{BH6S} = T_{B26S}$	1.00
合	$T_{B27} = 7.0$	1.00	$T_{BH7} = 7.0$	1.00
退	$T_{B28} = 8.0$	1.00	$T_{BH8} = 14.0$	1.00
道具とりまとめ	$T_{B29} = 9.0$	0.05	$T_{BH9} = 4.7$	0.11
作業移動	傾斜	植	左	同
	疎	中		
~25°	3.6 sec	5.4 sec		
26°~35°	4.2 sec	6.6		
36°~	5.4 sec	7.8		

造材作業量算定式一覧表

作業名	普通造材		盤台造材	
	作業量	発生率	作業量	発生率
測尺	$T_{BZK1} = 38.0nt + 0.67\theta + 1.67$	1.00	$T_{BZK1} = 20.3nt + 23.02$	1.00
始動・停止	$T_{SZK2} = 3.5 \times 10.8 = 37.8$	1.00	$T_{BZK2} = 2.4 \times 10.5 = 25.2$	1.00
玉切歩行	$T_{SZK3} = 1.3H + 0.43\theta - 11.75$	0.65	$T_{BZK3} = 0.71H - 3.658$	0.82
玉切附帯	$T_{SZK4} = 25.0$	$0.000079D^2 + 0.0026D$	$T_{BZK4} = 21.8$	$0.00015D^2 + 0.0004D$
サルカ切り	$T_{SZK5} = 0.021D^2 - 0.32D + 0.653\theta + 1.022$	1.00	$T_{BZK5} = 0.0067D^2 + 0.947D - 0.58$	1.00
化粧がけ	$T_{SZK6} = 35.0$	$\begin{cases} 0 (D < 30) \\ 0.35 (D \geq 30) \end{cases}$	$T_{BZK6} = 44.0$	$\begin{cases} 0 (D < 20) \\ 0.32 (D \geq 20) \end{cases}$
障害除去	$T_{SZK7} = 38.0$	0.21	$T_{BZK7} = 0$	0
捨切り	$T_{SZK8} = 0$	0	$T_{BZK8} = 56.8$	0.26
枝先切り	$T_{SZK9} = 38.0$	$\begin{cases} 0 (D \leq 20) \\ 0.02D + 0.016 (20 < D \leq 70) \\ 1.00 (D > 70) \end{cases}$	$T_{BZK9} = 57.0$	$\begin{cases} 0.0125D + 0.016 (D \leq 80) \\ 1.00 (D > 80) \end{cases}$
枝払	$T_{SZK10} = 12.7D + 5.60\theta - 31.6$ ($23 \leq D < 75$ $5 \leq \theta$ 適用)	1.00	$T_{BZK10} = 7.72D - 67.8$	1.00
枝払い付帯	$T_{SZK11} = 1.595D - 1.28$	1.00	$T_{BZK11} = 1.881D - 13.12$	1.00
枝払い手直し	$T_{SZK12} = 0$	0	$T_{BZK12} = 29.0$	0.14

玉切り	ヒノキ $T_{SZTH} = 0.037d^2 - 1.012d + 4.89A_{81} + 10.5$	1.00	ヒノキ $T_{BZTH} = 0.037d^2 - 1.012d + 15.3$ サワラ $T_{BZT18} = 0.0335d^2 - 0.744d + 13.17$	1.00
玉切り段取り	$T_{SZT2} = 6.6$	0.65	$T_{BZT2} = 11.3$	0.20
木廻し	$T_{SZT3} = 25.0$	0.33	$T_{BZT3} = 14.0$	0.20
材扱	—— (不要)		$T_{BZT4} = 0.817d + 13.18$	1.00

nT = 採材玉数 H = 樹高 θ = 斜面傾斜 D = 胸高直径

荷掛・荷卸作業量算定式一覧表

区 分	作 業 名	全 木 集 材		材		普 通 集 材	
		作 業 量	発 生 率	作 業 量	発 生 率		
サイクル時間に算定する作業	荷 掛 け	$T_{N1ZC1} = 86.96ns + 10.35$	1.00	$T_{NHC1} = 7.60NZ + 32.43NS - 6.52$	1.00		
	スリング仕分	$T_{N1ZC2} = 0$	0	$T_{NHC2} = 5.5NS + 0.4\theta + 4.0$	N_{So} 発生率 2 0.38 3 0.49		
	荷掛段取・材集め	$T_{N1ZC3} = 1.00$	傾斜 15° 16° 31° 45° 30 45	$T_{NHC3} = 5.4$	0.38		
	障害物除去 (荷 掛 中)	$T_{N1ZC4} = 8.2$	% 8 12 16 20	$T_{NHC4} = 1.00$	$0.125NZ + 0.125$		
	合図(荷掛終了)	$T_{N1ZC5} = 8$	傾斜 15° 16° 31° 45° 30 45	$T_{NHC5} = 8$	1.00		
	退 避 歩 行	$T_{N1ZC6} = \ell_T \times V_W$	% 6 8 11 15	$T_{NHC6} = \ell_T \times V_W$	1.00		
	荷 掛 直 し	$T_{N1ZC7} = 0$	1.00	$T_{NHC7} = 11.4$	0.06		
	障害排除(運転中)	$T_{N1ZC8} = 0$	0	$T_{NHC8} = 5.4$	0.08		
	電 話 移 動	斜面傾斜 移動速度 sec/m	傾斜急中 GB移動 200 100 1回当り				
	作 業 移 動	$S_{N1ZN2} = \ell_N / V_W$					
算定不要作業	引込み合図	$S_{N1ZN3} = \text{運転時間に含まれる}$		全木集材に同じ			
	引出し合図	$S_{N1ZN4} = \text{同 上}$					
	ガイドブロック移動	$S_{N1ZN5} = 1500 + \ell_N / V_W$					

N _S = スリング本数 (使用)		L _T = 退避距離		V _W = 歩行速度 (sec/m)	
L _N = 荷掛点までの歩行距離		L _Q = ガイドブロッタ移動距離		N ₂ = 荷掛本数	
N _{So} = 固定スリング数					
サイクル時間	荷外し	T _{H2C1} = 7.0N _S + 40.4	1.00	T _{H2C1} = 7.2N _S + 15.3	1.00
	引戻し合図	T _{H2C2} = 2.4	1.00	T _{H2C2} = 2.4	1.00
	スリング取替	T _{H2C3} = 0	0	T _{H2C3} = 57.0	0.01
	卸し直し	T _{H2C4} = 134.0	(2本掛以上) 0.10	T _{H2C4} = 42.0	0.11
	退避歩行	T _{H2C5} = 0	0	T _{H2C5} = 16.0	1.00
	材位置直し	—		—	
非サイクル時間	荷卸し合図	S _{H2N1} = 荷卸し運転時間		S _{H2N1} = 荷卸し運転時間	
	盤台整理	S _{H2N2} = 5.6 × (ZD) (落し盤台) S _{H2N2} = 10.4 × (ZD) (積盤台)		—	
	作業移動	—		—	
	待機	—		—	

 $N_S = \text{スリング本数(使用)}$ $\ell_N = \text{荷掛点までの歩行距離}$ $N_{so} = \text{固定スリング数}$ $\ell_T = \text{退避距離}$ $\ell_G = \text{ガイドブロック移動距離}$ $V_W = \text{歩行速度(sec/m)}$ $N_2 = \text{荷掛本数}$

集材機装置関係作業量算定一覧表

タ イ ラ ー 方 式		ホ ー リ ン グ プ ロ ッ ク 方 式	
ま と ま り 作 業 に お け る 作 業 索 の 平 均 張 力	ま と ま り 作 業 時 間	ま と ま り 作 業 に お け る 作 業 索 の 平 均 張 力	ま と ま り 作 業 時 間
空ローディングブロック巻上げ (平均張力) $U_{t1\ell} = (W_{eb} + W_{hb}) R / 2$	左 同 (時間) $T_{t1} = (S - 22) / 3 + 10$		
空搬器走行 (平均張力) $U_{t2h} = \{ W_{cr} + W_{eb} + (W_{ef} + W_{nb}) \sin \theta / 2 \} + R_s \} R$	左 同 (時間) $T_{t2} = \begin{cases} (S - 48) / 8 + 12 & V_m \geq 8 \\ \{ S - V_m^2 / 2 - 5(V_m + 3) / 2 \} / V_m + V_m + 5 & V_m < 8 \end{cases}$	空搬器走行と空ローディングブロック引込み (平均張力) 荷上索の張力 $U_{h1\ell} = (W_{eb} / 3) \sec \{ \alpha + \theta (1 + W_{cr} / W_{eb}) \} / R$ 引戻索の張力 $U_{h1h} = \{ U_{h1\ell} R + (W_{cr} + W_{eb}) \sin \theta \} R$	左 同 (時間) $T_{h1} = \begin{cases} (S - 72) / 7 + 27 & V_m \geq 7 \\ \{ S - V_m^2 / 2 - 5(V_m + 2) / 2 - 25 \} / V_m + V_m + 20 & V_m < 7 \end{cases}$
空ローディングブロック引込み (平均張力) (引戻索を巻取って荷上索をゆるめる) $U_{t3h} = U_{tR}$ $U_{t3\ell} = (U_{tR} / R) / 2$	左 同 (時間) $T_{t3} = \begin{cases} (S - 10) / 3 + 7 & V_m \geq V_g \\ (S - 10) / V_m + 7 & V_m < V_g \end{cases}$		
実ローディングブロック引出し (平均張力) $U_{t4\ell} = U_{tR}$ 但し $U_{tR} = \frac{(W_{log} + W_{eb})(\mu f \cos \alpha - \sin \alpha)}{\cos(\alpha + \beta) + \mu f \sin(\alpha + \beta)}$	左 同 (時間) $T_{t4} = \begin{cases} 2 + (S - 1) / 2 & V_m \geq 2 \\ V_m + (S - V_m^2 / 2) / V_m & V_m < 2 \end{cases}$	実ローディングブロック引出し (平均張力) $U_{h2\ell} = \frac{1}{3} \frac{(W_{log} + W_{eb})(\mu f \cos \alpha - \sin \alpha)}{\cos(\alpha + \beta) + \mu f \sin \alpha} R$	左 同 (時間) $T_{h2} = \begin{cases} 2 + (S - 1) / 2 & V_m \geq 2 \\ V_m + (S - V_m^2 / 2) / V_m & V_m < 2 \end{cases}$
実ローディングブロック吊上げ (平均張力) $U_{t5\ell} = \{ (W_{log} + W_{eb} + W_{ef} / 2 + W_{nb} / 2) \sin \theta - R_s \} R$ 但し $R_s = \mu s \{ W_{log} + W_{eb} + (W_{ef} + W_{rb}) / 2 \}$	左 同 (時間) $T_{t5} = \begin{cases} 2 + (S - 1) / 2 & V_m \geq 2 \\ V_m + (S - V_m^2 / 2) / V_m & V_m < 2 \end{cases}$	実ローディングブロック吊上げと実搬器走行 (平均張力) 荷上索の張力 $U_{h3\ell} = (W_{eb} + W_{log}) \sec [L_0 + \theta (1 + W_{cr} / (W_{eb} + W_{log}))] \times R / 3$ 引戻索の張力 $U_{h3h} = \{ U_{h3\ell} R + (W_{cr} + W_{eb} + W_{log}) \sin \theta \} / R$	左 同 (時間) $T_{h4} = \begin{cases} (S - 50) / 7 + 50 & V_{mb} \geq 7 \\ \{ S - 10 - 5(1 + V_{mb}) \} / V_{mb} + 15 & V_{mb} < 7 \end{cases}$
	実搬器走行 (時間) $T_{t6} = t_1 + t_2 + 1.5$ a 速度が V_m t ₁ ... { b 8m/sec に達する時間 何れか小さい方 c (S-60) 走行する時間 t ₂ ... 制限速度で走行する時間		
	実ローディングブロック卸し (時間) $T_{t7} = \begin{cases} 20 \text{ 普通集材の場合} \\ 30 \text{ 全木(全幹)集材の場合} \end{cases}$		実ローディングブロック卸し (時間) $T_{h5} = \begin{cases} 30 \text{ 普通集材の場合} \\ 40 \text{ 全木(全幹)集材の場合} \end{cases}$

集 材 装 置 関 係 記 号

P(ps)	集材機から作業索へ伝達される馬力の最大	μ_c	搬器の抵抗係数
U(kg)	作業索の張力	R_e	荷上索がローディングブロックをしごく抵抗
V_m	作業索の集材機エンジンの性能からの制限速度 (m/sec)	$U_{t1\varnothing}$	荷上索の張力 (タイラー、空搬器巻上げ時の)
Q	集材機のブレーキ容量 (kg·m/sec)	R	滑車の総抵抗比
V_b	作業索の集材機ブレーキの性能からの制限速度 (m/sec)	μ	摩擦係数
$V_g(t)$	運転手の能力と安全性によって決まる制限速度	β	滑車の摩擦係数
S	まとも作業の中で動く作業索の長さ	U_{t2h}	空搬器返送の引戻索の張力 (タイラー)
T	まとも作業時間	U_{t3h}	引戻索の張力 (タイラー空ローディングブロック引込)
L	スパン長 (m)	$U_{t3\varnothing}$	荷上索の張力 ("
H_{sh}	主索の盤台上の高さ	$U_{t4\varnothing}$	荷上索の張力 (タイラー、実ローディングブロック引出し)
T_{t1}	空ローディングブロック吊上げ作業時間 (タイラー)	$U' r$	引出斜面を材を引つづてくる荷上索の張力
$X_{sh} Y_{sh}$	荷掛けする斜面のX座標	μf	引出しにおける斜面と材の摩擦抵抗係数
X_{ban}	盤台のX座標	W_{log}	吊荷の重量
T_{t2}	空搬器走行時間 (タイラー)		エンジン性能、ブレーキ性能から求められる速度
T_{t3}	空ローディングブロック引込時間 (タイラー)	$U_{t5\varnothing}$	実ローディングブロック吊上げの張力 (タイラー)
T_{t4}	実ローディングブロック引出し時間 (タイラー)	$U_{h1\varnothing}$	空搬器走行と空ローディングブロック引込張力 (ホーリニング、荷上索)

④ R.C コスト 常数

⑤ R 作業量の 特性 値

6. 木の重量別(IW)本数: MWKA(IW)
 7. 玉の重量別(IW)本数: RWT A(IW)
 8. 総材積: SVKI
 9. 総重量: SW
 10. 樹種別樹高曲線
- $$H = 1.2 + \frac{1}{(CHC1 + CHD1 \times D)^2}$$
- 1は樹種
- ④ コスト 常数の読み込み
 1. 造材手、集材手、機械運転手の1日当りの賃金および間接費(読み込む)
 2. 副作業コスト(計算する)
 3. 盤台作設費 (")
 4. 全木集材による利益 (")

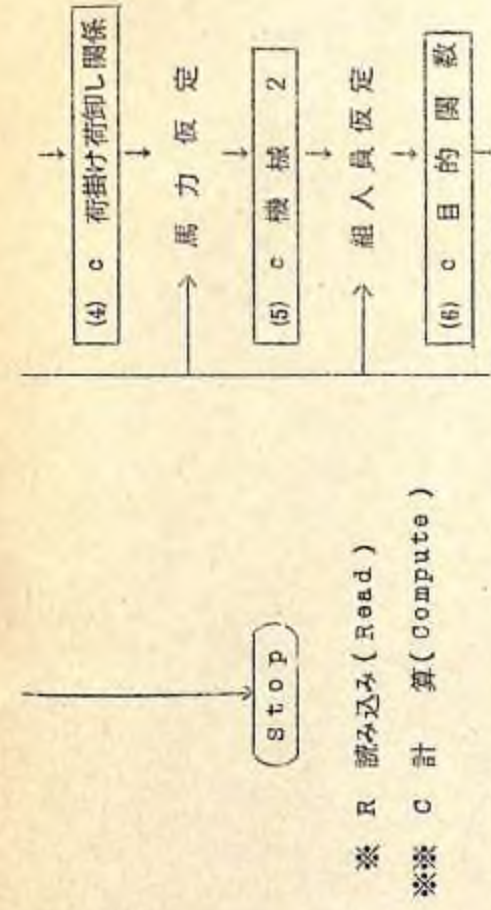
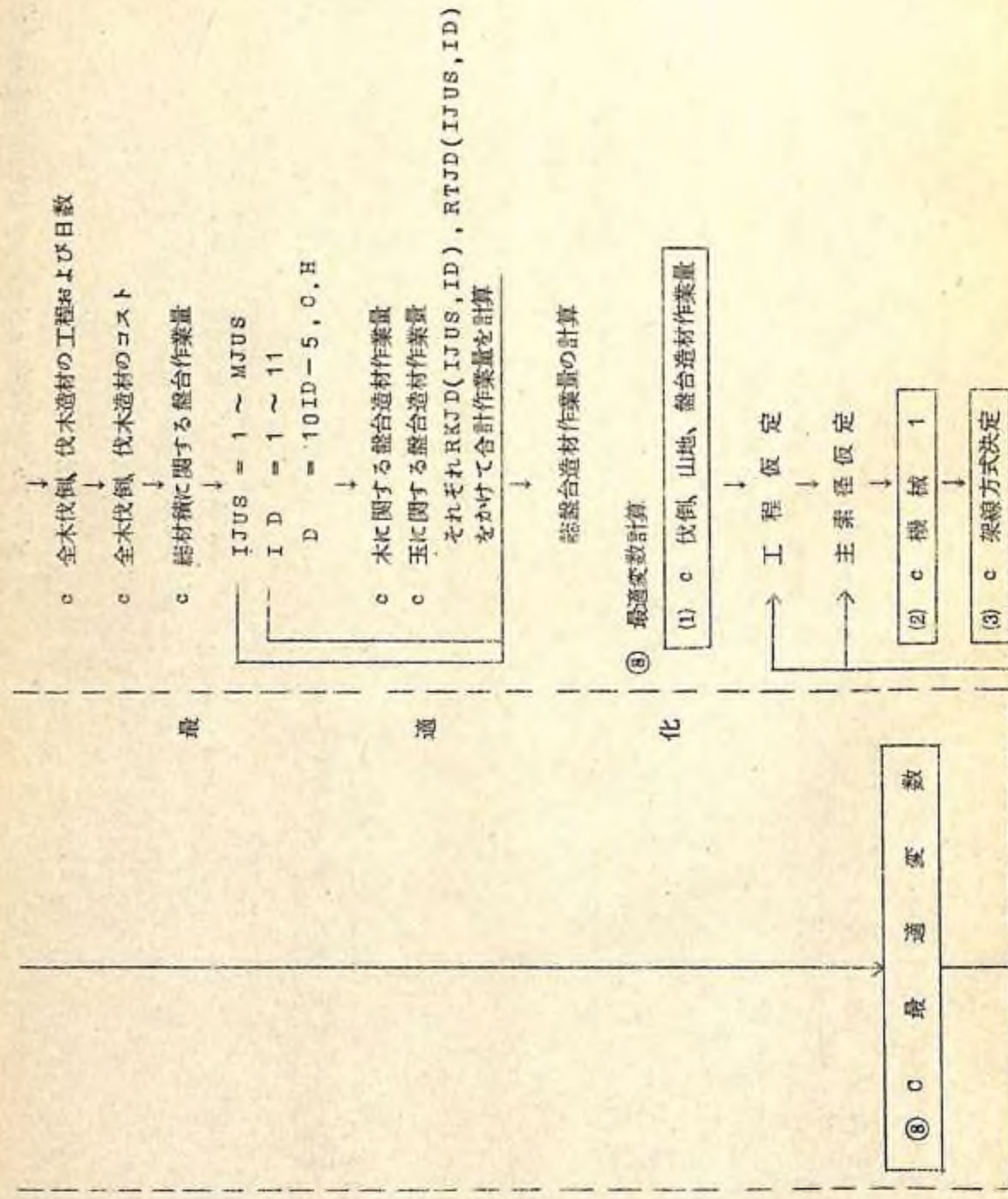
⑤ 作業量の 特性 値

1. 普通伐倒作業量の特性値
2. 全木伐倒作業量の " }
3. 造材作業量の " 樹種ごとに
4. 盤台造材作業量の " }
5. 普通荷掛 " " }
6. 普通荷卸 " " 共通
7. 全木荷掛 " " }
8. 全木荷卸 " " }

⑥ R 機械器具 データ

⑦ C 伐倒・造材・盤台作業量

- ⑥ 機械器具データの読み込み
集材機のデータとして4機種について次のものを読み込む。
1. 集材機のエンジンの公称最大出力
2. 集材機のエンジンの実効出力
3. 集材機の価格(ガイドブロック以外の付属器具を含める。)
4. ガイドブロック類の価格
使用するワイヤロープはスカイライン、リフティングライン、ホルバツクラインを1組として
1. スカイラインの直径、切断荷重、単位重量、単位価格
2. リフティングラインの直径、切断荷重、単位重量、単位価格
3. ホルバツクラインの直径、切断荷重、単位重量、単位価格
⑦ 伐倒、山地、盤台造材の作業量の計算
ISH = 1 ~ MSH
IJUS = 1 ~ MJUS
ID = 1 ~ 11
D = 10ID - 5, 樹高曲線からHを計算
c 木に関する普通伐倒作業量: TBH
c 木に関する全木伐倒作業量: TBZ
c 木に関する造材作業量: TZO
c 玉に関する造材作業量: TT
それぞれ MKA(ISH, IJUS, ID), RTA(ISH, IJUS, ID) をかけて合計作業量を計算
c 普通伐倒の道具取替および普通、全木伐倒の作業移動の作業量



荷掛け、荷卸し関係

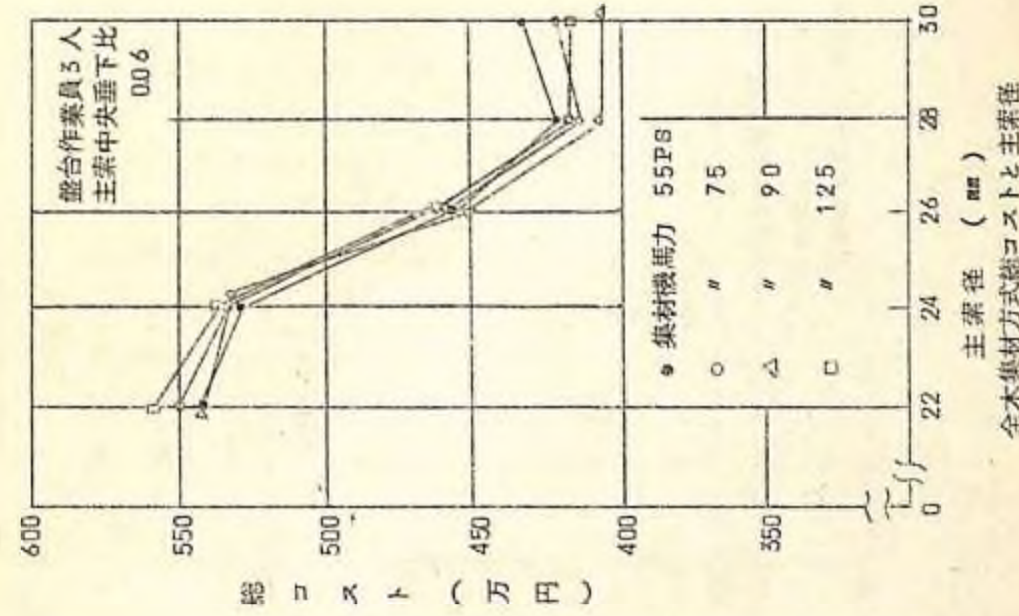
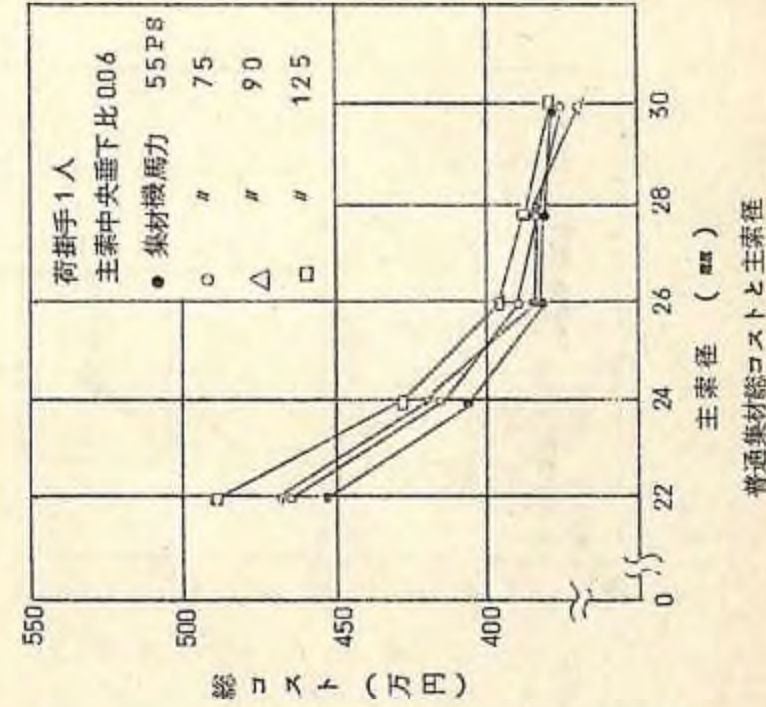
1. 1 サイタルにつける玉(木)の本数
2. 全サイタル数
3. 使用スリング数
4. 普通荷卸し作業量 ; SORH
5. 普通荷掛け作業量 ; SNIHK・SNIHC (斜面ごと)
6. 全木荷卸し作業量 ; SORZ
7. 全木荷掛け作業量 ; SNIZ (斜面ごと)

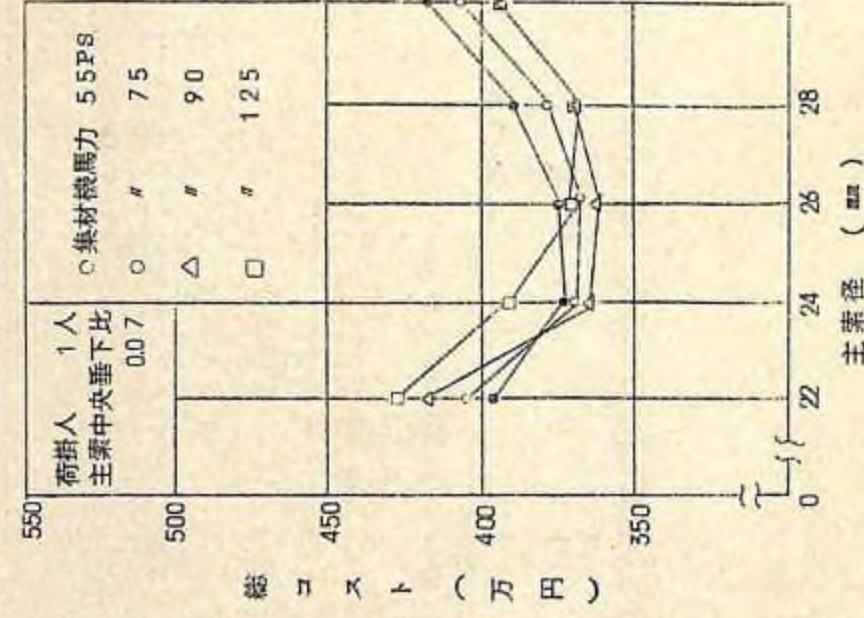
機械計算2

1. 集材機運転中の作業索張力と速度
2. 集材機運転時間
3. 集材機コスト (ワイヤロープ以外の附属品を含む)

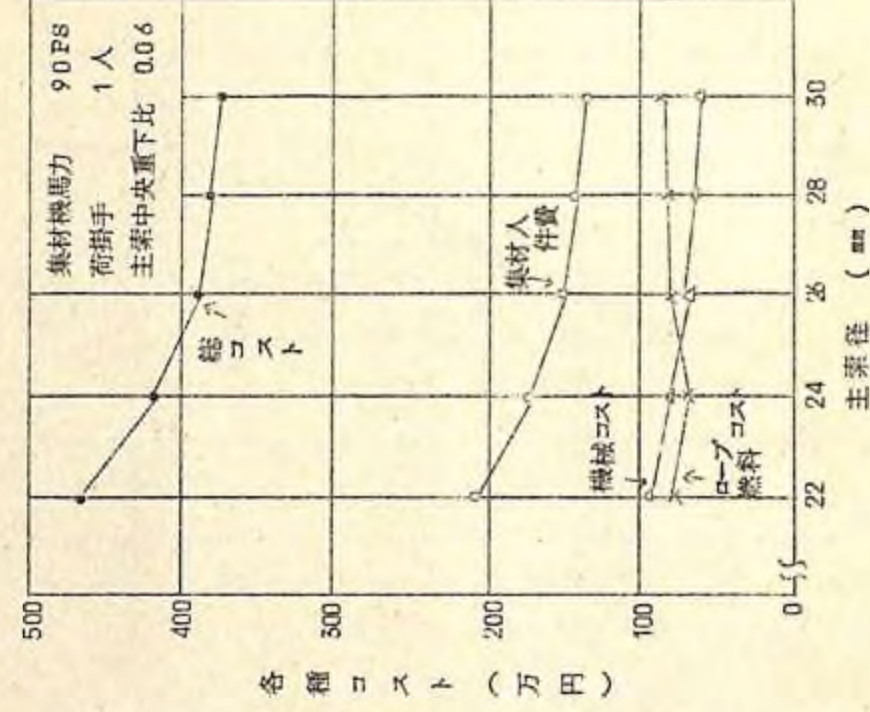
目的関数の計算

1. 盤台造材手 ; n_g 盤台集材手 ; n_s からサイタル時間を組立てる。
2. 全サイタル時間を計算
3. 作業日数を計算
4. 総コストを計算

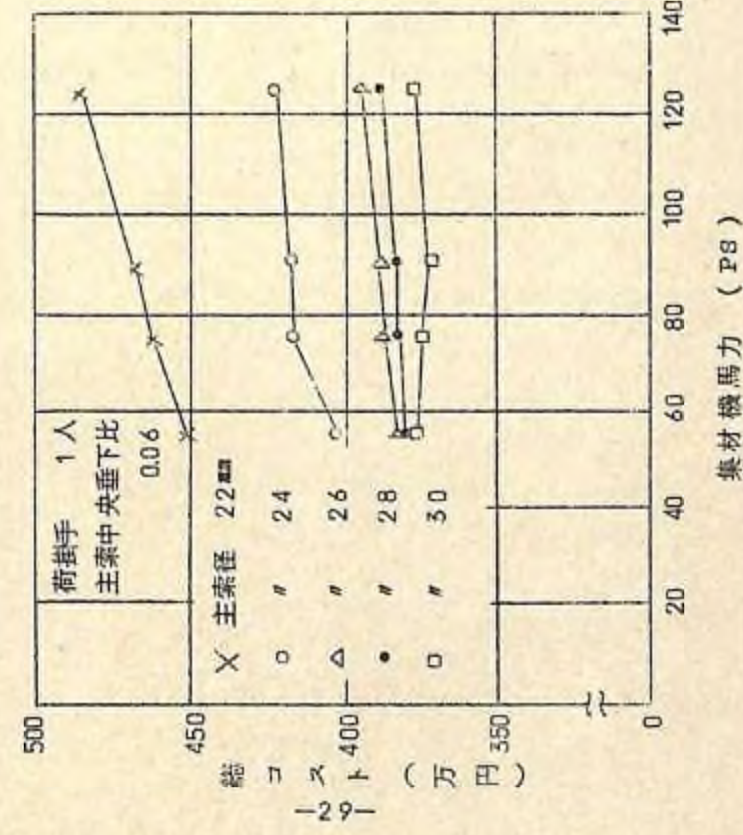




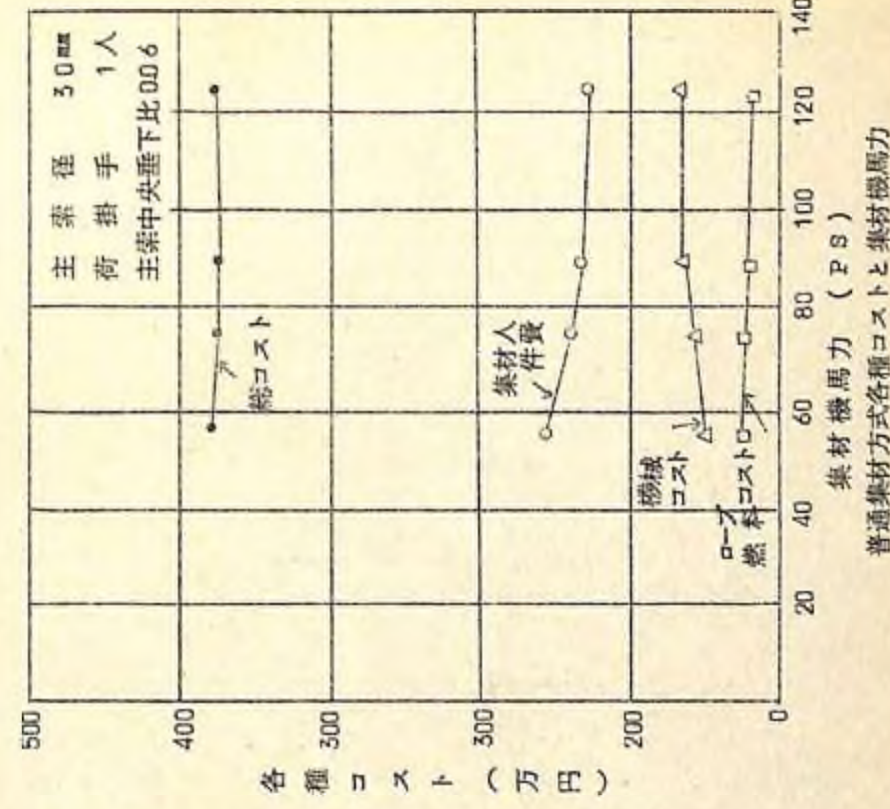
普通集材方式総コストと主索径



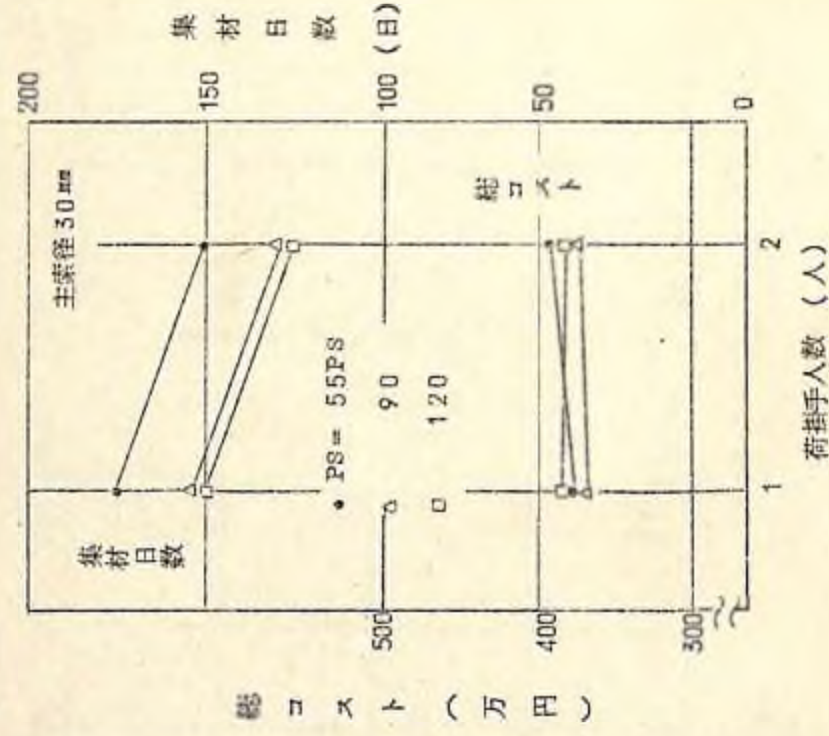
普通集材方式各種コストと主索径



普通集材方式総コストと集材機馬力



普通集材方式各種コストと集材機馬力



普通集材方式総コスト・集材日数と荷掛手人数

普通集材方式の全システムの変数

主索径 (mm)	集材機力 (PS)	荷掛手数 (人)	集日材数 (日)	集材費用 (万円)				集材費用 (万円)	総費用 (万円)
				ワイヤロープ (万円)	燃料 (万円)	物件 (万円)	人件 (万円)		
22	55	1	241	79.2	21.8	66.2	212.0	379.3	453.9
		2	215	"	"	59.1	251.4	411.4	482.2
	75	1	234	"	20.8	88.1	205.7	393.8	464.5
		2	208	"	"	78.3	242.9	421.2	491.9
	90	1	230	"	18.8	94.5	202.2	394.7	465.4
		2	204	"	"	83.7	238.4	423.5	490.8
	125	1	229	"	20.0	107.2	201.0	415.9	486.7
		2	203	"	"	95.0	236.7	439.4	510.1
24	55	1	210	73.8	20.1	57.6	184.4	335.9	406.7
		2	183	"	"	50.3	214.1	358.2	428.9
	75	1	202	"	19.1	76.0	177.4	346.3	417.0
		2	175	"	"	66.0	204.7	363.5	434.2
	90	1	198	"	17.6	81.4	174.2	346.9	417.6
		2	172	"	"	70.4	200.4	362.2	432.9
	125	1	196	"	18.4	91.9	172.2	356.3	427.0
		2	170	"	"	79.4	197.8	369.3	440.1

全木集材方式の全システムの変数

主索 径(mm)	集材 機力(PS)	盤手 台 材数(A)	集日 材数(B)	集材費				集材費 (万円)	総 費 (万円)
				ワイヤー プ (万円)	燃料 (万円)	物件費 (万円)	人件費 (万円)		
22	55	3	221	67.0	18.5	60.5	3522	4982	5395
		4	"	"	"	"	4314	5775	6188
		5	"	"	"	"	5106	6567	6980
	75	3	214	"	17.6	80.7	3424	5077	5489
		4	"	"	"	"	4194	5847	6260
		5	"	"	"	"	4964	6618	7030
	90	3	211	"	16.2	86.6	3371	5069	5482
		4	"	"	"	"	4130	5828	6240
		5	"	"	"	"	4888	6586	6999
	125	3	210	"	17.0	98.4	3352	5175	5588
		4	"	"	"	"	4106	5929	6342
		5	"	"	"	"	6683	6683	7096
24	55	3	209	74.0	20.1	57.4	3340	4856	5269
		4	"	"	"	"	5608	5608	6020
		5	"	"	"	"	4843	6359	6772
	75	3	201	"	19.2	75.7	3211	4900	5313
		4	"	"	"	"	3934	5623	6035
		5	"	"	"	"	4657	6345	6758
	90	3	198	"	18.9	81.0	3153	4880	5306
		4	"	"	"	"	3863	5589	6015
		5	"	"	"	"	4572	6299	6725
	125	3	195	"	17.2	91.5	3117	4943	5352
		4	"	"	"	"	3818	5644	6002
		5	"	"	"	"	4519	6346	6711

43年度 トラクタ集材、全幹伐倒作業

作業名	基準	時間	発生率	作業量	備考
伐倒方向検討	$T_{ZB1}=20.47$		$D \leq 20cm$ 以下 $E_{ZB1} = 0.33$		
受口・追口切	$T_{ZB2}=0.0296D^2+0.1872D+2.505$		$E_{ZB2}=1.00$		
受口追口切の付帯	$T_{ZB3}=0.00573D^2+2.496$		$E_{ZB3}=1.00$		
合図	$T_{ZB4}=3.85$		$E_{ZB4}=0.434$		
矢打	$T_{ZB5}=39.52$		$D \leq 20cm$ 以下 $E_{ZB5} = 0$		
退避	$T_{ZB6}=7.1$		$20cm$ 以上 $0.00816D-0.1632$		
障害除去(伐倒)	$T_{ZB7}=27.25$		$E_{ZB6}=1.00$ $E_{ZB7}=0.00567D+0.20$		
枝先切	$T_{ZB8}=27.95$		$E_{ZB8}=0.0000395D^2+0.00225D+0.20$		
枝節切	$T_{ZB9}=7.5658D-68.67$		$E_{ZB9}=1.00$		
枝節切付帯	$T_{ZB10}=18.852D-25.923$		$E_{ZB10}=1.00$		
サルカ切	$T_{ZB11}=0.008721D^2+1.673$		$E_{ZB11}=1.00$		
梢端切	$T_{ZB12}=13.34$		$E_{ZB12}=1.00$		
障害除去(枝切)	$T_{ZB13}=14.43$		$E_{ZB13}=0.421$		

D...胸高直径(cm)

トラクタ集材、荷掛手の行なう作業

作業名	基準時間	発生率	作業量	備考
ワイヤ引出一回ごとに算定する作業	$T_{TKW1} = \begin{cases} 1.999 D_w + 6.799 & \text{(サルキー傾斜 } 14^\circ \text{ 以下)} \\ 1.940 D_w + 16.017 & \text{(サルキー傾斜 } 15^\circ \text{ 以上)} \\ 1.914 D_w + 4.479 & \text{(地曳 傾斜 } 14^\circ \text{ 以下)} \\ 1.914 D_w + 13.717 & \text{(地曳 傾斜 } 15^\circ \text{ 以上)} \end{cases}$	$E_{TKW1} = 1.00$		$D_w \dots$ ワイヤ引出し距離 (m)
		$E_{TKW2} = 1.00$		
		$E_{TKW3} = 1.00$		$D_0 \dots$ 荷掛する木の胸高直径合計 (cm)
		$E_{TKW4} = 0.027 D_w + 0.06$		
		$n_k \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \text{ 以上} \end{matrix}$ $E_{TKW5} = 0.005 \begin{matrix} 0.10 & 0.20 & 0.60 \end{matrix}$		$D_k \dots$ 荷掛けする木の 本数
掛け直し	$T_{TKW5} = 44.5$			

一サイクルに一回算定する作業	ワイヤ引出し準備 荷し 走り 荷つけ移動	$T_{TKO1} = \begin{cases} 35.8 & \text{(サルキー)} \\ 13.4 & \text{(地曳)} \end{cases}$ $T_{TKO2} = 0.0033 D^2 - 0.162 D + 37.86$ $T_{TKO3} = 82.07 \quad E_{TKO3} = 0.17$ $T_{TKO4} = \text{必要に応じて移動距離、歩行速度から算出する。}$	$E_{TKO1} = 1.00$ $E_{TKO2} = 1.00$	$D \dots$ 運材する木の胸高直径合計 (cm)
トラクタが材行をなす作業	ワイヤ引出し合図 材引寄せ監視 合図確認	以下はサイクル時間と算定しないので省略する。		
トラクタが運材作業	人力出し 材探し 障害排除			

トラクタ集材・荷卸し手の行なう作業

作業名	基準時間	発生率	作業量	備考
サイタル時間として算定する作業				
荷はずし	$T_{TH1} = 0.2599D - 284n_k + 1503$	$E_{TH1} = 1.00$		D...運ばれてくる材の胸高直径合計 (cm)
荷はずし歩行	$T_{TH2} = 18.16$	$E_{TH2} = 1.00$		
ワイヤー類扱い	$T_{TH3} = \begin{cases} 0 & (\text{サルキー引}) \\ 56.6 & (\text{サルキー背負}) \\ 14.0 & (\text{地曳}) \end{cases}$	$E_{TH3} = 1.00$		
おろし位置替	$T_{TH4} = 2.64$	$E_{TH4} = 0.099n_k - 0.10$		n_k ...運ばれてくる材の本数
丸太移動	$T_{TH1} = 1.511D - 30.00$	$E_{TH1} = 1.00$		
土場清掃	$T_{TH2} = 4.783$	$E_{TH2} = 0.667$		
トラクタ選別補助	$T_{TH3} = 4.712$	$E_{TH3} = 0.056n_k + 0.394$		
巻立	$T_{TH4} = \text{今回は無視}$			
造材加勢	$T_{TH1} = 2.72$	$E_{TH1} = 0.064n_k$		
その他加勢	$T_{TH2} = 5.57$	$E_{TH2} = 0.59$		

盤台造材手の行なう作業

作業名	基準時間	発生率	作業量	備考
玉切	$T_{TZ1} = 0.003903d^2 + 0.7177d - 3.7068$	$E_{TZ1} = 1.00$		d...玉切される木口平均径 (cm)
玉切付帯	$T_{TZ1} = 3.028n_k + 1.788$	$E_{TZ1} = 1.00$		n_k ...搬出されてくる材の本数
エンジン始動	$T_{TZ2} = 4.2 \times n_c$	$E_{TZ2} = 1.00$		n_c ...チェンソー台数
造材歩行	$T_{TZ3} = 0.3868D + 0.5371H + 3.133$	$E_{TZ3} = 1.00$		D...搬出されてくる材の胸高直径合計 (cm) H...搬出されてくる材の樹高合計 (m)
サルカ切り	$T_{TZ4} = 2.128$	$E_{TZ4} = 0.247$		
捨切	$T_{TZ5} = 2.170$	$E_{TZ5} = 0.247$		
障害除去	$T_{TZ6} = 3.607$	$E_{TZ6} = 0.151$		
枝切	$T_{TZ7} = 0$	$E_{TZ7} = 0$		
枝切付帯	$T_{TZ8} = 17.272$	$E_{TZ8} = 0.91$		
桧上の材手直	$T_{TZ9} = 110.63$	$E_{TZ9} = 0.247$		
整備・目立	$T_{TZ10} = 289.06$	$E_{TZ10} = 0.92$		
移動	$T_{TZ11} = 3.72$	$E_{TZ11} = 1.00$		
土場清掃	$T_{TZ12} = 128.7$	$E_{TZ12} = 0.086$		
加勢	$T_{TZ13} = 0$ (無視する)			

トラクタ特性

機械効率

キヤタビラまで $\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4$

η_1	変速機の機械効率
η_2	変速装置の η
η_3	最終駆動輪の η
η_4	スプロケツト、トラツクリンタの η
η'_1	P T O シヤフトの効率
η'_2	ウインチのギヤ効率

ウインチまで $\eta' = \eta'_1 \eta'_2$

キヤタビラに働く実効馬力 P_e
 $P_e = 0.8 \eta P_o$

走行速度 V

$$V = 75 P_e / U \quad \text{但し } U \leq 2.5 \text{ m/sec}$$

トラクタ空走の牽引力

$$U_u = W_t \sin \theta + \mu_{rt} W_t \cos \theta$$

W_t	トラクタの重量
θ	トラクタ道の傾斜
μ_{rt}	トラクタの走行抵抗係数

サルキをつけた場合

$$U_u = W_t \sin \theta + \mu_{rt} \cos \theta + W_g \sin \theta + \mu_{rs} \cos \theta$$

W_g サルキ重量

トラクタのキヤタビラが滑らずに走行するための条件

$$\mu_t W_t \geq U_u$$

ウインチによる引寄せ

ロープ巻取速度 V_w

$$V_w = 75 P_{we} / U_w$$

丸太を引寄せる場合のワイヤロープの張力 U_w

$$U_w = W_g \sin \theta + \mu_g W_g \cos \theta$$

トラクタが滑らずに丸太を引き寄せる条件
 $P_{we} = \eta_r \eta' P_c$

$$U_w + W_t \sin \theta \leq \mu_t W_t \cos \theta$$

引寄せることのできる丸太重量

$$W_g \leq \frac{\mu_t \cos \theta - \sin \theta}{\sin \theta + \mu_g \cos \theta} W_t$$

サルキを用いた丸太の引き寄せ

$$(W_g - U_w \sin \alpha) (\sin \theta + \mu_g \cos \theta) = U_w \cos \alpha \quad \alpha \quad \text{ワイヤロープと地面のなす角}$$

μ_{rs} サルキの走行抵抗係数

μ_t トラクタと地面の摩擦係数

P_{we} ワイヤロープに伝達される馬力

η_r ワイヤロープ巻込み不整による係数

W_g 丸太の重量

μ_g 丸太と地面の摩擦係数

$$U_w = \frac{\sin \theta + \mu_e \cos \theta}{\cos \alpha + \sin \alpha (\sin \theta + \mu_e \cos \theta)} W_e$$

トラクタが滑べらずに引き寄せできる条件

$$\begin{aligned} & W_e (\sin \theta + \mu_e \cos \theta) + (W_t + W_g) \sin \theta \\ & \leq \mu_{rs} \{ W_g + U_w (\sin \alpha + \sin \beta) \} \cos \theta + \mu_t (W_t - U_w \sin \beta) \cos \theta \end{aligned}$$

β フェアリードからウインチまでのワイヤロープと地面とのなす角

引き寄せ可能な丸太重量

$$W_e \leq \frac{\{ \cos \alpha + \sin \alpha (\sin \theta + \mu_e \cos \theta) \} \{ (\mu_{rs} W_g + \mu_t W_t) \cos \theta - (W_t + W_g) \sin \theta \}}{[(\sin \theta + \mu_e \cos \theta) \{ \cos \alpha + \sin \alpha (\sin \theta + \mu_e \cos \theta) \} + (\mu + \sin \beta - \mu_{rs} (\sin \alpha + \sin \beta)) \cos \theta]}$$

トラクタの曳行

直接曳行に必要な牽引力 U_e

$$U_e = W_e (\sin \theta + \mu_e \cos \theta) + W_t (\sin \theta + \mu_{rt} \cos \theta)$$

トラクタが滑らないための条件

$$U_e \leq \mu_t W_t \cos \theta$$

曳行可能な丸太の総重量

$$W_e \leq \frac{(\mu_t - \mu_{rt}) \cos \theta - \sin \theta}{\sin \theta + \mu_e \cos \theta} W_t$$

サルキを用いて曳行

傾斜 θ の道路を曳行する場合のワイヤロープの張力 U_r

$$U_r Q_m = \frac{1}{2} \rho_e W_e \cos \theta + \rho_y (W_g \sin \theta + \frac{1}{2} \mu_e W_e \cos \theta)$$

トラクタの牽引力

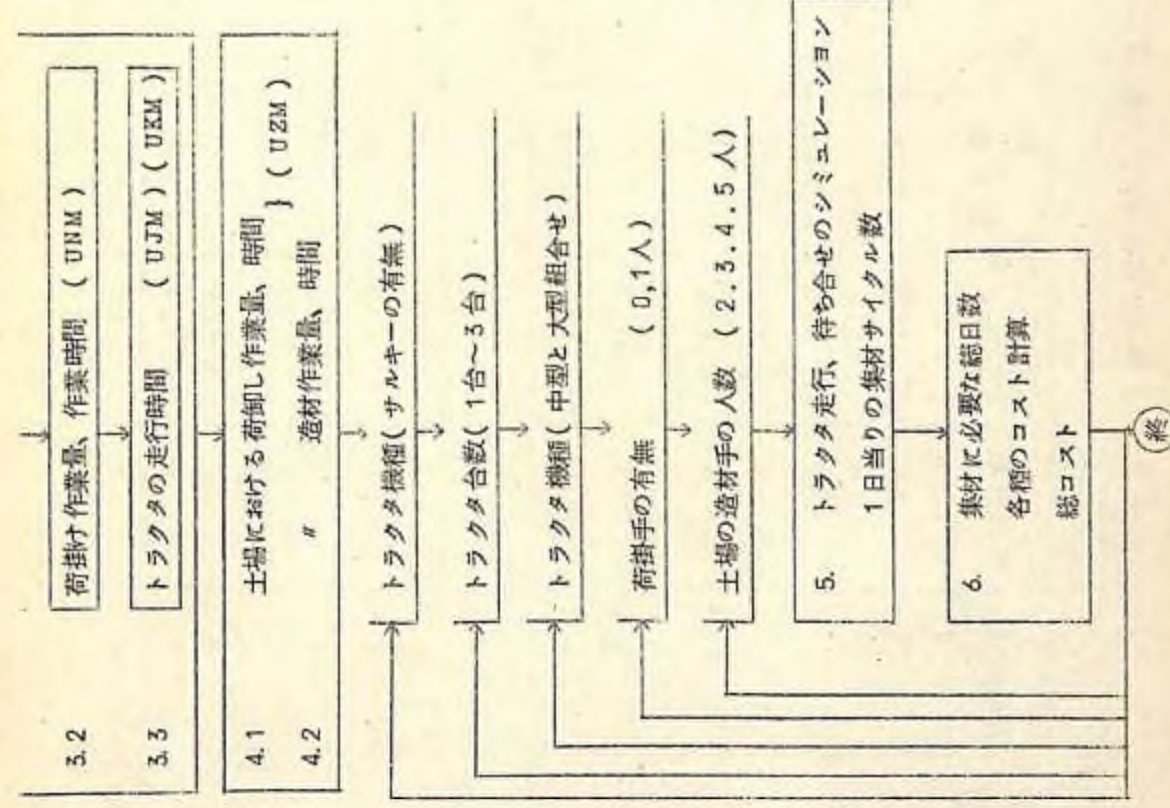
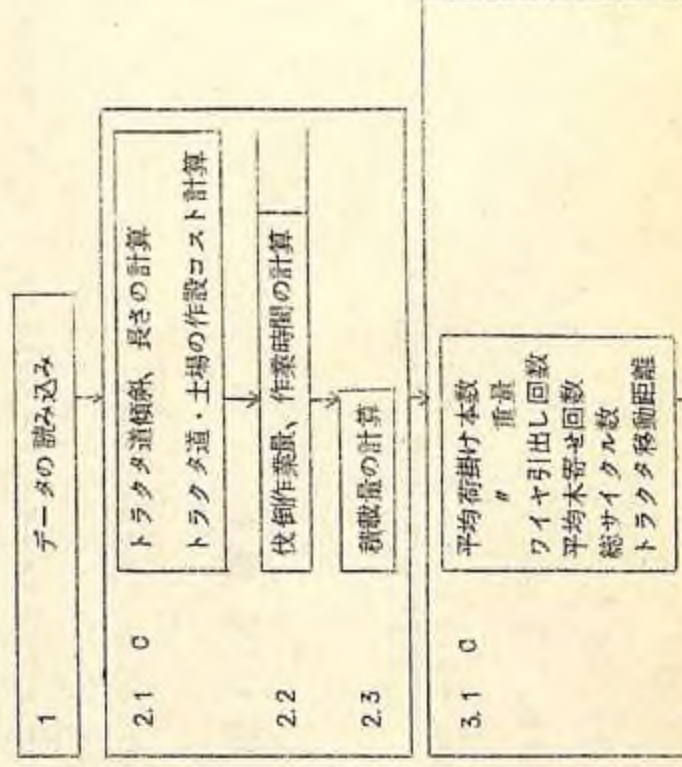
$$\begin{aligned} U_t = W_e (\sin \theta + \frac{1}{2} \mu_e \cos \theta) + W_g \sin \theta + (W_g \cos \theta + U_r \sin \beta') \mu_{rs} + W_t \sin \theta \\ + (W_t \cos \theta - U_r \sin \beta') \mu_{rt} \end{aligned}$$

トラクタが滑らずに走行するための条件

$$U_t \leq (W_t \cos \theta - U_r \sin \beta') \mu_t$$

$$W_e \leq \frac{[W_t \{ (\mu_t - \mu_{rt}) \cos \theta - \sin \theta \} - W_g \{ \sin \theta + \mu_{rs} \cos \theta \}]}{(\sin \theta + \frac{1}{2} \mu_e \cos \theta + \{ \frac{(\ell_x + \mu_e \ell_y) \cos \theta}{(2\ell_w) + (\ell_y / \ell_w) \sin \theta} \} (\mu_t + \mu_{rs} - \mu_{rt}) \sin \theta)}$$

トラクタ集材作業最適化計算の基本フローチャート



トラクタ集材全システムの変数

(サルキーなしの場合)

単位 1000円

トラクタ 数と組合せ	登台造材 手の数	荷卸手の数	集材日数	集材費			集材費	総コスト
				トラクタ	器具類	オイル類		
1台	2	(A) 0	(B) 19	120	14	14	274	566
		1	18	111	13	13	304	587
5 TON	3	0	18	115	14	14	316	603
		1	19	120	14	14	384	676
	4	0	19	118	14	14	382	672
		1	19	121	14	15	447	742
	5	0	19	120	14	14	444	737
		1	19	123	15	15	512	810

3台	2	0	6	133	17	19	156	470
		1	6	128	17	18	167	475
7 TON	3	0	6	132	17	19	173	486
		1	6	131	17	19	189	501
7 TON	4	0	6	120	17	17	172	470
		1	6	127	17	18	200	508
	5	0	6	131	17	19	206	518
		1	6	131	17	19	224	537

(サルキーありの場合)

単位 1000円

トラクタの 数と組合せ	登台造材 手の数	荷卸手の数	集材日数	集材費			集材費	総コスト
				トラクタ	器具類	オイル類		
1台	2	(A) 0	(B) 18	134	14	14	267	574
		1	20	143	15	15	342	660
5 TON	3	0	18	134	14	14	323	629
		1	17	123	13	13	344	637
サルキー 付き	4	0	18	128	13	13	362	662
		1	18	134	14	14	430	737
	5	0	19	137	14	14	444	754
		1	19	137	14	14	497	807

3台	2	0	6	148	17	19	154	483
		1	6	149	17	19	172	503
7 TON	3	0	7	158	18	20	183	524
		1	6	151	18	19	192	524
7 TON	4	0	7	156	18	20	200	539
		1	6	155	18	20	216	553
サルキー 付き	5	0	7	158	18	20	221	562
		1	6	146	17	19	221	547

44年度 トラックレンーン積込

作業名	基準時間	発生率	作業量	備考
荷しぱり	$t_{LM1}=1.107d-3.409$	$e_{LM1}=1.00$	$S_{LM1}=t_{LM1} \cdot e_{LM1}=1.107d-3.409$	d...直径
フック掛	$t_{LM2}=942$	$e_{LM2}=1.00$	$S_{LM2}=t_{LM2} \cdot e_{LM2}=942$	
歩行	$t_{LM3}=14.6$	$e_{LM3}=1.00$	$S_{LM3}=14.6$	
荷かけ直し	$t_{LM4}=30.0$	$e_{LM4}=0.003$	$S_{LM4}=t_{LM4} \cdot e_{LM4}=0.9$	
退避	$t_{LM5}=29.0$	$e_{LM5}=1.00$	$S_{LM5}=t_{LM5} \cdot e_{LM5}=29.0$	
荷かけ段取	$t_{LM6}=20.2$	$e_{LM6}=0.14$	$S_{LM6}=t_{LM6} \cdot e_{LM6}=2.8$	
材引寄せ	$t_{LM7}=80.0=S_{LM7}$		$S_{LM7}=80.0$	
方向なおし	$t_{HM1}=14.3=S_{HM1}$	$e_{HM1}=0.77$	$S_{HM1}=t_{HM1} \cdot e_{HM1}=10.9$	
荷はづし	$t_{HM2}=0.129d+10.75$	$e_{HM2}=1.00$		
材そろえ	$t_{HMS}=2.77d+0.52d-1.00$	$e_{HMS}=0.65$		d...材長
荷はづし段取	荷掛手の作業に吸収される			
トラツク準備	$T_{LMJ}=180$			

トラツク 固定	$T_{LMTK}=300$			
クレーン 運転 (返し操作)	$t_{LMC1}=1697$			
クレーン 運転 (積込操作)	$t_{LMC2}=3365$			
トラツク1台当りの機械積込時間の算定				
荷掛手の時間	$T_{LML} = \sum_{nk} (S_{LM1} \cdot a + S_{LM2} + S_{LM4}) + S_{LM7}$			nk 1台当積込本数 $a: 0.15$
荷はずし手の時間	$T_{HML} = \sum_{nk} S_{HM2}$			
トラツク準備・固定時間	$T_{LMT} = T_{LMTJ} + T_{LMTK}$			
クレーン運転時間	$T_{LMC} = \sum_{nk} (t_{LMC1} + t_{LMC2})$			
トラツク1台当りの機械による積込時間	$T_{LM} = T_{LML} + T_{HML} + T_{LML} + T_{LMC}$			

人 力 積 込

作業名	基準時間	発生率	作業量	備考
丸太移動	$t_{eh1} = 0.56d + 1251\ell + 2999r - 4035$	$e_{eh1} = 1.00$		d 未口徑 cm ℓ 材 長 m r 移動距離
丸太移動歩行	$t_{eh2} = 5.0$			
丸太移動付帯	$t_{eh3} = 23.7$	$e_{eh3} = 0.60$	$S_{eh3} = t_{eh3} \cdot e_{eh3} = 14.2$	
材 整 理	$t_{eh4} = 0.712d - 2.77$	$e_{eh4} = 0.00031d^2 - 0.0075d + 0.32$	$S_{eh4} = t_{eh4} \cdot e_{eh4}$	
積 込 準 備	$t_{eh5} = 22.6$	$e_{eh5} = 0.35$	$S_{eh5} = t_{eh5} \cdot e_{eh5} = 7.9$	
押 し 上 げ	$t_{eh6} = \begin{cases} 0.039d^2\ell + 2.0 \dots \leq 70cm \\ 0.022d^2\ell + 82 \dots \leq 140cm \\ 0.006d^2\ell + 19.2 \dots \leq 210cm \end{cases}$	$e_{eh6} = 1.00$		
材 そ ろ え	$t_{eh7} = 5.69$	$e_{eh7} = 0.50$	$S_{eh7} = t_{eh7} = 28.5$	
積 込 付 帯	$T_{eh8} = 4.79n_e^2 - 199.7n_e + 2745$	$E_{eh8} = 1.00$	$S_{eh8} = T_{eh8} \cdot E_{eh8}$	$n_e \dots$ 積込本数 $T_{eh8} \dots$ トラツク1台 当り基準時間 $T_{eh8} \dots$ トラツク1台 当り発生率 $S_{eh8} \dots$ トラツク1台 当り作業量

トラツク準備	$T_{LHTJ} = 180$			
トラツク固定	$T_{LHTK} = 300$			
トラツク1台当りの人力積込時間の算定 トラツク1台当り作業量 $S_{LHA} = \sum_{ne} S_{eh1} + \sum_{ne} S_{eh3} + \sum_{ne} S_{eh4} + \sum_{ne} S_{eh5} + \sum_{ne} S_{eh6} + \sum_{ne} S_{eh7} + S_{eh8}$ S_{LHA} を積込人数で除す $T_{LHA} = S_{LHA} / n_w$ 歩行時間 $T_{LHB} = t_{en2} \cdot n_e$ トラツク準備固定時間 $T_{LHT} = T_{LHTJ} + T_{LHTK}$ トラツク1台当り作業時間 $T_{LH} = T_{LHA} + T_{LHB} + T_{LHT}$				
盤 台 作 設	人 工 数	盤 台 解 体	人 工 数	
木倉構造	$N_{BB} = 0.066M_B + 2.120H_B + 10.27$		$N_{BD} = N_{BB} \cdot 0.25$	
井桁構造	$N_{BB} = 0.030M_B + 5.902H_B + 10.24$		$N_{BD} = N_{BB} \cdot 0.28$	
$M_B \dots$ 盤台面積 (㎡)		$H_B \dots$ 盤台の最大高さ (m)		

トラクタの特性値

種別	積載量		価格	耐用年数		修理費 償却費など	燃料	各種の オイル費
	材積	重量		年数	走行距離			
(t積)	(m ³)	(kg)	(万円)	(年)	(万km)	(円/km)	(km/ℓ)	(円/km)
4	5.3	4000	135	5	8.3	310	52	10.1
6	8.0	6000	195	6	10.0	37.1	6.6	12.1
8	9.0	7000	255	7	11.6	41.7	8.0	16.2

-50-

トラクタの走行速度 (V₀)

車種 巾員	4 t	6 t	8 t
m	km/h 3.5	km/h 2.5	km/h 1.8
40	52	40	32
4.5	68	60	50

曲線修正係数 (r₁)

ランク 林道員	I カーブ小・多	II	III	IV カーブ大・少
3.6	0.85	0.95	1.00	1.00
4.0	0.60	0.75	0.82	0.91
4.5	0.40	0.50	0.55	0.62

-51-

路面修正係数 (r₂)

路面の状態	良	好	普	通	不	良
速度比	1.0		0.75		0.55	

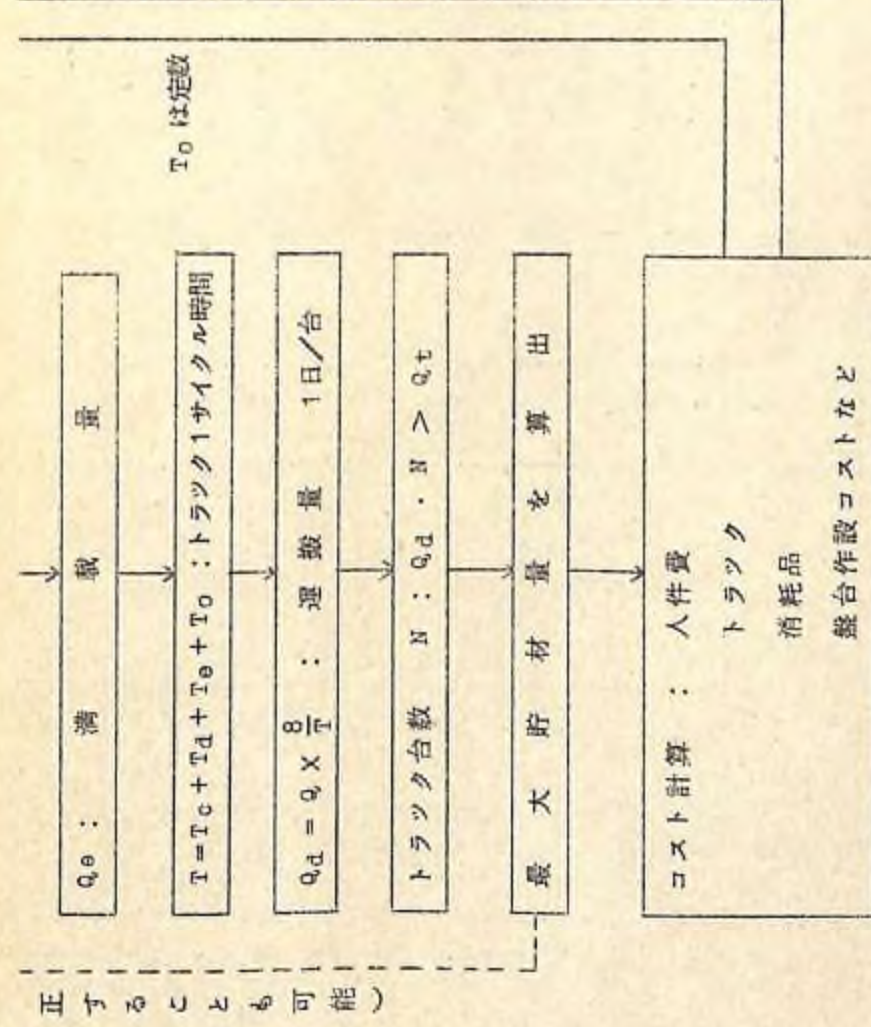
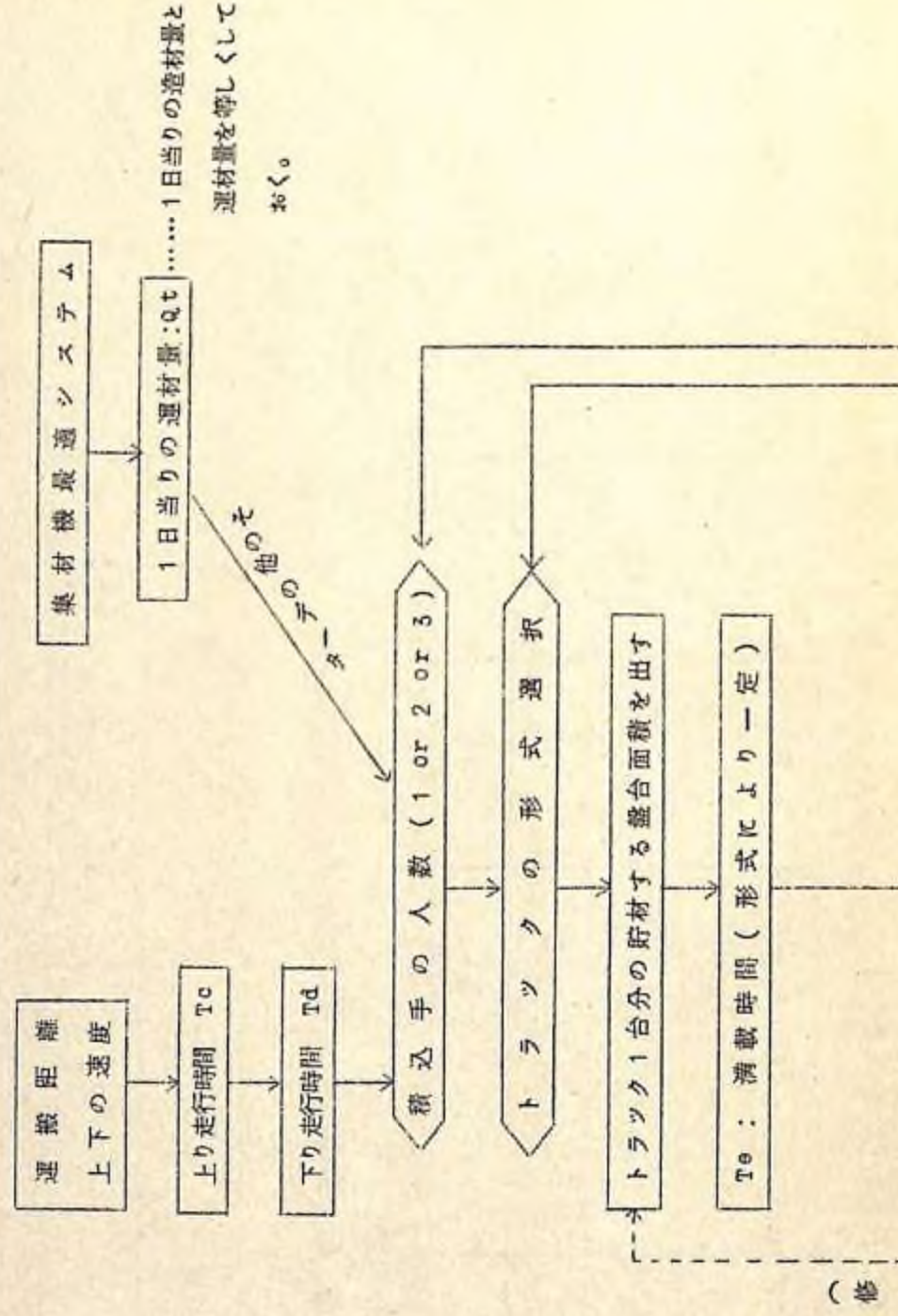
上り速度は下り速度の1.2倍とする。

$$(下り速度) = V_0 \times r_1 \times r_2$$

$$(上り速度) = V_0 \times r_1 \times r_2 \times 1.2$$

トラック運材作業

最適化計算の基本フローチャート



トラツク運材全システムの変数

針葉樹 積込手 2名
道路巾員 = 4.5m
路面状態 普通($r_2=2$) 曲線修正係数 $r_1 = 0.55$

運搬サイクル時間	斜 面 番 号	4 t 車			6 t 車			8 t 車		
		156分			191分			228分		
		台数	総サイクル日	コスト円	台数	総サイクル日	コスト円	台数	総サイクル日	コスト円
	1	5	13	318200	5	9	282,120	4	8	275,280
	2	5	14	267,680	5	9	255,696	4	8	220,224
	3	4	11	567,840	4	7	478,296	3	6	449,316
	4	3	9	556,500	3	6	482,750	3	5	477,000
	5	5	8	783,560	3	6	733,704	3	5	725,010
	6	3	9	178,080	3	6	154,464	3	6	171,168
	7	3	8	412,450	3	6	386,160	3	5	381,600
	8	4	11	351,520	4	7	296,088	3	6	278,148
	9	5	13	159,100	5	9	141,060	4	8	137,640
	10	5	14	167,300	5	10	150,900	4	8	137,640
全コスト		3,762,180			3,331,188			3,253,056		

針葉樹 積込手 2名
道路巾員 = 3.6m
路面状態 普通($r_2=2$) 曲線修正係数 $r_1 = 0.85$

運搬サイクル時間	斜 面 番 号	4 t 車			6 t 車			8 t 車		
		180分			250分			330分		
		台数	総サイクル日	コスト円	台数	総サイクル日	コスト円	台数	総サイクル日	コスト円
	1	7	13	348200	9	9	342,120	8	8	335,280
	2	7	14	298,280	9	9	272,696	8	8	268,224
	3	6	11	630,840	7	7	572,796	6	6	543,816
	4	5	9	631,500	6	6	595,200	5	5	552,000
	5	4	8	840,560	6	6	904,704	5	5	839,040
	6	5	9	202,080	6	6	190,464	6	6	207,168
	7	4	8	442,400	6	6	476,160	5	5	441,600
	8	6	11	390,520	7	7	354,588	6	6	336,648
	9	7	13	174,100	9	9	171,060	8	8	167,640
	10	7	14	182,300	10	10	188,400	8	8	167,640
全コスト		4,134,180			4,069,188			3,859,056		

今 後 の 問 題 点

伐木集運材作業のシステムについて、その最適化の手順は求められたが、短時間のなかで非常に複雑な資料の収集及びその解析を行なって来た結果、多くの問題点が今後に残された。

1. 最適化計算の中で大きな位置を占める作業時間の誤差がどう影響するか、全国的に適用させるためにはどうすべきか。
 - a 地域による作業方法のちがい
 - b 作業員による技能差
 - c 地形条件の入れ方
 - d 樹種によるちがい
 - e 天、人林によるちがい
 - f 人間—機械系による理論値との差
 - g 今回調査した場所が技術的にどのような位置にあるか
 - h 作業の標準化
2. 最適化計算の過程において及び目的関数の設定において発生したもの
 - a 最適解をもとめるもっとも効率的な方法を開発しなければならない
 - b 現場の制限因子をどう入れるか
 - c 荷かけ本数確率を求めるときの制限荷重と実作業間の差のチェック
 - d 集材機、トラクタ、トラックと別々のプログラムが統一できるか
3. 現場に適応するときの問題点として
 - a どの因子が、どのような修正をもたらすか明らかにしなければならない
 - b 現場でどれほどの精度の値が得られるか
 - c 最適解として得られた結果と現場の能力間の差
 - d 電子計算機などのようなものを使えるか
 - e コスト計算における経済変動に対する適応性
 - f 新技術の受け入れ方

以上の他にも細かい点は多々あると思われるが、早急に解決しなければならない点が上記の問題点といえよう。これらについては今後、引続いて解決すべく努力したい。