

伐木集材工程の作業仕組に関する研究(第6報)

数量化の方法によるトラクタ集材作業システムの解析

飛 岡 次 郎

Studies on the Working System in the Felling and Yarding Processes (Part 6)

Analysis of the Tractor Skidding System by Quantification Method

Jirō TOBIOKA

I. 緒 言

前3報¹⁾²⁾³⁾などで、人工林の間伐林分における集材機集材作業システムおよび木寄作業システムを解析するため、外的基準があり、それが数量で与えられている場合の数量化の方法を応用して要因分析を行うことにより、①集材および木寄作業の労働生産性とこれに関与する作業条件因子との複雑な相互関係が解明されること、②各種の作業条件に対応した労働生産性の予測モデルが設計されること、③最適な作業条件が見いだされるので、集材および木寄作業システムが最適化されることを明らかにした。

本報は、これら各作業システムとは作業特性の全く異なる天然林の択伐林分におけるトラクタ集材作業システムに対して、上記のような三つの解析目的に、この数量化の方法を応用することの妥当性についての検討と、集材作業システムを最適化するための新しい作業研究手法に対する理論づけを試みたものである。

なお、本報の一部は昭和55年4月、第91回日本林学会大会において発表したものである。

II. 調査と解析の方法

1. 調査方法

本報において、トラクタ集材作業の労働生産性とは、調査対象とした1集材区域ごとのトラクタ集材およびトラクタ集材路作設作業からなる1集材作業単位(以下、これをトラクタ集材作業という)における作業員1人工

昭和55年6月30日 受理

当たりの集材作業量と定義し、後述する要因分析の外的基準とするものである。

調査対象とした集材作業は、昭和50年度から53年度までの4年間に北海道営林局および帯広営林支局管内の13営林署において製品生産事業として直営で作業が実施され、トラクタ集材作業基準⁴⁾に基づく標準的作業技術が事業的に定着化している全幹材の直曳またはサルキーによる42集材区域のトラクタ集材作業とした。

調査事項は、1集材区域ごとに、①集材作業地域の地形指数、②集材対象林分の立木密度(ha当たり立木本数)、③集材面積、④集材材積、⑤集材木1本当たりの平均材積、⑥平均実集材斜距離、⑦トラクタ集材路密度(ha当たり集材路延長)、⑧作業時期(夏山、冬山)、⑨トラクタの機種、⑩作業班の構成(1集材区域内で同時に稼働したトラクタの台数)の10要因項目、および縮尺5,000分の1の等高線入り集材作業地域図(集材区域、トラクタ集材路、土場の位置を記入)などとし、当該集材区域関係の森林調査簿、収穫調査復命書、製品生産事業実行簿、作業条件記録表、および各種事業資料から別に定める調査表により現地調査数値、作業実績数値などを調査した。

2. 解析方法

解析の方法は、トラクタ集材作業システムの特性をこの集材作業の実体に即して検討した結果、外的基準としての集材作業の労働生産性に関与すると考えられる諸要因項目、すなわち各種の作業条件因子として前述の10項目をとりあげ、これらの調査結果を用いて、外的基準が

表-1 トラクタ集材作業システ

調査対象集材 区域番号	調査場所 (事業区・林小班)	労働生産性 (m^3 /人工)	作		
			地形指数 (%)	立木密度 (本/ha)	集材面積 (ha)
1	足 寄・107 い	6.144	54	1,663	24.07
2	" ・108 い	8.751	53	2,054	38.62
3	" ・97 に	7.444	60	2,242	13.69
4	弟子屈・165 い	14.409	32	569	11.06
5	" ・233 ほ	8.474	31	1,153	7.50
6	" ・234 わ	8.747	17	943	8.50
7	新 得・80い、81は	11.250	29	407	19.00
8	" ・150 ろには	6.755	38	750	25.00
9	阿 寒・63 は	4.156	76	641	9.43
10	" ・63 ほ	4.476	59	641	13.69
11	" ・46 ろ	3.483	69	742	14.31
12	" ・46 い	4.614	49	742	15.87
13	" ・48 ろ	4.842	56	637	13.50
14	" ・48 は	6.393	56	637	9.37
15	" ・50 と	6.013	58	596	19.06
16	" ・50 へ	7.287	70	596	15.75
17	恵 庭・385 いは	12.183	26	626	16.18
18	鶴 川・138 い	8.151	58	529	6.31
19	" ・ "	12.111	57	454	10.67
20	" ・80 い	8.878	64	547	10.63
21	" ・ "	9.967	45	512	16.31
22	浦 河・194 い	8.957	82	158	10.00
23	" ・196 へ	7.431	72	598	2.10
24	新 冠・137 い	8.980	76	293	13.27
25	" ・ "	13.611	93	272	8.50
26	" ・136 い	11.650	110	365	12.11
27	" ・ "	12.913	96	837	35.80
28	" ・ "	10.198	97	348	9.77
29	厚 賀・101 い	8.571	40	519	19.93
30	振 内・22 い	9.576	69	602	4.00
31	" ・ "	11.558	60	386	7.75
32	" ・ "	10.326	36	530	1.20
33	" ・ "	10.952	28	530	3.39
34	日 高・74 い	8.363	32	370	12.53
35	" ・73 い	10.539	43	700	23.12
36	" ・74 い	9.663	66	530	28.90
37	" ・80 い	9.196	53	471	47.06
38	上芦別・167 ろはに	8.472	60	774	17.00
39	" ・24 なね	5.165	71	677	12.88
40	" ・214 い	8.043	52	476	5.95
41	" ・26 へ	5.820	60	641	13.31
42	芦 別・408 に	9.161	81	339	5.75
		8.659 3.483~14.409	58 17~110	669 158~2,242	14.59 1.20~47.06

(注) 最下欄の上段は平均値を、下段は最小値と最大値をあらわす。

ムにおける労働生産性と作業条件

業	条	件				
集材材積 (m ³)	集材木1本 当たり 平均材積 (m ³ /本)	平均実集材 斜 距 離 (m)	トラクタ 集材路密度 (m/ha)	作業時期	トラクタ 機 種	
					作 業 班 (台/区域)	
1,069.000	1.186	591	130	夏 山	クローラタイプ	2
2,984.000	1.668	454	161	冬 山	込 タ イ プ	2
923.000	1.789	238	143	"	"	2
1,419.250	2.028	170	50	夏 山	ホイールタイプ	1
580.450	1.447	240	100	"	"	2
787.240	1.211	280	100	冬 山	"	2
1,777.484	1.767	360	155	"	クローラタイプ	1
1,661.653	1.375	530	130	夏 山	"	2
187.000	1.100	503	115	"	ホイールタイプ	2
376.000	1.119	486	120	冬 山	"	2
202.000	1.069	328	115	夏 山	"	2
526.000	1.069	406	120	冬 山	"	2
2,242.000	0.990	586	115	夏 山	"	2
569.000	0.990	411	120	冬 山	"	2
1,383.000	1.145	505	101	夏 山	"	2
736.000	1.145	545	121	冬 山	"	2
584.799	1.065	195	69	夏 山	"	1
684.681	1.611	175	197	"	"	1
1,535.106	1.323	232	127	"	"	1
856.746	0.941	232	109	"	"	1
1,754.215	1.112	300	121	"	"	1
571.014	1.100	150	32	"	クローラタイプ	1
122.616	1.200	130	119	冬 山	"	1
341.250	1.189	350	111	夏 山	"	1
490.000	1.201	100	88	"	"	1
600.000	2.069	200	45	"	"	1
1,640.000	1.404	210	50	"	"	1
902.500	1.766	310	107	"	"	1
1,028.571	0.634	214	42	冬 山	"	1
536.250	0.560	240	80	"	"	2
1,271.429	1.097	120	98	"	"	3
475.000	0.733	25	83	"	"	2
460.000	0.733	50	91	"	"	3
543.588	1.376	100	114	夏 山	"	2
1,222.506	1.749	150	79	"	"	2
1,836.004	2.627	300	153	"	"	2
2,616.165	2.850	460	80	"	"	2
1,364.000	1.290	300	118	"	"	1
625.000	1.471	345	97	冬 山	"	1
370.000	1.737	450	118	夏 山	"	1
774.000	0.808	400	98	冬 山	"	1
495.859	1.295	225	183	夏 山	"	1
979.152	1.334	300	107			
122.616~2,984.000	0.560~2.850	25~591	32~197			

あり、それが数量で与えられている場合の数量化の方法を応用して要因分析を行った。

なお、この数量化の理論および要因分析の方法と手順については、前3報などにおいて詳述したので、本報では説明を省略する。

Ⅲ. 調査と解析の結果

1. 労働生産性と作業条件の調査結果

調査対象として選定した42集材区域におけるトラクタ集材作業の労働生産性と、前述の10要因項目によりあらわされる作業条件の調査結果を取りまとめると、表-1に示すとおりである。

2. 要因分析結果

(1) 要因項目と要因カテゴリーの分類

要因項目と要因カテゴリーの分類にあたっては、表-

1に示す10項目を前述の解析目的と実用的見地から、さらにそれぞれ2～3の要因カテゴリーに区分することとした。カテゴリーの区分方法は、①集材作業地域の地形指数から⑦トラクタ集材路密度までの7項目については、各項目ごとの調査値が正規分布をすると仮定した場合に、同一項目内における各カテゴリーの反応数が理論的に等分される点を調査値の平均値と標準偏差を基準にして決定することとした。また、⑧作業時期から⑩作業班の構成までの3項目については、作業実態により行うこととした。したがって、本要因分析における要因項目と要因カテゴリーの分類基準は、表-2に示すように10項目・29カテゴリーとなる。

(2) 反応パターン表とクロス集計表

上述の分類基準により、表-1に示す調査結果から反応パターン表を作成し、これを解析データとした。表-

表-2 トラクタ集材作業システムにおける要因項目と要因カテゴリーの分類

要 因 項 目	要因項目 コード	要因カテゴリー	要因カテゴリー コード
地 形 指 数	X_1	～ 49%	1
		50 ～ 66	2
		67 ～	3
立 木 密 度	X_2	～ 492本/ha	1
		493 ～ 845	2
		846 ～	3
集 材 面 積	X_3	～ 10.52ha	1
		10.53 ～ 18.65	2
		18.66 ～	3
集 材 材 積	X_4	～ 697.652m ³	1
		697.653 ～ 1,260.651	2
		1,260.652 ～	3
集材木1本当たり 平均材積	X_5	～ 1.132m ³ /本	1
		1.133 ～ 1.535	2
		1.536 ～	3
平均実集材斜距離	X_6	～ 236m	1
		237 ～ 363	2
		364 ～	3
トラクタ集材路 密 度	X_7	～ 92m/ha	1
		93 ～ 121	2
		122 ～	3
作 業 時 期	X_8	夏 山	1
		冬 山	2
ト ラ ク タ 機 種	X_9	クローラタイプ	1
		ホイールタイプ	2
		込タイプ	3
作 業 班	X_{10}	トラクタ1台セット	1
		トラクタ2台セット	2
		トラクタ3台セット	3

3はこの反応パターンを示したものである。

のためには、前3報で詳述したように(1)式によりあらわ

つぎに、この反応パターン表から与えるべき数量 m_k の最もよい値の組 $\{i_k^*\}$ を算定するのであるが、そ

される連立方程式をつくる必要があるため、各要因項目・カテゴリー間のクロス集計を行い、クロス集計

表-3 トラクタ集材作業システムにおける反応パターン

調査対象 集材区域番号 No.	労働生産性 Y	X ₁			X ₂			X ₃			X ₄			X ₅			X ₆			X ₇			X ₈			X ₉			X ₁₀			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	6.14400	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
2	8.75100	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
3	7.44400	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
4	14.40900	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
5	8.47400	✓			✓	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓		
6	8.74700	✓			✓	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓		
7	11.25000	✓		✓				✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
8	6.75500	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
9	4.15600		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
10	4.47600		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
11	3.48300		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
12	4.61400	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
13	4.84200		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
14	6.39300	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
15	6.01300	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
16	7.28700		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
17	12.18300	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
18	8.15100		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
19	12.11100		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
20	8.87800		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
21	9.96700	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
22	8.95700		✓	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓				
23	7.43100		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
24	8.98000		✓	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓				
25	13.61100		✓	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓				
26	11.65000		✓	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓				
27	12.91300		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
28	10.19800		✓	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓				
29	8.57100	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
30	9.57600		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
31	11.55800		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
32	10.32600	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
33	10.95200	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
34	8.36300	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
35	10.53900	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
36	9.66300		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
37	9.19600		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
38	8.47200		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
39	5.16500		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
40	8.04300		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
41	5.82000		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
42	9.16100		✓		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			
合計	363.67300	13	16	13	12	25	5	15	17	10	20	9	13	16	15	11	17	12	13	12	21	9	26	16	24	16	2	20	20	2		

表を作成した。

$$\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{r_j} t_{jk} f_{im}(j, k) = \sum_{l=1}^n Y_l \delta_l(l, m)$$

$$\left(\begin{matrix} l = 1, 2, \dots, M \\ m = 1, 2, \dots, r_l \end{matrix} \right) \dots(1)$$

ここに $\sum_{l=1}^n \delta_l(l, m) \delta_l(j, k) = f_{im}(j, k)$

クロス集計の結果は、表-4 に示すとおりであり、これが求める連立方程式の係数行列をあらわすものである。

(3) 連立方程式と解の算定

表-4 に示す係数行列から求めるべき連立方程式をつくった。この連立方程式は10要因項目を含むものから1要因項目のみを含むものまで、10段階・10組の式がつく

$$\begin{aligned} &13 t_{11} && + 9 t_{22} + 2 t_{33} + 5 t_{42} + 4 t_{53} + \\ &16 t_{12} && + 9 t_{22} + 3 t_{33} + 7 t_{42} + 5 t_{53} + \\ &&& 13 t_{13} + 7 t_{22} && + 5 t_{42} + t_{53} + \\ 9 t_{11} + 9 t_{12} + 7 t_{13} + 25 t_{22} && && + 12 t_{42} + 6 t_{53} + \\ 2 t_{11} + 3 t_{12} && && + 5 t_{42} + t_{53} + 2 t_{63} + \\ 5 t_{11} + 7 t_{12} + 5 t_{13} + 12 t_{22} + t_{33} + 17 t_{42} && && + \\ 4 t_{11} + 5 t_{12} + t_{13} + 6 t_{22} + 2 t_{33} && && + 10 t_{53} + \\ 3 t_{11} + 4 t_{12} + 2 t_{13} + 5 t_{22} + 3 t_{33} + 4 t_{42} + 3 t_{53} + \\ 4 t_{11} + 8 t_{12} + t_{13} + 8 t_{22} + t_{33} + 5 t_{42} + 7 t_{53} && && \\ 4 t_{11} + 4 t_{12} + 7 t_{13} + 7 t_{22} + 3 t_{33} + 6 t_{42} + 4 t_{53} + \\ 3 t_{11} + 6 t_{12} + 2 t_{13} + 4 t_{22} + 2 t_{33} + 3 t_{42} + 5 t_{53} + \\ 4 t_{11} + 3 t_{12} + 5 t_{13} + 6 t_{22} + 3 t_{33} + 6 t_{42} + 2 t_{53} + \\ 2 t_{11} + 9 t_{12} + 2 t_{13} + 9 t_{22} + 2 t_{33} + 5 t_{42} + 5 t_{53} + \\ 5 t_{11} + 9 t_{12} + 7 t_{13} + 14 t_{22} + 2 t_{33} + 12 t_{42} + t_{53} + \\ 2 t_{11} + 6 t_{12} + t_{13} + 3 t_{22} + 3 t_{33} + 2 t_{42} + 5 t_{53} + \\ 6 t_{11} + 6 t_{12} + 4 t_{13} + 11 t_{22} + 3 t_{33} + 6 t_{42} + 3 t_{53} + \\ 6 t_{11} + 7 t_{12} + 3 t_{13} + 13 t_{22} + 2 t_{33} + 10 t_{42} + t_{53} + \\ &&& && + 2 t_{62} + t_{63} + \\ 7 t_{11} + 9 t_{12} + 4 t_{13} + 13 t_{22} + 5 t_{33} + 7 t_{42} + 7 t_{53} + \\ t_{11} + t_{12} && && + t_{22} \end{aligned}$$

表-4 トラクタ集材作業システムにおけるクロス集計

	X ₁			X ₂			X ₃			X ₄			X ₅			X ₆			X ₇			X ₈			X ₉			X ₁₀			t _{jk}	∑ _{l=1} ⁴² Y _l δ _l (l, m)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
X ₁	1	13	0	0	2	9	2	4	5	4	6	3	4	6	4	3	7	4	2	6	5	2	7	6	7	6	0	5	7	1	t ₁₁	125.15000
	2	0	16	0	4	9	3	4	7	5	4	4	8	6	4	6	4	3	9	1	9	6	10	6	7	7	2	6	9	1	t ₁₂	125.95500
	3	0	0	13	6	7	0	7	5	1	10	2	1	4	7	2	6	5	2	5	7	1	9	4	10	3	0	9	4	0	t ₁₃	112.56800
X ₂	1	2	4	6	12	0	0	6	4	2	7	1	4	2	5	5	7	3	2	4	5	3	10	2	11	1	0	9	2	1	t ₂₁	123.07800
	2	9	9	7	0	25	0	7	12	6	12	5	8	14	7	4	10	6	9	8	14	3	14	11	12	13	0	11	13	1	t ₂₂	201.03500
	3	2	3	0	0	0	5	2	1	2	1	3	1	0	3	2	0	3	2	0	2	3	2	3	1	2	2	0	5	0	t ₂₃	39.56000
X ₃	1	4	4	7	6	7	2	15	0	0	12	2	1	7	5	3	8	4	3	5	8	2	8	7	10	5	0	7	6	2	t ₃₁	135.73400
	2	5	7	5	4	12	1	0	17	0	8	4	5	8	6	3	6	6	5	3	12	2	11	6	6	10	1	10	7	0	t ₃₂	138.14400
	3	4	5	1	2	6	2	0	0	10	0	3	7	1	4	5	3	2	5	4	1	5	7	3	8	1	1	3	7	0	t ₃₃	89.79500
X ₄	1	6	4	10	7	12	1	12	8	0	20	0	0	10	7	3	10	5	5	7	11	2	12	8	12	8	0	10	9	1	t ₄₁	164.14500
	2	3	4	2	1	5	3	2	4	3	0	9	0	3	3	3	3	3	3	2	5	2	4	5	5	3	1	4	5	0	t ₄₂	73.62800
	3	4	8	1	4	8	1	1	5	7	0	0	13	3	5	5	4	4	5	3	5	5	10	3	7	5	1	6	6	1	t ₄₃	125.90000
X ₅	1	6	6	4	2	14	0	7	8	1	10	3	3	16	0	0	7	3	6	6	10	0	7	9	7	9	0	6	8	2	t ₅₁	124.75200
	2	4	4	7	5	7	3	5	6	4	7	3	5	0	15	0	6	5	4	2	9	4	11	4	10	5	0	8	7	0	t ₅₂	129.62700
	3	3	6	2	5	4	2	3	3	5	3	3	5	0	0	11	4	4	3	4	2	5	8	3	7	2	2	6	5	0	t ₅₃	109.29400
X ₆	1	7	4	6	7	10	0	8	6	3	10	3	4	7	6	4	17	0	0	10	4	3	12	5	12	5	0	12	3	2	t ₆₁	179.76400
	2	4	3	5	3	6	3	4	6	2	5	3	4	3	5	4	0	12	0	1	8	3	7	5	7	4	1	6	6	0	t ₆₂	101.41900
	3	2	9	2	2	9	2	3	5	5	5	3	5	6	4	3	0	0	13	1	9	3	7	6	5	7	1	2	11	0	t ₆₃	82.49000
X ₇	1	6	1	5	4	8	0	5	3	4	7	2	3	6	2	4	10	1	1	12	0	0	8	4	10	2	0	7	4	1	t ₇₁	132.88300
	2	5	9	7	5	14	2	8	12	1	11	5	5	10	9	2	4	8	9	0	21	0	12	9	9	12	0	9	11	1	t ₇₂	151.36000
	3	2	6	1	3	3	3	2	2	5	2	2	5	0	4	5	3	3	3	0	0	9	6	3	5	2	2	4	5	0	t ₇₃	79.43000
X ₈	1	7	10	9	10	14	2	8	11	7	12	4	10	7	11	8	12	7	7	8	12	6	26	0	15	11	0	15	11	0	t ₈₁	235.31200
	2	6	6	4	2	11	3	7	6	3	8	5	3	9	4	3	5	5	6	4	9	3	0	16	9	5	2	5	9	2	t ₈₂	128.36100
X ₉	1	7	7	10	11	12	1	10	6	8	12	5	7	7	10	7	12	7	5	10	9	5	15	9	24	0	0	14	8	2	t ₉₁	223.29400
	2	6	7	3	1	13	2	5	10	1	8	3	5	9	5	2	5	4	7	2	12	2	11	5	0	16	0	6	10	0	t ₉₂	124.18400
	3	0	2	0	0	0	2	0	1	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	t ₉₃	16.19500
X ₁₀	1	5	6	9	9	11	0	7	10	3	10	4	6	6	8	6	12	6	2	7	9	4	15	5	14	6	0	20	0	0	t ₁₀₁	195.92100
	2	7	9	4	2	13	5	6	7	7	9	5	6	8	7	5	3	6	11	4	11	5	11	9	8	10	2	0	20	0	t ₁₀₂	145.24200
	3	1	1	0	1	1	0	2	0	0	1	0	1	2	0	0	2	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	2	t ₁₀₃	22.51000

$$\begin{array}{r}
 3 \ l_2 + 4 \ l_3 + 4 \ l_2 + 3 \ l_3 + 4 \ l_2 + 2 \ l_3 + 5 \ l_2 + 2 \ l_3 + 6 \ l_2 + 6 \ l_2 \quad + 7 \ l_{02} + \ l_{03} = 125.150 \\
 4 \ l_2 + 8 \ l_3 + 4 \ l_2 + 6 \ l_3 + 3 \ l_2 + 9 \ l_3 + 9 \ l_2 + 6 \ l_3 + 6 \ l_2 + 7 \ l_2 + 2 \ l_3 + 9 \ l_{02} + \ l_{03} = 125.955 \\
 2 \ l_2 + \ l_3 + 7 \ l_2 + 2 \ l_3 + 5 \ l_2 + 2 \ l_3 + 7 \ l_2 + \ l_3 + 4 \ l_2 + 3 \ l_2 \quad + 4 \ l_{02} = 112.568 \\
 5 \ l_2 + 8 \ l_3 + 7 \ l_2 + 4 \ l_3 + 6 \ l_2 + 9 \ l_3 + 14 \ l_2 + 3 \ l_3 + 11 \ l_2 + 13 \ l_2 \quad + 13 \ l_{02} + \ l_{03} = 201.035 \\
 3 \ l_2 + \ l_3 + 3 \ l_2 + 2 \ l_3 + 3 \ l_2 + 2 \ l_3 + 2 \ l_2 + 3 \ l_3 + 3 \ l_2 + 2 \ l_2 + 2 \ l_3 + 5 \ l_{02} = 39.560 \\
 4 \ l_2 + 5 \ l_3 + 6 \ l_2 + 3 \ l_3 + 6 \ l_2 + 5 \ l_3 + 12 \ l_2 + 2 \ l_3 + 6 \ l_2 + 10 \ l_2 + \ l_3 + 7 \ l_{02} = 138.144 \\
 3 \ l_2 + 7 \ l_3 + 4 \ l_2 + 5 \ l_3 + 2 \ l_2 + 5 \ l_3 + \ l_2 + 5 \ l_3 + 3 \ l_2 + \ l_2 + \ l_3 + 7 \ l_{02} = 89.795 \\
 9 \ l_2 \quad + 3 \ l_3 + 3 \ l_3 + 3 \ l_2 + 3 \ l_3 + 5 \ l_2 + 2 \ l_3 + 5 \ l_2 + 3 \ l_3 + \ l_2 + \ l_3 + 5 \ l_{02} = 73.628 \\
 \quad + 13 \ l_3 + 5 \ l_2 + 5 \ l_3 + 4 \ l_2 + 5 \ l_3 + 5 \ l_2 + 5 \ l_3 + 3 \ l_2 + 5 \ l_2 + \ l_3 + 6 \ l_{02} + \ l_{03} = 125.900 \\
 3 \ l_2 + 5 \ l_3 + 15 \ l_2 \quad + 5 \ l_3 + 4 \ l_3 + 9 \ l_2 + 4 \ l_3 + 4 \ l_2 + 5 \ l_2 \quad + 7 \ l_{02} = 129.627 \\
 3 \ l_2 + 5 \ l_3 \quad + 11 \ l_3 + 4 \ l_2 + 3 \ l_3 + 2 \ l_2 + 5 \ l_2 + 3 \ l_2 + 2 \ l_2 + 2 \ l_3 + 5 \ l_{02} = 109.294 \quad \dots(2) \\
 3 \ l_2 + 4 \ l_3 + 5 \ l_2 + 4 \ l_3 + 12 \ l_2 \quad + 8 \ l_2 + 3 \ l_3 + 5 \ l_2 + 4 \ l_2 + \ l_3 + 6 \ l_{02} = 101.419 \\
 3 \ l_2 + 5 \ l_3 + 4 \ l_2 + 3 \ l_3 \quad + 13 \ l_3 + 9 \ l_2 + 3 \ l_3 + 6 \ l_2 + 7 \ l_2 + \ l_3 + 11 \ l_{02} = 82.490 \\
 5 \ l_2 + 5 \ l_3 + 9 \ l_2 + 2 \ l_3 + 8 \ l_2 + 9 \ l_3 + 21 \ l_2 \quad + 9 \ l_2 + 12 \ l_2 \quad + 11 \ l_{02} + \ l_{03} = 151.360 \\
 2 \ l_2 + 5 \ l_3 + 4 \ l_2 + 5 \ l_3 + 3 \ l_2 + 3 \ l_3 \quad + 9 \ l_3 + 3 \ l_2 + 2 \ l_2 + 2 \ l_3 + 5 \ l_{02} = 79.430 \\
 5 \ l_2 + 3 \ l_3 + 4 \ l_2 + 3 \ l_3 + 5 \ l_2 + 6 \ l_3 + 9 \ l_2 + 3 \ l_3 + 16 \ l_2 + 5 \ l_2 + 2 \ l_3 + 9 \ l_{02} + 2 \ l_{03} = 128.361 \\
 3 \ l_2 + 5 \ l_3 + 5 \ l_2 + 2 \ l_3 + 4 \ l_2 + 7 \ l_3 + 12 \ l_2 + 2 \ l_3 + 5 \ l_2 + 16 \ l_2 \quad + 10 \ l_{02} = 124.184 \\
 \ l_2 + \ l_3 \quad + 2 \ l_3 + \ l_2 + \ l_3 \quad + 2 \ l_3 + 2 \ l_2 \quad + 2 \ l_3 + 2 \ l_{02} = 16.195 \\
 5 \ l_2 + 6 \ l_3 + 7 \ l_2 + 5 \ l_3 + 6 \ l_2 + 11 \ l_3 + 11 \ l_2 + 5 \ l_3 + 9 \ l_2 + 10 \ l_2 + 2 \ l_3 + 20 \ l_{02} = 145.242 \\
 \quad + \ l_3 \quad \quad \quad + \ l_2 \quad \quad + 2 \ l_2 \quad \quad + 2 \ l_{03} = 22.510
 \end{array}$$

られ、それぞれの解を算定したが、ここでは10要因項目を含む段階の連立方程式、すなわち20元からなり(2)式によりあらわされる1組の式だけを示し、他の式は省略することとした。これら10組の連立方程式から算定された解が、表-5の「与えるべき数量」欄に示された数値である。

(4) 労働生産性予測モデルの設計

表-5は、上述の各連立方程式から算定された解 $\{l_{jk}^*\}$ により設計されたトラクタ集材作業システムにおける労働生産性の予測モデル(以下、予測モデルという)である。上述のように、 $\{l_{jk}^*\}$ が本表の「与えるべき数量」欄に示された数値であり、これが本集材作業システムにおける各種の作業条件に対応した労働生産性を表現するために各要因項目のカテゴリーに与えられた数値である。すなわち、(3)式により示されるように、この数値を各集材区域がそれぞれ反応した各要因項目のカテゴリーに荷重して加えあわせたものが、当該集材区域における労働生産性の推定値 \hat{Y}_i になるのである。

$$\hat{Y}_i = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j, k) l_{jk} \quad \dots(3)$$

つぎに、 $\{l_{jk}^*\}$ を用いて重相関係数、偏相関係数、要因群偏相関係数、および偏差をそれぞれ計算し、その結果を表-5のなかに示した。その際、計算の過程として、外的基準の調査値と各要因項目相互間の内部相関係数を計算したが、10項目を含む段階の算定結果を示せば、

表-6のとおりである。表-5により示される予測モデルにおいては、要因項目および要因項目コードを偏相関係数の大きい項目順に配列しなおし、労働生産性の推定精度と要因群の影響のしかたを各段階ごとに比較検討できるようにした。

(5) 労働生産性の調査値と推定値の対応

労働生産性の調査値 Y_i と本予測モデルから求めた推定値 \hat{Y}_i との対応関係を、10要因項目を含む段階の検討果について示せば、表-7のとおりである。本表には \hat{Y}_i の Y_i に対する適合性を検討するため、 $Y_i - \hat{Y}_i$ の平均値と標準偏差、 Y_i と \hat{Y}_i の相関係数が計算されているが、この相関係数は、表-5の重相関係数と同値になるべきものであり、要因項目を逐次1項目ずつおとしていった各段階においても同様のことがいえるのである。

IV. 考 察

1. 労働生産性の推定精度について

予測モデルに示す重相関係数は、要因項目を10項目から逐次1項目ずつおとしていった各段階の値をあらわしており、これらはすべて1%水準で有意である。これは、本予測モデルに示す要因項目の組み合わせが労働生産性に対して総合的に相関連して影響を与えており、各段階における労働生産性の推定精度は、その重相関係数によって評価されることができるということを意味するものである。本集材作業システムの要因分析において、10項

表-5 トラクタ集材作業シス

要因項目 X_j	要因カテゴリー C_{jk}	外的基準 $\sum_{i=1}^n Y_i \delta_i(j, k)$	反応数 n_{jk}	与			
				X_1	$X_1 \sim X_2$	$X_1 \sim X_3$	$X_1 \sim X_4$
トラクタ X_1 集材路密度	~ 92 m/ha	132.88300	12	11.07358	10.61223	9.92097	10.24845
	93~121	151.36000	21	7.20762	6.74183	6.06168	8.10814
	122~	79.43000	9	8.82556	7.84965	6.47567	7.99102
集材材積 X_2	~697.652 m ³	164.14500	20		0.00000	0.00000	0.00000
	697.653~1,260.651	73.62800	9		0.33279	0.14527	0.39029
	1,260.652~	125.90000	13		1.62353	1.39119	1.90005
集材木1本 当たり X_3 平均材積	~1.132 m ³ /本	124.75200	16			0.00000	0.00000
	1.133~1.535	129.62700	15			1.46237	0.95854
	1.536~	109.29400	11			1.61061	1.58785
平均実集材 X_4 斜 距 離	~236 m	179.76400	17				0.00000
	237~363	101.41900	12				- 1.46522
	364~	82.49000	13				- 3.38257
立木密度 X_5	~492 本/ha	123.07800	12				
	493~845	201.03500	25				
	846~	39.56000	5				
集材面積 X_6	~10.52 ha	135.73400	15				
	10.53~18.65	138.14400	17				
	18.66~	89.79500	10				
作 業 班 X_7	トラクラ1台セット	195.92100	20				
	トラクタ2台セット	145.24200	20				
	トラクタ3台セット	22.51000	2				
地形指数 X_8	~49%	125.15000	13				
	50~66	125.95500	16				
	67~	112.56800	13				
トラクタ X_9 機 種	クローラタイプ	223.29400	24				
	ホイールタイプ	124.18400	16				
	込タイプ	16.19500	2				
作業時期 X_{10}	夏 山	235.31200	26				
	冬 山	128.36100	16				
重相関係数 $\rho_{Y:1,2,\dots,M}$				0.633**	0.685**	0.731**	0.863**
要因群偏相関係数 ρ_s					0.338	0.350	0.672

(注) **または*印は、1%または5%水準で有意であることを示す。

テムにおける労働生産性の予測モデル

え る べ き 数 量						$X_1 \sim X_{10}$		
$X_1 \sim X_5$	$X_1 \sim X_6$	$X_1 \sim X_7$	$X_1 \sim X_8$	$X_1 \sim X_9$	$X_1 \sim X_{10}$	偏相関係数 $\rho_{Y, j, 1, 2, \dots, M}$	平均値 \bar{t}_j	偏 差 d_{jk}
11.31787	11.42777	11.41626	12.07465	12.02434	11.92297	0.772**	9.64144	2.28153
9.07541	8.46365	8.37848	9.00484	8.65889	8.55396			- 1.08748
8.86503	8.85673	8.77738	9.52978	9.24447	9.13685			- 0.50459
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.606**	0.95121	- 0.95121
0.54809	1.19785	1.02200	1.06256	1.10805	1.07122			0.12001
2.10137	2.91001	2.66916	2.59527	2.29288	2.33152			1.38031
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.493**	0.86672	- 0.86672
0.51732	0.91672	0.95490	1.12855	1.38260	1.39548			0.52876
0.95681	1.23839	1.27052	1.34185	1.35185	1.40637			0.53965
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.458**	- 0.61392	0.61392
- 1.37007	- 1.09335	- 0.84135	- 0.64425	- 0.31395	- 0.36892			0.24500
- 3.18971	- 2.55755	- 2.06583	- 1.69308	- 1.57078	- 1.64290			- 1.02898
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.416*	- 0.90123	0.90123
- 1.32922	- 1.05163	- 0.85519	- 0.98817	- 1.24450	- 1.29302			- 0.39179
- 0.38149	- 0.51226	- 0.02387	- 0.42111	- 1.14613	- 1.10522			- 0.20399
	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.391*	- 0.71440	0.71440
	- 0.67609	- 0.60137	- 0.72202	- 0.84335	- 0.80753			- 0.09313
	- 2.01770	- 1.75778	- 2.02782	- 1.67195	- 1.62768			- 0.91328
		0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.385*	- 0.46366	0.46366
		- 0.75558	- 0.90593	- 1.04025	- 1.03138			- 0.56772
		0.45065	0.27162	0.70637	0.57697			1.04063
			0.00000	0.00000	0.00000	0.328	- 0.51792	0.51792
			- 0.71983	- 0.63434	- 0.58629			- 0.06837
			- 0.99128	- 1.00641	- 0.95166			- 0.43374
				0.00000	0.00000	0.287	0.32932	- 0.32932
				0.75151	0.79123			0.46191
				0.82147	0.58586			0.25654
					0.00000	0.093	0.08132	- 0.08132
					0.21347			0.13215
0.887**	0.906**	0.913**	0.923**	0.927**	0.927**			
0.406	0.400	0.267	0.332	0.224	0.000			

表一六 トラクタ集材作業システムにおける内部相関行列

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
Y	1.00000	0.61544	0.23885	0.26034	0.65120	0.38361	0.03084	0.52354	0.17801	-0.28667	-0.19126
X ₁	0.61544	1.00000	-0.07444	-0.09300	0.41013	0.06031	-0.08288	0.18279	0.13121	-0.34534	-0.07289
X ₂	0.23885	-0.07444	1.00000	0.24369	-0.15120	-0.04792	-0.61220	-0.00354	0.18576	0.03712	-0.13899
X ₃	0.26034	-0.09300	0.24369	1.00000	0.07927	0.31572	-0.26512	-0.02837	-0.12404	-0.23740	-0.29320
X ₄	0.65120	0.41013	-0.15120	0.07927	1.00000	0.21194	0.24895	0.54595	0.07552	-0.26066	-0.13065
X ₅	0.38361	0.06031	-0.04792	0.31572	0.21194	1.00000	0.17469	0.35520	-0.24426	-0.42120	-0.26690
X ₆	0.03084	-0.08288	-0.61220	-0.26512	0.24895	0.17469	1.00000	0.25416	-0.20945	0.07801	0.13459
X ₇	0.52354	0.18279	-0.00354	-0.02837	0.54595	0.35520	0.25416	1.00000	-0.11986	-0.33177	-0.06279
X ₈	0.17801	0.13121	0.18576	-0.12404	0.07552	-0.24426	-0.20945	-0.11986	1.00000	0.15965	0.12470
X ₉	-0.28667	-0.34534	0.03712	-0.23740	-0.26066	-0.42120	0.07801	-0.33177	0.15965	1.00000	-0.01808
X ₁₀	-0.19126	-0.07289	-0.13899	-0.29320	-0.13065	-0.26690	0.13459	-0.06279	0.12470	-0.01808	1.00000

目を含む段階の重相関係数は0.927である。また、この場合における $Y_i - \hat{Y}_i$ の平均値は-0.00001、標準偏差は0.97609であり、これらを考えあわせると、この要因分析結果は非常に精度のたかいものといえる。このことは、本集材作業システムに対してもこの数量化の方法を応用して上述のような解析と推定を行うことが妥当であるということを示すものと考えられる。

2. 労働生産性に対する作業条件因子の影響について

予測モデルに示す偏相関係数の値から、10要因項目を含む段階においては、1集材区域当たりのトラクタ集材路密度、集材材積、集材木1本当たりの平均材積、平均実集材斜距離、立木密度などが労働生産性と強い関係があるが、作業時期、トラクタの機種などはあまり強い関係がないものと考えられる。また、地形（指数）が上述のような要因項目の組み合わせのなかではあまり強い関係があるようにあらわれていないのは、調査対象としたトラクタ集材作業の場合、この作業の適地、または比較的容易に作業を行うことができる区域が多かったことによるものと考えられる。

つぎに、要因項目を偏相関係数の大きいものから1項目ずつ逐次取りいれていった各段階の重相関係数と要因群偏相関係数の値から、トラクタ集材路密度、平均実集材斜距離、立木密度などの項目が重相関係数を大きくするのに著しく寄与していることがうかがえる。このことは、トラクタ集材作業システムによる実際の集材作業計画を立案する場合に、計画策定上求められる精度によって、どの要因項目まで取りあげて作業条件の調査をすればよいかについての判断基準を与えるものであると考えられる。

3. 労働生産性を最大にする作業条件について

本集材作業システムによる集材作業の労働生産性に対して、どの要因項目がどの程度きいているかということは、以上の検討によって明らかにすることができたが、きいている要因項目のなかで、どの要因カテゴリーが労働生産性にどのように寄与しているかについての考察が必要である。このため、10項目を含む段階について、各項目ごとに与えられた数値から平均値を算出し、この平均値からの各カテゴリーの偏差を求め、この値により各カテゴリーの寄与のしかたについての検討を行った。その結果、平均値を基準にして偏差の値がプラスの場合には労働生産性の向上に、マイナスの場合には低下に、当該カテゴリーが寄与しており、各項目ごとに偏差の値を最大にするカテゴリーが、本集材作業システムによる集材作業の労働生産性を最大にする作業条件をあらわすものであることを検証することができた。このことは、集材作業の労働生産性を最大にするには、各要因項目ごとにどの要因カテゴリーを選べばよいか、換言すれば、労働生産性を最大にするには、どのような作業条件にすべきであるかということに対する解答を示すものである。そして、これは要因項目を1項目ずつ逐次おとしていった各段階においても全く同じことがいえるのである。

4. むすび

以上の考察を集約すると、天然林の択伐林分におけるトラクタ集材作業システムを解析するため、外的基準があり、それが数量で与えられている場合の数量化の方法を応用して要因分析を行った結果、本集材作業システムにおいても、①集材作業の労働生産性とこれに関与する作業条件因子との複雑な相互関係が解明されること、②

表-7 トラクタ集材作業システムにおける労働生産性の調査値と推定値の対応

調査対象集材区域番号 No.	Y	\hat{Y}	Y - \hat{Y}
1	6.14400	5.61008	0.53392
2	8.75100	7.68060	1.07040
3	7.44400	8.51443	- 1.07043
4	14.40900	14.35154	0.05746
5	8.47400	8.23515	0.23885
6	8.74700	9.51984	- 0.77284
7	11.25000	11.09161	0.15839
8	6.75500	7.26887	- 0.51387
9	4.15600	4.42623	- 0.27023
10	4.47600	4.19754	0.27846
11	3.48300	4.89268	- 1.40968
12	4.61400	4.78383	- 0.16983
13	4.84200	6.31559	- 1.47359
14	6.39300	5.00507	1.38793
15	6.01300	6.89092	- 0.87792
16	7.28700	6.29887	0.98813
17	12.18300	10.61365	1.56935
18	8.15100	9.45514	- 1.30414
19	12.11100	12.26126	- 0.15026
20	8.87800	7.72957	1.14843
21	9.96700	9.20724	0.75976
22	8.95700	10.97131	- 2.01431
23	7.43100	7.91823	- 0.48723
24	8.98000	7.82133	1.15867
25	13.61100	12.36679	1.24421
26	11.65000	11.57015	0.07985
27	12.91300	11.77761	1.13539
28	10.19800	9.71097	0.48703
29	8.57100	10.28696	- 1.71596
30	9.57600	8.49146	1.08454
31	11.55800	11.08963	0.46837
32	10.32600	9.81204	0.51396
33	10.95200	11.42039	- 0.46839
34	8.36300	8.11053	0.25247
35	10.53900	10.44848	0.09052
36	9.66300	7.96745	1.69555
37	9.19600	10.77261	- 1.57661
38	8.47200	9.22520	- 0.75320
39	5.16500	6.74178	- 1.57678
40	8.04300	7.73114	0.31186
41	5.82000	5.50891	0.31109
42	9.16100	9.58067	- 0.41967
	Y - \hat{Y} の平均値 = - 0.00001		
	Y - \hat{Y} の標準偏差 = 0.97609		
	相 関 係 数 = 0.927		

各種の作業条件に対応した労働生産性の予測モデルが設計されるので、本方式による集材作業を計画する場合には、あらかじめ集材対象区域内の作業条件因子を調査すれば、当該集材作業の労働生産性をこの予測モデルにより多次元的に予測することができること、③最適な作業条件が見いだされるので、集材作業システムを最適化することができることを、それぞれ検証し、この数量化の方法を応用することの妥当性を実証するとともに、集材作業システムを最適化するための新しい作業研究手法に対する理論的なよりどころを与えることができたということである。これらのことは、非皆伐施業における合理的な集材作業計画の立案と集材作業システムの最適化のために有意義であると考えられる。

V. 摘 要

天然林の択伐林分におけるトラクタ集材作業システムの解析に、外的基準があり、それが数量で与えられている場合の数量化の方法を応用することの妥当性についての検討と、集材作業システムを最適化するための新しい作業研究手法に対する理論づけを試みるため、北海道営林局および帯広営林支局管内の国有林において最近この集材作業が実施された42区域を調査対象に選定し、それらの現地調査数値と作業実績数値を用いて実証的に検討を行った。

検討結果はつぎのとおりである。

- (1) 作業条件因子をあらわす要因項目・カテゴリー C_k に数量 m_k の最もよい値の組 $\{m_k^*\}$ をきめることによりトラクタ集材作業システムにおける集材作業の労働生産性と、これに関与する作業条件因子との複雑な相互関係が解明された。
- (2) 解析結果から各種の作業条件に対応した労働生産性の予測モデルが設計された。したがって、本方式による集材作業を計画する場合には、あらかじめ集材対象区域内の作業条件因子を調査すれば、当該集材作業の労働生産性をこの予測モデルにより多次元的に予測することができる。この予測モデルは、表-5に示されているが、10要因項目を含む段階における労働生産性の推定値と調査値の対応関係は、表-7にまとめられている。
- (3) 最適な作業条件が見いだされるので、集材作業システムを最適化することができる。
- (4) 数量化の方法による推定の精度を総合的にあらわす尺度としての重相関係数の値は、10要因項目を含む段階

において0.927であり、本集材作業システムに対しても、この数量化の方法を応用して解析することの妥当性が実証された。

- (5) 重相関係数、偏相関係数、要因群偏相関係数、および偏差の値などにより、集材作業システムを最適化するための新しい作業研究手法に対する理論づけを行うことができた。

これらのことは、非皆伐施業における合理的な集材作業計画の立案と集材作業システムの最適化のために有意義であると考えられる。

謝 辞

本報は、著者が昭和54年度文部省内地研究員として京都大学に出張中に行った研究の一部を取りまとめたものである。

本研究をすすめるにあたり、ご懇篤なご指導を賜りました京都大学教授佐々木功博士ならびにご激励と多大の便宜をお与えいただきました三重大学教授渋谷欣治博士に深甚な感謝の意を表します。また、調査資料の集取に絶大なご協力をいただきました北海道営林局、帯広営林支局、および関係営林署の職員各位に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 飛岡次郎：伐木集材工程の作業仕組に関する研究（第3報）数量化の方法によるモノケーブル集材作業システムの解析。三重大学農学部学術報告 第57号、37-58、1978
- 2) 飛岡次郎：伐木集材工程の作業仕組に関する研究（第4報）数量化の方法による木寄作業システムの解析。三重大学農学部学術報告 第58号、67-74、1979
- 3) 飛岡次郎：伐木集材工程の作業仕組に関する研究（第5報）数量化の方法によるホイスタングキャレッジ集材作業システムの解析。三重大学農学部学術報告 第59号、75-86、1979
- 4) 林野庁：トラクタ集運材作業基準・トラクタ取扱整備要領。1962

Summary

In order to analyze the Tractor skidding system in the selective cutting stand of natural forests, the quantification method in which the outside criterion is given in terms of quantity was practically applied. The suitability of application of this theory and its techniques was investigated. Also the theorization for the new techniques of work study to make this skidding system most suitable was demonstratively investigated. This was done by using data of 42 systems of the skidding operation which was recently carried out in the national forests within the province of Hokkaido regional forest office and Obihiro branch regional forest office.

The results obtained by this investigation are summarized as follows:

- (1) By means of the best quantities $\{t_{jk}^*\}$ determined for the category C_{jk} as the conditional factors of operation, the complicated relationship between labour productivity and the conditional factors of operation in the Tractor skidding system could be solved.
- (2) The predictable model of labour productivity corresponding to the conditions of operation was designed by the results of analysis. Therefore, when this skidding operation must be planned, if the conditional factors of operation in the skidding area are investigated, labour productivity in this skidding operation can be predicted plurally by this model. This model is shown in Table 5, and the results of correspondence between the values of investigation and the values of estimation of labour productivity in the step of 10 factors are shown in Table 7.
- (3) It is possible to make the working system most suitable to this skidding operation, because the most suitable conditional factors of operation can be determined.
- (4) It was demonstrated that the application of this theory and techniques for the analysis of this skidding system was also proper, because the value of the multiple correlation coefficient which denotes synthetically the precision of estimation in the quantification method is 0.927 in the step of 10 factors.
- (5) By means of the values of the multiple correlation coefficient, partial correlation coefficient, partial correlation coefficient of factors and deviation, the theorization for the new techniques of work study to make this skidding system most suitable could be demonstratively made.

These five points indicate that the applications of the quantification method are very valuable for a rational plan of this skidding operation and system in forest management by the non-clear cutting method.