

# 架線による間, 抜伐木集材法

## I 試験担当者

機械化部機械科長（主査）	上 田 実
機械第1研究室員	柴 田 順 一
機械第2研究室長	小 沼 順 一
作業第1研究室長	奥 田 吉 春
作業第2研究室長	辻 井 辰 雄

## II 試験目的

最近自然保護や環境保全的見地から大面積皆伐方式を適用できない地域が著しく増大し、小面積あるいは帯状の皆伐方式または択伐方式をとらざるをえなくなってきた。また戦後の造林地のいちじるしい拡大にともない、間伐対象林分の増加と経済的不採算のための間伐手おくれ林分が加算され、そのため間伐木の経済的搬出技術の開発がつよく要請されるようになった。

本研究は以上のような背景にあって、架線を使って集材するにはいかなる方法が適切であるかを明らかにしようとするものである。

## III 試験の経過

この研究は昭和48年度から50年度の3か年にわたって実施したものである。

まず第1に問題になったのは集材機の索張り法であった。この索張り法は従来必要に迫られて各地で各種各様のものが実施され、さらにこれらは枝分れ式に改良された過程があり、これらを系統的に整理してその得失を論じたものはほとんどなく、さらに各索張り法の命名法も確たるもののがなかったので、全く同じ索張り法を別名で呼ぶといった不都合な面も現われていた。したがってまず適当な命名法を設け、これによって各索張りの名称を定める一方、その構造・機能などを配慮しながら分類してみることが研究を進める第一歩であると考え、これから着手した。

つぎに沢山の索張り法の中から、択伐木間伐木の集材に適する索張り法を選出するとなると、その伐採地における地形・集材距離・丸太1本当りの材積等各種の条件によって索張り法が変わることは当然であるが、大面積皆伐方式の場合と根本的に異なる点は、集材完了後残された立木や稚樹あるいは地表面をどの程度傷めないで集材できるかという点であろう。したがって、単に集材コストの面だけでなく、森林の保全性、さらには作業の安全容易性が索張り法選択の際の重要な因子になるとを考えた。これらの要因はその伐採地域の社会環境等によってその比重のかけ方（評価）が異なり、この所産として外見的には同じ条件と思われるのに、各地で各様の索張り

法が使われている現実があるのでないかと考えた。そしてこの辺の事情を究明してゆけば索張り法を選出する場合の合理的な手法が得られるのではないかと考え、この面での理論的な検討を進める一方、これを検証するための実態調査を行なうこととした。

安全問題については事業を実行するうえで欠くことのできない事項であるが、従来このことは主索の張力安全率に主眼がおかれて、折伐間伐を現在実施している軽架線の索張り法をはじめ特殊な方式のものについては未開拓の分野として残されてきたくらいがあるので、これらの索張り法について安全上とくに留意すべき点はどのような点であるかを明示することにした。このため特徴のあるいくつかの索張り法について、現場における主索ならびに作業索の張力を測定し、実態を通じて指針を得ることにした。

以上の過程を踏まえて、折伐木間伐木の集材にはいかなる方法が適切であるかを具体的に提示することにした。

#### IV 試験の成果

##### 1. 集材機索張り法の分類

過去に発表された各種索張り法の文献400件について、その機械的特性（集材機のドラム数・馬力数・使用器具類、使用ワイヤロープの太さならびに所要長さ、重錘の有無等）あるいは作業性能（架設撤去の難易性、横取りの難易性、荷掛け荷卸しの難易性、運転の難易性等）を吟味し、これらを基にして各索張り法を簡潔に表現した索張り図を作成した。図1はその1

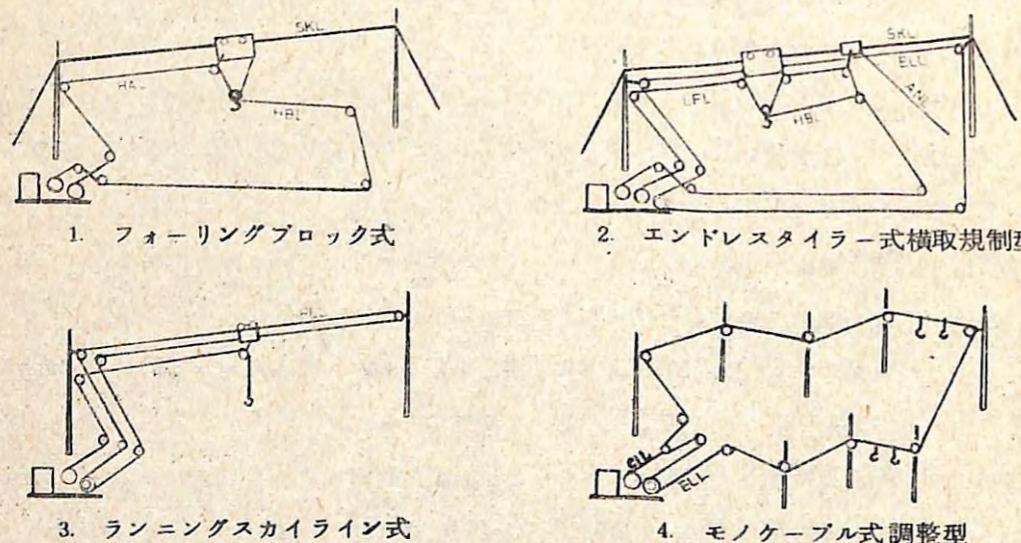


図1 各種索張り図

例である。つぎに各索張りの構造・機能等を比較検討しながら索張りの分類を行ない、11種類の索張り方式に大分類し、この定義づけを行なった（表1-1）。また索張り法の命名法を定めた（表1-2）。さらに用語も統一しておく必要があるので、これについても定めた（表1-3）。

表1-1 索張り方式の定義

索張り方式	定義
1. タイラー式	主索があり、荷のつり上げは荷上索、搬器の走行は自重または引寄索、引戻索によるもの。
2. エンドレスタイラー式	主索があり、荷のつり上げは荷上索、搬器の走行はエンドレス索によるもの。
3. フォーリングブロック式	主索があり、荷のつり上げと搬器の走行は引寄索と引戻索の張り合いによるもの。
4. クマモト式	主索があり、荷のつり上げはエンドレス索の引き締めにより、搬器の走行はそのエンドレス索によるもの。
5. ホイスチングキャレージ式	主索があり、荷のつり上げは特殊搬器からくり出される荷づり索、搬器の走行は自重またはエンドレス索、引戻索等によるもの。
6. スナッピング式	主索があり、荷は引寄索のつり上げによるか、または直接搬器にとりつけられ、搬器の走行は自重または引寄索によるもの。
7. スラックライン式	主索があり、荷のつり上げは主索の張り上げにより、搬器の走行は自重または引寄索、引戻索等によるもの。
8. ランニングスカイライン式	主索がなく、搬器は折返した引戻索にのせ、搬器の走行は引寄索と引寄索によるもので、索の折返しは支柱における引戻索の1回だけのもの、引寄索と引戻索をエンドレスとしたものを含む。
9. ダンハム式	主索がなく、搬器は折返した引寄索または引戻索にのせ、支柱または搬器におけるこれらの索の折返しが2回以上あるもの。引寄索と引戻索をエンドレス索としたものを含む。
10. モノケーブル式	主索および搬器がなく、荷の搬送は循環索によるもの。
11. ハイリード式 (グランドリード式)	主索および搬器がなく、荷のつり上げと移動は引寄索、引戻索、エンドレス索等によるもの。

(註)定義文中の用語の説明

主索：両端または一端が固定され、搬器等の荷重を支える索  
搬器：滑車等を有し、索の上を走行し、荷をかけ、またはつり上げるための構造をもつもの。

エンドレス索：集材機のブーリ（エンドレスブーリ）に巻かれた索で、その両端が、搬器、ローリングブロック等に取付けられたもの。

循環索：集材機のブーリ（エンドレスブーリ）に巻かれた索で、その両端が結合され、滑車等を通過できるもの。

表1-2 索引法の命名人

名称形：□式      □型      (□型)  
            ↑           ↑           ↑  
索張り方式名      目的・手段・応用型  
            ↑           ↑           ↑  
開発機関名

〔例〕	タイラー式	（索張り方式名）	（目的・手段）	（応用型）	（開発機関名）
			横取規制、地上調整型		（鶴川型）

〔註〕 1) 応用形の用語は、索張り法の特徴を特に表わすものの中から適宜組合せて使用するものとする。

卷之三

表 1-3 用語

1) 横 取 規 制	引戻索の通過経路を規制して、横取区域を限定できるもの。
2) (空 中 滑 車)	端末に引戻索支持用の滑車を取りつけた荷上索を、主索上の滑車で支え、荷上索、引戻索等の張力変化で引戻索を規制するもの。
3) 地 上 滑 車	端末に引戻索支持用の滑車を取りつけた荷上索を地上の滑車で支え、荷上索、引戻索等の張力変化で引戻索を規制するもの。
4) 複 搬 器	集材用搬器のほかに、引戻索規制のための搬器を追加して、荷上索引戻索等の張力変化で引戻索を規制するもの。
5) 調 整	引戻索を操作可能な規制索で規制するもののうち規制索用の最終滑車が主索上にあるもの。
6) 地 上 調 整	引戻索を操作可能な規制索で規制するもののうち、規制索用の最終滑車が地上にあるもの。
7) 規 則 索	引戻索を一定の長さの規制索で自動的に規制するもの。
8) 引 込 索	引戻索のほかに引込み専用の引込索を設け、引戻索を規制するもので、引戻索を支持する最終滑車が主索上または地上にあるもの。
9) 片 持 滑 車	引戻索と引込索が特殊金具をかいして結合され、特殊金具が主索上の片持滑車を通過することにより引戻索を規制するもの。
10) 特殊ストッパー	搬器を止め、搬器の作動機構の動きを助けるほかに、作業索の脱着など重要な機能をもつもの。
11) 3 腦	使用する集材機が3脳であることが、とくに特徴となっているもの。
12) 複 主 索	主索が2本あるもの(エンドレス索状のものも含む)。
13) 複 エンドレス	エンドレス索が2本あるもの。
14) 繫 留	搬器とローリングブロックが繫留できるもの。
15) 脱 着	自動脱着機構を備えたもの(「繫留」を除く)。
16) 調 整	荷つり、荷おろしの都度エンドレス索を緊張、弛緩するもの。
17) 重 錘 調 整	重錘による索張力の自動調整機構を備えたもの。
18) フ ッ ク	引寄索の先端が搬器等に固定されず、フック等の荷かけ金具が取りつけられ、搬器上の滑車を経て垂れ下っているもの。
19) リ フ チ ン グ	荷上索または荷上索状のエンドレス索のあることが特徴となっているもの(タイラー式を除く)。
20) 引 込	脱着自在の引込索を備えたもの。
21) 折 返	力を増すための引寄索、引戻索等を折返したもの(ダンハム式を除く)。
22) 荷 卸 規 制	盤台上での荷卸し位置を限定できるもの。
23) 遊 び 滑 車	索の端末につけた滑車で、これを通る他の索をこの滑車によって引張り、または引込むもの。
24) 複 搬 器 運 動	搬器を2つつけ連動式にしたもの。
25) 制 動 索	搬器専用の制動索を備えたもの。
26) 3. 1. 1	ダンハム式の表現形式で、3:HAL側の見掛上の本数、1:反対側にあるHALの見掛上の本数、1:搬器を支持する索本数をあらわす。H型で副索を1本備えたもの。
27) 副 索	" 2本備えたもの。
28) 複 副 索	" 2本備えたもの。

以上の過程を踏まえて、各索張り法の位置づけを一括表示した(表1-4)。

表 1-4 各索張

	(基本型とその系)	(複主索曲線)	(繩留型)
1. タイラー式	①①' 基本型 (2 胴) ② 荷卸規制 ③②' 3 胴 ③ 3 胴引込索	④ 複主索曲線	⑤⑤' 繩留搬器
2. エンドレスタイラー式	①①' 基本型 (2 胴) ②②' " ②②' " ③③' 3 胴 ④ <sub>1</sub> 遊び滑車 ④ <sub>2</sub> " ④ <sub>3</sub> " ④ <sub>4</sub> " ⑤ 遊び滑車・3 胴 ⑥ 遊び滑車引込索		⑦⑦' 繩留搬器
3. フォーリングブロック式	①①' 基本型 ②②' エンドレス	③ <sub>1</sub> 複主索 ③ <sub>2</sub> 複主索	④④' 繩留搬器
フック型	⑬ 基本型 ⑭ エンドレス ⑯ ノースペント式		⑮ 複主索・繩留
4. クマモト式	①①' 基本型 ② 遊び滑車 ③ 引込索	④ 曲線 ⑤ 複主索・曲線	⑥⑥' 繩留搬器
5. ホイスチングキャレッジ式	①①' 複エンドレス ②②' ストップバー ② <sub>2</sub> ストップバー		

り法の一覧表

(扇形・円形・H型)	(その他の応用型)	(横取規制型)
⑥ <sub>1</sub> 扇形 ⑥ <sub>2</sub> 扇形自動 ⑦ 円形 ⑧ H・複副索	⑨ <sub>1</sub> フォーリング ⑨ <sub>2</sub> ブロック組合せ	⑩⑩' 滑車 ⑪ 自動ストッパー ⑫ 3 胴 ⑬ 複搬器
⑩⑩' 扇形 ⑪ 扇形自動 ⑫ 円形 ⑬ H ⑭ H・副索		⑭⑭' 滑車 ⑮⑮' サイドアーム ⑯⑯' キャレッジ ⑰ 自動ストッパー ⑱ 地上滑車 ⑲ 特殊ストッパー
		⑲⑲' 引込索脱着 ⑳⑳' 複搬器 ㉑ 規制索 ㉒ オートスナッチ ㉓ 扇形横取規制
⑮ <sub>1</sub> 扇形 ⑮ <sub>2</sub> 扇形自動	⑯ <sub>1</sub> 複搬器運動 ⑯ <sub>2</sub> 複搬器運動	㉔ 片持滑車 ㉕ 調整 ㉖ 重錘調整 ㉗ 地上調整 ㉘ 規制索 ㉙ 複主索横取規制
㉚ H	㉛ エンドレス調整 ㉜ エンドレス・引込	
	㉖ 複エンドレス ㉗ リフティング引込	㉘ 引込索脱着 ㉙ 規制索
㉘ 扇形	㉙ 重錘調整 ㉚ エンドレス調整 ㉛ 制動索 ㉜ 無線操縦	

	(基本型とその系)	(複主索曲線型)	(繋留型)					
6. スナッピング式	<table border="1"> <tr><td>①<sub>1</sub> 基本型</td></tr> <tr><td>①<sub>2</sub>①<sub>2</sub>' "</td></tr> </table>	① <sub>1</sub> 基本型	① <sub>2</sub> ① <sub>2</sub> ' "		<table border="1"> <tr><td>②<sub>1</sub> 繋留搬器</td></tr> <tr><td>②<sub>2</sub>②<sub>2</sub>' "</td></tr> </table>	② <sub>1</sub> 繋留搬器	② <sub>2</sub> ② <sub>2</sub> ' "	
① <sub>1</sub> 基本型								
① <sub>2</sub> ① <sub>2</sub> ' "								
② <sub>1</sub> 繋留搬器								
② <sub>2</sub> ② <sub>2</sub> ' "								
7. スラックライン式	<table border="1"> <tr><td>① 基本型(2胴)</td></tr> <tr><td>② とばし</td></tr> <tr><td>③ 3 胴</td></tr> </table>	① 基本型(2胴)	② とばし	③ 3 胴	<table border="1"> <tr><td>④ 複主索</td></tr> </table>	④ 複主索	<table border="1"> <tr><td>⑤ 繋留搬器</td></tr> </table>	⑤ 繋留搬器
① 基本型(2胴)								
② とばし								
③ 3 胴								
④ 複主索								
⑤ 繋留搬器								
8. ランニングスカイライン式	<table border="1"> <tr><td>① 基本型</td></tr> </table>	① 基本型						
① 基本型								
フック型	<table border="1"> <tr><td>③ 基本型</td></tr> <tr><td>④ エンドレス</td></tr> </table>	③ 基本型	④ エンドレス		<table border="1"> <tr><td>⑤ 繋留搬器</td></tr> </table>	⑤ 繋留搬器		
③ 基本型								
④ エンドレス								
⑤ 繋留搬器								
リフチング型	<table border="1"> <tr><td>⑨ 基本型</td></tr> </table>	⑨ 基本型						
⑨ 基本型								
9. ダンハム式	<table border="1"> <tr><td>①<sub>1</sub> 基本型 3・1・1</td></tr> <tr><td>①<sub>2</sub> " 3・2・1</td></tr> <tr><td>①<sub>3</sub> " 3・2・2</td></tr> <tr><td>①<sub>4</sub> " 4・2・2</td></tr> </table>	① <sub>1</sub> 基本型 3・1・1	① <sub>2</sub> " 3・2・1	① <sub>3</sub> " 3・2・2	① <sub>4</sub> " 4・2・2			
① <sub>1</sub> 基本型 3・1・1								
① <sub>2</sub> " 3・2・1								
① <sub>3</sub> " 3・2・2								
① <sub>4</sub> " 4・2・2								
フック型	<table border="1"> <tr><td>③ エンドレス</td></tr> </table>	③ エンドレス						
③ エンドレス								
リフチング型	<table border="1"> <tr><td>④ リフチング</td></tr> </table>	④ リフチング						
④ リフチング								
10. モノケーブル式	<table border="1"> <tr><td>① 基本型</td></tr> </table>	① 基本型						
① 基本型								
11. グランドリード式	<table border="1"> <tr><td>① グランドリード基本型</td></tr> <tr><td>② エンドレス</td></tr> <tr><td>③③' ハイリード基本型</td></tr> </table>	① グランドリード基本型	② エンドレス	③③' ハイリード基本型				
① グランドリード基本型								
② エンドレス								
③③' ハイリード基本型								
ハイリード式								
フック型	<table border="1"> <tr><td>⑥ エンドレス</td></tr> </table>	⑥ エンドレス						
⑥ エンドレス								
リフチング型	<table border="1"> <tr><td>⑦ エンドレス</td></tr> </table>	⑦ エンドレス						
⑦ エンドレス								

(扇形・円形・H型)	(その他の応用型)	(横取規制型)				
	<table border="1"> <tr><td>⑥ 扇形</td></tr> <tr><td>⑦ エンドレス調整</td></tr> <tr><td>⑧ 交走</td></tr> </table>	⑥ 扇形	⑦ エンドレス調整	⑧ 交走		
⑥ 扇形						
⑦ エンドレス調整						
⑧ 交走						
	<table border="1"> <tr><td>⑨ エンドレス調整</td></tr> <tr><td>⑩ H</td></tr> <tr><td>⑪ エンドレス調整</td></tr> <tr><td>⑫ エンドレス調整</td></tr> </table>	⑨ エンドレス調整	⑩ H	⑪ エンドレス調整	⑫ エンドレス調整	
⑨ エンドレス調整						
⑩ H						
⑪ エンドレス調整						
⑫ エンドレス調整						
	<table border="1"> <tr><td>⑬ 調整</td></tr> <tr><td>⑭ 調整・引込</td></tr> <tr><td>⑮ 交走</td></tr> </table>	⑬ 調整	⑭ 調整・引込	⑮ 交走		
⑬ 調整						
⑭ 調整・引込						
⑮ 交走						
	<table border="1"> <tr><td>⑯⑯' エンドレス調整</td></tr> <tr><td>⑰<sub>1</sub> 折返し</td></tr> <tr><td>⑰<sub>2</sub> "</td></tr> <tr><td>⑰<sub>3</sub> "</td></tr> </table>	⑯⑯' エンドレス調整	⑰ <sub>1</sub> 折返し	⑰ <sub>2</sub> "	⑰ <sub>3</sub> "	
⑯⑯' エンドレス調整						
⑰ <sub>1</sub> 折返し						
⑰ <sub>2</sub> "						
⑰ <sub>3</sub> "						

なおこれらの成果は技術開発情報12号に「集材機索張り法」として印刷された。

## 2. 集材架線の索張力測定結果

集材作業現場における索張力の実状を知るために、通常の集材作業を実施しながら、索張力の測定記録を行った。以下に索張り方式ごとに、結果の概略を示す。

### (1) ハイリード式エンドレス・フック型(新城型)(三角集材) (11-6)

- 調査年月 昭和48年9月

- 場所 名古屋営林局新城営林署

- 集材作業の概要 50年生ヒノキ人工林における間伐材の集材作業。材は普通造材され材長3~4m, 未口径7~24cm程度である。この材を3~4本をまとめて一荷とし、この架線方式によって林道端へ集積される。架線のために特別な伐開は行わず、スパンは100m以下で、林道に沿って架線の張り替えを進めて行く。

測定を行った架線はスパン70m, 支間傾斜1.2°の上げ木集材の場所であった。

#### ① 測定結果

エンドレス索の張力変化記録例を図2-1に示す。これは測定した中で最も大きな材0.44m<sup>3</sup>をつけた場合で、ボサにひっかかったこともある、張力も最大を記録したものである。全測定データから、つぎのようなことが言える。

##### ・ エンドレス索の張力について

無負荷で張り上げた時は300~500kg

空搬器返送中は400~600kg

材をつり上げる時 750~1100kg

集材中(走行している時) 850~1300kg

張力の変動は ±100~±300kg程度

障害物に材がひっかかった時に、瞬間的な張力の上昇があったが、その最高値は

1512kgであった。

##### ・ 荷上索の張力について

空荷のとき 40~80kg

材の横取、引上げのときはほゞ材の重量だけの張力が生じる。

実搬器走行中はさらに100kgぐらい増加し、張力変動は平均値の1/5程度と大きい。

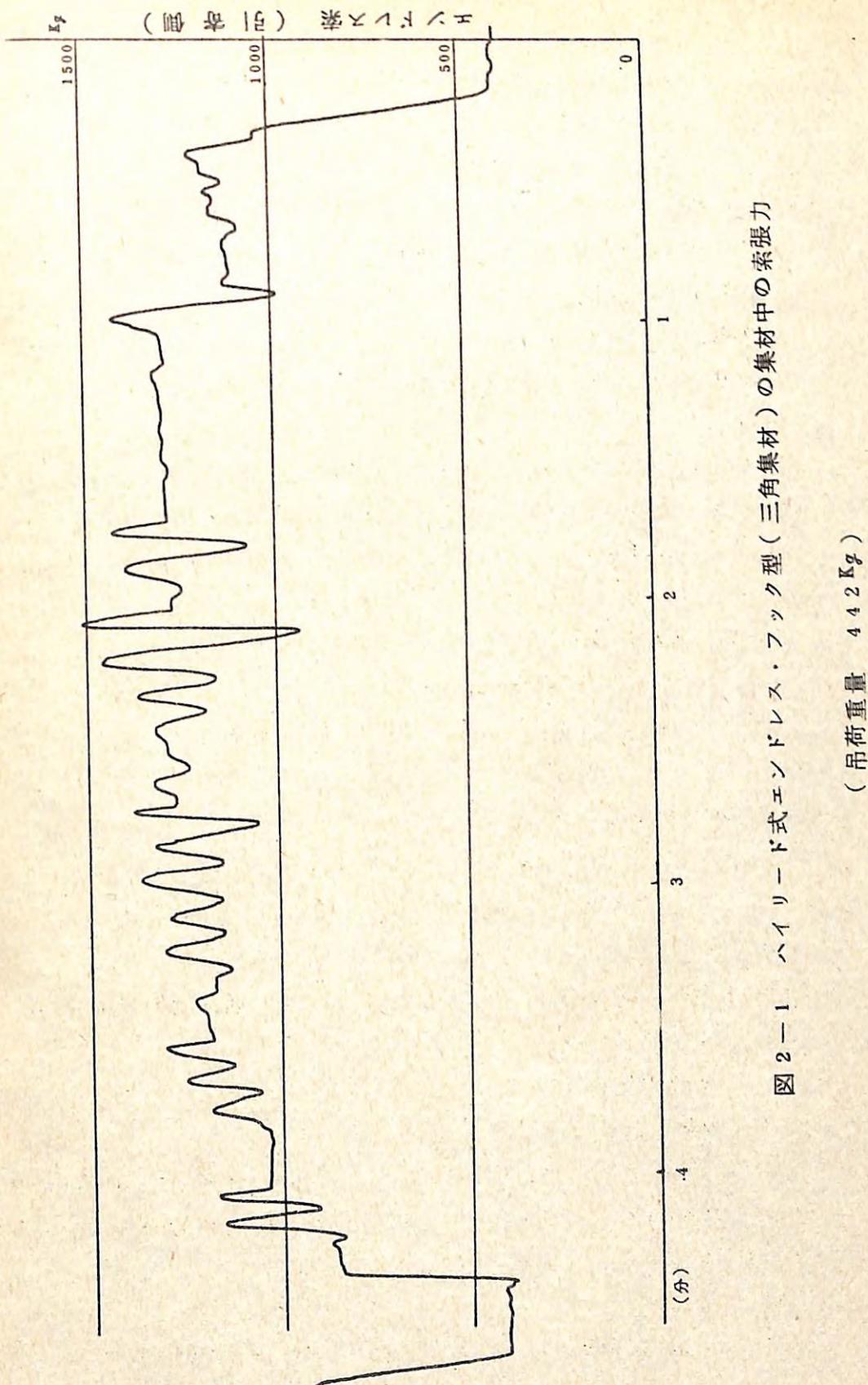


図2-1 ハイリード式エンドレス・フック型(三角集材)の集材中の索張力

(吊荷重量 442kg)

(2) モノケーブル式引込調整型(ジグザグエンドレス式) (10-3)

- ・調査年月 昭和49年9月
- ・場所 青森営林局・大間営林署
- ・集材作業の概要

ヒバ天然林( $300\text{m}^2/\text{ha}$ )における択伐(30%)を実行しているところで、材は普通造材され、この架線によって1本づつ土場へ運ばれる。

張力測定を行った架線は、巾およそ $60\text{m}$ 長さ $230\text{m}$ の林地内に架設されたもので、13箇の片持滑車を使用して、架線の延長はおよそ $679\text{m}$ であった。

④ 測定結果

張力測定記録の例を図2-2に、吊荷重量と循環索張力の関係を図2-3に、引戻し側と引寄せ側の循環索の張力の関係を図2-4に、それぞれ示す。

引込索の張力は $150\sim200\text{kg}$ であって問題なく、調整索の張力は循環索の引戻し側とほとんど一致する。循環索の張力についてみるとつきのようになる。

引寄せ側の張力は、張り上げ時  $1500\sim2000\text{kg}$

平常運行時  $1500\sim2400\text{kg}$

瞬間的な増加があった時  $2500\text{kg}$ 程度以下

観測した最大値  $2750\text{kg}$

引寄せ側と引戻し側の張力の関係は、

循環索を張り上げた時は、引戻し側がやや高く、平常運行時は引寄せ側が $200\sim400\text{kg}$ 高い。衝撃的な張力増加は、①引寄せ側が高い、②引戻し側が高い、③両方が高い、のいずれも生じるが、①の頻度が高い。

(3) フォーリングブロック式(旭川フォーリングコレクター式)横取規制片持滑車型(3-7)

- ・調査年月 昭和48年10月
- ・場所 旭川営林局古丹別営林署
- ・集材作業の概要

針広混交天然林の漸伐作業が行われている。ハンドサポートが通過できるウィールブロックをつけたストッパーは、主索上にあって、集材機に巻込まれたエンドレス索で移動できるようになっている。

④ 測定結果

各索の張力測定記録例を図2-5、2-6に、ハンドサポートがウィールブロックを通

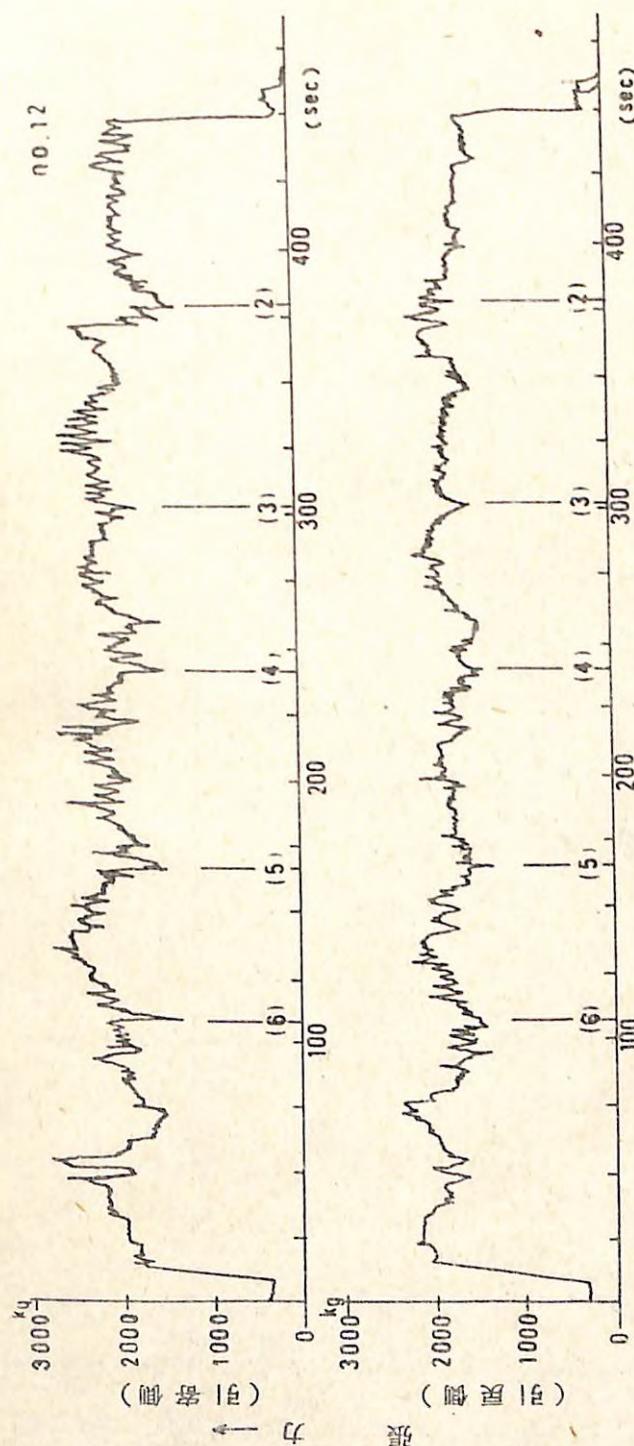


図2-2 モノケーブル式引込・調整型の循環索の張力

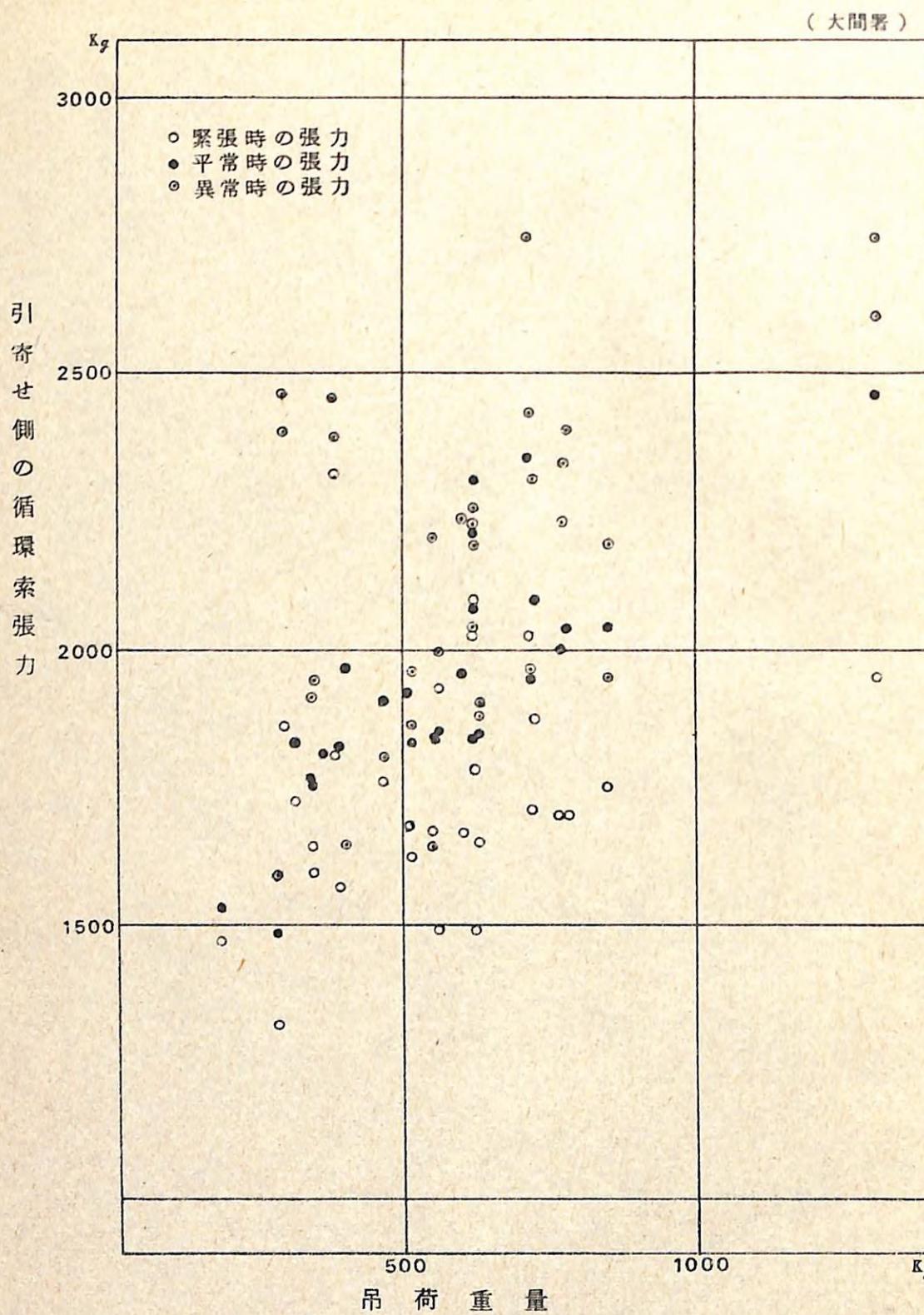


図 2-3 吊荷重量と循環索の張力(引寄せ側)

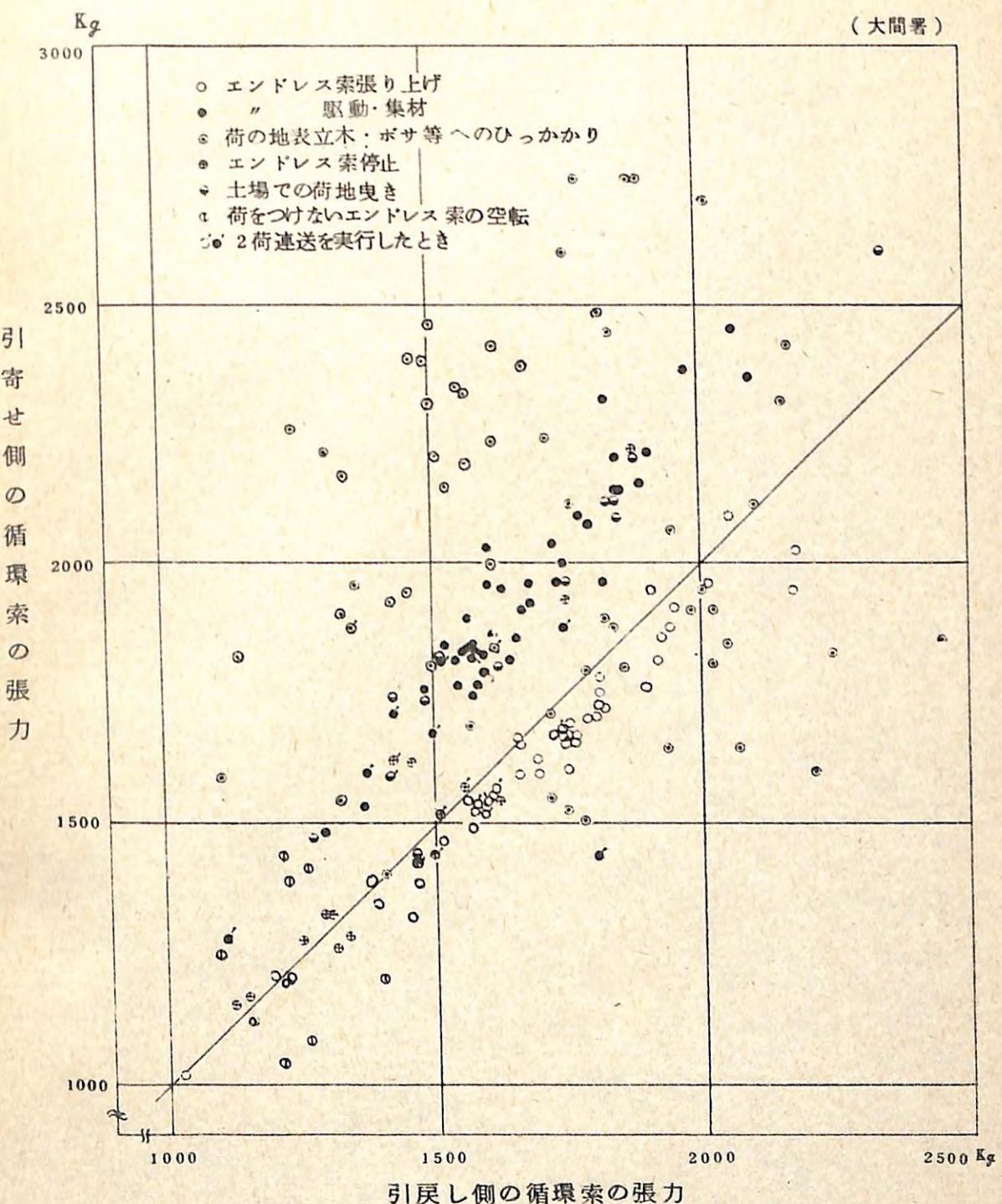


図 2-4 引戻し側と引寄せ側の循環索の張力

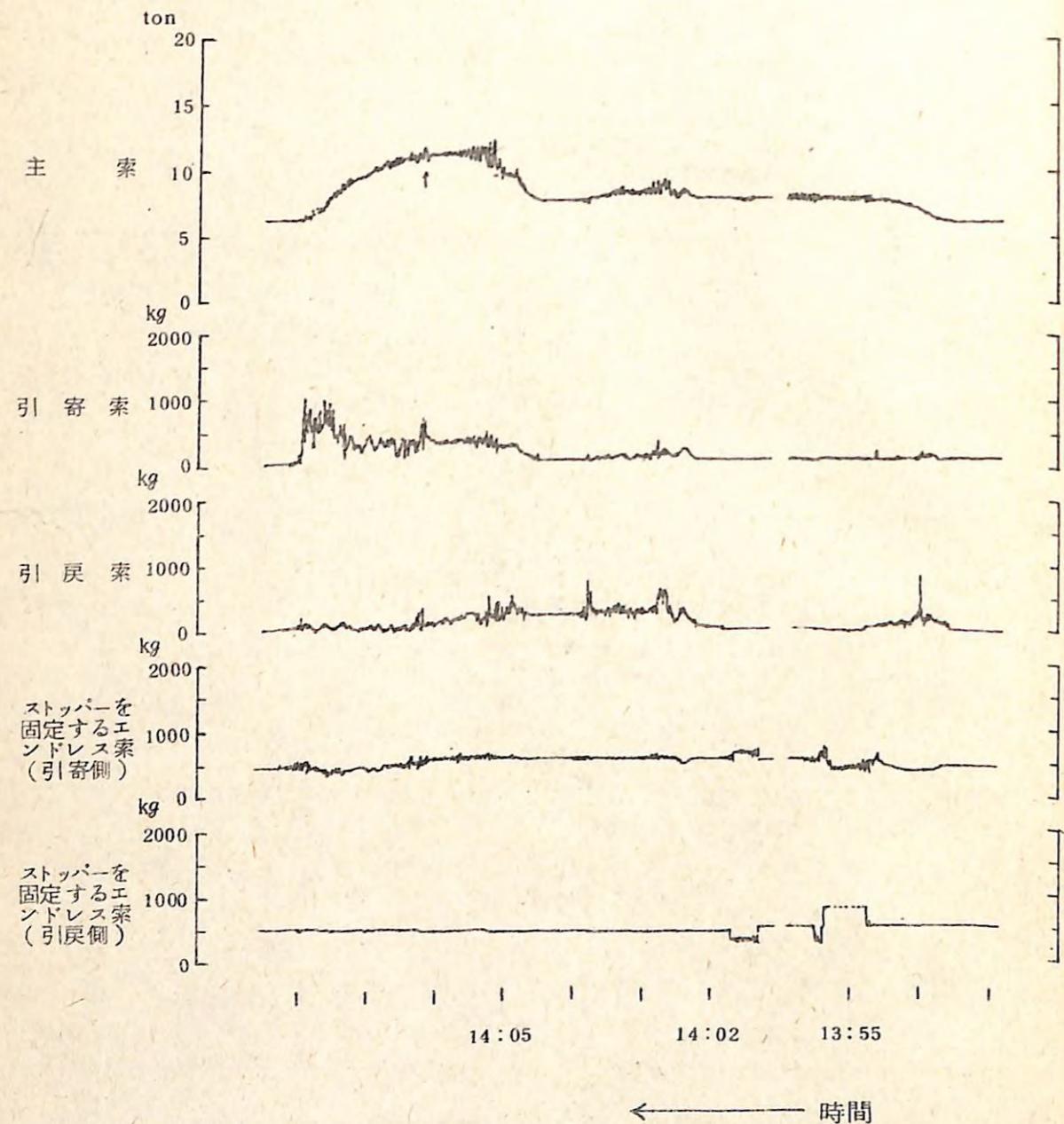


図 2-5 フォーリングブロック式横取規制片持滑車型の索張力  
(No.21 吊荷重量 中程度 (595kg) の場合)

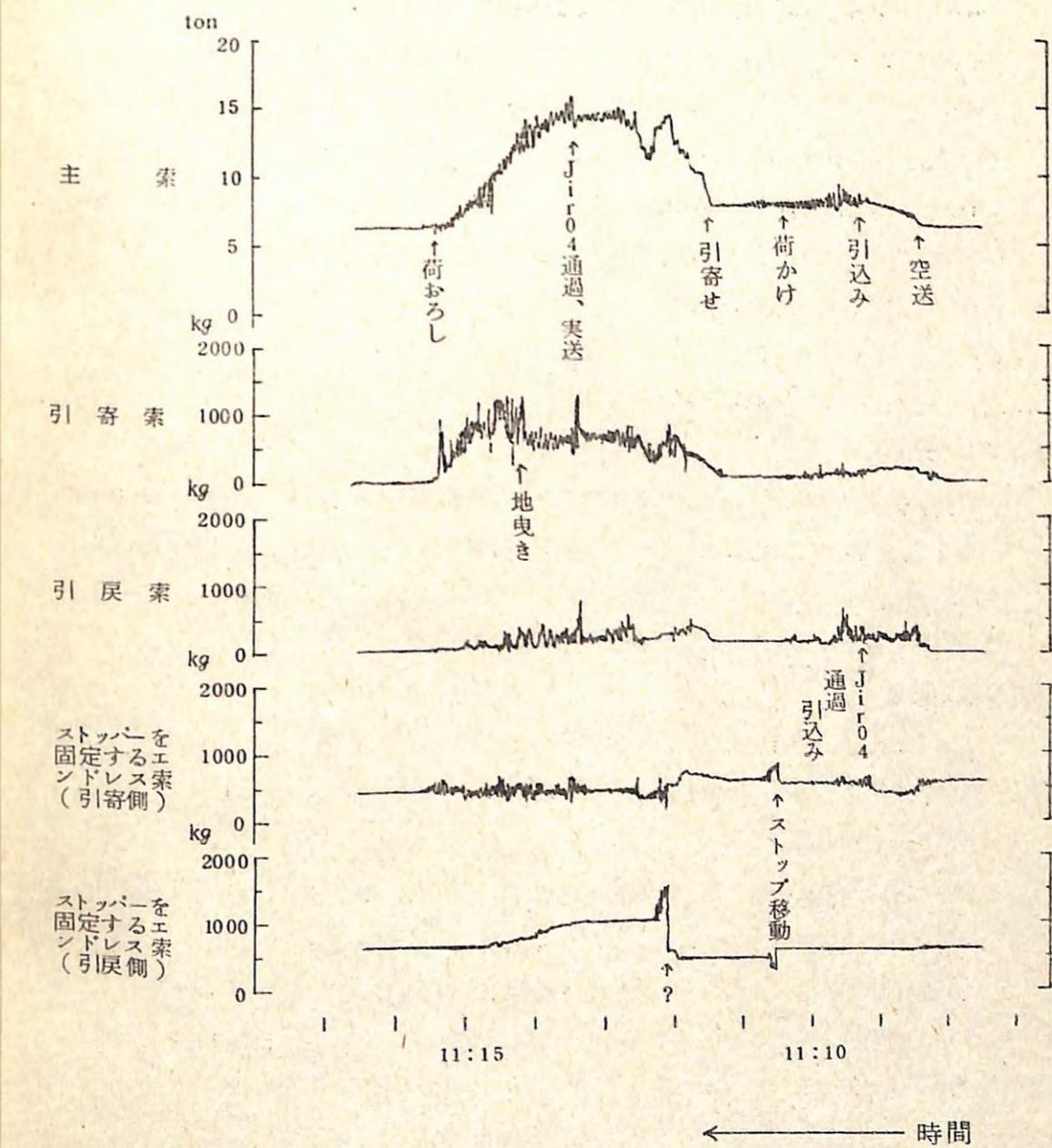


図 2-6 フォーリングブロック式横取規制片持滑車型の索張力  
(No.11 吊荷重量 最大 (1,170kg) の場合)

過する時の衝撃荷重について図2-7, 2-8に、それぞれ示す。

測定した架線では、盤台近くで吊荷が地面に接していたため、各索の張力がこの時変動しているが、それ以外は普通のフォーリングブロック式と同様と見られる。ハンドサポートがウィールブロックを通過する時に衝撃的に張力増加が生じる。この衝撃荷重は引寄せ索に大きく現われ、引戻し索にも生じるが値は小さい。引寄せ索に生じる衝撃荷重は369～1316Kgで吊荷重量との関連でみると、吊荷重量と同等ないし200Kgぐらい大きめである。ウィールブロック通過前の張力と比べると、1.6～2.0倍程度となっている。

#### (4) エンドレスタイラー式横取規制型 (2-12)

- 調査年月 昭和48年10月
- 場所 旭川営林局達布営林署
- 集材作業の概要

針広混交天然林における漸伐作業による全幹集材が実行されていた。走行索の林内引回しを避け、引戻し索の通路を制限して残存木の損傷を防止し、横取作業時の主索の側方変位を防止し、中央伐開幅を一定の範囲におさえての集材であった。横取距離50～70mで、スパン約800m、支間傾斜3°30'の架線である。

#### ④ 測定結果

各索の張力測定記録結果の例を図2-9に示す。

主索、荷上索、走行索の張力変動は普通のエンドレスタイラー式のそれと比べて、顕著な差は認められない。

引戻し索の張力は引込工程で普通タイラー式より若干高い値を示す。

横取作業中の主索張力の変動は少く、主索引込防止索の効果を裏付けている。

主索引込防止索の張力は横取作業時以外ではほぼ0に等しい。

引込工程および引出し工程の主索引込防止索の張力の変動パターンは、それぞれ引戻し索および荷上索のそれと一致する。

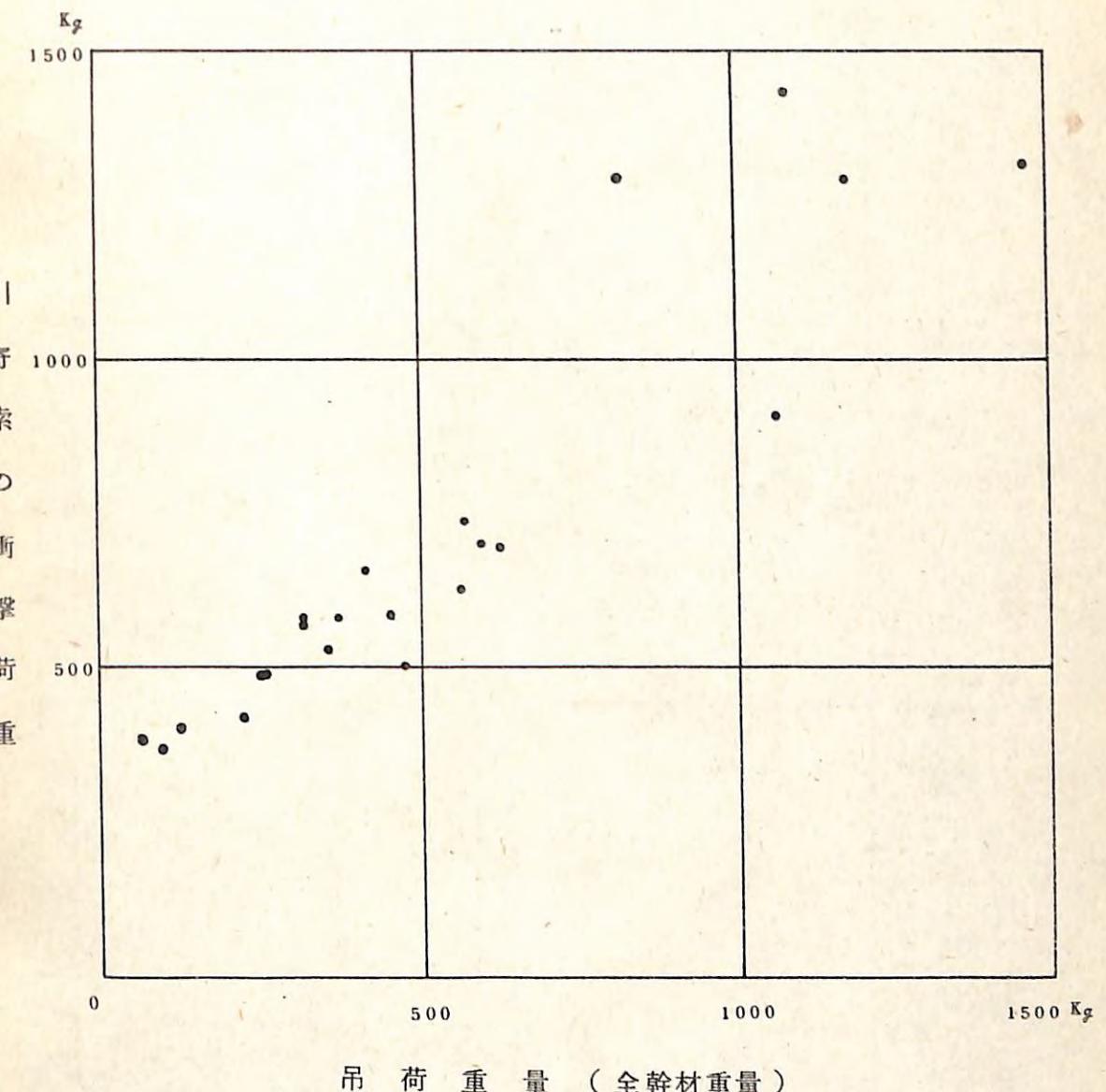


図2-7 ハンドサポートがウィールブロックを通過する際の衝撃荷重と吊荷重量 (引寄索)

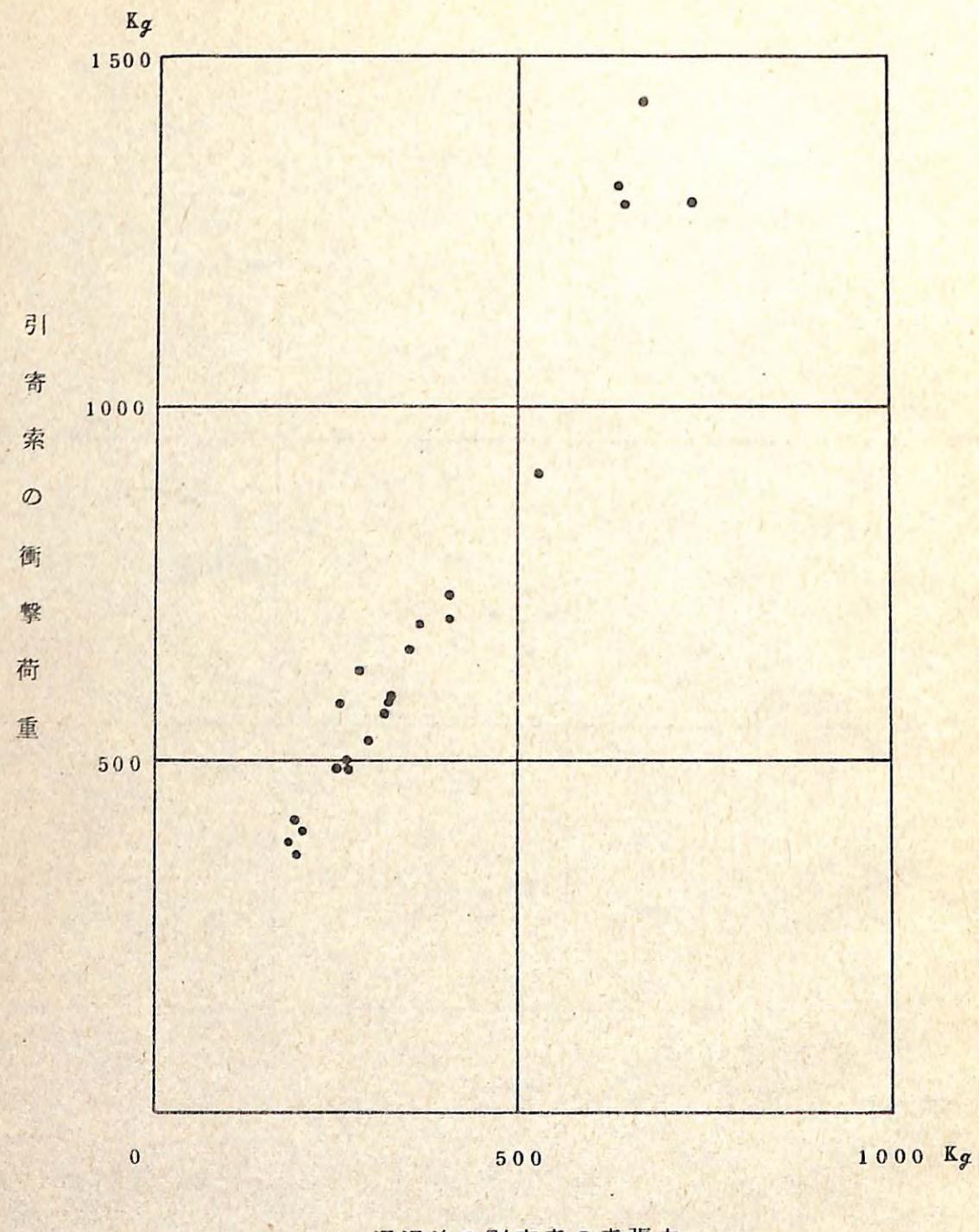


図 2-8 ハンドサポートがウィールブロックを通過する際の衝撃荷重と通過前の索張力  
(引寄索)

- 22 -

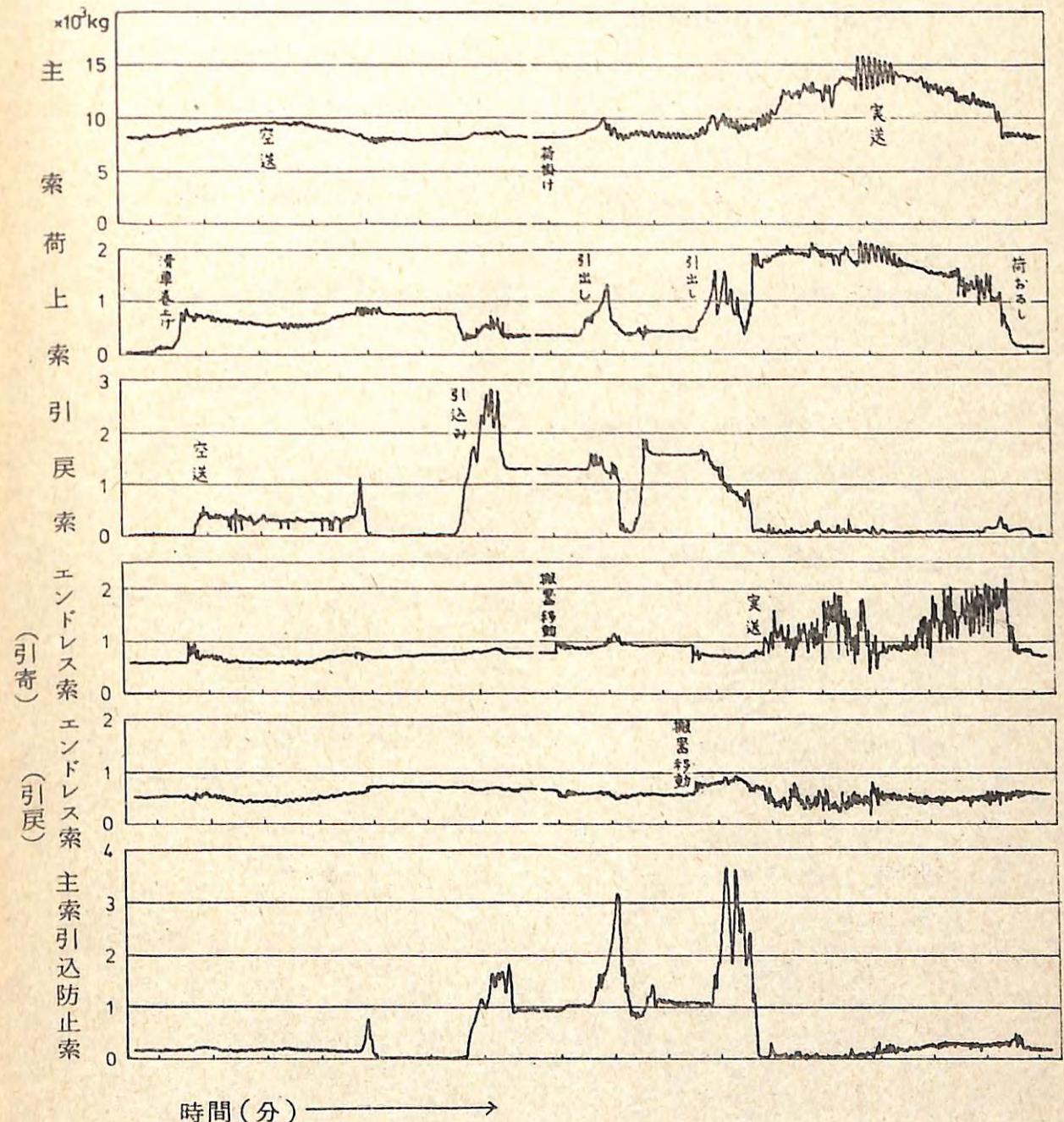


図 2-9 エンドレスタイラ式横取規制型の索張力  
(搬器等重量 850 kg, 吊荷重量 1,690 kg)

- 23 -

### 3. 集材機索張評価法の検討

#### (1) 評価の基本的な考え方

新たな森林施業のための作業方法の技術の1つとして、集材機を使った索張法が種々開発され実用化されてきている。しかしながら、これらの索張法は導入過程や作業条件の多様性に加えて、体系的な評価基準もないため、どんなところに、どんな索張法が適するかといつたことも明確になっていない。

この章では、索張法選択の基礎資料とするため、つぎのような問題意識から索張法の評価を試みた。

すなわち、森林をとりまく環境の変化にともなって、人々の伝統的な価値観も変化している。そのため、伐出システムにおける経済性とか省力性というものは絶対的なものではなくなり、評価尺度の一部であると見なされるようになってきた。大きくは、資源問題、公害問題、また内部的には働く人々の快適性といったものが主要な評価項目としてとりあげられるべきであり、新しい森林施業を実行するトータルシステムとしての多様な評価尺度が必要になってきている。

このような観点から集材作業をながめると、評価の時点をどこにするかといった問題や評価の困難性などと相俟って、いろいろと議論のあるところであるが、ここでの評価は作業計画段階における索張法選択のための基礎的な資料とすることであって、つぎのように区分して考えた。

まず、具体的な作業計画を作成するときに問題となるのは、経営の基本方針ともいべきものであり、さらに基本方針の中で特に重要なのが「ねらい」である。そしてここでの「ねらい」が実は索張法選択のときの評価尺度の意味を持つことになる。

具体的には、集材作業における「ねらい」は次のように例示できよう。

##### 集材作業のねらい

###### ① 森林環境の保全性

- ⑦ 架線下や横取路の伐開を少くする
- ① 林地表面をあらさない
- ⑦ 残存木を損傷させない
- ② 稚幼樹を損傷させない
- ⑦ 森林の景観をこわさない

###### ② 作業の安全容易性

###### ⑦ 架線撤去がしやすい

###### ① 運転がしやすい

###### ⑦ 荷かけがしやすい

###### ② 荷おろしがしやすい

###### ④ 疲労しない

###### ⑦ 安全に作業ができる

###### ③ 経済性

###### ⑦ 主作業コストが小さい

###### ① 副作業コストが小さい

###### ⑦ 架線人工が少ない

###### ② 撤去人工が少ない

###### ④ 機械器具コストが小さい

###### ⑦ 総コストが小さい

もちろん、ここで例示した以外の他の「ねらい」もある。また、実際の作業計画ではそこでの現場に望まれるいくつかの「ねらい」をセットすることになる。作業環境の変化に適応した集材作業がおこなわれるためには、この「ねらい」が作業環境に適合して選択される必要がある。しかもそれらは、どこの作業現場でも同じということではないので、「ねらい」の選定や「重みづけ」によってその現場が特徴づけられることになる。

ここでは、それぞれの現場について議論をする訳にはいかないので、どの現場においても上に述べたような「ねらい」が一応あるものとして、「ねらい」の達成度を評価の足がかりにしようとするものである。従って「重みづけ」もしていない、これらの設定はそれぞれの現場で考えてもらうことにしたい。

つぎに、集材作業の中の役割機能であるいわゆる「集材」、「横取」、「荷かけ」、「荷おろし」の4機能をとりあげ、技術的側面ないしは機能的側面から検討を加えた。もちろん機能というのはそのシステムの「目的」をどう考えるかによって異ってくる。

すでに述べたように、ここでは集材作業の「ねらい」を森林環境の保全性、作業の安全容易性、経済性においていたが、こうした場合の漠然とした下位機能として4機能を考えた訳である。したがって、それを構成する各指標の機能的意味にはいろいろなものが含まれることになる。

## (2) 評価基準

評価尺度となる「ねらい」や機能はさらに数値で示すことが望ましい。この中にはコストのように比較的定量化しやすいものもあったが、数値化が困難なもののが多かった。具体的には次のような基準によった。

### ① 森林環境の保全性

この調査はすべて事業所主任に対しておこなったものである。

⑦ 架線下や横取路の伐開巾を少くする；搬器走行路の伐開巾（伐開巾）や横取のための伐開巾（横取巾）を調査し、いずれも $m$ で表現した。

① 林地表面をあらさない；林地表面の攪乱度（かきおこしの状態）を横取路を中心に調査し、軽1、中・重0として評点を決めた。

⑦ 残存木を損傷させない；樹皮のすりむけや、枝の折損等の状態から、軽1、中・重0として評点化した。

② 稚幼樹を損傷させない；稚幼樹の生存率を本数割合で%で表現した。

② 森林の景観をこわさない；実行後総合的にみて

(1) 支障がない

(2) あまり支障がない

(3) どちらともいえない

(4) かなり支障がある

(5) 支障がある

の調査をおこない、(1)・(2)を1、(3)・(4)・(5)を0として評点化した。

これらのうち、①、②、④は主観による差が大きい。なるべく多くの対象者からアンケートをすることによって、これらを規定する要因を解明しようとしたが、データ数はいずれも100前後となった。

### ② 作業の安全容易性

⑦ 架線・撤去がしやすい；運転手、荷かけ手、荷おろし手を対象として、架線のしやすさ、撤去のしやすさのそれぞれについて、容易1～困難5の5段階評価をおこなった。

これに主成分分析（PCA）をほどこすことによって、より明確な総合特性値がえられないかを検討した。

※ 主成分分析（PCA）とはP個の特性値（P変量） $x_1, x_2 \dots x_p$ のもつ情報を $m$ 個（ $m < P$ ）の総合特性値 $Z_1, Z_2 \dots Z_m$ —これを第1、第2…第 $m$ 主成分とよぶ—に要

約する手法である。

PCAをほどこした結果を表3-1に示す。

表3-1 架線、撤去のしやすさの主成分分析

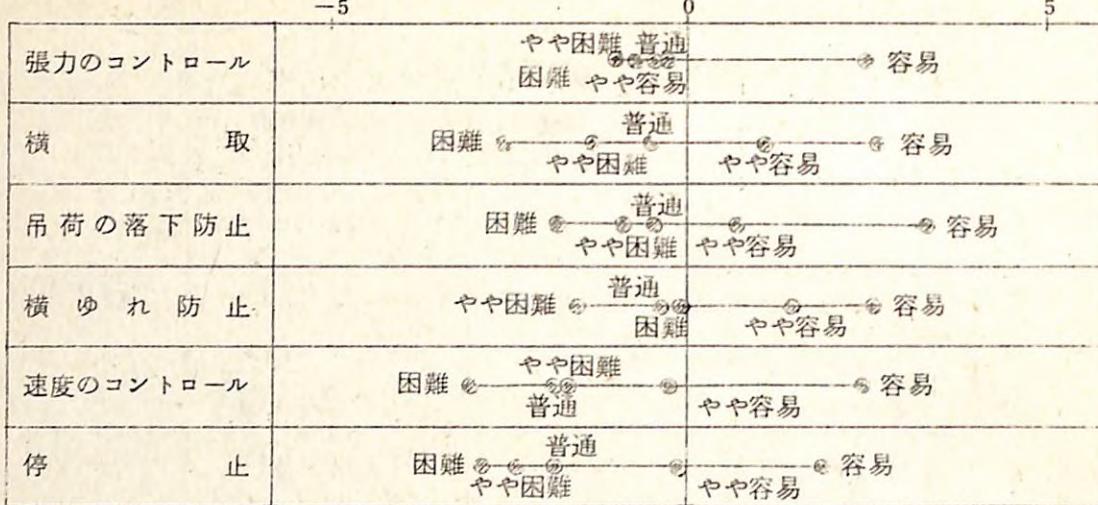
項目	データ		各主成分の因子負荷量		寄与率 (Z <sub>1</sub> まで)	
	平均	標準偏差	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>		
架線のしやすさ	運転手	2.68	1.12	0.85	0.42	0.72
	荷かけ手	2.82	1.10	0.90	-0.18	0.81
	荷おろし手	2.75	1.11	0.88	-0.30	0.77
撤去のしやすさ	運転手	2.43	1.02	0.82	0.49	0.67
	荷かけ手	2.53	1.01	0.89	-0.10	0.78
	荷おろし手	2.52	1.05	0.88	-0.27	0.77
固有値			4.54	0.63		
寄与率(%)			0.76	0.10		
累積寄与率			0.76	0.86		

つまり、ここでは架線・撤去別、職種別の組合せで6変量とみなしているが、その結果は第1主成分に76%の情報量が集まり、因子負荷量も絶対値が0.8以上である。従って、この結果から第1主成分を架線、撤去のしやすさとしてとりあげ、それぞれの標本の主成分分値（スコア）を算出してこれを得点とした。

① 運転がしやすい；運転のしやすさを図3-1の左側の項目について運転手にアンケートした。とりあえず、それぞれの項目について容易1、やや容易2、普通3、やや困難4、困難5の点数を与えたが、本来は1, 2, 3, 4, 5がよいのか、たとえば1, 3, 6, 10, 15という与え方の方がよいのか明らかでない。そこで、調査や測定の回答パターンからサンプルをいくつかのタイプに分類しようとする数量化III類を使って、運転のしやすさの弁別には、どんな項目が効いているかみたものが図3-1である。

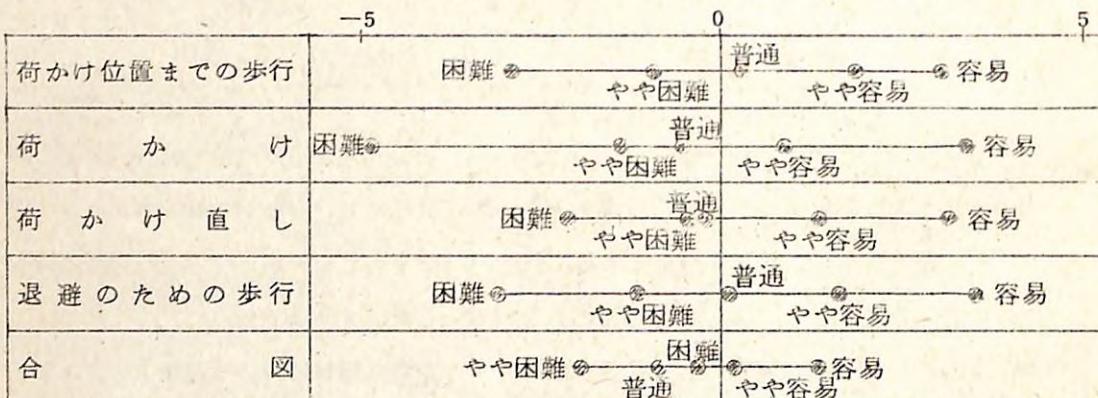
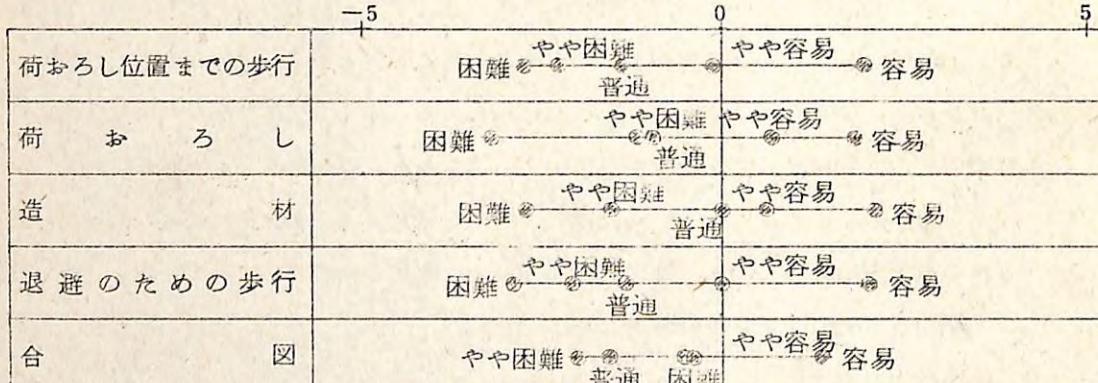
図からわかるように右側が容易、左側が困難を示しているが、それぞれの項目ごとに点数の与え方が異っている。この点数を使って、それぞれのサンプルが該当する項目の算出平均値をそのサンプルの値とした。

② 荷かけがしやすい：

図3-1 索張法の各項目に与える数値—運転のしやすさ(第1軸)  $\rho = 0.633$ 

④ 荷おろしがしやすい：運転のしやすさと同様、しやすさの弁別を図3-2(荷かけ)、

図3-3(荷おろし)のように各項目の難易度に点数を与えることによっておこなった。

図3-2 索張法の各項目に与える数値—荷かけのしやすさ(第1軸)  $\rho = 0.685$ 図3-3 索張法の各項目に与える数値—荷おろしのしやすさ(第1軸)  $\rho = 0.710$ 

④ 疲労しない：運転手、荷かけ手、荷おろし手別に“1日のほとんど疲れを感じるか”を聞いた。回答項目はつきのとおり。

1. ほとんどない
2. 月に1回程度
3. 月に2~3回
4. 週に1回程度
5. 週に2~3回以上

職種を变量とみなしてPCAをほどこしたのが表3-2である。第1主成分に59%の情報が集まっているが、運転手の因子負荷量がやや小さい。運転手の因子負荷量は第2主成分でも0.72を示し、運転手の疲労感の違いの可能性を示しているが、その固有値は1より小さく、誤差に埋没してしまった。したがって、ここでは第1主成分のみを用いた。

表3-2 疲労感の主成分分析

項 目	デ タ		各主成分の因子負荷量		寄与率 ( $Z_1$ まで)
	平 均	標準偏差	$Z_1$	$Z_2$	
運 転 手	3.02	1.23	0.68	0.72	0.46
荷 か け 手	3.07	1.26	0.82	-0.16	0.67
荷おろし手	2.76	1.31	0.78	-0.45	0.61
固 有 値			1.76	0.75	
寄与率(%)			0.59	0.24	
累積寄与率			0.59	0.83	

④ 安全に作業ができる：3職種に対して作業の安全感を聞いた。回答項目は

1. 危険を感じない
2. あまり危険を感じない
3. どちらともいえない
4. かなり危険を感じる
5. 危険を感じる

PCAの結果は表3-3のとおり。ここでも運転手の傾向が異なるが、第1主成分分値をサンプルのスコアとした。

表3-3 安全感の主成分分析

項目	データ		各主成分の因子負荷量	寄与率 (Z <sub>1</sub> まで)
	平均	標準偏差		
運転手	2.53	1.01	0.70	0.71
荷かけ手	2.62	1.04	0.84	-0.22
荷おろし手	2.52	1.06	0.81	-0.39
固有値			1.85	0.70
寄与率(%)			0.62	0.23
累積寄与率			0.62	0.85

### ③ 経済性

経済性は主作業コスト、副作業コスト、架線人工、撤去人工、機械・器具コスト、総コストの6項目を評価基準とした。

各項目の評価量の算定は、次のとおりである。

#### ① 主作業コスト

主作業コストは伐倒、荷かけ、荷おろし、造材、盤台作業および集材機運転の各作業の所要人工数、1日の賃金(昭和49年度の国有林の平均: 5,500円)および全集材量とから、次のように主作業での単位作業量当りの単価(円/m<sup>3</sup>)を算出した。

$$\text{主作業コスト (円/m}^3) = \frac{\text{延所要人工数} \times 1 \text{日の賃金 (5,500円)}}{\text{全集材量 (m}^3)}$$

#### ② 副作業コスト

副作業コストは架線、張替、撤去、盤台作設の各作業の所要人工数から、主作業コストと同様に副作業での単位作業量当りの単価(円/m<sup>3</sup>)を算出した。

#### ③ 架線人工、④ 撤去人工

架線、撤去などの副作業費は、作業量に左右されない固定費に相当し、単位作業量当りの単価では判断できない面もあるため、架線および撤去それぞれの所要人工数を採用した。

#### ⑤ 機械・器具コスト

機械・器具コストは集材機、搬器、ブロック、シャックル、主索・作業索等のワイヤーロープで構成する経費である。

集材機については、償却費(購入価格の90%と仮定)、整備修理費(購入価格の75%と仮定)を考慮し、表3-5のように集材機の馬力別に耐用時間と運転時間を定め、表3-4の集材機価格から次式によって単位作業量当りの単価(円/m<sup>3</sup>)を算出した。

$$\text{単価 (円/m}^3) = \frac{\text{集材機価格} \times (0.90 + 0.75) \times \frac{\text{運転時間}}{\text{耐用時間}}}{\text{全集材量 (m}^3)}$$

表3-4 集材機および機材価格表

品名	規格	価格
集材機	76 PS以上	3000千円
	56~75	2610
	21~55	1970
	21 PS未満	720
キャリージ	小型 片持	21200円
	大型 片持	122600
	大型 普通	65700
サドルブロック	小型	11100円
	大型	25500
ローディングブロック	小型	17000円
	大型	25000
ヒールブロック	小型 3車	10700円
	中型 4車	23100
	大型 6車	28000
ガイドブロック	小型 7時	8500円
	中型 9時	10000
	大型 12時	12000
スカイラインクランプ	小型 16~20%	23100円
	大型 22~26%	45400
ワイヤクリップ	~10%	150円
	12~12.5%	200
	14~16%	350
	18~20%	600
	22~26%	900
シャックル	10~26%	250円
	~10%	170
ワイヤーロープ	12~12.5%	240
	14%	280
	16%	350
	18~20%	500
	22~%	700

注)伐出作業(農林出版)から引用。

表 3-5 集材機および機材の耐用時間と耐用数量

機種	耐用時間	標準運転時間
大型集材機 (76 PS以上)	6,000 時間	6.0 時間
中型集材機 (21~75 PS)	4,500 時間	6.0 時間
小型集材機 (21 PS未満)	3,500 時間	6.0 時間
品目	耐用数量	
ワイヤーロープ主索 22%以上	16,000 $m^3$	
" 18~21%	11,000 $m^3$	
" 18%未満	9,000 $m^3$	
作業索 14%以上	9,000 $m^3$	
" 10~13%	4,500 $m^3$	
" 10%未満	3,800 $m^3$	
搬器・ブロック類など	12,000 $m^3$	
クリップ・シャックルなど	6,000 $m^3$	

注) 伐出作業(農林出版)から引用。

搬器、ブロック、クリップ、シャックル、ワイヤーロープについては、各々規格別に使用量を集計したものに、表3-4の価格を乗じて所要経費を求め、表3-5の耐用数量で除して単位当たりの機材費(円/ $m^3$ )を算出した。

なお、特殊搬器や特殊器具(ストバーなど)は、購入価格を直接用いるために購入年度が異なる場合(昭和40~49年)、物価上昇によってその比重が違ってくる。ここでは、総理府の物価指数を指標にして昭和49年度を100とする年度別の換算を行ない、価格の年次差を統一した。

#### ② 総コスト

総コストは主作業コスト、副作業コスト、機械・器具コスト、運転維持コスト(燃料・潤滑油・消耗品の所要経費)など集材作業にかかるすべての経費の総額である。これを全集材量で除して単位作業量当たりの単価(円/ $m^3$ )を算出した。

#### ④ 機能

⑦ 集材: 図3-4の左側の項目を使って集材機能を弁別するために、数量化III類の方法により各項目の各カテゴリに数値が与えられる。この数値の違いは各項目の親近性の度

合いを示すものである。これから見るとプラスの方に規模が小さいことと関係の深いものが並び、マイナス側は規模の大きいものと関係が深いものが並ぶ。したがって、この数値を用いて各索張りを分類すると規模の大小を測る尺度になるということである。

	-5	0	5
集材木の状態	全幹 全木		普通
上げ荷下げる荷	上げ下げる荷用 上げ下げる併用 水平用		上げ荷用
集材距離	401~600 801<	201~400 601~800	>200
搬器走行時間 (実搬器+空搬器)	11~15 16<	6~10 16<	>5
1日の集材回数	>20	31~40 21~30	7.7 15.2 41~50 51<
集材面積	16< 11~15 6~10		>5
1日の集材量	36~45 6< 26~35 46~55	16~25	6~15
集材量	1001~1500 1501<	501~1000	>500
地曳・宙づり	ほとんど宙づり		併用 ほとんど地曳
峰越集材等		普通単支間	峰越 中間支持 曲線 11.5
集材勾配		急傾斜	緩傾斜 平坦地
地形の制約	横取地点高 平担地	凸地形 短距離 急傾斜地	起伏地 横取距離 長距離
吊 積載量	1.6~2.0 2.1<	0.6~1.0 1.1~1.5	9.2 >0.5
吊荷の高さ	樹冠の上		樹冠の下
荷 吊荷のゆれ		普通	小さい 大きい

図3-4 索張法の各項目に与える数値—集材—(第I軸)  $\rho = 0.472$ 

#### ① 横取

#### ② 荷かけ

### ② 荷おろし

②と同様にして、各項目の各カテゴリーに数値を与えたが、それぞれの軸の方向は機能の大小をある程度表現しているようである。また、この数値から、各サンプルに与える点数は、それぞれの該当する項目の点数を加えあわせて平均をとればよい(図3-5, 3-6, 3-7)。

横取距離	-5 91~120 121<	0 >30 31~60	5
横取時間	25 6~10	11~15 16<	
障害物に対して	弱い 普通	普通	強い
横取時の主索のゆれ	大 普通	普通	小
横取方向の自由さ	限定 普通	普通	自由
横取時の搬器の流れ	21~30 11~20	>10 31<	
横取時の荷はずれ	-8.0 多	普通	少

図3-5 索張法の各項目に与える数値—横取—(第I軸)  $\rho = 0.482$

荷かけ地点の自由さ	制限される 普通	任意にとれる	5
静止時の内角作業	あり 普通	なし 普通	
静止時の線下作業	あり 普通	なし 普通	
荷かけ時間 (1回あたり)	6~8 普通	>5 11~15 多	16<
退避場所から荷かけ場所までの距離	31~45 >46	>15 16~30	
合図の程度	普通 多	普通 多	少

図3-6 索張法の各項目に与える数値—荷かけ—(第I軸)  $\rho = 0.494$

荷おろし規制	-5 あり あり	0 なし なし	5
静止時の内角作業	あり あり	なし なし	
静止時の線下作業	あり あり	なし なし	
荷おろし時間 (1回あたり)	4~6 7.1 31~45	>3 16~30 46<	10< 7~9 6.6
退避場所から荷おろし場所までの距離	普通 多	>15 普通 多	
合図の程度	普通 多	少 少	

図3-7 索張法の各項目に与える数値—荷おろし—(第I軸)  $\rho = 0.496$

### (3) 評価値の推定

索張法を評価するための数値を算出することがここでの目的であるが、これらの数値は作業条件の違いによって変化する。そこで、今まで述べてきた評価尺度の数値を外的基準(被説明変数)とし、次に掲げる要因をアイテム(説明変数)として数量化I類による解析を試みた。

#### 評価尺度の説明変数

a 規模(スパン)

b 傾斜

c ha当たり立木本数

d 立木 $m^3$ まわり

e 伐採方法

f 索張法(索張方式、横取規制、搬器固定の組合せとした)

解析結果における、それぞれの評価尺度の相関係数は表3-6のごとくである。表中、機械器具コストの相関係数に範囲があるのは、機械器具コストをさらに分割して解析したためである。また、荷おろし(機能)の重相関係数が著しく低いのは、データ数の関係から皆伐も含めて解析したためであろう。

つぎに、索張法別、作業条件別に評価尺度の予測値を算出することになるが、作業条件の組合せは幾通りもある。そこで、被説明変数に使った要因のうち、索張法と伐採方法の使用

表3-6 評価尺度の数量化I類結果一覧表

評価尺度	重相関係数	偏 相 関 係 数						
		規 模 (スパン)	傾 斜	ha 当り 立木本数	立木 $m^3$ まわり	伐採方法	索 張 法	
森林環境の保全性	伐開巾	0.8651	0.4604	0.0960	0.5324	0.4182	0.2455	0.6584
	横取巾	0.8514	0.5020	0.5047	—	—	0.6044	0.8287
	稚幼樹の損傷	0.6788	0.4350	0.4391	0.2552	0.3967	0.3182	0.6432
	残存木の損傷	0.6204	0.2290	0.1264	0.4769	0.3578	0.3449	0.5199
	地表面の攪乱度	0.6482	0.4349	0.1464	0.2671	0.4326	0.2505	0.6224
	景観	0.5137	0.1571	0.1419	0.1208	0.2265	0.1119	0.4693
作業の安全性・容易性	架線撤去	0.8565	0.1629	0.3295	0.3742	0.2893	0.2732	0.8109
	運転	0.6868	0.3239	0.3404	0.4280	0.4134	0.4497	0.6421
	荷かけ	0.6469	0.3588	0.0902	0.5404	0.4078	0.3327	0.5690
	荷おろし	0.3037	0.1154	—	—	—	—	0.2685
	疲労感	0.5395	0.1170	0.2317	0.3529	0.2915	0.1997	0.5094
	安全感	0.6310	0.4028	0.0924	0.3534	0.5045	0.0673	0.5475
経済性	主作業コスト	0.7588	0.3331	0.4267	—	0.2530	0.5492	0.5602
	副作業コスト	0.6123	0.3766	—	—	—	0.1758	0.6006
	架線人工	0.8622	0.4760	0.3386	—	0.3541	0.6532	0.7124
	撤去人工	0.8162	0.5619	0.1926	—	0.4728	0.5802	0.7224
	機械器具コスト	0.8398 0.9441	0.5040 0.6771	—	—	0.3434 0.5309	0.7791 0.9142	
	総コスト	0.7393	0.2528	0.4838	—	0.2724	0.3267	0.5387
機能	集材	0.9210	0.4733	0.2481	0.3503	0.4067	0.7023	0.8735
	横取	0.6754	0.1971	0.1923	0.2469	0.2663	0.3463	0.5992
	荷かけ	0.7620	0.4063	0.1322	0.3137	0.1115	0.4554	0.7368
	荷おろし	0.7257	0.4449	0.2884	0.4039	0.3837	0.3806	0.6450

区分はそのままとし、規模(スパン)と傾斜は次の区分(表3-7)に従い、データの使用頻度によって加重平均した。また、ha当たり立木本数、立木 $m^3$ まわりは全体の平均値を採用した。

表3-7 スパン、傾斜の使用区分

スパン	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張法	スパン	傾斜
1・2	タイラー	なし	なし	1-1, 1-2	4	3
3・4	エンドレス・タイラー	なし	エンドレス索	2-3	4	2
5・6	エンドレス・タイラー	滑車	併用	2-12, 2-13	4	2
7	エンドレス・タイラー	エンドレス索引込み	なし	2-2	4	2
8~10	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	3	2
11・12	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	3	2
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	3	2
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	3	2
15	ホイスチングキャレジ	人力引込	エンドレス索	5-1	2	1
16	スラックライン	人力引込	片方	7-5	1	1
17・18	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4, 8-6	1	2
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	3	2
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1, 10-2	3	2
21・22	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1, 11-3 11-5	1	1

スパン ① ~ 200 1 ①② 傾斜① ~ 15°未満 1 ①②  
 ② 201~ 400 2 ②③ ② 15~30°未満 2 ①②③  
 ③ 401~ 600 3 ②③④ ③ 30~ 3 ②③  
 ④ 601~ 800 4 ②③④⑤  
 ⑤ 801~1000

## (4) 索張法別評点の計算

(3)で述べた評価尺度の推定値には異質なものが含まれており、そのままアウトプットとしたのでは索張法別の優劣を判定しにくい。そこで、単位を揃えるために基準量で割り無次元にする必要がある。ここでは、原データから平均を引き標準偏差で除して基準化した。さらに、これらすべてを0から10までの11段階の評点におきかえることにした。評点への変

換表は次のとおりである。

$\frac{Z - \bar{Z}}{S}$	-3	$-2\frac{5}{11}$	$-1\frac{10}{11}$	$-1\frac{4}{11}$	$-\frac{9}{11}$	$-\frac{3}{11}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{9}{11}$	$1\frac{4}{11}$	$1\frac{10}{11}$	$2\frac{5}{11}$	3
評 点	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

ただし、評価尺度の関係でプラス、マイナスが逆の場合もあった。

表3-8から表3-11には、索張法別に評価尺度に与える評点が示されている。大部分の指標は評点が高い程良い索張法であることを示している。ただ、それぞれの評価尺度を持つ意味づけは、すでに述べたとおりでありよく注意する必要がある。たとえば、集材機能は規模との関係が深い尺度であった(2)-(4)-(7)。

表3-8 索張法別評点(森林環境の保全性)

No	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張り法	伐採方法	伐開巾	横取巾	稚幼樹の損傷	残存木の損傷	地表面の擾乱度	景観
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	2	4	5	6	6	7
2				1-2	抾	3	4	6	5	5	7
3	エンドレス タイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	2	2	5	6	7	5
4					抾	3	1	6	5	6	5
5	エンドレス タイラー	滑車	併用	2-12	抾	5	5	7	5	7	3
6				2-13	漸	5	7	6	6	7	5
7	エンドレス タイラー	エンドレス 索引込み	なし	2-2	抾	4	4	4	6	3	5
8	フォーリング ブロック	なし	なし	3-1	皆保	3	4	4	5	5	1
9					抾	3	4	5	4	4	2
10					漸	3	5	3	5	4	3
11	フォーリング ブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	4	—	4	5	7	6
12					抾	5	—	5	5	6	7
13	フォーリング ブロック	規制索	なし	3-10	抾	5	4	8	6	5	2
14	フォーリング ブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	6	8	—	8	5	7
15	ホイスチング ブロック	人力引込	エンドレス索	5-1	間	7	6	—	4	4	7
16	スラック ライン	人力引込	片方向	7-5	抾	7	—	6	3	5	4
17	ランニング スカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	抾	6	7	7	5	6	5
18				8-6	間	7	7	—	7	5	5
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	抾	6	7	8	6	6	8
20	モノケーブル	横取 小	搬器なし	10-1 10-2	間	6	7	—	6	7	7
21	ハイリード	横取 小	搬器なし	11-1 11-3 11-5	抾	8	7	2	0	1	5
22					漸	8	7	1	1	1	6

表3-9 索張法別評点(作業の安全容易性)

No.	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張り法	伐採方法	架線撤去	運転	荷かけ	荷おろし	疲労感	安全感
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	6	6	6	6	6	5
2				1-2	択	5	4	5	6	6	5
3	エンドレス タイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	4	7	6	6	6	8
4					択	3	4	5	6	6	7
5	エンドレス タイラー	滑車	併用	2-12	択	2	5	4	4	6	6
6				2-13	漸	2	5	5	4	6	6
7	エンドレス タイラー	エンドレス 索引込み	なし	2-2	択	2	5	4	3	4	1
8	フォーリング ブロック	なし	なし	3-1	皆保	6	5	5	5	7	4
9					択	6	3	4	5	7	4
10					漸	5	3	5	5	7	4
11	フォーリング ブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	7	5	8	5	7	8
12					択	6	3	6	5	7	7
13	フォーリング ブロック	規制索	なし	3-10	択	2	1	0	3	7	4
14	フォーリング ブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	5	3	5	—	2	8
15	ホイスチング キャレジ	人力引込	エンドレス索	5-1	間	6	8	3	6	3	4
16	スラック ライン	人力引込	片方向	7-5	択	5	6	5	—	1	4
17	ランニング スカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	8	3	6	4	4	4
18				8-6	間	7	5	4	4	3	4
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	6	9	4	9	4	5
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	5	3	5	9	6	5
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1	択	7	6	8	3	3	4
				11-3							
22				11-5	漸	6	6	9	3	3	4

表3-10 索張法別評点(コスト)

No.	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張り法	伐採方法	主作業	副作業	架線	撤去	機材	総コスト
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	5	2	4	4	4	4
2				1-2	択	4	2	5	6	4	3
3	エンドレス タイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	5	2	1	0	3	4
4					択	4	2	2	1	3	3
5	エンドレス タイラー	滑車	併用	2-12	択	5	5	5	6	4	6
6				2-13	漸	6	3	4	4	5	5
7	エンドレス タイラー	エンドレス 索引込み	なし	2-2	択	5	7	5	5	3	6
8	フォーリング ブロック	なし	なし	3-1	皆保	8	5	4	4	4	8
9					択	8	6	5	6	4	8
10					漸	8	4	3	4	3	3
11	フォーリング ブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	6	5	6	5	3	6
12					択	5	5	7	6	3	5
13	フォーリング ブロック	規制索	なし	3-10	択	5	5	3	5	5	5
14	フォーリング ブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	1	6	4	4	3	2
15	ホイスチング キャレジ	人力引込	エンドレス索	5-1	間	0	6	7	5	8	3
16	スラック ライン	人力引込	片方向	7-5	択	7	7	6	7	5	7
17	ランニング スカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	5	7	7	7	7	6
18				8-6	間	2	7	8	6	7	3
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	5	5	5	8	7	5
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	2	6	7	5	8	3
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1	択	6	8	7	7	7	7
				11-3							
22				11-5	漸	6	8	4	5	7	7

表3-11 案張法別評点(機能)

№	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張り法	伐採方法	集材	横取	荷かけ	荷おろし
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	3	5	5	4
2					択	3	4	5	5
3	エンドレスタイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	3	4	5	6
4					択	2	5	5	7
5	エンドレスタイラー	滑車	併用	2-12	択	3	5	4	4
6					漸	5	3	3	7
7	エンドレス索引込み	エンドレス索引込み	なし	2-2	択	4	8	3	3
8	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	皆保	4	6	4	3
9					択	4	5	4	5
10					漸	6	4	3	6
11	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	5	7	7	7
12					択	4	5	7	8
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	択	6	0	5	3
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	7	4	8	6
15	ホイストシングルキャレッジ	人力引込	エンドレス索	5-1	間	6	7	7	5
16	スラックライン	人力引込	片方向	7-5	択	5	4	4	4
17	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	5	5	7	6
18					間	6	4	9	7
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	9	5	2	6
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	9	2	3	6
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1 11-3 11-5	択	5	8	5	2
22					漸	7	6	4	1

## (5) 評価尺度による索張法のパターン化

すでに索張法別の評点を算出したが、①森林環境の保全性、②作業の安全容易性、③経済性は6角形に、また機能は4角形に図式化することにより、索張法のパターン分析をおこなった。このパターン分析にはクラスター・アナリシスを用いた。分類の基準は距離または相関係数によった。前者は小さい程、後者は大きい程2つの索張法は似ていることになる。なお、クラスタリングは、索張法別、作業条件別に算出した評価尺度の予測値をそのまま用い、図式化は評点によった。

## ① 森林環境の保全性

クラスタリングの結果を要約したのが、図3-8、表3-12であり、それぞれ対応している。図3-8によると全般的に均衡かとれているのはDグループ、ついでCグループが該当しているようである。図形に表示されていないのは欠測値ないしは評価尺度として問題とならない(間伐林における稚幼樹の損傷)ものである。

## ② 作業の安全容易性

この項目は分類学的距離によるクラスタリングが不可能であったので相関係数によった。図3-9、表3-13によってもわかるように、索張法が明瞭にパターン化されていない。このことからいえることは、このような尺度による分類では、作業の安全容易性がはっきりと区別できないことである。敢えて区別するならば、Aグループが全体的にすぐれているといえよう。評価尺度毎の特徴はそれぞれの図から視覚的に理解できる。

## ③ 経済性

クラスタリングの結果は、図3-10、表3-14のとおりである。

図3-10によると、全般的によいのはB、C、Eグループであるが、Bグループは機械コストが高く、Cグループでは主作業コストが小さいのが特徴的である。A、Dグループは全般的に悪く、Aグループでは副作業コストや架線、撤去人工が大きく、Dグループは機械・器具コストは小さいが主作業コストが大となっている。

## ④ 機能

相関係数によるクラスタリングの要約は図3-11、表3-15のとおりとなる。すでに述べたように、集材機能は規模と関係が深かった。図式化において、集材機能で評点の高いものを択伐木、間伐木向きとするならば、Dグループ、Bグループが全般的にすぐれている。

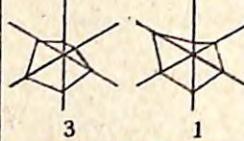
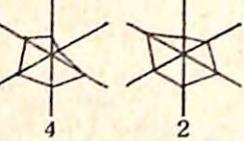
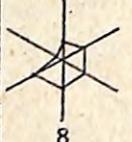
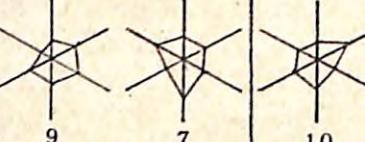
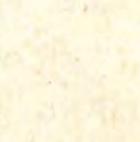
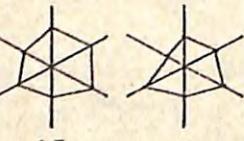
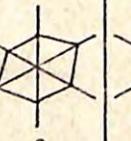
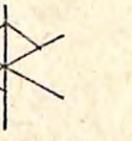
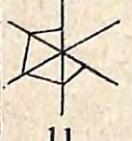
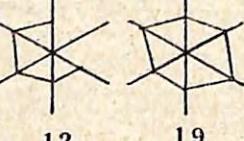
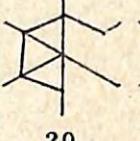
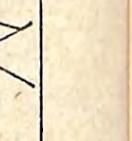
伐採方法 タイプ	皆 保	択 伐	漸 伐	間 伐
A 林地をあらさない				
B 全 体 的 い 悪				
C 中 庸				
D 全 体 的 い 良				
E 伐 開 が 少 な い				

図 3-8 クラスターと索張法パターン(森林環境の保全性)

表 3-12 索張法のクラスター(森林環境の保全性)

伐採方法 タイプ	皆 保	択 伐	漸 伐	間 伐
A	③エンドレス(2-3) ④タイラー	④エンドレス(2-3) ②タイラー(1-1) (1-2)		
B	⑧フォーリング(3-1) ⑨ブロック	⑨フォーリング(3-1) ⑩ブロック	⑩フォーリング(3-1)	
		⑦エンドレス(2-2)		
C		⑪ランニング(8-4) ⑫スカイライン(8-6)	⑥エンドレス(2-12) ⑥タイラー(2-13)	⑮ホイスト(5-1)
		⑤エンドレス(2-12) ⑤タイラー(2-13)		
D		⑯スラッシュ(7-5) ⑰ライン		⑳モノケーブル(10-1) (10-2)
	⑪フォーリング(3-7) ⑫ブロック	⑫フォーリング(3-7) ⑯モノケーブル(10-3)		⑭フォーリング(3-14) ⑮ランニング(8-4) ⑯スカイライン(8-6)
E			(11-1) ハイリード(11-2) (11-3)	(11-1) ハイリード(11-2) (11-3)

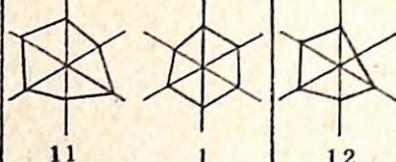
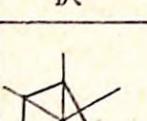
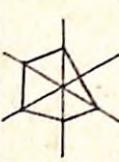
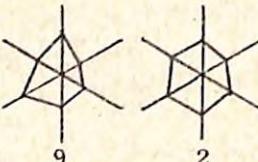
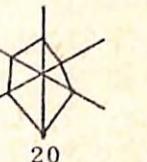
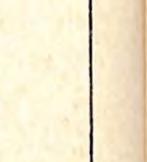
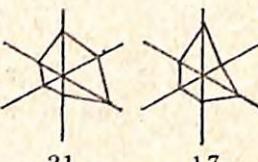
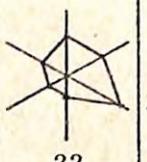
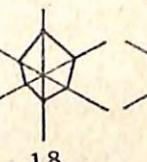
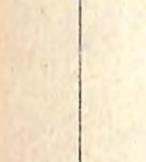
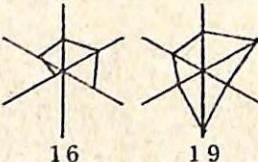
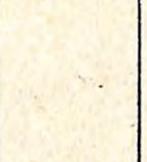
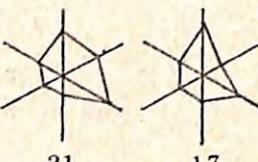
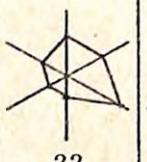
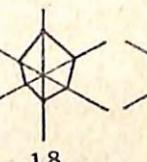
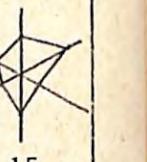
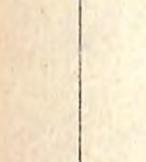
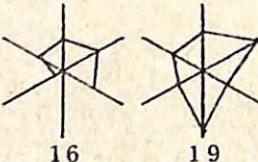
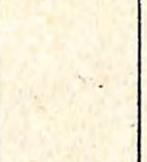
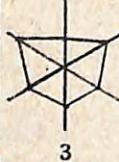
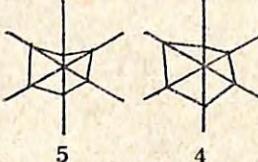
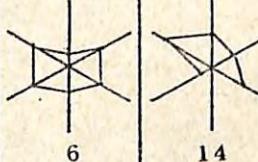
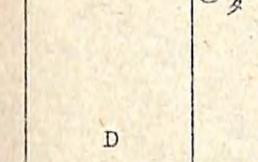
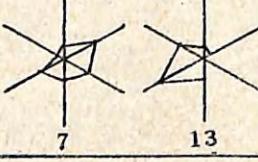
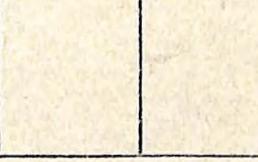
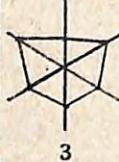
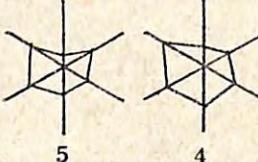
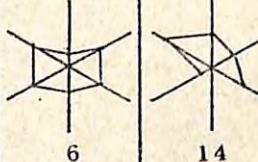
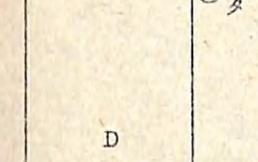
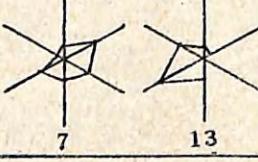
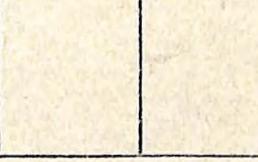
伐採方法 タイプ	皆 保	択 伐	漸 伐	間 伐	
A 全 体 的 的 い	 11	 1	 12		
B 中 庸		 9	 2	 10	 20
C 架 線 撤 去 がしやすい	 21   17   22   18   15   16   19	 21   17   22   18   15   16   19			
D 架 線 撤 去 が 困 難	 3	 5   4   6   14   7   13	 3	 5   4   6   14   7   13	

図 3-9 クラスターと索張法パターン (作業の安全容易性)

表 3-13 索張法のクラスター (作業の安全容易性)

伐採 方 法 タ イ ブ	皆 保	択 伐	漸 伐	間 伐
A	⑪ フォーリング (3-7) ⑫ ブロック ① タイラ - (1-1) ② タイラ - (1-2) ⑧ フォーリング (3-1) ブロック	⑫ フォーリング (3-7) ブロック		
B		⑨ フォーリング (3-1) ブロック ⑩ タイラ - (1-1) (1-2)	⑩ フォーリング (3-1) ブロック	⑳ モノケーブル (10-1) (10-2)
C			(11-1) ハイリード (11-3) (11-5) ⑯ ランニング (8-4) スカイライン (8-6)	(11-1) ハイリード (11-3) (11-5) ⑯ ランニング (8-4) スカイライン (8-6) ⑮ ホイステング (5-1) キャレジ
D	③ エンドレス (2-3) タイラ - (2-13)	⑤ エンドレス (2-12) タイラ - (2-13) ④ エンドレス (2-3) ⑦ エンドレス (2-2) ⑬ フォーリング (3-10) ブロック	⑥ エンドレス (2-12) タイラ - (2-13)	⑭ フォーリング (3-14) ブロック

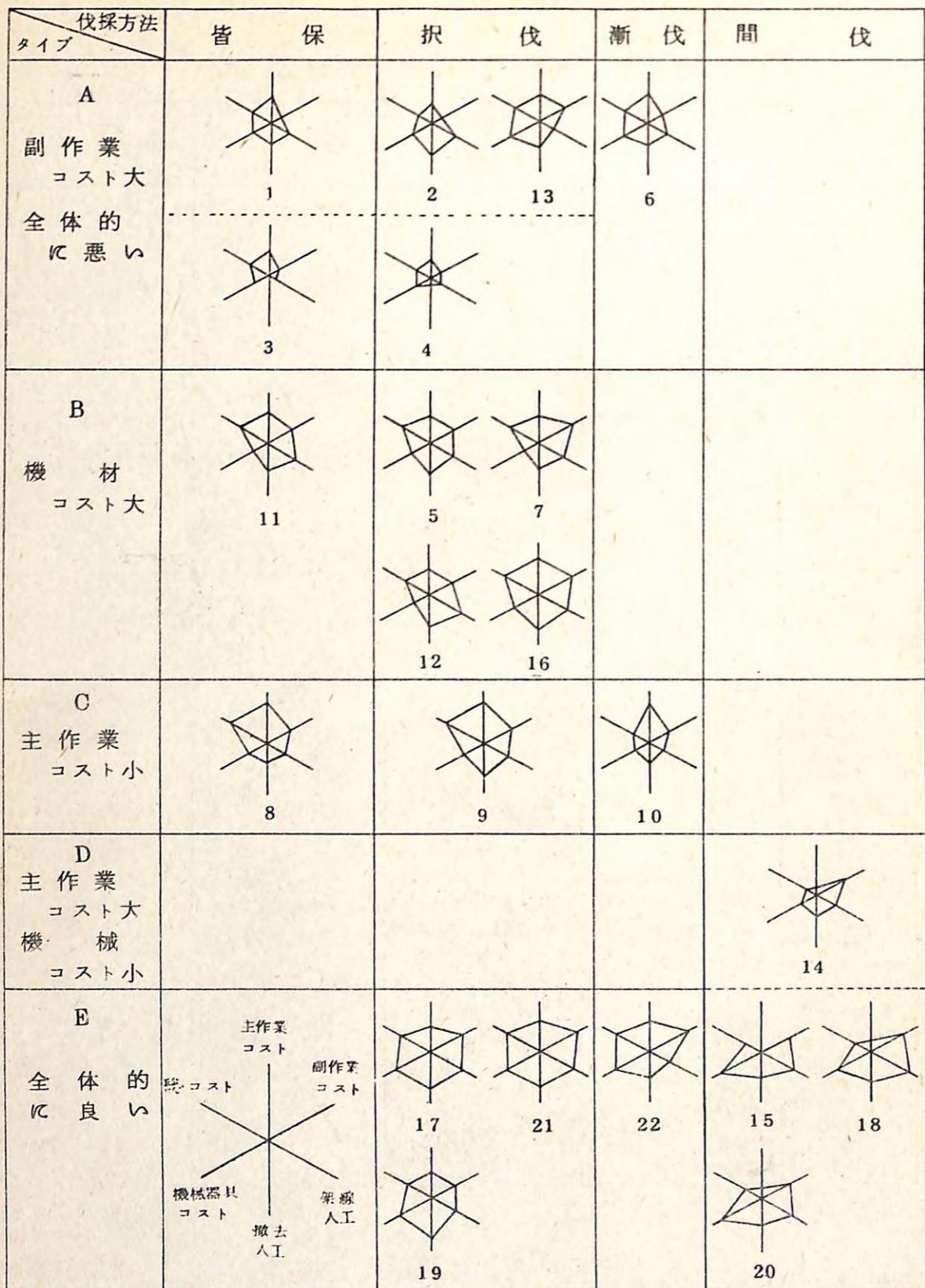


図 3-10 クラスターと索張法パターン(経済性)

表 3-14 索張方式のクラスター

伐採 タイプ	皆 保	択 伐	漸 伐	間 伐
A	① タイラー(1-1) ② タイラー(1-2) ③ エンドレス(2-3) ④ タイラー(2-3) ⑤ フォーリング(3-7) ⑥ タイラー(2-13) ⑦ エンドレス(2-2) ⑧ フォーリング(3-1) ⑨ フォーリング(3-1) ⑩ フォーリング(3-14) ⑪ エンドレス(2-12) ⑫ タイラー(2-13) ⑬ フォーリング(3-10) ⑭ エンドレス(2-12) ⑮ タイラー(2-13) ⑯ エンドレス(2-2) ⑰ フォーリング(3-7) ⑱ スラック(7-5) ⑲ フォーリング(3-1) ⑳ フォーリング(3-1) ㉑ フォーリング(3-14) ㉒ ランニング(8-4) ㉓ スカイライン(8-6) ㉔ ハイリード(11-2) ㉕ ハイリード(11-3) ㉖ ハイリード(11-1) ㉗ ハイリード(11-2) ㉘ ハイリード(11-3) ㉙ モノケーブル(10-3) ㉚ モノケーブル(10-2) ㉛ ホイステング(5-1) ㉜ キャレジ ㉝ ランニング(8-4) ㉞ スカイライン(8-6) ㉟ モノケーブル(10-1) ㉟ モノケーブル(10-2)			
B				
C				
D				
E				

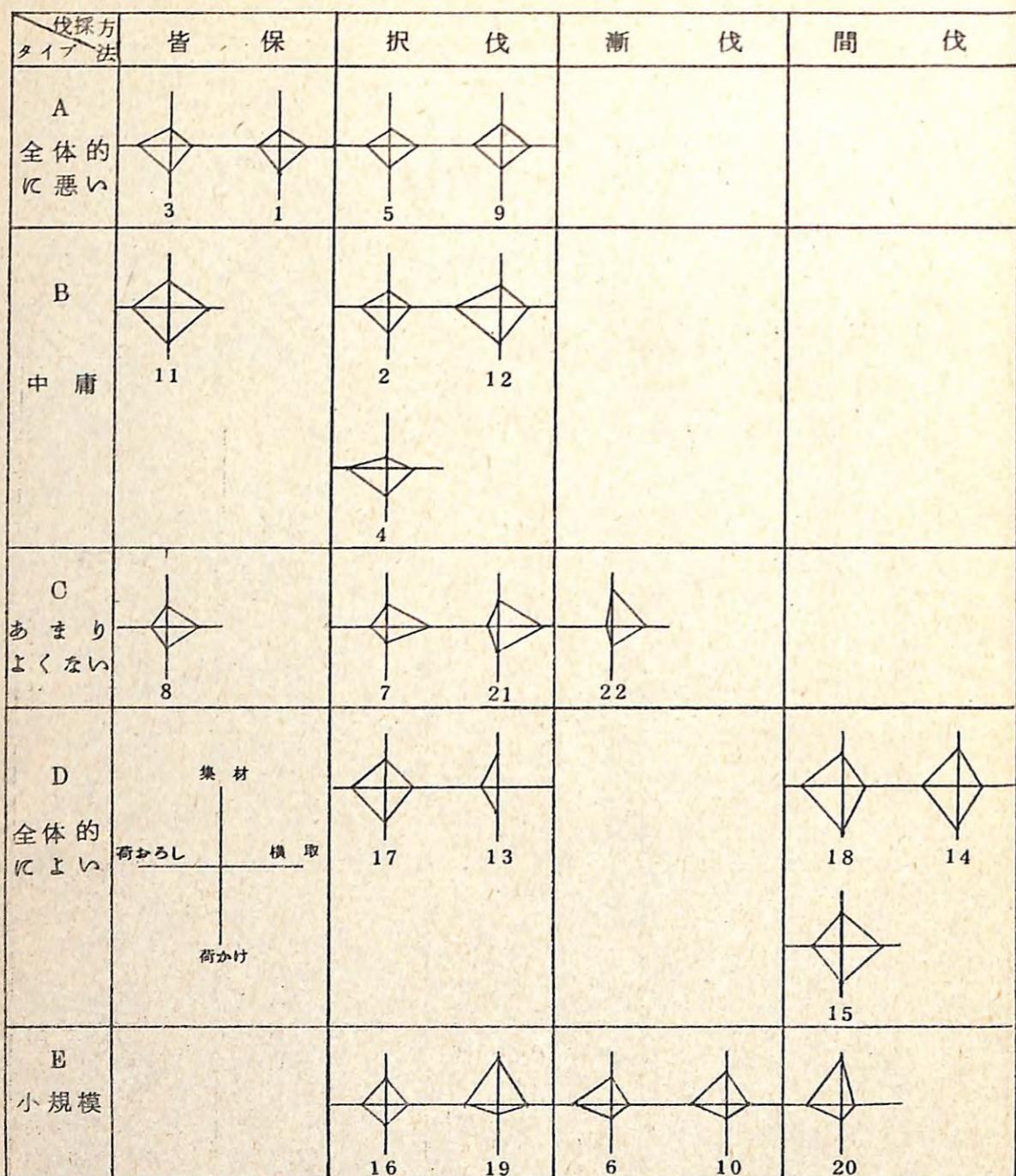


図 3-11 クラスターと索張法パターン(機能)

表 3-15 索張法のクラスター(機能)

伐採方法	皆保	択伐	漸伐	間伐
A	③エンドレス(2-3) ⑤タイラー(2-13) (i)タイラー(1-1) (1-2)	⑨フォーリング(3-1) ブロック		
	⑪フォーリング(3-7) ブロック	②タイラー(1-1) (1-2) ⑫フォーリング(3-7) ブロック		
B	④エンドレス(2-3) タイラー			
	⑧フォーリング(3-1) ブロック	⑦エンドレス(2-2) タイラー (11-1) ハイリード(11-2) (11-3) (11-5)	(11-1) ハイリード(11-3) (11-5)	
C	⑯ランニング(8-4) スカイライン(8-6)			⑯ランニング(8-4) スカイライン(8-6)
	⑯ランニング(3-10) ブロック			⑭フォーリング(3-14) ブロック ⑮ハイストリング(5-1) キャレジ
D	⑯スラック(7-5) ライン	⑥エンドレス(2-12) タイラー(2-13)		⑯モノケーブル(10-1) モノケーブル(10-2)
	⑯モノケーブル(10-3)	⑩フォーリング(3-1) ブロック		

ところで、評価尺度の諸項目に対する現場での価値観には明らかに強弱がある。従ってこれを評価するときには、"重みづけ"をする必要がある。また、必ずしも八方美的なものが望まれる訳でもない。索張法の選択にあたっては、全体的な特徴、個性といったものを十分に把握してから対処する必要がある。

それにしても、索張法を選択するにはただ1つの総合特性値に要約されたとき、はじめて採用か否かの決定に用いることができる。しかるに、すでに述べたように、今回は"重みづけ"は考慮外においている。また、評価方法自体にも不偏なところがあって、算出された数値も大体の傾向を見るに過ぎないかも知れない。

従って、これをもって索張法の優劣を論ずることは問題であろうが、単なる参考値として、それぞれの評価尺度ごとに評点の平均値を算出してみたのが表3-16である。つまり、"重みづけ"は平等ということになる。

表3-16 といまでのパターン化の結果を参考にして、ごく大ざっぱに総合的な評価をすると次のようになろう。

①どの評価尺度においても全体的にすぐれていたもの

- フォーリングブロック (3-7)
- ランニングスカイライン (8-4, 8-6)
- モノケーブル (10-3)
- モノケーブル (10-1, 10-2)

② ①につぐもの

- フォーリングブロック (3-14)
- ホイスチングキャレジ (5-1)
- ハイリード (11-1, 11-2, 11-3)

以上、索張法の評価を森林環境の保全性、作業の安全容易性、経済性、機能の側面から検討したが、要は、現場の特徴に応じて、評価項目の選定や"重みづけ"を決定することが重要であろう。

また、今回は作業条件をスパンと傾斜をおおざっぱに設定した以外は平均値で論じてきた。今後さらに種々の作業条件をとり入れた表現にして、より妥当性の高いものに改めてゆきたい。

最後に、本節で使用した数量化のためのデータ処理では、林業試験場の川端幸蔵氏のご協力を得た。誌上をかりて感謝の意を表したい。また、主成分分析は農林研究計算センターの

表3-16 評価尺度の平均値

№	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な張り法	伐採方法	森林環境の保全性	作業の安全容易性	経済性	機能	総平均
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	5.0	5.8	3.8	4.3	4.8
2					折	5.0	5.2	4.0	4.3	4.6
3	エンドレス タイラー	なし	エントレス索	2-3	皆保	4.5	6.2	2.5	4.5	4.4
4					折	4.3	5.2	2.5	4.8	4.1
5	エンドレス タイラー	滑車	併用	2-12	折	5.3	4.5	5.2	4.0	4.8
6					漸	6.0	4.7	4.5	4.5	5.0
7	エンドレス タイラー	エンドレス 索引込み	なし	2-2	折	4.3	3.2	5.2	4.5	4.3
8	フォーリング ブロック	なし	なし	3-1	皆保	3.7	5.3	5.5	4.3	4.7
9					折	3.7	4.8	6.2	4.5	4.8
10					漸	3.8	4.8	4.2	4.8	4.4
11	フォーリング ブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	5.2	6.7	5.2	6.5	5.6
12					折	5.6	5.7	5.2	6.0	5.3
13	フォーリング ブロック	規制索	なし	3-10	折	5.0	2.8	4.8	3.5	4.1
14	フォーリング ブロック	人力引込	エントレス索	3-14	間	6.8	4.6	3.3	6.3	4.6
15	ホイスチング キャレジ	人力引込	エントレス索	5-1	間	5.6	5.0	4.8	6.3	5.1
16	スラック ライン	人力引込	片方向	7-5	折	4.2	4.2	6.5	4.3	4.6
17	ランニング スカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	折	6.0	4.8	6.5	5.8	5.8
18					間	6.2	4.5	5.5	6.5	5.3
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	折	6.8	6.2	5.8	5.5	6.1
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	6.6	5.5	5.2	5.0	5.3
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1 11-3 11-5	折	3.8	5.2	7.0	5.0	5.3
22					漸	4.0	5.2	6.2	4.5	5.0

3-5 (105), クラスター分析は3-7 (122)によった。

## IV 総 括

非皆伐施業に対応する架空線集材法として、どの索張りが最も適当であるか、その評価法の一つとして現場アンケート調査を基にした数量化理論による索張法の評価を試み、その手法開発に明るい見通しを得た。しかし時間的制約もあり、これを用いて実用的選択基準を提示するには至らなかった。(III-3 参照)

そこで過去に発表された架空線集材技術に関する実行例を調査し(III-1 参照)、非皆伐施業を実行した場合の目的達成度、集材作業・架設作業の容易性、集材能率等大まかな基準にもとづいて、非皆伐施業と索張方式との対応関係を分析してみた。

一般に折伐、漸伐、間伐、部分皆伐(帯状、群状)等の伐採の種類と、伐採箇所の形状との関係は、現在の国有林施業の中では明確でなく、したがって伐採の種類と索張方式との対応関係は必ずしも整然としたものとはならない。しかし、伐採箇所の形状と索張方式との対応は、一応技術的には可能であり、伐採箇所の形状を決定すれば、それに適用できる索張方式は現段階の技術の範囲で選択することができると思われる。

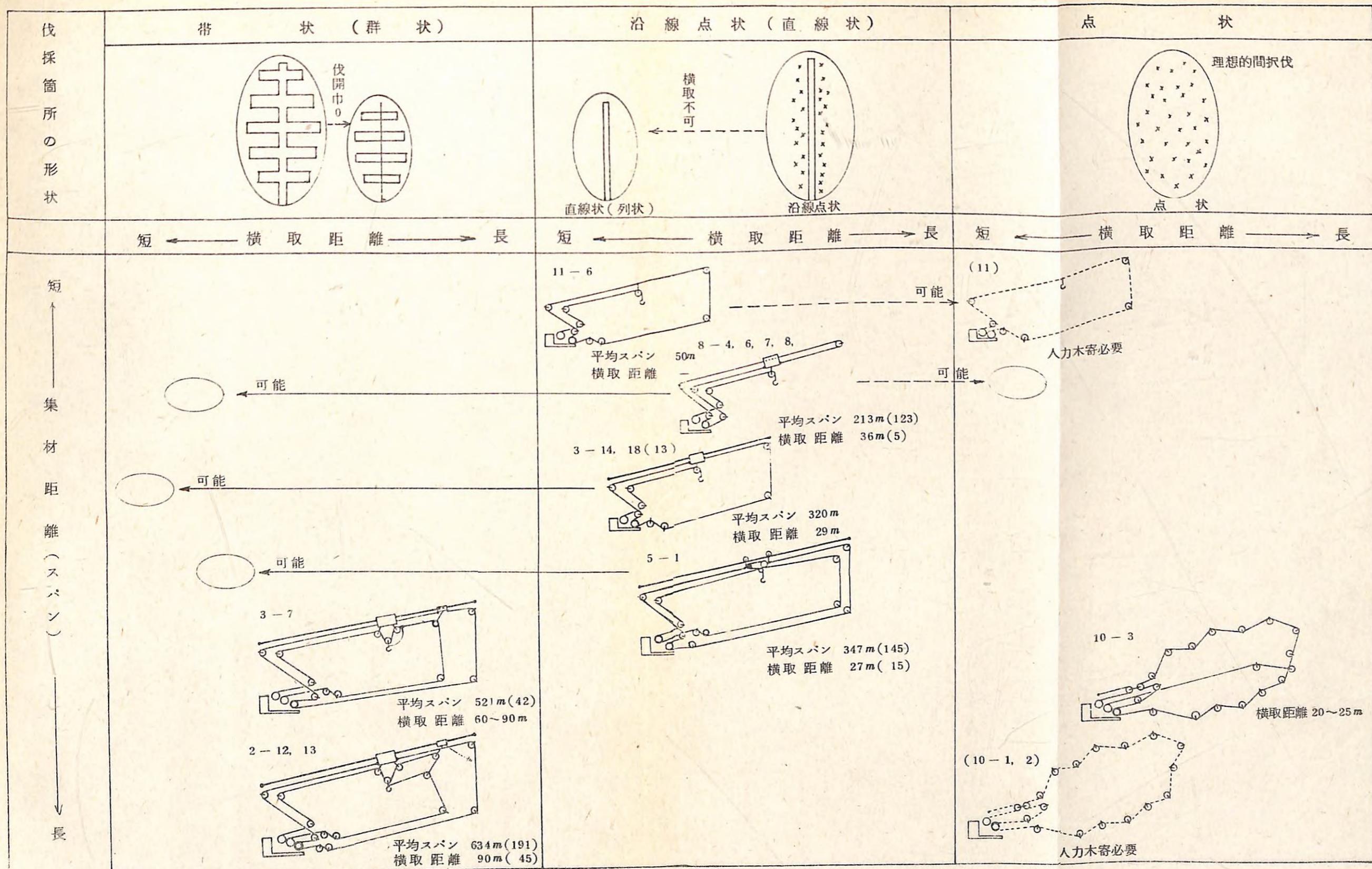
非皆伐施業で取上げられる伐採箇所の形状は図4に示すとおり、(1)帯状、(2)沿線点状、(3)点状の3種に大別できる。このうち帯状が現在国有林において最も一般的に採用されており、この中には葉脈状(魚骨状)あるいは群状(楔状、串だんご状)等が同系として含まれている。(2)の沿線点状は現在横取工程を人力木寄に依存する集材方式で実行されており、機械力のみによる実行例は少ない。沿線点状で横取距離が0となれば、それは列状となる。(3)の点状とは、完全な単木的伐採を意味しており、非皆伐施業の究極の目標はこれにあるといえよう。

図4において、縦方向に集材距離(スパン)が一応の尺度として取りあげられているが、集材距離の短い長いは逆にその索張方式の林道依存度の大小を表わしている。

伐採箇所の形状を所定の形状に実現するため、現在までにいろいろの索張方式が開発され適用されてきたが、形状確保の確実性および集材作業・架設作業の容易性(使用鋼索の量、特殊機材の要・不要)、集材能率等、極めてラフな基準に従って、現段階で最も適応性が大きいと思われる索張方式を選択したのが図4である。

(1)の帯状集材に最も適した索張方式は2-12, 13と3-7である。2-12, 13は実行例も多く最も安定した普及を示しているが、3-7はむしろこれからの可能性を見込んで選択したものである。特にこれは緩中傾斜地の帯状集材に大きな期待がもてる。

図-4 伐採箇所の形状と索張方式の対応関係



※ 図中の平均スパン、横取距離は、文献からの統計値( )内は標準偏差を示す。

(2)の沿線点状集材に適用できる索張方式は、集材距離の短いものから列挙すると、11-6, 8-4群, 3-14群および5-1で、いずれもスキッティングラインを備えた方式である。このうち機動性に富む11-6と8-4群は、頻繁な移動と伐開巾の制限によって、かなり点状集材に接近することができる。一般に沿線点状集材で横取距離を伸ばすためには、スキッティングラインを引込むためのフックラインを追加する必要がある。(例: 8-7, 8-8, 3-18)

(3)の点状集材が可能な索張方式は10-3であり、実行例は少ないが非皆伐施業用として有望な索張方式である。今後安全作業確保のための技術改良に努める必要がある。従来一般的に使用されていた10-1, 10-2は引込索がなく人力木寄を前提としており、その発展性に欠けるものがある。

上記索張方式のうち、11-6, 10-3, 3-7, 2-12の各索張り、およびこれと同系の索張りの索張力特性については、III-2集材架線の索張力測定結果の(1)~(4)に示すとおりであり、従来どおりの適正な設計を行ない、日常の安全点検を励行すれば安全上問題がないことが確認されている。

以上極めて簡単に伐採箇所の形状と索張方式との関係を述べたが、非皆伐施業に対する架空線集材の適応性を一層高めるためには、有望と思われる索張方式につき、さらに実績を積み上げ、改良を重ねる必要がある。