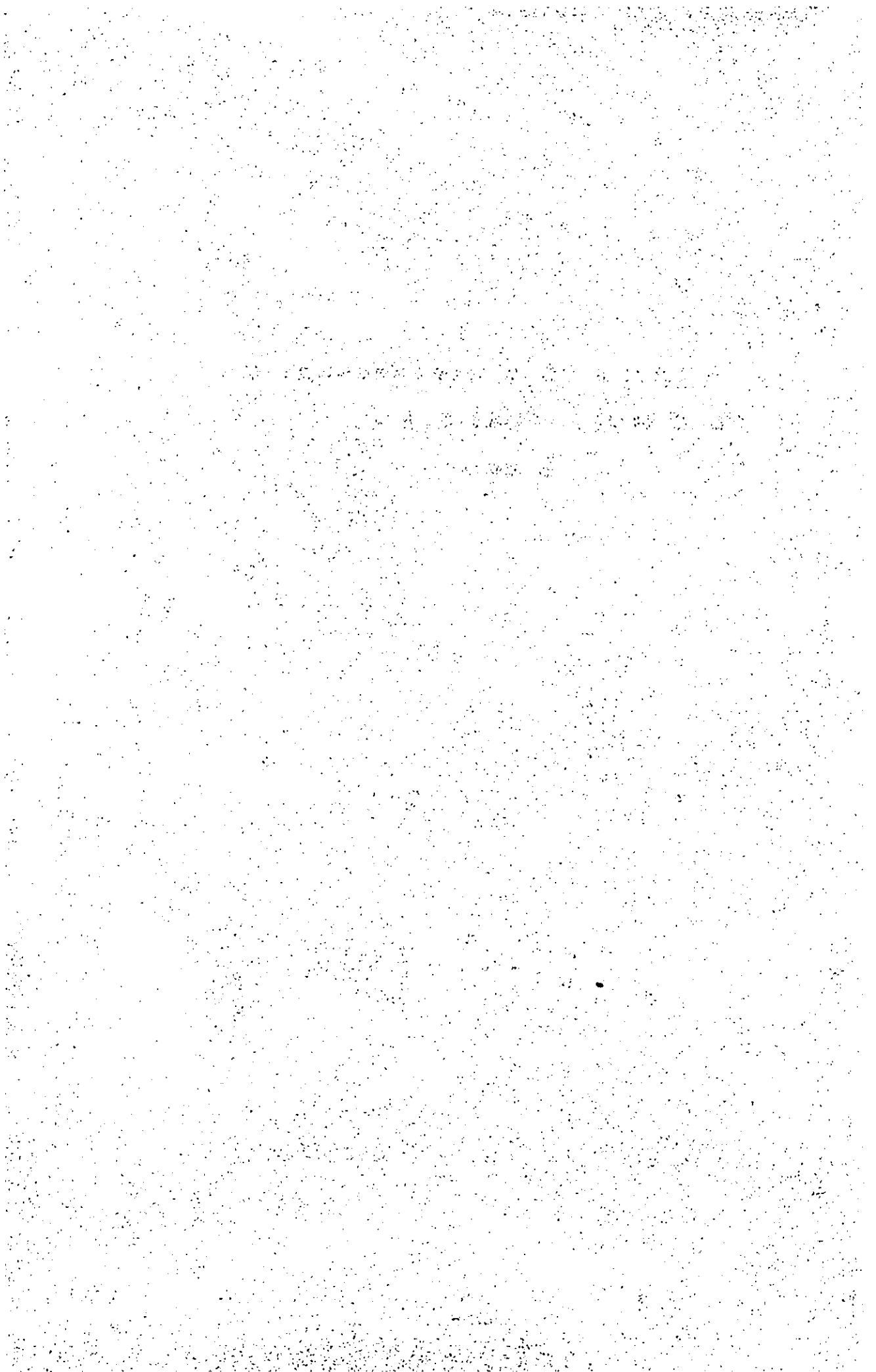


機械化伐出 鈴木 皓 史 (林業試験場機械化部)

派遣期間 自 昭和56年3月24日

至 昭和58年3月23日



目 次

はじめに	
I 研究協力の概要	225
1. 派遣先	225
2. 機械化伐出の目的	225
3. 課題とスケジュール	226
II 業務の内容	227
1. カウンタパート	227
2. 改訂年次計画	227
3. 供与機材	228
4. 実行業務	229
5. 問題点	231
III 資料	233
1. 報告書等リスト	233
2. 学会発表論文	236

は じ め に

昭和 56 年 3 月、本プロジェクトの機械化伐出部門最初の長期派遣専門家としてブラジル国サンパウロ州に着任、以来二年間プロジェクトチームの一員として、相手国カウンタパートと共に、同部門の技術レベル、研究レベルの向上のため協力業務を行なってきた。

昭和 58 年 3 月、任期満了に伴い帰国したのでここに報告する。

I. 研究協力の概要

1. 専門家派遣先

ブラジル国サンパウロ州農務局森林院。

同管内で、研究協力の本拠地としてプロジェクト事務局のある森林院本部（サンパウロ市）、また伐出技術移転の拠点として約 200Km 離れたカンボス・ド・ジョルダン州立公園において業務に従事した。

2. 機械化伐出の目的

サンパウロ州森林院の機械化伐出分野に関する研究協力要請のねらいは、同州の山岳地域に造成されたマツ類あるいはユウカリの人工林を対象に、最終的には水土保持を目的とした保全的経済的伐出技術を確立することにある。従ってわが国のこれに対する技術協力の基本方針は同州山岳林の伐出作業、特に遅れの目立つ間伐作業に有効と考えられる各種の集材技術を紹介し、その中からブラジル国民性や技術レベルに合った方法を選択してゆき、当地にとって最適な技術を定着させることにあり、同時にその過程でカウンタパートを研究者として育成してゆくなど森林院の当該部門に関する研究態勢を整備する手助けをすることである。

3. 伐出技術研究の課題とスケジュール

3-1. 伐出技術研究の課題

課 題	協 力 の 概 要
1) 簡易架空線集材法の適用法	山地における小径木の保全的伐出のための簡易架空線集材法の設計、架設、運転等基礎技術の伝達と改良研究法
2) 大型架空線集材法の適用法	山地における小径木の保全的伐出のための大型架空線集材法の設計、架設、運転等基礎技術と改良研究法
3) モノレール集材法及びトラクター集材法の適用法とその他の機械化技術の改良法	平地林における小径木の搬出のためのモノレール集材法の設計、施設、運転及びトラクター集材法の基礎技術の伝達と改良研究法、その他機械化技術の改良法

3-2. 伐出技術研究協力スケジュール（当初計画）

第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年
◦ 研修受入 （短期1名）	◦ 専門家派遣 （長期2名） （短期1名） 簡易架空線集材法の設計架設、運転及びトラクター集材法等基礎技術の伝達 ◦ 機材供与別紙 研修受入 （短期1名） 簡易架空線集材法の設計、架設、運転等基礎技術の伝達	◦ 専門家派遣 （長期2名） （短期1名） 大型架空線集材法の設計、架設、運転等基礎技術の伝達 ◦ 機材供与別紙 ◦ 研修受入 （短期1名）	◦ 専門家派遣 （長期2名）	◦ 専門家派遣 （長期2名） （短期1名） モノレール集材法の設計、架設、運転の基礎技術の伝達 架空線集材法の改良研究法 ◦ 機材供与別紙 ◦ 研修受入 （短期1名）

Ⅱ. 業 務 の 内 容

1. カウンタパート

ブラジル側カウンタパート（58年3月現在）

期 間	氏 名	年 令	所 属
56.3～	ジョゼ・マリア・モッタ José Maria Motta	51	森 林 院 職 員 (補 助 技 術 者)
56.7～	ルイス・アルベルト・ブッチ Luis Alberto Bucci	27	森 林 院 職 員 (林 学 士)

発足当時、カウンタパートはモッタ氏だけであつたが、4カ月後にブッチ氏が派遣職員として森林院に採用された。彼は56年度の日本研修（3カ月）の後、森林院職員となつた。

2. 改訂年次計画

機械化伐出研究協力年次計画（改訂 1981年12月）

1979	1980	1981	1982	1983
	専門家派遣 長期 2名 短期 1名	専門家派遣 長期 2名 実施事項 簡易架空線集材法の設計、架設、運転等の基礎技術 トラクター集材法の基礎技術 小型集材、モノレール運搬機の集材法	専門家派遣 長期 2名 短期 2名（モノレール） （作業工程） 実施事項 小型集材機、モノレール運搬機の集材法 簡易架空線集材法、トラクター集材法の研究設計 作業能率安全研究	専門家派遣 長期 2名 短期 1名（改良研究法） 実施事項 各種搬出法の現地適応試験 機械化伐出技術の開発改良研究法 作業能率安全研究法

1979	1980	1981	1982	1983
		機械化伐出における試験研究手法 研修受入 1名 3箇月(伐出全般)	機械化伐出における試験研究法 各種搬出法の比較検討 研修受入 1名 3箇月(作業能率安全)	応用的伐出技術

当初計画(1-3.伐出技術協力スケジュール)は昭和53年度に作られたものであり、現状にそぐわない点も少なくなかったため、日伯合同委員会(昭和56年12月15日)において、大幅に改訂されている。

3. 供与機材

伐出分野供与機材実績(57, 58年度は除く)

54年度	55年度	56年度
○スイングドーザ ショベル 1台	○ロギングトラクタ T-50 1台	○モノレール 1式 ○林内作業車 1台
○荷重変換測定機 1式	○集材機 Y252 1台	○リモコンウインチ 2台
○測量用機材 1式	○ワイヤロープ 6巻	○ブロック類 1式
○整備用工具セット 1式	○ブロック類 1式	○燃料消費量計 1台
○発電機 1台	○油圧プレス機 1台	○エンジン回転計 2台
○その他	○有線式通信機 1式	○生体負担測定用 テレメーター 1式
	○発電機 1台	○データレコーダ 1台
	○テルホール 1台	○ビデオ装置 1式
	○その他	○その他

4. 実 行 業 務

昭和55(1980)年度

ほぼ年度末近く(3月25日)に、長期派遣専門家2名、短期派遣専門家1名がサンパウロに到着、日本国総領事館、JICAサンパウロ支部に挨拶の後ただちに、森林院に着任した。

森林院にて、既に到着していた昭和54年度供与機材の開梱・検収作業を開始するとともに、伐出部門の研究協力について森林院側と具体的スケジュールの打ち合わせを行なった。

その結果、技術移転の現場としてカンボス・ド・ジョルダン州立公園内のマツ人工林を使用すること、カウンタパートは当面、補助技術者(森林院職員)1名が担当し、サンパウロに居住する日本人専門家と共に毎週、カンボス・ド・ジョルダンに出張することなどが決った。

昭和56(1981)年度

ひき続き55年度供与機材の開梱作業ならびに検収作業を行ない、台帳に整理した。同時に未到着機材のリストを作成、リーダーを通じて日本側に善処を要請した。

4月13日、カンボス・ド・ジョルダンへ出張開始、以来、原則としてカウンタパートと共に金帰月来の毎週となる。

5月5日、サントス港から55年度供与機材の残りを引き取り、主要機材と共にカンボス・ド・ジョルダンへの輸送作業を行った。

翌週より、新たに編成された伐出作業班12名に対し本格的に技術指導を開始した。

以下、年次計画の項目順に説明する。

a. 簡易架空索集材法の設計、架設、運転等の基礎技術

急傾斜地において大形集材機Y-252Bおよびジグザグブロック(7吋、9吋併用)を用いたモノケーブルシステム(ロープ径12mm)を導入した。

技術移転として、モノケーブル路線の設計架設法(2路線、それぞれ約1,000m長)、Y-252Bの運転法、ワイヤースプライス法各種、間伐材の荷掛け・荷外し作業、さらには集材終了現場からの撤収・移動方法などについて順次実施した。カウンタパートおよび作業員達の理解は比較的早く、モノケーブル第1路線の設計架設に2週間、第2路線のそれには9日間と所要日数を短縮していった。

b. トラクター集材法の基礎技術

比較的緩斜地においてホイールタイプスキッドT-50による地曳集材システムを導入した。最初に平地林におけるT-50の構造説明、運転方法および作業員自身で作ったスリングロープを用いての荷掛け・荷外し作業技術の指導訓練の後、傾斜地林内において地形、林相に対する適切な運転法や集材方向の決定などを主体とし、さらに間伐林内における全幹集材法などについて技術移転を実施し、カウンタパートおよび作業員にほぼ習得された。作

業員の中には土木用トラクターの経験者もいて容易にスキッドの運転に馴れたが、荷掛け技術、特に残存立木を傷めない、能率的かつ安全性の高い技術の修得にはなお日数が必要であった。

c. 機械化伐出における試験研究手法

本年は機械化集材はもちろん、伐出作業そのものに経験の浅いカウンタパートに対し、供与された機材（計測器類を含む）の操作方法の技術移転を中心として、本格的試験研究手法については翌年度以降に実施としたが、並行して測量作図計算を含む試験対象林班の調査法およびそれぞれの集材作業に関する時間観測、功程調査などのデータの取り方、まとめ方について指導し、基礎的な試験研究手法の移転を行った。

これらデータの一部は、17回IUFRO会議（9月、京都）での本プロジェクト紹介に使用した。

d. 小型集材機、モノレール運搬車による集材法

昭和56年度供与機材の到着が翌年度にずれ込んだため、実施は57年度に変更され、当該短期専門家の年度内派遣も中止となった。

昭和57（1982）年度

a. 小型集材機、モノレール運搬機の集材法

ポータブルリモコンウインチの架設、運転の基礎技術ならびに荷掛け、木寄せの応用技術について移転を完了したが、ラジオコントロールブレーキ機構に改良の必要があることが分り、現地で試作の予定である。

モノレールは柴田短期専門家の着任を待って架設工事が始まり、同氏の任期中に路線長が120mに達した所で試運転および集運材の技術移転を行った。その後さらに、2名の作業員のみで路線延長工事を行い、総路線長は220mに達している。架設技術、運転技術は修得済みであるが、同装置の高額なコスト、移設工事が簡単でないことなどから集材作業は随時必要に応じて行なっている、すなわち、展示的要素が大きいようである。

b. 簡易架空線集材法、トラクター集材法の研究設計

架空線集材法については、前年度の成果を見るため今年度供与された小型集材機KK-1Bを動力とするモノケーブルシステム集材を新たに2カ所4路線について、ブラジル側の独力で設計、架設、集材、撤去、移動させたところ、ほぼ満足できる結果が得られた。林業用トラクターT-50による集材作業は前年に引き続き、応用運転、習熟訓練を行うと共に複数のオペレータの養成に務め、一応の成果を得ていたが、10月15日の火災によりT-50が焼失したため、以降休止せざるを得なくなった。代用として小型木材運搬車デルビス号のウインチを利用した木寄せ、運材システムを取り入れているが大幅な能率低下となっている。

c. 作業能率安全研究法

作業能率の向上と労働災害の防止については、当初より指導徹底させているが、計測器を用いての試験研究法は、関連供与機材（57年度分）到着の遅れと専門家派遣計画の変更により58年度実行予定となった。なお短期専門家（作業工程）の年度内派遣は見送りとなった。

d. 機械化伐出における試験研究手法

前年度にひきつづき、張力計、燃料消費量計、ロードセル、ストレンアンプ、データレコーダおよびオシログラフなど計測器類の操作方法の指導と伐出作業に関する各種試験方法ならびに研究報告書作成の手法を移転した。これら成果は国内の学会等を利用して、できるだけカウンタパートに発表させるようにした。

発表テーマ、内容等についてはⅢの資料を参照のこと。なお、5月に開催された第4回ブラジル林業会議（隔3年、ペロオリゾンテ）では、たまたまカウンタパートが日本にて研修中であつたため、筆者が現地語にて発表を行った。

以下に試験研究手法の指導項目を挙げる。

- (i) 現地測量法および地図作成法
- (ii) 標準地法による立木密度および簡易材積の求め方
- (iii) (i)(ii)をもとにした最適集材路線の決定法
- (iv) モノケーブル、スカイラインの張力測定法
- (v) 伐根強度、トラクター牽引力の測定法
- (vi) シグザグブロックの強度試験法
- (vii) 燃料消費量の測定法
- (viii) 時間観測など集材工程調査法
- (ix) ブラジルにおける各種機械器具試作および改良試験

e. 各種搬出法の比較検討

本年度までのところ、林地の状況および間伐作業システムの性格ならびに水土保持の見地から、平均勾配が約20°以下の緩斜地および平坦地においてはトラクター集材を、それ以上の急傾斜地においてはモノケーブルシステムを主体として導入するのが適切であり、モノレールシステムは廉価なマツの間伐材用としては経済的に不適である、ポータブルウインチは木寄せ作業に、デルピスは土場附近の整理作業に非常に有効であることなどの結果を得た。

5. 問題点

サンパウロ州森林院の研究機関としての歴史は浅く、本格的な研究協力の基盤は整備されているとは云えない。特に伐出部門の研究者、技術者の養成を急ぐことが、サンパウロ州を中心

として機械化伐出技術を定着させ、林業研究を発展させるのに不可欠であろう。従って協力する側としては、長期的視野にたち、相手国のレベルに合ったアフターケアの実施が必要となるう。

なお、業務上の改善すべきことがらとして本研究プロジェクトの性格上、各分野の専門家の勤務地が遠隔地に点在するため相互連絡がスムーズにいかなかったこと、サンパウロ市の地理的性格上、直接関係のない来訪者も多く、その対応のために専門家の業務に少なからず支障をきたしたこと、森林院の職務と兼務のカウンタパートが多く、タイムスケジュールの変更が度々あったことなどが挙げられる。解決策としては、両国側にそれぞれ、調整員またはコーディネータを置くことが必要であろう。

Ⅲ. 資 料

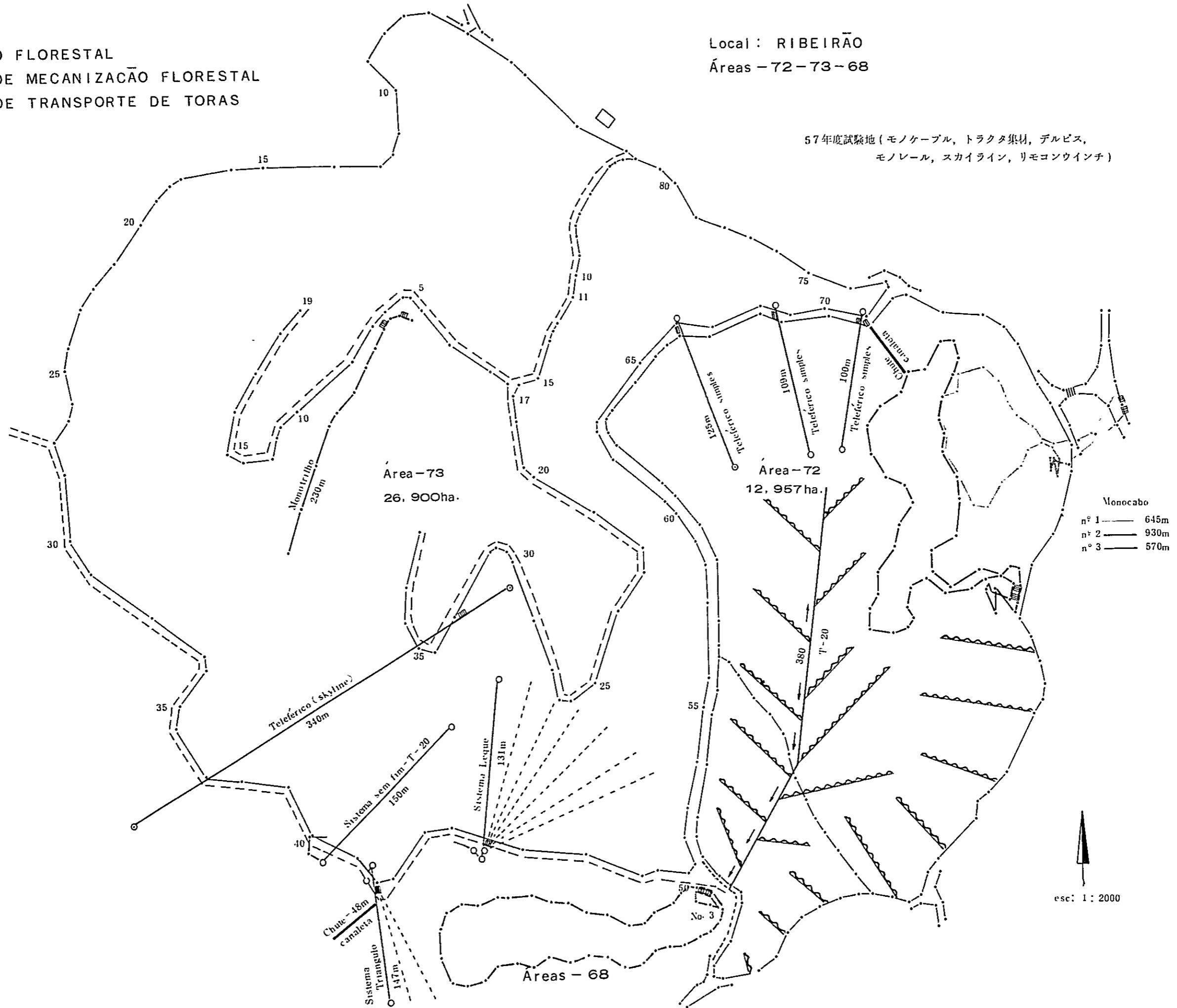
1. 報告書等リスト

- 中野秀章：ブラジル・サンパウロ州の水土保全と森林，林試場報（144），1976. 7
- 小沼順一：ブラジルの伐出技術協力，林試場報（159），1977. 10
- 中野秀章：ブラジルサンパウロ州の林業，山林（1124），1978. 1
- 小沼順一：ブラジルの伐出技術協力，機械化林業（293），1978. 4
- 国際協力事業団：ブラジル・サンパウロ林業研究協力事業事前・実施調査報告書，1979. 3
- KONUMA, J. ; T. SUZUKI & M. KOBAYASHI : Technical Cooperation on Logging, São Paulo Project, Brasil, XVII IUFRO World Congress, Kyoto, 1981. 9
- SUZUKI, T. ; L. A. Bucci, J. KONUMA, M. KOBAYASHI & J. M. Matta : Mecanização Florestal em Campos do Jordão, 4^a Congresso Florestal Brasileiro, Belo Horizonte, 1982. 5
- 小沼順一；鈴木皓史，柴田順一；ブラジル国サンパウロ州研究協力プロジェクト，56年度機械化部研究業務報告会要旨集，1982. 5
- BUCCI, L. A. ; T. SUZUKI, M. KOBAYASHI & J. M. MOTTA : Colheita mecanizada em povoamentos de pináceas visando a regeneração de essenciais nativas, Congresso Nacional Sobre Essenciais Nativas, Campos do Jordão, São Paulo, 1982. 9
- 柴田順一：ブラジルサンパウロ林業研究協力——カンボス・ド・ジョルダンにおける機械化伐出作業——，林試場報（219），1982. 10
- BUCCI, L. A. : Exploração Florestal em Topografia Acidentada, 9^a Ciclo de Atualização em Ciências Agrárias, Curitiba, 1982. 10
- 国際協力事業団：ブラジル・サンパウロ林業研究協力計画巡回指導調査報告書（昭和56年度），1982. 7
- 国際協力事業団：ブラジル・サンパウロ林業研究協力計画巡回指導調査団報告書（昭和57年度），1982. 12
- José Maria Motta, 小林勝：機械化伐出の技術移転——サンパウロ林業研究協力プロジェクトの場合——，機械化林業（351, 352），1983. 2, 3

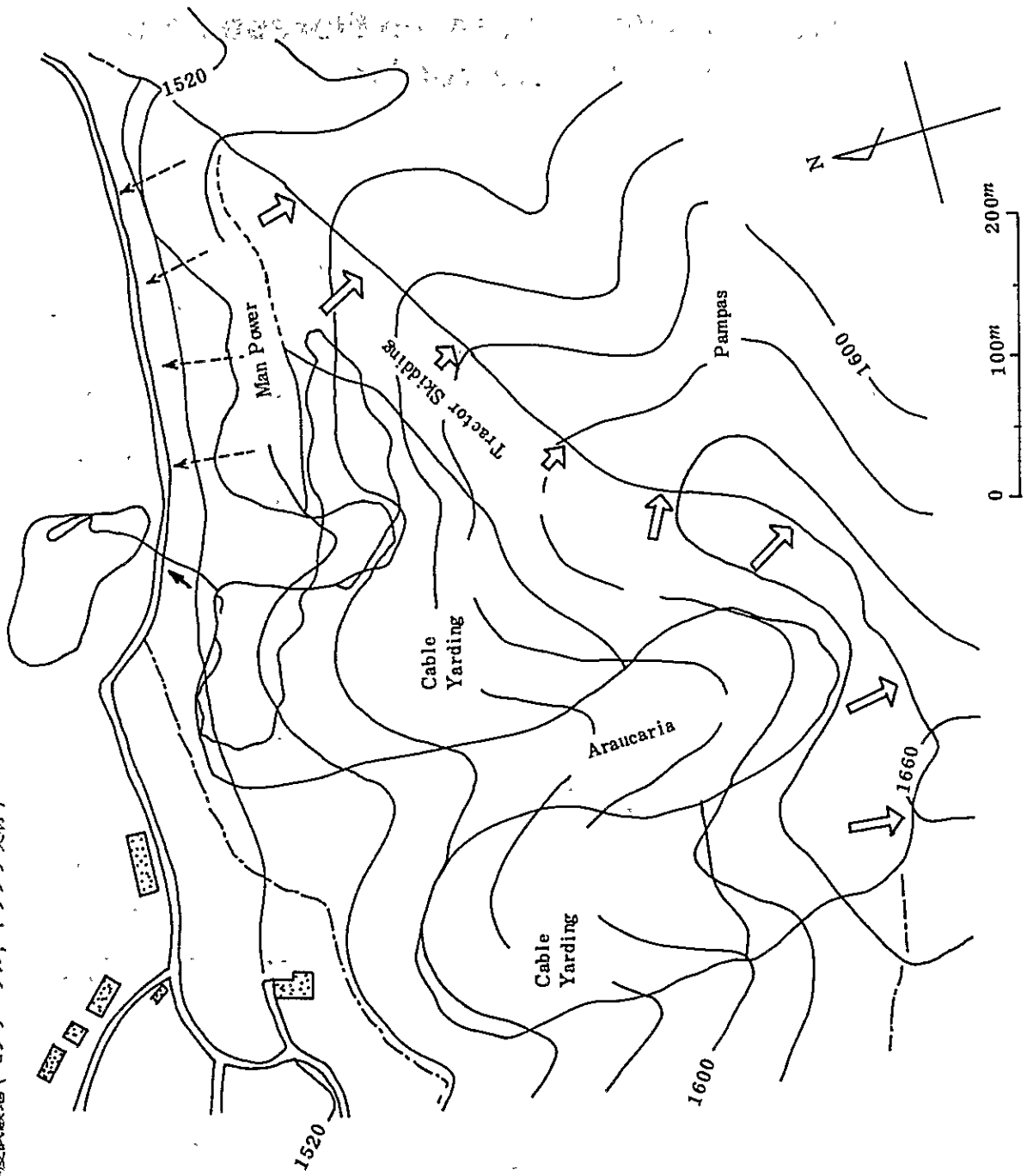
INSTITUTO FLORESTAL
 PROJETO DE MECANIZAÇÃO FLORESTAL
 SISTEMA DE TRANSPORTE DE TORAS

Local : RIBEIRÃO
 Áreas - 72 - 73 - 68

57年度試験地 (モノケーブル, トラクタ集材, デルピス,
 モノレール, スカイライン, リモコンウインチ)



56年度試験地(モノケープル, トラクタ突村)



Mecanização de Exploração Florestal em Campos do Jordão

TERUNOBU SUZUKI
JUN-ICHI KONUMA
MASARU KOBAYASHI
JICA - JAPÃO
LUÍS ALBERTO BUCCI
FBCN
JOSÉ MARIA MOTTA
Instituto Florestal do Estado de São Paulo

Summary

The establishment of low cost logging system by mechanization was considered to be necessary in keeping with rapid developing of afforestation in São Paulo mountain forest.

The logging system in Brazil was not so mechanized as they were in other advanced countries especially in mountainous region so far.

The technical cooperation project for the Forestry Research between Japan (JICA) and Brazil (SAA-I.F.) was started in 1980 and it's a five years program.

The pine forest of Campos do Jordão State Park (8,172 ha), located on the Mantiqueira Mountains in eastern part of São Paulo State, is selected as the logging technical cooperation field. There are 4,000 ha of Pinus sp stands aged 17-23 which requires thinning.

In order to carry out more effective thinning operation and also to avoid the erosion on the mountain region, the wheelid skidder and the mono cable system were introduced from Japan.

The experimental area (12,24 ha) were divided into two logging zone, the 1/3 of the area in gentill slope was for the skidder, the other 2/3 in steep slope was for the mono cable system.

The skidder pulls uphill 10-20 tree lengths at one time, at a distance of 50-60 meters, doing this operation 10 times per day on the average.

The mono cable system was set up at first, at the shape of number "8" and later of letter "0", and the main cable was extended for about 1,200 m of wire cable (12mm d) which is supported at tress by zig-zag blocks.

The transported volume was 170 turns at maximum per day and 100 turns on the average.

The daily production was from 7 to 8 cubic meters, but it can be increased up to 30 cubic meters with practice.

Resumo

A necessidade de racionalizar as atividades florestais, em especial a exploração, levou nos últimos anos ao desenvolvimento de sistemas de coleta de madeira altamente mecanizados.

Até agora a exploração florestal, no Brasil, não atingiu o grau de mecanização como a de muitos países desenvolvidos, especialmente em terrenos de topografia acidentada.

A cooperação técnica para os Recursos Florestais entre Japão (JICA) e Brasil (SAA-I.F.), o contrato é de 5 anos e foi iniciado em 1980.

O local escolhido para os trabalhos foi o Parque Estadual de Campos do Jordão, cuja área perfaz um total de 8.172 ha, localizados na Serra da Mantiqueira, a nordeste do Estado de São Paulo. As florestas do gênero Pinus sp deste parque abrangem 4000ha, sendo a idade deste povoamento entre 17 e 23 anos, os quais necessitam de desbastes.

A fim de realizar mais racionalmente a operação de desbaste de proteger o solo para evitar erosão na referida região, decorreu a introdução dos equipamentos com a concretização do projeto.

A área onde se localiza o projeto com 12,24 ha, foi implantado dois sistemas para a exploração da madeira: na parte mais plana superior, correspondendo 1/3 da área, instalou-se o sistema com trator e nos 2/3 restante, parte acidentada, o sistema de cabos aéreos.

O trator realiza a operação de puxar árvores cortadas, numa quantidade de 10 a 15 de uma vez, numa distância de 50 a 60 metros, fazendo em média 10 viagens de ida e volta por dia.

O sistema com monocabo primeiramente foi instalado na forma do número "8" e depois da letra "0", foi estendido pela área aproximadamente 1.200m de cabo de aço com 12mm de diâmetro, que é suportado através das roldanas dentadas especiais suspensas em árvores.

A produção diária é de 7 a 8 metros cúbicos, mas com a prática poderá aumentar até 30 metros cúbicos diários.

INTRODUÇÃO

A necessidade de racionalizar as atividades florestais, em especial a exploração, por ser um dos itens de maior custo do setor durante a vida de um povoamento, levou nos últimos anos ao desenvolvimento de sistemas de coleta de madeira altamente mecanizados.

Embora a mecanização não seja a única forma de racionalização nos trabalhos florestais ela tem um lugar de elevada importância nos esforços para reduzir os custos e tornar mais humano o trabalho nas florestas.

Até agora a exploração florestal, no Brasil, não atingiu o grau de mecanização como a de muitos países desenvolvidos, especificamente em terrenos de topografia acidentada.

Visando um estabelecimento de novas técnicas de exploração mecanizada, para a referida situação, está em desenvolvimento o "Projeto de Mecanização da Exploração Florestal", entre o Governo do Estado de São Paulo (SAA-Instituto Florestal) e o Governo do Japão (JICA).

Já em 1980 foi iniciada a vinda dos primeiros equipamentos do Japão e em 1981 de técnicos, para transmitir e desenvolver o treinamentos aos técnicos e operários brasileiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Os equipamentos estudados são: um YARDER Y252E (força motriz para o monocabo) e um trator IWAJUI T-50 (modelo SKIDDER) (foto 1a5).

O local escolhido para os trabalhos é o Parque Estadual de Campos do Jordão cuja área perfaz um total de 8.172 ha, localizados na Serra da Mantiqueira, a nordeste do Estado de São Paulo. As florestas do gênero Pinus sp deste parque abrangem 4.000 ha, sendo a idade deste povoamento entre 17 e 23 anos, os quais necessitam de desbastes. (fig. 1)

A coleta de madeira, até então, era realizada à base do trabalho braçal. Estes trabalhadores punavam a madeira porro abaixo, de dois torestes de dois metros de comprimento por vez, através de corda ou corrente até a estrada. Cada homem recolhia 30 torestes por dia numa distância média de 50 metros.

A fim de realizar mais racionalmente a operação de desbaste, na referida região, e a fim de proteger o solo para evitar erosão estudou-se a introdução dos equipamentos ora tratado.

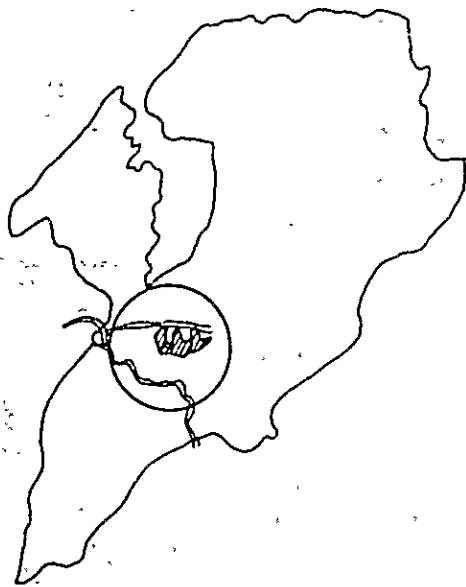


fig. 1 P. E. DE CAMPOS DO JORDÃO
Situação da Área no parque

RESULTADOS OBTIDOS

Os trabalhos realizados no Parque Estadual de Campos do Jordão em termos de exploração e exploração florestal, teve que passar preliminarmente por um estudo com os quais estabeleceria áreas economicamente a ser exploradas, limites de declividades, pontos estratégicos para localização da instalação do trator e guincho para movimentação dos cabos aéreos, proteção das árvores quanto ao ponto de apoio dos cabos aéreos e principalmente treinamento do pessoal quanto a tecnologia e metodologia a ser empregada.

Alguns resultados, ainda que preliminares, já pode ser obtidos com algumas vantagens em relação a exploração normal.

O trator realiza a operação de puxar árvores cortadas, numa quantidade de 10 a 15 de uma vez, numa distância de 50 a 60 metros, fazendo em média 10 viagens de ida e volta por dia. (foto 5)

O trabalho do trator pode ser executado em áreas de até 30% de inclinação o local ideal seria uma com a inclinação de até 20% caso em que será evitada a erosão e estrago de terreno. (foto 6)

Para a colocação de cabos aéreos, foi necessário para a 1ª área o tempo de 3 semanas e para a 2ª área de 2 semanas.

A força necessária para movimentar o Yarder é de 15 HP no mínimo.

O peso ideal para o serviço de cabo aéreo para essas áreas é de 1,5 a 2 toneladas.

Uma das vantagens do uso do cabo aéreo é que não estraga o solo. Independentemente da distância, pode-se transportar facilmente em ambas as áreas.

O volume transportado por dia em fechos é de 170 no máximo, sendo a média 100.

A produção diária é de 7 a 8 metros cúbicos, mais com a prática poderá aumentar para até 30 metros cúbicos diários.

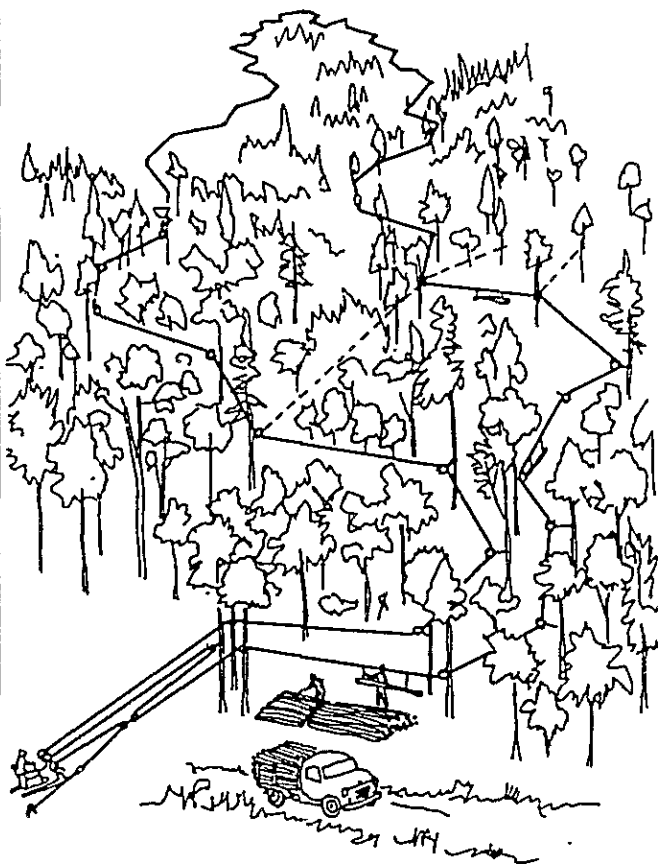


fig. 2
SISTEMA MONOCABO

A área inicial a ser desbastada, com um total de 12,24 ha foi dividida em dois métodos de exploração, uma com o trator ou com o monocabo.

A intensidade do desbaste para toda esta área foi de 60%, sendo o mesmo relativo. Não foi adotado o desbaste seletivo, silvicultural, nem o sistemático.

O sistema com monocabo possui uma potência de 67 HP e é denominado pelo fabricante de YARDER Y-252-E (IVAFUJ). Tem três bobinas, sendo uma a motriz. Foi estendido pela área aproximadamente 1.200m de cabo de aço com 32mm de diâmetro, que é suportado com roldanas especiais suspensas em árvores selecionadas previamente, chamadas de "suportes", e a altura destas, nessas variam de 2,0m a 5,0m da superfície do solo. O sistema consiste de intervalos (distância entre roldanas, que variam de 10m a 50m, sendo a média 26,0m de distância e que possibilita a exploração numa área de 3,5ha. A madeira é emarrada no monocabo em dois pontos através de cordas. Os fechos de madeira no monocabo devem ser colocados à mesma distância um do outro. (foto 2 e 4; fig. 2)



Foto 1. YARDA - Sistema Monocabo



Foto 2. ROLDANA DENTADA e ponto de apoio do cabo aéreo



Foto 3. QUINCHO automático para o transporte



Foto 4. Sistema de cabo aéreo

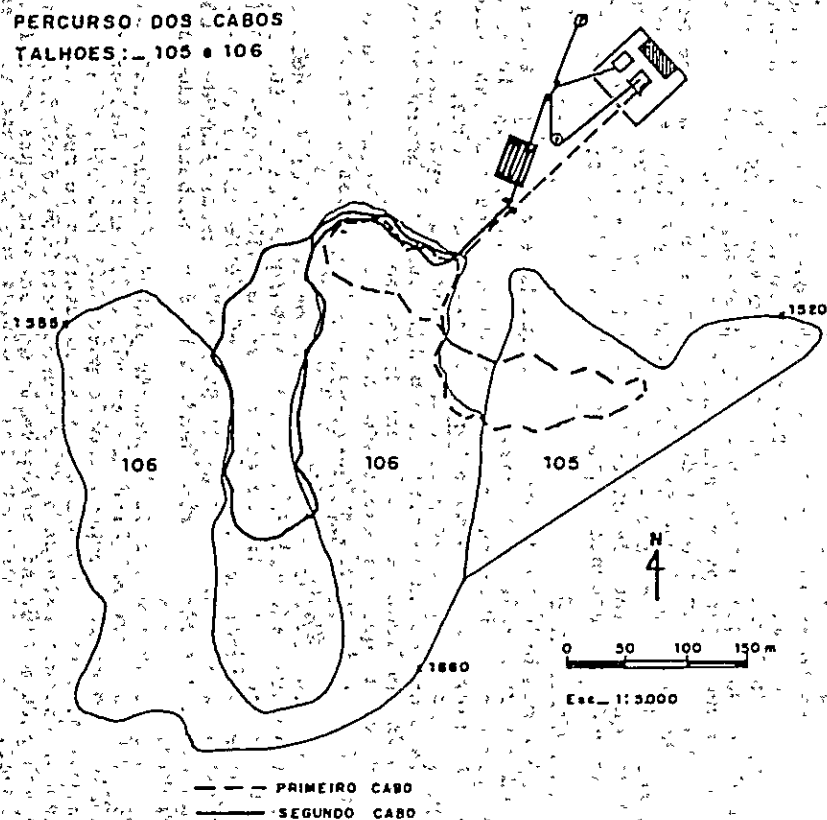


Foto 5. Exploração com trator florestal



Foto 6. Exploração em terreno acidentado

fig.3 PERCURSO DOS CABOS
TALHOES: - 105 e 106



Cinco funcionários trabalharam nos serviços, sendo 3 para carregar, 1 para descarregar e outro operador de máquina.

Também foram usados os ganchos automáticos para auxiliar essa operação ganchos esses já fabricados no Brasil (fot.3).

Nesta região o sistema para os primeiros estudos, foi instalado na forma do número "8" e depois da letra "O" (fig.3).

Nas áreas de encostas acidentada na parte plana superior, que corresponde 1/3 da área utilizamos o sistema de trator e a área acidentada o cabo-aéreo, superfície essa mais ou menos de 2/3 da área.

Os sistemas acima mencionados executam os trabalhos independentemente.

O trator é o modelo IVPFUJI-T-50, possui 73 HP, um guincho reboque para 6.300 kg puxados em linha e uma lâmina dianteira que pode ser usada para empilhar os fustes no acéiro ou no ramal. Os fustes são puxados montanha acima do local da derrubada até o ramal por um cabo de 12mm de diâmetro, sendo depois empilhado, traçado e transportado.

A inclinação média desta área é de 25%. O transporte do ramal até o estaleiro é realizado por um caminhão equipado com grua, carroceria de ferro e guincho dianteiro.

Os dados de rendimento já estão sendo calculados e analisado para divulgação, bem como outros detalhes do sistema utilizado naquela região.

LITERATURA CONSULTADA

KOMURA, J., T.SUZUKI & M.KOBAYASHI. 1981. Technical Cooperation on logging. São Paulo Project, Brazil. In IUFRO Congress, Kyoto, Japan

PEARCE, J.K. & G.STENZEL. 1972. Logging and Pulpwood Production. The Ronald Press Co. New York

CONGRESSO NACIONAL 1360 SOBRE ESSENCIAS NATIVAS

COLHEITA MECANIZADA EM POVOAMENTOS DE PINÁCEAS VISANDO A REGENERAÇÃO DE ESSENCIAS NATIVAS

Luís Alberto BUCCI¹
Terunobu SUZUKI²
Masaru KOBAYASHI³
José Maria MOTTA⁴

RESUMO

Os desbastes nos povoamentos de Pinus sp no Parque Estadual de Campos do Jordão, situado na Serra da Mantiqueira, passaram a ser realizados mais efetivamente com a concretização de um convênio entre o Instituto Florestal (SMA) e o Governo Japonês (JICA). Esta operação além de possibilitar a pesquisa de diversos métodos de exploração em topografia acidentada, assunto praticamente desconhecido no Brasil, viabilizará o retorno da vegetação nativa a medida que forem realizados os desbastes. A opção por cortes sucessivos é uma das premissas do próprio Plano de Manejo do Parque. Este trabalho analisa dados preliminares de um conjunto com quinchos e bobinas que movimenta o sistema de monocabos utilizado no transporte de madeira de pequeno diâmetro.

ABSTRACT

The thinning in Pinus sp plantation at Campos do Jordão State Park, located in Mantiqueira Mountains, has been made more efficiently with the concretion of a convention between the Forest and Forestry Research Institute (Secretary of Agriculture of São Paulo State) and the Government of Japan (Japan International Cooperation Agency). With this operation will be possible the researches of several methods of logging in broken land, it's a unknown subject in Brazil. On the other hand, it arises the viability of bringing back the native plants as soon as the thinings are made. The alternative for thinnings is a premise of the own Management Plan of that Park. This paper analyses some preliminary data about a set with a winch and drums that is moving the monocable System which is used in logging of small diameter timber.

INTRODUÇÃO

Segundo a política florestal do Governo do Estado de São Paulo, implantada na década de 50 e que se prolongou pela década de 60, grande parte das dependências do então Serviço Florestal, desenvolveu reflorestamentos com essências exóticas (pináceas). Visava o Estado, na ocasião, com a formação em diversas partes de sua superfície, de núcleos de reflorestamento, ao incentivo à atividade equivalente de particulares e, futuramente, uma reserva florestal, cujos produtos viessem substituir os fornecidos pela Araucária angustifolia (pinheiro do paranã), espécie na época em fase de extinção.

- 1 Engenheiro Florestal - Instituto Florestal
- 2 Engenheiro Florestal - JICA
- 3 Técnico Florestal - JICA
- 4 Auxiliar de Agrônomo - Instituto Florestal

O Parque Estadual de Campos do Jordão, cuja parte de sua vegetação estava degradada, foi então reflorestada, mantendo-se todavia intocadas todas as zonas em que predominavam as mais diversas formas de vegetação primitiva.

A introdução de espécies exóticas no local causou um certo conflito, porém os dados foram coletados, somados aos de outras áreas do Serviço Florestal e produziram as bases técnicas para todos os reflorestamentos desenvolvidos com pináceas no Estado. A proposição adotada no Plano de Manejo do Parque Estadual de Campos do Jordão é a de realizar desbastes sucessivos, propriamente dito, a longo prazo e com base experimental, a regeneração dos tipos de vegetação potenciais ocorrentes na região.

Para a realização dos desbastes foi necessária a concretização de um Projeto de Mecanização e Exploração Florestal entre a Secretaria de Agricultura e Abastecimento e o Governo Japonês, uma vez que se trata de colheita de madeira em locais de topografia acidentada, assunto pouco dominado tecnicamente no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O local onde se desenvolve o trabalho é no Parque Estadual de Campos do Jordão, cuja área total é de 9.286,30 ha, localizada na Serra da Mantiqueira, a nordeste do Estado de São Paulo.

As florestas do gênero Pinus sp deste Parque abrangem 2.618,00 ha e 6.200.000 pés, sendo a idade dos povoamentos entre 13 e 24 anos, os quais nunca foram desbastados substancialmente, devido às condições topográficas da região.

Pouco do que foi explorado, até agora, foi feito manualmente ou à base da tração animal, realizando o arraste através de cordas ou correntes do povoamento à estrada.

Os talhões, onde foram iniciados os desbastes e a colheita mecanicamente, são próximos à sede do Parque (talhões 105 e 106) e atualmente o trabalho se desenvolve no talhão 72 que se situa na antiga fazenda do Ribeirão, distante 10 km da sede.

A área do desbaste é de 12,95 ha e a intensidade de corte é de 65% a 70% das árvores, sendo o tipo de desbaste adotado, o seletivo (por baixo).

Encontra-se nos povoamentos de pináceas algumas espécies nativas, tais como: pinheiro do paranã, ipê, canela, canjarana, etc. Quando isto ocorre, dependendo do porte da árvore, adota-se um sistema de corte raso nas exóticas existentes ao redor da espécie nativa, num raio de 5 a 15 metros, abrindo desta forma mais espaço para o retorno da vegetação que anteriormente colonizava o local.

Com relação ao equipamento estudado, que visa a colheita de madeira de pequeno diâmetro para o manejo de florestas implantadas, trata-se de um conjunto de quinchos e bobinas (VARDER), o qual constitui a força motriz para o sistema de monocabos.

Este equipamento possui uma potência de 13,5 PS a 2.200 rpm, tem três bobinas, das quais a lateral dá movimento ao sistema todo.

Foi estendido pela área aproximadamente 580 metros de cabo de aço com 12 mm de diâmetro, que é suportado por roldanas especiais suspensas em árvores selecionadas previamente, chamadas de suporte, e, a altura das roldanas nas árvores varia de 1,5 m a 7,0 m da superfície do solo. O sistema foi instalado na forma da

letra "O" e consiste em intervalos (distância entre roldanas) de 7,0 a 45,00 m, sendo a média 16,50 m de distância que possibilita a colheita de madeira numa área de 1,00 ha. A inclinação média do local é de 26,00%.

A madeira é amarrada no monocabo nas duas extremidades através de cordas e ganchos automáticos. Os feixes de madeira devem ser atados no monocabo a uma mesma distância um do outro.

Cinco funcionários trabalham no sistema, dos quais três na preparação dos feixes e carregamento, um para descarregar e outro como operador de máquina.

O manejo da floresta implantada está sendo realizado com outros equipamentos, também oriundos do Convênio tais como: um trator articulado com guincho, um sistema de teleférico e um mono-trilho que foram instalados recentemente.

RESULTADOS PRELIMINARES

O trabalho que está sendo realizado no Parque Estadual de Campos do Jordão passou por estudos, os quais estabeleceram as áreas prioritárias a serem exploradas, limite de declividade, pontos para a localização da força motriz afim de movimentar o monocabo, proteção de árvores quanto ao ponto de apoio e principalmente, treinamento do pessoal quanto a tecnologia empregada.

Alguns resultados, embora preliminares, já foram obtidos:

- No primeiro local onde foi instalado, o sistema apresentou um rendimento de 10,25 esteres/dia; já na área do Ribeirão o rendimento alcançado foi de aproximadamente 22,00 esteres/dia.

- O tempo gasto para a instalação do monocabo na área da Se de foi na primeira vez de 3 semanas, na segunda 2 semanas e na região do Ribeirão 5 dias úteis.

- Este sistema pode, independente da distância, transportar madeira tanto no sentido horário como no anti-horário.

- A tensão exercida no monocabo é de 1,5 ton. em média.

- A força motriz utilizada para tracionar o sistema apresentou um baixo consumo de combustível (20 litros de óleo diesel/semana) devido a pouca potência (13,5 PS) necessária para dar movimento ao cabo.

- O sistema pode perfeitamente ser usado para a colheita de madeira em floresta natural ou em reflorestamentos de essências nativas.

- E um dos sistemas mais convenientes para o desbaste seletivo.

..A grande vantagem em se utilizar este meio de exploração, é que os danos causados no solo e o gasto com infraestrutura nos povoamentos (construção de caminhos e estradas florestais) são nulos.

Nota: O equipamento ainda está em fase experimental, uma vez que os funcionários que trabalharam na área da sede não são os mesmos do Ribeirão. Foram contratados recentemente operadores de máquina e trabalhadores braçais para melhor desempenho dos trabalhos, requerendo desta forma, um tempo necessário para a adaptação dos elementos ao serviço.

PERSPECTIVA DA PESQUISA

A exploração mecanizada dos reflorestamentos visará o seu manejo, o estudo da regeneração das essências nativas bem como

da própria exótica, proporcionando posteriormente pesquisas referentes ao solo e fauna.

A medida que os primeiros desbastes forem terminados as amostras serão lançadas nos povoamentos e a coleta de dados deverá ser iniciada. Toda a equipe de técnicos do Parque Estadual de Campos do Jordão realizará a pesquisa num período de 25 a 30 anos.

BIBLIOGRAFIA

KONUMA, J.; T. SUZUKI & M. KOBAYASHI. 1981. Technical Cooperation on logging, Sao Paulo Project, Brazil. In IUFRO Congress, Kyoto, Japan.

PEARCE, J.K. & G. STENZEL. 1971. Logging and Pulpwood Production The Ronal Press Co. New York.

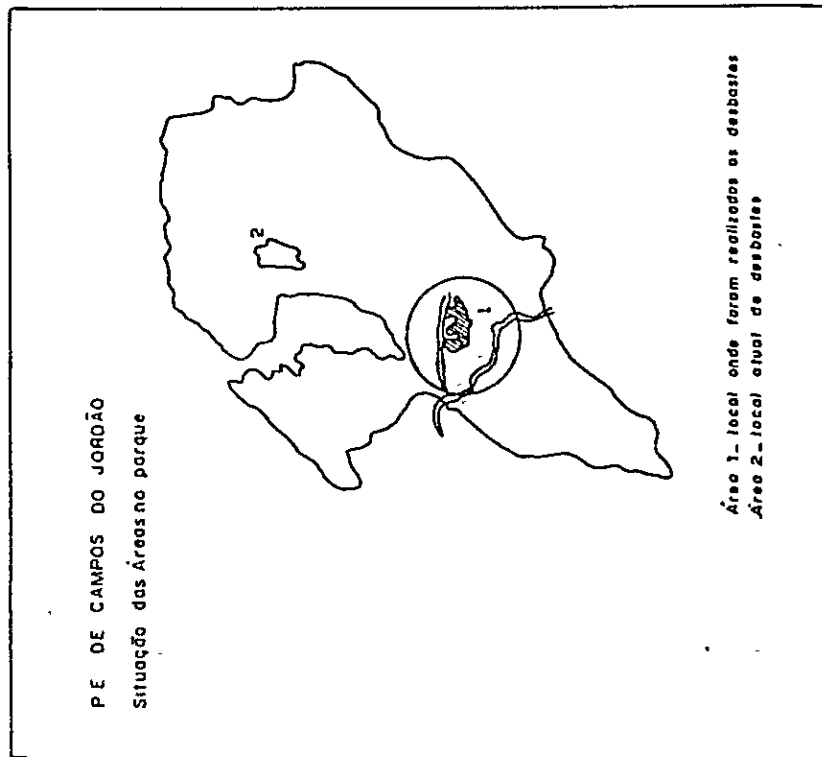
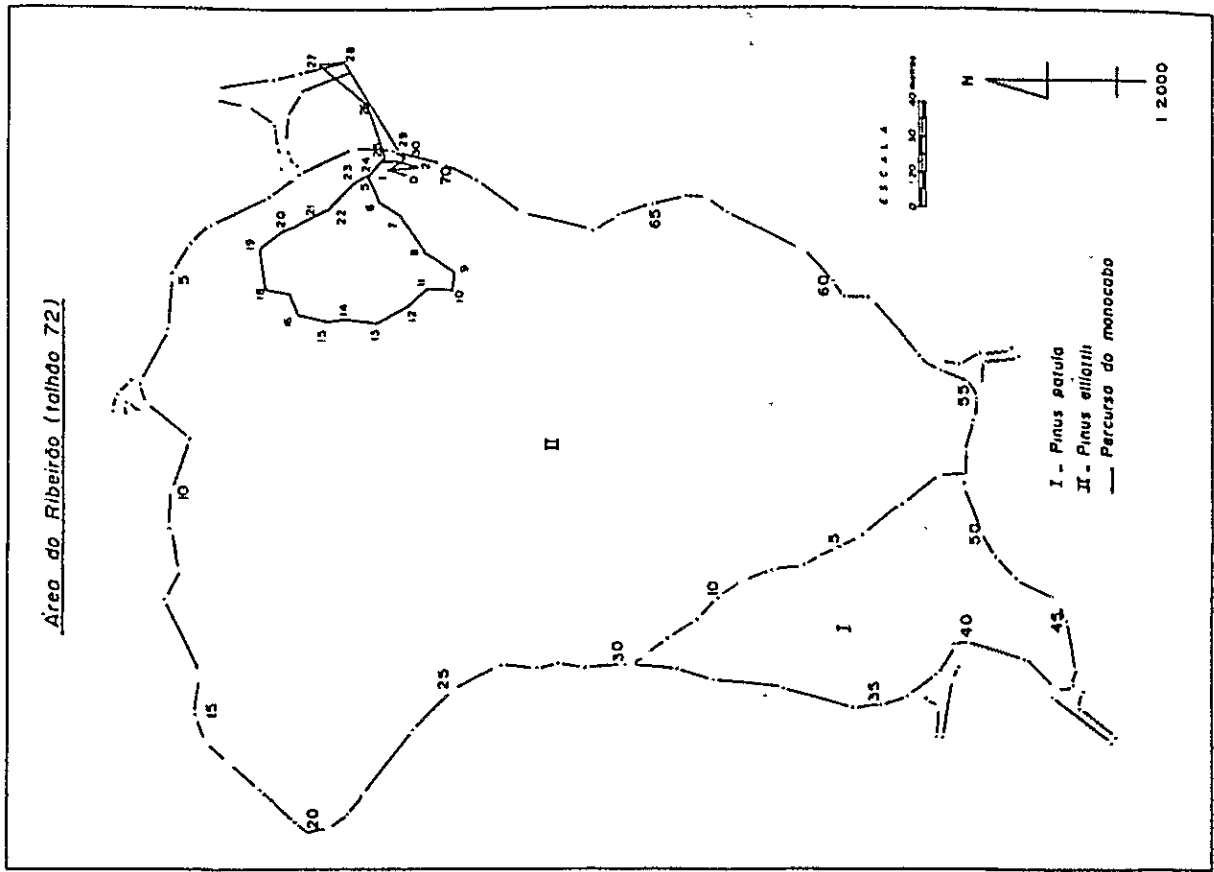
NAKAMURA, Eissek. 1973. Exploração de madeira através de monocabo.

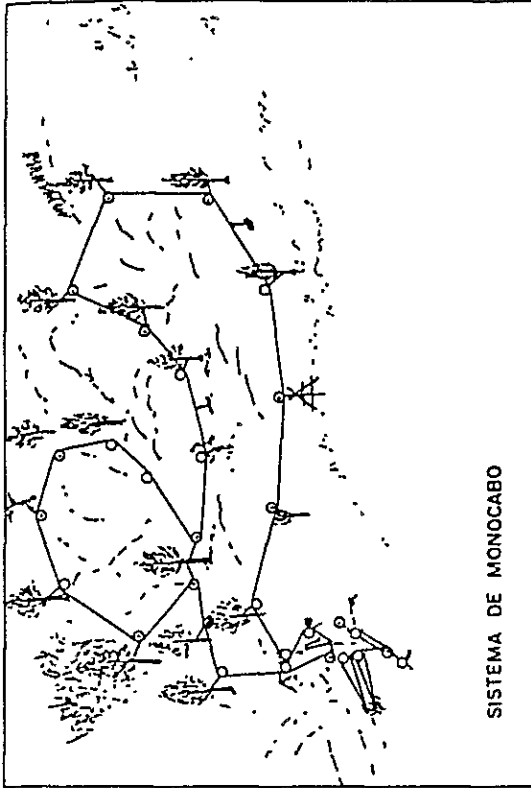
SEIBERT, Paul et alii. 1975. Plano de Manejo do Parque Estadual de Campos do Jordão, Boletim Técnico nº19, São Paulo, Brasil. HAWKES, E. Gerry. 1979. Cable Harvester Systems for Small Timber.

U.S. Forest Service. Woodstock, Vermont.

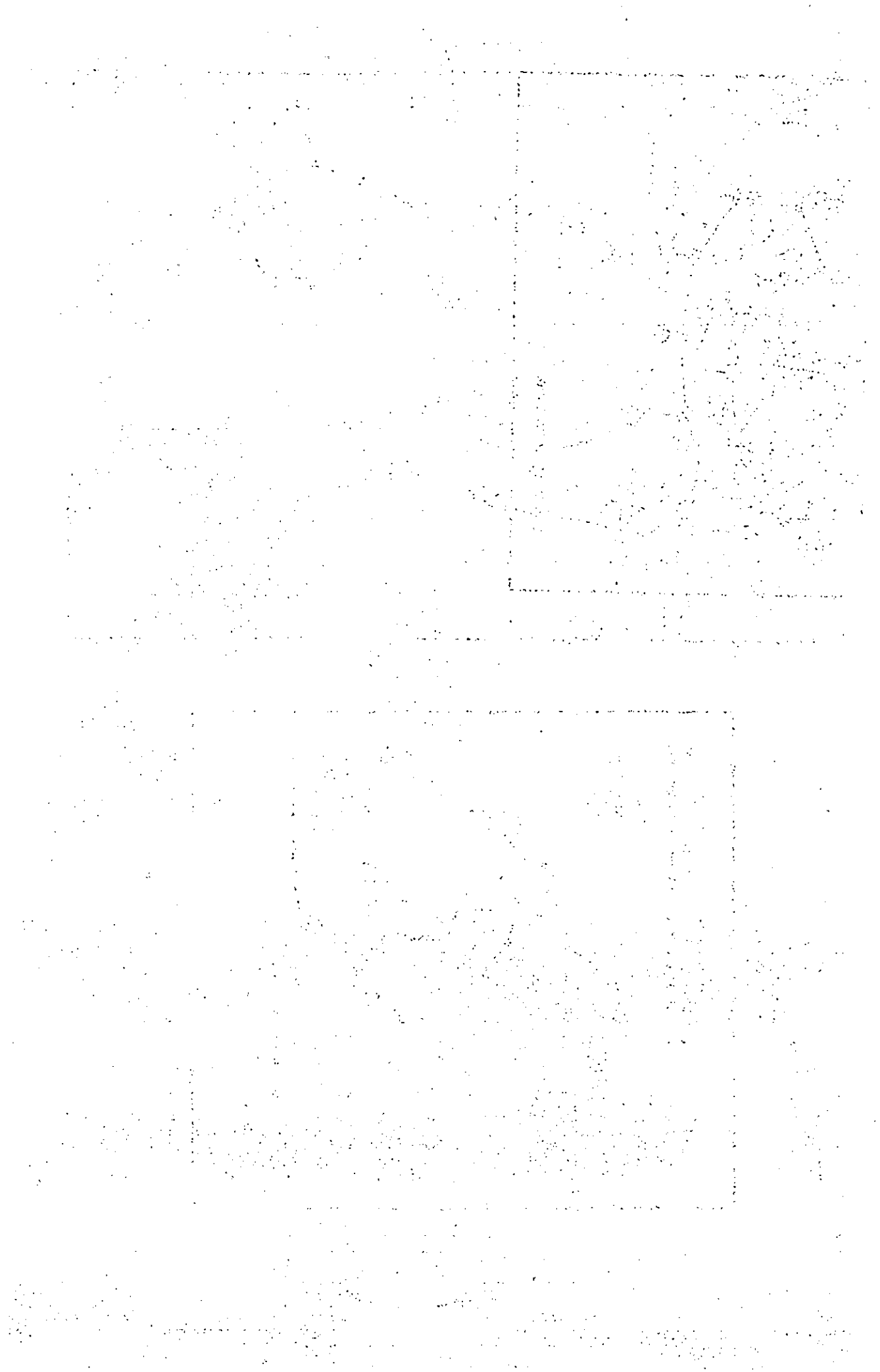
SIMÕES, João Walter et alii. 1981. Formação, Manejo e Exploração de Florestas com Espécies de Rápido Crescimento. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Brasília, Brasil.

SUZUKI, Terunobu et alii. 1982. Mecanização da Exploração Florestal em Campos do Jordão, IV Congresso Florestal Brasileiro, Belo Horizonte, MG, Brasil.





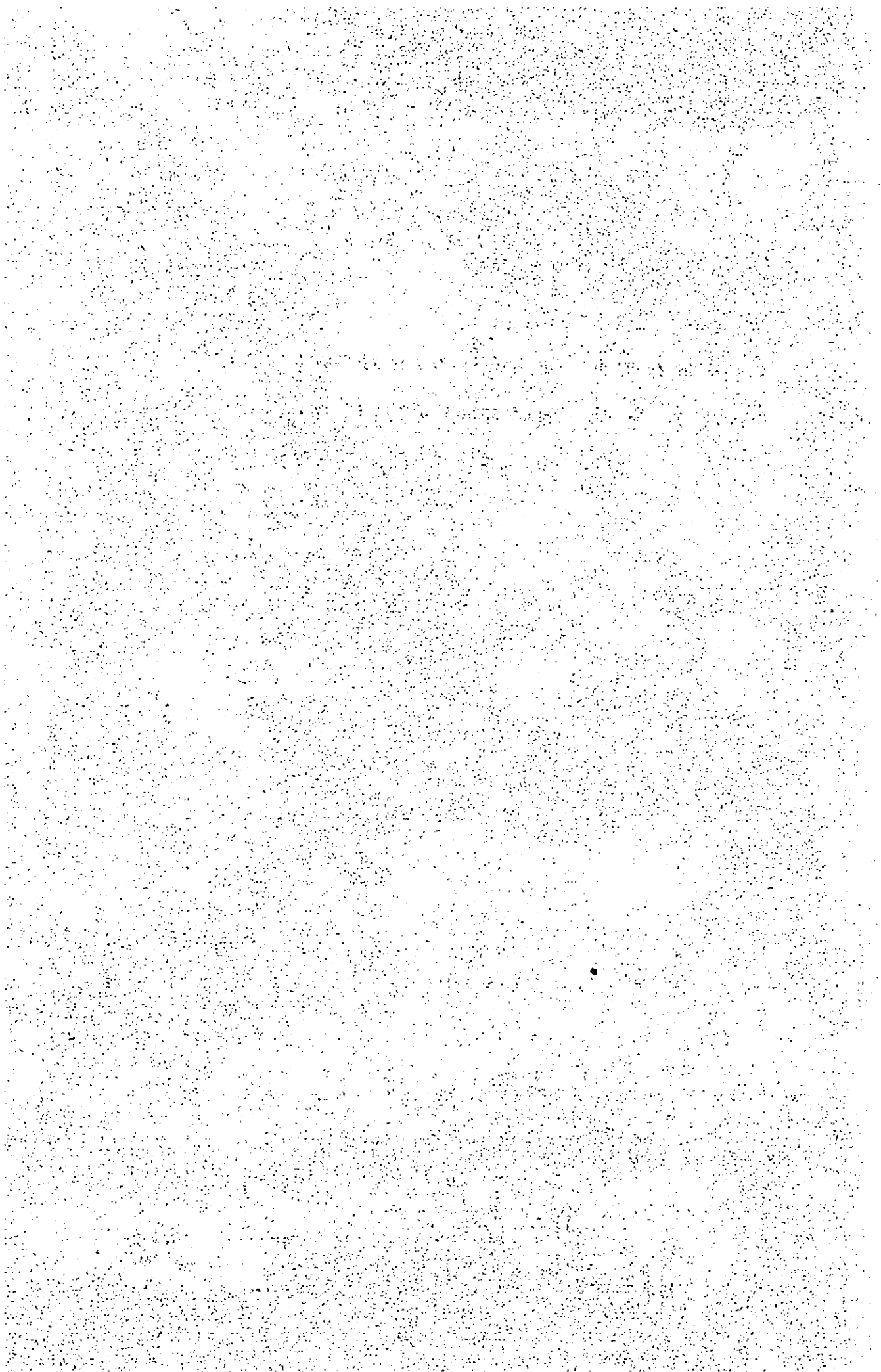
SISTEMA DE MONOCABO



機械化伐出 田 中 利 美 (林業試験場機械化部)

派遣期間 自 昭和 58 年 3 月 7 日

至 昭和 59 年 3 月 31 日



目 次

要 約	
はじめに	
I 協力業務（研究協力）の現状	250
1. 実施場所	250
2. カンボス・ド・ジョルダン州立公園の森林施業	251
3. カウンターパート	251
3-1 職 務	251
3-2 体制の途い	252
4. 施 設	253
5. 伐出作業	254
6. 素材販売	254
II 協力業務における問題点	255
1. カウンターパートの人員不足	255
1-1 研究協力	255
1-2 技術協力	255
2. 施設整備の立ち遅れ	255
3. 受入研修対象者の範囲と受入時期	256
4. 機械の更新	256
III 作業能率の比較	258
1. 調査の目的	258
2. 調 査	258
2-1 調査方法	258
2-2 調査対象	258
2-3 調 査 地	259
3. 作業の概要	259
4. 作業日数および作業時間	262
4-1 作業日数	262
4-2 作業時間	262
5. 結果と検討	263
5-1 丸太材積の計算方式	263
5-2 調査期間中の作業時間	263

5 - 3	集材作業の能率	264
5 - 4	残された調査対象	265
	おわりに	266

要 約

カンボス・ド・ジョルダン (Campos do Jordão) 州立公園において、山岳林を対象とした機械化伐出技術の技術移転が行われている。

マツ人工林の間伐材搬出作業にわが国の機械化伐出技術を適用し、このなかから、任国に適した方法を選択するための基礎資料を得ることを目的として作業工程の調査を行った。

架空索集材技術のうち、モノケーブルシステム・スラックライン式索張・タイラー式索張について調査を行い、従来からの人力集材作業と比較した。

モノケーブルシステムは、集材丸太の径級や集材距離の影響が小さく安定した生産量を示すが、作業能率（集材材積 m^3 /人・時）は低かった。スラックライン式索張は、モノケーブルシステムよりも作業能率が良く、人力集材作業と同程度で、安定している。タイラー式索張は、一回あたり集材材積が大きく作業能率も大きいのが、架設・撤収に高度な技術を必要とする。人力集材作業は、集材距離が短く、集材丸太の径級が小さい場合には有効な方法と考えられる。

機械化伐出技術を定着させるためには、機械・器具を容易に入手できるような体制が必要である。しかしながら、林業機械の国産化が遅れていることと輸入制限措置のために、機械化伐出技術の継承に問題を残している。

また、プロジェクトに参加して気付いた問題点を現状と併せて報告する。①カウンターパートが人員不足である。②施設整備が立ち遅れている。③機械類の更新が困難である。④受入研修の対象者の範囲が狭い。

は じ め に

昭和58年3月から一年間、本プロジェクトの「機械化伐出技術」部門に研究協力担当として参加し、昭和59年3月末に帰国した。

本報告においては「機械化伐出技術」部門の現状と二、三の間頭点について述べる。また、後段では、移転した機械化伐出技術の作業能率について報告する。

当部門の協力業務の基盤となる機械化伐出技術の技術移転は、サンパウロ州森林院 (Instituto Florestal) が管理する州有林においてマツ人工林の間伐作業を対象として実施された。伐出技術の現状と課題については、同時に帰国した長期派遣専門家・小林勝氏の報告が詳しい。

I 協力業務 (研究協力) の現状

1 実施場所

「機械化伐出」部門のフィールドは、サンパウロ市 (São Paulo) から北東に約230 Km離れたマンチケイラ山脈 (Serra de Mantiqueira) にあるカンポス・ド・ジョルダン州立公園 (Parque Estadual de Campos do Jordão) に設けられている。

公園の位置は南緯 $22^{\circ}40'$ ・西経 $45^{\circ}30'$ である。熱帯サバンナ気候区 (Tropical de Altitude) に近い亜熱帯気候区 (Semi Tropical) の縁にある。このため、雨季・乾季がある。夏の11月から3月が雨季にあたる。年降水量は1500～2000 mmである。公園は標高1400 mから1900 mの高地にあるため、サクラ・ブラタナスなどの温帯性植物も生育し、用材としてはブラジルで唯一の在来針葉樹であるアラウカリア (Araucaria angustifolia - パラナマツ) の北限ともなっている。

植生は、天然林とマツ人工林、カンボ (Campo) と呼ばれる樹木が疎らかな草地に大別できる。面積は合計8236 haである。マツ人工林にはテーダーマツ・エリオッティマツなど数種が植林され、その面積は2681 haを占める。

2 カンボス・ド・ジョルダン州立公園の森林施業

森林施業の基本は天然林の保護・育成である。森林院における「自然保護思想」では、おそらく人手の加わらない森林を最良の森林と見做していると思われる。したがって、天然林はすべて禁伐区であり、風倒木の除去程度の管理を行っているに過ぎない。マツ人工林についても、在来種であるアラウカリアの純林へ天然更新によって誘導することを目標としている。このため、本数率で60%の強度間伐を行っている。草地(カンボ)は放牧地として今後も維持・利用されていくであろう。

マツ人工林は、樹令18~24年生で、ha当り2000~3000本植栽されている。成長が良好な林分では、胸高直径が20~35cm、樹高は20~25mに達している。

マツ人工林をアラウカリアに転換することを目指しているが、造林地に対する除伐・間伐などの育林作業を森林院が怠ってきたため、手つかずの「間伐手遅れ林分」がほとんどである。

カンボス・ドジョルダン州立公園においては、2681haの施業林を有するにもかかわらず、「施業案」に相当するものはない。

したがって、「事業計画」も策定されていない。

3 カウンターパート

3-1 職 務

1981年3月に長期派遣が行われてから、「機械化伐出技術」部門にもカウンターパートが配置されるようになった。

森林院に所属する「機械化伐出技術」部門の研究者は、G. ベレングッチ氏と L. A. ブッチ氏の二人だけである。この両名がプロジェクトに加わっているが、いずれもカウンターパート専任ではなく森林院側の職務と兼務している。

G. ベレングッチ氏は、'83年11月までは本プロジェクトと没交渉であったが、'83年9月に山添源二 (Guenji Yamazoe) 氏がプロジェクト・マネージャーを辞任したあとで後任として任命された。主たる職務は、マネージャーとして連邦政府・州政府などとの折衝を行うほか、日本側との業務打合せや森林院サイドでの取りまとめなどプロジェクト運営に関するものである。マネージャーとして頻繁に開かれる会議に出席することなどのため、カウンターパートとして割くことができる時間は限られている。実際にも、調査の手配をするところまでは行いが、調査に参加するための時間的余裕は殆んどないほど多忙である。

L. A. ブッチ氏は、'81年7月に人材派遣財団からの派遣職員として採用され、受入研修 ('82年2月～5月)を終えた後の'82年8月に森林院の正職員として採用された。

L. A. ブッチ氏は、カンボス・ド・ジョルダン州立公園の管理事務所で副主任を務め、同公園内の労務管理・伐出作業・素材販売などを担当している。本務である公園副主任としての日常業務を多く抱えているため、伐出作業の現場へも週に二日ほどしか入ることができず、気の毒ではあった。

J. M. モッタ氏は、本プロジェクト以前は森林院の機械オペレーターを経て、機械管理をし運転手を統轄する車庫長を務めていた。'81年3月に長期派遣が始まると同時にプロジェクトのカウンターパート専任となり、機械化伐出技術を担当している。J. M. モッタ氏は、ほかに森林院の職務を兼ねていないので、常日頃から行動を共にすることが多く技術の習得に熱心である。

3-2 体制の違い

ブラジル社会は学歴社会である。

大学を卒業していなければ、責任ある地位に就くことはできないし、昇任の機会は全くない。ブラジルでは大学卒業業者によるシンジケートが組織を支配していると言っても過言ではない。

森林院組織は、行政組織と研究部門を分離していない。このため、大学卒業業者は行政官であると同時に研究者でもあるという重複した仕組みに組み込まれている。見方を変えれば、組織的な研究活動が行われて居るのではなく、職員が個人個人の興味にしたがって研究を行い、或は行政事務に専念しているのであって、一人一人の資質・性向によって両者の重みが異なるのは当然である。

大学卒業業者が仕事の責任を持つ体制であるため、「機械化伐出技術」部門は明らかに人手不足の状態になっている。

機械化伐出技術の技術協力を行っているカンボス・ド・ジョルダン州立公園内の伐出作業の責任者は、公園管理事務所副主任のL. A. ブッチ氏である。森林院の組織上では副主任が作業班を指揮して間伐作業を実行するようになっているし、実態もそれに近い。ところが、プロジェクトにおける分担関係は、J. M. モッタ氏が伐出技術を担当し、L. A. ブッチ氏が研究分野を担当することになっている。つまり、組織上のラインからはずれているため、J. M. モッタ氏には作業者集団に対する指揮権限がなく、単なる技術の習得者もしくは伝承者としての役割しかない。一方、L. A. ブッチ氏は、日常的には伐出作業を円滑に遂行する責任があるため、研究担当でありながら事業実行に力点を措かざるを得ず、研究活動に割くことができる時間は多くはない。

4 施 設

サンパウロにおいては、他部門と同じく事務室が設けられ、机・書棚などの什器類も備えつけられている。

フィールドであるカンボス・ド・ジョルダン州立公園においては、研究協力の拠点となるべき研究室が設けられていない。また、当部門の協力業務においては、野外実験や野外調査を行う必要があり、その前後には予備実験・データ解析を伴うものである。しかし、その用に供すべき実験室も設置されていない。数多くの研究用供与機器類の保管にも問題がある。森林院側の事情により、'83年9月から管理事務所を主任官舎と併せた際に、『保管場所がない』との理由により供与機器類は洗濯室へ移された。再々にわたって改善を要請したが、精密機器に対して鈍感な風潮のゆえか、放置されたままで雨季を迎えたため、サンパウロの事務室への移送・保管せざるを得なかった。瑣末なきらいはあるが、実験台・机・書棚などの什器類は全く用意されなかった。このため机・椅子もない状態が帰国まで続いていた。

供与した伐出用機械の格納庫は、公園事務所のある本部地区と、伐出現場に近い箇所との二箇所が必要である。本部地区では、分散して置かれている機械類を、森林院側の倉庫・燃料庫が新建物へ移転後の空いた建物にまとめる予定である。その時期は倉庫建設作業の進度によるが、'84年中には遅くも済まされるであろう。伐出現場に近い箇所に設ける現地倉庫は、'82年10月の火災により焼失したものの再建する予定であり、森林院総裁は、そのとき類焼したT-50トラクタの再供与を要請した際に「不燃材料による再建」を約束している。しかし、再建について度々督促しているが、'84年3月末の段階では再建場所もまだ確定していなかった。

「流域管理技術」および「リモートセンシング」の両部門と「機械化伐出技術」部門を比較すると、当部門の施設整備に立ち遅れが目立つ。

5 伐出作業

山岳地の間伐作業において、林地を荒廃させずに生産量を確保できる機械化伐出技術の移転が行われている。技術協力は林野庁から長期派遣された小林勝技官（現・前橋営林局）が三年間に亘って担当された。

技術協力の中心をなす架空索集材技術とトラクタ集材技術による搬出作業を行うために、集材機3台とトラクタ2台を供与してある。

伐出作業は、20名の作業者からなる作業班によって実行され、ほかに機械修理工1名を擁す。機械修理工を務める者は、日系の移民者で通訳を兼ねている。森林院では作業班を増員する計画でいたが、州政府の採用抑制策のため具体化せず、20名にとどまっている。このため、機械装備は過剰になりつつある。

供与機材の修理は、日系移民者の機械修理技術が高いので安心して任せられる。ただ、彼の身分が公務員ではなく年齢もやや高いこと（58才）に不安材料もあるが、現在は円滑に進められている。修理についての問題点は、むしろ森林院の予算不足のため必要部品の購入が滞ることがあるという点にある。

現地の地質は赤色土の土層が厚く、表層に岩石・砂礫などをほとんど含まない。このため、林道を容易に開設できるので、林道密度はha当り40mに達する。しかし、路面に敷くための敷砂利が乏しいため、雨後には泥化し易く、大型車の通行によってもいたみ易い。そのため雨季には道路補修に多くの人手を要する。

6 素材販売

生産しているマツ間伐材の用途は、直径20cm以上の新鮮材が板材となり、直径15cm以上のものは箱材として利用される。この他のものは、ごく一部を木炭にする以外は、薪材として燃料に用いられる。

カンボス・ド・ジョルダン州立公園は地利的条件に恵まれていないため、常時買い付けに来る素材加工業者は'84年3月末の時点で二業者にすぎなかった。このため、搬出した間伐材は、山土場あるいは林道の路肩に山積みされたまま放置されている。また、一部の大径材を森林院所有の製材工場（水車動力）で板に挽き、小径材は職員の家庭に燃料として頒けているが、出材丸太すべてを処分するには追いつかない。

素材販売を行う際には、一本一本を検知するのではなく、トラック一台ごとに層積検知を行って販売量を把握している。ときには目測で検知に替えることや、トラックの台数のみ数えて済ませる場合すらある。したがって、森林院は出材量を正確には観てはいないが、この方法でも事業運営に支障はないらしい。

Ⅱ 協力業務における問題点

1 カウンターパートの人員不足

1-1 研究協力

森林院がわが国に協力を要請しているテーマは、伐出作業の機械化に関する研究領域の広い範囲にまたがっている。

この領域のわが国の研究機関を例に挙げれば、林業試験場・機械化部において研究者 21 名が取組んでいてもなお人員不足と考えられている状況である。

ところが当部門に森林院が配置したカウンターパートは二人である。両名とも本務である森林院の職務が多忙なため、カウンターパートとしては十分な時間を割く余裕がない。

フィールド・ワークのできるカウンターパートを増員することによって、目的に近づくことが可能になるとと思われる。

1-2 技術協力

伐出技術の技術移転は、作業者集団を相手に進められている。ここで、伐出技術を指導できる者は伐出技術担当のカウンターパートが一人いるだけである。伐出技術担当のカウンターパートから技術の伝達を受け、発展させるためには、カウンターパートを増員すべきである。

伐出技術を習得した者が一人では、もしもその一人が辞めた場合に、過去三年間の技術協力の蓄積がすっぽり抜け落ちることになる恐れがある。

さて、技術協力分野の事情として、ブラジルの年金受給資格に関する制度について触れる。ブラジルにおいて、労働者が年金受給資格を得るためには次の条件のいずれかを満たせばよい。

- ① 勤続年数が 35 年になる。
- ② 本人の年齢が 70 才に達する。

そして、公務員が退職した場合は、退職時から遡って過去 3 年の平均給与を全額支給される。

伐出技術担当の J. M. モッタ氏は、'84 年 7 月に年金受給資格を得ることになっている。つまり、J. M. モッタ氏は、7 月以降はいつでも収入総額を増すために退職して別の職に就くことが可能となる。

後継者となる技術者の育成が急務であり、技術協力の分野で蓄積が失われることがないよう願っている。

2 施設整備の立ち遅れ

協力活動の拠点として研究室・実験室とも設置すべきである。また、伐出用機材類を格納するための倉庫は、本部地区と現場の二箇所が必要である。さらに、基礎実験および調整の場と

して、サンパウロにおいても実験室が必要である。

施設は協力プロジェクトの物理的基盤である。しかし、プロジェクト開始後すでに五年間を経過しても、前記施設の大部分は設けられていない。

一般に、R/Dで合意した施設整備を行う力が相手国側にない場合には少なくとも三つの対応策が考えられる。〈対策-1〉 両国で合意したR-Dに基いて、相手国の義務を指摘し、施設整備を要求する。〈対策-2〉 相手国の自発的な整備の可能性に見切りをつけ、協力事業の一環としてわが国が建設する。〈対策-3〉 相手国の将来における自助努力に期待し、協力事業は相手国の達成可能な範囲に縮小する。

協力期間中に実施計画の見直しを行う機会があれば、施設の整備状況も顧慮する必要がある。いささか些事にわたるが、GNP10位のブラジルを相手国としているので敢えて記す。

先進国としてのプライドを持ち、本邦に対等の立場での研究協力を要請しながらも、プロジェクト開始から五年を経過して、実験室などの研究施設はもとより派遣者が使用すべき机・椅子すら用意しないと云う対応の仕様は、当該機関の真のねらいが「機材供与」などの直接的利益の獲得に限定されているのではないかとの疑念を抱かせる(に十分な)対処の仕方であった。すなわち、当部門の個別問題を通してみると、相手国側機関のプロジェクト運営には諒としがたいものがあつた。

3 受入研修対象者の範囲と受入時期

研究協力プロジェクトと言えども技術協力(技術移転)を伴う場合は、実際に作業技術を担当する者を受入れて研修を行い、わが国の多様な条件のもとで臨機応変に用いられている技術を見聞し吸収する機会を与えれば、技術者としての視野が拡がると思われる。

このような視点に立てば、研究プロジェクトではあるが、受入研修の対象範囲を大学卒業者に限るのではなく、中堅技術者まで拡張することが合理的とは言えないであろうか。

受入時期について見ると、伐出技術に未経験な者であれば、技術移転の効率を高めるために専門家派遣に先立って研修を行うことも考えられる。

研究協力における受入研修は、技術移転とは逆に一年程度の期間を共同して実験あるいはデータ収集を行った後で、その取りまとめを受入研修の期間に行う方法が効率を良くするものと思料される。

4 機械の更新

機械化伐出技術の前提となる供与機材類の耐用年数は6-7年とされている。稼働時間が短いことを考慮するとしても、供与機材の寿命は数年間延長するに過ぎない。その後、機械類を更新することができなければ、技術協力の成果は衰退し、機械化作業技術が消え去る事態と

もなろう。

ブラジルに於ては、林業用トラクタが開発され、農業用トラクタも伐出作業に利用されているので、トラクタ集材技術は温存される公算が強い。しかしながら、集材機は未だ製作されていない。類似の機械として荷役用ウインチがあるものの本格的林業用の機械が製作される可能性は判然としない。

ブラジルにおける国産機械の開発が緊要な課題と言えるが、林業機械の市場の狭さもあってメーカーの開発意欲を刺激せず林業機械の国産化が遅れている。一方では、機械類を輸入する方策も考えられるが、ブラジルの外貨事情が思わしくないことと国内産業の保護のために輸入制限措置が実施されていることから難しい。これらの事情によって林業の機械化が妨げられる事になるのではないかと懸念される。

また、サンパウロ州政府の財政状態も良好とは言えないので、素材生産を継続するに足るだけの機材類を装備する資本力があるか否かも隘路の一つと考えられる。

Ⅲ 作業能率の比較

1 調査の目的

サンパウロ州森林院 (Instituto Florestal)との研究協力プロジェクトにおいて、「機械化伐出技術」部門に対しては、水土保全に配慮した経済的な伐出技術を確立するための技術協力が要請された。対象作業は山岳地にあるマツ人工林の間伐作業である。

当部門の技術協力は、わが国で用いられている各種の搬出技術——特に、間伐材の搬出に有効と考えられる技術を紹介し、相手国の国民性や技術レベルに適った方法を選択し、定着させると云う方針で行われてきた。

適切な方法を選択するためには、技術移転を行った伐出技術が相手国の作業技術として定着し得るか観察するとともに、林業の生産技術という見地から量的に把握し、比較検討する必要がある。

2 調査

2-1 調査方法

調査対象ごとに功程調査を実施した。

作業員一人一人について時間観測を行い、集材作業一回毎に集材本数と集材丸太の直径・長さを測り集材材積を求めた。また、集材距離は、予め距離を測って目印となる標識を設け、その標識を基準にして目測した。

2-2 調査対象

技術協力により移転された伐出技術のうち架空索集材技術はモノケーブルシステム・タイラー式索張・スラックライン式索張・ランニングスカイライン式索張・フォーリングブロックエンドレス式・ハイリード式がある。車輛系の技術としては、トラクタ集材・小形林内作業車・モノレールがある。その他にはシュートの使用と可搬式単胴ウインチによる機械木寄作業の技術がある。

調査対象としたのは、搬出技術を導入後、技術の習得のために十分な時間が経過して、技術分野を担当するカウンターパートに対し技術的なポイントを助言すれば、カウンターパートが作業員集団と共に架空索システムを架設できるまでに習熟している架空索集材作業である。具体的には、モノケーブルシステムの第五回目の索張箇所とスラックライン式索張の第三回目索張箇所である。タイラー式索張は、'82年9月に開催された学会のために展示を主目的として架設したものであるが、架設・撤収に高い技術力を必要とすることと、間伐材の搬出技術としては妥当とは言えない面もあるので一度限りとして、再架設は行わないことにした。したが

って；作業者が慣れるために連続して10日程集材作業を行った後で調査を行い検討資料を得た。

機械化伐出技術が本格的に導入される以前の人力集材作業の資料を得るため、従前のような方法で作業を行い比較資料とした。

トラクタ集材技術は、'81年にT-50トラクタを導入してから堅実に上達し定着していたが、'82年10月の火災により機材倉庫が焼失した際にトラクタも類焼し、休止の已むなきに至った。'83年にT-20トラクタが供与されてから再開したが、養成途中でオペレーターが交替したことのほか、同機の移動集材機としての特性に着目して利用する応用技術の指導のため架線集材作業に用いたこともあって、オペレーターがトラクタ集材作業に十分慣れるまでには至らなかった。

このような事情により、トラクタ集材作業を調査対象とはしなかった。

車輛系伐出技術は、トラクタ集材技術を除けば、ブラジルの輸入制限措置と国内メーカーがないことにより更新が困難なため、継続して実施される搬出技術とはならないのではないかと考えられる。

2-3 調査地

人力集材とモノケーブルシステムの調査をレチーロ (Retiro) 地区にある38林班で行い、スラックライン式索張の調査をリベロン (Ribeirão) 地区の72林班で、またタイラー式索張の調査を隣接する73林班で行った。

植栽樹種は、38林班・73林班がテードーマツ (Pinus taeda) で、72林班がエリオッティマツ (Pinus elliottii) であった。

いずれも1962-63年に植栽されたもので、樹令21-22年である。

立木密度は2200~2600本/haで、平均胸高直径は17~19cm、平均樹高は17.5~19.5m、林分蓄積は491~537m³/haである。間伐率は本数で62~64%、材積で42~45%である。

林地の勾配は13~33°で、25°程度の斜面が最も多い。

林床には、落葉が10~15cmの厚さに堆積していて、腐食層は薄い。林床植生は、わずかな草本と低木があるほかは、ほとんどみられない。

3 作業の概要

間伐木の選木作業は、本数率で60%を目標にして、特定の作業者がすべての間伐林分で行っている。選木基準は、わが国の寺崎式間伐と同様のものである。

間伐木の伐倒はチェーンソーを使用して二人一組で行っている。伐倒木の枝払には、わが国の除伐鎌とよく似た道具を使用していて、チェーンソーを使用することは少なかった。

玉切作業は、チェーンソーを使用して二人一組で行い‘玉切’・‘測尺’を分担している。人力集材作業の際に曳き出すことが困難な大径材を2 m材にする場合を除いて、4 m材に造材していた。トラクタ全幹集材の場合は林道端の集積場所で造材したが、そのほかは林内で玉切作業を行った。

また、小径材で薪とするものは、搬出後に2 mに切断した。

人力集材作業は、30 cm程の木の柄を一端に結びつけた長さ約2 mの針金もしくはナイロンロープを使用して地曳き集材する方法で行われた。一人で曳くことが困難な大径材の場合には、二人または三人が協力して集材した。



写真 - 1 人力集材作業
(小林 勝氏 撮影)

架線集材作業を行う場合には、可搬式単胴ウインチを使用して架線の下まで木寄せを行った。この木寄せ作業は、作業員二人が組になり、ウインチ操作と荷掛作業を分担して行っている。

モノケーブルシステムは、荷掛・荷卸作業の度に循環索を張り上げたり、ゆるめたりする事はせず、始業時に張り上げた後は終業時まで張力を変える操作をしなかった。ただ、荷掛作業を行い易くするため片持滑車の取付高さを変えることがあり、その場合に循環索を弛めたことは勿論である。荷掛・荷卸作業を行う際には、その度に循環索を停止させた。集材方式は二点吊り・連送式である。

スラックライン式索張はスパン長が短いので、運転者から荷掛場所と荷卸土場を視認できるように架設した。主索は15°の勾配をもつため、索を張りあげると自重で材が滑降した。荷卸土場として林道を使用したため、荷卸作業に続いて土場整理を行った。

タイラック式索張では横取作業を試みたが、運転操作・搬器の誘導が難しく作業者がなじまなかった。そのため、横取をせず架線下で荷掛作業を行った。

集材した間伐材は、土場もしくは荷卸土場付近の林道の路肩に極積みした。販売が順調に進まない場合は、極が林道端を占拠して並ぶことになり、集材した間伐材を整理するために短距離の運搬を行う必要が生ずる。この目的にはグラブクレーン付トラックやT-20トラックが使用された。ときには、小形内作業車(デルビス)が用いられることもあった。

4 作業日数と作業時間

4-1 作業日数

公園のある地域は亜熱帯気候区に含まれている。このため、雨季・乾季がある。雨季は夏雨型で、例年11月から3月までである。降水量は1月に最も多い。雨季にはほぼ毎日にわか雨が降るが、何日も続けて終日降ることは少ない。

わが国では雨が降っても小雨ならば合羽を着て林業作業を行うが、森林院では雨が降ると作業を中止していた。このため、伐出作業班も降雨時には作業を行わなかった。

週末の休日は、土曜日・日曜日を休む完全な週休二日制である。

さらに、一年以上継続して一つの企業で働いた経歴を持つ労働者は、連続して30日間の休暇(feriasという)をとる権利を保証されている。民間企業が従業員に長期休暇(ferias)を与えない場合には、賃金の倍額に相当する金額を日割で支払って買い上げることを義務づけられている。しかし、公務員の場合は、原則として休暇の買上げを行わない。したがって、作業者は交替で一か月ずつ長期休暇をとることになる。伐出作業班にはオペレーターが少ないので、オペレーターの長期休暇によって作業の遂行に支障が生ずることもある。

ブラジル人にはカソリック系キリスト教徒が大部分であり、宗教行事のための休日がある。とくに、キリスト生誕祭(Natal:クリスマス)がある12月は半ばから大晦日まで休みをとる人が多いし、謝肉祭(Carnaval:カーニバル)の時期も休む。

降雨など自然条件や社会制度・慣行による休業日を考慮すれば、伐出作業を行うことができる年間の作業日数は180~200日である。

4-2 作業時間

ブラジルでは、職種によって労働時間帯がずれていることが多い。

身体を使って働く職種では、始業時刻が午前7時で、昼食時間が11時~12時、終業時刻は16時という場合が多い。事務職は8時30分に仕事を始め、昼食を12時から13時に取り、17時30分に終業となる例が多いが、9時に始業で18時終業という例も少なくない。

伐出作業班は、公園本部地区にある機材庫もしくは燃料庫の前に午前7時に集合し、小形トラックに乗って伐出作業現場へ向い、16時に帰着するというスケジュールに従っていた。

小形トラックによる片道の移動時間(通勤時間)は、レチーロ(Retiro)まで15分、リベ

ロン (Ribeirão) 地区まで 35 ~ 40 分であった。

作業中の休憩時間は、14 時頃から 15 分間ほどとり、コーヒーを飲みながら間食を摂ることが多かった。

雨季には、晴れていても 14 時頃からにわか雨が 30 分 ~ 1 時間降ることが多い。

これらの条件により、伐出作業の作業時間は 5 時間 30 分 ~ 6 時間である。

5 結果と検討

5-1 丸太材積の計算方式

わが国とブラジルでは丸太材積の計算方式が異なっている。わが国では多く ▶ 末口二乗法 ◀ が用いられ、日本農林規格 (JAS) によっても 6 m 未満の素材では同様の求積式を使用している。ブラジルでは ▶ 平均直径法 (ブレトン法) ◀ を使用している。日本・ブラジル両国において比較を行うため、二つの求積式により材積を求めた。

$$\text{末口二乗法} \quad V = d_n^2 \ell$$

$$\text{平均直径法} \quad V = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_o + d_n}{2} \right)^2 \ell$$

ここに、 V : 材積、 ℓ : 長さ、

d_o : 元口直径、 d_n : 末口直径、 π : 円周率

元口と末口の直径に差が少ない場合は ▶ 末口二乗法 ◀ による材積の方が大きな値を示し、丸太の細り度合いが大きい場合には ▶ 末口二乗法 ◀ による材積が小さな値を示す。

5-2 調査期間中の作業時間

時間観測を行わずに観察していると、5 時間 30 分 ~ 6 時間の作業時間が普通である。

ところが、雨による中断を受けずに調査ができた日の作業時間は平均 6 時間 33 分である。雨によって中断した二日では平均 5 時間 42 分である。これは前記の観察結果と大きく異なる。

作業時間が長くなり、観察結果との乖離が生じた理由について検討する。

作業者集団に対しては、カウンターパートを通じて日常と同様の作業を行うよう求めた。すなわち、工期を上げるために無理をしたり、あるいは手抜きをすることがないよう予め言いふくめた。しかしながら、調査されること ― 観測者により観られること ― に不慣れた作業者達の緊張によるものか日常の指示系統に混乱をきたし、作業の終了を言い出す者が居なかった。そのために、日常よりも長く働きつづけることとなった。

調査者として、公園管理事務所副主任 (カウンターパート兼任) が参加していたことも無視できない。副主任は伐出作業を担当し、勤務評定の権限を有する。そのため、作業者達は常以上に精励ぶりを印象づける機会と考えた可能性がある。

如上の理由が交絡して、作業時間の延長としてあらわれたと考えられる。

5-3 集材作業の能率

マツ人工林の間伐材搬出を対象としているので、立木密度・間伐率・採材寸法・林床状態などの条件はほとんど変わらない。

ここでは、機械化集材技術による生産量（集材材積）を指標として作業能率を比較することにする。さらに、集材回数・集材距離・搬出材の径級と集材材積の関係から作業方法ごとに結果を検討する。

a) 人力集材

一回に曳くことができる集材材積は少ないが、多くの集材回数をこなすことによって他の作業方法と比べても遜色のない実績をあげた。したがって、適当な勾配があつて距離が短く小径材の場合には有効な方法と言える。

しかしながら、調査日数が少なく間伐材の径級が小さいために達成し得た実績と見なせることから、将来的には、小径木を対象とする一部の間伐作業を除いて、機械化作業に移行するであろう。

b) モノケーブルシステム

間伐材の径級・集材距離が変化しても、作業能率（集材材積／人・時）に現われる差は小さい。今回の調査の範囲では、集材距離が変化しても作業能率に大きな変化がなかった。これは吊荷を連送したことの効果と考えられる。

荷掛作業を人力に頼っていることと、循環索の運転速度（ 0.6 m/sec ）の制約を受けるため、低位に安定していた。

c) スラックライン式索張

スパンが短いため、集材距離・集材回数の変化は少ない。作業能率の差も小さい。したがって、吊荷が地表と接触しないで通過できるように架設することが可能で、自重降下するに十分な勾配があれば、安定した生産を期待できる。

d) タイラー式索張

架設した間伐林分の成長がよかつたことと、この方式の集材容量が大きいことから、一回あたり集材材積で他の方法を圧倒している。

荷掛作業の能率が集材回数の多寡に影響し作業能率のパラッキとして現われた。

e) 作業能率の比較

従来からの人力集材を基準に考えれば、スラックライン式索張が同等の作業能率を示す。

スラックライン式索張とモノケーブルシステムは、集材丸太の大きさ・集材回数に大差がないが、一回あたり集材材積ではスラックライン式索張の方が大きい。このことが両集材方法に

よる集材能率に差をもたらした理由であろう。

モノケーブルシステムは、集材丸太の大きさ・集材距離の変化に対して、作業能率の変わり方が小さかった。この点で他の作業方法と異なっている。

ところが、これはわが国の集材機による間伐材搬出作業の工期を分析した結果と比較しても異なる現象を示していることになる。辻井ら(1984)*が、エンドレスタイラー式索張・ホイスチングキャレッヅ式索張・モノケーブルシステムの集材工期について、間伐木の直径と集材距離は工期に影響するが、作業方法の違いによる差は無視できるという結果を報告している。

モノケーブルシステムが、本プロジェクトにおいて示した結果は、他の方法とは異質なものであるように考えられる。この点は更に検討する必要があると思われる。

当部門の技術協力の目標である▶水土保全に配慮した林地を荒廃させない機械化伐出技術の定着◀という視点に立てば、作業能率を表わす集材工期だけを検討するのではなく、林地保全的な特徴も併せて考慮することが望ましい。この面からモノケーブルシステムは評価できる。

脚注*注) 辻井辰雄・今冨裕樹：林業試験場機械化部業務報告会要旨集(昭和58年度), 111
~114, 1984

5-4 残された調査対象

車輻になじみがあるため、トラクタ集材技術は最も歓迎された技術であり、相手国の国民性ともよく適っていると考えられる。

また、II-4において指摘したように、林業機械の国産化が遅れていることと、輸入規制措置のため、現時点で将来とも継続することを期待できる機械化伐出技術としてはトラクタ集材技術が最有力である。このことから、山岳林の伐出技術としてのトラクタ集材技術の定着を図るため、導入初期段階での工期を把握し、作業方法の改善に役立てることが意味をもつ。したがって、トラクタ集材作業の工期調査を行う必要があると思われる。

また、架空索集材技術のうち、ランニングスカイライン式索張は有力な集材技術である。この方法についても調査を行うことが望ましい。

お わ り に

「機械化伐出」部門の研究協力を行うためには、機械化伐出技術の技術移転によって、作業の技術的基盤を確立することが必須の要件となっている。したがって、「流域管理」・「リモートセンシング」の両部門と比較すると、当部門の協力活動は産業としての色合いをより濃く含みながら実施されている。

こんごの機械化伐出技術の発展のためには、林業機械・器具を容易に入手できるような体制を整える必要がある。しかしながら、国産化体制が十分には整備されていないため、供与機材類の更新を難しくしている。一方では、輸入制限措置が緩和される可能性も考えられるが、基本的には機械・器具を国産化する方向が望ましい。

本プロジェクトが行った機械・器具の試作は、ブラジルにおける林業機械国産化のための緒の一つとして位置づけられる。

モノケーブルシステムに使用する片持滑車（12インチ）と荷吊フック（打落し式）を試作した。'81年から使用しているが、日本製と比較しても遜色のない性能を発揮している。

土場作業など丸太の取扱いのために小トビを試作した。身体を使うことを厭わない作業者達も、ようやく手工具の便利さを認識するようになってきた。

可搬式単胴ウインチの試作について検討した。汎用エンジン・農業機械を主力商品とする機械メーカーに依頼したところ、ブラジル国内では調達できない部品があることが判明したため計画は頓座した。この検討過程で次のような二つの問題点が明らかになった。① 林業機械の市場が確立していないため、部品を自社生産することは経費的に引合わないこと。② 輸入制限措置のため部品を輸入することが難しいこと。

機械・器具の国産化には困難な問題があるが、本プロジェクトが刺激となって国産化の気運が興るよう願っている。

さて、研究協力は機械化伐出作業を評価するために、産業界としての立場から基本的な方法をもって行った。しかしながら、生産性の把握というテーマは地味なため、技術移転が一応の段階に達した時点では、研究テーマを拡げて話題性のあるものに着手する配慮もしたいところである。

最後に、林業開発課をはじめ国際協力事業団の御支援・御尽力に対し謝意を表します。

表-1 カウンタースタッフ

氏名	資格	職務	年齢	期間*	備考
Jose Maria MOTTA ジョゼ マリア モッタ	技術補助者	プロジェクト専任	52	'81年3月～ (3年1箇月)	
Gregorio BERENGUT グレゴリオ ベレングッチ	林学士 サンパウロ大学卒	プロジェクト・マネージャー	47	'83年11月～ (5箇月)	
Luis Alberto BUCCI ルイス アウベルト ブッチ	林学士 パラナ大学卒	カンボス・ド・ジョルダン 州立公園管理事務所 副主任	26	'81年7月～ (2年9箇月)	受入研修 (82年2月～5月)

* 期間は'84年3月末までで計算

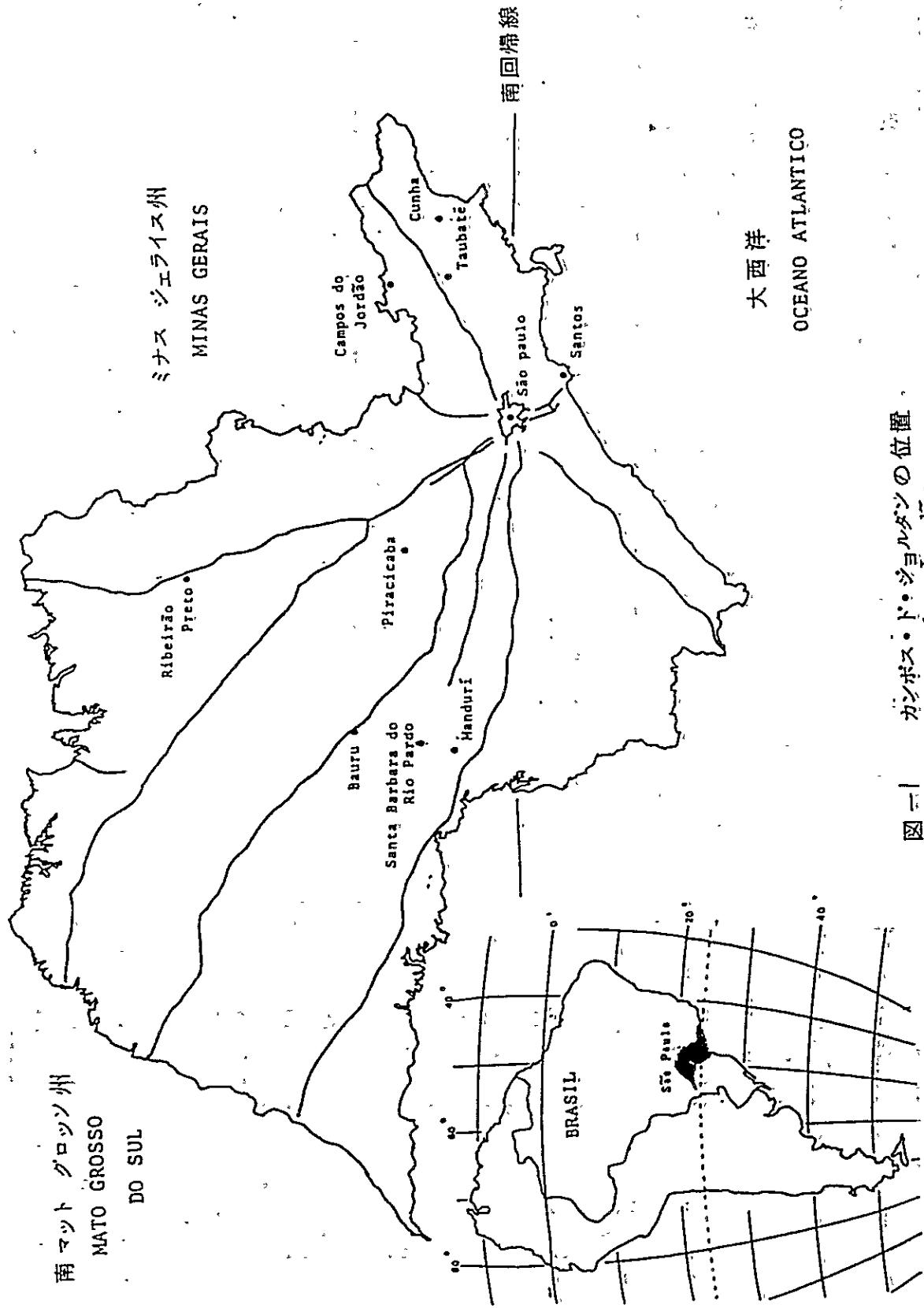
表-2 架線集材方式の概要

集材方法	作業者数	作業者構成				スパン (m)	支間距離 (度)	使用集材機		ドラム 巻上容量	主索
		荷掛	荷卸	土場	運転			機種	出力		
モノケームブル	5	2	1	1	1	* $\frac{5.2-22.8}{13.7}$ m	$\frac{5.0^{\circ}-25.0^{\circ}}{12.4^{\circ}}$	Y-252E	$\frac{67ps}{3200}$ rpm	3000 kg	12 mm
ストラックライン 式 索張	4	1	2	1	1	125 m	15°	KK-1	$\frac{12ps}{2200}$ rpm	1000 kg	12 mm
タイラー式 索張	4	1	1	1	1	340 m	12.5°	Y-252E	$\frac{67ps}{3200}$ rpm	3000 kg	14 mm

* 循環索総延長 30区間, 420m

表-3 集材功程

作業方法	作業時間	集材回数	集材本数	集材量 m ³			集材材積 / 人・時		集材距離 m	備考
				平均直径法	末口二乗法	平均直径法	末口二乗法			
人力集材	6時間10分	365	493	17.382	15.805	0.563	0.512	~ 50		
	6 " 23 "	280	390	12.464	11.818	0.391	0.371	~ 65		
	5 " 32 "	218	318	10.458	9.279	0.378	0.335	~ 75	午后、雨により中断	
	6 " 20 "	339	536	19.283	16.996	0.507	0.447	~ 70		
	3 " 10 "	225	399	12.370	10.173	0.783	0.644	~ 73	午前のみ	
モノケープル・システム	6 " 54 "	101	194	11.103	10.738	0.321	0.311	65 ~ 81		
	6 " 58 "	99	188	9.309	8.917	0.267	0.256	68 ~ 100		
	7 " 00 "	105	172	9.219	8.993	0.222	0.257	93 ~ 122		
	5 " 51 "	85	127	7.787	7.528	0.266	0.257	113 ~ 133	午后、雨により中断	
	6 " 58 "	97	141	9.705	9.370	0.279	0.269	160 ~ 188		
5人	6 " 59 "	87	122	8.294	7.998	0.238	0.229	187 ~ 197		
	6 " 33 "	96	120	9.805	9.324	0.249	0.237	194 ~ 240		
	6 " 26 "	83	269	12.484	12.586	0.485	0.489	65 ~ 84		
スラックライン 4人	6 " 17 "	88	290	13.315	13.067	0.523	0.520	80 ~ 110		
	6 " 38 "	83	227	14.718	14.082	0.554	0.530	37 ~ 95		
	6 " 16 "	39	136	17.101	17.982	0.683	0.718	140 ~ 151		
タイラー式 4人	6 " 32 "	50	198	24.917	27.063	0.954	1.036	55 ~ 150		
	6 " 06 "	37	252	21.459	22.071	0.879	0.904	129 ~ 150		
	6 " 11 "	43	202	19.088	20.092	0.772	0.812	85 ~ 151		
	2 " 57 "	25	77	7.839	8.189	0.665	0.695	~ 85	午前のみ	



図一 カンボス・ド・ジヨルダンの位置
Campos do Jordão

ミナス ジェライス州
MINAS GERAIS

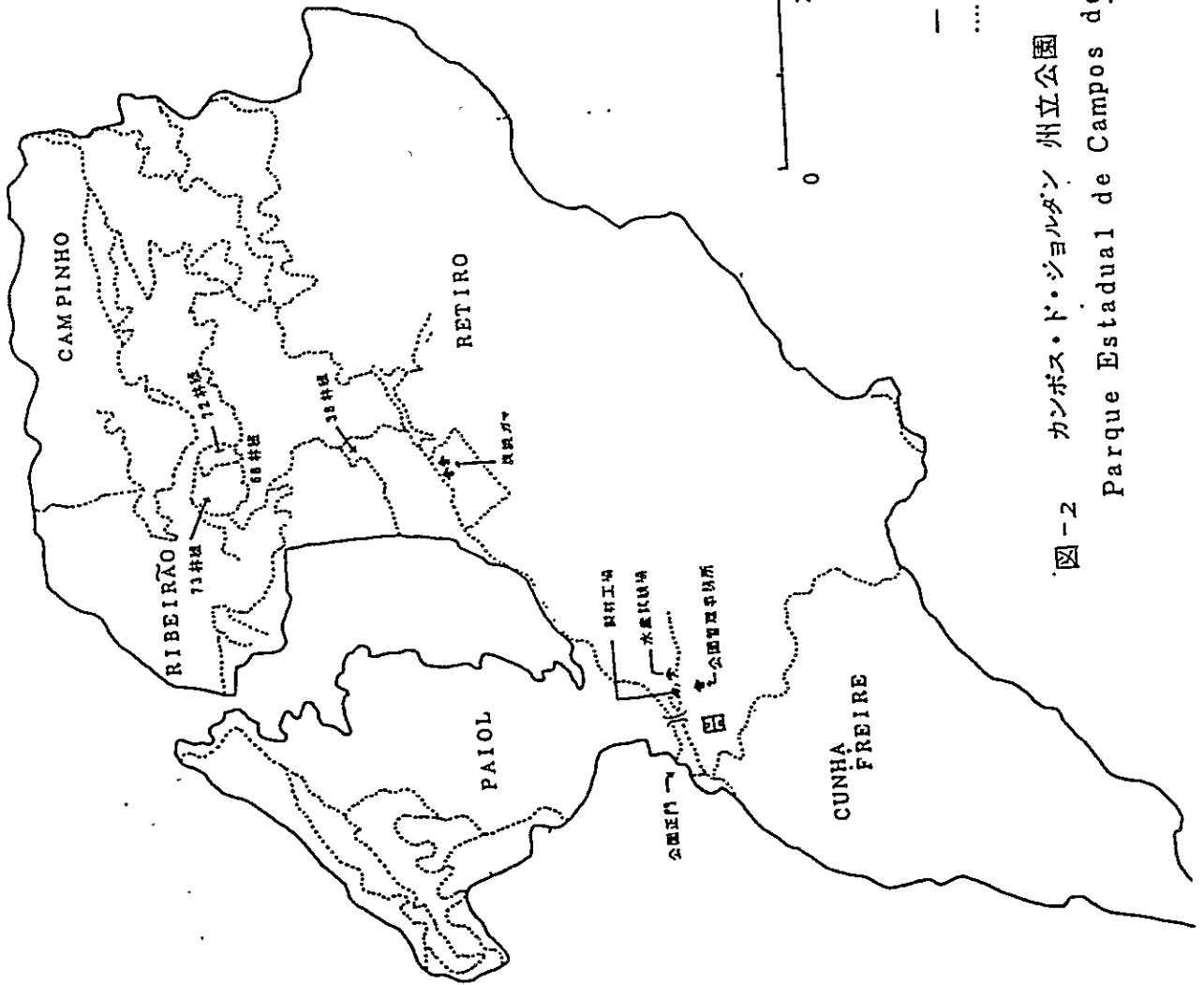


図-2 カンポス・ド・ジョルダン 州立公園
Parque Estadual de Campos do Jordão

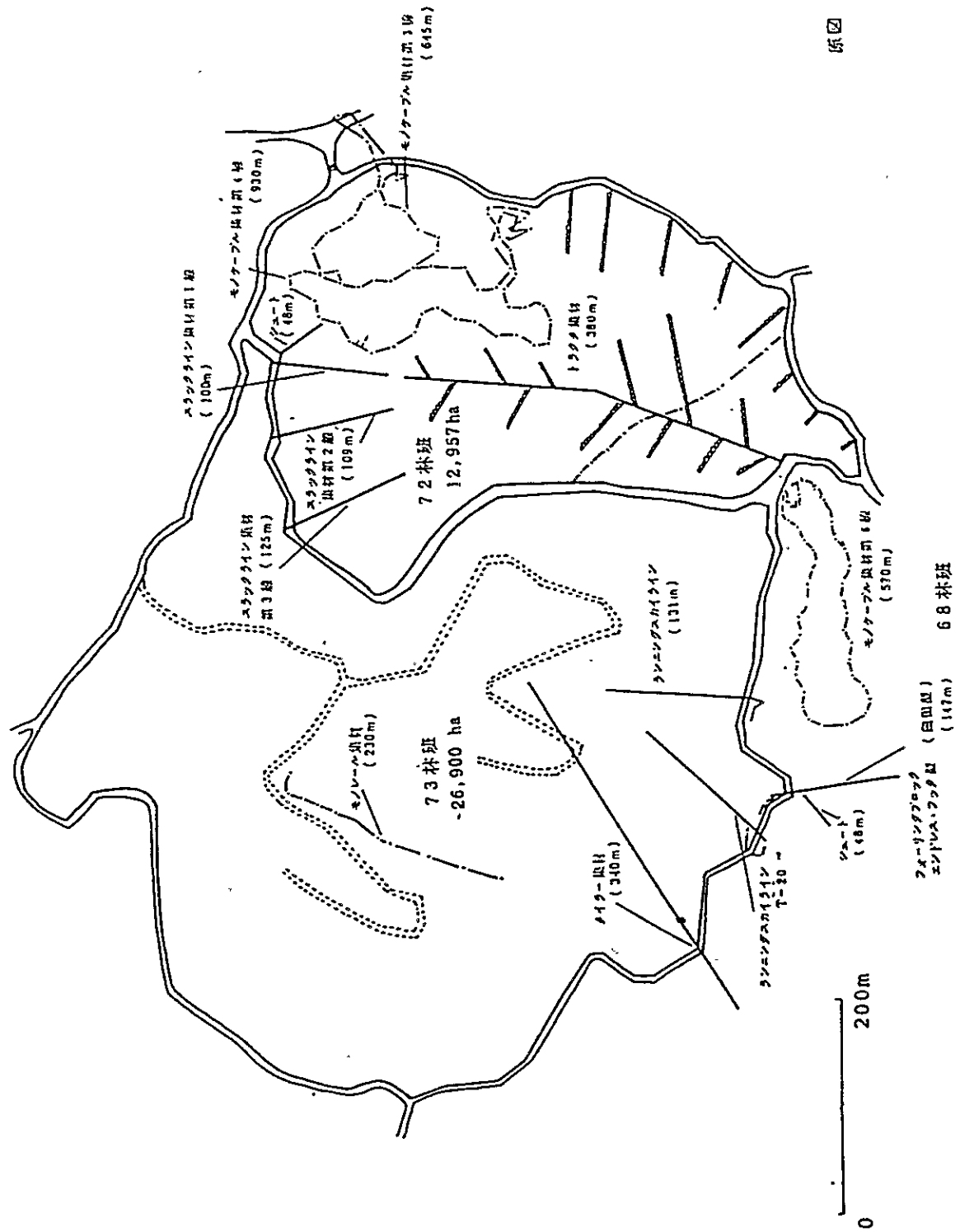
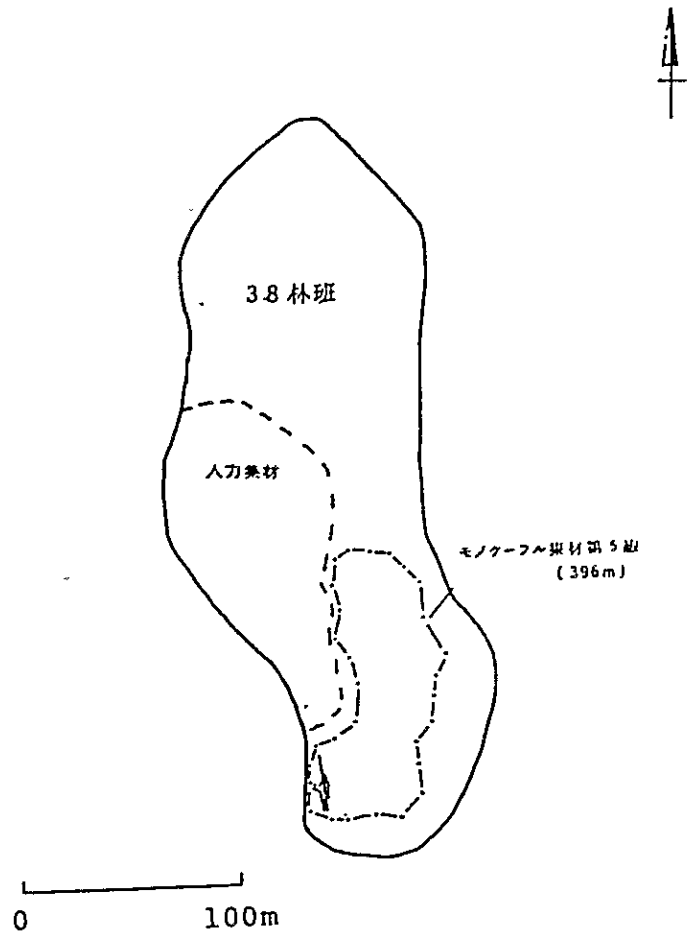


図-3 リベロン(Ribeirão)地区



原図 José Maria Motta
&
小林 勝

図-4 レチーロ (Retiro) 地区

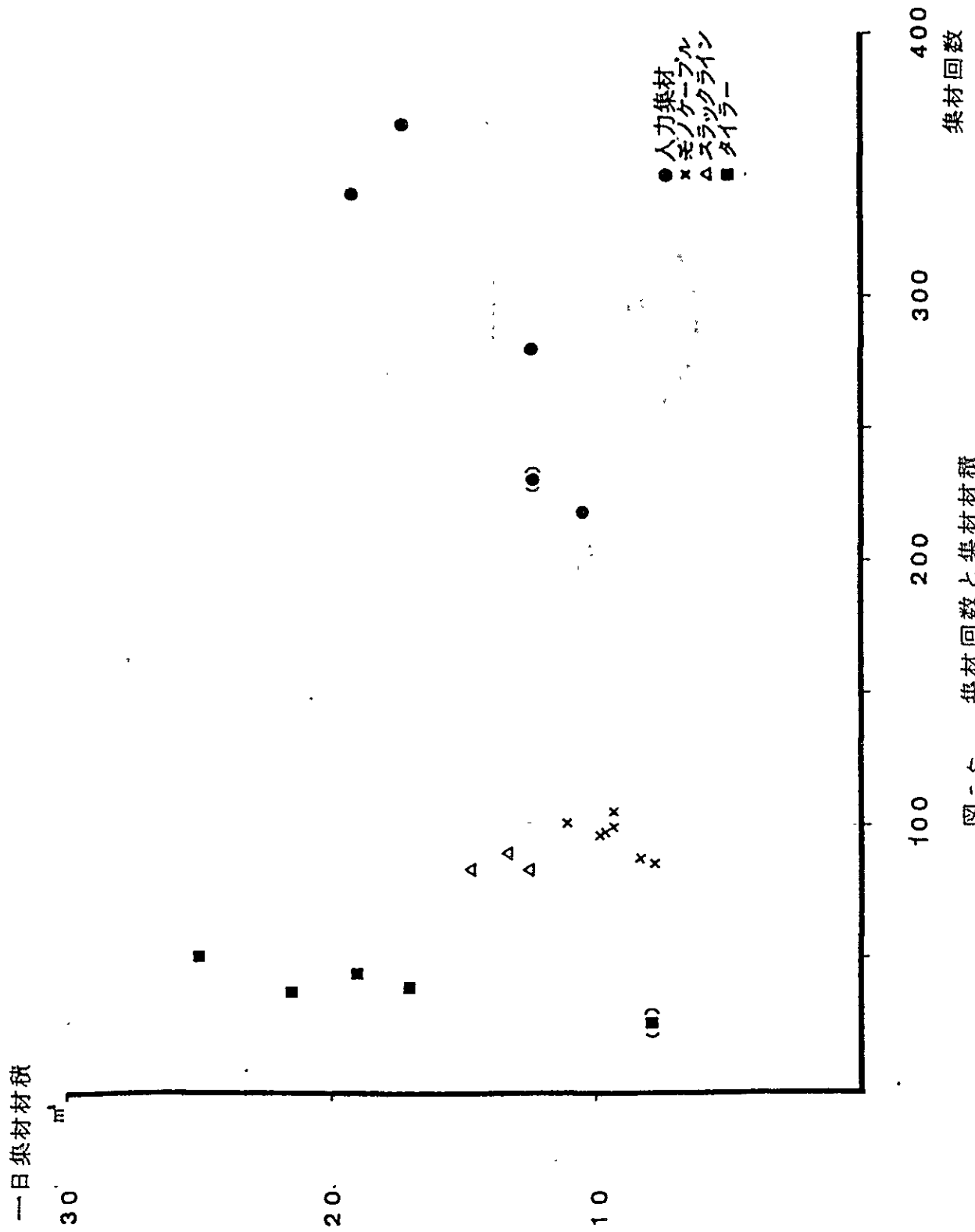


図-5 集材回数と集材材積

集材材積/人・時

(m^3)

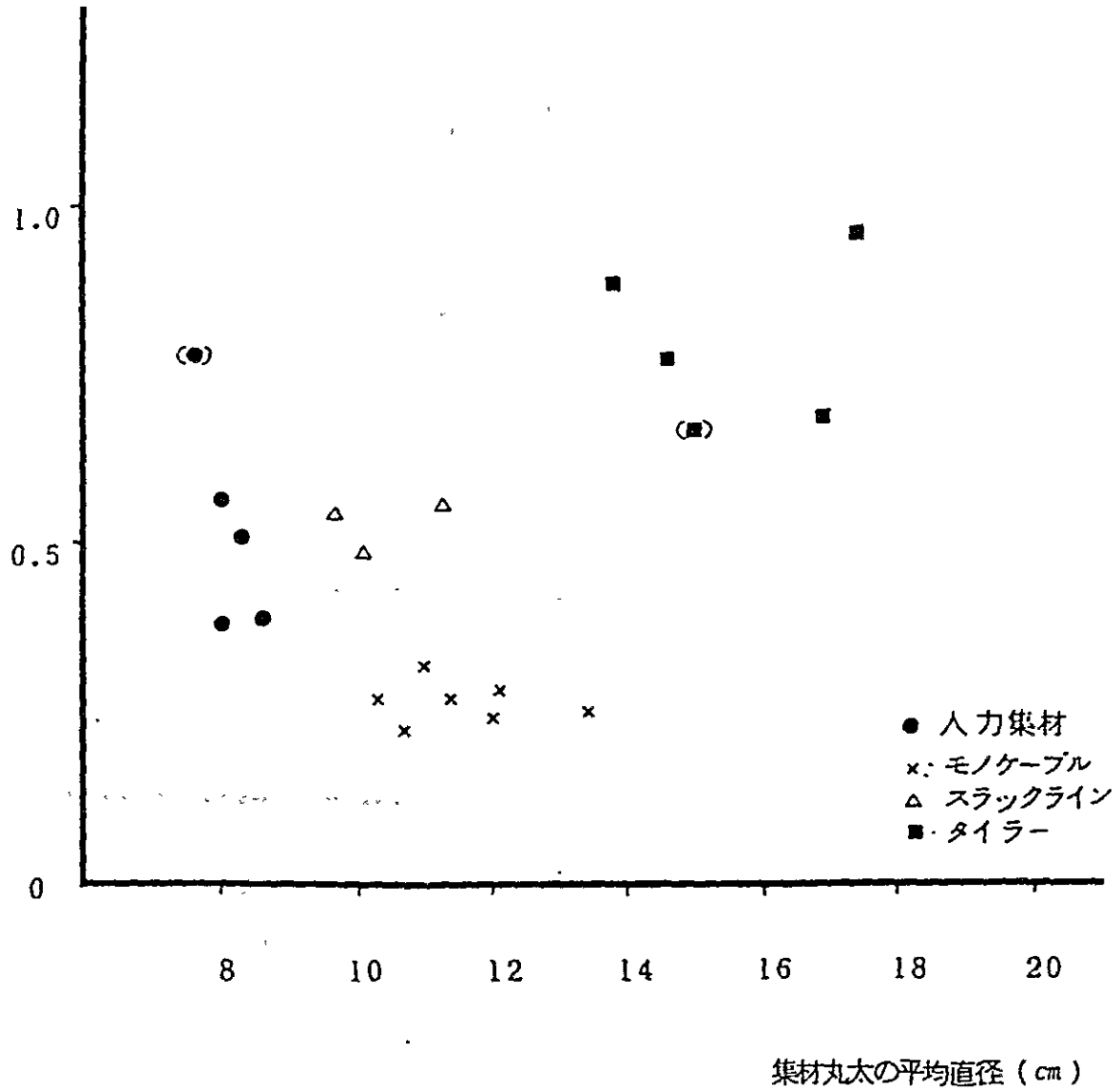


図-6 集材丸太の大きさと作業能率

集材材積/人・時
(m^3)

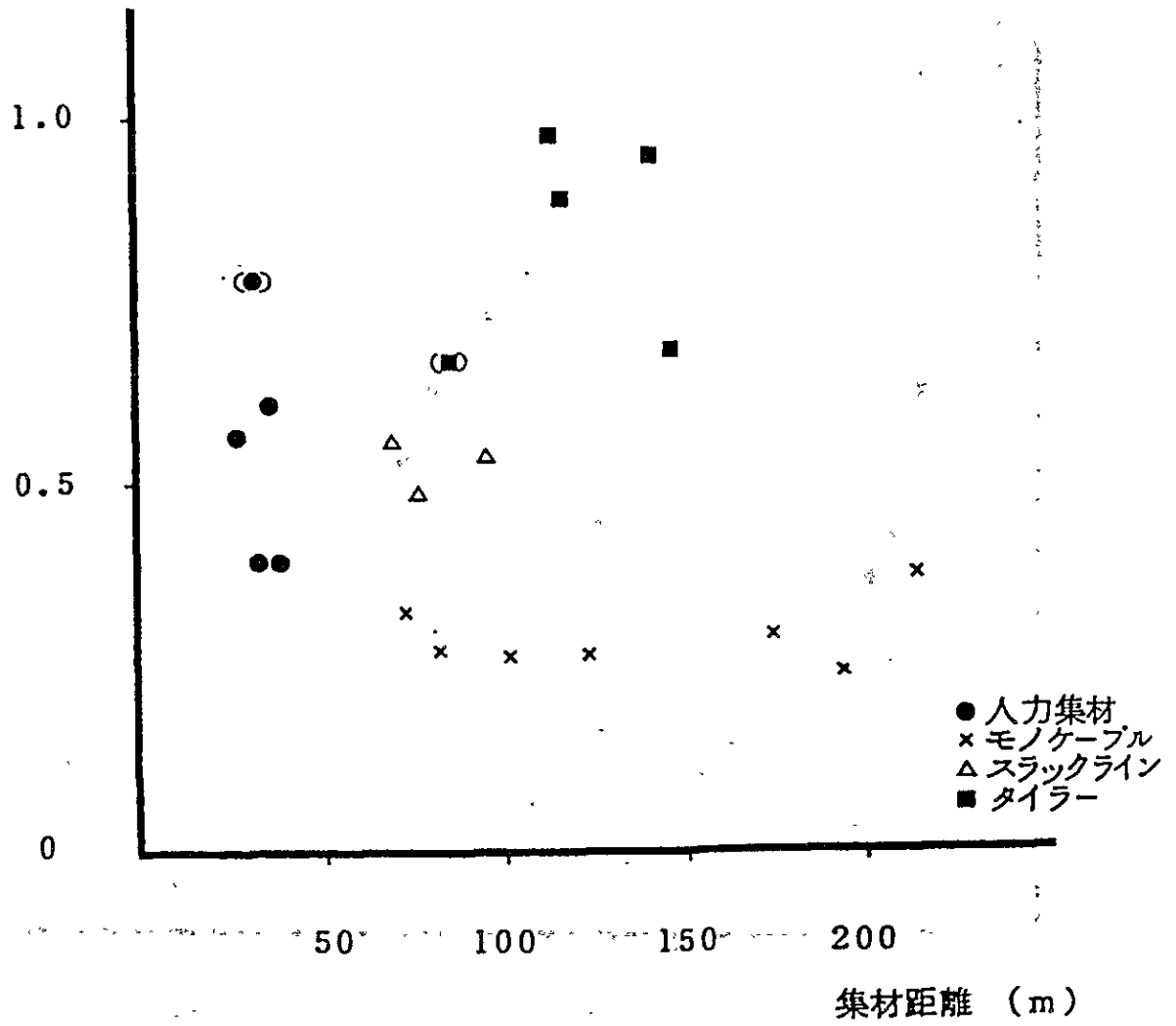


図-7 集材距離と作業能率

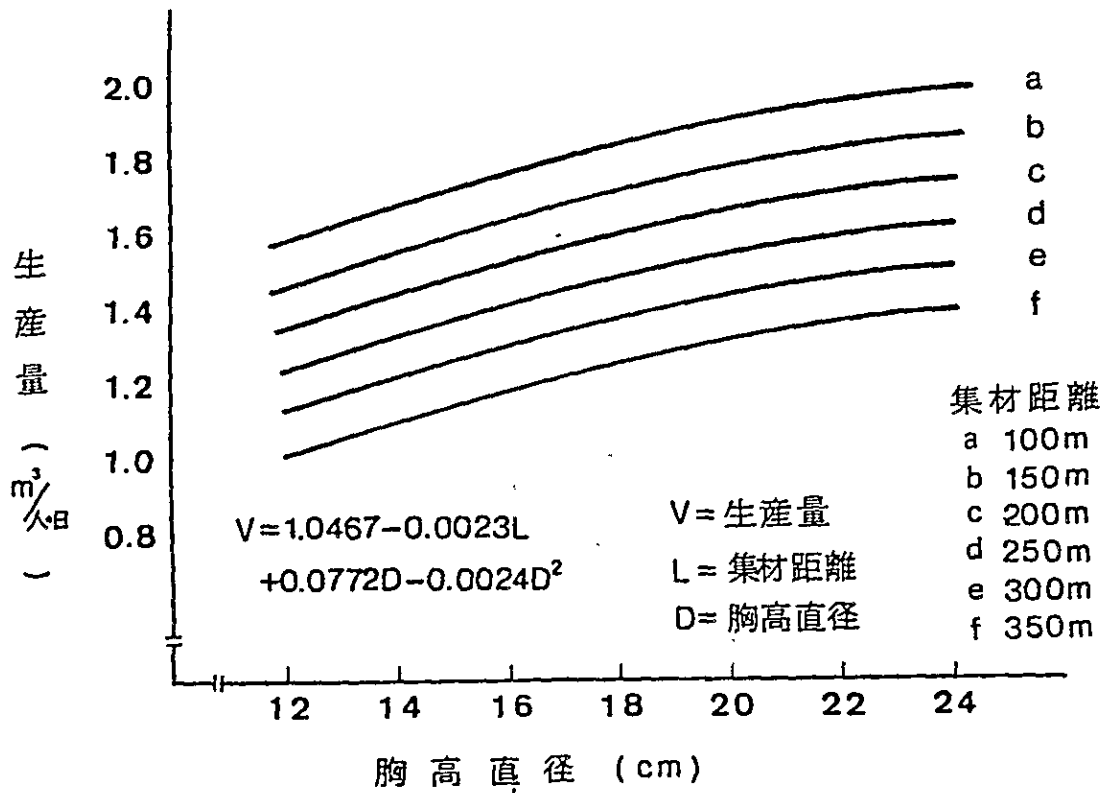
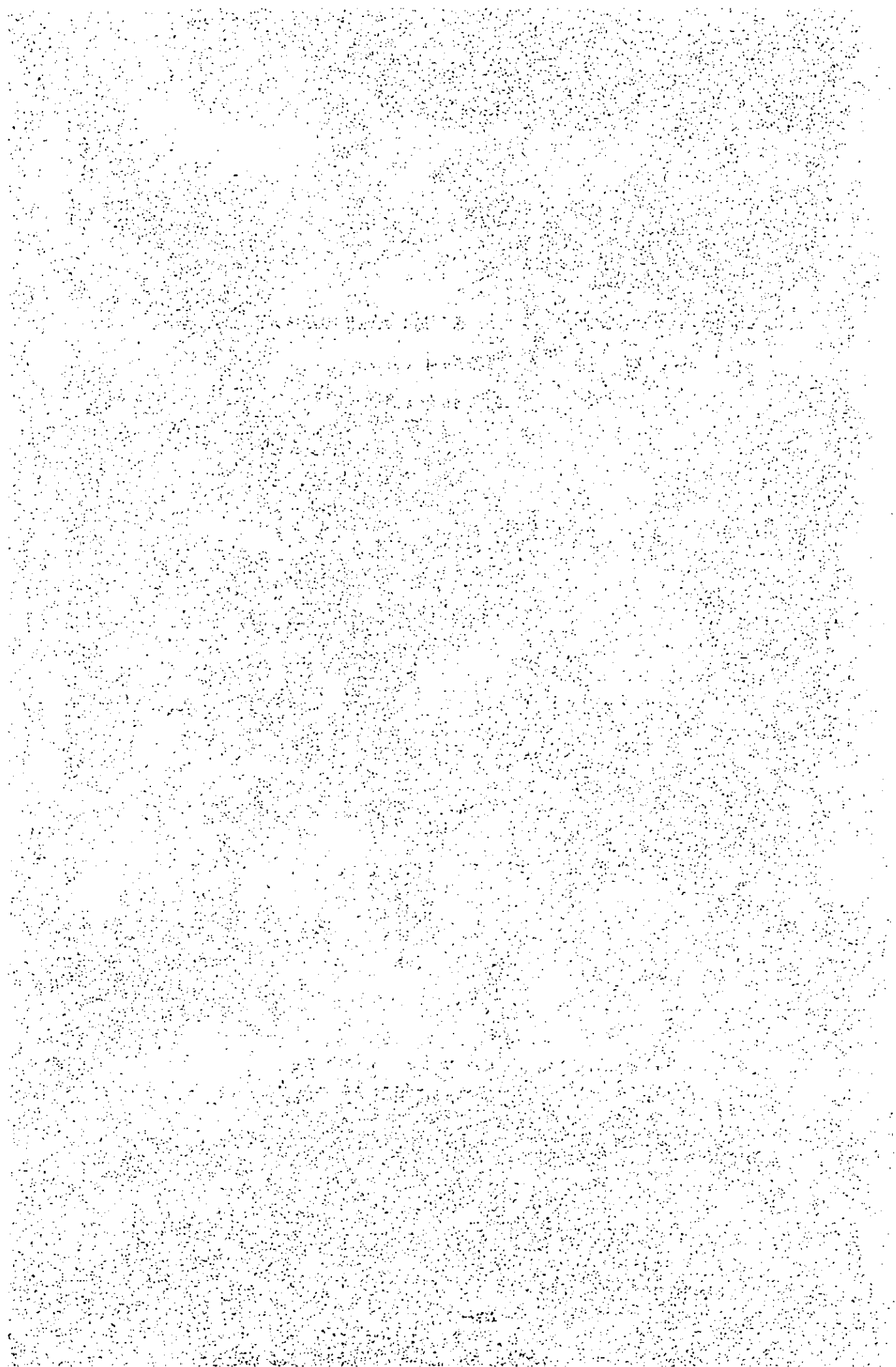


図-8 間伐材の伐出作業工程 (集材機)

(辻井・今富, 1984)

リモートセンシング 長 正道(九州大学農学部)
派遣期間 自 昭和56年4月3日
至 昭和58年4月2日



目 次

はじめに	283
Ⅰ 研究指導項目	284
Ⅱ 各項目に対する研究指導実施内容の概要	284
Ⅲ 研究指導項目のうち今後継続するもの	288
おわりに	289
参 考 資 料	291

はじめに

1981年(昭和56年)4月3日、日本(成田空港)を出発し、4月4日ブラジル国サンパウロ州森林院に着任し、入国および着任の手続き、関係諸機関への挨拶廻り、サンパウロ日本人学校への子供の転入学手続き、アパート入居手続きおよび4月9日入居等の生活環境整備のあと、直ちにサンパウロ州森林院関係者、ならびにリモートセンシング部門カウンターパートらと今後2年間の研究指導実施項目について打合せを行ない、またこれと併行して州有林を対象に数箇所の子備踏査を行なった。

予備踏査は主としてMojí-Guacu, São Simão, Luiz Antonio, Manduri, Aguas de Santa Barbara等の州有林を対象とした。また既に研究指導および技術指導が取り組まれている。流域管理部門のCunha, 機械化伐出部門のCampos do Jordaoの両州有林内試験地もその対象とした。

打合せおよび予備踏査は森林院側で現在最も研究指導を必要とし要望している項目、なかんずく、その中で中縮尺空中写真の使用による森林の判読測定および森林調査のための主要判読要因に対する計測の知識やレベルの程度、その実施例や実績、写真判読測定に携わるスタッフとその能力、等の把握を中心とした。また基礎的測定法に対する知識やそのレベル、一般的な森林調査法、林木測定法の知識や経験および実績、これらに関連するデータや測定関係の器材の実状、等についても併せて行なった。そしてこれらの結果にもとづいて再三に亘り林業研究プロジェクトチームおよび森林院関係者、カウンターパートらとの打合せや意見交換、研究指導に対する具体的実施項目についての詰めを行なった。

その結果、大要次のような結論を得、森林院関係者およびリモートセンシング部門カウンターパートらとの間で意見の一致をみた。

空中写真の判読測定による森林調査法、なかんずく森林蓄積の推定法に関する研究指導は、森林院側でも緊急を要するテーマとして要望が高い。しかしその基礎ともいべき林木測定法や森林調査法に関する知識や経験、実績等が必ずしも十分とはいえない。また林木測定および林分蓄積推定のための基礎データの一つとして必要不可欠な立木幹材積表も完備しておらず、その調製方法に対する知識や経験も十分ではない。さらにまた生長量推定に関しては単木、林分の何れのケースにおいても今まで全く行なわれていない。したがって空中写真以前の問題としてこれらの測定方法に対する基礎的手法の指導とトレーニングが必要である。これらを十分にマスターしたうえで空中写真利用化のための研究指導に繋ぐこととする、という基本方針を立てた。これにより具体的には、立木幹材積表の調製(既存の材積表の適合度の検定、および立木幹材積表の新規調製)、標本抽出調査法(サンプリング)による林分蓄積の推定、これに生長錐調査を組み合わせた林分生長量の推定、単木の生長プロセス解析のための樹幹析解、等のテーマを設定した。また造林のための適正品種選定および施業の指針、

生長および収穫予測・保続生産計画等の適切な林業経営のための資料の一つとしての林分収穫予測表の調製も研究指導の対象とした。なお、空中写真による森林面積の測定、林相判読、および地形解析については森林院で独自に取り組んでおり実行可能であると判断した。

以上の打合せおよび意見の一致にもとづき、計測関係の試験地としてAgua de Santa Barbara 州有林(面積5,000ha)を選定し、2年間の任期中に以下に示すテーマについて研究指導を行なった。

I 研究指導項目

- 1 立木幹材積表の調製
 - 1) 実測材積に対する使用材積表の適合度の検定
 - 2) 立木幹材積表の調製
- 2 林分蓄積および林分生長量の推定
- 3 樹幹析解
- 4 林分収穫予測表の調製
- 5 その他

II 各項目に対する研究指導実施内容の概要

- 1 立木幹材積表の調製
 - 1) 実測材積に対する使用材積表の適合度の検定

森林院における既存の材積表はサンパウロ州全域を対象にデータがとられ、これにもとづいて樹種別、品種別の材積表が調製されている。しかしこれは使用する場所によって過大になったり、逆に過小になったりして実材積とはよく合わないという説明であった。そこで地方別あるいは地域別の材積表調製を意図し、その調製方法を指導のため、Agua de Santa Barbara 州有林内エリオッティ・マツ(Pinus Elliottii)を対象に立木幹材積表の調製を行なった。

この材積表調製と併行し、既存の材積表が適用しようとする対象林分の実材積に適合しているかどうか、若し適合していない場合はどの程度の差異があるか、等のチェックのための、いわゆる材積表の適合度の検定(t-検定)を、(1)Agua de Santa Barbara 州有林、および(2)Campos do Jordao 州有林の両地区に対し試みた。(1)については主として検定方法に対するマニュアル作成を目的とした。(2)に対しては、現在、機械化伐出部門によりすすめられているCampos do Jordao 州有林の72林班を対象に実施し、使用材積表選定の指針を与えることを目的とした。なお、この両者についてはマニュアルを作成し、関係者ならびにカウンターパートへの説明を行なった。

〔参考資料〕

№1 : Aguas de Santa Barbara 州有林の *Pinus Elliottii* に対する実測材積と材積表材積の適合度の検定

№2 : Campos do Jordao 州有林の *Pinus Elliottii* および *Pinus Patula* に対する実測材積と材積表材積の適合度の検定

2) 立木幹材積表の調製

立木幹材積表の調製はその手法をマニュアルとして示すことを主目的として行なった。なお、材積表はサンパウロ州では全幹材積と梢頭 5 cm (皮内) 未満を除く利用材積に分けられているケースが多い。ところが実際の伐倒・採材では運搬用トラックの荷台の横の長さの関係で 24 m 長 (またはその半分の 12 m) に玉切りされるため、これを実利用材積として取り扱うケースも多い。さらにまたサンパウロ州を含むブラジルでは全般に樹皮厚が極めて大きいため、皮付材積と皮内材積に分けられている。そのため材積表の種類としては、①皮付全幹材積、②皮内全幹材積、③皮付利用材積、④皮内利用材積、⑤皮付実利用材積、⑥皮内実利用材積の都合 6 種類となり、これを使用目的によって使い分けているのが実態である。したがって標本木の測定にもとづくデータ収集もこの 6 種類の材積表調製が可能のように計画した。これにもとづく Aguas de Santa Barbara 州有林での *Pinus Elliottii* のデータ収集 (100 本) と各材積の計算は完了。各材積式の計算および材積表も一応調製済みである。しかし材積式についてなお若干の分析と検討を要するため、調製手法に対するマニュアルはこの分析検討を終ったあと、最終的に作成し、森林院に報告の予定である。

〔参考資料〕

№3 : Aguas de Santa Barbara 州有林の *Pinus Elliottii* の立木幹材積表の調製に関する研究 (とりまとめ未完了)

2 林分蓄積および林分生長量の推定

州有林における材積測定、なかんずく林分蓄積の推定法については森林院では確たる方針も、また手法も確立されていない現状である。そのため伐期に達した林分ではその一部に 100 m × 100 m の区画を設定し、これを全伐し実測することにより対象林分の全体推定を行なっているという説明であった。なお、大面積あるいは広域面積を対象とする蓄積推定は近日中に大学の教官を講師として依頼し、標本抽出調査法 (サンプリング) の講習会を計画しているということであった。

そこで、この講習会とは独立に、リモートセンシング部門のカウンターパートを対象に標本抽出調査による林分蓄積の推定、およびこれに生長錐調査を組み合わせ林分生長量の推定法についてトレーニングを兼ね現地指導を実施した。現地調査は Aguas de Santa

Barbara 州有林の *Pinus Elliottii* を対象に Talhao Ⅷ 8 (500m×500m) をモデル地区として選定し、調査の計画、実行、およびそのあとの内業計算等が簡単で、かつ標本調査の基本として理解と習熟が容易な Systematic line-plot sampling (系統的標本抽出法) を採用した。なお取り纏めは任地では調査計画、現地調査、およびそのあとの計算手法までを示すにとどまった。そして帰国後前項 A の材積表が完成したあと、プロット別材積計算にもとづく全体推定、および生長量推定の計算を行ない、最終的にマニュアルとして完成させた。

[参考資料]

Ⅷ 4 : Systematic line-plot sampling による林分蓄積の推定および生長錐調査による林分生長量の推定

3 樹幹析解

単木の生長プロセス解析の一方法である樹幹析解に対しては強い関心と興味を抱いているにもかかわらず、その手法については森林院では今まで全く取り組まれておらず、またブラジル全体でも極く一部の研究者を除き、殆んど行なわれていない。最近になってある大学でこの種の研究に着手した段階である、という説明であった。たまたま 1982 年 9 月、Campos do Jordao 市で開かれた。ブラジル在来樹種の諸問題に関する総合的学会 (Congresso Nacional Sobre Essencias Nativas) の機会に、ブラジル在来樹種の一つである天然生アローカリアの樹幹析解を試みたい、という森林院およびカウンターパートの希望により樹幹析解を実施し上記の学会で研究発表を行い、講演集 (Silvicultura ems panlo. 919~927) に印刷公表した。このあと、さらに樹幹析解のマニュアル作成の要請が出たため、Aguas de Santa Barbara 州有林内 21 年生 *Pinus Elliottii* の樹幹析解を行ない、齢階 1 年、3 年、および 5 年の各方法に対する樹幹析解のマニュアルを作成した。このマニュアルは全文を現地語に訳し、現在、森林院の印刷物に投稿中である。

[参考資料]

Ⅷ 5 : 樹幹析解 - *Pinus Elliottii* の樹幹析解によるマニュアル

Ⅷ 6 : 天然性アローカリアの樹幹析解による生長解析

4 林分収穫予測表の調製

サンパウロ州、ならびに森林院管轄州有林 (1973 年時点での面積 499,000ha) の主要造林樹種はユーカリと熱帯性、亜熱帯性マツによってその大部分が占められている。ユーカリは生長が極めて早く植栽後 7、8 年で伐期に達している。マツの場合も伐期 25 年が一応の目標とされており、何れも生長旺盛である。その故か、ユーカリ、マツの造林に対しては何れの場合も事前の検討は殆んど行なわれていないやに見受けられる。もっともマ

ツはその導入の歴史が 20 年余で浅いため大半が初代造林であることもその一因とみられる。ユーカリはどんなところにも育つという認識で、若し成績不良の場合でも 7, 8 年後の伐期に改植すればよいという安易な考え方も時として見受けられる。他方、ユーカリマツ共に場所によっては造林や生長等の成績不良地も間々見られた。また生長量や施業体形、収穫予測等の経営方針は必ずしも確立されているとは思われない。これらと併せ、森林院側の要望もあって、新規造林地における適正品種選定および植栽本数、間伐、技打ち等の施業体形確立の指針、生長量および収穫量予測、全体(全州)的な保続生産計画、等の適切な林業経営の指針を得るための資料の一つとして林分収穫予測表の調製に関する研究指導に取り組んだ。そしてそのモデル地区として Aguas de Santa Barbara 州有林内で、造林樹種が最も多い Pinus Elliottii を対象として選んだ。現地調査(データ収集)に先立ち、事前踏査、打合せ、および各種の検討結果により調査方法を決定し、現在、カウンターパートによりデータを収集中である。その予報を第 4 回ブラジル林学会で発表(№7)し、講演集(Silvicultura, V №28, №4 congresso Florestal Brasileiro 619-622 頁)に印刷公表した。なお、必要なデータが整い次第、総合的な分析検討と収穫表調製による最終的取り纏めを行なう計画である。

[参考資料]

№7 : Sao Paulo - Pinus Elliottii の林分収穫予測表の作成(1)

資料収集の方法

№8 : Pinus Elliottii の林分収穫予測表の調製に関する研究(未完了)

5 そ の 他

以上の他、次のテーマについても研究指導を行ない、またカウンターパートと共に第 4 回ブラジル林学会(4.0 Congresso Florestal Brasileiro)で発表を行なった。

1) 「樹高測定補助板」の試作とテスト

Aguas de Santa Barbara 州有林を中心とする各種森林調査に際し、当初、測定器材(ポケットコンパス、メートル縄、テープ、輪尺、測高器等)の不備不足に直面した。そのためポケットコンパス、メートル縄、テープの類いは他の部門(流域管理部門、機械化伐出部門)より譲り受けて使用に供した。輪尺は手製のものを使用していたが、調査(測定)の都度誤差を生じるため、止むなく個人で持参した直径テープを用いた。また測高器は調査の都度 Manduri からシュビーゲルレラスコープを取り寄せている状態であった(これらは後日、携行器材として JICA により供与されたが、それは 1 年後であった)。そのため樹高測定について「樹高測定補助板」(Aid scale)を試作し、その測定精度についてテスト(有意差検定)を試みた。その結果はカウンターパートを含む 4 人の測定者とも有意差がなく実用に供しうる事が確められた。この「樹高測定

補助板」は森林院その他の測定関係者の関心を呼んだため、カウンターパートと共にその製作方法、使用法、テストの結果等をレポートとして纏め、ポルトゲースに訳し、現在、森林院の印刷物に投稿中である。

〔参考資料〕

№9：「樹高測定補助板」(Aid scale)の試作とその測定精度のチェック

2) 空中写真による森林調査法

中縮尺の空中写真による森林調査法、とくにその中で森林蓄積の推定法について、当初カウンターパートらに対し一応の説明や手法の解説等を行ない、また実施計画を種々検討した。これらをもとにして1982年5月に開かれた第4回ブラジル林学会に予報としてカウンターパートと共著で発表し、講演集(Silvicultura, V. №29-№4 Congresso Florestal Brasileiro 622~625頁)に印刷公表した。そしてこのテーマに対する試験地の対象地としてAguas de Santa Barbara州有林、Campos do Jordao州有林、Cia Melho Ramentos社有林(Caieiras)等を選定した。しかし実際にははじめに述べた理由その他の事情により研究指導には取り組めないまま、準備していったテキストその他の資料はカウンターパートに手渡し、すべてを後任者に引き継ぐこととなった。

〔参考資料〕

№10：中縮尺空中写真による森林調査法の基礎研究(1)森林判読要因に対する吟味

Ⅲ 研究指導項目のうち今後継続するもの

以上の研究指導項目は一部(1テーマ)を除き他は現地調査によるデータの収集は完了している。またそのうちの大半は任国において取り纏めのうえ、カウンターパートらに説明し、その一部はポルトゲースに訳し、また森林院に対しても報告書を提出している。しかし下記の項目については若干の分析検討を含め取り纏めが終っていない。これらについては、このあと引きつぎ分析検討を行ない、またカウンターパートらと連絡・打合せ等をすすめながら最終的に取り纏め、森林院に対しても報告書を提出の予定である。なお、取り纏めが終っていないこれらのテーマ(項目)については、すべてカウンターパートに対する指導は終っており、彼らによる独自の取り纏めも一応指示している。

1) 取り纏めが未完了のもの

A-2) 立木幹材積表の調製

2) データ収集および取り纏めが未完了のもの

D 林分収獲予測表の調製

おわりに

2年間の任期（派遣期間）中にリモートセンシング部門を担当し、実際に取り組み、実施した研究指導の概要は以上のとおりである。なお、これらに関連して任国でカウンターパートと接し、また現地調査やその取り纏め等を行なって感じたこと、体験したこと等について以下に補足的に触れてみたい。

1. 供与器材について

プロジェクト計画の遂行および研究協力実施のうで供与器材の果たす役割は極めて大きい。供与器材は事前調査その他により綿密な打合せや検討にもとづき詳細に計画されたものと思料される。しかしリモートセンシング部門では供与器材の一部は現地（任国）の実状には必ずしもマッチしたものになっていない部分があると思われる。サンパウロ州森林院におけるリモートセンシング分野は計測や空中写真、ランドサット（LANDSAT）データ解析等を包含する、いわゆる測定研究室であると理解される。しかし実態は測定分野に対しては十分には機能していない。リモートセンシング関係のエンジニア（研究担当の技師）は目新しいテーマの関心が深いあまり、その基礎となるべき測定関係は軽視あるいはなおざりになっているやに見受けられる。そのため、たとえばプロジェクトの流域管理部門が必要とする対象地域の樹種、立木本数、径級配分、蓄積等の林分構成、機械化伐出部門が要請している出材本数、材積等の蓄積、地形、面積等についても全く対応できない状態である。これは測定に対する認識や知識レベルの問題が大きな理由と思われるが、一方、測定関係器材の不備不足もその一つとしてあげられる。実際に研究指導に携ってこの器材の不備不足には当初随分困惑した。したがって供与器材はすべてを事前に確定するのではなく、できれば実際に指導に携わる者が使用に供するもの、あるいは必要と認めるものを供与できるようなシステムの検討が必要と痛感する。

2. 試験地について

サンパウロ林業研究協力は流域管理がメイン・テーマであり、これに機械化伐出、リモートセンシング等の部門が関与したプロジェクト計画であると理解している。したがって試験地の設定も流域管理部門の試験地を中心に、これに関連した測定や伐出その他の研究協力や指導等の移転が図られることにより、プロジェクトとしての研究協力、技術移転は本来の目的であるメイン・テーマに対し効果的にすすめられることになると考える。ところが実際はサンパウロ林業研究協力では流域管理、機械化伐出、リモートセンシング、および小径材利用のすべての部門とも地域を分散して独立に試験地が設定されており、研究項目に対する相互の連絡も殆んどないままに研究指導、技術移転等がすすめられている。これはサンパウロ州（森林院）側の事情によるものであろうが、メイン・テーマに対し総合的、効率的に機能させるためにも、今後、この種のプロジェクト計画に対しては可能な

限り同一試験地での実施が図られるよう、相手国機関ならびに関係者に対し意見の具申と指導が行なわれることが望ましいと考える。

3. コンピューターについて

サンパウロ州（森林院）に対し供与されているコンピューターは、その後、カウンターパートをはじめとする関係者の熱心な努力により、スタッフの整備と併せ着々と成果を上げつつあると見受けられる。カウンターパートや利用者らにより講師を招いて講習会を開いたり、関係者により勉強会を催しているのもその一例である。しかしエンジネイロがかかえる研究テーマに対するプログラムの経験が知識レベルがこれを消化するところまで達していないせいか、本格的な利用体制は未だの感である。幸いにしてプロジェクトその他により研究データが逐次蓄積されている現在、これらの具体的テーマにもとづくコンピューター利用のためのデータ処理（プログラミング）指導の機会が図られれば、さらにその効果は上るものとする。

4. カウンターパートの受入れ研修について

カウンターパートの受入れ研修は彼らにとって強い魅力と期待があり、またその成果は極めて大きいものがあると感じる。この研修生の受入れのひとつの方法として、若し可能ならばプロジェクトの期間、派遣専門家のカウンターパートとして職務を全うした者について、その間に得られたデータをもとに研修を受入れ、研修中にデータの処理、取り纏めを兼ねた研究の進行を図り深める、という方法もカウンターパートの研究意欲と知識の継続的向上と推進に対し効率的システムのひとつではないかと考え、検討の材料として提案に代えたい。

Águas de Santa Bárbara 州有林の Pinus Elliottii に対する
実測材積と材積表材積の適合度の検定

TESTE DE ADAPTABILIDADE DAS TABELAS DE VOLUME
DE P. ELLIOTTII DA F. E. ÁGUAS DE SANTA BÁRBARA

Masamichi Chyo

Toshiaki Shiibayashi

Nobor Haga

Hideyo Aoki

1. はじめに	292
2. 標本に対する実測材積の測定	293
3. 検定の対象とした材積表	294
4. 適合度の検定 (t - 検定)	296
(1) 検定の組合せ	296
(2) t - 検定	297
5. 適合度の検定結果に対する考察	298
(1) 検定結果の考察	298
(2) 材積表材積と実測材積の回帰式の計算	299
(3) むすびに代えて	299
参考文献	300
(附) t - 検定および材積回帰式のプログラム	301

Aguas de Santa Barbara州有林のPinus Elliottiiに 対する実測材積と材積表材積の適合度の検定

長 正 道

椎 林 俊 昭

Nobor HAGA

Hideyo AOKI

1 はじめに

Aguas de Santa Barbara州有林は5,000haの面積を有するが、そのうち、マツ造林地が61.1%、実に3,055.9ha(1982年時点)を占めている。その品種別内訳はPinus Elliottii 1,797.9ha(マツの中に占める比率58.8%、以下同)、Pinus Oocarpa 498.0ha(16.3%)、Pinus Hondur 313.9ha(10.3%)、Pinus Taeda 279.5ha(9.2%)、Pinus Khasia 156.6ha(5.1%)、その他のマツ10.0ha(0.3%)となっており、品種構成としてはPinus Elliottiiが圧倒的に多い。しかしPinus Elliottiiの生長は必ずしも良好とはいえず、サンパウロ州全体の中ではおおむね平均的な生長状態である。そのため、最近、マツの造林は他の品種に変えられつつある。造林樹種としては他にもユーカリがみられるが、面積的には僅少に過ぎない。なお、Pinus Elliottiiの年齢構成は13年生から20年生にまたがっており、間伐材を含め、そろそろ伐期に達しつつある。

伐期を迎えたマツ林に対しては通常は立木の毎木調査にもとづき材積表から材積推定が行なわれる。材積表はサンパウロ州森林院によりサンパウロ州全域を対象にデータがとられ、これにもとづいて、マツをはじめとする各種の造林木を対象とする樹種別、その樹種の中の品種別、そして皮付(Com casca)、皮内(Sem casca)別、利用別、等の各種の材積表が調製されている。しかし247,898km²のサンパウロ州の全域からデータがとられているため、それぞれの材積表はサンパウロ州全体の平均的数値となっているため、Aguas de Santa Barbara州有林のPinus Elliottiiに関してはこの材積表は適合していないというのが実状である。そのため、ここAguas de Santa Barbara州有林では伐倒・収穫の対象となるマツ林については1伐区(Talhao:区画500m×500m=25ha)の中の一角に100m×100m(1ha)の小区画を設定し、その中の全立木を伐倒し、全幹材積(Volume total)、梢頭5cm(皮内)までの利用材積(Volume comercial)およびトラックの荷台の横の長さに合わせた24m長に採材した場合の梢頭5cm(皮内、半分の1.2m長さまでの実利用材積(Volume comercial real))についてすべてを実測し、その結果を基準に対象区画(Talhao)全体を推定するという方法がとられている。

小区画を設定し、その中の全立木を伐倒し実測するというこのようなやり方は実際問題としては大変な時間、労力等を要する作業である。若し上記の推定が可能な、そしてその林分によく適合した材積表があれば能率的かつ効率的な推定が行なえることになる。そのためにはその林分に適した材積表を調製する必要がある。一般に材積表調製のプロセスは、先ず、ある地域（この場合、サンパウロ州全域）を対象とする広域材積表が作られる。しかし、これは場所により、あるいは地区によっては過大であったり過かであったり等して合わない場合があるのは当然のことである。したがって、次にその地区々々（たとえば Aguas de Santa Barbara 州有林、Manduri 地区、Campos do Jordao 地区、Moji-Guacu 地区、等）の、いわゆる地方（地区）別材積表が作られる。これが備っていれば精度のよい材積推定が可能となる。しかし、材積表の調製は大変な時間と労力、費用等を必要とするため、そう簡単にいかないのが常である。Aguas de Santa Barbara 州有林についてはその手法の研究を兼ね Pinus Elliottii を対象に新しく材積表の調製を試みたが、同時に、これと併行して既存の材積表と実測材積との適合度の検定（ t -検定）を、これも手法の勉強を兼ねて試みた。そしてその結果により、実測材積が材積表材積と適合すればよし、若し適合しない場合はどうするか、という課題について検討を試みることにした。

本テーマはこのような目的のために行なったものであるが、と同時に同じ類いの性質のもの相互間で差があるかどうか、言いかえれば違いがあるかどうか、のチェックの必要性を生じた場合、その手法に対するマニュアルとしても利用（応用）できるように、森林院（Instituto Florestal de Sao Paulo）に設置されている大型コンピューターに合わせプログラムを組んだ。これにより検定の対象とするデータさえ準備すれば、適合度検定（ t -検定）のための諸計算は極めて短時間によりその結果をチェックすることができる。

2 標本木に対する実測材積の測定

使用材積表の適合度検定（ t -検定）のための基礎データとなる標本木は Aguas de Santa Barbara 有林において Pinus Elliottii を対象に立木幹材積表の調製を計画し、その選定と伐倒・玉切りによる皮付（Com casca）、皮内（Sem casca）別、全幹材積（Volume total）、利用材積（Volume comercial）、および実利用材積（Volume comercial real）の各データの測定を簡易樹幹析解により行ない、それぞれの実測材積を求めた 100 本の標本木の中から、皮付および皮内の全幹材積のみについて、皮付直径を基準に胸高直径（DAP）の最小 8 cm から最大 30 cm の範囲にまたがるよう 40 本を有意に抽出した。その 40 本のデータは一応 Aguas de Santa Barbara 州有林の全域カバーしている。なお、伐倒・玉切りによる測定および実測材積の計算、等の簡易樹幹析解の方法は $\mu 2$ （Campos do Jordao 州有林における Pinus Elliottii および Pinus Patula の実測

材積と使用材積の適合度の検定, M, CHYO, M, KOBAYASHI, T, Suzuki, L, A, BUCCI, J, M, MOTTA : Teste de Adaptabilidade das Tabelas de Volume de *P.elliottii* e *P.patula* do P, E, Campos do Jordao), および Ⅲ (Aguas de Santa Barbara 州有林の *Pinus Elliottii* の立木幹材積表の調製に関する研究, M, CHYO, T, SHIBAYASHI, H, HAGA, H, AOKI : Estudo de Elaboracao de Tabela de Volume para *Pinus Elliottii* VAR *Elliottii* ENG, da F, E, Aguas de Santa Barbara) に説明しているので, ここでは省略する。

表-1 は上記により 100本の材積表調製のためのデータ(標本木)から有意に抽出した。使用材積表の適合度検定(1-検定)のための 40本の標本木を一覧表に示したものである。

3. 検定の対象とした材積表

適合度検定の対象とした材積表(使用材積表)はサンパウロ州全域を対象にデータがとられ, これにもとづいて森林院により材積式が検討され材積表が調製された, Tabelas de Volume para Algumas Especies do Genero *Pinus* (Boletim Tecnico Ⅱ12, Instituto Florestal de Sao Paulo Brasil, Outubro, 1974)のうち, Tabela 1 - Volume Total, em m³, de *Pinus Elliottii* VAR *Elliottii*, Com Casca, および Tabela 2 - Volume Total, em m³, de *Pinus Elliottii* VAR *Elliottii*, Sem Casca, の2つの表をその対象として使用した。これにより材積表材積(皮付材積および皮内材積)は, 胸高直径(DAP)および樹高(H)と対応させてこの表から求めた。なお, 胸高直径 9.2cm 以下についてはこの表からは求められないので, 上記の表の中に示されている次の式にもとづいて計算した。

Com Casca :

$$V = 0.0099 + 0.3671 \cdot D^2 \cdot H$$

Sem Casca :

$$V = -0.0023 + 0.2883 \cdot D^2 \cdot H$$

以上により求めた材積表材積は, これを皮付全幹材積(Volume Total - Com Casca)は Tabela - 1 として, また皮内全幹材積(Volume Total - Sem Casca)については Tabela - 2 として, それぞれ実測材積(Real)と対応させて表-1の中に標示した。

表-1 Aguas de Santa Barbara 州有林 - Pinus Elliottii

の実測材積と材積表材積の対応表

No	材積表 標本木 No	D A P		H	Volume Total			
		Com Casca	Sem Casca		Com Casca		Sem Casca	
					Real	Tabela -1	Real	Tabela -2
		cm	cm	m	m ³	m ³	m ³	m ³
1	5	82	67	10.5	0.0248	0.0358	0.0178	0.0113
2	7	136	120	13.3	0.1090	0.1074	0.0897	0.0544
3	8	157	143	15.7	0.1602	0.1659	0.1357	0.0920
4	10	212	190	17.6	0.2985	0.2188	0.2439	0.1714
5	12	285	241	22.8	0.7497	0.6861	0.5805	0.3892
6	13	218	188	19.7	0.4025	0.3750	0.3291	0.1907
7	15	158	128	18.0	0.1859	0.1854	0.1425	0.0762
8	17	81	72	11.5	0.0340	0.0376	0.0283	0.0149
9	18	101	84	10.8	0.0389	0.0527	0.0268	0.0197
10	19	120	107	12.5	0.0732	0.0765	0.0560	0.0374
11	21	140	118	14.0	0.1050	0.1149	0.0782	0.0587
12	23	160	130	14.0	0.1514	0.1464	0.1077	0.0587
13	24	180	152	14.5	0.2014	0.1943	0.1536	0.0861
14	27	234	200	15.4	0.3485	0.2837	0.2797	0.1759
15	29	175	148	14.1	0.1656	0.1464	0.1315	0.0802
16	31	260	225	22.4	0.6696	0.5685	0.5372	0.3131
17	33	220	190	22.7	0.4219	0.4297	0.3484	0.2197
18	34	300	268	22.7	0.8803	0.7850	0.7575	0.4563
19	36	180	165	22.0	0.3095	0.2803	0.2620	0.1662
20	40	200	175	18.0	0.2811	0.2822	0.2418	0.2311
21	41	100	82	15.0	0.0557	0.0683	0.0409	0.0268
22	43	240	205	18.0	0.3743	0.4000	0.3014	0.2115
23	46	200	175	11.9	0.1660	0.1914	0.1340	0.1135
24	48	90	70	8.7	0.0261	0.0353	0.0178	0.0099
25	51	183	158	13.8	0.1760	0.1820	0.1416	0.1049
26	55	122	104	10.2	0.0550	0.0654	0.0426	0.0282
27	56	242	215	14.8	0.3354	0.3350	0.2805	0.2127

No	材積表 標本木 No	D A P		H	Volume Total			
		Com Casca	Sem Casca		Com Casca		Sem Casca	
					Real	Tabela -1	Real	Tabela -2
28	57	cm 28.0	cm 25.8	m 16.8	m ³ 0.5163	m ³ 0.5097	m ³ 0.4495	m ³ 0.3367
29	58	26.0	22.5	18.0	0.4899	0.4669	0.3850	0.2557
30	60	24.0	21.0	21.2	0.4503	0.4651	0.3736	0.2471
31	64	14.2	12.3	13.6	0.1258	0.1149	0.1002	0.0587
32	66	22.0	18.8	11.0	0.1930	0.2107	0.1479	0.1039
33	69	14.0	11.0	10.3	0.0692	0.0924	0.0516	0.0413
34	76	24.0	20.5	14.0	0.2662	0.3133	0.2156	0.1640
35	81	16.0	12.5	11.6	0.0971	0.1269	0.0680	0.0500
36	86	30.0	27.0	17.0	0.6011	0.5828	0.4937	0.3367
37	91	16.0	13.2	17.8	0.1723	0.1854	0.1350	0.0762
38	94	28.0	24.7	25.5	0.6355	0.6273	0.5308	0.3552
39	95	30.0	25.6	20.1	0.6868	0.6839	0.5590	0.3965
40	98	22.0	19.0	15.7	0.2803	0.3019	0.2189	0.1521

4. 適合度の検定 (t - 検定)

(1) 検定の組合せ

材積表材積 (使用材積表) の適合度検定は、材積表材積が胸高直径 (DAP) および樹高 (H) と対応する実測材積に適合しているかどうかの検定を t - 検定により行なうものである。使用材積表はこの場合、Pinus Elliottii の Tabela-1 (Com casca)、および Tabela-2 (Sem casca) の 2 つの表が対象となる。対応する実測材積は Com casca (皮付)、Sem casca (皮内) の 2 つである。これにもとづき、検定は、皮付実測材積と Tabela-1、皮内実測材積と Tabela-2、が対応することとなる。しかし、ここでは参考のため、これと同時に、皮付実測材積と Tabela-2、皮内実測材積と Tabela-1 についても検定を試みることにした。したがって実際に行なった検定は次の 4 通りとなった。

No	組 合 せ
1	皮付実測材積と Tabela - 1
2	" " - 2
3	皮内実測材積と Tabela - 2
4	" " - 1

(2) t -検定

一般には回帰式は材積表材積 (Tabela-1, Tabela-2) を x に, 対応する実測材積 (皮付材積, 皮内材積) を y とおき, 材積表材積が実測材積とどのように対応しているかをチェックし, あるいは回帰式により推定することになる。

しかし t -検定の場合はこれと反対の形, すなわち実測材積を x に, 対応する材積表材積を y とする。そして回帰式

$$Y = b_0 + b_1 x$$

ただし x : 実測材積 (皮付および皮内)

y : 材積表材積 (Tabela-1, および Tabela-2)

を最小自乗法計算組織解 (Solution system of regression) により解いて求める。これにより求めた回帰式はそれぞれ次のとおりとなった。なお, ここでえられた各回帰式の回帰係数 b_0, b_1 に対する有意差検定のための分散分析の結果の表示は省略した。

[№-1 の場合の回帰式]

$$Y = 0.0191 + 0.9107 x \quad (r = 0.992)$$

[№-2 の場合の回帰式]

$$Y = 0.0007 + 0.5409 x \quad (r = 0.984)$$

[№-3 の場合の回帰式]

$$Y = 0.0042 + 0.6515 x \quad (r = 0.987)$$

[№-4 の場合の回帰式]

$$Y = 0.0262 + 1.0919 x \quad (r = 0.991)$$

この回帰式において, 先ず, 回帰係数 b_0 が原点(0)を通るかどうかを $\alpha = 0$ において検定-①により行なう。次に, 回帰係数 b_1 が 45 度の傾斜に対しどのように対応しているかを $\beta = 1$ において検定-②により行なう。なお, 自由度 $d.f = n - 2 = 40 - 2 = 38$ における確率 $P = 0.05 (95\%)$, および $P = 0.01 (99\%)$ のときのそれぞれの t の値を t -表により求めて検定する。因みに, $d.f = 38 (\approx \infty)$ のときの $t_{0.05} = 1.95996$,

$t_{0.01} = 2.57582$ である。

$$\text{検定-①: } t = \frac{|b_0 - \alpha|}{\sqrt{V(b_0)}} = \frac{|b_0 - 0|}{\sqrt{V(b_0)}}$$

$$\text{検定-②: } t = \frac{|b_1 - \beta|}{\sqrt{V(b_1)}} = \frac{|b_1 - 1|}{\sqrt{V(b_1)}}$$

$$\text{ただし } V(b_0) = \frac{s_{yx}^2 \sum x^2}{n}$$

$$V(b_1) = \frac{s_{yx}^2}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

$$s_{yx}^2 = \frac{1}{n-2} \left[\sum (y^2) - \frac{1}{n} (\sum y)^2 \right] - b_1 \left[\sum (xy) - \frac{1}{n} (\sum x)(\sum y) \right]$$

$$= \frac{SSR}{n-2}$$

上記の検定-①, および検定-②により, 実測材積と材積表材積の適合度の検定を前述した4通りの組合せのそれぞれについて行なった結果は表-2のとおりとなった。

表-2 適合度検定 (t-検定) 結果一覧

N_0	検定-①	検定-②
1	2.7954**	4.7111**
2	0.1184 not sig	28.7659**
3	0.8245 not sig	20.2015**
4	3.6089**	3.7460**

(注) 1. 自由度 $df = 38$ ($\approx \infty$) における $t_{.05} = 1.95996$, $t_{.01} = 2.57582$

2. not sig は有意差なし, **印は1%レベル, すなわち high level での有意差あり, をあらわす

5. 適合度の検定結果に対する考察

(1) 検定結果の考察

表-2にもとづく検定の結果, N_0-1 , および N_0-4 の場合については検定-①, 検定-②ともに高度の有意差を示した。すなわち, 皮付実測材積と Tabela-1, 皮内実測材積と Tabela-1, の両者は何れも材積表材積は実測材積に合っていないことを意味する。 N_0-2 , および N_0-3 の場合は, 検定-①では有意差はなかったが, 検定-②では両者ともに高度の有意差を示している。つまりこの2者については何れも原点(0)は通るが, そのあとは45度の傾斜線 ($y=x$) とははずれていて適合していないことを意味する。すなわち, Aguas de Santa Barbara 州有林の Pinus Elliottii の実測材積は既存の材積表である Tabela-1, および Tabela-2 とはともに適合していない, ということになる。このようなケースは広域の対象地からデータを収集し, 調製された材積表の場合, その適用が局地的となるためよくあることである。したがって本検定の結果が, その対象とした

既存のこの材積表に問題があることを意味するものでは決してない。サンパウロ州全域を対象にデータがとられ、それにもとづいて調製された材積表は、たまたま、Agua de Santa Barbara 州有林の Pinus Elliottii には合わなかった、ということに過ぎない。

(2) 材積表材積と実測材積の回帰式の計算

適合度の検定 (t -検定) の結果、有意差を示し、材積表材積が実測材積に適合しなかった場合、その解決の方法としては、たとえば、他の材積表を対象に前記と同様の適合度検定を行なうことにより適合する材積表を見出すことや、回帰による修正、あるいは新しくその林分なりその地域なりの材積表を調製すること、等々、いくつかの方法が考えられる。そのための検討の資料として、先ず、実測材積と材積表材積の間にはどの程度の差異を有するのかのチェック、およびその差異の傾向をみるため回帰式の計算を行なった。この場合の回帰式は通常の場合とは逆に、材積表材積を x とおき、対応する実測材積を y とし、 x を独立変数、 y を従属変数とする材積回帰式を最小自乗法計算組織解を解いて求めた。表-3 はその結果を一覧表として示したものである。また図-1~図-4 は個々のデータの分布状態と共に回帰線をグラフに示したものである。なお、点線は $y=x$ (45度に対応) の線である。

表-3 材積表材積と実測材積の回帰式

№	回 帰 式	相関係数 r
1	$Y = -0.0160 + 1.0803 \cdot x$	0.992
2	$Y = 0.0079 + 1.7895 \cdot x$	0.984
3	$Y = -0.0003 + 1.4952 \cdot x$	0.987
4	$Y = -0.0192 + 0.8986 \cdot x$	0.991

(3) むすびに代えて

Agua de Santa Barbara 州有林の Pinus Elliottii に対して試みた 40 本の標本木にもとづく実測材積と、これに対応する、サンパウロ州で調製された材積表材積 (Tabela-1, Tabela-2) との適合度検定 (t -検定) の結果は、№1 皮付全幹実測材積と Tabela-1, №2 皮付全幹実測材積と Tabela-2, №3 皮内全幹実測材積と Tabela-2, №4 皮内全幹実測材積と Tabela-1, の何れの場合も有意差を示し適合しなかった。このうち、№2 と №4 は実測材積と材積表材積が異質の組合せであるため当然の結果といえよう。しかし №1 と №3 は同じ性質のものである。その中で №1 は有意差を示したものの、グラフでみる限り、かなり対応した形となっている。№3 は実測材積に対し材積表材積の値が小さくあらわれている。この状態は №4 以外の 3 者に共通した傾向で

ある。№4だけは逆に材積表材積の値が大きくあらわれている。

このように材積表が適合しなかった場合の解決の方法、つまり対応策は前にも触れたように、他の適合する材積表の検討、回帰による修正、あるいは新しい材積表の調製、等の方法が考えられる。回帰修正の方法は表-3に示した回帰式にもとづいて単木毎に修正するやり方である。たとえば皮付全幹材積を材積表(Tabela-1)で求める場合、DAPとHから材積表材積をひき、これを x とする。いま、DAP=26cm、H=22mとするとTabela-1より材積 $x=0.5939(m^3)$ となる。これを表-3の№1の回帰式に代入して

$$\begin{aligned} Y &= -0.0160 + 1.0803 \times 0.5939 \\ &= 0.6256(m^3) \end{aligned}$$

をうる。これが実測材積に対応する Y の値である。しかし1本1本についてこれを行なうのは実際問題としては極めて煩雑な作業となる。したがってこれを予め表として準備しておくことも一つの方法と考える。

ここで筆者らは材積表調製の手法に対する研究を兼ね、Aguas de Santo Barbara 州有林内全域のPinus Elliottiiを対象に100本の標本木を抽出・伐倒により、皮付および皮内のそれぞれにおける全幹材積、梢頭5cm(皮内)までの利用材積、および2.4m長に採材した場合の梢頭5cm(皮内、半分の1.2mまで利用)までの実利用材積、の都合6通りの実測材積を簡易樹幹折解により現地で測定した。そしてこのデータにより立木幹材積表の調製を試みた。本検定には、このデータの中から表-1のとおり40本を選んでその対象として利用したものである。そのデータ採取に対し、ご協力をえたAguas de Santa Barbara 州有林のSnr ADAUTO Fiorucci、Snr ATAIDE SOARESの両氏に対し心からの謝意を表す。また、本検定のための計算はすべてをコンピューターに、よったため、サンパウロ州森林院コンピューター室の諸氏にも協力を受けた。なお、本稿の取り纏めは、筆者の1人、長が日本に帰国後に行なったため、九州大学農学部森林経理学教室の水谷豊子、郷野恭子の両氏の協力をえた。ここに記し謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) George W. Sneedcor : Statistical Methodos 1956
- (2) 木梨謙吉・長正道：材積表(使用材積表)の適合度検定とその修正、日本林学会九州支部大会講演集№10, p111-112, 1956
- (3) 木梨謙吉・長正道：標本抽出法による三方岳天然林(九州大学宮崎演習林)蓄積調査報告、九州大学演習林集報№10, p1-58, 1958
- (4) Instituto Florestal de S. Paulo : Tabelas de Volume para Algumas

(附) t-検定および材積回帰式のプログラム

Aguas de Santa Barbara 州有林の Pinus Ellictiis に対する実測材積と材積表材積の適合度の検定に対する以上の諸計算は、すべて、筆者らの 1 人、椎林により、サンパウロ州森林院のコンピューターに合わせてプログラムが組まれた。したがって実際の計算はこのコンピューター・プログラムにもとづいてデータがインプットされ、各計算が実行されたものである。

このプログラムは、研究目的に応じ、その基となるデータさえ備われれば、同じ類いの適合度検定 (t-検定) への応用が可能である。そのため、参考までにこのプログラムを以下に示す。

プログラムは、先ずはじめに t-検定のための計算を実施するため、観測データを x とし、これに対応するデータを y とし、 $Y = b_0 + b_1 x$ の回帰式の計算のためのプログラムが組まれ、次いで、データのインプットが 1 INPUT DATA MONITOR により行なわれ、2 で S.S AND S.P MATRIX, 3 で STATISTICS ON DATA が表示され、4 で ANALYSIS OF VARIANCE (分散分析) を行い、同時に R (相関係数) を示している。5 では STATISTICS FOR T TEST (t-検定) を、そして 6 で回帰式 $Y = b_0 + b_1 x$ の表示と共に Y ESTIMATED VALUE AND RESIDUAL (Y の値に対する Y の推定値、および Y-ESTY, つまりデータ Y と推定値 Y の差) が示されている。

次に、一般式の形の回帰式が上記と全く同じ形のプログラムで組まれている。したがって t-検定を終わったあと、観測データ x を y に、対応するデータ y を x に置換することにより、上記と全く同じ計算が実行されることになる。プログラムの形は t-検定の場合と全く同じであるため、ここでは省略し、その計算結果のみを示した。

すなわち、14 頁～16 頁はそのプログラムを、次いで 17 頁～19 頁は t-検定のための上記の計算結果を、そして 20 頁～22 頁は t-検定の場合とは逆の一般式の形での計算結果を、本稿における № 1 (皮付全幹実測材積と Tabela-1) についてのみ示した。したがって計算結果の前半は x が実測材積 (Volume Total, Real, Com casca), y が材積表材積 (Tabela-1) の計算内容であり、後半は同じプログラムにもとづく逆の形 (x が材積表材積, y が実測材積) での計算結果である。

OPTIONS IN EFFECT (FORTS2)

OBJECT, NOSTACK, SOURCE, NOMAP, NOISN, EBCDIC, NOAUTODBL, NOSEQUENCE, NOASTERISK, NODENSEPRINT,

OPT(2), PHAREA(256), FLAG(4), DEBUG(SID)

C DISKET 37 - FILE=MRCH0

C - PROGRAMA DE ANALISE DE REGRESSAO (Y=BX+E) - CAMPOS DO JORDAO

C PROGRAMADOR - SHIIBAYASHI

C USUARIO - DR. CHYO - JICA

C IMPLICIT REAL *8(A-H,O-Z)

C CHARACTER *50 TITLE

C DIMENSION A(100,3), B(3,100), C(3,3), INDEX(3), TITLE(9)

C DATA NVAR/3/

1000 CONTINUE

READ(5,100) END=2000 (TITLE(J), J=1,9)

100 FORMAT(9A4)

0007 READ(5,102) NDATA, JPLOT

0008 102 FORMAT(16I5)

0009 READ(5,104) ((A(I), J=2,3), I=1, NDATA)

104 FORMAT(2D10.0)

0010 DO 12 I=1, NDATA

0011 A(I,1)=1.

0012 DO 13 J=1, NVAR

0013 B(K,1)=A(I,K)

0014 12 CONTINUE

0015 DO 14 I=1, NVAR

0016 DO 14 J=1, NVAR

0017 C(I, J)=0.

0018 14 CONTINUE

0019 DO 18 I=1, NVAR

0020 DO 18 J=1, NVAR

0021 S=0.

0022 DO 16 K=1, NDATA

0023 16 S=S+B(I,K)*A(K, J)

0024 C(I, J)=S

0025 18 CONTINUE

0026 WRITE(6,200) (TITLE(J), J=1,9)

0027 200 FORMAT(10D, 100X, 'C.P.D. = 1.F././31X, ... REGRESSION ANALYSIS (

0028 'Y=BX+E) ... /28X, PINUS ELLIOTT ... AGUAS DE SANTA BARBARA ... /6

0029 'X, TITLE : ,9A4, //5X, //1 INPUT DATA MONITOR')

WRITE(6,201)

0030 201 FORMAT(11X, 'NO. ', 6X, '1', 9X, 'X', 9X, 'Y')/)

0031 DO 19 I=1, NDATA

0032 WRITE(6,203) I, (A(I, J), J=1, NVAR)

0033 203 FORMAT(9X, 15, 3(3X, FT, 4))

0034 19 CONTINUE

0035 WRITE(6,204) (I, I=1, NVAR)

0036 DO 21 I=1, NVAR

0037 WRITE(6,205) I, (C(I, J), J=1, NVAR)

0038 205 FORMAT(12X, 12, 4(2X, D14, 7))

0039 21 CONTINUE

0040 FN=NDATA

0041 A12=C(1, 2)

0042 A22=C(1, 2)

0043 XMEAN=C(1, 2)/FN

0044 YMEAN=C(1, NVAR)/FN

0045 SK2=C(2, 2)-C(1, 2)*C(1, 2)/FN

0046 SKY=C(3, 3)-C(1, 3)*C(1, 3)/FN

0047 SKX=C(2, 3)-C(1, 2)*C(1, 3)/FN

0048 COR=SKY/DSORT(SK2*SY2)

0049 XVAR=SK2/(FN-1.)

0050

```

0051 YVAR=SY2/(FN-1.)
0052 XSD=DSORT(XVAR)
0053 YSD=DSORT(YVAR)
0054 WRITE(6,206) C(1,2)*XMEAN*XVAR,XSD,COR,C(1,NVAR),YMEAN,YVAR,YSD
0055 206 FORMAT(/5X,'-3 STATISTICS ON DATA',/9X,'VARIABLE TOTAL',13X,'ME
+AN',11X,'VARIANCE',11X,'S.D.',15X,'R',/13X,'X',2X,D14.7,A(3X,D14.
+7)/15X,'Y',2X,D14.7,3(3X,D14.7))
0056 SY2=C(NVAR,NVAR)
0057 S11=C(1,NVAR)*C(1,NVAR)/FN
0058 NVARI=NVAR-1
0059 DO 20 I=1,NVARI
0060 DO 20 INDEX(I)=0
0061 DO 30 JJ=1,NVARI
0062 PIVOT=0.
0063 DO 22 I=1,NVARI
0064 IF(INDEX(I),NEQ,0) GO TO 22
0065 IF(ABS(C(1,I)).LT.DABS(PIVOT)) GO TO 22
0066 PIVOT=C(1,I)
0067 IPIV=I
0068 22 CONTINUE
0069 IF(DABS(PIVOT).LT.0.5D-8) STOP
0070 INDEX(IPIV)=IPIV
0071 J=PIV
0072 C(J,J)=1.
0073 DO 24 K=1,NVAR
0074 C(J,K)=C(J,K)/PIVOT
0075 DO 28 I=1,NVAR
0076 IF(I.EQ.J) GO TO 28
0077 C(I,J)=C(I,J)
0078 C(I,J)=0.
0079 DO 26 K=1,NVAR
0080 C(I,K)=C(I,K)-C(I,J)*C(J,K)
0081 28 CONTINUE
0082 30 CONTINUE
0083 N2=NDATA-2
0084 NDF=NVAR-2
0085 DF=NDF
0086 B0=C(1,3)
0087 B1=C(2,3)
0088 S31=C(NVAR,NVAR)
0089 S32=S31/(FN-2.)
0090 S12=S11/DF
0091 S21=SY2-S11-S31
0092 S22=S21/DF
0093 F1=S12/S32
0094 F2=S22/S32
0095 WRITE(6,207) NDF,S11,S12,F1,NDF,S21,S22,F2,N2,S31,S32,NDATA,SY2
0096 207 FORMAT(/5X,'-4 ANALYSIS OF VARIANCE',/10X,'SOURCE',6X,'D.F.',7X,'
+S.S.',12X,'M.S.',11X,'F TEST',/9X,'CONSTANT',4X,15,3(2X,D14.7)/9X
+,'REGRESSION',2X,15,3(2X,D14.7)/9X,'RESIDUAL',4X,15,2(2X,D14.7)/9
+X,'TOTAL',7X,15,3(2X,D14.7))
0097 SA22=A22-(KMEAN*A12)
0098 V80=S32*A22/(FN*SA22)
0099 V81=S32/SA22
0100 T80=DABS(V80)/DSORT(V80)
0101 T81=DABS(V81-1.00)/DSORT(V81)
0102 WRITE(6,208) V80,V81,T80,T81
0103 208 FORMAT(/75X,'-5 STATISTICS FOR T TEST',/9X,'V(80) ... ',7D13.6/9X,'
+V(81) ... ',D13.6/9X,'T(80) ... ',D13.6/9X,'T(81) ... ',D13.6)
0104 WRITE(6,209) B0,B1
0105 209 FORMAT(/5X,'-6 Y-ESTIMATED VALUE AND RESIDUAL ( EST Y = ',D14.

```

*.7.1 + ,D14.7, * X) //9X,NO.,6X,Y,6X,EST Y,5X,Y-EST Y,
*)

```

0106 DO 32 I=1,NDATA
0107 ESTY=B0*81+A(I,2)
0108 RES=A(I,3)-ESTY
0109 WRITE(6,210) I,A(I,3),ESTY,RES
0110 210 FORMAT(7X,15,3(3X,F7.2))
0111 32 CONTINUE
0112 GO TO 1000
0113 2000 STOP
0114 END

```

```

F091 DATA SIZE = 2874, PROCEDURE SIZE = 2105
* 7A NO DIAGNOSTICS GENERATED (FTMAIN)
* 196 END OF COMPILATION (FTMAIN)

```

C.P.O. - I.F.

*** REGRESSION ANALYSIS (Y=RX+E) ***
PINUS ELLIOTTII - AGUAS DE SANTA BARBARA

TITLE : X = REAL(C/C), Y=TABELA 1

-1 INPUT DATA MONITOR

NO.	1	X	Y
1	1.0000	0.0248	0.0358
2	1.0000	0.1090	0.1074
3	1.0000	0.1602	0.1659
4	1.0000	0.2985	0.2188
5	1.0000	0.7497	0.6861
6	1.0000	0.4025	0.3750
7	1.0000	0.1859	0.1854
8	1.0000	0.0340	0.0376
9	1.0000	0.0389	0.0527
10	1.0000	0.0732	0.0765
11	1.0000	0.1050	0.1149
12	1.0000	0.1514	0.1464
13	1.0000	0.2014	0.1943
14	1.0000	0.3485	0.2837
15	1.0000	0.1656	0.1464
16	1.0000	0.6696	0.5685
17	1.0000	0.4219	0.4297
18	1.0000	0.8803	0.7850
19	1.0000	0.3095	0.2803
20	1.0000	0.2811	0.2822
21	1.0000	0.0557	0.0683
22	1.0000	0.3743	0.4000
23	1.0000	0.1660	0.1914
24	1.0000	0.0261	0.0353
25	1.0000	0.1760	0.1820
26	1.0000	0.0550	0.0654
27	1.0000	0.3354	0.3350
28	1.0000	0.5163	0.5097
29	1.0000	0.4899	0.4669
30	1.0000	0.4503	0.4651
31	1.0000	0.1258	0.1149
32	1.0000	0.1930	0.2107
33	1.0000	0.0692	0.0924
34	1.0000	0.2662	0.3133
35	1.0000	0.0971	0.1259
36	1.0000	0.6011	0.5828
37	1.0000	0.1723	0.1854
38	1.0000	0.6355	0.6273
39	1.0000	0.6868	0.6839
40	1.0000	0.2803	0.3019

-2 S.S. AND S.P. MATRIX

	1	2	3
1	0.4000000D+02	0.1138330D+02	0.1113120D+02
2	0.1138330D+02	0.5203946D+01	0.4956741D+01
3	0.1113120D+02	0.4956741D+01	0.4753628D+01

-3 STATISTICS ON DATA

VARIABLE	TOTAL	MEAN	VARIANCE	S.D.	R
X	0.1138330E+02	0.2845825E+00	0.5037072D-01	0.2244342E+00	0.9918655D+00
Y	0.1113120E+02	0.2782800E+00	0.4246251D-01	0.2060643E+00	

-4 ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	D.F.	S.S.	M.S.	F TEST
CONSTANT	1	0.3097590D+01	0.3097590D+01	0.4386775D+04
REGRESSION	1	0.1629205D+01	0.1629205D+01	0.2307264D+04
RESIDUAL	38	0.2883256D-01	0.761201D-03	
TOTAL	40	0.4733628E+01		

STATISTICS FOR T TEST

V(B0)	... 0.467637D+04
V(B1)	... 0.359448E+03
T(B0)	... 0.279539D+01
T(B1)	... 0.471111D+01

-6 Y ESTIMATED VALUE AND RESIDUAL (EST Y = 0.1911597D-01 * X)

NO.	Y	EST Y	Y-EST Y
1	0.04	0.04	-0.01
2	0.11	0.12	-0.01
3	0.17	0.17	0.00
4	0.22	0.29	-0.07
5	0.69	0.70	-0.02
6	0.38	0.39	-0.01
7	0.19	0.19	-0.00
8	0.04	0.05	-0.01
9	0.05	0.05	-0.00
10	0.08	0.09	-0.01
11	0.11	0.11	-0.00
12	0.15	0.16	-0.01
13	0.19	0.20	-0.01
14	0.28	0.34	-0.05
15	0.15	0.17	-0.02
16	0.57	0.63	-0.06
17	0.43	0.40	0.03
18	0.78	0.82	-0.04
19	0.28	0.30	-0.02
20	0.24	0.28	-0.04
21	0.07	0.07	0.00
22	0.40	0.36	0.04
23	0.19	0.17	0.02
24	0.04	0.04	-0.01
25	0.18	0.18	0.00
26	0.07	0.07	-0.00
27	0.33	0.32	0.01
28	0.51	0.49	0.02
29	0.47	0.47	0.00
30	0.47	0.43	0.04
31	0.11	0.13	-0.02
32	0.21	0.19	0.02
33	0.09	0.08	0.01
34	0.31	0.26	0.05
35	0.13	0.11	0.02
36	0.54	0.57	-0.02
37	0.19	0.18	0.01
38	0.63	0.60	0.03

(15)

39	0.68	0.64	0.04
40	0.30	0.27	0.03

C.P.D. - I.F.

*** REGRESSION ANALYSIS (Y=RX+E) ***
PINUS FLIOTITII - AGUAS DE SANTA BARBARA

TITLE : X = TABELA 1, Y = REAL(C/C)

-1 INPUT DATA MONITOR

NO.	1	X	Y
1	1.0000	0.0358	0.0248
2	1.0000	0.1074	0.1090
3	1.0000	0.1659	0.1602
4	1.0000	0.2188	0.2985
5	1.0000	0.6861	0.7497
6	1.0000	0.3750	0.4025
7	1.0000	0.1854	0.1859
8	1.0000	0.0376	0.0340
9	1.0000	0.0527	0.0389
10	1.0000	0.0765	0.0732
11	1.0000	0.1149	0.1050
12	1.0000	0.1454	0.1514
13	1.0000	0.1943	0.2014
14	1.0000	0.2837	0.3485
15	1.0000	0.1464	0.1656
16	1.0000	0.5685	0.6696
17	1.0000	0.4287	0.4219
18	1.0000	0.7850	0.8803
19	1.0000	0.2803	0.3095
20	1.0000	0.2822	0.2811
21	1.0000	0.0683	0.0557
22	1.0000	0.4000	0.3743
23	1.0000	0.1914	0.1660
24	1.0000	0.0353	0.0261
25	1.0000	0.1820	0.1760
26	1.0000	0.0654	0.0550
27	1.0000	0.3350	0.3324
28	1.0000	0.5097	0.5163
29	1.0000	0.4649	0.4839
30	1.0000	0.4651	0.4503
31	1.0000	0.1149	0.1258
32	1.0000	0.2107	0.1930
33	1.0000	0.0924	0.0692
34	1.0000	0.3133	0.2662
35	1.0000	0.1269	0.0971
36	1.0000	0.5828	0.6011
37	1.0000	0.1854	0.1723
38	1.0000	0.6273	0.6335
39	1.0000	0.6839	0.6868
40	1.0000	0.3019	0.2803

-2 S.S AND S.P. MATRIX

	1	2	3
1	0.4000000+02	0.1131200+02	0.1138300+02
2	0.1131200+02	0.4736280+01	0.4956740+01
3	0.1138300+02	0.4956740+01	0.52039460+01

-3 STATISTICS ON DATA

VARIABLE	TOTAL	MEAN	VARIANCE	S.D.	R
X	0.11131200+02	0.27828000+00	0.42862510-01	0.20664430+00	0.99186550+00
Y	0.11373300+02	0.28458250+00	0.50370720-01	0.22443420+00	

-4 ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	D.F.	S.S.	M.S.	F TEST
CONSTANT	1	0.32394880+01	0.32394880+01	0.38674550+04
REGRESSION	1	0.19226280+01	0.19226280+01	0.23072640+04
RESIDUAL	38	0.51829860-01	0.83762780-03	
TOTAL	40	0.52039460+01		

STATISTICS FOR T TEST

V(B0)	... 0.26010990-04
V(B1)	... 0.5058020-03
T(B0)	... 0.2068820+01
T(B1)	... 0.3569870+01

-6 Y ESTIMATED VALUE AND RESIDUAL (EST Y = -0.16039870-01 + 0.10802870+01 * X)

NO.	Y	EST Y	Y-EST Y
1	0.02	0.02	0.00
2	0.11	0.10	0.01
3	0.16	0.16	0.00
4	0.30	0.22	0.08
5	0.75	0.73	0.02
6	0.40	0.39	0.01
7	0.19	0.18	0.00
8	0.03	0.02	0.01
9	0.05	0.04	0.00
10	0.07	0.07	0.00
11	0.10	0.11	-0.00
12	0.15	0.14	0.01
13	0.20	0.19	0.01
14	0.35	0.29	0.06
15	0.17	0.14	0.02
16	0.67	0.60	0.07
17	0.42	0.45	-0.03
18	0.88	0.83	0.05
19	0.31	0.29	0.02
20	0.28	0.29	-0.01
21	0.05	0.06	-0.00
22	0.37	0.42	-0.04
23	0.17	0.19	-0.02
24	0.03	0.02	0.00
25	0.18	0.18	0.00
26	0.06	0.05	0.00
27	0.34	0.33	0.01
28	0.52	0.53	-0.02
29	0.49	0.49	0.00
30	0.45	0.49	-0.04
31	0.13	0.11	0.02
32	0.19	0.21	-0.02
33	0.07	0.08	-0.01
34	0.27	0.32	-0.06
35	0.10	0.12	-0.02
36	0.60	0.61	-0.01
37	0.17	0.18	-0.01
38	0.64	0.66	-0.03

(22)

39	0.69	0.72	-0.04
40	0.28	0.31	-0.03

Campos do Jordao 州有林の Pinus Elliottii および Pinus
Potula に対する実測材積と材積表材積の適合度の検定

TESTE DE ADAPTABILIDADE DAS TABELAS DE VOLNME
P. ELLIOTTII E. P. PATULA DO P. E. CAMPOS DO JORDAO

Masamichi Chyo
Masaru Kobayashi
Terunobu Suzuki
Luis A. Bucci
José M. Motta

1. はじめに	312
2. 標本木の伐倒による実材積の測定	312
(1) 標本木の測定	313
(2) 標本木の材積の計算	313
A 幹足材積	313
B 樹幹材積	314
C 梢頭材積	315
D 標本木1本の全材積	315
3. 検定の対象とした材積表	317
A Pinus Elliottii	317
B Pinus Patula	317
4. 適合度の検定	318
(1) 実測材積と材積表材積の対応	318
(2) 適合度検定のための t - 検定	321
A t - 検定のための回帰式の計算	321
B t - 検定	323
5. 適合度の検定結果に対する考察	324
(1) 適合度の検定結果	324
(2) 材積表材積と実測材積の回帰式の計算	324
6. むすび	334

Campos do Jordao 州有林における *Pinus Elliottii* および *Pinus Patula* の実測材積と使用材積表の適合度 の検定

リモートセンシング部門 長 正道
機械化伐出部門 小林 勝
鈴木 皓史
Luis A. Bucci
Jose M. MOTTA

1 はじめに

Campos do Jordao 州有林は全山が山岳傾斜地を呈し、面積 8,000ha を有する。その中で人工林が 2,300ha あり、1～111 林班よりなる。人工林の主要樹種は *Pinus Elliottii* および *Pinus Patula* がその大半を占め、他のマツが小面積で存在し、部分的に *Araucaria* の造林地もみられる。この山岳傾斜地に対し、現在、機械化伐出部門により集運材作業に対する各種の研究および技術指導を実施中である。そして 1982 年度は 72 林班、面積 12ha を対象に取り組んでいる樹種は *Pinus Elliottii* と *Pinus Patula* である。

この Campos do Jordao 州有林のマツに対しては独自の立木材積表が無いため、その使用（適用）材積表の問題が一つと課題となっている。森林に対し集運材作業を実行する場合には、対象となる森林の面積、地形等の要因と共に立木の総本数、総材積等の蓄積およびその中で伐倒・搬出されるいわゆる集運材の対象となる搬出材の本数、材積が計画および実行上必要不可欠な基礎データとして要求されるからである。しかし現地適用のための材積表を新しく調製することは資料の採集や計算等、時間的にも労力的にも大変な作業となり、時間的關係もあつて実行不可能である。したがって既存の材積表を用いてその適合度の検定を行なうこととした。既存の材積表は森林院によりサンパウロ州全域を対象に調製された *Pinus Elliottii* および *Pinus Patula* の 2 つの材積表、および参考のための日本で使用されている前橋営林局管内アカマツ立木幹材積表（表日本アカマツ、および裏日本アカマツ）を対象とした。そして集運材対象林地（72 林班）内で標本木を伐倒し簡易樹幹析解による区分求積で実材積を求め、この実測材積と上記の既存材積表との適合度の検定を 1-検定により行ない、その結果にもとづき既存の材積表に対する使用の可否を検討した。

2 標本木の伐倒による実材積の測定

(1) 標本木の測定

適合度の検定 (t -検定) の基礎データとなる実材積は、対象林分である 72 林班内の *Pinus Elliottii* および *Pinus Patula* から標本木を選び、これを伐倒し、区分求積により求めた。標本木はマツ立木の胸高直径 (DAP) が最小から最大にまたがるように有意的に選んだ。そして図-1 のとおり簡易樹幹析解により測定した。

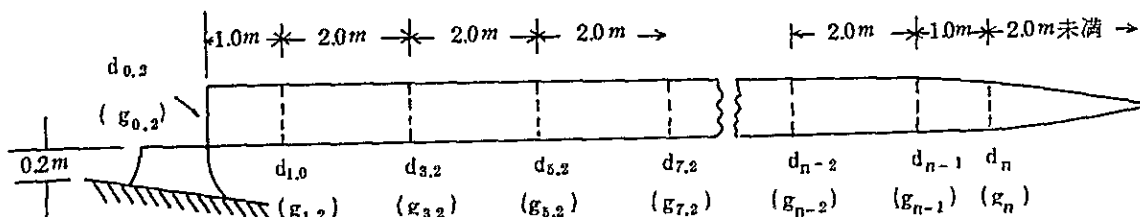


図-1 簡易樹幹析解による伐倒木 (標本木) の測定

なお、伐倒高は傾斜の上部 0.2m とした。そして伐倒後、次の要領で測定を行ない、逐次簡易樹幹析解および材積計算表 (表-1) 記載した。

- ① 伐倒に先立ち胸高部分 (1.3m) に印をつけ、伐倒後正確に測定する
- ② 伐倒後、先ず全樹高(H)を実測する
- ③ 直径の測定部分は、伐倒面 (0.2m)、伐倒面から 1m の部分 (1.2m)、以下 2m 毎 (3.2m、5.2m、7.2m、...)、最後に 3m 未満となったとき 1m の部分
- ④ 各測定部分の直径 (皮付, Com Casca) は輪尺により mm 単位に測定する。若し偏形の場合は最大方向とその直角方向を測り平均直径を求める
- ⑤ 先端 (梢頭部分) はその長さを測定する

(2) 標本木の材積の計算

簡易樹幹析解により測定が行なわれた標本木は *Pinus Elliottii* 42 本, *Pinus Patula* 27 本となった。これらの標本木は幹足部分、樹幹部分、および梢頭部分、の 3 つの部分に分けてそれぞれ材積計算を行ない、最後にこれらを合計して 1 本の全材積とした。その計算方法は次のとおりである。

A 幹足材積

幹足材積は地上 0.2m と 1.2m の間に円錐体の関係があり、したがって 0.0m もその比例関係にあるものとみなし、先ず次式により地上 0.0m の部分の直径 ($d_{0.0}$) を推定し、スマリアン (Smalian) 式により次のとおり求めた。なお、伐倒高が傾斜の上部でとられているため、傾斜の下部で 0.0m 以下に僅かながら材積が存在する。しかし、これは通例にならい無視した。

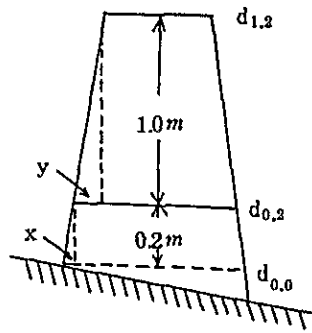


図-2 $d_{0,2}$ 、 $d_{1,2}$ と $d_{0,0}$ の直径の関係

$$x : y = 0.2 : 1.0$$

$$x = \frac{0.2 \times y}{1.0}$$

$$d_{0,0} = d_{0,2} + x$$

$$\therefore v_0 = \frac{g_{0,0} + g_{0,2}}{2} \cdot l_0$$

ただし x : $d_{0,0}$ と $d_{0,2}$ の差

y : $d_{0,2}$ と $d_{1,2}$

g : 各部分 ($g_{0,0}$ 、 $g_{0,2}$) の断面積

なお $g = \pi r^2$ (r は半径)

l_0 : 幹足の長さ (0.2m)

B 樹幹材積

樹幹材積は円筒体とみなし、各測定部分の直径測定値 ($d_{1,2}$ 、 $d_{3,2}$ 、 $d_{5,2}$ 、 \dots) にもとづく断面積 ($g_{1,2}$ 、 $g_{3,2}$ 、 $g_{5,2}$ 、 \dots) を区分長 2m の中央断面積としてフーバー (Huber) 式により次のとおり計算した。

$$v_i = g_i \cdot l_i$$

$$\Sigma v = (g_{1,2} + g_{3,2} + g_{5,2} + \dots + g_{n-1}) \cdot l$$

ただし g_i : 各測定部分 ($d_{1,2}$ 、 $d_{3,2}$ 、 $d_{5,2}$ 、 \dots) の断面積

l_i : 各区分長 (2.0m)

C 梢頭材積

一番先端の梢頭部分（常に 2 m 未満）の材積は円錐体とみなして次式により計算した。

$$v_T = \frac{g_n \cdot l_T}{3}$$

ただし g_n : d_n の断面積

l_T : 梢頭長（常に 2 m 未満）

D 標本木 1 本の全材積

以上により求められた幹足材積 (v_0)、樹幹材積 ($\sum v$)、および梢頭材積 (v_T)、のそれぞれを標本木毎に合計したものが標本木 1 本当りの地上 0.0 m 以上の全材積となる。

$$V = v_0 + \sum v + v_T$$

表-1 は Campos do Jordao 州有林 72 林班内 Pinus Elliottii の標本木 163 に対する簡易樹幹析解測定の記事例、およびそのあとの区分求積による材積の計算結果を示したものである。

以上により伐倒・測定され計算された Pinus Elliottii 42 本および Pinus Patula 27 本の実材積は、4.適合度の検定 の項における表-2 および表-3 の実測材積の欄に示すとおりである。

表-1 簡易樹幹析解測定野帳および材積計算表

標本木 No		3				
No	測定高 h	直 径 (d)			断 面 積 (g)	材 積 (v)
		最 大	その直角	平 均		
0	m 0.0	cm	cm	1) 24.2	m ² 0.0460	m ³
1	0.2			23.5	434	
2	1.2			20.2	320	
3	3.2			19.3	293	
4	5.2			19.1	287	
5	7.2			18.2	260	
6	9.2			17.2	232	
7	11.2			15.7	194	
8	13.2			14.3	161	
9	15.2			13.1	135	
10	17.2			9.3	68	
11	19.2			6.1	29	
12	21.2			3.0	7	
13	22.2			1.9	3	
14						
15						
梢 頭 長 (l _T)				0.3		
胸 高 直 径 (DAP)				20.2		
樹 高 (H)				2) 22.5		
区分断面積計 (Σg _i)					0.1986	
① 幹 足 材 積 (v ₀)						3) 0.0089
② 樹 幹 材 積 計 (Σv)						4) 0.3972
③ 梢 頭 材 積 (v _T)						5) 0.00003
④ 全 材 積 (V)						0.4061

(測定：1981年11月27日，場所：Campos do Jordao-72)

(注) 1) 地際 0.0 m の直径 d_{0.0} は本例では次のとおり推定

$$x = \frac{0.2 \times (d_{0.2} - d_{1.2})}{1.0} = \frac{0.2 \times (23.5 - 20.2)}{1.0} = 0.66$$

$$\therefore d_{0.0} = d_{0.2} + x = 23.5 + 0.66 = 24.16 \div 24.2 \text{ (cm)}$$

2) 樹高(H)は最高測定高 22.2(m) + 梢頭長 0.3(m) = 22.5(m) により実測値と対応

3) 幹足材積は次のとおり計算

$$v_0 = \frac{g_{0,0} + g_{0,2}}{2} \cdot l_0 = \frac{0.0460 + 0.0434}{2} \times 0.2 = 0.00894 \doteq 0.0089(\text{m}^3)$$

4) 区分材積計は次のとおり計算

$$\begin{aligned} \sum v &= (g_{1,2} + g_{3,2} + \dots + g_{21,2}) \cdot l = (0.0320 + 0.0293 + \dots + 0.0007) \times 2.0 \\ &= 0.1986 \times 2.0 = 0.3972(\text{m}^3) \end{aligned}$$

5) 梢頭材積は次のとおり計算

$$v_T = \frac{g_n \cdot l_T}{3} = \frac{0.000 \times 0.3}{3} = 0.00003 = 0.0000(\text{m}^3)$$

3. 検定の対象とした材積表

前項により求められた実測材積に対し、各標本木の胸高直径(DAP)、樹高(H)に対応する既存の材積表(または材積式)にもとづく材積を求め、その適合度つまり材積表(式)材積は実測材積に合っているかどうか、若し合っていない場合はどの程度の差異があるか、を検定するのが使用材積表の適合度の検定である。したがって、いま手許にある既存の材積表(式)が適合度検定の対象となる。既存の材積表としてはそれぞれのものを適用した。

A Pinus Elliottii

Pinus Elliottii に対しては 1974 年、森林院により調製された皮付全材積表 (Tabela 1 - Volume Total, em m³, de Pinus Elliottii VAR. Elliottii, Com Casca), 材積式 (Segundo a Equacao)

$$v = 0.0099 + 0.3671 \times D^2 \times H$$

を用いた。また、参考のため同じ(森林院による皮内全材積表 (Tabela 2 - Volume Total, em m³, de Pinus Elliottii VAR. Elliottii, Sem Casca), 材積式 (Segundo a Equacao)

$$v = -0.0023 + 0.2883 \times D^2 \times H$$

も用いた。

B Pinus Patula

Pinus Patula については、同じく 1974 年、森林院で調製の皮付全材積表 (Tabela 43 - Volume Total, em m³, de Pinus Patula, Com Casca), 材積式

(Segundo a Equacao)

$$v = 0.0059 + 0.3552 \times D^2 \times H$$

および、同皮内全材積表 (Tabela 44 - Volume Total, em m³, de Pinus Patula, Sem Casca), 材積式 (Segundo a Equacao)

$$v = 0.0015 + 0.3173 \times D^2 \times H$$

によつた。

なお、比較対象および参考資料の一つとして、日本の国有林 (前橋営林局) で調製され使用されている、表日本アカマツ立木幹材積表(A)、および同じく裏日本アカマツ立木幹材積表(B)、材積式

(A)

$$4 \sim 10\text{cm} : \log v = -4.249503 + 1.946501 \log D + 0.942682 \log H$$

$$12 \sim 20\text{cm} : \log v = -4.155639 + 1.847898 \log D + 0.951955 \log H$$

$$22 \sim 40\text{cm} : \log v = -4.194535 + 1.804172 \log D + 1.034248 \log H$$

$$42\text{cm 以上} : \log v = -4.423470 + 2.006485 \log D + 0.967757 \log H$$

(B)

$$4 \sim 40\text{cm} : \log v = -4.144592 + 1.867682 \log D + 0.930308 \log H$$

$$42\text{cm 以上} : \log v = -4.356181 + 1.915790 \log D + 1.021590 \log H$$

も Pinus Elliottii, Pinus Patula も各標本木の胸高直径 (DAP) および樹高 (H) に対応させて材積を求め、適合度の検定を併せて試みた。

4. 適合度の検定

(1) 実測材積と材積表材積の対応

適合度の検定に先立ち、前項 3. における既存の材積表により求めた各標本木の材積を実測材積と対応させ一覧表に示したのが表-2 (Pinus Elliottii) および表-3 (Pinus Patula) である。

表-2 Pinus Elliottii の実測材積と材積表材積の対応表

No	D A P	H	実測材積	材積表材積 (1)		材積表材積 (2)	
				Tabela 1	Tabela 2	(A)	(B)
	cm	m	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1	13.4	17.7	0.1061	0.1450	0.1038	0.14	0.15
2	14.4	20.0	0.1730	0.1600	0.1156	0.16	0.16
3	20.2	22.5	0.4061	0.3578	0.2709	0.35	0.36
4	12.8	18.7	0.1006	0.1154	0.0805	0.11	0.11
5	22.8	22.2	0.4631	0.4115	0.3131	0.41	0.41
6	26.5	21.3	0.6130	0.5431	0.4161	0.53	0.53
7	11.8	14.3	0.0805	0.0876	0.0587	0.09	0.09
8	23.6	21.3	0.4266	0.4651	0.3552	0.46	0.46
9	12.5	16.3	0.1016	0.0987	0.0674	0.10	0.10
10	24.0	26.1	0.5322	0.5734	0.4403	0.57	0.56
11	18.0	19.6	0.2143	0.2557	0.1907	0.25	0.26
12	19.8	20.2	0.3416	0.3124	0.2353	0.31	0.31
13	14.2	17.4	0.1227	0.1375	0.0979	0.14	0.14
14	25.8	21.5	0.5225	0.5685	0.4364	0.56	0.56
15	24.5	22.6	0.5743	0.5084	0.3892	0.51	0.50
16	25.4	21.4	0.5300	0.5431	0.4164	0.53	0.53
17	22.8	15.8	0.3006	0.3019	0.2270	0.30	0.30
18	35.4	18.1	0.8851	0.8806	0.6815	0.82	0.85
19	28.6	22.6	0.7215	0.6861	0.5287	0.67	0.67
20	18.3	21.3	0.3169	0.2680	0.2004	0.26	0.27
21	22.5	20.7	0.5053	0.3932	0.2987	0.39	0.39
22	18.0	19.9	0.2786	0.2557	0.1907	0.25	0.26
23	16.8	20.6	0.2089	0.2147	0.1585	0.21	0.17
24	12.3	17.3	0.0888	0.1043	0.0718	0.10	0.10
25	13.5	18.9	0.1295	0.1525	0.1097	0.15	0.15
26	15.4	20.3	0.1877	0.2049	0.1508	0.20	0.21
27	15.0	20.6	0.1836	0.1675	0.1215	0.17	0.17
28	19.6	24.2	0.3388	0.3729	0.2828	0.37	0.37
29	17.9	21.2	0.2891	0.2680	0.2004	0.26	0.27

No	D A P	H	実測材積	材積表材積 (1)		材積表材積 (2)	
				Tabela 1	Tabela 2	(A)	(B)
30	cm 15.5	m 20.1	m ³ 0.2037	m ³ 0.2049	m ³ 0.1508	m ³ 0.20	m ³ 0.21
31	19.5	19.4	0.3004	0.2973	0.2234	0.29	0.30
32	27.8	21.8	0.5933	0.6567	0.5056	0.64	0.64
33	19.5	20.6	0.2586	0.3275	0.2471	0.32	0.33
34	19.4	18.3	0.2748	0.2822	0.2115	0.28	0.28
35	17.2	19.5	0.2192	0.2049	0.1508	0.25	0.26
36	21.0	20.1	0.3521	0.3124	0.2353	0.31	0.31
37	29.2	19.4	0.6251	0.5685	0.4364	0.62	0.64
38	18.4	22.7	0.3148	0.2926	0.2197	0.29	0.29
39	33.9	26.2	0.9881	1.1328	0.8795	1.08	1.08
40	23.3	20.6	0.3576	0.4651	0.3552	0.46	0.46
41	16.0	17.3	0.1657	0.1757	0.1279	0.17	0.18
42	17.0	16.5	0.1582	0.1757	0.1279	0.17	0.18

表-3 Pinus Patulaの実測材積と材積表材積の対応表

No	D A P	H	実測材積	材積表材積(1)		材積表材積(2)	
				Tabela 43	Tabela 44	(A)	(B)
1	cm 13.6	m 20.1	m ³ 0.1419	m ³ 0.1511	m ³ 0.1312	m ³ 0.16	m ³ 0.16
2	17.1	23.4	0.2401	0.2229	0.1953	0.29	0.29
3	20.0	25.7	0.4101	0.3710	0.3832	0.39	0.40
4	16.0	22.7	0.2152	0.2229	0.1953	0.23	0.24
5	19.4	26.2	0.3790	0.3615	0.3144	0.39	0.40
6	19.8	24.0	0.3425	0.3571	0.3153	0.37	0.37
7	33.7	26.1	0.9185	1.0924	0.9720	1.08	1.08
8	13.9	22.4	0.1461	0.1656	0.1442	0.17	0.18
9	22.6	24.6	0.4151	0.4474	0.3959	0.47	0.46
10	17.5	17.9	0.1791	0.2200	0.1927	0.23	0.23
11	15.4	22.1	0.1935	0.2135	0.1869	0.22	0.23
12	16.4	22.6	0.2475	0.2229	0.1953	0.23	0.24
13	11.0	18.8	0.0992	0.0774	0.0654	0.08	0.08

No.	D A P	H	実測材積 m ³	材積表材積(1)		材積表材積(2)	
				Tabela 43 m ³	Tabela 44 m ³	(A) m ³	(B) m ³
14	cm 12.8	m 20.7	0.1247	0.1187	0.1023	0.13	0.12
15	10.3	14.9	0.0594	0.0624	0.0519	0.06	0.07
16	14.4	18.8	0.1481	0.1439	0.1247	0.15	0.15
17	17.4	19.6	0.2165	0.2438	0.2140	0.25	0.26
18	25.5	24.5	0.5405	0.6201	0.5501	0.64	0.63
19	23.6	24.4	0.4969	0.5092	0.4511	0.53	0.52
20	24.6	26.6	0.5435	0.5722	0.5073	0.60	0.58
21	23.7	28.8	0.5338	0.5805	0.5148	0.64	0.62
22	25.6	28.5	0.7019	0.7183	0.6379	0.74	0.72
23	16.6	25.8	0.2889	0.2584	0.2271	0.26	0.26
24	27.3	33.3	0.8772	0.8874	0.7890	0.97	0.94
25	24.2	27.4	0.4745	0.5722	0.5073	0.60	0.58
26	27.9	30.5	0.8376	0.8492	0.7548	0.91	0.88
27	14.2	19.0	0.1451	0.1439	0.1247	0.15	0.15

(2) 適合度検定のための t - 検定

A t - 検定のための回帰式の計算

t - 検定のための回帰式 ($Y = b_0 + b_1 x$) は実測材積を x , 対応する材積表材積を y とおき, 最小自乗法計算組織解 (Solution system of regression) により回帰式を求める。なお, t - 検定は Pinus Elliottii, Pinus Patula の両者共に

- ① 実測材積 x と Tabela 1 または Tabela 43 にもとづく材積表材積 $y_{(1)}$
- ② 実測材積 x と Tabela 2 または Tabela 44 にもとづく材積表材積 $y_{(2)}$
- ③ 実測材積 x と材積表(A)にもとづく材積表材積 $y_{(3)}$
- ④ 実測材積 x と材積表(B)にもとづく材積表材積 $y_{(4)}$

の 4 項目について行なった。

検定に先立ち, 先ずそれぞれに対して最小自乗法計算組織解のための準備表を下表のとおり作成する。

№	実測材積 x	材積表材積 y	x^2	xy	y^2
1					
2					
3					
4					
5					
⋮					
n					
Σ	$\Sigma(x)$	$\Sigma(y)$	$\Sigma(x^2)$	$\Sigma(xy)$	$\Sigma(y^2)$

これにもとづき、次表の最小自乗法計算組織解を解き、回帰式 $Y = b_0 + b_1 x$ の回帰係数 b_0, b_1 を求める。

	1	x	y	$1+x+y$
1	$\Sigma(n)$	$\Sigma(x)$	$\Sigma(y)$	$\Sigma(1+x+y)$
x		$\Sigma(x^2)$	$\Sigma(xy)$	$\Sigma[x(1+x+y)]$
y			$\Sigma(y^2)$	$\Sigma[y(1+x+y)]$
$\frac{\Sigma(x)}{\Sigma(n)} = \bar{x}$		$\Sigma(x^2) - x \cdot \Sigma(x)$	$\Sigma(xy) - \bar{x} \cdot \Sigma(y)$	
$\frac{\Sigma(y)}{\Sigma(n)} = \bar{y}$			$\Sigma(y^2) - \bar{y} \cdot \Sigma(y)$	
$\frac{\Sigma(xy) - \bar{x} \cdot \Sigma(y)}{\Sigma(x^2) - \bar{x} \cdot \Sigma(x)} = b_1$		$SSR = [\Sigma(y^2) - \bar{y} \cdot \Sigma(y)] - b_1 [\Sigma(xy) - \bar{x} \cdot \Sigma(y)]$		

$$\therefore Y = b_0 + b_1 \cdot x$$

$$\text{ただし } b_1 = \frac{\Sigma(xy) - \bar{x} \cdot \Sigma(y)}{\Sigma(x^2) - \bar{x} \cdot \Sigma(x)}$$

$$b_0 = \bar{y} - (b_1 \cdot \bar{x})$$

これにより求められた各回帰式はそれぞれ次のとおりとなった。

Pinus Elliottii :

① $Y = 0.0010 + 1.0024 x$

② $Y = -0.0093 + 0.7871 x$

③ $Y = 0.0085 + 0.9670 x$

④ $Y = 0.0098 + 0.9717 x$

Pinus Patula :

- ① $Y = -0.0147 + 1.0895 x$
- ② $Y = -0.0156 + 0.9747 x$
- ③ $Y = -0.0121 + 1.1361 x$
- ④ $Y = -0.0026 + 1.1003 x$

B t-検定

実測材積(x)に対する材積表材積(y)の適合度検定のための t-検定は、先ず①回帰係数 b_0 が原点(0)を通るかどうかを $\alpha = 0$ とおいて検定-① によって行なう。次いで②回帰係数 b_1 が 45° の傾斜に対してどの程度対応しているかどうかを $\beta = 1$ とおいて検定-② により行なう。なお、この場合、自由度 $df = n - 2$ (n は Pinus Elliottii は 42, Pinus Patula は 27), 確率 $p = 0.05$ (95%), および $p = 0.01$ (99%) のときの t の値を t -表により求めて検定する。

$$\text{検定-①: } t = \frac{|b_0 - \alpha|}{\sqrt{v(b_0)}} = \frac{|b_0 - 0|}{\sqrt{v(b_0)}}$$

$$\text{検定-②: } t = \frac{|b_1 - \beta|}{\sqrt{v(b_1)}} = \frac{|b_1 - 1|}{\sqrt{v(b_1)}}$$

ただし $v(b_0) = \frac{s_{x,y}^2 \sum x^2}{n \sum (x - \bar{x})^2}$

$$v(b_1) = \frac{s_{y,x}^2}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

$$s_{y,x}^2 = \frac{1}{n-2} \left[\left\{ \sum (y^2) - \frac{1}{n} (\sum y)^2 \right\} - b \left\{ \sum (xy) - \frac{1}{n} (\sum x)(\sum y) \right\} \right]$$

$$= \frac{SSR}{n-2}$$

上記により Pinus Elliottii, Pinus Patula のそれぞれに対する t-検定の結果は表-4 に示すとおりとなった。

表-4 t-検定結果一覧表

検定項目	Pinus Elliottii		Pinus Patula	
	検定-①	検定-②	検定-①	検定-②
①	0.0747 not sig	0.0696 not sig	1.0970 not sig	2.9329**
②	0.8563 not sig	8.0100**	1.3670 not sig	0.9753 not sig
③	0.6707 not sig	0.7577 not sig	1.0280 not sig	5.1039**
④	1.0561 not sig	0.8944 not sig	0.2241 not sig	3.7689**

- (注) 1. *Pinus Elliottii* の t の値は自由度 $d.f = n - 1 = 41 (\infty)$ における $t_{0.05} = 1.960$, $t_{0.01} = 2.576$, *Pinus Patula* は $d.f = n - 1 = 26$ における $t_{0.05} = 2.056$, $t_{0.01} = 2.779$
2. not sig は有意差なし, **印は1%レベル (high level) で有意差あり, をあらわす。

5. 適合度の検定結果に対する考察

(1) 適合度の検定結果

Pinus Elliottii および *Pinus Patula* の実測材積と使用材積表 (各4種類) による材積表材積に対する適合度の検定結果 (表-4) から, 要約次のような結果が明らかとなった。

A *Pinus Elliottii*

Pinus Elliottii は Tabela-2 の検定-⑩のみに対し1%レベルの有意差を示した他は, すべて not significance (有意差なし) であった。つまり Tabela-2 の場合のみ $y = x$ の45度の傾斜に対し大きくはずれているが, 他は実測材積と材積表材積はよく対応している。Tabela-2 は実測材積に対し一定の傾向で小さくなっている。しかし0とは有意差はなかった。これらの結果から, Tabela-1, Tabela-A, Tabela-Bの何れの材積表も現地の立木材積とはよく適合していることを意味する。

B *Pinus Patula*

Pinus Patula の場合は検定-①, 検定-⑩共に有意差が無かったのは Tabela-44 のみで, 他は検定-①では有意差は無いが, 検定-⑩で高度の有意差を示す結果となった。しかも何れの場合も材積表材積の方が過大となっている。Tabela-44 は皮内 (Sem casca) 材積である。この皮内材積と Campos do Jordao 州有林の *Pinus Patula* がよく適合するということは, 調製された *Pinus Patula* のデータが Campos do Jordao を含む広く州内からとられたため, 平均的に差異を生じたためであろう。

(2) 材積表材積と実測材積の回帰式の計算

以上の検定結果にもとづき, *Pinus Elliottii* の Tabela-1, Tabela-A, Tabela-B, および *Pinus Patula* の Tabela-44 に対する材積表材積(②)と, 対応する実測材積(①)の回帰式を, 最小自乗法計算組織解により求めた。なお, 検討のための参考資料として, 不適合となった他の材積表についても同じように回帰式の計算を行なった。その結果は表-5に示すとおりである。

相関係数 (Correlation coefficient) r は何れの場合も非常に高い。また回帰係

数 b_0 , b_1 に対する有意差検定のための分散分析 (Analysis of variance of regression) も、すべて high significance であった。

図-3~図-10 は、材積表材積を x 、対応する実測材積を y としたときの $y = x$ (45度線に対応) に対する個々の材積の分布状態、および回帰式を示したものである。

表-5 材積表材積と実測材積の回帰式

材積表	回帰式	相関係数 (r)
Pinus Elliottii		
Tabela - 1	$Y = 0.0141 + 0.9542 x$	0.9780
(Tabela - 2	$Y = 0.0264 + 1.2150 x$	0.9780)
Tabela - A	$Y = 0.0054 + 0.9927 x$	0.9798
Tabela - B	$Y = 0.0044 + 0.9873 x$	0.9795
Pinus Patula		
(Tabela - 43	$Y = 0.0203 + 0.9002 x$	0.9903)
Tabela - 44	$Y = 0.0221 + 1.0081 x$	0.9913
(Tabela - A	$Y = 0.0155 + 0.8683 x$	0.9932)
(Tabela - B	$Y = 0.0076 + 0.8958 x$	0.9928)

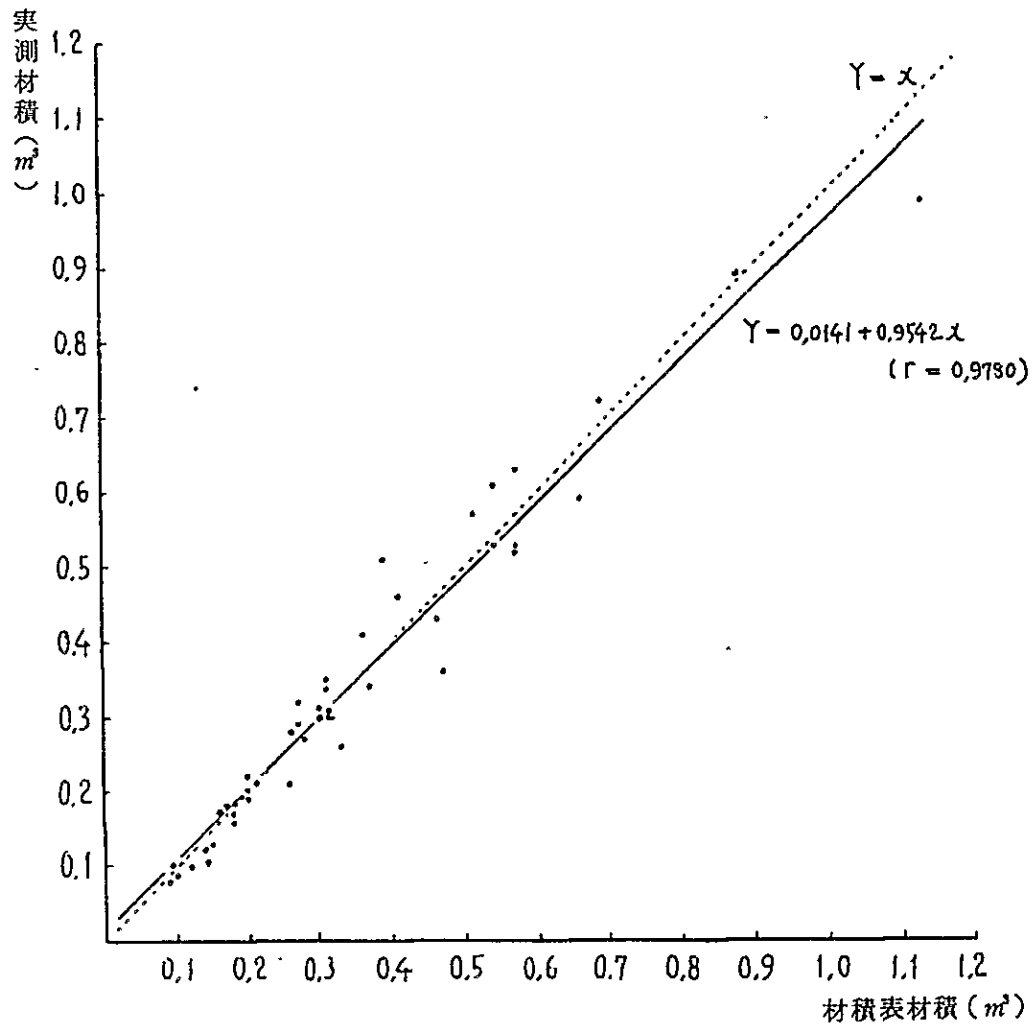


図-3 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
(*Pinus Elliottii* : Tabeta - 1)

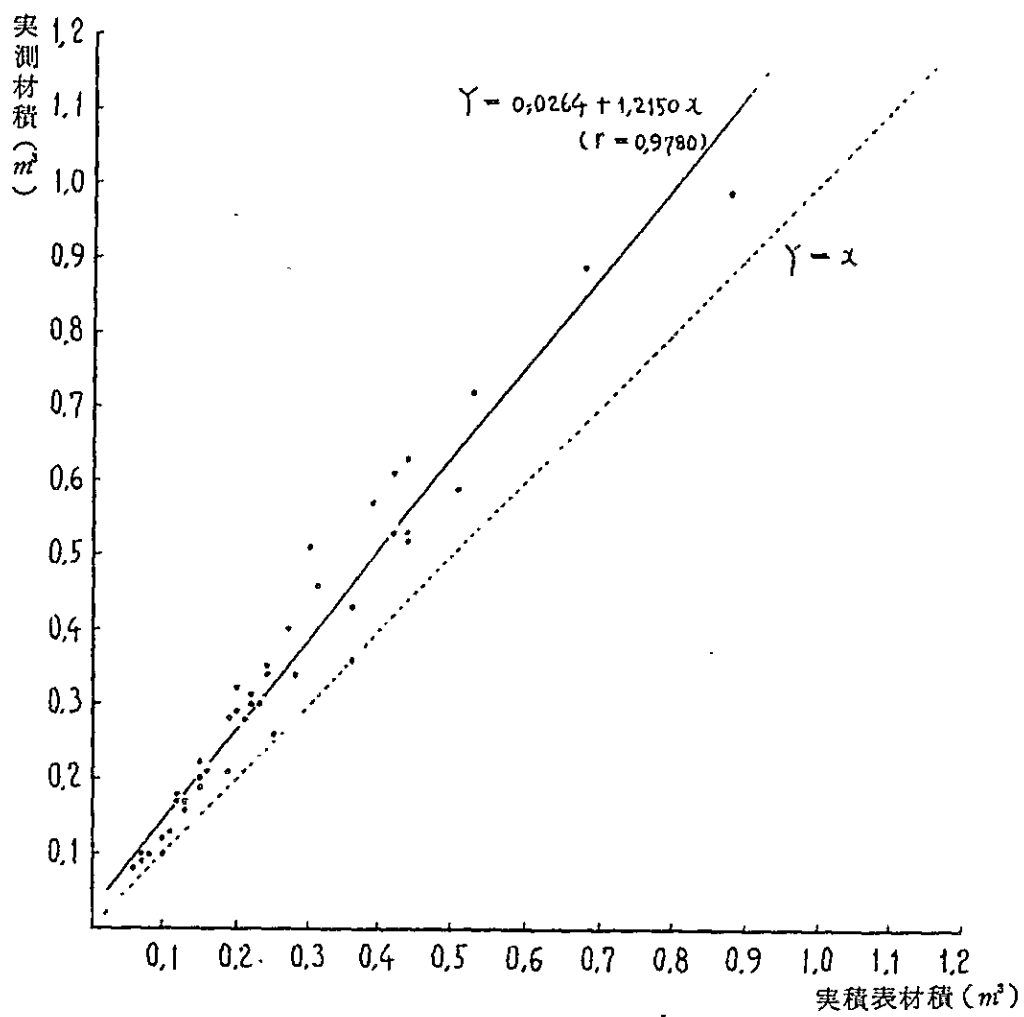


図-4 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
 (Pinus Elliottii : Tabeta - 2)

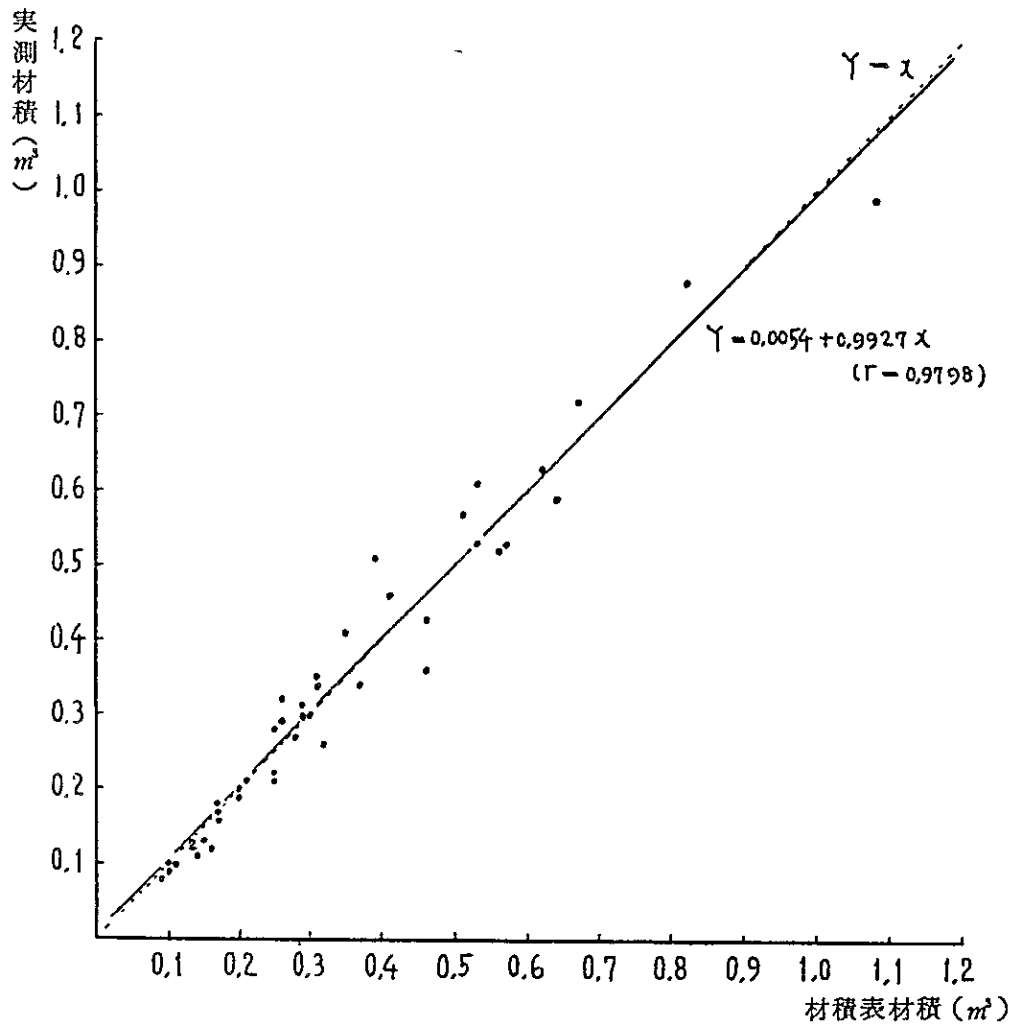


図 - 5 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
(*Pinus Elliottii* : Tabeta - A)

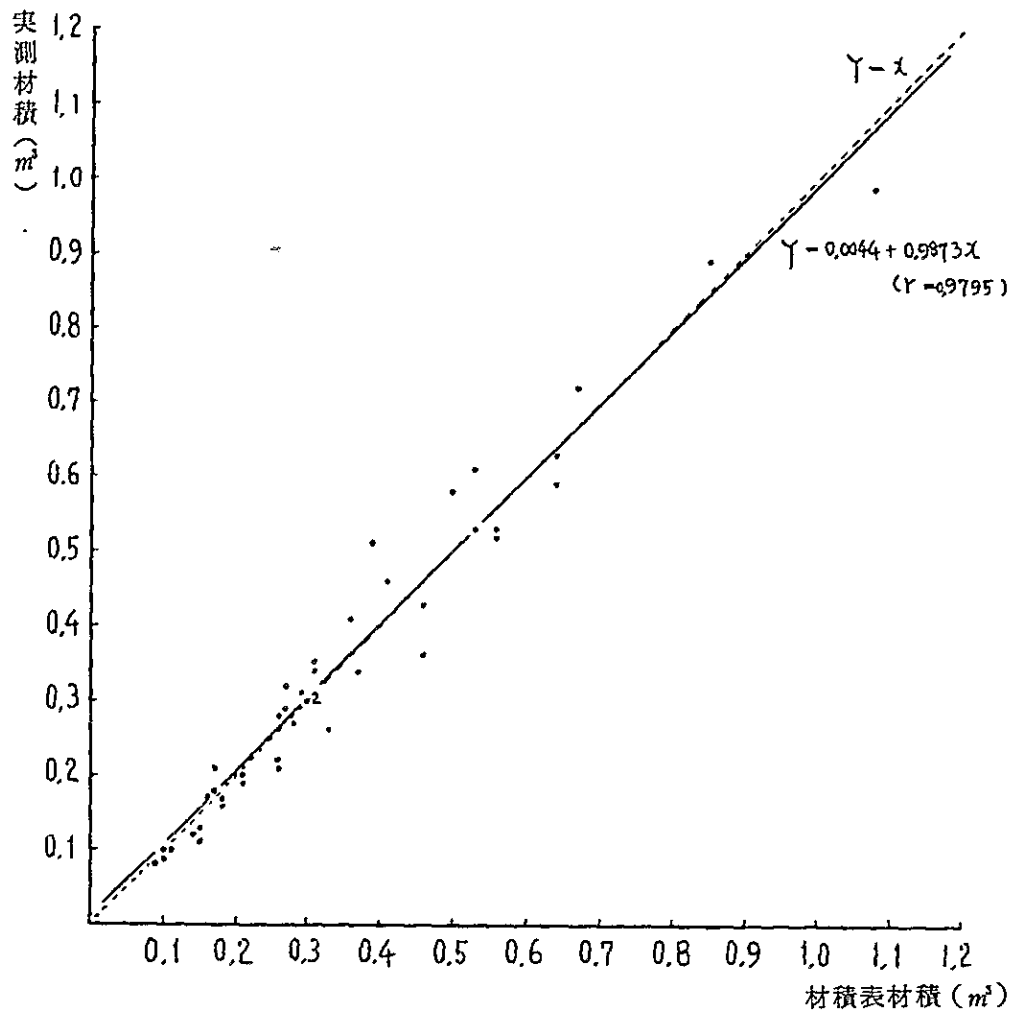


図 - 6 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
 (Pinus Elliottii : Tabeta - B)

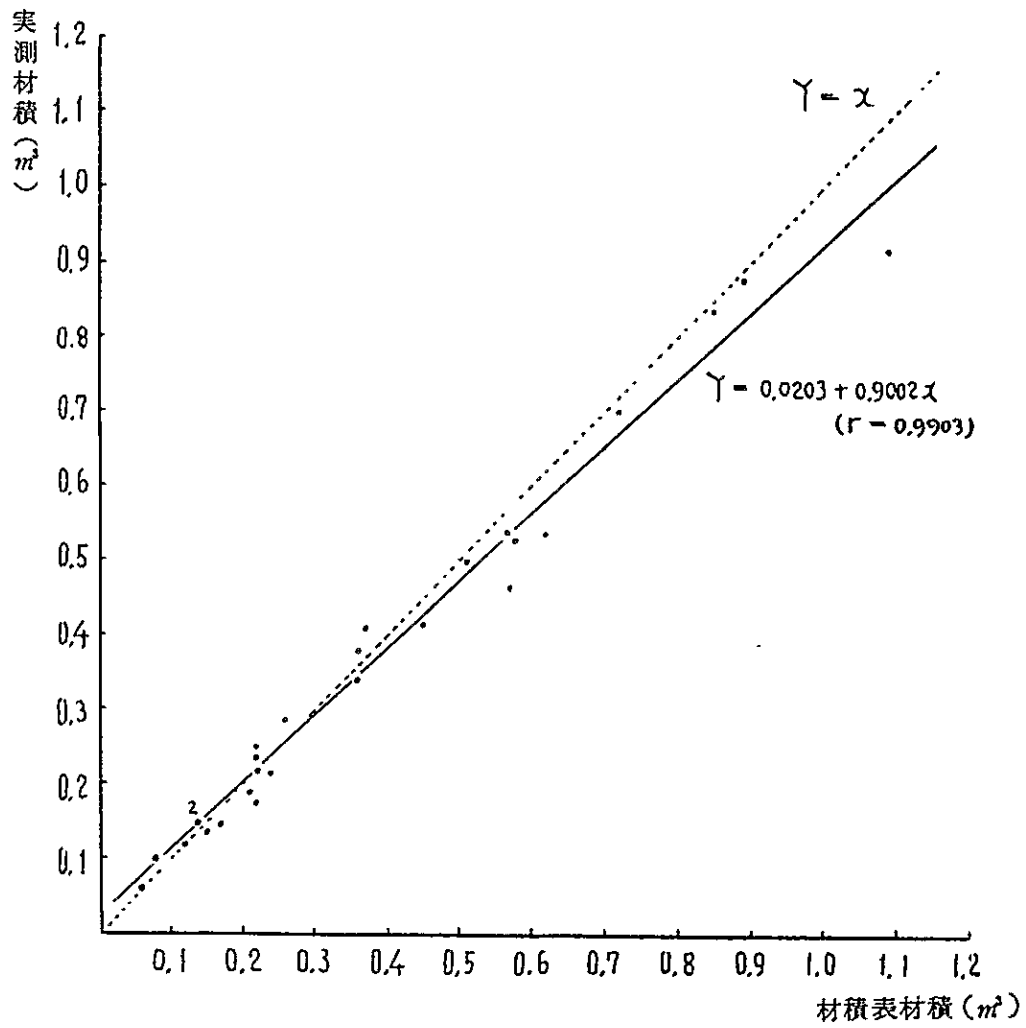


図-7 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
(Pinus Patula : Tabeta - 43)

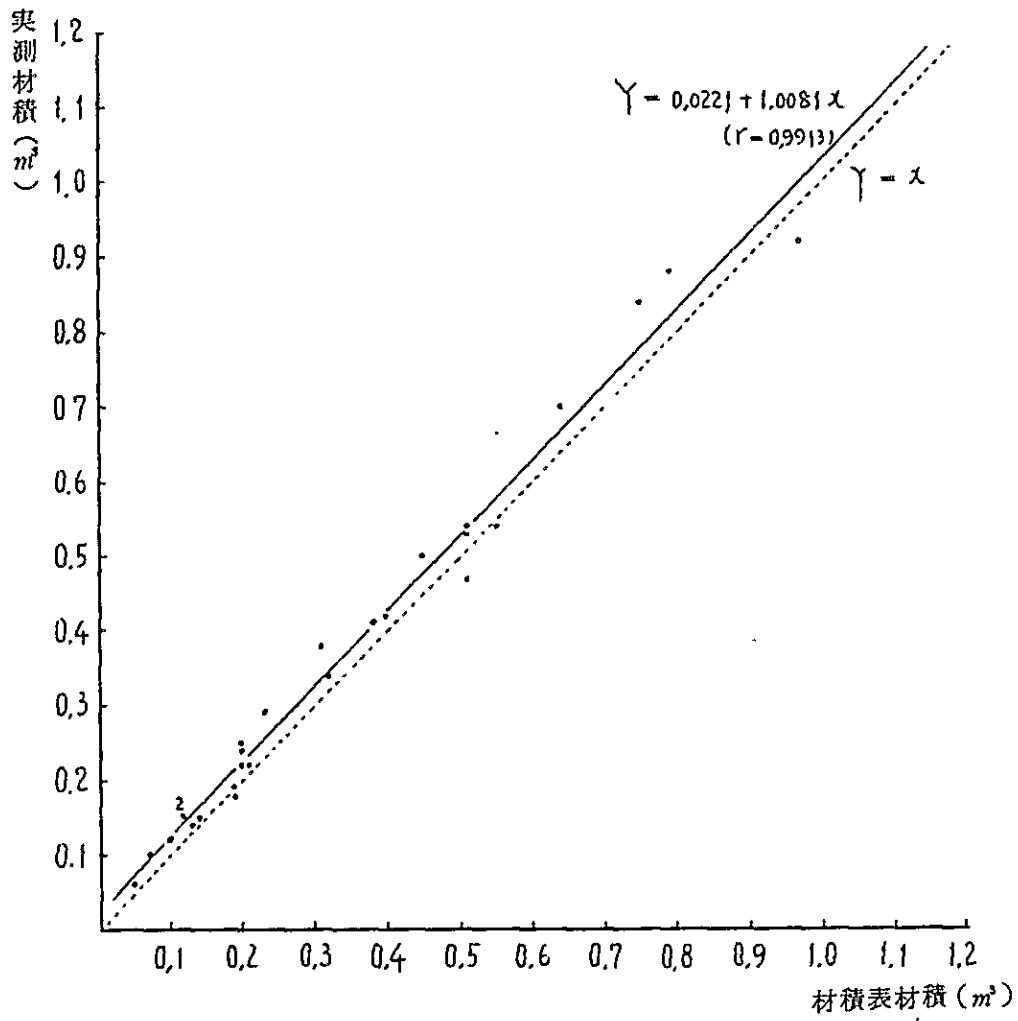


図-8 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
 (Pinus Patula : Tabeta - 44)

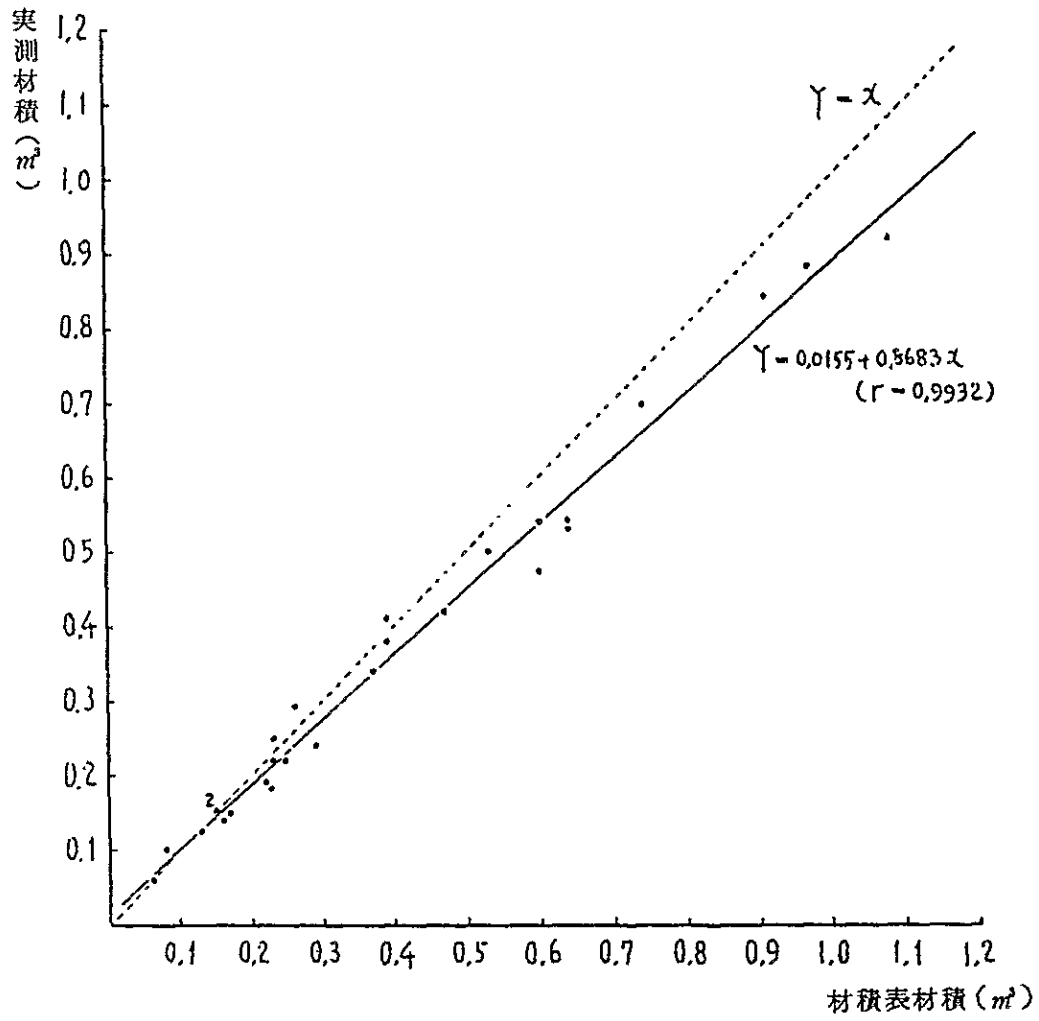


図-9 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
 (Pinus Patula : Tabeta - A)

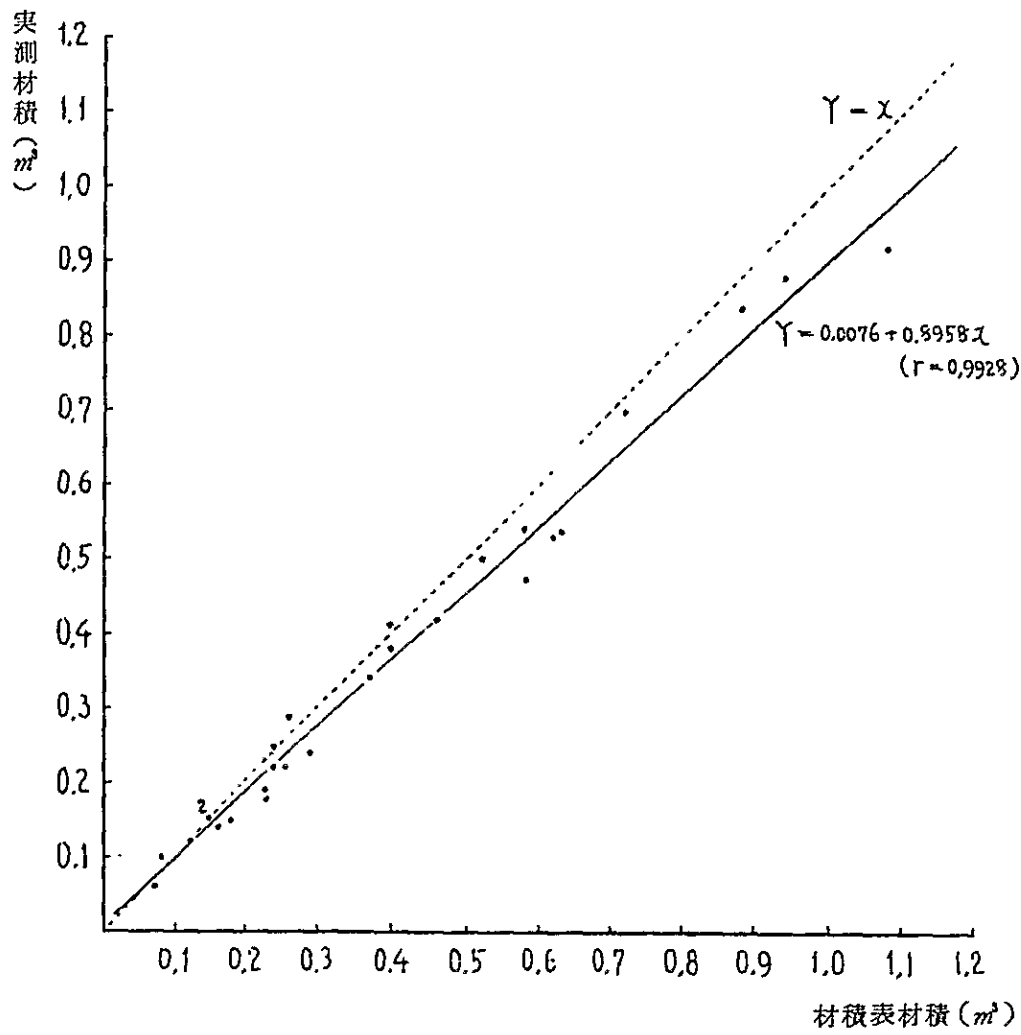


図-10 材積表材積 (x) と実測材積 (y) の回帰図
(Pinus Patula : Tabeta - B)

6. む す び

Campos do Jordao 州有林 72 林班に対する使用（適用）材積表選択のために行なった。標本木の伐倒・測定による実測材積と、手許にある既存の材積表材積との適合度検定（ t -検定）の結果は、以上のとおり、Pinus Elliottii については Tabela-1, Tabela-A, Tabela-B が、また Pinus Patula は Tabela-44 が有意差がなく適合した。したがってこれらの材積表により立木材積の測定は可能となった。

しかし、既存の材積表がこのように都合よく適合するとは限らない。実測材積と材積表材積との間には有意差を示し適合しないケースもあり得る。若し有意差を示し不適合となった場合にはいろいろの方法が考えられるが、一般には次のような方法が検討の対象となる。

先ず第 1 はその林分に適合する材積表を新しく調製する方法である。一般に立木の材積はそれが成立するその地方や地域毎に立地条件や気象条件等の各種の環境要因が異なり、そのため林木の生長プロセスも大小様々に変化する。したがって胸高直径や樹高、材積等の形状もそれぞれ異なるのが常である。そのため材積表も地方別、地域別にとられたデータにもとづき調製されたもの程、その林分に適合することは論をまたない。しかし実際はデータ（標本木）の採取やその後の材積式計算のための重回帰式の計算、および分析検討に多くの労力や時間を要する。そのため急を要するような場合は時間的關係から必ずしも容易に実行できる方法とは言い難い。地方別、地域別等の Local Table は平常時に調製され、準備されておくべきであると考える。

新しい材積表の調製が不可能な場合にとられる方法の一つは回帰による修正法がある。これは実測材積と材積表材積から回帰式を求め、この回帰式を用いて適合しない材積表材積を修正し実測材積に近づける方法である。たとえば本例の Pinus Patula の Tabela-43 は t -検定の結果は有意差を示し、材積表（Tabela-43）は測定対象林分の 72 林班には適合しなかった。しかも、この場合、材積表材積は実測材積よりも一定の傾向（1 次関係）で順次高くあらわれている（図-7 参照）。したがってこの場合の回帰修正は過大推定となる材積表材積の値を回帰式により実測材積に近づける形で修正する方法である。たとえば、Tabela-43 にもとづいて求められた、材積表材積を x 、対応する実測材積を y とする Pinus Patula の材積回帰式

$$\begin{aligned} Y &= b_0 + b_1 x \\ &= 0.0203 + 0.9002 x \end{aligned}$$

に材積表材積（Tabela-43）の値を x として代入して個々（1 本々々）の材積を計算する。これにより材積表から求められた材積は実測材積の近似値として修正される。たとえば、胸高直径（DAP）24.6cm、樹高（H）26.6m の Pinus Patula は Tabela-43 から 0.5722m^3 となる。

この 0.5722m^3 を上記の回帰式に代入し

$$\begin{aligned} Y &= 0.0203 + 0.9002 \times 0.5722 \\ &= 0.5354\text{m}^3 \end{aligned}$$

をうる。これが修正された材積の値となる。このようにして毎木測定された立木はすべて修正される。

参 考 文 献

- (1) George W. Snedecor : Statistical Methods 1956
- (2) 木梨謙吉・長 正道 : 材積表(使用材積表)の適合度検定とその修正, 日本林学会九州支部大会講演集 Ⅷ 10, p. 111-112, 1956
- (3) 木梨謙吉・長 正道 : 標本抽出法による三方岳天然林(九州大学宮崎演習林)蓄積調査報告, 九州大学演習林集報 Ⅷ 10, p. 1-58, 1958
- (4) Instituto Florestal de S. Paulo : Tabelas de Volume para Algumas Especies do Genero Pinus, Boletim Tecnico Ⅷ 12, Instituto Florestal de S. Paulo-Brasil, Outubro, 1974