

4組の経年空中写真による九州大学粕屋演習林の森林環境の変化の測定

長, 正道
九州大学農学部演習林

桑原, 清
福岡県飯塚農林事務所

<https://doi.org/10.15017/23330>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 44 (3), pp.101-118, 1990-02. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

4組の経年空中写真による九州大学粕屋演習林の 森林環境の変化の測定

長 正道・桑原 清*
九州大学農学部演習林
(1989年9月27日 受理)

The Measurement Results of Change in Environmental Condition of Kyushu University Forests in Kasuya District Based on Four Sets of Continuous Aerial Photographs

MASAMICHI CHYO and KIYOSHI KUWAHARA
Research Institute of University Forests, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-11, Fukuoka 812

緒 言

森林は生長が緩慢であり、またその変化も少ない。しかしその森林も数年単位でみるとそれなりに変化しており、また推移も認められる。その変化の度合や推移の状態を簡単に測定する方法の一つとして、経年空中写真上で定点観測つまり主要判読因子の判読測定を行ない、これにもとづいて森林環境の変化や推移の状態を測定するテストを九州大学粕屋演習林を対象に試みた。

なお、ここでいう森林環境とは、山地に樹(林)木が存在するか否か、また存在する場合はどのような状態で存在し、それはどのように変化し推移しているかをさす。つまり森林が有する山地崩壊や土砂流出防止等の山地保全、下流域に対する水資源の確保、気象緩和、自然の生態と環境の保持、等々の公益的機能は、そこに樹(林)木が存在することによってこれが機能されるという視点にもとづく。したがってここでは公益的機能の素因をなす樹(林)木の存否とその変化(推移)の状態を測定することをその主対象としたものである。

材料および方法

1. 測定対象地の概要

森林環境の測定は九州大学粕屋演習林、面積486.19 haを対象として行なった。本演習林は福岡市都市圏の

北東部およそ15kmに位置し、16団地・22個林班よりなり、標高は30m~550mの範囲にわたっている。樹種構成は、針広混交の自然林20%余のほかは、大部分がスギ(*Cryptomeria japonica*)およびヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)を主とする人工林(人工林率66%)となっている。同演習林は試験研究および林学科・林産学科の学生実習林をその主目的としているが、森林の性格としては経済林に位置づけられる。また本演習林は多々良川の源流にあたるため水源林としての機能もあわせ有している(Fig.1参照)。

2. 経年空中写真に対する判読測定点の設定

1) 経年空中写真の内訳

測定対象地における経年空中写真は、1963年、1969年、1972年、1974年、1981年、1983年、および1986年の7組(いずれも広角写真)を手許に有する。このうち、1974年、1981年、1986年の3組はカラー写真である。この中から経年間隔、撮影時期および写真の種類を考慮して、1963年、1974年、1981年、1986年の4組を経年空中写真として測定の対象とした。これにより22個の全林班をこの4組の2.0倍伸ばし空中写真上に区画し移し込んだ。なお各空中写真の撮影諸元および標高(h_m)と写真縮尺(S)の回帰式はTable 1に示すとおりである。またFig.2はこれをグラフに示したものである。

2) 判読測定点の設定

経済林としての森林は、植栽・除間伐その他の撫育・伐採等の施業は、その大半が小班または林班単位に行なわれるのが常である。したがって森林環境としての

* 福岡県飯塚農林事務所

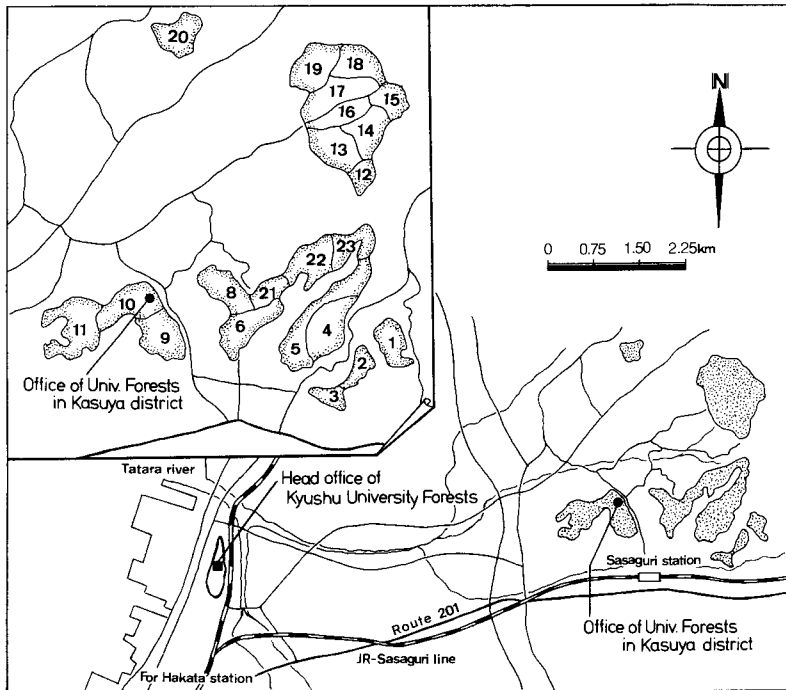


Fig. 1. The map of Kyushu University Forests in Kasuya district.

Table 1. The relationship between photographic factor, elevation above the sea (h_m) and the scale (S) of continuous aerial photographs.

No	Photographing	Date	Flying height m	Camera	Focal length mm	Regression equation	Correlation coefficient
1	Kyushu Univ. Forests	1963.10.8	2020	RMK	152.67	$S_1 = 6604.454 - 2.865h_m$	-0.986
2	CKU-74-7	1974.3.15	1676	RC-8	153.04	$S_2 = 5662.705 - 3.792h_m$	-0.980
3	CKU-81-1	1981.11.18	1810	RC-10	152.90	$S_3 = 5789.611 - 3.914h_m$	-0.990
4	Kyushu Univ. Forests	1986.10.9	1910	RC-f152	152.46	$S_4 = 5598.118 - 2.062h_m$	-0.935

変化や推移も小班または林班単位であられることになる。これにもとづき、定点観測点つまり経年空中写真上の判読測定点も小班または林班単位に設定することとした。

対象地の粕屋演習林における実際の施業は、その殆どが小班単位に行なわれている。したがってここでは小班を最小単位として取り扱うこととした。対象地全域の小班数は316個(小班面積0.04~8.77ha, 平均1.54ha)となっている。したがって判読測定点は平均的に1小班あたり1点という考え方から316点を計画した。この316点を測定対象地全域に対し一定間隔に設定することとし、設定間隔 d を下記の式により求めた(ただし A : 対象地全面積486.19ha, n : 小班数にもとづ

く測定点の数316点)。

$$d = \sqrt{\frac{A}{n}} \times 100 \\ = \sqrt{\frac{486.19}{316}} \times 100 = 124.04 \text{ (m)}$$

その結果、設定間隔 $d = 124.04\text{m}$ となった。経年空中写真上での実際の設定は120mにより行なうこととした。

次に、16団地よりなる測定対象地は、地域や標高、林班の集合性等を考慮し全域をA, B, C, D, およびEの5ブロックに分けた。そして各ブロック毎に標高の最低値と最高値から平均標高を求め、これを基準にして4組の空中写真毎に対応させて一定間隔に判読測定点を設定した。なお、実際は境界線(演習林界や林

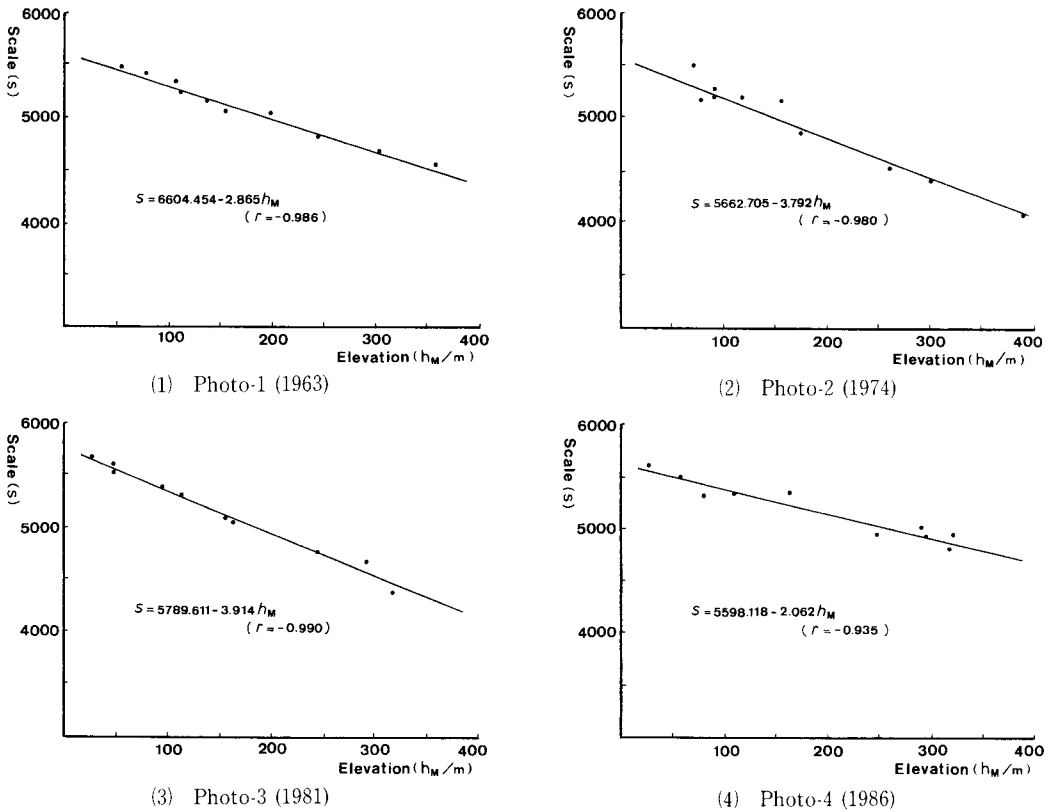


Fig. 2. The relationship between elevation above the sea level and scale of aerial photographs.

班界等)からはみ出したり空中写真間の対応がつかなくなったりしたため、最終的には308点を判読測定点として確定した (Table 2 参照)。

3. 主要判読要因の判読測定

空中写真上における林木の判読測定要因としては、樹種 (Species)・樹冠疎密度 (Crown density) (本数に対応)・樹冠直径 (Crown diameter) (胸高直径に対応)・樹高 (Tree height) およびそれらの総合的要素としての林齢 (Ages) 等がある。しかしこれらのすべてを正確に判読測定するには測定点の数が308点×4組=1232点と非常に多いため、ここでは各判読要因について Table 3 に示すような基準を設け、これにもとづいて判読測定を行なうこととした。

なお、対象地域内の測定点で非森林とみなされるケースとしては、植栽直後で樹種その他が判読測定不能地、伐採跡地、および原野等の要因が考えられる。したがってこの場合はそれぞれ A_{01} 、 A_{02} 、および A_{03} として表示することとした。また判読測定に際し樹種そ

の他が不明確な測定点については現地チェックを実施し、これにもとづいて再度判読測定を行なうようにした。実際の判読測定では樹冠疎密度は立木密度で表われ樹冠疎密度板 (Crown density scale) により、樹冠直径は樹冠直径測定板 (Crown diameter scale) または楔尺板 (Wedge scale) を、樹高は視差測定程 (Parallax wedge) を用いて行なった。林齢は樹冠疎密度、樹冠直径、樹高の各測定結果をもとにして総合的に判読することとした。

以上により行なった、判読測定点308点×経年空中写真4組、計1232点の定点観測点に対する主要判読要因の判読測定結果は Table 4 に示すとおりである。

結 果

1. 写真判読面積と実面積の対応度に対する t -検定

1) 樹種および齢階別面積の計算

4組の経年空中写真上に設定した定点観測点 (308×4=1232点) の妥当性、および主要判読要因に対する

Table 2. The numbers of measurement points in each block.

Block	Compartment (Numbers)		Area	Numbers of subcompartment	Elevation (Average)	Numbers of measurement point
A	9~11	(3)	98.43 ^{ha}	53	30~118 ^m (74) ^m	57
B	6, 8, 21	(3)	55.36	43	70~290 (180)	39
C	1~5, 22, 23	(7)	150.08	92	60~418 (239)	99
D	12~19	(8)	162.18	117	170~550 (360)	101
E	20	(1)	20.14	11	65~324 (195)	12
Total		(22)	486.19	316		308

Table 3. The interpretation standard for main factor of aerial photographs.

Factor of interpretation	Distribute	Sign	Scope
Species (Sp)	<i>Cryptomeria japonica</i>	S	
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	H	
	<i>Pinus</i>	M	
	Broadleaved	L	
Crown density (D)	Dense	D ₁	above 80%
	Medium	D ₂	50~80%
	Sparse	D ₃	50% below
Crown diameter (C)	Small	C ₁	2.0m below
	Medium	C ₂	2.0~5.0m
	Large	C ₃	above 5.0m
Tree height (H)	Small	H ₁	5.0m below
	Medium	H ₂	5~15m
	High	H ₃	above 15m
Stand age (A)	Juvenile	A ₁	10 years below
	Medium	A ₂	11~30 years
	Old	A ₃	above 31 years

判読測定結果の信憑性つまり現地林分との対応性の良否はこのあとの森林環境の分析結果に大きく影響することになる。したがって空中写真の判読測定結果に対する信憑性をチェックする方法の一つとして、樹種および齢階に対する空中写真による判読（推定）面積と実面積の対応度の有意差検定を t -検定によって試みることにした。

空中写真による判読面積は判読測定点の設定間隔 $d=120\text{m}$ から、1点当たり占有面積は $120\text{m} \times 120\text{m} = 1.44\text{ha}$ となる。これにもとづき樹種別および齢階（林齢）別のそれぞれにおける面積を Table 4 をもとにして推定した。この場合、樹種についてはマツ（*Pinus*）と広葉樹（Broadleaved）はこみにして取り扱った。齢階については植栽直後の林分（ A_{01} ）は A_1 の中に入れた。伐採跡地（ A_{02} ）および原野（ A_{03} ）は実面積の計上が不可能のため対象から除外した。

一方、空中写真の判読測定の基準（Table 3）をもと

にして造林台帳および森林調査簿から当該林分を集計し、これをもって実面積とした。なお、写真-1（1963年撮影）については造林台帳・森林調査簿ともに対比させる資料がないためチェックの対象から除外した。

Table 5 は以上により計上した樹種毎、および齢階毎判読（推定）面積と実面積を各ブロック毎に示したものである。

2) 判読面積と実面積の t -検定

Table 5 から、樹種および齢階のいずれの場合も、造林台帳・森林調査簿による実面積に対し写真判読にもとづく推定面積は個々には若干の差異を示すが、全体的にはほぼ対応しているといえる。いま、これらがどの程度の対応性を有するかについてをチェックするため、樹種および齢階のそれぞれについてブロック単位・写真別に、実面積を x とおき、対応する判読（推定）面積を y とおいて有意差の有無に対する検定のための t -検定を下記のとおり試みた。

Table 4. The interpretation of main factor of aerial photographs (A part of 308 points data).

Block	Photo-1 (1963)					Photo-2 (1974)					Photo-3 (1981)					Photo-4 (1986)					
	No.	Sp	D	C	H	A	Sp	D	C	H	A	Sp	D	C	H	A	Sp	D	C	H	A
A	1	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	—	—	—	—	0 ₁
	2	L	2	2	1	2	L	2	2	2	2	L	3	3	3	3	L	3	3	3	3
	3	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	3	2	2	3	L	3	2	2	3
	4	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	L	3	3	3	3
	5	L	2	2	2	2	L	3	3	3	3	L	3	3	3	3	L	3	3	3	3
	6	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	3	2	2	3	L	3	3	2	3
	7	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	L	3	3	2	3
	8	L	2	2	1	2	L	2	2	2	3	L	2	2	2	3	L	3	2	2	3
	9	L	2	2	2	3	L	2	2	2	3	L	2	2	2	3	L	3	3	2	3
	10	H	1	1	1	1	H	2	2	2	2	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₁	
	11	H	2	1	1	1	H	2	2	2	2	H	2	2	2	3	L	2	2	2	3
	12	L	2	2	1	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3
	13	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	3	3	2	3	L	3	3	2	3
	14	L	3	3	3	3	—	—	—	—	0 ₃	—	—	—	—	0 ₃	L	2	3	2	2
	15	L	2	2	2	2	L	3	3	3	3	—	—	—	—	0 ₂	L	1	1	1	2
	16	L	1	1	1	1	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	L	3	3	2	3
	17	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	L	3	3	2	3
	18	L	1	1	1	1	L	2	1	1	2	L	2	2	2	3	L	3	2	2	3
	19	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	L	2	2	2	3	L	2	2	2	3
	20	L	2	2	2	2	L	3	3	2	3	—	—	—	—	0 ₃	—	—	—	—	0 ₃
	21	L	1	2	1	1	L	2	2	2	2	—	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₁
	22	L	2	2	1	1	L	2	2	2	2	—	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₃
	23	L	2	3	2	2	—	—	—	—	0 ₁	L	1	1	1	1	L	1	1	1	2
	24	L	2	3	3	3	L	1	1	1	1	L	2	1	1	2	L	3	2	2	2
	25	L	3	3	3	3	L	1	1	1	1	L	2	1	1	2	L	3	2	2	2
	26	—	—	—	—	0 ₃	L	1	1	1	2	—	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₁
	27	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	—	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₁
	28	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	—	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₁
	29	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2
	30	L	2	2	2	2	—	—	—	—	0 ₁	L	1	1	1	2	L	2	1	1	2
	31	—	—	—	—	0 ₃	L	1	1	1	1	L	1	1	1	2	—	—	—	—	0 ₃
	32	L	3	3	2	3	—	—	—	—	0 ₂	L	2	1	1	2	L	2	2	2	2
	33	L	3	3	2	3	L	1	1	1	2	L	2	1	1	2	—	—	—	—	0 ₂
	34	—	—	—	—	0 ₂	—	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₁	—	—	—	—	0 ₃
	35	L	3	3	3	3	L	1	1	1	1	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3
	36	L	2	2	2	2	L	3	3	3	3	L	1	1	1	1	L	2	1	1	2
	37	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	—	—	—	—	0 ₃	—	—	—	—	0 ₃
	38	L	1	1	1	2	L	2	1	1	2	L	2	1	1	2	—	—	—	—	0 ₃
	39	L	1	1	1	1	H	2	2	2	2	—	—	—	—	0 ₃	—	—	—	—	0 ₃
D	94	L	2	3	2	3	L	2	3	2	3	L	3	3	2	3	L	3	3	2	3
	95	L	3	3	2	3	L	3	3	2	3	L	3	3	2	3	L	3	3	2	3
	96	L	3	2	2	2	—	—	—	—	0 ₂	S	1	1	1	2	S	1	1	1	2
	97	L	2	2	2	2	S	1	1	1	1	S	1	1	1	2	S	1	1	1	2
	98	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	L	3	2	2	3	L	3	3	2	3
	99	L	2	2	2	2	L	2	2	2	3	L	3	2	2	3	L	3	3	2	3
	100	L	3	3	2	3	H	2	1	1	1	H	2	1	1	2	H	2	2	2	2
	101	L	2	2	2	2	L	3	2	2	3	L	3	2	2	3	L	3	2	2	3
	E	1	—	—	—	—	H	2	2	2	3	H	2	2	2	3	H	2	2	2	3
		2	—	—	—	—	H	2	2	2	2	H	2	2	2	2	H	2	2	2	2
3		—	—	—	—	H	2	2	2	3	H	2	2	2	3	H	2	2	2	3	
4		—	—	—	—	L	2	1	1	2	L	2	2	2	3	L	2	2	2	3	
5		—	—	—	—	S	1	1	1	2	S	1	1	1	2	S	1	2	2	2	
6		—	—	—	—	S	3	3	3	3	S	3	3	3	3	S	3	3	3	3	
7		—	—	—	—	H	3	2	2	3	H	3	3	3	3	H	3	3	3	3	
8		—	—	—	—	L	2	1	1	2	L	2	2	2	2	L	2	2	2	2	
9		—	—	—	—	H	2	2	2	2	H	2	2	2	3	H	3	3	3	3	
10		—	—	—	—	H	2	2	2	2	H	2	2	2	2	H	3	2	2	2	
11		—	—	—	—	H	1	1	1	2	H	2	2	1	2	H	2	2	2	2	
12		—	—	—	—	S	1	1	1	2	S	1	1	1	2	S	1	2	2	2	

Table 5. The relationship between interpreted area and actual area for every block on continuous aerial photographs.

(1) Species

Block	Species	Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
		Interpreted area	Actual area	Interpreted area	Actual area	Interpreted area	Actual area
A	<i>Cryptomeria japonica</i>	—	—	—	—	—	0.16
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4.32	4.43	1.44	4.43	2.88	4.43
	<i>Pinus</i> • Broadleaved	66.24	42.56	59.04	42.52	54.72	40.52
	Total	70.56	46.95	60.48	46.95	57.60	45.11
B	<i>Cryptomeria japonica</i>	5.76	2.50	5.76	2.50	5.76	2.50
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	15.84	11.62	18.72	15.38	25.92	21.74
	<i>Pinus</i> • Broadleaved	21.60	20.89	11.52	12.74	7.20	8.27
	Total	43.20	35.01	36.00	30.62	38.88	32.51
C	<i>Cryptomeria japonica</i>	27.36	15.97	27.36	15.96	27.36	15.97
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	23.04	42.25	23.04	42.25	23.04	42.25
	<i>Pinus</i> • Broadleaved	48.96	55.93	50.40	61.53	50.40	55.91
	Total	99.36	114.15	100.80	119.74	100.80	114.13
D	<i>Cryptomeria japonica</i>	38.88	57.49	40.32	54.12	36.00	51.10
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	60.48	60.22	63.36	64.26	61.92	63.49
	<i>Pinus</i> • Broadleaved	40.32	37.48	41.76	37.48	41.76	37.48
	Total	139.68	155.19	145.44	155.86	139.68	152.07
E	<i>Cryptomeria japonica</i>	4.32	3.10	4.32	3.10	4.32	3.10
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	10.08	14.45	10.08	14.46	10.08	14.46
	<i>Pinus</i> • Broadleaved	2.88	2.55	2.88	2.55	2.88	2.55
	Total	17.28	20.10	17.28	20.11	17.28	20.11
General	<i>Cryptomeria japonica</i>	76.32	79.06	77.76	75.68	73.44	72.83
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	113.76	132.97	116.64	140.78	123.84	146.37
	<i>Pinus</i> • Broadleaved	180.00	159.37	165.60	156.82	156.96	144.37
	Total	370.08	371.40	360.00	373.28	354.23	363.93

検定は、まず回帰係数 b_0 が原点 (0) を通るかどうかを $\alpha = 0$ とおいて検定-1により行なった。次に回帰係数 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により行なった。この場合、自由度 $df = n - 2$ 、確率 $P = 0.05$ (95%) および $P = 0.01$ (99%) のときの t の値を t 表により求めた。因みに $df = n - 2 = 2$ のときの $t_{0.05} = 4.303$, $t_{0.01} = 9.925$, $df = 3$: $t_{0.05} = 3.182$, $t_{0.01} = 5.841$, $df = 4$: $t_{0.05} = 2.776$, $t_{0.01} = 4.604$, $df = 12$: $t_{0.05} = 2.179$, $t_{0.01} = 3.055$, $df = 13$: $t_{0.05} = 2.160$, $t_{0.01} = 3.012$, $df = 14$: $t_{0.05} = 2.145$, $t_{0.01} = 2.977$ である。

$$\text{検定-1: } t_1 = \frac{|b_0 - \alpha|}{\sqrt{V(b_0)}} = \frac{|b_0 - 0|}{\sqrt{V(b_0)}}$$

$$\text{検定-2: } t_2 = \frac{|b_1 - \beta|}{\sqrt{V(b_1)}} = \frac{|b_1 - 1|}{\sqrt{V(b_1)}}$$

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

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

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

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

検定の結果は Table 6 に示すとおりとなった。すなわち樹種および齢階の両者に対する検定-1、検定-2のいずれの場合も有意差は認められなかった。これにより4組の経年空中写真を対象に平均的に1小班当たり1点を設定した判読測定点(定点観測点)にもとづく推定面積は、造林台帳、森林調査簿による実面積と樹種、齢階ともにほぼ対応しているという結果がえられたといえる。したがって308×4=1232点の定点観測点にもとづいて行なった主要判読要因に対する判読測定の結果も一応の信憑性を有するという見解のもと

(2) Stand age class

Block	Stand age class	Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
		Interpreted area	Actual area	Interpreted area	Actual area	Interpreted area	Actual area
A	A ₀ , A ₁	8.64 ^{ha}	1.00 ^{ha}	2.88 ^{ha}	— ^{ha}	2.88 ^{ha}	0.16 ^{ha}
	A ₂	37.44	21.05	25.92	9.70	23.04	9.10
	A ₃	25.92	24.90	33.12	37.25	33.12	35.85
	Total	72.00	46.95	61.92	46.95	59.04	45.11
B	A ₀ , A ₁	2.88	—	4.32	4.88	10.08	11.01
	A ₂	31.68	28.80	17.28	17.76	12.96	2.07
	A ₃	8.64	6.21	14.40	7.98	20.16	19.43
	Total	43.20	35.01	36.00	30.62	43.20	32.51
C	A ₀ , A ₁	8.64	0.07	—	—	—	—
	A ₂	51.84	86.21	57.60	73.58	41.76	48.24
	A ₃	37.44	27.87	43.20	46.16	59.04	65.89
	Total	97.92	114.15	100.80	119.74	100.80	114.13
D	A ₀ , A ₁	10.08	9.21	—	3.38	2.88	3.79
	A ₂	33.12	34.31	31.68	35.50	28.80	32.37
	A ₃	102.24	111.67	113.76	116.98	110.88	115.91
	Total	145.44	155.19	145.44	155.86	142.56	152.07
E	A ₀ , A ₁	—	—	—	—	—	—
	A ₂	11.52	16.68	8.68	10.91	7.20	8.36
	A ₃	5.76	3.42	8.64	9.20	10.08	11.77
	Total	17.28	20.10	17.28	20.11	17.28	20.11
General	A ₀ , A ₁	30.24	10.28	7.20	8.26	15.84	14.96
	A ₂	165.60	187.05	141.12	146.45	113.76	100.14
	A ₃	180.00	174.07	213.12	217.57	233.28	248.83
	Total	375.84	371.40	361.44	373.28	362.88	363.93

Table 6. The *t*-test for the relationship between interpreted area and actual area.

(1) Species

Species	Photo-2 (1974)			Photo-3 (1981)			Photo-4 (1986)		
	<i>df</i>	test-1	test-2	<i>df</i>	test-1	test-2	<i>df</i>	test-1	test-2
<i>Cryptomeria japonica</i>	3	0.621	0.861	3	0.657	0.761	4	0.488	0.655
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4	0.590	0.070	4	0.863	0.166	4	0.765	0.169
<i>Pinus</i> • Broadleaved	4	0.533	1.126	4	0.246	0.531	4	0.210	0.741
General	13	0.579	0.709	13	0.450	0.283	14	0.415	0.304

(2) Stand age class

Stand age class	Photo-2 (1974)			Photo-3 (1981)			Photo-4 (1986)		
	<i>df</i>	test-1	test-2	<i>df</i>	test-1	test-2	<i>df</i>	test-1	test-2
A ₀ , A ₁	3	0.530	0.252	3	0.721	0.771	2	0.598	0.584
A ₂	4	0.590	0.826	4	0.851	1.137	4	1.108	0.907
A ₃	4	1.581	1.742	4	0.422	0.977	4	0.418	1.687
General	13	0.279	1.570	13	0.427	1.120	12	1.058	1.568

Table 7. The parameter and correlation coefficient of the regression equation for interpreted area(x) and actual area (y).

(1) Species

Species	Years	Parameter		Correlation coefficient (r)
		b_0	b_1	
<i>Cryptomeria japonica</i>	1974	-6.7965	1.3921	0.908
	1981	-6.0663	1.2853	0.924
	1986	-3.2521	1.2131	0.907
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	1974	4.2171	0.9835	0.923
	1981	5.6224	0.9659	0.938
	1986	5.4344	0.9625	0.929
<i>Pinus</i> • Broadleaved	1974	5.1244	0.7430	0.883
	1981	2.1923	0.8808	0.915
	1986	1.2954	0.8808	0.953
General	1974	2.7632	0.8990	0.877
	1981	1.8600	0.9646	0.912
	1986	1.4520	0.9659	0.922

(2) Stand age class

Stand age class	Years	Parameter		Correlation coefficient (r)
		b_0	b_1	
A ₀ , A ₁	1974	-3.4524	0.7966	0.572
	1981	2.4414	0.1300	0.114
	1986	-1.6390	1.2549	0.944
A ₂	1974	-14.1054	1.5554	0.801
	1981	-8.3281	1.3399	0.803
	1986	-9.8165	1.3117	0.911
A ₃	1974	-5.6222	1.1232	0.994
	1981	-1.2325	1.0498	0.996
	1986	0.7476	1.0506	0.999
General	1974	-5.2669	1.1844	0.946
	1981	-1.1562	1.0743	0.957
	1986	-2.3954	1.0887	0.985

に以下の分析をすすめた。

ちなみに、前項の t -検定のときとは逆に写真判読にもとづく推定面積を x 、対応する実面積を y とおいたときの回帰係数 (b_0 , b_1) およびその相関係数 (r) は Table 7 に示すとおりとなり、いずれについても高い相関係数がえられた。

2. 主要判読要因の頻度とその百分率の計算

前項の t -検定の結果から、主要判読要因の判読測定結果に対する信憑性ととも1963年撮影の空中写真に対する判読測定値についても十分に現地林分との対応性を有すると判断した。これにもとづいて1963年、1974年、1981年、および1986年の4組の経年空中写真に対する定点観測点 $308 \times 4 = 1232$ 点の主要判断要因の判断測定値をもとにして森林環境の変化に対する分

析を以下のとおり行なった。

まず、樹冠疎密度、樹冠直径、樹高、および林齢の各主要測定要因があらわれる頻度つまり測定点にもとづく判読要因の出現数を集計した。しかしこの出現数の集計値はこのままではブロックの面積がそれぞれに異なり、それにより測定点の数もそれぞれに違っていることから、各要因にあらわれる頻度の出現数もブロックにより変化するため、総体的な比較・チェック等を行なうには不便である。そこでこの頻度数を百分率であらわすようにした。Table 8 はブロック別および経年空中写真毎判読要因の頻度とその百分率を一覧表として示したものである。また Fig. 3 は Table 8 にもとづいてこれを主要判読要因毎・ブロック別にグラフ上に経年毎にプロットしたものである。

Table 8. The frequency and percentage of interpretation factor of continuous aerial photographs.

(1) Block-A

Factor of interpretation	Photo-1 (1963)		Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
D ₀	6	10.53 %	8	14.03 %	15	26.32 %	17	29.82 %
D ₁	11	19.30	9	15.79	7	12.28	4	7.02
D ₂	35	61.40	36	63.16	26	45.61	17	29.82
D ₃	5	8.77	4	7.02	9	15.79	19	33.34
Total	57	100.00	57	100.00	57	100.00	57	100.00
C ₀	6	10.53	8	14.03	15	26.32	17	29.82
C ₁	11	19.30	13	22.81	10	17.54	6	10.53
C ₂	33	57.89	31	54.39	25	43.86	21	36.84
C ₃	7	12.28	5	8.77	7	12.28	13	22.81
Total	57	100.00	57	100.00	57	100.00	57	100.00
H ₀	6	10.53	8	14.04	15	26.32	17	29.82
H ₁	16	28.07	13	22.81	10	17.54	6	10.53
H ₂	31	54.38	33	57.89	30	52.63	31	54.39
H ₃	4	7.02	3	5.26	2	3.51	3	5.26
Total	57	100.00	57	100.00	57	100.00	57	100.00
A ₀₁	—	—	6	10.53	7	12.28	6	10.53
A ₀₂	1	1.76	1	1.75	1	1.75	1	1.75
A ₀₃	5	8.77	1	1.75	7	12.28	10	17.54
A ₁	12	21.05	5	8.77	1	1.75	1	1.75
A ₂	32	56.14	26	45.62	18	31.58	16	28.07
A ₃	7	12.28	18	31.58	23	40.36	23	40.36
Total	57	100.00	57	100.00	57	100.00	57	100.00

(2) Block-B

Factor of interpretation	Photo-1 (1963)		Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
D ₀	—	— %	—	— %	5	12.82 %	3	7.69 %
D ₁	12	53.85	6	15.38	3	7.69	6	15.38
D ₂	17	43.59	31	79.48	29	74.36	23	58.98
D ₃	1	2.56	2	5.13	2	5.13	7	17.95
Total	39	100.00	39	100.00	39	100.00	39	100.00
C ₀	—	—	—	—	5	12.82	3	7.69
C ₁	26	66.67	9	23.08	4	10.26	7	17.95
C ₂	12	30.77	29	74.36	28	71.79	21	53.85
C ₃	1	2.56	1	2.56	2	5.13	8	20.51
Total	39	100.00	39	100.00	39	100.00	39	100.00
H ₀	—	—	—	—	5	12.82	3	7.69
H ₁	27	69.23	9	23.08	5	12.82	7	17.95
H ₂	11	28.21	30	76.92	27	69.23	24	61.54
H ₃	1	2.56	—	—	2	5.13	5	12.82
Total	39	100.00	39	100.00	39	100.00	39	100.00
A ₀₁	—	—	—	—	1	2.56	—	—
A ₀₂	—	—	—	—	—	—	3	7.69
A ₀₃	—	—	—	—	4	10.26	—	—
A ₁	24	61.54	2	5.13	3	7.69	4	10.26
A ₂	14	35.90	30	76.92	20	51.28	12	30.77
A ₃	1	2.56	7	17.94	11	28.21	20	51.28
Total	39	100.00	39	100.00	39	100.00	39	100.00

(3) Block-C

Factor of interpretation	Photo-1 (1963)		Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
D ₀	7	7.07%	11	11.11%	2	2.02%	—	—%
D ₁	29	29.29	14	14.14	9	9.09	1	1.01
D ₂	54	54.55	62	62.63	75	75.76	73	73.74
D ₃	9	9.09	12	12.12	13	13.13	25	25.25
Total	99	100.00	99	100.00	99	100.00	99	100.00
C ₀	7	7.07	11	11.11	2	2.02	—	—
C ₁	35	35.35	19	19.19	13	13.13	9	9.09
C ₂	48	48.49	60	60.61	72	72.73	63	63.64
C ₃	9	9.09	9	9.09	12	12.12	27	27.27
Total	99	100.00	99	100.00	99	100.00	99	100.00
H ₀	7	7.07	11	11.11	2	2.02	—	—
H ₁	37	37.37	19	19.19	15	15.15	10	10.10
H ₂	48	48.49	64	64.65	73	73.74	73	73.74
H ₃	7	7.07	5	5.05	9	9.09	16	16.16
Total	99	100.00	99	100.00	99	100.00	99	100.00
A ₀₁	—	—	4	4.04	—	—	—	—
A ₀₂	4	4.04	4	4.04	—	—	—	—
A ₀₃	3	3.03	3	3.03	2	2.02	—	—
A ₁	33	33.33	7	7.07	2	2.02	—	—
A ₂	49	49.50	51	51.52	61	61.62	49	49.49
A ₃	10	10.10	30	30.30	34	34.34	50	50.51
Total	99	100.00	99	100.00	99	100.00	99	100.00

(4) Block-D

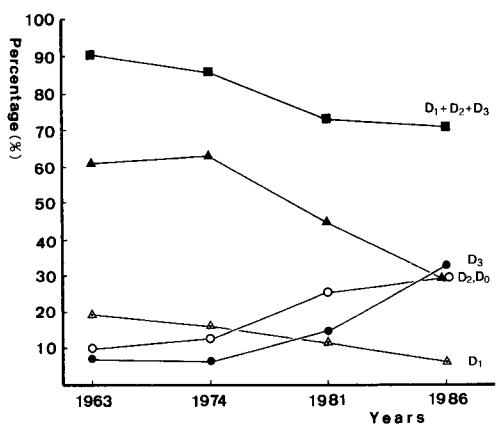
Factor of interpretation	Photo-1 (1963)		Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
D ₀	1	0.99%	4	3.96%	—	—%	4	3.96%
D ₁	11	10.89	5	4.95	4	3.96	4	3.96
D ₂	75	74.26	61	60.40	42	41.58	20	19.80
D ₃	14	13.86	31	30.69	55	54.46	73	72.28
Total	101	100.00	101	100.00	101	100.00	101	100.00
C ₀	1	0.99	4	3.96	—	—	4	3.96
C ₁	15	14.85	8	7.92	7	6.93	5	4.95
C ₂	71	70.30	69	68.32	69	68.32	39	38.61
C ₃	14	13.86	20	19.80	25	24.75	53	52.48
Total	101	100.00	101	100.00	101	100.00	101	100.00
H ₀	1	0.99	4	3.96	—	—	4	3.96
H ₁	15	14.85	8	7.92	7	6.93	5	4.95
H ₂	79	78.22	72	71.29	57	56.44	49	48.51
H ₃	6	5.94	17	16.83	37	36.63	43	42.58
Total	101	100.00	101	100.00	101	100.00	101	100.00
A ₀₁	—	—	—	—	—	—	2	1.98
A ₀₂	—	—	4	3.96	—	—	2	1.98
A ₀₃	1	0.99	—	—	—	—	—	—
A ₁	12	11.88	3	2.97	—	—	—	—
A ₂	70	63.31	23	22.77	22	21.78	20	19.80
A ₃	18	17.82	71	70.30	79	78.22	77	76.24
Total	101	100.00	101	100.00	101	100.00	101	100.00

(5) Block-E

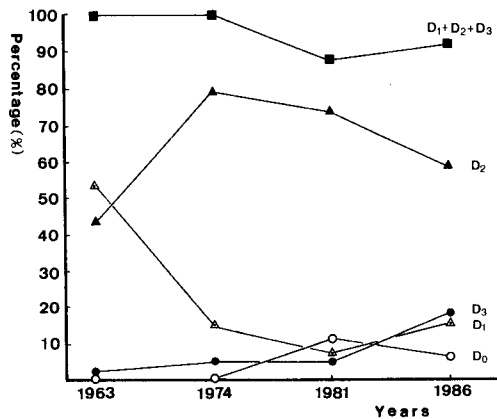
Factor of interpretation	Photo-1 (1963)		Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
D ₀		%	—	%	—	%	—	%
D ₁			2	16.67	2	16.67	2	16.67
D ₂			8	66.66	8	66.66	6	50.00
D ₃			2	16.67	2	16.67	4	33.33
Total			12	100.00	12	100.00	12	100.00
C ₀			—	—	—	—	—	—
C ₁			5	41.67	2	16.67	—	—
C ₂			6	50.00	8	66.66	9	75.00
C ₃			1	8.33	2	16.67	3	25.00
Total			12	100.00	12	100.00	12	100.00
H ₀			—	—	—	—	—	—
H ₁			5	41.67	3	25.00	—	—
H ₂			6	50.00	7	58.33	9	75.00
H ₃			1	8.33	2	16.67	3	25.00
Total			12	100.00	12	100.00	12	100.00
A ₀₁			—	—	—	—	—	—
A ₀₂			—	—	—	—	—	—
A ₀₃			—	—	—	—	—	—
A ₁			—	—	—	—	—	—
A ₂			8	66.67	6	50.00	6	50.00
A ₃			4	33.33	6	50.00	6	50.00
Total			12	100.00	12	100.00	12	100.00

(6) General

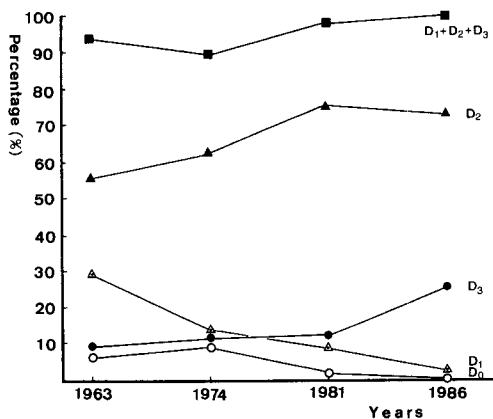
Factor of interpretation	Photo-1 (1963)		Photo-2 (1974)		Photo-3 (1981)		Photo-4 (1986)	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
D ₀	14	4.73 %	23	7.47 %	22	7.14 %	24	7.79 %
D ₁	72	24.32	36	11.69	25	8.12	17	5.52
D ₂	181	61.15	198	64.28	180	58.44	139	45.13
D ₃	29	9.80	51	16.56	81	26.30	128	41.56
Total	296	100.00	308	100.00	308	100.00	308	100.00
C ₀	14	4.73	23	7.47	22	7.14	24	7.79
C ₁	87	29.39	54	17.53	36	11.69	27	8.77
C ₂	164	55.41	195	63.31	202	65.58	153	49.67
C ₃	31	10.47	36	11.69	48	15.59	104	33.77
Total	296	100.00	308	100.00	308	100.00	308	100.00
H ₀	14	4.73	23	7.47	22	7.14	24	7.79
H ₁	95	32.09	54	17.53	40	12.99	28	9.09
H ₂	169	57.10	205	66.56	194	62.99	186	60.39
H ₃	18	6.08	26	8.44	52	16.88	70	22.73
Total	296	100.00	308	100.00	308	100.00	308	100.00
A ₀₁	—	—	10	3.25	8	2.60	8	2.60
A ₀₂	5	1.69	9	2.92	1	0.32	6	1.95
A ₀₃	9	3.04	4	1.30	13	4.22	10	3.25
A ₁	81	27.37	17	5.52	6	1.95	5	1.62
A ₂	165	55.74	138	44.80	127	41.23	103	33.44
A ₃	36	12.16	130	42.21	153	49.68	176	57.14
Total	296	100.00	308	100.00	308	100.00	308	100.00



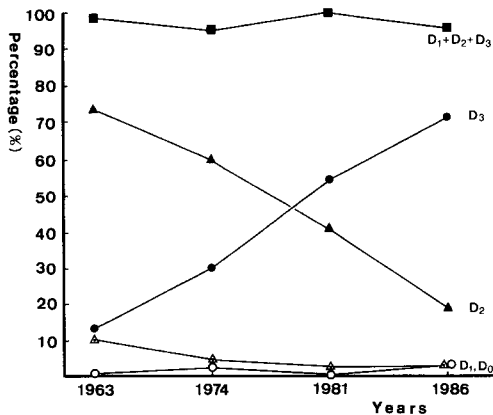
(1) Block-A



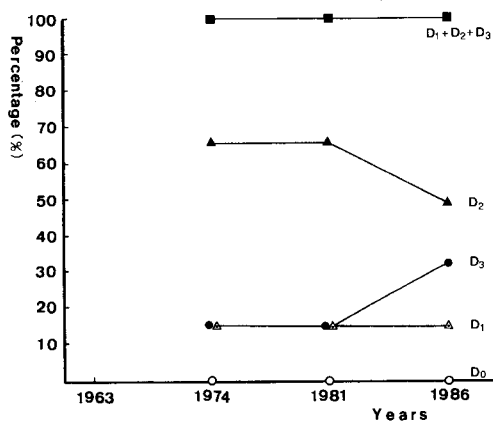
(2) Block-B



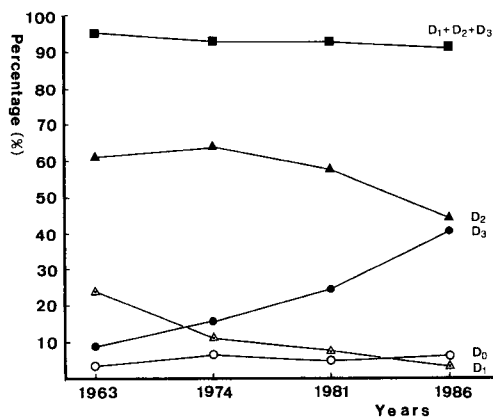
(3) Block-C



(4) Block-D

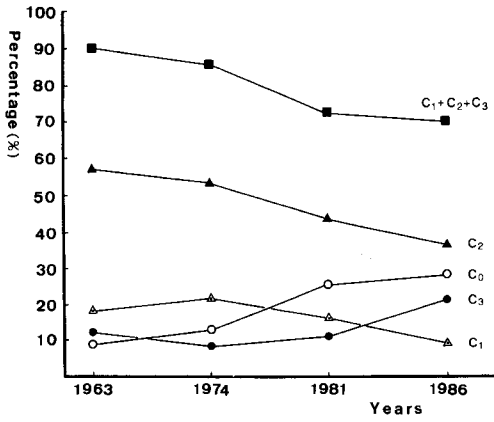


(5) Block-E

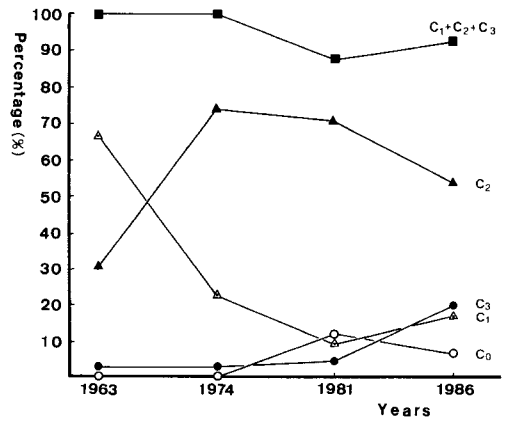


(6) General

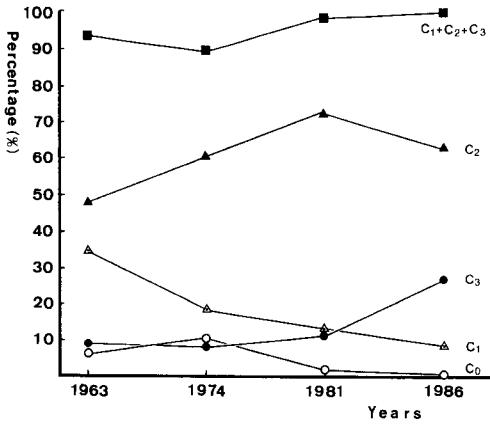
Fig. 3a. The change in forest environmental condition
— crown density —



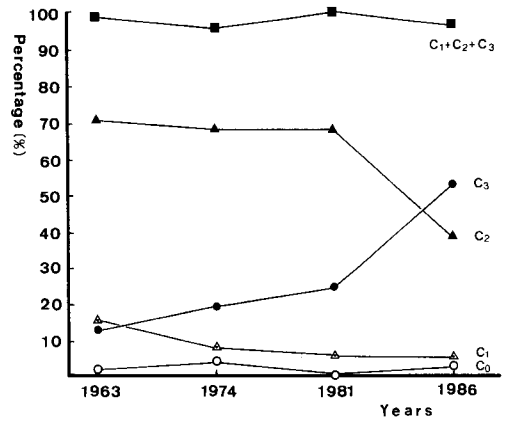
(1) Block-A



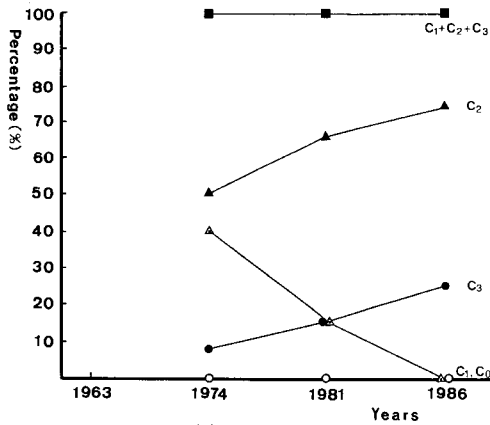
(2) Block-B



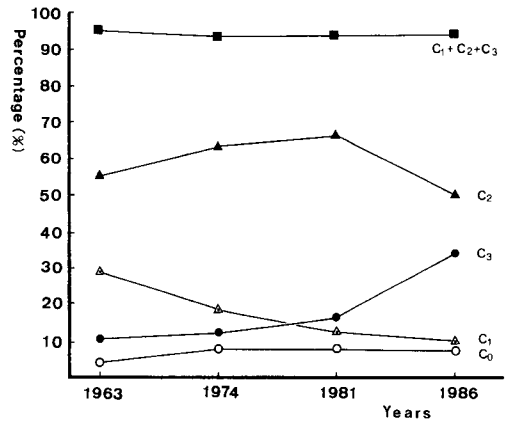
(3) Block-C



(4) Block-D

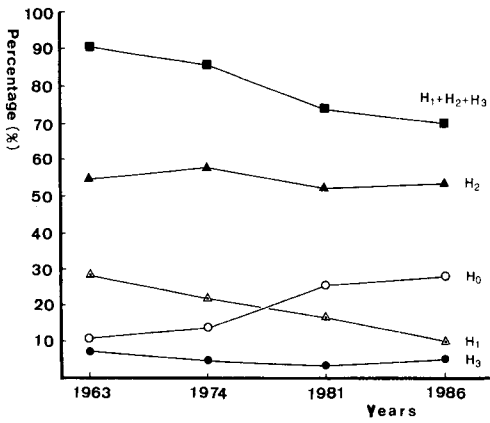


(5) Block-E

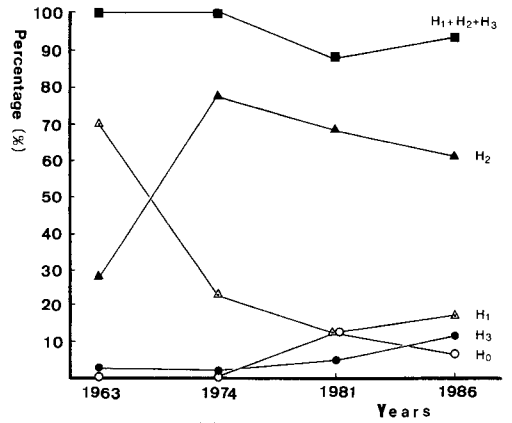


(6) General

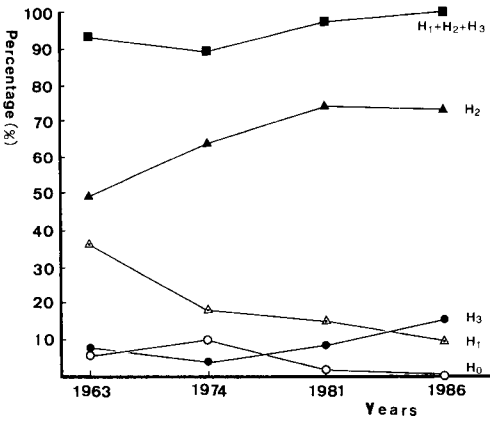
Fig. 3b. The change in forest environmental condition
— crown diameter —



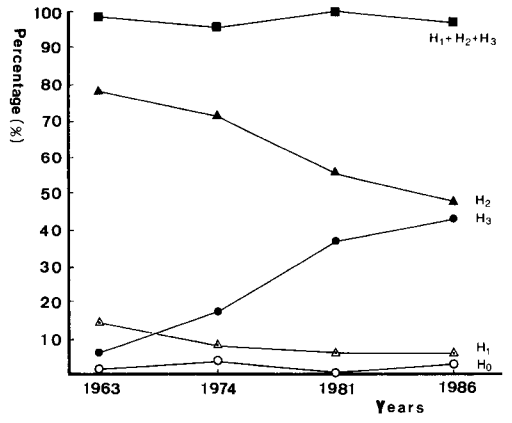
(1) Block-A



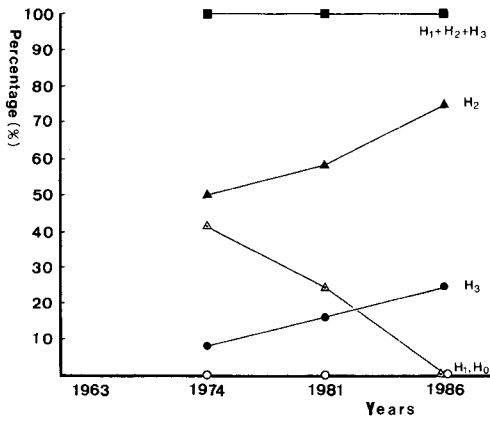
(2) Block-B



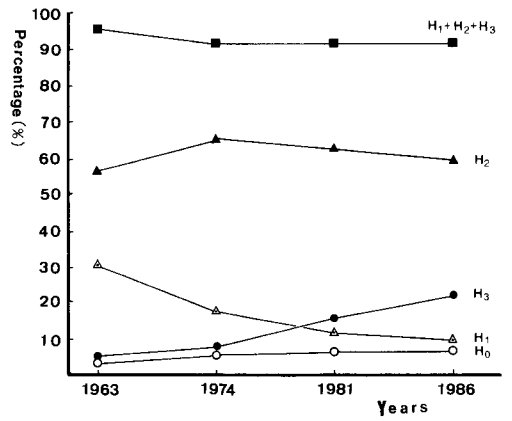
(3) Block-C



(4) Block-D

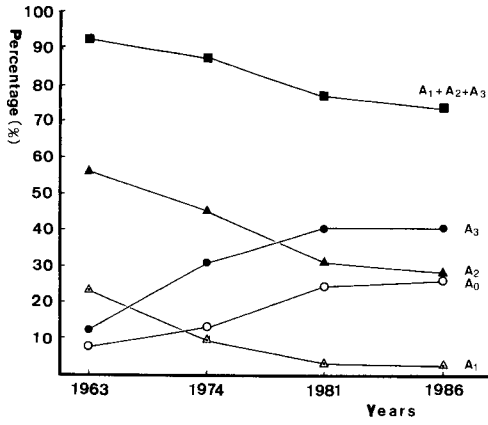


(5) Block-E

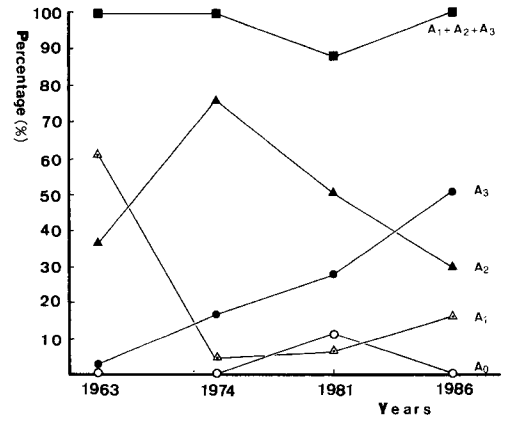


(6) General

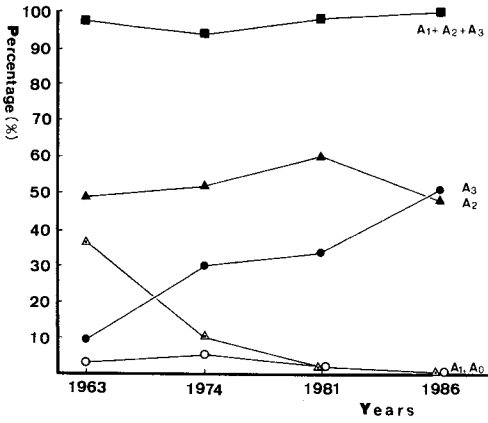
Fig. 3c. The change in forest environmental condition — tree height —



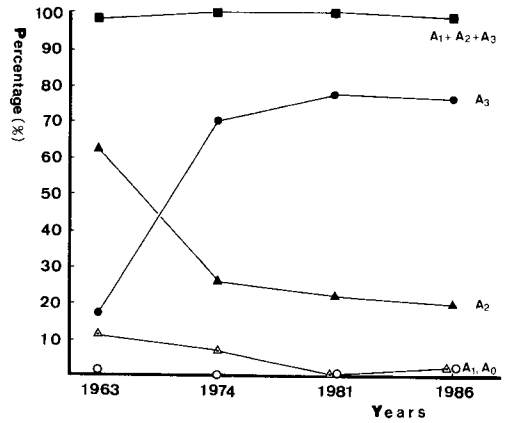
(1) Block-A



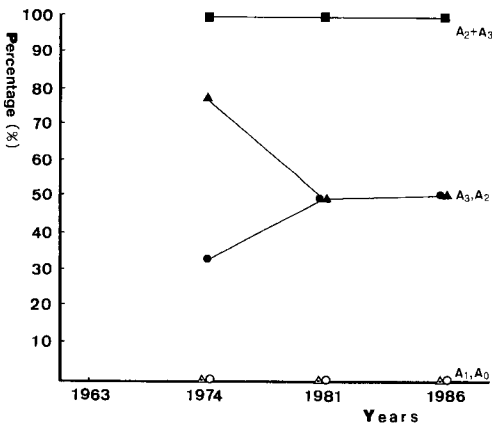
(2) Block-B



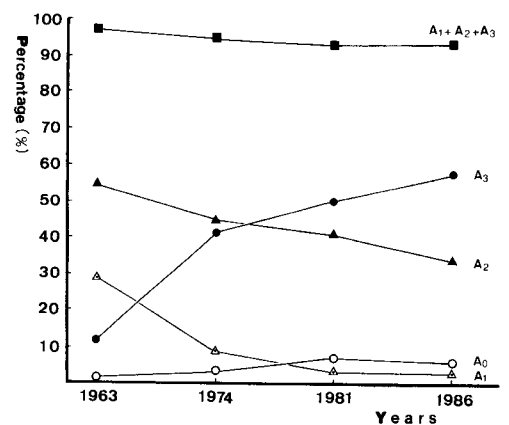
(3) Block-C



(4) Block-D



(5) Block-E



(6) General

Fig. 3d. The change in forest environmental condition — stand ages —

考 察

Table 8 および Fig. 3 から、D (樹冠疎密度), C (樹冠直径), H (樹高), および A (林齢) のそれぞれにおいて、その動態つまり変化の状態に明らかな経年変化がみられる。その変化の状態は、たとえば経年により D_1 (樹冠疎密度: 密) が減少すれば、それに伴って C_1 (樹冠直径: 小), H_1 (樹高: 低) も減少し、 A_1 (林齢: 幼) も関連して減少する、といった傾向を呈している。そしてこれらに対応して D_2 (中), C_2 (中), H_2 (中), A_2 (中), あるいは D_3 (疎), C_3 (大), H_3 (高), A_3 (壮) 等が逆に増加していく、といった推移の傾向がみられる。これらは各ブロックに共通した現象となっている。このことは、D, C, H のそれぞれの間には 1 要因でも変化 (推移) すれば、それに伴って他の要因も相互に関連して相対的に変化するという関連性を示しているといえる。そしてこれらの総合的要因としての A も必然的に変化することを意味する。

ここで、Fig. 3d の林齢における全体 (General) についてみると、 A_0 (この中で A_{02} のみは A_1 に組み込んでいるので、 A_{01} , A_{03} が対象となる) は経年とともに 3.04% (1963年) → 4.05% (1974年) → 6.82% (1981年) → 5.85% (1986年) と微増減している。そしてこれに対応して $A_1 + A_2 + A_3$ の比率も 96.96% → 95.45% → 93.18% → 94.15% と変化している。しかし全体的傾向としては森林はほぼ一定の状態で保持されているといえる。その中で A_1 および A_2 の比率が経年とともに減少しているのに対し、 A_3 の比率は逆に増加しており、対象地全域としては幼・中齢林の壮齢林化が着実にすすんでいるとみることができる。つまり公益的機能の素因をなす森林環境は対象地全域ではプラスの形で推移しているといえる。

なお、森林環境の測定は、その目的によってそれぞれに異なる。公益的機能の評価を対象とする場合は、その森林あるいは樹木が有する固有の機能やそれらの結合による多面的、総合的な機能の分析・評価等が必要であることは論をまたない。ここでは森林環境の素因をなす樹 (林) 木の存否およびその推移の状態に対する測定に限定し、その方法の一つとして 486.19ha の対象地を一応大面積森林と見立て、経年空中写真 (4 組) に対する定点観測により森林の動態把握を試みたものである。そのため空中写真の判読測定も Table 3 に示したような判読基準を設けて行なった。対象面積が広くなり、また判読測定点が多い場合、このような方法は効率的であるといえよう。しかし本例のように

対象林分がスギ、ヒノキを主とする経済林の場合は、空中写真の有する特性を生かした測定方法も検討の余地があると考えられる。たとえば空中写真の判読測定と現地調査の組み合わせによる二重抽出 (Double sampling), あるいは三重抽出 (Triple sampling), 回帰推定 (Regression estimate) 等により、より詳細な林分構造の解析と推定も可能となり、経営や施業その他への情報の提供量はさらに大きく増えることになると思われる。

要 約

生長が緩慢で変化の少ない森林も、数年単位でみるとそれなりに変化や推移が認められる。その度合や傾向を測定する方法の一つとして経年空中写真上での定点観測による判読測定を行ない、これにより森林環境の推移の状態を把握するテストを試みた。

測定は九州大学粕屋演習林 (面積 486.19ha) を対象とした。また経年空中写真は 1963年, 1974年, 1981年, および 1986年に撮影された 4 組の空中写真を使用した (Fig. 1, Table 1, Fig. 2 参照)。

まず、粕屋演習林全域を A, B, C, D, および E の 5 ブロックに分けた。また森林環境の変化の最小単位は小班にあるとみなし、1 小班当たり 1 点の定点観測点を空中写真上に設定することとした。粕屋演習林の小班数は全体で 316 個である。したがって 316 点を全域に対し一定間隔に設定することとし、設定間隔 $d = \sqrt{A/n} \times 100 = \sqrt{486.19/316} \times 100 = 124.04 \approx 120\text{m}$ を求めた。空中写真上への実際の測定点の設点は 308 点となった (Table 2 参照)。この 308 点の測定点を 4 組の各空中写真上にそれぞれ対応させて設定した。

次に、各測定点に対する空中写真の判読測定の基準を、①樹種: ヒノキ (H), スギ (S), マツ (M), 広葉樹 (L), ②林齢: 幼 (A_1), 中 (A_2), 壮 (A_3), ③疎密度: 密 (D_1), 中 (D_2), 疎 (D_3), ④樹冠直径: 小 (C_1), 中 (C_2), 大 (C_3), および⑤樹高: 低 (H_1), 中 (H_2), 高 (H_3) とした (Table 3 参照)。これにもとづいて行なった 4 組の経年空中写真に対する判読測定の結果は Table 4 に示すとおりである。なお、空中写真上で不明確な判読要因については現地チェックを行なった。

以上の判読測定の結果から、まず、測定点 1 点当たりの占有面積 a を $d=120\text{m}$ から $a=1.44\text{ha}$ と計上し、各要因別写真判読面積を推定した。また造林台帳・森林調査簿から実面積を求めた (写真-1 は資料がないため除外した)。そして a, 樹種, および b, 年齢別

の面積を対応させ (Table 5 参照), 両者の対応性について t -検定を行なった。その結果, 写真判読面積と実面積の間にはすべて有意差はなかった (Table 6 参照)。すなわち写真判読の結果は実際の林分によく対応していることが確かめられた。

次に, 林齢 (A), 樹冠疎密度 (D), 樹冠直径 (C), および樹高 (H) の各測定要因があらわれる頻度つまり測定点にもとづく判読測定要因の出現数を百分率で求めた (Table 8 参照)。また各ブロック毎, 判読要因別に各測定要因を経年毎にグラフ上にプロットし, その推移の状態をグラフ上でチェックした。その結果はそれぞれの要因間では A, B, C, D, および E の各ブロックとも若干の変動はみられるものの, 全体的にはほぼ一定の森林率が保たれていることが確かめられた。とくに対象地全域としては幼・中齢林の壮齢林化がすすんでいるという結果がみられた。すなわち森林の公益的機能の素因をなす森林環境はプラスの形で維持されているとみることができる。Fig. 3 はこれを A, B, C, D, および E の各ブロックについて示したものである。

文 献

- 長 正道 1974 空中写真濃度計測による森林蓄積の推定に関する研究, 九大演報 47: 113-292
- 長 正道・木梨謙吉 1974 空中写真濃度計測による森林環境の変化の測定 (I), 日林九支研論 27: 11-12
- 長 正道・桑原 清 1987 経年空中写真による森林環境の推移の測定, 森林航測 151: 8-14
- 長 正道 1989 経年空中写真の濃度計測による森林環境の変化の推定, 森林文化研究 10: 41-55
- Cochran, W.G. 1968 *Sampling Techniques*. John Wiley & Song, Inc., N. Y.
- Colwell, R. N. (Editor) 1960 *Manual of Photographic Interpretation*. American Society of Photogrammetry, Washington
- 片岡秀夫 1959 近代的森林調査法の実務, 日本林業調査会, 東京。
- 木梨謙吉・長 正道 1974 森林地域保全開発調査報告書, 林野庁 127-173
- 木梨謙吉・長 正道他 1975 森林地域保全開発調査報告書, 林野庁 49-101
- Kinashi, K. and M. Chyo 1977 Monitoring Forest Environment with Photo Densitometer through Successive Sampling. *IUFRO Reports*, Nr. 171: 65-73
- 桑原 清 1987 経年空中写真による森林の動態把握, 九大卒論 1-98
- Meyer, H. A. 1953 *Forest Mensuration*. Penns Valley Pub., State College, Pennsylvania
- 西尾元充 1974 空からはかる, 技報堂, 東京。
- Spurr, S. H. 1948 *Aerial Photographs in Forestry*. The Ronald Press Co., N. Y.
- 渡辺 宏 1974 森林航測テキストブック, 日本林業技術協会, 東京。

Summary

As the forest growth slowly, the change in it's condition is relatively small. The mentioned change will be clearer if it is observed periodically with an interval of several years. A continuous aerial photographs is one of the tool can be applied for this purpose. In relation to this, an interpretation of several fixed observation points on a continuous aerial photographs has been conducted to explain the change in forest environmental condition.

The observation object is Kyushu University Forests in Kasuya District with an area of 486.19ha. A serial of continuous aerial photographs taken in 1963, 1974, 1981 and 1986 has been applied in this study (Refer to Fig. 1, Table 1 and Fig. 2). Kasuya University Forests has been divided into 5 block namely A, B, C, D, and E. The observation point on aerial photographs has been plotted systematically with an interval of $d = \sqrt{A/N} \times 100 = \sqrt{486.19/316} \times 100 = 124.04 \approx 120\text{m}$, where A and n are forest area and the number of compartment in Kasuya University Forests, respectively. Accordingly, there are 308 observation point has been plotted on every set of aerial photographs (Refer to Table 2).

Further, several classification has been made as the standard for interpretation of every observation point on aerial photographs as follows ; (1) Species : *Cryptomeria japonica* (Sugi = S), *Chamaecyparis obtusa* (Hinoki = H), *Pinus* (Matsu = M), broadleaved (L), (2) Crown density : dense (D_1), medium (D_2), sparse (D_3), (3) Crown diameter : small (C_1), medium (C_2), large (C_3),

(4) Tree height : small (H_1), medium (H_2), high (H_3), and (5) Stand ages : juvenile (A_1), medium (A_2) and old (H_3), as presented in Table 3. The interpretation result for 4 sets of continuous aerial photographs are presented in Table 4. Regarding the factors that can not be clearly interpreted on aerial photographs, field observations have been conducted.

From the interpretation result was found that the corresponding occupied area of every observation point, a is equal to 1.44ha. The estimation of corresponding area for every factor on observation point was conducted and the actual area was observed plantation statistic data and forest survey statistic data (the expectation for the corresponding area of photographs taken in 1963 where available data were not found). Then, t -test has been conducted to clarity the difference between estimated area and actual area for every species and age class (Refer to Table 5). As the result, the estimated area and actual area were not differ significantly. This mean that the estimated area to be fitted well to the actual area.

Further, crown density (D), crown diameter (C), tree height (H), and stand age (A) in every observation point were also interpreted and the interpretation result is presented in percentage (Refer to Table 8). Also, the relationship between interpreted and measured factors in every block are presented in graph. As the result, it was found that there is a small variation in every block. However, in overall, there is a constant rate of forest to be preserved, especially in the whole of observed area, the development of forest from the juvenile and medium to the old one is clearly observable. This mean that the original social function of forest expressed by forest environmental condition is being prevented well. Fig. 3 shows the resultant figure of block A, B, C, D and E.