

表8. 大豆の生育調査結果(1981/82、播種期11月23日)

磷酸 施用量	供試品種	畦幅 (cm)	開花期 (月日)	成熟期 (月日)	茎長 (cm)	最下着莢 位置 (cm)	倒伏程度*
少 磷 酸 区	Paraná	35	1/8	3/5	409	180	10
		50	1/8	3/6	396	163	10
		65	1/8	3/5	358	147	10
		(平均)	(1/8)	(3/5)	(388)	(163)	(10)
	Santa Rosa	35	1/13	3/19	413	176	10
		50	1/13	3/20	478	167	10
		65	1/13	3/20	410	151	10
		(平均)	(1/13)	(3/20)	(434)	(165)	(10)
	UFV-1	35	1/17	3/30	490	214	10
		50	1/19	4/2	434	189	10
		65	1/18	4/1	416	169	10
		(平均)	(1/18)	(4/1)	(447)	(191)	(10)
	IAC-2	35	1/15	3/29	696	257	10
		50	1/15	4/2	672	235	10
		65	1/15	4/1	735	213	10
		(平均)	(1/15)	(3/31)	(701)	(235)	(10)
	Doko	35	2/6	4/24	811	318	17
		50	2/5	4/23	702	290	17
65		2/5	4/23	710	295	10	
(平均)		(2/5)	(4/23)	(741)	(301)	(12)	
多 磷 酸 区	Paraná	35	1/8	3/7	632	190	10
		50	1/8	3/6	695	200	10
		65	1/8	3/6	656	185	10
		(平均)	(1/8)	(3/6)	(661)	(192)	(10)
	Santa Rosa	35	1/15	3/23	75.9	212	20
		50	1/15	3/21	65.1	18.4	13
		65	1/14	3/22	60.3	15.7	13
		(平均)	(1/15)	(3/22)	(67.1)	(18.4)	(15)
	UFV-1	35	1/18	4/1	78.6	28.9	23
		50	1/19	4/3	71.4	25.5	20
		65	1/18	4/3	63.1	19.3	10
		(平均)	(1/18)	(4/2)	(71.0)	(24.6)	(18)
	IAC-2	35	1/16	4/1	1283	260	37
		50	1/16	4/2	1168	27.4	30
		65	1/16	4/1	1185	24.9	20
		(平均)	(1/16)	(4/1)	(121.2)	(26.1)	(29)
	Doko	35	2/7	4/22	1223	307	37
		50	2/7	4/22	1065	31.1	30
65		2/6	4/22	1029	31.1	23	
(平均)		(2/7)	(4/22)	(110.6)	(31.0)	(30)	

* 倒伏程度は無を1とし、完全倒伏を5とする5段階にわけた。数字は3反復の平均値を示す。

表 9 大豆の収穫物調査結果 (1981/82、播種期11月23日)

磷酸 施用量	供試品種	畦幅 (cm)	子実重 (kg/ha)	荚殻重 (kg/ha)	茎重 (kg/ha)	百粒重 (g)
少 磷 酸 区	Paraná	30	1575 ab	673	649	13.0
		50	1384 ab	607	522	13.3
		65	1148 b	418	327	13.6
		(平均)	(1369)	(566)	(499)	(13.3)
	Santa Rosa	35	1556 ab	578	530	12.6
		50	1712 ab	608	544	14.1
		65	1532 ab	523	378	13.7
		(平均)	(1600)	(570)	(484)	(13.5)
	U F V - 1	35	1516 ab	562	881	13.8
		50	1810 ab	645	850	14.6
		65	1773 ab	585	686	15.2
		(平均)	(1700)	(597)	(806)	(14.5)
	I A C - 2	35	1877 ab	803	1239	13.8
		50	1538 ab	652	1042	15.8
		65	1752 ab	689	1090	15.4
(平均)		(1722)	(715)	(1124)	(15.0)	
Doko	35	1766 ab	890	1917	16.2	
	50	1866 ab	897	1678	16.7	
	65	1831 ab	890	1365	15.7	
	(平均)	(1821)	(892)	(1653)	(16.2)	
多 磷 酸 区	Paraná	35	2413 a	941	1155	14.2
		50	2566 a	985	1200	14.4
		65	2328 a	932	1045	14.3
		(平均)	(2436)	(953)	(1133)	(14.3)
	Santa Aosa	35	2416 a	836	1530	15.0
		50	2285 a	815	1222	13.8
		65	2317 a	804	1045	15.3
		(平均)	(2339)	(818)	(1266)	(14.7)
	U F V - 1	35	1940 ab	719	1488	14.5
		50	2011 ab	784	1433	14.1
		65	2040 ab	757	1256	14.7
		(平均)	(1997)	(753)	(1392)	(14.4)
	I A C - 2	35	2185 ab	731	1940	18.6
		50	2415 a	868	2322	18.4
		65	2353 a	866	2007	19.5
(平均)		(2318)	(822)	(2090)	(18.8)	
Doko	35	2415 a	913	2816	16.5	
	50	2398 a	875	2561	15.9	
	65	2318 a	895	2423	18.0	
	(平均)	(2377)	(894)	(2600)	(16.7)	

注) 水分含量は13%に補正した。

・異なる文字はDuncanの多種検定の5%水準で有意差のあることを示す。

表 10. 子実収量の分散分析 (1981/82)

変 動 因	自由 度	平 方 和	平 均 平 方	F
主 試 験 区				
磷酸施肥量(P)	1	951210088	951210098	295549*
ブ ロ ッ ク	2	240014777	120007389	37287
誤 差(a)	2	64369092	321845.46	
副 試 験 区				
品 種(V)	4	68845549	17211387	06294
P × V	4	141693662	35423415	12953
誤 差(b)	16	437554509	27347157	
副 一 副 試 験 区				
畦 幅(E)	2	5542443	2771222	01342
P × E	2	1336346	668173	00323
V × E	8	37181835	46477.29	02250
P × V × E	8	47024420	5878053	02846
誤 差(c)	40	8262478.89	20656197	

*は5%水準で有意であることを示す。

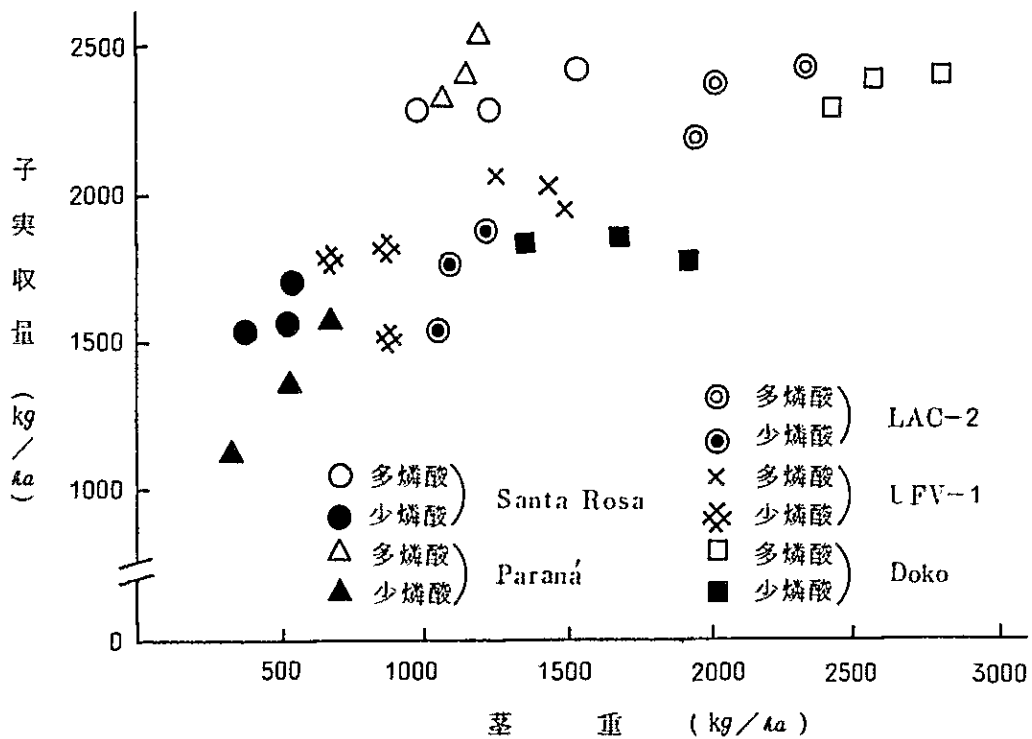


図 7. 成熟期における茎重と子実収量の関係 (1981/82)

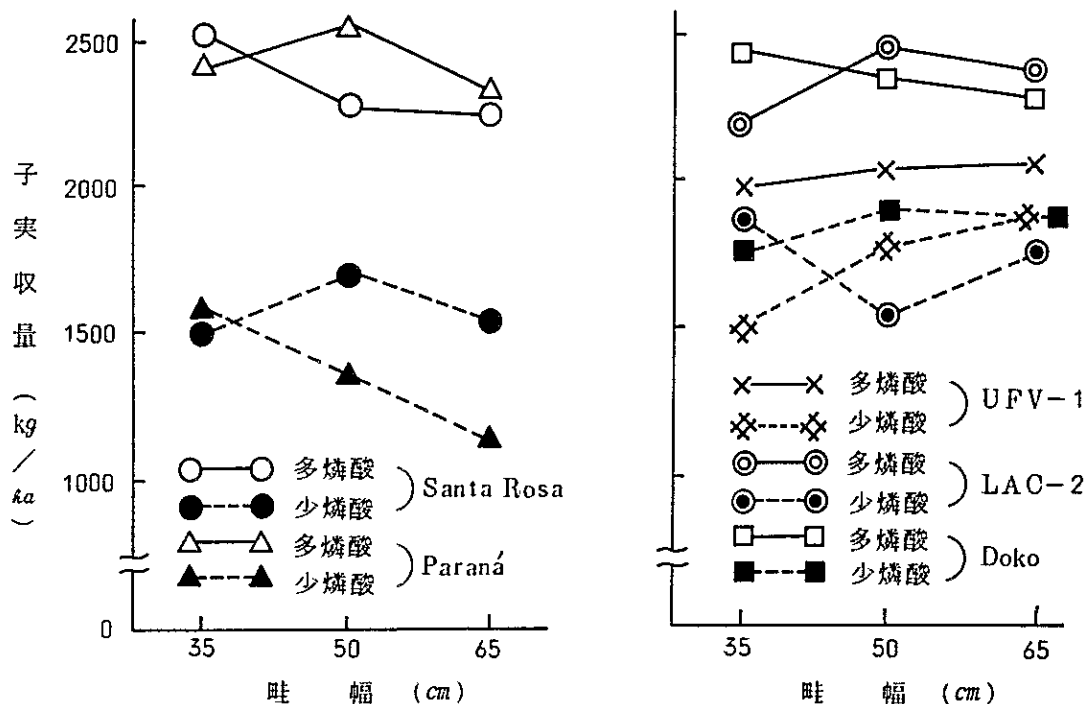


図8 磷酸施肥量と畦幅をかえた場合の各品種の子実収量(1981/82)

考 察

成熟期における各品種の茎長や茎重などの植物体の生育量は出芽期から開花期までの積算気温(出芽期から開花期までの毎日の平均気温を積算したもの)の大小によって大きな影響を受ける。すなわち平均気温が同じであれば出芽期から開花期までの日数が長い晩生品種が日数の短い早生品種より生育量が多い。もっともIAC-2のような開花期以後の生長期間が長い無限伸育型の品種はParaná Santa Rosa、UFV-1やDokoなどの開花期以後の生長期間が短い有限伸育型の品種よりも出芽期から開花期までの日数が同じであっても、生育量はより大きくなる。したがって播種期が同じ場合の生育量の品種間差異は出芽期から開花期までの日数の長短(早晚性による)と伸育性の差によって大きく左右される。

大豆の生育量は磷酸施肥量の多少によっても大きく変化する。すなわち磷酸施肥量の多い方が少ない場合に比べてはるかに生育量は大きくなる。各品種の出芽期から開花期までの日数や伸育性は磷酸施肥量の多少によってほとんど変化しないことから、磷酸増施による生育量の増大は1日当たりの生育量の大きさ、つまり生育量の増加速度が早くなることによると考えられる。

栽植密度のちがいによる単位面積当たりの生育量の差異は生育初期に大きく、生育が進むにつれて小さくなる。したがって生育期間の短い早生品種では栽植密度のちがいによって面積当たりの生育量の差は大きくなるが、生育期間の長い晩生品種になるにつれてその差が次第に小さくなる。

以上のように、大豆の生育量は出芽期から開花期までの日数や品種の伸育性、磷酸施肥量、栽植密度などによって変化する。したがって播種期・品種・磷酸施肥量・栽植密度を考慮することによって一定の生育量を確保することができる。しかし子実収量は必ずしも生育量の大きくなるにつれて多くはならなかった。

セラード地域の土壌は下層に Al が多く (SANCHEZ、1977)、磷酸や石灰などの養分が不足していること (川崎、岩田、MESQUITA、1980)、および耕土直下に圧密層ができること (久保田、CASTELO BRANCO、池、1983) などのため植物の根が地中深く入れず、下層の水分を充分利用できない。

また、日射量が多く常時微風が吹くため水分の蒸発散量は非常に大きい。このように早魃の被害を受けやすい条件にあるうえに、雨季における降雨の分布も均一ではなく、しばしば Veranico と呼ばれる不定期な小乾期がみられる。

一方、大豆の蒸発散量は開花期から着莢最盛期にかけて最も大きくなる (BERLATO & BERGAMASCHI、1976) とされ、またこの時期の水分欠乏は最も子実収量への影響が大きい (BANRI & COSTA 1973) とされている。本試験では 1980/81 年度に 2 月上旬から 3 月上旬にかけて 40 日以上もほとんど雨が降らず、ちょうどこの時期に開花期から着莢最盛期をむかえた中生品種の UFV-1 と晩生品種の Doko では著しく子実収量が低下した。これらの品種では磷酸施肥量を多くしたり、栽植密度を高くするほど子実収量が少なくなった。これは磷酸施肥量を多くしたり、栽植密度を高くしたりして単位面積当たりの生育量を大きくするほど蒸発散量が大きくなり、早魃の被害も大きくなったものと思われる。1980/81 年度のこの Veranico は非常に稀なものとしても、1979/80 年度でも 12 月から 2 月まで非常に降雨が多く、3 月には少ないとはいえ 1 カ月間に 465mm の降雨量があったにもかかわらず早魃の被害がみられた。すなわち中性品種の UFV-1 や IAC-2 では磷酸施肥量の多い方がわずかではあるが子実収量は少なく、晩生品種の Doko では減収程度はさらに大きかった。1980/81 年度ではどの品種でも磷酸施肥量の多い方が子実収量は多くなった。これは Veranico が 2 月上旬～中旬の 20 日間たらずで比較的短かく、また磷酸施肥量の違いが多肥区 (3 年間で 500 kg/ha) と少肥区 (3 年間で 100 kg/ha) とでは非常に大きかったことによるとと思われる。しかし、中生及び晩生品種は早生品種に比べてはるかに生育量が大きかったにもかかわらず、子実収量にはほとんど差がみられなかったことから中生及び晩生品種では Veranico の影響が多少あったものと思われる。

このように大豆が早魃に最も弱い時期に Veranico にあると、それが特に長期間にわたる強いものでなくても、大豆の生育量の大きい場合は子実収量への影響がみられる。

以上のようにセラード地域の大豆作にとって Veranico のおきる時期と程度 (期間) およびそれらの確率を知ることが最も重要と思われる。そして Veranico のおきる確率の高い時期と大豆が早魃に弱い時期が重ならないように播種期や品種を選んだり、Veranico の程度に応じて早魃

の被害が軽く、しかも子実収量が多くなるように生育量をコントロールする必要がある。

しかし、セラード地域では気象観測所が少なく、農業試験場などでも近年になって観測が開始されたものが多い。したがって、気象観測データにもとづいて生育適量を想定することがむずかしい場合が多い。概していえば早生品種では出芽期から開花期までの日数が短いため生育量が不足しがちで、磷酸施肥量が少ない場合は子実収量は非常に少なくなる。一方、磷酸施肥量を多くして生育量を増しても早魃を受けるおそれは少なく、磷酸増施によって子実収量は著しく増大する。これに反し晩生品種は出芽期から開花期までの日数が長いため、磷酸施肥量が比較的少なくても生育量の確保が容易で、子実収量も早生品種に比べて多い。しかし磷酸を増施して生育量を増しても、子実に対する増収効果は比較的小さく、Veranicoにあらうと早魃の被害が大きくなり減収するおそれがある。したがって早生品種では磷酸施肥量を多くして子実収量を多くすることが、また晩生品種では磷酸施肥量を節約して安定した子実収量を確保することが経営上有利になると思われる。

畦幅と栽植密度の子実収量に対する影響は磷酸施肥量に比べて小さい。ただし、早生品種では生育量を増やし最下着莢位置を高くしてコンバインによる収穫の効率をよくするために畦幅を狭くし密植する方が、中生～晩生品種では早魃の被害を少なくし倒伏を少なくする意味でやや畦幅を広くし疎植する方が良いと思われた。

引用文献

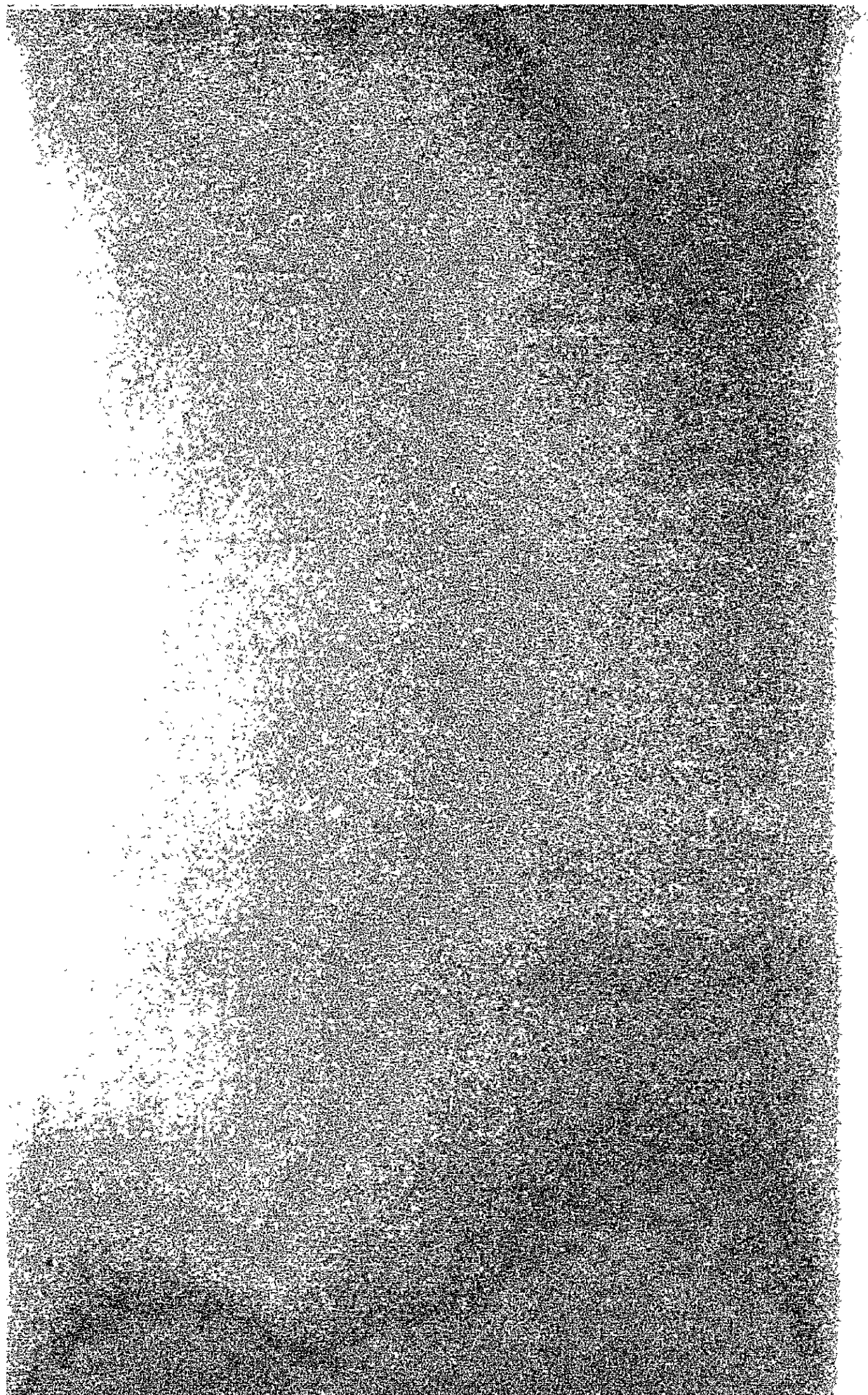
- 1) BANRI, N.A. & COSTA, J.A.: Efeito de períodos de inundação sobre o rendimento e características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)., s.n.t. 22p.
Trabalho apresentado na 1.^a Reunião Conjunta da Pesquisa de Soja - RS/SC. Passo Fundo, R.S. 1973.
- 2) BERLATO, M.A. & BERGAMASCHI, H.: Consumo de água da soja: 1. Evapotranspiração estacional em condições de ótima disponibilidade de água no solo. Anais do I Semin. Nac. de Pesq. de Soja. vol I. 1979. 53-58p.
- 3) 川崎弘, 岩田文男, M V.MESQUITA: セラードにおける大豆根群の発達。日伯農業研究協力プロジェクト研究報告書, 国際協力事業団 1980, 72~78p.
- 4) 久保田徹, J.L.CASTELO BRANCO, 池盛重: セラードオキシソルの圧密層による大豆根の伸長阻害, 1983, 日本土壤肥料学会講習要旨。
- 5) LOBERTO E., W.J. GOEDERT and M. RESENDE: Improvement and fertilization of the savannas in Brasil. Proceedings Intern. Symposium on Distribution, Characteristics and Utilization of Problem Soils. 1981, 309-319p.
- 6) SÁNCHEZ, P.A.: Advances in the managements of oxisolos and Ultisolos in Tropical South America.
Proceedings Intern. Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture, Tokyo, 1977, 535-566p.

セラート地帯の主要大豆害虫に対する
抵抗性の品種間差異

呉儀田 和典

Carlos Roberto Spehar

Gottfried Urban Filho



セラード地帯の主要大豆害虫に対する 抵抗性の品種間差異

異儀田 和 典

Carlos Roberto Spehar

Gottfried Urban Filho

ブラジルにはじめて大豆が導入されたのは今から約100年前といわれている(MEDANA、1981)が、現在では世界第2位の大豆生産国となった。近年、セラード地帯の開発が進められ、大豆は主要作物として急速に栽培面積が広がりつつある。ブラジルではすでに27種もの大豆害虫が記録されている(PANIZZI等1977)が、セラード地帯における大豆害虫についても調査研究がされつつある(BARBOSA等1977、CORREIA等1977、岸野1980)。今後栽培年次が進み、栽培面積が広がればますます発生する害虫の種類や発生量が多くなることが予想される。一方、セラード地帯の大豆作は消費地や積出港から遠い所で行なわれるので輸送コストが高くなり、生産物の価格は低く、生産資材の価格は高くならざるをえない。このため殺虫剤などの生産資材をできるだけ少なくして、大規模生産によるコスト切り下げをはかる必要がある。したがってセラード地帯での害虫対策は他地域に比べてより重要な問題であり、今後ますます重要性をますますものと思われる。この試験は日本から導入した品種を中心に、セラード地帯の主要害虫に対する抵抗性遺伝子源を選び、虫害抵抗性品種育成に役立てることを目的に行なった。

試 験 方 法

供試品種は日本から導入した51品種とセラード地帯に栽培されている7品種、合計58品種とした。日本品種については1980年から1981年にかけて検疫のため、Centro Nacional de Recursos Geneticos (CENARGEN、EMBRAPA)のガラス室で隔離栽培された後、1981年の乾季に灌漑栽培によって増殖したものを供試した。播種期は1981年の1月15日、1月22日、1月28日、2月4日、2月11日および3月1日の6回行なった。しかし供試できる種子量が品種によって違ったため、6回とも播種できたのは標準品種にした Paraná と Santa Rosa だけであった。他の品種は種子量に応じて播種回数を1~5回としたが、食葉性害虫に対する品種間比較ができるように1月28日播には全品種がはいるようにするとともに、2回以上播種できる場合には莢を加害する害虫に対する品種間比較ができるように晩生品種では播種期を早い方にずらし、早生品種ではおそい方にずらした。畦幅は50cmで1区当たり3畦とし株間10cm、畦長は2mとした(1区面積3m²)。試験区は3区制の乱塊法とした。害虫は圃場の周囲に多く集まるおそれがあるので試験区の外側には3m(5畦)のボーダーをつ

くった。殺虫剤の散布は行なわなかった。

害虫による被害の調査は食葉性の害虫については1月28日播と2月11日播について播種後20日目に観察によって葉の被害程度を調査し、莢の被害については全試験区について開花期後30日に試験区の中央部から10株を抜きとり、全部の莢について被害状況を調べた。そして莢の被害状況によって害虫の種類を判定したが、次のような基準によった。

- 1) カメムシ類……子実粒に吸収した痕があるもの。
- 2) シロイチモジマダラメイガ (*Etiella zinckenella*) 類……莢にほぼ真丸の穴があき、莢内で子実粒だけ食害しているもの。
- 3) *Lagarta* 類……莢を食害するが、その食痕は不規則である。
- 4) その他

調査時期を開花後30日としたのは、この時期が多くの種類の害虫について、莢の被害がみやすく、あまり収穫期近くになると多くの被害莢が落莢してしまうおそれがあるためである。被害莢の算定にあたっては少しでも被害のみられたものは、被害莢とみなしたが、被害程度については特に問題としなかった。またなかには2種類以上の害虫による被害も少数ながらみられた。この場合は加害程度の大きかった害虫によるものとした。

試験結果と考察

1. 食葉性害虫に対する抵抗性の品種間差異

食葉性の害虫発生は少なく、わずかに *Anticarsia gemmatalis* Hubner、1818 による被害がみられた。供試品種の中ではソデン大豆とヒメシラズの被害程度が小さく、これら2品種では食害された箇所が極めて少ないとともに1箇所¹の食害された面積も極めて小さく、食害面積が伸展した様子がみられなかった。したがってこれら2品種はこの害虫に対して抵抗性を持つと考えられる。この害虫はブラジルでは *Lagarta da soja* と呼ばれ、この国へ大豆が導入された最初から最も普遍的で被害も大きい食葉性の害虫である (REDAELI 1973/74、CORREA 等 1977) とされ、抵抗性品種についても報告されている (HEINRICHS 等 1973/74、LARA 等 1977)。

2. 莢を加害する害虫に対する抵抗性の品種間差異

害虫が莢を加害しようとする時すでに被害を受けている莢を避ける性質があるとすれば、ある害虫が100%近くの莢を加害すると別の害虫は殆んど加害できず、たとえその品種に抵抗性はなくても、その虫による被害は全くないことになる。このような弊害を防ぐため被害率は調査した全莢数に対する百分率ではなく、当該害虫による被害莢数に無害莢数を加えたものに対する百分率であらわすことにした。この被害率を角変換 ($\arcsin \sqrt{\%}$) したものを仮りに被害値と呼ぶことにする。

野外で自然発生している害虫は時期によって種類や頭数が変化するので、莢を加害する虫に

対して抵抗性の品種間差異を調べようとする場合、この点を考慮する必要がある。

そこで早生品種を遅く播き、晩生品種を早く播いて莢の発育時期をできるだけあわせるともに、標準品種として Paraná を 6 回播種して種々の異なった時期に結莢させ、Paraná との被害値を比較することにした。しかし大豆の結莢する時期を正確に判定することはむずかしいので、ここでは開花期をもって結莢時期のかわりとした。そして Paraná の被害値 (Y) と開花期 (X、ただし 2 月 28 日からの日数を示す) の間の関係式を求めた。例えば図 1 に示すように *Piezodorus quildinii* の場合には $Y = 0.0430 \times (X - 19.7226)^2 + 32.2949$ であった。そして各試験区の開花期をこの式に代入して求めた Paraná の推定された被害値と各試験区の被害値を比較しようとした。この場合、推定された Paraná の被害値と試験区の被害値の差を抵抗性程度とすることは不適當である。というのは、もし害虫の発生が少ない時期に莢が発育する場合には Paraná の被害率は低くなり、被害の全くなかった抵抗性品種でもその差はごくわずかにならざるをえないのに反し、害虫の発生が多い場合にはあまり抵抗性が強くなくとも Paraná との差は大きく出る可能性があるからである。そこで図 1 のように回帰式から求めた Paraná の被害値と被害が全くなかった場合の被害値 0 の差 a と、Paraná の被害値と試験区の被害値の差 b の割合を百分率であらわしたものを抵抗性程度とした。すなわち完全な抵抗性を示す場合の Paraná との差を 100 とし、各試験区が示す Paraná との差を百

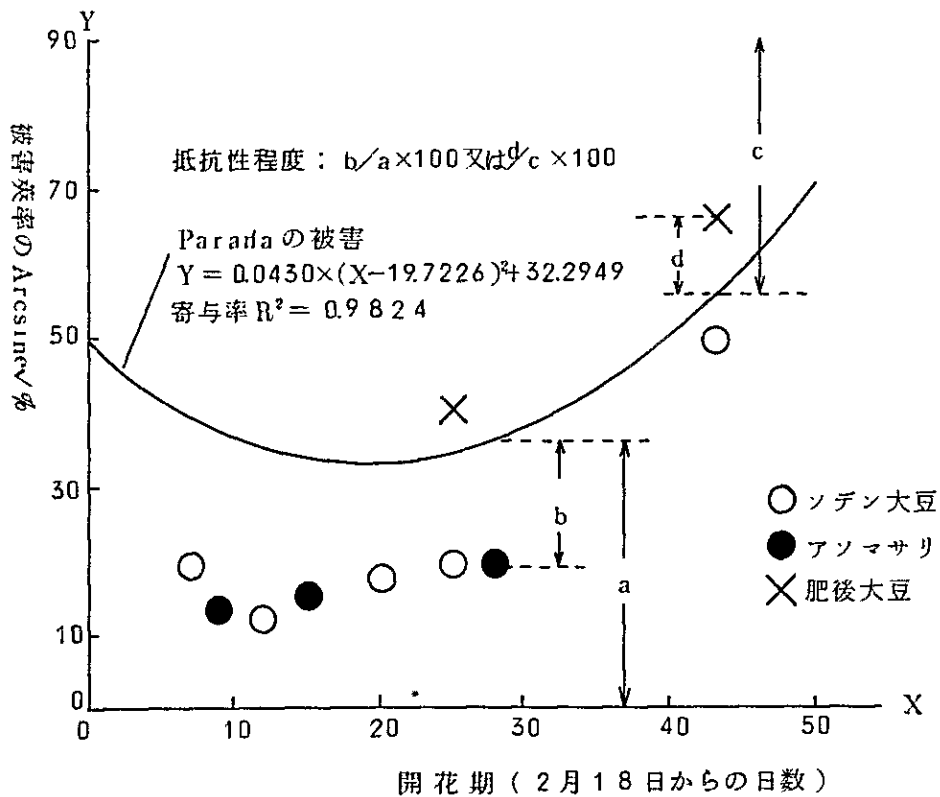


図 1. *Piezodorus quildinii* による抵抗性の品種間差異

分率で表示したものを抵抗性程度とした。Paranáより弱い場合も同様に、100%の被害率を示す感受性品種の被害値とParanáの被害値の差を100とし、各試験区が示す被害値とParanáの被害値との差を百分率で示したものを抵抗性程度とした。そしてParanáより被害値の小さいものを抵抗性程度を十として表示し、被害値のParanáより大きいものを一で表示した。

岸野(1980)はブラジル周辺のカメムシ類について調査して2科11種の加害を確認し、優占種として*Nezara viridula* L.を、重要種として*Piezodorus guildinii* WESTWOODと*Megalotomus pallescens* STALをあげている。しかしこの試験の期間中には*P. guildinii*がほとんどで、*N. viridula*はほとんどみられず、その他は*M. pallescens*がわずかにみられただけであった。したがってこの試験におけるカメムシ類による被害は*P. guildinii*によるものとみてさしつかえないと思われる。標準品種のParanáを6回播種したが被害率は最高84%、最低が24%で、かなりの大きな被害があった。

*P. guildinii*に対して強い抵抗性を示したのはアソマサリ、ソデン大豆、茶千石3号と、松浦であった(表1)。ただし、茶千石3号と松浦については播種回数が少ないので再確認する必要がある。アソマサリとソデン大豆はいずれも莢の毛茸が長く、直立し、密生するという形態的特徴がある。4品種のうちアソマサリと松浦は子実粒が黄白色であるがソデン大豆は淡緑色、茶千石3号は茶色である。

供試したブラジルの7品種の中ではDokoが最も強く、Paranáが最も弱い抵抗性を示した。日本品種のうちDokoより強い抵抗性を示したのは11品種であった。

このカメムシはブラジルではpercevejo-verde-pequeno-da-sojaと呼ばれ、*N. viridula*とともに広く分布し重要な害虫とされている(CORRÊA等、1977)。また*P. guildinii*はカメムシのなかで最も殺虫剤による防除がしにくいものの1つとされている(GAZZONI、1981)。したがって抵抗性の強い品種が望まれるが、ブラジルでも抵抗性品種について報告されている(MOROSIN等1977、COSTA等1977)。

シロイチモジマダラメイガ(*Etiella zinckenella* Treitschke)の場合も*P. guildinii*の場合と全く同様の方法で抵抗性程度を算出した。ただし被害値(Y)と開花期(X、ただしXは2月28日からの日数)との間には $Y = 0.04747 \times (X - 22.4983)^2 + 308492$ の関係式が成り立った(寄与率 $R^2 = 0.9375$)。

この虫に対して強い抵抗性を示した品種はソデン大豆、毛裸、新島原、茶千石3号、ヒメシラズの5品種であった。ただし、毛裸、新島原、茶千石3号の3品種は供試種子が不足したため1回しか播種できなかったため再確認する必要がある。毛裸、新島原およびヒメシラズの子実粒の色はいずれも黄白色である。供試したブラジルの品種のなかではDokoが最も強く、Cristalinaが最も弱い抵抗性を示した。日本品種のうちDokoより強い抵抗性を示したのは6品種であった。

表1 Piezodorus guildinii に対する抵抗性の品種間差異

品 種	播 種 期							平 均
	1月15日	1月22日	1月28日	2月4日	2月11日	3月1日		
Doko	18.5		311	130			20.9	
Numbaira	- 10		21.4	27.4			15.9	
Cristabina	- 2.8		23.7	- 10			6.6	
IAC-2	- 40		19.1	- 0.8			4.8	
Santa Rosa	9.4	- 41	5.4	17	-0.4	- 97	0.4	
UFV-1	7.3		- 7.0				0.2	
アンマサリ		581	48.4		45.2		50.6	
茶千石3号			45.0				45.0	
ソデン大豆		427	61.0	43.5	40.5	15.2	40.6	
松 浦			25.9		42.5		34.2	
Dortchsoy 31			31.5				31.5	
Nela			11.6		44.2		27.9	
新 島 原			27.0				27.0	
秋大豆2号			26.8				26.8	
岡 大 豆			26.4				26.4	
改 良 白 目			24.0				24.0	
ボンミノリ			23.9				23.9	
菊 池 農 B			18.9		24.8		21.9	
高アンダー			21.3				21.3	
毛 柳			20.4				20.4	
ヒメンラズ(早生)			- 0.6	10.9	50.4		20.2	
ヒゴムスメ			18.2		21.1		19.7	
Improved Pelican			9.4		28.0		18.7	
アソムスメ			18.2				18.2	
新 豊 早			17.7				17.7	
米 ノ 岳	19.3	10.8	8.4	25.6	28.2	5.9	16.4	
不 知 火			16.4				16.4	
白 口 1 号			14.6				14.6	
早生夏(白)			13.5				13.5	
肥後大豆(1)			- 0.7		26.4		12.9	
改 良 生 娘	8.5	20.6	14.1	- 6.9	24.5		12.2	
ウゴタイズ			10.9				10.9	
肥後大豆(3)			24.5		- 4.1		10.2	
群馬青大豆			- 5.3	14.7	20.8		10.1	
ヒメンラズ		- 4.4	- 5.4	20.3	29.1		9.9	
夏大豆2号			9.1				9.1	
タチスズチリ			7.3				7.3	
青 地			-10.3		24.5		7.1	
房 成 大 豆			5.2				5.2	
人 吉			4.4				4.4	
オ リ ヒ メ			4.0				4.0	
麦 海 在 来			- 1.9		8.5		3.3	
本 渡		- 0.7	25.1	2.9	-17.5		2.5	
陣 内			- 3.6		5.4		0.9	
新 4 号			- 1.3				- 1.3	
早生夏(紫)			- 1.4				- 1.4	
フジムスメ			-13.7		10.9		- 1.4	
朝 鮮 大 豆			- 4.8				- 4.8	
江 迎 大 豆			- 4.9				- 4.9	
白 莖 1 号			- 5.5				- 5.5	
コガネダイズ			- 5.9				- 5.9	
毛 振 1 号			- 6.4				- 6.4	
筑 後 大 号			- 9.8				- 9.8	
天 草 農 1 号			-10.0				-10.0	
早 生 金			-11.3				-11.3	
肥 後 大 豆			-11.0		-14.8		-12.9	
春 日 在 来			-14.1				-14.1	

注) 数字は標準品種 Paraná とくらべた抵抗性程度を示し、完全な抵抗性を示す場合を+100%、完全な感受性を示す場合を-100%とした。

この虫はブラジルでは *broca de vagem* と呼ばれ、重要害虫にあげる人もいる (CORSEUIL 等 1974、PANIZZI 等 1977) が、特にあげない人もある (GAZZONI 1981)。しかし、この試験では標準品種 Paraná を 6 回播種したうち最高で 79%、最低で 22% の被害莢率があった。ブラジルでは RAMALHO が抵抗性品種として Kent をあげている。

Anticarsia gemmatilis は、若い莢も食害したがその被害は小さく、標準品種 Paraná の被害莢率で 1.4 ~ 14.7% であった。したがって信頼できる抵抗性程度を算出できないおそれがあるので、播種回数が 2 回以上の品種についてのみ表示した (表 3)。莢の被害からみても葉の場合と同様にヒメシラズとソデン大豆の抵抗性が強いことが確認された。

以上のように 51 の日本品種から食葉性害虫の *A. gemmatilis* に対する抵抗性品種 2 品種がみつき、莢を加害する *P. guildinii* とシロイチモジマダラメイガに対しては、供試ブラジル品種中最も抵抗性が強かった Doko よりも抵抗性の強い品種がそれぞれ 11 品種と 6 品種見つけた。これは供試した日本品種の 4%、23%、13% で、かなり高率で抵抗性品種がみついている。したがって抵抗性遺伝子源の導入先として日本は有望と考えられる。しかし、これらの抵抗性品種はいずれもブラジルでは熟期が極早生であり、中には子実粒に色がついたものもあるので直接実際栽培には使えないが、遺伝子源として今後虫害抵抗品種育成に役立つであろう。

表2. *Etiella Zinckenella* に対する抵抗性の品種間差異

品 種	播 種 期						
	1月15日	1月22日	1月28日	2月4日	2月11日	3月1日	平 均
Doko	197		388	240			275
Numbaira	142		149	129			140
UFV-1	183		- 11				86
Santa Rosa	146	34	- 42	218	- 72	-106	30
IAC-2	08		173	-172			03
Cristalina	- 43		13	09			- 07
ノデン大豆		560	532	411	489	419	482
毛 裸			475				475
新 島 原			402				402
茶千石3号			348				348
ヒメツラズ		323	208	327	334		298
白口1号			289				289
松 浦			251		299		275
改良白目			264				264
Dortchsoy 31			254				254
改良生娘	50.4	319	83	48	22.0		235
アノマサリ		426	98		16.9		231
ボンミノリ			229				229
早生夏(白)			219				219
夏大豆2号			212				212
江 迎 大 豆			201				201
菊 池 農 B			280		99		190
房 成 大 豆			186				186
ヒメツラズ(早生)			04	239	312		185
早 生 金			184				184
高アスター			183				183
肥後大豆(1)			168		184		176
本 渡		387	339	46	- 9.9		168
新 豊 早			168				168
早生夏(紫)			163				163
ウゴダイズ			131				131
不 知 火			128				128
毛 振 1 号			124				124
ヒゴムスメ			144		97		121
朝 鮮 大 豆			118				118
コガネダイズ			107				107
肥後大豆(3)			202		- 22		90
タチスズナリ			82				82
天草農1号			70				70
岡 大 豆			57				57
オリヒメ			50				50
Nela			- 34		129		48
白 莢 1 号			39				39
群馬背大豆			58	58	- 10		35
菱 海 在 来			- 15		65		25
春 日 在 来			2.2				2.2
米 ノ 岳	358	209	- 09	- 16	-211	-20.7	21
秋大豆2号			17				17
Improved Pelican			- 41		71		1.5
陣 内			110		- 82		14
アノムスメ			02				0.2
青 地			- 61		45		- 0.8
人 吉			- 11				- 11
筑 後 大 豆			- 11				- 11
フジムスメ			- 25		- 73		- 49
新 4 号			- 5.6				- 5.6
肥 後 大 豆			-112		-245		-17.9

注) 数字は標準品種 Paraná と比べた抵抗性の程度を示し、完全な抵抗性を示す場合を+100%、完全な感受性を示す場合を-100%とした。

表3. *Anticarsia gemmatilis* に対する抵抗性の品種間差異

品 種	葉の被害程度	莢の被害からみた抵抗性程度(%)
Santa Rosa	+	- 47
Paraná	+	0
Cristalina	+	12.8
UFV-1	+	12.9
IAC-2	+	15.7
Numbaira	+	27.2
Doko	+	29.5
ヒメシラズ	±	64.1
ソテン大豆	±	52.8
アンマサリ	+	33.1
陣 内	+	27.3
肥後大豆	+	23.6
群馬青大豆	+	13.7
ヒメシラズ(早生)	+	11.8
米ノ岳	+	10.0
改良生娘	+	4.5
菱海在来	+	3.3
Improved Pelican	+	3.1
青 地	+	2.1
菊池豊B	+	0.3
Nela	+	- 0.7
本 渡	+	- 2.6
肥後大豆(3)	+	- 3.1
肥後大豆	+	- 3.4

注) 葉の被害程度: ±は被害が非常に小さいもの、+は明らかに被害がみとめられるものを示す。

莢の被害からみた抵抗性程度は標準品種 Paraná と比べた抵抗性の程度を示し、完全な抵抗性を示す場合を+100%、完全な感受性を示す場合を-100%とした。

引用文献

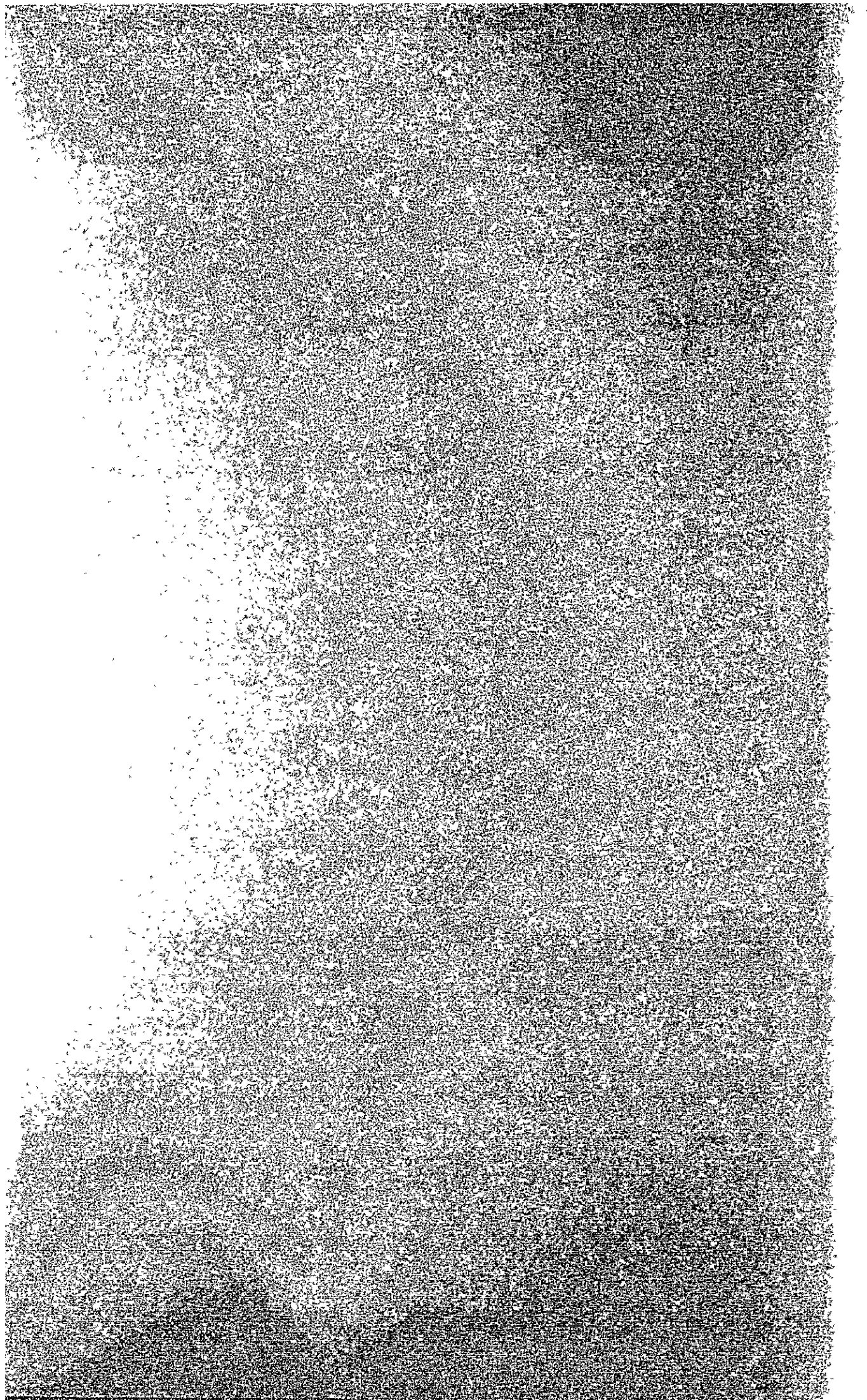
- 1) BARBOSA, F.R.; JIN, T. & MORAES, J. de D.: Levantamento de pragas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Estado de Goiás. In: EMPRESA GOIANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório técnico UEPAE-1; resumo de pesquisas 1974. 48-49p.
- 2) CORRÊA, B.S.; PANIZZI, A.R.; NEWMAN, G.G. & TURNIPSEED, S.G.: Distribuição geográfica e abundância estacional dos principais insetos-pragas da soja e seus predadores. Separata de An. Soc. Entomol. Brasil., 6 (1): 40-50, 1977. (18 ref.)
- 3) CORSEUIL, E.; CRUZ, F.Z. da & MEYER, L.M.C.: Insetos nocivos a soja no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1974. 36p.
- 4) COSTA, E.C. & LINK, D.: Danos causados por algumas espécies de Pentatomidae em duas variedades de soja. R. Centro Ci. Rurais, Santa Maria, 7 (3): 199-206, set. 1977.
- 5) GAZZONI, D.L.: Entomofauna da Soja. Insetos-Pragas e seu Controle. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J.C. (ed.). A soja no Brasil. Campinas, 1981, 569-593p.
- 6) HEINPICHES, E.A. & MINOR, H.C.: Avaliação do germoplasma de soja quanto a resistência aos insetos. In: EMBRAPA. Projeto nacional da soja; sumário de pesquisa em execução no Campo Experimental do Projets Nacional da Soja. s.l., 1973/74. 19-22p.
- 7) 岸野賢一: セラードにおいて大豆を加害するカメムシに関する研究 日伯農業研究協力プロジェクト研究報告書, 国際協力事業団, 1980, 39-58 p.
- 8) LARA, F.M.; LAM-SANCHES, A. & DE BORTOLEI, S.A.: Ensaio preliminar de resistência de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a *Anticarsia gemmatilis* Hueb., 1818 e *Plusia oo* (cr. 1782). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 4., Goiânia, 1977. Programma. Goiânia Sociedade Entomológica do Brasil, 1977. 91-92p. Resumo.
- 9) MEDINA, J.C.: Introdução da soja no Brasil. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J.C. (ed.). A soja no Brasil. Campinas, 1981, 17p.
- 10) MOROSIN S. & PORTO, M.D.: Anotações iniciais do estudo do comportamento de cultivares de soja com relação ao ataque de "percevejos". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 4., Goiânia, Sociedade Entomológica do Brasil, 1977. 92p. Resumo.

- 11) PANIZZI, A.R.; CORRÊA, B.S.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B. de; NEWMAN G.G. & TURNIPSEED, S.G.: Insetos da soja no Brasil. Londrina, EMBRAPA. CNPSOJA, 1977 20p. (Boletim Técnico, 1).
- 12) RAMALHO, F.S.: Resistência de cultivares de soja (*Glycine max* M.) a broca da vagem, *Etiella zinckenella* Treitschke, 1832. Petrolina, EMBRAPA/CPATSA, s.d. 5p. Mimeografado.
- 13) REDAELLI, D.C.: Principais pragas da soja. In: Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. Pragas da Agricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1973/74.

セラード地帯の天然資源と農業調査への
リモートセンシングの応用

土壌・作物・水分系専門家 福原道一

カウンターパート J. S. Madeira Netto



セラード地帯の天然資源と農業調査への リモートセンシングの応用（概要）

土壌作物水分系専門家	福原道一
カウンター・パート	José da S. Madeira Netto
巡回指導	安田嘉純
共同研究者	Luis G. Azevedo
	Jamil Macêdo
	Jorge Adámoli
	José Antonio da Silva
	Waldo Expinoza
	Raul E. G. Braga
	Paulo J. R. Carneiro
	Juan Verdesio

1. 研究成果の概要

セラードの農業開発をすすめる上で、土壌、植生、水、地形どの天然資源の情報はこの地帯の農業生産ポテンシャルを評価するために必要である。しかし、広大で開発の緒についたばかりのセラード地帯に関する資料は少なく、土壌や植生などの分布の資料を必要としている。広大な地域の調査に航空機や衛星から地上を観測してデータをえるリモートセンシングが有効であることは知られており、そのデータの解析により、土壌図等の主題図の作成とあるいは農地などの対象地に起こる変化のモニターができる。

C P A Cでも、天然資源の調査にレーダ写真やランドサット写真を利用してきたが、セラード開発の進展から、さらに多くの精度の高い情報が必要となり、特にランドサット映像の判読解析方法の向上が望まれ、セラード地帯の天然資源と農業調査へのリモートセンシングに関する研究に協力することになった。

1) ブラジリア経済地理圏の土壌図

ブラジリア経済地理圏（面積約30万km²）の土壌図などの主題図（縮尺100万分の1）を作成することを目的に植生、土地利用程度、土壌の分布等についての一連の研究を、既存情報にランドサット映像の判読解析を組合せて実施した。

この解析には、マルチスペクトルビューワー（キャノンMSV-300）を使用したランドサット映像のカラー合成画像を主に利用した。また、記載した図示単位の確認のために現地調査を行った。土壌の分類基準はEMBRAPA/SNLCSに従い、22土壌クラスに区分し、単一土壌クラスとアソシエーションの単位で図示した。視覚判読で利用するランドサット

映像の解像力は地域スケール水準の情報作成に充分応えうることが確認された。

2) セラード植生被の判読のためのランドサット写真の画像処理

自然のままにあるセラード地帯の開発計画を進める上で、植生の分布を知ることは基本的に重要である。本研究では、ランドサット写真を用いた場合の判読効果を高めることを目的に、写真処理による自動判別法、二値マスク法の判読効果を検討した。

供試ランドサット写真（ブラジリア：192-23）は1980年5月、8月、10月と1981年2月に観測された縮尺1：3,704,000のネガフィルムを用いた。

分類クラスとして、セラドン、セラード、カンボリンボ、森林の他に農地、市街地と水域の7クラスを設定した。原画から超高コントラストフィルムを用いて、しきい値をもとに、二値マスクを作成し、マルチスペクトルビューワ（キャノンMSV-300）で青、緑、赤フィルターとくみあわせて、加色合成して、クラスの色分けをした。結果から、二値マスク法により分類が相対的に正確で、かつ、単純に行うことが確認できた。

3) だいでずの分光特性

だいでずの分光特性をしるために、ドコー、クリスタリーナ、UFV-IAC-2の4品種について分光放射計を用い、可視から近赤外域までの6波長で、生育期間中に4回測定した。試験区はかん水と無かん水の2処理を設定した。その結果、反射特性のちがいがから、だいでずの品種を区別しうることが示唆された。また、無かん水処理による水分欠乏で収量の低下をみたが、測定内の波長ではその反射率の変化に有意な差はみいだせなかった。回帰分析の結果から、分光特性データとバイオマスとの間に高い相関が認められた。

4) ランドサット写真による農業開発計画地区のモニタリング

生産拡大にともなう土地利用状況の変化の把握に、ランドサット映像による調査は有効である。バダグプ地区を対象に、ランドサット写真を用いて、1973年からの土地利用判読結果は1977年以降で92%以上の合致をみたが、それ以前では資料に比べて低い値になっている。計画初期から最盛期の面積が急増している時には、日々変化するので、データはばらついたが、造成後期には正確な値が得られた。

作付面積の判読結果、大豆は1977年の合致率は101%、1978年は94%、小麦では130%と81%、コーヒーと造成地については良い結果は得られなかった。解析精度を増すために、適切なデータの収集とデジタル解析の導入が必要あろう。

5) セラードにおける火入れの実態

自然草地で再生草を飼料として利用するための火入れの発生はランドサット映像のバンド7で容易に探知できる。本研究の目的は、ランドサット写真を用い、火入れの発生の時期、面積、形跡の消長などについて判読解析することである。

火入れ後の分光特性の変化の特徴を確認するために、試験圃で分光反射率を測定した。

カビンゴルゾーラ地域では、火入れ後2日目と33日目を比較すると、後者が火災の影響

の消えていることがはっきり認められる。225日目と305日目ではあまり差は無かった。

年間の発生多発時期を確認するため、1980年5月から10月までの6枚のランドサット写真からブラジリアの68,000haの地域について、ドット・カウンター法で面積を算出した。7月末から、特に8月に発生が集中していることが認められた。

ランドサット映像に表われる火入れの形跡の経時変化を、8時期の写真の写真濃度を測定し解析した。発生直後の火入れ箇所が最も高い値で、その値をピークにし、10月のデータに向って低い値になっていて、10月時点では、発生時期に関係なく、ほとんど同じ値になった。

6) 人工林の分光特性

ランドサット CCT データ (1981922) のテンタル解析からユーカリと松の分光特性値をえた。これらの識別や成長の程度はバンド5と7で特徴づけられた。成長の程度が判別できるのはユーカリで樹令3年、松で5年位と考えられた。この時期までは樹種の識別は困難であったが、発達した林では両者はバンド7で区分できた。

2. 今後の問題

天然資源と農業調査ヘリモートセンシングを応用する研究を実施し、第1段階として、ランドサット写真の判読解析のケーススタディをおこない、そのデータが有用であることを確認した。拡大するセラードの農業開発の資料を作成するためにこの技術の活用は必要であり、一層の研究協力が望まれる。今後の研究の方向として、25万分の1以上の縮尺の主題図や地域のモニターが要求されるようになるであろう。それに応えるために、デジタル画像処理により、地形、土壌、植生、気象、土地利用、農業生産実績などの既存資料とリモートセンシング・データをくみあわせたセラード農業資源情報システムを考慮する必要がある。また、画像処理結果は縮尺の正しい地図としてアウトプットできる装置が必要であろう。

3 成果の発表

Adámoli, J., M. Fukuhara & J.A. da Silver, "Aplicação de Tecnicas de Sensoriamento Remoto no Estudo de Queimas em Pastagens Nativas da Regiao dos Cerrados", Anais: II Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, vol 3, p. 811-820 (1982)

Azevedo, L.G., J. Macêdo, J. Adámoli & J.S. Madeira Netto, "Avaliação do Potencial de Imagens LANDSAT na Identificação e Avaliação dos Recursos Naturais da Região dos Cerrados", 同上, p. 821-824 (1982)

- Fukuhara, M., J. S. Madeira Netto & J. Adámoli "Processamento Fotográfico das Imagens LANDSAT para a Interpretação da Cobertura Vegetal na Região dos Cerrados", 同上, p.833-838 (1982)
- Madeira Netto, J. S. & M. Fukuhara, "Assinaturas Espectrais de Quatro Variedades de Soja", 同上, p.919-928 (1982)
- Fukuhara, M., J. S. Madeira Netto, J. Macêdo & J. Adámoli, "Monitoramento do Uso da Terra através de Imagens LANDSAT no Alto Paranaíba (MG)", XII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 口答発表, (1982)

〔謝 辞〕

本研究を遂行するに際し、CPACのE. ワクナー所長、資源評価計画スタッフ、ナイル S. ハヤシタ秘書、職員各位ならびに研究協力チームの尾形保リーダー、池盛重、阿部登、孫工称寿雄、異儀田和典、土生幹夫、故小林正人の各専門家、JICA関係諸氏の支援助をいただいたことに厚く感謝いたします。

ブラジリア経済地理圏土壌図の作成

1. はじめに

セラードの農業開発をすすめる上で、土壌、植生、水、地形どの天然資源の情報はこの地帯の農業生産ポテンシャルを評価するために必要である。しかし、広大で開発の緒についたばかりのセラード地帯に関する資料は少なく、土壌や植生などの分布の資料を必要としている。広大な地域の実地調査に航空機や衛星から地上を観測してデータをえるリモートセンシングが有効であることは知られている。リモートセンシングの特長は、衛星などの利用により観測範囲が広いこと、多波長観測による対象物の分光特性の解析、観測のくりかえしによる地表の変化の把握、写真やCCT(コンピュータ磁気テープ)の記録と解析にある。これらの特長を活かすことにより、資源の分布や土地利用とその変化を追跡することができる。(6, 7, 9, 10, 11,)

C P A Cでも、研究計画「セラード地帯の天然と社会経済資源の評価」における天然資源の調査にレーザ写真やランドサット写真を利用してきたが、セラード開発の進展から、さらに多くの精度の高い情報が必要となり、特にランドサット映像の判読解析方法の向上が望まれ、セラード地帯の天然資源と農業調査へのリモートセンシングに関する研究に協力することになった。本報告は、供与機材マルチスペクトルビューを用いてランドサット映像のカラー合成写真の判読から得られた土壌図について述べる。

2. ランドサット映像

米国航空宇宙局NASAの打上げている地球探査衛星ランドサットは、1972年の1号以来、軌道に沿って地球の観測を続け、小麦の収量予測のためのLACIE計画等をはじめ多くの成果を上げていることは知られている。任期中にレーザの得られた3号までのランドサットは約920kmの高度で、一日14軌道、同一地点を18日周期同時刻に通過するように地球を回り、約185km四方の範囲を1ゾーンとした観測データを地上受信局に送信していた。

ランドサットにはセンサーとしてマルチスペクトルスキャナーMSSとRBVカメラが搭載されているが、解析にはMSSによるデータを使用した。このデータは、1画素の大きさが地上分解能で58m×79mで、波長500nmから1100nmまでの次の4バンドが一組となっている。

バンド4	500 ~ 600 nm (緑)	バンド5	600 ~ 700 nm (赤)
バンド6	700 ~ 800 nm (赤外)	バンド6	800 ~ 1,100 nm (赤外)

フランスは、その国土から、この技術の重要性を認識し、1968年にリモートセンシングプロジェクトを導入し、1970年には地形解析に有用なマイクロウェーブセンサを用いたRADAMプロジェクトを開始し、縮尺25万分の1のレーザ写真地図を発行するとともに、小縮尺での資源分布の解析を行ってきた。リモートセンシング・プロジェクトは国立宇宙研究

所 INPE が推進させており、ランドサット・データの受信、処理と配布も INPE が行っている。1973年、世界で第三番目に開設されたクイアバの地上受信局で受信されたデータは、カジョエイラパウリスタ（サンパウロ州）に空輸され、映像化処理がなされ、写真やCCTの形で利用者に配布される（図1）。1979年には19,051枚の写真と146本のCCTを1,161人が利用している（8）。この研究で利用したランドサット映像は、主として70mmフィルム（縮尺337万分の1）と240mmペーパー（縮尺100万分の1）の写真であった。

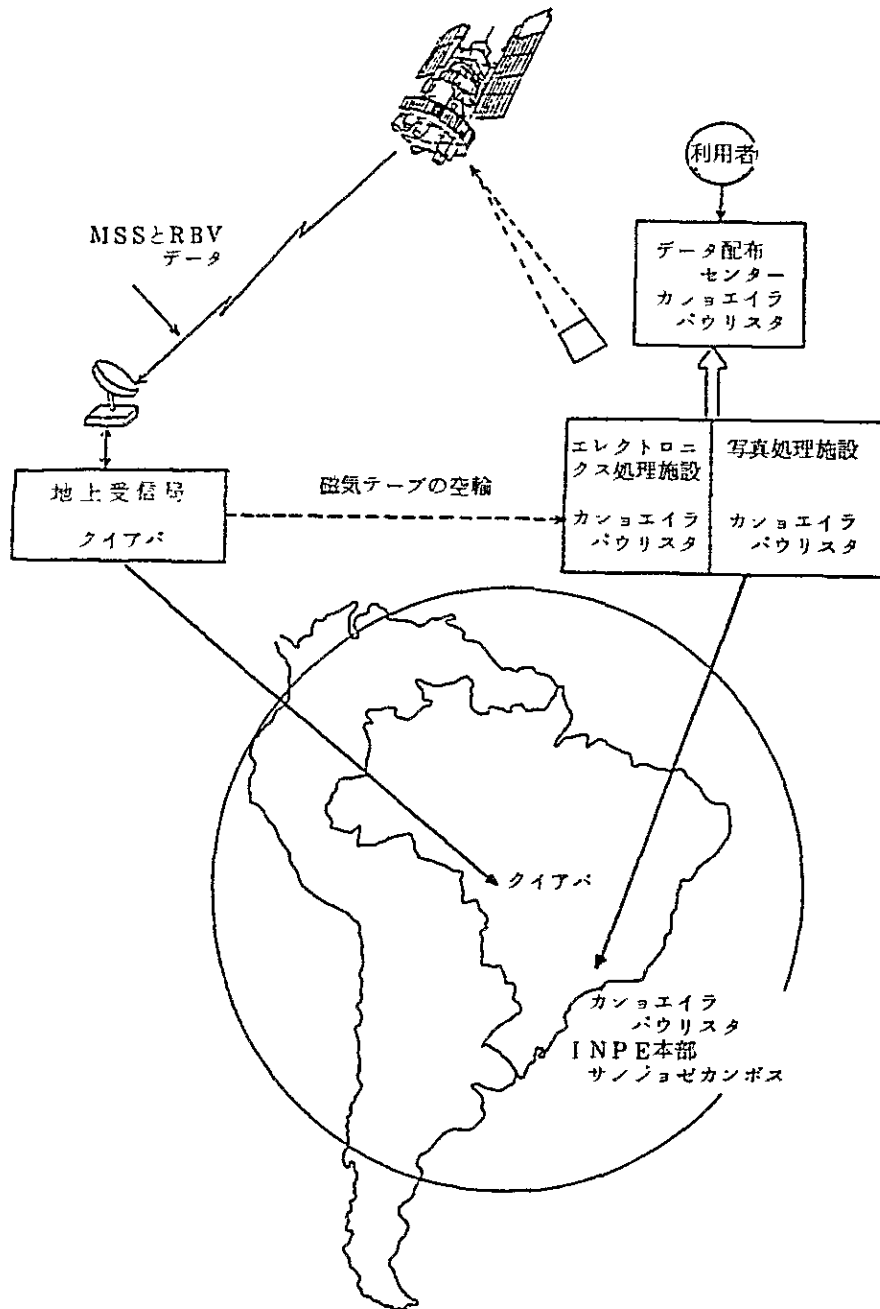


図1. ブラジルのランドサット・システム
 (原図 N.J.Parada, 1980)

3. ブラジリア経済地理圏の土壤図

CPACでは首都の影響下にある地域、ブラジリア経済地理圏(面積約30万km²)の調査を優先してきた。これは、農業人口の定着のための条件設定し、農工業を含む農業活動を刺激し、生活水準を向上させることを意図した政府のブラジリア経済地理圏計画等に応ずるもので、この政策を効果的に実行しうる優先地域を選定するための資料として、土壤図などの主題図を作成することを目的としている。調査は、地域の気象条件の他に、縮尺100万分の1図の形で植生、土地利用程度、土壤の分布等についての一連の研究を、既存情報にランドサット映像の判読解析を組合せて実施している。ランドサット映像の利用で、短期間で行政の要求に応えることが可能になった。

土壤図作成に際し、調査目的にかなった縮尺の既存土壤図(1, 2, 4, 5)は対象地域の3分の1で、残りは小縮尺で図化(3)されていたにすぎなかった(図2)。これらの土壤図は作成意図が異なるために、分類基準、縮尺、注釈はそれぞれ違っていたので、あらかじめそれらを統一する作業を実施した。

この解析は、マルチスペクトルビューワー(キャノンMSV-300)を使用したランドサット映像のカラー合成画像と5と7のランドサット印画写真の視覚判読を行い、さらに気象、地質、地形、植生および土地利用で採用できる情報も利用した。既存土壤図の有る地域について解析結果を検討した結果は、十分に満足できるものだったので、未作成地域にこの方法を拡大した。図示単位の確認のために現地調査を実施した。分類はEMBRAPA/SNLCSに従がい、22土壤クラスに区分し、単一土壤クラスとアソシエーションの単位で図示した(EMBRAPA/CPAC-SUDECO, 1981; Macêdo, J. & J.S. Madeira Netto, 1981)。写真1と図3にブラジリアのランドサット映像とその地域の土壤図例を示した。

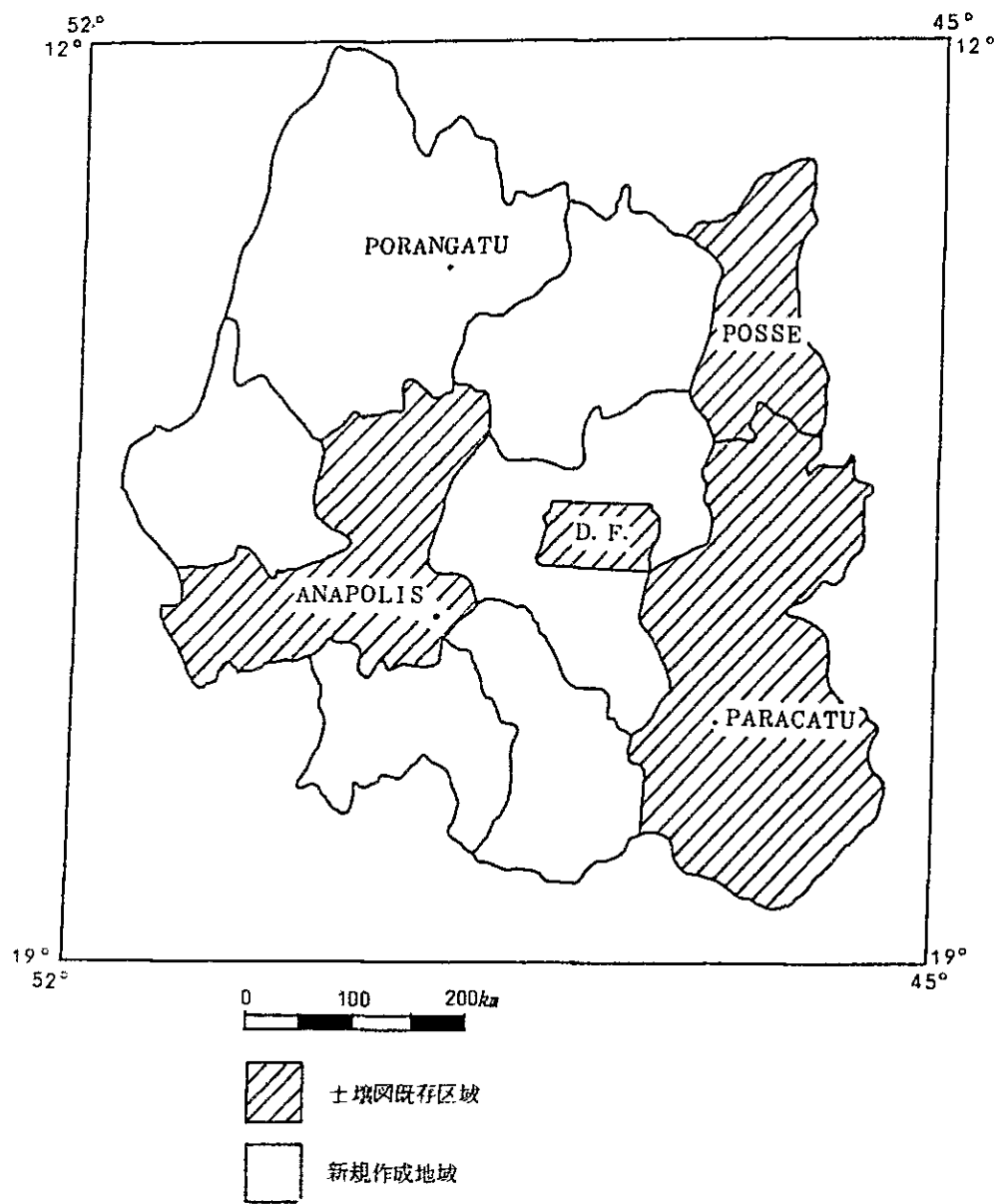
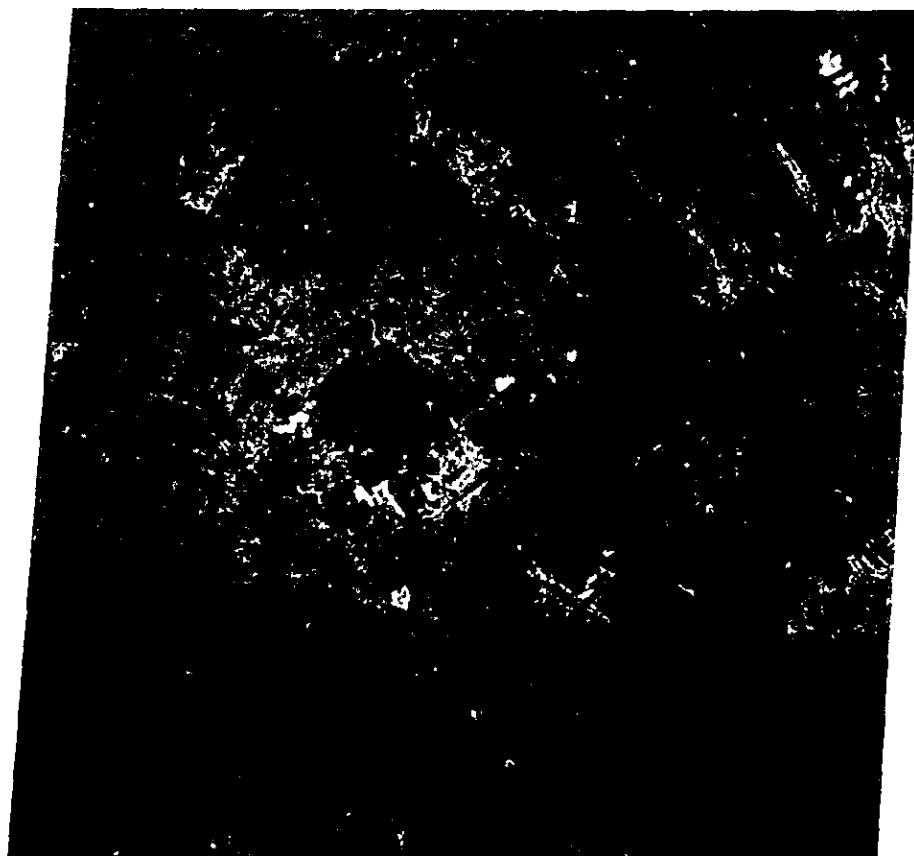
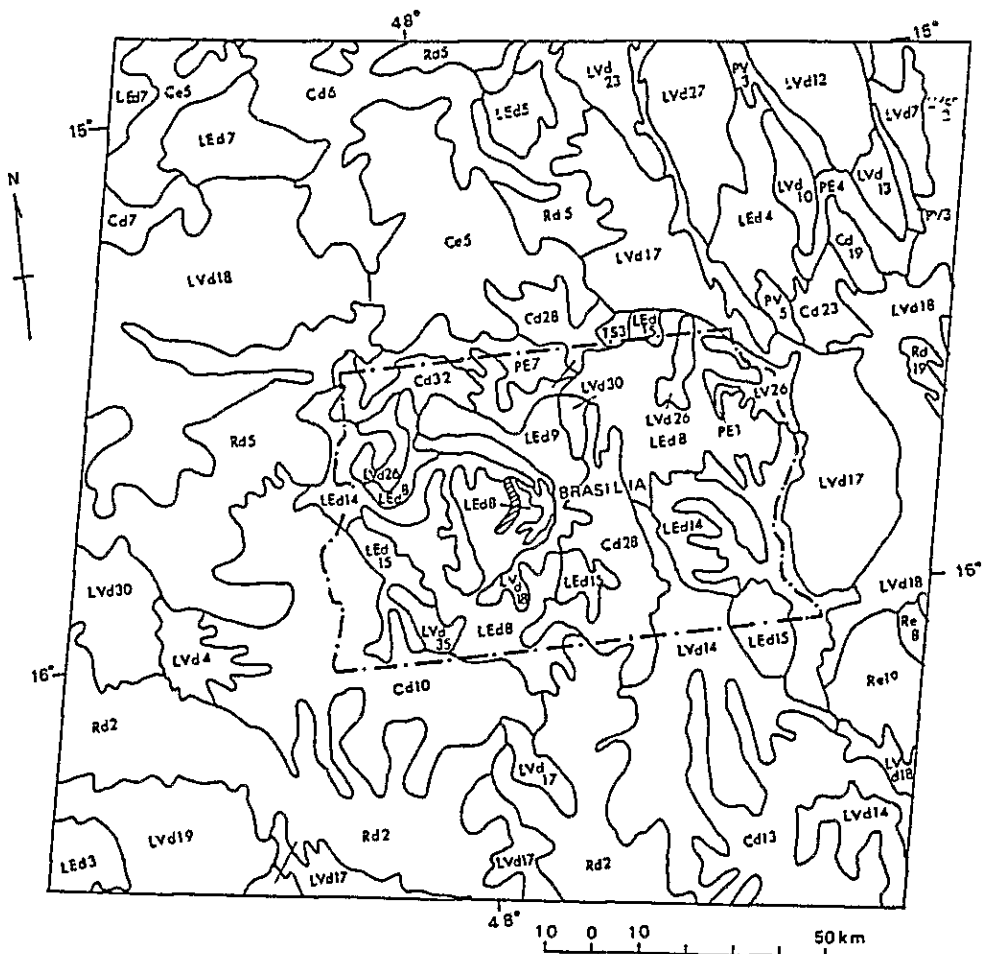


図2 ランドサット写真判読を基に100万分の1
土壌図を作成した地域(原図、J. Macêdo et al., 1980)



10 0 10 50km

写真-1 ブラジリアのランドサット写真
(1973年6月26日観測、CCTからの合成写真)



凡 附 (続 付)

土壌クラス	肥沃性	土性	植生型	地形	図示単位	土壌クラス	肥沃性	土性	植生型	地形	図示単位
暗赤色ラトソル	低栄養性	粘上質	中生樹林 セラドン	平坦/起伏	LEd3	黄赤色ポドソル	低栄養性	粘土質	中性樹林 カンボセラード	山地	PV3
				丘陵地	LEd4 LEd5					礫/強礫土	PV5
				平坦/起伏	LEd7						
				平坦/起伏	LEd8 LEd9						
				平坦/起伏	LEd14 LEd15						
黄赤色ラトソル	高栄養性	粘上質	中生樹林 セラドン セラード	丘陵地	LVd1 LVd7	構造性テラ ロシトソル	高栄養性	粘土質	中性樹林	礫土	TS3
				平坦/起伏	LVd10 LVd12						
				丘陵地	LVd13						
				平坦/起伏	LVd14 LVd17						
				丘陵地	LVd18 LVd19						
				丘陵地	LVd20						
				丘陵地	LVd27						
暗赤色ラトソル	低栄養性	粘土質	セラドン	平坦/起伏	LVcn2	カンピソル	高栄養性	粘土質	中性樹林	礫/強礫土	Ce5
				丘陵地	LVd23					礫/強礫土	Cd6 Cd7
				丘陵地	LVd26						Cd10
高栄養性黄赤色 ポドソル	高栄養性	粘土質	中生樹林	平坦/起伏	PE1 PE4	カンピソル	低栄養性	粘土質	セラドン セラード カンボセラード セラード カンボセラード	礫土/山地	Cd19 Cd23
				丘陵地/山地	PE7					強礫土	Cd28
				丘陵地	PE7					強礫土	Cd32
				丘陵地	PE7					強礫土	Cd32
				丘陵地	PE7					強礫土	Cd32
リトソル	高栄養性	粘土質	中性樹林	礫土	Re8	リトソル	高栄養性	粘土質	セラドン セラード カンボセラード	礫/強礫土	Rd2 Rd5 Rd10

図3 ブラジリア地理経済圏の土壤図(部分、原図縮尺100万分の1、
J. Macêdo et al., 1980)

4. おわりに

供試するランドサットデータの種類は解析機器と解析目標によってきまり、目的によって縮尺のレベルを定義しておく必要がある。フランスリア経済地理圏による検討からランドサット映像では立体視や航空写真並の解像力はえられないが、その解像力は視覚判読で利用する地域スケール水準の情報作成に充分応えられ、反復性や観測範囲の広さから単位面積あたりの費用が安いなどの利点を確認された。

現在必要としている情報は、主として縮尺100万分の1の天然資源の主題図の作成にあるが、次の段階では、縮尺25万分の1以上での天然資源の主題図作成や農業開発された地域のモニタリングが期待されている。データ判読の基礎となる分光特性データをグラントルースやデジタル解析で蓄積し、セラードの対象物の特徴をしる必要がある。

文 献

1. BRASIL, Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1966. 135p. (Boletim Técnico, 8).
2. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Pedológicas. Relatório final do levantamento de reconhecimento dos solos da margem direita do Rio Paraná-Goiás. Rio de Janeiro, 1975. 3v.
3. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Pedológicas. Mapa Esquemático dos solos das Regiões Norte, Meio Norte e Centro-Oeste do Brasil; texto explicativo. Rio de Janeiro, 1975. 553p. (Boletim Técnico, 17).
4. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1978. 455p. (Boletim Técnico, 53).
5. ESTADO DE GOIÁS. Secretaria da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos da microrregião do Matto Grosso Goiano. Goiânia, 1978. 2v.
6. GARCIA, G.J. & PIEDADE, G.C.R. Interpretação semi-automática da vegetação de Cerrado através de imagens Landsat. Depto. Engenharia Rural. Faculdade de Ciências Agrônômicas. UNESP, Botocatu, s/data. Mimeografado.
7. GREHS, S.A. Interpretação das imagens do satélite ERTS-1 da região de Brasília. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28. Porto Alegre, 1974. Anais. v.4, p.165-71.
8. PARADA, N.J.; "Collection, Processing, and Distribution of Remote Sensing Data from the Brazilian Receiving Station, Proceedings 14th Symp. Remote Sensing of Environment (ERIM), 1, p.55-64 (1980)
9. RODRIGUES, J.E.; CHIANG, L.C. & BALIEIRO, M.G. Trabalho de campo na folha Brasília - Vale do Rio Paraná. Relatório INPE nº 1378 - Rvi/029, 102p., 44 fig. 1 map. Inst. Pesq. Espaciais, São José dos Campos, 1978.
10. SANTOS, A.P. dos & NOVO, E.M.L.N. Avaliação do uso de dados do Landsat-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuário no sudoeste da Amazona. Tese de mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1977.

11. VALERIO FILHO, M.; HIGA, N.T. & CARVALHO, V.C. de. Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para o levantamento de solos. Tese de mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE,

セラード植生被の判読のためのランドサット写真の画像処理

1. はじめに

まだ自然のままにあるセラード地帯の開発計画を進める上で、植生の分布を知ることは基本的に重要である。Santosらの報告(4)は、ランドサット・テータの自動判断でセラード植生の分布図作成できることを示した。

自動判別による植生被の分類識別はリモートセンシング・テータの画像処理の重要な部分をしめているが、コンピュータと解析のためのソフトウェアを必要とするために、ブラジルではほとんど普及していない。マルチスペクトル画像の写真処理は、比較的安価であり、道具もあまり必要としない。また、処理によって分類対象物を強調できるので、画面を単純化できる。さらに、一画面を同時に処理できるなどの利点があり、小縮尺写真の判読に適している。

写真処理による自動判別法に、写真的に論理計算を行う二値マスク法がある(3)。二値マスク法では、原画像を超高コントラストのリスフィルムに焼付て二値画像を作製する。このフィルムは、ある露光量以上では全て黒化し、以下ではすべて透明になり、中間調を生じない。したがって、得られる画像は黒と白、すなわち、0と1の二値画像となる。

ランドサットの4バンドの写真の各について二値マスクを作製し、その内の3枚を3原色のフィルターで色わけして、合成すると、赤、青、緑、黄、シアン、マゼンタ、白、黒の8色の区分が可能である。

本研究では、ランドサット写真を用いた場合の判読効果を高めることを目的に、二値マスク法の判読効果を検討した。

2. 方法および材料

供試ランドサット写真はすべてブラリアのシーン(192-23)で、1980年5月20日、8月27日、10月20日と1981年2月5日に観測された。原画として、縮尺1:3,704,000のネガフィルムを用いた。

セラード植生の樹木の密度によってセラドン、セラード、カンボセラードに区分した。セラドンは、10-15mmの灌木が60%以上の植被率があり、上からみると樹冠で地面が見えない。セラードは灌木は小さく植被率は60%-10%である。カンボセラードはカンボスージュ、カンボリンボを総括した灌木が10%以下で疎生または草地である。写真処理のための分類クラスとして、セラドン、セラード、カンボセラード、森林の他に農地、市街地と水域の7クラス分けのためのしきい値を決めるために、縮尺100万分の1印画紙で各クラスの典型的なエリアを選択して、その写真濃度計(阿部設計2121型)で測定し、グレイスケールに換算した。

原画から超高コントラストフィルム(フジリスオルソフィルムLo100)を用いて、しきい

値をもとに、二値マスクを作製した。

各バンドの二値マスクはマルチスペクトルビューワ（キャノンMSV-300）で青、緑、赤のフィルターとくみあわせて、加色合成して、判読に供した。

3. 結 果

5月、8月、10月、2月の4時期のランドサット映像で測定した7クラスの写真濃度（図1）から、次の特徴を得た。森林とセラドンはほとんど同じ値を示し、両者を区別することは難しい。これらは他のクラスに比較してバンド5の値が低く、バンド7が高い。5月から10月までの乾期には、農地は裸地で、市街地に近似した値をあったが、2月では作物により森林と類似していた。セラードは全ての時期でどのバンドでも相対的に低い値を示した。水域は、バンド6と7でクラス間で最も低い値を示した。

図1からしきい値を決め（表1）、二値マスクを作製した（写真1）。例えば、8月のランドサット映像の場合、しきい値より低い値のクラスは次のとおりである。

バンド4 - 農地・市街地、バンド5 - カンボセラード・農地・市街地
バンド7 - 森林、セラドン・市街地

バンド4、5、7の二値マスクによる合成カラー映像で表2のように分類された。フィルターは青、緑、赤を用いている。8月の場合、映像の色とクラスの関係は次のとおりである（写真2）。

白 - 市街地・農地 シアン - カンボセラード 緑 - 火入れされたセラード
黄 - セラドン 赤 - 森林・セラドン 黒 - セラード・水域

赤色の森林とセラドンは写真濃度から区別は難しいが、黒色で表わされているセラードと水域はバンド7のしきい値をさらに低くすることで分離が可能である。セラードと水域の関係は5月と10月の映像でも同様な結果が生じている。

8月では、火入れ跡地が緑色で表われた。また、8月の合成映像でセラドンのある地域は白色で、一部は黄色で示されたが、これはバンド7のしきい値をセラドンのもつ濃度領域の中で決定したからである。このように広い巾の反射値を持つ対象は、決定されるしきい値によって、みかけ上、二つのクラスに分かれることがある。

表2に示されるように、一時期の映像の写真処理だけでは想定したクラス全てを判別できないことが認められた。したがって、いくつかの時期のデータの利用によって判別効果を高めることが考えられ、今後検討する。

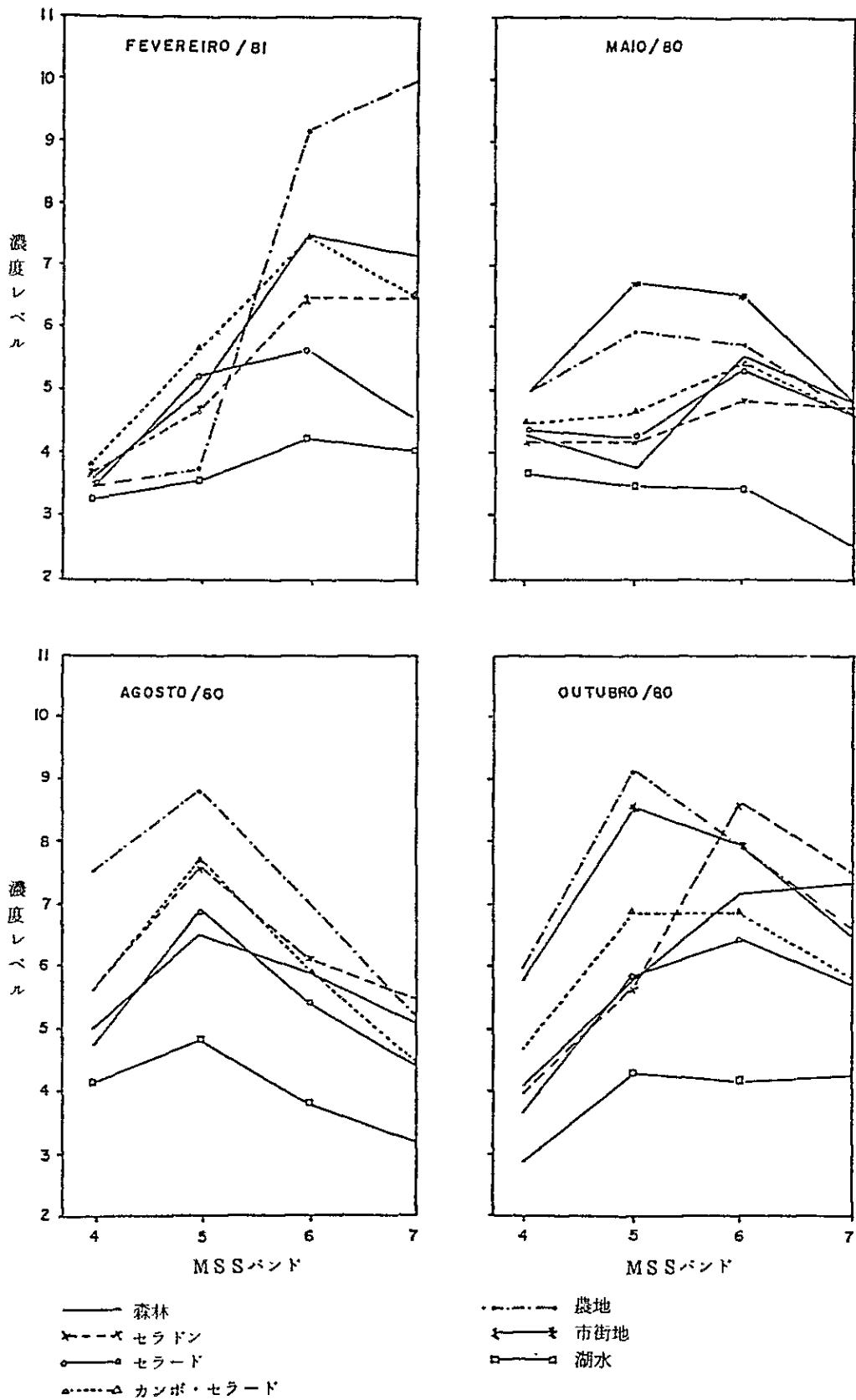


図1 ランドサット写真での判別クラスの濃度レベル(各々の写真のグレースケルに換算表示)

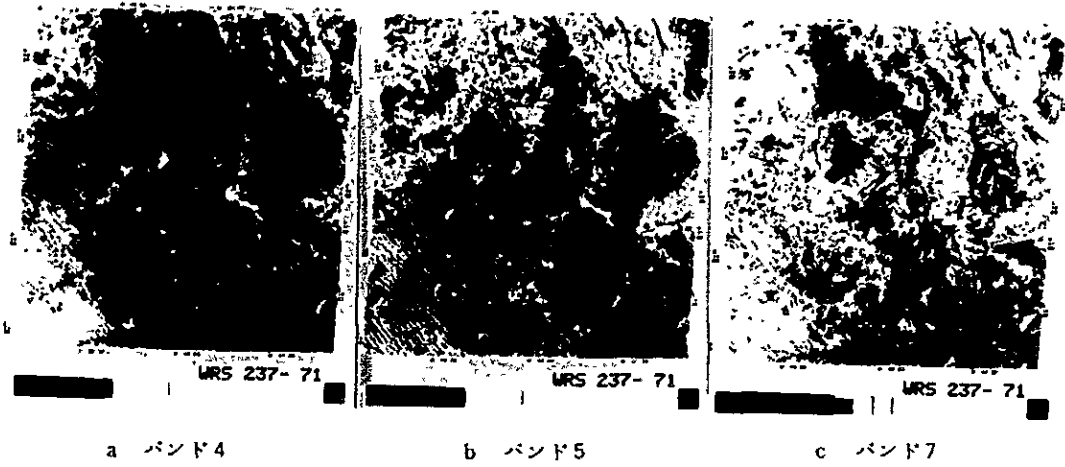


写真-1 ランドサット写真(1980年8月)の二値マスク



写真-2 ランドサット写真(1980年8月)の判別解析画像

白	市街地・農地	黄	セラドン
シアン	カンボセラード	赤	森林・セラドン
緑	火入地(セラード)	黒	セラード・湖水

表1. 2値マスクのしきい値(グレースケール・レベルで表示)

映 像	バンド 4	バンド 5	バンド 7
1. 80年 5月	5 0	4. 5	4 5
2. 80年 8月	5 5	7 0	5 5
3. 80年10月	5 0	7. 5	6 0
4. 81年 2月	3 5	5. 0	7. 0

表2. カラー判別画像の色と判別クラス

地 名	80年5月	80年8月	80年10月	81年2月
白	市街地	市街地・農地	市街地・農地	—
青	—	—	—	—
シアン	農 地	カンボセラード	カンボセラード	市街地
緑	カンボセラード	火入地	カンボセラード	カンボセラード 農地(牧草)
黄	—	セラドン	—	カンボセラード
赤	森林・セラドン	森林・セラドン	森林・セラドン	森林・農地(たけず)
マゼンタ	—	—	—	—
黒	セラード・湖水	セラード・湖水	セラード・湖水	セラード・湖水

3 結 論

超硬調フィルムで作製した二値マスクを用いたカラー合成映像で植生被を主にしたクラス分けを試みて、相対的に正確で、かつ、単純に行うことができた。

得られた分類結果を既存図(1、2)に記載されている植物相の情報と比較評価して、従来の視覚判読よりも容易に、記載精度の高い図を作製する可能性を認めた。

文 献

- 1 EMBRAPA SNLCS. 縮尺10万分の1連邦区土壤図、SNLCS, (1978)
- 2 EMBRAPA-CPAC/SUDECO. 縮尺100万分の1ブラジリア経済地理圏土壤図、
(1981)
- 3 江森康文、光学的画像処理、リモートセンシング、朝倉書店、P.233-256 (1976)
- 4 Santos, J.R. V. de Carvalho & H.Aoki, Characterization of Cerrado Vegetation Using Automatically Classified Landsat MSS Data, Proc. 14th Intr. Nat'l Symp. Remote Sensing of Environment, vol 2. P.1089-1099 (1980)

大豆の分光特性

1. はじめに

作物の同定と生育量の推定、さらに収量予想を行うことに、マルチスペクト映像の利用が考えられる。しかし、そのためには作物の分光特性とその季節変化あるいは生理的要因との関係を知ることが重要である。

太陽光に対する葉の分光特性の研究は広く行なわれてきた(5、9)。その研究により、可視、近赤外および中間赤外の3波長域で葉の分光反射特性が明瞭に特徴づけられることが示された。可視波長域(400~700nm)では、主として葉緑素やカロチン色素による吸収が大きく、その結果、反射率は低下する。これに対して、近赤外波長域(700~1300nm)では吸収が非常に少ないために、一般に、50%以上の反射率を示す。この現象は葉の細胞構造と関係がある。中間赤外波長域(1300~2600nm)では、葉の水分によって起る吸収帯とゆるやかに変化する高い反射率で示される。水分による吸収帯は1430、1950と2600nmである。

分光測光データの中にあられる物質とエネルギーの相互関係から植被のタイプの違いを区別することが可能である。Raoら(1978)は350~1850nmの波長帯での分光反射率を研究して、穀類のいくつかの種類を分離することができた(7)。Collins(1970)は赤と近赤外の反射についての研究を通して、コムギやソルゴーのような穀物とアルファルファなどの他の作物の区分が可能であることを示した(1)。他の研究でも作物の区分が分光データからできることを確認している(4、8)。

また、反射指数とバイオマスまたは収量の関係についても文献に記載されている。Kane-masu(1974)は、コムギ、タイズおよびソルゴーについて、葉面積指数と545と655nmの比の間で相関係数が0.75~0.96、近赤外(750nm)の間では相関係数が0.64~0.98であることを見出した。Pearsonら(1976)は牧草についてバイオマスと近赤外(800nm)と赤(680nm)の反射比の間により相関のあることを見出した(6)。福原ら(1978)はコムギの生育期のバイオマスや収量と850と650nmの反射比の対数の間により相関のあることを示したが(2)、作物の全生育期間に有効な万能式は存在しないことを示されている。見出された関係は作物の植っている土壌の反射でも変化していた。

この研究は、4品種のダイズの分光特性を生育の4時期について測定し、収量やバイオマスとの関係、かんばつの影響について統計的に検討することを目的としている。

2. 材料と方法

CPAC 内試験圃場に、4品種のタイズ(Cristalina、Doko、IAC-2、UFV-1)を供試し、灌水区と無灌水区の2処理、3反復の試験区(8m×4.6m)について、ダイズの

分光反射率を測定した。試験圃場の土壌は低肥沃性粘土質の暗赤色ラトソルであった。

播種は3月17日で、乾期に栽培し、灌水区では栽培期間中適切な量で灌水したが、ペラニコを想定した無灌水区では播種後64日目からほぼ4週間灌水を止めた。肥料は全区共通で、 K_2O 80、 P_2O_5 100、 N 100、 Zn 3、 MgO 8 および FTE BR-20 10kg/ha を施肥した。

分光反射率は簡易分光放射計（阿部設計2701型）を用い測定した。測定に際し、放射計は地表から約1.65mに保ち、目標まで約3mの距離になるように位置した。測定波長は、450、500、550、650、750と850nmであった。反射率を計算するために、ダイズと交互に $BaSO_4$ 標準白色板（反射率100%）を測定した。測定は播種後50日目から始め、約3週間の間隔で計4回、9時30分から12時の間に圃場で自然光の条件下でおこなった。

分光測定と同じ日に、葉面積計（林電工）を用いて、各区毎に抜きとった試料について葉面積を測定し、葉面積指数を決定した。

また、生育調査を行ない次に示す13段階の生育期の月日を記録した。

V₀ : 発芽期、V₁ : 第一本葉節期、V₂ : 第4本葉節期、V₃ : 第6本葉節期、R₄ : 開花始め、R₅ : 開花期、R_{5.5} : 着莢期、R₆ : 莢成長期、R₇ : 莢長2cm期（第4本葉節）、R₈ : 種実肥大始め（第4本葉節）、R₉ : 登熟期、R₁₀ : 成熟期、R₁₁ : 収穫期。

3. 結果と考察

3-1 ダイズの生育過程

供試したダイズの生育状況は図1aと図1bに示した。栄養生長の4時期はほぼ一致して

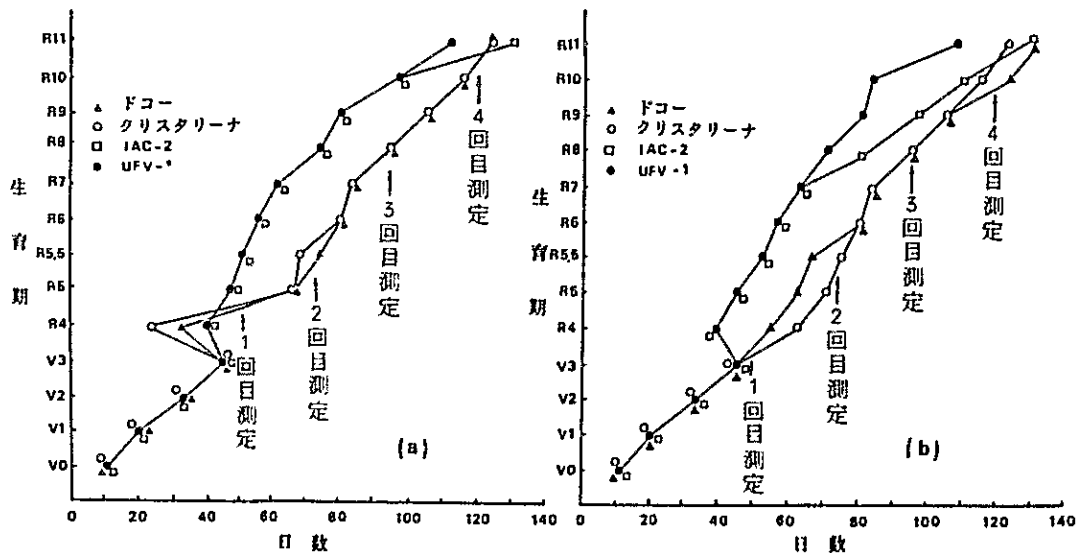


図1 供試ダイズの生育期 - (a) 灌水区、(b) 無灌水区

いたが、生殖生長期では、IAC-2とUFV-1は灌水区で生育が早く進んだ。無灌水区では、さや長2cm期で、IAC-2の成育が遅れ、UFV-1よりもDokoやCristalinaに近かった。DokoとCristalinaは非常に似た成育をしていったが、この二つの品種間ではっきりした違いをみせたのは、灌水区でDokoの開花始めがCristalinaより20日程早かったときである。無灌水区では、DokoのR4、R5とR55期に達するのが、Cristalinaと比較して一週間遅く、成熟期と収穫期ではさらに7~9日遅くなった。

分光反射率の測定を実施した日は図1aおよび図1bに印をつけている。第1回の測定時には、Cristalinaはまだ栄養成長期であった。Dokoは50%以上開花しており、早生品種ではさやをつけ始めていた。第2回目では、灌水区で晩生二品種はまだ生殖成長が始まっていなかったが、早生二品種ではR5とR55期の中間段階まで進んでいた。無灌水区ではUFV-1がR8を過ぎた段階まで進んでいたが、IAC-2ではそこまで達していなかった。DokoとCristalinaはそれぞれR55期とR55とR6の中間期にあった。

第3回(96日目)の測定時では、DokoとCristalinaは両処理区共にR8期に達していた。またUFV-1は50%以上黄化し、成熟期に達し、IAC-2は灌水区で成熟期になっていたが、無灌水区ではやや遅れていた。第4回、最後の測定日では、灌水区で、DokoとCristalinaは成熟期、UFV-1は収穫期、そして、IAC-2はその中間であった。無灌水区では、UFV-1は収穫期、IAC-2とDokoは成熟期と収穫期の間、Cristalinaはほとんど成熟期に達していた。

各品種の成育は灌水区と無灌水区によって違いをみせ、ペラニコを想定して播種後64日目から灌水を止めた被害は、成育が促進される形であらわれた。収量ではその害ははっきり示され、CristalinaとUFV-1は45%、IAC-2は83%の減収であったが、Dokoは17%の減収にとどまった(表1)。

4回の分光反射率測定日の葉面積指数を表2に示した。葉面積指数は全ての品種で6月1日まで増加し、その後減少した。

表1 供試ダイズの子実収量

品 種	処 理	子実収量(kg/ha)	CV(%)
ドコ	無灌水区	2.677	13.1
	灌水区	3.220	13.1
クリスマリーナ	無灌水区	1.392	32.3
	灌水区	2.535	9.0
IAC-2	無灌水区	.128	137.7
	灌水区	.739	31.2
UFV-1	無灌水区	.835	43.5
	灌水区	1.545	14.5

表 2. 分光反射率測定日のダイズの葉面積指数

		葉面積指数 LAI							
		5月7日		6月1日		6月23日		7月16日	
		LAI	CV(%)	LAI	CV(%)	LAI	CV(%)	LAI	CV(%)
ドー	無灌水区	1.583	325	3938	95	3923	26.1	0.977	188
	灌水区	1.179	131	3955	248	3.543	28.3	0.847	432
クリスタリーナ	無灌水区	1.371	375	3280	24.0	2.982	36.1	0.819	48.4
	灌水区	1.497	252	3120	131	3.177	17.7	2.355	95.7
IAC-2	無灌水区	1.413	279	1857	239	1.528	8.8	1.184	35.8
	灌水区	1.811	20.6	1.790	21.5	1.723	34.1	1.926	29.4
UFV-1	無灌水区	2.002	280	2.091	8.1	1.315	36.7	1.129	43.5
	灌水区	1.619	26.9	1.849	11.1	0.547	16.6	0.657	74.8

3-2 ダイズの分光反射率

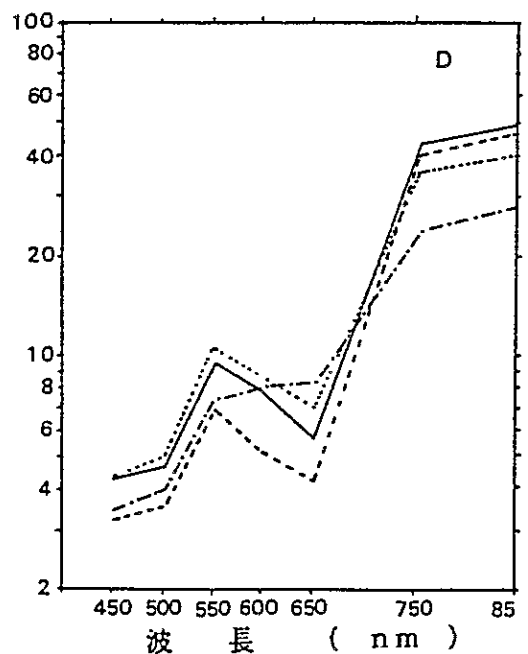
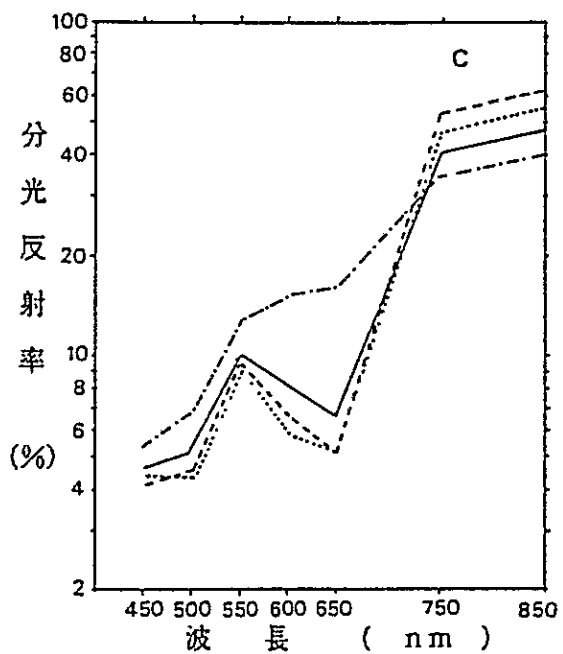
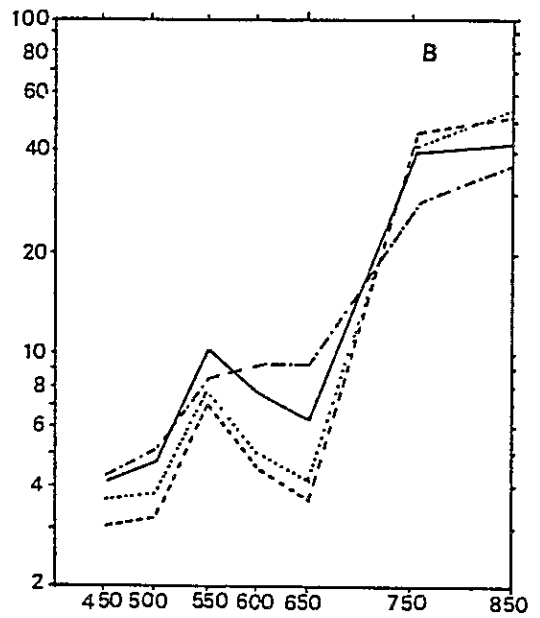
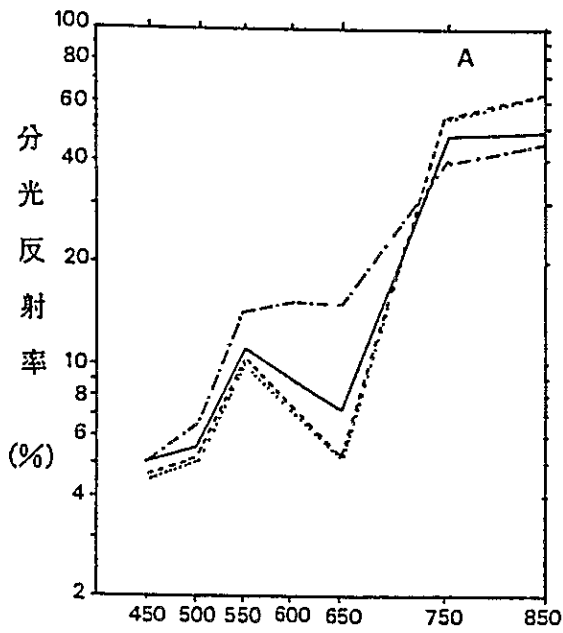
1981年5月7日から7月16日までに得た分光反射率測定結果の平均値を図2aと図2bに示した。ダイズの分光反射率曲線は、可視域で低く、近赤外域では相対的に高い特徴があった。可視域の青(450~500nm)と赤(650nm)で最低の反射率、緑(550nm)で高い反射率のピークが記録された。最後の測定日に観察された葉の黄化は黄(600nm)と赤で反射率が増加していた。

このような分光的特徴について生理学的な説明がなされてきた(5, 9)。近赤外の750と850nmで高い反射率が記録された。それはこの波長域で植物の放射吸収が無いことと葉による回折効果と報告されている(3)。赤外域で黄化に伴う反射率の減少は図2aと図2bでもみられる。この現象は葉肉部分で水分が欠乏してくるためと考えられた(3)。

4品種のダイズ共に一般的な形では同じ反射特性を示したが、各々の波長で詳しくみれば、反射率は品種間で異なっていた。4回の測定毎に偏差分析の結果、実際に、全ての波長で品種間に95%の信頼限界で有意な差のあることが示された(表3)。わずかに、播種後50日目650、750と850nmの波長で有意な差が認められなかった。この分光特性の違いにより、供試品種をリモートセンシングで区分できることを示唆している。

上述した結果は、各々の測定日の単一波長について4品種間の統計的な差を検討したが、表3は、同じ日の複数の波長(例えば、1981年6月1日の650と850nm)あるいは異なる測定日の同じ波長(例えば、1981年6月1日と21日の850nm)の反射率を比較することも可能であることを示している。

反射率の経時変化を観測して、圃場で観察された作物の成長とバイオマスの増加は、可視

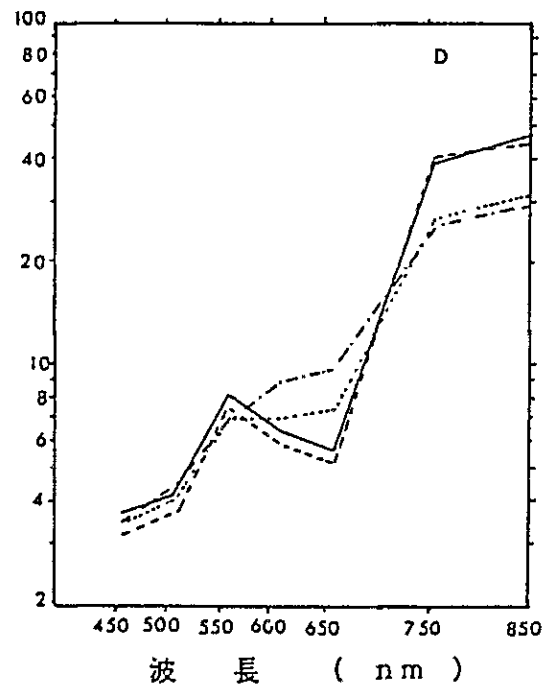
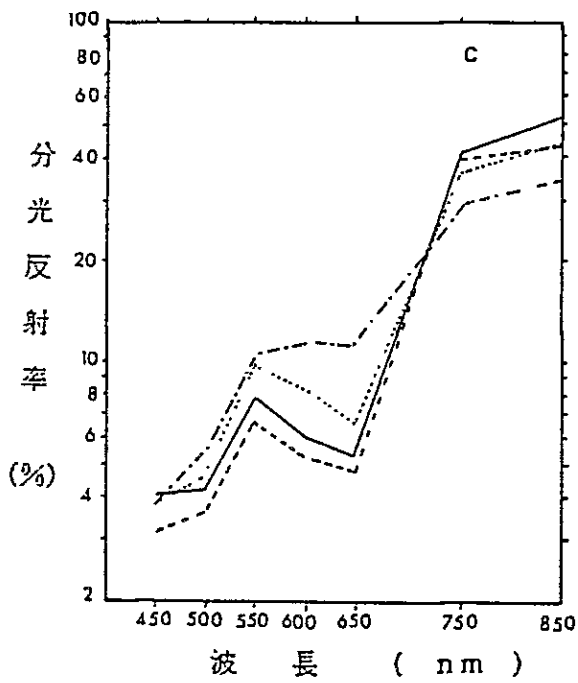
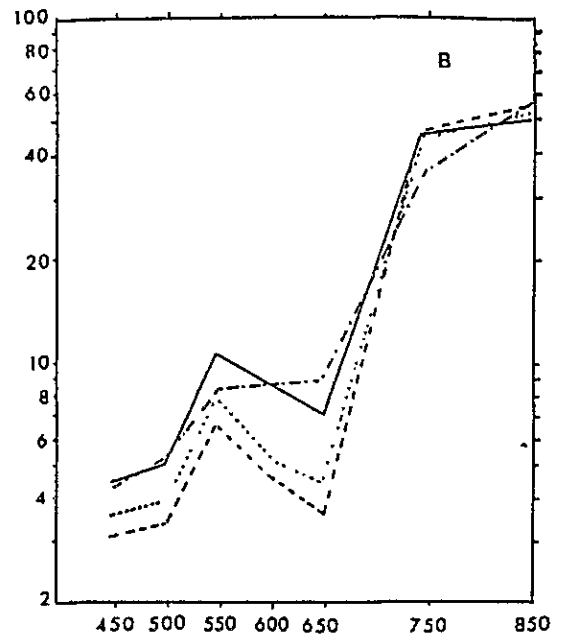
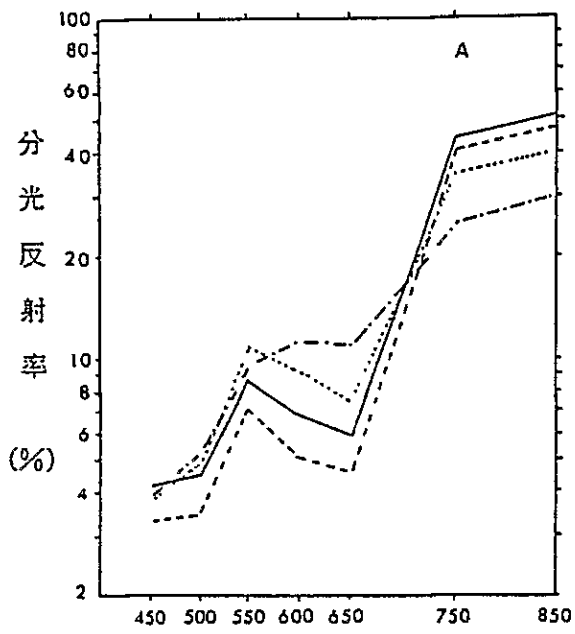


— 播種後50日
 - - - 播種後76日

- - - 播種後90日
 - · - 播種後119日

図2 a かん水区ダイズの分光反射率

A. フコー B. クリスタリーナ
 C. IAC-2 D. UFV-1



————— 播種後50日
 - - - - - 播種後76日

- - - - - 播種後96日
 - - - - - 播種後119日

図2b 無かん水区タイズのス光反射率

A. ドコー B. クリスタリーナ
 C. IAC-2 D. UFV-1

表3 供試サイズ(4品種)の平均分光反射率

品 種	測 定 日	波 長 (nm)							
		450	500	550	600	650	750	850	
トコ		4.81 a*	5.39 a	10.66 a	8.62 a	6.91 a	44.40 a	49.66 a	
クリスタリーナ		4.34 ab	5.08 ab	10.76 a	8.43 ab	6.91 a	43.80 a	48.05 a	
IAC-2	07/05/82	4.25 b	4.43 cd	8.34 b	6.43 c	5.54 a	41.75 a	52.00 a	
UFV-1		4.09 b	4.69 c	9.35 b	7.62 cb	6.03 a	43.75 a	51.65 a	
CV (%)		8.25	7.06	9.71	9.48	8.44	11.72	11.70	
トコ		4.39 a	4.86 a	9.67 a	6.95 a	5.27 a	55.20	64.85 a	
クリスタリーナ		3.11 b	3.39 c	7.00 b	4.65 d	3.57 c	47.77	55.95 b	
IAC-2	01/06/81	3.21 b	3.51 bc	6.90 b	5.22 c	4.64 b	38.65 c	38.65 c	
UFV-1		4.38 a	3.84 b	7.72 b	5.86 d	4.97 a	43.06 bc	50.00 b	
CV (%)		7.57	8.55	10.49	6.83	5.10	8.07	9.19	
トコ		4.43 a	4.71 a	9.44 b	6.46 b	5.18 b	50.68 a	62.04 a	
クリスタリーナ		3.67 b	3.98 b	8.05 c	5.31 c	4.33 b	44.11 b	53.69 b	
IAC-2	23/06/81	3.84 b	4.81 a	10.41 a	8.80 a	6.92 a	34.64 c	41.65 c	
UFV-1		4.09 ab	4.85 a	9.26 b	8.49 a	7.63 a	33.30 c	38.79 c	
CV (%)		10.20	8.45	7.37	7.84	11.67	7.28	6.52	
トコ		5.18 a	6.66 a	13.52 a	15.19 a	15.60 a	37.45 a	44.15 a	
クリスタリーナ		4.09 b	5.22 b	9.22 b	10.22 b	10.03 bc	30.23 b	37.06 b	
IAC-2	10/07/81	3.91 b	5.37 b	10.01 b	11.22 b	10.92 b	26.70 bc	31.95 c	
UFV-1		3.66 b	4.44 c	7.55 c	8.99 c	8.47 c	25.70 c	30.65 c	
CV (%)		8.11	6.29	11.11	7.38	9.16	10.90	8.09	

• Duncanテスト、同記号は5%水準で有意差なし

域の反視率の低下と近赤外の値の増加で確められた。4回目、最後の測定日における黄化と共に落葉が赤外の反射を低下させ、可視域の反射を増加させた。この経時的変化は統計的に有意であった。

灌水の停止で生じた水分欠乏で収量は低下したが、灌水区と無灌水区の処理間の有意な差は反射率に対してどの波長でも認められなかった。

3-3 反射特性とバイオマス

分光反射率測定と同時に葉面積指数を計測したが、この葉面積指数と反射率からえた反射指数との間の回帰分析を試みた。テストした反射指数は、測定7波長の外に、 R_{850}/R_{650} 、 R_{650}/R_{550} および $(R_{850} - R_{650}) / (R_{850} + R_{650})$ であった。

表4に回帰式と相関係数を示した。相関係数は品種による変動が目立ち、Dokoでは0875までの高い相関が得られたが、IAC-2では0.260しか得られなかった。この差は葉面積指数決定のための試料のサンプリングに問題があったと考えられる。Dokoの場合は生育

表4. 葉面積指数LAIと分光反射率指数の回帰モデルと相関係数

品 種	回 帰 式	r
ドコー	$L = -0.343 + 0.328 IR/R$	0.817
	$L = -0.057 - 0.008 IR + 0.345 VI$	0.818
	$L = -3.765 + 2.762 R/G$	0.875
	$L = -4.263 + 0.484 IR/R + 1.762 VI$	0.874
	$L = -2.881 + 0.153 R + 0.475 IR/R$	0.860
クリスタリーナ	$L = -0.381 + 0.187 IR/R$	0.567
	$L = 1.368 - 0.025 IR + 0.214 VI$	0.594
	$L = -0.101 + 0.702 R/G + 0.193 R/G$	0.571
	$L = 1.1801 + 0.013 IR/R - 7.689 VI$	0.654
	$L = 3.230 - 0.310 R + 0.076 IR/R$	0.647
UFV-1	$L = 0.592 + 0.194 IR/R$	0.626
	$L = 0.016 + 0.002 IR + 0.185 VI$	0.627
	$L = 1.140 + 0.702 R/G + 0.122 R/G$	0.692
	$L = 4.784 + 0.043 IR/R + 2.662 VI$	0.712
	$L = -0.872 - 0.084 R + 0.153 IR/R$	0.636
IAC-2	$L = 0.066 + 0.073 IR/R$	0.200
	$L = 1.584 - 0.017 IR + 0.062 IR/G$	0.232
	$L = 1.811 - 0.972 R/G + 0.062$	0.216
	$L = 3.329 + 0.012 R/R - 1.345 VI$	0.233
	$L = 2.634 - 0.16 IR - 0.005 IR/R$	0.259

L: LAI、G: 550 nm の分光反射率、R: 650 nm の分光反射率
 IR: 850 nm の分光反射率、 $VI = (IR - R) / (IR + R)$

が極めて均一であったので、少ない試料でも区を代表していたが、IAC-2では均一性に欠け、また、栽植密度にばらつきがあったためと考えられる。表1の収量データの変動係数は試験区間の不均一性の程度に対応している。CristalinaとUFV-1の値は先に述べた2品種の中間の値であった。

最後に、4回の計測で得られた反射指数と収量との間の回帰式と相関係数を求めた。最も高い相関係数は播種後76日(1981年6月1日)の測定結果から得られ、その相関係数は0.777であった(表5)。収量とよい相関のえられた波長は850、550及び650nmであった。

表5. 播種後76日目の子実収量と分光反射率指数の回帰モデルと相関係数

回	帰 式	r
	$Y = -3934.48 + 1031.0 IR$	0.754
	$Y = -4879.84 + 494.94G + 2006.5 IR - R$	0.770
	$Y = -4222.58 + 1233.7G + 905.9R$	0.777
	$Y = -3937.45 + 113.69 IR - 47.42 IR/R$	0.765

Y:子実収量(kg/ha)、G:550nmの分光反射率、R:650nmの分光反射率、IR:850nmの分光反射率

4. お わ り に

4品種のタイズについて生育期間中に4回の測定を行ない、分光特性を通じて供試品種の区分が可能であることが知られた。

また、いくつかの反射指数から、バイオマスや収量を推定する可能性のあることを認めた。

水分欠乏の影響は、はっきり汲収しているにもかかわらず、測定したどの波長でも統計的に有意な差としてあらわれなかった。

農業生産計画にとって重要な収量予測の予測手段の一としてリモートセンシングが考えられるが、得られた結果から、分光特性データの利用の可能性は高く、この研究の継続は必要であろう。

文 献

1. COOLINS, W. Remote sensing of crop type and maturity. Photogrammetric Engineering and Remote Remote Sensing. 44 (1): 43-55.
2. FUKUHARA, M.; SAITO, G.; YASUDA, Y. Field measurement of spectral reflectance factor of wheat by using a portable spectroradiometer. Photogrammetry and Remote Sensing 75 (3): 15-22.
3. GATES, D.M. Physical and physiological properties of plants, p.224-252. IN Remote Sensing with Special Refeto Agriculture and Forestry. National Academy of Sciences. Washington, D.C. 1970.
4. KANEMASU, E.T. Seasonal canopy reflectance patterns of wheat, sorghum and soybean. Remote Sensing of Environment. 3: 43-47. 1974.
5. MOSS, R.A.; LOONIS, W.E. Absorption spectral of leaves. In the visible spectrum. Plants Physiology, 37: 377,1952.
6. PEARSON, R.L.; TUCKER, C.J.; MILLER, L.R. Spectral mapping of short grass prairie biomass. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 42 (3): 317-323. 1976.
7. RAO, V.R.; BRACH, E.J.; MACK, A.R. Crop discriminability in the visible and near infrared regions. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 44 (9): 1179-1184. 1978.
8. SINCLAIR, T.R.; HOFFER, R.M.; SCRHEIBER, M.M. Reflectance and internal structure of leaves from several crops during growing season. Agronomy Journal 63 (6): 864-868. 1971.
9. WIEGAND, C.L.; H.W. GRAUSMAN; and W.A. ALLEN. Physiological factors and optical parameters as bases of vegetation discrimination and stress analysis. p.82-102. IN Seminar on Operational Remote Sensing (Proceedings). The American Society of Photogrammetry, Houston, Texas 1972.

ランドサット写真による農業開発計画地区のモニタリング

1. はじめに

耕地として利用の歴史の浅いセラードでは、農業開発後の農地利用の推移に関する資料は少ない。生産拡大にともなう土地利用状況の変化を的確に把握することは、地域開発計画の作成や環境保全のために基本的に必要である。ランドサット映像はこのような調査に有効と考えられる。

ランドサットは1973年にテータ配布を開始したが、時を同じくして、セラード開発計画がアルトパラナイバ(ミナスジェライス州)ではじまった。したがって、この地域のランドサット・テータを解析すれば、開発の進捗状況を初期段階から知ることができ、他の地域の参考となるであろう。本研究は、アルトパラナイバ開発計画(PADAP)地区を対象に、ランドサット写真を用いて、1973年から1979年までの土地利用の発展と、1977年と1978年の作付実態について解析を試みて、ランドサット映像の利用の可能性を検討したものである。

2. 解析方法

1) PADAPの概況

この計画は、1973年9月に連邦、ミナス州、ルナミナス公社およびコチア産業組合の協力によりセラード開発のためのモデル計画として発足した(1)。計画面積は63,000 haで、内、コチア組合員(90家族)の入殖面積は24,226 ha(1975年満殖)である。ミナスジェライス州アルトパラナイバのこの地区(図1)の自然条件は標高1100~1150 m、

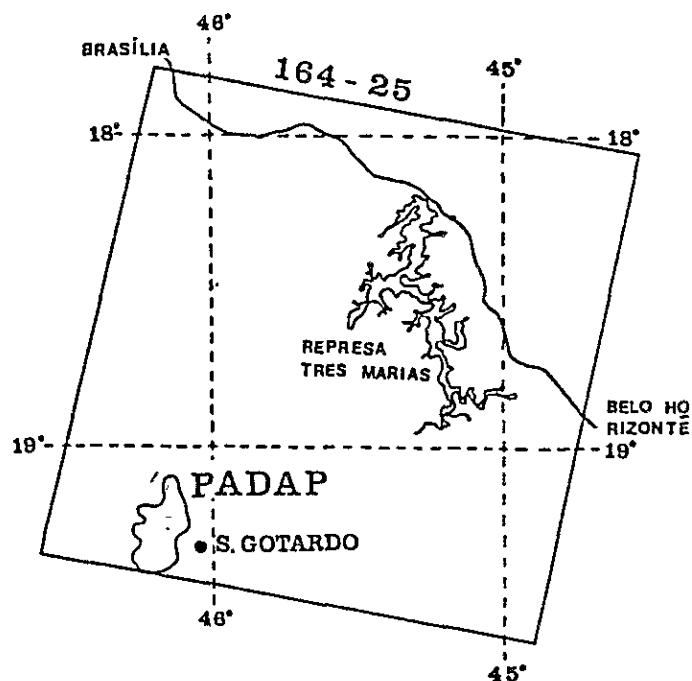


図1 バダップ(PADAP)地区の位置

年平均気温 19～23℃、年間降水量 1400～1750mm、10月から3月までが雨期である。地形は平坦または波状地形で、土壌は主として黄色ラトソルまたは黄赤色ラトソルである。

2) ランドサット映像の判読

供試ランドサット写真(192-23:トレスマリア貯水湖)はポジフィルム(縮尺1:3,704,000)で、耕地面積の解析には6月あるいは7月の写真、作付面積にかんしては2、5、6月の写真を利用した。写真は縮尺100万分の1に引伸した後、マルチスペクトルビューワー(キャノンMSV-300)で合成して判読した。ビューワー上のランドサット映像は縮尺20万分の1であった。

ランドサット映像からはPADAP地区と他を区別できないので、境界および作付面積等の資料はコチア産組から得、判読結果と比較した。

3 結 果

1) 耕地拡大状況に関する解析

耕地拡大状況を的確に知ることは開発計画の円滑な推進に役だつ。PADAPの開発の経緯を写真1で示した。1973年の計画発足当時は前所有者により一部開墾されていた。

1975年写真で前年に比較して耕地が最も増えていることが知れる。1977年から1978年にかけてはほとんど増えておらず、造成が一段落したことを示していた。図2と表1に耕地造成の経過をまとめた。

判読結果は1977年以降で10%以下の差で合致をみたが、それ以前では資料に比べて低い値になっている。ランドサットの観測時(6、7月)と資料集計時(12月)にずれがあり、入殖当初は年間を通した造成で、流動的なために、両データは合致しなかったと考えられる。このような差を軽減するためには、集計時に近いデータを用いる必要がある。

2) 作付面積についての解析

造成された耕地の管理のために、作付実態を知ることが必要である。データの入手できた1977、1978の両年について、2、5、7月の写真のカラー合成映像から、作付されている作物の判読を行ない、その可能性を検討した。3時期の写真を利用したのは、それぞれの時期で作付作物がことなり、一時期のみでは全容が捕まえられないからである。例えば、2月では大豆とコーヒー、5月には小麦とコーヒー、7月には一年生作物は収穫され、コーヒーが残るので、映像の表れる変化からその一年間の作付を知ることができる。しかし、2月には早生大豆は収穫され、実際には直接に観察することができないので、1～2月の、さらに早い時期のデータが必要である。しかし、両年共に雲のためにデータが得られなかったので、現地の情報から、裸地の畑はすべて大豆として扱った。

1977年と1978年の判読結果(図3、図4)に基づいて、作物毎の面積を集計した



a) 1974年6月19日



b) 1975年6月14日



c) 1976年6月26日



d) 1977年7月18日

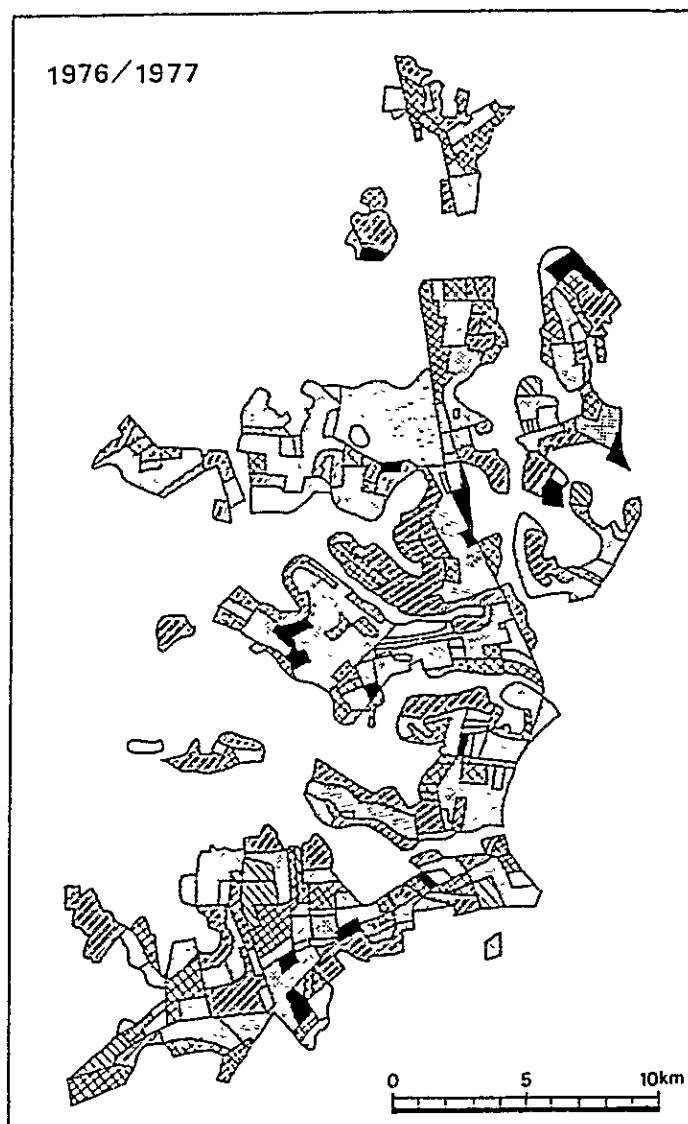
写真1 バダップ地区のランドサット写真(バンド5の縮尺
370万分の1から20万分の1に拡大)



図2. ランドサット写真から判読した耕地造成

表1 1973~1979年度の農地開発面積(ka)の推移とランドサット写真の判読結果

	73/74	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80
CAC-CC(A)	559	7,313	19,385	18,313	20,144	20,595	22,009
LANDSAT(B)	933	4,550	15,233	18,316	20,549	22,349	22,566
B/A	1.67	0.62	0.79	1.00	1.02	1.09	1.03









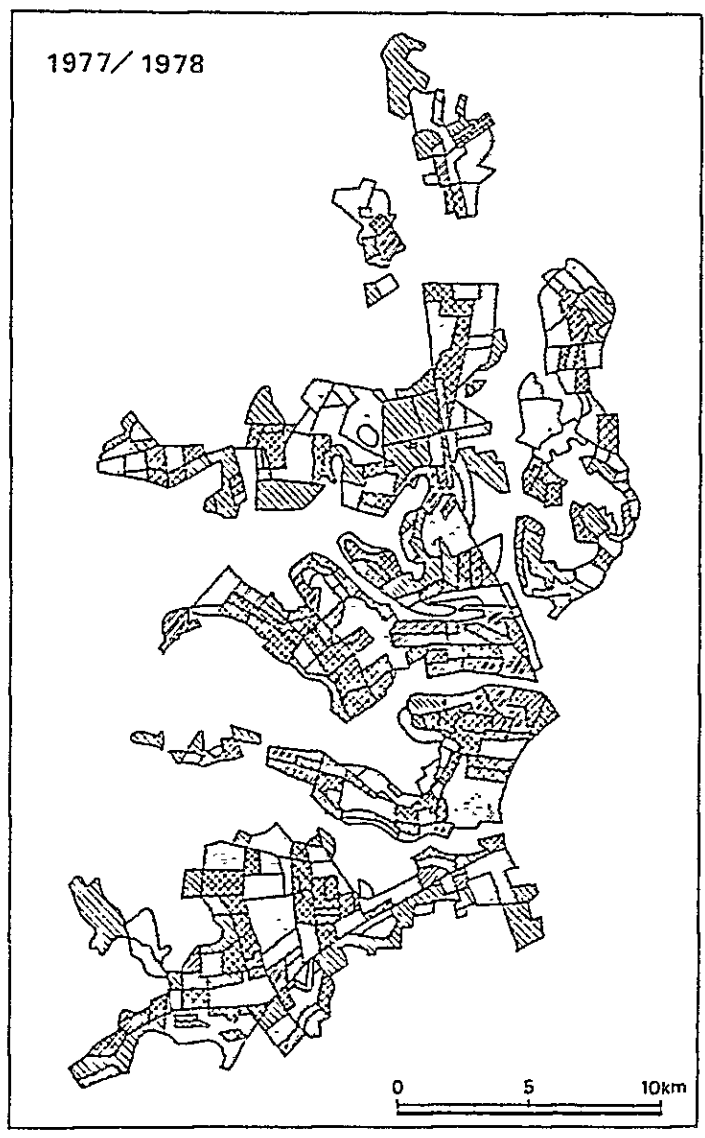
- | | | |
|--|---|--|
|  ダイズ |  ダイズ-コムギ |  ダイズ? |
|  コーヒー |  新開地 |  放任地 |

図3 ランドサット写真判読によるバダップ地区の1976/1977年の作付図



- | | | |
|--------|-----------|--------|
| □ ダイズ | ▨ ダイズ-コムギ | ■ ダイズ? |
| ▧ コーヒー | ▩ 新開地 | □ 放任地 |

図4 ランドサット写真判読によるバダップ地区の1977/1978年の作付図

(表2)。大豆では両年共に良い結果が得られ、1977年の合致率は101%、1978年は94%であった。小麦では130%と81%で、妥当な数字であった。コーヒと造成地については良い結果は得られなかった。1977年ではコーヒの木はまだ小さく、土壌を被覆する葉が少ないので、コーヒ園と造成地は写真には同じ様に表われたと考える。また、1978年には、コーヒの判読は圃場の面積が写真上で小さいのと、周辺セラードと類似して見えるので、困難であった。

表2 主要作物の作付面積 (ha) とランドサット写真による同定

a. 1976/1977					
	だ い ず*	小 麦	コーヒ	新 開 地	放 任 地**
CAC-CC (A)	11,560	2,600	3,382	3,371	—
LANDSAT (B)	11,702	3,368	5,200	1,148	2,582
B/A	101	130	154	034	—
b. 1977/1978					
	だ い ず	小 麦	コーヒ	新 開 地	放 任 地
CAC-CC (A)	14,079	7,800	3,995	2,070	—
LANDSAT (B)	13,300	6,300	2,350	4,730	1,783
B/A	094	081	059	228	—

* 小麦の前作も含む値

** 放任地はCAC-CCの対象外地

4. 結 論

ランドサット写真から農地開発計画の進展状況のモニタリングを意図して、PADAP地区の耕地の拡大経緯と作付面積の算出を試みた。

耕地の拡大経緯の判読は、計画初期から最盛期の面積が急増している時には、日々変化するので、データはばらついたが、造成後期には正確な値が得られた。変化が激しい程、集計時に近い日の写真の利用が必要になってくる。

作付面積の算出では、すべての大豆が成育している時期のデータが欠如していたので完全でないが、大豆については一応の成果を得た。コーヒには検討の余地があった。解析精度を増すために、適切なデータの収集とデジタル解析の導入が必要であろう。

しかし、得られた成果から、ランドサット映像は農業開発地域のモニタリングに充分活用できることが確認できた。

なお、本研究遂行に協力いただいたコチノ産組と同技師Y. シブヤ氏に謝意を表わします。

文 献

1. Valério, A.F., H.M. Saturnino & E.M. de Carvalho, "Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba", Cerrado: Uso e Manejo, V Simposio sobre o Cerrado, p.381-400 (1979)

セラードにおける火入れの実態

1 はじめに

セラード地帯の自然草地では、主に乾期の終わりに再生草を飼料として利用するために火が入られる。熱帯地方のサバンナ環境では、火の利用は一般的で、広範囲に起こるために、熱帯生態学研究の対象の一つとなっている。その研究から、火入れはサバンナのある種のタイプの成立あるいは維持に働いていると考えられている(3、5)。火入れの土壌、微生物、動植物にあたる影響は野外調査の必要があり(7)、CPACでも二、三の影響についての研究を実施しているが、その発生面積等の実態調査は困難であった。

ランドサット映像の広域定期観測等の特長を利用することにより、長期間に起こる現象やその間の相互関係を経時的に追跡が可能になった。ランドサット映像のバンド7の判読で、自然草地での火災発生を容易に探知し、セラードにおける火入れの実態を調査できる。本研究の目的は、ランドサット写真を用い、火入れの発生の時期、件数、面積、形跡の消長などについて判読解析することである

2. 材料と方法

1) 分光反射率測定

CPAC内に設定された火入れ試験圃で、再生草の分光反射率を簡易分光放射計(阿部設計2701型)を用いて、1試験区3反復で測定した。使用波長は、450、500、550、600、650、750、850 nmであった。

2) ランドサット写真の解析

供試写真は、いずれもゾーン番号192-23(フランリア)で、バンド7を用いて、判読、確認されたエリアの写真濃度測定あるいは面積測定(ドット・カウンター法)を行なった。

3. 結果と考察

1) 再生草の成育と分光特性

ランドサット映像を経時的に並べると、最近発生した火入れでも、翌月にはその形跡が薄らいでいることに気づく。火の通過後、野草の再生活動はすぐに始まる(4、6)。4週間目頃では乾物量は少ない。試験圃の10月時点の乾物量は火入れ3月後で340 kg/ha、9月後で1960 kg/ha に対し、自然のセラードで6120 kg/haであった。火入れ後の分光特性の変化の特徴を確認するために、試験圃で分光反射率を測定した(図1)。

無火入れの2種の群落、カビンゴルゾーラ(*Malinis minutiflora*)とカビンフレシーナ(*Echinolaena inflexa*)では異なる分光特性を示し、その差は450~850 nm

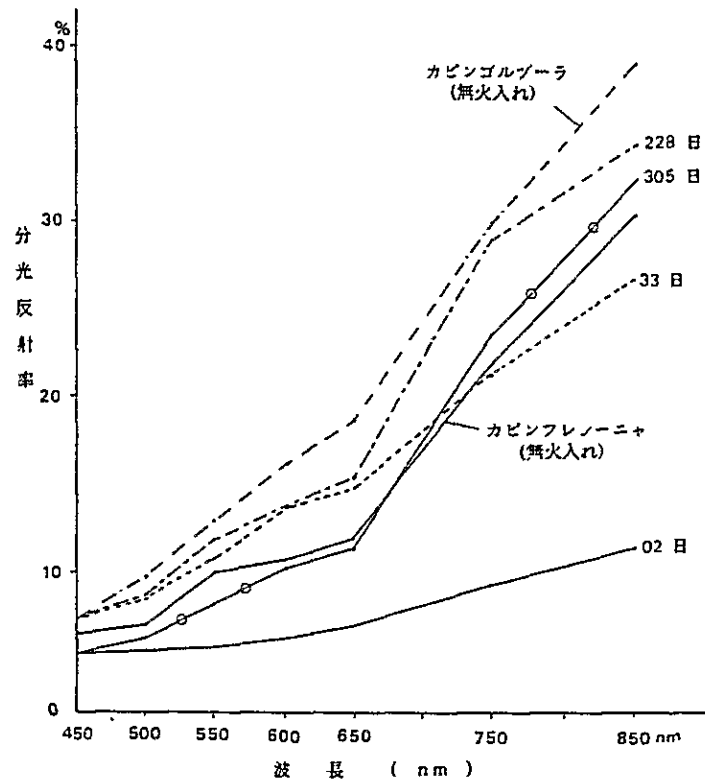


図1 火入れ後の分光反射率の変化

の間の波長帯で比較的容易に区別できた。また、カビソルゾーラ地域では、火入れ後2日目と33日目を比較すると、後者が火災の影響の消えていることがはっきり認められる。

225日目と305日目ではあまり差は無かった。

2) 火入れの発生時期

図2と図3に1973年の6月と8月の写真から抽出した火入れ発生箇所を示した。6月には155件、8月には1,274件が記録でき、8月の方が発生が多いことが分かる。年間の発生多発時期を確認するため、1980年5月から10月までの6枚のランドサット写真からフラジリアの68,000haの地域について、ドット・カウンター法で面積を算出した(表1)。表から、7月末から、特に8月に発生が集中していることが認められた。5月と10月の発生は非常に少なく、それらは開墾後の火入れであったと考えられた。

前年の発生との関係を1979年の写真で予備的に判読を試みたが、その箇所は前年には発生していなかった。先述のように再生草量の少ないことが、同じ場所で年を続けて火の入ることを妨げているのであろう。火入れはセラードで行なわれ、草を利用しない森林、耕地、市街地などではほとんど無い。対象地域でこれらを除いて、セラードの何割で火入れがおこったか、この解析では検討しなかった。

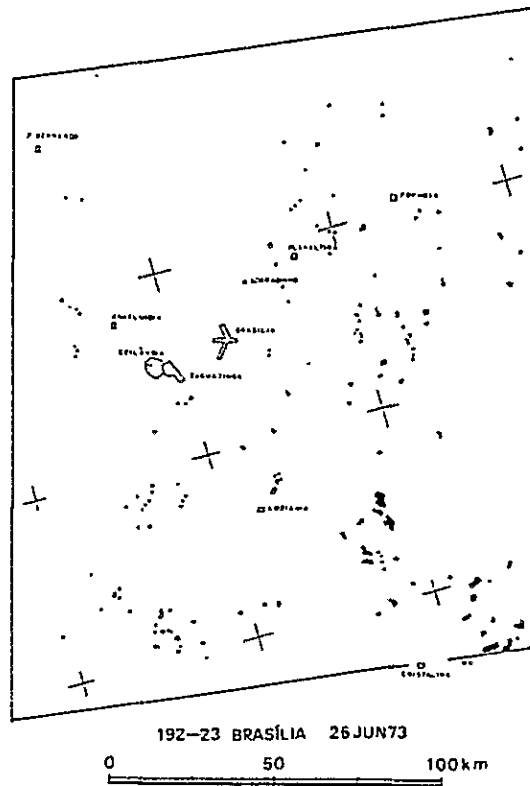


図2 1973年6月26日のランドサット写真で確認された火入れ発生地域

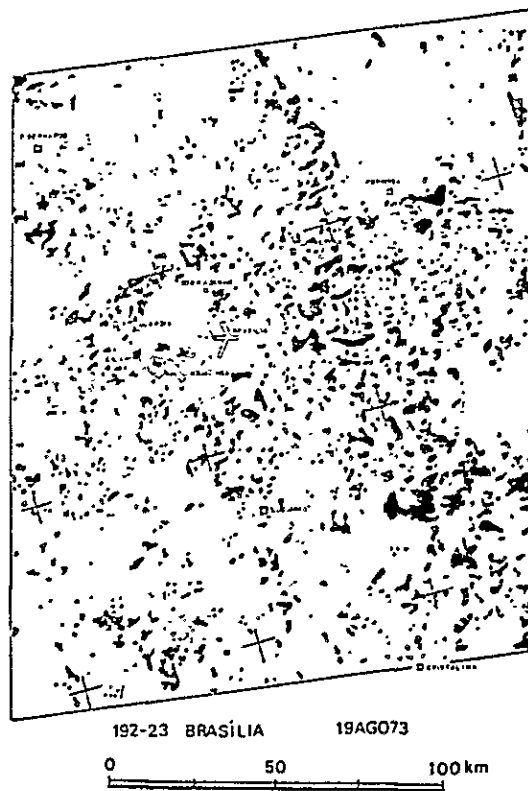


図3 1973年8月19日のランドサット写真で確認された火入れの発生地域

表1. ランドサット写真で確認されたブラジリア近郊における
1980年度火入れ発生面積 (km^2): 対象全面積 68,000 km^2

観測月日	5月20日	6月7日	7月22日	8月9日	8月27日	10月20日
新発生確認面積	80	664	4,678	5,331	5,528	638
累積発生面積	80	744	5,422	10,753	16,281	16,919

3) 火入れ形跡の消長

ランドサット映像に表われる火入れの形跡の経時変化を、8時期の写真を用いて、11クラス43点のトレーニング・フィールドを選び、その写真濃度を測定し解析した(表2、図4、図5)。火入れ箇所も発生の前後を含めて写真濃度を測定した。

表2 ランドサット写真(バンド7)のクラス別写真濃度

クラス名	平均値	標準偏差
湖水	1100	.430
火入れ地(発生直後)	.962	.432
〃 (発生後1月)	.792	.766
〃 (発生後2月)	.698	.789
セラード(密生)	.648	.277
〃 (粗生)	.452	.545
カンボリンゴ	.288	.817
市街地	.250	.612
森林	.194	.305

赤外波長を反射しない湖水が最も高い値を示したが、発生直後の火入れ箇所もそれに近い値であった。これは真黒な燃槽が地面を覆っていたからである。その値をピークにして10月のデータに向って低い値になっていて、その勾配は火入れ時期が早い程緩やかであった。10月時点では、発生時期に関係なく、ほとんど同じ値になった。

表1で示したように、6、7月の再生はバンド7でその形跡を減すほど強くない。降雨

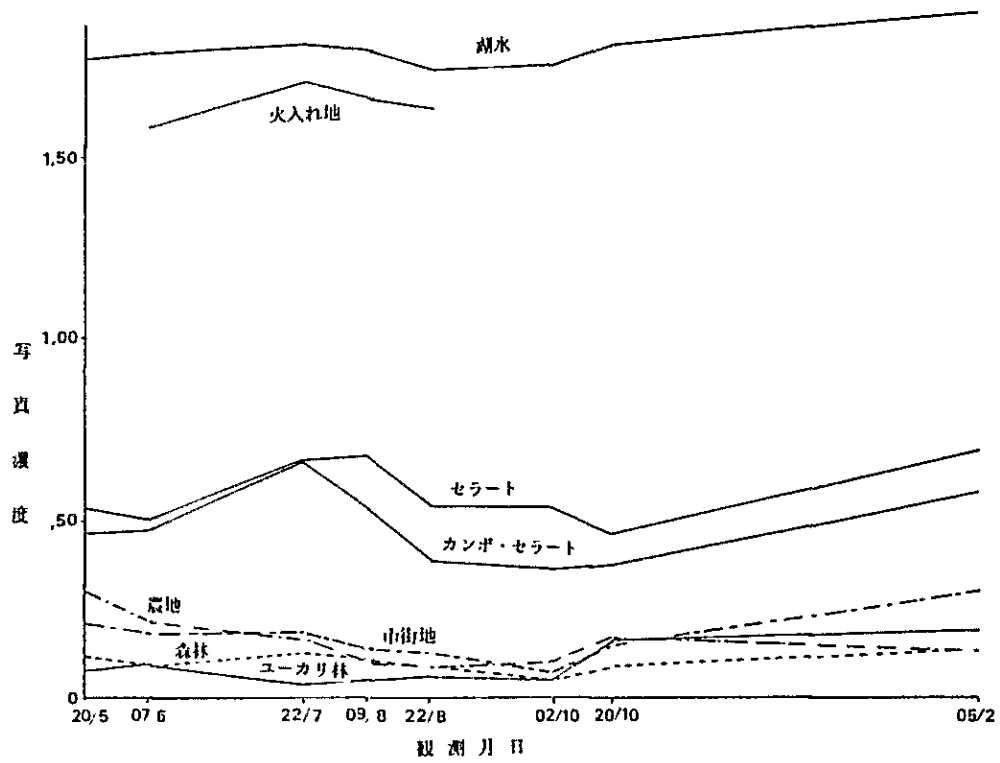


図4 ランドサット写真(バンド7)によるセラード地域の
写真濃度の季節変化

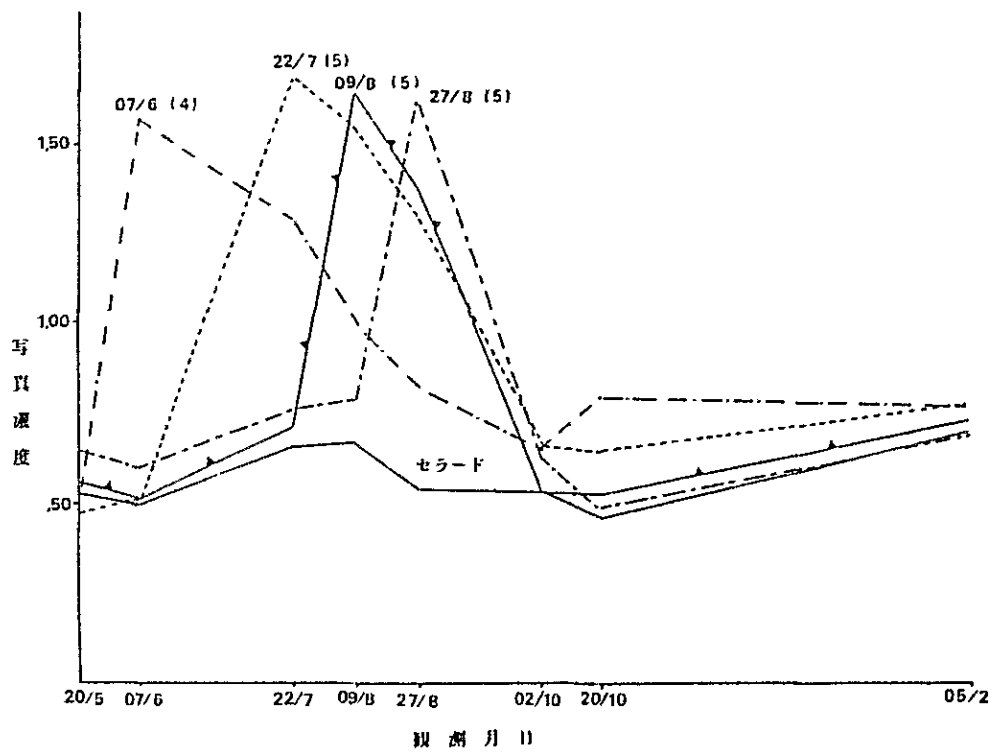


図5 ランドサット写真(バンド7)による火入れ地の
写真濃度の季節変化

(表3)で促進される再生は強いために、火の入らないセラードと同じ濃度値を示したものと考える。しかし、火の有無で草量には決定的な差があり、火の入らないほうが多い。

表3 プラナルチャーナ(CPAC)の1980年度月降水量

1月	4712 ^{mm}	4月	986 ^{mm}	7月	00 ^{mm}	10月	228 ^{mm}
2月	4266	5月	55	8月	00	11月	1801
3月	465	6月	00	9月	00	12月	2901

一般に、新緑の葉は赤外波長帯域、すなわち、ハンド7で高い反射を示し、成長するにしたがって、単位あたりの反射率は低くなる。雨期の開始と共に再生した草は草量が少なくても枯草も多い自然のセラードに匹敵する値を示したものと考えられる。再生した草の化学特性で、特に、蛋白質含量に特徴がある。乾期の終わりには無火れ区で3%しか無かったが、火入れ後41日までは10%台、3~4月までは7%台の値を得た(CPAC、1980-1981)。蛋白質含量が反射の高さに関連することを分析値は示唆しているが、今後の検討課題である。

文 献

1. GUSMAN, H.W. "Reflectance of leaf components" Remote sensing for environment 6, 1-9, 1977.
2. GOLD, A. and BEN ASHER, J. "Soil reflectance measurement using a Photographic method". Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 40,337-341, 1976.
3. LAMOTTE, M. "The structure and function of a Tropical savannah ecosystem" in "Tropical Ecological Systems" ed. F. Golley and E. Medina, Springer Verlag, NY, 179-222, 1975.
4. RICHARDSON, A.J. and WIEGAND, C.L. "Distinguishing vegetation from soil background information" Photogrammetric Eng. and Rem. Sensing, 43 (12) 1541-1552. Dez. 1977.
5. SAN JOSÉ, J. and MEDINA, E. "Effect of fire on organic matter production and water balance in a tropical savanna". II "Tropical Ecological Systems", ed. by F. Golley and E. Medina, Springer Verlag. NY, 251-264, 1975.
6. TUCKER, R.C. "Spectral method for determining type percentage of green herbage material in clipped samples" Rem. Sensing of Environment, 9: 175-181. 1980.
7. WELLS, C.G. et al. "Effect of fire on soil. U.S. Dep. Agric. Forest Service. Tech. Rep. W 07 1-134 1979.

人工林の分光特性

1. はじめに

セラード地帯での人工林の造成は、農場経営の安定、木材資源の供給および環境保護のために重要であり、そのためにユーカリ *Eucalyptos spp.* やマツ *Pinus spp.* の植樹が行なわれている。人工林の実態を適確に把握することは、林業の観点からだけでなく、土地利用の現況を明らかにし、土地利用計画や環境保護計画を策定する上に必要である。

森林調査にリモートセンシング技術を利用することは一般的である。ブラジル森林開発院 IBDF ではランドサット写真の視覚判読による人工林のモニタリング事業を実施し、ブラジリア連邦区についても連邦区人工林地図(1981)を作成した。その結果によると、連邦区における植林実績は1980年現在で2,2819 ha で、地区全面積の約4.0%にあたる。樹種による内訳はユーカリ林15,830 ha (69.4%)、マツ林5,385 ha (23.6%)、果樹林1,186 ha (5.2%) および天然再生林419 ha (1.8%) になっている。

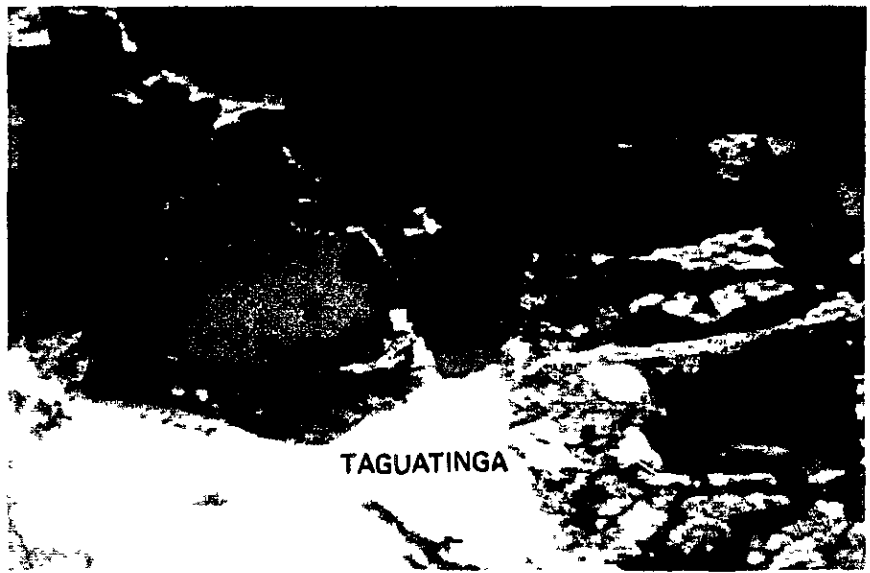
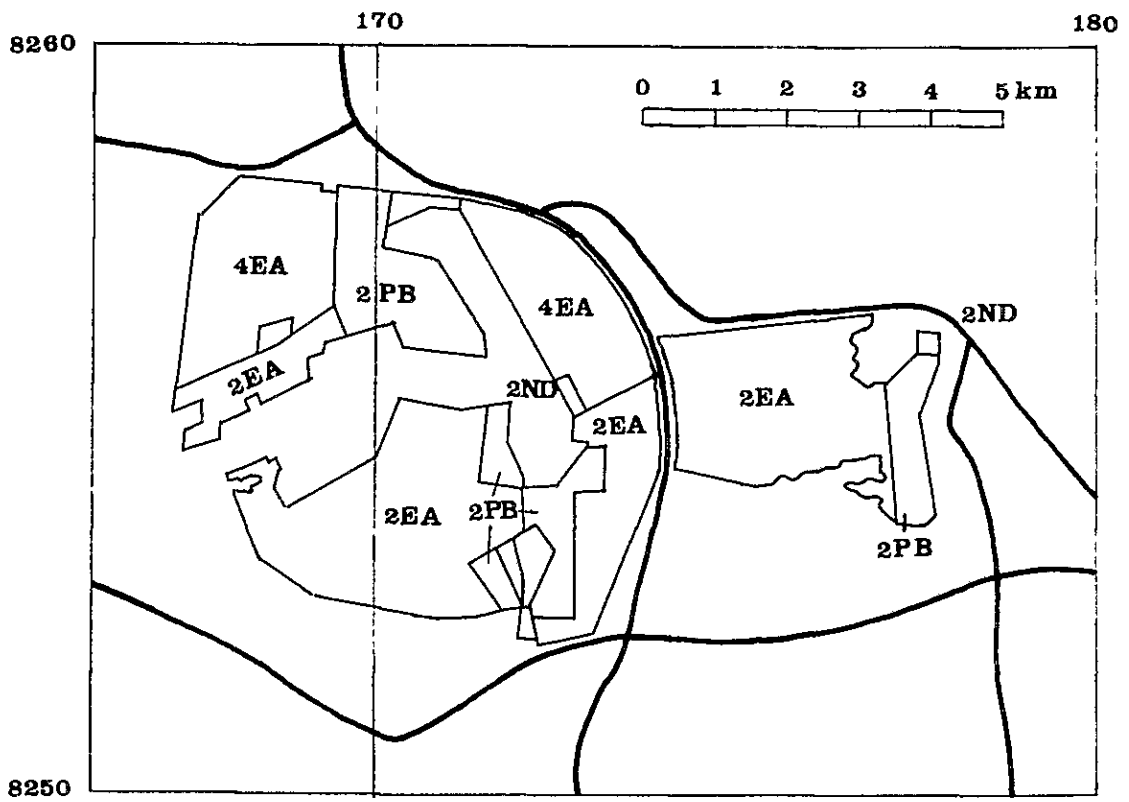
モニタリング事業をさらに発展させるために、判別精度の向上と解析時間の節約をはかる衛星データの自動判別技術を開発させることが必要である。ランドサット映像から人工林を判別するためには、対象となるユーカリやマツの人工林の分光特性を基礎資料として得る必要があり、それは既知の分布図とランドサットのマルチスペクトル・データと対比することによって得られる。

本報告では、連邦区人工林地図を基に、1981年9月22日のランドサット CCT データのデジタル処理により、連邦地区に植林されたユーカリ林とマツ林の分光特性について検討した。

2. 方法および材料

本研究に使用した連邦区人工林地図は、ブラジル森林のモニタリング計画 (Brasilia DF、1981) に基づいて、IBDFのリモートセンシング研究室がランドサット MSS 写真および RBV 写真の視覚判読により作成し、10万分の1地形図(陸軍省地理部)から面積計算が行なわれたものである。そのランドサット写真のシーン番号は全て192-23で、MSSは1979年6月22日、RBVは1979年6月1日と1980年5月20日に観測されている。人工林の分類は樹令(N)、樹種(X)および土壌露出度(Z)で示され、表示はNXZでなされている(表1)。例えば、1EDは樹令0~1年のユーカリで土壌露出度が75~100%であることを示している。

解析に供したランドサット映像は1981年9月22日、シーン192-23のCCTデータで、IBMブラジリアサイエンティフィックセンサーの画像処理装置を用い、リモートセンシングデータ解析プログラムDIMAPSに従って画像処理された。



1~7は統計量(表1)を求めたトレーニングフィールドの地点

図1 タグアチンガの人工林の配置とランドサット・フォールブカラー写真

表1 タグアチンガ地区人工林の分光特性値

クラス	バンド 4		バンド 5		バンド 6		バンド 7	
	平均値	(分散)	平均値	(分散)	平均値	(分散)	平均値	(分散)
<u>ユーカリ</u>								
1 2 E A	175	(125)	276	(153)	805	(281)	1021	(380)
2 3 E A	190	(134)	315	(265)	761	(337)	914	(418)
3 4 E A	185	(101)	281	(164)	703	(206)	865	(303)
4 4 E A	204	(120)	334	(172)	692	(237)	834	(256)
<u>松</u>								
5 2 P C	190	(122)	263	(251)	655	(130)	764	(163)
6 2 P C	208	(204)	303	(435)	655	(194)	757	(171)
7 2 P E	168	(124)	241	(132)	609	(237)	709	(173)

画像処理装置は大型電算機 I B M 3 7 0 / 1 5 8 にビデオ端末 I B M 3 2 7 8 が制御装置 RAMTEK 9 3 0 0 を通じて接続されているもので、画像処理はビデオ端末のカラーモニタ面をみながら、あらかじめ C C T からドラムに貯蔵されているデータと呼出して解析がおこなわれた。DIMAPSでは統計値として、C C T データによる相対的な分光値(0~127)のヒストグラム、平均値、最大値、最小値と標準偏差が算出され、カラーモニタ上に表示される。

人工林の分光特性をえるために、部分的に拡大したフォールス合成映像からトレーニング・フィールドを選び、そのフィールドの各バンドの統計値をえた。合成映像の発色はバンド4には青、バンド5には緑、バンド7に赤をあてた。

3. 結 果

I B D F 人工林地図に記載されているユーカリ林とマツ林について、ランドサット・データからトレーニング・フィールドの相対的な分光値を求めた。

図1および表1はトレーニング・フィールドを選択するために合成されたフォールスカラー映像とトレーニング・フィールドの統計値の例である。このタグアチンガ市に隣接する人工林は連邦区で最も早く大規模に造成されている。ここにはユーカリ(2 E A、4 E A)とマツ(2 P B、2 P C)と一部の自然再生林(2 N B)が含まれている。ユーカリ林とマツ林の分光特性は可視域のバンド4と5では差がないが、近赤外波長域のバンド6と7では明らかに異なり、ユーカリ林の方がマツ林より値が大きい。ユーカリ林の2 E Aと4 E Aの差は、平均値では4 E Aの方が2 E Aより小さい傾向にあるが、トレーニングフィールドの μ_2 と μ_3 の最

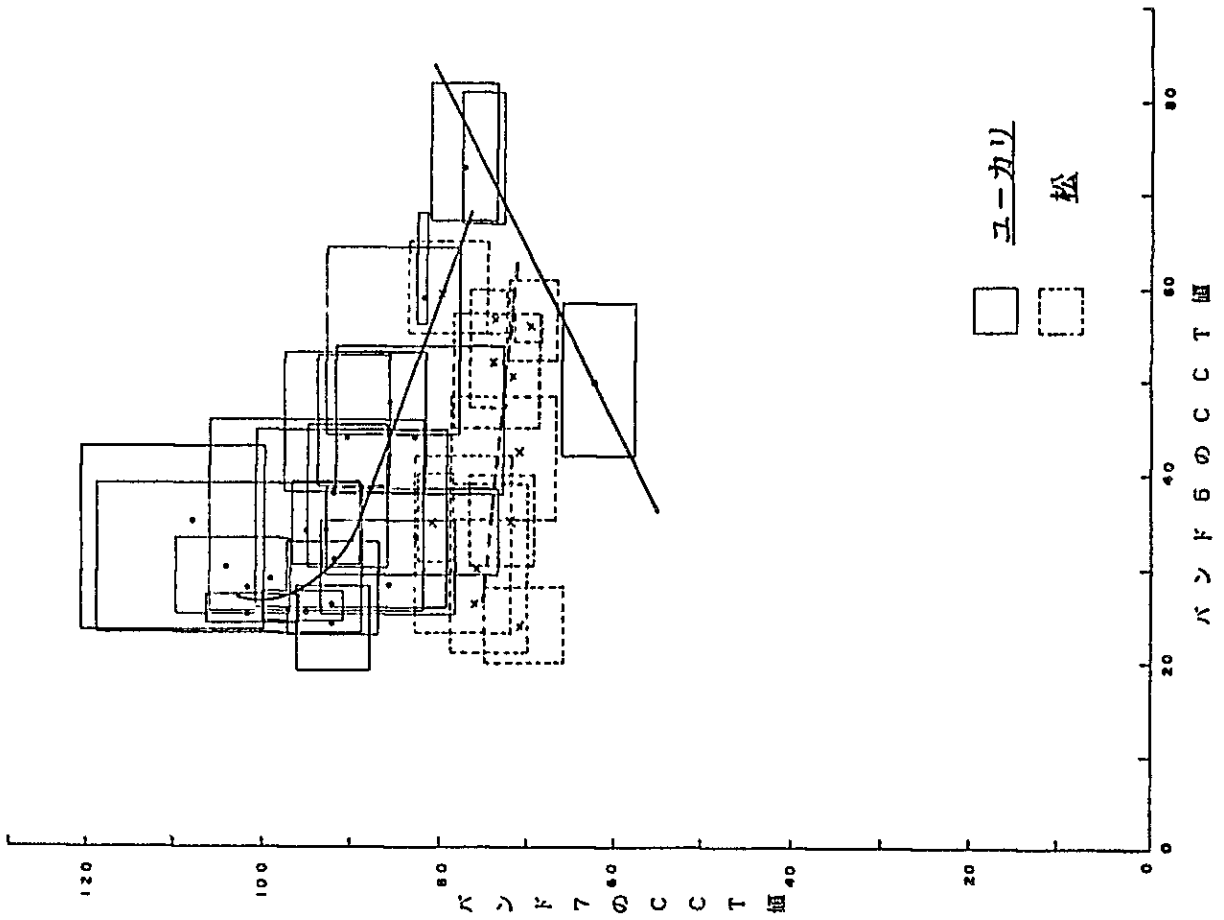


図3 ユーカリと松のバンド5とバンド7のCCT値の関係

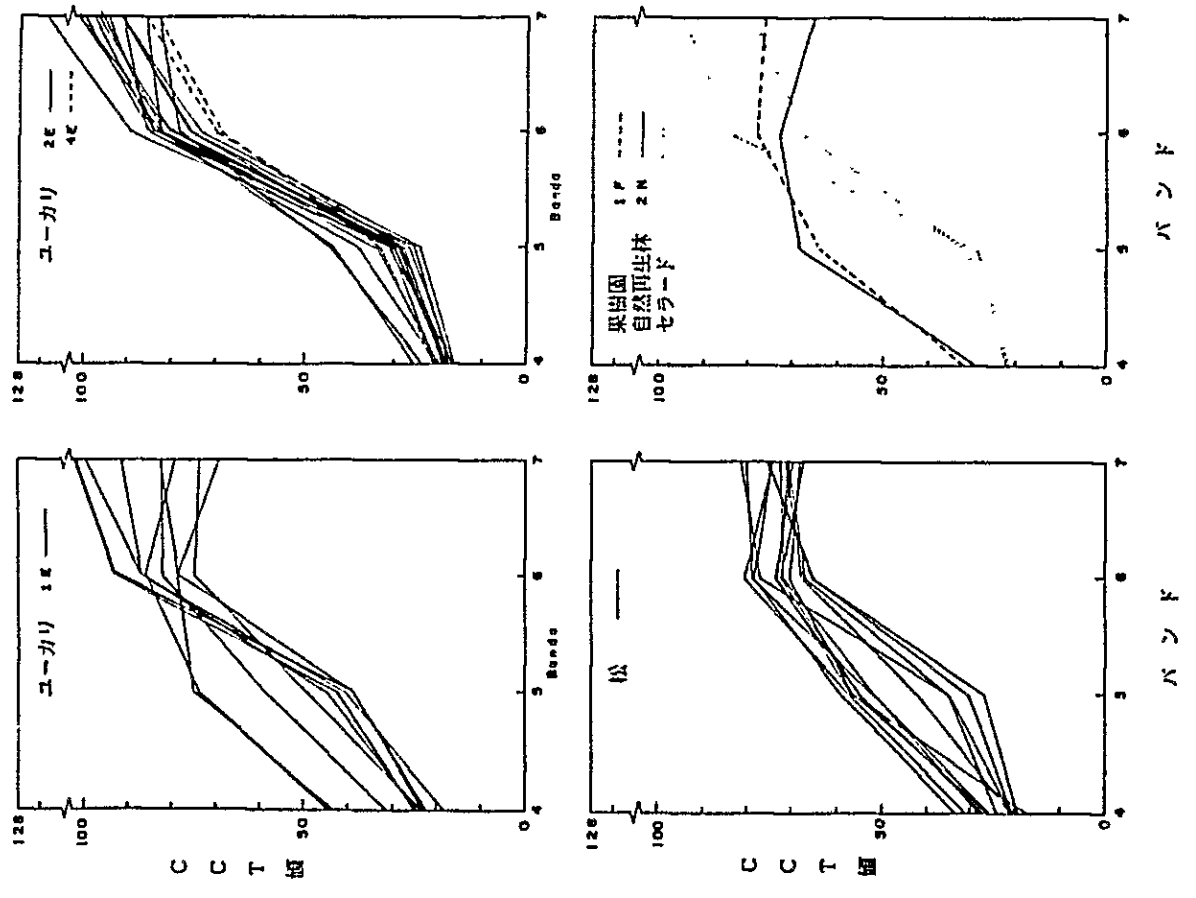


図2 ランドサット・データによる人工林の分光特性

大値と最小値の比較でわかるように、はっきりと区別することはできない。写真ではマツ林はユーカリ林よりも暗色でバンド7の反射値の低いことを示していた。

供試した全てのトレーニング・フィールドの各バンドの平均値による分光曲線を図2に示した。土壌露出度クラス間の差は認められなかったため、以後は除外した。この図から次のことが知られた。

樹令クラス2のユーカリ2Eではユーカリ林の特徴を示して、バンド4、5、6と7の値がそれぞれ20、33、82と92前後になっていた。樹令クラス1(1E)の場合、成長のよくない林では、開墾地同様に相対的にバンド5の値が高く、バンド7の値が低く、一方、よく成長している林では逆に可視域が低く、赤外域で高いという植生の典型的な分光特性を示して、フィールドによって成長の差が著しいことが認められた。マツ林は全て樹令クラス2で、成長の差による曲線の違いが認められるが、ユーカリ林と異なって、バンド7の値の分布の巾は狭い。ユーカリ林とマツ林の分光特性の違いはバンド7の値で明らかに認められ、ユーカリ林の方がマツ林より大きい。セラドンの二つの分光曲線はユーカリ林またはマツ林と近似していて、分光特性のみから人工林を自然林と区別して抽出することが難しいことを示していた。

ユーカリ林やマツ林の判別についてバンド5と7が有効であることが図2の結果から考えられた。図3はバンド5と7による二次元散布図で、各トレーニング・フィールド毎に最大値と最小値による範囲で示している。

図ではユーカリ林は右端から左上の、つまり、バンド5の値は小さく、バンド7に高い方向に分布し、また、マツ林は左方のバンド5の値のみが低い方に分布していることがわかる。成育初期ではユーカリ林とマツ林は識別できないが、成長した後はバンド7の値の約80を境にして両林が区別できた。ユーカリ林の樹令クラス4はクラス2と重なっており、両者は区別できないことがわかる。使用したランドサット・テータがえられた1981年現在で、樹令クラス2の樹令は3年ないし5年であった。成長の早いユーカリ林の場合は樹令3年以上では成長の良否をランドサット・テータの分光特性からとらえることは困難であると考えられた。マツ林の場合は5年程度であろう。

4. おわりに

リモートセンシングによるセラード地帯の土地利用調査の基礎資料をえるために、IBDF人工林地図を基に、1981年9月22日のランドサットCCTテータのコンピュータ解析により、ユーカリ林とマツ林の分光特性データをえた。

これらの人工林の識別や成長の程度はバンド5と7で主に特徴づけられた。成長に伴う分光特性の変化の軌跡はユーカリ林とマツ林ではっきりした違いがあらわれた。成育程度の違いを判読できるのは、ユーカリ林では樹令3年、マツ林では5年位までと考えられた。しかし、この時期までは樹種の判別は困難であった。発達したユーカリ林とマツ林はバンド7で明瞭に区

分でき、そのしきい値は約 80 であった。

人工林と自然林の分光特性は似ているので、分光特性のみから人工林を抽出することはできない。人工林と自然林の区別は、ランドサット映像では、その形状と年次変化の追跡で可能であろう。したがって、自動判別のために、人工林の形状を抽出したり、時系列解析を行なうプログラムの導入が必要であろう。

参考文献

1. IBDF (1981) Program de Monitoriamento da Cobertura Florestal do Brasil, Relatório Técnico do Distrito Federal Sub Projeto - Reflorestamento.

