

金沢工業大学 ○ 正会員 鹿 田 正 昭
 金沢工業大学 正会員 宮 北 啓
 北陸システム研究所 羽 場 保 弘

1. はじめに

近年、遠隔探査技術の進歩に伴い、わが国でも、ランドサットや、航空機に積載された、多波長走査機MSS（マルチ・スペクトラル・スキャナ）によるリモートセンシングデータの研究・応用が盛んにおこなわれるようになってきた。しかし、これらのMSSデータには、光学的粗平面（非等方散乱面）による視角特性、大気効果、幾何ひずみなどが不可避免的に含まれ、これらを正確に補正しなければ、その利用価値も低いものとならざるをえない。これらのひずみのうちの視角特性は、リモートセンシングによる対象物となる、耕作地、市街地、森林などほとんどすべてが光学的粗平面であることから、その重要性がうかがわれるにもかかわらず、十分な研究がなされていないのが現状である。

著者らは、わが国の生活地域のMSSデータのうち、大きい面積を占め、無視できない対象物として、水田をとり上げこれをモデル化することにより、視角特性を推測する方法について提案した。¹⁾
²⁾ 本研究はこのモデルを用いることにより、稲株が、各生育段階において複雑に変動するようすを忠実に表現し、更に、観測時間、太陽高度、稲の株列の変化などの観測時の条件を変化させ、水田の等価反射率の変動を、スキャナーの角度変化に注目して、コンピュータシミュレートしたものである。

2. モデルのシステム概要

水田の等価反射率モデルは、主として水田の状況を表現する水田モデルと、モデル化した水田を観測し、等価反射率を求める等価反射率モデルの2つからなりたっている。これらの詳細については、第8回の当シンポジウムにて、既発表²⁾のため、今回は紙面の都合上割愛する。

等価反射率モデルの原理を使って等価反射率をシミュレートするソフトウェアシステムについて、ごく簡単に述べる。システム構成をFig. 1に示した。本システムは大別すると4つのブロックからなる。

第1ブロックはパラメータ入力部であ

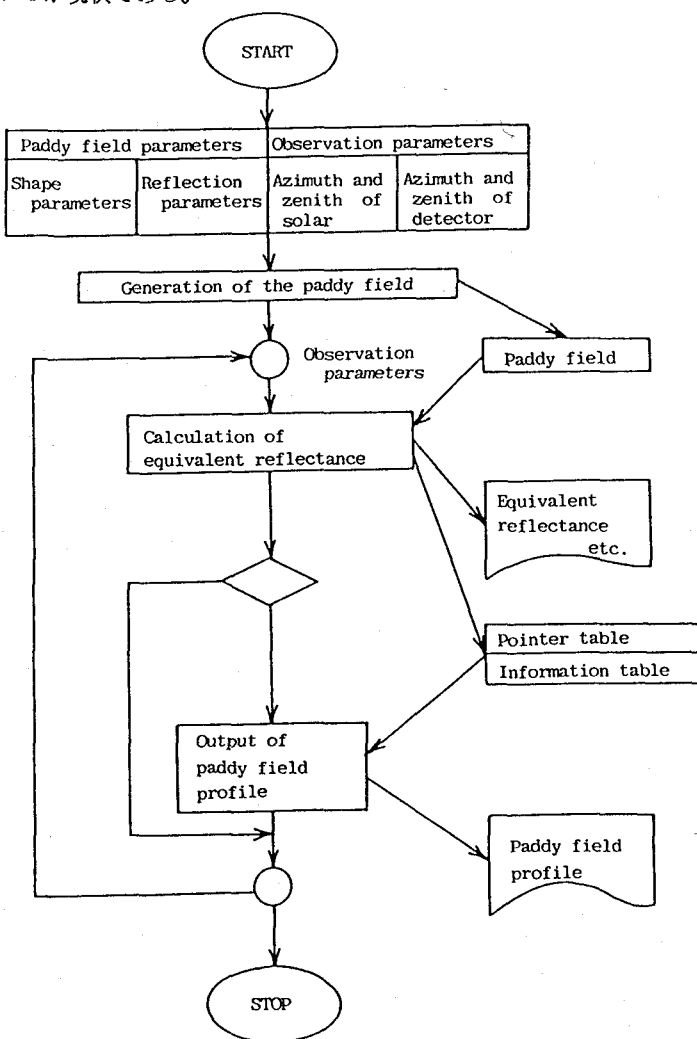


図-1 システムフローチャート

り、水田において実測される稲の形に關係する形状パラメータ、同様に実測される反射率に關係する反射率パラメータ、および太陽とディテクタに關する観測パラメータを入力する。第2ブロックは、水田に關係するパラメータから、水田モデルを作成する。第3ブロックは、作成された水田と観測パラメータから、水田の等価反射率を求めるブロックであり、第4ブロックは、これらの計算結果およびシミュレーションによりディテクタが見ている視野をグレイマップとして、出力するブロックである。

3. シミュレーションに用いたパラメータ

シミュレーションに用いた各種パラメータのうち、1984年6月11日および6月30日の等価反射率算出に用いた値をTable. 1に示した。表中、形状パラメータは試験田より任意に選定した稲株10株について現場で測定した値の平均値を示し、反射率パラメータは、同様に選定した株を、実験室へ持ち帰り各条件に合うようにして測定したものである。ただし、陽の地面と陰の地面は、観測水田内の測定用足場上より、決められた約2㎡の裸地（稲は植えられていない）について測定したものである。また、観測パラメータは、あらかじめ別途計算機により算出した値である。

表-1 シミュレーションに用いたパラメータ

パラメータ		6月11日						6月30日						
形状 パラ メー タ	最大高さ		418mm						616mm					
	葉の幅		6mm						8mm					
	同心円数		4						4					
	同心円の葉数		13						28					
	接続数		2						2					
	同心円の間隔		9mm						9mm					
		接続No	1		2		1		2					
	葉 の 角 度	1	89°		89°		87°		87°					
		2	85°		85°		85°		80°					
3		80°		80°		75°		72°						
4		76°		57°		70°		65°						
反 射 率 パ ラ メ ー タ (%)		陰の 地面	陽の 地面	陰の 葉表	陰の 葉裏	陽の 葉表	陽の 葉裏	陰の 地面	陽の 地面	陰の 葉表	陰の 葉裏	陽の 葉表	陽の 葉裏	
	9時	9.3	10.7	1.8	0.5	10.6	5.2	7.4	12.5	2.4	0.7	11.2	8.8	
	10時	14.6	11.9	1.8	0.5	10.6	5.2	3.0	13.8	2.4	0.7	11.2	8.8	
	11時	14.6	10.8	1.8	0.5	10.6	5.2	4.3	13.2	3.8	2.4	16.1	13.2	
	12時	4.3	10.8	2.6	1.2	21.8	11.6	8.1	13.5	3.8	2.4	16.1	13.2	
	13時	4.3	10.8	2.6	1.2	21.8	11.6	13.8	14.8	3.8	2.4	16.1	13.2	
	14時	8.0	11.5	3.1	0.9	15.3	19.3	5.3	15.3	6.4	1.2	16.7	3.8	
	15時	12.4	21.3	3.1	0.9	15.3	19.3	0.4	14.6	6.4	1.2	16.7	3.8	
観 測 パ ラ メ ー タ		太陽の方位(°)				太陽の仰角(°)		太陽の方位(°)				太陽の仰角(°)		
	9時	S	82.40		E	50.57		S	83.31		E	49.72		
	10時	69.21				61.99		70.38				61.57		
	11時	44.48				72.52		47.19				71.82		
	12時	S	5.45		W	76.72		S	1.47		W	76.81		
	13時	51.10				70.68		49.17				71.49		
	14時	72.27				59.87		71.35				60.76		
	15時	84.42				37.98		84.08				48.89		

4. シミュレーション結果および考察

シミュレーション結果は、6月30日測定のパラメータを用いたものについて述べる。シミュレーションは、2種類についておこなった。1つは午前9時から午後3時まで1時間ごとに、簡易分光計を用いて観測をおこなった、野外実測と同じ条件でおこなう場合であり（今回、このシミュレーションは、野外実測による観測値との検証の意味も含める）、他方は、現在の野外実測用装置では実験が不可能である、水田（シミュレーションでは座標系）の株列方向を回転させた場合についてである。座標系の回転角は 0° から 15° ずつ水田が1回転して元へ戻るまでについて実施した。ディテクタの観測角度は、航空機に積載される、MSSの走査角が 90° あまりあることから、野外実測およびシミュレーションともに、鉛直真下に対してそれぞれ $\pm 40^{\circ}$ の角度について、 5° ずつ角度を変化させ計算をおこなった。

Fig. 2は、野外実測に条件を合わせて、シミュレーションをおこなった結果の一部である。横軸は観測時間を、縦軸は各時間の反射率を一連の観測（ $\pm 40^{\circ}$ ）の平均反射率で除した、相対値で表わしている。○、△、□で示す値は、ディテクタの観測角を東へ向かって、鉛直真下より 10° 、 20° 、 30° と変化させた場合を表わし、▽は鉛直真下を観測した場合、●、▲、■は西へ向かって、同じく 10° 、 20° 、 30° とディテクタの観測角を変化させた場合を示す。過去の野外実測より、太陽を背にして観測する場合（例えば午前中は、西へ向かって観測する）は、太陽に向かって観測する場合（午前中は、東へ向かって観測する）よりも反射率が高くなる実験結果が得られたが^{3) 4)}、Fig. 2より、更に時間を経て、どのよ

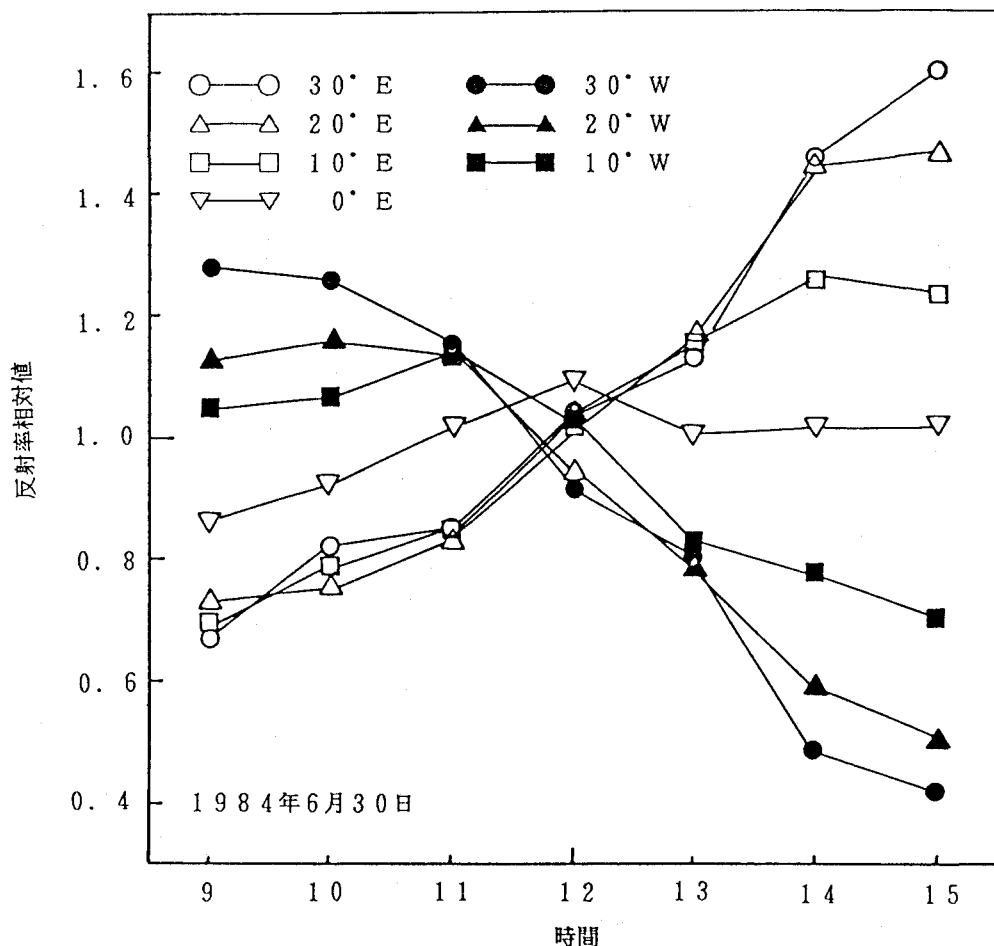


図-2 反射率相対値の時間および視角による変動

うに観測値が変化するか、その過程が明確に表れている。また、午前9時、10時、午後2時、3時のように、太陽高度が低い程、ディテクタの観測角変化による反射率変動が大きくなることが示されている。更に全般的傾向として、同一時間帯内においては、ディテクタの観測角度が大きくなる程、平均値に対する変動が、大きくなっている。また、各観測角中で鉛直真下(▽)を観測する場合は、どの時間帯においても、ほぼ同様の値が得られることがわかる。観測時間に注目すれば、正午ごろ、つまり太陽が南中する時間においては、ディテクタの観測角変化に対する反射率の変動が最も小さい。

一般に、視野からディテクタに入る光束は、太陽高度、観測角が変化すると、同一物体であっても、視野内のいくつかの物体の可視面積の比や陰の状態などが変化するため、等価反射率は変動する。本研究の結果から既知の形状パラメータと反射率パラメータを用い、観測角度および観測時間をかえて、計算機シミュレートした等価反射率は、観測条件が異なることによって、データの値が大きく異なることが示された。これは、リモートセンシング観測の際、地上観測データをMSSデータと対比させるとき、慎重な配慮が必要であることを示唆している。また、航空機に積載されるMSSの走査角は、前述のように90°あまりあり、したがって飛行直下と、端部においては、たとえ同一物体であっても異なった反射率をもつものとして、観測される。これらの視角によるひずみを除去するには、従来は航空機によるMSSデータ収集の際に同時におこなう地上観測値を用いる場合が多かったが、この方法は地上観測員が目の高さから、簡易型分光計などを用いて、MSSと同方向、同角度になるようにして得るデータのため精度の高い結果を得ることは困難であると同時に、多地点の測定では、同時性が満足されない。

等価反射率モデルは、地上観測も従来のようなきびしい同時性が要求されない、いくつかの簡単なパラメータでよいので、多地点での地上観測データを容易に得ることができ、このパラメータから、計算機シミュレートによって、種々の条件の等価反射率を求めることができることを示した。

本モデルを用いることによって、特に飛行が多く的高度、多くのコースに分けて収集される、航空機MSSデータのような場合、ひずみ補正が計算機シミュレートによって求められることから、MSSデータの正確な推定あるいは補正が可能となり、MSSデータの評価が有意なものになる。

5. おわりに

本研究は、リモートセンシングデータに含まれるひずみのうち、対象物が水田のような場合、その光学的粗平面により生ずる視角特性について、等価反射率モデルを導入し、データひずみの実態を明らかにしたものである。現在、水田地域を飛行したMSSデータについての調査を進めており、別の機会にこれらのデータとの比較検討結果についても報告したいと考えている。

最後に本研究を進めるにあたり、観測用水田の提供と貴重なご助言をいただいた、石川県立松任農業高校の芝田克彦先生に感謝申し上げます。また計算機シミュレーションでは、本学卒研究生の五十嵐、福田、両君の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。なお、計算には、金沢工業大学計算機センター、IBM 4341を用いた。

参考文献

- 1) 羽場、鹿田、宮北 等価反射率モデルを用いた水田のリモートセンシングデータの解析 計測自動制御学会論文集 第20巻 第5号 pp. 427-434 (1984)
- 2) 鹿田 羽場 宮北 対象物体のモデル化によるリモートセンシングデータの角度効果について 第8回電算機利用に関するシンポジウム pp. 85-89 (1983)
- 3) 鹿田 羽場 宮北 植生の分光特性に関する観測条件の影響 第7回リモートセンシングシンポジウム pp. 109-112 (1981)
- 4) 鹿田 羽場 宮北 穀物類に対する新しい反射モデルについて 第8回リモートセンシングシンポジウム pp. 152-160 (1982)