

CS 68

衛星搭載合成開口レーダによる流域場情報の取得に関する基礎的研究

京都大学工学部 正員 高棹琢馬 京都大学工学部 正員 椎葉充晴
 京都大学工学部 正員 堀 智晴 京都大学工学部 正員 立川康人
 京都大学大学院 学生員 藤田 暁 岐阜大学工学部 正員 宝 馨

1. はじめに 河川流域において、土壌水分量の分布、挙動を把握することは、降雨の初期損失や、蒸発散、浸透などを解析するにあたって非常に有用であるが、土壌水分量の広域的、継続的な現地測定は難しく、人工衛星によるリモートセンシング、特に合成開口レーダ(SAR)による観測は、その広域性、同時性などから、有効な情報取得の手段として期待されている。本研究は、人工衛星 JERS-1 (Japanese Earth Resources Satellite-1) の SAR の画像データから、流域場情報(特に土壌水分情報)を取得することの可能性について検討するものである。具体的には、土地被覆ごとに SAR 画像の性質を調査し、水田において土壌水分情報を抽出することの可能性を検討する。

2. SAR 画像の性質 本研究で使用した JERS-1 SAR の画像データは、1992 年 10 月 19 日、愛知県周辺を撮影したものである。1 画素の大きさは 12.5m × 12.5m であり、各画素の輝度は 15 ビット (0 ~ 32767) で表されている。この JERS-1 SAR 画像では、河川や池、ゴルフ場、高速道路の一部などが黒く映っており、比較的良好に識別できるが、その他のものについては、水田、裸地、果樹園が黒い、市街地は白い、森林域は、きめが粗い等、土地被覆ごとに、ある程度特徴を持っているようであるが、その境界を明瞭に判断することは難しい。したがって、JERS-1 SAR 画像は、地図と見比べて正確な位置の対応をとることは難しく、SPOT HRV の画像、あるいは、2万5千分の1の地形図を JERS-1 SAR の画像に重ね合わせて位置を知る目安とした。

これをもとに、土地被覆分類ごとに、まとまった面積を持つ領域を抜き出し、そこでの輝度値の分布を見た。愛知県の瀬戸市周辺約 10km × 10km を対象地域として、水田、森林、池、市街地、裸地、果樹園を抜き出した。水田は、瀬戸市の南の日進町周辺からも抜き出した。これらの領域の輝度値の分布を、図 1 に、その統計量(平均値、標準偏差)を、表 1 に示す。これらの図、表から次のようなことが分かった。

- 水田では、輝度値は、約 400 ~ 1000 の間に多く分布しており、その平均値は、約 650 ~ 800 である。標準偏差は、200 ~ 300 の値が多い。
- 森林では、輝度値は、約 600 ~ 1200 の間に多く分布しており、平均値は、約 1000 程度である。標準偏差は、300 ~ 340 程度である。
- 池では、輝度値は、約 300 ~ 700 の間に多く分布しており、その平均値は、500 ~ 550 程度である。標準偏差は 160 ~ 170 程度である。
- 市街地では、輝度値は、広い範囲にわたり分布しており、その平均値は、約 1200 ~ 1700 である。標準偏差は、500 ~ 1000 前後である。

輝度値の平均値は、池、水田、森林、都市域、の順に大きな値となり、土地利用ごとに、少しずつ違いが見られた。しかし、標準偏差が大きく、値にばらつきがあるため、JERS-1 SAR の輝度値から、レベルスライスなどにより、森林や都市域といった土地被覆の分類をすることは、大変困難と考えられる。

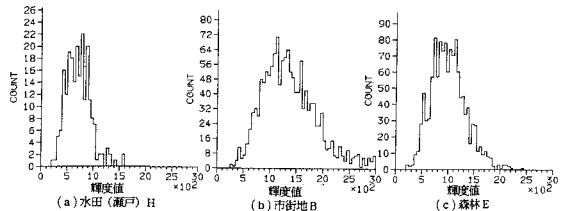


図 1: 輝度値の分布

表 1: 輝度値の統計量

・水田(瀬戸)(19ヶ所)				・水田(日進)(18ヶ所)				・森林(5ヶ所)			
場所	画素数	平均値	標準偏差	場所	画素数	平均値	標準偏差	場所	画素数	平均値	標準偏差
A	167	747.9	216.7	A	248	692.1	239.6	A	1699	859.6	289.6
B	256	808.0	324.0	B	209	790.5	231.0	B	430	987.6	341.4
C	245	738.3	319.7	C	343	756.8	314.4	C	835	985.8	314.2
D	252	781.2	306.2	D	347	724.0	235.6	D	1138	983.4	341.3
E	173	744.5	226.2	E	203	779.7	315.6	E	1241	1004.0	337.3
F	188	768.9	211.8	F	629	906.0	469.8	・池(4ヶ所)			
G	274	759.7	233.0	G	294	740.0	242.9	場所	画素数	平均値	標準偏差
H	219	710.9	233.6	H	325	1025.2	510.2	A	285	541.5	165.3
I	246	599.0	203.8	I	525	866.5	344.8	B	303	537.6	161.1
J	292	712.7	237.2	J	418	766.6	258.1	C	267	721.4	234.5
K	324	729.4	250.6	K	495	712.8	225.4	D	156	513.8	163.4
L	217	743.1	266.5	L	338	697.0	231.1	・市街地(9ヶ所)			
M	259	602.2	179.2	M	343	725.5	377.1	場所	画素数	平均値	標準偏差
N	260	646.0	216.7	N	239	741.4	227.9	A	1021	1202.1	648.1
O	269	855.8	323.4	O	368	778.5	276.3	B	1454	1456.9	705.6
P	708	714.8	314.5	P	583	774.1	310.3	C	1195	1770.2	986.0
Q	320	642.3	186.3	Q	1014	668.9	220.9	D	717	2423.9	1800.9
R	307	657.2	200.7	R	344	709.1	250.5	E	2829	1448.7	1016.8
S	285	727.9	250.5	・果樹園(1ヶ所)				F	1937	1204.4	574.8
・果樹園(1ヶ所)				場所	画素数	平均値	標準偏差	G	2996	1497.8	830.8
A	322	672.7	204.8	A	850	920.7	414.1	H	504	1159.4	463.9
				B	328	764.1	299.1	I	1255	1674.2	893.4
				C	1021	705.6	266.2				

3. 土壌水分量との関連性 2.で抜き出した水田37

本研究では、地上で土壌水分量を観測しておらず、定量的に画像データと土壌水分量を関係付けることはできない。そこで、既往の研究によって得られている土壌水分量とSARによる観測値の関係を、JERS-1 SAR 画像データにも当てはめられると仮定して得られる結果について述べる。図2は、周波数、偏波等の諸量が JERS-1 SAR とほぼ同程度である Seasat の SAR により観測された地表の σ^0 [dB] と、地上で計測された表層 0~2cm, および、0~15cm の土壌水分量(体積含水率)との関係について、Blanchard らによる報告¹⁾から抜粋したものである。

$$\sigma^0 \text{ [dB]} = 20 \log_{10} I + CF$$

図2のデータより得られた、 σ^0 [dB] から土壌水分量を推定する回帰式を用いると、水田における σ^0 [dB]の平均値約-17.5~-18.5は、体積含水率にして表層0~2cmでは32.1%~34.4%、表層0~15cmでは32.3%~35.0%の土壌水分量に対応する。

また、 σ^0 [dB] の標準偏差約 3.0 から、グラフのデータ自体のばらつきも考慮して土壌水分量の分散を算定すると、体積含水率 (%) にして、表層 0 ~ 2 cm では約 65.7、表層 0 ~ 15 cm では約 37.0 となる。この結果から、1 カ所の水田内部でも、後方散乱係数から推定される土壌水分量はかなりばらつき、特に表層付近のほうがばらつきが大きいことが分かった。

4. おわりに 今後の課題として、同一地域での、異時期のデータを取得し、輝度の分布特性、後方散乱係数の分布特性を比較し、土壌の状態が違っている場合に、データに差が見られるのかといったことを調査しなければならない。また、ERS-1 AMIを始めとする、他の衛星のリモートセンシングデータを組

なお、本研究は科学研究費総合研究(A)「合成開口レーダによる広域水文量抽出アルゴリズムの開発」代表:小池俊雄(長岡技科大)」の補助を受けた。また、JERS-1 SAR 画像データはNASDA(宇宙開発事業団)より提供いただいた。記して謝意を表します。

参考文献 1) B.J.Blanchard and A.T.C.Chang: Estimation of soil moisture from Seasat SAR data, *Water Res. Bull.*, vol.19, pp803-810, 1983.

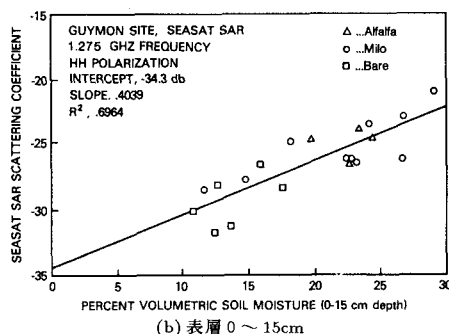
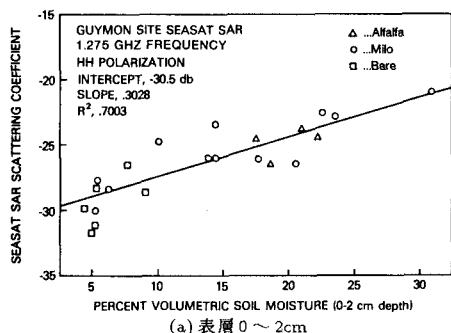
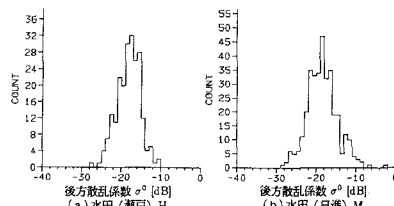
図 2: 土壌水分量と σ^0 [dB] の関係

図 3: σ^0 [dB] の分布

表 2: σ^0 [dB] の統計量

水田(瀬戸) (19ヶ所)				M				F			
場所	調査数	平均値	標準偏差	N	259	-19.608	2.871	G	629	-16.406	3.554
A	167	-17.647	2.486	N	268 <td>-19.733</td> <td>2.918</td> <td>H</td> <td>294</td> <td>-17.824</td> <td>2.770</td>	-19.733	2.918	H	294	-17.824	2.770
B	256	-17.208	3.128	O	260	-16.336	3.323	I	325	-15.427	3.341
C	245	-18.031	3.127	P	268	-18.373	3.401	J	525	-16.650	3.340
D	262	-17.527	2.828	Q	320	-19.020	2.770	K	418	-17.558	2.919
E	173	-17.766	2.484	R	307	-18.825	2.722	L	495	-18.169	2.895
F	186	-17.766	2.510	S	285	-18.102	3.321	M	338	-18.402	3.026
G	274	-17.582	2.915	水田(田舎) (18ヶ所)				N	343	-18.434	3.772
H	199	-18.206	2.982	場所				O	329	-17.773	2.665
I	246	-19.715	2.969	A	248	-18.445	2.923	P	368	-17.074	3.039
J	292	-18.193	2.929	B	209	-17.189	2.602	Q	583	-17.626	3.319
K	324	-18.016	3.001	C	343	-17.861	3.385	R	1014	-18.764	3.040
L	217	-17.918	3.232	D	347	-18.062	3.305		344	-18.290	3.091
				E	203	-17.656	3.005				