

B27 多偏波 SAR 画像によるテクスチャを用いた土地被覆分類の基礎的検討

Fundamental study on land-cover classification using multi-polarized SAR data with textural measures

○佐無田夏希¹・リュウ ウェン²・山崎文雄²
Natsuki Samuta, Wen Liu, Fumio Yamazaki

Abstract : Using multi-polarized airborne Pi-SAR-L2 data by JAXA, a fundamental study on backscatter from different land-covers in Natori, and Iwanuma cities, Miyagi prefecture, was carried out. The textual measures of Synthetic Aperture Radar (SAR) data were obtained by the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), which in one of the most well-known texture measures in the recent years. The selected major classes were trees, grasses, roads, water, paddy fields, buildings and solar panels. The result of supervised classification shows the combination of the backscattering intensity with texture measures represents higher accuracy than using only the backscattering intensity of images.

Keywords : Pi-SAR-L2, texture measures, land-cover classification, GLCM.

1. はじめに

リモートセンシング技術は広域を瞬時に観測できる特徴から、土地被覆のモニタリングに利用されてきた。合成開口レーダ(SAR)は、天候の影響を受けず夜間でも観測できることに加えて、人の目に見えない情報を可視化できるため、光学画像では得られないデータによる土地被覆の把握がされている。強度画像による土地被覆分類に関する研究では、テクスチャを用いた分類が行われている。単偏波とテクスチャの組み合わせ¹⁾やこれに光学画像を加えたもの²⁾など様々なレイヤーの組み合わせで研究され、分類精度の向上が報告されている。

日本ではLバンドを有するSARが多く開発されてきた。近年運用が開始されたPi-SAR-L2(2012年)とPALSAR-2(2014年)の分解能はXバンドに近づいており、これまでのLバンドSARではできなかったより詳細な土地被覆の把握が期待されている。とくに周期性のない航空機SARは、時期を問わずデータを取得できるため、災害時に緊急の撮影が数多く行われている。

本研究では、宮城県名取市と岩沼市を撮影したPi-SAR-L2の多偏波画像を用いて、テクスチャを併用した教師付き分類を行う。主成分分析(PCA)を行い使用する偏波とテクスチャを決定し、テクスチャの有無による分類結果の違いを比較検討する。

2. 使用画像データと対象地域

Pi-SAR-L2画像は、2014年6月12日に宇宙航空研究開発機構(JAXA)が航空機から撮影したものを使用する。使用した画像は、中心周波数85MHz、スラントレンジ分解能1.76m、アジマスレンジ分解能3.2mと、Lバンドとしてはきわめて高い分解能

を有する。北北東に向かう軌道から、左方向視で全4偏波を取得している。HH偏波に赤、HV偏波に緑、VV偏波に青を与えて得られた3偏波のカラー合成図をFig.1に示す。画像は地図投影された強度画像であり、輝度補正により、デジタル値(DN)を後方散乱断面積(σ^0)に変換する。変換式はJAXAが示した式(1)を用いた³⁾。校正係数(CF)は-84.792(dB)である。また、ウィンドウサイズ3×3のLee filterをかけ、スペckルノイズを低減している。

$$\sigma^0 = 10 \cdot \log_{10} \langle DN^2 \rangle + CF \quad (1)$$

対象地域は宮城県名取市、岩沼市に設定した(Fig.1)。この地域の沿岸部には、2011年東北地方太平洋沖地震で被災した仙台空港や閑上地区が含まれているほか、震災復興事業として「千年希望の丘」と呼ばれる緑の防潮堤および避難所となる丘が建設されている⁴⁾。内陸部には田畑と市街地が広がっており、山間部にはゴルフ場が所在している。また、ゴルフ場の近くと広浦にはメガソーラーが設置されている。

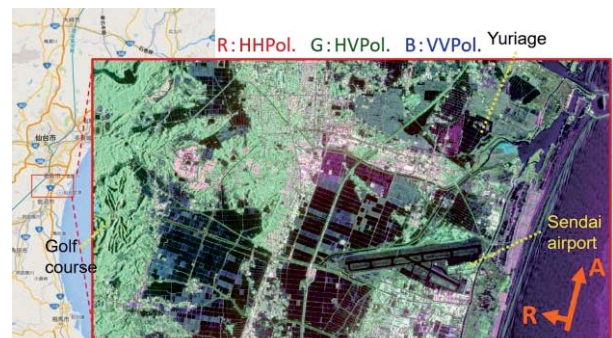


Fig. 1 Color composite of multi-polarized Pi-SAR-L2 image taken on June 12, 2014 and the location of the study area in Natori and Iwanuma City

¹学生会員 千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻
(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)
(連絡先 Tel:043-290-3528 E-mail:natsuki-samu@chiba-u.jp)

²正会員 千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻

3. 偏波の選択

テクスチャによる教師付き分類を行う際に、HH, HV, VH, VV の全 4 偏波を使用するとレイヤーの数が膨大になる。そのため主成分分析(PCA)を行い、似た特徴をもつ偏波を除外することにした。

PCA で得られた固有値の百分率を累積グラフ化したものを **Fig. 2(a)** に示す。第 1 主成分で 91.1%、第 2 主成分で 97.9% まで達し、第 3 主成分と第 4 主成分はほとんど影響しないことがわかる。この結果から 4 偏波のうち 2 偏波を使用することとした。散布図を作成し、4 偏波それぞれの相関関係を見た。そのなかで相関が高かったのが HH 偏波と VV 偏波、HV 偏波と VH 偏波の組み合わせであったことから、本研究では HH 偏波と HV 偏波を教師付き分類に使用することとした。

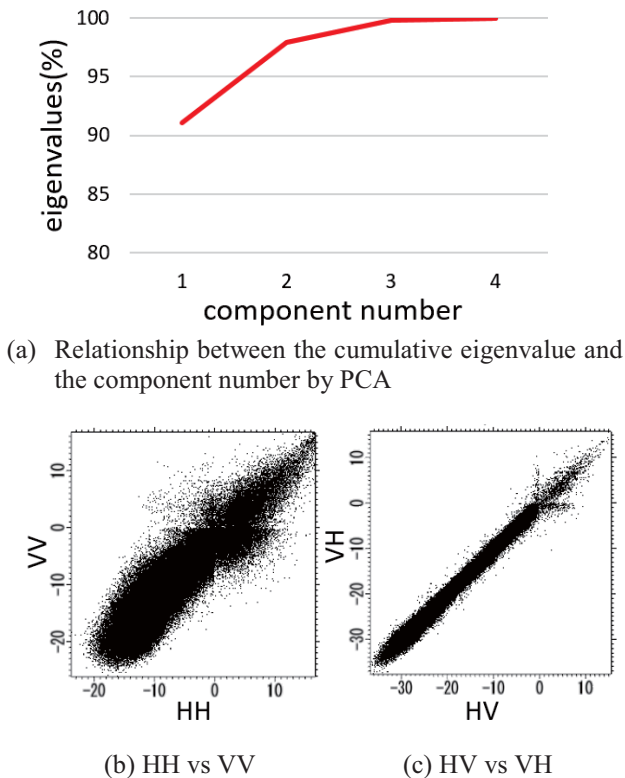


Fig. 2 Result of PCA on four polarizations (a). and the scatter diagrams of HH and VV (b), and HV and VH (c) sigma naught values

4. テクスチャの選択

画像のテクスチャ情報はウィンドウサイズ 9×9 のグレーレベル同時生起行列(GLCM)フィルタを用いて抽出した⁵⁾。GMCL では mean, homogeneity, variance, contrast, dissimilarity, second moment, entropy, correlation の 8 種類のテクスチャ情報に基づく画像が生成される。全てを教師付き分類に使用する場合、HH 偏波と HV 偏波でそれぞれテクスチャが存在するため、16 種類と多くなってしまふ。そ

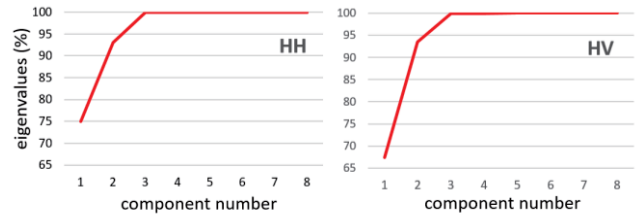


Fig. 3 Result of PCA on the textures of HH (a) and HV (b) polarizations

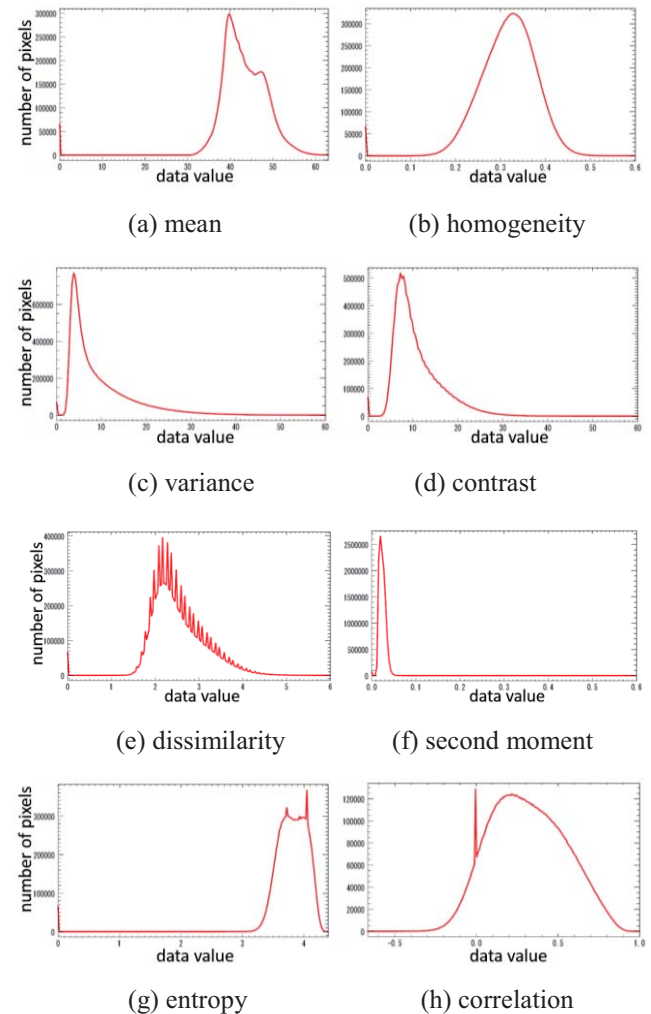


Fig. 4 Histograms of the texture measures for HH pol.

こで偏波と同様に PCA を行い、似た特徴をもつテクスチャを排除することにした。固有値の累積グラフを **Fig. 3** に示す。HH 偏波に関しては、第 1 主成分で 75.0%、第 2 主成分で 93.1%、第 3 主成分で 99.9% に達する (**Fig. 3(a)**)。一方 HV 偏波に関しては、HH 偏波に比べて第 1 主成分が 67.4% と低かったが、第 2 主成分までに 93.5% を占め、第 3 主成分で HH 偏波同様 99.9% に達した (**Fig. 3(b)**)。この結果から、HH 偏波、HV 偏波ともに使用するテクスチャを 3 つまでに限定することにした。

テクスチャを決定するにあたり HH 偏波から生成されたテクスチャのヒストグラムを作成した。Fig. 4 に示す。ヒストグラムに表示されたデータ量は、mean, variance, contrast がおおよそ 0.0~60.0 と他の 5 つのテクスチャ (homogeneity : 0.0~0.6, dissimilarity : 0.0~6.0, second moment : 0.0~0.6, entropy : 0.0~4.5, correlation : -0.7~1.0) に比べて多かった。この結果から、本研究の教師付き分類では mean, variance, contrast の 3 つのテクスチャを使用することとした。また、HV 偏波から生成したテクスチャのヒストグラムも HH 偏波と似た傾向となったことから、HV 偏波においても同様に mean, variance, contrast の 3 つを選択した。

5. 土地被覆分類の検討

選択した偏波とテクスチャを用いてオブジェクトベースの教師付き分類を行った。結果を Fig. 6 に示し、テクスチャの有無における土地被覆分類の違いを考察する。比較の際に使用した光学画像は 2014 年 9 月 15 日に撮影されたものである (Fig. 5)。

教師は植生を樹木と樹木以外の草本にわけ、7 つ (緑: 樹木, 灰色: 平らな道路, 黄: 草本, シアン: 水域, 赤: 建物, 青: 水田, マゼンダ: ソーラーパネル) 設定した。平らな道路とは、コンクリートなどで舗装された滑らかな土地被覆のものとする。強度画像のみを用いた結果 (Fig. 6(a)) では、水域と平らな道路の分類ができておらず、例えば仙台空港の道路部分が水域と判定されてしまった。これは後方散乱係数がともに小さく差がないためと考えられる。テクスチャを追加した分類結果 (Fig. 6(b)) では水域の過抽出は見られなかった。また、水田のあぜ道が Fig. 6(a) に比べて分類できていることが見てとれる。建物と樹木はどちらもおおよそ分類することができた。このことから、強度画像にテクスチャを追加することで分類精度の向上に効果があると考えられる。しかし、(b) では水域の過抽出がなかったものの、水田や草本に誤抽出されてしまっている箇所が多い。また、(a) に比べて草本の過抽出が多く、とくにゴルフ場の樹木が正しく分類されなかった。本研究で選択した 3 つ以外のテクスチャもレイヤーに加え、テクスチャと土地被覆の関係を再検討する必要があると考えられる。

さらに、光学画像 (Fig. 7(a)) をもとに一部の範囲で正解データ (Fig. 7(b)) を作成し、強度画像のみの教師付き分類で得られた結果 (Fig. 7(c)) とテクスチャを付加して得られた分類結果 (Fig. 7(d)) との比較を行った。エラーマトリクスによる精度検証を Table 1, 2 に示す。選択した範囲は Fig. 5 の赤枠内であり、建物、樹木、水田、平らな道路、草本の 5 分類が含まれている。水域とソーラーパネルが

含まれてはいないが、得られた結果もこの 2 つには分類されることはなかった。テクスチャの有無によらず、水田は精度高く分類できたが、平らな道路の精度が低い結果となった。これは、対象とした道路が住宅の間を通るもので、L バンドの SAR では斜め照射の影響や解像度の関係で、細い道路の検出が難しかったためと考えられる。今回作成した範囲ではテクスチャの有無による精度の向上はあまり見られず、全体としての分類精度は強度画像のみのもので 49.7%、テクスチャを付加したもので 53.3% とどちらも低い結果となった。精度検証の範囲は極めて狭いものであり、今後別の範囲で新たに検証する必要があるといえよう。

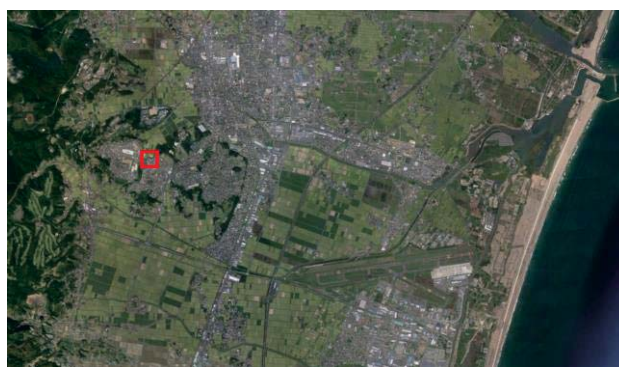


Fig. 5 Optical image taken on September 15, 2014 from Google Earth



(a) HH and HV's sigma naught values only



(b) HH, HV and 3 textures (mean, variance, contrast)

Fig. 6 Supervised classification results using HH and HV images (a) and HH, HV and textures (b)

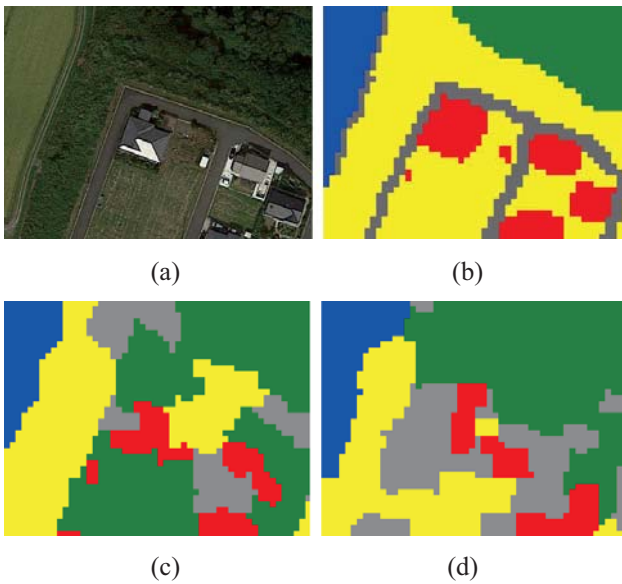


Fig. 7 (a) Close-up of validation site (red square) in Fig. 5, (b) truth image of classification, (c) & (d) Close-up of Fig. 6 (a) and (b) for the same area as Fig. 7(a)

6. まとめと今後の展望

宮城県名取市と岩沼市を対象に、Pi-SAR-L2 の多偏波画像を用いてテクスチャを併用した教師付き土地被覆分類を行った。HH, HV, VH, VV の 4 偏波のうち、PCA を行い HH 偏波と HV 偏波を選択した。また、テクスチャの生成には GLCM フィルタを使用した。生成した 8 つのテクスチャから偏波と同様に PCA を行い、mean, variance, contrast の 3 つを選択した。強度画像のみの教師付き分類結果に比べて、テクスチャを付加した教師付き分類結果では、水域の過抽出が少なく、水田のあぜ道もより細かく分類することができた。市街地と樹木のカテゴリ分け結果はテクスチャの有無による差があまり見られなかった。また、一部の範囲で正解を作成し、テクスチャの有無による教師付き分類の精度検証を行った。テクスチャの付加による分類精度の向上が確認されたが、全体的な精度は低い結果となった。

今回テクスチャの選択は PCA の結果とヒストグラムのみで行ったため、偏波のように散布図を作成し、より効果的な組み合わせがあるかを今後検討する必要がある。偏波についても、HH 偏波と VV 偏波の散布図は HV 偏波と VH 偏波に比べて相関関係が低いことから、HH 偏波と HV 偏波に VV 偏波を加えた場合の分類精度の向上が考えられる。また、草本と水域、水田の誤抽出については多時期の画像を用いて変化のあるところを水田とし、事前にマスク処理をかけることで誤抽出を減らせると考える。偏波とテクスチャの組み合わせの検討に加えて、今後に行っていきたいと考えている。

Table 1 Confusion matrix for accuracy verification on the result of supervised classification in Fig. 6 (a) using HH and HV polarizations

class	Ground Truth (Pixels)						User's Accuracy
	building	tree	paddy field	road	grass	Total	
building	146	0	0	0	37	183	79.8%
tree	72	308	0	125	415	920	33.4%
paddy field	0	0	157	2	0	159	98.7%
road	35	65	0	20	172	292	6.9%
grass	9	7	26	128	448	618	72.5%
Total	262	380	183	275	1072	2172	
Producer's Accuracy	55.7%	81.1%	85.8%	7.3%	41.8%		Overall Accuracy 49.7%

Table 2 Confusion matrix for accuracy verification on the result of supervised classification in Fig. 6 (b) using HH and HV polarizations plus texture measures

class	Ground Truth (Pixels)						User's Accuracy
	building	tree	paddy field	road	grass	Total	
building	101	0	0	26	44	171	59.1%
tree	32	362	0	61	352	807	44.9%
paddy field	0	0	178	22	29	229	77.7%
road	124	18	0	113	243	498	22.7%
grass	5	0	5	53	404	467	86.5%
Total	262	380	183	275	1072	2172	
Producer's Accuracy	38.6%	95.3%	97.3%	41.1%	37.7%		Overall Accuracy 53.3%

謝辞

Pi-SAR-L2 データは、JAXA と千葉大学の共同研究 (Pi-SAR-L2 データを用いた市街地のモデル化と自然災害の把握: PI_2055 研究代表者 山崎文雄) として貸与されたものである。記して謝辞を表します。

参考文献

- 1) チュリーサンパン カモンラット, 須崎純一: 土地被覆分類におけるテクスチャ計測を用いたマルチテンポラル SAR と光学データの併用, 写真測量とリモートセンシング, vol.51, No.4, pp.211-223, 2012
- 2) T. Esch, A. Schenk, M. Thiel, T. Ullmann, M. Schmidt, S. Deck: Land cover classification based on single-polarized VHR SAR images using texture information derived via speckle analysis, 2010 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp.1875-1878, 2010
- 3) JAXA Web ページ: http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/Pi-SAR-L2/cal_valt.html
- 4) 佐無田夏希, リュウ ウェン, 山崎文雄, Pi-SAR-L2 多偏波画像による土地被覆に関する基礎的検討, 日本リモートセンシング学会第 57 回学術講演会論文集, pp.21-22, 2014
- 5) R.M. Haralick, K. Shanmugam, I.Dinstein: Textual Features for Image Classification, IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, vol.3, No.6, pp.610-621, 1973