

# リモートセンシングデータを用いた鳥海山沿岸海域における地下水湧出地点の特徴解析 Feature Analysis of Groundwater Discharge Points in Coastal Area Around Mt. Chokaisan by Using Remote Sensing Data

白井 光<sup>†</sup>      景山 陽一<sup>†</sup>      西田 眞<sup>†</sup>  
Hikaru Shirai   Yoichi Kageyama   Makoto Nishida

## 1. はじめに

海底地下水の湧出は、陸上と海洋を結ぶ水循環を考える上で重要である。しかしながら、海底湧出地下水の水質・湧出量・湧出位置などは地域ごとに異なり、また、主な調査方法も直接採取に頼らざるを得ないのが現状である。一方、広域性や周期性などに優れた特徴を有するリモートセンシングは、環境変化の観測技術として有用である。筆者らはこれまでに、人工衛星 ALOS AVNIR-2(Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)データのマルチバンド情報を用いた解析手法について検討を行ってきた。その結果、海底地下水の湧出位置推定や特徴解析に AVNIR-2 データが有用であることを明らかにした[1]。しかしながら、AVNIR-2 データは受動型センサで取得されたデータであるため、雲などの影響を受け、解析に利用できるデータは限定される。これに対し、能動型センサである PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)を用いて取得されたデータは単一輝度レベル情報しか有していないものの、全天候型であるため、海底地下水湧出地点の特徴解析に有用と考える。

そこで本研究では、鳥海山の沿岸海域を対象とし、ALOS PALSAR データから得られるテクスチャ特徴量を用いた海底地下水湧出地点の特徴解析を目的とする。

## 2. 対象地域および使用データ

### 2.1 対象地域

鳥海山周辺の沿岸地域における湧出地下水の存在は、水産業従事者には経験的に知られていたものの、沿岸海域から湧出している地下水に関する検討は、あまり行われていないのが現状である。また、鳥海山は、多量の溶岩と少量の火砕岩から構成される成層火山であり、山麓部の西部(海岸側)では水系があまり発達していないため、湧泉として様々な地点で湧出している。

そこで本研究では、鳥海山からの海底地下水が湧出している秋田県にかほ市象潟町および山形県飽海郡遊佐町の日本海沿岸を対象として検討を行った。

### 2.2 使用データ

本研究で用いる PALSAR センサで海洋を観測した場合、海表面水温と大気温度との差が大きいと、海面と大気との間でエネルギー授受が発生するため、後方散乱係数は大きくなり、海面が白く見える。一方、海表面水温と大気温度との差が小さいと、海面と大気との間でエネルギー授受が見られないため、後方散乱係数は小さくなり、

<sup>†</sup>秋田大学 Akita University

海面が黒く見える[2]。このため、観測時の海表面水温および大気温度によって得られる情報が変化する。

本研究では、ALOSにより2009年10月7日、2010年1月30日(以後、秋季 PALSAR データ、冬季 PALSAR データとそれぞれ表記する)に取得された PALSAR データを検討に用いた。また、2009年9月20日、2010年2月25日(以後、秋季 AVNIR-2 データ、冬季 AVNIR-2 データとそれぞれ表記する)に取得された AVNIR-2 データを比較検討に用いた。

## 3. 解析方法

リモートセンシングデータは歪みを有するため、前処理として、GCP(Ground Control Point)を選定し、2次変換[3]により内挿点を求め、3次たまたみ込み内挿法[3]を用いて幾何補正処理を行った(平均 RMS 誤差:約 0.41)。また、対象とする海域では輝度値の変化が小さいため、輝度変化の大きい「陸域」と、専門家の知見より地下水湧出の可能性が低いと判断した「陸域から約 500m 以上沖合」の範囲にマスク処理を施した。

次に、2byte(65536 階調)の PALSAR データを累積度数分布により階調変換を行い、同時生起行列を用いたテクスチャ特徴量の算出を行った。

さらに、得られたテクスチャ特徴量に k-means 法による分類処理を施した。

## 4. 実験結果および検討

### 4.1 パラメータの選定

本研究では、PALSAR データの階調を 16, 32, 64, 128, 256, 512 階調に階調変換し、最も良好な結果が得られた 32 階調のデータを比較検討に用いた。

次に、フィルタサイズ 3×3, 5×5, 7×7, 9×9, 11×11 の同時生起行列を用いて、mean, variance, homogeneity, contrast, dissimilarity, entropy, second moment, correlation の合計 8 種類のテクスチャ特徴量の算出を行った。その結果、フィルタサイズ 9×9 の同時生起行列を用いて算出されたテクスチャ特徴量 mean が最も良好であったため、これを特徴解析に用いた。

さらに、k-means 法のクラスタ数を 2 から 20(1 刻み)まで検討し、最も良好な結果が得られたクラスタ数 15 の分類結果を検討に用いた。

### 4.2 PALSAR データにおける分類結果

秋季 PALSAR データにおける特徴量 mean の分類結果を図 1(a)に示す。なお、設定した 15 クラスタのうち、特徴的なクラスタのみを表示しており、以後の分類結果も同様である。海底湧出地下水の影響であると推測される赤

色および黄色のクラスタ(図1(a)円内)が小砂川, 三崎, 並びに釜磯に存在していることがわかる。また, 当該クラスタを囲むように, 別色のクラスタも形成されている。すなわち, 湧水の広がりを読み取ることができることを示唆している。このことは, 秋季 PALSAR データにおける湧水温度[4]と大気温度[5]の差(8.2°C)が, 海水温度[5]と大気温度[5]との差(2.3°C)と比較し大きく, このことが, 湧水地点に強く反応したため, 当該クラスタが形成されたと考える。また, 三崎の南側とその他の湧水地点では異なるクラスタが存在した。そこで, 地質調査所発行の地質図[6]と秋季 PALSAR データの分類結果を合成(図2参照)し検討を行った。その結果, 三崎地域(図2円内)において北側と南側とでは異なる溶岩で形成されていることが明らかとなった。このことは, 三崎の北側と南側における湧出する地下水の特性が異なる可能性があることを示唆している。

次に, 冬季 PALSAR データの分類結果を図1(b)に示す。秋季 PALSAR データの分類結果同様, 海底地下水湧出地域である小砂川, 三崎, 釜磯(図1(b)円内)において, 秋季 PALSAR データと同様に赤色のクラスタを得た。しかしながら, 冬季 PALSAR データと秋季 PALSAR データの分類結果を比較したところ, 冬季 PALSAR データでは赤色のクラスタの減少していることがわかる。このことは, (1)小砂川では1月から3月にかけて海底地下水湧出量が減少していること[4], (2)冬季 PALSAR データにおける海水温度[5]と湧水温度との差(1.5°C)は, 秋季 PALSAR データにおける海水温度と湧水温度との差(10.5°C)と比較し小さいことに起因していると考えられる。

以上の結果は, 秋季 PALSAR データから算出したテクスチャ特徴量 mean は, 海底地下水の湧出地点における解析を行うための特徴量として, 有効であることを示唆している。

#### 4.3 AVNIR-2 データによる分類結果との比較

文献[1]の手法により分類した AVNIR-2 データの結果を図1(c)に示す。同時期に取得された PALSAR データおよび AVNIR-2 データをそれぞれ比較したところ, 各 PALSAR データにおける海底地下水湧出地域の小砂川, 三崎, 釜磯において, クラスタの存在が認められる。このことは, 各 AVNIR-2 データにおける海底地下水湧出地域の小砂川, 三崎, 釜磯と同一地点であり, 各 PALSAR データにおける赤色のクラスタが海底地下水の湧出地点であることを示唆している。

一方, 秋季 PALSAR データにおいて, 湧出地域から離れた地域にも赤色のクラスタの存在が認められる。これは, 秋季 PALSAR データ観測時における風の影響(風向:北, 瞬間最大風速:5.1m/s)[5]により, 赤色のクラスタが南側に広がったためと考える。

以上の結果は, 秋季 AVNIR-2 データの分類処理結果および秋季 PALSAR データの分類処理結果を併用することは, 海底地下水の湧出地点における特徴解析に有用であることを示唆している。

#### 5. おわりに

本研究では, ALOS PALSAR データの単一輝度レベル情報から算出されるテクスチャ情報を用いて, 鳥海山の沿岸海域における海底地下水湧出地点の特徴解析を行った。

その結果, テクスチャ特徴量 mean は, 対象地域における海底地下水湧出地点の特徴解析に有効であることが明らかになった。今後は算出した複数のテクスチャ特徴量を併用した解析手法について検討する予定である。

対象地域における地下水の特性に関して, 有益な御助言を賜っております秋田大学 肥田登名誉教授に御礼申し上げます。また, 現地調査に協力下された秋田県にかほ市象潟町の関係各位に謝意を表します。本研究は科研費基盤研究(C)(No.22510002)により行われたことを付記します。

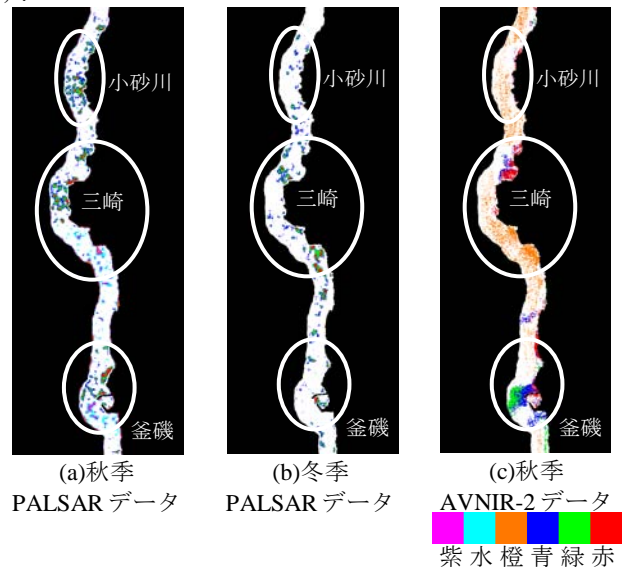


図1 分類処理結果(クラスタ数15)

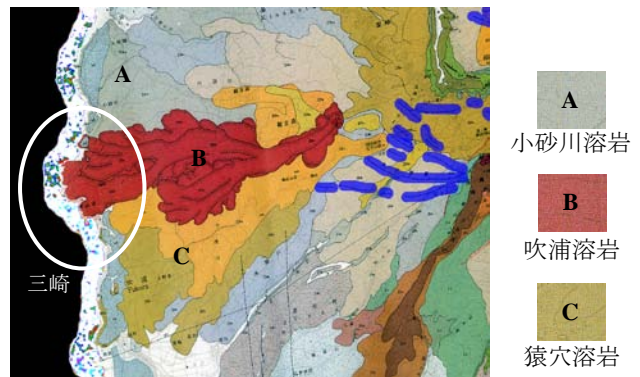


図2 地質図[6]と秋季 PALSAR データ処理結果との合成図

#### 参考文献

- [1] 景山 陽一, 柴田 智恵子, 西田 眞, “ALOS AVNIR-2 データを用いた鳥海山沿岸海域における地下水湧出地点の特徴解析”, 電気学会論文誌 C, Vol.131, No.10 (掲載予定).
- [2] 木村 典嗣, 岡田 喜裕, “PALSAR 画像による見られた九州近海の海況の特徴”, 衛星リモートセンシング推進委員会 活動報告書 (2008).
- [3] 高木 幹雄, 下田 陽久, “新編 画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会 (2004).
- [4] 菅原 仁人, “秋田県象潟海岸域における地下水の湧出特性”, 秋大地理, Vol.53, pp.17-20 (2006).
- [5] 気象庁 Web Site, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- [6] 中野 俊, 土屋 信之, “5 万分の 1 地質図幅「鳥海山及び吹浦」”, 地質調査所 (1992).