

# 合成開口レーダ（SAR）データの取得・処理・利用技術の開発（第4年次）

実施期間 平成11年度～平成14年度

測図部写真測量技術開発室 飯田 洋 野口 真弓  
水野 時夫 佐藤 潤

## 1. はじめに

合成開口レーダ(SAR)はマイクロ波を用いるため、夜間や雲、霧、噴煙下など光学カメラでは撮影が不可能な状況下でも映像が撮れ、地理情報の迅速な取得に有効である。本研究は国土交通省総合技術開発プロジェクト「先端技術を活用した国土管理技術の開発」の1課題として行っており、安全安心で豊かな国民生活の実現等を推進していくために、国土管理システム構築に資する計測技術に関する研究のうち、特に国土管理に必要な情報収集用センサーである航空機搭載型合成開口レーダ（航空機SAR）に関する研究を行ったものである。

## 2. 研究内容

本年度は下記に示す4項目の調査・研究を行った。

### (1) 相関処理の違いによるDEM精度評価

航空機SARは航空機の動揺補正を正確に行わないと、生成されるDEMの精度が劣化する。その為には相関処理の際に、処理時間は増加するものの動揺補正がより正確に行える時間空間法を採用する必要がある。そこで本研究では、航空機SAR処理ソフトウェアの内、平成13年度に導入した時間空間法アルゴリズムを用いて作成したDEMと、従来の周波数空間法アルゴリズムを用いて作成したDEMの精度評価を行った。

### (2) コヒーレンス閾値の違いによるDEM精度評価

DEM作成時に主従両アンテナで得られるSARデータの相関性が、最終的に得られるDEMの精度に影響を及ぼすかどうか検証した。DEMを作成する際に、相関性の良し悪しを調べる尺度であるコヒーレンス値をパラメータとして用い、位相アンラッピング時にこのコヒーレンス値がある一定の閾値を下回った際、すなわちデータ間の相関性が低い際に、その領域をDEM作成領域から除いた。本研究ではこのコヒーレンス閾値を0.4から0.8まで0.1毎に変化させ、相関性の違いとDEM精度に関して検証した。

### (3) マルチテンポラルSARデータを用いた土地被覆分類手法の開発

反射されるマイクロ波の強度は地表地物の物性に依存することがわかっている。すなわち多時期に取得したSARデータを用いることにより、季節変動に起因する地表状態の変化を捉えられ、これにより土地被覆分類が行えることが期待される。本研究では合成開口レーダデータとして航空機搭載型ではなく衛星搭載型SARであるJERS-1で取得された2年計16時期のデータを用い、環境省自然保護局生物多様性センターが編集した自然環境情報GISデータ等を併用して、市街地、広葉樹、針葉樹などの項目について土地被覆分類を試みた。

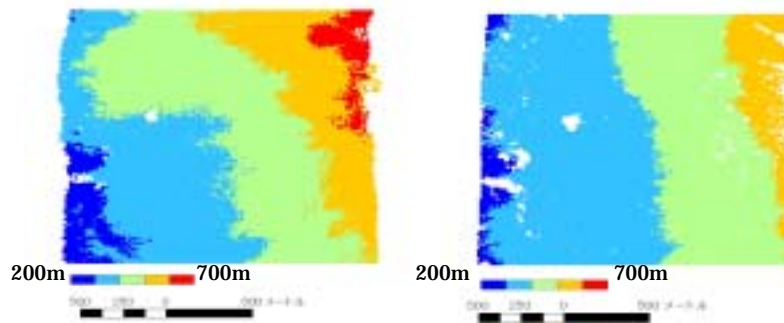
### (4) 合成開口レーダの国土管理への利用に関する調査

合成開口レーダ技術が国土管理という観点からどのように実用されているか、国外及び国内について調査し、結果を取りまとめた。また今後実用が見込まれる分野について、どのように利用できるか、現在の阻害要因等についてもとりまとめた。

### 3. 得られた成果

#### (1) 相関処理の違いによる DEM 精度評価

データ取得時(2001年1月16日)に航空機軌道が安定しなかった三宅島地区において、相関処理として周波数空間法及び時間空間法を利用して、DEMを作成した。図-1にそれぞれの手法で作成したDEMを示す。DEM作成範囲は三宅島西方2km四方である。



(周波数空間法)

(時間空間法)

図-1 周波数空間法及び時間空間法で作成した三宅島 DEM

本地域は西側になだらかに傾斜する片斜面であるにもかかわらず、周波数空間法の図では作成されたDEMには東西方向に伸張する尾根が見られる。これは航空機の動揺のために航空機の軌道補正が周波数空間法では良好ではなかったために生じた誤差であると考えられる。

本領域中の一部において、空中写真で作成したリファレンスDEMと上記DEMを比較した結果を表-1に示す。表より明らかなように、周波数空間法で作成したDEMは空中写真で作成したDEMとの較差が標準偏差で40m以上となり、良好な精度が得られない。一方、時間空間法で作成したDEMは、空中写真で作成したDEMとの較差が標準偏差で14m程度であり、周波数空間法で処理した場合と比較して3倍程度の精度の改善が見られた。

表-1 処理方法の違いによるDEM精度

|        | 絶対値平均 | 標準偏差  |
|--------|-------|-------|
| 周波数空間法 | 36.4m | 42.8m |
| 時間空間法  | 10.3m | 14.0m |

#### (2) コヒーレンス閾値の違いによるDEM精度評価

位相アンラッピング時のコヒーレンス閾値によるDEM精度の評価について、結果を表-2に示す。ここで比較したリファレンスデータは空中写真で作成したDEMを使用した。なお対象地域は筑波山地区であり、相関処理時に時間空間法を採用した。

表-2より明らかなように、コヒーレンス閾値を高くする、すなわち相関性の良いデータを使うことにより、空中写真で作成したDEMとの較差の標準偏差が徐々に小さくなることが確認された。

しかしながらデータの取得率も小さくなってしまいう問題も存在する。多方向からデータが取得できたときに DEM を合成する技術が確立されているので、このような時には閾値を高くして DEM の精度を高めた後、合成処理を行い、一方向からしかデータが取得できなかった場合には、閾値を低くして DEM 精度を多少犠牲にしながらも広い範囲で DEM を作成する等、状況に応じて閾値を設定することが合理的である。

表-2 位相アンラッピング時のコヒーレンス閾値と DEM 精度の関係

| 閾値  | 絶対値平均 | 標準偏差  | データ取得率 |
|-----|-------|-------|--------|
| 0.4 | 11.0m | 13.4m | 49.2%  |
| 0.5 | 11.1m | 13.6m | 49.2%  |
| 0.6 | 11.1m | 13.5m | 48.7%  |
| 0.7 | 10.8m | 12.6m | 41.5%  |
| 0.8 | 10.7m | 11.1m | 26.5%  |

### (3) マルチテンポラル SAR データを用いた土地被覆分類手法の開発

多時期 SAR 画像の平均化処理により、スペックルノイズの低減を行うことができた。図-2 に JERS-1 単画像を、図-3 に 16 シーン平均化画像を示す。



図-2 JERS-1 単画像



図-3 16 シーン平均化画像

一般に、スペックルノイズを低減するために行う平滑化フィルタリングでは、コントラストが小さくなってしまいが、本手法ではコントラストが大きくなる一方で、スペックルノイズが低減され、小河川の水系や山地部における構造線が明瞭に識別できるなど、判読性がかなり向上しているといえる。

また、冬期・早春・春期・初夏・晩夏・秋期の 6 時期各 2~3 シーンで平均化画像を作成し、その中から 3 時期を選びだし、カラー合成画像を作成した。図-4 に R、G、B に早春、冬期、秋期を割り当てた画像を示す。図中、丸印で示した領域の中に青色に発色している小領域が認められた。この領域についてグランドトゥルースを行った結果、大規模建造物が存在していた。これは、他の時期に存在しなかった建造物がこの時期に建築されたことを示している。すなわち、SAR 複数時期データを用いることにより、土地利用変化部の抽出が可能であることを示していると言える。



図-4 3 時期カラー合成画像

次に 6 時期平均化画像を用いて、土地被覆分類を行った。なお、前処理として、平均化画像に対し、5×5 メディアンフィルター処理を行っている。分類項目としては、市街地、広葉樹、針葉樹、水田など 10 項目である。教師エリアは参照データとして用いた自然環境情

報 GIS データより各々10カ所選定し、個々の統計量を用いた。また分類アルゴリズムはユークリッド最短距離法を用いた。

参照データを図-5 に全項目を一度に教師付き分類を行った結果を、図-6 に示す。

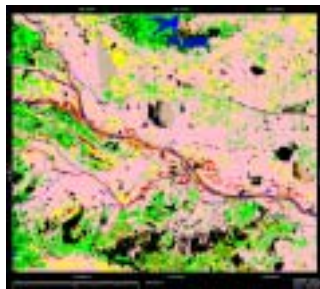


図-5 参照データ

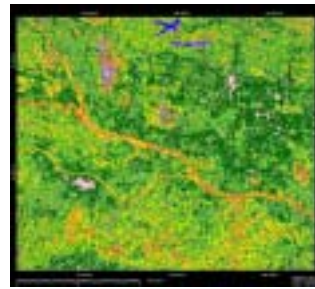


図-6 全項目分類結果

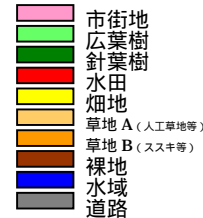


図-5 及び図-6 より明らかなように、市街地が主に針葉樹及び広葉樹に分類されてしまい、全体的な分類正解率は 26%と低正解率となってしまった。そこで、地物のマイクロ波後方散乱様式毎にカテゴリー分けして、他の地物をマスキング処理して分類精度を高める試みを行った。例として体積散乱カテゴリーに属する針葉樹・広葉樹を分類した結果を、図-7 に示す。広葉樹と分類されたものに関して、その正解率は 76%と、かなり精度良く分類できることが判明した。

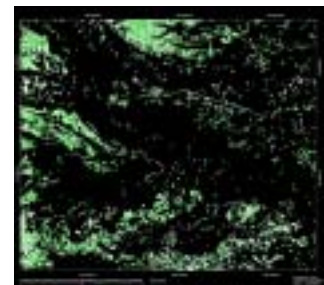


図-7 森林分類結果(マスキング 処理済)

#### (4) 合成開口レーダの国土管理への利用に関する調査

SAR 技術の利用事例に関して、文献調査、e-mail 調査及び国内外における有識者への聞き取り調査を行った。文献調査の結果、保険金額の策定、収量予想や害虫発生予想などの農業分野、地盤沈下などの地殻変動調査、海水分布域調査、電波障害調査や地形解析のための DEM 作成等に利用事例があることが明らかになった。しかしながら実利用分野となると、海水監視、油汚染監視等、極限られた分野でしか実施されていないのが実状である。e-mail 調査や聞き取り調査で明らかになったことは、実利用に関しては SAR データの価格が高い、技術者が少ない、衛星 SAR は再撮間隔が長い等の問題点があり、これらを解決しなければ広く実用されることは難しいとの知見を得た。

#### 4. 結論

本研究により、相関処理方法の選択や位相アンラッピング時の閾値の変更などにより、航空機軌道が安定でない時など様々な条件の下でも、ある程度の精度を持った DEM が作成できることが明らかになった。これによって初年時からの研究を併せて、航空機 SAR で DEM を作成する技術が確立された。

また、多時期 SAR 画像を利用することにより判読性の向上が図られ、GIS データと併用することにより、分類精度を高められることが明らかになった。

SAR 技術は海外も含めて現在、流水監視、油汚染監視等、わずかな分野でしか実用されていないが、地盤沈下等の地殻変動監視、水害調査、農産物収量予想等、潜在的なニーズは高く、これからも実用化に向けた継続的な研究が必要である。