

# IDL を用いた JERS-1 レベル 0 データの画像再生処理

## Digital JERS-1 SAR Image Processor coded in IDL

成田明史, 齊藤玄敏  
Akifumi Narita, Hiroyuki Saito

弘前大学  
Hirosaki University

**キーワード** : パルス圧縮(pulse compress), マイクロ波(microwave), 合成開口レーダ(synthetic aperture radar), IDL, JERS-1

**連絡先** : 〒036-8561 弘前市文京町 3 番地 弘前大学工学部 齊藤研究室  
成田明史, :0172-39-3694, E-mail:h04gs515@stu.hirosaki-u.ac.jp

### 1. はじめに

地球観測衛星によるリモートセンシングは, 用いられるセンサの測定方式の違いによって分類することができ, 大きく受動的方式と能動的方式の 2 種類に分けられる. また, 測定に用いられる電磁波の帯域の違いによっても分けられ, 代表的なものとして可視から赤外に至る光の領域を測定する光学系センサと, マイクロ波領域を測定するマイクロ波センサに分けられる.

合成開口レーダは能動型のマイクロ波センサで, 光学系センサと比べて波長の長いマイクロ波を用いる. このため, 雲や霧などを貫通して地球の観測ができ, 光学系センサなどでは観測の難しい常に

雲や霧に覆われている熱帯地域などの観測に力を発揮する. また, 合成開口レーダではレンジ方向(衛星進行方向に直交する方向)でパルス圧縮を, アジマス方向(衛星進行方向)では合成処理をそれぞれ行うことによって, 高分解能の画像が得られる.

画像の記録方式は, 光学系センサでは輝度値を記録しているのに対して, 合成開口レーダではマイクロ波の地表からの散乱を複素型の時系列データ配列として記録している. このため画像を見るためには, 複雑な再生処理を必要とする.

画像再生処理の操作についてはさまざまな文献で紹介されている<sup>1),3)</sup>が, この操作が複雑であることと, 計算機を使用した膨大なデータ処理が必要であることが

ら，非常に高価な専用のプロセッサを用いて処理が行われる．

本研究では，画像データの演算処理などに関してはプログラミングが簡単で処理速度が速く，画像処理に適した IDL 言語を用いて，JERS-1 衛星の合成開口レーダの画像再生処理プログラムの開発を目的としている．

## 2 . IDL の特徴

IDL とは Interactive Data Language の略語で，地球科学，宇宙科学，物理学，医用画像，計測・実験データ処理など様々な分野で使用されているデータ解析ツールである．

IDL は対話形式でのコマンド実行環境の提供により，解析が容易で，プログラミングの時間を短縮することができる．また，他の言語に比べてコードを短縮することができる．各種画像フォーマット，データ構造(スカラ，ベクタ，配列，構造体)などの様々なフォーマットでの入出力に対応している．また，多彩な 2D，3D 表示機能を持っており，画像処理手法，信号データ処理手法，マッピング機能，算術演算手法などと組み合わせることで，グラフ，画像などをデータと統合して表示することができる<sup>4)</sup>．

## 3 . 画像再生処理の流れ

合成開口レーダの画像再生処理は Fig.1 のように進められる．以下，パルス圧縮，レンジマイグレーション補正，合成開口処理について説明する．

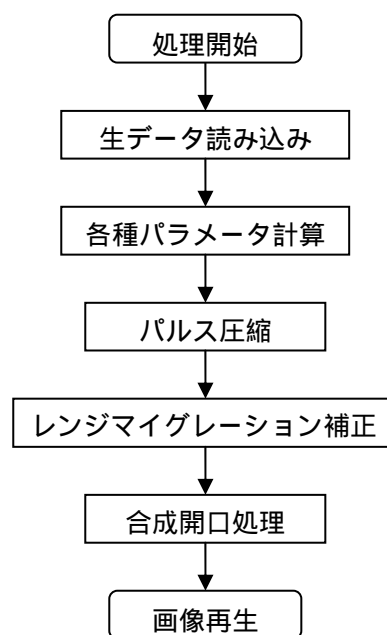


Fig.1 Flow diagram for SAR processing

### 3.1 パルス圧縮

レンジ方向の分解能は，パルスの継続時間(パルス幅)が短いほど高いが，パルス幅を小さくすると送信電力が落ち，反射パルスの検出感度が低下する．この問題を解決するためにパルス圧縮が使われている．パルス圧縮は，パワーの大きい広帯域のパルスを Fig.2 のように線形 FM 変調して送信し，受信信号をマッチトフィルタ処理し，仮想的に狭いパルス幅で大きな出力を得てレンジ方向での分解能を高める方法である<sup>2)</sup>．マッチトフィルタは変調率(チャープ率)やパルス幅から式(1)を生成し，フーリエ変換をして求める．

$$E_t(\tau) = E_0 \exp(i2\pi f_c \tau + i\alpha \tau^2) \quad (1)$$

ここに， $E_t(\tau)$  は送信パルスの波形， $f_c$  は初期周波数， $\alpha$  はチャープ率である．

### 3.2 レンジマイグレーション補正

合成開口レーダは常に移動しながら反射信号を受信するので、アンテナと点散乱体との距離は時間に関して 2 次関数的に変化する。この変化量はレンジマイグレーションと呼ばれ、地球の自転による変化と衛星の移動による点散乱体と衛星とのレンジ距離の変化が含まれる。高分解能になるにしたがって増加するので、画像再生処理の過程で点散乱体からの信号を 1 つのライン上に並べなおし、補正する必要がある<sup>2)</sup>。Fig.3 はレンジマイグレーション補正の概念を示しており、(a)が補正前の信号の並びで、(b)が補正後の並びである。

### 3.3 合成開口処理

Fig.4 のようにアンテナを搭載した衛星は一定の速度でアジマス方向に移動しながら、地表にむけてパルスを送信し続ける。点散乱体からの反射信号を位相まで含めて記録し、処理することによって、実際のアンテナ長より長いアンテナ長を用いて観測した場合と同様な高分解能の画像を得ることができる<sup>2)</sup>。合成開口処理では、アジマス方向で、マイクロ波の周波数がドップラー効果により少しずつ変化することを用いる。点散乱体にパルスを送信し続けると、周波数が変化する。このパルスを式(2)で推定し、パルス圧縮と同様にフーリエ変換を行って、フーリエ変換した受信信号に乗算し、逆フーリエ変換することによって、点散乱体からの強度信号を求める。

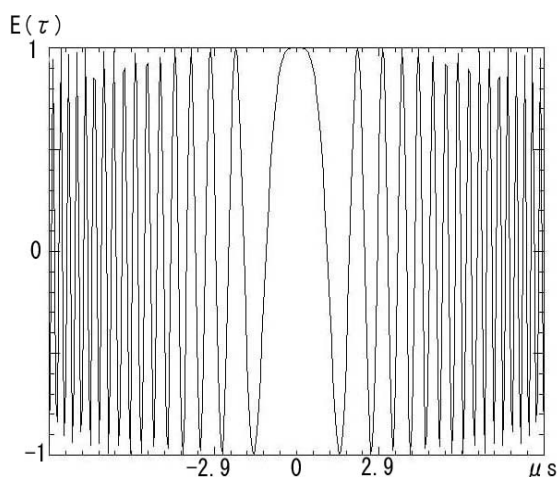


Fig.2 Liner FM modulation

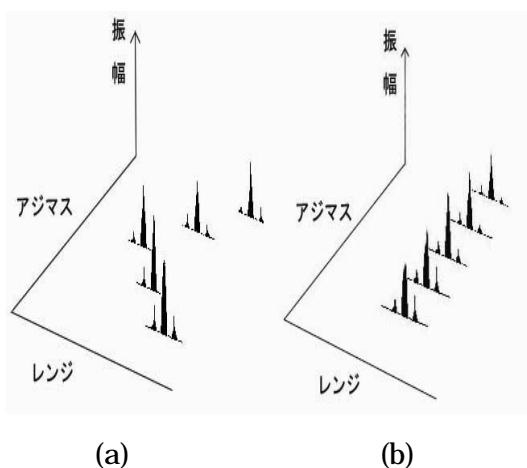


Fig.3 Range migration correction

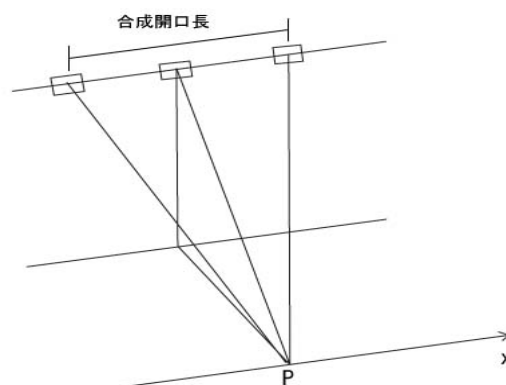


Fig.4 Synthetic aperture technique

$$E_s(\tau) = E_0 \exp(i2\pi f_{DC}t + i\beta t^2) \quad (2)$$

$E_s(\tau)$  は送信パルスの波形で、 $f_{DC}$  はドップラー中心周波数、 $\beta/\pi$  はドップラー率である。ドップラー率とドップラー中心周波数は式(3)(4)で求めることができる。

$$\beta = -\frac{2\pi V^2}{\lambda R_C} \quad (3)$$

$$f_{DC} = -2v_E / \lambda \quad (4)$$

ここに、 $V$  は衛星の速度、 $R_C$  はスラントレンジ距離、 $\lambda$  は衛星の波長、 $v_E$  は地球の自転に依存する速度成分である。

#### 4. 作成プログラムによる処理結果

IDL で作成したプログラムは、生データ読み込み部、各種パラメータ読み込み部、パルス圧縮部、レンジマイグレーション補正部、合成開口処理部の 5 つのプロシージャで構成し、各プロシージャ終了時に画像を表示できるようにしている。なお、プログラムの動作確認には Table.1 に示す JERS-1 SAR のレベル 0 データを用いた。

生データ読み込み部では、Table.1 の  $6144 \times 19904$  の複素データ配列で記録されたデータを用い、PC のメモリ容量の制限から、 $4096 \times 4096$  の配列を切り出し処理するようにプログラムを作成した。パラメータの計算では、リーダーファイルから衛星の主要諸元のデータを読み込み、パルス圧縮、レンジマイグレーション補正、合成開口処理を行うための各種パラ

メータの計算を行う。各種パラメータを Table.2 に示す。Fig.5 は合成開口レーダの生データを未処理のまま画像化したもので、Fig.6 はパルス圧縮画像、Fig.7 は合成開口処理画像である。Fig.5 から Fig.7 までの結果を見ると、パルス圧縮、合成開口処理のプログラムがうまく動作している。Fig.8 は窓関数処理画像で、窓関数処理をしていない画像(Fig.7)に比べて鮮明になっていることがわかる。Fig.9 は各領域を処理し結合した画像である。画像の切れ目が目立ち、画像に暗い部分がある。

衛星	JERS-1 SAR
観測日	1992/10/14
パス-ロウ番号	64-233
処理レベル	Level 0
地上局コード	HEOC
シーン ID	J1SAR19921014 R01024707064233

Table.1 JERS-1 details

オフナディア角	35 °
観測幅	75km
送信周波数	1275MHz
チャープ率	$-4.2 \times 10^{11}$ Hz/sec
バンド幅	15.0MHz
パルス幅	35 $\mu$ sec
パルス繰り返し周波数	1555.2Hz
波長	23.5cm
サンプリング周波数	17.1MHz
衛星の速度	約 7.5km/sec
スラントレンジ距離	約 747km
衛星高度	568km

Table.2 Processing parameter

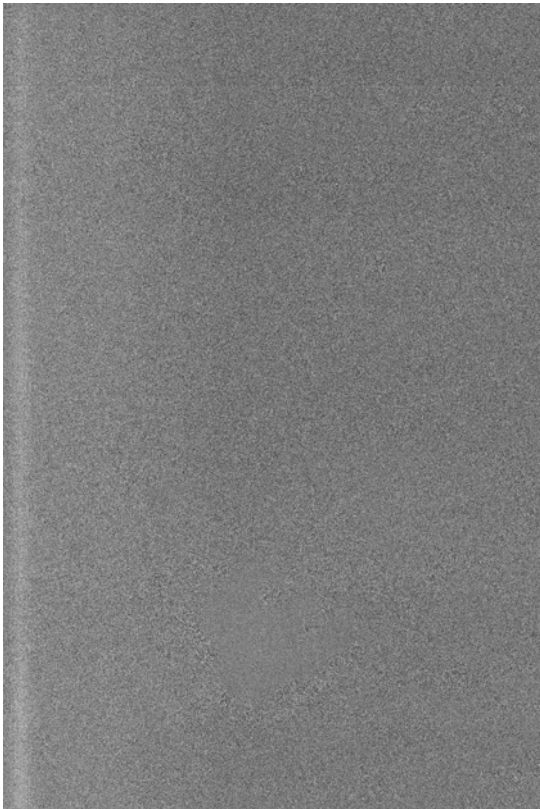


Fig.5 Raw-data image



Fig.7 Azimuth compress image

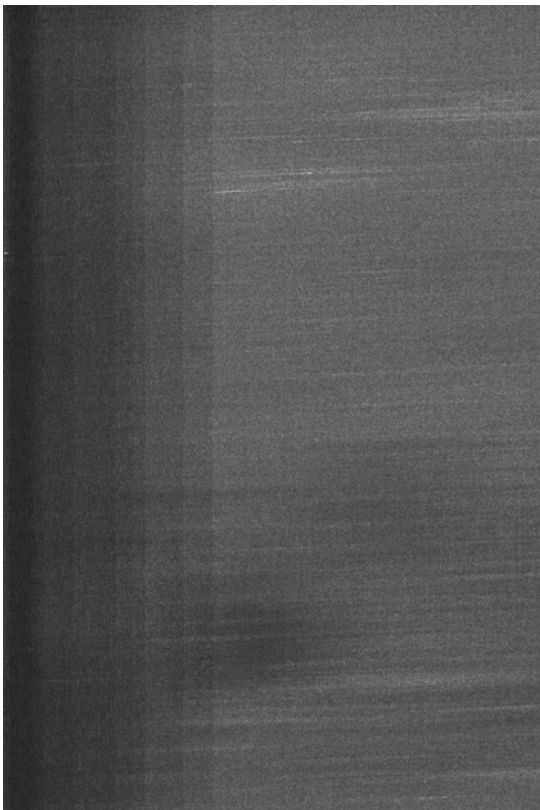


Fig.6 Pulse compress image



Fig.8 Hanning window image

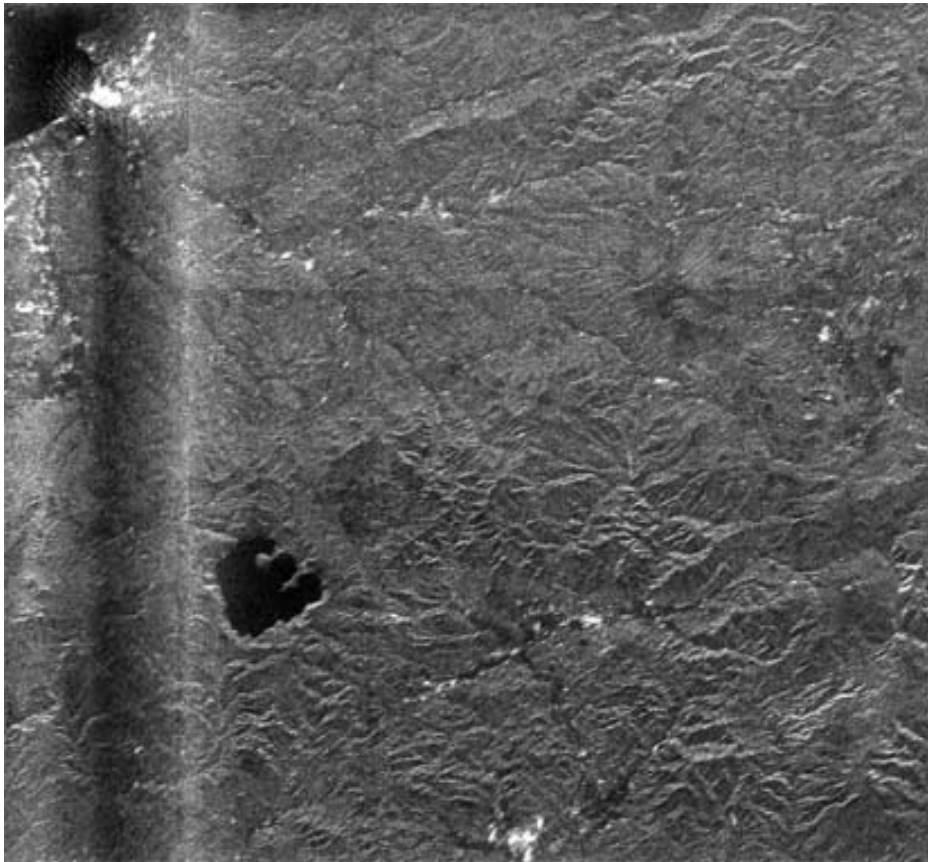


Fig.9 Total range image

## 5. まとめ

本研究では，IDL 言語を用いて，JERS-1 合成開口レーダ画像の再生処理プログラムを作成し，その動作を確認した  $.4096 \times 4096$  のデータに対して一連の処理を行うのに要する時間は，PC(Dell PWS360 ; Pentium4 2.60GHz)で約 1 分である．

今後は処理の最初の過程で解像度を落として簡易な全体画像の表示を行い，表示した画像から解像度の高い画像を必要とする部分を選択して処理するプロシージャ，ならびに，再生処理後画像の幾何補正のプロシージャを加える．さらに InSAR 処理にも取り組んでいく予定である．

## 参考文献

- 1) 大内和夫：合成開口レーダの基礎，電機大出版局(2004)
- 2) 図解リモートセンシング(改訂版)，日本リモートセンシング研究会編，日本測量協会(2001)
- 3) 飯坂譲二：合成開口レーダ画像ハンドブック，日本写真測量学会編，朝倉書店(1998)
- 4) Jicoux Datasystem,Inc：製品概要，[http://www.jicoux.com/idl\\_product.html](http://www.jicoux.com/idl_product.html)，(2005)