

## 画像分割方式による SAR 画像再生の並列処理方式の基礎検討

1D-7

水野 政治 中島 克人

三菱電機(株) 情報技術総合研究所

### 1 はじめに

合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar, SAR) は、リモートセンシングの分野において、雲等の天候に左右されず、高い分解能で地表を撮像することができるセンサとして知られている。SAR では、取得した元データから人間が理解できる画像を再生する処理 (これを SAR 画像再生と呼ぶ) が必要となるが、演算量が非常に大きい。そのため、しばしば並列処理の一応用アプリケーションとして取り上げられている。

本稿では、SAR 画像再生のアルゴリズムの特徴を生かした画像分割方式による並列処理における、画像の分割方法とそれによる速度向上の効果について述べる。

### 2 SAR 画像再生のアルゴリズム

SAR 画像再生のアルゴリズムは種々提案されているが、ここでは、最も広く一般的に使用されている、レンジ-ドップラ アルゴリズムを取り上げる<sup>1)</sup>。その基本的な処理の流れは図1の通りである。ここで、レンジ FFT/ アジマス FFT は、レンジ方向あるいはアジマス方向 1 ライン分のデータに対する FFT であり、レンジマイグレーション補正は、観測点との距離の変化を考慮し、データを適切な量だけ移動、あるいは内挿計算するものである。

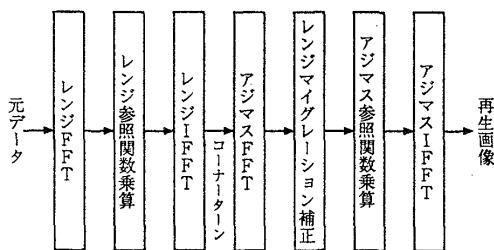


図 1: SAR 画像再生処理の流れ

### 3 画像分割による並列処理方式

レンジ-ドップラ アルゴリズムでは、レンジ参照関数及びアジマス参照関数との畳込み演算によって、レンジ方向とアジマス方向とに伸ばした元データを圧縮し、

画像を再生するものであるため、処理の対象とする元データを適切な重なりを持たせて複数の部分画像に分割すれば、各部分画像について同様なアルゴリズムで処理を行なった場合でも同等の画像を得ることができる。

画像分割による並列処理方式は、この特徴を利用したもので、分割された複数の部分画像に対する処理を平行して行う方式である (図 2)。この方式では、第一に、元データの分割方法とそれによる演算量の変化を見極めることが重要である。元データの分割方法としては、単純に次の 3 通りの方法が考えられる。

1. アジマス方向を分割
2. レンジ方向を分割
3. マトリックス状に分割 (上記 2 つの組み合わせ)

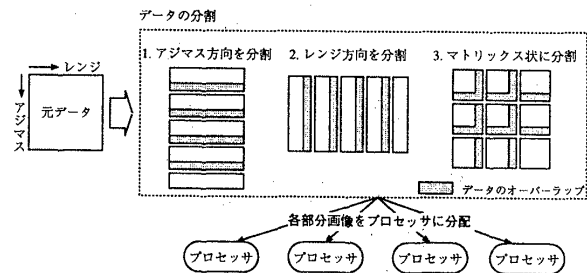


図 2: 画像分割による並列処理

#### 3.1 分割方法と演算量の変化

各分割方法を採用した場合の演算量を机上計算にて算出する。ここでは、算出する演算量は加算及び乗算の回数とする。また、ここで使用するパラメータは、RADARSAT/SAR<sup>2)</sup> のパラメータを参考に、表1のように想定する。

表 1: パラメータ

|            |      |
|------------|------|
| 元データのレンジ数  | 6000 |
| レンジ相関長     | 600  |
| 再生画像のレンジ数  | 5400 |
| 元データのアジマス数 | 4096 |
| アジマス相関長    | 600  |
| 再生画像のアジマス数 | 3496 |

各プロセッサには各々一つの部分画像が分配され処理されるので、ここでは各プロセッサに分配される一部分画像の演算量に着目した。

データの分割方法及び分割数によって、一部分画像から再生される画像の大きさ (レンジ数、アジマス数) が

変化するので、これに伴う演算量の変化を算出した。図3は、その結果を示すものであり、縦軸は演算量、横軸は一部分画像から再生される画像の大きさである。図3(a)は、アジマス方向を分割する場合であり、レンジ数を元データのレンジ数で固定し、アジマス数を変化した場合の演算量の変化を示した。同様に、図3(b)は、レンジ方向を分割する場合であり、アジマス数を元データのアジマス数で固定し、レンジ数を変化した場合の演算量の変化を示した。また、図3(c)は、マトリックス状に分割する場合であり、アジマス数、レンジ数共に変化した場合の演算量の変化を示している。

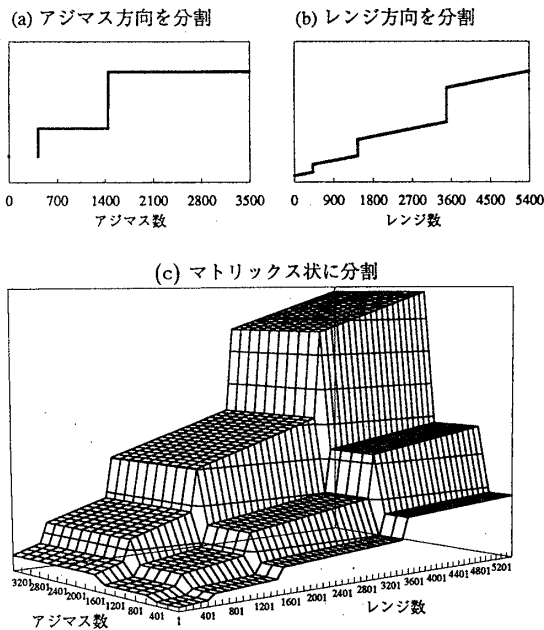


図3: 一部分画像に対する演算量の変化

まず、アジマス方向のみを分割する場合、すなわち、図3(a)に着目すると、アジマス数の変化にともない、演算量は階段状に変化している様子がわかる。演算量が大きく変化するのは、アジマス方向のFFT/IFFTの点数が変化する時であり、アジマス方向のFFT点数が同一になる範囲では、演算量に変化がみられない。そのため、いくら分割数を大きくしアジマス数を小さくしても、最小となるアジマス方向のFFT点数に達してしまえば、演算量を小さくすることができない。

次に、レンジ方向のみを分割する場合、すなわち、図3(b)では、アジマス方向を分割する場合と同様に、レンジ方向のFFT点数が変化する時点で大きく演算量が増加しているが、一方で、アジマス方向で分割する場合と異なり、レンジ方向のFFT点数が同一となる範囲内でも、レンジ数に比例し演算量が増加している様子がわかる。これはレンジ数の変化がアジマスFFT以降の演算量に影響を与えるためである。

マトリックス状に分割する場合、図3(c)では、上記二つの分割方法の特徴が表れていることが確認できる。

以上のように、演算量は、分割された各部分画像に対して適用されるレンジ方向、アジマス方向のFFT/IFFTの点数によって大きく左右される。したがって、データの分割を考える場合には、分割後に適用されるレンジ方向及びアジマス方向のFFT/IFFTの点数に着目することが重要である。次に、レンジ方向及びアジマス方向のFFT/IFFTの点数に変化がみられない場合には、各部分画像によって再生される画像のアジマス数を小さくしても演算量は削減できないので、各部分画像によって再生される画像のレンジ数がより小さくなるように、データの分割を行なった方がよい。

### 3.2 並列化の効果

図4は、上記の検討を元に算出した、プロセッサ数の増加に伴う高速化率の推移を示すものである。なお、レンジ方向の分割数は、(プロセッサ数)/(アジマス方向の分割数)である。

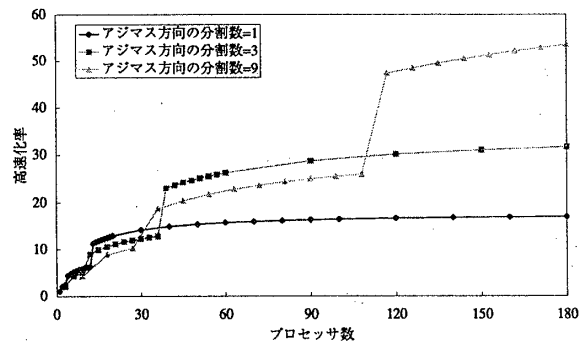


図4: 高速化率の推移

前節で明らかになったように、レンジ方向を分割するだけでは不十分であり、適切にアジマス方向をも分割することによって、より高い高速化率を得られることが確認できる。

## 4 まとめ

画像分割方式によるSAR画像再生の並列処理では、使用するプロセッサ数、すなわち元データの分割数に応じ、適切な方法でデータを分割しなければ、効果的に並列処理できないことがわかった。

今後、実機での評価を進めると共に、今回検討されていない、データの分割/集約に対するオーバーヘッド、プロセッサ間のデータ転送の影響等についても検討する予定である。

### 参考文献

- 1) Curlander, J. C. and McDonough, R. N.: "SYNTHETIC APERTURE RADAR Systems and Signal Processing", John Wiley & Sons, Inc. (1991).
- 2) <http://radarsat.space.gc.ca/>