

ALOS PRISM 画像と AVNIR2 画像による 四国全域高分解能画像の生成

1100428 野村 洋

高知工科大学工学部社会システム工学科

Google Map や Yahoo Map 等の商用地図情報は、人口密集地のみ分解能が高く、精度が不均質である。2006 年、陸域観測衛星 ALOS が運用開始したものの、高分解能の地図情報への活用があまりされていない。したがって、広域高分解能画像の生成は、独自に行う必要がある。広域高分解能の画像は、いくつかの狭域分解能画像を画像処理ソフトウェアによりモザイク処理を行うことで生成できる。モザイクとは、複数の画像を位置情報を元に重ね合わせ、1 つの画像に統合することである。一般の画像処理ソフトウェアでは、重なり合う画像の輝度を pixel 単位で比較し、最も輝度の低い値を抽出することにより画像が生成されている。その為、重なり合う画像を使用した場合、輝度の高い雲は上書きされるが、輝度の低い雲の影は残り、輝度が不均質な画像となってしまう。そこで、自作プログラムによるモザイク画像の生成を行った。今回、人工衛星 ALOS 搭載の PRISM センサが観測した 2.5m 分解能の画像 36 シーンと AVNIR2 センサが観測した 10m 分解能の画像の 13 シーンによる四国全域を覆うモザイク画像の生成を行った。その結果、PRISM 画像については 5m 未満、AVNIR2 画像については、10m 未満の精度でモザイク画像を生成することに成功した。さらに PRISM 画像と AVNIR2 画像を融合することでパンシャープン画像を生成した。パンシャープン画像とは、PRISM 画像の濃淡情報と AVNIR2 画像のカラー情報を合成した画像である。したがって 5m 未満の精度でカラー画像がベースマップとして整備出来たこととなる。

Key Word: オルソ画像、モザイク画像、パンシャープン画像

1.背景

Google Map や Yahoo Map 等の商用地図情報は、人口密集地のみ分解能が高く、精度が不均質である。2006 年陸域観測衛星 ALOS が運用開始したものの高分解能の地図情報への活用があまりされていない。したがって、四国全域高分解能画像の生成は、独自に行う必要がある。現在、高木研究室では、JAXA との共同研究により、陸域観測技術衛星 ALOS 搭載の PRISM センサの観測した画像と AVNIR2 センサの観測した画像を使用している。PRISM センサの観測する画像は、約 36km × 40km の範囲を、AVNIR2 センサの観測した画像は約 71km × 80km の範囲を観測する。四国全域は 260km × 200km であるため、PRISM 画像は 36 シーン、AVNIR2 画像は 13 シーンの画像が四国全域をカバーするのに必要である。したがって、四国全域の画像にするには、モザイクによる画像の合成が必要となってくる。モザイクとは、複数の画像を位置情報を元に重ね合わせ、1 つの画像に統合することである。

位置情報を持つ衛星画像のモザイクは、画像処理ソフトウェア(Arc GIS 等)を用いて生成可能である。しかし、このソフトウェアは、重なり合う画像の輝度を pixel 単位で比較し、最も輝度の低い値を抽出することで画像が生成されている。よって、重なり合う画像を使用した場合、モザイク後の画像には、輝度の高い雲は除去されるが、輝度の低い雲の影は残る。その結果、モザイク後の画像は、輝度が均質にならない場合が存在する。したがって自作ソフトウェアによるモザイク処理プログラムの開発が必要である。

2.目的

本研究の目的は、高分解能パンクロ画像の PRISM 画像、及び中分解能カラー画像の AVNIR2 画像による四国全域のモザイク画像を生成することである。モザイク画像は、C 言語でプログラムを開発して生成を行う。次に、PRISM 画像と AVNIR2 画像を用いて、高分解能カラー画像のパンシャープン画像を生成する。パンシャープン画像は、YCC 変換による手法を適用する。最終的には、様々な利活用が期待できる 2.5m 分解能のカラー画像によるベースマップを目指す。

3.使用データ

使用する衛星画像は、2006 年～2009 年に人工衛星 ALOS が観測した PRISM 画像 36 シーンと AVNIR2 画像 13 シーンである。表 3-1 に PRISM センサ、AVNIR2 センサの仕様を示す。

表 3-1. PRISM センサ、AVNIR2 センサの仕様

	PRISM画像	AVNIR2画像
シーン数	36	13
分解能(m)	2.5	10
画像サイズ(pixel)	14496 × 16000	7100 × 7995
画像サイズ(km)	36 × 40	71 × 80
観測波長域	可視光	可視光～近赤外
Band数	1	4(青、緑、赤、近赤外)

PRISM 画像は分解能 2.5m、AVNIR2 画像は分解能 10m である。そのため、AVNIR2 画像は PRISM 画像に比べて広域な画像となっている。AVNIR2 画像は、4Band で構成されているが、本研究では緑、赤、近赤外の 3Band を使用した。これらの画像は、そのままでは中心投影画像なので、位置情報は持たない。そこで、モザイクさせるために位置情報を持ったオルソ画像に変換した。

オルソ画像は、観測画像の画像座標系(u,v)を地上座標系(X,Y,Z)に座標変換した画像である。オルソ画像は米田のプロジェクト研究の成果を使用した。地上座標は、高知工科大学高木研究室で構築している基準点データベースを使用している。PRISM 画像と AVNIR2 画像の全シーンにおいて、オルソ画像に変換したときの基準点(GCP)での平均二乗誤差(RMSE)を表 3-2、3-3 に示す。

表 3-2. PRISM 画像の各シーンの RMSE(平均二乗誤差) (単位: pixel)

シーン	u	v	シーン	u	v
P-1	0.550	0.659	P-19	0.494	0.952
P-2	0.533	1.067	P-20	0.558	0.842
P-3	0.346	0.490	P-21	0.905	0.884
P-4	0.488	0.490	P-22	1.750	1.366
P-5	0.571	0.614	P-23	1.138	1.224
P-6	0.581	0.764	P-24	1.371	0.848
P-7	0.499	0.508	P-25	0.219	1.513
P-8	0.333	0.657	P-26	0.717	1.131
P-9	0.931	0.964	P-27	0.793	0.987
P-10	0.264	0.683	P-28	0.764	1.298
P-11	0.877	0.945	P-29	1.032	1.284
P-12	0.755	0.865	P-30	0.377	0.397
P-13	0.480	0.435	P-31	0.785	0.839
P-14	0.404	0.471	P-32	1.033	0.966
P-15	0.997	0.263	P-33	0.999	0.979
P-16	1.072	1.088	P-34	0.779	1.643
P-17	1.498	0.941	P-35	0.691	0.824
P-18	0.828	0.973	P-36	0.525	0.668

表 3-3. AVNIR2 画像の各シーンの RMSE(平均二乗誤差) (単位: pixel)

シーン	u	v
A-1	0.477	0.841
A-2	0.799	0.852
A-3	0.356	0.662
A-4	0.496	0.625
A-5	0.553	0.511
A-6	0.948	0.795
A-7	0.253	0.586
A-8	0.490	0.352
A-9	0.530	0.546
A-10	0.411	0.360
A-11	0.368	0.474
A-12	0.570	0.508
A-13	0.487	0.441

PRISM 画像の RMSE で、u、v 共に 1pixel 以下となるものは 36 シーン中 24 シーンであった。AVNIR2 の場合は、使用した画像の全シーンの RMSE が 1pixel 以下となっている。AVNIR2 画像は分解能が PRISM 画像に比べて低いため、微妙な濃淡が少なく基準点の認識が容易で、広範囲のため多くの基準点を利用できる。したがって RMSE が小さい結果となったのであろう。一方、PRISM 画像は RMSE が 1pixel を越えるシーンもある。RMSE が大きくなる原因は、画像範囲に山が多く基準点の数が少ない、山間部の基準点が認識困難、或いは雲が多く基準点の分布に偏りがある等の原因が考えられる。

4.対象地域

四国の全長は、東西に約 260km、南北に約 200km である。四国全域のモザイクを 2.5m の分解能で生成するには、104,000 × 80,000pixel となり 8.32GB のデータ量となる。これは、現在の一般的なコンピュータに搭載されているメモリ 4GB を大きく上回っている。また、Photoshop(人気の高い画像編集ソフト)で扱える最大画像サイズは 30,000 × 30,000 pixel である。以上の制約を考慮し、四国全域のモザイク画像生成するために使用する画像サイズは、四国全域を覆う画像範囲である 120,000pixel × 84,000pixel を 12 に分けし、30,000 × 28,000pixel (75km × 70km)とした。図 4-1 に四国全域を 12 に分けしたものを示す。四国全域を表す座標は、世界測地系第 4 系基準としているため、その座標原点が分かりやすい位置となるように配置した。区分け後の各区画は、番号で左上から順番に区画 ~ と呼ぶこととする。

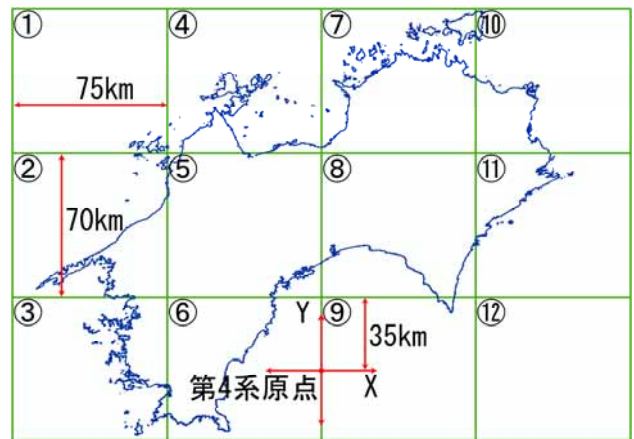


図 4-1. 四国全域の 12 箇所の区画

5.モザイク画像の生成手法

図 5-1 は、地上座標、モザイク画像、オルソ画像関係を模式化したものである。地上座標は右手系だが、画像座標は左手系となっている。

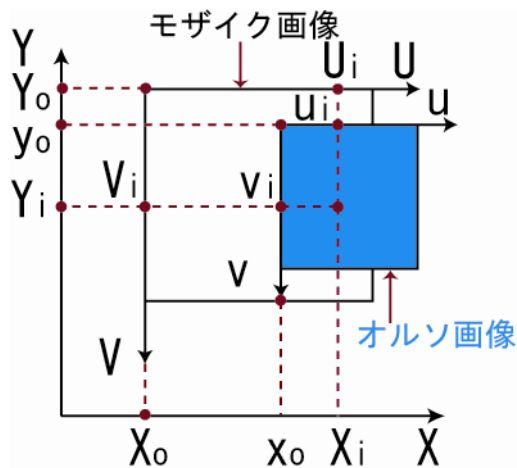


図 5-1.地上座標と画像座標の変換

数シーンのオルソ画像のモザイク画像を生成する為には、各シーンの画像の位置情報を利用する必要がある。具体的には、画像の左上端の地上座標、画像の pixel 数、1pixel あたりの大きさが必要である。地上座標とモザイク画像の画像座標との関係は次式で表せる。

$$X_i = X_o + U \times cellsize1$$

$$Y_i = Y_o - V \times cellsize1$$

X_i, Y_i : 地上座標
 U_i, V_i : モザイク画像の画像座標
 X_o, Y_o : モザイク画像の原点に対応する地上座標
 $cellsize1$: 1pixel あたりの大きさ

次に地上座標からオルソ画像の座標に変換する。変換式は次のとおりである。

$$u_i = (X_i - x_o) / cellsize2$$

$$v_i = (y_o - Y_i) / cellsize2$$

X_i, Y_i : 地上座標
 u_i, v_i : オルソ画像の画像座標
 x_o, y_o : オルソ画像の原点に対応する地上座標
 $cellsize2$: 1pixel あたりの大きさ

したがって、地上座標を介して、モザイク画像の座標(U_i, V_i)から、オルソ画像の座標(u_i, v_i)に変換できる

この式を用いてモザイク画像の画像座標 U_i, V_i を、オルソ画像の座標 u_i, v_i に変換できる。

モザイク画像の全ての pixel は、あらかじめ、輝度が最も高い 255 で埋め尽くされた画像とする。次にオルソ画像の画像座標、モザイク画像の画像座標が対応できているので、モザイク画像の対象 pixel の画像座標をオルソ画像の画像座標に変換する。変換した画像座標が、オルソ画像の範囲内にあるかどうか判別し、範囲内であれば、pixel の輝度を比較する。このとき、モザ

イク画像の pixel の輝度が 255 であれば、対応するオルソ画像の pixel を、モザイク画像の pixel に上書きする。このようにして 1 シーン目のモザイク画像が生成される。次のオルソ画像についても同様にこのモザイク処理をしていくことで合成された画像が生成される。雲の存在する画像は、出来る限り利用を少なくする必要がある。そのため、雲の少ない画像を先にモザイク処理することで、完成したモザイク画像は、雲が少なくなる。

6.モザイク画像生成結果

区画 の範囲におけるモザイク画像生成結果を図 6-1 に示す。画像間の境目が目視で認識可能であり、複数枚のオルソ画像が使われていることが分かる。

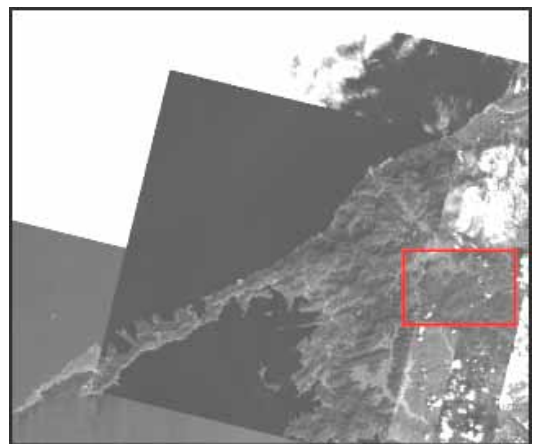


図 6-1. 区画 2 のモザイク画像

プログラムによって生成された区画 の対象範囲を Arc GIS でもモザイクした。Arc GIS で問題となっている範囲は、図 6-1 の赤枠で表示された範囲である。図 6-2 は自作プログラムによるモザイク結果、図 6-3 は、Arc GIS によるモザイク結果である。

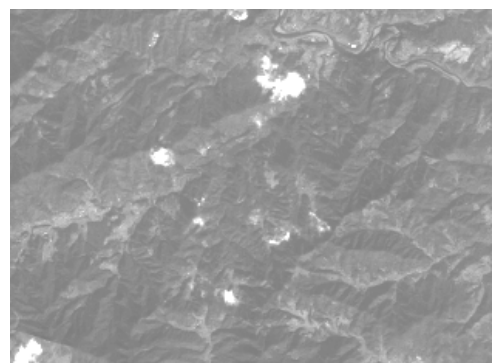


図 6-2. 自作プログラムによるモザイク画像

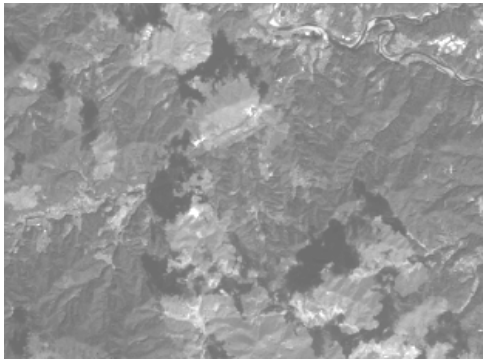


図 6-3. Arc GIS によるモザイク画像

Arc GIS によるモザイク画像は、雲の存在していた輝度の高い pixel に、他のオルソ画像の、雲よりも輝度の低い pixel が上書きされている。その為、輝度が均質でない画像が生成された。それに対して、自作プログラムのモザイク画像は、多少雲が残るものの輝度が均質であることが分かる。

7. パンシャープン画像の生成手法

PRISM 画像は、分解能 2.5m のモノクロ画像である。対して AVNIR2 画像は、分解能 10m でカラー画像である。これら二つの画像を合成すれば、分解能 2.5m のカラー画像を生成することができる。この画像はパンシャープン画像と呼ばれている。パンシャープン画像の生成をする為には、AVNIR2 画像を PRISM 画像の分解能に統一する必要がある。そこで、AVNIR2 画像の分解能 10m を 2.5m に再配列し、PRISM 画像と AVNIR 画像の合成を行った。パンシャープン画像の生成は YCC 変換法を用いた。分解能の高い PRISM 画像の輝度を Y とし、AVNIR2 画像を YCC 変換して得た C1 と C2 を利用し、YCC 逆変換を実行し RGB を生成する。YCC 変換、逆変換の概念図を図 7-1 に示す。

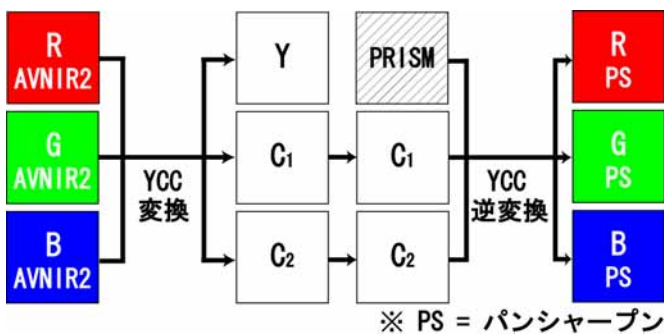


図 7-1. YCC 変換法の概念図

8. パンシャープン画像生成結果

YCC 変換法によるパンシャープン画像生成結果を図 8-1 に示す。

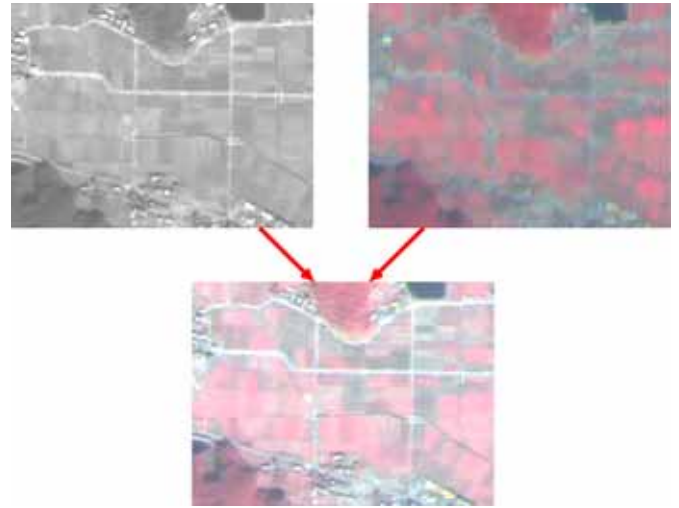


図 8-1. パンシャープン画像

結果は、PRISM 画像の分解能に AVNIR2 画像のカラー情報が載せられた形となり、高分解能カラー画像が生成された。区画 には、AVNIR2 画像のカラー情報と PRISM 画像の濃淡情報に、ずれのある範囲もあった。このずれは、オルソ画像の精度が関係していると考えられる。

9. 結論

モザイク処理のプログラムは完成し、本研究の目的である四国全域のモザイク画像の生成は達成された。少なくとも 5m の精度は確保している。オルソ画像の中には、雲の多い画像もある。モザイクの画像は、オルソ画像全域を対象として生成しているために、モザイク画像に雲が残る状況は発生してしまう。今後オルソ画像を小領域に分割することにより、雲の少ないモザイク画像が完成すると期待できる。

モザイクされた PRISM 画像と AVNIR2 画像を用いてパンシャープン画像を生成することもできた。部分的に位置ズレが見られたが、今後基準点の精度を向上させ、PRISM のオルソ画像の精度を上げることで解決できると考えられる。

10. 参考文献

- 1) 小島光博・高木方隆, 人工衛星 ALOS 搭載 AVNIR2 と PRISM を用いた高分解能カラー画像の生成, 高知工科大学 2007 年度 学士論文
- 2) AUIG - ALOS 情報システム WWW サービス
<https://auig.eoc.jaxa.jp/auigs/top/TOP1000Init.do>
 (2009/2/1)