

IKONOS 画像を用いた ASTER 画像のミクセル解析と土地被覆分類

高知工科大学 ○宮田 剛
菊池有紀
高木方隆

1. 背景

詳しく衛星画像の分類を行うには、1 ピクセルの中に色々なものが写りこんでしまうミクセル問題を解決しなければならない。正規化バンド間演算手法は、計算が単純で、多時期の画像にも適用することが可能だが、このミクセル問題を解決するに至らなかった。

近年 1m 未満の高分解能衛星画像が利用可能になってきた。この画像をミクセル解析に利用するためには、高精度の幾何補正が要求される。しかし、三次元画像計測におけるステレオマッチング手法は高精度の基準点情報を取得することで活用できる。

そこで本研究は、Linear Mixture Model を用いて、ミクセル解析および、画像取得時期に依存しない土地被覆分類を試みる。

2. 目的

本研究では、分解能 15m の ASTER 画像を対象に、分解能 1m の IKONOS 画像を利用することでミクセル解析を行う。Linear Mixture Model によるミクセル解析を行った後、水・植物・土・影の 4 カテゴリーの土地被覆解析を試みる。また、従来から分類困難とされてきた影と水の分類についても DSM(Digital Surface Model)画像より、ASTER 画像の影画像をシミュレートし、影と水の分離についての解決を試みる。

3. 使用データ

表 3. 1 に今回使用するデータを示した。ミクセル取得に関して、ASTER 画像範囲内に含まれている、農地の多い地域と都市域という 2 シーンの IKONOS 画像を用いた。なお、ASTER 画像と IKONOS 画像の撮影日時が異なるため、ミクセル解析に問題が出る可能性があると思われる。

表 3. 1 使用データ

	画像取得日時	画像範囲 (縦×横)
ASTER 画像	2001/10/31 午前 10 : 56	高知県中部 60×60km
IKONOS 画像	2001/6/15 午前 10 : 43	土佐山田 11×11km
IKONOS 画像	2002/9/19 午前 11 : 00	高知市内 2×3km
DSM 画像		高知市内 2×3km

4. ミクセル解析の手法と土地被覆解析

図 4. 1 にミクセル解析と土地被覆解析フローチャートを示す。精密幾何補正、トレーニングデータ整備、ミクセル解析、土地被覆解析、検証より構成されている。

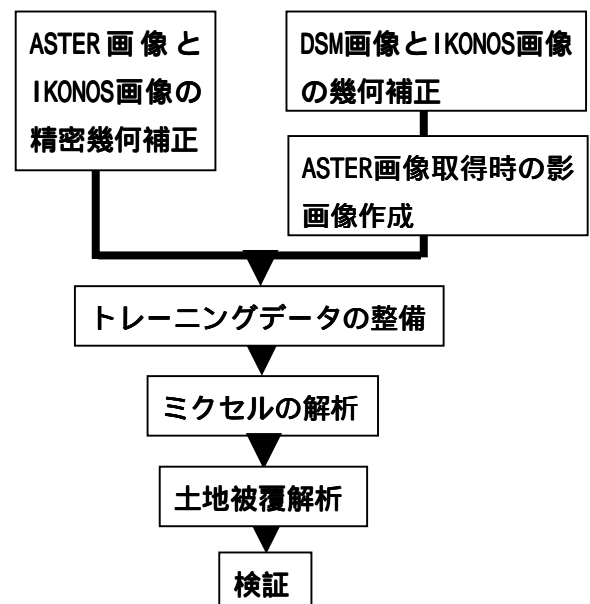


図 4. 1 フローチャート

4.1 精密幾何補正

4.1.1 ASTER 画像と IKONOS 画像の幾何補正

ミクセル解析のために、イメージマッチングを利用して高精度の地上基準点を取得し、ASTER 画像と IKONOS 画像は Affine 変換によって精密幾何補正を行った。対象範囲が狭いため Affine 変換でも十分適用可能であると考えた。なお、ASTER 画像のデータは、再配列によって変換させるとデータが壊れてしまうため、IKONOS 画像を変換させ、ASTER 画像と合致させた。表 4.1 は、幾何補正において発生した最小二乗誤差を表している。X・Y 方向とも 4m 程度であり、ASTER の分解能 15m に対して十分な精度とは言えない。しかし、分解能 15m と 1m とでのイメージマッチングの限界と思われた。この状態でも、ミクセル解析においては、ある程度の傾向が見出せると判断した。

表 4.1

RMS error	
X 方向	4.02m
Y 方向	3.71m

4.1.2 DSM 画像と IKONOS 画像の幾何補正

高さ情報とカラー情報のイメージマッチングは困難である。そのため、DSM 画像と IKONOS 画像を目視による基準点を用いて Affine 変換により幾何補正した。表 4.2 より、平均二乗誤差は 1m 未満となり十分な精度を得ることが出来た。

図 4.2 は精密幾何補正後の各データを表したものである。

表 4.2

GCP の数	8 個
Average RSM error	0.27m
Total RSM error	2.14m



図 4.2

4.2 Linear Mixture Model

ミクセルとは、1 つの画素の中に複数のカテゴリーが混在している画素のことである。分類を行う際、このような画素を 1 つのカテゴリーに無理に属させるべきではない。このような画素を 1 つのカテゴリーで代表させると、その瞬時視野内に含まれる小面積のカテゴリーが無視されて、処理画像から消去されてしまう¹⁾。そこで、本研究では、Linear Mixture Model を適用した。あるバンドの DN 値は、各カテゴリーの面積割合 R と係数 C の積和で表されるものである。

$$DN_i = (C_{wi} * R_w + C_{vi} * R_v + C_{bi} * R_b + C_{si} * R_{si}) \dots \text{式 1}$$

各カテゴリーにおける係数

水(Cw), 植物(Cv), 土(Cb), 影(Cs)

各カテゴリーの面積割合

水(Rw), 植物(Rv), 土(Rb), 影(Rs)

バンドナンバー: i

この Cw, Cv, Cb, Cs の係数は、トレーニングデータを用いて最小二乗法により求める。

4.3 トレーニングデータの取得

まず、ピュアピクセルのトレーニングデータを各カテゴリー 20 画素ずつ取得した。

次に、DSM 画像より影画像を作成・シミュレートし、今回使用する ASTER 画像の影を調べた。この影画像を参考にしながら、ミクセルのトレーニングデータを取得した。ミクセルに関しては、1 ピクセル中に 2,3 種類のカテゴリーが含まれているものを取得した。特に水が影として分類されてしまうのを解決するため、ミクセル中に影が含まれているものを多数取得した。ピュアピクセルとミクセル合わせて 167 個のトレーニングデータとなった。

最後に ASTER 画像の各 DN 値と、各カテゴリーに対する相関を重回帰分析により求めた(表 4.4)。

可視, 近赤, 短波長赤外のバンドについては相関係数 0.8 以上を示した。

表 4.3 トレーニングデータ

影なしミクセル	12
影ありミクセル	20
影ピュアピクセル	25
海ピュアピクセル	20
川ピュアピクセル	20
海ピュアピクセル	20
植物ピュアピクセル	20
土ピュアピクセル	20

表 4.4 各バンドの重回帰分析結果

Band	1	2	3	5	6	7
相関	0.91	0.92	0.91	0.90	0.87	0.87

8	9	10	11	12	13	14	15
0.88	0.89	0.91	0.32	0.41	0.36	0.44	0.36

4.4 Linear Mixture Model の係数

相関の高かったバンド 1, 2, 3, 10 を使い, DN 値と R に目視分類したピクセル数を Linear Mixture Model に当てはめ, 最小 2 乗法により係数を導き出した。ここで, バンド 10 は分解能 30m になるのだが, 影響は少ないと考え今回は無視した。表 4.5 は算出された係数のリストを示す。

表 4.5 係数計算結果

band	水 (Cw)	植物 (Cv)	土 (Cb)	影 (Cs)
1	0.2271	0.2224	0.3799	0.2030
2	0.1024	0.1142	0.2771	0.1096
3	0.0681	0.3512	0.2000	0.0959
10	0.0566	0.072	0.1328	0.0779

4.5 土地被覆解析

導き出された係数と 4 つのバンドの DN を Linear Mixture Model に代入すると, 面積割合 R_w, R_v, R_b, R_s が求まる。しかし, バンド間の相関が高い場合, 連立方程式による解法では, 解が不安定となる。

そこで, 式 1 において

$$0 < R_w < 1, \quad 0 < R_v < 1, \quad 0 < R_b < 1, \quad 0 < R_s < 1$$

$$R_w + R_v + R_b + R_s = 1$$

という条件のもと, 面積割合 R_w, R_v, R_b, R_s の値を 0.02 ステップにて変化させていき, 係数によって求めた DN 値と実際の DN 値との差が最も小さいときの面積割合 R_w, R_v, R_b, R_s を求めた。

5. 土地被覆解析結果および考察

以下の図は, 原画像である ASTER 画像と Linear Mixture Model によって導かれた各カテゴリーの面積割合を示したものである。



図 5.1 ASTER 画像

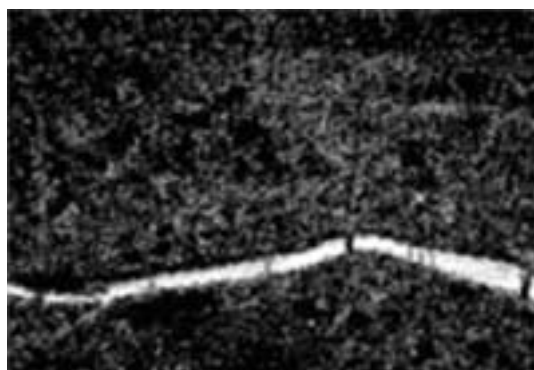


図 5.2 水域



図 5.3 植生

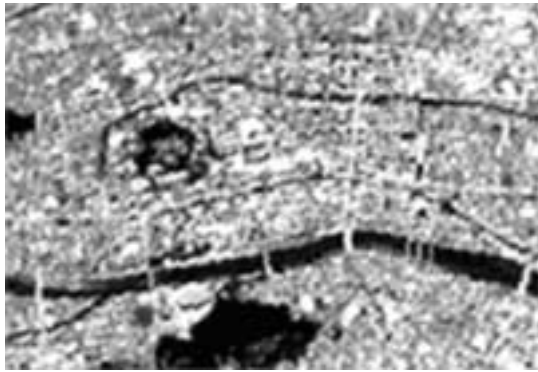


図 5.4 土・都市



図 5.5 影

白くなっているところが、各カテゴリーの面積割合が大きい。なお、図 5.5 は、影の面積割合を示しているが、目視で判断しやすくするために、画素値を反転させた画像となっている。原画像と解析結果を目視により比較をしてみると、良好な結果を得ることが出来た。しかし、小規模な河川は、影として分類されてしまった。これは、あまりにも小規模な河川のため、原画像上でも暗く映し出されるので目視によっても河川なのか影なのかどうか判断できなかったことが原因と考えられる。

また、表 6.1 はトレーニングデータにより目視分類した面積割合のうち最大値を示したカテゴリーと、Linear Mixture Model より導いた面積割合 R より求めた最大値を取るカテゴリーを比較し、検証した。

表 6.1 より、ミクセルにおける目視分類結果と実際の結果の正解率は 50%以下となった。しかし、ミクセルの構成要素となるカテゴリーについては目視分類結果と同じになった。つまり、1 ピクセル内に含まれているカテゴリーは問題なく分類できたが、面積割合については、精度が低い結果となった。

表 5.1 トレーニングデータによる精度検証

	データ数	正解	正解率
ミクセル	32	14	43.75%
ピュアピクセル	105	102	97.5%

面積割合算出の結果が良くないのは、画像の撮影時期が違うのが 1 つの理由として考えられる。IKONOS 画像が 6 月 15 日・9 月 19 日に撮影されたのに対し、ASTER 画像は 10 月 31 日に撮影されているのでトレーニングデータに問題があると考えられる。

今後、ASTER 画像の撮影時期と同じ IKONOS 画像を入手し、今回と同じ手法を適用する必要がある。

【参考文献】

1) 竹内 渉『リモートセンシングによる土地被覆特性解析に基づいた湿地域からのメタン発生量の推定』

東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻
2001 年度修士論文

2) ASTER GDS

http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/gds_www2002/index_j.html

3) ERSDAC

財団法人)資源・環境観測センター

<http://www.ersdac.or.jp/>