

## HSVカラーモデルによるカラー航空写真の領域分割

八木 大亮      阿部 圭一      中谷 広正  
静岡大学 工学部

我々は、国土の現状把握のためにカラー航空写真がより多く用いられる傾向にある点に注目し、カラー航空写真からの道路・家屋などの抽出を目指している。実験には、空中写真測量用の航空写真をデジタル化したRGBカラー画像を用いている。画像の領域分割は、RGB表色系から色相(H)・彩度(S)・明度(V)を表す表色系に変換し、HSV空間におけるユークリッド距離を用いて行う。HSV表色系として、いくつかのモデルが提案されているので、新たに提案した2つのモデルを含めてカラー航空写真の領域分割という限定された目標におけるこれらのモデルの比較を行った。その結果、新たに提案したモデルが最も良好な分割結果を与えた。

## SEGMENTATION OF COLOR AERIAL PHOTOGRAPHS USING HSV COLOR MODELS

Daisuke Yagi      Keiichi Abe      Hiromasa Nakatani  
Dept. of Computer Science, Shizuoka University  
3-5-1 Johoku, Hamamatsu, Shizuoka 432, Japan

Color aerial photographs have been widely used for grasping most updated land uses. As the first step towards the automatic extraction of features like roads, houses, etc. from color aerial photographs, we report on the evaluation of several color models used for region segmentation. We first transformed the RGB color images into a HSV space by using one of several HSV color models, including the ones proposed by the authors, and then applied a segmentation process based on the Euclidean distance in the HSV space. The results show that our newly proposed models yield better segmentation.

## 1 はじめに

近年、都市周辺地域の開発や地理情報システムの作成等の目的で、比較的高い解像度をもった航空写真が利用されるケースが増えてきた。これは、既存の地図に比べてより最新の状況が把握できるからである。

そこで、我々は、カラー航空写真と地図データベースとのマッチングを行い、変化した箇所の修正・変更を補助するシステムをつくることを第1の目標にしている。さらに、将来的には、カラー航空写真から各領域のもつ各種の特徴に基づいて、道路や家屋などの対象物を自動的に抽出・分類するシステム、すなわち、新規地図の自動作成システムをつくることも目標にしている。このために、本報告では、これらの研究の第一歩となるカラー航空写真の領域分割に関する考察を行う。

実験には、空中写真測量用の縮尺 1/15,000 の航空写真をドラムスキャナで入力して得られた RGB カラー画像を用いた。抽出・解析の出発点として重要な意味をもつ画像の領域分割は、RGB 表色系から色相 (H)・彩度 (S)・明度 (V) を表す表色系に変換して行う。HSV 表色系として、新たに提案したモデルを含めていくつかのモデルが提案されているので、カラー航空写真における領域分割という限定された目標におけるこれらのモデルの比較を行った。

### 1.1 航空写真の解析の問題

画像解析という点からみると、航空写真画像の解析には、他の画像の場合と比較して次のような困難な問題が存在する。

- 画像のサイズが大きい
- データ量が多い
- 雑音など画質の劣化の影響を受けやすい
- 幾何学的歪み、濃度歪みが存在する場合が多い
- 特徴領域が複雑に入り組んでいて、画像解析のための特徴が得にくい。また、対象物が自然のものであり、位置や組合せに規則性を見つけない

これらの理由により、航空写真の解析は困難であり、例えば、画素ごとに分類・抽出するのでは誤りが多く、認識・理解にはつながりにくい。したがって、まず、画像を似たような色をもつ部分領域に分割し、これらの部分領域の間の関係を用いて、画像を構造的に解析する必要がある。領域を単位とした解析を行うことで、雑音に強い分類や領域の形状に基づく認識が可能となる。これらは、その後の処理における領域構造の修正・解析・理解の出発点となるプリミティブな領域を与えるという意味で、たいへん重要である。

## 2 HSV 表色系について

本研究で提案する手法は、領域分割のそれぞれのプロセスにおいて、HSV 表色系におけるユークリッド距離を用いるものである。HSV 表色系は、色の種類を示す色相 (hue)、色の鮮やかさの程度を示す彩度 (saturation)、明るさの程度を示す明度 (value) の 3 つを用い

て色を表す。明度については、I (intensity) または L (lightness) を用いる場合があるが、YIQ 表色系の I との区別を考慮し、ならびに、文献<sup>[1][2]</sup>との統一のために、本研究では一貫して V と呼ぶ。また、本論文で新たに提案する 2 つの HSV カラーモデルは、色の鮮やかさの指標としてクロマ (色み, chroma) の概念を導入しているが、他のモデルとの統一のためやはり S を使用する。

RGB 表色系から HSV 表色系への変換には、これまでいくつかの変換モデルまたは式が提案されており、この変換のためのモデルをカラーモデルとここでは呼ぶ。以下に、従来から提案されている 3 つのカラーモデルと、本論文で新たに提案する 2 つのカラーモデルについて簡単に説明する。

### (a) Smith の HSV 六角錐モデル<sup>[3][5][6]</sup>

RGB 立方体の主対角軸を明度軸 V とする。

$V = \max\{R, G, B\}$  と定義し、V 軸に直交する平面に RGB 立方体を平行投影し、その平面上で投影された R 軸からの偏位角を位相 H とし、V 軸からの距離により彩度 S を求める。

RGB 表色系から本モデルを用いた HSV 表色系への変換方法は、以下の通りである。

$$H = \begin{cases} 60(r-g), & (r = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(2+r-b), & (g = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(4+g-r), & (b = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$S = \frac{\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}}{\max\{R, G, B\}}$$

$$V = \max\{R, G, B\}$$

ここで、

$$r = \frac{\max\{R, G, B\} - R}{\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}},$$

$$g = \frac{\max\{R, G, B\} - G}{\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}},$$

$$b = \frac{\max\{R, G, B\} - B}{\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}}$$

### (b) Joblove らの HSV 双六角錐モデル<sup>[4][5][6]</sup>

RGB 立方体の主対角軸を明度軸 V とする。

$V = (\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\})/2$  と定義し、(a) と同様位相 H、彩度 S を求める。

RGB 表色系から本モデルを用いた HSV 表色系への変換方法は、以下の通りである。

$$H = \begin{cases} 60(r-g), & (r = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(2+r-b), & (g = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(4+g-r), & (b = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} \frac{\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}}{\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\}}, & (V \leq 0.5 \text{ のとき}) \\ \frac{\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}}{2 - \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}}, & (V > 0.5 \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$V = \frac{\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\}}{2}$$

ここで、r, g, b は (a) Smith の HSV 六角錐モデルと同じものである。

なお、ここで注目しなければならないことは、この双六角錐カラーモデルは変換のためのモデルであって、本モデルの実際のHSV色空間は双六角錐の形をしていないということである。これが、本研究で新たに2つのHSVカラーモデルを提案した理由につながっている。

(c) 大田らの用いたHSVモデル<sup>[7]</sup>

大田らの用いたHSVモデルのHSV表色系へは、次のようにRGB表色系を非線形変換することによって求める。

$$H = \arctan \frac{\sqrt{3}(G - B)}{2R - G - B}$$

$$S = 1 - 3 \min \left\{ \frac{R}{R + G + B}, \frac{G}{R + G + B}, \frac{B}{R + G + B} \right\}$$

$$V = \frac{R + G + B}{3}$$

(d) 新HSVモデル1 (修正双六角錐モデル)<sup>[4][9]</sup>

色特徴が白や黒に近い部分では、色相H、彩度Sはあまり意味をもたないので、ここでは、白と黒に近づくにつれて彩度Sの範囲を限定した双円錐型の色空間のモデルを用いる。すなわち、色の鮮やかさの指標にクロマの概念を導入し、色空間を均等知覚色空間であるマンセル色立体に近づけたものである。

RGB表色系から本モデルを用いたHSV表色系への変換方法は、以下の通りである。

$$H = \begin{cases} 60(r - g), & (r = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(2 + r - b), & (g = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(4 + g - r), & (b = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$S = \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}$$

$$V = \frac{\max\{R, G, B\} + \min\{R, G, B\}}{2}$$

ここで、r, g, b は (a) Smith のHSV六角錐モデルと同じものである。

(e) 新HSVモデル2

双六角錐モデルを修正したHSVモデルと同様に、色の鮮やかさの指標にクロマの概念を導入し、色空間を均等知覚色空間であるマンセル色空間に近付けたものである。上記のモデルとの違いは、明度Vである。上記のモデルの明度は、R, G, Bのうちの最大値と最小値しか考慮しておらず、本モデルでは、R, G, Bの平均をとることによって色感覚上の明度とのずれを少なくしたものである。

RGB表色系から本モデルを用いたHSV表色系への変換方法は、以下の通りである。

$$H = \begin{cases} 60(r - g), & (r = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(2 + r - b), & (g = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \\ 60(4 + g - r), & (b = \max\{r, g, b\} \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$S = \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\}$$

$$V = \frac{R + G + B}{3}$$

ここで、r, g, b は (a) Smith のHSV六角錐モデルと同じものである。

### 3 領域分割の基本的な考え方

本研究では、前処理を施したカラー航空画像をOhlanderの再帰的閾値処理<sup>[8]</sup>により、領域分割処理したのち、一部で細分化されすぎた部分について領域統合処理を行い、適当な数の基本領域にまとめる(図1参照)。

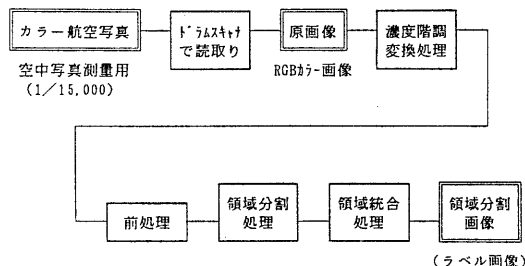


図1: 領域分割の処理過程

#### 3.1 前処理

本研究では、雑音を除去すると同時に、ぼけたエッジの鮮鋭化を目的として、画素レベルの領域拡張法による前処理を行う。この方法は、画素レベルの単純領域拡張法であり、色の類似性の高い2つの画素を同じ色特徴値に統合する際の色差尺度として、HSV色空間におけるユークリッド距離を用いる。すなわち、画素のもつ色特徴をHSV色空間に写像し、最も色差の小さい隣接する画素または領域を、色差が閾値 $d_{TH}$ 以下ならば統合していき、統合された領域については同じ色特徴値を与えるという処理である。この処理を画像の左上の画素から右下の画素まで順番に行い、統合された領域については同じ色特徴値、すなわちその領域に含まれる画素のR, G, Bの平均値を与える。

#### 3.2 領域分割処理

階層的モード法であるOhlanderの再帰的閾値処理を用いて、領域分割を行う。

この手法は、R, G, B, H, S, V, Y, I, Qの色特徴量のヒストグラム分布分析により、各色特徴ごとに得られたピークの中から最も鋭いピークを選び、画像をそのピークに属する画素と属さない画素とに分ける。そして、この分割されたそれぞれの特徴空間についても同様にすべてのヒストグラム分布を求め、この処理を分割ができなくなるまで再帰的に行うものである。

カラー画像に対しては、複数の色特徴量を用いることで、単純な閾値処理を拡張し、複雑な画像でもうまく領域分割できるようにしたものであり、情報量の増加に対しても、計算量が増加しない効率的な方法といえる。

#### 3.3 領域統合処理

Ohlanderの再帰的閾値処理法は、多くの色特徴量を用いることによって効果的に領域分割できるが、逆に小さな領域を作りやすいという傾向がある。ここでは、領域

拡張法を用いて色の類似性の高い領域および面積の小さな領域の統合処理を行う。

この方法は、領域をその領域と隣接する最も色差の小さい領域と統合していく処理である。領域統合を行う際の判定尺度として、HSV色空間におけるユークリッド距離を使用した。注目する領域  $R_i$  と隣接する最も色特徴の近い領域  $R_j$  とのHSV色空間におけるユークリッド距離を色差  $\Delta E_{R_i, R_j}$  で表し、色差に関する閾値  $\Delta E_{TH}$  を、

$$\Delta E_{TH} = a/S_{R_i} + b$$

( $S_{R_i}$  は領域  $R_i$  の面積、 $a$  と  $b$  は定数)

とすると、 $\Delta E_{R_i, R_j} \geq \Delta E_{TH}$  という条件を満たすとき、領域  $R_i$  と領域  $R_j$  とを統合する。この処理を面積の小さな領域から順番に、統合される領域がなくなるまで行う。

面積の小さい領域から順に処理を行うのは、Ohlanderの再帰的閾値処理では、雑音の部分や2つの領域の境界付近に細分化された小領域が多数生じ、これらの多くは、どちらかの領域に統合すべきものと考えられるからである。

#### 4 各種HSVカラーモデルの比較

前節で述べたように領域の分割には、HSV色空間におけるユークリッド距離を色差として用いるので、使用するHSVカラーモデルによって領域分割結果が大きく異なる。

本実験では、5つのカラーモデルすべてに共通に、V軸の長さ最大のS軸の長さを1:1にとった。この比は予備実験により、最良と思われる値を選んだ。

また、評価の対象とする画像として、それぞれ ぼけ具合が異なり、特徴的な対象物を含む4つの画像を用いた。

実験は、2で紹介した5つのHSVカラーモデルを使用し、以下の場合のそれぞれについて、各カラーモデルの特徴とその領域分割結果の優劣を、定性的・定量的に比較した。

- すべての定数を固定とした場合
- 定数を試行錯誤的に最適な値とした場合
- 分割後の領域数を同数にした場合

ここでは、この中で違いの主なものだけについて述べる。

##### 4.1 定数を試行錯誤的に最適な値とした場合

前処理の色差の閾値  $d_{TH}$  および統合処理の定数  $a, b$  として、試行錯誤的に最良と思われる値を使った場合の結果を示す。また、画像データ1 (図2参照) の場合の領域分割結果を、図3(a)~(e)に各カラーモデルごとに示す。

##### 4.1.1 定性的評価

領域分割結果を主観的に判断すると、次のことが言える。

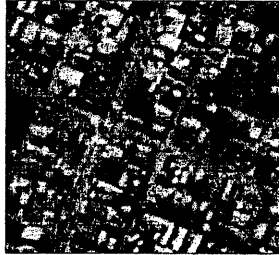
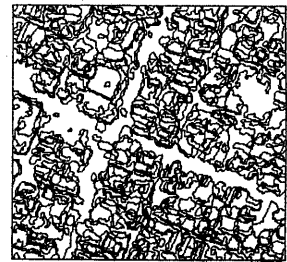


図2: 実験に用いた航空写真画像  
256 × 240 画素 (明度画像をディザ表示)



(a) Smith の HSV 六角錐モデル  
(領域数 569)



(b) Joblove らの HSV 双六角錐モデル  
(領域数 667)



(c) 大田らの用いた HSV モデル  
(領域数 639)



(d) 新 HSV モデル 1  
(領域数 737)



(e) 新 HSV モデル 2  
(領域数 558)

図3: 各カラーモデルによる領域分割結果

- (a) Smith の H S V 六角錐モデル :  
道路、グラウンド、建物で統合されすぎている。  
森、河川、影の部分で、細分化されている。
- (b) Joblove らの H S V 双六角錐モデル :  
道路、グラウンド、建物と森、河川、影の部分で、  
細分化されている。
- (c) 大田らの H S V モデル :  
道路、グラウンド、建物で統合されすぎている。  
森、河川、影の部分で、細分化されている。
- (d) 新 H S V モデル 1 :  
全体的に偏りなく均等に分割されている。道路上に  
存在する自動車や道路表示部分も分割されている。
- (e) 新 H S V モデル 2 :  
全体的に偏りなく均等に分割されている。道路上に  
存在する自動車や道路表示部分も分割されている。  
河川や森・草地でうまく分割されている。

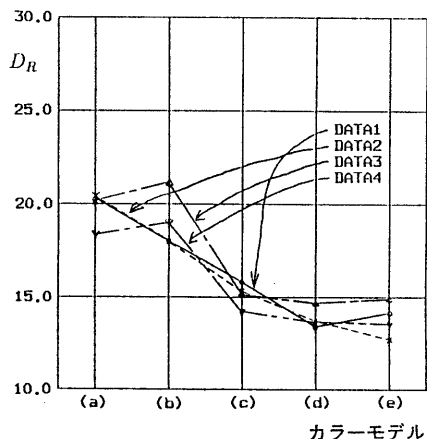


図 4: 全画素の領域内色差平均  $D_R$  の比較  
(定数を試行錯誤的に最適な値とした場合)

#### 4.1.2 定量的評価

##### (1) 統計的評価

領域分割結果における領域内の画素の分布具合を定量的に評価するため、以下の統計量を比較した。

- 各領域に含まれる画素の色差の平均 (全画素の領域内色差平均)  $D_R$

$$D_R = \frac{1}{N_P} \sum_{j=1}^{N_R} \sum_{x \in R_j} \|x - m_{R_j}\|$$

- 全画素の領域内色差の標準偏差  $\sigma_R$

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{N_P} \sum_{j=1}^{N_R} \sum_{x \in R_j} \|x - m_{R_j}\|^2}$$

- それぞれの領域内色差平均の平均  $D_{m_R}$

$$D_{m_R} = \frac{1}{N_R} \sum_{j=1}^{N_R} \left( \frac{1}{n_j} \sum_{x \in R_j} \|x - m_{R_j}\| \right)$$

ここで、

$N_P$  は、画像の全画素数

$N_R$  は、領域分割により得られた領域数

$R_j$  は、 $j$  番目の領域

$n_j$  は、領域  $R_j$  に含まれる画素数

$x$  は、画素の H S V 色空間における位置

$m_{R_j}$  は、 $j$  番目の領域に含まれる画素の H S V 色空間における重心位置

$D_R$  では、色差の平均値を全画素に対する平均とし、すなわち領域別に見ると各領域の画素数で重みづけした平均になっているが、 $D_{m_R}$  では、各領域をその画素数に依らず対等に重みづけした平均となっている。

これらの統計量のうち、全画素の領域内色差平均  $D_R$  のカラーモデルによる比較のグラフを、図 4 に示す。

##### • 結果のまとめ

各画素の領域内色差の平均  $D_R$ 、およびその標準偏差  $\sigma_R$  では、(c),(d),(e) のカラーモデルで低い値が得られている。

各カラーモデル・画像データによって、領域数や画像データの H S V 色空間の広がり方が違うため、上の結果をそのままモデルの評価とすることはできないが、(d) と (e) のカラーモデルにおける各領域は色空間的に比較的颜色の近い画素によって構成されていることがわかる。

##### (2) 人間の判断との比較評価

もっと別の方法で領域分割結果を定量的に評価できないかと考えたのが、すなわち、道路とか建物などのそれぞれの対象物について、人間の判断した境界線と H S V カラーモデルの領域分割結果と比較する方法である。

##### • 評価手順

- (1) カラー航空写真画像を見ながら、対象物の境界線を対話的に入力する。
- (2) 入力した境界線データに重み付けした次のような点数を与える。
  - 入力したもとの境界線 : 4 点
  - 境界線から 1 画素ずれた部分 : 2 点
  - 境界線から 2 画素ずれた部分 : 1 点
  - その他 : 0 点
- (3) それぞれの領域分割結果の境界線と比較し、重なる部分の点数を合計し、得点とする。

##### • 評価結果

評価の対象物として、道路、裸地・空き地、家・建物、草地・森林、河川を選んだ。

但し、この結果は領域分割結果の総境界線長の違いを考慮していないので、その補正を行う。すなわち、領域数が多く、総境界線長が長い方が、人間の判断した境界線と一致する部分が長くなる可能性が高まり、有利である。したがって、その補正について式で表すと次のようになる。

$$(\text{補正值}) = \frac{(\text{得点}) \times (\text{画像の全画素数})}{(\text{点数をもっている画素数}) \times (\text{総境界線長})}$$

得点結果を上式により補正した値の結果のグラフを、図5に示す。但し、(a)のSmithのHSV六角錐モデルの場合における得点を1.0とした相対値で表示した。

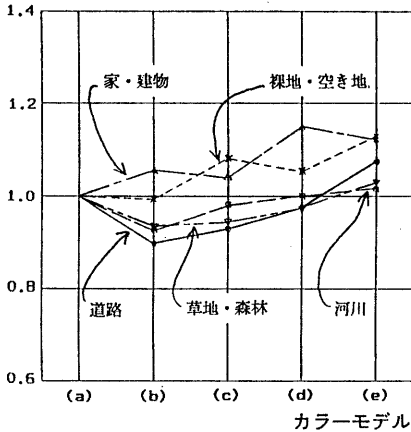


図5: 領域分割結果と人間の判断との比較  
(定数を試行錯誤的に最適値とした場合)

● 結果のまとめ

全体的に (d) と (e) のカラーモデルが高い得点であり、(b) のカラーモデルが低い得点である。

特に、道路と裸地の区別では (e) のカラーモデルが補正前の得点、補正値ともにより結果を得た。

領域数の比較的多い (b) のモデルは、道路や河川で補正により得点が低くなっている。

4.2 領域数を同数にした場合

また、それぞれのカラーモデルについて、分割後の領域数を同数にして同様の比較評価を行った。但し、前処理の色差の閾値  $d_{TH}$  については、それぞれのカラーモデルで経験的に最良と思われる値を使い、統合処理の定数  $b$  については  $d_{TH} = b$  とし、 $a$  を変えて領域数の調整をした。

4.2.1 定性的評価

領域分割結果を主観的に判断すると、4.1.1 とほぼ同様のことが言える。

4.2.2 定量的評価

(1) 統計的評価

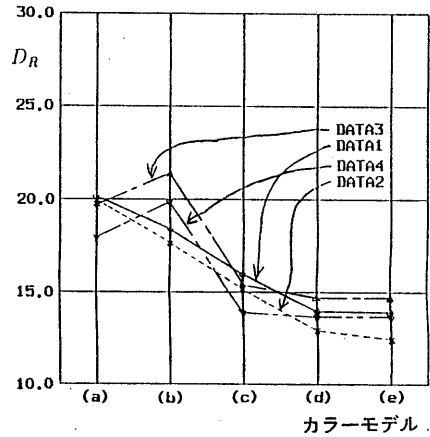
領域分割結果の色の分散具合を定量的に評価するため、4.1の統計量に加えて、対象とする画像データの各色空間における分布により補正した値  $\sigma_R/\sigma_B$  も求める。但し、 $\sigma_B$  は、級間標準偏差であり、

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{N_R} \sum_{i=1}^{N_R} \|m_{R_i} - m_I\|^2}$$

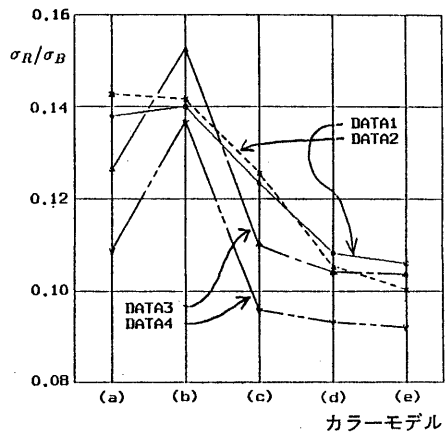
となる。ここで、 $m_I$  は、対象画像  $I$  に含まれるすべての画素のHSV色空間における重心位置である。

領域数が同数であるので、この補正値による比較は公正な評価になっている。

これらの統計量うちの全画素の領域内色差平均  $D_R$  と補正値  $\sigma_R/\sigma_B$  のカラーモデルによる比較のグラフを、それぞれ図6(1),(2)に示す。



(1) 全画素の領域内色差平均  $D_R$  の比較



(2) 補正値  $\sigma_R/\sigma_B$  の比較

図6: 各カラーモデルにおける統計量の比較  
(領域数を同数にした場合)

● 結果のまとめ

4.1の統計的な比較結果と同様に、(c),(d),(e)のカラーモデルで全面素の領域内色差平均  $D_R$ 、およびその標準偏差  $\sigma_R$  が、小さな値であり、よい結果となっている。

色空間での広がりやを考慮した補正值  $\sigma_R/\sigma_B$  では、(d),(e)のカラーモデルで低い値が得られ、(a),(b)のカラーモデルとはかなりのひらきがある。

この統計的評価においても、(d)と(e)のカラーモデルで色空間的にうまく領域分割されているといえる。

(2) 均等知覚色空間での比較

(1)の統計的比較でも、補正によって比較評価を試みたが、各カラーモデルで同一の色空間を使えば、もっと簡単に比較できる。しかし、人間の視知覚と全く同じ色空間は存在しないので、近似均等知覚色空間である  $L^*a^*b^*$  表色系、ならびに  $L^*a^*b^*$  表色系<sup>[9]</sup>の色空間上で比較する。

各カラーモデルにおける領域分割結果の  $L^*a^*b^*$  表色系の色空間上での分布具合の統計的比較のグラフを、図7に示す。

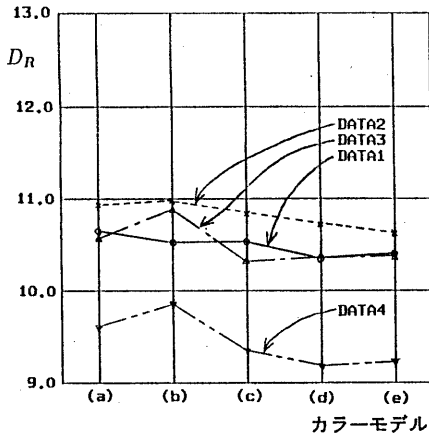


図7:  $L^*a^*b^*$  表色系における統計量  $D_R$  の比較 (領域数を同数にした場合)

● 結果のまとめ

この比較評価では、他の統計的評価に較べて、カラーモデルによる差が少ない。

全体的に(c),(d),(e)のカラーモデルが低い値を示し、(b)のカラーモデルでは、高い値になっている。

(c),(d),(e)のカラーモデルは、近似均等知覚色空間においても、比較的色の近い画素によって構成されていることがわかる。

(3) 人間の判断との比較評価

4.1と同様な方法により、各カラーモデルにおける領域分割結果と人間の判断との比較評価を行った補正後の結果を、図8に示す。

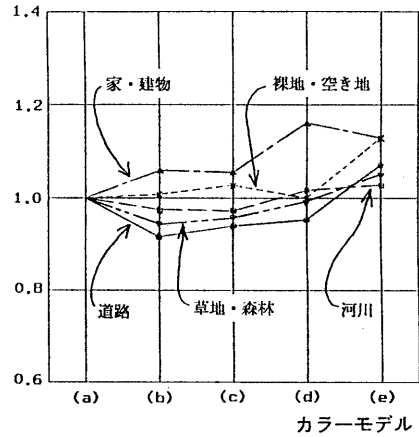


図8: 領域分割結果と人間の判断との比較 (領域数を同数にした場合)

● 結果のまとめ

補正前・補正後のデータともに、すべての対象物で(e)のカラーモデルが高い得点であり、特に、道路と裸地・空き地と家・建物の区別ではよい結果を得た。

(d)のカラーモデルは、補正後のデータでは補正前に較べて若干低くなっているが、家・建物の区別ではよい結果を得た。

総境界線長が比較的長い(b)のカラーモデルでは、補正前のデータに較べて、補正後のデータは低い得点になっている。

4.3 評価結果のまとめ

以上の実験結果から次のことが言える。

各カラーモデルの領域分割結果の比較ということで、いくつかの定性的評価と定量的評価を試みたが、全体的には定量的評価が定性的評価を裏付ける結果を得られた。

以下に、実験結果から得られた各HSVカラーモデルの特性をあげる。

(a) SmithのHSV六角錐モデル:

白に近い部分で統合されやすい特性をもつ。積極的に道路、グラウンド、建物を抽出するのに適している。黒に近い部分でテクスチャや雑音の影響を受けやすく、細分化される。これを利用して、テクスチャによる森、草地、影の部分の抽出も考えられる。

- (b) JobloveらのHSV双六角錐モデル：  
白に近い部分または黒に近い部分で、色の小さな変化やテクスチャを抽出するのに適している。
- (c) 大田らのHSVモデル：  
白に近い部分で統合されやすい特性をもつ。積極的に道路、グラウンド、建物を抽出するのに適している。黒に近い部分でテクスチャや雑音の影響を受けやすく、細分化される。これを利用して、テクスチャによる森、草地、影の部分の抽出も考えられる。
- (d) 新HSVモデル1：  
白または黒に近い部分でも、色彩の鮮やかな部分でも、偏りなく均等に分割するのに適している。
- (e) 新HSVモデル2：  
白または黒に近い部分でも、色彩の鮮やかな部分でも、偏りなく均等に分割するのに適している。

## 5 おわりに

### 5.1 まとめ

本研究では、カラー航空写真の領域分割という限定された目標における各種のHSVカラーモデルの比較評価を行った。その結果、次のような結論が得られた。

- 本論文で新たに提案したクロマの概念を導入した2つのHSVカラーモデルは、前処理、領域分割処理、領域統合処理を通じて、よい結果を得た。特に、新HSVモデル2は、識別しにくい領域も正確に統合でき、別の実験した $L^*a^*b^*$ 表色系による統合結果(図9参照)と同等か、やや優れた分割結果が得られた。
- 領域分割結果において、複数の定量的評価を行い、定性的評価を裏付ける結果を得た。
- カラー航空写真の領域分割の方法として次の3つの過程からなる手法を提案し、その有効性を確認した。
  - ・前処理 : 画素レベルの領域拡張法
  - ・領域分割処理 : Ohlanderの再帰的閾値処理法
  - ・領域統合処理 : 領域拡張法

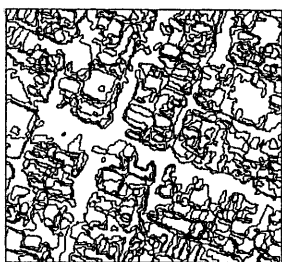


図9:  $L^*a^*b^*$ 表色系による領域統合結果  
(領域数 626)

### 5.2 今後の課題

- 領域分割結果における定量的・定性的評価方法の再検討。
- HSVカラーモデルにおいて、色相環面と明度軸に角度 $\theta$ をもたせた新しいモデルの検討
- 各種のHSVカラーモデルにおいて、他の領域分割処理法や領域統合処理法についても比較。
- それぞれのHSVカラーモデルの特徴を考慮した対象・目的に応じた使い方の検討。
- 各種HSVカラーモデルの実際の色空間と色感覚上の特性との比較。

最後に、本研究ではカラー航空写真画像における領域分割という限定された目標で比較を行ったが、ここで行ったそれぞれの処理については汎用的であり、他のカラー画像にも十分応用できるものである。

### 謝辞

貴重な航空写真を御提供いただいたアジア航測(株)に、感謝致します。また、本研究を進めるにあたって、御指導・御助言を頂きました静岡大学情報知識工学科の関係各位に感謝致します。

### 参考文献

- [1] 阿部, 大場, 滝山, 中谷: “色相・彩度・明度空間での距離を用いたカラー画像領域分割”, 情処43回全大, 5F-1, 1991.
- [2] 八木, 阿部, 中谷: “カラー航空写真の領域分割における各種HSV表色系モデルの比較”, 情処43回全大, 5F-2, 1991.
- [3] A.R. Smith: “Color gamut transform pairs”, Computer Graphics, vol.12, pp.12-19, 1978.
- [4] G.H. Joblove and D. Greenberg: “Color spaces for computer graphics”, Computer Graphics, vol.12, pp.20-27, 1978.
- [5] J.D. Foley and A. Van Dam: “Fundamentals of Interactive Computer Graphics”, Addison-Wesley, pp.617-619, 1983.
- [6] 福江, 下田, 坂田: “各種HSVカラーモデルの特性評価”, 日本写真測量学会 秋季学術講演会予稿集, pp.63-68, 1986.
- [7] Y. Ohta, T. Kanade and T. Sakai: “Color information for region segmentation”, Computer Graphics and Image Processing, vol.13, pp.222-241, 1980.
- [8] R. Ohlander, K. Price and D.R. Reddy: “Picture segmentation using a recursive region splitting method”, Computer Graphics and Image Processing, vol.8, pp.313-333, 1978.
- [9] 日本色彩学会編: “新編 色彩科学ハンドブック”, 東京大学出版会, 1980.