

気象衛星ノアから得られるマルチスペクトル 画像の同時解析方法†

工藤純一†† 根元義章†† 野口正一†††

本論文は、多変量、多次元の情報処理の実利用に対する基礎研究として、新しい多次元の情報処理方法を提案し、気象衛星ノア画像の解析に応用したものである。本方式では、ノアの可視画像を構成している要素をボトムアップ方式で分類することを解析の手段とし、ノア画像の5つのチャンネルデータをV-Z軸に直接対応させた5次元空間でのクラスタ作成および分類結果を直観的に理解できるような可視化に重点を置いた多次元解析方法である。本方法は、チャンネル1の可視画像の輝度値を主体としてチャンネル2から5の順にその輝度値の変化を辞書順並べに整理し、この場合の各チャンネル輝度値から算出される重心の値によってクラスタを可視化させ、分類を行う方法である。例題として、晴天時の宮城県の平野部と山間部の抽出に応用した結果、統計データと非常に良い一致が得られた。

1. はじめに

近年、多変量、多次元の情報処理の実利用に対する基礎研究の必要性が指摘されている。特に複数のセンサから得られる画像情報あるいは異なった属性の画像を含む画像である多元画像¹⁾に対しては、多次元の情報処理に基づく新しい画像処理の確立が期待されている。

リモートセンシングで得られたマルチスペクトル画像は、多元画像と位置づけることができる。本研究では多元画像の新しい解析方法を提案し、これを気象衛星ノア (National Oceanic and Atmospheric Administration)²⁾ から得られる AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)³⁾ 画像に応用する。現在ノアは10号と11号が稼働しており、AVHRR画像は波長帯域の違いにより、偶数号で4チャンネル、奇数号で5チャンネル得られる。これらは、可視画像と赤外画像の2種類に分類でき、可視画像からは海や雲などの特徴を判断した観測、赤外画像からは温度分布の観測を行うことができる。

代表的な従来手法により、リモートセンシング画像の解析として対象領域を山間部、平野部、海、雲の4つの画像構成要素に分類する場合、まず(1)教師なし分類⁴⁾は、特徴空間における類似パターンの塊を1つ

のクラスタとして認識する方法である。この方法は各クラスタの特徴が著しく異なる場合には有効であるが、ノア画像のように1画素約1.1km四方の領域ではいくつかの画像構成要素が混在する場合(例えば、山間部と雲、山間部と平野部と雲など)が多いので、陸域の詳細分類を行う場合には適さない。(2)教師付き分類⁴⁾は、あらかじめ画像構成要素名のわかっているトレーニング・サンプルによって各画像構成要素の特徴空間の分布を求めておき、それを利用して未知パターンを分類する方法である。特にリモートセンシングでは最尤法⁵⁾が用いられている。この方法も各画像構成要素の特徴が著しく異なるような場合、例えばランドサットのように1画素30m四方のデータ⁶⁾で土地利用の詳細分類を行う場合⁷⁾には有効であるが、ノアデータのように1画素の中にいくつかの画像構成要素の情報が混在しているデータの正確な定量解析には専門家の知識を多く必要とする。(3)マルチレベルスライス法⁵⁾は、多次元画像の各次元において分類するクラスタの範囲をレベル区間として定め、特徴空間を多次元直方体で分割する方法である。この方法は、クラスタの分類が各次元に対応する波長帯域の物理的な特性に依存するので高度な専門知識を必要とする。この方法を発展させて、C. E. Livingstone⁸⁾が雪の解析について3次元空間に出現するクラスを楕円体と仮定して分類した。これに対して著者ら⁹⁾は、ノア AVHRR データの任意の3つのチャンネルをX, Y, Z軸に対応させた3次元ヒストグラムを作成し、3次元空間に出現するクラスタと可視画像から得られる実際の現象を対応させ、これを地上の観測データと共に解析する方法を開発した。この方法を用いると、3次元

† Simultaneous Analysis Method of the Multispectral Images Obtained from the NOAA Satellite by JUN-ICHI KUDOH, YOSHIKI NEMOTO (Computer Center, Tohoku University) and SHOICHI NOGUCHI (Research Center for Applied Information Science, Tohoku University).

†† 東北大学大型計算機センター

††† 東北大学応用情報学研究所

空間内に出現するクラスタは必ずしも楕円体にならないことがわかった。さらに、非専門家でも可視画像を構成している海、陸、雲、霧、雪などの分類を直観的に行うことはできるが、より詳細な分類を行うためには専門知識が多く必要であることもわかった。

そこで、本論文では非専門家にも詳細な分類を容易にするために、ノア AVHRR 画像の多次元解析方法を提案し、解析システムの開発を試みた。本方法は、

- ① ボトムアップ方式での画像構成要素の分類、
- ② CH1~CH4 ないし CH5 の輝度値を $V\sim Y$ ないし Z 軸に直接対応させた 4~5 次元空間でのクラスタ作成、
- ③ 分類結果を直観的に理解できるような可視化、に重点を置いている。

また、本来気象および海洋の観測を目的とした画像を例として取り上げ、解析を行い陸域の詳細分類ならびに統計データとの照合により定量解析が可能となることを述べ、本方法の有用性を示している。なお、次数が 4 次元以上の解析は、リモートセンシング分野ではほとんど報告されておらず、また、多次元画像処理の分野でも具体的な定量解析方法も確立されていない。

2. 分類対象領域

2.1 対象領域

ノアデータは、その名のとおりに本来気象および海洋の観測を目的としているので、1 画素の分解能は約 1.1 km であり、これはランドサット TM データ⁶⁾の 30 m より劣るが、陸域の詳細分類は植生分布、ヒートアイランドなどの経時変化を研究する上でも、さらに今後の応用分野を開拓する上でも重要である。

本研究での主目的は解析方法の確立なので、同一対象物に関する情報が正確に比較的容易に入手できる地元の東北地方を選んだ。対象画像は、本学理学部で得られ、幾何補正および輝度温度補正済みのノア画像の中から東北地方の陸域を中心とする 256×512 画素の領域である。さらに 1 画素の分解能を基準にして面積の算出も行う。

2.2 解析データの正規化

本解析法では、解析次数がデータ長の指数乗に比例し、解析次数が多くなるとコンピュータメモリを膨大に必要とする。したがって、膨大な量の計算を可能とするには、1 画素の持っているデータの分解能を減少させる必要がある。しかし、これが全体の解析に与え

る影響を少なくしなければならない。この点を考慮して 4 次元解析では 6 ビットに、5 次元解析では 5 ビットにデータ長を正規化した。これによって解析に影響が生じないことは確認した。

正規化の方法として、可視画像の構成要素に対する各チャンネルの寄与率を考慮しなければならないが、解析方法の第一ステップとして各チャンネルの重み付が等しくなるような方法を採用した。すなわち、各チャンネルデータごとに輝度値とその出現頻度数の関係から、その相加平均値が正規化後の中央値になるようにし、有効データの最小値と相加平均値、および相加平均値と有効データの最大値間が直線的に所要データ長に納まるようにした。

3. 解析方法

解析方法の特徴は、1 枚の可視画像を分類する場合とは異なり、画像領域を 256×512 画素に分解したときの各画素の輝度値の集団をクラスタとし、このクラスタに対応する画像構成要素を特定するためにクラスタの境界基準に赤外画像からの情報も加えたことである。

3.1 輝度値の辞書順並べ

CH1 (可視画像) あるいは CH2 (近赤外画像) の輝度値を順番にグレーレベルで並べると白黒画像になり、海、陸、雲などの状態がわかる。これは輝度値が画像構成要素に対応しているためである。しかし、同じ要素であっても、衛星と太陽高度の関係や、その要素自体の温度分布などにより輝度値の値は一定でなく、また逆に特定の輝度値は、必ずしも特定の要素だけに対応しておらず、同時にいくつかの要素に含まれている場合が多い。したがって、可視画像の CH1 を主体として、CH2, CH3, CH4, CH5 の順にその輝度値の変化を順序づけて整理することは、オーバーラップしている要素を分離することになる。

表 1 に一例を示す。表 1 の第 1 項は CH1 を主体とした順番、第 2 項から第 6 項は各チャンネル値、第 7 項は各チャンネルの平均値であり、これは後述する重心である。第 8 項は各順番における出現画素数である。本方式では後述するように辞書順並べの順番を X 軸に、各チャンネルの平均値を Y 軸にとった重心-辞書順グラフの作成が最も重要である。

3.2 多次元空間内におけるクラスタの分類

著者らは¹⁰⁾、ノア AVHRR 画像の 3 次元ヒストグラムに関する研究を行い、3 次元空間に出現するクラ

スタ間の境界決定方法を提案して、クラスタの分類を行ったが、これには利用者がクラスタの分類に直観的に重心を用いていることを利用している。したがって、4次元、5次元空間内に出現するクラスタの分類に重心を用いることは、これら3次元解析まで得られた結果の延長上に位置すると考えられる。このような理由から本解析法では、多次元空間内のクラスタの分類に重心を採用した。本研究での重心の定義は、コンピュータ内に作成された5次元空間内に出現したクラスタを区別するために、CH1を主体として輝度値を0から順番に変化させた場合の各チャンネル値の平均値とした。これは、後述する(3)式のPを形成する $\alpha_1 \sim \alpha_5$ の平均値である。

3.3 多次元クラスタ

本研究ではCH1~CH5で得られる5枚の画像の輝度値をそれぞれV, W, X, Y, Z軸に対応させ、5枚の画像情報のAND演算を行うことにより、5次元輝度空間内に出現する頻度数の集まりをクラスタとする。ただし、NOAA-10号はCH1~CH4なので、

表1 チャンネル輝度値の辞書順並べ
Table 1 Dictionary ordering of the channel brightness.

順番	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH平均値	出現数
0	1	0	13	24	25	12.6	26
1	1	0	14	24	25	12.8	19
2	1	0	15	24	25	13.0	7
3	1	1	12	23	24	12.2	106
4	1	1	13	20	20	11.0	5
5	1	1	13	23	24	12.4	105
6	1	1	13	23	25	12.6	489
7	1	1	13	24	25	12.8	459
8	1	1	14	16	17	9.8	5
9	1	1	14	20	21	11.4	8
10	1	1	14	21	22	11.8	17
11	1	1	14	22	22	12.0	11
12	1	1	14	22	23	12.2	25
13	1	1	14	23	24	12.6	13
14	1	1	14	23	25	12.8	41
15	1	1	14	24	25	13.0	404
16	1	1	15	21	22	12.0	12
17	1	1	15	22	22	12.2	7
18	1	1	15	22	23	12.4	37
19	1	1	15	23	23	12.6	14
20	1	1	15	23	24	12.8	91
21	1	1	15	23	25	13.0	9
22	1	1	15	24	25	13.2	440
23	1	1	15	24	26	13.4	61
24	1	1	15	25	26	13.6	97

4次元輝度空間のクラスタを扱う。以下に5次元クラスタの作成方法を説明する。

5枚の画像をそれぞれ画像1, 画像2, 画像3, 画像4, 画像5とする。画像の縦横に対応する画素番号をx, yで表し、各画素に対応する画像輝度値を各々 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 とし、これらによって得られる空間を5次元輝度空間とする。本研究で扱うノア画像は256×512の画素数に分割しており、1画素当たりの階調は32段階なので、(x, y), $[I_1, I_2, I_3, I_4, I_5]$ の変域は(1), (2)式のようなになる。

ここで、()は画像の縦横に対応する座標、[]は画像1~画像5に対応する輝度値を表すとする。

$$(0, 0) \leq (x, y) \leq (255, 511) \tag{1}$$

$$[0, 0, 0, 0, 0] \leq [I_1, I_2, I_3, I_4, I_5] \leq [31, 31, 31, 31, 31] \tag{2}$$

5枚の画像において、輝度値がそれぞれ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ となる画素の数Pは(x, y)と $[I_1, I_2, I_3, I_4, I_5]$ の対応関係を利用して(3)式で表され、これは画像平面を走査することによって得られる。

$$P[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5] = \sum_{x=0}^{255} \sum_{y=0}^{511} \delta\{\alpha_1, I_1(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_2, I_2(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_3, I_3(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_4, I_4(x, y)\} \cdot \delta\{\alpha_5, I_5(x, y)\} \tag{3}$$

ただし

$$[0, 0, 0, 0, 0] \leq [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5] \leq [31, 31, 31, 31, 31] \tag{4}$$

画素数が256×512であることより、Pの変域は(5)式となる。

$$0 \leq P \leq 255 \times 511 \tag{5}$$

ここで、 $\delta\{i, j\} \equiv \delta_{ij}$ はKronecker's Deltaである。

Pの分布は画像構成要素に対応しており、これは5つのチャンネルの波長帯域の特性に依存している。したがって、5次元輝度空間内におけるPの分布は(4)式の $\alpha_1 \sim \alpha_5$ の全変域を走査することにより得られる。

3.4 重心-辞書順グラフ

上述のように、多次元空間内のクラスタの分類には可視画像の辞書順と重心の値が重要なので、これらの関係を表す重心-辞書順グラフはさらに重要である。

ここで、対象クラスタの基準については、前報¹⁰⁾の方法を用い、4ないし5次元空間内での出現頻度数の標準偏差以上を採用した。

この場合、基準に満たない出現頻度数に対応する画素は、いずれのクラスタにも含まれない画像上の画素

である。これは実画像領域において9画素以下であり、256×512領域中の僅か0.007%以下に相当する。これらは、前報¹⁰⁾より実画像領域の各画像構成要素の境界に集中することがわかっているため、多次元特徴空間内においてもクラスタ間の境界に集中すると考えられる。したがって、図2において本論文で提案している“重心-辞書順グラフ”に表示されたクラスタ間の明確な分離状態は、上述のような基準に満たない出現頻度数を切り捨てた効果も含まれていると考えられる。

重心-辞書順グラフは、4ないし5次元空間に出現する点を可視化するために、可視チャンネルCH1の輝度値を主体として、CH2~CH5の順番に多次元空間を2次元に展開したものであり、横軸はその順番、縦軸はその順番における重心で、これは(3)式の $a_1 \sim a_5$ から算出する。

この方法は、多次元空間を上述の基準により一連の輝度値集団で細かく連続的に分解することを意味しており、この多次元空間に点の集まりとしてクラスタが存在するならば、クラスタも連続的に分解された状態で表示される。前報⁹⁾で報告したように、3次元解析ヒストグラムに出現した海、陸、雲などの画像構成要素に相当するクラスタの形状は各々異なっていたことから、重心-辞書順グラフに出現するクラスタも各画素構成要素について形状に特徴があると考えられる。この点に注目して重心-辞書順グラフから出現クラスタと地表物を以下のような方法で対話的に対応付けることによって分類を行った。

3.5 特定方法

画像構成要素の特定方法は、まず、重心-辞書順グラフで得られた個々のクラスタの範囲を

決定するために、X軸の順番を基準にしてその始点と終点をコンピュータの垂直カーソルで指定する。この範囲の各チャンネル輝度値に相当する部分は擬似カラーでチャンネル1の可視画像に着色される。この場合、さらにY軸の重心方向の範囲も指定して任意形状の四角形領域として決定することもできる。

次に、可視画像上に着色されて得られた結果と地理的情報(例えば、県境線、標高データなど)を直接重ねる¹¹⁾ことにより、平野、山間部などに対応する画像構成要素を特定する方法である。このような対話形式

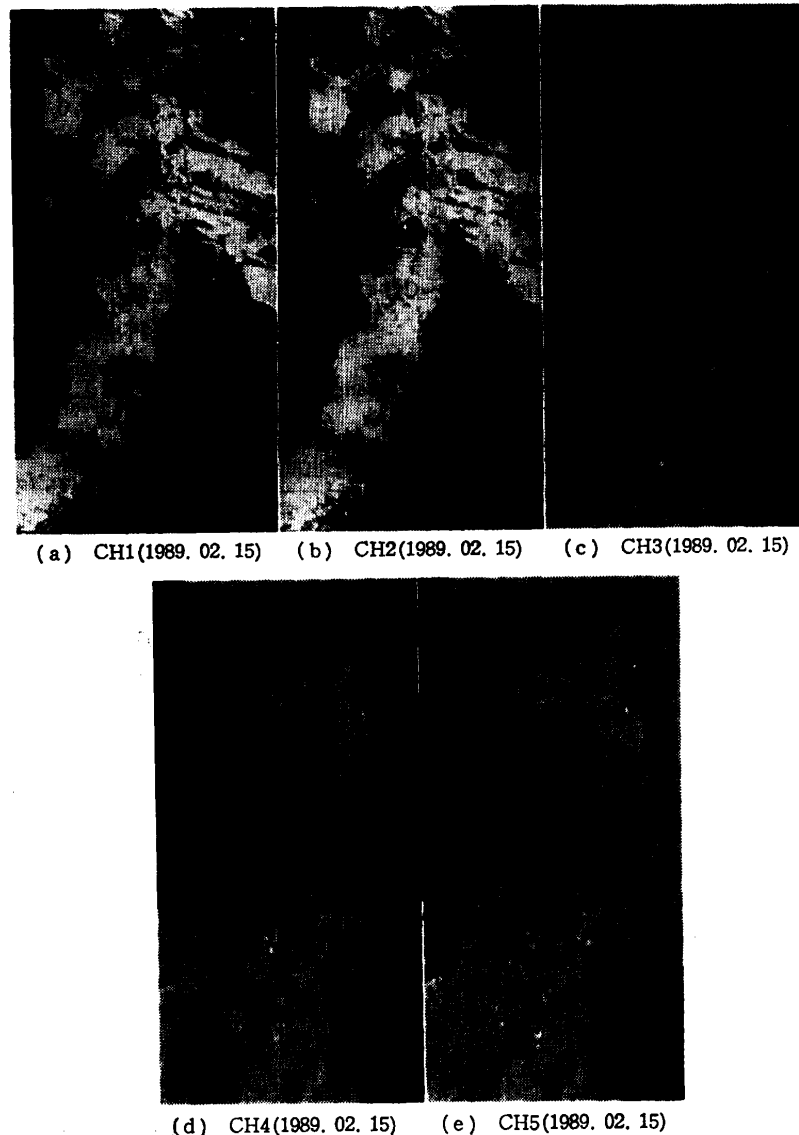


図1 ノア画像(1989.02.15); (a) CH1, (b) CH2, (c) CH3, (d) CH4, (e) CH5

Fig. 1 NOAA AVHRR images (1989.02.15); (a) CH1, (b) CH2, (c) CH3, (d) CH4, (e) CH5.

のシステムは、エンジニアリング・ワークステーションのグラフィックス作成ツールとC言語を用いて作成した。この方法は重心-辞書順グラフに出現したクラスタと考えられる範囲を順番に指定するだけなので非専門家にも容易にできる。

4. 応 用

1989年2月15日午後1時頃に測定したNOAA-11号のデータを用いてCH1~CH5の5次元解析を試みた。各チャンネルの階調は32段階になる。このケースでは、東北地方の日本海側から北部にかけて雲と雪があるので、ここでは、南部の山間部と平野の抽出を試みた。

図1の(a)~(e)は、このデータのCH1~CH5であり、各チャンネルデータともに輝度値をグレーレベルで表現し、見やすいようにコントラストを強調している。CH1($\lambda=0.58\sim0.68\mu\text{m}$:可視)とCH2($\lambda=0.73\sim1.10\mu\text{m}$:近赤外)からは陸、雲などの様子がよくわかる。CH3($\lambda=3.55\sim3.93\mu\text{m}$:中間赤外)、CH4($\lambda=10.5\sim11.5\mu\text{m}$:遠赤外)、CH5($\lambda=11.5\sim12.5\mu\text{m}$:遠赤外)は輝度温度補正されており、白く見えるほうは温度が高い。

図2はこのケースの重心-辞書順グラフである。図2からいくつかのクラスタが明確に判断できる。CH1の連続的な変化に伴い、重心の値が大きく変化してクラスタとしての区別ができるのは、CH1を主体としているので、CH1の変わり目でCH2以下が最小値

にリセットされるためである。また、CH1の値が同じでも、CH2の変わり目でCH3以下が最小値にリセットされる場合もある。CH3の変わり目ではCH4がリセットされるので、クラスタの形状は鋸歯のようになるが、これは、辞書順並べによる特徴である。

図2において、クラスタA~Gの範囲が雲、山間部および平野部に対応していることがわかった。ここで、A、D、Gは山間部(B、C)と平野部(E、F)の境界に相当し、これは雲であった。また、クラスタA、D、Gの形状は、B、CあるいはE、Fの形状と明らかに異なっているので同一クラスタの判断の目安になると考えられる。山間部と判断したB、Cの形状および平野部と判断したE、Fの形状はそれぞれ似ており、これらは今後の解析情報になると考えられる。さらに、図2において、横軸の原点からAまでの範囲は海あるいは海岸線に、G以上の範囲は雲域に相当し、これから雲の詳細分類ができる。

図3は抽出した結果を山間部(B、C)は茶色、平野部(E、F)は緑色、雲はAシアン、D赤、G青でCH2に着色したものである。ここで、CH2を使用した理由はこのケースにおいて、図1の(a)、(b)を比較すると明らかのように、CH1の可視画像よりもCH2の近赤外画像のほうが陸域の判断に優れていたからである。この結果によると、(A)秋田平野、(B)北上盆地、(C)庄内平野、(D)山形盆地、(E)仙台平野、(F)福島盆地、(G)郡山盆地、(H)会津盆地、(I)新潟平野の主要市町村位置と抽出した平野部が良

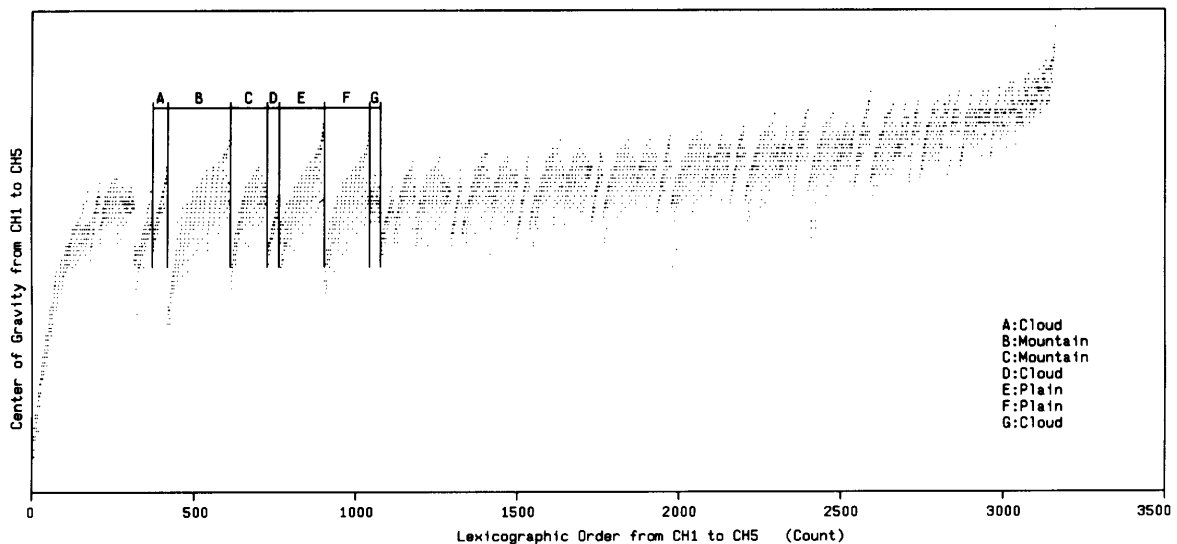
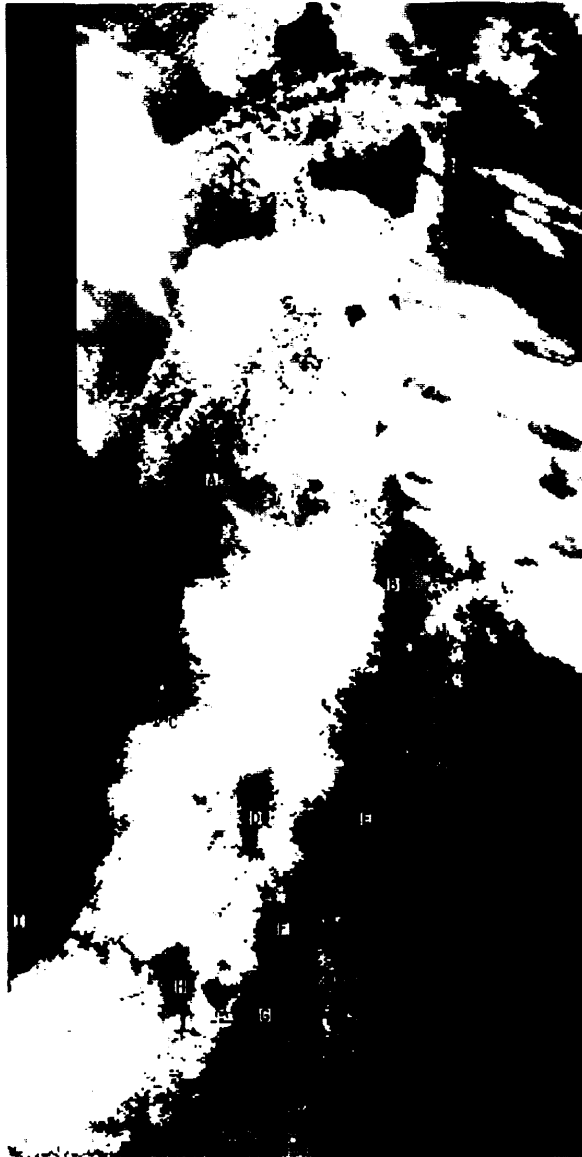


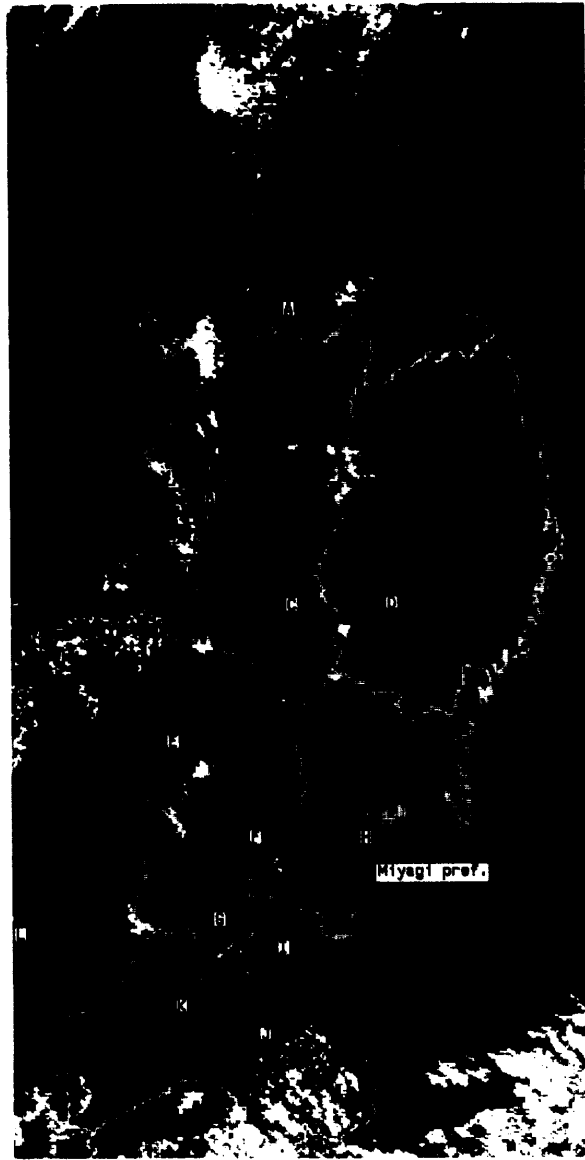
図2 重心-辞書順グラフ (1989. 02. 15; CH1~CH5)
Fig. 2 Diagram of lexicographic order (1989. 02. 15; CH1~CH5).



A: Akita, B: Kitakami, C: Tsuruoka, D: Yamagata,
E: Sendai, F: Fukushima, G: Koriyama, H: Aizu-
wakamatsu, I: Niigata.

図 3 5次元解析結果 (1989. 02. 15)

Fig. 3 Results of five dimensional analysis
(1989. 02. 15).



A: Hirosaki, B: Akita, C: Yokote, D: Kitakami,
E: Tsuruoka, F: Yamagata, G: Yonezawa, H: Sen-
dai, I: Fukushima, J: Koriyama, K: Aizuwakamatsu,
L: Niigata.

図 4 4次元解析結果 (1988. 11. 09, 緑: 平野部,
茶: 山間部)

Fig. 4 Results of four dimensional analysis (1988.
11.09, Green: Plain, Brown: Forest).

く対応していることがわかる。

5. 評 価

5.1 解析方法の評価

本解析法の評価は実用上の使用を考慮して現実のデータを用いて行った。具体的には、陸域に雲が少ない日のデータを選び、その中から平野部と山間部を抽出し、その定性的な評価と定量的な評価を行った。

5.1.1 定性的な評価

図4は1988年11月9日午後1時頃に測定したNOAA-11号のデータを用いてCH1~CH4までの4次元解析を行い、抽出した平野部を緑色に、山間部を茶色に、県境データを黄色で可視画像に着色して表示したものである。この結果と地図およびランドサットマップ¹²⁾から得られた平野部の位置を比較すると、表2に示す(A)~(L)までの東北地方の代表的な平野部の市町村がすべて含まれていた。したがって、平野部抽出の定性的な判断の正当性は達せられたと考えられる。

5.1.2 定量的な評価

宮城県発行の平成2年統計年鑑¹³⁾によると、土地の分類は表3のようになっている。ただし、その数値は必ずしも絶対的な値ではなく、誤差や推定も含まれており、全体の合計が県の総面積と一致するようにその他の項目で調整している。本論文ではこのデータを利用して定量分析を試みる。しかし、上述の理由により、この評価は第一近似と言わざるをえない。

表3より平野部に相当するのは、主に農用地、宅地、道路なので、この3項目の合計とした。山間部は主として森林と考えた。表4に本解析法で得られた結果との比較を示す。まず、宮城県の面積は非常に良い値で一致しており、誤差は0.2%以下であった。これは、使用したノア画像の幾何補正が優れており、面積算出に十分使用できることを意味している。

次に、図4から平野部と判断した緑色の部分の面積

表2 東北地方の主な平野と盆地
Table 2 Main plains of Tohoku.

平野, 盆地	主 要 市 町 村	記号	平野, 盆地	主 要 市 町 村	記号
1 津軽平野	弘 前	A	7 米沢盆地	米 沢	G
2 秋田平野	秋 田	B	8 仙台平野	仙 台	H
3 横手盆地	横 手	C	9 福島盆地	福 島	I
4 北上盆地	北 上	D	10 郡山盆地	郡 山	J
5 庄内平野	鶴 岡	E	11 会津盆地	会津若松	K
6 山形盆地	山 形	F	12 新潟平野	新 潟	L

もほぼ一致しており、ここでの誤差は約1.2%であった。さらに、山間部と判断した茶色の部分の面積計算の比較についてもその誤差は、約4.9%であった。これらの値は、比較に用いた統計データの精度を考慮すると十分実用性に耐えうると考えられる。

したがって、このケースでは平野部と山間部の抽出について第一近似的な定量評価ができたと考えられる。

5.2 総合評価

従来の3次元解析までの方法は、測定する各波長帯域のスペクトル特性より地表物体を区別する方法であり、地表物体に関するオペレータの分光特性の知識が有効に活用されていた。これに対して、本研究では、非専門家にも地表物体の区別を容易に行うために、ノア衛星のような4~5チャンネルの多次元情報の違いを有効に活用して、本来見ることのできない多次元特徴空間を2次元で表示する方法を開発した。これは、多次元特徴空間に出現するクラスタについて、基準以

表3 宮城県の地目別土地面積¹³⁾
Table 3 Classification of land in Miyagi Prefecture.¹³⁾

地 目	面積 (km ²)
農 用 地	1,515.71
(うち田)	(1,204.90)
(うち畑)	(307.54)
森 林	4,235.48
(うち民有)	(2,897.52)
原 野	20.81
水面・河川・水路	318.60
(うち河川)	(204.16)
道 路	270.52
(うち一般路)	(174.04)
宅 地	370.78
(うち住宅)	(231.39)
(うち工業)	(21.97)
そ の 他	559.79
合 計	7,291.69

表4 解析結果(宮城県の例)
Table 4 Quantitative results of plains and forest extraction of Miyagi Prefecture.

	本 研 究	宮 城 県 資 料
宮城県面積	7,279	7,292
平野部*	2,132	2,157
森 林	4,444	4,235

* 平野部: 農用地, 道路, 宅地の合計

(km²)

下の頻度数情報を捨てることによりクラスタに関する主要情報を2次元グラフにパターンとして可視化する方法である。

したがって、画像構成要素がある程度多くなると地表物体との対応関係を決定する過程で、地表物体に関するオペレータの知識が有効に活用できなくなる場合もある。しかし、本研究で対象としているノア画像で陸域観測を行うと、その画像構成要素数は1画素の分解能の制限からある程度以上には多くなり、また、画像構成要素の特定方法も重心-辞書順グラフに出現したクラスタの範囲をオペレータがコンピュータのカーソルで特定し、その結果として擬似カラーで示した画像を確認する簡単な方法なので、非専門家にとって有効なツールであると考えられる。

6. おわりに

本研究では、マルチスペクトル画像の多次元解析方法を提案し、気象衛星ノアの画像解析に応用した。その結果、本来気象および海洋の観測を目的とした衛星データにもかかわらず、陸域の詳細分類が可能になった。また、例題として宮城県内の平野部と山間部を抽出した結果は、統計資料と良い一致をみた。今後は、専門家との討論を重ね、本解析法に知識を取り入れたシステムに発展させる予定である。

謝辞 本研究を行うにあたり、有意義な助言を賜った東北大学理学部大気海洋研究センター川村 宏助教授に感謝いたします。また、本研究で使用したエンジニアリングワークステーションは、富士ゼロックス株式会社のご提供によるものであり、ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) (財)大阪科学技術センター (編): 多元画像処理の技術実態と産業応用システムに関する調査報告書 (1989).
- 2) Barnes, J. C. and Smallwood, M. D.: TIROS-N/NOAA Series Direct Readout Services Users Guide, U.S. Department of Commerce of NOAA (1982).
- 3) Lauritsen, L., Nelson, G. J. and Porto, F. W.: Data Extraction and Calibration of TIROS-N/NOAA Radiometers, NOAA Technical Memorandum NESS 107 (1979).
- 4) 田村秀行: コンピュータ画像処理入門, pp. 154-160, 総研出版, 東京 (1991).
- 5) 高木幹雄, 下田陽久 (監修): 画像解析ハンドブック, pp. 660-668, 東京大学出版会, 東京 (1991).
- 6) (財)リモート・センシング技術センター: RES-TEC (1988).
- 7) Fu, K. S.: Pattern Recognition in Remote Sensing of the Earth's Resources, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol. GE-14, No. 1, pp. 10-18 (1976).
- 8) Livingstone, C. E., Singh, K. P. and Laurence Gray, A.: Seasonal and Regional Variations of Active/Passive Microwave Signatures of Sea Ice, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol. GE-25, No. 2, pp. 159-173 (1987).
- 9) 工藤純一, 野口正一: NOAA AVHRR 画像の3次元解析システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 5, pp. 608-617 (1991).
- 10) Kudoh, J. and Noguchi, S.: A Study of Three-Dimensional Histogram Using the NOAA AVHRR Images, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol. 29, No. 5, pp. 736-741 (1991).
- 11) 小畑征二郎, 松沢 茂, 川村 宏, 野口正一: NOAA 画像データと地理的情報の重ねあわせ, 第40回情報処理学会全国大会論文集, p. 567 (1990).
- 12) ランドサットマップ: 東北, 東海大学情報技術センター (1987).
- 13) 宮城県企画部統計課: 平成2年版宮城県統計年鑑 (1991).

(平成3年10月1日受付)
(平成4年5月14日採録)



工藤 純一 (正会員)

昭和55年秋田大学鉱山学部卒業。昭和62年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。東北大学選鉱製錬研究所助手, 平成3年同大大型計算機センター助手。主として多次元画像処理の研究に従事。画像電子学会, 電子情報通信学会, IEEE 各会員。

**根元 義章 (正会員)**

昭和 20 年生。昭和 43 年東北大学工学部通信工学科卒業。昭和 48 年同大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。同年同大工学部助手。昭和 59 年同大電気通信研究所助教授、同年同大大型計算機センター兼務、平成 3 年同教授。マイクロ波伝送回路、衛星利用ネットワーク、情報伝送システムの研究に従事。昭和 56 年 IEEE, Microwave Prize (MTT-S, 論文賞) 受賞。IEEE, 電子情報通信学会各会員。

**野口 正一 (正会員)**

昭和 5 年生。昭和 29 年東北大学工学部電気工学科卒業。昭和 35 年同大学院博士課程修了。工学博士。昭和 46 年東北大学電気通信研究所教授。昭和 59 年東北大学大型計算機センター長。平成 2 年東北大学応用情報学研究センター長。主として情報システム構成論、知識処理に関する研究に従事。著書「情報ネットワーク理論」(岩波), 「知識工学基礎論」(オーム社) など。