

映像資料データベースのためのデータ蓄積・検索のファジィ論的方法

吉根 勝美* 磯本 征雄* 石井 直宏**

*名古屋市立大学計算センター **名古屋工業大学知能情報システム学科
〒467 名古屋市瑞穂区瑞穂町山の畑 1 〒466 名古屋市昭和区御器所町

あらし 近年のコンピュータの性能向上によりマルチメディアが注目されているが、中でも豊富な情報を含むことができる媒体である画像を、教材の提示に利用することは効果的であり、過去の莫大な映像資料のデータベース化が望まれている。しかし、同じ画像に見ていても、着目する対象や受ける印象が見る人ごとに異なるように、画像に含まれる情報の解釈には見る人の主観が必ず入るため、この取扱いが画像データベースにおける重要な一課題である。本研究では、こうした画像に含まれる情報の解釈の多様性をファジィ集合として統一的に扱うことを提案し、これに合わせた画像データベースのデータ構造や、ファジィデータに対する検索技法を定式化した。

和文キーワード 画像データベース, 情報検索, ファジィ理論

Data Model and Retrieval Method for Image Database based on Fuzzy Set Theory

Katsumi YOSHINE* Yukuo ISOMOTO* Naohiro ISHII**

*Computation Center,
Nagoya City University

1 Yamano-hata, Mizuho-cho,
Mizuho-ku, Nagoya, 467

**Department of Intelligence and
Computer Science,
Nagoya Institute of Technology
Gokiso-cho, Showa-ku,
Nagoya, 466

Abstract In this paper, we discuss how to store fuzzy data in a image database and search the data with fuzzy retrieval condition. Recent multi-media technologies encourage us to implement a complicate image database. An image whose content is full of variety allows a person to enjoy the image in the way of his own feeling and understandings. Generally speaking, the more the data model is complicate, the more its retrieval condition becomes relatively vague and flexible. In order to establish a theoretical foundation for the image database, the authors formulate a data model and a retrieval method in the fuzzy set theory.

英文 key words image database, information retrieval, fuzzy set theory.

1. はじめに

最近の情報処理では、人間とコンピュータの間の情報伝達を有効かつ円滑に行うために、符号でデータを表現するだけでなく、グラフィックス、音声、静止画、動画等の多様な表現媒体を駆使して情報伝達を行おうとするマルチメディア化が注目されている。とりわけ、画像は、その中に豊富で多量の情報が含まれているという点で、きわめて有効な媒体の一つである。このように情報媒体として優れている画像を教材の提示に利用することは効果的であり、過去の莫大な映像資料を組織的に蓄積し、後からの再利用を容易にするためのデータベースとして整備することで、その有効利用を図ることができる。また、近年のコンピュータの性能向上により、画像を取扱うこと自体は実用的になりつつある状況にある。

しかし、収集した画像をデジタル化し、蓄積するのみではデータベースとはいえず、画像の表題や作者というような書誌的な情報も同時に蓄積する必要がある。また、画像を取り扱うことにより、画像に描かれている対象物による検索や⁽¹⁾、画像の醸し出す雰囲気による検索にいかに対応するかという課題が生じる。これらは、単なる機械処理だけでは解決が困難であるため、描かれている対象物の位置とか醸し出される雰囲気というような画像を説明する情報を、画像とともに蓄積する必要がある。ただし、こうした情報には、画像を見る人の主観が影響するので、画像の解釈には多様性を認めるべきであり、厳密さは不要である。

本研究では、見る人の主観によって少しずつ解釈に違いがあるような画像、例えば風景画等を対象に、こうした解釈の多様性をファジィ集合として統一的に扱い、画像データベースの構築手法と、それに対する検索手法を提案する。画像情報として、場景、叙情、書誌の各項目にファジィ・データを格納する。また、検索条件とデータがともにファジィ集合にした場合の検索技法を議論する。

2. ファジィ集合による画像情報の記述

2.1 画像情報の構成

画像データベースの構築においては、デジタル化された画像のほかに、それを説明する様々なデータを合わせて蓄積する必要がある。本研究では、1枚の画像を説明するデータを次の3種類に分類する。

- 場景データ**：画像に描かれている対象物について、その名称や画像中の位置などを説明するデータ

- 叙情データ**：画像が見る人に与える印象を説明するデータ

- 書誌データ**：画像の表題や作者など、画像の書誌的な情報を説明するデータ

データベースに蓄積されるそれぞれの画像には、一意の画像番号が与えられ、3項組<画像番号, 分類, データ>の集合で1枚の画像を説明する。ここで、分類は「場景」、「叙情」、「書誌」のいずれかで、データの形式は分類により異なる(表1参照)。

(a) 場景データの形式

1枚の画像に描かれている複数個の対象物を識別するため、対象物一つ一つには異なる対象物番号が与えられる。場景データの形式は、4項組<対象物番号, 項目名, 属性名, 属性値>である。まず、項目名を「名称」として、属性名で「山」、「川」、「木」、

表1 1枚の画像を説明するデータの集合の例

画像番号	分類	データ			
		対象物番号	項目名	属性名	属性値
1	場景	1	名称	山	
			位置		0.2~0.6 × 0.7~0.9
			標高	数値	2468m
			高い	やや真	
		2	名称	川	
			⋮		
	⋮				
	叙情		楽しい	とても真	
			明るい	0.7	
			⋮		
書誌		サイズ		640×400	
		表題	山の風景		
		作者	山野風蛭		
	年代	数値	1950年ごろ		
		戦後	約0.8		
	⋮				

「家」というように対象物の名称を与える。次に、項目名を「位置」とし、属性値で対象物が描かれている画像中の位置を指定する。ここで、対象物の形状によっては、位置の厳密な記述は困難であり、また見る人も位置を厳密にとらえることはしないので、対象物の画像中の位置はファジィ集合で表す（次節参照）。

また、上記の項目名以外に、「標高」、「全長」、「形状」、「色彩」などを必要に応じて指定することで、画像に描かれている対象物の実世界におけるデータや特徴も記述できる。表1は、山の実際の標高を2通りの方法で記述した例である。第1の方法は、具体的な数値が明らかな場合で、属性名を「数値」とし、属性値で数値を指定する。第2の方法は、山の標高を表す言葉として「高い」、「低い」等と用意し、画像中の山の高さを表すのにふさわしい言葉を属性名に指定し、その程度を属性値として与える。表1では、言語的真理値「やや真らしい」を指定することで、「やや高い」山を表している。

(b) 叙情データの形式

叙情データは、「明るい」、「楽しい」、「寂しい」等、画像を見る人が受ける印象を表わす言葉を属性名とし、その程度を属性値として、2項組<属性名, 属性値>の形式で与える。属性値は、表1の例にあるように、言語的真理値を用いて「とても楽しい」と表現してもよいし、数値的真理値を用いて「明るい」の度合いが0.7と表現してもよい。

(c) 書誌データの形式

書誌データは、3項組<項目名, 属性名, 属性値>の形式で与える。項目名は、「サイズ」、「表題」、「作者」、「年代」、「所蔵」、「分野」、「対象」等である。項目名「サイズ」に対して、デジタル化された画像のサイズを属性値で指定する。表題、作者が判っていれば、それらは属性名で指定する。項目名「年代」に対しては、山の標高同様、数値による記述と言葉による記述が可能である。ただし、数値による

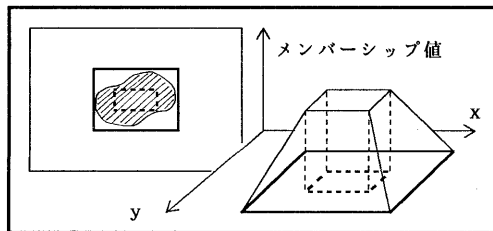


図1 画像中の位置を表すメンバーシップ関数の例

記述の場合、正確な年代が判らないときは、表1にあるように、属性値にはファジィ数を指定すればよい。また、言葉による記述の場合、数値的真理値を特定の値に決め難いときにも、同様にファジィ数で指定すればよい。

2.2 ファジィ集合による属性値の記述

場景、叙情、書誌いずれのデータにおいても、属性値に記述するのはファジィ集合であるが、それには次のような3種類のタイプがある。

(a) 対象物の描かれている位置を表すファジィ集合

画像全体を全体集合として、そのファジィ部分集合で対象物の位置を表す。そのメンバーシップ関数は、画像中の対象物の存在可能性を表している。本研究では、図1に示すように、対象物に完全に含まれる矩形と、対象物を完全に含む矩形からメンバーシップ関数を構成することにより、対象物の位置を表す最低限の情報的確かつ簡潔に表現できる。

(b) 言語的真理値

表1の例で、「やや高い」とか「とても楽しい」というようにして、画像中の対象物や画像そのものについて説明する場合、「高い」、「楽しい」等の言葉を属性名に指定して、その程度を表す言語的真理値を属性値として与える。属性値として指定する言語的真理値については、例えば図2のように、有限個の言語的真理値の集合をあらかじめ定義しておいて⁽²⁾、データベース作成者は、属性名に指定された言葉に対して最もふさわしいと思われる言語的真理値を、定義された集合からただ一つを選択する。

(c) ファジィ数

表1の年代の記述方法のように、属性名「数値」に対して、属性値で指定する具体的な数値や、属性名に指定された言葉に対して、属性値で指定する数値的真理

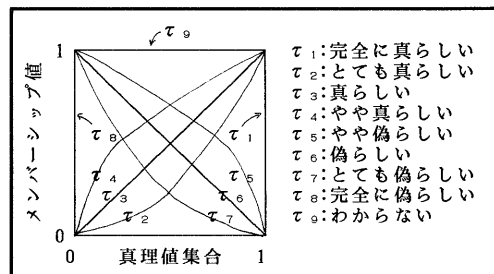


図2 言語的真理値の集合の構成例

理値を特定の値に特定することが困難であるときは、適当な実数区間を全体集合とするファジィ部分集合、すなわちファジィ数で属性値を表す。本研究では、「約～」を表す三角型ファジィ数と「～から～ぐらい」を表す台形型ファジィ数を取り扱う⁽³⁾。属性値としてのファジィ数の指定は、データベース作成者の判断により、ファジィ数を一意に定める4個のパラメータ a_1, a_2, a_3, a_4 (図3参照)を入力することで行われる。通常の数値を指定するときは、 $a_1=a_2=a_3=a_4$ とする。

3. あいまいな検索条件による検索手法

3.1 あいまいな検索条件に対する満足度

通常のデータベースでは、ある属性名に対する属性値は、あらかじめ定義されている定義域集合の一要素として指定される。こうした通常のデータベースに対して、属性名に対する検索条件を定義域のクリスプ部分集合で与える通常の検索では、属性値はクリスプ集合に属するか属さないかのいずれかだから、データベース中のデータは、検索条件を満足するか満足しないかのいずれかに決定する。ここで、検索条件をファジィ部分集合に拡張すると、ある属性値が検索条件に属するか属さないかのいずれかには決まらなくなる。したがって、あいまいな検索条件による情報検索では、データベース中のデータごとに検索条件を満足する程度を計算し、満足度の高い順にデータを情報検索者に提示する方式をとる。

上記で述べた通常のデータベースにおいて、ある属性名に対する検索条件がファジィ集合Cで与えられたとき、同じ属性名に対する属性値がaであるデータの検索条件に対する満足度 $\pi(a, C)$ は、ファジィ集合Cのメンバーシップ関数 $\mu_C(x)$ を用いて、

$$\pi(a, C) = \mu_C(a) \quad (1)$$

と定義するのが最も自然である(図4左側参照)。ここで、検索条件を否定する条件による検索を考えると、対応するファジィ集合はCの補集合 \bar{C} であるから、検索条件を否定する条件に対する満足度 $\pi(a, \bar{C})$ は、

$$\pi(a, \bar{C}) = \mu_{\bar{C}}(a) = 1 - \mu_C(a) \quad (2)$$

であるから、

$$\pi(a, C) + \pi(a, \bar{C}) = 1 \quad (3)$$

が成立する。したがって、2つの満足度 $\pi(a, C)$, $\pi(a, \bar{C})$ のうち、一方が決まれば、他方も自動的に決まることが、通常のデータベースの特徴である。

3.2 あいまいな属性値に対する適合度と満足度

本研究で取り扱う画像データベースでは、データベース中のデータの属性値がファジィ集合で与えられるため、上記の満足度の定義が適用できないので、代わりに適合度を定義する。ある属性名に対する検索条件がファジィ集合C(メンバーシップ関数 $\mu_C(x)$)で与えられたとき、同じ属性名に対する属性値がファジィ集合A(メンバーシップ関数 $\mu_A(x)$)であるデータの検索条件に対する適合度 $\rho(A, C)$ は、図4右側のように、

$$\rho(A, C) = \sup\{\mu_A(x) \wedge \mu_C(x)\} \quad (4)$$

と定義したり、

$$\rho(A, C) = \frac{\int \{\mu_A(x) \wedge \mu_C(x)\} dx}{\int \mu_A(x) dx} \quad (5)$$

と定義する方法が知られている⁽⁴⁾。ここで、 \wedge は小さい方の値をとる演算記号である。しかし、いずれの定義方法でも、 $\rho(A, C) + \rho(A, \bar{C})$ が常に1であるとは限らないので、通常のデータベースにおける満足度に見られた特徴が成立しなくなる。したがって、ある検索条件Cに対し、異なる属性値である2つのファジィ集合A, Bについて、 $\rho(A, C) = \rho(B, C)$ が成立するとき、 $\rho(A, \bar{C}) = \rho(B, \bar{C})$ であるとは限らない。すなわち、検索条件に対する適合度が等しくても、検索条件を否定する条件に対する適合度は等しくならない可能性がある⁽⁵⁾。本研究では、このような場合には異なる満足度を与えるものとして、2つの適合度 $\rho(A, C)$, $\rho(A, \bar{C})$ をともに、

$$\Pi(A, C) = \frac{\rho(A, C)}{\rho(A, C) + \rho(A, \bar{C})} \quad (6)$$

と満足度を定義する。この定義方法の特徴は、検索条

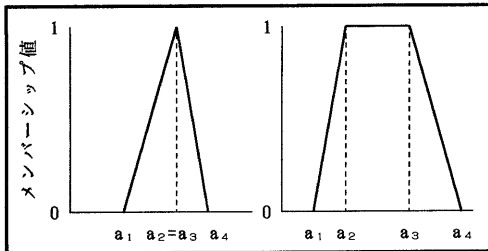


図3 ファジィ数のメンバーシップ関数

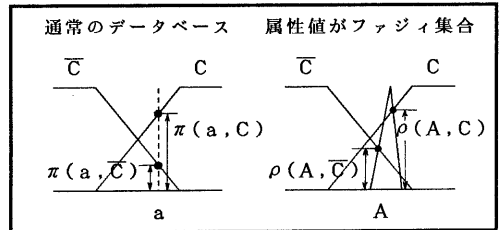


図4 満足度と適合度

件と検索条件を否定する条件を同等に扱う点にあり、式(3)の性質も満たしている。右辺の適合度の計算には、属性名が「数値」である場合は、式(5)の定義を用い、その他の場合には、式(4)の定義を用いる。

4. インプリメンテーション

2. および 3. の定式化に基づいた画像データベースの試作システムをXウィンドウ上で開発中であり、対象物の位置に関する検索について実現している。

4.1 画像中の対象物の位置情報の蓄積

画像に描かれている対象物の位置の入力は、マウスを用いて、対象物に完全に含まれる矩形と、対象物を完全に含む矩形を指定する(図5参照)。引き続き、対象物の名称をメニューから選択する(図6参照)。これを、画像中の対象物それぞれについて繰り返す。

4.2 位置に関するあいまいな条件による画像検索

対象物の位置に関する検索条件の入力は、画像蓄積の場合と全く同じ方法で行うことができる。これは、本データベースの一つの特徴である。まず、画像中の位置をマウスを用いて指定し、メニューから検索する対象物の名称を選択する(図7参照)。

画像検索は3段階で行う。まず、選択された対象物の名称による検索を行うことで、検索対象となる画像データを絞り込む。そして、限定された画像それぞれに対して、3. で定義した満足度の計算を行う。最後に、満足度によるソートを行って、満足度の高い順に画像を提示する(図8参照)。

5. まとめ

大量の画像の蓄積を現場で活かすには、画像のデータベース化が必須である。また、画像のもつ情報の豊

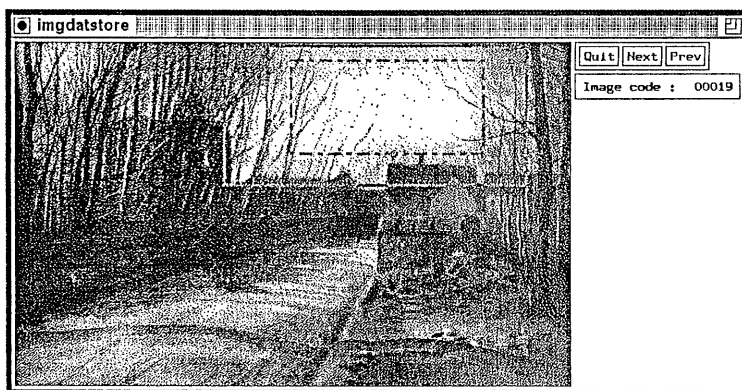


図5 画像中の対象物の位置を指定する例

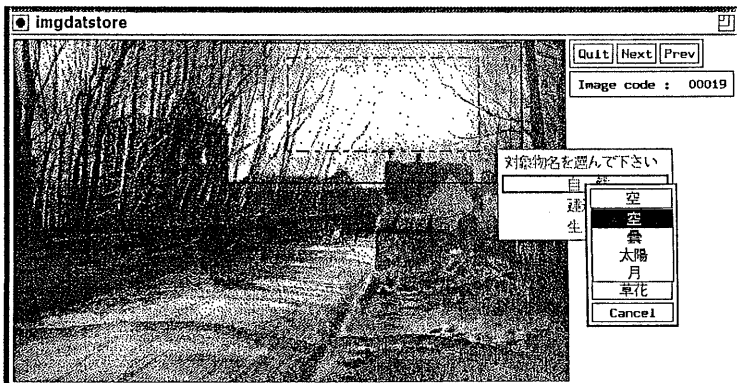


図6 画像中の対象物の名称を選択する例

富さのために、情報システムにおける情報提供源としての画像データベースは、ますます重要な役割を演じるであろう。その一方で、画像を見る人ごとの解釈の多様性は、データ構造の論理設計や情報検索における一義的に限定し難い困難さの原因となる。本研究では、画像管理と活用の技法として、画像の解釈の多様性をファジィ集合として捉えることで、画像のデータベース化と検索手法の定式化を試みた。

本画像情報データベースでは、画像を説明するデータを入力する人に大きな負担がかかるので、データ入力を支援する仕組みが必要である。例えば、対象物の位置を表すメンバーシップ関数の入力を支援する画像処理機能を用意することを検討している。

本稿では、属性名は互いに独立なものとして扱っているので、属性名が異なると検索できないという問題点がある。試作システムでは、属性名をメニューから選択する方式をとっているが、自然言語に近い形で検

索条件を入力しても検索ができるようにするには、属性名の表す概念の関係を記述する仕組みを用意する必要がある、今後の課題である。また、画像全体の色彩のような物理的情報と、検索者の主観的な感情をシステム内部で関連づけることで、人間の感覚によく合った画像検索が実現する可能性があり、こうした方向へのシステムの拡張も今後の課題である。

文 献

- (1) 平田恭二, 原良憲: 概略画像を用いた画像検索, 信学技報, DE92-2(1992)
- (2) 本多中二, 大里有生: ファジィ工学入門, 海文堂出版(1989)
- (3) Arnold Kaufmann, Madan M. Gupta (田中英夫監訳, 松岡浩訳): ファジィ数学モデル, オーム社, (1992)
- (4) 野村, 大木, 小高, 横山, 松下: ファジィ検索のための平均演算子による曖昧属性の生成, 日本ファジィ学会誌, Vol.4, No.2, pp.344-660(1992)
- (5) 中山, 福嶋, 宮島, 岩本, 棚田, RALESCU: 印象言語を用いた顔画像検索システム(Ⅲ), 第8回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.677-680(1992)

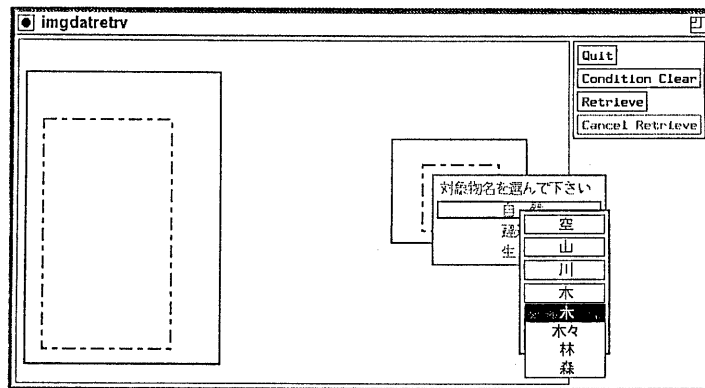


図7 位置に関する検索条件の入力例

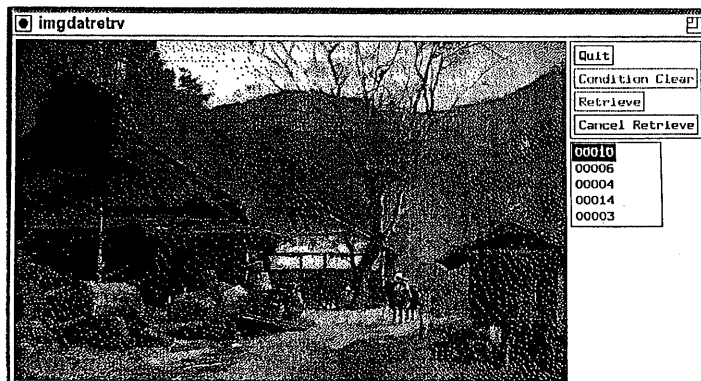


図8 検索結果