

## データベース検索機構の特許取得による画像データ権利保護方式

佐々木 秀康<sup>†1</sup> 清木 康<sup>†2</sup>

本研究は、画像、文献、音声、映像などのメディアデータの意味を反映した検索エンジンが対象とするマルチメディアデータベースの権利保護方式を、技術条件の検証プロセスとして提案し、その数理的根拠を示す。メディア検索エンジンの検索アルゴリズムは、問合せと検索対象のデータ特徴量の相関量を計量するため、特徴量パラメータセットに適切な重み付け数値を設定する。検索・分類機能を実現する重み付け数値設定が、検索結果とデータ特徴量セットを一意に対応し、検索アルゴリズムがプログラム特許を取得するとき、従来の著作権解釈により保護できなかった重み付け数値設定を確実に保護する。さらに、重み付け数値設定が、対象領域の有限個の検索・分類を完全に表現するとき、コンテンツを含むデータベースの権利を保護する。

### The Methodology to Protect an Image Database by a Patentable Program of a Media Search Engine

HIDEYASU SASAKI<sup>†1</sup> and YASUSHI KIYOKI<sup>†2</sup>

This paper presents a methodology as a set of evaluation criteria of technical conditions with its mathematical reasoning for a semantic based indexing and retrieval to protect a multimedia database: image and document, audio and video while it offers with its mathematical reasoning a set of evaluation criteria. A set of index feature weightings focused on index features of media data is an indispensable part of a retrieval algorithm to compute correlative index features with queries for appropriate classification of contents. The set of weightings reduced in the form of a patentable program should be the more securely protected than by copyright when it implements semantic based indexing and retrieval to construct one-to-one correspondence between weighted index features and retrieved results. The set of weightings in the patentable program also protects contents in a multimedia database in a certain narrowly defined domain when it covers the semantics in its domain with a finite set of retrieval classes.

#### 1. はじめに

本研究は、画像、文献、音声、映像などのメディアデータ（コンテンツ）の意味（semantics）を反映した検索を行う、メディア検索エンジンが対象とするマルチメディアデータベースの権利を保護するための方式として、以下の2段階に構成した技術条件の検証プロセスを提案する。

- (1) マルチメディアデータベース検索・分類機能の保護
- (2) コンテンツを含めたデータベースの保護

##### 1.1 問題の背景

従来、著作権によるデータベースの保護は、リレーショナルデータベースを前提として解釈されてきた。

リレーショナルデータベース・システムは、収集したデータに対してあらかじめ統一的な索引（key

index）付けを行い、パターン・マッチングにより論理的に一意な解を分類・検索する。著作権によるデータベースの保護はその「編集部分」ととどまる。「編集部分」は、リレーショナルデータベースのコンテンツを分類・検索した索引付け（indexing）の部分が、記憶媒体に物理的に固定された状態として解釈されている<sup>9)</sup>。

しかし、コンテンツの意味を反映したメディア検索の対象となるマルチメディアデータベースは、リレーショナルデータベースとは異なる構造を持つ。メディア検索エンジンは、問合せごとに問合せ（query）と検索対象データ特徴量（data features）の間の最適な相関量を計量し、コンテンツが表現する意味を正しく分類した検索結果を返すように設計する必要がある<sup>11)</sup>。

メディア検索エンジンにおいて本質的に重要な部分は、コンテンツの意味を反映した最適な検索を実現するために検索アルゴリズムに設定する、データ特徴量セットに適用した重み付け数値（feature weighting values）設定である。この重み付け数値設定が、デー

†1 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance, Keio University

†2 慶應義塾大学 環境情報学部  
Faculty of Environmental Information, Keio University

データベースの分類・検索機能を実現し「編集」の役割を果たす。しかし、この数値設定は、以下2点の理由により、リレーショナル・データベースを前提とした著作権の解釈によってはその使用権を保護できず、従来の著作権解釈を前提とした権利保護が困難である点が問題となる。

- ・重み付け数値設定は、検索アルゴリズムと協働して検索・分類機能を実現するが、個々のコンテンツの索引付けでない。
- ・検索アルゴリズムが、問合せと検索対象データ特徴量の相関量を問合せごとに動的に計量するときは<sup>5)</sup>、重み付け数値設定が固定しない。

### 1.2 研究課題

さらに、データベースを著作権により保護すること自体に、以下の2点の問題がある。

- ・仮に、重み付け数値設定が著作権の保護対象であっても、他人が独自に問合せと対象データ特徴量の相関量を計量して類似した検索アルゴリズムを構築することを、著作権によっては禁止できない。
  - ・データの収集にはコストがかかり、コンテンツ保護はデータベース構築のインセンティブ確保にとり不可欠であるが、著作権はコンテンツを保護しない
- 本研究は、これらの問題を解決するため、以下の2つの研究課題を考察し解決策を提案する。

- (1) マルチメディアデータベースの検索・分類機能を実現するために検索アルゴリズムに設定した、個々の問合せに対する、問合せと検索対象データ特徴量の相関量を計量するための、データ特徴量の重み付け数値設定(以下、重み付け数値設定と言う。a set of index feature weightings)を保護するための技術的条件の検証プロセスと、その数理的な根拠の明確化。
- (2) 上の(1)の条件により保護されるような各問合せを実現する重み付け数値設定が、検索対象のコンテンツが属する特定の制限された領域(domain)において、コンテンツを含めたデータベースを保護するための、技術的条件の検証プロセスとその数理的な根拠の明確化。

### 1.3 研究の方向性

従来、コンテンツの意味を反映した検索エンジンの設計は、検索対象のデータ特徴量がコンテンツの意味を完全に反映できないこと、論理的に true または false に意味を分類・識別できないことを前提としてきた。しかし、データ特徴量を元にコンテンツの意味を反映した検索を行うためには、以下の仮定を前提とすることが不可欠である。

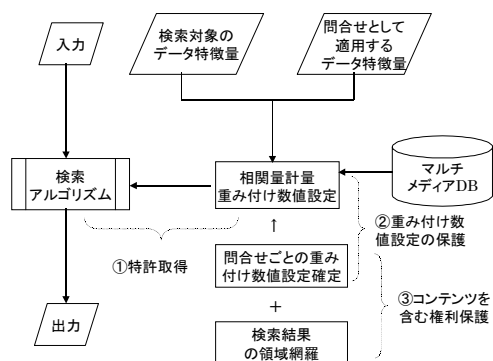


図1 マルチメディアデータベース権利保護の方向性

Fig. 1 An approach of protection over a multimedia database

“メディア検索エンジンの検索アルゴリズムは、データ特徴量が、コンテンツの意味を論理的に true または false として、一意に分類、識別するために必要十分な情報を持つような特定の領域を対象にする。”この仮定を前提としてはじめて、適切な重み付け数値設定により、特定の領域において、コンテンツの意味を反映した検索エンジンを設計するための理論的根拠を与えることができる。

#### (1) 問合せごとの重み付け数値設定の権利保護

メディア検索エンジンの検索アルゴリズムが、問合せと検索対象コンテンツのデータ特徴量との相関量計量により、検索結果を必ず一意に分類するように(条件 )、対象領域における、最適な重み付け数値を設定しているとする(条件 )。ここで、その問合せの検索アルゴリズムがプログラム特許を取得できるとき、同じような問合せに、類似した設定方式による重み付け数値を設定したプログラムの使用を、特許権により禁止できる(図1)。

我々は、メディア検索エンジンの特許取得要件を実証する技術的条件を、近時の特許審査基準<sup>14),15)</sup>を反映して整理し、特許取得の範囲を拡大する方式を提案しており<sup>10)</sup>、対象とするメディア検索エンジンは、この方式により特許取得可能であることを前提とする。

条件 : 「重み付け数値設定が、問合せに対してデータ特徴量と検索結果を、必ず一意に対応するように分類する」ためには、本来は、図2の2つの写像がそれぞれ以下の条件を充たすことが必要十分条件となる<sup>5)</sup>。

写像  $f$ : 画像などのコンテンツ  $i \Leftrightarrow$  コンテンツ  $i$  ごと、 $m$  個のデータ特徴量(属性)のセット  $[X_i]^T$   
 写像  $p$ : コンテンツ  $i$  問合せ  $j$  ごとに、コンテンツの意味が正しく分類された検索結果  $C_j$

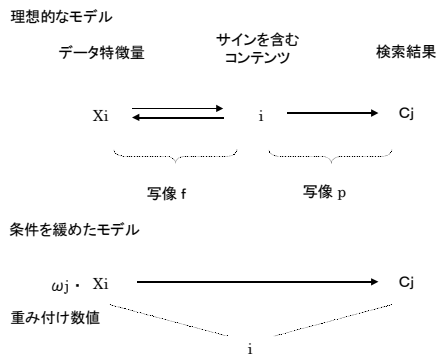


図 2 データ特徴量と検索結果の対応

Fig. 2 Correspondence of index features and meaning classes とする。このとき、これらの写像において、完全な関数であるような、

“データ特徴量 ⇄ コンテンツ → 検索結果”

が成立する必要十分条件は、

必要条件：  $p$  が関数である

$p(i) = C^1$  , かつ,  $p(i) = C^2$  ならば,  $C^1 = C^2$

十分条件：  $f$  が一次独立な写像である

$f(i) = [X_i]^t$  , ならば,  $f^{-1}([X_i]^t) = i$

である。しかし、これを満たすことは困難である。そこで、ある特定の意味を持ったまとまりの集合（サイン）を形成するデータ特徴量が、一つの検索結果に対して一意に対応するような、上の条件を緩めた条件を考察する必要がある<sup>5)</sup>。

条件：対象領域に最適な重み付け数値を設定するためには、(a)問合せごとの重み付け数値設定が最良点を持ち、同時に検索結果が最良点を持つために必要な条件を明確にすることと、(b)その数値設定により計量されたデータ特徴量の最良点が、検索結果の最良点と一意に対応することが必要である（図 2）。

(a)については、位相数学における無限点列の中の有限個の点列の集合により、元の無限点列を代表させるコンパクト集合の概念を利用し、最良点が存在するための条件を考察する。

(b)については、連続写像間においてコンパクト集合を持つ関数の写像がコンパクト集合となる定理を利用し、サイン（signs, signatures）：物体の形状、色、構造やその組み合わせで、対象領域における特定の意味を表現するデータ特徴量のまとまりが、重み付け数値設定と検索結果の最良点のそれぞれを一意に対応させる条件を考察する。

(2) 検索結果の領域網羅によるコンテンツの保護

条件 と を満たす重み付け数値設定を持つ問合せ

アルゴリズムを設定したプログラムが、特許を取得するとき、このメディア検索エンジンが、コンテンツが表現する意味を、ある特定の領域において、正しく検索・分類するために必要十分な問合せのセットを全て完全に網羅しているとする。このとき、他人による各問合せの使用は特許により禁止でき、さらに、その禁止の範囲は対象領域の検索に全体に及ぶ。対象領域の全問合せに最適な重み付け数値設定の権利保護は、検索の限度でコンテンツの利用権を特許権者に与えることになる。

問合せごとに設定する重み付け数値が、対象領域の分類・検索結果を完全に網羅するためには、問合せによるデータ特徴量と検索結果の分類が一意かつ最良であることを前提に、問合せと検索結果が有限個で（条件 ），完全に対象領域の意味を網羅することが必要である（条件 ）。このとき、(1)の条件を前提に、この方式のみが対象領域の検索を最適に行えるため、検索による利用の範囲において、コンテンツを含んだデータベースの権利を、検索プログラムの使用禁止により保護できる。

条件：問合せのセットと検索結果のセットの有限性は、コンパクト集合に関する条件を考察する。

条件：有限個の検索結果が対象領域の意味を網羅する条件は、サインの満たすべき条件を考察する。

## 2. 適用する先行研究

研究の方向性として掲げた、“データ特徴量 ⇄ コンテンツ → 検索結果”の関係構築を扱った先行研究を整理する。

(1) 検索結果とコンテンツのサインを介した対応

コンテンツの意味を反映した検索は、対象領域を狭く限定して（domain-specific）、コンテンツの持つサインと検索結果を対応させることによるのみ実現することができる<sup>8),11)</sup>。

(2) サインとデータ特徴量の対応

画像などのコンテンツの形状<sup>13),12)2)</sup>、色<sup>12),3)</sup>、構造<sup>4)</sup>、領域<sup>4)</sup>に関するデータ特徴量の不動点（invariant appearance）を発見する手法が援用できる。類似した意味を持つコンテンツが類似したデータ特徴量を持つと仮定するとき、最も類似したコンテンツは、同じ 3 次元物体を違う視点から写した 2 次元画像であると考えられる。これは、画像におけるデータ特徴量の回転・アフィン空間移動における不動点の発見<sup>2),12),13)</sup>と同様に考えられる。

(3) 重み付け数値を設定したデータ特徴量と検索結果の対応

この対応については、完全に一意な対応が困難であるため、条件を緩めるための確率計算を利用した方式が提案されている<sup>5)</sup>。サインを介してコンテンツからデータ特徴量へ、コンテンツから分類・検索結果の集合へ、それぞれの写像変換において一意性を確率的に保証する方式である<sup>5)</sup>。

### 3. 提案方式

提案方式は、図3が示す、以下2つの技術的条件の検証プロセスにより構成される。

#### 3.1 重み付け数値設定の保護条件を検証するプロセスの数理的根拠

図4が示すように、各定理を用いて条件と<sup>5)</sup>の数理的根拠を示す。

##### (1) 一意性の条件とその根拠

問合せに対して、検索結果を必ず一意に分類するためには(条件<sup>5)</sup>)、1.3節(1)で示した“データ特徴量 $\leftrightarrow$ コンテンツ”と“検索結果”の2つの写像に関する必要十分条件を満たすことが望ましい。しかし、“データ特徴量 $\leftrightarrow$ 検索結果”の対応は充足困難であるため、“データ特徴量 $\leftrightarrow$ コンテンツ(サイン)”，“コンテンツ(サイン) $\leftrightarrow$ 検索結果”のように2段階に分け、それぞれ以下のように条件を緩め、問合せごとに、サインを表現する重み付け数値を設定したデータ特質量セットと検索結果を一意に対応させることが提案されている<sup>5)</sup>。

##### (i) 条件<sup>5)</sup>の必要条件の緩和

必要条件を緩めたものは、以下の通りである。

- (a) : 検索結果が互いに交わらない(排他性, 相互の交わりは空集合), かつ,
- (b) : コンテンツが検索結果と唯一に対応する(関数の関係)。

必要条件は、写像 $p$ により“画像などのコンテンツ(サイン) $\leftrightarrow$ 検索結果”を、関数として対応させる条件である。その必要性は自明である。なお、文献<sup>5)</sup>は、検索結果が有限個であることも必要条件とする。しかし、一意性を満たすために、有限性が必要であるとは言えないので、本研究ではこれら2つの条件が必要条件と考える。

##### (ii) 条件<sup>5)</sup>の十分条件の緩和

十分条件を緩めたものは、以下の通りである。

- (c) : 問合せごとに、サインを介して、重み付け数値を設定したデータ特質量セットと検索結果を、1対1に対応させる不変なデータ特徴量を求める処理である。この条件は、“データ特徴量 $\leftrightarrow$ 検索結果”の充足が不可能であるため、サインを介して、“デー

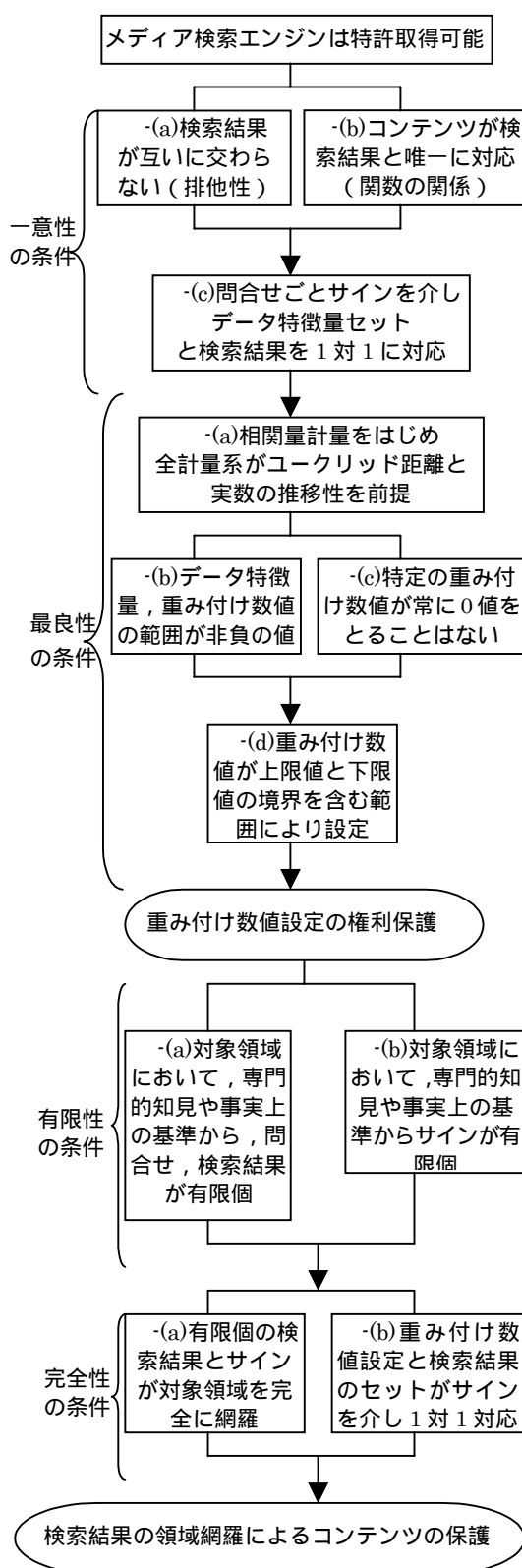


図3 提案方式

Fig. 3 The methodology of protection of a multimedia

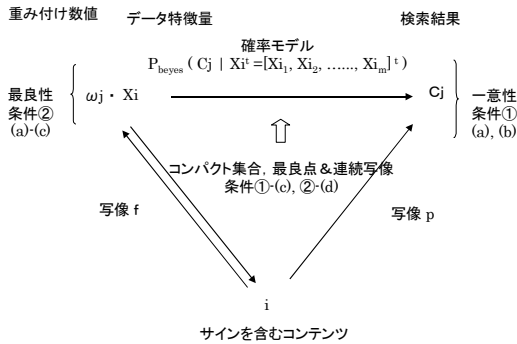


図 4 重み付け数値設定の保護条件と利用する定理  
 Fig. 4 Theorems and schemes for protecting index feature weightings

データ特徴量 ⇔ コンテンツ (サイン) ” を充たす条件を考察し, “ コンテンツ (サイン) 検索結果 ” につなげるものである .

一つの同じサインを表現するような, 類似したコンテンツから抽出したデータ特徴量セットを, 検索結果に一意に写像することは, 問合せごとに, 以下のベイズ確率関数の確率を最大化することと考えることができる<sup>5)</sup> .

$$P_{\text{bayes}}(C_j | X_i^t = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}]^t)$$

これは, 特定の問合せに対して, 特定の検索結果  $C_j$  に分類した類似のコンテンツは, 特定のデータ特徴量セット  $[X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}]^t$  の近傍に写像されることを意味すると考えることができる<sup>5)</sup> .

このような処理は, 問合せごとに, サインを介して重み付け数値を設定したデータ特徴量セットと検索結果を 1 対 1 に対応させる, 不動なデータ特徴量を求める処理である . 検索アルゴリズムが, 問合せごとに, このような処理を実行する重み付け数値設定をしていることが, 一意性の十分条件を充足する . 条件 -(c) は, コンテンツのサインを構成するデータ特徴量を選択し, 最適な重み付け数値を設定するために, 上のベイズ確率を最大にすることに帰着する . これは, 問合せごとに, 対象領域における特徴的なサインを探索することであり, 同時に, データ特徴量の不動な表現 (invariant appearance) を求める問題と, 本質的には同じ処理であると考えられる (2 節) .

(2) 最良性の条件とその根拠

条件 を充たすような重み付け数値が, 問合せごとに最良な設定であり, かつ, 最良な検索結果に対応するためには, 問合せごとの重み付け数値設定, 検索結果がコンパクト集合を形成し, かつ, 最良点を持ち,

それらが対応しなければならない . そこで, 以下の定義, 定理の下で重み付け数値設定, 検索結果の最良点の存在と 相互の対応を充たすための条件を考察する .

“ ユークリッド距離で計量される実数の空間は, ユークリッド位相を持つユークリッド空間 ” として定義できる (以下の(i)参照) . 定理から, “ ユークリッド空間における有界・閉集合なものはコンパクト集合である ” (ii)-(iv)参照) . さらに, 定理から, “ そこには最良点が存在する ” ことが証明できる (v)参照) . 最後に, 定理から, “ 2 つのユークリッド位相を持つ連続写像は, 原像にコンパクト集合が成立するとき, 写像もコンパクト集合が成立 ” する (vi)参照) .

以下, 重み付け数値設定の最良点が存在するための前提条件として, コンパクト集合の成立条件を考察する . 今, 各コンテンツ  $i (i = 1, 2, \dots)$  に対応する,  $m$  個のデータ特徴量を  $[X_i]^t : [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{i1} \dots X_{im}]^t (1 = 1, \dots, m)$ , 問合せ  $j (j = 1, \dots, n)$  ごとの  $m$  個のデータ特徴量への  $k$  セットの重み付けを,  $j^{h_1} : [ [ j^{h_1}_1 ]^t, \dots, [ j^{h_1}_m ]^t, \dots, [ j^{h_m}_1 ]^t, \dots, [ j^{h_m}_m ]^t ] (1 = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$ ,  $n$  個の問合せ  $j$  ごとの検索結果の集合を  $[C_j]^t : [C_1, C_2, \dots]^t (j = 1, \dots, n)$  とする .

ここで, 対象領域のコンテンツが表現する意味を正しく分類するサインを含むような, 画像などのコンテンツのセット (a semantically well-defined set)  $i$  が持つ,  $m$  個のデータ特徴量を  $X_i$  と定める . 条件 -(c) によりサインを介したデータ特徴量セットと検索結果を一意に対応させる重み付け数値設定は, 問合せごとの相関量計量行列  $[k \times m]$  として, 以下の行列式の左辺の左の行列のように表わせる .

$$\begin{pmatrix} j^{h_1, \dots, h_1, \dots, h_1} & j^{h_1, \dots, h_1, \dots, h_1} & j^{h_1} \\ j^{h_1, \dots, h_1, \dots, h_1} & j^{h_1, \dots, h_1, \dots, h_1} & j^{h_1} \\ j^{k_1, \dots, k_1, \dots, k_1} & j^{k_1, \dots, k_1, \dots, k_1} & j^{k_1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{i1} \\ X_{i2} \\ X_{im} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{l=1}^m [ j^{h_1}_l ]^t \cdot [X_{il}]^t \\ \sum_{l=1}^m [ j^{h_2}_l ]^t \cdot [X_{il}]^t \\ \sum_{l=1}^m [ j^{k_1}_l ]^t \cdot [X_{il}]^t \end{pmatrix}$$

$$= \sum_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [ j^{h_1}_l ]^t \cdot [X_{il}]^t$$

このような重み付け数値設定が, 最良点を持つための条件は, 第 1 に, ユークリッド空間が成立することである .

(i) ユークリッド空間の成立条件

-(a): 相関量計量をはじめ, 全ての計量系がユークリッド距離を前提にしている .

ここで, 問合せ  $j (j = 1, \dots, n)$  ごとの,  $m$  個のデータ特徴量への  $k$  セットの重み付け,  $j^{h_1} : [ [$

$j^h_1, \dots, [j^h_1]^t, \dots, [j^h_m]^t$  ( $l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k$ ) に対して、サインを含むデータ特徴量セット  $[X_i]^t$  を所与とする。このとき、重み付け数値設定  $j^h_1$  に最良点が存在するためには、 $j^h_1$  が、-(c)の条件の下で、“ユークリッド空間における有界・閉集合でなければならない”。ユークリッド空間は、一般に、空間上の任意の2点が、次のようなユークリッドの距離を持ち、かつ、ユークリッドの位相を持つことと定義できる。全ての空間に属す  $x, y$  に対して、

$$d(x, y) = \{(x^1 - y^1)^2 + \dots + (x^n - y^n)^2\}^{1/2}$$

が成立する。このようなユークリッド距離を持つ実数空間については、ユークリッド位相を与えることができる。

(ii) 開集合の成立条件

次に必要な条件は、コンパクト集合が成立するために、対象となる集合が開集合となることである。

重み付け数値設定の最良点が選択できるためには、有限個の数値設定により無限の数値設定の可能性を表現する必要がある。コンパクト集合とは、任意の有限個の真部分集合により、全体を完全におおう集合である<sup>6)</sup>。一般に、ユークリッド距離を持ちユークリッドの位相を与えたユークリッド空間において、その部分集合であり開集合であるような集合は、有界・閉集合のコンパクト集合を形成する<sup>1),6)</sup>。さらに、ユークリッド空間のコンパクト集合において、最良点の存在を証明することができる<sup>1),6)</sup>。

そこで、ユークリッド空間における開集合成立の条件として、以下を充たすことが必要である<sup>6)</sup>。

“一般に、ユークリッド空間  $R^n$  において、 $\emptyset$ 以外の開集合は、最大次元 ( $n$  次元) のふくらみを持つ必要がある。”

すなわち、

-(c)：問合せごとに設定する、特定のデータ特徴量の重み付け数値が、常に0値をとることはない。具体的には、選択したデータ特徴量セットが、サインを構成する必要不可欠な部分であることが明確でなければならない。

(iii) コンパクト集合成立の前提条件

有界・閉集合なコンパクト集合を成立させる前提条件を考察するため、相関量計量行列 について、以下の条件を導入する。

-(b)：データ特徴量、重み付け数値の範囲が、非負の値を取るよう設定できる。

重み付け数値設定  $j^h_1$  において、その非負なる部分集合を、以下の  $R^h_+$  としても一般性を失わない。

$$R^h_+ = \{ j_1 \in R^h \mid j_1 \geq 0, \dots, j_m \geq 0 \}$$

すなわち、データ特徴量に対する重み付け数値設定が、非負の実数によるようにデータ特徴量を定義する。

さらに、集合  $R^h_+$  における任意の2点の重み付け数値設定が、以下になると仮定しても一般性を失わない(完備性)。

$$“ j^h_1 \leq j^h_1, \text{ または, } j^h_1 \geq j^h_1 ”$$

-(a)：相関量計量をはじめ全ての計量系が実数の推移性を前提にしている。

これは、一般に実数の相関量計量においては成立していると仮定できる。

(iv) 有界・閉集合の成立条件

ここで、ある数値(点)に対して、少なくとも同等に好まれる数値の集合である  $x \in R, y \in R$  を、 $x \geq y$  よりも少なくとも同等である ( $x \geq y$ ) と定義して、

$$R(j^h_1) = \{ j^h_1 \in R^h_+ \mid j^h_1 \geq j^h_1 \}$$

とする。

さらに、重み付け数値設定の空間  $R^h$  の部分集合  $R^h_+$  に、ユークリッドの位相  $\Delta$  の相対位相  $\Delta$  を与え、部分位相空間  $(R^h_+, \Delta)$  としても一般性を失わない。 $R^h_+$  は閉集合となる。

前頁の行列 の右辺の成分は、検索結果  $C_j$  と対応すると考えられる。

ここで、条件 -(c)の以下の条件の最大化は、

$$P_{\text{beyes}}(C_j \mid X_i^t = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}]^t)$$

条件 -(c)を前提とするとき、特定の問合せに対して、特定の検索結果  $C_j$  に分類された類似のコンテンツは、特定のデータ特徴量セット  $[X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}]^t$  の近傍に写像され<sup>5)</sup>、サインを捉えていると考えられる。このことは、重み付け数値設定の期待値が、サインを捉えるような一定の範囲、すなわち、

$$[j^h_1]^t \in \text{Exp}\left(\sum_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [j^h_l]^t \cdot [X_{il}]^t\right) \quad [j^h_1]^t \in (0, \dots, R^h; l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k; i = 1, 2, \dots)$$

として、特定の上限值と下限値の境界を持つ数値範囲に制約されることを意味する。

-(d)：問合せごとに重み付け数値のとり値が、上限値と下限値の境界を含む範囲により設定できる。

$R^h_+$ の制約条件として、上の非負の条件を与えた集合を集合  $B$  とすると、以下のように表現できる。

$$B = \{ [j^h_1]^t \in R^h \mid [j^h_1]^t \geq 0 (j = 1, \dots, n),$$

$$[j^h_1]^t \in \text{Exp}\left(\sum_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [j^h_l]^t \cdot [X_{il}]^t\right) \quad [j^h_1]^t \in (0, \dots, R^h; l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k; i = 1, 2, \dots) \}$$

集合  $B$  は、 $R^h_+$ が  $R^h$ の閉集合であり  $R^h$ における集合

$$\{ [j^h_1]^t \in R^h \mid [j^h_1]^t \geq 0 (j = 1, \dots, n),$$

$$[j^h_1]^t \in \text{Exp}\left(\sum_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [j^h_l]^t \cdot [X_{il}]^t\right) \quad [j^h_1]^t \in (0, \dots, R^h; l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k; i = 1, 2, \dots) \}$$

も  $R^h$ の閉集合であり、その共通集合として  $R^h$ の閉集合

となる（閉集合の前提条件）。

さらに、サインを表現するデータ特徴量 $[X_{ij}]^t \geq 0$ の非負条件から、

$0 \leq [j]^t = \text{Exp}(\sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^m [j^h]^t \cdot [X_{ij}]^t) \cdot [i]^t$   
 $(i, j \in R; l=1, \dots, m; h=1, \dots, k; i=1, 2, \dots)$   
 よって、 $[j^h]^t \geq 0 (l=1, \dots, m; h=1, \dots, k)$ から、  
 $0 \leq [i]^t = \sum_{j \in B} [j^h]^t \cdot X_{ij} (l=1, \dots, m; h=1, \dots, k)$ であり、集合 B の任意の点は、

$0 \leq [i]^t = \sum_{j \in B} [j^h]^t \cdot X_{ij} (l=1, \dots, m; h=1, \dots, k)$   
 として有界である。

よって、重み付け数値設定は有界・閉集合となり、 $R^t$ に対するコンパクト集合となる。具体的には、この条件により、最適な重み付け数値設定のパターンが存在するための前提となる。

(v) 最良点の存在条件

重み付け数値設定の最良点の存在条件を考察する。集合 B が  $R^t$ に対するコンパクト集合となるとき、最良点を持つことを次のように示すことができる。

今、集合 B の中で最良点の集合を、B の任意の点 $[j^h]^t$ （簡単にするため、ここでは  $j$  とする）に対して、 $0 \leq [j]^t = \sum_{i \in R} [i]^t \cdot X_{ij}$ となる B の点  $j$  の集合として、以下のように定義する。

$$\text{Choice}(B) = \{j \in B \mid [j]^t = \max_{i \in R} \sum_{i \in R} [i]^t \cdot X_{ij}\}$$

ここで、定理“ $\text{Choice}(B) = \emptyset$ ならば、B は最良点を持つ”<sup>1),6)</sup>。

$R^t$ は、仮定より閉集合であるから、閉集合である集合 B との共通集合である $(R^t \cap B)$ は閉集合となる。さらに、B はコンパクト集合であるから、閉集合によるコンパクト集合の定義の対偶をとり、閉集合による以下の定義、

$R^n$ のなかのコンパクト集合 A とは、位相に属す閉集合からなる A の中の、任意の閉集合のグループ $\{F_j \mid j=1, \dots, k\}$ において、必ず  $\bigcap_{j=1}^k F_j$ に属すどのような有限個の  $j_1, \dots, j_k$  に対して、

$$\bigcap_{j=1}^k F_{j_j} \neq \emptyset \quad F_j \neq \emptyset$$

となる集合である。

(A は、 $R^n$ の無限集合、 $F_j = A - G_j$ 、 $A - \{G_j \mid j=1, \dots, k\} = \bigcap_{j=1}^k (A - G_j) \neq \emptyset$ とする)から、任意の有限個の  $j_1, \dots, j_1, \dots, j_k \in B (1=1, \dots, k)$ に対して、

$$\bigcap_{l=1}^k (R^t \cap B) \neq \emptyset$$

$$\text{Choice}(B) = \bigcap_{j \in B} (R^t \cap B) \neq \emptyset$$

となる。

先の完備性の仮定、“ $\leq$ ”、または、“ $\geq$ ”から推移性が導かれ、

“ $\leq$ ”、かつ、“ $\leq$ ” “ $\leq$ ” “ $\leq$ ”

となる。よって、任意の有限個の  $j_1, \dots, j_k \in B$ の集合に対して、

$$j_1 R^t, j_2 R^t, \dots, j_{k-1} R^t, j_k R^t$$

となり、 $j_1$ が最良点で、 $j_1 \in R^t (j_1 \in B) (l=2, \dots, k)$ が存在する。よって、

$$j_1 \in \bigcap_{l=1}^k (R^t \cap B)$$

$$= \bigcap_{j \in B} (R^t \cap B) \neq \emptyset$$

となり、重み付け数値設定の最良点が存在する。

(vi) 重み付け数値設定に対応する検索結果が最良点であるための条件（証明）

重み付け数値設定の最良点に対応する検索結果が、最良点となるための条件とその証明は、条件 (c)と条件 (ii)に、以下の定理を考慮することにより導かれる。

“ユークリッド空間における2つの連続写像において、原像がコンパクト集合であるときは、写像もコンパクト集合となる”<sup>7)</sup>。

今、条件 (ii)より重み付け数値設定は、コンパクト集合であり最良点を持つ。検索結果 $C_j$ は、

$$P_{\text{beyes}}(C_j \mid X_i^t = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}]^t)$$

を最大にするような、線形な相関量計量行列  $X_i^t$ の写像である。よって、定理より、重み付け数値設定のコンパクト集合に、検索結果のコンパクト集合が対応するはずである。かつ、条件 (ii)から、データ特徴量から検索結果へ一意に写像されるため、検索結果の最良点も存在し、(c)により、重み付け数値設定の最良点と検索結果の最良点が、サインにより1対1に対応する。

3.2 検索結果が領域を網羅するための条件を検証するプロセスの根拠

図5のように各定理を用いて条件 (ii)の根拠を示す。(1) 有限性の条件とその根拠

選択する問合せが、対象領域における検索結果を全て網羅する前提条件として、特定の意味を表現するデータ特徴量のまとまりであるサインを識別する重み付け数値設定と検索結果が、1対1に一意に対応をし、かつ、有限個である必要がある。

-(a): コンテンツの属す検索対象領域において、専門的知見や事実上の基準から、問合せ、検索結果が有限個に収束する。かつ、

-(b): 検索対象領域において、専門的知見や事実上の基準から、サインが有限個に収束する。

3.1節(1)の条件 (ii)から、ユークリッド距離計量空間における推移性が成立する。さらに、各問合せを発行する検索アルゴリズムの重み付け数値設定が、対象コンテンツと検索結果を、一意かつ最良に対応させる。

3.1 節(2)において定義した、相関量計量行列において、全ての有限個  $n$  個の問合せに対応する行列の集

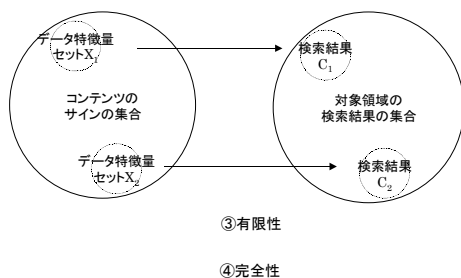


図 5 検索結果の領域網羅の条件と利用する定理

Fig. 5 Theorems and schemes for completely and perfectly overlapping by meaning classes over a domain

合は、以下のように表わせる。

$$\sum_{j=1}^m \sum_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [j_h]_t \cdot [X_{il}]_t \approx \sum_{j=1}^m [C_j]_t$$

このような検索結果の集合  $C_j$  と重み付け数値設定の集合  $j_h$  は、それぞれの最良点が総和されたものである。実数の連続性と推移性から、それぞれの集合が、一つの最良な集合に収束することが考えられる。これは実質的には、コンパクト集合の成立と同じである。

問合せが、対象領域の意味を完全に網羅し、かつ、問合せごとの重み付け数値設定が、サインを構成するデータ特徴量セットを完全に網羅するための必要条件は、問合せとサインがともに有限個となることである。このとき、専門的知見や事実上の基準から、問合せとサインがともに有限個数であると判断できることが必要である。

#### (2) 完全性の条件とその根拠

さらに、以下の必要条件を充たすときは、条件のサインと検索結果の最良点が、互いに対応することが保証される。

- (a): 有限個の検索結果とサインが対象領域を完全に網羅する。かつ、
- (b): 重み付け数値設定のセットと検索結果のセットが、サインを介して1対1に対応する。

#### 4. おわりに

本研究は、マルチメディアデータベースの検索機能を実現するにも関わらず、現状の著作権の解釈による保護できない、メディア検索エンジンの検索アルゴリズムに設定する、問合せごとの重み付け数値の権利を保護する方式と、検索対象領域におけるコンテンツを含んだデータベースを、検索利用の限度において、保護する方式を提案し、その数理的根拠を示した。実施

例への適用による有効性の検証について研究論文として公表する予定である。

#### 参考文献

- 1) Bergstrom, T. C.: *Maximal Elements of Acyclic Relations on Compact Sets*, Journal of Economic Theory, Vol. 10, pp. 403-404 (1975).
- 2) Chen, Q.: *Multi-view Image-Based Rendering and Modeling*, Ph. D. Dissertation, University of Southern California, May (2000).
- 3) Gevers, T. and Smeulders, A.W.M.: *A Comparative Study of Several Color Models for Color Image Invariant Retrieval*. In *Proc. of the 1st Int'l Workshop on Image Databases & Multimedia Search*, Amsterdam, Netherlands, p. 17-26 (1996).
- 4) Gevers, T., Smeulders, A.W.M. and Stokman, H.: *Photometric Invariant Region Detection*. In *Proc. of the 9th British Machine Vision Conf.*, British Machine Vision Association, pp. 659 - 668 (1998).
- 5) Liu, Y., Dellaert, F.D. and Rothfus, W.E.: *Classification Driven Semantic Based Medical Image Indexing and Retrieval*, the Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA (1998).
- 6) 西村和雄: *経済数学早わかり*, 日本評論社 (1982).
- 7) 西村尚史: *講義ノート距離空間の位相的性質パート II* (2001).
- 8) Rui, Y., Huang, T. S. and Chang, S.-F.: *Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions and Open Issues*, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 10, No. 4, pp. 39-62, April (1999).
- 9) Samuelson, P.: *Legally Speaking: Legal Protection for Database Content*, *Comm. of ACM*, Vol. 39, No 12, pp. 17-23, Dec. (1996).
- 10) 佐々木秀康, 清木康: *メディア検索エンジンの特許取得方式の考察*, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2001, No. 44, 2001-DBS-124 / 2001-FI-62, 2001年5月22-23日, pp. 105-112 (2001).
- 11) Smeulders, A.W.M., Worring, M., Santini, S., Gupta, A. and Jain, R.: *Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years*, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 12, pp. 1349-1380, Dec. (2000).
- 12) Startchik, S.: *Geometric and Illumination Invariant Object Representation: Application to Content-based Image Retrieval*. Ph.D. Dissertation No. 3009, Université de Genève, Switzerland, July (1998).
- 13) Szeliski, R. and Kang, S.B.: *Shape Ambiguities in Structure from Motion*, Cambridge Research Laboratory Technical Report Series, Digital Equipment Corporation, Feb. (1996).
- 14) 特許庁, 平成 12 年改正コンピュータ・ソフトウェア関連発明審査基準(平成 12 年 12 月特許庁) (2000).
- 15) U.S. Patent and Trademark Office: *Examination Guidelines for Computer-Related Inventions*, 61 Fed. Reg. 7478 (Fed. 28, 1996) ("Guidelines") (1996).