

メディア検索エンジンの特許取得による マルチメディアデータベースの権利保護方式

佐々木 秀康[†] 清 木 康^{††}

本論文は、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、技術的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させ、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。本方式の有効性を、各種の画像検索システムと対照することにより検討した。

A Methodology to Protect a Multimedia Database by a Patentable Program of Indexing and Retrieval Based-on Semantic Similarity

HIDEYASU SASAKI[†] and YASUSHI KIYOKI^{††}

This paper proposes a methodology to protect a multimedia database including image and document, audio and video, by virtue of indexing and retrieval based-on semantic similarity in the form of a patentable program as a set of evaluation criteria of their technical conditions with its mathematical foundations. A set of feature weightings on data features is the indispensable part for indexing and retrieval algorithms to compute correlation between indexes or data features and queries in appropriate classification of contents. The set of feature weightings reduced in the form of a patentable program should be the more securely protected than by copyright when it implements indexing and retrieval based-on semantic similarity to construct one-to-one correspondences between indexes or features with their weighting values and queries. The set of weightings in the patentable program also offers secure protection over contents of a multimedia database in a certain narrowly-defined domain when it covers the entire semantics of its domain with a finite set of query classes. The feasibility of the methodology is verified with several implementations of image retrieval systems.

1. はじめに

本論文は、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的条件の検証プロセスを提案する。

検証プロセス 1

マルチメディア・データベース検索・分類機能の保護

検証プロセス 2

コンテンツを含めたデータベースの保護

提案方式の有効性について、医療画像検索システムなどを中心とする実施例と対照することにより検証を行った。

1.1 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、

[†] 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科サイバーナレッジ専攻
Department of Cyber Knowledge, Graduate School of
Media and Governance, Keio University

^{††} 慶應義塾大学環境情報学部

Faculty of Environmental Information, Keio University

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²⁹⁾。

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³⁴⁾。

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、データベースの分類・検索機能を実現することにより「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ない。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はない。
- 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^{8),18)~21)}、重み付け数値設定が固定しない。

1.2 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することにより、類似した検索アルゴリズムを構築することを、著作権は禁止できない。
- データの収集にはコストがかかるため、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。

本論文は、これらの問題を解決するため、以下の2つの権利保護を実現する方式を提案する。

(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いう。a set of index feature weightings) を保護するための技術的

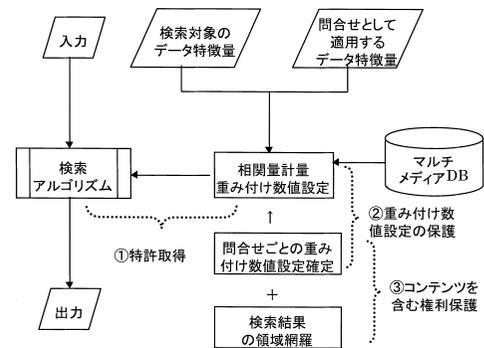


図1 マルチメディア・データベース権利保護の方式

Fig.1 An approach of protection over a multimedia database.

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 提案方式の概要

提案方式は、以下の技術的条件により構成する検証プロセスである (図1)。

検証プロセス1 メディア検索エンジンに設定する問合せごとの重み付け数値設定の権利を保護する技術的条件の検証プロセス (3.1節(1)参照)

[技術的条件①] 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。

[技術的条件②] 対象領域に最良な重み付け数値を設定する。

検証プロセス2 メディア検索エンジンの対象とするデータベース (コンテンツ) の権利を保護する技術的条件の検証プロセス (3.2節(1)参照)

[技術的条件③] 問合せのセットと検索結果のセットが、有限個となる。

[技術的条件④] 有限個の検索結果が、対象領域の意味を網羅する。

技術的条件は、メディア検索エンジンの設計において不可欠な、以下の仮定を充たす数理的根拠から導く (3.1節(2), 3.2節(2)参照)。

仮定1 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。

仮定2 メディア検索エンジンが、メディアデータを、適切に対応する検索結果集合に分類するとき、コンテンツの意味を反映した検索を行っていると評価する。このとき、検索結果集合の類似度を計量する規準が、データ特徴量の類似度を計量する規準となる。

(1) 問合せごとの重み付け数値設定の権利保護と数理的根拠

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、データ特徴量セットと1対1に対応して分類するように(技術的条件①), 検索結果が対象領域におけるコンテンツの意味を反映するような最良な重み付け数値を設定しているとする(技術的条件②)。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対して、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、メディア検索エンジンの特許権により禁止できる。

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^{42),43)}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いる^{30),31)}。メディア検索エンジンは、特許取得要件たる技術的進歩性と明確性・実現可能性を、重み付け数値設定の最適化により実現する。我々は、リレーショナル・データベース・システムと異なるメディア検索エンジンの特許取得要件を、重み付け数値設定の最適化に関する、技術的条件の検証プロセスとして提案した^{30),31)}。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。

仮定1は、サイン (signs, signatures), すなわち、物体の形状、色、構造や、それらの組合せにより、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、1つの検索結果に対して一意に対応することを示しており、技術的条件①に対応する。

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ること、論理的に true または false に意味を分類・識別できることをシステム構築における必須の前提として認識していなかった。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、仮定1を前提とすることが不可欠である。仮定1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技術的条件を導く数理的根拠を与えることができるからである(3.1節(2)参照)。

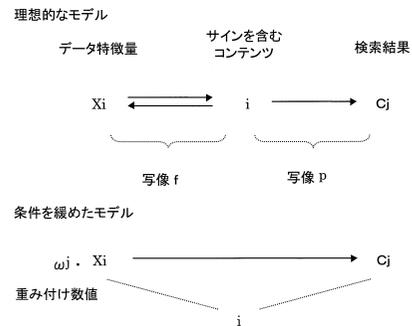


図2 データ特徴量と検索結果の対応
Fig. 2 Correspondences between index features and meaning classes.

仮定2は、サインが、重み付け数値設定と検索結果の最良点のそれぞれを、一意に対応させることを示しており、技術的条件②に対応する。

仮定2の成立は、(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を必要とする(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から、最良点が存在するための条件を示す。(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から、サインが、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示す(3.1節(2)参照)。

(2) 検索結果の領域網羅によるコンテンツの権利保護と数理的根拠

問合せによるデータ特徴量と検索結果の分類が、一意に1対1に(技術的条件①), かつ、最良点に対応する条件(技術的条件②)を充たす重み付け数値設定を持つような問合せアルゴリズムを設定したプログラムが、特許を取得できるとする。このとき、このメディア検索エンジンが、問合せと検索結果が有限個で(技術的条件③), 完全に対象領域の意味を網羅するならば(技術的条件④), コンテンツが表現する意味を、ある特定の検索対象領域において、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、すべて完全に網羅している。このような条件を充たしたメディア検索エンジンは、他人による各問合せの使用を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

索全体に及び、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、検索の限度において、コンテンツの利用権を特許権者に与えることになる。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からである。

技術的条件③は、仮定 1 を介して、有限個のコンパクト集合の成立に関する条件に対応し、技術的条件④は、サインの充たすべき条件に対応する(3.2 節(2)参照)。

2. 先行研究

“データ特徴量 \Leftrightarrow コンテンツ \rightarrow 検索結果”の関係構築を扱った先行研究を概観する。特に、サインを介して、データ特徴量セットと検索結果集合を対応させる、メディア検索エンジンに関する先行研究を検討する。

(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^{26),(32)~(34),(48)}。

(2) サインとデータ特徴量の対応

この対応については、画像などのコンテンツの形状^{3),(37)~(40)}、色^{10),(12),(28),(37),(45)}、構造⁴⁾、領域^{11),(24)}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^{3),(37),(41)}と同様に考えられる。

データ特徴量の不動な表現 (invariant appearance) を求める問題は、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と、本質的には同じ処理であると考えられる。すなわち、特定の検索結果に分類した類似の画像が、特定のデータ特徴量セットの近傍に写像されることは、以下のような不動な表現の探索と同じ処理である。

形状、色、構造のサインを表現するデータ特徴量セットに対する相関量計量行列 (重み付け数値設定) は、回転移動とアフィン・スケーピングに分解される³⁷⁾。回転移動行列は、データ特徴量の変分を正規化した、固有値の変化率 (偏微分係数) を要素とするヤコブ行

列を含むヘッセ行列として表現できる^{37),(41)}。データ特徴量の不動な表現を求める問題は、特徴量間の規則性 (共線性) により、データ特徴量セットに対する相関量計量行列の自由度を下げることにより³⁷⁾、ヤコブ行列の階数をできるだけ小さくする規則性を探索することに帰着する。

(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、先行研究が提案するメディア検索システムは、1.3 節の仮定、特に仮定 2 を不可欠な前提としている。文献 20) は、仮定 2 を明示しつつ、以下のような仮定 2' を、これと同義のことを示しているとする。

仮定 2' メディアデータを検索結果集合に対応させる写像により、任意のメディアデータを写した像の近傍 (検索結果集合内の元) を、メディアデータを、重み付け数値を設定したデータ特徴量セットに対応させる写像により、同一のメディアデータを写した像の近傍 (データ特徴量セット内の元) に対応させる写像が存在する。

仮定 2' を充たす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²⁰⁾。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^{8),(20)}。

文献 20) は、脳疾患画像に対して、正常と卒中・腫瘍の各疾患を識別するメディア検索エンジンを構築することを目的として、誤判断を最小にする確率モデルを導入した統計的画像処理手法を提案した。誤判断を最小にする統計的画像処理を成立させる以下の条件を、コンテンツの意味を反映するメディア検索エンジン設計上の必要十分条件としている。

[条件①] 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。

条件①を充足するためには、本来は、先に示した図 2 (1.3 (1) 参照) 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²⁰⁾。

写像 $f: i$ (画像などのコンテンツ) $\Leftrightarrow {}^t[X_i]$

(コンテンツ i ごとの、 m 個のデータ特徴量 (属性) のセット)

(${}^t[\]$ は、転置行列である)

写像 $p: i$ (コンテンツ) $\rightarrow C_j$ (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)

とするとき、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 \Leftrightarrow コンテンツ \rightarrow 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 \Leftrightarrow

$$p(i) = C^1, \text{ かつ } ,p(i) = C^2 \text{ ならば } ,C^1 = C^2$$

十分条件： f が一次独立な写像である \Leftrightarrow

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

である。

しかし、文献 20) は、これを満たすことが困難であるとして、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、1 つの検索結果に対して一意に対応するような、条件を緩めた以下の条件を提案する。条件①を“データ特徴量 \Leftrightarrow コンテンツ (サイン)”，“コンテンツ (サイン) \rightarrow 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徴量セットと検索結果を、一意に対応させることを提案している²⁰⁾。必要条件是、写像 p により、“画像などのコンテンツ (サイン) \rightarrow 検索結果”を、関数として対応させる以下の条件であるとする。

[技術的条件①-(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、

[技術的条件①-(b)] コンテンツが検索結果と唯一に対応する (関数の関係)。

さらに、文献 20) は、

検索結果が有限個であること
も、必要条件とする。

[技術的条件①-(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。

この条件は、仮定 2' の本質であり、“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、“データ特徴量 \Leftrightarrow コンテンツ (サイン)”を充たす条件を、“コンテンツ (サイン) \rightarrow 検索結果”につなげるものである。

文献 20) は、1 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とする。

$$P(C_j | {}^t[X_i]) = {}^t[X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_m}]$$

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が、特定のデータ特徴量

セット ${}^t[X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_m}]$ の近傍に写像されることを、確率モデルにより構成したものである²⁰⁾。

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。文献 20) は、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を設定していることが、一意性の十分条件を充足すると主張する。

(4) 考察

文献 20) は、特定の領域に最適なデータ処理を行うメディア検索エンジンを構築するため、仮定 2 を充たす必要条件として、検索結果の集合が、あらかじめ有限個であること (2 章 (3) 参照) を含む、上記の技術的条件を充たす確率モデル主張した。他方、文献 20) は、実装において、以下の“定義”に従っている。

- 重み付け数値設定に関する“定義”として、

$$\omega_i \in [0, 1]$$

をとる。

- データ特徴量セットの類似度 (相関量) を計量し、重み付け数値設定を算出する距離の“定義”を、ユークリッド距離とし、マハラノビス距離などの他の距離による拡張も可能とする (実装は、ユークリッド距離のみ)。

他方、特定のモデルによらない、コンテンツの意味を反映したメディア検索エンジンの一般的な設計を目的とするときには、設計上不可欠な前提である“仮定”のみから、数理的根拠を直接導き、対応する技術的条件を明確にすることが必要である。

本提案方式は、一般的なメディア検索エンジンにおける、問合せとデータ特徴量との相関量計量を最適化するデータ特徴量の重み付け数値設定の権利保護と、メディア検索エンジンの対象とするコンテンツの権利保護を実現することを目的とする。

本提案方式は、文献 20) が示した仮定 2' を含む“仮定”群を成立させる数理的根拠を、一般的な必要十分条件として直接導き、数理的根拠が、権利保護を実現する技術的条件に対応することを示す。本提案方式は、仮定群から数理的根拠を一般的に導くにあたり、文献 20) が、特定のモデルにおいて示唆した、重み付け数値設定の“定義”が、より一般的なメディア検索エンジンの設計における、有界・閉集合の成立の条件として、重み付け数値設定の権利保護を実現する技術的条件を充たす 1 つの条件として包含されること、距離の“定義”は、ユークリッド距離に限定されること、他方、検索結果集合の有限性の条件は、これらとは別

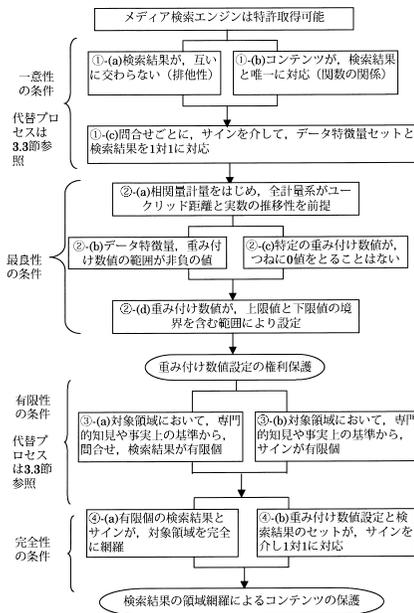


図3 提案方式のフローチャート

Fig. 3 The flow diagram of the proposed methodology.

に、サインを構成する重み付け数値を設定したデータ特徴量セットが有限個となる条件とともに、検索結果の領域網羅によるコンテンツの保護を実現する技術的条件の一部を構成することを示す(3章参照)。

3. 提案方式

提案方式は、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(図3,表1)。なお、代替プロセスは、後述する(3.3節参照)。

3.1 重み付け数値設定の保護条件を検証するプロセス

(1) 問合せごとの重み付け数値設定の権利保護を構成する技術的条件

提案方式の第1プロセスは、以下の技術的条件により、問合せごとの重み付け数値設定の権利保護を実現する。

● 一意性の技術的条件①

[技術的条件①-(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)。

[技術的条件①-(b)] コンテンツが検索結果と唯一に対応する(関数の関係)。

[技術的条件①-(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徴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。

[技術的条件②-(a)] 相関量計量をはじめ、すべての

計量系が、実数の推移性(推移律)を前提にしている。

具体的に見ると、技術的条件①-(a)は、検索結果の異なる分類集合が、互いを包含して同じ画像を含むことがないような、排他性を保証する条件である。技術的条件①-(b)は、ある画像が、検索結果の異なる分類集合に同時に含まれないように、唯一な対応をすることを保証する条件である。これら2つの技術的条件は、医療画像検索を例にとると、脳卒中の画像群が検索結果“脳卒中”に、脳腫瘍の画像群が“脳腫瘍”に分類され、互いが交わり合わないように、一意に分類することを保証する条件となる。技術的条件①-(c)は、画像に含まれる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の条件である。具体的に、2章(3)における確率モデルを前提とする画像検索を例にとると、文献7)は、EMアルゴリズムにより、文献20)は、疾患を正常と誤判断するコストを指標として計量することにより、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確率を最大にするアルゴリズムを選択している。これは、データ特徴量の不変な表現(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章(2)参照)。技術的条件①-(c)は、サインを探索するため不変な表現を探す、このようなデータ処理に対応する条件となる。

技術的条件②-(a)は、一意性の技術的条件であるとともに、最良性の技術的条件でもある(後述,3.1節(2)参照)。

● 最良性の技術的条件②

[技術的条件②-(a)] 相関量計量をはじめ、すべての計量系が、以下のユークリッド距離を前提としている。

$$d(x, y) = \{(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2\}^{1/2}$$

[技術的条件②-(b)] データ特徴量、重み付け数値の設定範囲が、非負の値をよように設定できる。

[技術的条件②-(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、つねに0値をとることはない。

[技術的条件②-(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。

具体的に見ると、技術的条件②群は、脳腫瘍、脳卒中の症状を示す画像群が、それぞれ“脳腫瘍”、“脳卒中”の検索結果に分類されるとき、その分類を一意に行う重み付け数値設定の中に、最良のデータ特徴量セットの選択(脳腫瘍では、11特徴量中の9個によりサインを探索できるなど)と、最適な数値設定があ

表 1 権利保護のためのワークシート

Table 1 The worksheet of the proposed methodology to protect a multimedia database.

	分類	項目	条件	Go To		
				YES	NO	
問合せごとの重み付け数値設定の権利保護	一意性の条件	1	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)	1b	原則保護不可 → 代替プロセス 1' (後述 3.3 節参照)
			b	コンテンツが、検索結果と唯一に対応(関数の関係)	1c	同上
			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	2a	同上
	最良性の条件	2	a	相関量計量をはじめ、すべての計量系が、ユークリッド距離と実数の推移性を前提	2b	保護不可
			b	データ特徴量, 重み付け数値の範囲が、非負の値をとるように設定	2c (不明のときも)	保護不可
			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、つねに0値をとることはない	2d (不明のときも)	保護不可
			d	問合せごとに、重み付け数値のとる値が、上限値と下限値の境界を含む範囲により設定	重み付け数値設定の権利保護	保護不可
	領域網羅によるコンテンツの保護	有限性の条件	3	a	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	3b
b				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	4a	同上
完全性の条件		4	a	有限個の検索結果とサインが、対象領域を完全に網羅	4b	保護不可
			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	コンテンツの保護	保護不可

ること、脳腫瘍、脳卒中のそれぞれのサインを分類する重み付け数値の最適な設定が、“脳腫瘍”、“脳卒中”の検索結果に一意に対応することを保証するための技術的条件となる。

(2) 技術的条件の数理的根拠

図4が示すように、各定理を用いて技術的条件①と③の数理的根拠を示す。

結論は、以下のとおりである。仮定1・仮定2'を充たす必要十分条件は、重み付け数値設定を保護する技術的条件に対応する(1.3節(1)参照)。この条件は、重み付け数値設定の集合がはる空間と検索結果の集合が、それぞれコンパクト集合となり、これらが、それぞれ最良点を持つこと、かつ、この集合間が連続写像により、一意に1対1に対応することを保証する条件と同値である。この数理的根拠を、技術的条件として表現すると、技術的条件①と②(表1・図3)となり、推移律を成立させ、ユークリッド距離を導入し、有界な定義域をとり計量することにより、つねにコンパクト

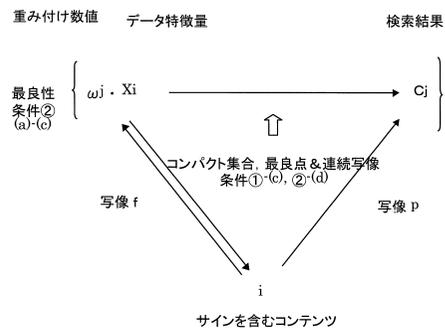


図4 重み付け数値設定の保護条件と利用する定理

Fig. 4 Theorems and schemes for protecting index feature weightings.

ト集合を成立させる。

以下、重み付け数値設定の権利を保護する技術的条件に対応する数理的根拠を仮定から導く。

はじめに、最良点の存在条件(最良性)を導く。仮定1を前提として、重み付け数値設定の集合が、メディ

アデータから抽出した数値の集積であるとする。このとき、重み付け数値設定の集合を点列と見ることができる。次に、一意性の条件を、仮定 1 から直接導く。

仮定 1 を前提とするとき、仮定 2' (2 章 (3) 参照) は、以下の写像 $*$ 、写像 $*$

$$f \circ p^{-1} : [\omega_j] \cdot [X_i] \leftarrow i \leftarrow C_j$$

(図 4 参照、 \cdot は内積) において、検索結果集合の任意の元について、同一のメディアデータを介して、重み付け数値設定の空間に写像するとき、検索結果集合の元の近傍の点は、すべて対応する重み付け数値設定の集合の元の近傍に写像され、それぞれの点が最良点を構成することを意味する。

以下、写像 $*$ を成立させる必要十分条件を示す。

検索結果集合、メディアデータの集合は、自然数に対応した整列を行うことにより、距離空間となる。重み付け数値設定の集合が、実数の連続値を与えられ、相関量を計量する空間であるとき、これも距離空間となる。距離空間は、各点が減少する部分集合の列から構成される任意のたかだか可算な基本近傍系を持つことから、上記の 3 つの距離空間は、第 1 可算公理を充たす⁴⁷⁾ ような点列集合となる。

以下の命題 1 と定理 1 が成立するので、写像 $*$ の一意な対応の成立は、各集合の任意の点が、連続であることの必要十分条件に帰着する。

命題 1 基本近傍系を与えることができる位相空間の間において写像があるとき、任意の原像において、この写像が連続であるならば、順像の基本近傍系(部分集合)の任意の元の逆像は、原像の近傍にある。逆も成立する。

定理 1 定義域の空間(原像の空間)が、第 1 可算公理を充たすときは、任意の原像において連続となるための必要十分条件は、任意の原像に収束する任意の点列について、この点列の順像が、原像の順像に収束することである⁴⁷⁾。

よって、仮定 1 を前提として、仮定 2' を表現する写像 $*$ を成立させる条件は、重み付け数値設定の集合とメディアデータの集合、メディアデータの集合と検索結果集合の間の写像により生成される点列が、それぞれ最良点を構成する(最良性)任意の点列集合に収束し、それぞれが一意に対応すること(一意性)と同値である。……(◇)

仮定 1 を前提として仮定 2 から導かれる数理的根拠(最良性) 本提案方式における重み付け数値の権利

保護のためには、重み付け数値設定の最良点が選択できる必要がある。前提として、無限の数値設定の可能性を、有限個の数値設定により表現する必要がある。ここでコンパクト集合の概念を導入する。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²²⁾。集合間の対応を有限個に収束させるためには、必要条件として、各集合(距離空間)が、収束部分列を持つこと、すなわち、点列コンパクトであることを、つねに成立させる条件が必要である。

つまり、仮定 2' を表現する写像 $*$ を成立させる条件(◇)は、点列コンパクト集合をつねに成立させる必要十分条件(最良性の条件)を、その必要条件とする。

写像 $*$ における最良点存在条件(必要条件) 写像 $*$ 成立(◇)の必要条件(最良点の存在条件)を充たすためには、これらの空間に対して、点列コンパクト性が成立する必要がある。ここで、以下の定理 2 より、距離空間の点列コンパクト性は、コンパクト性と同一にとらえることができる。

定理 2 距離空間に対しては、コンパクト性と点列コンパクト性は同値である⁴⁷⁾。

位相空間において、“コンパクト性 \Leftrightarrow 有界・閉集合”が つねに成立するのは、以下の定理 3 が成立するユークリッド空間に限る²²⁾。

定理 3 (ハイネ-ボレルの被覆定理)ユークリッド距離空間において、コンパクト性が成立するのは、有界・閉集合が成立するとき、ただそのときに限る⁴⁷⁾。

定理 2 により、点列コンパクトについても、この被覆定理と同値な、ボルツァーノ-ワイエルシュトラスの定理が成立する⁴⁷⁾。

よって、仮定 2' を表現する写像 $*$ の成立(◇)に必要な条件(最良点の存在条件)は、ユークリッド距離による計量系の下において、各集合が有界・閉集合となるように、メディア検索エンジンのデータ特徴量の定義域を設定すること、すなわち、技術的条件②を充たすことに帰着することを示した。

次に、技術的条件②の下で、重み付け数値設定の最良点が存在することを示す。

コンパクト性が保証された位相空間においては、一般に以下の定理 4 が成立する。

定理 4 (最良点の存在定理)コンパクト性が成立する位相空間においては、完備性が成立する限りにおいて、最良点の存在が保証される¹⁾。

最良点が存在するためには、まず、完備性、または、完備性を導く推移律の公理が、重み付け数値設定の計量系に適用される必要がある。

証明は文献 47) に譲る。以下同じ。

仮定 2 から導く数理的根拠（一意性）さらに、写像 $*$ の成立 (\diamond) の十分条件（最良点の一意的対応）を示すことが必要である。

写像 $*$ における最良点の一意的対応の条件（十分条件）十分条件は、最良点を持つ集合間の一意的対応である。

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、すなわち、各集合の最良点が、互いに一意に対応するための必要条件と十分条件を明確にすることが必要である。必要条件は、仮定 2 から導かれ、重み付け数値設定の集合と検索結果集合のそれぞれに、最良点の点列収束の存在を保証できることである。これは、以下の定理 5 により導かれる。

定理 5 ユークリッド空間における、連続写像において、原像がコンパクト集合であるときは、写像された順像もコンパクト集合となる⁴⁷⁾。

定理 5 は、連続性を要求するが、ユークリッド空間の集合間において、サインと、重み付け数値を設定したデータ特徴量セットの一意的 1 対 1 の対応を保証できるときは、集合内の点列が相互に収束することにより、先述した定理 1 から、集合の写像間の連続性が成立し、かつ、コンパクト性による点列収束から、重み付け数値設定の集合と検索結果集合のそれぞれに、最良点による点列収束の存在が保証され、サインを構成する個々の最良点が、検索結果集合と一意に対応することが分かる（以下で示す \diamond の十分条件である一意性の条件）。

各集合の最良点の一意的対応を保証する \diamond の十分条件を、仮定 1 から導く。点列収束するサインとデータ特徴量セットを構成するような代表元が、最良点の点列として存在することは、仮定 1 の成立を前提としている。ここでは、仮定 1 を充たす条件を直接導く。

仮定 1 から導かれる数理的根拠（一意性） 仮定 1 は、以下の仮定 1' と同義である。

仮定 1' 離散値から構成されるメディアデータに、自然数を適用して順序付けすることにより、無限列を含むただか可算な整列を作り、その部分集合に対応する、連続的な重み付け数値設定の集合・検索結果集合を生成できる。

仮定 1' を充たす前提となる数理的根拠として、充足が必要な公理系を明確にする。仮定 1' の成立は、各集合の部分集合から、代表元を選出できることを意味すると考えることができる。よって、仮定 1' は、順序の公理（反射律、反対称律、推移律）を導入するとき、以下の公理の導入と同値である⁴⁷⁾。

公理 1（整列公理）任意の集合は、適当な順序の

もとで整列集合となる。

当初の仮定 1 は、選択公理を前提としている。順序の公理（反射律、反対称律、推移律）の導入が、重み付け数値設定の集合と検索結果集合から、それぞれ代表元を選出できることを保証する。ただし、選択公理を前提としていることは、代表元が部分集合に実在することを示す必要がある。これは、技術的条件①-(b) に対応する。

順序の公理は、代表元が属す部分集合間にも成立する必要がある。これは、反射律、反対称律から、各距離空間における、代表元が属す部分集合間の交わりが、排他的であること、すなわち、空集合であることの必要性を示すことができる。これは、技術的条件①-(a) に対応する。

先、集合間の最良点における一意な対応を保証する \diamond の十分条件は、命題 1 から、各集合の代表元、すなわち、最良点を一意に対応させることを意味する。よって、重み付け数値設定の集合、メディアデータの集合、検索結果集合が、それぞれの中で代表元を含む部分集合において、順序の公理を充たす必要があり、かつ、部分集合どうしも、一意な 1 対 1 の対応関係を充たすことが必要である。これは、技術的条件①-(c) に対応する。

順序の公理を充たすことは、距離を入れることを意味する。このとき、最良性の条件を充たす前提として、同時に、ユークリッド距離を入れた位相をとる必要がある（技術的条件②-(a)）。

以下のように、重み付け数値設定の権利を保護する技術的条件①と②を、仮定 1' と仮定 2' から導いた数理的根拠と対応させる。

- 一意性の技術的条件の数理的根拠

仮定 1（仮定 1'）から導かれる数理的根拠が示す技術的条件（一意性）は、以下のとおりである。

仮定 1' における反射律・反対称律から、各距離空間における代表元が属す部分集合間の交わりが、空集合となるように、検索システムを構築する必要がある（技術的条件①-(a)）。さらに、各空間、すなわち、重み付け数値設定の集合、メディアデータの集合、検索結果集合において、それぞれ代表元を含む部分集合が（技術的条件①-(b)）、順序の公理を充たす必要があり（技術的条件②-(a)、技術的条件①-(c)）、各集合の部分集合どうしも一意な 1 対 1 の対応関係が必要である（技術的条件①-(c)）。よって、仮定 1' から導かれる上記の条件群を充たしたシステムの構築が、一意性を保証する技術的条件となる。

- 最良性の技術的条件の数理的根拠

仮定 1 を前提として、仮定 2' から導かれる数理的根拠が示す技術的条件は、以下のとおりである。

仮定 2' から、技術的条件①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、ユークリッド距離による計量系の下で、有界・閉集合となる条件を充たすことが必要である。以下の 4 つの技術的条件が対応する。

まず、すべての計量系がユークリッド距離を前提とすることが必要である(技術的条件②-(a))。次に、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、つねに 0 値をとることはないことを保証することにより、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となるための前提条件を充たすことが必要である(技術的条件②-(c))。この条件は、以下の命題 2 から導かれる。

命題 2 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²²⁾。

一般に、ユークリッド距離空間において、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が、ユークリッド空間における開集合成立の条件として、命題 2 を充たすことが必要である。

さらに、データ特徴量、重み付け数値の範囲が、非負の値をように設定できることが必要である(技術的条件②-(b))。この条件は、有界性を成立させる条件である。ここで、重み付け数値設定において、その非負なる部分集合をとっても一般性を失わない。

また、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、設定できる必要がある(技術的条件②-(d))。具体的には、この技術的条件②-(d) と技術的条件②-(b) により、有界・閉集合の成立を保証する。最後に、最良点の存在条件を充たすために、各集合が推移律を充たす必要がある(技術的条件②-(a))。

(3) 提案方式の適用例

提案方式を適用するにあたり、具体例として、脳疾患の医療画像を対象にした検索システムに関する文献 20) の確率モデルが、上記の技術的条件群を充たす過程を示す。文献 7)、20) を例にとると、双方ともユークリッド距離をとるシステムを提案している(ただし、文献 20) は、マハラノビス距離にも拡張可能であることを主張している)。

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、

$${}^t[X_{i_l}] : {}^t[X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_l}, \dots, X_{i_m}]$$

$$(l = 1, \dots, m) ({}^t[\] \text{ は、転置行列である})$$

とし、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、以下の行ベクトルを上からならべることにより、

$$[\omega_{j^h l}] : [[\omega_{j^h 1}], \dots, [\omega_{j^h l}], \dots, [\omega_{j^h m}]]$$

$$(l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

とし、 n 個の問合せ j ごとの検索結果の集合を、

$${}^t[C_j] : {}^t[C_1, C_2, \dots, C_n] (j = 1, \dots, n)$$

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) である i が持つ、 m 個のデータ特徴量を \bar{X}_i と定める。

技術的条件①-(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 $\Omega_{[k \times m]}$ として、以下の行列演算の左辺の左の行列

$$[\omega_{j^h l}] : [[\omega_{j^h 1}], \dots, [\omega_{j^h l}], \dots, [\omega_{j^h m}]]$$

$$(l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

(ここで、 \cdot は内積)

のように表せる。

$$\begin{pmatrix} \omega_{j^{1_1}} & \cdots & \omega_{j^{1_l}} & \cdots & \omega_{j^{1_m}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \omega_{j^{h_1}} & \cdots & \omega_{j^{h_l}} & \cdots & \omega_{j^{h_m}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \omega_{j^{k_1}} & \cdots & \omega_{j^{k_l}} & \cdots & \omega_{j^{k_m}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{X}_{i_1} \\ \vdots \\ \bar{X}_{i_l} \\ \vdots \\ \bar{X}_{i_m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{l=1}^m [\omega_{j^{1_l}}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] \\ \vdots \\ \sum_{l=1}^m [\omega_{j^{h_l}}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] \\ \vdots \\ \sum_{l=1}^m [\omega_{j^{k_l}}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] \end{pmatrix} = \prod_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [\omega_{j^h l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}]$$

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 セットの重み付け数値設定、

$$[\omega_{j^h l}] (l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

に対して、サインを含むデータ特徴量セット ${}^t[\bar{X}_{i_l}]$ を所与とする。このとき、重み付け数値設定 $[\omega_{j^h l}]$ に最良点が存在するためには、 $[\omega_{j^h l}]$ を構成する要素

$$[\omega_{j^h l}] (l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

が、技術的条件①-(c) の下で、ユークリッド空間における有界・閉集合を構成しなければならない。以下、

技術的条件の導入の下での、コンパクト性の成立を確認する。

技術的条件②-(b) から、重み付け数値設定 $[\omega_{jh_l}]$ において、その非負なる部分集合を、以下の集合 \bar{R}_+^j としても、一般性を失わない。

$$\bar{R}_+^j = \{\omega_{jh_l} \in R^j | \omega_{jh_1}, \dots, \omega_{jh_l}, \dots, \omega_{jh_m} \geq 0\}$$

$$(l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

ここで、技術的条件②-(a) の推移律から、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 ${}_x R_y$ を、 x が y よりも少なくとも同等である ($x \succcurlyeq y$) と定義して、

$$R(\omega_{jh_l}) = \{\omega_{jh_l} \in \bar{R}_+^j | \omega_{jh_l} \succcurlyeq \omega_{jh_1}\}$$

$$(l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

とする。

さらに、重み付け数値設定の空間 R^j の部分集合 \bar{R}_+^j に、技術的条件②-(a) から、ユークリッド距離を入れ、ユークリッドの位相 ϵ の相対位相 ϵ_A を与え、部分位相空間 $(\bar{R}_+^j, \epsilon_A)$ としても、一般性を失わない。 \bar{R}_+^j は、閉集合となる。

行列 Ω の右辺の成分は、検索結果 C_j と対応すると思われる。

ここで、技術的条件①-(c) の下で、文献 20) の主張する以下の条件の最大化は、

$$P(C_j)^t X_i = {}^t[X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_m}]$$

特定の間合せに対して、特定の検索結果 C_j に分類された類似のコンテンツが、特定のデータ特徴量セット ${}^t[\bar{X}_{i_1}, \bar{X}_{i_2}, \dots, \bar{X}_{i_m}]$ の近傍に写像され²⁰⁾、サインをとらえていることを示すと考えられる。このことは、 $E(\cdot)$ で表す重み付け数値設定の期待値が、技術的条件②-(d) により、サインをとらえるような一定の範囲、すなわち、

$$\prod_{h=1}^k \alpha^h \leq E\left(\prod_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [\omega_{jh_l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}]\right) \leq \prod_{h=1}^k \beta^h$$

$$(\alpha, \beta \in \mathbf{R}; l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k; i = 1, 2, \dots)$$

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。

\bar{R}_+^j の制約条件として、上の制約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。

$$B = \{\omega_{jh_l} \in \{\mathbf{R}^j | \omega_{jh_l} \geq 0 \ (j = 1, \dots, n)\},$$

$$\prod_{h=1}^k \alpha^h \leq E\left(\prod_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [\omega_{jh_l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}]\right) \leq \prod_{h=1}^k \beta^h$$

($\alpha, \beta \in \mathbf{R}; l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k; i = 1, 2, \dots$)
ここで、 \bar{R}_+^j は、 R^j の閉集合であり、かつ、集合 B

は、上の定義から R^j の閉集合である。よって、集合 B は、それらの共通集合として、 R^j 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

$${}^t[\bar{X}_{i_l}] \geq 0$$

の非負条件である技術的条件②-(b) から、

$$0 \leq \prod_{h=1}^k \alpha^h \leq E\left(\prod_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [\omega_{jh_l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}]\right) \leq \prod_{h=1}^k \beta^h$$

($\alpha, \beta \in \mathbf{R}; l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k; i = 1, 2, \dots$)

ここで、 $\omega_{jh_l} \geq 0$ ($l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k$) から、

$$0 \leq \alpha^h \leq \sum_{l=1}^m [\omega_{jh_l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] \leq \beta^h$$

$$(l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

であることから、

$$0 \leq \sum_{l=1}^m [\omega_{jh_l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] \leq \beta^h$$

さらに、各行を対応させると、

$$0 \leq \sum_{l=1}^m [\omega_{j^1 l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] = \omega_{j^1 1} \cdot \bar{X}_{i_1} + \dots + \omega_{j^1 m} \cdot \bar{X}_{i_m} \leq \beta^1$$

⋮

$$0 \leq \sum_{l=1}^m [\omega_{j^h l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] = \omega_{j^h 1} \cdot \bar{X}_{i_1} + \dots + \omega_{j^h m} \cdot \bar{X}_{i_m} \leq \beta^h$$

⋮

$$0 \leq \sum_{l=1}^m [\omega_{j^k l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] = \omega_{j^k 1} \cdot \bar{X}_{i_1} + \dots + \omega_{j^k m} \cdot \bar{X}_{i_m} \leq \beta^k$$

となり、各々以下のように展開できる。

$$0 \leq \omega_{j^1 1} \cdot \bar{X}_{i_1} \leq \beta^1$$

⋮

$$0 \leq \omega_{j^h l} \cdot \bar{X}_{i_l} \leq \beta^h$$

⋮

$$0 \leq \omega_{j^k m} \cdot \bar{X}_{i_m} \leq \beta^k$$

よって、集合 B の任意の点は、

$$0 \leq \omega_{jh_l} \leq \beta^h / \bar{X}_{i_l}$$

$$(l = 1, \dots, m; h = 1, \dots, k)$$

となり有界である。

このように、重み付け数値設定は有界・閉集合となり、 R^j に対するコンパクト集合となる。具体的には、この条件は、最良な重み付け数値設定のパターンが存

在するための前提条件となる。

技術的条件②群を充たすことは、データ特徴量の重み付け数値設定の集合が、コンパクト集合となり、その内部で部分点列が必ず収束することを保証する。このとき、技術的条件①群が充たされ、この収束した部分集合群と検索結果集合が、一意に 1 対 1 に対応するならば、特定の検索対象領域における、データ特徴量を計量する重み付け数値設定と検索結果集合の最良点を対応させる技術的条件①と②を充たす。

3.2 検索結果が領域を網羅するための技術的条件を検証するプロセス

(1) 検索結果が領域を網羅することによりコンテンツの権利を保護する技術的条件

提案方式の第 2 プロセスは、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（技術的条件①と②）、以下の技術的条件③と④を充たすことにより、特定の方式のみが、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ことを保証する（1.3 節（2）参照）。

● 有限性の技術的条件③

[技術的条件③-(a)] コンテンツの属する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、

[技術的条件③-(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。

選択する問合せが、対象領域における検索結果をすべて網羅するためには、その前提条件として、コンテンツの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機能を持つ重み付け数値設定が、検索結果と一意に 1 対 1 の対応をし、かつ、有限個である必要がある。

具体的に脳内疾患の画像検索を例にとると、技術的条件③-(a) は、文献 20) において、脳内画像に対する問合せが、正常、卒中（出血）、腫瘍に収束することに対応する。技術的条件③-(b) は、脳内疾患を表すサインを構成するデータ特徴量セットが、三次元の情報を二次元の画像に次元を縮退させるとき、いくつかの有限個のパターンに収束すること（この例では 11 セット）に対応する。

● 完全性の技術的条件④

[技術的条件④-(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、

[技術的条件④-(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

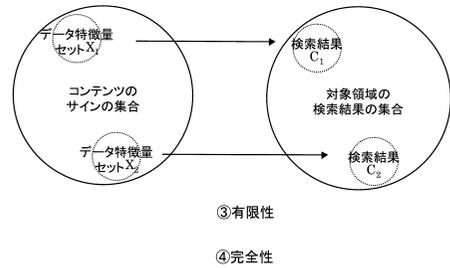


図 5 検索結果の領域網羅の条件

Fig. 5 Schemes for complete and perfect coverage of a target domain with query classes.

する。

上記の必要十分条件を充たすときは、技術的条件③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。

具体的に脳内疾患の画像検索を例にとると、技術的条件④-(a) は、技術的条件③を充たす有限個のサイン（文献 20) においては 11 セット）が、対象領域である脳内疾患画像の特徴を、問合せによる検索結果（ここでは正常、卒中（出血）、腫瘍の 3 分類）が、脳内疾患の分類を、それぞれ余すところなく表現していることに対応する。技術的条件④-(b) は、これらのサインのパターンと検索結果集合が、一意に 1 対 1 の対応をすることを保証している。

(2) 技術的条件の数理的根拠

図 5 が示すように、技術的条件③と④の数理的根拠を示す。

● 有限性の技術的条件の数理的根拠

技術的条件①と②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（技術的条件②-(a)）。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（技術的条件①と②）。

このとき、3.1 節（3）において定義した、相関量計量行列 Ω において、すべての有限個 n 個の問合せに対応する行列の集合が、以下の集合演算 ★ の左辺のように表せるとする。

集合演算 ★

$$\prod_{j=1}^n \prod_{h=1}^k \sum_{l=1}^m [\omega_{jh_l}] \cdot {}^t[\bar{X}_{i_l}] \approx \prod_{j=1}^n C_j$$

集合演算 ★ の右辺の検索結果の集合 C_j と左辺の重み付け数値設定の集合 $[\omega_{jh_l}]$ は、それぞれの最良点が直積されたものである。実数の連続性と推移性から、それぞれの集合が、1 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、ただ 1 つの

コンパクト集合群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ことは、以下のことを意味する。重み付け数値設定の集合と検索結果集合の対応が、一意に 1 対 1 に対応し、かつ、完全に 1 つのパターンに決定されることである。

このことは、仮定 1 の前提とした選択公理を、現実 に充たすことを意味する。重み付け数値設定の集合と検索結果集合の一意な 1 対 1 の対応が、完全に 1 つのパターンに決定され、仮定 1 の前提とした選択公理が現実 に充たされる時、上の集合演算 ★ の左辺の表す集合である距離空間と右辺の距離空間は、同じ構造を持ち、連続かつ同相となる。これは実質的には、コンパクト集合の成立において、さらに同相写像が成立する条件と同じである。

2 つの空間が、一般的に、まったく同じ構造を持つための必要条件は、ある特定の領域の意味を代表する問合せとサインが、領域の限界を表現すること、すなわち、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、ともに有限個であると判断できることが必要である。これが、技術的条件③に対応する。

- 完全性の技術的条件の数理的根拠

仮定 1 の前提とした選択公理を現実 に充たすための十分条件は、現実 に有限個に収束した検索結果とサイン、重み付け数値設定のセットと検索結果集合が、サインを介して、それぞれ、一意に 1 対 1 の対応をすることを意味する。これは、技術的条件④に対応する。

最後に、対象領域を限らない検索・分類結果の集合は、対象領域を限定した検索結果の集合の最良点を越えられないことが、有限個のデータ特徴量セットと検索結果集合が対応するメディア検索システムの完全性を保証する十分条件となる。技術的条件③と④が前提とする、3.1 節の技術的条件①、②において、検索結果が有界・閉集合のコンパクト集合を形成することは、対象領域を限定しないメディア検索エンジンが、領域を限定した検索・分類により実現される検索精度を超えることができないことを示している。なぜならば、領域を限定しないとき、重み付け数値設定の可能性は無限になり、それに対応する無限の検索結果が意味空間に散らばる。このような無限の対象を前提に検索を行うとき、必ず最良の選択ができる最良点存在の保証はない。よって、領域を限定しないメディア検索エンジンは、領域を限定する検索エンジンよりも精度の高いコンテンツの意味を反映した検索を実現することを

保証できないからである。

3.3 提案方式の適用と拡張性

本方式は、メディア検索エンジンの問合せの発行アルゴリズムが、プログラム特許を取得し、

- 問合せごとに検索アルゴリズムに設定する、問い合わせとデータ特徴量の相関量計量を実現し、コンテンツのサインを識別する重み付け数値が、サインを含むコンテンツと検索結果を、一意に 1 対 1 の対応をさせる最良の設定となる条件を充たすことにより、この重み付け数値の生成方式、すなわち、マルチメディア・データベースの検索・分類機能を確実に保護する。さらに、
- 検索対象領域における有限個の検索結果とサインが、対象領域のコンテンツが表現する意味 (semantics) を、完全に網羅して分類するような重み付け数値を設定するための条件を充たすことにより、コンテンツを含むマルチメディア・データベースを保護する。

このための技術的条件を、それぞれ検証するプロセスを定式化した。

しかし、現実には、メディア検索エンジンの設計において、特に技術的条件①の一意性、技術的条件③のサインの有限性を充たすことは、困難であることが多い。例として、技術的条件①については、印象語による画像検索が、類似した問合せに、同じ画像を分類することが起きる。技術的条件③については、分類が確立されていない肺疾患の画像を、最小分類まで細分化するときには、有限個のサインに収束することを保証できない。

そこで、図 6 により提案方式を拡張する代替プロセスを示す。

(1) 提案方式を拡張する代替プロセス

技術的条件①については、異なる問合せに対して、同じ画像などのコンテンツが、異なる検索結果に重なって分類されるとき、対象とする領域において、相関量計量に基づく分類規則 (分類の重なり方と検索結果の順位) が、厳密に 1 つのパターンとして確立できるとする。このとき、対応の一意性を緩めた条件をさらに拡張して、排他性に代わる技術的条件として、一意性を拡張する方向性となる (代替条件①')。

技術的条件③については、代替条件①' を前提に、未確立なサインの分類が、少なくとも有限個に収束することが保証でき、かつ、対象領域において、サイン・検索結果ともに 1 つのパターンのみが存在することが、有限性を拡張する方向性となる (代替条件③')。

(2) 特徴量の定量化の典型例と問題例の提示

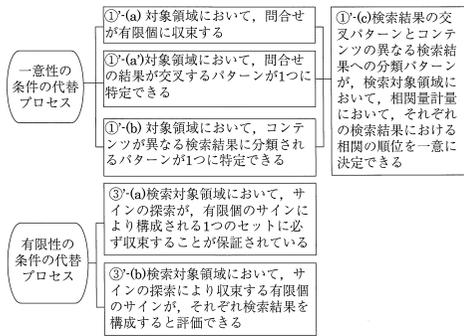


図 6 提案方式の代替プロセス

Fig. 6 A set of alternative criteria to protect a multimedia database in correspondence to the proposed methodology.

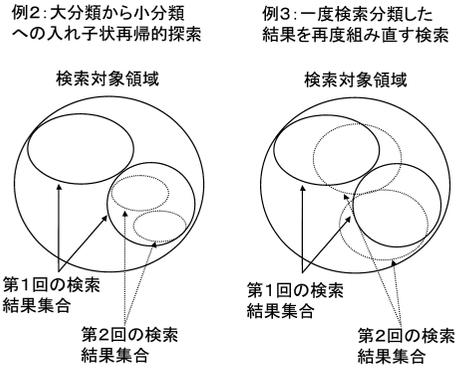


図 7 提案方式適用の典型例と問題例

Fig. 7 A typical case and an inapplicable case of the proposed methodology.

ここで、提案方式の限界を考察するにあたり、特徴量の定量化の典型例と問題例を提示する。

本提案方式は、検索対象領域の検索結果集合の有限・無限に対応して、以下の2種類のシステムを典型例として、データ特徴量セットに対する重み付け数値設定を定量化する際に充たすべき数理的根拠を示している。

例1 技術的条件①～④を充たし、先験的に有限個となる検索結果集合に対応するデータ特徴量セットを探索する検索システム。

例2 技術的条件①と②のみを充たし、無限個の検索結果集合を、大分類から小分類へと、入れ子状に再帰的に探索する検索システム(図7参照)。

典型例として、例1は脳疾患画像検索システム²⁰⁾、例2は肺疾患画像検索システム⁷⁾が該当する(システムの構成などの詳細は4章参照)。

検索結果集合の先験的に判断される有限・無限は、技術的条件①の成立の難易を決定する。検索結果集合の有限性と無限性は、サインを表現するデータ特徴量セットの数量の限定性と増減を決定する。データ特徴量セットの増減は、重み付け数値設定の探索の難易を決定するからである。

技術的条件①の定量的な検証において、例1のように、検索結果集合が先験的に有限個となり、データ特徴量セットも対応して限定されるとき、重み付け数値設定の定義域を狭い範囲の閉集合でとることにより、個々の検索結果集合の排他性を維持し、サインを表現する重み付け数値を設定したデータ特徴量セットと、検索結果集合の一意な1対1の対応を検証することは容易である。

他方、検索結果集合が、理論的には無限個をとる可能性があるときも、例2のように、多層的な探索アルゴリズムが、当初選択した分類集合の内部のみを再帰

的に探索するとき、かつ、この場合のみ、有界・閉集合をつねに維持し、検索結果集合のコンパクト性を部分集合に遺伝させることができる。このときにも、サインを表現する重み付け数値を設定したデータ特徴量セットと、検索結果集合の一意な1対1の対応を検証することは容易である。

しかし、本提案方式が適用できない問題例は、以下の例である。

例3 一度分類した検索結果群を、再度組み直して、検索結果集合を作り直す検索システム(図7参照)。

この例は、有界・閉集合によるコンパクト性を、新たに構成した部分集合に遺伝させることができない。データ特徴量セット、重み付け数値設定の双方について、定義域を確定できないからである。

本提案方式は、特徴量セットの定量的評価としては、例3の示すように、対象とする検索アルゴリズムの構成に依存する点があることが限界となる。

4. 提案方式の検証と実施例

提案方式の有効性を、コンテンツの意味を反映した検索を行うメディア検索エンジンの実施例と対照することにより検証する。現在、提案されているメディア検索エンジンのうち13例をとりあげると、表2のように分類できる。対照の結果は、13例中、データ特徴量の重み付け数値設定を保護するものは2例であり、そのうち、コンテンツを含めたデータベースを保護するものは1例であった。

結論として、権利保護の可否を決定する要因は、提案方式における、以下の2つの技術的条件の充足に左右されることが分かった。

技術的条件①-(b)(一意性)：問合せごとに、コンテンツを検索結果と唯一に対応させる関係になる。

技術的条件③-(b) (有限性) : 対象領域において、サインが有限個に収束する。

研究当初、②最良性、④完全性の各技術的条件が、実施例の権利保護を左右する、との予測を持って検討を始めた。しかし、このような結論が出た理由は、以下のように考えられる。

- 一意性の技術的条件について、問合せごとに、コンテンツと検索結果が、互いに唯一に対応するようにサインを探索することは、そのように探索されたサインが、最良の選択をされるための前提となる。
- 有限性の技術的条件についても、検索対象の持つサインが有限個に収束することは、認識対象のコンテンツの分類も、有限個に収束することを意味する。このことは、サインと検索結果の結び付きが、対象領域の検索結果の集合を、完全に網羅する前提となることを意味する。

これらは、文献 34) が指摘するように、データ特徴量を含む情報を完全に反映するためには、特定の対象領域におけるサインの識別を目標とした検索エンジンの構築が必要であることと整合する。さらに、提案方式が、マルチメディア・データベースの権利保護方式であるとともに、メディア検索エンジンにおける、情報反映の完全性の基準としての機能を持つことを示唆している。

以下、表 2 の各分類を代表する 4 例について、システム構成、本方式 (表 1) と実施例を対照した結果、システムのかかえる課題と改良の方向性 (可能性) を検討する。

4.1 権利保護しない実施例の問題点と改善の方向性

コンテンツの意味を表現するメタデータにより索引付けしたコンテンツを検索するエンジン¹⁵⁾には、MIMS Model²⁾、MMM (意味的連想検索)¹⁶⁾がある。代表例として、画像意味連想検索システムをとりあげる。

(1) MMM (画像意味連想検索システム)

- システム構成

画像意味連想検索システムは、画像の色彩から印象語 (英語名詞) を抽出し、メタデータとして画像を索引付けする。このメタデータを、基本英単語辞書 (名詞) 2000 次元の正規直交座標空間に写像 (フーリエ展開) して、意味重心を決定する。特定の直交ベクトル軸上の最も大きなノルムが、文脈との相関量を決定する¹⁶⁾。

- 本方式の適用

このシステムでは、互いに異なる単語であるが、類

表 2 本方式と対照するメディア検索エンジン

Table 2 A classification of multimedia systems for feasibility check of the proposed methodology.

分類	実施例 (カッコ内は開発グループ)	概要
	本論文で検証する実施例 (*)	
メタデータを索引付けに利用するシステム	MIMS Model (LISI-INSA)	類義語辞典による患者情報を結合した医療画像検索システム
	*MMM (Keio U. and U. of Tsukuba)	画像意味連想検索システム
対象領域を限定しない画像検索システム	QBIC (IBM)	ユーザが入力するスケッチを問合せとして適用する
	*Virage	ユーザが入力するスケッチを、問合せとして適用し、各データ特徴量の重み付け数値設定を調整できる。医療用のプリミティブ・インタフェースも持つ
	VisualSEEK (Columbia U.)	ユーザが、色と空間的な構図を入力することにより、問合せを生成する
	MARS (U. of IL)	ユーザが、オフラインで検索結果を評価して問合せを調整する
	顔写真判別システム (Nat'l Singapore U.)	ニューラルネットワークによる空間位置計量による画像検索
	オブジェクト指向画像検索システム (KRDL)	ファジー計量を利用した空間位置計量による画像検索
	空間位置・色彩統合による画像検索システム (IBM)	空間データに色彩データを統合した画像検索システム
対象領域を限定した医療画像検索システム	腹腔腫瘍画像検索システム (U. of MD)	空間位置と構造 (構図) の計量による腹腔腫瘍の検索
	脳腫瘍画像時系列検索システム (UCLA)	脳腫瘍の時系列変化を、画像と患者医療情報を結合して検索
	*肺疾患画像検索システム (Purdue U. and U. of WI)	肺疾患の画像を、疾病の大分類に沿って分類した後、前もって明確に規定できない小分類に分類するため、問合せを自動調整する
	*脳腫瘍・卒中画像検索システム (Carnegie Mellon U.)	脳内疾患を、正常、腫瘍、卒中に分類診断するため、見本となる画像と診断情報を与え訓練することにより、問合せを新たに発行することに、最適なデータ特徴量の選択と重み付けを行うシステム

表 3 画像意味連想検索システム

Table 3 Semantic associative image retrieval system.

項目	適用 (問題のある項目は下線を付す)
1	a 直交座標系に結果を写像して意味重心を決めるので、検索結果は互いに交わらないことが保証される
	b 類似するメタデータで索引付けされた画像が、互いに類似する問合せの結果に含まれるため、検索結果と唯一に対応しない
	c 問合せごとに、メタデータの持つサインをとらえていないため、データ特徴量セットと検索結果を 1 対 1 に対応させる処理ではない
2	a 相関量計量をはじめ、すべての計量系がユークリッド距離と実数の推移性を前提としている
	b データ特徴量、重み付け数値の範囲が、非負の値をとるように設定できる
	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、つねに 0 値をとることはない
	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

似した意味を持つ問合せ A (power) と B (force) に対して、同じ画像を含む検索結果を返す可能性がある。類似する分類における意味の相異、すなわち、検索結果の相異を明確にしなければ、相関量計量重み付け数値設定が、問合せに対して、一意な解を与える処理を行っているとは評価できない。表 3 のように、技術的条件①-(b)において、コンテンツと検索結果の唯一の対応が充たされないため、重み付け数値設定が保護できない。

- 課題と改良の方向性

従来から、メタデータによる索引付けは、人為的な作業によるため、情報の反映が不完全になる、との批判がある³⁴⁾。さらに、提案方式との対照作業からは、問合せ処理が、類似するが異なる問合せに対する画像の検索結果を、一意に定めないことが分かる。

画像と検索結果の一意な対応については、検索結果となる印象語を、どのような分類に抽出 (breakdown) するか再考する必要がある。そこで、異なる問合せに対して、類似する画像を含む検索結果を返すときにも、異なる分類結果に含まれる画像の、各問合せ結果における類似度 (相関度) のランク付けが、一定の規則性の下、つねに一意に決定されるように、システムを再構成することが改良の方向性である。また、色彩のみから、意味を表現するサインを抽出できるかは疑問であり、印象語を抽出する前提に問題がないか、情報の完全な反映の観点から再考する必要がある。そこで、特定の領域に限定した画像の印象語群によるシステムに限定することにより、情報の反映を完全にすることが改良の方向性である。

(2) Virage

表 4 Virage 社画像検索システム

Table 4 Virage's image retrieval system.

項目	適用 (問題のある項目は下線を付す)
1	a ユーザが問合せをキャンバスに示すため、類似した異なる指示に、同じ画像が検索結果として返される可能性がある。検索結果の集合が互いに交わらないことは、保証されない
	b 同様に、同じ画像が、互いに類似する問合せの結果に含まれるため、画像と検索結果が唯一に対応しない
	c 問合せごとに、画像の持つサインをとらえていないため、データ特徴量セットと検索結果を、1 対 1 に対応させない
2	a 相関量計量をはじめ、すべての計量系が、ユークリッド距離と実数の推移性を前提としている
	b データ特徴量、重み付け数値の範囲が、非負の値をとるように設定できる
	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、つねに 0 値をとることはない
	d ユーザが、自由に重み付け数値設定を変えるため、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とは、保証できない

QBIC⁹⁾、VisualSEEK³⁵⁾、MARS²⁷⁾ は、対象領域を限定しない、形状、色、構造などのデータ特徴量と問合せの相関量を計量することにより、画像を検索するシステム (content-based image retrieval) である。代表例として、Virage^{8),13)} をとりあげる。

- システム構成

Virage は、画像の形状、色と構造に関するデータ特徴量に対して、ユーザが問合せとして与えるスケッチをもとに、類似した画像を検索する CBIR の 1 例である。データ特徴量の重み付け数値設定についても、ユーザが自ら調整することができる。

- 本方式の適用

ユーザがキャンバスに与えるスケッチをもとに、データ特徴量の相関量計量を行うため、ある問合せに対して検索結果として返される画像が、別の類似した問合せの検索結果にも含まれる可能性がある。表 4 が示すように、技術的条件①-(a)における、検索結果の排他性が保証されない。

- 課題と改良の方向性

対象領域を限定しないコンテンツのデータ特徴量からサインを抽出することは、無限の可能性から最良点を見つけることであり困難である (3.1 節参照)。そこで、Virage においても、医療画像に限定したプリミティブ・インタフェースの設定により、検索処理を拡張している。このような検索領域の限定は、汎用

性の高い (broad domain oriented) 画像検索を行う、顔写真検索システム⁴⁶⁾、オブジェクト指向画像検索システム¹⁴⁾、空間位置・色彩データを統合した画像検索システム³⁶⁾についても同様に適用可能である。

4.2 権利を保護する実施例の問題点と改善の方向性
医療画像検索システムを対象に、本方式を対照した。結果として、腹腔腫瘍画像検索システム (U. of MD 開発)^{7),23)} は、サインを抽出しきれず、脳腫瘍画像時系列検索システム (UCLA 開発)⁵⁾ は、時系列データを処理するため、画像と検索結果の分類の排他性が保証できない。双方とも、問合せごとの重み付け数値設定を保護しない。他方、肺疾患画像検索システム (Purdue U. 開発)⁷⁾ は、重み付け数値設定のみを保護、脳腫瘍・卒中画像検索システム (Carnegie Mellon U. 開発)^{18)~21)} は、コンテンツを含んでデータベースを保護すると評価した。

(1) 肺疾患画像検索システム (Purdue U. 開発)

● システム構成

同じ分類に属す疾患であるが、診断レベルに大分類と小分類を含む、階層的な疾患を検索するシステムである (ここでは肺疾患画像を対象)。サインが自明な疾患の大まかな分類を行う問合せの後に、同じ大分類に含まれるが、互いに類似しており、かつ、あらかじめ分類が明らかでない小分類の疾患を判別する。このため、新たな問合せを発行するごとに、確率モデルにより問合せを最適化する⁷⁾。サインが不明な小分類のために、最適なデータ特徴量を探索するアルゴリズムを適用し、重み付け数値を設定する。

● 本方式の適用

このシステムは、表 5 が示すように、重み付け数値設定を保護するが、コンテンツまでは保護しない。

サインが明確な大分類の肺疾患を、小分類に再分類するとき、問合せの最適化により、最小分類を探索できることは保証されている。よって、サインを介して、検索結果とコンテンツは一意に対応する。

しかし、対象領域における小分類のサインが、あらかじめ抽出できないことを前提とするため、検索結果がコンテンツを一意に分類しても、有限個のサインを対象にしていることは保証できない。よって、コンテンツまでは保護できない。

● 課題と改良の方向性

改良の方向性としては、肺疾患の特定領域の最小分類が有限個を持つように、検索対象領域の限定が必要である。システムが、疾患に対応する有限個のサインを抽出するため、必要十分なデータ特徴量を対象とする重み付け数値を設定するように、アルゴリズムを構

表 5 肺疾患画像検索システム

Table 5 The customized-queries approach of image retrieval using EM.

項目	適用 (問題のある項目は下線を付す)	
1	a	肺疾患の最小分類を行うため、検索結果が互いに交わらないことが保証される
	b	同様に、最小分類間は排他的なので、画像が検索結果と唯一に対応する
	c	対象領域の最小分類を探索しているため、画像と検索結果を 1 対 1 に対応させる
2	a	相関量計量をはじめ、すべての計量系がユークリッド距離と実数の推移性を前提としている
	b	データ特徴量、重み付け数値の範囲が、非負の値をとるように設定できる
	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、つねに 0 値をとることはない
	d	問合せごとに、最適な重み付け数値をとるが、サインを探索するための確率モデルに拠っており、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
3	a	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・検索結果が有限個となるか不明である
	b	対象領域において、専門的知見や事実上の基準から、サインが有限個となることが保証できない
4	a	有限個の検索結果とサインが、対象領域を完全に網羅できるとは、保証できない

築する必要がある。

(2) 脳腫瘍・卒中画像検索システム (Carnegie Mellon U. 開発)

● システム構成

脳疾患画像を対象に、正常、腫瘍、卒中の各症状を分類するレントゲン画像検索システムである。あらかじめデータ特徴量を選択せずに、新たな問合せごとに確率モデルを利用して、サインを抽出するため必要十分なデータ特徴量を選択し、データ特徴量の重み付け数値を動的に決定する^{18)~21)}。脳腫瘍と卒中を明確に分類できるうえに、脳疾患に関するデータ特徴量が、全部で 11 個あること、そのうち、9 個の特徴量を対象に計量することにより、症状の判断に必要な情報を持つサインを抽出できることを前提とする。診断情報により正しく分類した画像を十分な量投入し、少なくとも 9 個の特徴量を反映することにより、脳疾患を正常と誤認識 (false-negative) する確率を、最小化するような重み付け数値を設定するように、システムをトレーニングする。

● 本方式の適用

このシステムは、表 6 のように、コンテンツを含めたデータベースを保護する。対象領域に特徴的な有限個のサインを抽出できることが、重要な決定要因となっている。

表 6 脳腫瘍・卒中画像検索システム

Table 6 The classification-based similarity metric for 3D image retrieval.

項目	適用 (問題のある項目は下線を付す)
1	a 脳疾患の正常、腫瘍、卒中を分類するため、検索結果は互いに交わらない
	b 同様に、検索結果は互いに排他的であり、画像と唯一に対応
	c 検索結果と画像は 1 対 1 に対応
2	a 相関量計量をはじめ、すべての計量系がユークリッド距離と実数の推移性を前提としている
	b データ特徴量、重み付け数値の範囲が、非負の値をとるように設定できる
	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、つねに 0 値をとることはない
	d 問合せごとに、最適な重み付け数値をとるが、サインを探索するための確率モデルに拠っており、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
3	a 対象領域において、専門的知見から、正常、腫瘍、卒中の問合せ・検索結果が有限個である
	b 対象領域において、検索・分類に必要なデータ特徴量は限定されており、サインが有限個となることが保証されている
4	a 有限個の検索結果と、最少で 11 分の 9 のデータ特徴量により識別されるサインが、対象領域を完全に網羅できることが保証されている
	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、動的に 1 対 1 に対応するように設定されている

5. おわりに

本論文は、マルチメディア・データベースの検索機能が、現状の著作権の解釈によると保護できないことを問題の背景として、メディア検索エンジンの検索アルゴリズムに設定した、問合せごとの重み付け数値設定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、それぞれ提案し、その数理的根拠を示した。

本方式は、マルチメディア・データベースの保護について、以下の 2 点の意義がある。

- 医療画像検索システムのように、メディア検索エンジンが、ネットワーク上に分散する複数のローカルデータベースを対象とすると、検索対象となるデータベースにおいて、個々の画像の複製を問題とせず、メディア検索エンジンの特許による、一元化した権利保護を実現する。
- データベースの保護の必要²⁵⁾と過剰保護の均衡^{6),44)}が問題となるが、本方式は、検索対象領域ごとに検索エンジンに特許を取得することを前提とするため、広汎な領域のデータベースに対する過剰保護にならない。

本方式は、データ特徴量が、対象領域の意味を反映するために、必要十分な情報を持つことを前提としている。しかし、現実には、コンテンツの意味を、論理的に true または false として決められないことが多い。今後の研究においては、データ特徴量セットの重み付け数値設定が、コンテンツの意味を反映する完全なモデルからどれだけ離れているかを基準にした歩どまり率の考え方を導入し、情報反映の不完全性や情報のおおい方(網羅)の大小により、メディア検索エンジンの性能を評価するモデルと基準を構築する予定である。

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) Chbeir, R., Amghar, Y. and Flory, A.: System for Medical Image Retrieval: the MIMS Model, *Proc. 3rd Int'l Conf. Visual '99*, Amsterdam, Netherlands, pp.37-42 (1999).
- 3) Chen, Q.: Multi-view Image-Based Rendering and Modeling, Ph.D. Dissertation, University of Southern California (2000).
- 4) Chetverikov, D.: Detecting Regular Structures for Invariant Retrieval, *Proc. VISUAL '99*, Vol.1614, pp.459-466, Springer LNCS (1999).
- 5) Chu, W.W., Hsu, C.C., Cárdenas, A.F. and Taira, R.K.: A Knowledge-Based Image Retrieval with Spatial and Temporal Constructs, *IEEE Trans. Knowledge and Data Eng.*, Vol.10, No.6, pp.872-888 (1998).
- 6) Dusollier, S., Pouillet, Y. and Buydens, M.: *Copyright and Access to Information in the Digital Environmental*, UNESCO, Paris, France (2000).
- 7) Dy, J.G., Brodley, C.E., Kak, A., Shyu, C.-R. and Broderick, L.S.: The Customized Queries Approach to CBIR Using EM, *Proc. 1999 IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'99)*, Vol.2, Fort Collins, Colorado, USA, pp.400-406 (1999).
- 8) Elvins, T.T. and Jain, R.: Web-Based Volumetric Data Retrieval, *Proc. 1995 Symposium on Virtual Reality Modeling Language*, San Diego, CA, USA, pp.13-15 (1995).
- 9) Faloutsos, C. and Lin, K.-I.: Fastmap: A Fast Algorithm for Indexing, Data-mining and Visualization of Traditional and Multimedia Datasets, *Proc. SIGMOD*, pp.163-174, ACM (1995).
- 10) Gevers, T. and Smeulders, A.W.M.: A Comparative Study of Several Color Models for

- Color Image Invariant Retrieval, *Proc. 1st Int'l Workshop on Image Databases and Multimedia Search*, Amsterdam, Netherlands, pp.17-26 (1996).
- 11) Gevers, T., Smeulders, A.W.M. and Stokman, H.: Photometric Invariant Region Detection, *Proc. 9th British Machine Vision Conf.*, pp.659-668, British Machine Vision Association (1998).
 - 12) Gevers, T. and Stokman, H.M.G.: Classifying Color Transitions into Shadow-geometry, Illumination, Highlight or Material Edges, *IEEE ICIP, Part I*, pp.521-525 (2000).
 - 13) Gupta, A. and Jain, R.: Visual Image Retrieval, *Comm. ACM*, Vol.40, No.5, pp.70-79 (1997).
 - 14) Hong, D., Wu, J. and Singh, S.: Refining Image Retrieval Based on Context-driven Methods, *Proc. SPIE's 11th Int'l Symposium on Electronic Imaging '99*, San Jose, CA, USA, pp.581-592 (1999).
 - 15) Kashyap, V., Shah, K. and Sheth, A.: Metadata for Building the MultiMedia Patch Quilt, *Multimedia Database Systems: Issues and Research Directions*, pp.297-319, Springer-Verlag (1996).
 - 16) Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hayama, T.: A Metadata System for Semantic Image Search by a Mathematical Model of Meaning, *Multimedia Data Management — Using metadata to integrate and apply digital media*, Sheth, A. and Klas, W.(Eds.), chapter 7, McGrawHill, (1998).
 - 17) Korn, P., Sidiropoulos, N., Faloutsos, C., Siegel, E. and Protopapas, Z.: Fast and Effective Retrieval of Medical Tumor Shapes, *Trans. Knowledge and Data Eng.*, Vol.10, No.6, pp.889-904 (1998).
 - 18) Liu, Y. and Dellaert, F.D.: A Classification-based Similarity Metric for 3D Image Retrieval, *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition Conf.*, pp.800-805 (1998).
 - 19) Liu, Y. and Dellaert, F.D.: Classification-Driven Medical Image Retrieval, *Proc. Image Understanding Workshop*, DARPA (1998).
 - 20) Liu, Y., Dellaert, F.D. and Rothfus, W.E.: Classification Driven Semantic Based Medical Image Indexing and Retrieval, Technical Report, the Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA (1998).
 - 21) Liu, Y., Rothfus, W.E. and Kanade, T.: Content-Based 3D Neuroradiologic Image Retrieval: Preliminary Results, *Proc. IEEE Workshop on Content-based Access Image and Video Databases in conjunction with ICCV'98*, Santa Barbara, CA, USA, pp.91, 100 (1998).
 - 22) 西村和雄：経済数学早わかり，日本評論社 (1982).
 - 23) Petrakis, E.G.M. and Faloutsos, C.: Similarity Searching in Medical Image Databases, *Trans. Knowledge and Data Eng.*, Vol.9, No.3, pp.435-447 (1997).
 - 24) Ravela, S. and Manmatha, R.: Image Retrieval by Appearance, *Proc. SIGIR-97, 20th ACM Conf. on Research and Development in Information Retrieval*, Philadelphia, PA, USA, pp.278-285 (1997).
 - 25) Reinbothe, J.: The Legal Protection of Non-Creative Databases, *WIPO/EC/CONF/99/SPK/22-A*, Geneva, Switzerland, WIPO (1999). Presented Paper to Protection of Database Workshop at Int'l Conf. of Electronic Commerce and Intellectual Property, Available at <http://ecommerce.wipo.int/meetings/1999/papers/pdf/reinboth.pdf>.
 - 26) 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 (1999).
 - 27) Rui, Y., Huang, T. S. and Mehrotra, S.: Mars and Its Applications to MPEG-7, *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M2290* (1997).
 - 28) Salvador, E., Cavallaro, A. and Ebrahimi, T.: Shadow Identification and Classification Using Invariant Color Models, *Proc. IEEE Signal Processing Society Int'l Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP-2001)*, Salt Lake City, Utah, USA (2001).
 - 29) Samuelson, P.: Legally Speaking: Legal Protection for Database Content, *Comm. ACM*, Vol.39, No.12, pp.17-23 (1996).
 - 30) 佐々木秀康，清木 康：マルチメディアデータベースを対象とした検索エンジンの処理最適化パラメータ設定による特許取得方式，情報処理学会論文誌：データベース，Vol.42, No.SIG10 (TOD11), pp.22-38 (2001).
 - 31) 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, pp.105-112 (2001).
 - 32) Smeulders, A.W.M., Gevers, T. and Kersten, M.L.: Computer Vision and Image Search Engines, *TWLT: Language Technology in Multimedia Retrieval*, Hiemstra, D., de Jong, F., Netter, K. and U-Twente (Eds.), Vol.14, pp.107-116 (1998).
 - 33) Smeulders, A.W.M., Gevers, T. and Kersten, M.L.: Crossing the Divide between Com-

- puter Vision and Databases in Search of Image Databases, *Proc. 4th IFIP 2.6 Working Conference on Visual Database Systems — VDB 4*, L'Aquila, Italy, pp.223–239 (1998).
- 34) 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. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.22, No.12, pp.1349–1380 (2000).
- 35) Smith, J.R. and Chang, S.-F.: Querying by Color Regions Using the VisualSEEK Content-Based Visual Query System, *Intelligent Multimedia Information Retrieval*, Maybury, M.T.(Ed.) (1996).
- 36) Smith, J.R. and Chang, S.-F.: Integrated Spatial and Feature Image Query, *Multimedia System Journal*, Vol.7, No.2, pp.1–29 (1999).
- 37) Startchik, S.: Geometric and Illumination Invariant Object Representation: Application to Content-based Image Retrieval, Ph.D. Dissertation No.3009, Université de Genève, Switzerland (1998).
- 38) Startchik, S., Milanese, R. and Pun, T.: Projective and Photometric Invariant Representation of Planar Disjoint Shapes, *Image and Vision Computing Journal* (1998).
- 39) Startchik, S., Milanese, R., Rauber, C. and Pun, T.: Planar Shape Databases with Affine Invariant Search, *Proc. 1st International Workshop on Image Databases and Multi Media Search*, Amsterdam, the Netherlands, IAPR — Multi Media and Image Communications, pp.202–209 (1996).
- 40) Stokman, H. and Gevers, T.: Photometric Invariant Region Detection in Multi-spectral Images, *Proc. Vision Interface '99*, Trois-Rivières, Quebec, Canada (1999).
- 41) Szeliski, R. and Kang, S.B.: Shape Ambiguities in Structure from Motion, Technical Report series, Cambridge Research Laboratory, Digital Equipment Corporation (1996).
- 42) 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).
- 43) U.S. Patent and Trademark Office: *Examination Guidelines for Computer-Related Inventions*, 61 Fed. Reg. 7478 (Feb. 28, 1996) (“Guidelines”) (1996). Available via WWW from <http://www.uspto.gov/web/offices/pac/dapp/oppd/patoc.htm>.
- 44) Warren-Boulton, F.R., Baseman, K.C. and Woroch, G.A.: Economics of Intellectual Property Protection for Software: The Proper Role for Copyright, *Standard View of ACM*, Vol.3, No.2, pp.68–78 (1995).
- 45) Wesolkowski, S. and Jernigan, E.: Color Edge Detection in RGB Using Jointly Euclidean Distance and Vector Angle, *Proc. Vision Interface '99*, Trois-Rivières, Canada, pp.9–16 (1999).
- 46) Wu, J.-K.: Content-Based Indexing of Multimedia Databases, *IEEE Trans. Knowledge and Data Eng.*, Vol.9, No.6, pp.978–989 (1997).
- 47) 矢野公一：距離空間と位相構造，共立講座 21 世紀の数学，第 4 巻 (1997).
- 48) Yoshitaka, A. and Ichikawa, T.: A Survey on Content-Based Retrieval for Multimedia Databases, *IEEE Trans. Knowledge and Data Eng.*, Vol.11, No.1, pp.81–93 (1999).

(平成 13 年 6 月 25 日受付)

(平成 13 年 10 月 31 日採録)

(担当編集委員 江口 浩二)



佐々木秀康(学生会員)

1972 年生。1994 年東京大学法学部卒業。同年，通商産業省入省。1997 年 QAD Inc. を経て，1999 年シカゴ大学ロースクール修了(Rotary Scholar)，LL.M. 2000 年米国弁護士登録。2001 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程修了。現在，同研究科後期博士課程在学中。マルチメディアシステムの特許取得，権利保護，性能評価，数理モデル構築の研究に従事。ニューヨーク州弁護士会所属，知的財産法部会会員。



清木 康(正会員)

1978 年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。1983 年同大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。同年，日本電信電話公社武蔵野研究所入所。1984 年～1995 年筑波大学電子・情報工学系講師，助教授，1996 年～1998 年慶應義塾大学環境情報学部助教授を経て，現在，慶應義塾大学環境情報学部教授。データベースシステム，知識データベースシステム，マルチメディアシステムの研究に従事。ACM，IEEE，電子情報通信学会各会員。