

人間の質感を反映した 連想検索機構「Qualia View」の実現方式

進藤 剛一[†] 中西 崇文[†] 北川 高嗣^{††}

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科

^{††} 筑波大学 電子・情報工学系

E-mail: [†]{shindo,takafumi}@nalab.is.tsukuba.ac.jp, ^{††}takashi@is.tsukuba.ac.jp

あらまし 近年、広域ネットワーク上に膨大なメディアデータが散在している。これまでのコンピュータと人間の論理情報の伝達だけでは、利用者が意図するメディアデータの検索が困難であるため、人間の感性や直感に合致した検索方式の実現が重要となっている。人間の心の性質、感性を表す概念として qualia(質感)がある。qualia とは、人間の感覚に伴う鮮明な「質感」を表し、脳を含めての物質の物理的記述と、私達の心が持つ様々な属性の間のギャップを象徴する概念を指す。本稿では、「情況」(外的要因)と「クオリア」の二つの文脈により、検索対象を計量する検索方式である「Qualia View」について示す。本方式により、人間の質感に合致したメディアデータを検索することが可能になると考えられる。

キーワード 意味の数学モデル、連想検索、クオリア(質感)、情況、コンテキスト

Realization of a searching method "Qualia View" considering qualia

Koichi SHINDO[†], Takafumi NAKANISHI[†], and Takashi KITAGAWA^{††}

[†] Graduate school, Doctoral Program Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

^{††} Institute of Information Sciences and Electrics, University of Tsukuba

E-mail: [†]{shindo,takafumi}@nalab.is.tsukuba.ac.jp, ^{††}takashi@is.tsukuba.ac.jp

Abstract Recently, there are many multimedia data in Broadband Network, and it's difficult for us to find multimedia data we need only to use logical information. So, we need searching method considering qualia. There is a general idea, "Qualia". Qualia represents gap in "situation" that we feel physically and "mind" we have. In this paper, we show "Qualia View" that is a search method that measures correlation to use two contexts, situation and qualia. This method enables to search multimedia data to coincide with "Qualia".

Key words Mathematical Model of Meaning, semantic search, qualia, situation, context

1. はじめに

近年、広域ネットワーク上に膨大なメディアデータが散在するようになってきている。そのため、必要なメディアデータを検索する方法が難しくなっている。特に、これまでのコンピュータと人間の論理情報の伝達だけでは、利用者が意図するメディアデータの検索が困難であるため、人間の感性や直感に合致した検索方式の実現が重要となっている。

これまで、文献 [1] [2] で、言葉と言葉の関係の計量による検索機構として、意味の数学モデルを提案している。これは、単語群を文脈として解釈する機構により、言葉と言葉、あるいは、言葉と検索対象のメディアデータ、ドキュメント間を文脈に

じて動的に計算することを可能とする。意味の数学モデルでは、検索対象をベクトル化し、メタデータ空間と呼ばれる空間に写像する。さらに、それらのベクトルをメタデータ空間の部分空間に射影して計量することにより、文脈に応じた連想検索を実現している。

一方、人間の心の性質、感性を表す概念として qualia(質感) [3] がある。qualia とは、人間の感覚に伴う鮮明な「質感」を表し、脳を含めての物質の物理的記述と、私達の心が持つ様々な属性の間のギャップを象徴する概念を指す。人間は、様々な物理刺激を qualia として感じ、その qualia に、志向性をはりつけることにより、認識し感情を表現する。人間の内的な qualia(質感) を計量する機構が連想検索に導入できれば、人間

の感性に合致した検索システムの実現の第一歩と考えられる。本稿では、既存の意味の数学モデルによる意味的連想検索を利用して、クオリア（質感）を反映した検索方法である「Qualia View」について示す。

「Qualia View」では「情況」と「クオリア」の二つの文脈により、検索対象を計量する。情況は、外的な要因を表し、刺激や時空間の概念から起因するものを指す。クオリアは、内的な要因を表し、経験や記憶から起因するものを指す。情況は、検索者が印象や状況を表す印象語を与える。クオリアは、入力された情況から、これまでの検索結果を経験とみなし、その経験をクラスタリングすることにより、動的に発行される。「Qualia View」では、この二つの文脈によって、意味的連想検索を行う。これは、人間が外部からの情報を受け、外部から受けた情報により内部の経験や記憶を整理をし、行動することに値する。本方式は、これまでの一般的な学習機構とは次の点で異なる。これまでの方式では、修正したい情報を意図する情報に置き換える作業を繰り返すことにより、つまり、静的に置き換えにより実現していた。本方式は、これまでの経験として保持している情報を検索者が与える外的な文脈である「情況」によって、動的に計量することにより、検索者の意図とする検索結果を出力している。本方式により、人間の質感に合致したメディアデータを検索することが可能になると考えられる。

本稿では「Qualia View」の基本アイデアについて示す。また、本方式を実装し、検索結果を検証する。

2. 意味の数学モデルによる意味的連想検索方式

2.1 意味の数学モデルの基本構成

人間が様々な印象を表す際に用いられる単語（以下、印象語）によって表現した問い合わせに対応したメディアデータを検索することを目的とした意味の数学モデルによるメディアデータ検索方式の概要を示す。詳細は、文献 [1] [2] に述べられている。

(1) メタデータ空間 MDS の設定

検索対象となるメディアデータをベクトルで表現したデータをマッピングするための正規直交空間（以下、メタデータ空間 MDS ）を設定する。

(2) メディアデータのメタデータをメタデータ空間 MDS へ写像

設定されたメタデータ空間 MDS へメディアデータのメタデータをベクトル化し写像する。これにより、同じ空間に検索対象データのメタデータがメタデータ空間上に配置されることになり、検索対象データ間の意味的な関係を空間上での距離として計算することが可能となる。

メディアデータ P には、メタデータとして t 個の印象語 w_1, w_2, \dots, w_t が以下のように付与されていることを前提としている。

$$P = \{w_1, w_2, \dots, w_t\}. \quad (1)$$

各印象語は、ベクトル表現された特徴を持っている。

$$w_i = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}). \quad (2)$$

各メディアデータは、メタデータとして付与されている t 個の印象語が合成されベクトル表現された後、メタデータ空間 MDS へ写像される。印象語の詳しい合成方法については 3.3 節で述べる。

(3) メタデータ空間 MDS の部分空間（意味空間）の選択
検索者は与える文脈を複数の単語を用いて表現する。検索者が与える単語の集合をコンテキストと呼ぶ。このコンテキストを用いてメタデータ空間 MDS に各コンテキストに対応するベクトルを写像する。これらのベクトルは、メタデータ空間 MDS において合成され、意味重心を表すベクトルが生成される。意味重心から各軸への射影値を相関とし、閾値を超えた相関値（以下、重み）を持つ軸からなる部分空間（以下、意味空間）が選択される。

(4) メタデータ空間 MDS の部分空間（意味空間）における相関の定量化

選択されたメタデータ空間 MDS の部分空間（意味空間）において、メディアデータベクトルのノルムを検索語列との相関として計量する。これにより、与えられたコンテキストと各メディアデータとの相関の強さを定量化している。この意味空間における検索結果は、各メディアデータを相関の強さについてソートしたリストとして与えられる。

また、メディアデータの特徴づける特徴の数が多き場合、どのような意味空間が選ばれても、意味空間におけるメディアデータのノルムが大きくなる傾向がある。そのため、本来、文脈との相関が強いと考えられるメディアデータベクトルのノルムよりも、特徴の数が多きメディアデータベクトルのノルムが大きくなってしまい、適切な抽出が行われないことがある。そのため、メタデータ空間でのメディアデータベクトルを 2 ノルムで正規化している。

3. Qualia と「Qualia View」の実現方式

3.1 クオリア（質感）

私たちは、様々な感覚を通して世の中を認識している。例えば、あるものを見ると明るいと感じる。鏡に映った自分を認識する。

このように、物質的な記述（例で言えばあるものを見る時、目から入ってくる光の強さや波長を受け取る）と心が持つ様々な属性の間のギャップや感覚の持つ性質をクオリア（質感）[3] と呼ぶ（図 1）。

つまり、クオリアは、脳を含めての物質の物理的記述と、私達の心が持つ様々な属性の間のギャップを象徴する概念を指す。

また、人間の認識は、クオリアにさまざまな志向性がはりついていく過程であると考えられている。つまり、我々の認識というのはクオリアにさまざまな志向性が張りつけられるプロセスであるといえる。

3.2 「Qualia View」の概要と位置付け

人間のように考えるコンピュータを作るとき、クオリアの存在を無視することは出来ない。クオリアは、前節で述べたように人間の感性や認識に深く関わっている概念だからである。

外的な要因である情況は刺激や時空間概念に起因する。一方、

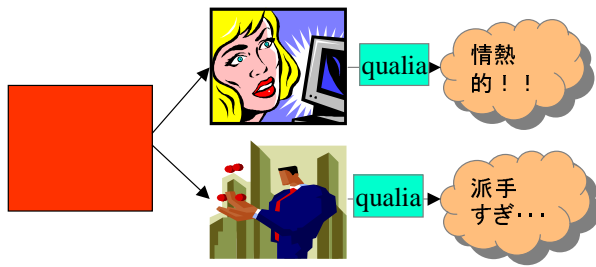


図1 クオリア

クオリアは主に経験や記憶に起因している（図2）本方式では、このクオリアを検索者が持っているローカルなデータを経験記憶と見なすことで表し、これを検索に利用することでクオリアを反映させた検索を可能にする。

本方式では、検索者が「情況」を入力すると、その情況に応じてローカルデータから「クオリア」を動的に発行する。これは、検索者の情況に対する志向性を動的に発行していることを意味する。この「情況」と「クオリア」という2つの文脈を検索に用いることで、人間が外的な情報と、その情報によって内的な記憶や経験を動的に整理し、その整理された情報で物事を考えるという、より人間の感性に近い検索方法になると考えられる。

ここで、「クオリア」のみを用いて検索すると、内的な要因のみを用いていることになる。すなわち、経験や記憶だけに頼りに検索していることになり、それだけでは、検索者のほしいデータを検索することが出来ない。逆に「情況」のみを用いて検索すると、外的な要因のみを用いているため、検索者の質感を反映した結果を得ることができない。よって、本方式ではこの「情況」「クオリア」という2つの文脈を用いることで、情況に応じた質感を反映させた検索をすることができる。この2つの文脈を用いることは、記憶と動的なリンクによる人間の本質的な性質を表現していると考えられる。

また、このローカルデータを付け加えたり削ったりすることで、クオリアに志向性をはりつける、すなわちクオリアが変化することを表現する。

3.3 「Qualia View」の実現方式

ここでは、Qualia Viewの実現方式について示す。本方式の全体図を図3に示す。本方式は、検索者から入力される外的な文脈である「情況」と、これまでの経験から抽出される「クオリア」によって、人間の感性に合致した検索を行うものである。

「クオリア」は、外的な文脈である「情況」に応じて動的に変化する。本方式では、外的な文脈「情況」と動的に変化する内的な文脈「クオリア」を用いて検索を行う。

本方式は、具体的に以下の手順で実現される。

(1) 検索者が情況を入力する。

検索者が検索語として、外的な文脈である情況を複数の語を用いて入力する。

(2) 情況ベクトル生成

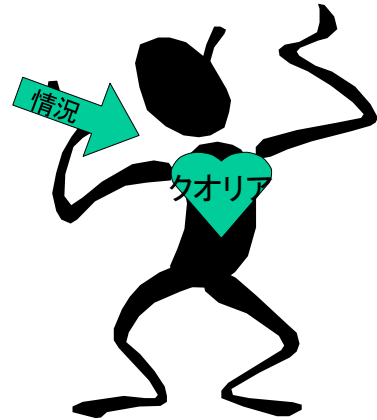


図2 情況とクオリア

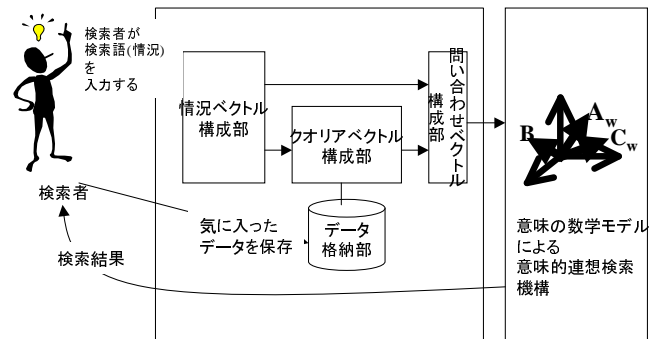


図3 Qualia View の概要

情況ベクトル構成部で、入力された複数の語からなる情況をベクトル化する。情況ベクトル構成部について、詳細は3.3.1節に示す。

(3) クオリアベクトル生成

本方式では、検索者は気に入ったデータおよびそのメタデータをデータ格納部に保持する。クオリアベクトル構成部で、そのデータ格納部に保持したデータを、情況ベクトルにより、動的にクラスタリングすることにより、クオリアベクトルを生成する。クオリアベクトル構成部については3.3.2節に示す。

(4) 問い合わせベクトル生成

情況ベクトルとクオリアベクトルを合成することによって、問い合わせベクトルを生成する。問い合わせベクトル構成部については3.3.3節に示す。

(5) 意味的理想検索

(4)で生成した問い合わせベクトルで、意味的理想検索を行う。検索者は気に入ったデータをデータ格納部に保存する。このデータを格納する方法を3.3.4節に示す。

3.3.1 情況ベクトル構成部

検索者が入力した l 個の検索語を情況 (外的な文脈) として、

$$s_l = \{u_1, u_2, \dots, u_l\}. \quad (3)$$

とする。ここで、 u_1, u_2, \dots, u_l の各要素は、特徴付きベクトルであり、メタデータ空間を作成するのに用いられるデータ

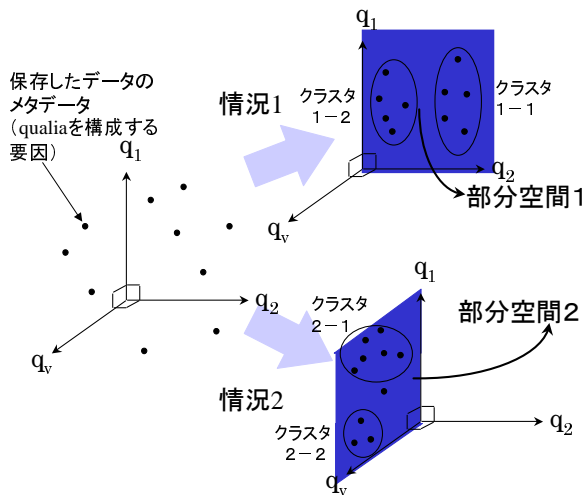


図 4 文脈依存動的クラスタリング

行列の特徴と同一の特徴を用いて表される．よって，その特徴で表現される状況ベクトルが生成される．

3.3.2 クオリアベクトル構成部

クオリアベクトル構成部では，まずデータ格納部に保持されたデータを入力された状況ベクトルを用いてクラスタリングする．クラスタリングには，文脈依存動的クラスタリング[4]を用いる．文脈依存動的クラスタリングにより，与えられた検索語によって部分空間を選択し，部分空間に射影されたデータをクラスタリングすることで，文脈に応じて動的にクラスタリングすることが可能になる（図 4）クラスタリング・アルゴリズムには融合法を用いている．融合法を記述すると以下になる．

(1) k 分析対象アイテムについて，すべての分析対象アイテムから全ての分析対象アイテムへの距離を求める．ここで言う距離は，意味空間における距離のことで，詳しくは[1]に書かれている．

(2) k 分析対象アイテムを k 個のクラスタとみなす．

(3) 最小距離を持つ一組の分析対象アイテムを一つのクラスタとする．

(4) (3)の操作を分析対象アイテム群が指定された個数になるまで繰り返す．

クラスタリングしたデータのメタデータを用いてクオリアベクトルを構成する．クラスタが k 個のとき，クオリアベクトルは k 個作成される．クラスタ k に含まれるデータの集合を s'_k とすると，

$$s'_k = \{d_1, d_2, \dots, d_p\}. \quad (4)$$

$d_p (p = 1, 2, \dots, p')$ はクラスタ k に含まれるデータである．データ $d_p (p = 1, 2, \dots, p')$ のメタデータを $\{m_{p1}, m_{p2}, \dots, m_{pq'}\}$ としたとき，

$$d_p = \{m_{p1}, m_{p2}, \dots, m_{pq'}\} \quad (5)$$

と表せる．ここで， $m_{pq} (p = 1, 2, \dots, p', q = 1, 2, \dots, q')$ の

各要素は，特徴付きベクトルであり，メタデータ空間を作成するのに用いられるデータ行列の特徴と同一の特徴を用いて表される．よって，データの集合 s'_k は，その特徴で表現されるクオリアベクトルとして表される．

3.3.3 問い合わせベクトル生成部

問い合わせベクトル構成部では，3.3.1 節及び 3.3.2 節で得られたベクトルを合成する．すなわち，問い合わせベクトルを r_k とするとき，

$$r_k = \{s_k, s'_k\} \quad (6)$$

とする．このベクトル r_k を用いて検索を行う．すなわち，検索語が各クラスタごとに作られることになる．

3.3.4 気に入ったデータの格納方法

検索を行った結果，あるデータが気に入ったとき検索者のデータ格納部にデータを格納することを考える．これは，人間の記憶や経験，すなわちクオリアに志向性を貼り付ける動作であると考えられる．

s_i という検索語（状況）で検索したとき，気に入ったデータ D のメタデータが $\{m_1, m_2, \dots, m_p\}$ であるとする．このとき，検索者に対してデータ D は s_i という状況に適合していると考えられるため，データ格納部に格納する際に，メタデータに検索語 s_i を付け加えることができると考えられる．すなわち， D のメタデータを $\{m_1, m_2, \dots, m_p, s_i\}$ としてデータを格納する．

4. 実験

提案した方式の有効性を示すため，本方式に基づく実験システムを構築し実験を行った．

4.1 実験環境

”Longman Dictionary of Contemporary English” [5] を参照し，メタデータ空間 MDS を作成した．”Longman Dictionary of Contemporary English” は全ての語を約 2000 語の基本語だけを用いて説明している．この基本語を用いて空間を作成しているため，現在の実装では，約 2000 次元の正規直交空間であるメタデータ空間 MDS を生成している．

検索対象データは，30 種類の仮想データにメタデータを与えたものを用意した．この 30 データをデータセット 1 と呼ぶ（表 1）．また，検索者が持つクラスタリングする仮想データについて，データセット 1 と同様にして 10 種類のデータにメタデータを与えたものを用意した．この 10 データをデータセット 2 と呼ぶ（表 2）．それぞれのデータは，左からデータ名，そのデータを説明するメタデータとして 3 つの言葉で構成されている．

また，データの数が少ないため，今回の実験ではではクラスタの最大数を 4 つとした．

4.2 実験結果

実験の方法として，適当な検索語を与え，データセット 2 のクラスタリング結果を用いてデータセット 1 を検索した．今回の実験では，(1)light, (2)sad という二つの検索語を与えた．それぞれの実験の結果を表 3, 4 に示す．

表 1 データセット 1

chagall1	vivid	quiet1	substance	hokusai1	dynamic	strong	motion
chagall2	vivid	delight1	shine1	hokusai2	fight1	motion	calm1
chagall3	sober	dynamic	motion	hokusai3	delicate	calm1	quiet1
chagall4	shine1	tender1	calm1	hokusai4	vivid	motion	speed1
corot1	beautiful	grand1	calm1	loirand1	shine1	grand1	calm1
corot2	beautiful	delicate	calm1	loirand2	delight1	shine1	calm1
corot3	grief	terrible	sober	loirand3	delight1	grand1	calm1
corot4	shine1	beautiful	calm1	loirand4	quiet1	substance	material1
gogh1	merry	delight1	shine1	nelson1	grand1	dynamic	motion
gogh2	grief	calm1	quiet1	nelson2	twilight	calm1	quiet1
hiro1	twilight	grand1	quiet1	renoir1	dim1	tender1	quiet1
hiro2	cheer1	dim1	quiet1	renoir2	delight1	dim1	calm1
hiro3	beautiful	quiet1	calm1	renoir3	loud1	bustle	crowd1
hiro4	fine1	shine1	beautiful	renoir4	fine1	strong	quiet1
hiro5	fine1	beautiful	calm1	sarthoul	dynamic	motion	speed1

表 3,4 では、一番上に与えられた検索語（情況）を用いて、データセット 2 を動的にクラスタリングした結果を表示している。その下に、情況とそれぞれのクラスタから抽出された文脈（クオリア）を用いてデータセット 1 を検索した結果を表示している。結果の数値は相関を表し、値が大きいほど相関が強いということになる。ここでは各クラスタの上位 5 つの結果を表示している。

4.3 考 察

(1) "light" で検索した場合、表 3 のように検索された。

"light" と検索した場合、まず自分の持っているデータがクラスタ 0~3 にクラスタリングされる。結果によると、主にクラスタ 0 に enjoy, happy に相関の近いデータがクラスタリングされているため、クラスタ 0 からなるクオリアを用いた検索結果で、上位に gogh1 (merry delight shine) や loirand2 (delight shine calm) が確認される。他のクラスタにおいても、クラスタ 0 と同様に概ねクラスタの文脈（クオリア）を反映したデータが検索されていることが確認できる。

これにより、検索者の持つデータの傾向が実験結果に反映されていることが分かる。

(2) (1) と同様にして"sad" で検索した場合、表 4 のように検索された。

表 2 データセット 2

a1	enjoy joy1 lot1
a2	happy struggle2 wide2
a3	surprise1 stop1 doubt2
a4	wonder2 amusing harmful
a5	happy enjoy lightning
a6	fear1 rush3 offensive1
a7	anxiety afraid love1
a8	anger1 sad guard2
a9	nurse1 sad minister1
a10	joy1 excited wide2

"sad" で検索した場合、クラスタの要素が"light" で検索した場合と異なるのがまず確認できる。これは検索語に応じて動的にクラスタリングを行っているためである。すなわち、入力された情況に応じて、検索者の内的な記憶や経験が動的に整理されていることが分かる。

また、クラスタにかかわらず上位に corot3(grief terrible sober) が確認できる。これは corot3 がかなり sad に強い相関を持つメタデータで構成されているため、それが結果に反映されていると考えられる。

そのほかの検索結果を見てみると、概ねクラスタの印象を反映した結果が出ている。

ここで表 3, 4 を見るとクラスタ 3 の検索上位は同じものであることが確認できる。これは、クラスタ 3 の要素が同じだったため、そこから抽出されるコンテキストが同じであり、情況である検索語の light や sad があまり大きく影響しなかったからであると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、クオリアと呼ばれる概念を検索に反映させて検索する方式「Qualia View」を、意味の数学モデルを用いた意味的連想検索機構を利用して実装した。その結果、概ね良好な検索結果が得られたと考えられる。

今後の課題としては、まず、本検索方式の定量的な評価方法の確立が考えられる。感性という正解を設定することが難しい要素を検索に導入しているため、一般的に検索結果の評価に用いられる再現率・適合率とは異なる評価方法を確立する必要性を感じている。

次に、今回はテストデータを用いた実験しか行っていないため、実際にメディアデータを検索するシステムを実装し、その有効性を検証することが挙げられる。

また、検索者が持つデータをクラスタリングする際、今回はクラスタ数を 4 と設定したが、より有効に本方式を実装するた

表 3 “ light ” 検索結果

cluster0	a1,a2,a10,a5,a4,
cluster1	a3,
cluster2	a6,a7,
cluster3	a8,a9,
cluster0	
gogh1	0.239543
loirand2	0.216775
renoir2	0.213745
hiro4	0.209044
chagall2	0.209042
cluster1	
loirand1	0.218427
corot1	0.204838
loirand3	0.202301
hokusai3	0.19772
nelson2	0.193122
cluster2	
corot3	0.21901
gogh1	0.110509
hokusai1	0.107125
chagall2	0.104432
loirand1	0.101019
cluster3	
sarthou1	0.117888
hokusai1	0.104557
chagall3	0.094547
nelson1	0.09271
corot3	0.081415

表 4 “ sad ” 検索結果

cluster0	a1,a2,a7,a10,a4,a3,
cluster1	a5,
cluster2	a6
cluster3	a8,a9,
cluster0	
corot3	0.285907
renoir2	0.242525
loirand3	0.238377
gogh2	0.234756
loirand2	0.231457
cluster1	
corot3	0.241902
gogh2	0.222038
loirand2	0.198931
loirand3	0.198775
loirand1	0.196815
cluster2	
corot3	0.219655
loirand1	0.098596
hokusai1	0.096375
hokusai2	0.092931
loirand3	0.086463
cluster3	
sarthou1	0.117584
hokusai1	0.1026
chagall3	0.093811
nelson1	0.092802
corot3	0.08536

めにはどの程度の数が適切かを検証する必要がある。

学習機構に関して、人間は物事を覚えるだけでなく、忘れることもある。今回はこれを実装していないため、忘れるという動作を実装することでより人間の感性に近い検索が可能になると考えられる。

このシステムではたくさんのデータを自分が所有するとき、新しく持ってくるコンテキスト、すなわちクオリアベクトルが煩雑になりやすいため、それを修正する必要があると考えている。

文 献

- [1] Kitagawa, T., Kiyoki, Y., "A mathematical model of meaning and its application to multi-database systems", Proc.IEEE Int. Workshop on RIDE Interoperability in Multidatabase System, PP130-135, April 1993
- [2] Takashi Kitagawa, Yasushi Kiyoki, Kyoko Nakamura, "A Semantic Media Data Search Method Based On a Mathematical Model of Meaning for Multimedia Information Systems", Information Modelling and Knowledge Bases, H.Jaakkola et al.(Eds.),IOS Press,1999.
- [3] 茂木健一郎, "心を生みだす脳のシステム", 日本放送出版協会, 2001
- [4] 吉田尚史, 関子泰三, 清木康, 北川高嗣, "ドキュメントデータ群を対象とした文脈依存動的クラスタリングおよび意味的データマイニング方式," 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.SIG1(TOD5), pp.127-139,2000
- [5] "Longman Dictionary of Contemporary English", Longman, 1990