

## 3次元情報検索インタフェース

柿元 俊博, 上原 祐介  
富士通研究所

マルチメディア情報を対象にした情報検索システムの枠組と、それを実現する3次元情報検索インタフェースについて述べる。これは3次元情報空間のブラウジング検索に検索対象の拡大・絞りこみを実現するキーワード検索、対象指定による類似検索などのハンティング検索を統合したものである。本論文では、3次元情報空間の構成方法と3次元情報表示ツールの機能、ハンティング検索機能について述べ、図書データを対象にした実現例を説明する。

## An Information Retrieval Interface using 3 Dimensional Information Space

Toshihiro Kakimoto, Yuusuke Uehara  
FUJITSU LABORATORIES LTD.

This paper describes a frame work of information retrieval system for multimedia information and an information retrieval interface using 3 dimensional information space which realizes it. This system is an integrated system of browsing search for 3 dimensional information space and hunting search which consists of keyword search and similarity search by designation of object. This paper shows the construction method of 3 dimensional information search space, the displaying and inputting tool for 3 dimensional information space, and the function of hunting search, and describes an example of this system applied to the bibliographic data.

## 1 はじめに

最近のパーソナルコンピュータに代表されるコンピュータの能力の向上とコストの低下がコンピュータを利用するシステムにも影響を与えている。特に、ヒューマンインタフェースに利用できるコンピュータパワーが増大し、テキスト以外の静止画像や動画像の取り扱いが容易になると共に、それらを対象にした処理やそれらをヒューマンインタフェースとして活用する処理が実用的な範囲で実現できるようになってきた。

情報検索システムの方野でも、これに対応した動きがある。これには、テキスト、静止画像、動画像、音声などのマルチメディアを情報の表現メディアとして捉え検索対象として処理するものと、マルチメディアを人間との情報交換の媒体として捉え活用する処理とがある。前者の立場では、各メディア毎の検索手法の研究が実施されているが、テキストと同様に画像理解や音声理解という問題に突き当たっており、いろいろな模索が続けられている。

後者については情報の可視化という観点からの研究が進められており、XeroxのInformation Visualizer<sup>1)</sup>に代表されるような情報構造の可視化の手法がいろいろ提案されている。これらの手法の共通の概念は、3次元空間を効果的に利用して情報構造を可視化し、その空間のウォークスルーにより、情報を探索することができることにある。また、動画などを利用して情報の間の関係を知覚させることにより探索を支援する機能を持っている。しかし、情報の探索という観点からの構造化については、あまり、考えられてはいないものが多い。ただし、MITのGalaxy of News<sup>2)</sup>はキーワードの階層をニュース記事のデータを基にして自動抽出し、それを提示することによって、ニュース記事に到達する情報空間を利用しているが、テキスト情報のないマルチメディアデータに直に適用するのは困難である。また、大量のマルチメディア情報を前提にした時にはメニュー検索やブラウジング検索のみでは効率が悪く、概念を文字列を代表とする表現方法で直接指定して検索するハンティング検索技術との融合も必要になる。

以下に、これらの課題を解決する方法として、ブラウジング検索を基にハンティング検索を融合したマルチメディア・データを対象にした情報検索システムの枠組みを提示し、それを実現する3次元情報検索インタフェースの試作結果について述べる。

## 2 マルチメディア情報検索の枠組み

マルチメディアを意識したシステムにはハイパーメディアを情報表現としたハイパーメディア・システムがある。特に、最近のインターネットで利用されているWWWシステムの表現方法であるHTMLが代表的なものである。ここで利用されている情報検索の技術<sup>3)</sup>はテキスト検索技術が中心で、その他のメディアに対応する検索技術はあまり利用されていない。また、各メディア毎の検索技術<sup>4), 5)</sup>はあるが総合的な観点からの検索技術については、まだ、実用化されていない。

検索方式は一般的にはハンティング検索とブラウジング検索と別れる。ハンティング検索は検索条件を検索キーとして表現して欲しい情報を入力するものである。ブラウジング検索とは検索対象データを閲覧しながら欲しい情報を探すものである。これまでの研究はハンティング検索系のもが多かったが、最近では、ブラウジング検索系も実用上有効だと認識されてきており、大量の情報を現在のコンピュータのディスプレイ上に表示し検索する技術の開発も進んできている。

今後はハンティング検索結果をブラウジング検索するというようにハンティング検索とブラウジング検索を組み合わせた検索を実施し、検索者の意図を対話的にシステムに入力する方法がとられていくものと思われる。

このような考え方から、各メディアの検索手法の共通的な要素を捉え、処理過程をまとめると図1のように考えることができる。さらに、それらの過程を分類すると表示・対話と情報構造抽出、特徴量の抽出の3つの部分に分けることができる。

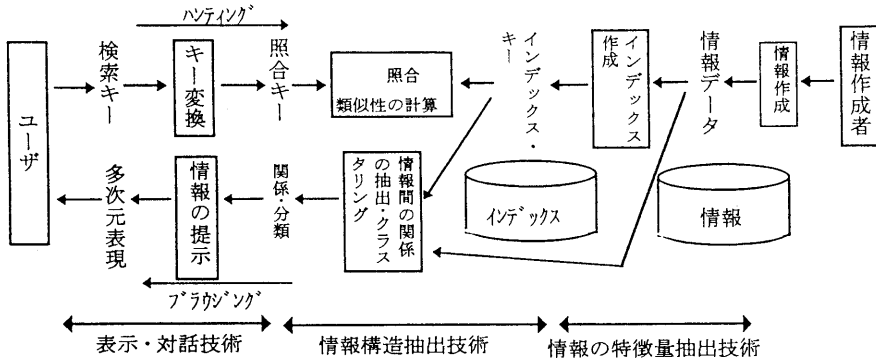


図1 情報検索の過程

このように、情報検索をハンティング検索とブラウジング検索の融合したものとして捉えることができる。

上述のことを基にして、以下のような目標で情報検索システムを再構成することにした。

- (1) マルチメディアデータの効率的なブラウジング検索を実施する。
- (2) ブラウジング検索にハンティング検索を融合する。
- (3) 情報要求の明確化から情報の探索、情報の獲得までの全過程を支援する。

これらの目標を達成するために、3次元空間での情報の可視化技術を利用することを検討した。

### 3 3次元情報検索インタフェース

2章で検討したマルチメディア情報検索の過程と3次元情報空間表示を組み合わせることにより、図3のような3次元情報検索インタフェースが考えられる。

3次元情報検索インタフェースでは情報検索の対象を情報単位として捉え、それに対して特徴量が抽出されているこ

とが前提になる。例えば、図書では情報単位としては図書全体や各章から各段落まで考えることができ、図書全体の特徴量としてはキーワード、著者名、発行年、価格、ページ数、表紙画像などが考えられる。検索はブラウジング検索とハンティング検索から構成される。

ブラウジング検索は検索対象範囲にある情報単位を対応する特徴量により基礎情報空間に分布させ、この基礎情報空間を基にして効率的な探索をするために3次元情報探索空間を構成する。この情報探索空間構成方法としては情報単位の種類や利用者の検索目的、検索要求の表現方法に応じて情報量に関する階層空間や時系列空間など幾つかの情報探索空間モデルが考えられる。また、情報単位は情報を認識するのに必要な3次元表現を行ない、情報探索空間内に位置づけられる。この3次元表現モデルを情報単位表現モデルと呼び、図書や写真、ビデオなど情報単位の種類によりいろいろなモデルが考えられる。

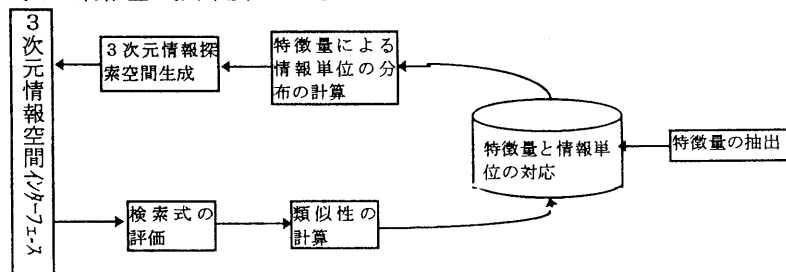


図3 3次元情報検索インタフェースの構

この情報探索空間は3次元情報空間インタフェースにより2次元ディスプレイの仮想的な3次元空間として表示され、マウスやキーボードを入力手段として3次元情報探索空間上の情報単位のブラウジング検索が可能になる。また、任意の時点で、探索する情報を表現するキーワードの入力や情報単位の直接選択により、キーワード検索や類似検索を実施し、検索範囲の拡大と絞り込みを実現する。

このようにブラウジング検索を基にしてハンティング検索を組合せて効率的な検索を実現する。

#### (1) 基礎情報空間

これは情報単位の各特徴量を座標として構成された空間である。空間を構成する特徴量は利用者の検索目的に応じて選択する。例えば、図書でも表紙の色で検索する場合には、表紙画像の色相を基にした特徴量を利用し、言葉による検索の場合にはキーワードを基にした特徴量を利用する。この空間は一般的に多次元空間となり、この空間に類似度を導入することにより2または3次元空間に写像する。類似度としては選択した特徴量によりユークリッド距離やコサイン関数などを利用する。この写像された2または3次元空間を基礎情報空間と呼ぶ。

#### (2) 情報探索空間モデル

これは基礎情報空間の情報探索を効率的に実現することを目的に構成した3次元空間の構成モデルである。現在、検討しているモデルとしては階層空間モデルがあり、これには情報単位の数を基にした情報量モデルと、時間の特徴量を基にした時間軸モデルがある。

情報量モデルは基礎情報空間を第 $n$ 層目の最下層の階層とし、一定の基準で分割し、各分割単位の代表を位置関係を保存したまま第 $n-1$ 階層の情報単位として

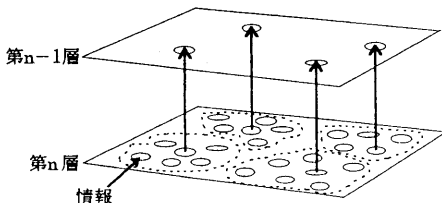


図4 階層空間の作成イメージ

構成するもので、1桁の数の情報単位からなる階層まで、この過程を繰返すことにより構成する。

時間軸モデルは情報の作成日時により基礎情報空間を時間軸上に分散させるものである。

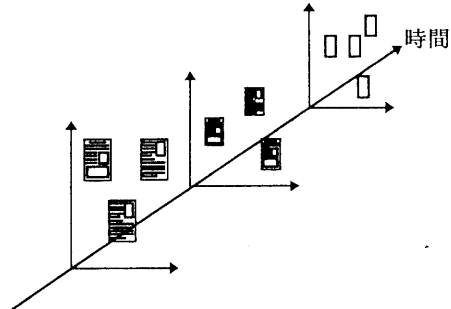


図5 時間軸モデルのイメージ

#### (3) 情報単位表現モデル

情報探索空間内の情報単位の3次元表現モデルであり、情報単位の種類と目的によりいろいろなモデルが考えられる。例えば、図書の場合には現実の本の物理的イメージを再現するために、本の大きさ、厚さ、表示の画像を利用して本の3次元表現を作り出す。また、カバンの場合には色、特徴のある形、大きさなどからカバンのイメージを表す3次元表現を作り出す。これにより、外観による感覚的な情報の選択を可能にする。

#### 4 試作モデル

3次元情報検索インタフェースを評価するために図書データを対象に試作を行った。利用したデータはAriadne<sup>6)</sup>で利用した以下のようなデータを使った。

- ・対象データ  
和書データ：96冊分（表紙画像データがある単行本）
- ・データ項目  
書誌データ（表題、著者、出版、出版年、ページ数、大きさ（A4、B4など）など）  
目次データ  
表紙画像データ（BMP形式）

これらのデータを前提として、3次元情報検索インタフェースのモデルを構築した。情報単位としては図書全体を一つの単位とした。処理の流れを図6に示す。

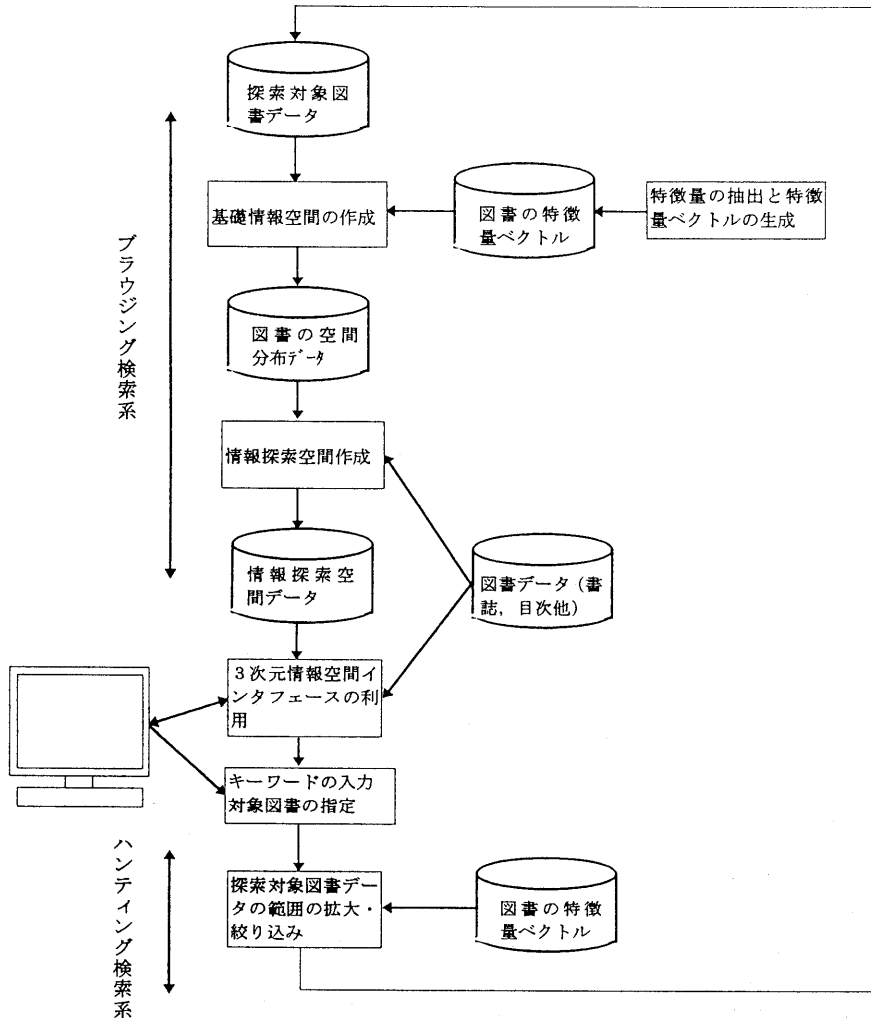


図6 3情報検索インタフェースの処理の流れ

以下では、この図に従って、主な構成要素について述べる。

#### 4.1 基礎情報空間の作成

これは探索対象図書データの集合に対して、これらの図書データを複数の特徴量を座標とする多次元空間から類似度を利用して2次元空間へ写像するものである。これを実現するには特徴量多次元空間を構成する特徴量の選択と多次元空間から2次元空間への写像が必要になる。

##### (1) 特徴量の選択

図書データの特徴量としては、キーワードの他に、著社名、出版社名、価格、頁数などの書誌情報データの他に表示画像データから抽出した色相データが考え

られる。これらは、利用者の探索目的に応じて選択する必要がある。ここでは、最も一般的と考えられるキーワードを利用する方法について説明する。キーワードは探索図書データの集合を最も良く分類できるものを選択する必要がある。本来は各図書データの中でのキーワードの意味的な役割の分析を基にして選択するのが良いと思われるが、ここでは、これまで利用されてきたキーワードの図書データの中での出現頻度をもとにして以下のような選択方法を採用した。

- 1)各図書データに含まれる全キーワードを対象にし、これらの図書データを空間にうまく分布させるために、集合

内の図書データの半分に出現するものから順に採用する。

- 2) 同一の出現図書数の場合には頻度の総計が大きいものを採用する。  
これで決まらない場合には、現在は出現順で決めている。
- (2) 多次元空間から2次元空間への写像  
選択された特徴量を座標とし、図書データ内のその出現頻度を値とする座標に図書データを配置した空間から類似度を利用して、類似するものは近くに配置するように2次元空間への写像を行う必要がある。これは、コホネンの自己組織化写像<sup>7)</sup>を利用し、類似度はコサイン関数を採用して以下のように写像を実施した。

1)  $n \times n$  の格子を持つ2次元空間を考える。各格子点  $(i, j)$  に対応して、特徴量ベクトル  $(m_{i,j,k})$  を学習させることを考える。kは選択された特徴量を表わす。

2) 各図書の特徴量ベクトル  $(x_i)$  は  $\sqrt{\sum x_i^2} = 1$  に正規化されているものとする。

3) 類似度  $s(x, y)$  は内積  $\sum_i x_i y_i$  で表現し、この類似度により入力ベクトル  $(x_i)$  に最も近い格子点  $(m_{i,j,k})$  を選択し、半径  $h$  (1回目は  $n$ , 2回目以降は学習回数に反比例) の範囲内の格子点の特徴量ベクトルを以下の式で更新していく。

$$m_{i,j,k}' = m_{i,j,k} + \exp(-ar^2)(x_k - m_{i,j,k})$$

$r$  は格子点間のユークリッド距離で、 $a$  は1より小さい係数である。

- 4)  $m_{i,j,k}'$  は、その絶対値は1ではないので1に正規化する。それをその格子点の新しい特徴量ベクトルとする。
- 5) 3)から4)を図書データの集合単位で各図書データを入力データとして実行し、各図書データに最も近い格子点とその図書データの類似度の最大値が一定の値に収束するまで繰り返す。例えば、収束条件として最大値

が有効数字の上3桁が同一になるまで実施する。

- 6) 収束した2次元空間の格子点の特徴量ベクトルを使い、各図書データを最も類似度の大きい格子点の近くに配置する。また、座標として採用した特徴量を単位ベクトルとして考え、同様の位置の計算を行い、基礎情報空間のデータとする。

#### 4. 2 情報探索空間の作成

これは2次元空間に配置した図書データを効率良く検索するために図書データの数に関する階層化を実施し、3次元の情報探索空間を生成するものである。ここでは試作システムで採用した方法について述べる。

##### (1) 階層空間の構成法

階層空間は各階層に属する図書データ数が3の階乗になるように図書データを選択することにより構成する。選択方法は基礎情報空間が類似度により構成されているので、等間隔で分割する方法で以下のように実施した。

- 1) 最上位の階層には9個の図書データがあるように選択し、次の階層には  $3^{2 \times 2}$  とし、第  $n$  階層には  $3^{n \times 2}$  個の図書データを配置する。対象としている図書データの総数を  $a$  とすると

$\log a / 2 \log 3$  以上の最少整数値が階層数になる。

- 2) 最下層のを第  $n$  階層とすると第  $n-1$  階層は第  $n$  階層を  $3^{(n-1) \times 2}$  個の等しい大きさの部分空間に分割し、各分割された部分空間の中から中心に近い1つの図書データを第  $n-1$  階層の図書データとして採用する。これを  $3^{(n-1) \times 2}$  個の全ての部分空間に対して行う。これを最上位階層まで繰り返す。図書データの位置は保存する。

この他に、座標として採用した特徴量を第0階層として作成する。特に、キーワードの場合には、この情報により分布の方向性を感覚的に認識させることができる。

## (2) 階層空間のスケール

実際に3次元階層空間の中を効率良く探索するためには階層間の距離や階層に表示する図書データの大きさを制御する必要がある。階層空間の構成方法から階層空間全体のスケールは一定にして空間内の図書データの密度を同一にして空間内のウォークスルーを実現した。これにより、階層間の表示イメージが一定になり最適な大きさと数を決めることにより探索の効果を高めることができる。ここでは以下の方法でスケールを決定した。

- 1)階層間の間隔は階層の深さ方向の移動で一定数の図書データを見ることを可能にするように決めた。これは階層間の間隔を図書データ数の $\frac{1}{2}$ 乗に反比例させることによって実現する。
- 2)階層に表示する図書データの大きさも階層間の間隔と同じ様に図書データ数の $\frac{1}{2}$ 乗に反比例させることによって決める。

## (3) 図書データの表示モデル (情報単位表示モデル)

個々の図書データを3次元空間内で認識させるためにそれを表現する3次元表示モデルが必要になる。このために現実の本の物理的な形を使ってこのモデルを作成した。表紙にあたる部分は表紙画像を貼り、大きさは書誌データの大きさを利用し、厚さは頁数に比例させることにより図書のイメージを作り出した。

また、表紙画像のない場合には、書誌データから表題、著者名、出版社名を取り出し、表紙の一定位置にそれらを合成して表示することもできる。

## 4. 3 次元情報空間インタフェース

これは情報探索空間のデータを基に2次元ディスプレイ上に情報探索空間の3次元空間を仮想的に生成し、情報探索空間内を3次元イメージで探索することを實現するものである。3次元空間の生成とウォークスルーはRenderWearを利用している。現在實現している機能には以下のものがある。

### 1)表示機能

#### ・階層構造の表示機能

情報探索空間データに従って、3次元イメージを2次元上に作成する。階層に図書データの表紙を平行に表示するモードと斜めに表示するモードを持つ。

#### ・図書情報表示

図書データの3次元イメージを表示する。

#### ・展望ビュー機能

全体の空間を展望する縮小表示を行う。そのなかに現在の視点の位置を表示する。

### 2)操作機能

#### ・3次元情報空間のウォークスルー機能

空間内の視点の方向を階層の奥行き方向に固定し、奥行き方向移動はマウスの左ボタンを押しながらマウスを前後に移動する。上下、左右移動はマウスの右ボタンを押しながらマウスを前後、左右に移動する。

#### ・情報内容の表示

図書データをマウスで指示し、右ボタンの2回クリックでWWWビュー

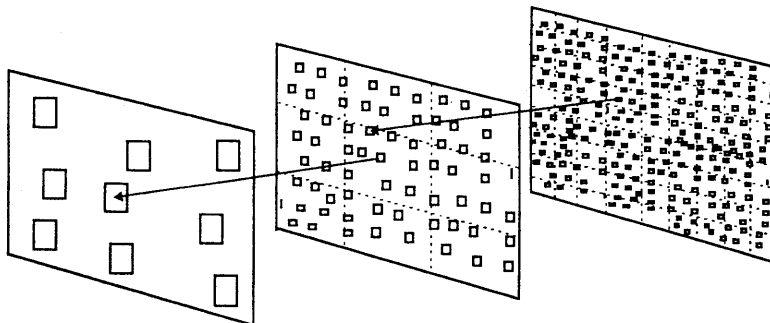


図7 階層空間モデル

アを呼び出し、HTMLで記述された書誌情報、表紙画像の詳細データ、目次データなどを見ることが出来る。

・ハンディング検索用のインターフェース機能

図書データをマウスで指示し右ボタンの1回クリックで、その図書データを選択し、その近傍の図書データに対象図書の範囲を絞ることができる。ただし、第0階層空間のキーワードを指定した場合には、そのキーワードにより全文検索を実施する。複数選択の場合にはORで処理する。

また、キーワード入力画面により、キーワードを入力することにより、全文検索を実施し、複数選択の場合にはORで処理する。

5 おわりに

現在、上記システムにより試行しながら以下の点の検討を実施している。

- ・特徴量としてのキーワードの選択方法の妥当性
- ・自己組織化写像の性能と機能の改善
- ・時間軸モデルの利用方法

今後、以下の検討を実施する。

- 1) ネットワーク内のサーバ・クライアント・システムとしての実現 (図9)
- 2) 大量データを対象にした場合の表示処理方法とサーバとの間のプロトコル
- 3) 図書データ以外の写真・絵画、映像、HTML文書などのデータに対するモデル

[参考文献]

- 1) George G. Robertson, Stuart K. Card, and Jock D. Mackinley: Information Visualization using 3D interactive animation. CACM, Vol. 36, No. 4 (1993)
- 2) Earl Rennison : Galaxy of News, An Approach to Visualizing and Understanding Expansive News Landscape, UIST'94, pp. 3-12 (1994)
- 3) 内藤：ネットワーク上の情報検索における自然言語処理の利用，マルチモーダルコミュニケーションと自然言語処理，pp. 43-50, 1995年9月28-29日
- 4) 住田，三池：知的情報検索の動向，人工知能学会誌，pp. 10-16, Vol. 11, No. 1 (1996)
- 5) 美濃：知的メディア情報検索の動向，人工知能学会誌，pp. 3-9, Vol. 11, No. 1 (1996)
- 6) 谷口，澤田，吉田，柿元，長尾，原田，石川：電子図書館 Ariadne の開発(2)，情報管理，Vol. 38, No. 4, pp. 324-337 (1995)
- 7) T. Kohonen: The Self-Organizing Map, Proc. of the IEEE, Vol. 78, No. 9 (1990)

以上

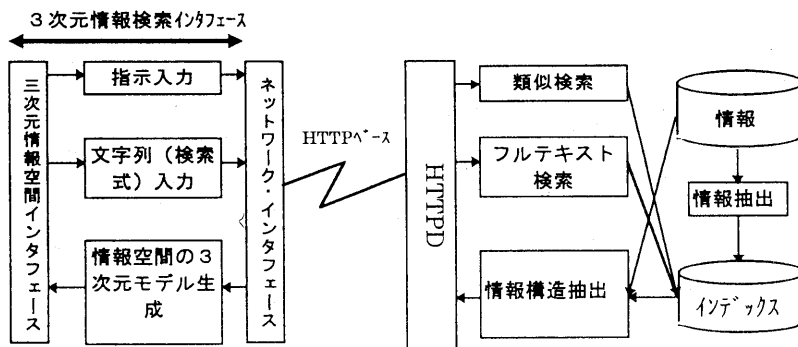


図9 情報検索との関係