

感性検索システムの設計手法：感性システムモデリング

荻野 晃 大[†] 加藤 俊 一[†]

本論文では、感性検索システムを効率的に設計、開発するための手法として、「感性システムモデリング」を提案する。感性検索システムとは、マルチメディアコンテンツの間の類似性や印象に関する各個人の主観的な評価に基づいて、その人に最適なコンテンツをデータベースやインターネットから検索するシステムである。我々の提案する感性システムモデリングでは、システム開発者の感性検索システムの設計を支援するために、(1) コンテンツの間の類似性や印象を各個人が知覚、解釈する過程を抽象化し、その過程を模倣した感性検索システムを設計するための図式的なモデル「感性フレームワークダイアグラム」と、(2) 感性検索システムの設計工程とその工程でのシステム開発者の作業を示したモデル「感性システムプロセスモデル」を定義した。本論文では、この感性システムモデリングを用いた感性検索システムの設計法と設計事例を示す。

KANSEI System Modeling: Design Method for *KANSEI* Retrieval Systems

AKIHIRO OGINO[†] and TOSHIKAZU KATO[†]

In this paper, we proposed a design method, *KANSEI* System Modelling, for *KANSEI* retrieval systems, which retrieve multimedia contents suitable for individual's subjective criteria about similarity or impression to multimedia contents. In the *KANSEI* System Modelling, we defined two methods to help a design and development of *KANSEI* retrieval systems for system engineers. One method is *KANSEI* Framework Diagram, which is a diagram to simulate and design an individual's evaluation process of similarity or impression to multimedia contents as a system process. The *KANSEI* Framework Diagram expresses an individual's evaluation process by abstracting it to 4 levels, which are a physical, physiological, psychological and cognitive. Second method is *KANSEI* System Process, which shows a design process of *KANSEI* retrieval systems for a prompt and smooth design. We showed a usage and sample of the *KANSEI* System Modelling in this paper.

1. はじめに

ある絵画を見て、「あたたかい」と感じる人もいれば「さわやか」と感じる人もいる。また2枚の絵画を見て、似ていると感じる人とそうでない人もいる。これは、各個人が画像や映像など（以後、コンテンツ）に関して、それらの類似性や印象を判断、評価する基準（以後、評価基準）を、それぞれ持っているためであると考えられる。本論文では、この1人1人が本来持っている評価基準を「感性」ととらえることとした。

近年、各個人が Google などの検索システムを用いて、インターネットやデータベースから、コンテンツを探せるようになってきている。しかしながら既存の検索システムは、キーとするコンテンツ（言葉）に類

似（対応）するコンテンツを探す基準となる評価基準を1種類しか持っていない。そのためこれらシステムは、だれが利用しても同じ検索結果しか提供できない。したがって異なる評価基準を持つ利用者は、自分の求めるコンテンツをなかなか見つけられないということが問題となっている。

このような問題を解決する方法として、感性検索システムの研究が進められている^{1)~6)}。感性検索システムとは、コンテンツに関する評価基準を教示学習などにより個人ごとにモデル化し、各利用者の評価基準モデルを用いてインターネットやデータベースからコンテンツを検索するシステムである。この感性検索システムを利用することで各個人は、絵画や品物などの画像、映像、3次元物体などを、各自の評価基準に基づいて検索できるようになってきている。

しかしながら、現在までに構築されている感性検索システムは、特定のコンテンツを対象とし、評価基準

[†] 中央大学理工学部

Faculty of Science and Engineering, Chuo University

をモデル化するアルゴリズムも特定のものに限定した形で設計されている．したがって現在の感性検索システムは，特定のアプリケーションにしか適用できない．またそのシステムに新しいコンテンツを適用したり，異なる検索方法（コンテンツをキーとした検索から，言葉をキーとした検索に変更する）を試みようとしたり，新たなアルゴリズムを追加したりする場合，システムを初めから設計しなければならない．さらに現在の感性検索システムの設計，開発では，検索手法の詳細が決定しないままプロトタイプを進めたり，設計途中で検索手法が変更されたりすることも多い⁷⁾．

このような設計が行われている背景には，感性検索システムの分野に関して，

- 人がコンテンツを知覚，解釈する過程は，どのような処理として表現できるのか？
- 感性検索システムを設計，開発するためには，どのようなデータや処理が必要で，それらをどのように組み合わせればよいのか？
- どのような手順で感性検索システムの設計を進めればよいのか？

という，感性検索システムへの要件を整理，分析して，その設計を進めるための方法論がないためであると考えられる．

このような問題を解決するために我々は，類似性や印象の評価の過程を図1のような4つの階層により表現して抽象化するモデル¹⁰⁾を提案してきている．

本論文では，我々が提案しているモデルに基づいて

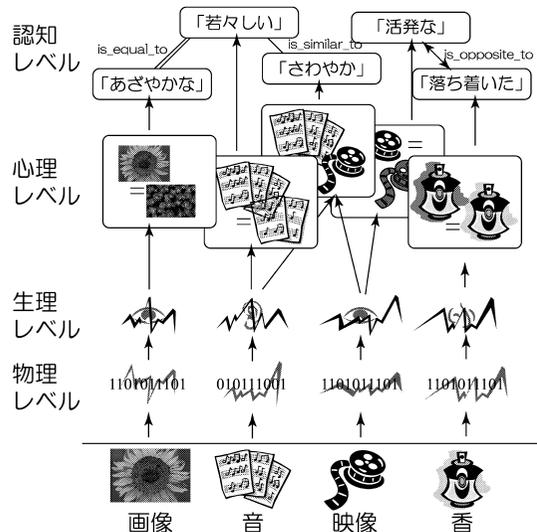


図1 感性フレームワーク：コンテンツの知覚，解釈の過程のモデル
Fig.1 KANSEI Framework: Perception and interpretation modeling process of similarity and impression to contents.

開発してきているコンテンツ検索システム⁸⁾やレコメンドシステム⁹⁾の設計，開発の評価をふまえて考案した，感性検索システムの設計法「感性システムモデリング」を提案する．この感性システムモデリングは，コンテンツの間の類似性や印象に関する各個人の知覚，解釈過程を抽象化する図式的なモデル「感性フレームワークダイアグラム」と，我々が提案しているモデルに基づく感性検索システムの設計工程のモデル「感性システムプロセスモデル」により構成される．

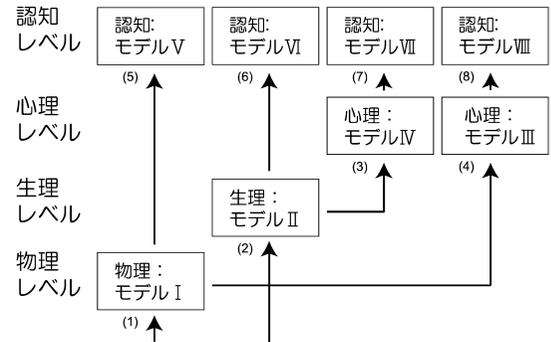
本論文では，我々が提案するモデルに基づいた感性検索システムの設計手法である感性システムモデリングを以下の構成で述べる．2章において，類似性や印象の評価の過程を抽象化するためのモデルについて述べる．3章において，感性システムモデリング（感性フレームワークダイアグラムと感性システムプロセスモデル）について述べる．4章では，感性システムモデリングを用いて感性検索システムを設計した例と，感性システムモデリングの特徴を述べる．5章では，感性システムモデリングと他の手法との比較を行う．

2. 感性フレームワークモデル

各個人は，コンテンツの間の類似性や印象に関して，各自の評価基準を持っている．利用者の検索要求を満たす検索システムを実現するためには，各利用者の評価基準をモデル化し，その人のモデルを用いてコンテンツを検索できる仕組みが必要である．

我々は，人間がコンテンツの類似性や印象を知覚，解釈する過程を，図1のように階層的にとらえ，また階層ごとに類似性や印象の評価基準があると考えている¹⁰⁾．本論文では，知覚，解釈過程を，階層的にとらえて整理したものを「感性フレームワーク」と呼ぶ．

図2は，図1を感性フレームワークの各レベルで



(注) 図中の番号は，評価基準モデルの推定処理の種類を示す．

図2 感性フレームワークに基づく評価基準モデルの推定処理
Fig.2 Modelling process of evaluation criteria based on KANSEI Framework.

推定される評価基準の関係に注目して整理したものである。本論文では、図2に基づいて推定される類似性や印象に関する各レベルの評価基準のモデルを、「評価基準モデル」と呼ぶ。以下に、感性フレームワークの各レベルの評価基準に関する定義を述べる。

- 物理レベル

コンテンツは、それぞれを表現する形状などの物理的な特徴を持っている。これら特徴を数量化し、比較することで、コンテンツ間の類似性を判定できる。感性フレームワークでは、この物理的な特徴に基づく類似性を「物理レベルの評価基準」とする。そして物理レベルの評価基準は、コンテンツの物理的な特徴のベクトルにより構成した空間（以後、特徴ベクトル空間と呼ぶ）におけるキーと他のコンテンツとの距離の近さとして表現する。

物理レベルの評価基準に基づくコンテンツ検索は、物理的な特徴ベクトル空間内における、キーと他のコンテンツの特徴ベクトルとの距離を計測することにより実現できる^{12),13)}。

- 生理レベル

人間は、初期感覚器を通して、各コンテンツを表現する種々の特徴（視覚では、明るさや色彩の平均やコントラストなど）を知覚し、コンテンツの間の類似性を評価していると考えられる。感性フレームワークでは、人の知覚特性に基づく特徴の類似性を「生理レベルの評価基準」とする。そして生理レベルの評価基準は、人に知覚される特徴により構成した特徴ベクトル空間におけるキーと他のコンテンツとの距離の近さとして表現する。

この生理レベルの評価基準のモデル化には、人間の初期の知覚過程の特性を模した特徴をコンテンツから抽出する必要がある。しかし、この知覚過程を模倣する一般的な特徴は提案されていない。我々はカラー画像に対しては、明暗や色彩の局所的な対比の構造に注目した特徴の抽出手法を考案している⁸⁾。

生理レベルの評価基準に基づくコンテンツ検索は、生理的な特徴に基づく特徴ベクトル空間における、キーと他のコンテンツとの距離を計測することにより実現できる^{14),15)}。

- 心理レベル

コンテンツ間の類似性に関する評価は、個人ごとに異なることが多い。これは、各個人が知覚したコンテンツの特徴に、各自の重み付けを行い、その類似性を評価しているためであると考えられる。感性フレームワークでは、各個人の知覚特性に基づく類似性を「心理レベルの評価基準」とする。そして心

理レベルの評価基準は、コンテンツから抽出した物理的（または生理的）な特徴に対して、各自の重み付けを行った主観的な特徴ベクトル空間におけるキーと他のコンテンツとの距離の近さとして表現する。

心理レベルの評価基準に基づくコンテンツ検索は、各個人の主観的な特徴ベクトル空間における、キーと他のコンテンツとの距離を計測することにより実現できる^{4),5)}。

- 認知レベル

各個人は、コンテンツに関する印象を、各自の基準で選択した言葉に対応させて解釈すると考えられる。感性フレームワークでは、言葉によるコンテンツの印象の解釈を、物理、生理、心理レベルの評価基準と、言葉との各個人の対応のさせ方としてとらえ、これを認知レベルの評価基準とする。この認知レベルの評価基準は、各個人の言葉とコンテンツの対応関係に基づいて物理、生理、心理的な特徴ベクトル空間に写像して生成した統合特徴ベクトル空間におけるキー（言葉）のベクトルとコンテンツのベクトルとの距離として表現する。

認知レベルの評価基準に基づくコンテンツ検索は、統合特徴ベクトル空間において、各個人の印象を表す言葉（たとえば、さわやか）を表すキーとするベクトルと、コンテンツを表すベクトルとの距離を計測することにより実現できる^{2),3)}。

3. 感性システムモデリング

本研究では、感性検索システムを、「各個人がコンテンツの類似性や印象を評価する過程を模擬し、コンテンツ検索に適用した仕組み」ととらえ、その設計を行うための方法として、「感性システムモデリング」を提案する。

感性システムモデリングは、システム開発者が感性フレームワークに基づいて、

- パターン認識：コンテンツの特徴を理解するため、
 - 主観評価法：コンテンツの類似性や印象に関する評価の仕方を数量化するため、
 - 統計処理：コンテンツの特徴と、個人のコンテンツの特徴に対する主観評価の相関を分析するため、
- を感性検索システムとして体系的に組み合わせて設計することを支援するためのモデリング手法である。感性システムモデリングは、以下の2つのモデルからなる。

- 感性フレームワークダイアグラム

各個人のコンテンツ間の類似性や印象の知覚、解釈過程を、抽象化してシステム上で模倣するための

表 1 感性フレームワークダイアグラムの記法
Table 1 KANSEI Framework Diagram notation.

呼称	図形記号	知覚,解釈の過程との対応	記号の意味
テンプレート		コンテンツを個人が知覚,解釈する過程	評価基準モデルの推定処理の雛形を示す.
データ		個人が知覚,解釈した情報	評価基準モデルの生成に用いられるデータを示す.
モデル		個人が持つ類似性や印象を評価する基準	感性フレームワークの各レベルの評価基準を示す.
アルゴリズム		個人が各自の評価基準に基づいて類似性や印象を評価する作業	評価基準モデルの推定処理を示す. (計測,学習,判定)
フロー	→	個人の知覚, 解釈情報の流れ	評価基準モデルの推定処理におけるデータ, モデル, プログラムの関係を示す.

図式的なモデル

● 感性システムプロセスモデル

感性検索システムの設計工程と、各工程でシステム開発者が行う作業を定義したモデル

また我々は、この感性システムモデリングを用いた感性検索システムの設計に対応した感性検索システム開発用プラットフォームを構築している¹¹⁾。システム開発者は、感性フレームワークダイアグラムをプラットフォーム用のコマンドに変換することで、感性検索システムを試作できる。

3.1 感性フレームワークダイアグラム

感性フレームワークダイアグラムは、各個人の知覚、解釈過程を、感性フレームワークにおける評価基準モデルの推定処理として、表 1 に示した 5 つの記号を用いて、図式化するものである。

テンプレートは、感性フレームワークに基づいた各レベルの評価基準の推定処理の過程を表し、その種類は図 2 に対応して 8 パターンある。感性フレームワークダイアグラムでは、各レベルの評価基準の推定処理を、パターン認識系の認識過程¹⁶⁾に基づいて整理し、以下のような種類と手順として定義している。

- 第 1 段階 (計測処理): コンテンツや主観評価の特徴を数量化 (評価基準モデルとなるデータを推定) する処理。
- 第 2 段階 (学習処理): 計測処理の結果を用いて、

各レベルにおける類似性や印象の判断基準をモデル化 (評価基準モデルを作成) する。

- 第 3 段階 (判定処理): 検索キーと対象との間の類似性や印象を、各レベルの評価基準モデルに基づいて判定する。

データは、各レベルの評価基準モデルのベースとなる、各個人が知覚 (解釈) した情報 (コンテンツ、類似性や印象の評価) を表し、ダイアグラムでは 3 本線で図示する。またモデルは、感性検索の検索基準として用いる、各個人の持つ類似性や印象に関する主観的な評価基準を工学的に模倣したデータであり、ダイアグラム上では長方形で図示する。アルゴリズムは、評価基準モデルの推定処理 (計測、学習、判定) を示し、本ダイアグラム上では角丸長方形で示す。そして、評価基準モデルの推定処理におけるデータ、モデル、アルゴリズムの関係は、フローを用いて示す。

また感性フレームワークダイアグラムでは、各記号の内容を「種類」と「属性、属性値」により表す。この種類や属性、属性値は任意であるが、本論文では各記号に対して以下のように定義している。

- アルゴリズムを表す種類: 計測, 学習, 判定
- データを表す種類: コンテンツ, 主観評価, 検索キー, 検索対象, 検索結果
- モデルを表す種類: レベル: モデル名 (たとえば, 生理: モデル II)

図 3 は、検索キーとするコンテンツ (たとえば、絵画) と、検索対象とするコンテンツ群 (たとえば、絵画データベース) との間の類似性を判定するという検

今回の論文は、設計手法の提案が目的であるため、プラットフォームに関する詳細な記述は別の論文¹¹⁾に示した。

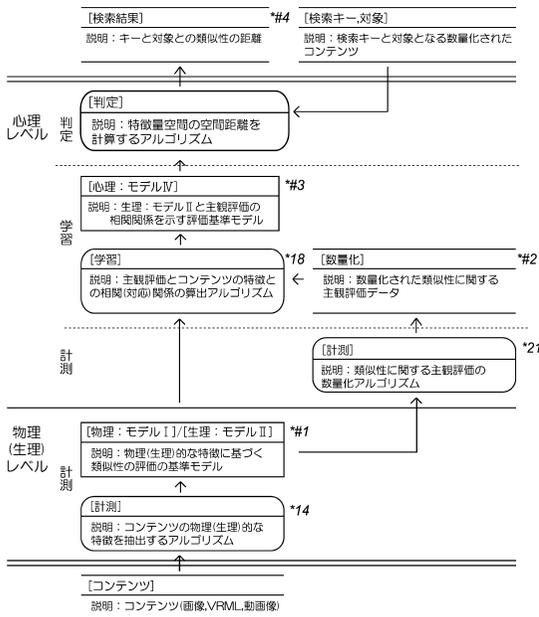


図3 感性フレームワークダイアグラム(生理 → 心理)の例
(注) 図中の番号(記号)は、付録に示したプラットフォームコマンド内の番号(記号)に対応する。

Fig. 3 Example of KANSEI Framework Diagram.

索の処理を、感性フレームワークダイアグラムを用いて図示した例である。この図3では、個人が絵画の間の類似性を知覚する過程を、生理：モデルII → 心理：モデルIV(図2の(3)の過程)の感性フレームワークに対応したテンプレートとして表現している。そしてこの例の知覚過程における類似性の評価基準は、人間の視覚特性に基づいて推定した生理レベルの評価基準モデルと、コンテンツの間の類似性に関する主観評価を数量化したデータにより推定される心理レベルの評価基準モデルとして表現している。

また、この図3として記述した感性システムダイアグラムを、我々が開発しているプラットフォームコマンドで記述した例と、このコマンドをテキスト画像に利用して処理した結果(コマンド出力結果)を、付録A.1に示した。

3.2 感性システムプロセスモデル

本論文では、感性検索システムの設計工程と各工程でシステム開発者が行う作業を、以下の3つのフェイズとして定式化した。

- フレームワーク決定フェイズ
- プロセス化フェイズ
- システム化フェイズ

本論文では、この感性検索システムの設計工程を示したモデルを「感性システムプロセスモデル」と呼ぶ。

3.2.1 フレームワーク決定フェイズ

フレームワーク決定フェイズでは、システム上で模倣する感性フレームワークを決定する。本論文では、システム開発者が感性フレームワークを決定するうえで考えるべき事柄を、3つのポイント(コンテンツ, 数量化法, 検索法)として整理した。

たとえば、「絵画を対象とし、検索キーとした印象語(または印象語群)に適する絵画を、個人の評価基準に基づいて提供できるシステム」を設計したいという要求は、以下のように整理できる。

- コンテンツ：感性検索システムが対象とするコンテンツの種類やそのデータ型は？
 - 画像(ppm形式)の絵画。
 - 数量化法：コンテンツの間の類似性や言葉とコンテンツの間の印象を示した各個人の主観評価や、評価対象であるコンテンツの特徴を、どのような方法で数量化するのか？
 - 主観評価：サンプルの絵画の印象を、印象語群(たとえば、さわやかやあたたかいなど)の度合い(10段階)を採点する。
 - コンテンツ：生理レベルの評価基準となる特徴(カラーヒストグラムなど)を用いる。
 - 検索法：検索キーと検索対象との間の類似性や印象をどのような方法で判定するのか？
 - 検索キーとする印象語群の特徴と、検索対象とする画像(群)の特徴の類似性を空間距離(たとえば、ユークリッド空間)の近さにより判定する。
- この段階は、一般的な情報システムの開発におけるドメインの選定に対応する。

3.2.2 プロセス化フェイズ

プロセス化フェイズでは、選定した感性フレームワークに基づいて、データ、モデル、アルゴリズム(以後、これらをまとめてシステム要素と呼ぶ)の関係を図示し、感性フレームワークダイアグラムを作成する。各個人の類似性や印象の主観的な評価の仕方をモデル化するためのアルゴリズムには、様々な主観評価法(たとえば、SD法や順序法)や分析法(たとえば、統計的手法、ファジー理論、ラフ集合など)がある。感性フレームワークダイアグラムを設計するうえで用いられる感性検索システム用のアルゴリズムを付録A.2にいくつか抜粋し整理した。

まずシステム開発者は、システムが対象とするコンテンツや提供するサービスに応じて、最適なアルゴリズム(たとえば絵画には、絵画の特徴を抽出するのに適したアルゴリズム)を選定する。次にシステム開発者は、感性フレームワークが規定する階層的な処理に

表 2 詳細感性フレームワークダイアグラムにおける各記号の属性、属性値の表記法

Table 2 Notation of symbols in specific *KANSEI* Framework Diagram.

記号	意味
A=b	右辺の要素Aは、左辺bとして定義される。属性Aは、属性値bをもつ。
+	要素または属性値は、+で並べられる。
[]	大括弧内で区切られた属性値bの内一つを選択する。
(b)	括弧内の属性値bを選択(不選択)できる。
m(b)n	中括弧内にある属性値bをm回以上、n回以下繰り返す。
x/y	xはyのデータ型を表す。
z<c-d>	zはc以上d以下の値を範囲の値をとる。

に基づいて評価基準の推定処理（計測 → 学習，または計測 → 学習 → 判定）が進むように，各レベルのシステム要素の関係を整理，図示する．最後にシステム開発者は，選定したフレームワークの階層性に基づいて各レベルの評価基準の推定処理を組み合わせて，感性フレームワークダイアグラムを作成する．

感性フレームワークダイアグラムの作成は，システムが対象とする領域の現象を，システムの機能や動作として理解するために抽象化するドメインモデルに基づく分析に対応する．

3.2.3 システム化フェイズ

システム化フェイズでは，感性フレームワークダイアグラムに基づいて，選定したレベルのシステム要素の構造やそれらの関係をプログラミング可能なレベルまで詳細化する．本論文では，感性フレームワークダイアグラムにおけるシステム要素の論理的な構造¹⁷⁾を表 2 を用いて規定した．たとえば，生理レベルの計測アルゴリズムの内容は，以下のようになる．

- アルゴリズム：局所コントラスト
- 実装言語：C 言語
- 処理の入力：


```
File/ {String/Name+String/Path} n
```

 n 種類の画像名とそのアドレスを持つファイル
- 処理の出力：


```
File/ {String/Name+ {Double/Feature} m} n
```

 n 種類の画像名とその画像から抽出した m 個の特徴量（double 型）を持つファイル

この過程は，システム設計におけるドメインモデルをコンピュータ上に実現できる計算モデルに変換する作業に対応する．

4. 本手法を用いた設計例と本手法の特徴

本章では，3.2.1 項で用いた例を感性システムモデ

リングに基づいて設計する過程を以下に示す．

4.1 フレームワーク決定フェイズでの設計

感性フレームワークでは，言葉を用いたコンテンツの解釈過程を認知レベルに，視覚特性に基づいたコンテンツの知覚過程は生理レベルにそれぞれ分類している．したがって，例に示した検索要求は，感性フレームワークにおける生理から認知レベルの間の評価基準モデルの推定処理 [以後，この過程を感性フレームワーク（認知）と呼ぶ] ととらえられる．またこの感性フレームワーク（認知）には，図 2 に示したように，4 つの処理（モデル V ~ モデル VIII の評価基準モデルの推定処理）が考えられる．今回の例では，生理：モデル II → 心理：モデル IV → 認知：モデル VII の評価基準モデルを推定する過程（図 2 の (7) の推定処理）を用いることとした．

4.2 プロセス化フェイズでの設計

図 4 は，感性フレームワーク（認知）上に，各レベル（生理，心理，認知）の評価基準の推定処理と，その処理におけるシステム要素の間の関係を図示した感性フレームワークダイアグラムの例である．

この感性フレームワークダイアグラムを作成するために，まずシステム開発者は，前フェイズにおいて選定した感性フレームワーク（認知）のテンプレートを図示する．この例のテンプレートは，生理，心理，認知レベルから構成され，各レベルの評価基準モデルの推定処理は，計測 → 学習（または，計測 → 学習 → 判定）の手順で段階的に進むことを示している．

そしてシステム開発者はテンプレート上に，「入力：データ（モデル） → アルゴリズム → 出力：モデル（データ）」という評価基準を推定するための処理を図示することで，このダイアグラムを作成できる．感性フレームワークの 4 つのレベルの一般的な評価基準の推定処理をデザインパターンとして，付録 A.3 に図示した．

4.3 システム化フェイズでの設計

システム開発者は，感性検索システムの処理内容を詳細化するために表 2 の規定に基づいて，各システム要素を論理的な構造で記述し，感性フレームワークダイアグラムを詳細化する（以後，詳細感性フレームワークダイアグラムと呼ぶ）を作成する．図 5 は，図 4 を詳細化して図示した詳細感性フレームワークダイアグラムである．

この詳細化によりシステム開発者は，データ（モデルのデータ）を入出力とし，アルゴリズムに基づいたプログラムを作成し，詳細感性フレームワークダイアグラムをもとにそれらを組み合わせることで感性検索

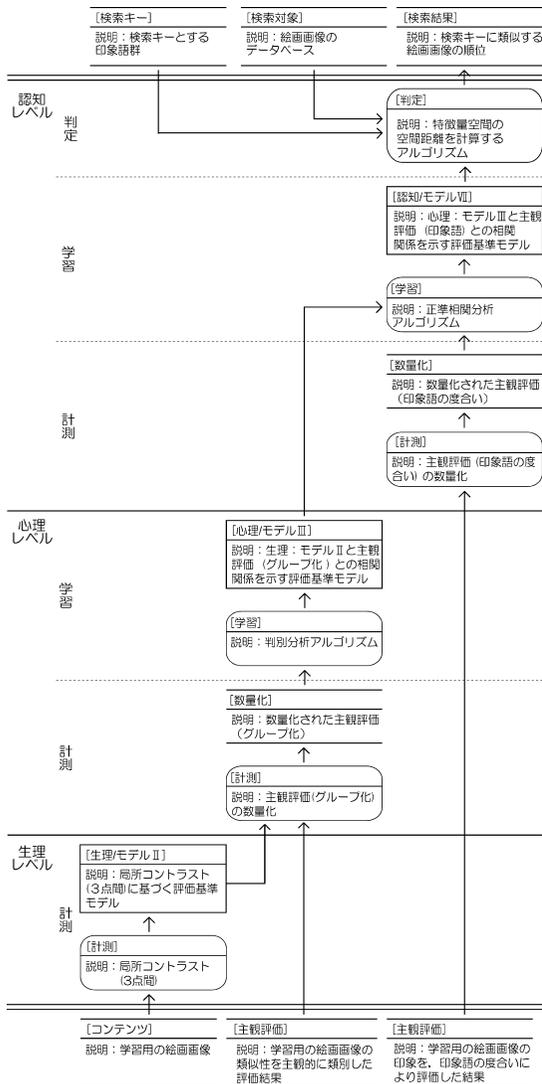


図 4 感性フレームワークダイアグラム (生理 → 心理 → 認知) の例

Fig. 4 Example of detailed KANSEI Framework Diagram.

システムを開発することが可能となる。

4.4 感性検索システムの開発における本手法の特徴
感性システムモデリングを用いた感性検索システムの設計の特徴は、以下のようにまとめることができる。

- (1) コンテンツの間の類似性や印象に関する個人の知覚、解釈過程の抽象化と感性検索システムの設計工程の手順化により、感性検索システムを系統的に設計できる。
- (2) システム上で模倣する個人の知覚、解釈過程の決定とその過程を推定するために必要なデータ群やアルゴリズムを明確化できる。

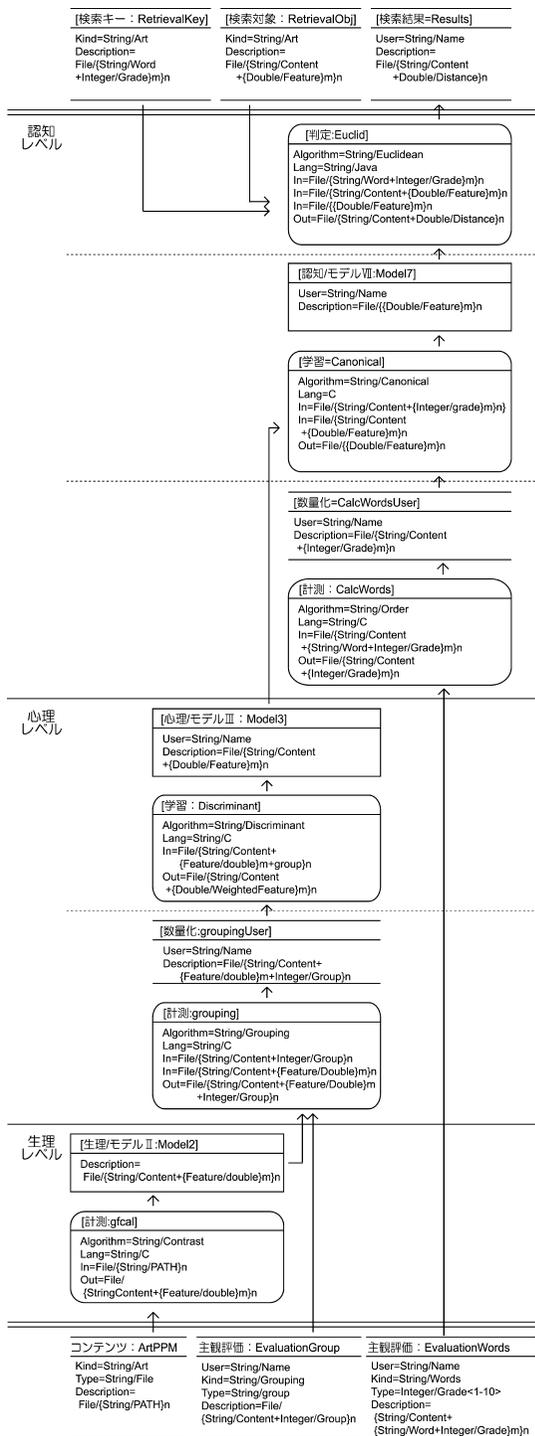


図 5 詳細感性フレームワークダイアグラム (生理 → 心理 → 認知) の例

Fig. 5 Example of detailed KANSEI Framework Diagram.

- (3) システム上で模倣する知覚，解釈過程の変更，修正に必要なデータ群とアルゴリズムを把握できる．

感性フレームワークダイアグラムでは，各個人のコンテンツの間の類似性や印象に関する知覚，解釈過程を，4つのレベル（物理，生理，心理，認知）に階層化し，各レベルにおけるコンテンツの間の類似性や印象の推定処理として抽象化している．したがって，このダイアグラムによりシステム開発者は，システム上で模倣したい知覚，解釈過程に基づいて各レベルの評価基準の推定処理の組み合わせることで，感性検索システムを図式的に表現できる．

またこの知覚，解釈過程を図式的に抽象化することで，システム開発者は「知覚，解釈過程の模倣に必要な評価基準モデルはどのレベルのものであり，またそのモデルはどのようなデータ（コンテンツや主観評価）やアルゴリズムを用いればよいか」ということを視覚的に整理，把握できる．

さらに，システム化する知覚，解釈過程の変更では，「どのレベルの，どのシステム要素を変更すればよいか」ということの把握が容易になるため，迅速な設計仕様の変更を実現できる．たとえば，「言葉を検索キーとした検索方法」から，「コンテンツを検索キーとした検索方法」への変更は，感性フレームワーク（認知）を感性フレームワーク（心理）へ変更することであり，システム開発者は認知レベルの推定処理（図4の認知レベルにおける計測 → 学習処理の部分）を削除することでこの変更を実現できる．またアルゴリズムの変更も，関係するレベル内の推定処理を変更するだけで，他のレベルの処理に影響することなくスムーズにアルゴリズムを変更できる．

5. 関連研究との比較

感性検索システムは，人が外界からの情報を知覚，解釈する過程に基づいてデータベースなどからコンテンツを検索するシステムである．したがって，システム開発者は，この知覚，解釈過程をシステム上でモデル化するようにシステムを設計しなければならない．

顧客や在庫などを対象としたシステムに対して，以前から提案されてきているモデル¹⁷⁾は，

- データフローモデル：定型業務処理の分野など人間が行う作業に注目したモデル
- 状態遷移モデル：製品の製造工程における各プロセスの状態を管理するために時系列処理に着目したモデル

のように，外界における人間または物の移動や変化の

過程をモデル化したものがほとんどである．

これに対して本研究で提案した感性フレームワークダイアグラムは，コンテンツの間の類似性や印象に関する主観的な知覚，解釈過程を，4つのレベルに階層化し，各レベルでの評価基準の推定処理の組合せにより表現するモデルである．したがって，システム開発者は，知覚，解釈過程を表すテンプレートの上で，

- 各個人が知覚，解釈する情報を表すデータ
- その人のコンテンツ間の類似性や印象に関する評価基準を表すモデル
- 各個人がその人の評価基準で知覚，解釈した情報の評価の仕方を表すアルゴリズム

を用いて，各レベルの評価基準の推定処理を図示することで，主観的な知覚，解釈の仕組みを，このシステム上で模倣できる．また，システム上で模倣する知覚，解釈過程の変更も，テンプレートの変更や各レベルにおけるアルゴリズムの変更などの部分的な修正だけで実現できる．

また感性検索システムを設計するためには，

- 「各個人のコンテンツに対する主観的な評価基準をどのような方法で数量化するのか？」
- 「コンテンツと主観評価との各個人の対応関係をどのような方法で推定するのか？」
- 「検索キーを印象語（群）とする検索方式にするのか？それとも検索キーをコンテンツとする検索方式にするのか？」

など，他の検索システムでは考えることがない事柄を，感性検索システムの設計では決めていかなければならない．検索システムを「どのように設計，開発を進めていけばよいか」ということは，ソフトウェア工学におけるウォーターフォールモデルやスパイラルモデルなどとして提案されてきている¹⁷⁾．このプロセスモデルは，対象とする検索システムの性質に応じて選択されるものであり，検索システムの設計，開発工程の作業内容や作業間の受け渡しは，各モデルに基づいて決定されている．しかし既存のプロセスモデルでは，先に述べた感性検索システムの設計に関する特有の作業に関して述べられていないため，これらをそのまま適用するのは難しい．

このような問題に対して，本研究で提案した感性システムモデリングでは，感性検索システムの設計，開発を，(1) 感性検索システムの枠組みとなる感性フレームワークを決めるフレームワーク決定フェイズ，(2) 決定した感性フレームワークに基づいて，各個人の知覚，解釈過程を感性フレームワークダイアグラム化するプロセス化フェイズ，(3) 感性フレームワークダイアグ

ラムをシステム開発者がプログラミング可能なレベルまで詳細化（データのデータ型やアルゴリズムのインタフェースを決定する）するシステム化フェイズに分け、各フェイズにおける開発者の作業を定式化した。

6. ま と め

本論文では、感性フレームワークモデル¹⁰⁾に基づく感性検索システムの設計手法とし、感性フレームワークダイアグラムと感性システムプロセスモデルからなる感性システムモデリングを提案した。

感性フレームワークダイアグラムで我々は、各個人のコンテンツの間の類似性や印象に関する知覚、解釈過程を、感性フレームワークの階層過程を表したテンプレートと、知覚、解釈過程の各階層における評価基準の推定処理を表すアルゴリズム、データ、モデルを用いて、モデル化することを可能とした。また、感性フレームワークダイアグラム内で用いた各記号のデータ型やアルゴリズムのインタフェースなどに関して詳細化した詳細感性フレームワークダイアグラムを作成することで、設計から開発まで継ぎ目なく進めていくことができた。

感性システムプロセスモデルにおいて我々は、現在まで場当たりの開発がなされている感性検索システムの設計、開発プロセスを、(1) コンテンツ、数量法、検索法の観点から感性検索システムの要求を整理するための感性フレームワーク決定フェイズ、(2) 選定した感性フレームワークの階層性に基づいて、各レベルの各システム要素の関係を図示し、感性フレームワークダイアグラムを設計するプロセス化フェイズ、(3) 設計した感性フレームワークダイアグラムのアルゴリズムやデータなどのインタフェースやデータの記述法を定義するシステム化フェイズ、として定式化した。

感性システムモデリングを用いることでシステム設計者は、他の要求分析手法では表現することが難しい、コンテンツの間の類似性や印象に関する人間の知覚、解釈過程に基づいた感性検索システムの処理を設計、開発することができる。また、今までの感性検索システムでは、不明確なシステムの設計工程に基づいた安易な設計進行や設計途中でその内容を変更する場当たりの設計が行われていたが、感性システムモデリングを用いることで系統的な感性検索システムの設計を実現できる。

さらに我々は、この感性フレームワークダイアグラムに対応した感性検索システム用のプラットフォームを開発している¹¹⁾。そして我々は、このプラットフォーム

を利用して、感性フレームワークダイアグラムを用いて設計した感性検索システムのプロトタイプの開発を実現している^{8),9)}。

参 考 文 献

- 1) 清木 康, 金子昌史, 北川高嗣: 意味の数学モデルによる画像データベース探索方式とその学習機構, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J79-D-2, No.4, pp.509-519 (1996).
- 2) 木本晴夫: 感性語による画像検索とその精度評価, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, pp.886-898 (1999).
- 3) 加藤俊一, 栗田多喜夫: 画像の内容検索, 電子美術館への応用, 情報処理, Vol.33, No.5, pp.466-477 (1992).
- 4) 栗田多喜夫, 下垣弘行, 加藤俊一: 主観的類似度に適応した画像検索, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.2, pp.227-237 (1990).
- 5) 鈴木一史, 加藤俊一, 築根秀男: 主観的類似度に適応した3次元多面体の検索, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.J82-D-I, pp.185-193 (1999).
- 6) 宝珍輝尚, 都司達夫: 印象に基づくマルチメディアデータの相互アクセス法, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.43, No.SIG2(TOD13) (2001).
- 7) 大澤 光: 「印象の工学」とはなにか, 丸善プラネット (2000).
- 8) 多田昌裕, 加藤俊一: 階層的分類を用いた視覚感性のモデル化と類似画像検索への応用, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.44, No.SIG 8(TOD 18), pp.37-45 (2003).
- 9) 矢野絵美, 北野有亮, 末吉恵美, 篠原 勲, ピンヤボンシニーナット, 加藤俊一: 消費者の感性モデルを利用したレコメンデーションシステムの構築, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.44, No.SIG8(TOD18), pp.46-54 (2003).
- 10) 西尾章治郎ほか: 情報の構造化と検索, pp.168-221, 岩波書店 (2000).
- 11) 荻野晃大, 加藤俊一: 感性検索システムの開発のための概念設計方法とソフトウェアプラットフォーム, 日本データベース学会 Letters, Vol.3, No.4, pp.5-8 (2005).
- 12) 山田秀秋, 上原邦昭, 田中克己: VRMLの論理構造に基づく3次元画像検索エンジンの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.4, pp.901-910 (1998).
- 13) 市田浩靖, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎: 実物体を利用した3次元形状モデル検索, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2556-2564 (2003).
- 14) 呉 君錫, 金子邦彦, 牧之内顕文, Sang-Hyun Bae: Wavelet-SOM に基づいた類似画像検索システムの設計・実装と性能評価, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.41, No.SIG1 (TOD8) (2000).

- 15) 小早川倫広, 星 守, 大森 匡: ウェブレット変換を用いた対話的類似画像検索と民俗資料データベースへの適用, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, pp.899-911 (1999).
- 16) 坂井利之: 情報基礎学—通信と処理の基礎工学, pp.107-252, コロナ社 (1982).
- 17) 中所武司: ソフトウェア工学, 朝倉書店 (1997).

付 録

A.1 プラットホームコマンド

図 6 は、本文中の図 3 に示した感性フレームワークダイアグラムを、我々が開発している感性検索システム用ソフトウェアプラットフォーム¹¹⁾ のコマンドで記述した例である。図内の左の番号は行番号を示す。下記のプラットフォームコマンド内の番号(記号)は、図 3 内に示した番号(記号)に対応している。

● 感性検索システムの宣言

1 行目では、“Physiological-Psychological” というシステム名の感性検索システムを設計することを宣言している。

● 生理レベルの評価基準の推定処理

2 行目では、感性フレームワークにおける生理レベルの計測処理の定義が、等号(=)の右辺により定義されることを示している。3 行目に示される大括弧(以後、プロパティと呼ぶ)内に示される番号は、データベース内のアルゴリズムの ID を示す。このアルゴリズムは、4-5 行目に示した%(#)で表現されるプロパティを入出力(%は入力,#は出力を表す)として持つ。ID = 14 のアルゴリズムは、4 行目のコンテンツ名のリストが記述されたファイルを入力として受け取り、各コンテンツから特徴を推定し、その結果(= 生理レベルの評価基準モデル)を 5 行目に示される形式でファイルに書き出す。

● 心理レベルの評価基準の推定処理

6-9 行目では、心理レベルの計測処理を行うアルゴリズムと、その入出力に関して記述している。11 行目に示した ID = 18 のアルゴリズムは、入力として生理レベルの評価基準モデル(#1)と数量化した主観評価(#2)をとり、#1と#2の間の相関関係を推定して、12 行目に示した型で心理レベルの評価基準モデル(#3)を出力する。

● 心理レベルの感性検索の実行処理

14 行目に示した ID = 31 のアルゴリズムは、検索用データ(心理レベルの評価基準モデル(#3)と、15 行目に示した検索キー(1 行目)と検索対象(2 行目以降)のコンテンツ名とその特徴量)が記載され

```
1.CREATE SYSTEM Physiological-Psychological
2.{(Physiological-MEASUREMENT=
3.[14,SET,%]
4.[%,file,{String/Name\}m]n]
5.[#1,file,{String/Name+{Double/Feature}m]n]}
6.{Psychological-MEASUREMENT=
7.[21,SET,%]
8.[%,file,{String/Name+{String/Class}m]n]
9.[#2,file,{String/Name+{Integer/Class}m]n]}
10.{Psychological-LEARNING=
11.[18,SET,%] [%,file,#1] [%,file,#2]
12.[#3,file,{String/Name+{Double/Feature}m
+{Integer/Class}n]}]
13.{Psychological-Determination=
14.[31,SET,%] [%,file,#3]
15.[%,file,{String/Name+{Double/Feature}m]n]
16.[#4,file,{String/Name+{Double/Distance}m]n]}]
注：左の番号は、説明のための行番号。
```

図 6 図 3 に示した感性フレームワークダイアグラムのコマンド変換例

Fig. 6 Example of command for KANSEI Framework diagram.

```
-- Inputed Key and Object's Features --
Key:al002.ppm,29.44531,19.54114,35.24103,...
Object:al032.ppm,22.60394,0.86486,20.96875,...
Object:al076.ppm,64.68182,3.25558,62.99664,...
Object:al076.ppm,64.68182,3.25558,62.99664,...
...

-- Inputed Matrix of User A --
0.41224,0.52351,40.53042,34.93979,
...

-- Retrieval Results --
Key: 0.0=a1002.ppm],
Candidate1: 1.0029620884053163E7=ptx083.ppm,
Candidate2:1.0081188302751996E7=p001008.ppm,
Candidate3:1.0091378354155779E7=st120.ppm,
Candidate4:1.0092726229134081E7=p013013.ppm,
Candidate5:1.0155356920367578E7=p002010.ppm,
...
```

図 7 図 6 にサンプルデータを適用した感性検索システムの実行例 Fig.7 Example of an execute command with sample data.

たファイルを入力としてとり、検索キーと検索対象との類似性を心理レベルの評価基準により判定した結果(#4)を、16 行目に示した記述法で出力する。

図 7 は、Physiological-Psychological システムに、サンプルデータ(テキスト画像と、利用者 A のテキスト画像に対する心理レベルの評価基準モデル)を適用し、感性検索を実行した例である。

– Inputed Key and Object's Features: コマンドに検索キーと検索対象とするコンテンツの特徴ベクトルを記述したデータ。

– Inputed Matrix of User A: 個人 A の主観評

表 3 感性検索で用いられるアルゴリズムの例

Table 3 Example of algorithms for KANSEI retrieval systems.

分類	名前	説明
計測 (コンテンツ)	カラーヒストグラム	パターン認識の分野で用いられる画像や映像などの特徴を表すデータを抽出する方法
	テクスチャ局所自己相関局所コントラスト	
計測 (主観評価)	イメージ語の度合い付け	サンプルコンテンツから受ける印象を、各印象語に対して度合いを付与して示す方法
	SD法	
	グルーピング	類似するコンテンツを同じグループに分類することで、印象を示す方法
	索引付け	コンテンツの印象をあらかじめ決められた印象語から選択して付与することで示す方法
学習	(重)回帰分析	印象語とコンテンツの間の対応関係、コンテンツの間の相関関係を算出するための統計的手法
	(正準)相関分析	
	判別分析	
	主成分分析	
判定	ユークリッド距離	数量化された印象語やコンテンツの特徴により構成される特徴空間上の距離を測る方法
	マハラノビス距離 市街地距離	

物理/生理レベル

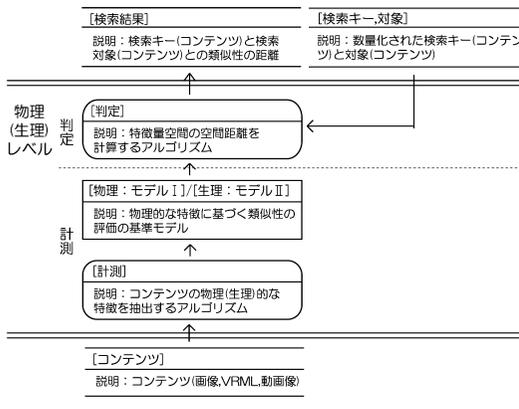


図 8 感性フレームワークダイアグラムのデザインパターン：物理/生理
Fig. 8 Design template of KFD: Physical/Physiological.

価を数量化したデータ。

– Retrieval Results：上記の 2 つの感性検索結果のデータ。

システム開発者は、感性システムモデリングに基づいたプラットフォームを用いることにより、数行のプラットフォームコマンドの記述と検索用のデータを用意することで、感性検索システムを設計、開発、実行することができる。

感性フレームワークに基づく感性検索のアルゴ

心理レベル

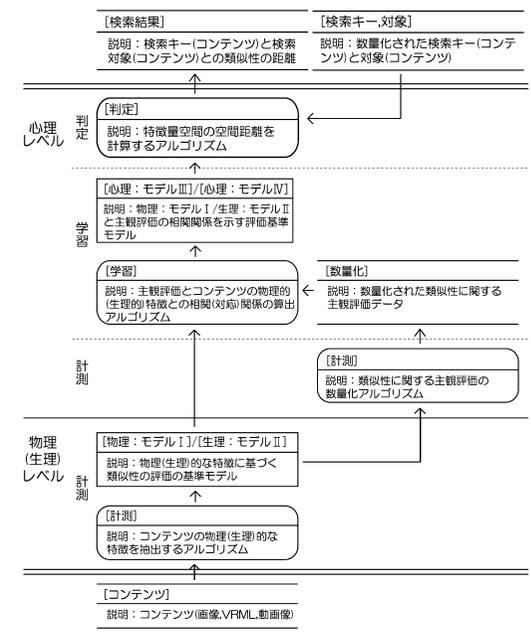


図 9 感性フレームワークダイアグラムのデザインパターン：心理
Fig. 9 Design template of KFD: Psychological.

認知レベル

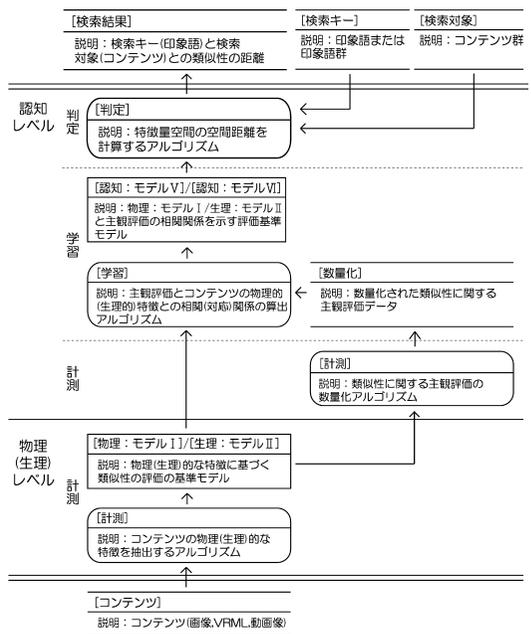


図 10 感性フレームワークダイアグラムのデザインパターン：認知 1
Fig. 10 Design template of KFD: Cognitive 1.

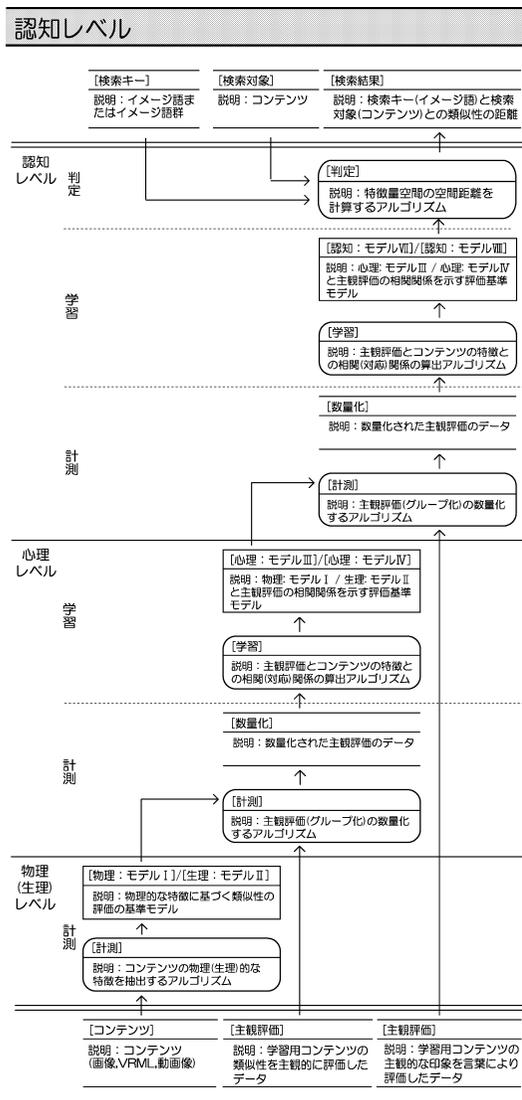


図 11 感性フレームワークダイアグラムのデザインパターン：認知 2
Fig. 11 Design template of KFD: Cognitive 2.

リズムとその結果の適合率などの評価については、論文 8) を参照されたい。また現在のプラットフォーム¹¹⁾ は、検索結果の表示などの GUI を持っていない。今後、プラットフォーム用の GUI を開発していく予定である。

A.2 感性検索に用いられるアルゴリズムの例

表 3 は、感性検索システムを設計するうえで重要と

なる評価基準の推定処理や、その評価基準に基づいてコンテンツの間の相関関係や言葉とコンテンツの間の対応関係を判定するのに利用されるアルゴリズムを抜粋してまとめたものである。このほかにもファジー理論やラフ集合などが、評価基準のモデル化に利用されている。

A.3 デザインパターン

感性フレームワークダイアグラムの基本的な型として、4 種類のデザインパターンを図 8、図 9、図 10、図 11 に示した。感性検索システムの開発者は、このデザインパターンを基本の雛形とし、補助的なアルゴリズム（画像のデータ型の変更やコンテンツを表す特徴量の次元を減らすなど）を追記することで、感性検索システムを設計できる。

(平成 17 年 9 月 20 日受付)

(平成 17 年 11 月 7 日採録)

(担当編集委員 宇陀 則彦)



荻野 晃大 (正会員)

中央大学理工学部経営システム工学科助手・博士(工学)。2005 年より現職。感性検索システムの設計論とそれに基づくプラットフォームに関する研究、感性情報処理とユビキタスコンピューティングやマルチメディアデータベースとの融合に関する研究に従事。電子情報通信学会、日本感性工学学会、日本データベース学会各会員。



加藤 俊一 (正会員)

中央大学理工学部経営システム工学科教授・工学博士。1985 年京都大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程単位取得退学。1986 年電子技術総合研究所(現、産業技術総合研究所)入所。同所知能システム部対話システム研究室長。1997 年より現職。産業技術総合研究所、ATR 知能ロボティクス研究所の客員研究員。感性工学、パターン認識・理解、マルチメディアデータベース、HCI 等の研究に従事。電子情報通信学会、日本感性工学会、日本建築学会、IEEE (CS および SMC) 各会員。