

感性検索システムの設計と試作の支援環境：感性工房

荻野 晃大* 加藤 俊一**

*中央大学理工学研究科, **中央大学理工学部

KANSEI KOBO: EXPERIMENT SYSTEM FOR DESIGN AND PROTOTYPING OF KANSEI RETRIEVAL ALGORITHMS

*Akihiro OGINO, **Toshikazu KATO

**Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, 1-13-27, Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8551, Japan*

***Faculty of Science and Engineering, Chuo University, 1-13-27, Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8551, Japan*

Abstract: Recently, research and development of KANSEI retrieval algorithms are have been carried out. These algorithms use retrievals of multimedia contents based on individual criteria of similarity or impression about contents. However, effective conceptual models for building these algorithms aren't still established. There is no support environment for design and prototyping of these algorithms, even though researchers understand the necessity of it. In this paper, we propose a conceptual model for design of KANSEI retrieval algorithm based on a framework of KANSEI hierarchy. We propose a software platform for prototyping KANSEI retrieval algorithms based on the conceptual model. We show an availability evaluation of our software platform by comparing a development with our platform to a development without our platform about algorithm development coding cost.

Keywords: KANSEI modelling, KANSEI retrieval, conceptual model, software platform

1. はじめに

近年、コンテンツの類似度の評価に関する個人あるいはグループ（以後、利用者）の主観的な基準（以後、類似度基準）に適したコンテンツを検索する、感性検索システムが盛んに研究・開発されている[注 1-6]。本論文の範囲内では、この利用者の類似度基準を感性と呼ぶ。

しかしながら、感性検索システムの概念設計の有効な方法論と、感性検索システムの試作と評価を支援するための環境は未だに確立されていない。そのため多くの研究者は、この感性検索システムの概念設計は明確に行われておらず、統計的手法やパターン認識の手法などを試行錯誤して組み合わせることが、結果的に感性検索システムの概念設計を行うことになっている。また研究者は、数千から数万行のコードを記述して、設計した感性検索システムの性能を評価するための環境を開発している。このような状況は、感性検索システムの開発のボトルネックとなっている。

我々は、感性の階層性に基づく感性検索の枠組みを提案してきた[注 7]。我々は、この感性検索の枠組みにおいて、類似度基準の与え方と、キーとするデータとデータベース内のデータのデータ型により、検索方式には、以下のような違いがあると考え、4つの方式に分類している。

(1) 物理レベルの類似性に基づいた検索方式

コンテンツの物理的な特徴に関する類似度基準(以後、物理的な類似度基準)を用いて、キーとするコンテンツに類似する

他のコンテンツを検索する方式。

(2) 生理レベルの類似度に基づく検索方式

人間の生理的なメカニズムにおける類似度基準(以後、生理的な類似度基準)を用いて、キーとするコンテンツに類似する他のコンテンツを検索する方式。

(3) 心理レベルの類似度に基づく検索方式

利用者のもつ、コンテンツに対する主観的な類似度基準(以後、主観的な類似度基準)を用いて、キーとするコンテンツに類似する他のコンテンツを検索する方式。

(4) 認知レベルの類似度に基づく検索方式

利用者のもつ、コンテンツに対する視覚的な印象(言語的解釈)に基づく主観的な類似度基準(以後、言語的な類似度基準)を用いて、キーとする印象を表す言葉(イメージ語)に対応するコンテンツを検索する方式。

そして我々は、上記の(1)、(2)の物理的・生理的な類似度基準の上に、主観的な類似度の評価の仕方を示す外的基準を反映させたものが、上記の(3)、(4)の主観的な類似度基準だと考えている。

本研究において我々は、この感性検索の枠組みにおける、(I) 検索方式、(II) 類似度基準のモデル化手法、(III) 感性検索の実現方法、の関係を整理し、感性検索システムの概念設計の方法を提案する。そして本研究において我々は、この感性検索システムの概念設計と、設計した感性検索システムの試作と試行を支援する環境、「感性工房」を開発した。

2. 感性の階層性に基づく感性検索の枠組み

我々は、感性の階層性に基づく感性検索の枠組みを提案してきた[注 7]。我々は、この感性検索の枠組みにおいて、類似度基準の与え方と、キーとするデータとデータベース内のデータのデータ型(ドメイン)により、コンテンツの検索方式には、以下のような違いがあると考えている。

本論文では、この感性検索の枠組みに基づいて設計された検索システムを総称して、感性検索システムと呼ぶ。

2.1. 物理レベルの類似度に基づく検索方式

コンテンツは、物理的な特徴(例えば、画像の表色系:RGB のヒストグラムや VRML の頂点密度の分布など)により表現される。そして物理的な特徴の類似度は、各コンテンツが持つ物理的な特徴量(以後、物理的特徴パラメータ)の間の距離の近さにより表現でき、またこの類似度は変化することはないと考えられる。我々は、このような類似度基準(以後、物理的な類似度基準)を用いて、キーとするコンテンツに類似する、他のコンテンツを検索する方式を、物理レベルの類似度に基づく検索方式として分類した。

本レベルの検索としては、VRML 形式の 3D 物体の物理的特徴パラメータにより構成される空間内において、キーとする VRML 形式の 3D 物体と空間的な距離が近い、他の VRML 形式の 3D 物体を検索する、類似検索が挙げられる[注 8,9]。

2.2. 生理レベルの類似度に基づく検索方式

人の初期視覚は、コンテンツの明るさや色彩の平均、明るさや色彩の対比(コントラスト)、明るさや色彩の規則性や連続性(自己相関)などの特徴(以後、生理的な特徴)を知覚する。人の初期視覚のメカニズムに基づく類似度は、各コンテンツに関する生理的な特徴量(以後、生理的特徴パラメータ)の間の距離の近さにより表現でき、またこの類似度は人の初期視覚の構造が変化しない限り、同じであると考えられる。我々は、このような類似度基準(生理的な類似度基準)を用いて、キーとするコンテンツに類似する、他のコンテンツを検索する方式を、生理レベルの類似度に基づいた検索方式として分類した。

本レベルの検索としては、歴史的物体や植物などの画像の生理的特徴パラメータにより構成される空間内において、キーとする画像と空間的な距離が近い、他の画像を検索する、類似検索が挙げられる[注 10,11]。

2.3. 心理レベルの類似度に基づく検索方式

コンテンツが持つ物理的特徴パラメータや、人の初期視覚により知覚される生理的特徴パラメータは、物体や人間の構造により不変であるが、そのコンテンツの類似性を判断するときに人が注目する物理的・生理的特徴パラメータは、利用者ごとに異なると考えられる。我々は、このような類似度基準(主観的な類似度基準)を用いて、キーとするコンテンツに類似する、他のコンテンツを検索する方式を、心理レベルの類似度に基づいた検索方式として分類した。

本レベルの検索としては、データベース内の画像(絵画や風景画など)の物理的・生理的特徴パラメータを、利用者の類似度基準に基づいて重み付けした特徴パラメータ(以後、主

観的特徴パラメータ)の空間を作成し、その空間内においてキーとする画像との空間的な距離が近い画像を検索する、類似検索が挙げられる[注 4,5]。

2.4. 認知レベルの類似度に基づく検索方式

人は、コンテンツの類似性を言葉で表現し、その言葉の使い方は、個人ごとに異なると考えられる。我々は、コンテンツに対する、言語を用いた主観的な類似度基準(言語的な類似度基準)を用いて、キーとする言葉(または言葉の組み合わせ)と対応関係(または相関が高い)にある、物理的・生理的・主観的特徴パラメータをもつコンテンツを検索する方式を、認知レベルの類似度に基づいた検索方式として分類した。

本レベルの検索としては、利用者が絵画画像に対する印象として感じた言葉(または言葉の組み合わせ)を数量化したパラメータ(以後、印象パラメータ)、と物理的・生理的・主観的特徴パラメータを統合した空間(以後、統合特徴空間)において、キーとする言葉(または言葉の組み合わせ)と統合特徴空間内の距離が近い絵画画像を検索する、イメージ語検索が挙げられる[注 3]。

2.5. 感性の階層性に基づく感性検索の枠組み

2.1~2.4 節で示したように、感性検索の枠組みにおいて、生理・物理レベルの検索方式に用いられる物理的・生理的な類似度基準の上に、主観的な類似度の評価の仕方を示す外的基準を反映させたものが、認知・心理レベルの検索方式に用いられる主観的な類似度基準だと考えられる。

このような結果から我々は、人間の感性的な知覚・解釈には階層性があると考えている。我々は、この感性の階層性と、(I) 検索方式、(II) 類似度基準のモデル化手法、(III) 感性検索の実現方法、の関係を整理し、表 1 にまとめた。

3. 感性検索システムの概念設計

感性検索システムの開発には、システムの機能や性能を決定する感性検索システムの概念設計が、必要不可欠である。

しかしながら従来の感性検索システムの開発では、この感性検索システムの概念設計は明確に行われておらず、統計的手法やパターン認識の手法などを試行錯誤して組み合わせることが、結果的に感性検索システムの概念設計を行うことになっている。その結果、現在までに多くの感性検索システムが設計・開発され、また多くの感性検索の手法が提案されているが、それらシステムの設計方法に規則性を見つけることは難しく、個別的なものとなっている。

このような問題を解決する方法論の一例として我々は、感性の階層性に基づく感性検索の枠組みにおける感性検索システムの概念設計の方法を提案する。

3.1. 感性検索システムの概念設計の手順

感性検索の枠組みにおいて、感性検索システムは、

- (I) 感性検索の方式(表 1 の (A))
- (II) 類似度基準のモデル化手法(表 1 の (D))
- (III) 類似度基準のモデル化とそのモデルを用いた感性検索の実現方法(表 1 の (E))

の内容により、決定できる。つまり、感性検索の枠組みにお

表1：感性の階層性に基づく感性検索の枠組み

(A) 感性の階層	(B) 検索キーと候補の関係	(C) 類似度の基準と基準変化の有無	(D) 類似度基準のモデル化手法	(E) 類似度のモデル化とそれを用いた感性検索の設計に必要な3種類の実証方法	(F-3) 判定法
認知レベル	キー：文字 候補：コンテンツ	言語による主観的基準 基準の変化：有	認知-心理-生理の類似度基準の対応関係の算出 (印象パラメータと生理的特徴パラメータより生成した主観的特徴パラメータ 相関・対応関係の算出)	プログラムの処理： 主観評価の数量化 言語を用いた類似度基準の計算(数量化)	プログラムの処理： ・変化する言語による主観的類似度基準の作成 ・その基準の主観的・生理的・物理的特徴パラメータへの適用 プログラムの種類： 距離尺度算出 ・市街地距離 ・ユー・クリッド距離 ・マハラノビス距離
心理レベル	キー：コンテンツ 候補：コンテンツ	類似性による主観的基準 基準の変化：有	心理-生理の類似度基準の対応関係の算出 各個人の類似度基準に基づく生理的特徴パラメータの重み付けによる主観的特徴パラメータの算出	プログラムの処理： 主観評価の数量化 類似による類似度基準の計算(数量化) プログラムの種類： 主観評価法 ・一対比較法 ・相関法	プログラムの処理： コンテンツの物理的・生理的な特徴パラメータを利用者の類似度基準に基づいて重み付けした主観的特徴パラメータの空間内におけるキーとの空間距離の判定 プログラムの種類： 距離尺度算出 ・市街地距離 ・ユー・クリッド距離 ・マハラノビス距離
生理レベル	キー：コンテンツ 候補：コンテンツ	人間の提案特性に基づいた生理的基準 基準の変化：無	生理的類似度基準の算出 人により知覚されるコンテンツの特徴パラメータ(生理的特徴パラメータ)の算出	プログラムの処理： 人の初期提案により知覚される生理的特徴のパラメータを プログラムの種類： 人の提案特性に基づく特徴抽出 ・多次自己相関 ・局所コントラスト	プログラムの処理： コンテンツの生理的な特徴パラメータの空間内におけるキーとの空間距離の判定 プログラムの種類： 距離尺度算出 ・市街地距離 ・ユー・クリッド距離 ・マハラノビス距離
物理レベル	キー：コンテンツ 候補：コンテンツ	コンテンツの物理的な特性に基づいた物理的基準 基準の変化：無	物理的類似度基準の算出 コンテンツの持つ特徴パラメータ(物理的特徴パラメータ)の算出	プログラムの処理： コンテンツの持つ物理的な特徴のパラメータ化 プログラムの種類： 人の提案特性に基づく特徴抽出 ・RGBヒストグラム ・画像・VRMLの構造	プログラムの処理： コンテンツの物理的な特徴パラメータの空間内におけるキーとの空間距離の判定 プログラムの種類： 距離尺度算出 ・市街地距離 ・ユー・クリッド距離 ・マハラノビス距離

ける感性検索システムの概念設計とは、この3種類の情報を決定することである。以下に、感性検索システムの概念設計の方法を説明する。

3.2. 感性検索の方式の決定

感性検索の枠組みにおいて検索の方式は、検索のキーと候補となるデータのデータ型の関係(表1の(B))と、類似度基準の内容(表1の(C))により、4つの方式(物理・生理・心理・認知)に分類される。したがって感性検索システムの概念設計は、まず検索のキーと候補となるデータのデータ型の決定を行う。

- 検索のキーと候補となるデータのデータ型の決定

研究者が「検索キーが言葉」を選択した場合は、検索方式を認知レベルに一意に決めることができるので、感性検索の方式の決定は終了する。研究者が「検索キーがコンテンツ」を選択した場合、物理・生理・心理レベルの検索方式が当てはまるため、次に類似度基準の内容を決定する。

- 類似度基準の内容の決定

研究者が「類似度の基準の変化が有り」を選択した場合は、検索方式を心理レベルに一意に決めることができるので、感性検索の方式の決定は終了する。研究者が「類似度の基準の変化が無し」を選んだ場合は、類似度の基準として、物理的な基準を用いるか生理的な基準を用いるかを決定する。それにより、物理レベルまたは生理レベルのどちらの検索方式となるかが決定される。

3.3. 類似度基準のモデル化手法の決定

認知と心理レベル(類似度の基準の変化が有る)を選択した場合は、各利用者の類似度基準のモデル化手法を決定する必要がある。生理と物理レベルの類似度の基準は、コンテンツの物理的な特徴、または人の生理的なメカニズムにより定義されるため、類似度の基準は不変である。

感性検索の枠組みにおいて感性を捉えようと、感性には階層性があり、物理的・生理的な類似度基準の上に、主観的な類似度の評価の仕方を示す外的基準を反映させたものが、主観的な類似度基準であると考えることができる。したがって、類似度基準のモデル化手法には、外的な基準の反映のさせ方により、認知レベル(4種類)、心理レベル(2種類)のように複数の方法が考えられる。

研究者は、外的な基準の反映のさせ方と、その基準を反映させる類似度の基準を決めることで、より詳細に検索方式を決定する。

3.4. 感性検索の実現方法の決定

最後に研究者は、決定した検索方式と類似度基準のモデル化を実現する方法として、計測・学習・判定の方法からそれぞれ選び、感性検索システムの概念的な設計を行う。

例えば、「心理レベルの検索方式」を選択し、かつ「心理－生理の類似度基準の対応関係」の算出を選択した場合、その類似度基準をモデル化するためには、主観的特徴パラメータを作成する必要がある。またこの主観的特徴パラメータは、各個人の主観的な類似度基準に基づいて、生理的特徴パラメータ重み付けすることで生成する。そのため生理的特徴パラ

メータを算出する方法も必要となる。したがって、この感性検索を実現する感性検索システムは、計測・学習・判定の方法のそれぞれから、

- 計測(生理):局所コントラスト、計測(心理):類別
- 学習:判別分析、判定:ユークリッド距離

を選択し、これらを感性の階層性に基づいて組み合わせることで設計できる。

3.5. 感性検索システムの試作・評価の環境の必要性

3.1～3.4節で述べた手順に基づいて作業を行うことで、感性検索の枠組みにおける感性検索システムの概念的な設計を行うことができる。

しかしながら、感性検索の実現方法の決定する、計測・学習・判定の各方法を実装する手段には複数の種類が考えられる。例えば、生理的なレベルに対応する計測方法としては、局所自己相関が考えられるが、その実装方法にも局所パターンの考え方により異なる。また、心理レベルに対応する学習方法としては、判別分析が考えられるが、その種類には線形判別を用いる場合と、マハラノビス距離を用いる場合がある。

このように、各実現方法においても様々な実装する手段があるため、感性検索システムの明確な設計を行うためには、各実装手段を用いた感性検索システムを試作し、その設計内容を比較評価する必要がある。

4. 感性検索システムの試作・評価の支援環境

我々は、感性検索システムの概念設計と、その試作と試行を支援する、感性検索システムの試作・評価の支援環境:感性工房を開発した。

感性工房の機能は、JavaとPostgreSQLを用いて、Linux上に構築した。感性工房では、感性検索システムの実現手段の各方法(計測, 学習, 判定)の実行プログラム(以後、部品プログラム)の記述言語として、JavaとC言語に対応している。

以後の節で、感性工房の概要と、感性検索システムの概念設計と、その試作・試行の各手順における、感性工房の研究者支援の過程を述べる。

4.1. 感性工房の概要

感性工房は、感性検索システムの概念設計とその試作・試行を支援するための、以下の機能を提供する。

(I) 感性検索システムの概念設計の支援機能

- 感性の階層性に基づく類似度基準のモデル化手法(表1の(D)の欄)を記述したデータベース
- 類似度基準のモデル化とそのモデルを用いた感性検索の実現方法(計測, 学習, 判定)の部品プログラムを一元的に管理する仕組みとその仕組みに基づいたデータベース

(II) 感性検索システムの試作の支援機能

- 計測, 学習, 判定の部品プログラムの合成を行い、半自動的に感性検索システムを試作する機能
- 合成できない部品プログラム間の入出力を補完するプログラム(以後、補完プログラム)を適用する半自の補完機能



図 1：検索方式，類似度基準のモデル化手法，
実現方法の関係情報の管理オブジェクト
による表現例

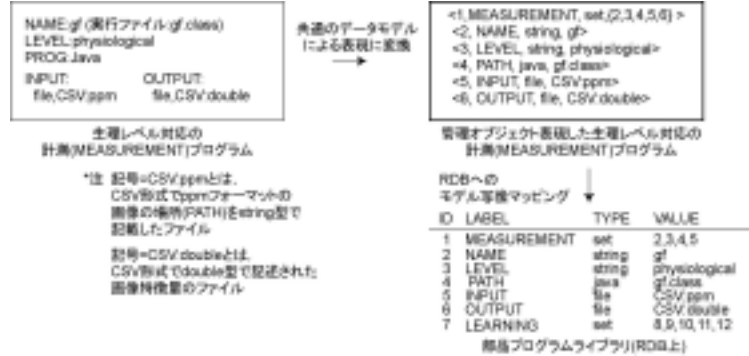


図 2：部品プログラムの管理オブジェクト表現・管理の過程

(III) 感性検索システムの試行の支援機能

- ・ 試作した感性検索システムにデータを適用させて，処理を試行する仕組み

以下の節で，感性工房のこれら機能を用いた，感性検索システムの設計と，その試作・試行の支援方法について詳しく述べる。

4.2. 感性検索システムの概念設計の支援機能

感性工房は，研究者による類似度基準のモデル化手法の選択と，その方法に基づく部品プログラムの選定の支援を行う。我々は，その支援を行うために，類似度基準のモデル化手法と，部品プログラムのデータベース化を行った。

4.2.1. データベース化のための共通データモデル

各類似度基準のモデル化手法は，表 1 の(D)に示したように，それぞれ必要な部品プログラムの数が異なる。また各部品プログラムの処理を行うために必要な入力の数・データ型・種類も，各プログラムの目的と処理内容により，それぞれ異なる。そのため，類似度基準のモデル化手法と部品プログラムは，固定的なスキーマで管理することが難しい。

このような問題を解決する方法として，半構造データモデルがある。半構造データモデルは，不規則でデータ構造が一意に決まらないようなデータ群を固定的なスキーマとして構造化して管理するのではなく，そのデータの構造を自己記述的に表現することができる。

したがって我々は，半構造データモデルの一つである OEM(Object Exchange Model) [注 12,13]に部品プログラムの管理に必要な，部品プログラムの種類とコンテンツのデータ型を追加した（以後，管理オブジェクト）を用いて表現した。

[定義 1：管理オブジェクト]

MObject::=<ID, Label, Type, Value>

ID：可変長でユニークな識別子

Label：可変長の文字列

Type：オブジェクトのデータタイプ

原子型：integer, string, binary, etc.

プログラムの種類(現在の対応)：Java, C。

コンテンツのデータ型(現在の対応)：ppm, bmp, jpg。

これらデータ型の集合(Set)

Vale：可変長の文字列または識別子

感性工房は，管理オブジェクトの管理方法として，管理オブジェクトを RDB にモデル写像マッピングして，ライブラリ化する方法を採用した[注 14,15]。我々がデータベースとして RDB を利用した理由は，以下の 2 点である。

- ・ リレーショナルデータベース管理システム(RDBMS)がもつ，インデックス機能や SQL によるアクセスを積極的に活用したい。
- ・ オープンソースの RDBMS(PostgreSQL や MySQL など)があり，これらは誰でも利用できる。

RDB は，属性として，管理オブジェクト同じ ID, LABEL, TYPE, VALUE をもつ。感性工房は，管理オブジェクトで表現されたデータを，RDB 上の同じ属性にマッピングすることで管理する。

4.2.2. 類似度基準のモデル化手法の管理

我々は，類似度基準のモデル化手法の情報(管理オブジェクト上の属性名：SIMILARITY CRITERIA)として，

- (1) 感性の階層(属性名：LEVEL)
- (2) 類似度基準のモデル化手法 (属性名：METHOD)
- (3) 部品プログラム(属性名：PROG)
 - ・ 計測プログラム(属性名：MEASUREMENT)
 - ・ 学習プログラム(属性名：LEARNING)
 - ・ 判定プログラム(属性名：DETERMINATION)

の関係を管理した。図 1 は，心理レベルの検索方式(心理－生理の類似度基準)における，類似度基準のモデル化手法とその部品プログラムの関係(前面)と，物理レベルの検索方式(物理の類似度基準)における，類似度基準のモデル化手法とその部品プログラムの関係(背面)を管理オブジェクトで表現した例である。

研究者は，各自が実現したい検索方式を決定することで，類似度基準のモデル化手法の種類と，そのモデル化手法を実現するために必要なプログラムの種類を知ることができる。同様に，研究者は類似度基準のモデル化手法の種類から感性の階層や部品プログラムを検索することも可能である。

4.2.3. 部品プログラムの管理

我々は，各部品プログラム(計測・学習・判定)の基本的な属性を表す，

- (1) プログラム名とその記述言語(属性名：NAME)

表2：感性工房上でライブラリ化した部品プログラム

KIND	NAME	PROG	INPUT	OUTPUT
計測 (映像)	画像のRGB特徴 ヒストグラム計算 (rgbHist)	C	画像の場所(フルパス)の情報を CSV形式で記述したファイル (CSV.ppm)	入力された画像のRGB特徴(double型)を CSV形式で記述したファイル (CSV.double)
計測 (映像)	VRMLの平面特徴計算 [2面間の角度/相対距離/面積] (VRML)	Java	VRMLファイル (.vrl)	入力されたVRMLの特徴(double型)を CSV形式で記述したファイル (CSV.double)
計測 (生理)	画像のコントラスト 特徴計算 (contrast)	C	画像の場所(フルパス)の情報を CSV形式で記述したファイル (CSV.ppm) 特徴を抽出する画像の領域 を定められたプロトコルで 与えたファイル (CSV.int)	入力された画像の特徴(double型)を CSV形式で記述したファイル (CSV.double)
計測 (生理)	高次元色空間計算 (autoCorrelation)	C	画像の場所(フルパス)の情報を CSV形式で記述したファイル (CSV.ppm)	入力された画像の特徴(double型)を CSV形式で記述したファイル (CSV.double)
学習-学習 (心理)	類似性に関する感性を モデル化するための 判別分析 (Discriminant analysis: D.A)	C	サブ区切られたdouble型の データ特徴量を記述したファイル (TDV.double) 数学習で得たint型のデータ (グループ番号)を記述したファイル (CSV.int)	数データに基づいた判別行列 [類似性に関する感性モデル] (CSV.double)
学習-予測 (心理)	判別行列を用いた特徴量の 写像処理 (Mapping with D.A)	C	数データに基づいた判別行列 (CSV.double) 特徴量を記述したファイル (CSV.double)	特徴量を判別行列により写像した データ(写像特徴量)(double型)を CSV形式で記述したファイル (CSV.double)
学習-学習 (認知)	印象に関する感性を モデル化するための 正準相関分析 (canonical correlation: canon)	C	CSV区切りで記述された double型の数データ 特徴量データ (CSV.double) CSV区切りで記述された integer型データを数値化した int型データ (CSV.int)	数データに基づいた正準変量行列 と正準相関係数 [印象に関する感性モデル] (CSV.double)
学習-予測 (認知)	正準変量行列と正準相関係数 を用いた特徴量の写像処理 (Mapping with canon)	C	数データに基づいた 正準変量行列と正準相関係数 (CSV.double) 特徴量を記述したファイル (CSV.double)	特徴量を正準変量行列と正準相関係数 により写像したデータ(写像特徴量) (double型)をCSV形式で記述したファイル (CSV.double)
判定	ユークリッド距離計算 (Euclidean Norm)	Java	検索キーの特徴量(写像特徴量)を ファイルの最上段に記述し、その後 に検索用画像群の特徴量(写像特徴量) を記述したファイル (CSV.double)	[ファイル名:キーとのユークリッド距離] という形式で検索結果を記述したファイル (CSV.first.string+double)
判定	マハラノビス距離計算 (Mahadean Norm)	Java	検索キーの特徴量(写像特徴量)を ファイルの最上段に記述し、その後 に検索用画像群の特徴量(写像特徴量) を記述したファイル (CSV.double)	[ファイル名:キーとのマハラノビス距離] という形式で検索結果を記述したファイル (CSV.first.string+double)

- (2) プログラム本体への場所(属性名: PATH)
- (3) 対応する感性の階層(属性名: LEVEL)
- (4) 入力の特徴数、型、種類(属性名: INPUT)
- (5) 出力の特徴数、型、種類(属性名: OUTPUT)

を、図2のように表現し、管理した。今回我々は、部品プログラムを表す属性として上記の5種類のみを用いたが、その他研究者が必要と思う情報(例えば、開発者名や日時など)も追加することは可能である。図2は、感性工房が、生理レベルの計測プログラム(局所コントラスト特徴を計測する)を、管理オブジェクト化し、RDBにモデル写像マッピングする過程を示している。

現在の感性工房には、表2に示した部品プログラムを格納している。この部品プログラムは、感性検索システムの開発が進むにつれて、追加が必要となると考えられる。したがって我々は、この部品プログラムを追加するコマンド(図3の(0)に例を示した)を感性工房に用意している。

4.2.4. 感性工房による感性検索システムの概念設計の支援例

研究者が、感性工房を用いて感性検索システムの概念設計を行う状況としては、以下の3つの場合が考えられる。

- (A) 部品プログラムのライブラリから、3種類の部品プログラム選択し、それらを組み合わせて、感性検索システムを設計・評価する。
- (B) 3種類のうち1種類の部品プログラムを、自分で開発して感性工房に登録し、そのプログラムを用いて、感性検索システムを設計・評価する。
- (C) 3種類の部品プログラムのすべてを、自分で開発して感性工房に登録し、そのプログラムを用いて、感性検索システムを設計・評価する。

本節では、感性検索システムの概念設計の支援例として、上記の(B)の方法を用いた場合を説明する。

以下の例題における研究者の状態：

- 事前に自分で開発した計測の部品プログラム(画像の局所コントラスト計測)を感性工房に登録(図3の(0)の処理)をしている。
- 登録した計測の部品プログラムを用いて、心理レベルの方式の感性検索システムを設計することを目標としている。

以下は、研究者と感性工房(インターフェイスは CUI)のインタラクションによる感性検索システムの概念設計の作業過



図 3：感性工房による感性検索システムの概念設計の支援例

表 3：感性工房上でライブラリ化した補完プログラム

NAME	PROG	INPUT	OUTPUT
画像型変換プログラム (ConvertImage)	Java	画像の場所が記述されたファイル (CSV.ppm / jpg / bmp)	変換された画像の場所が記述されたファイル (CSV.ppm / jpg / bmp)
ファイル内に記述されている画像の型を指定された型に変換し、ファイル内の記述内容も変換する		変換したいデータ型 (ppm / jpg / bmp)	
データ表示方法変換 (ConvertData.ToC)	Java	(4)区切りで記述されたファイル (4,double / int)	(,)区切りで記述されたファイル (4,double / int)
16区切りで記述されたファイルの内データを4区切りに変換する			

```
EXECUTE KANSEI System α
STYLE=Physiological
/* 計測(生理) */
[1,SET,%][%,file,CSV:ppm]
/* 補完プログラム */
[65,SET,%][%,file,CSV:double]
/* 学習(学習-学習)プログラム */
[12,SET,%][%,file,CSV:int][%,file,TDV:double]
/* 学習(学習-予測)プログラム */
[17,SET,%][%,file,CSV:double][%,file,CSV:double]
/* 判定プログラム */
[36,SET,%][%,file,CSV:double]
```

図 4：感性検索システム試作・実行コマンドの例

程である。研究者と感性工房とのインタラクションは、SQLに似せて作成した感性工房用コマンドを用いて行う(図 3 の(a)に例を示した)。以下の数字は、図 3 と対応している。

- (1) 研究者は、開発したい感性検索の方式である「心理レベル(PSYCHOLOGICAL)」を、感性工房専用コマンドを通じて、感性工房に提示する。
- (2) 感性工房は、提示された感性の階層に適する類似度基準のモデル化手法を、類似度基準のモデル化手法用データベースから検索し、研究者に提示する。
- (3) 研究者は、提示された複数の類似度基準のモデル化手法から、「心理-生理の類似度基準のモデル化手法」を選択し、感性工房に提示する。
- (4) 感性工房は、研究者により提示されたモデル化手法に必要なプログラムを部品プログラムライブラリから検索し、該当するすべてのプログラムを研究者に提案する。
- (5) 研究者は、部品プログラムライブラリの中から、感性検索システムの設計に用いる部品プログラム(自分が開発したものを含む)を選択する。

研究者は、以上のようなインタラクションを感性工房で行うだけで、簡単に検索方式に適した類似度基準のモデル化手法とその手法に適する部品プログラムを選定できる。

4.3. 感性検索システムの試作と試行の支援機能

感性工房は、研究者により選択された部品プログラムを合成し、感性検索システムの試作支援を行う。感性工房において感性検索システムは、感性工房用のコマンド(以後、設計実行コマンド)として表現される。

部品プログラムを合成する過程においては、選択した部品プログラムの入出力の型(画像のデータ型(ppm, bmp)など)や、データの記述方法(例えば、ファイルの記述における、Tab 区切りやカンマ区切りなど)の違いにより、そのままでは設計実行コマンドとして合成できないものもある。

そのため我々は、合成できない部品プログラム間の入出力を補完するプログラム(以後、補完プログラム)を挿入することで、それらを合成し、試作・試行コマンドとして設計する機能を感性工房上に開発した。

4.3.1. 感性検索システム試作・試行コマンド

感性工房は、感性検索システムとして、図 4 に示すような試作・試行コマンドを作成する。図 4 は、4.2.4 節の例において、「心理レベルの検索方式」で「心理-生理の類似度基準のモデル化手法」に対応した感性検索システムの試作・試行コマンドの例である。

この試作・試行コマンド上では、感性検索システムを構成



図 5：感性検索システムの試作と試行の支援例

している各部品プログラムは、記号：[]として、表現される。記号：%を持つ、記号：[]は、部品プログラムの入力のデータ型、データの記述方法を示している。またこの試作・試行コマンドでは、出力は記述しない。感性工房は、感性検索の枠組みに基づいて、この部品プログラムを合成し、感性検索システムを試作する。

ただし、感性工房は、これら部品プログラムを合成できなかった場合は、エラーをユーザに返す。また研究者により同じ種類(計測、学習、判定)と入出力をもつ部品プログラムが選択されている場合、感性工房は、IDの小さいほうを先に結合する処理を行うこととしている。従って、その結合が間違いの場合は研究者が変更する必要がある。

4.3.2. システムの試作のための部品プログラムの補完

本節では、4.2.4 節で示した例を用いて、感性工房による部品プログラム間の補完方法を説明する。

現在、感性工房は、2 種類の補完プログラムを持つ(表 3)。この補完プログラムは、部品プログラム同じ部品プログラムライブラリに格納し、感性工房に追加可能もできる。

感性検索システムを試作するためには、感性検索の枠組みに基づいて、研究者により選択された 4 種類の部品プログラムを、計測、学習(学習-学習、学習-予測)、判定の順番で合成する必要がある。しかしながら、計測(生理)と学習(学習-学習)の部品プログラムの入出力は、以下のようにデータの記述方法が異なっており、そのままでは結合できない。

- 計測プログラム[生理][画像の局所コントラストの計測]

出力：データ型：file 型、データの記述方法：CSV: double

(CSV 形式で double 型の画像特徴量を記述したファイル)

- 学習プログラム[学習-学習](判別分析)

入力：データ型：file 型、データの記述方法：TDV: double (タブ区切り(TDV)形式で double 型の特徴量を記述したファイル)

そこで、感性工房は、入力として CSV: double を取り、出力として TDV: double を行う補完プログラムを適用して、これら 2 つの部品プログラムを合成する。

4.3.3. 感性工房による感性検索システムの試作と試行の支援例

本節では、感性工房による感性検索システムの試作と試行の仕組みを、4.2.4 節の例において選択された各部品プログラムを用いて説明する。

感性工房は、感性検索の枠組みに基づいて、研究者により代入された部品プログラム群を合成し、感性検索システムを試作する。下記の番号は、図 5 内の番号に対応する。

/* 感性検索システムの試作作業 */

- (1) 研究者は、感性工房専用コマンドを通じて、(a) 選択した部品プログラムの管理オブジェクトの ID、(b) 検索方式、(c) 類似度基準のモデル化手法を、感性工房に代入する。
- (2) 感性工房は、代入された部品プログラムの ID の管理オブジェクトを検索し、感性検索の枠組み(計測[感性の下位の階層→感性の上位の階層]→学習→判定の順番)に基づいて、これら管理オブジェクトを合成の処理を進める。
- (3) その過程において感性工房は、合成した部品プログラム

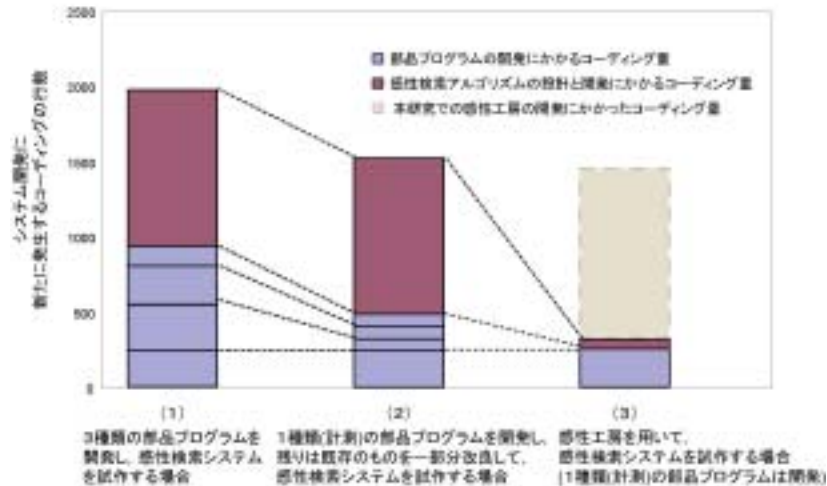


図 6：感性検索システムの試作におけるコーディング量の比較

間の入出力の型・種類を比較する。データ型やデータの記述方式が異なる場合、感性工房は、補完プログラムをその間に組み込む。図 5 の場合、感性工房は、計測 (生理) と学習 (学習-学習) プログラムの間に、補完プログラムを適用している。

- (4) 感性工房は、試作した感性検索システムを感性工房用の感性検索システム試作・実行コマンド(図 4)として記述し、研究者に提示する。
- (5) 研究者は感性工房より提示された試作・試行コマンドに変更が必要な場合、プロトコルにしたがってそのコマンドを修正する。

/* 感性検索システムの試行作業 */

- (6) 研究者は、試作・試行コマンド内の各部品プログラムにおける入力の部分に、
 - ・ 前の処理からのデータを用いるときは、記号：#
 - ・ 外部からのデータが必要なときは、そのデータの場所(PATH)

を代入し、試作・試行コマンドを試行する。感性工房は、キーとするコンテンツ(言葉)とデータベース内のコンテンツとの類似度の判定結果をファイルとして算出する。研究者は、この算出された類似度の判定結果をもとに、感性検索システムを評価できる。

最後に、感性検索システムの処理結果がよい場合には、研究者は感性工房用の感性検索システム保存コマンド(設計・実行コマンドの予約語：EXECUTE を予約語：STORE に変更したもの)を用いて、システムを保存する。

5. 感性工房の有効性の評価

5.1. 感性工房を用いることで補うことができる知識

感性工房を用いることで研究者は、感性検索システムの概念設計の知識を補うことができる。

感性工房を用いることで、研究者は、(A)検索方式、(B)その検索方式における類似度基準のモデル化手法、(C)実現手段の関係を整理することができる。そして研究者は、自分が目

的とする感性検索システムに適する類似度基準のモデル化手法やその実現手段を適確に選択できる。

5.2. 感性工房を用いることで軽減できる作業

研究者は、感性工房を用いた感性検索システムを設計することで、感性検索システムの試作・試行における以下の作業を軽減できる。

1. 部品プログラム開発作業の軽減

感性工房は、計測・学習・判定の部品プログラムをライブラリ化している。したがって研究者は、各自の感性検索システムの試作に必要な一部の計測・学習・判定の部品プログラムのみでも、感性検索システムを試作できる。

2. システム試作作業の軽減

感性工房は、研究者により選択された部品プログラムを半自動的に合成し、また、データ型やデータの記述方法が異なり合成できない場合は、補完プログラムを適用して、感性検索システムを試作する。したがって研究者は、感性工房とインタラクションしながら、感性検索システムの概念設計する(部品プログラムを選択する)ことで、感性検索システムを試作できる。

5.3. 感性工房により軽減できるシステムの開発コスト

我々は、感性工房による感性検索システムの設計とその試作・試行の有効性を評価するために、感性検索の枠組みに基づく、「心理レベルの検索方式」で「心理-生理の類似度基準のモデル化手法」による感性検索システムの概念設計を行い、部品プログラムとして、計測：局所コントラスト(生理)、学習(線形判別分析)、判定(ユークリッド距離)を試作・試行する場合における、コーディング量の比較を、以下の 3 つの方法に対して行った。

- (1) 3 種類の部品プログラムを設計・開発し、感性検索システムを設計・試作する場合

方式(1)では、以下の作業を行わなければならない。

- ・ すべての部品プログラムの開発
- ・ 感性検索システムの試作・試行環境の開発

したがって本方式での感性検索システムの設計とその評価

には、図 6 に示したように、2000 行ほどのコーディングを必要とした。

- (2) 3 種類の部品プログラムのうち 1 種類(計測)を設計・開発、残りは既存のものを改良し、感性検索システムを設計・試作する場合

方式(2)では、以下の作業を行わなければならない。

- 計測の部品プログラムの開発
- 部品プログラムを合成するための、学習・判定の部品プログラムにおける入出力の改良
- 感性検索システムの試作・試行環境の開発

方式(2) は、方式(1)より、部品プログラムの開発に要するコーディング量は減るが、感性検索システムの試作・試行環境の開発は、行わなければならない。したがって本方式での感性検索システムの設計とその評価でも、図 6 に示したように 1500 行程度のコーディングが必要であった。

- (3) 感性工房を利用して感性検索システムを設計・試作する場合(計測の部品プログラムは開発する)

感性工房は、感性検索システムの試作・試行環境の開発である。したがって感性工房を用いた場合、

- 1 種類の部品プログラムを開発のコーディングと数回の感性工房のインタラクションに用いる数行のコマンドの記述

を行うだけで、による感性検索システム設計と感性検索システムの試作を実現できた。

感性工房の支援による方法は、他の方法と比べて、図 6 に示したように、研究者の感性システム開発にかかる労力を軽減できている。

6. まとめ

本研究において我々は、この感性検索の枠組みにおける、(I) 検索方式、(II) 類似度基準のモデル化手法、(III) 感性検索の実現方法、の関係を整理し、感性検索システムの概念設計の方法を提案した。そして本研究において我々は、この感性検索システムの概念設計と、そのシステム試作と試行の作業を支援する環境、「感性工房」を開発した。

感性工房の 1 つ目の特徴としては、我々が提案する感性の階層に基づく感性検索の枠組みに基づいて感性検索システムの概念設計を支援する点である。このような感性検索システムの試作・評価の支援環境は、現在までに構築されていない。

また感性工房を多くの研究者により共有化することで、現在まで個別的なシステム上で評価してきた感性検索システムの精度を、同一の環境の下で評価することができる。

そして各研究者が感性工房に部品プログラムを追加していくことで、様々な部品プログラムを組み合わせた新しい感性検索システムを容易に設計することができる。

このように感性工房は、感性のモデル化や感性検索の分野における研究開発の発展に大きく貢献できると考えられる。

注

- 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，pp185-193，1999
- 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，Vol.43 No.SIG2(TOD13)，2001
- 7) 西尾章治郎他：情報の構造化と検索，岩波書店，pp.168-221，2000
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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
- 11) 小早川倫広，星守，大森 匡：ウェー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
- 12) 田島敬史：半構造データのためのデータモデルと操作言語，情報処理学会論文誌：データベース，Vol. 40，No. SIG3(TOD1)，pp. 152-170，1999
- 13) D. Quass, A. Rajaraman, Y. Sagiv, J. Ullman, and J. Widom :Querying Semistructured Heterogeneous Information, In International Conference on Deductive and Object-Oriented Databases, 1995
- 14) 吉川正俊：データベースの観点から見た XML の研究，2002 年情報学シンポジウム講演論文集，pp.25-31,2002
- 15) 油井誠 森嶋厚行：PostgreSQL を用いた多機能な XML データベース環境の構築，情報処理学会論文誌：データベース，Vol.40，No.SIG12(TOD19)，pp.11-22,2003
- 16) 荻野晃大，加藤俊一：個人の主観的な解釈に適合した情報サービスを提供するためのソフトウェアプラットフォームの構築，2004 映情学技報 ME/AIT,pp.45-48,2004
- 17) Akihiro Ogino, Toshikazu KATO: Software Platform for Information Service Algorithms Suitable for Individual Subjective Interpretation Process, Proceedings of 2004 IEEE International Conference on Algorithms, Man, and Cybernetics (SMC'04), 2004