

人間と情報システムの相互作用のモデルに基づく  
検索インタフェースの構成法

梶山 朋子

博士（情報学）

総合研究大学院大学  
複合科学研究科  
情報学専攻

平成 18 年度  
(2006 年)

2007 年 3 月

A Study on Search Interface Based on an Interaction Model  
Between Humans and Information Systems

Tomoko Kajiyama

DOCTOR OF PHILOSOPHY

Department of Informatics,  
School of Multidisciplinary Sciences,  
The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

2006 (School Year)

March, 2007

## 概要

従来、情報システムは、情報を適切に保存、管理、流通するための仕組みであり、生産、金融、流通など、個人の日常生活とは無関係の大規模な事業システムにおける利用が主流であった。しかし、コンピュータ技術、ネットワーク技術の急速な発達に伴い、情報システムは個人の日常生活の中に深く入り込んできている。個人で大量の情報を蓄積できるようになった現在、自分の目的に合う情報を探すためには、検索システムが必要不可欠である。

人間が情報を探す際、検索システムと対話を行う。人間同士の対話のように、人間と検索システムが対話できることが理想である。そもそも、人間同士の対話では、表面的に言葉を交わしているわけではなく、お互いの心的要素や知的要素に影響を及ぼしあっている。この状況を人間と検索システムに置き換えると、人間の言葉はクエリと検索結果とみなすことができ、ユーザはシステムの内的要素を、システムはユーザの内的要素に影響を及ぼしあうべきであると言える。本論文において、表面的な対話ではなく、お互いの内的要素を刺激し合うことを“相互作用”と定義する。

本論文では、人間と検索システムが強いつながりを持ち、お互いに内的要素を刺激し合いながら検索を進められるような検索インタフェースの構成法を提案する。人間の内的要素を考慮し、人間と検索システムの相互作用によって検索を進めることができる相互作用モデルを提案する。そして、本モデルを実現する2つの新しい検索インタフェースを提案し、システムを構築する。

モデルを提案するにあたり、人間同士の相互作用や既存の情報探索行動モデルを参考にし、従来の検索手法について検討した。キーワード検索では、いかに適合する情報を抽出して人間に提示するかというバッチ処理的である。より対話性を高めるために、ディレクトリ型検索のような人間と同じような知識をシステムに持たせる、適合フィードバックのような人間が心的要素をシステムに明示する、情報視覚化のようなシステムが知的要素を人間に明示するなど、様々なアプローチが提案されている。しかし、いずれも人間の知的要素、心的要素は考慮されていない上、人間と検索システムが単独で考えられており、人間が検索システムと自然に対話することは難しい。

本論文で提案するモデルでは、人間の内的要素として、ユーザの知識構造、情報ニーズ、感情、思考を定義した。検索システムの構成要素としては、検索アルゴリズムとデータベースの他に、人間の知識構造と同期して変化するシステムの知識構造、一般的な人が持つ知識の知識断片を格納する知識ベース、ユーザの内的要素を汲み取る思考アルゴリズムが必要であると考えた。仮定として、多次元属性情報を対象で属性は階層構造で表現することにより扱う、知識ベースには各属性の階層構造が知識断片として格納されている、知識構造は階層構造で表現する、検索開始時における知識構造はユーザも検索システムも白紙の状態、検索終了時にはユーザが満足する階層構造を構築されている、検索中におけるユーザ知識構造は不安定で階層構造は変化し続ける、知識構造における階層の深さが、情報ニーズ、思考、感情の段階を表すことが挙げられる。

検索システムはユーザの内的要素を汲み取り、思考アルゴリズムが知識ベースから適した知識断片を選択し、ユーザ好みの知識構造を構築する。ユーザはシステムの知識構造の変化を把握し、再び内的要素を変化させる。これらを交互に繰り返すことにより、人間と検索システムが対話を進める。検索インタフェースを設計するにあたり、ユーザがシステムの知識構造を把握するためには、システムの知識ベースをうまく提示し、変化部分のみを伝えなければならない。システムは知識断片を組み合わせる際、次検索において組み合わせ可能な知識断片の存在に気づいているため、ユーザが検索を進められるように、次に進むべき道の方向性を示すことも必要である。また、ユーザが試行錯誤できるなるよう、気軽にシステムの知識構造を変化できなければならない。これらの要求要素を実現させるために、ユーザが検索結果を評価することにより検索を進めるという“検索結果中心”のコンセプトを用いて、新しい2つの検索インタフェース“Concentric Ring View”と“Revolving Cube Show”を提案した。

Concentric Ring Viewは、1次元の多次元属性情報に対応する。星座早見盤のようなリング構造で、属性を選択すると、その属性値が整列したリングが出現する。ユーザはこのリングを回転させることにより、検索キーを調節する。ランキングされた検索結果は、リング内部に中央から同心円状で配置される。中心ほど高ランクな候補であるため、候補を中央へ移動させることにより、その候補の属性値を用いて再検索が行われる。素材画像を利用し、画像検索システムを構築した。リングを追加、削除、回転することにより、自分好みの知識構造を動的に構築する。ユーザビリティテストでは、ディレクトリ型検索と比較し、本手法は初心者ユーザに好まれ、思考を広げられることを確認した。

Revolving Cube Showは、階層構造の属性も扱えるため、より人間に近い知識ベースを持つことが可能となった。キューブの縦回転で属性の選択と階層の深さ調節を、横回転で属性値を調節する。検索結果はランキングされ、格子状に整列される。属性が階層構造の場合は、下階層のサンプルを表示して道をさりげなく明示する。テレビ番組データを利用し、番組検索システムを構築した。キューブを回転させることにより、リング状検索インタフェースと同様に、ユーザは自分好みの知識構造を動的に構築できる。

本論文では、人間と検索システムが、お互いの内的要素を刺激し合いながら検索を進める相互作用のモデルを提案した。そして、このモデルに基づき、新しい検索インタフェースを提案し、有効性を確認した。強力な検索アルゴリズムやデータベースを迫及する物質的豊かさではなく、人間の内的要素を考慮し精神的豊かさを追求する研究の第一歩として位置づけられたと考える。

## Abstract

In the past, information systems were for supporting business and used only by experts. Due to the rapid advance in computer and network technologies, information systems became ubiquitous in general people's daily life. Now we can store a lot of information privately, search systems are needed to find relevant information.

When we use search systems, we interact with them. The ideal is to interact with systems as easily as talking with people. People use words when talking. We hear words and then think or feel something. For example, we refresh our knowledge when someone teaches us new things, or we feel better when someone gives us advice. Interactions between humans affect human internal elements such as knowledge or mentality. We can regard words as queries and retrieved results if we consider this situation as interactions between users and search systems. Users should inspire the internal elements of search systems, and systems should inspire the internal elements of users. In this research, I defined "interaction" not only as superficial interactions but also as internal elements inspiring one another.

My objective is to propose a new model which provides real interactions and new search interfaces based on this model. I created the model by considering internal elements from interactions between humans, existing user models in the information seeking process, and typical search techniques. This model has four user elements, *user knowledge*, *information needs*, *thinking*, and *feelings*, and five system elements, *system knowledge*, *interaction algorithm*, *knowledge base*, *retrieval algorithm*, and *database*. All elements are based on assumptions. The *database* has multifaceted-metadata, and each data item has attribute data. All attributes are described as hierarchical trees in the following way. Discrete data uses clustering, continuous quantities are divided in a given area, and hierarchical data can be used conventionally. Each data item has an attribute value.

The *knowledge base* has *knowledge pieces*, which are part of the hierarchical trees of attributes. *User knowledge* and *system knowledge* are represented by a hierarchical tree. Both of them are blank when a user starts searching. *User knowledge* is malleable and is changed many times while searching. It becomes a complete hierarchical tree that satisfies the user when the search has finished. A hierarchical tree of *system knowledge* is constructed from *knowledge pieces*, and this is finally the same as *user knowledge* when the search has finished. The *interaction algorithm* selects suitable *knowledge pieces* from the *knowledge base* by taking user *information needs*, *thinking*, and *feelings* into account. User *feelings* are considered to be thinking because anxiety is felt when thinking is uncertain, and relief is felt when it is clear. User *thinking* can be considered to be *information needs* because *thinking* is uncertain when *information needs* are ambiguous but it is clear when these are defined. The *retrieval algorithm* calculates retrieved results based on *system knowledge* in any way.

I proposed two new search interfaces, *Concentric Ring View* and *Revolving Cube Show*, for multi-faceted metadata using this model. I designed them using the "result-oriented" concept, that means users continue to search by evaluating the retrieved results. We constructed an image retrieval system implementing the former interface with images designed for web pages, and a video retrieval system implementing the latter interface with TV programs.

*Concentric Ring View* is a ring-structured interface for flat-structured attributes like continuous values to enable the knowledge base to be treated more easily in the first step. The outermost ring is a *category ring*, on which facet names have been listed. When a facet name on the *category ring* is clicked, another ring, called a *key ring*, appears inside it. This *key ring* carries the attribute values that can be used as search keys for the facet, and the bottom part of the *key ring* indicates the facet's search key. Users can adjust the search key and browse retrieved results by rotating the *key ring*. They can use multiple *key rings*. The priority of search keys is indicated by the order of *key rings*, in which the outer ring has the highest priority. The retrieved results are displayed inside the rings. They are arranged in concentric circles according to the search key values and their priorities. Higher ranked objects are larger and closer to the center. The details of a particular image are displayed by placing the cursor on that image. When users want to search for similar images, they simply move that image to the center. The attribute values of the image moved to the center are used as search keys, and the new retrieved results are displayed. I performed a usability test with 36 junior high school students and I found that this interface was liked by novice users and could widen users' perspective.

*Revolving Cube Show* is a cube-structured interface for more complex attributes like hierarchies. Users rotate a cube down if they want to add attributes or go lower down the attributes' hierarchy. They rotate the cube up if they want to remove attributes or go higher up the attributes' hierarchy. They rotate a cube left or right to adjust search keys. This interface allows users to operate attributes or search keys merely by rotating the cube. The retrieved results are displayed from the top left to the bottom right. The retrieval algorithm selects retrieved results, and arranges samples that have different attribute values for the next level to be displayed if the selected attribute is not a leaf of the hierarchy. The objects to be ranked next are displayed at regular intervals to widen users' range of thinking.

In this research, I proposed an interaction model which provides real interactions in which users and systems are inspiring each other internal elements, and new two search interfaces based on this model, and confirmed their effectiveness. This research is positioned as the first step to help users' search by spritual wealth considering human internal elements, but not by material wealth having strong retrieval algorithms and rich databases.

# 目次

<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 背景	2
1.2 本研究の目的	9
1.3 論文の構成	10
<b>第2章 人間と情報システム</b>	<b>11</b>
2.1 情報システム	12
2.1.1 情報システムの定義	12
2.1.2 情報システムの歴史	12
2.1.3 情報システムへの要求	15
2.2 検索システム	16
2.2.1 情報検索の定義	16
2.2.2 情報検索の歴史	17
2.2.3 検索システムへの要求	18
2.3 人間と検索システムの相互作用	19
2.3.1 相互作用とは	19
2.3.2 人間と人間の対話	19
2.3.3 人間の内的要素の定義	22
2.4 人間の内的要素	23
2.4.1 知識構造	23
2.4.2 情報ニーズ	24
2.4.3 感情と思考	26
2.5 既存手法の問題点	28

2.5.1	キーワード検索	28
2.5.2	ディレクトリ型検索	31
2.5.3	情報視覚化	32
2.5.4	考察	33
<b>第3章</b>	<b>相互作用のモデル化</b>	<b>35</b>
3.1	モデルの構成要素	36
3.1.1	システムの内的要素の定義	36
3.1.2	内的要素の変化	36
3.1.3	ユーザとシステムの構成要素	39
3.1.4	構成要素の仮定	40
3.2	モデルの提案	42
3.3	既存手法との比較	47
3.3.1	キーワード検索	47
3.3.2	ディレクトリ型検索	47
3.3.3	情報視覚化	48
3.3.4	提案モデル	48
3.4	システム設計	49
3.4.1	要求要素	50
3.4.2	検索インタフェースのデザイン法	52
<b>第4章</b>	<b>Concentric Ring View</b>	<b>53</b>
4.1	インタフェースの提案	54
4.1.1	予備実験	54
4.1.2	画面構成	55
4.1.3	提供される機能	58
4.1.4	ランキング	58
4.2	画像検索システム	59
4.2.1	データ	59
4.2.2	システム構成	60
4.2.3	操作の流れ	62
4.3	モデルの実現	66
4.3.1	モデルとシステムの対応	66
4.3.2	要求要素の実現	74



---

4.4 ユーザビリティテスト	76
4.4.1 概要	76
4.4.2 ユーザビリティテストの方法	76
4.4.3 ディレクトリ型と Ring	77
4.4.4 Ring と RingF+	84
<b>第 5 章 Revolving Cube Show</b>	<b>87</b>
5.1 インタフェースの提案	88
5.1.1 Concentric Ring View の問題点	88
5.1.2 画面構成	89
5.1.3 提供される機能	91
5.1.4 ランキング	92
5.2 テレビ番組検索システム	92
5.2.1 データ	92
5.2.2 操作の流れ	93
5.3 モデルの実現	94
5.3.1 モデルとシステムの対応	94
5.3.2 要求要素の実現	103
<b>第 6 章 関連研究分野の概観</b>	<b>105</b>
<b>第 7 章 結論</b>	<b>115</b>
7.1 結論	116
7.2 今後の課題と展望	117
謝辞	119
参考文献	121
研究業績	129

## 目 次

2.1	相互作用	20
2.2	バンデューラの多重ゴールモデル	26
2.3	ベリーピッキングモデル	28
2.4	数量的アプローチ	29
2.5	人間からシステムへの半相互作用アプローチ	30
2.6	人工知能的アプローチ	31
2.7	システムから人間への半相互作用アプローチ	32
3.1	相互作用モデルの構成要素	40
3.2	シナリオにおける内的要素の変化	46
3.3	対話性とユーザの意思表示の関係	49
4.1	ユーザの操作サイクル	54
4.2	本手法を用いた画像検索システム	55
4.3	複数の値を持つカテゴリに対するキーの定義	57
4.4	Concentric Ring View における操作 (1)	67
4.5	Concentric Ring View における操作 (2)	68
4.6	Concentric Ring View における操作 (3)	69
4.7	1日のインターネット利用時間と使用後の感想の関係	85
4.8	初期イメージと選択画像の関係	85
4.9	各画像, 検索手法に対する満足度と手法の理解度	86
5.1	クラスタリングによる階層構造の生成	88
5.2	ユーザの操作サイクル	89
5.3	テレビ番組検索インタフェース	90
5.4	2種類のインタフェースにおける操作比較	90
5.5	Revolving Cube Show における操作 (1)	95

---

5.6	Revolving Cube Show における操作 (2) .....	96
5.7	Revolving Cube Show における操作 (3) .....	97
5.8	Revolving Cube Show における操作 (4) .....	98
5.9	Revolving Cube Show における操作 (5) .....	99
5.10	Revolving Cube Show における操作 (6) .....	100

## 表 目 次

2.1	情報ニーズの4段階	25
2.2	クールトリーの6段階モデル	27
3.1	各システムにおける構成要素の特徴	47
4.1	対象情報のデータ例	56
4.2	データ	60
4.3	モデルと操作の対応表	70
4.4	実験開始前のアンケート	81
4.5	実験中の収集データ	81
4.6	選択した画像に対する質問	82
4.7	各システムを使用した感想についての質問	82
4.8	各システムを使用した感想についての質問	82
5.1	テレビ番組データ	92
5.2	モデルと操作の対応表	101

## 第1章

### 序論

---

## 1.1 背景

従来、情報システムは、情報を適切に保存、管理、流通するための仕組みであり、生産、金融、流通など、大規模な事業システムにおける利用が主流であった。このため情報システムは特定の利用者に限られており、一般の人の生活に影響を与えるようなものではなかった。しかし現在では、コンピュータ技術、ネットワーク技術の急速な発達に伴い、ATMや券売機などをはじめとする様々な情報システムが、個人の日常生活に深く入り込んできている。

最近では、インターネット上で情報を収集したり、デジタルカメラで写真を撮ったり、ハードディスクレコーダーでテレビ番組を録画したりと、個人で大量の情報を蓄積できるようになった。情報爆発という言葉が存在するように、人間は溢れる情報の中で生活しなければならない。このように情報量が増えていけばいくほど、自分にとって有意義な情報をいかに探すかが問題となってくる。

### 情報探しにおける人間内部の様子

例えば、インターネットで情報を探すということについて考えてみる。電車の乗り換え方を調べる、明日の天気を調べる道に咲いていた花の名前を調べる、お部屋に合う机を探す、今夜のおかずのレシピを探す、面白そうな本を探すなど、携帯やパソコン1つで簡単に情報を得ることができるようになった。これらはすべて、自分に足りない情報を得るために、情報を探しているわけだが、実は、人間の内部の様子は異なり、大きく3つに分けることができる。

- (1) なぜその情報が知りたいのかという目的も、具体的にどんな情報を探したいのかもはっきりと分かっている上、探す方法も分かっている。
- (2) なぜその情報が知りたいのかという目的も、具体的にどんな情報を探したいのかははっきりと分かっているが、探す方法が分からない。
- (3) なぜその情報が知りたいかという目的ははっきりとしているが、具体的にどんな情報を探したいのか、また、どうやって探したらよいか分からない。

(1)の例としては、電車の乗り換え方を調べたり、明日の天気を調べるなどが挙げられる。どの駅からどの駅に行くためには、どのような経路があるか、乗り換え案内のサイトから、駅名を指定する。また明日の天気を調べるには、天気予報のサイトを訪れ、場所を指定する。このように、自分が何を知りたいのかを知っていて、かつ、自分が探したいものが、一般的に何と呼ばれているのかを知っている場合、比較的スムーズに目的の情報に

たどり着くことができる。(2)の例としては、道に咲いていた花を調べたり、お部屋に合う机を探すなどが挙げられる。花の特徴はなんとなく知っているが、一般的に呼ばれている花の名前を知らなかったり、漠然とした机のイメージはあるものの、うまく表現できず、探す方法が分からない状態である。どうにか探しているうちに、目的の情報にたどり着くと、この情報を探していたのだったと気づくのである。(3)の例としては、今夜のおかずのレシピを探したり、面白そうな本を探すなどが挙げられる。具体的にどんな材料を使うとか、どんなジャンルの本がよいかなど、ほとんどイメージを持っていない状態である。とりあえず手当たり次第に情報を眺めているうちに、ピンときた情報に出会うと、探すのをやめる場合が多い。

### 一般の検索システム

一般の人が利用する主な検索システムとして、Googleのようなキーワード検索と、Yahoo!のようなディレクトリ型検索が挙げられる。キーワード検索とは、サーチボックスにキーワードを入力することにより検索を行う仕組みである。(1)のような状態においては、自分が探したいもの一般的な名称を知っているので、キーワードをはっきりと入力することが可能である。システムが情報を持っていさえすれば、自分の求めている情報が検索結果として表示されるため、有効であると考えられる。(2)のような状態では、一般的な名称を知らないため、なんとか自分の探したい情報に関連するキーワードを無理やりひねり出し、キーワードとして入力しなければならない。その結果、指定したキーワードは含んでいるものの、自分が探しているものとは似ても似つかない情報が検索結果として表示されてしまう場合が多い。このような状態でも、自分の欲しい情報がもしかしたら含まれているかもしれないと期待を持ちつつ、順番に検索結果を閲覧していくのである。(3)のような状態では、自分が探したい情報のイメージすらほとんど持っていないため、キーワードを入力することすらできない。しかし、システムは何かしらキーワードを入力されないと、検索結果を表示しないため、ユーザは検索を始めることすら難しい。

一方、ディレクトリ型検索は、用意された大分類から、求める情報に近い分類を選択し、分類の範囲を狭めていくことで、情報を絞り込んでいく仕組みである。(1)のような状態では、自分の探したいものがはっきりとしているため、それに合った分類が用意されている場合は、比較的簡単に分類を選択することができる。しかし、用意されていた分類が、頭で描いている分類と異なる場合、まったく違う分類を選択する可能性も高い。間違った分類を選択していることにも気づかず、どんどん情報を絞り込んでいき、最終的に自分の求めているものが見つからないと落ち込む場合もある。(2)のような状態では、自分の探したい情報をはっきりと言葉で説明できるわけではないので、用意された分類に合わせて、情報を絞り込んでいくことができる。(1)ほど自分の探したいものが、頭の中で明確化されて

いないため、用意された分類に違和感を感じる割合は低いと考えられる。しかし、あまりにも用意された分類が理解できない場合は、間違っただ分類を選択し、最終的に自分の求めているものが見つからない可能性もある。(3)のような状態では、自分の探したい情報のイメージすらほとんど持っていないため、とりあえず用意された分類を選択し、様々な情報を眺めながら自分の探したいものが何であるのかを考えていくことができる。キーワード検索のように、ユーザがまず自分で考えないとシステムを利用できないというわけではなく、システムがあらかじめ分類という提案をしているため、ユーザは考えなくても、とりあえず検索を始めることが可能である。

このように、キーワード検索もディレクトリ型検索も、人間の内部の様子によって適していたり、利用しづらかったりする。問題をまとめると以下のようになる。

#### キーワード検索

- ユーザは自らキーワードを考えて入力しなければならないため、負担が大きい。
- ユーザは自分の探したいものを明確化し、キーワードとして明記できない限り、利用できない。
- ユーザの入力したキーワードからシステムがユーザの探したいものを推測するため、推測を間違えると、ユーザが期待している検索結果を返さない。

#### ディレクトリ型検索

- ユーザの頭の中の状態とシステムの分類が一致していないと、利用しづらい。
- もともと探したい情報が含まれていないことや、間違っただ分類を選択していることに、気づきにくい。

ユーザは、自分が求めている情報が検索結果に含まれるように、キーワードを考えて入力したり、分類を選択しなければならない。このように、ユーザはシステムのふるまいを推測し、それに合わせながら、検索をすすめていかなければならないことに問題があると考えられる。

#### 昔の図書館での本探し

では、検索システムが存在しない時代、人間はどのように情報を探していただろうか。図書館で本を探す例を考えてみる。書籍検索システムが存在しない時、本を探す人が頼れるものは、司書と目録カード、そして分類別に並べてある本棚であった。司書とは、図書館の専門的業務に従事する職員で、図書館資料の収集・整理・管理および運営を行う。本が



どのように分類されているか、本がどの場所に存在するかなど、あらゆる書誌に関する情報が知識として備わっている専門職人である。目録カードとは、資料名や著者、出版者や出版年、分類番号などが記されたカードで、著者別や分野別などに分かれて、引き出しに収められている。

まず、本を探す状況として、以下の3つが挙げられる。

- (1) タイトルや著者名などはっきりと分かっている特定の本を探す。
- (2) レポート課題が出され、それに合う本を探す。例えば、ネットワークについて調べるといったように、特定の本を探すわけではないが、ある程度探したい本の内容を決めている。
- (3) 時間があるので、何か本を読みたいという漠然とした状態で、具体的な内容すら決まっていない。

(1)の状態では、探し手は自分の探している本がありそうな本棚へ直接向かうか、目録カードを利用して分類番号を見つけ、その情報をもとに本棚へ移動する。そして、特定の本を発見する。(2)の状態では、自分の探している本がありそうな場所に行き、本を眺めながら辺りの本棚を観察する。場所も分からないような状態であれば、司書にどのような本を探しているかを伝え、お勧めの本を紹介してもらう。気になった本を発見したら、実際に手にとって本の内容を確認する。(3)の状態では、とりあえず時間が許すかぎり図書館内を歩き回り、様々な本を眺めてみる。

このように、著者順で並べられた目録カードから探すことは、キーワード検索に値し、分類によって配置された本棚や、分野別に並べられた目録カードから探すことは、ディレクトリ型検索に値すると考えられる。では、司書の役割を果たす検索システムは存在するであろうか。

例えば、平安時代について自分の興味のあることを調べるというレポートが出され、参考になる本を探さなければならない状況を考えてみる。ただ平安時代について書かれた本を教えて欲しいと司書に伝えても、どのような内容の本を紹介したらよいか分からない。そこで、平安時代に活躍した人を調べたいのか、平安時代の庶民の生活について調べたいのか、といった具体的な内容を提案する。探し手が生活について調べたいと伝えると、その中でも、衣服に注目したいのか、食生活に注目したいのか、住まいに注目したいのかといった更に深い内容を提案し、探し手に選択してもらう。探し手が食生活について調べたいと伝えると、司書はその本が存在する場所を教えてくれる。

探し手は司書に質問をする際、キーワード検索のように明確な言葉で自分の欲しい本を伝えたり、ディレクトリ型検索のようにある分類にそって話を進めなくてもよい。漠然と

持っているイメージを司書に伝えることにより、司書は探し手のニーズを予想して汲み取り、知識としている蓄えている書誌情報と照合し、探し手にあった本を紹介する。探し手のニーズが、本の紹介に至るまでのレベルに達していない時は、様々な方向を提案し、探し手に選択してもらうことで、探し手のニーズを明確化させ、目的の本へと導いていく。

司書は書誌情報に関する知識を、そのままの形で探し手に伝えるのではなく、探し手に合った形に変化させて伝える。そもそも日本の図書館では資料を分類する際、一般的に資料の概念を木構造で組織化した日本十進分類表が利用されており、司書はこの分類に基づき、図書館での業務を行っている。さきほどの、平安時代についてのレポートの例で、司書は探し手に、衣服に注目するか、食生活に注目するか、住まいに注目するか、といった提案を行っていたが、実はこれらの平安時代の生活に関する事柄は、ある1つの分類に属しているわけではない。平安時代の衣服に関する本は、“風俗習慣・民俗学”の中にある“被服”の“服飾史”に含まれ、平安時代の食生活に関する本は、“家政学・生活科学”の中にある“食物”の“食物史”に含まれ、平安時代の住まいに関する本は、“建築学”の中にある“住居”の“住居史”に含まれている。つまり、平安時代の生活に関する事柄のそれぞれが、様々な大分類に属しているが、司書はその1つ1つを選択して探し手に提案している。このように、司書は探し手の状態に合わせて最適な提案ができるよう、常に探し手の持ち合わせている知識やニーズを汲み取っている。

一方、探し手は司書の提案をもとに、方向性を定めていく。平安時代といった漠然としたニーズから、平安時代の庶民の生活に変化し、生活の中でも食生活について調べたいと明確化していく。このように、探し手と司書は、会話することにより、ただ言葉のやりとりをしているわけではなく、相手に合わせて自分の知的要素や心的要素を変化させているのである。司書のようなふるまいができる検索システムを構築するには、人間の変化する内部の要素について考慮し、お互いに要素を刺激し合えるように設計しなければならない。

### 情報検索に関する研究の現状

では、実際のところ、情報検索システムに関する研究には、どのようなものが存在するだろうか。そもそも情報検索が基盤としている技術は、データの管理および入出力のためのデータベース、文書データ処理のための自然言語処理、画像や音声を扱うためのパターン認識技術、データの関連性を表すメタデータに関する考察の基盤となった図書館情報学、検索アルゴリズムや情報検索システムの評価尺度に寄与した数学理論など、多数の分野にのぼる。これらの様々な要素技術を組み合わせることによって、検索システムが構築されている。

一般的な検索システムは、検索対象のデータや、データの関連性を表すメタデータが格納されているデータベースと、ユーザインタフェースを通して入力されたクエリから最適

なデータをデータベースから抽出する検索アルゴリズムの2要素から構成されている。これらの要素における主な研究として、いかに大量のデータを収集するか、いかに人間の知識と同じようなメタデータを作成するか、いかに高速に処理して検索結果を生成するアルゴリズムを開発するか、いかに正確な検索結果を生成するアルゴリズムを開発するかが挙げられる。

情報検索の評価尺度としては、一般に適合率 (precision) と再現率 (recall) を用いることが多い。検索結果には通常、本来検索したかった情報 (正解) と、あまり関係のない情報 (不正解) が含まれている。適合率とは、検索結果中の正解の割合 (正解率) を表し、再現率とは、検索結果として現れた正解がすべての正解に占める割合 (カバー率) を表す。適合率も再現率もともに高い状態が望ましいが、一般にトレードオフの関係にあるため、検索対象とする情報数を多くすれば、再現率が向上するが、逆に適合率が下がってしまうため、ユーザの満足度は低下する。Yahoo!のようなディレクトリ型検索は主に適合率を重視した手法で、情報量が少ないが的確なページを探してくれる。一方、Googleのようなキーワード検索は、一般的にはディレクトリ型に比べて適合率は高くないが、多くの情報を収集することによって再現率を高くし、網羅的に情報を提供している。

このようにテーマや評価尺度から見る限り、情報検索の研究は、主に検索の効率化を図ることを目的としていると言える。システムとユーザは切り離されて考えられおり、システム内でもある要素に関して追求する研究が主である。唯一、ユーザとシステムをつなげようとしているメタデータは、一般的な人間の知識や概念をシステムに持たせるための働きをしている。図書館での本の整列に利用されている分類や、ディレクトリ型検索で利用される分類は、実際に人間の手によって分類されており、有効であると考えられている。しかし、ディレクトリ型検索の問題として挙げたように、システムで用意した分類とユーザが頭の中で描いている分類が異なる場合、違和感を感じ利用しづらくなる。

検索対象がテキストである場合のメタデータ生成では、文を単語へと分解する形態素解析、文の文法的な関係に変換する構文解析、文から体系的な概念へと変換を行う意味解析などを行うことで、ある程度、人間が共通して持つ概念へ近づくことができる。一方、画像や映像、音声といったマルチメディアデータが検索対象である場合、文字とは違い、データに対して抱くイメージや概念は、人それぞれ異なる。例えば、日が沈みそうな中で満開の桜の木が写っている写真を見て、お花見を思い描く人もいるだろうし、夕日を思い描く人もいるだろう。このように、一般の人が共通に持つ概念を作ることは、事実上難しいのではないかと思われる。

では、人とシステムをつなぐ検索インタフェースでは、どのような研究が行われているのだろうか。基本的に検索に特化したインタフェースというよりは、いかにデータベースの内容をユーザに分かりやすく提示するかということを目的にしていると言える。必要な

情報だけを画面に表示する、全体とある範囲の詳細を同時に表示する、関連する情報を近くに配置したり、線をつないで表示する等、様々な技法があり、ユーザが情報を直接操作すると動的に画面が変化する。しかしこれらのインタフェースは、ディレクトリ型検索と同様に、データの持つ関連性をユーザに示しているため、ユーザが描いている関連性とは必ずしも一致するとは限らない。また、表示が複雑化したり、ユーザが操作しきれなかったりと、逆にデータを把握しづらくなったりと、別の問題も生じている。

### 物質的豊かさから精神的豊かさへ

これからの検索システムは、どのように設計されるべきであろうか。情報検索における人間の内部の様子、一般的な検索手法であるキーワード検索とディレクトリ型検索の問題点、検索システムが存在しない時代の図書館での本探し、現在の情報検索における現状について述べてきた。まとめると以下のことが言える。

- 人間は情報を探るとき、なぜその情報が知りたいか、具体的にどんな情報が欲しいのか、どうやって探したらよいかという人間の内部要素は、状況によって異なる。
- キーワード検索やディレクトリ型検索では、自分の求めている情報に出会うためには、どのようなキーワードを入力すれば良いか、どの分類を選択すれば良いか、ユーザ自らが考え、ユーザがシステムのふるまいを予想し、システムに合わせて検索を進めなくてはならない。
- 検索システムが存在しない昔の図書館における本探しを考察すると、司書のようなふるまいができるような検索システムを構築できると良いと考えられる。探し手と司書の会話は、ただ言葉のやりとりをしているわけではなく、お互いの知的要素や心的要素を刺激し合っている。
- 情報検索における研究は、効率重視であり、ユーザとシステムのつながりがあまり考慮されていない。ユーザは人それぞれ持っている知識が異なるため、一般的な人間の持つ知識のような概念をシステムに持たせたとしても、違和感を感じることが多い。検索インタフェースとしては、表示や操作が複雑で、ユーザが使いこなすことが難しくなっている。

情報検索の研究目的が効率重視であることを述べたが、そもそも、探し手は本当に早く情報にたどり着きたいと思っているのだろうか。図書館の例に戻って考えてみることにする。まず(1)の特定の本を探す場合、はっきりとタイトルや著者が分かっているので、できるだけ早く発見したいと思うだろう。しかし、(2)の場合、司書と会話をしているときに、

早く本を見つけたいと思うだろうか。探したい本の内容が漠然としているにも関わらず、自分のために知恵をしぼってくれる司書は、大変ありがたい存在である。司書の提案に対して、自分の漠然としたイメージは明確化されると共に、気分が晴れ晴れしてくる。そして最終的に満足した本が見つければ、例え時間がかかったとしても、気分は良いはずである。(3)の場合は、時間つぶしに本を読むという状態であるため、本が見つければラッキーであると思う程度で、見つからなかったからといって、とくに問題はない。

このように(2)や(3)の状態ではとくに早く情報にたどり着くということを探し手が気にしているわけではない。重要なのは、探し続けるというモチベーションを保つということである。人がキーワード検索やディレクトリ型検索などの検索システムを利用している際、検索をあきらめる理由としては、いくら考えてキーワードを入力したり、分類を選択しても、自分の欲しい情報に出会えず、飽きたりつまらなく感じる事が挙げられる。検索システムとして重要なのは、苦勞することなく楽しく検索し続けることができる効果重視であると考えられる。

従来のように、いかに多くの情報を持つ大規模なデータベースを構築するか、いかに適合する情報を抽出する強力な検索アルゴリズムを提案するかといった、物質的な豊かさではなく、ユーザの心的要素や知的要素をサポートしながら検索を助ける精神的豊かさが、今、検索システムには求められているのではないだろうか。ユーザとシステムがお互いの内的要素を刺激し合えると共に、ユーザの検索に対するモチベーションを下げないような楽しく利用できるシステムが必要である。

## 1.2 本研究の目的

本研究では、大規模なデータベースの構築や強力な検索アルゴリズムの提案といった物質的な豊かさを追求するのではなく、ユーザの変化する心的要素や知的要素のサポートし、楽しく検索を続けるインタフェースの提案により精神的な豊かさを追求することを目的とする。従来の検索システムのように、早く目的の情報にたどり着くという効率重視ではなく、たとえ時間がかかったとしても満足のいく情報にたどり着くという効果重視で、検索システムのあり方について考え、以下の2つの課題に取り組む。

1. 人間と検索システムの相互作用のモデル化
2. 相互作用のモデルに基づく検索インタフェースの提案

まず相互作用のモデル化では、人間と人間の対話のように、人間と検索システムがお互いの内的要素を刺激し合えるようなモデルの提案を目指す。検索前、ユーザは具体的にどんな情報を探したいのかはっきりと分かっていない状態でも、検索を進めていくうちに、ニー

ズが明確化され、知識も増え、気分も変化してくる。人間内部における知的要素や心的要素をサポートするためには、検索システムはどのような要素が必要であるか、また、人間とシステムが自然に対話できるためにはどのような要求要素が必要であるかを検討する。

モデルに基づいた検索インタフェースの提案では、ユーザが悩むことなく楽しく利用できるようなインタフェースの提案を目指す。複雑な表示や操作では、人間とシステムは自然にお互いの内的要素を刺激し合えなくなる。お互いの内的要素の状態の把握や、変化を伝える操作が直感的に行えるような分かりやすい検索インタフェースの設計と、システムの実装を行う。

### 1.3 論文の構成

第2章では、人間と情報システムについて論じる。まずはじめに、人間が情報システムとどのような関わりを持ちながら生活してきたかについて説明する。そして、情報システムの中でも、本研究が着目した検索システムに対して、歴史を追うとともに、これからはどのような検索システムが必要であるかを述べる。ここで、本論文における“人間と情報システムの相互作用”の意味を定義する。さらに、人間と人間の対話をもとに人間の内的要素を定義し、既存の情報探索行動モデルを紹介して、既存の検索手法の問題点を述べる。

第3章では、人間と検索システムの相互作用をモデル化する。人間と人間の対話をもとに、システムの内的要素を定義し、モデルの構成要素を検討する。そして、構成要素をもとにモデルのアルゴリズムを提案し、既存の検索手法との比較を行う。そして、システムを設計するにあたり、必要な要求要素と、インタフェースのデザイン手法を述べる。

第4章では、提案したモデルに基づき設計したリング状検索インタフェース“Concentric Ring View”を提案する。そして、本インタフェースを用いて構築した画像検索システムについて説明し、モデルの実現とユーザビリティテストについて論じる。

第5章では、提案モデルに基づき設計したキューブ状検索インタフェース“Revolving Cube Show”を提案する。そして、本インタフェースを用いて構築したテレビ番組検索について説明し、モデルの実現について論じる。

第6章では、関連研究分野の概観から、従来の研究と本研究のアプローチの違いを論じる。そして最後に、第7章では、本研究の成果を結論として述べ、今後の課題を提示する。

## 第2章

# 人間と情報システム

---

## 2.1 情報システム

### 2.1.1 情報システムの定義

情報システムについてはこれまで識者にさまざまな定義がなされている。まず、B.C.Vikery は“情報を伝送あるいは変形することを目的とするシステム”と簡潔に定義している。A.Demons と A.G.Larson は“人間、機械や手続きによって形成される環境であって、これらを統合することによりさまざまな立場の個人に、日々の活動の中で遭遇するデータや知識の入力、あるいは決断や質問の要求を可能ならしめるもの”と定義している。これら2つの定義に共通することは、必ずしもコンピュータの存在を前提としないことである。

情報システムにとってコンピュータが必須のものでないという立場をより鮮明にした考え方に、R.A.Buckingham らによる“マネージャ、スタッフ、顧客、市民を含め、情報の利用を望んでいる人々にとって、手に入れやすく、役に立つような形で、組織体または社会に適切な情報を集め、保管し、処理し、伝達するシステムで、情報システムは人間活動の社会的なシステムであり、コンピュータを利用していても、利用していなくてもよい。”という定義である。この定義で重要なのは、情報システムが単なるコンピュータの応用ではなく、人間を含めた組織体の活動に深く関わるものであるとしている点である。例えば、レジスタや帳簿による売上管理システム、電話やFAXによる受注システムや情報収集システムのように、コンピュータは利用していないが情報システムと呼べるものは存在する。

本論文では情報システムを、社会や個人の活動に必要な情報の収集、蓄積、処理、伝達、利用にかかわる仕組みとする。広義には、人的機構と機械的機構から形成される。人的機構とは組織体や社会の仕組みを表し、その組織体や社会を構成する人間や、規則、法律などを含む。機械的機構としてはコンピュータのハードウェア、ソフトウェア、データベース、通信・伝送装置、保管・蓄積装置、記録媒体などが挙げられる。コンピュータを中心とする機械的機構を重視したときには、狭義の情報システムとみなす。

### 2.1.2 情報システムの歴史

情報システムの歴史的な変遷を要約してみると、機能的には効率化から、問題解決支援、さらに知的創造へと進んできた。情報システムの利用者は、企業から社会へ、そして個人へと変化を遂げた。また、規模的には単独システムから複合システムへ、さらにネットワーク化、国際化へと進展している [Hosono03]。

#### EDP システム

日本における情報システムの歴史的な変遷を振り返ってみると、まずは企業において機械的機構を中心とした“狭義の情報システム”が開発された。情報システムの当初の目標



は、事務の省力化や効率化であり、企業の取り扱う膨大な量の情報を、少ない人件費と労力で処理することであった。EDP(Electronic Data Processing)あるいはADP(Automatic Data Processing)とよばれ、1950年代に企業の経理や給与計算などの間接部門のバッチ処理を対象に始められた。この当時は機械的機構にかかるコストが高く、それを負担できるのは企業に限られていた。

### オンラインシステム

1950年代の後半にはそれまで個別に行われていたコンピュータ処理をオンラインで統合処理するIDP(Integrated Data Processing)の時代となった。処理形態はオンライン処理に移り、対象も生産管理など直接部門に拡大されていった。またリアルタイム処理による機器制御がすすんだ。

1965年には当時の国鉄において前年に開通した東海道新幹線を含む座席予約システムが稼動し、大規模なオンラインリアルタイムシステムのさきがけとなった。その後、銀行オンラインシステムなどと並んで、情報システムの対象が“もの”から“サービス”へ、また情報システムの利用者が企業だけではなく、社会さらに個人へと進むこととなった。この時期、バッチ処理に対応する処理方式として、個々の伝票が到着するたびにその場で処理をするトランザクション処理、オンラインで多数の利用者が同時に利用するためのタイムシェアリングシステム、利用者の指示を待ちながら会話的に仕事を進める対話型処理が確立された。

### 経営情報システム

1967年に米国の進んだ経営情報システム(MIS: Management Information System)の実態が日本に紹介され、1970年代にかけてブームとなった。経営情報システムは大量のデータを集計して経営の各層に瞬時に提供するものであって、オンライン処理やデータベース技術が用いられた。

さらに1970年代になると経営意思決定支援を行う情報システムの構築が行われるようになった。これは意思決定支援システム(DSS: Decision Support System)と呼ばれ、経営情報システムの機能の一部であるが、特に対話型で試行錯誤を繰り返しながらアドホックに利用する形態を特徴としていた。

### オフィスオートメーションとエンドユーザーコンピューティング

1970年代後半ごろからオフィスの生産性向上を目指すオフィスオートメーションが盛んになり、いわゆるOAブームがおこった。これを支えた情報技術はパソコン、オフコン、ワードプロセッサなどのOA機器と、表計算やデータベースなどのデータ管理、ワーブ

ロやDTP (Desk Top Publishing) などの文書処理のようなソフトウェアであった。

1970年代の終わりから1980年代のはじめにかけて、パソコンの低価格化・高性能化が進んだことが、情報システムを大きく変える契機となった。この時代から、従来は企業の情報システム部門の専門家のみが行っていた情報システムの開発・運用の一部を情報システムの非専門家であるエンドユーザー部門が分担することとなり、いわゆるエンドユーザーコンピューティング (EUC : End User Computing) 時代の幕が開いた。すなわち、企業情報システムでの人的機構の構成に変化が現れた。

### 戦略情報システム

1980年代後半から1990年代初頭にかけて経済環境が厳しくなり企業間競争が激化すると、同業他社との優位性を確保するために、戦略情報システム (SIS : Strategic Information System) の重要性が高まり、SISブームが起こった。情報システムが企業の競争戦略を支援するために使われるようになったことを表している。

### ネットワークとインターネット

1990年代になると、組織内のコンピュータシステムの構成は、特定の機能を持ったサーバとLAN (Local Area Network) で結合されたエンドユーザー側の多数のパソコン (クライアント) からなるクライアントサーバシステムが主流となってきた。さらに従来は接続されていなかった組織外や国外の多数のコンピュータがネットワークを介して組織内のコンピュータとつながることになった。また、パソコンやモバイル機器の低価格化や通信費の低下により、スモールオフィス、ホームオフィス、あるいはモバイルオフィスなどテレワークと呼ばれる新しい勤務形態が実現し、ワークスタイル自体が変化することとなった。これら企業内外のネットワーク化により、個人だけでなく複数人の情報共有が実現し、それを支援するグループウェアやワークフローなどのソフトウェアも充実した。

インターネットは、形からいえば巨大なネットワークにすぎないが、情報システムの側面からはきわめて重要な意味を持っている。1990年代の商用プロバイダーによる接続サービスの開始によって、インターネットは一般の人々に爆発的に普及した。これは、ネット社会のはじまりを示しており、情報システムのあり方にも大きな影響を及ぼした。

たとえば、電子メールやWebは、組織内あるいは組織間のコミュニケーション・システムを変容させたばかりではなく、組織外とくに企業と消費者の間に新たなコミュニケーション・チャンネルを創りだした。そしてこうしたチャンネルは、オンラインショッピングやネットオークションなど新しいビジネスモデルの創造を可能にした。さらに、1990年代後半の携帯電話の普及、とくに1999年のiモードの登場は、インターネットを介したコミュニケーションスタイルに新たな変化をもたらした。

### 行政情報システム

官公庁や地方自治体における行政情報システムも当初は企業と同様に省力化のためのEDPシステムとして始まったが、1994年12月に制定、1997年に改定された行政情報化推進基本計画によって、いわゆる電子政府・電子自治体構想がスタートした。そこでは行政情報の電子的提供、申請・届出などの手続きの電子化、ワンストップサービスなどが目標とされている。2002年8月にはその一環として住民基本台帳ネットワークシステムが稼動し、2003年8月からは全国どこの市区町村でも住民票の写しを取得できるようになった。

### 情報通信基盤と国家戦略

情報システムはこれまでそれを必要とする企業、官公庁、自治体などの組織が中心になって開発されてきたが、情報のネットワーク化、とくにインターネットの進展に伴って、情報システムの整備は国家的な重要戦略となった。これらの情報システムの実現には国内、国外の情報通信基盤の整備が不可欠である。そのためには1996～1997年にかけて全米情報通信基盤(NII: National Information Infrastructure)や、インターネットを中心とした世界情報通信基盤(GII: Global Information Infrastructure)の構想の実現が望まれる。日本においては、2000年11月に“高度情報通信ネットワーク社会形成基本法”(通称“IT基本法”)を制定し、首相を本部長とする高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(通称IT戦略本部)を設置した。このIT戦略本部はIT基本法の理念にのっとり、2001年3月に“e-Japan戦略”を策定した。そこでは重点政策分野として、(1)世界最高水準の高度情報通信ネットワークの形成、(2)高度情報通信ネットワークの安全性、信頼性の確保、(3)電子商取引等の推進、(4)行政・公共分野の情報化、(5)教育・学習の振興と人材の育成の5つを挙げている。“e-Japan戦略”は2001年から5年以内にわが国を“世界最先端のIT国家”にすることを目標としていたが、この5つの重点分野はいずれも広義の情報システムの実現に関わるものといえる。

#### 2.1.3 情報システムへの要求

組織の大規模化、個人のライフスタイルの多様化、人々の活動の地球規模でのボーダーレス化などによって、情報システムのあり方は大きく変化した。インターネットの登場は、情報システムの利用者の範囲を広げ、情報システムそのものを多様化するとともに、複雑化ももたらした。その結果、情報システムの企画、開発、運用、保守、改良には多大なコストと時間を要するようになった。また、システム障害や不正侵入などが発生した場合の影響の甚大さが増したため、信頼性への要求がさらに高まった。

情報システムは、企業の業務遂行に必須のものであるばかりではなく、人々の日常の暮

らしを支えるインフラとしても欠かせないものとなっている。すなわち、情報システムの社会化である。人々が違和感なく使える情報システムを実現するためには、情報技術のさらなる進歩に期待するとともに、人間活動と情報技術の調和をより一層図っていかなければならない。

情報システムは、過去からの伝統の上に形作られた人間の生活や文化に裏打ちされた“情報に絡む仕組み”自体であると考えられる。そこに、コンピュータの出現によってもたらされた情報技術が強い影響力を持って登場したのである。現在、こうした仕組みと情報技術を、従来の情報システムにどのように組み込むべきかが問われている。情報技術が強力であるがゆえに、良い意味でも悪い意味でも社会への影響は大きいからである。

いずれにせよ、人間の情報行動になじむ情報システムをいかにデザインすべきかが問題である。その際、企業あるいは社会の姿、そしてそこでの人間の生活を左右するものであることを意識して、デザインに臨むことが大切である。単に技術的な精巧さ・完全さのみを狙うものであってはならず、常に人間にやさしい情報システムであるように考えなければならない。

## 2.2 検索システム

情報通信技術や情報社会の発展に伴い、社会が生成・管理する情報量が急速に増えてきている。インターネットの普及により、Webはビジネスや個人生活において必要不可欠なものとなるとともに、それらを通して得られるオープンな情報は増大した。また、デジタルビデオやデジタルカメラ、ハードディスクレコーダーなどの普及により、個人が情報を簡単に蓄積できることが可能になった。このように、創出される情報量は、近年、爆発的に増大していることが明らかである。膨大な情報の中から、自分の目的に合う情報を探すことは非常に重要となってくる。そこで、本論文では、情報システムにおいても、これ情報検索システムについて考える。

### 2.2.1 情報検索の定義

情報検索は、蓄積された大量の情報の中から、利用者にとって relevant な情報を効率よく選び出すための過程とそれに必要な技法を扱う研究分野である。relevant とは、“利用者の情報要求に適合する”，“ふさわしい”，“利用者にとって必要なもの”を表し、情報検索の成否を判断するための基本的な基準である。

人は、問題に遭遇したり、自分の知識に何か抜けている部分があると感じた時に、知識の抜けている部分を埋めるような情報を探す。他の人に聞いたり、観察などの直接的な経験から情報を得ることもあるが、多くは文書などの記録情報から必要な情報を得て利用す

る。情報検索システムはこの過程を支援するものである。

情報検索とデータ検索を同等とみなす研究者もいるが、データ検索は、統計数値データ、文書の著者名や出版年などあいまい性のない特定の記号を含むレコードを求める検索である。検索したいことがらとそれを表現する記号との間のずれがないので、検索結果は常に検索要求に適合する。代表的な例としては、文書中の記号のパターンマッチングによる選択、複雑な表から条件に合致するレコードの選択するといった課題が挙げられる。

一方、情報検索は、主題やトピックと呼ばれる文書の内容、文書で論じられていることがらを求める検索である。ある概念について論じている文書を、文字、記号などを介して求める検索であり、概念検索とも呼べる。ある概念は、さまざまなことばや記号で表現することができ、また、ある特定の言葉や記号は、文脈によって異なる概念を表すことがある。そのため、検索したいことがらとそれを表現することばや記号の間には曖昧性があり、情報検索システムへの検索質問は検索したいことがらの属性を明確に規定することができず、検索結果は検索要求に常に合致するとはかぎらない。

この“文書で論じられていることがらを対象とする”ということが情報検索の中心的な課題であり、難しさの根源でもある。すなわち、データ検索では、検索質問に示された条件に合致して検索されたレコードのすべてが正解であるが、情報検索では検索された文書の内容が利用者にとって relevant であるかどうか基準となる。

検索対象となる文書は、人間の知的芸術的創造の成果をひとまとまりのものとして表現し、記録したものである。したがって、情報検索は、文書の作成者と利用者との時空を超えたコミュニケーションを促進するメカニズムである。文書には、テキスト、音声、画像、動画などあらゆる形式で表現されたものが含まれる。

### 2.2.2 情報検索の歴史

“information retrieval”という用語を最初に文献中に用いたのは、1950年のC.N. Mooresと言われている [Swanson88]。また1950年代半ばには、デジタルコンピュータでのバッチ処理による文献検索が実現された [Bourne80]。このように、コンピュータによる情報検索の歴史は、およそ1950年代に始まった。

それ以前にも、様々な機械的な検索システムが開発されていた。特に、1920年代から30年代にかけて、記録物の蓄積媒体として、マイクロフィルムが普及していた時期であり、それを迅速に選別する機械 (microfilm rapid selector) がすでに考案されていた [Buckland92]。その他にも、Batten のシステムや Zatocoding system などの、紙のカードを利用したシステムがいくつか考案されていた [Hoshino91]。

そのあとの1950年代は、最初のバッチ検索サービス (MEDLARS) が開始される1964年に至るまで、初期的な実験や開発がいくつか試みられ、情報検索の基本的概念や理論が

形成された。1965～70年はオフラインでのバッチ検索サービス時代、1970～75年はバッチ検索からオフライン検索サービスへの移行期、1975～80年はデータベースの発展と多様化の時代と特徴づけられ [Neufeld86]、これらの時期は、情報検索が発展、普及し、定着するに至った時期であるといえる。

1980年代に入ると、コンピュータや通信の技術の発展に伴い、情報検索の技術・サービスの向上が実現された。例えば、1980年代前半には、専用端末を用いた恩来検索を実行し、その後はパーソナルコンピュータがしだいに検索専用端末に置き換わり、通信速度も年々向上した。さらに、1980年代は、学術文献の本格的な全文ベースによる提供や、CD-ROMでの検索の実用化など、情報検索がより高度に多様化した時代でもある。そして、その流れは1990年代に受け継がれ、情報検索はマルチメディア技術やインターネットの登場に影響を受けつつ現在に至っている。

情報検索の研究は、実用としてのデータベース検索サービスと、理論的実験的な情報検索研究という大きく2つの流れに分かれて、両者が異なる発展過程をたどったといえる。実用サービスでは、人手で作成した索引語や抄録を対象とし、ブール型検索と転置索引という初期に開発された比較的単純な検索技術を用い、データベースの大規模化、検索の高速化に対応してきた。また、オンラインの対話型検索サービスの出現により利用者指向研究という分野を生み出した。その一方で、情報検索の“理論的実験的研究”では、小規模のテストコレクションを用いて、検索実験を行ない、自動索引、ベクトル空間型・確率型・拡張ブール演算などの検索モデル、自然言語文の検索質問、適合度順出力、適合フィードバック、自動検索質問拡張などの多様な技法が開発された。

### 2.2.3 検索システムへの要求

一般的に検索システムを評価する際、検索の速度、検索対象文書集合の収録範囲、情報の新しさ、信頼性、システムの使いやすさなど、様々な側面から評価することができる。代表的な評価指標として再現率 (recall) と適合率 (precision) が挙げられる。再現率は検索対象文書集合中のすべての適合した文書のうち検索された適合した文書の比率、精度は検索された文書のうち適合した文書の比率であり、それぞれ、どのくらい漏れの少ない検索ができたか、どのくらいノイズの少ない検索ができたかを示す。

このように、評価方法から見ても、いかに強力な検索システムを作るかということに重点を置いている。検索システムを利用するのは人間であるにも関わらず、ひとりよがりな検索システムだけに注目し、構築するには限度がある。2.1.3節でも述べたとおり、人間の情報行動になじむシステムをいかにデザインすべきかが重要である。人間が検索システムを利用するにあたり、人間の心理的あるいは行動的な側面に焦点を当てることも大切である。また、人間と検索システムが対話を行うということも忘れてはならない。

## 2.3 人間と検索システムの相互作用

### 2.3.1 相互作用とは

インタラクション (interaction) という言葉には、“相互作用”と“対話”の2つの意味がある。相互作用とは“物や現象が互いに作用し合い、また影響を及ぼし合うこと”であり、対話とは“双方向かい合って話をする事”と辞書では定義されている。“対話”は狭い意味では言葉による会話であるが、広い意味では人間や機械が物を動かす、操作する、身振りで表現するといった実世界に対する働きかけ全般を指す。

コンピュータヒューマンインタラクションという研究分野では、コンピュータないしその応用機器への人間の入力と、それらの機器やシステムからの反応との関係を最適化し、自動化し、向上させてゆくことが目的となっている。つまり、人間とシステムの対話性を高めることを意味する。

人間と人間が対話をするとき、ただ表面的に言葉を交わしているわけではない。相手が自分の知らないことを教えてくれた場合、自分の知識として蓄えるだろう。相手が自分のことを褒めた場合、自分の感情は高鳴るだろう。相手がアドバイスを与えた場合、自分の気持ちは開放され、良い方向性に向かって思考を働かすだろう。このように、対話することにより、人間はお互いの知的要素や心的要素まで影響を与える。

本論文における“相互作用”は、一般的に使われている“対話”を意味するものではなく、辞書に意味にあるように、人間とシステムが互いに作用しあい、影響を及ぼし合うことを意味する。つまり、人間同士が会話をする際、内的要素に影響を及ぼしあうように、人間とシステムの内的要素を刺激することを意味する。

図 2.1 は、本論文で提案する相互作用のモデルである。人間と検索システムを結ぶ矢印が、“対話”を表している。そして、人間とシステムの内的要素を結ぶ点線で描かれた矢印が、相互作用を表す。人間とシステムの表面的な対話ではなく、その奥の要素を刺激し合うことを、本論文では“相互作用”と呼ぶ。

### 2.3.2 人間と人間の対話

本論文における相互作用とは、第 2.3.1 節で述べた通り、人間とシステムがお互いの奥に潜む内的要素を刺激することを意味する。つまり、人間と人間が会話しているように、人間と検索システムが対話できることが理想である。そこでまずはじめに、人間の内的要素を定義するため、“テレビ番組をあまり見ない A さんが、テレビ番組に詳しい B さんに、お勧め番組を教えてください”ことを想定したシナリオを用いて検証する。

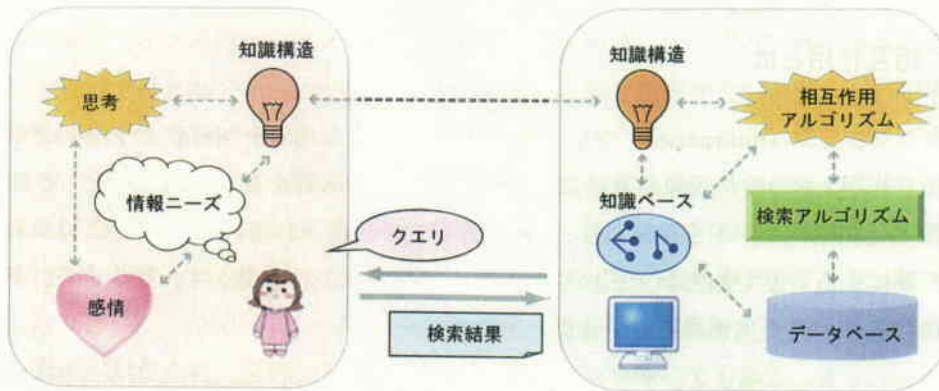


図 2.1 相互作用

## シナリオ

1. Aさんは、テレビ番組について知識を持っていない。具体的にどのような番組が見たいかはっきりしておらず、不安な状態である。Aさんは、暇つぶしのための番組を探したいと思っている。スポーツ好きなAさんは、漠然とスポーツに関する番組がみたいと考えている。一方、Bさんはテレビ番組について、様々な知識を持っている。Bさんは、Aさんがどのような番組を見たいか知らない状態である。
2. Aさんは、Bさんにスポーツに関するお勧め番組がないか質問する。Bさんは、自分のテレビ番組に関する知識から、Aさんのニーズに合うテレビ番組を選び出す。Bさんは、サッカーや野球、ゴルフなど、様々な種類のスポーツ番組が存在することを知っている。
3. Bさんは、Aさんに様々な種類のスポーツ番組、例えば、サッカーや野球、ゴルフなどが存在することを伝え、お勧め番組を教える。Aさんは、スポーツ番組にはいろいろと存在することを知る。Aさんは、ゴルフ番組について知りたいと考え、ニーズをゴルフ番組に変更する。現段階では、Aさんはまだ不安な状態である。
4. Aさんは、Bさんにお勧めのゴルフ番組がないか質問する。Bさんは、自分のテレビ番組に関する知識から、Aさんのニーズに合うテレビ番組を選び出す。Bさんは、ゴルフ番組が少ないことを知っている。
5. Bさんは、Aさんにゴルフ番組が少ないことを伝え、すべての番組を教える。Aさんは、すべてのゴルフ番組を知る。しかし、Aさんは、気になる番組が見つけれ



- かったため、スポーツ番組ではなくドラマにしようと考え、ニーズをドラマに変更する。この段階でも、Aさんは明確な方向性が定まっておらず、不安な状態である。
6. Aさんは、Bさんにお勧めのドラマがないか質問する。Bさんは、自分のテレビ番組に関する知識から、Aさんのニーズに合うテレビ番組を選び出す。Bさんは、日本の現代物や時代劇、外国物など、様々な種類のドラマが存在することを知っている。
  7. Bさんは、Aさんに様々な種類のドラマ、例えば、日本の現代物や時代劇、外国物などが存在することを伝え、お勧め番組を教える。Aさんは、ドラマにはいろいろと存在することを知る。Aさんは、日本の現代ドラマを見たいと思い、ニーズを日本の現代ドラマに変更する。
  8. Aさんは、Bさんにお勧めの日本の現代ドラマがないか質問する。Bさんは自分のテレビ番組に関する知識から、Aさんのニーズに合うテレビ番組を選び出す。Bさんは、日本の現代ドラマには、15分や1時間の連続ドラマや2時間の単発ドラマなど、様々な長さのドラマが存在することを知っている。
  9. Bさんは、Aさんに様々な長さのドラマが存在することを伝え、お勧め番組を教える。Aさんは、2時間くらいのドラマが見たいと考え、ニーズを2時間くらいの日本の現代ドラマに変更する。
  10. Aさんは、Bさんにお勧めの2時間くらいの日本の現代ドラマがないか質問する。Bさんは、自分のテレビ番組に関する知識から、Aさんのニーズに合うテレビ番組を選び出す。Bさんは、番組の出演者情報も知っている。
  11. Bさんは、Aさんに出演者情報も含めて、お勧め番組を教える。Aさんは、自分のお気に入りの女優RSさんが気になり、RSさんの出演するすべての番組を知りたいと考え、ニーズをRSさんの出演番組に変更する。Aさんは、ニーズが明確になり、気分が良くなる。
  12. Aさんは、BさんにRSさんが出演している番組がないか質問する。Bさんは、自分のテレビ番組に関する知識から、Aさんのニーズに合うテレビ番組を選び出す。
  13. Bさんは、AさんにRSさんの出演する番組を教える。最終的にAさんは、見たい番組を発見し、安心する。

#### 考察

シナリオから、以下のサイクルで会話が成立していることが分かる。

- (1) AさんがBさんに自分のニーズを伝える。
- (2) Bさんは自分の番組に関する知識から、Aさんのニーズに合う番組を選択する。
- (3) Bさんは選択した番組をAさんに伝える。
- (4) AさんはBさんから教えてもらった番組を、自分の番組に関する知識として吸収する。
- (5) Aさんは吸収した知識から、次の策を考えたり、気持ちが変わったり、新たなニーズを生み出す。

このように、BさんはAさんと会話することは、ただ言葉を交わしているわけではなく、Aさんの知的要素や心的要素を刺激していると言える。

### 2.3.3 人間の内的要素の定義

前節のシナリオにおいて、Aさんはテレビ番組に関する知識が全くの白紙であった。Bさんと会話をするたびに、スポーツ番組、ドラマ、2時間くらいの日本の現代ドラマ、RSさんの出演番組など、新たな情報を得て、知識として吸収する。この時、Aさんはただ情報を詰め込むのではなく、頭の中で整理し、知識として蓄える。たとえば、スポーツ番組に関する知識を持っている状態で、ドラマに関する情報を得ると、スポーツ番組とドラマを別物として蓄えるのではなく、ジャンルにはスポーツとドラマが存在し、それぞれこのような番組を持っているといったように、既存の知識につながりを持たせて、新しい情報を吸収する。このように、人間の知識は、対象領域の階層や分類などを利用して構造化されながら、ダイナミックに変化していく。本論文では、新たな情報を得ることで再構築されていくある概念に関する人間の知識構造を、“ユーザの知識構造”と定義する。

Aさんは、自分のニーズに合う番組をBさんが提示してくれるごとに、次の戦略を考え、ニーズを変化させる。はじめは、時間があるから何か番組が見たいと思っていたが、Bさんと会話しているうちに、スポーツ番組、ドラマ、RSさんの出演番組といった新たなニーズを生み出している。何か番組を見たいという漠然としたニーズも、ドラマやスポーツ番組を見たいといった比較的明確なニーズも、Aさんが知りたいと頭の中で思い描いている情報である。本論文では、人間がある問題を解決しようとする際、現有の知識だけでは不十分であると感じ、それを補うような情報を得たいと考えている欲求を“情報ニーズ”と定義する。

Aさんは、最初どんなテレビ番組が見たいか分からなかったが、とりあえずスポーツ番組にはどのような番組が存在するかを教えてもらい、その後、ドラマに変更し、最終的には興味のあるRSさんの出演番組に決定した。このようにAさんは、Bさんが教えてくれ

た情報をもとに、自分が見たい番組が見つかるような方向へむけて、次の戦略を考えていく。まずスポーツの番組を知ろうと考えたことは、番組を見つける上ではあまり重要ではなく、遠回りをしたように見えるが、この戦略もユーザが最適であろうと考えた結果であるため、決して無駄な考えではない。本論文では、人間がある問題に直面している際、問題解決に向かうように、ある時点において最適な解決策を自ら考えることを“思考”と定義する。

Aさんは、Bさんにお勧め番組を覚えてもらう前は、具体的にどのような番組が見たいかはっきりしておらず、不安な状態であった。しかし、Bさんと会話しているうちに、方向性が定まって確信が持てるようになり、最終的には目的の番組が見つかり安心した。このように、Aさんは番組に関する情報を得るたびに、気持ちに変化している。本論文では、人間がある問題を解決しようとする際、ある時点における自分自身の過去の行動を評価することにより、自分に対して抱く反応や気分を“感情”と定義する。

## 2.4 人間の内的要素

システムのモデルを提案するにあたり、ユーザは何を考え、どんな行動をとるかを分析するために、上記で定義した知識構造、情報ニーズ、感情、思考に関する既存の情報探索行動モデルについて述べる。そして、これらの観点から、既存の手法であるキーワード検索、ディレクトリ型検索、情報視覚化について分析する。

### 2.4.1 知識構造

認知科学において、情報とは“メッセージの受け手の知識に変化を及ぼすもの”と定義されている。情報を獲得するのは、知らなかったことを知った時だけでなく、すでに知っていたと思いついていたことが間違いだったと分かった時もある。

#### ブルックスの方程式

ブルックスの方程式 [Brookes80] は、知識が単純な足し算ではなく、得た情報と受け手の知識構造が影響し合うダイナミックなプロセスであることを示している。

$$K[S] + \Delta I = K[S + \Delta S]$$

ここで、 $K[S]$  は情報を得る前の  $S$  に関する知識構造である。 $\Delta I$  は獲得した情報を表し、 $K[S + \Delta S]$  は、情報を得た後の知識構造を示している。

例えば、“ABCという番組は3チャンネルで、15日の9時から放送されると思っていたが、番組表を見たところ、その時間はXYZという番組が放送されることを知った”という場合、ブルックスの方程式に当てはめると次のように説明できる。

番組表を見る前の“ABCという番組は3チャンネルで、15日の9時から放送される”という知識は、番組表を見ることにより、“XYZという番組は3チャンネルで、15日の9時から放送される”と変化した。このように昔の知識に情報が単純に足されるのではなく、適切な情報に修正され、新しい知識として蓄積される。

情報探索において、 $\Delta I$ を検索結果とみなすと、ブルックスの方程式は情報探索における1ステップとして考えることができる。例えば、“ABCという番組は3チャンネルで、15日の9時から放送される”と思っていたが、番組表を見たところ、その時間はXYZという番組が放送されることを知った。番組表を再度眺めていたところ、ABCという番組は4チャンネルで14日の9時から放送されることを知った”という場合、次のように説明できる。

番組表を見る前の“ABCという番組は3チャンネルで、15日の9時から放送される”という知識は、番組表を見ることにより、“XYZという番組は3チャンネルで、15日の9時から放送される”と変化した。さらに、番組表を見ることにより、“XYZという番組は3チャンネルで、15日の9時から放送され、ABCという番組は4チャンネルで、14日の9時から放送される”と知識が変化した。このように、情報探索においても、検索結果という情報を見ることにより、知識構造は常に変化する。

#### 2.4.2 情報ニーズ

##### 情報ニーズの4段階モデル

情報探索行動において、探し手の知識構造は頻繁に変化することにより、情報ニーズも変化する。テラーは、図書館の利用者がなんとなく自分の知識が不足していることに気づいてから、図書館員に質問を発するまでの情報ニーズの変化を表2.1が示すように4段階で分類した [Taylor68].

第1段階における心奥のニーズでは、必要な知識が不足していることを漠然と感じているものの、どんな知識が欠けているのか、そのギャップを埋めるためにどんな情報を探したらよいかは、全く分からない状態である。第2段階では、人にうまく説明はできないが、不足している知識の領域は把握できており、頭の中で推論したり、周囲の人々に漠然と問いかけることにより、求めるべき情報は何か徐々にはっきりとしてくる。第3段階では、欠けた知識が明確に定義され、論理的な質問を発することが可能になる。この質問は、答えが欲しい疑問であるが、それをそのままの形で図書館員に訪ねることはしない。第4段階では、相手の知識構造や理解度を想定して、その人が答えられるような形で質問を発し、提示する。

例えば、少し時間をつぶすために何かテレビ番組が見たいという場合、探し手の情報ニ-

表 2.1 情報ニーズの4段階

第1段階	心奥のニーズ
	漠然と知識が欠けているような感じがする どんな知識が欠けているか分からない どんな情報が必要なのか分からない
第2段階	意識したニーズ
	どんな情報が欠けているのかほぼ分かっている どんな情報が必要か人に説明できない 周囲の人に漠然と質問することで明確化
第3段階	具体化したニーズ
	欠けている知識が明確に分かっている 論理的な質問を発することができる 答えが欲しい真の疑問が明確となる
第4段階	妥協したニーズ
	質問する相手の知識構造や理解力を想定 相手が答えられるような質問をする 検索エンジンで探せるようなキーワードを入力

ズは次のように説明できる。検索開始時における情報ニーズは、単純に何か番組を見たいということである。テレビをつけてチャンネルを回しながら、興味深い番組があるか探していると、自分の好きな俳優が出演していることを発見する。そして、その俳優が出ていたドラマを録画していることに気づいた時点で、情報ニーズはその俳優が出演しているドラマに変更される。このように、情報ニーズは次第に明確化される。

#### バンデューラの多重ゴールモデル

人間の日常行動は、“未来の望ましい出来事（遠隔ゴール）を心に描き、個々の行動の成果を評価する基準（直近ゴール）を設定し、それを実現させる可能性の高い行動を起こす”と、バンデューラの多重ゴールモデル [Bandura86] では定義されている。これは、人間が何か行動する際、大きな目標と、それに向かう小さな目標を立てて、とりあえず目の前の行動に必要な情報を探すとすることを意味している。

これを情報探索にあてはめて考えると、図 2.2 が示すように、遠隔ゴールは、検索終了時における自分の未来イメージ、直近ゴールは、探し手が遠隔ゴールに向かって、様々な時点で設定する情報ニーズを満たそうという状態として捕らえることができる。例えば、30分時間があるので何か番組が見たいという探し手の検索状態は、次のように説明できる。

遠隔ゴールは、“30分を過ごすための番組を見つけられた”という状態である。まず直近

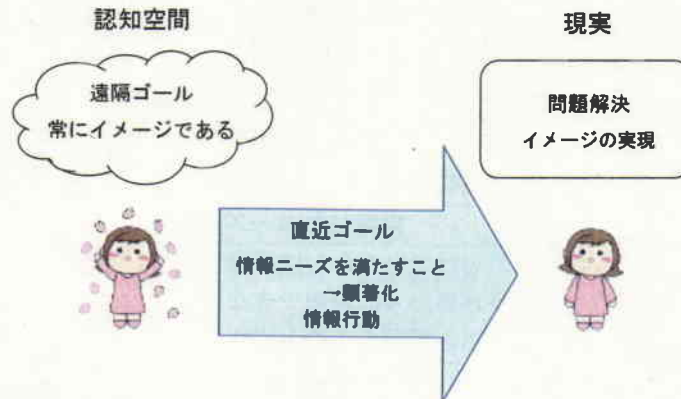


図 2.2 バンデューラの多重ゴールモデル

ゴール1として、“30分番組という情報ニーズを満たそうとする状況”を設定する。30分番組が表示されることにより、直近ゴール1は満たされる。次に、その検索結果の中で、スポーツ番組が気になり、直近ゴール2として“スポーツ番組という情報ニーズを満たそうとする状況”を設定する。スポーツ番組が表示されることにより、直近ゴール2は満たされる。さらに、その検索結果の中で、あるスポーツ選手MNが気になり、直近ゴール3として“スポーツ選手MNの出演している番組という情報ニーズを満たそうとする状況”を設定する。スポーツ選手MNの出演している番組が表示されることにより、直近ゴール3は満たされる。最後に、その検索結果の中から、見たい番組を発見し、遠隔ゴールを達成する。このように遠隔ゴールに向かって、探し手は情報ニーズを設定し、それを満たした時点で次の情報ニーズを設定する。

### 2.4.3 感情と思考

#### クルトナーの6段階モデル

情報を探す際、ユーザの情報ニーズや知識構造だけでなく、思考や感情も変化する。クルトナーは、高校生のレポート作成過程に関する観察とインタビューを組み合わせた一連の研究結果に基づき、情報探索プロセスモデル [Kuhlthau88] を提示した。表 2.2 のように6段階で構成され、各段階におけるタスク、思考、感情、情報行動を明示している。

第1段階のタスク定義では、教師から宿題の説明を受けた生徒は、何をすべきかよく分からないため、しばしば不安を感じ、トピックの選択や取り組み方について人に相談する行為がよく観察される。第2段階のトピック選択では、縫う種できる情報の予備的探索、選択肢となる各トピックに関連する情報源の選定、成功の可能性について、人と相談する行

表 2.2 クールトーの6段階モデル

段階	第1段階	第2段階	第3段階	第4段階	第5段階	第6段階
	タスク定義	トピック選択	漠然とした情報探し	フォーカス形成	情報収集	情報探し終了
感情	不確実・不安	漠然とした希望	恐怖・疑い・フラストレーション	明快	方向性・自信	開放感
思考	漠然 .....					明快
	関心が高まる					
情報行動	関連情報を探す .....				適合情報を集める	
	焦点が絞られる					

為が生じる。第3段階の漠然とした情報探しでは、選んだトピックに関する一般的な情報の収集を通じて、トピックへの理解を深める。新たに得た情報は既存の知識構造と食い違ったり、異なる情報源から得た情報は相互に矛盾するため、生徒は落胆と恐怖を感じ、フラストレーションが生じる。どんな情報が欲しいのかを明確に述べるできないため、思考は混乱し、不安感や疑いが生じる。多くの生徒にとって、この段階はプロセス全体の中で最も困難で、途中で投げ出す人も出る。第4段階のフォーカス形成では、漠然とした情報探しで出会った情報からトピックの焦点を定める。焦点が固まるにつれて、不安が消えて自身が高まるという感情の変化がおこる。第5段階の情報収集では、情報検索システムを利用し、トピックの焦点に直接関連した情報を収集し、思考はさらに明確化される。第6段階では、思考がまとまり情報探しを終了させ、解放感を覚える。

### ベリーピッキングモデル

ベイツは、探索行動の過程において、一度にすべての情報を得るのではなく、探索過程で少しずつ自分に必要な情報を拾い集めるというベリーピッキングモデル [Bates89] を提案した。図 2.3 では、クエリは変化し続け、探索中に新しい考えや方向性が生まれることを示している。

例えば、少し時間をつぶすために何かテレビ番組が見たいという場合、探し手の情報ニーズは次のように説明できる。

例えば、見ようと決めた番組が長すぎて別の番組に変更する、ある俳優さんの出演している番組を探していた途中で、別の俳優さんが気になり変更する、といったような場合である。

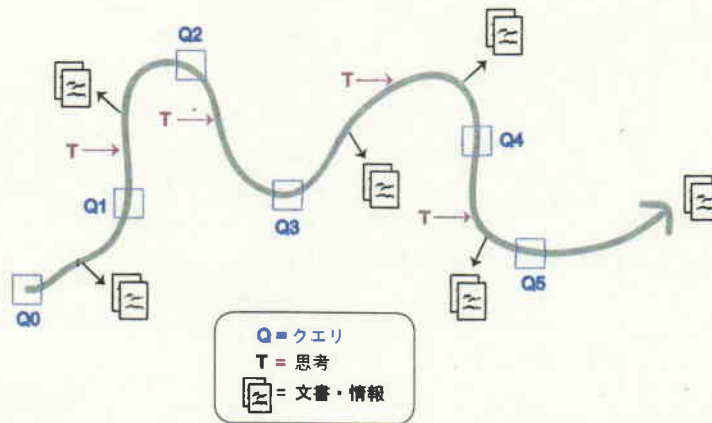


図 2.3 ベリーピッキングモデル

## 2.5 既存手法の問題点

情報検索をサポートする手法として、キーワード型検索、ブラウジング型検索、情報視覚化が挙げられる。これらを第2.4節で述べた知識構造、情報ニーズ、思考、感情と、第2.3.1節の相互作用から分析する。

### 2.5.1 キーワード検索

キーワード検索は、サーチボックスにキーワードなどのクエリを入力して検索することにより、検索結果が表示される手法である。

文書検索のアルゴリズムとして、ベクトル空間モデル、確率型モデル、ファジィ型モデルなどが挙げられる。

ベクトル空間モデルは最も基本的な方法として、文書を高次元空間上のベクトルで表現し、広く利用されている。クエリベクトルと文書ベクトルの類似度をベクトル間の内積などの計算により求め、ベクトル間のなす角が小さい文書を検索結果として提示する [Salton83a] ものである。ベクトル空間モデルを拡張したモデルとして、潜在的意味索引法 (LSI) [Deerwester90] や、拡張ブール型検索モデル [Salton83b, Salton85] が提案されている。

確率型モデルは、クエリに対して文献が適合する確率を利用し、文献の適合度準に出力するモデル [Robertson76] である。ある1件の文献に対してクエリの複数個の表現を考え、各表現ごとに適合確率を計算するモデル [Maron60] や、逐次学習型モデル [Bookstein81] などが拡張例として挙げられる。

ファジィ集合は1960年代半ばに提案された概念で [Zadeh65]、ある種の“あいまいさ”を



数学的に処理するための有力な手段を提供する。情報検索においても、1970年代から本格的にファジィ理論の応用が研究されている。クエリが論理積や論理和などで構造化されているか、クエリ中の各語の重みを付与するかという2つの基準があり、様々な手法が提案されている [Kantor81, Radecki76, Yager87].

### 人間の内的要素

テラーの情報ニーズにおいて、第4段階の時点で初めて有効となる手法であるため、曖昧な情報ニーズでは、検索を始めることすらできない。

検索結果をユーザが評価し再検索を行う場合には、ユーザは改めてキーワードを考え、入力しなければならない。検索アルゴリズム等、システムについて知識を持っている人は、どういうキーワードを入力したら良いかおおむね想像できるが、初心者ユーザには困難であるため、フラストレーションが溜まり、途中で検索をあきらめてしまう場合もある。また、言葉で表現しづらいものは、そもそもキーワードとして考えることができない。このように、キーワード入力、ユーザに負担をかける行為である。

検索結果の中には、予期していない情報も含まれている場合がある。しかし、キーワード検索システムにおいては、積極的に予想外の情報を含ませようとしているわけではなく、あくまでキーワードにマッチする結果を出力することが目的であるため、ノイズが含まれている場合が多い。

### 相互作用

人間の構成要素は情報ニーズで、システムの構成要素はデータベースと検索アルゴリズムである。人間がクエリをシステムに入力すると、システムは検索アルゴリズムを使用し



図 2.4 数量的アプローチ

て、データベースから適合する情報を選択し、人間に提示する。図2.4は、人間と数量的アプローチの検索システムの関係を示している。

再現率や適合率で評価され、いかにクエリに適合する情報を抽出するかが重要で、検索アルゴリズムの力で、すべてが決まってしまう。構文解析は人間の知的要素に関わるが、すべて検索アルゴリズムに含まれている。同じクエリが入力されると、同じ結果を返すため、人間の知的要素や心的要素については考慮しない一番シンプルなアプローチである。

適合フィードバック [Salton71] は、提示された検索文書が求めるものに適合しているか否かの判定をユーザが行い、その判定結果をフィードバックする。これは、人間が心的要素をシステムに明示的に伝えるアプローチもある。

例えば、人間が明示的に検索結果から自分の適合情報を選択すると、検索アルゴリズムを用いて、さらに適合する情報を表示する。これは人間が意思を明示することで、システムの検索アルゴリズムを刺激しているため、人間からシステムへの半相互作用アプローチと呼べる。ユーザの構成要素は、情報ニーズに加えて思考が存在し、システムの構成要素は、検索アルゴリズムとデータベースである。図2.5は、人間と半相互作用アプローチ（人間からシステムへ）の検索システムの関係を示している。

しかし、いずれの場合においても、システムは間違った解釈をする可能性もあり、必ずしも人間の期待に沿う結果となることはない。また、人間の思考は、検索をすすめていく上で、変化していくが、システムはそれに気づかず、いつまでも昔の思考をひきずって、検索結果を表示するかもしれない。

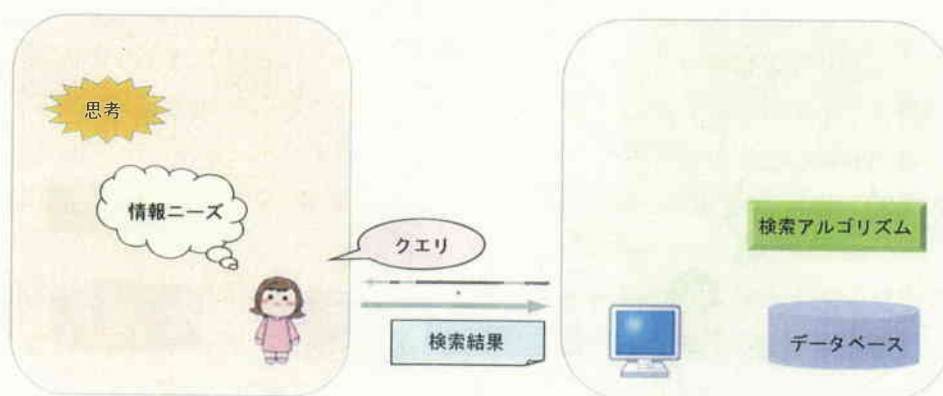


図 2.5 人間からシステムへの半相互作用アプローチ

### 2.5.2 ディレクトリ型検索

ディレクトリ型検索は、用意された大分類から、求める情報に近いものを選択し、カテゴリの範囲を狭めていくことで情報にたどり着く手法である。

従来は人手により階層構造化されていたが、自動的に分類する手法研究も盛んになっている。そのひとつとして、クラスタを利用した階層構造生成が挙げられ1970年頃から実験が試みられている [Jardine71, Rijisbergen74, Rijisbergen75]。

#### 人間の内的要素

テラーの情報ニーズの2~3段階においても適応できるため、曖昧な情報ニーズからでも検索を始めることができる。

分類の方式がユーザの知識構造と異なる場合、違和感を覚えるため検索を進めるのが難しい。本当に自分の目的の情報が含まれているのだろうかと不安を感じながら、検索を進めなければならない。また、自分の欲しい情報のない分類へ進んでいることに気づかず検索を進め、最終分類にたどり着いて初めて気づくこともしばしばある [Debowski01]。このような場合、時間を費やしたことに対して、モチベーションが下がり、検索をあきらめる可能性もでてくる。

ある観点からの分類の方式であるため、ユーザが予期していない情報に遭遇する可能性は比較的高く、新しい方向性が生まれる場合も多い。しかし、方向を修正するにあたり、分類に戻る必要がでてくるため、方向転換は難しいのは問題として挙げられる。

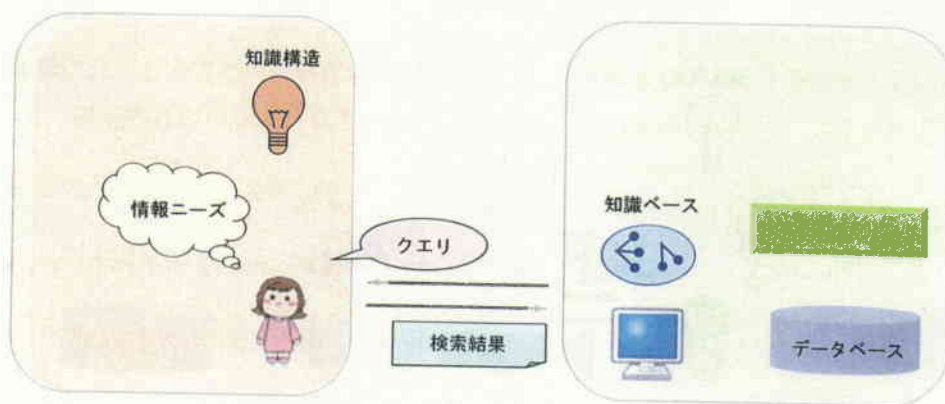


図 2.6 人工知的アプローチ

## 相互作用

キーワード検索のような数量的アプローチとは対照的に、システムに人と同じレベルの知識をもたせようとするのが、人工知能的アプローチである。人間の構成要素は情報ニーズで、システムの構成要素は、データベースと検索アルゴリズムに加え、知識ベースが存在する。図 2.6 は、人間と人工知能的アプローチの検索システムの関係を示している。

知識ベースには、構文解析、シソーラス、クラスタリングなどが存在し、人間の知能を再現しようと試みている。システムに知識を持たせることにより、人間に一步近づいた感じはするが、人間と全く同じ解釈ができるとは限らない。また、持たせた知識ベースは、必ずしも探し手と同じ知識を持っているとは限らない。人間の知的要素に対しては多少の考慮はあるが、心的要素については全く考慮していない。

### 2.5.3 情報視覚化

一般的な検索システムは、ユーザが情報検索アルゴリズムに問かけることにより、データベースから選別された情報が表示されるが、情報視覚化は、大量の情報を効果的に表示し、情報を直接理解し操作する。配置には、キーワード空間や、ディレクトリ階層、多次元属性空間等が利用される。

情報の類似性をもとにマッピングする手法として、多次元尺度法 [Cox94] や自己組織化マップ [Kohonen00] がある。これらの方法により構築された情報空間に対し、ユーザはズームリング [Bederson01, Sarkar92] などを用いて、自分の情報要求に適合する情報が存在する場所に近づいて情報を閲覧する。

ユーザの操作により、画面は変化の軌跡が分かるように滑らかに変化し、操作速度に合



図 2.7 システムから人間への半相互作用アプローチ

わせて瞬時に結果を返す。このように、情報視覚化において、画面の連続性やユーザとの対話性は重要視されており、ユーザの思考を妨げないようにしている。しかし、この手法は正確に情報がマッピングされることが前提であり、現時点では完全な手法は確立されていない。

### 人間の内的要素

あらかじめ情報が表示されているため、曖昧な情報ニーズからでも、検索を始めることができる。また、情報の関連性を見ることができるため、予期せぬ情報に出会う可能性が高い。しかし、必要でない情報まで表示されるため、把握に時間がかかる。情報を推薦するというよりは、自らの手で見つけ出すという方式であるため、どこに自分の欲しい情報があるかをユーザ自身が見つけなければならない。関連した情報が線で結ばれたり、全体から詳細へ移動するなど、表示や操作が複雑であるため、不安に陥ることもある。

### 相互作用

情報視覚化は、システムが人に自分の知識ベースを明示的に伝える。人間はあらゆる側面から知識ベースを自由に閲覧することができるため、システムから人間への半相互作用アプローチと呼べる。人間の構成要素は情報ニーズと思考で、システムの構成要素はデータベースと知識ベースである。図 2.7 は、人間と半相互作用アプローチ（システムから人間へ）の検索システムの関係を示している。

システムの知識ベースは固定で、必ずしも人間と同じ知識構造をしているとは限らない。システムは、自分の知識ベースをすべて人間に提示し、あとは人間任せで、人間の心的要素は考慮しない。

#### 2.5.4 考察

2.4 節における人間の内的要素から考えた情報探索行動をサポートするために必要な要素として、以下の 6 つが挙げられる。

- 曖昧な情報ニーズを明確化させる
- ユーザの不安を解消させる
- 予想外の情報に遭遇させ、思考を広げさせる
- ユーザの思考を妨げない
- 小さな目的を達成させる

- 楽しく検索を続けられる

曖昧な情報ニーズを明確化させるためには、まずは、検索を始められるようにとっかかりを用意する必要がある。希望を持たせるような情報を推薦したり、悩むことなくクエリを修正できる機能を提供し、ユーザの不安を解消させなければならない。

関連する情報を表示したり、様々な側面から情報を閲覧させるなど、予想外の情報に遭遇させて思考を広げさせることも大切である。また、ユーザの選択をシステムで固定したり、複雑な操作や表示によって、ユーザの思考を妨げないようにしなければならない。さらに、小さな目的を達成させた感を出すために、一度にすべてを表示させるのではなく、段階をおいて表示することが大切である。

検索を楽しく続けられるためにも、シンプルな表示ではあるが、画面が適度に変化した時、利用している際に、爽快感があることも重要である。その際、ユーザは踊らされているのではなく、コントロール感を出すことも大切である。

また、相互作用から既存のシステムを考察すると、そもそも人間の内的要素があまり考慮されていないことが分かる。人間の内的要素を考慮し、表面的な対話ではなく、システムと相互作用が行えるような検索システムをモデル化する必要がある。

## 第3章

# 相互作用のモデル化

---

### 3.1 モデルの構成要素

#### 3.1.1 システムの内的要素の定義

人間と検索システムが相互作用を行いながら検索をすすめていくためには、人間と人間が自然に会話しているような状態をシステムで提供しなければならない。そのためのシステムの内的要素を第2.3.2節のシナリオを用いて定義する。

Bさんは、テレビ番組に関する知識を豊富に持ち合わせている。これは、Bさん自身が学習したり、経験した結果、知識として獲得したテレビ番組に関する情報である。このように、検索ドメインに対して、人間の持つ知識の因果関係を表現したものを、本論文では“知識ベース”と定義する。

この知識ベースには、様々なテレビ番組の関連性等が格納されている。例えば、放映時間にはいろいろな長さがあり、ジャンルにはドラマやスポーツ、バラエティなどが存在する。このように、検索ドメインに対して、人間の持つ知識の因果関係の1つ1つを、本論文では、“知識断片”と呼ぶことにする。

Bさんはテレビ番組に関する知識から、スポーツ番組、ドラマ、RSさんの出演番組といったAさんのニーズに合う番組を自分の知識から取り出し、Aさんに教える。つまり、検索ドメインに関する知識とは別に、Aさんのニーズのに合わせて変化する知識を持っている。このように、ユーザの情報ニーズの変化に伴い再構築されていくシステムの知識構造を、本論文では“システムの知識構造”と定義する。つまり、このシステムの知識構造は、知識ベースの一部であり、知識断片を組み合わせて構築される。

Bさんは、Aさんのニーズに合う番組とはどのようなものであるかを分析し、自分のテレビ番組に関する知識から、お勧めの番組を選び出す。Aさんのニーズが2時間番組であれば放映時間について考え、ドラマであればジャンルについて考える。このように、ユーザの情報ニーズを解決するために、検索ドメインに関する知識の中で、最適な因果関係を表現するものを選択する作業を、本論文では、“相互作用アルゴリズム”と定義する。

#### 3.1.2 内的要素の変化

第2.3.2節のシナリオを、定義した人間の内的要素（ユーザの知識構造、情報ニーズ、思考、感情）とシステムの内的要素（システムの知識構造、知識ベース、相互作用アルゴリズム）に基づき置き換えると以下のようなになる。

1. ユーザの知識構造は白紙の状態、情報ニーズはスポーツに関する番組である。思考は不明確で、感情は不安である。システムの知識構造は、ユーザの情報ニーズが伝えられていないため、白紙の状態である。



2. ユーザは、システムにスポーツ番組という情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、知識ベースからスポーツというジャンルに関する知識断片を選択する。その知識断片を用いてシステムの知識構造を構築し、ユーザに提示する検索結果を生成する。システムは、サッカーや野球、ゴルフなど、さらに選択できる知識断片が存在することを知っている。
3. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、ユーザの知識構造を変化させ、次の戦略を考える。サッカーや野球、ゴルフ等、様々なジャンルの中から、ゴルフ番組を知りたいと考える。そして、情報ニーズをゴルフ番組へと変化させる。
4. ユーザは、システムにゴルフ番組という情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、知識ベースからゴルフというスポーツのサブジャンルに関する知識断片を選択する。その知識断片を用いてシステムの知識構造を再構築し、ユーザに提示する検索結果を生成する。システムは、ゴルフ番組があまり存在しないことを知っている。
5. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、ユーザの知識構造を変化させ、次の戦略を考える。ゴルフ番組はあまり存在しないことを認識し、スポーツ番組へのこだわりを捨て、情報ニーズをドラマへと変更させる。思考は不明確で、感情はいまだに不安な状態である。
6. ユーザは、システムにドラマという情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、知識ベースからドラマというジャンルに関する知識断片を選択する。その知識断片を用いてシステムの知識構造を再構築し、ユーザに提示する検索結果を生成する。システムは、日本の現代ドラマや時代劇、外国物など、様々な種類のドラマが存在することを知っている。
7. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、ユーザの知識構造を変化させ、次の戦略を考える。ドラマには、様々な種類が存在することを知らすが、その中でも日本の現代ドラマにに興味を持つ。見たい番組が見つかるかもしれないと思い、感情も安定してくる。そして、情報ニーズを日本の現代ドラマへと変化させる。
8. ユーザは、システムに日本の現代ドラマという情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、知識ベースから日本の現代ドラマというドラマのサブジャンルに関する知識断片を選択する。その知識断片を用いてシステムの

知識構造を再構築し、ユーザに提示する検索結果を生成する。システムは、日本の現代ドラマには、15分や1時間の連続ドラマや2時間の単発ドラマなど、様々な長さのドラマが存在することを知っている。

9. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、ユーザの知識構造を変化させ、次の戦略を考える。様々な長さのドラマが存在することに気づくが、時間があるので2時間くらいのドラマが見たいと考え、情報ニーズを2時間の日本の現代ドラマへと変化させる。
10. ユーザは、システムに2時間の日本の現代ドラマという情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、知識ベースから2時間という放映時間に関する知識断片を選択する。その知識断片を用いてシステムの知識構造を再構築し、ユーザに提示する検索結果を生成する。システムは、番組の出演者情報も知っている。
11. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、ユーザの知識構造を変化させ、次の戦略を考える。ユーザはお気に入りの女優RSさんが気に入り、情報ニーズをRSさんの出演する番組へと変化させる。思考は明確になり、感情も自信に満ちてくる。
12. ユーザは、システムにRSさんの出演番組という情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、知識ベースからRSさんという出演者に関する知識断片を選択する。その知識断片を用いてシステムの知識構造を再構築し、ユーザに提示する検索結果を生成する。
13. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果の中から、自分の見たい番組を発見し、感情は解放感に満ち溢れる。

これらのシナリオを考察すると、以下のサイクルで、お互いの内的要素が変化していることが分かる。

- (1) ユーザの情報ニーズが変化する。
- (2) システムの相互作用アルゴリズム作動する。
- (3) システムの知識構造が変化する。
- (4) ユーザの知識構造が変化する。
- (5) ユーザの思考や感情が変化する。

ユーザの情報ニーズが変化すると、システムの相互作用アルゴリズムが作動する。ユーザに最適な知識断片を知識ベースから選択して、システムの知識構造を構築する。ユーザは検索結果の閲覧により、自分の知識構造を変化させる。この時、実はシステムの知識構造を汲み取り、自分の知識構造に反映させている。ユーザの知識構造の変化によって、ユーザに新たな思考が生まれ、感情が変化し、再び情報ニーズが変化する。このように、ユーザとシステムは、お互いの内的要素を刺激し合いながら、検索をすすめる。

### 3.1.3 ユーザとシステムの構成要素

図 3.1 に示す通り、相互作用モデルにおける構成要素は以下と定義できる。

#### ユーザの構成要素

提案モデルにおけるユーザの構成要素は、第 2.3.3 節で定義した通り、以下の 4 つである。

- ユーザの知識構造
- 情報ニーズ
- 思考
- 感情

ユーザの知識構造は、検索結果を閲覧することにより再構築される。検索を進めていく上で、ユーザの知識構造の変化と連動して、思考や感情、情報ニーズも変化する。はじめは漠然とした思考も、検索を進めるうちに明確化される。不安であった感情も、検索が進むにつれて、見つけられるという自信に変化し、最終的には解放感に満ち溢れる。また、検索前には曖昧であった情報ニーズも、次第に方向性が定まり、明確になる。

#### システムの構成要素

提案モデルにおけるシステムの構成要素は、第 3.1.1 節で定義した要素と、一般的な検索システムが持ち合わせている要素を含めた以下の 5 つである。

- システムの知識構造
- 相互作用アルゴリズム
- 知識ベース
- データベース
- 検索アルゴリズム

知識ベースは、知識断片の集合である。相互作用アルゴリズムは、ユーザの内的要素を汲み取り、ユーザに最適な知識断片を選択する作業を行う。そして、選択された知識断片を用いて、システムの知識構造は構築される。この知識構造は、知識ベースとは異なり、ユーザの内的要素の変化により、次々と変化を遂げる。システムの知識構造の変化により、検索アルゴリズムがデータベースから、ユーザに提示する情報を抽出し、検索結果を生成する。

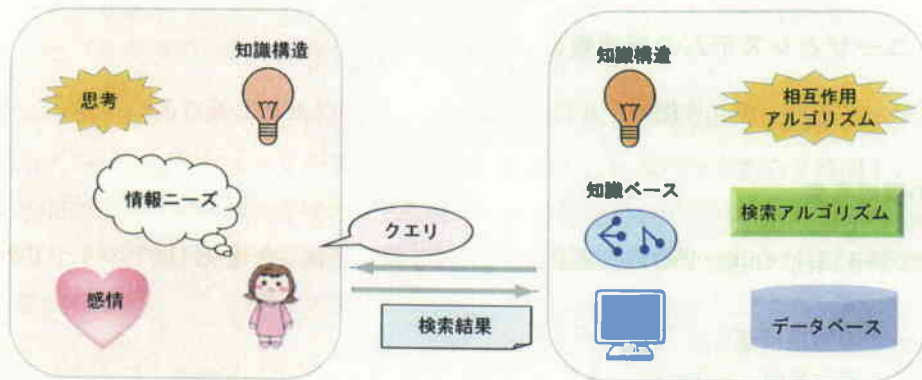


図 3.1 相互作用モデルの構成要素

#### 3.1.4 構成要素の仮定

モデルを提案するにあたり、以下を仮定とする。

##### データ

- システムのデータは多次元属性情報である。
- あらゆる属性は階層構造で表現できる。
  - － 離散量は、クラスタリングすることにより、階層構造として表現できる。
  - － 連続量は、ある範囲で区切って利用することにより、階層構造として表現できる。
  - － 階層構造は、そのまま利用できる。
- データベースには、各データにおける各属性に対する値が格納されている。

##### システムの知識ベース

知識ベースには、知識断片が格納されている。知識断片は、各属性における階層構造の一部を示す。

### ユーザの知識構造

- 知識構造は階層構造で表現できる。
- 検索開始時における知識構造は、白紙の状態である。
- 検索終了時における知識構造は、ユーザに満足のいく階層構造を形成する。
- 検索中における知識構造は不安定で、階層構造は変化していく。

### システムの知識構造

- 知識構造は、ユーザの知識構造と同様に、階層構造で表現できる。
- 検索開始時における知識構造は、ユーザの知識構造と同様に、白紙の状態である。
- 検索終了時における知識構造は、ユーザの知識構造と同じ階層構造を形成している。
- 相互作用アルゴリズムで選択された知識断片をもとに、新たな階層構造を生成する。

### 相互作用アルゴリズム

ユーザの情報ニーズ、思考、感情を読み取り、知識ベースからユーザに合った属性の階層構造の知識断片を選び出す。

#### ユーザの感情

ユーザの思考が不明確であるとき、感情は不安であり、思考が明確になるにつれて、感情は安心へと変化する。このように、ユーザの感情は、ユーザの思考に対応しているため、思考として考える。

#### ユーザの思考

ユーザの情報ニーズが曖昧であるとき、思考は不確実であり、情報ニーズが明確になるにつれて、思考も明確化される。このように、ユーザの思考は、ユーザの情報ニーズに対応しているため、情報ニーズと同様に考える。

#### ユーザの情報ニーズ

- 検索を進めている間、情報ニーズは次々に変化する。
- 情報ニーズは曖昧から、だんだん明確化されていく。

- 知識構造における階層構造の深さが浅いとき、情報ニーズは曖昧であり、思考は不明確で、感情は不安な状態である。階層構造が深くなるにつれて、情報ニーズは明確になり、思考も明確化され、感情は安心な状態になる。このように、階層の深さが、情報ニーズ、思考、感情の段階を表す。

#### 検索アルゴリズム

- 知識構造における階層構造に基づき、ユーザ好みのデータを集めて、検索結果を生成する。
- なにかしら検索結果が返ってくればよいとする。

### 3.2 モデルの提案

前節の仮定をもとに、モデルを提案する。以下に、モデルのアルゴリズムを示す。

- (1) ユーザの知識構造、システムの知識構造はともに白紙である。
- (2) ユーザはシステムを操作することにより、ユーザの情報ニーズをシステムに伝える。
- (3) ユーザの操作により、システムの相互作用アルゴリズムが、ユーザの情報ニーズを汲み取る。
- (4) 相互作用アルゴリズムが、知識ベースから最適であろうと思われる知識断片を選択する。
- (5) 相互作用アルゴリズムが、選択した知識断片を用いて、システムの知識構造を再構築する。
- (6) システムの知識構造の変化により、検索アルゴリズムが最適であろうと思われる情報をデータベースから抽出し、検索結果を生成する。
- (7) システムが検索結果を出力し、システムの知識構造の変化を伝える。
- (8) ユーザは変化した検索結果をもとに、システムの知識構造の変化を汲み取る。
- (9) ユーザはシステムの知識構造を汲み取り、ユーザの知識構造を同期させる。
- (10) ユーザはユーザの知識構造の変化により、思考や感情を変化させる。
- (11) 新たな情報ニーズが発生した時は(2)へ、検索に満足した時は(12)へ移動する。

(12) ユーザは検索を終了する。

図 3.2 は、第 2.3.2 節のシナリオに基づき、ユーザの知識構造、情報ニーズ、思考、感情と、システムの知識構造、相互作用アルゴリズムの変化を示したものである。知識ベースとして、ジャンルに関する知識断片、スポーツのサブジャンルに関する知識断片、ドラマのサブジャンルに関する知識断片、放映時間に関する知識断片、出演者に関する知識断片が格納されていることとする。シナリオを、定義した内的要素の仮定と本アルゴリズムに基づき書き換えると以下ようになる。

1. ユーザの知識構造は白紙の状態、情報ニーズはスポーツに関する番組である。思考は不明確で、感情は不安である。システムの知識構造は、ユーザの情報ニーズが伝えられていないため、白紙の状態である。
2. ユーザは、システムにスポーツ番組という情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、ジャンルに関する知識断片を追加すれば良いと考える。そして、知識ベースから、“ジャンルスポーツ”という知識断片を選択し、白紙であったシステムの知識構造を“ジャンルスポーツ”へと変化させる。システムは、次に接続できる知識断片（スポーツのサブジャンルを表すサッカーや野球、ゴルフなどの知識断片、放映時間や出演者を表す知識断片）や、値を変更できる知識断片（他のジャンルを表すドラマやバラエティなどの知識断片）を知っている。変化したシステムの知識構造をもとに、検索アルゴリズムが、データベースから情報を抽出し、検索結果を生成する。
3. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、白紙であったユーザの知識構造を、スポーツ番組を表す“ジャンルスポーツ”へと変化させ、次の戦略を考える。サッカーや野球、ゴルフなど、様々な種類のスポーツを含んだ検索結果から、ゴルフ番組を調べようとする。そして、情報ニーズをゴルフ番組へと変化させる。
4. ユーザは、システムにゴルフ番組という情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、スポーツのサブジャンルに関する知識断片を追加すれば良いと考える。そして、知識ベースから“スポーツーゴルフ”という知識断片を選択し、“ジャンルスポーツ”であったシステムの知識構造を“ジャンルスポーツーゴルフ”へと変化させる。システムは、次に接続できる知識断片（放映時間や出演者を表す知識断片など）や、値を変更できる知識断片（他のスポーツのサブジャンルを表すサッカーや野球などの知識断片や、他のジャンルを表すドラマやバラ

エティなどの知識断片)を知っている。変化した知識構造をもとに、検索アルゴリズムがデータベースから情報を抽出し、検索結果を生成する。

5. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、“ジャンルースポーツ”であったユーザの知識構造を、ゴルフ番組を表す“ジャンルースポーツ-ゴルフ”へと変化させ、次の戦略を考える。検索結果が少ないことから、ゴルフ番組があまり存在しないことを認識し、スポーツ番組へのこだわりを捨て、情報ニーズをドラマへと変更させる。思考は不明確で、感情はいまだに不安な状態である。
6. ユーザは、システムにドラマという情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、ジャンルに関する知識断片を変更すれば良いと考える。そして、知識ベースから“ジャンルードラマ”という知識断片を選択し、“ジャンルースポーツ-ゴルフ”であったシステムの知識構造を“ジャンルードラマ”へと変化させる。システムは、次に接続できる知識断片(ドラマのサブジャンルを表す日本の現代物や時代劇、外国物などの知識断片、放映時間や出演者を表す知識断片)や、値を変更できる知識断片(他のジャンルを表すバラエティや音楽番組などの知識断片)を知っている。変化した知識構造をもとに、検索アルゴリズムがデータベースから情報を抽出し、検索結果を生成する。
7. システムは、ユーザに生成された検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、“ジャンルースポーツ-ゴルフ”であったユーザの知識構造を、ドラマを表す“ジャンルードラマ”へと変化させ、次の戦略を考える。日本の現代物や時代劇、外国物など、様々な種類のドラマを含んだ検索結果をから、日本の現代ドラマを調べようとする。そして、情報ニーズを日本の現代ドラマへと変化させる。
8. ユーザは、システムに日本の現代ドラマという情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、ドラマのサブジャンルに関する知識断片を追加すれば良いと考える。そして、知識ベースから“ドラマ-日本の現代物”という知識断片を選択し、“ジャンルードラマ”であったシステムの知識構造を“ジャンルードラマ-日本の現代物”へと変化させる。システムは、次に接続できる断片(放映時間や出演者を表す知識断片など)や、値を変更できる知識断片(他のドラマのサブジャンルを表す時代劇や外国物などの知識断片や、他のジャンルを表すバラエティや音楽番組などの知識断片)を知っている。変化した知識構造をもとに、検索アルゴリズムがデータベースから情報を抽出し、検索結果を生成する。



9. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、“ジャンルードラマ”であったユーザの知識構造を、日本の現代物を表す“ジャンルードラマー日本の現代物”へと変化させ、次の戦略を考える。15分や1時間の連続ドラマや、2時間の単発ドラマなど、様々な長さのドラマを含んだ検索結果から、2時間くらいの日本の現代ドラマを調べようとする。そして、情報ニーズを2時間くらいの日本の現代ドラマに変更する。
10. ユーザは、システムに2時間の日本の現代ドラマという情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、放映時間に関する知識断片を追加すれば良いと考える。そして、知識ベースから“放映時間ー2時間”という知識断片を選択し、“ジャンルードラマー日本の現代物”であったシステムの知識構造を“ジャンルードラマー日本の現代物ー放映時間ー2時間”へと変化させる。システムは、次に接続できる断片（放映時間や出演者を表す知識断片など）や、値を変更できる知識断片（他のドラマのサブジャンルを現す時代劇や外国物などの知識断片、他のジャンルを表すバラエティや音楽番組などの知識断片、他の放映時間を表す15分や1時間などの知識断片）を知っている。変化した知識構造をもとに、検索アルゴリズムがデータベースから情報を抽出し、検索結果を生成する。
11. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、“ジャンルードラマー日本の現代物”であったユーザの知識構造を“ジャンルードラマー日本の現代物ー放映時間ー2時間”へと変化させ、次の戦略を考える。ユーザは検索結果に表示されたお気に入りの女優RSが気に入り、RSさんの出演する番組が見たいと考え、情報ニーズをRSさんの出演番組へと変化させる。思考は明確になり、感情も自信に満ちてくる。
12. ユーザは、システムRSさんの出演番組という情報ニーズを伝える。相互作用アルゴリズムがユーザの情報ニーズを汲み取り、出演者に関する知識断片を追加すれば良いと考える。そして、知識ベースから“出演者ーRS”という知識断片を選択し、“ジャンルードラマー日本の現代物ー放映時間ー2時間”であったシステムの知識構造を“出演者ーRS”へと変化させる。システムは、次に接続できる知識断片（ジャンルや放映時間を表す知識断片など）や、値を変更できる知識断片（他の出演者を表す知識断片）を知っている。変化した知識構造をもとに、検索アルゴリズムがデータベースから情報を抽出し、検索結果を生成する。
13. システムは、ユーザに生成した検索結果を提示する。ユーザは、検索結果を眺めることで、“ジャンルードラマー日本の現代物ー放映時間ー2時間”であったユーザの知

職構造を“出演者-RS”へと変化させる。ユーザは検索結果の中から、自分の見たい番組を発見し、感情は解放感に満ち溢れる。

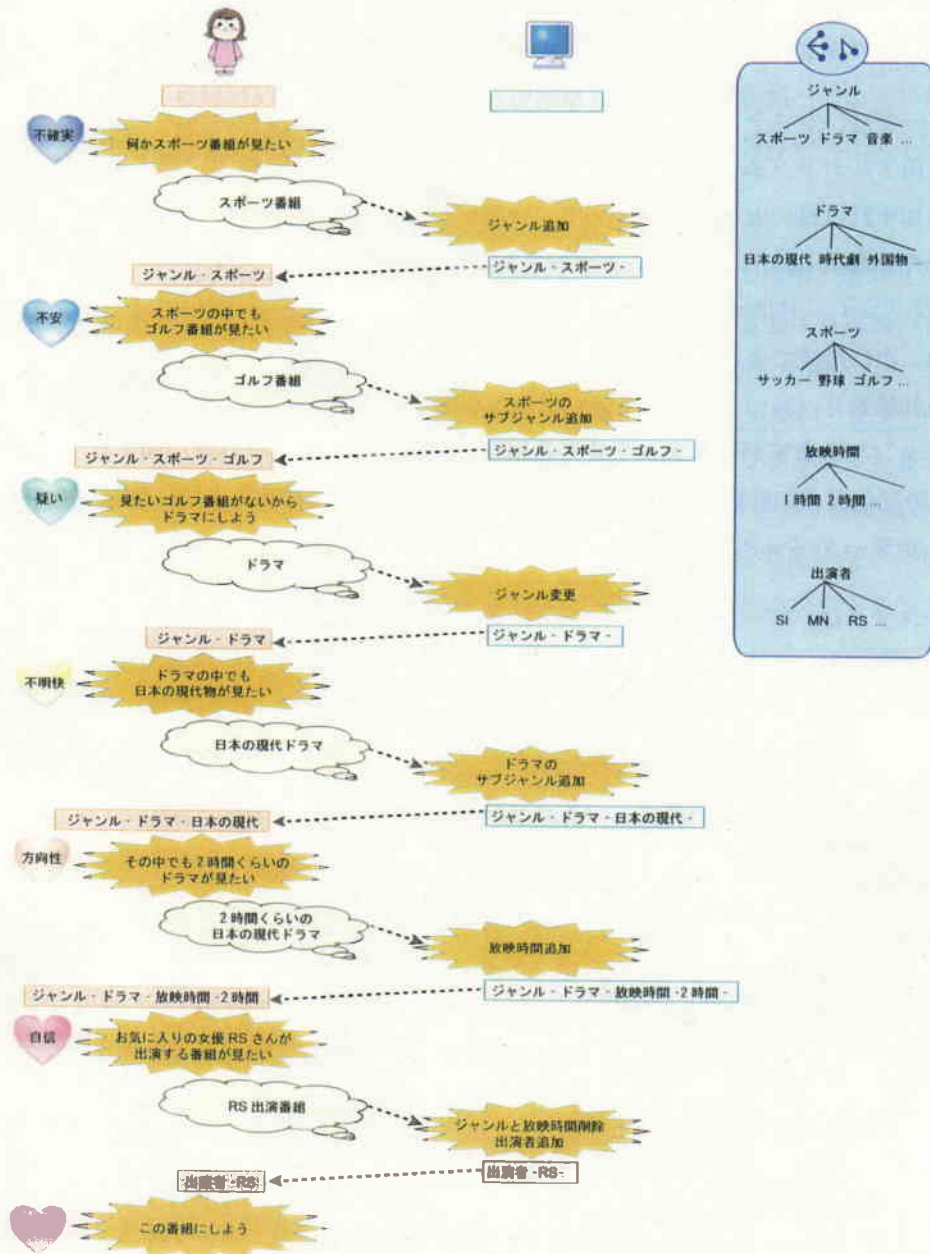


図 3.2 シナリオにおける内的要素の変化

### 3.3 既存手法との比較

提案したシステムの構成要素を、既存手法であるキーワード検索、ディレクトリ型検索、情報視覚化から分析し、要求要素を検討する。表 3.1 は、各システムにおける各要素の特徴を表している。

表 3.1 各システムにおける構成要素の特徴

構成要素	キーワード検索	ディレクトリ型検索	情報視覚化	提案手法
知識構造	なし	固定	固定	動的
知識ベース	なし	シソーラス	シソーラス クラスタリング など	シソーラス の断片
相互作用アルゴリズム	知識ベースから推測	知識ベースを強要	知識ベースを強要	知識ベースを強要しない
	道を明示しない	道を明示	道を明示しないが、何かしら進める	なんとなく道を示すが、変更可能
	知識ベースを提示しない	知識ベースを提示	知識ベースを提示	知識ベースの一部を表示

#### 3.3.1 キーワード検索

キーワード検索において最も重要な構成要素は、検索アルゴリズムである。構文解析やシソーラスは検索アルゴリズムに含まれており、知識ベースとして持っているわけではない。構文解析やシソーラスに加え、ユーザのフィードバックや履歴などを利用し、いかに適合した検索結果を返すかということに注力している。知識構造や知識ベースは存在しない上、ユーザはベールに包まれたシステムと会話をする。システムはユーザの内的要素をくみ取ることはないため、相互作用アルゴリズムとしては、すべてクエリに依存し推測する。対話性は低く、次の検索はまた新たにクエリを考え、検索を始めなければならない。

#### 3.3.2 ディレクトリ型検索

ディレクトリ型検索において、知識ベースであるシソーラスは、システムの知識構造とみなすことができる。この知識構造は、あらかじめシステムで人間の概念に近い構造で用意されているため、ユーザの知識構造と共に変化することはなく、固定されている。その

ために、システムはユーザにシステムの知識構造を強要する結果となる。

ユーザは自分が求めている情報に近い階層を選択し、検索を進める。これは、ユーザにシステムの知識構造のすべてを提示するかわりに、システムは次に進むべき道をユーザに提示していると言える。しかし、ユーザはシステムが指定してきた道以外はたどることができないため、同一階層レベルにおける別の分類に移動したり、全く別の階層に直接移動するといったことは不可能である。対話性はキーワード検索と比べるとやや高いが、ユーザはシステムの知識構造の意味を推測しなくてはならないため、決して高い対話性であるとは言えない。

### 3.3.3 情報視覚化

情報視覚化において、クラスタリングやシソーラスなど、何かの関連性に関する知識ベースは、ディレクトリ型検索と同様に、システムの知識構造とみなすことができる。この知識構造は、ユーザの知識構造と共に変化することはない、固定されている。そのために、システムはユーザにシステムの知識構造を強要する結果となる。

システムは構成要素として、検索アルゴリズムを持っていないため、検索結果を出力する代わりに、システムの知識構造すべてを提示する。ディレクトリ型検索は、選択できる道をしっかりと明示していたのに対し、情報視覚化では、はっきりとした道は明示せず、ユーザ任せである。ユーザは自分が求めている情報がありそうな場所を探さなければならないが、何かしら検索をすすめることが可能である。少し操作したらすぐに表示が切り替わるため、対話性は高いと言える。

### 3.3.4 提案モデル

提案手法では、知識ベースとして、シソーラスやクラスタリングなどから得られる知識断片を格納している。ディレクトリ型検索や情報視覚化では、知識断片に分解せず、そのままの状態、システムの知識構造として利用していたが、提案モデルでは、知識断片を利用し、ユーザの好みに合わせてシステムの知識構造を動的に生成する。そのため、システムの知識構造は柔軟に変化し、ユーザにシステムの知識構造を強要することはない。

システムは、システムの知識構造を再構築できる可能性のある知識断片を、つまり知識ベースの一部を、次に進むべき道の候補として、ユーザに提示する。ユーザは、さりげなく提示されている接続可能な知識断片を選択してもよいし、全く提示されていない知識断片を接続することも可能である。ユーザが自由にシステムの知識構造を変化させることができ、かつ、少し操作したらすぐに表示が切り替わるため、情報視覚化と同様に、対話性が高いといえる。

### 3.4 システム設計

第2.3.2節において検証した内的要素の変化において重要な点を、ユーザとシステムに置き換えると以下ようになる。

- ユーザはシステムの知識構造を自由に変化させることができる
- ユーザはシステムの知識構造を把握できる
- 次々と対話を進めていくことができる

ユーザがシステムの知識構造を自由に変化させるためには、ユーザが意思をどのように伝えるかが問題である。また、ユーザがシステムの知識構造を把握するためには、対話性が重要となってくる。

図3.3は、既存の手法と提案手法において、対話性とユーザが意思を伝える方法に関する位置づけを示している。キーワード検索は、次に進むべき道を明示することはなく、クエリから推測する。ユーザは次のクエリを改めて考える必要があるため、対話性は低い。ディレクトリ型検索は、ユーザが階層をたどることにより、明示的に意思を伝達する。しかし、次に進むべき階層以外を選択することは不可能であるため、対話性はやや低い。情報視覚化においては、ユーザがデータを直接操作でき、意思を明示的に伝えるうえ、対話性も高い。

提案手法において、システムは知識ベースから次に利用されるであろう知識断片をあらかじめ選択する。そして、システムはその知識断片を組み合わせたり、削除することにより、意思表示をするため、推測と明示の中間の位置に属する。自由に知識断片を操作でき

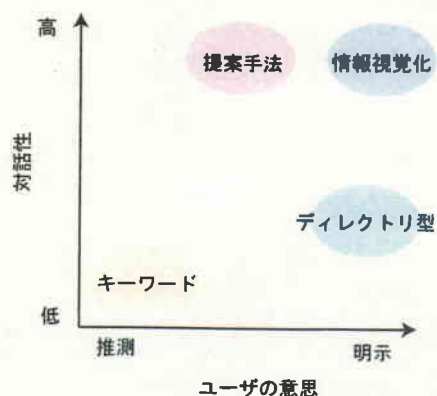


図 3.3 対話性とユーザの意思表示の関係

るので、対話性も高い。このような状態をサポートするためには、以下の3項目が必要となってくる。

### 3.4.1 要求要素

#### (1) ユーザがシステムの知識構造を変化できる

システムはユーザ好みの知識構造を構築できなければならない

キーワード検索は、そもそもシステムの中身をユーザに見せること自体行っておらず、知識構造も持っていない。検索アルゴリズムで勝負し、いかに適合した検索結果を返すかに重点を置いているため、知識構造を構築することすらできない。

ディレクトリ型検索や、情報視覚化では、知識構造としてもともとシステムが持っているソーラスやクラスタリングなどの知識ベースを利用するため、固定されている。この知識構造は、必ずしもユーザの知識構造と同一であるとは限らないため、矛盾が生じる場合もある。

ユーザは検索を進めていく上で、自分の知識構造と同じ知識構造をシステムに持たすことが大切である。そのためにも、システムの知識構造は固定ではなく、動的に変化されなければならない。

システムの知識構造は、ユーザの知識構造と同期しなければならない

システムの知識構造を変化させるための方法として、ユーザが自ら明示的に知識構造の変化を伝えることが、まず考えられる。しかし、検索中におけるユーザの知識構造は不安定であり、明示的に知識構造の変化を伝えるのは難しい。また、明示的に伝えるという操作は、自分のための操作ではないため、思考の妨げにもなる。

自動的にシステムが予測できるほど、賢く正確にユーザが進むべき道を判断することが可能であれば、簡単に同期できるが、間違った認識をした場合は、ユーザの知識構造と同期できなくなる。

そこで、システムがある程度進むべき道を明示し、対話を行うことによって自然に知識構造を同期させられることが望ましいと考えられる。進むべき道の候補をさりげなく提示しながらも、それを強要することなく柔軟に変更できることが大切である。

#### (2) システムの知識構造をユーザに把握させる

システムの知識ベースを、うまくユーザに見せなければならない

キーワード検索では、知識ベースは全くユーザに見せない。上級者にはその内部構造が想像することが可能であるが、一般的な人にとってはまず難しい。ディレクトリ型や情報視覚化では、すべての知識ベースをオープンにしているが、ユーザは、自分が欲しい情報

がどこにあるか、自分で探さなければならない。ディレクトリ型検索では、次に進むことのできる知識ベースのみを表示しているため、段階をおいて知識ベースを理解することが可能である。しかしインタラクティブ性は低いため、思考の妨げが激しくなる。一方、情報視覚化では、すべての知識ベースを一度にユーザに見せるため、把握しづらい。しかし、インタラクティブ性が高いことにより、カバーしている。

#### システムは知識構造の変化部分のみを伝えなければならない

キーワード検索は知識構造を持たない。ディレクトリ型検索や情報視覚化では、知識ベースを知識構造とみなすことができるが、固定されているため変化することはない。

ユーザが知識構造を把握しやすくするためには、変化部のみを気づかせることが大切である。変化していない部分は、ユーザとシステムがすでに合意していると考えられるため、新たに把握させる必要はない。

### (3) 次々と対話を続けられる

#### 次に進むべき道の方向性をなんとなく明示しなければならない

キーワード検索は、次に進むべき道はとくに示されず、バッチ処理的である。ユーザは次の検索を行うときには、改めてクエリを考えなければならない。ディレクトリ型検索は、次に進むべき道を、下位階層を表示することにより明示する。この進むべき道は固定されており、ユーザが自由に変更できない。また、情報視覚化では、次に進むべき道は示されていないものの、何かしら操作することは可能であるが、全く道を示さないの、ユーザが戸惑う可能性が高い。しかし、対話性が高いため、ユーザは操作しながら次第に方向性を見していく。

全く道を示さないのでは、ユーザは戸惑ってしまうが、かといって、道を明示し、ユーザを制約してしまうことは問題である。なんとなく次に進むべき道を示すが、それはあくまでシステムの予測や提案にすぎず、ユーザが自ら変更できなくてはならない。

#### 気軽に試すことができなければならない

システムの知識構造は、次候補（下位階層に接続できる知識断片）にどんなものがあるか分かっているが、ユーザはその次候補において、何度も試行錯誤できなくてはいけない。つまり、システムの知識構造における部分木を、簡単に追加や削除し、気軽に試せなくてはいけない。何度も試しているうちに、自分の知識構造が形成され、曖昧な情報ニーズが明確化される。また、いろいろと知識構造の部分木を試すことにより、さまざまな情報を閲覧できるため、思考を広げることができる。1つ部分木を追加することにより、小さな目的を達成することができる。

### 3.4.2 検索インタフェースのデザイン法

本モデルに基づき、検索インタフェースをデザインするが、使い勝手も重視しなければならない。デザインするにあたり重要となってくるのは、高い対話性である。

検索インタフェースの対話性が低くなる原因として、クエリを考えるのに時間がかかることが挙げられる。一般的な検索システムは、ユーザが自らクエリを考え入力するという、“クエリ中心”のコンセプトで設計されている。検索システムの内部構造に精通している人であれば、検索結果を閲覧することによって、次にどのようなクエリを入力したらよいかは想像できるが、一般の人には難しい。次の操作を行えない場合、そこで検索が終了してしまう。

そこで、検索インタフェースをデザインするにあたり、クエリ中心のコンセプトではなく、検索結果を評価することにより検索を進めるという、“検索結果中心”のコンセプトで設計する。ユーザ自らがクエリを考えることは難しいが、検索結果を閲覧することにより、この検索結果は適合していなかった、つまり、このクエリは適していなかったと判断することは可能である。ユーザは情報を絞り込むため、何かしらの形でクエリを入力しなければならないが、あまりクエリを入力している感じを出さず、むしろシステム側からの提案される検索結果を、ただ評価しながら操作していると思えるようなデザインでなくてはならない。また、検索結果を評価する際にも、大きく画面が変化しすぎて、どうしてこのような状態になったのか、今の状態は何を表しているのかが分からなくなるようなデザインは避けなければならない。

第4章では、1次元の多次元属性情報を扱う Concentric Ring View を、第5章では、より複雑な知識ベースに対応し、1次元属性に加えて階層構造の属性を扱うことが可能な Revolving Cube Show を提案する。



## 第4章

# Concentric Ring View

---

## 4.1 インタフェースの提案

図4.1は、本手法におけるユーザの操作手順を表している。ユーザは、属性の追加、属性の削除、属性値の調節、属性の優先度変更、Query-by-Example(QBE)の5つの操作を行う。検索結果は瞬時に表示され、この属性は適切である、この属性値はこのように変化する、これに似た情報が探したいなど、ユーザが評価を行う。これが、“検索結果中心”のコンセプトである。ユーザの操作により、検索結果が表示され、その検索結果をユーザが評価し、再び操作するというループ構造となる。本手法では、これらの操作を簡単に行える形で提供する。

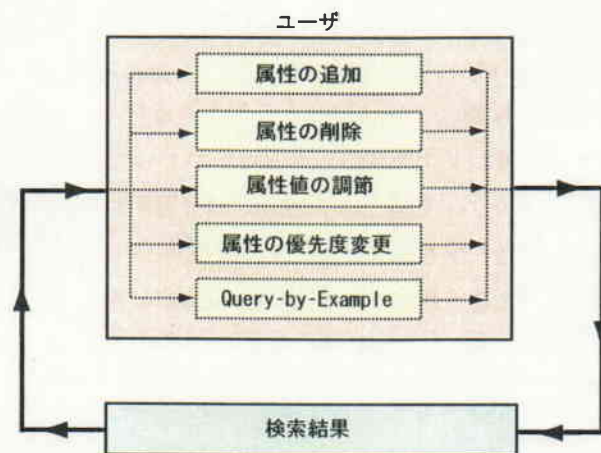


図 4.1 ユーザの操作サイクル

### 4.1.1 予備実験

属性値を操作するインタフェースとして、離散量を選択するラジオボタンやプルダウンメニューや、連続量を調節するスライダー等が挙げられる。スライダーは、離散量を1次元に整列させることにより、連続量と同一操作できる。しかし、循環連続量の場合、両端の値を調節するのは難しいため、リング状構造を考えた。スライダーのノブが、リング下部（時計の6時の位置）に相当する。スライダーとリングを比較するため、大学生7人で予備実験を行ったところ、(1)リングでは色相のような循環連続量を自然に調節できる、(2)複数の属性を選択した場合、現在の条件がリング下部に集まっているため、一目で把握することができる、(3)リングで検索結果の表示空間を囲むことにより、ユーザの視点移動が減少し、リング内部に集中できる、という有意な意見が出た。スライダーでは自然に扱うことのできた非循環連続量は、リングにおいて繋ぎ目でギャップが生じるが、検

索結果を閲覧することにより、ユーザは自然に1周したことに気づくため、特に大きな問題とならなかった。

一方、リング内部における検索結果の配置には、線形、同心円状、螺旋状を比較した。各配置において、同一の大きさで表示、上位候補ほど大きく表示を用意し、スライドバーとリングの比較と同様に、大学生7人で予備実験を行った。中心から同心円状に配置し、上位候補ほど大きく表示する方法に対して、(1)使い心地が良い、(2)中心が浮き出て見えるため、上位候補を把握しやすい、(3)検索結果に集中できる、という有意な意見が多く出た。

本手法を提案するにあたり、検索結果中心という考えに基づく設計を重視しているため、何らかの形で属性値を調節する機能を提供できれば良い。スライドバーのような既存のインタフェースを利用することも可能であるが、予備実験において、リング構造は、この設計方針をより良く実現できると考えたため、本手法にはリング構造を採用した。

#### 4.1.2 画面構成

##### GUI

図 4.2 は本手法を用いて作成した画像検索システムの画面である。

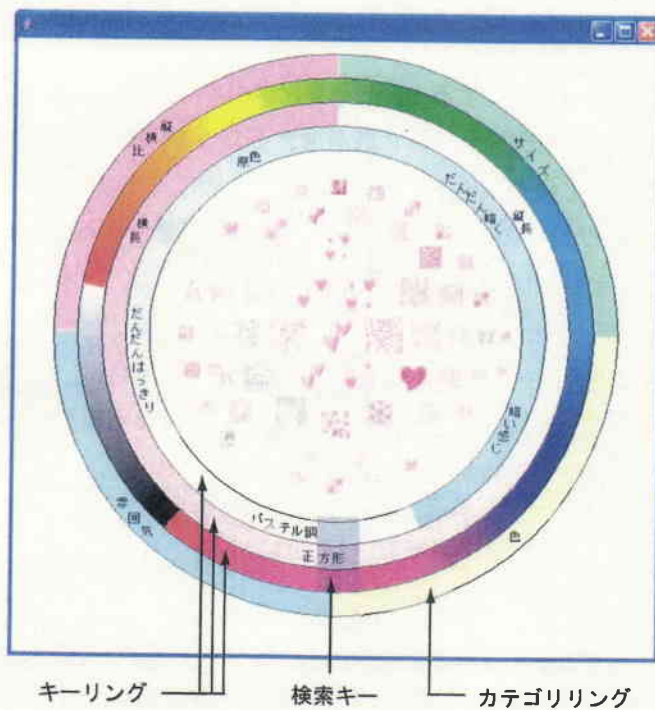


図 4.2 本手法を用いた画像検索システム

### カテゴリリング

本研究では、RDBのような表形式のデータを対象情報としている。マウス操作のみで検索を行うことを目的としているため、各分類の属性、つまり、表 4.1 における A, B, C, D, もしくは、既存の属性を利用して新たに生成した属性を検索の切り口とする。これらをリング上に表示したリングを、カテゴリリングとし、初期画面に表示する。

表 4.1 対象情報のデータ例

Name	A	B	C	D
Info1	apple	0.0	0.111111	0.1, 0.2
Info2	grape	0.1	0.222222	0.3, 0.4
....	....	....	....	...., ....
Info100	orange	1.0	0.0	0.9, 1.1

### キーリング

検索条件を指定するには、“何らかのキーによる整列”を表すキーリングを使用する。キーとは、検索に利用する条件で、これを調節することにより検索を行う。

カテゴリリングから項目を選択すると、キーリングがカテゴリリングの内側に表示される。複数のキーを指定した場合でもリング数が増えるだけで、統一して表示できる。また、最初に指定したリングほど優先順位が高いと判断し、外側にあるリングほど重みを大きくした。この優先順位は、リングの順番を入れ換えることで変更できる。つまり、キーによってシステムの知識構造を動的に構築し、情報を絞りこんでいく。

キーは、リングの下部、つまり時計の6時の位置にあたる値で、リングを回すことにより調節できる。離散量の場合、キーは1度分でよいが、連続量の場合は、左右にある程度の幅を持たせる。これは、連続量において、微妙に異なる前後の情報も重要であるため、曖昧検索を行い閲覧させた方が良くと判断したためである。

表 4.1 において、カテゴリ A, B, C は値が1つであるのに対し、カテゴリ D は2つの値を持っている。このような場合、キーリングは、その分類項目における値の最大数だけ表示する。同一カテゴリ内の値は順不同で、キーの範囲内に属している時、その情報は検索結果の候補に入れる。

キーリングを重ねることにより、AND 検索を行うが、この時、連続量の場合に限り、キーリングの個数に比例してキーの範囲を広げる。これはリングを増やすごとに一定の条件でフィルタリングを行ってしまうと、候補が極端に少なくなると共に、僅かにキーからはずれ

てしまった目的の情報を見失ってしまう可能性があるからである。例として、図 4.3(a)では表示されなかった画像が、図 4.3(b)では表示されている。どれも、人間の目にはそこまで違いがないので、曖昧検索を行うことは非常に有効である。

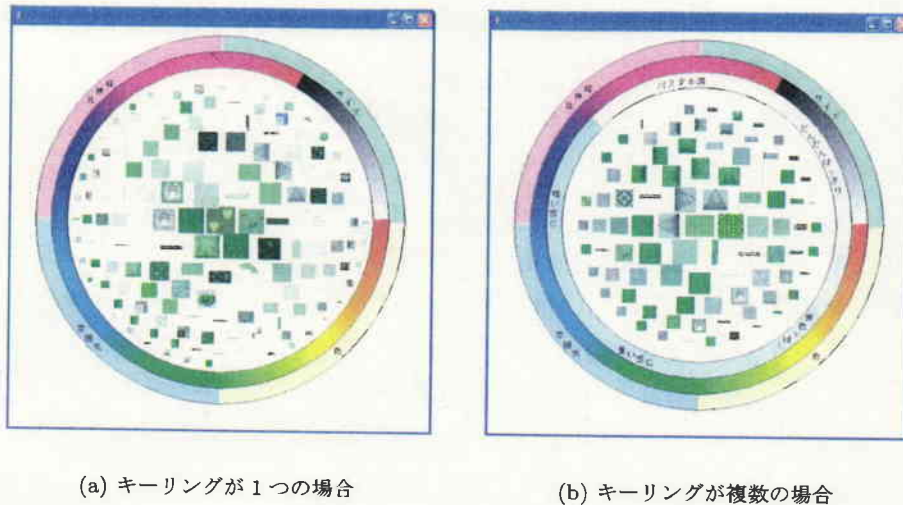


図 4.3 複数の値を持つカテゴリに対するキーの定義

#### 検索結果表示

キーによりフィルタリングされた情報は、リングの内部に表示する。情報の配置は、キーとその優先順位による重みづけによって並べた1次元情報に基づき行う。情報は、内側から外側に同心円上に配置すると共に、情報の大きさは、中心からの距離に反比例させて表示する。

この時、キーによりフィルタリングされた情報は、大量の候補があげられた場合でも、すべて表示する。これにより、ユーザにどれだけの候補があるかを一瞬で把握させると共に、候補が多過ぎる場合は、別のキーを指定しようという気を起こさせることが可能となる。

このように条件に合ったすべての情報を並べると、大量に候補があがった場合は、1つずつの情報が非常に小さく表示されてしまう。本手法は画面の連続性でなく、検索キーの調整という時間の連続性を重視しているため、詳細情報の表示にはズームは用いらず、情報にカーソルを合わせると、拡大表示する手法を採用した。

### 4.1.3 提供される機能

カテゴリリング上の属性名を選択すると、内側にキーリングが現れる。キーリングの下部が検索キーを表し、ユーザはキーリングを回転させることにより、検索キーを調整する。外側のキーリングほど属性の優先度が高いことを表しているため、キーリングを入れ替えることにより、自由に優先度を変更することが可能である。カテゴリリングから属性名を選択することにより属性を追加し、キーリングを回転させることにより属性値を調整し、キーリングを選択することにより属性を削除する。このように、ユーザは自由に属性を組み合わせ、動的階層構造を生成し検索を行うことが可能である。

ユーザが検索キーを変更するたびに、瞬時に検索結果がリング内部に表示される。検索結果は、検索キーとその優先度に基づき重み付けされる。ランキングされた検索結果は、中心から同心状に配置され、中心に近い情報ほど大きく表示する。詳細情報は、カーソルを合わせるにより表示される。検索結果は、ユーザが認識できる数を目安として、最大250件とした。大量の検索結果を一度に表示することにより、ユーザは検索キーを直感的に把握できる。また、ユーザは高ランクの検索結果だけでなく、低ランクの検索結果も眺めることができるため、検索の幅を広げられることが可能となった。

本手法では、上位候補を中心から配置しているため、ユーザが検索結果から候補を選択し、中央へ移動するだけでQBEを提供できる。ユーザが候補を選択すると、その属性値を検索キーとして利用して再検索が行われ、検索結果が表示される。これにより、ユーザは検索キーを自ら調節することなく、気に入った候補を選択するだけで、次々と検索を進めていくことが可能である。

このように、検索キーの調節には、ユーザがキーリングを操作する、もしくは、検索結果から候補を選択して中央へ移動する、という2種類の方法で提供されている。これらは簡単な操作であるため、ユーザは検索結果の閲覧に集中することが可能である。さらに、この手法は属性が離散量や連続量であっても、キーリング上に属性値を整列させることにより利用できる。検索キーの調整は、属性の種類に依存することなく、同一操作で行うことができる。

### 4.1.4 ランキング

検索結果は、検索キーに適合する情報を抽出し、属性値と属性の優先度に基づきランキングを行う。キーリング下部の値が検索キーであるが、適合する情報集合を抽出する具体的な手順は以下である。

- 属性が離散量の場合、検索キーを利用し、適合情報を抽出する。

- 属性が連続量の場合、検索キーからある範囲内で近い値を利用し、適合情報を抽出する。
- 選択された属性数が増えると、適合情報を抽出する際に利用する値の範囲を広くする。

検索結果から直感的に検索キーが把握できるように、属性が離散量の場合、適合情報抽出に利用する値は、検索キーのみとした。属性が連続量の場合は、微妙に変化する値であるため、検索キーからある範囲内で近い値を利用し、適合情報を抽出した。属性を追加するたびに検索結果は減少するため、正確に検索キーを調節しなければならない。そこで、連続量に限り、選択された属性の個数が増えると、適合情報を抽出する際に利用する値の範囲を広げ、絞込みが厳しくならないようにした。

## 4.2 画像検索システム

Concentric Ring View が有効であるかを検証するために、Web ページのフリー素材画像を利用して、画像検索システムを構築した。属性は4種類用意し、各属性値は素材画像から自動的に抽出した。ユーザが属性や候補を操作するたびに、システムは検索キーを抽出する。そして、適合する画像を抽出してランキングを行い、配置位置と表示の大きさを計算して、検索結果を表示する。

本システムはJava で実装した。ユーザとシステムが対話するにあたり、システムの動作速度によって、ユーザの思考を妨げることは避けなければならない。そのためにも、各属性に対する属性値はあらかじめ抽出し、属性値や画像のデータは、表形式で1つのデータベースに格納した。また、システム起動時において、縮小画像をあらかじめメモリにキャッシュし、検索結果を瞬時に表示できるようにした。

### 4.2.1 データ

画像検索システムを構築するにあたり、Web ページのフリー素材画像 10,195 枚を利用した。属性は、Web ページを作成するための素材画像を探す状況において必要と考えられる4種類（色、雰囲気、縦横比、サイズ）を用意した。各属性に対して、属性値は一次元に整理されている。すべての属性値は、画像データから自動的に抽出した。表 4.2 は、システム 1 におけるデータの一部である。

“色” は画像の特徴色を表し、ユーザは2色まで指定できる。まず、RGB 空間を各次元ごとに一定間隔で分割したヒストグラムを生成した。そして、頻度の高い上位2つの分割空間を抽出し、その平均 RGB 値を2つの特徴色とした。ここで、1色目と2色目を、人間が同じ色と認識してしまう場合は除く必要がある。色を人間の知覚特性に基づいて表現す

表 4.2 データ

ファイル名	色	雰囲気	縦横比	サイズ
1.gif	1.13398693, 0.9375	0.22046866	1.02	1975
2.gif	0.11111110, 0.0625	0.2228891	0.163265	987
3.gif	0.0, 1.0	2.0	1.044	1152
....	...., ....	....	....	....
10195.gif	0.0625, 0.09259259	1.0	1.019	843

るために、CIELAB やマンセル表色系などがある。ここではその考えに基づき、色相を10色程度に離散化し、1色目と別の離散値になるような色を2色目として選択した。また、色相をそのまま利用した場合、無彩色が表現できないため、図4.2の外側から2番目のリングが示すように、赤と紫の間に、白から黒へ変化する無彩色ゾーンを追加した。

“雰囲気”はパステル調から原色、そしてだんだん暗く変化する画像の階調を表し、1色目の特徴色における彩度と明度を利用して計算した。この属性を利用することにより、言葉で表現の難しい淡い画像、濃い画像を検索することが可能となる。“縦横比”は縦長から正方形、横長へと変化する画像の形状を表し、画像の縦横のピクセル数で計算した。これにより、言葉では1種類での表現しかない縦長や横長を、細かく調節することができる。そして、“サイズ”は画像のbyte数を表し、軽いWebページ作成するといった場合に対応する。

今回、属性として4種類のみを用意したが、描かれている物を表す属性、作成された日時を表す属性など、各情報に対して属性とその属性値を用意しておくことにより、あらゆる属性に対応できる。

#### 4.2.2 システム構成

##### データの重みづけ

画像を表示する際、キーとその優先順位による重みづけを行う。キーは、第4.1.2節で述べた通り、以下のように設定した。

- 離散量の場合、リングの下部にある値を用いる。
- 連続量の場合、リングの下部から左右2度ずつ、計5度範囲にある値を用いる。
- 複数キーを指定する場合、連続量に限り、リングの個数とキーの角度を比例させる。

ランキングは、属性と属性の優先度に基づいて行う。検索キーに適合した情報集合を  $S = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$  とする。  $I_i$  のうち、選択された  $m$  個の属性の属性値を、  $v_{i,1}, v_{i,2}, \dots, v_{i,m}$



で表す。この時、各属性は正規化されており、属性値は0から1の範囲の値を持つ。選択された属性における検索キーを  $k_1, k_2, \dots, k_m$ 、各属性の優先度を  $p_1, p_2, \dots, p_m$  (ただし、 $p_1 > p_2 > \dots > p_m$  で、 $m$  が最内側リング) とすると、 $I_i$  の評価値  $w_i$  は以下の式で表すことができる。

$$w_i = \sum_{j=1}^m |v_{i,j} - k_j| \cdot p_j$$

$S$  に対して評価値を計算した後、 $w_i$  を小さい順に並べ、順位をその状態におけるランキングとし、中央から同心円状に配置した。

### 画像の配置

画像の配置は、第4.1.2節で述べた通り、同心円上に配置した。 $round$  周目 (中心を0周目とする) における画像の枚数  $n$  は、蜂の巣状になるように以下の式で定義した。

$$n = \begin{cases} 1 & (round = 0) \\ 6 \cdot round & (\text{その他の場合}) \end{cases}$$

表示領域の半径を  $R$ 、中心から外へむけての画像の縮小率を  $a$ 、表示する画像の最小幅を  $W_{min}$  とした時、 $round$  周目における画像の幅  $w$  は、各周間の空白  $space$  とした時、以下の式で求められる。

$$space = \frac{R - W_{min} - 2 \cdot W_{min} \cdot round}{round^2 + 2 \cdot round + 2}$$

$$w = W_{min} + n \cdot space$$

また、中心を原点、 $round$  周目における半径を  $r$  とした時、 $round$  周目内の  $i$  番目の画像の位置  $(x, y)$  は、以下の式で求められる。

$$r = round \cdot \frac{w - a(round - 1)}{2} + a + \frac{w - a \cdot round}{2}$$

$$x = r \cos(2\pi/n \cdot round)$$

$$y = r \sin(2\pi/n \cdot round)$$

基本的には、すべての候補を表示するが、このシステムでは、表示画像数が500を越えると、縮小画像が視認できないサイズになってしまうと判断したため、例外として上位250の候補のみ表示した。

### 4.2.3 操作の流れ

第4.2.1節の属性を用意し、本手法を用いて構築した画像検索システムの操作手順を、以下のシナリオを用いて説明する。

#### シナリオ

1. ユーザは Web ページに利用する画像を探している。具体的にどのような画像が欲しいのかははっきりしていない。とりあえず、青い画像を探してみようと考えている。
2. ユーザは、まずはじめに、青い画像を探したいと、システムに情報ニーズを伝えようとする。
3. システムは、検索結果を表示することにより、赤、緑、青といったシステムの知識構造の変化と、様々な雰囲気や形を持つ画像が存在することに気づかせる。
4. ユーザは、青い画像の中でも、淡い色合いの画像を見たいと考え、システムに情報ニーズを伝えようとする。
5. システムは、検索結果を表示することにより、淡い青といったシステムの知識構造の変化と、様々な形を持つ画像が存在することに気づかせる。
6. ユーザは気になる画像を発見し、詳しく見ようとする。そして、似たような画像を探したいと思い、システムに情報ニーズを伝えようとする。
7. システムは、ユーザが選択した画像から情報ニーズをくみ取り、検索結果を表示することにより、少し濃い目の青といったシステムの知識構造の変化を伝える。
8. ユーザは、同じ雰囲気を持つピンク色の画像を探したいと思い、システムに情報ニーズを伝えようとする。
9. システムは、検索結果を表示することにより、少し濃い目のピンクといったシステムの知識構造の変化を伝える。
10. ユーザは、色よりも雰囲気を重点においた検索を行いたいと思い、システムに情報ニーズを伝えようとする。
11. システムは、雰囲気重視で計算した検索結果を表示し、システムの知識構造の変化を伝える。
12. ユーザは気が変わり、今設定しているピンク色のすべての画像を探したいと思い、システムに情報ニーズの変化を伝えようとする。

13. システムは、検索結果を表示し、すべてのピンク色の画像といったシステムの知識構造の変化を伝える。
14. ユーザは、ピンク色の画像の中でも、グレーの色を持つ画像を探したいと思い、システムに情報ニーズの変化を伝えようとする。
15. システムは、検索結果を表示し、ピンクとグレーの2色を持つ画像といったシステムの知識構造の変化を伝える。
16. ユーザは、グレーと他の色の組み合わせも見たいと思い、システムに情報ニーズの変化を伝えようとする。
17. システムは、検索結果を表示し、緑とグレーの2色を持つ画像といったシステムの知識構造の変化を伝える。
18. ユーザは、緑とグレーの画像の中でも、横長の画像だけを見たいと思い、システムに情報ニーズの変化を伝えようとする。
19. システムは検索結果を表示し、緑とグレーの2色を持つ横長の画像といったシステムの知識構造の変化を伝えるとともに、このような画像が少ないことを伝える。
20. ユーザは、検索結果の数が少ないことに気づき、グレーにはこだわらないでこうと考え、システムに情報ニーズの変化を伝えようとする。
21. システムは検索結果を表示し、緑の横長の画像といったシステムの知識構造の変化を伝える。
22. ユーザは、同じ横長の画像で、別の色にはどのような画像が存在するか知りたいと思い、情報ニーズの変化をシステムに伝えようとする。
23. システムは検索結果を表示し、オレンジで横長の画像といったシステムの知識構造の変化を伝える。
24. ユーザは、色が気に入ったが、横長ではなく縦長の画像も見たいと考え、情報ニーズの変化をシステムに伝えようとする。
25. システムは検索結果を表示し、オレンジで縦長といったシステムの知識構造の変化を伝えようとする。

図 4.4～図 4.6 は、操作による画面変化を表している。属性の追加は、カテゴリリングにおける属性名をクリックし、その属性に対するキーリングを表示させる。属性の削除は、削除したい属性のキーリングをクリックする。検索キーの調節は、キーリングをドラッグするか、ホイール利用し、キーリングを回転させる。検索キーの優先度の変更は、優先度を上げたい属性のキーリングを右クリックすることにより、キーリングを入れ替える。以下に、上記シナリオに基づいて、システムの知識構造の変化と操作の流れを説明する。

1. (a) は初期画面である。属性は何も選択されていないため、システムの知識構造は白紙である。
2. 検索キーに“青色”を調節するため、カテゴリリングから“色”をクリックし、色の検索キーをあらわすキーリング（以下、色リングと呼ぶ）を表示させる。そして、自分が求めている青色になるように、色リングを回転させる。
3. (b) から (d) は、色リングを回転した際の画面の変化である。システムの知識構造は、(b) “色－赤”，(c) は “色－緑”，(d) は “色－青” の状態を表している。(d) では、検索結果として、様々な雰囲気や形の青い画像が表示される。
4. 検索キーを、“淡い青”に調節するため、カテゴリリングから“雰囲気”をクリックし、雰囲気の検索キーをあらわすキーリング（以下、雰囲気リングと呼ぶ）を表示させる。そして、自分が求めている淡い雰囲気になるように、雰囲気リングを回転させる。
5. (e) は、雰囲気リングを追加し、淡い色に調節した際の画面である。システムの知識構造は、“色－青－雰囲気－パステル調”の状態を表している。検索結果として、色味は同じようであるが、様々な形の画像が表示される。
6. 気に入った画像を発見し、詳しく見るために、画像にカーソルを合わせる。そして、この画像と似たような画像を探すために、画像を中央へドラッグする。この操作により、QBE が提供される。上位候補ほど中央に大きく表示されていることと、この操作方法を無意識に結びつけられるため、自然に操作できる。
7. (f) は画像をカーソルを合わせ、拡大表示している。(g) は QBE が提供された後の画面を表している。システムの知識構造は、“色－青－雰囲気－少し濃い目のパステル調”の状態を表している。ユーザが中央へドラッグさせた画像が、少し濃い目の画像であったため、(f) よりも濃い目の画像が表示される。パステル調と言葉ではひとくくりに表現されるが、本手法では、微妙に変化する値もリングで調節することが可能である。

8. 検索キーを、“同じ濃さのピンク色”に調節するために、色リングを回転させ、自分が求めているピンク色に合わせる。
9. (h)は色リングを回転し、色味を調節した後の画面である。システムの知識構造は、“色ーピンクー雰囲気ー少し濃い目のパステル調”の状態を表している。一般的なディレクトリ型検索のように、知識構造が固定されている場合には、上位階層の値を変化させるためには、変化させたい値の存在する階層まで戻らなければならない。しかし、本手法では、動的に知識構造を構成できるため、簡単に上位階層の値を変化することが可能である。
10. 色味よりも、雰囲気を重視して検索を行うため、雰囲気リング上で、右クリックを行い、優先度を変更する。これにより、色リングと雰囲気リングが交換され、検索結果が変化する。
11. (i)は優先度を変更した後の画面である。システムの知識構造は、“雰囲気ー少し濃い目のパステル調ー色ーピンク”の状態である。外側のリングほど優先度が高い、つまり、システムの知識構造における上位階層ほど優先度が高いとみなされるため、検索結果のランキングが変化する。同じ検索キーでも、リングの順序で、明示的に検索キーの優先度を設定できる。
12. 検索キーを“今設定しているピンク色のすべての画像”に変更するため、雰囲気リングをクリックし、検索キーから雰囲気を削除する。
13. (j)は、雰囲気リングを削除した後の画面である。システムの知識構造は、“色ーピンク”の状態を表している。これにより、様々な雰囲気を持つツクの画像すべてが表示される。
14. 検索キーを、“ピンクとグレーの2色を持つ画像”に変更するため、カテゴリリングから“色”をクリックし、色の検索キーを表すキーリング（以下、色リング2と呼ぶ）を表示させる。
15. (k)は、色リング2を追加した後の画面である。システムの知識構造は、“色ーピンクー色ーグレー”の状態を表している。様々な形をしたピンクかつグレーの色を持つ画像が表示される。
16. 検索キーを“緑とグレーを持つ画像”に変更するため、色リングを回転させる。
17. (l)は、色リングを回転させ、緑に合わせた際の画面である。システムの知識構造は、“色ー緑ー色ーグレー”の状態を表している。様々な形をした緑とグレーの色を持つ

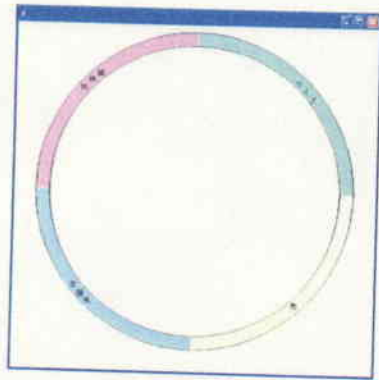
画像が表示される。

18. 検索キーを“緑とグレーの2色を持つ横長の画像”に変更するため、カテゴリリングから“縦横比”をクリックし、縦横比の検索キーを表すキーリング（以下、縦横比リングと呼ぶ）を表示させる。そして、自分が求めている横長の形になるように、縦横比リングを回転させて調節する。
19. (m) は、縦横比リングを追加し、横長に合わせた後の画面である。システムの知識構造は、“色－緑－色－グレー－縦横比－横長”の状態を表している。横長と言葉ではひとくくりで表現されるが、微妙な比率も調整することが可能である。
20. 検索キーを“緑の横長画像”に変更するため、色リング2をクリックし、検索キーからグレーを削除する。
21. (n) は、色リング2を削除した後の画面である。システムの知識構造は、“色－緑－縦横比－横長”の状態を表している。これにより、グレーを含まない画像も表示される。
22. 検索キーを“今設定している横長でオレンジ色の画像”に変更するため、色リングを回転させ、自分の求めているオレンジ色に調節する。
23. (o) は、色リングを回転し、オレンジに合わせた時の画面である。システムの知識構造は、“色－オレンジ－縦横比－横長”の状態を表している。様々な雰囲気を持つオレンジで横長の画像が表示される。
24. 検索キーを“今設定しているオレンジ色で、縦長の画像”に変更するため、縦横比リングを回転させ、自分の求めている縦横比率に調節する。
25. (p) から (r) は、縦横比リングを回転した際の画面の変化である。システムの知識構造は、(p) “色－オレンジ－縦横比－やや横長”，(q) は “色－オレンジ－縦横比－やや正方形”，(r) は “色－オレンジ－縦横比－縦長” の状態を表している。様々な雰囲気を持つオレンジで縦長の画像が表示させる。

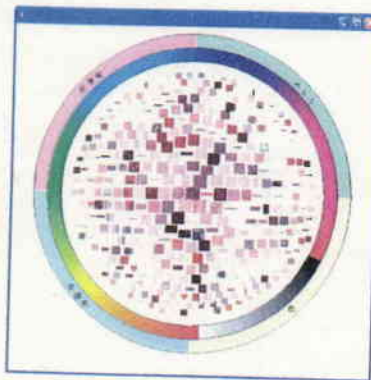
## 4.3 モデルの実現

### 4.3.1 モデルとシステムの対応

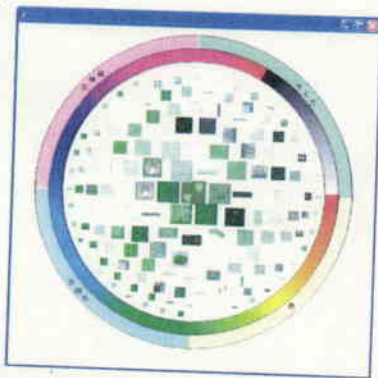
表 4.3 は、前節で述べたシナリオに対して、提案した相互作用のモデルでのアルゴリズムと、Concentric Ring View における操作の対応表である。ユーザ自らが、情報ニーズに



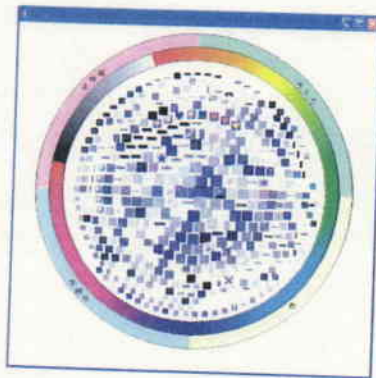
(a) 初期画面



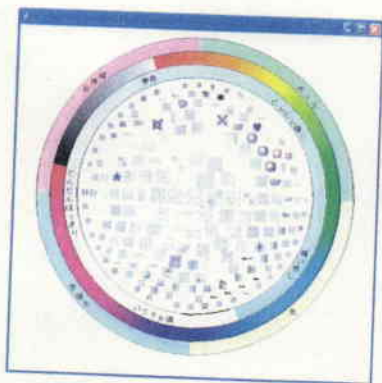
(b) 色リング追加



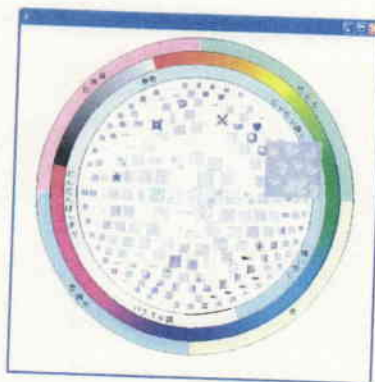
(c) 色リング回転



(d) 色リング回転

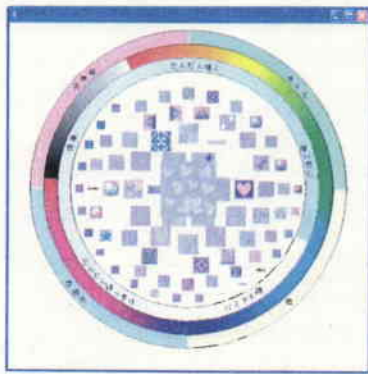


(e) 雰囲気リング追加

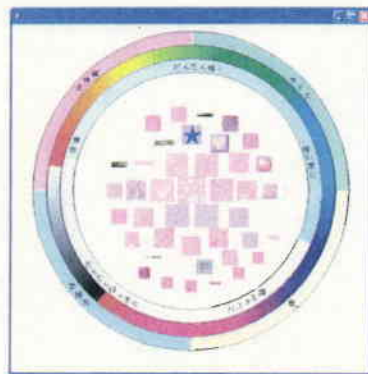


(f) 拡大表示

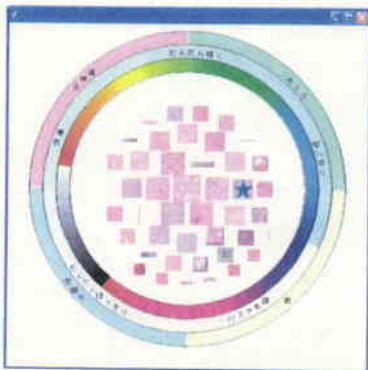
図 4.4 Concentric Ring View における操作 (1)



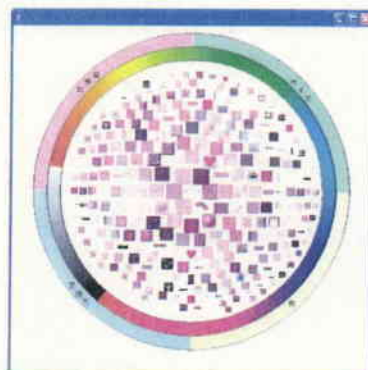
(g) 画像を中央へ移動



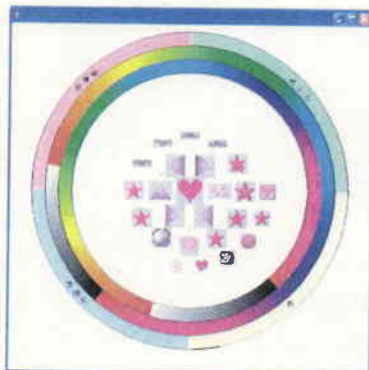
(h) 色リング回転



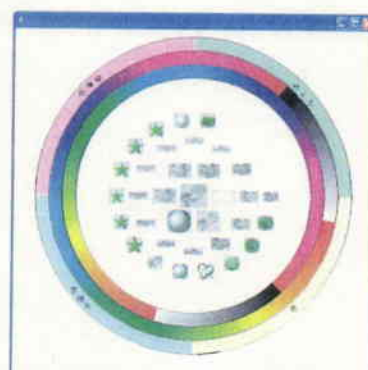
(i) 検索キーの優先度変更



(j) 雰囲気リング削除



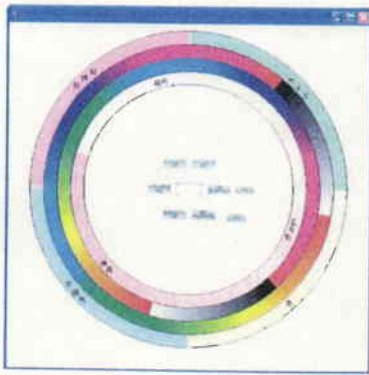
(k) 色リング追加



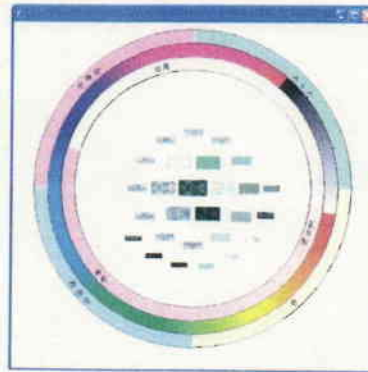
(l) 色リング回転

図 4.5 Concentric Ring View における操作 (2)

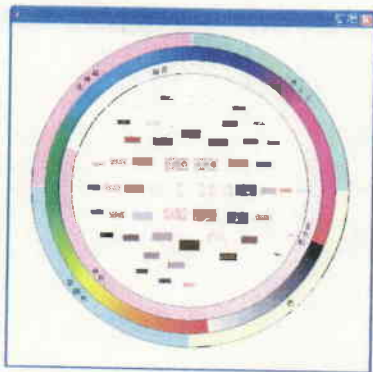




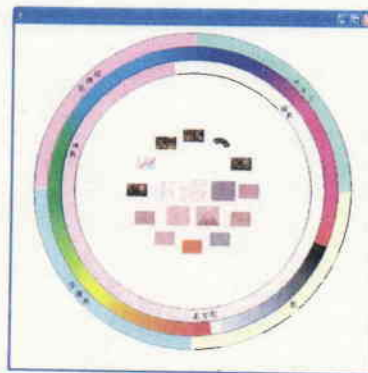
(m) 縦横比リング追加



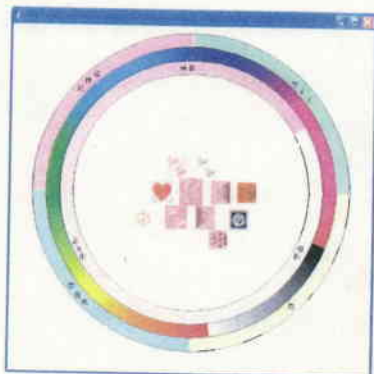
(n) 色リング削除



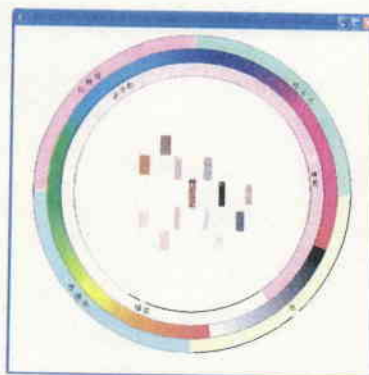
(o) 色リング回転



(p) 縦横比リング回転



(q) 縦横比リング回転



(r) 縦横比リング回転

図 4.6 Concentric Ring View における操作 (3)

合う属性を選択しなければならないが、ユーザとシステムがお互いの内的要素を刺激し合いながら検索を進めていることが分かる。

表 4.3: モデルと操作の対応表

開始前		
ユーザの知識構造 (U知識) : 白紙 ユーザの情報ニーズ (Uニーズ) : 漠然と青い画像 ユーザの思考 : 不明確 ユーザの感情 : 不安 システムの知識構造 (S知識) : 白紙 システムの知識ベース : テレビ番組に関する知識断片 システムの相互作用アルゴリズム (S相互)		
会話スタート		
AとBの対話	内的要素の変化	操作
ユーザは Web ページに利用する画像を探していて、漠然と青い画像が欲しいと思っている。	Uニーズ : 青い画像	
ユーザはシステムに、青い画像にはどのようなものがあるか質問する。	S相互 : 知識ベースに格納されている色に関する知識断片から青色を表す知識断片を選択し、S知識に追加 S知識 : 色-青-	カテゴリリングから“色”をクリックし、色リング回転で青色に調節
システムは青い画像を検索結果として表示する。 ユーザは、青い画像の中でも、淡い色合いの画像を見たいと思う。	U知識 : 色-青 Uニーズ : 淡い青の画像	
ユーザはシステムに、淡い青色の画像にはどのようなものがあるか質問する。	S相互 : 知識ベースに格納されている雰囲気に関する知識断片からパステル調を表す知識断片を選択し、S知識に追加 S知識 : 色-青-雰囲気-パステル調-	カテゴリリングから“雰囲気”をクリックし、雰囲気リング回転でパステル調に調節

システムは淡い青色の画像を検索結果として表示する。  
ユーザは、気になる画像を発見し、この画像に似た画像を探したいと思う。

ユーザはシステムにこの画像に似た画像にはどのようなものがあるか質問する。

システムは少し濃い目の青色の画像を検索結果として表示する。  
ユーザは、同じ濃さのピンクの画像を見たいと思う。

ユーザはシステムに同じ濃さで青色ではなく、ピンク色の画像にはどのようなものがあるか質問する。

システムは同じ濃さのピンクの画像を検索結果として表示する。  
ユーザは、色味よりも濃さを重視して検索を行いたいと考える。

U知識：色－青－雰囲気－パステル調

Uニーズ：この画像に似た画像

S相互：ユーザが指定した画像が、少し濃い目の画像であったため、知識ベースに格納されている雰囲気に関する知識断片から、少し濃い目のパステル調を表す知識断片を選択し、S知識におけるパステル調を表す雰囲気の知識断片と交換  
S知識：色－青－雰囲気－少し濃い目のパステル調－

U知識：色－青－雰囲気－少し濃い目のパステル調

Uニーズ：淡い青の画像

S相互：知識ベースに格納されている色に関する知識断片からピンク色を表す知識断片を選択し、S知識における青色を表す色の知識断片と交換  
S知識：色－ピンク－雰囲気－少し濃い目のパステル調－

U知識：色－ピンク－雰囲気－少し濃い目のパステル調

Uニーズ：この画像に似た画像

画像を中央へドラッグ

色リング回転でピンク色に調節

<p>ユーザはシステムに色味より濃さを重視して検索を行いたいと伝える。</p>	<p>S相互: S知識において、色に関する知識断片と、雰囲気に関する知識断片を交換 S知識: 雰囲気-少し濃い目のパステル調-色-ピンク</p>	<p>色リング回転でピンク色に調節</p>
<p>システムは濃さを重視して計算し直した検索結果を表示する。 ユーザは、ピンク色のすべての画像を見たいと思う。</p>	<p>U知識: 雰囲気-少し濃い目のパステル調-色-ピンク Uニーズ: ピンクの画像</p>	
<p>ユーザはシステムにどんなピンク画像があるか質問する。</p>	<p>S相互: S知識から、雰囲気に関する知識断片を削除 S知識: 色-ピンク</p>	<p>雰囲気リングをクリックし、削除</p>
<p>システムはピンクの画像を検索結果として表示する。 ユーザは、ピンクの画像の中でも、グレーの色を持つ画像を見たいと思う。</p>	<p>U知識: 色-ピンク Uニーズ: ピンクとグレーを持つ画像</p>	
<p>ユーザはシステムに、ピンクとグレーの2色を持つ画像には、どのようなものがあるか質問する。</p>	<p>S相互: 知識ベースに格納されている色に関する知識断片からグレーを表す知識断片を選択し、S知識に追加 S知識: 色-ピンク-色-グレー</p>	<p>カテゴリリングから“色”をクリックし、色リング2を回転させグレーに調節</p>
<p>システムはピンクとグレーの2色を持つ画像を検索結果として表示する。 ユーザは、ピンクではなく、緑とグレーの2色を持つ画像を見たいと思う。</p>	<p>U知識: 色-ピンク-色-グレー Uニーズ: 緑とグレーを持つ画像</p>	

ユーザはシステムに、緑とグレーの2色を持つ画像には、どのようなものがあるか質問する。

システムは緑とグレーの2色を持つ画像を検索結果として表示する。

ユーザは、緑とグレーの2色を持つ画像の中でも、横長の画像を見たいと思う。

ユーザはシステムに、緑とグレーの2色を持つ横長の画像には、どのようなものがあるか質問する。

システムは緑とグレーの2色を持つ横長画像を検索結果として表示する。

ユーザは、グレーへのこだわりを捨て、緑色の横長画像を見たいと思う。

ユーザはシステムに、緑色の横長画像には、どのようなものがあるか質問する。

システムは緑色の横長画像を検索結果として表示する。

ユーザは、同じ横長でオレンジの画像を見たいと思う。

S相互：知識ベースに格納されている色に関する知識断片から緑を表す知識断片を選択し、S知識におけるピンク色を表す色の知識断片と交換

S知識：色-緑-色-グレー-

U知識：色-緑-色-グレー

Uニーズ：緑とグレーを持つ横長の画像

S相互：知識ベースに格納されている縦横比に関する知識断片から横長を表す知識断片を選択し、S知識に追加

S知識：色-緑-色-グレー-縦横比-横長-

U知識：色-緑-色-グレー-縦横比-横長

Uニーズ：緑色の横長画像

S相互：S知識から、グレーを表す色の知識断片を削除

S知識：色-緑-縦横比-横長-

U知識：色-緑-縦横比-横長

Uニーズ：オレンジの横長画像

色リングを回転させ、緑に調節

カテゴリリングから“縦横比”をクリックし、縦横比リングを回転させ横長に調節

色リング2をクリックし、削除

<p>ユーザはシステムに、オレンジの横長画像には、どのようなものがあるか質問する。</p>	<p>S相互：知識ベースに格納されている色に関する知識断片からオレンジを表す知識断片を選択し、S知識における緑色を表す色の知識断片と交換 S知識：色-オレンジ-縦横比-横長</p>	<p>色リングを回転させ、オレンジに調節</p>
<p>システムはオレンジの横長画像を検索結果として表示する。 ユーザは、横長ではなく、オレンジの縦長画像を見たいと思う。</p>	<p>U知識：色-オレンジ-縦横比-横長 Uニーズ：オレンジの縦長画像</p>	
<p>ユーザはシステムに、オレンジの縦長画像には、どのようなものがあるか質問する。</p>	<p>S相互：知識ベースに格納されている縦横比に関する知識断片から縦長を表す知識断片を選択し、S知識における横長を表す縦横比の知識断片と交換 S知識：色-オレンジ-縦横比-縦長</p>	<p>縦横比リングを回転させ、縦長に調節</p>
<p>システムはオレンジの縦長画像を検索結果として表示する。 ユーザは画像を決定する。</p>	<p>U知識：色-オレンジ-縦横比-横長</p>	

#### 4.3.2 要求要素の実現

##### 人間の内部要素

ユーザはカテゴリリングから、とりあえず属性を選択することにより、検索を始めることが可能である。キーリングを回転したり、候補を中央へ移動させることにより、検索を進めることが可能である。

検索キーの調節は、キーリングを回転するだけで良いため、ユーザ自らが考える必要がない。情報ニーズを言葉で表現しづらい場合、キーワード検索の利用は難しいが、Concentric Ring Viewでは候補を閲覧することにより、自分の情報ニーズに最適な検索キーを調節す

ることが可能である。また、気になる候補を中央へ移動することにより、自動的に検索キーが調節され、関連した情報が表示されるため、ユーザは悩むことなく、検索キーを調節することが可能である。

属性を選択し、キーリングを組み合わせることにより、柔軟な検索が可能である。ディレクトリ型検索のように、階層が固定されていないため、ユーザの思考を妨げることはない。また、操作や表示が複雑でないため、初心者ユーザでも利用可能である。

キーリングをなんとなく回転しているうちに、予想外の情報に出会うことがある。これは、様々な検索キーによって絞り込まれた情報を順番に閲覧することにより、結果的に大量の情報を効果的に把握することができるからである。また、また、キーリングを追加、削除することにより、様々な側面からデータを閲覧できるため、ユーザの思考を広げることが可能である。

属性を選択しリングを回転、情報を中央へ移動というマウスのみシンプルな操作により、ユーザは検索結果に集中できた。これによって、検索キーを意識するのではなく、自然に検索キーを把握し検索を進められ、ユーザの負担を軽減した。属性を自由に組み合わせ、その属性値を調節することにより、多次元属性情報を柔軟に検索することが可能となった。

### 相互作用

ユーザが属性を選択してリングを回転させることにより、システムは知識ベースから知識断片を組み合わせ、ユーザ好みの知識構造を構築できた。システムの知識構造をユーザの知識構造と同期させるためには、ユーザを強制しない程度に進むべき道を明示する必要があった。本手法において、ユーザの進む道は、属性の追加や削除、属性値の調節、適合情報の選択のいずれかであり、ユーザの知識構造を推測しやすい結果となった。

逆にシステムの知識構造をユーザに把握させるためには、まず知識ベースをうまくユーザに見せることが重要である。本手法では、ユーザが必要であろうと思われる知識断片を、ユーザの操作に合わせて提示した。これにより、すべての知識ベースを一度に見せて混乱させるのではなく、必要な部分のみを見せることにより把握させやすくした。また、少しキーリングを回すと、検索結果が次々に表示されていく。検索結果中心というコンセプトに基づき設計しているため、検索結果の変化部から知識構造の変化を読み取ることが可能となった。

相互作用を行うためには、対話を続けられなければならない。ユーザが次に進むべき道が分からない場合は、対話が止まってしまうが、本手法は、キーリングを追加、削除、回転させることにより、何かしらの対話が可能であった。少しキーリングを操作すると、すぐに結果が表示され、気軽に試すことができた。

## 4.4 ユーザビリティテスト

### 4.4.1 概要

画像検索システムを利用して、ユーザビリティテストを行った。仮想的なタスクとして、Web ページを作成するための素材画像検索を設定した。実際に素材画像を探している時、同系色に統一したい、淡いやさしい雰囲気になりたい、細長いラインが欲しいなど、比較的曖昧な情報要求から検索を始める場合が多い。そこで、このような状態からでも検索をサポートでき、初心者ユーザも利用しやすいとされているディレクトリ型検索と比較した。

本ユーザビリティテストでは、検索結果中心という考えに基づいた設計が適切であったか、リング構造はこの設計方針に適しているかを検証する。しかし、直接設計方針を評価することは困難であるため、初心者ユーザでも多次元属性情報を効果的に検索できるという設計方針の大目的が達成されたかについて調べた。

検索結果を評価して検索を進めるために、本手法では、検索結果を閲覧しながら属性や属性値を操作するという本手法独自の機能と、一般によく知られた機能である QBE が備わっている。そこで、これらを1つずつ評価するために、2種類のユーザビリティテストを行った。まず始めに、本手法独自の機能について検証するため、QBE を除いたバージョン（以下、Ring と呼ぶ）と、ディレクトリ型検索（以下、ディレクトリ型と呼ぶ）を比較した。そして、Ring に QBE をうまく取り込めたかを特に検証するため、Ring と本手法（以下、RingF+ と呼ぶ）を比較した。

### 4.4.2 ユーザビリティテストの方法

実験タスクは、被験者に2つの手法を用いて Web ページの背景、タイトルプレート、アイコンの3種類の画像をそれぞれ探し、簡単な Web ページを作成することとした。被験者には画像選択に集中できるよう、自動的に Web ページを作成できるボタンを用意した。被験者は何度でも画像を指定し直し、Web ページを作り変えることが可能である。実験の手順を以下に示す。

#### [実験前日]

- 被験者が、作成したい Web ページのイメージを描いた。
- 被験者が、パソコンの習熟度など、簡単なアンケートを記入した。

#### [実験当日]

- 被験者は、提案手法の使用方法について説明を受けた。(10分)
- 被験者は、ディレクトリ型の使用方法について説明を受けた。(5分)



- 被験者が、それぞれの手法の練習をした。(5分×2)
- 被験者が、それぞれのシステムを用いて、Web ページを作成した。(10分×2)
- 被験者がアンケートを記入した。(20分)

被験者を2つのグループに分けて、手法の利用順序で影響が出ないようにした。つまり、1つ目のユーザビリティテストでは、ディレクトリ型から使用する組と Ring から使用する組、2つ目のユーザビリティテストでは、Ring から使用する組と RingF+から利用する組に分けた。各システムにおける Web ページ作成時間は最大10分と決め、被験者が自分の Web ページに満足した場合は、その時点で Web ページの作成が終了したものとみなす。

#### 4.4.3 ディレクトリ型と Ring

実験は中学3年生の1クラスの授業時間を利用して行った。実験に使うシステムは、出席番号前半の被験者が提案手法を、後半の被験者がディレクトリ型を先に利用した。そして、実験終了後に使用するシステムを交代してもう一度実験を行った。各システムにおける Web ページ作成時間は、最大10分と決め、もし被験者が自分の Web ページに満足した場合は、その時点で Web ページの作成が終了したものとみなした。ディレクトリ型の階層は、トップページに、季節や描かれている形(ハート、星など)のテーマがあり、選択すると次の階層には、背景、プレート、アイコンに分類された各ページへのリンクがある。背景画像中心のサイトであったため、背景はすべてのテーマで用意されていたが、プレートとアイコンはある特定のテーマに対してのみ存在している。プレートとアイコンの画像数は、背景の画像数の約4分の1であった。

#### 目的

本実験の目的は以下の3つである。

- 中学生のようなコンピュータに熟練していないと考えられる初心者ユーザが、本提案手法をどの程度使いこなすことができるか調査した。
- 本手法が、どのような状況において、またどのようなユーザにとって有効であるか調査した。
- 現在のシステムの問題点を把握し、本手法の改良点について調査した。

ディレクトリ階層によるブラウジングを実装したプロトタイプをディレクトリ型、本手法を実装したプロトタイプを提案手法と呼ぶことにする。女子大生4人を被験者として予備実験を行い、実験結果を分析して、以下の仮説を立てた。

- (A) 提案手法は、インターネット利用時間が短いコンピュータの初心者に好まれる。
- (B) 提案手法は、最初にイメージした通りの良い画像が選ぶことができる。
- (C) 提案手法は、直感に合った画像を最初に候補として選択できる。
- (D) 提案手法は、最初のイメージより発展した画像を選ぶことができ、ディレクトリ型は、最初のイメージのままで発展した画像を選ぶことができない。
- (E) 提案手法は、漠然としたイメージから探すユーザに好まれ、ディレクトリ型は、具体的なイメージから探すユーザに好まれる。
- (F) 提案手法は、さらに満足のいく情報を求めようとするユーザに好まれる。

#### 実験で収集したデータ

実験で収集したデータは、実験中にシステム側で自動的に収集したものと、実験前と実験後に実施したアンケートの3種類である。

##### 実験開始前のアンケート

まず、被験者は、自分の作成したいWebページに利用する各画像のイメージを、色鉛筆を用いて絵を描くか、言葉で表現した。次に、以下の項目についてアンケートを実施した。

- パソコンを使い始めた年齢
- 1日のパソコン利用時間
- 1日のインターネット利用時間
- 作成したいWebページが簡単にイメージできたかどうか

最後の項目は、スケールで表現する回答形式とし、その他の3項目は自由回答形式とした。

##### 実験における被験者の操作ログ

本実験において、被験者の操作から自動的に収集したデータは、ディレクトリ型と提案手法に共通するログと、片方のシステムのみから収集したログがある。両方のシステムから収録したログは、以下の4項目である。

- Webページ作成時間

- マウス移動距離
- 背景, プレート, アイコンの各々に対して, 候補として選択した回数
- 候補の画像で Web ページを作成した回数

ディレクトリ型において, 収集したログは以下の 3 項目である.

- 閲覧したテーマ数
- テーマ間の移動回数
- 閲覧したページ数

また, 提案手法において, 収集したログは以下の 2 項目である.

- 同時に使用したリングの最大個数
- 検索終了までに使用したリングの属性名

#### 実験終了後のアンケート

被験者が各システムを用いて選択したそれぞれの画像について, 以下の 6 項目の質問を行った.

- 最終的に選択した画像についての感想.
- どのように考えて操作し, 画像を探したか.
- 最終的に選択した画像は, 最初にイメージした通りであったか.
- 最終的に選択した画像に対して, 満足したか.
- 検索中に, 最初にイメージした画像とは異なるイメージに, 情報要求が変化したか.
- 自分が作成した Web ページは, 全体的に満足したか.

最後の 1 項目を除き, 背景, プレート, アイコンの各々に対して回答を求めた. 被験者は, 最初の 2 項目については自由回答形式で, その他の項目はスケールで表現する形式で回答し, あわせてその回答の理由を記述した. また, 各システムを使用した感想について, 以下の 5 項目の質問を行った.

- 画像を探すにあたり, システムの使い方を理解できたか.
- システムを操作しやすかったか.

- 画像を楽しく探せたか.
- 画像を探している時, 疲れたか.
- 10分という実験時間は, 画像を探すのに十分だったか.

被験者は, 最後の1項目は5段階の選択形式で, その他の項目はスケールで表現する形式で回答し, あわせてその回答の理由を記述した. 実験の感想については, 以下の3項目の質問を行った.

- 用意された素材は好みに合ったものが多かったか.
- システム利用中, 困った回数が多かったのはどちらか.
- もっと使ってみたいシステムはどちらか.

被験者は, 最初の1項目は5段階の選択形式で, その他の項目はスケールで表現する形式で回答し, あわせてその回答の理由を記述した.

#### 結果と考察

実験結果から, 本提案手法が, どのような状況において, またどのようなユーザにとって有効であるか調査した. また, 被験者が記述した理由や感想から, 提案手法の改善すべき問題点を見出した.

#### 実験で収集したデータの結果

表4.4は, 実験開始前のアンケートにおける質問項目の回答である. 質問(a-4)は, -5から5のスケールで表現させ, 平均値を求めた. 表4.5は, 実験中に収集したデータの集計である. 質問(b-10)以外は, 平均値を表している. 被験者の多くは, 用意された素材が自分の好みに合っていると答えた. 表4.6は, 被験者が選択した画像に対する質問項目の平均値を表している. 3番目の質問のみ0から10, その他は-5から5のスケールで表現している. 画像により被験者の満足度は異なるが, 作成したWebページ全体に対しては, 提案手法を利用した時の方が, 満足度が高かった.

表4.7は, 各システムを使用した感想についての質問項目の平均値, 表5は, 両システムの比較についての質問項目の平均値を表している. 表4において最後の質問のみ-2から2の5段階で, その他は0から10のスケールで表現した. 提案手法は楽しいという以外, ディレクトリ型より若干劣るという結果となった. 一方, 表4.8はディレクトリ型が優勢の場合は負で, 提案手法の場合は正とし, -5から5のスケールで表現した. 提案手法は, 困った回数が多いが, もっと使ってみたいという結果となった.

表 4.4 実験開始前のアンケート

質問		回答結果
(a-1) パソコンを使い始めた年齢	10歳未満	7人
	10～12歳	12人
	13歳以上	6人
(a-2) 1日のパソコン利用時間	利用しない	8人
	1時間未満	4人
	1～2時間	8人
	2時間以上	5人
(a-3) 1日のインターネット利用時間	利用しない	14人
	1時間未満	4人
	1～2時間	3人
	2時間以上	4人
(a-4) 簡単にイメージできたか		0.744

表 4.5 実験中の収集データ

質問		ディレクトリ型	Ring
(b-1) Web ページ作成時間 (sec)		543.771	576.881
(b-2) マウス移動距離 (pixel)		594.829	8864.200*
(b-3) 候補として 選択した回数	背景	6.429	4.086
	プレート	7.229*	3.629
	アイコン	4.657	2.886
(b-4) Web ページを作成した回数		8.486	6.571
(b-5) 閲覧したテーマ数		4.943	—
(b-6) テーマ間移動数		7.200	—
(b-7) 閲覧したページ数		50.571	—
(b-8) リングの最高同時利用数		—	1.886
(b-9) 検索終了時 までに使用した リングの属性名	色 1	—	35人
	色 2	—	3人
	雰囲気	—	25人
	縦横比	—	16人
	サイズ	—	11人

\*比較手法に対して、有意水準5%で向上

### 仮説の検証

4節の始めに6つの仮説を立てたが、本節では、特に仮説(A)と仮説(B)の分析に焦点を当てて説明する。

表 4.6 選択した画像に対する質問

質問		ディレクトリ型	Ring
(c-1) 最初に イメージした 通りだったか	背景	1.610	2.140
	プレート	-1.347	0.110*
	アイコン	1.170	1.890
(c-2) 画像に 満足したか	背景	3.641*	2.383
	プレート	-0.174	0.843*
	アイコン	2.081	2.411
(c-3) 最初の イメージから 変化したか	背景	6.061	4.878
	プレート	6.716	5.312*
	アイコン	5.866	4.683
(c-4) HP 全体の満足度		2.142	2.985

\*比較手法に対して、有意水準5%で向上

表 4.7 各システムを使用した感想についての質問

質問	ディレクトリ型	Ring
(c-5) 使い方の理解度	8.970	8.697
(c-6) 操作しやすい	8.348	6.909
(c-7) 楽しい	7.424	8.545*
(c-8) 疲労度	4.000	4.848
(c-9) 時間が足りたか	-0.424	-0.621

\*比較手法に対して、有意水準5%で向上

表 4.8 各システムを使用した感想についての質問

質問	平均
(c-10) 困った回数が多かった	0.533
(c-11) もっと使いたい	1.400

## 仮説 (A)

表 4.4 中の質問 (a-3) の分類に基づき、表 5 中の質問 (c-11) に対する回答について、グラフで表現した結果を図 4.4 に示した。図 4.4 の縦軸の値は、負の値が大きいほどディレクトリ型を好み、正の値が大きいほど提案手法を好むことを意味する。

この図から、インターネットを利用しない被験者は提案手法を好むが、利用時間が長い被験者はディレクトリ型手法を好むことがわかる。しかし、インターネットを1日2時間以上利用する被験者は、提案手法を好んでいる。

仮説(A)は、中学生は、コンピュータの利用に関して初心者であるという前提で立てた。しかし、1日2時間以上インターネットを利用する被験者は、システム構築に関心を持つようなコンピュータの利用経験が豊富なユーザであることが分かった。よって、本実験において仮説(A)は成立すると考えられる。この結果、提案手法は、初心者ユーザに好まれることがわかった。

#### 仮説(B)

仮説(B)を検証するために、表4.6における質問(c-1)と質問(c-2)に対する回答をグラフで表現した結果を図4.8に示す。この図から、背景、プレート、アイコンの各画像に対して、提案手法とディレクトリ型を利用した場合の比較に、それぞれに著しい差があることがわかる。

ここで注目するのは、プレートである。被験者は各システムを利用するにあたり、同じイメージを持ち、同じ素材画像から探した。しかし、被験者は、提案手法では最初にイメージした画像を選ぶことができ、ディレクトリ型ではイメージした画像を選択できなかったという結果が得られた。その理由として、被験者の多くは、以下の2点を挙げた。

- ディレクトリ型では、枚数が少なく、探すのが大変だった。
- ディレクトリ型では、プレートの中に、良いものがなかった。

提案手法で選択したプレートが良いと回答した被験者は全員、ディレクトリ型では、プレートとして、背景に属する横長の画像を選んでた。これは、ディレクトリ型において、ユーザに提示されたディレクトリ名が、ユーザの選択するテーマを制約した結果、適切な画像が選択できなかったことを意味している。この結果から、ディレクトリ型では、素材画像を、ユーザの要求に応じた形で分類していなければ、検索結果に悪い影響を与えることがわかった。

次に、背景において、ディレクトリ型を利用して検索した場合に、選択した画像について、最初のイメージとは異なるが良い、と答えた被験者について検証した。最初にイメージした画像と質問(c-3)の回答から、被験者を2つのタイプに分類した。

- 最初にイメージしていた画像が、最初から検索データ集合中に存在せず、イメージを変えざるを得なかった。
- 提案手法の操作に対する理解度が低く、ディレクトリ型を好んだ。

前者のタイプの被験者は、提案手法を利用して選択した画像に対する満足度が高かったのに対し、後者は、ディレクトリ型を利用して選択した画像の満足度が高かった。後者を除き、質問 (c-2) の回答平均を求めた結果、提案手法はディレクトリ型との有意差がなくなった。後者について、実験開始前のアンケートとあわせて検証した結果、インターネットを頻繁に利用している被験者が多かった。この結果は、被験者が、ディレクトリ型サーチに慣れていたことが影響していたと考えられる。

#### その他の仮説

仮説 (C) については、表 2 中の質問 (b-3) と質問 (b-4) から、提案手法はディレクトリ型よりも回数が少なかった。1度しか画像を選択していない被験者は、質問 (c-2) の理由にぴったりのものが一発で見つかったと回答していた。

仮説 (D) については、表 3 中の質問 (c-3) の回答から、最初のイメージからの変化は提案手法よりもディレクトリ型を利用した場合の方が大きいことがわかった。しかし、実験終了後のアンケートとあわせて検証すると、被験者の半数は、選択した画像に満足していなかった。このような被験者を除くと、質問 (c-3) の回答の有意差はなくなる。しかし、仮説 (D) の成否についての検証はできなかった。

仮説 (E) については、表 1 中の質問 (a-4) と、表 3 中の質問 (c-2) との関係を分析した結果、Web ページをイメージしやすかった被験者ほど、ディレクトリ型を好み、どのような Web ページを作るかが思いつかない被験者ほど提案手法を好むことがわかった。後者は、理由として、一度にたくさんの情報を見ることができたことを挙げていた。また、表 5 中の質問 (c-11) の理由に、本手法がディレクトリ型よりも、画像数が多いと回答した被験者が大多数であった。同じ画像を利用していたにも関わらず、このような理由を挙げたことは、被験者が目にした枚数が多かったことを示している。

仮説 (F) については、表 2 中の質問 (b-1) から、ディレクトリ型は、提案手法よりも作成時間が短いことがわかった。表 3 中の質問 (c-9) とあわせて検証した結果、ディレクトリ型では適当なところで検索をやめたと回答した被験者がいることがわかった。

#### 4.4.4 Ring と RingF+

本ユーザビリティテストでは、Ring と RingF+ を比較し、QBE をうまく Ring に取り込むことができたかを中心に評価を行った。被験者は大学生 24 人で、アンケート記入後にフォーカスグループインタビューを行ったため、4 回に分けて実施した。



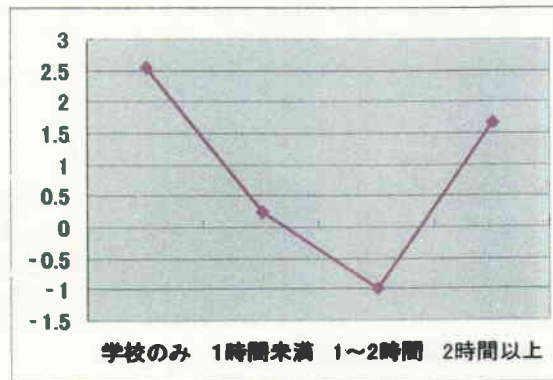


図 4.7 1日のインターネット利用時間と使用後の感想の関係

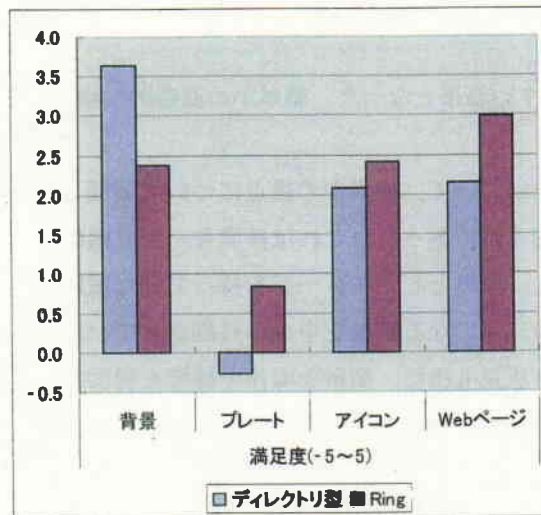


図 4.8 初期イメージと選択画像の関係

#### 結果と考察

図 4.9 は、各画像に対する満足度、検索手法に対する満足度、各手法に対する理解度をグラフ化したものである。-5 から 5 の数値軸に対して、0 はどちらでもない状態を表し、負の数は否定的な度合い、正の数は肯定的な度合いを表している。すべての画像に対して、RingF+ の方が満足度が高かった。思い通りに検索を進めることができたかという検索手法に対する満足度も、RingF+ の方が高くなった。これは、既存の手法である QBE を Ring に自然な形で取り込めたことを示している。操作が 1 つ増えたことに対して影響はなく、

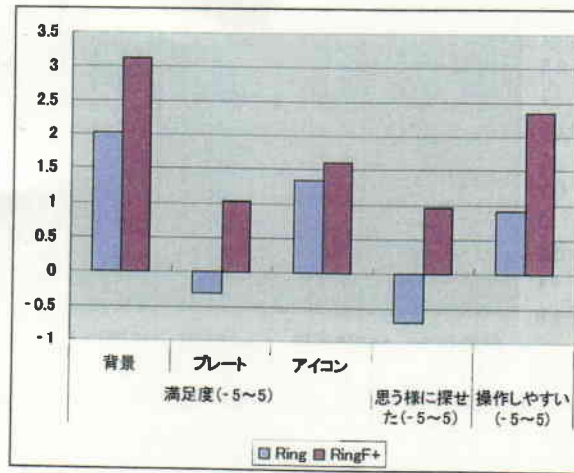


図 4.9 各画像，検索手法に対する満足度と手法の理解度

RingF+の方が操作しやすい結果となった。簡単かつ直感的な操作でQBEを提供できたことを示している。

グループインタビューにおいて、検索中の視点について質問したところ、検索結果のみ閲覧していた被験者が約4割であった。これは検索キーを直感的に把握し、検索を進めたことを表している。また、漠然としたイメージを持っていた被験者からは、リングを操作しながら検索結果を眺め、気になる画像を中央へ移動させているうちに、自分のイメージが確立されてきたという意見も出た。簡単な操作で機能を提供したため、ユーザは悩むことなく次々と検索を進められ、自分の情報要求に適合した方向へ導かれたことを示せた。

## 第5章

# Revolving Cube Show

---

## 5.1 インタフェースの提案

### 5.1.1 Concentric Ring Viewの問題点

Concentric Ring View では、シンプルな知識ベースを扱うことを目的としていたため、1次元属性のみしか扱えず、階層構造のような複雑な知識ベースには対応できなかった。情報ニーズのレベルは、知識構造における階層の深さを表しているのだが、1次元属性では、単純に属性の組み合わせにより、深さのある階層構造を生成した。しかし、本来は、各属性自体が、階層構造化されている方が自然である。

また、1次元属性において、連続量は把握しやすく効果的であったが、離散量を強引に1次元に整列させた場合、画面の変化が激しく違和感を感じた。Concentric Ring View を用いたシステム構築では、使用した素材画像が一目で把握できるようなシンプルな画像であったため、非常に効果的であった。しかし、デジタルカメラで撮影した写真などを用いてシステムを構築したところ、複雑に色が混ざり合った画像は、現在の検索キーを直感的に把握しづらかった。離散量に対しては、クラスタリング手法を用いてグループ化を行い、段階にそって表示することが望ましいと考えられる。

そこで、本章では、1次元の連続量や離散量、また階層構造で表現される属性を扱うことができる検索インタフェース Revolving Cube Show を提案する。連続量や階層構造の属性はそのまま利用できるが、離散量は図5.1のようにクラスタリングを行い、各クラスタの代表を抽出することにより、階層構造を生成する。

図5.2は、本手法におけるユーザの操作手順を表している。ユーザは、属性の追加、属性



図 5.1 クラスタリングによる階層構造の生成

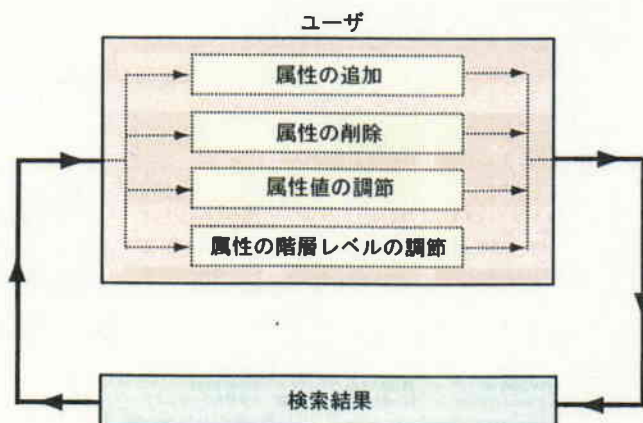


図 5.2 ユーザの操作サイクル

の削除、属性値の調節、属性の階層レベルの調節の4つの操作を行う。検索結果は瞬時に表示され、この属性は適切である、この属性値はこのように変化する、これに似た情報が探したいなど、ユーザが評価を行う。これが、“検索結果中心”のコンセプトである。ユーザの操作により、検索結果が表示され、その検索結果をユーザが評価し、再び操作するというループ構造となる。本手法では、これらの操作を簡単に行える形で提供する。

### 5.1.2 画面構成

図 5.3 は、Revolving Cube Show を用いて構築したテレビ番組検索システムである。

画面の一番上には、属性名が書かれたカテゴリバー（Concentric Ring View におけるカテゴリリング）が存在する。このカテゴリバーから属性名を選択し、下方方向に回転させると、その属性値を整理させたバー（Concentric Ring View におけるキーリングの一部）が画面の一番下に出現し、検索結果が表示される。このバーには、検索キーが表示されるため、Concentric Ring View におけるリング下部のみを表示していることと同等である。図 5.4 は、Concentric Ring View と Revolving Cube Show との操作の違いを示している。

階層構造の属性における階層レベルの移動は、上下の縦回転により行う。下方方向に回転させることにより下位階層へ移動し、上方方向に回転させることにより上位階層へ移動する。中間の階層においては下位階層のサンプル的な候補を表示させ、ユーザにどのような情報が隠れているかを教える。

検索結果は、上位候補から順に格子状に配置する。表示数はデータに依存するが、ユーザがデータの内容が把握できる程度の大きさで表示できるような数を設定する。例えば、Concentric Ring View を実装するために使用した素材画像は、シンプルな画像であるため、



図 5.3 テレビ番組検索インターフェース

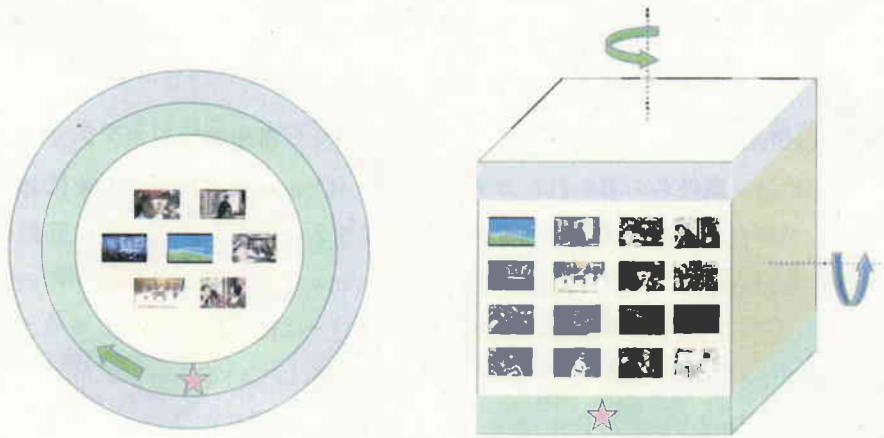


図 5.4 2種類のインターフェースにおける操作比較

大量に表示しても意味があるが、デジタルカメラで撮影した画像は、あまり小さく表示すると、何が写っているかが認識できない。そこで、使用するデータにおいて人間が把握できる限界の大きさで配置し、一度に検索結果が表示しきれなかった場合は、一定時間経つと自動的に次候補を表示する。

### 5.1.3 提供される機能

カテゴリバーから属性名を選択し、キューブを下に回転させることにより、その属性の値を整列させたバーが、画面の一番下に表示される。複数の検索キーを指定した場合でも、バーの数が増えるだけで、統一して表示できる。検索キーによって、動的階層構造を生成し、情報を絞りこんでいく。

キューブを回転することにより、検索キーや属性の階層レベルを調節できる。離散量の場合、検索キーは1度分でもいいが、連続量の場合は、左右にある程度の幅を持たせる。これは、連続量において、微妙に異なる前後の情報も重要であるため、曖昧検索を行いブラウジングした方が良いと判断したためである。

表5.1はデータのサンプルであるが、出演者カテゴリは複数の値を持っている。このような場合、それぞれの属性値が検索キーなるたびに、その候補が表示される。つまり、ある1つの属性において、キューブを回転させると、同じ候補が何度も表示される。

属性選択を重ねることにより、AND検索を行うが、この時、連続量の場合に限り、指定した属性数に比例して、検索キーの範囲を広げる。これは、検索キーを増やすごとに一定の条件でフィルタリングを行ってしまうと、候補が極端に少なくなると共に、僅かにキーからはずれてしまった目的の情報を見失ってしまう可能性があるからである。

本インタフェースは、キューブを回転するようなイメージの構造である。属性の追加や削除と、属性の階層レベルをキューブの上下回転で、検索キーの調節を左右回転で行い、検索結果を表示する。Concentric Ring Viewにおいて、リングを回転させることにより検索キーを調節するという利点はそのまま残し、表示画面を有効に活用した。そして、最大候補表示数を少なくしたことにより、番組を認識することが可能とした。

また、属性値を1次元に整列させるという制限をとり、離散量をより直感的に扱えるように、属性値を分類し、階層構造化を。属性の追加や削除、ディレクトリ間の移動を、すべて上下回転という統一的な操作で提供した。

Concentric Ring Viewにおいて、キーリングを表示していたため、リングの回転に合わせて、たまたま候補が存在しない状態てきた。強引にリングを回転させて、そのような状態を除くことは可能であるが、一定の法則で動かないとユーザの意識はついていかない。一方、Revolving Cube Showでは、すべての検索キーが画面上に表示されているわけではなく、キューブ回転により検索キーに設定されるまでは、裏に隠れている状態である。キューブを横回転している際、候補を持たない検索キーは自動的に飛ばされ、候補を持つ次の検索キーを利用して生成された検索結果が表示される。このため、ユーザは、検索結果が表示されないという状況に陥らないため、戸惑うことはない。

### 5.1.4 ランキング

検索結果は、検索キーに適合する情報を抽出し、属性値と属性の優先度に基づきランキングを行う。適合する情報集合を抽出する具体的な手順は以下である。

- 属性が離散量の場合、検索キーを利用し、適合情報を抽出する。
- 属性が連続量の場合、検索キーからある範囲内で近い値を利用し、適合情報を抽出する。
- 属性が階層構造の場合、できるだけ異なる下位階層に属する情報を、適合情報として選択する。
- 選択された属性数が増えると、適合情報を抽出する際に利用する値の範囲を広くする。

検索結果から直感的に検索キーが把握できるように、属性が離散量の場合、適合情報抽出に利用する値は、検索キーのみとした。属性が連続量の場合、微妙に変化する値であるため、検索キーからある範囲内で近い値を利用し、適合情報を抽出した。属性を追加するたびに検索結果は減少するため、正確に検索キーを調節しなければならない。そこで、連続量に限り、選択された属性の個数が増えると、適合情報を抽出する際に利用する値の範囲を広げ、絞込みが厳しくならないようにした。

## 5.2 テレビ番組検索システム

### 5.2.1 データ

テレビ番組データは22日間5495番組で、多次元属性により構成されている。属性としては、チャンネル、時間帯、出演者、ジャンル、放映時間が挙げられる。これらの属性は電子テレビ番組表を用いて作成した。ジャンルはもともと階層構造で存在していたため、そのまま利用した。また出演者は、サブジャンルを用いてkMeansクラスタリングを行った。表5.1は、データのサンプルである。

表 5.1 テレビ番組データ

番組名	チャンネル	時間帯	出演者	ジャンル	放映時間
純情きらり	NHK 総合	8:15	宮崎	ドラマ>日本	15
世界バレー	日本テレビ	19:00	川合, 中田	スポーツ>バレー	120
.....	.....	.....	.....	.....	....., .....
高校地学	NHK 教育	15:00	安達	教育>高校	15



### 5.2.2 操作の流れ

図 5.5～図 5.10 は、操作による画面の変化を表している。カテゴリバーにおいて、操作中の属性が四角で囲まれている。黒は操作する属性を選択、赤はその属性の追加、削除、階層レベルを調節、青はその属性に対する検索キーを調節していることを表している。ホイールクリックで、操作属性の選択モードへ、右クリックで属性の追加、削除、階層レベルの調節モードへ、左クリックで検索キーの調節モードへ移動する。モードを切り替えた後の操作は、すべてホイールを回転させることにより行う。マウスポインタを利用しなかったのは、実際のテレビにおけるリモコン操作を想定したからである。以下に、第 2.3.2 節のシナリオに基づいて、システムの知識構造の変化と操作の流れを説明する。

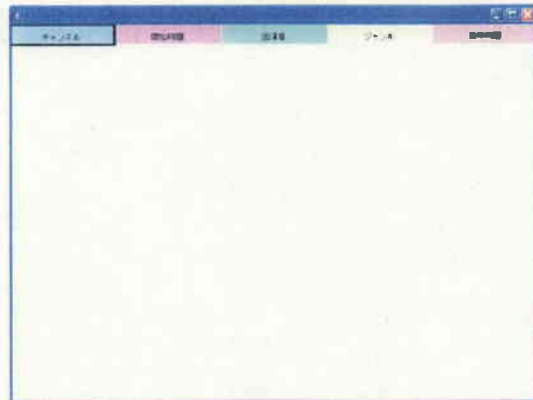
1. (a) は初期画面である。属性が何も選択されていないため、システムの知識構造は白紙である。
2. 検索キーに“スポーツ番組”を追加するため、“ジャンル”を選択し、キューブを下方方向に回転させる。そして、横回転を行い、検索キーを“スポーツ”に調節する。
3. (b) と (c) は、キューブを下回転させた後、横回転によりジャンルを調節している際の画面の変化を表している。システムの知識構造は、(b)“ジャンルー音楽番組”，(c)“ジャンルースポーツ”である。検索結果として、野球やサッカー、スポーツなど、様々な種類のスポーツ番組が表示される。
4. ジャンルの検索キーを、“ゴルフ”に調節するため、キューブを下方方向に回転させて、スポーツのサブジャンルへ移動する。そして、横回転を行い、検索キーを“ゴルフ”に調節する。
5. (d) から (f) は、キューブを下回転させた後、横回転によりスポーツのサブジャンルを調節している際の画面の変化を表している。システムの知識構造は、(d)“ジャンルースポーツー野球”，(e)“ジャンルースポーツーサッカー”，(f)“ジャンルースポーツーゴルフ”である。
6. ジャンルの検索キーを、“ドラマ”に調節するため、キューブを上方向に回転させて、ジャンルへ移動する。そして、横回転を行い、検索キーを“ドラマ”に調節する。
7. (g) から (i) は、キューブを上回転させた後、横回転によりジャンルを調節している際の画面の変化を表している。システムの知識構造は、(g)“ジャンルーアニメ”，(h)“ジャンルー幼児教育”，(i)“ジャンルードラマ”である。検索結果として、日本の現代物や時代劇、外国物など、様々な種類のドラマが表示される。

8. ジャンルの検索キーを“日本の現代物”に調節するため、キューブを下方向に回転させて、ドラマのサブジャンルへ移動する。そして、横回転を行い、検索キーを“日本の現代物”に調節する。
9. (j) から (l) は、キューブを下回転させた後、横回転によりドラマのサブジャンルを調節している際の画面の変化を表している。システムの知識構造は、(j)“ジャンルードラマー-外国物”，(k)“ジャンルードラマー-時代劇”，(l)“ジャンルードラマー-日本の現代物”である。検索結果として、様々な放映時間の長さの日本の現代ドラマが表示される。
10. 検索キーに“2時間番組”を追加するため、“放映時間”を選択し、キューブを下方向に回転させる。そして、横回転を行い、検索キーを“2時間”に調節する。
11. (m) から (o) は、キューブを下回転させた後、横回転により、放映時間を調節している際の画面の変化を表している。システムの知識構造は、(m)“ジャンルードラマー-日本の現代物-30分” (n)“ジャンルードラマー-日本の現代物-1時間”，(o)“ジャンルードラマー-日本の現代物-2時間”である。検索結果として、様々な出演者を含む2時間くらいの日本の現代ドラマが表示される。
12. 検索キーを“RS”に設定するため、はじめに“ジャンル”を選択し、キューブを上方向に回転させて、検索キーからジャンルを削除する。さらに、“放映時間”を選択し、キューブを上方向に回転させて、検索キーから放映時間を削除する。そして、“出演者”を選択し、キューブを下方向に回転させた後、横回転を行い、検索キーを“RS”に調節する。
13. (p) から (q) は、キューブを2度上回転、下回転させた後、横回転により、出演者を調節している際の画面の変化を表している。システムの知識構造は、(p)“出演者-SI”，(q)“出演者-MN”，(r)“出演者-RS”である。検索結果として、様々なジャンルや長さを含むRS出演番組が表示される。

## 5.3 モデルの実現

### 5.3.1 モデルとシステムの対応

表5.2は、第2.3.2節で述べた会話に対して、提案した相互作用のモデルでのアルゴリズムと、Revolving Cube Showにおける操作の対応表である。ユーザ自らが、情報ニーズに合う属性を選択しなければならないが、人間と人間の対話のように、ユーザとシステムが対話を進めていることが分かる。



(a) 初期画面



(b) ジャンル選択&下回転



(c) 横回転

図 5.5 Revolving Cube Show における操作 (1)



(d) ジャンル選択 & 下回転



(e) 横回転



(f) 横回転

図 5.6 Revolving Cube Show における操作 (2)



(g) ジャンル選択&上回転・横回転



(h) 横回転



(i) 横回転

図 5.7 Revolving Cube Show における操作 (3)



(j) ジャンル選択 & 下回転



(k) 横回転



(l) 横回転

図 5.8 Revolving Cube Show における操作 (4)



(m) 放映時間選択 & 下回転



(n) 横回転



(o) 横回転

図 5.9 Revolving Cube Show における操作 (5)



(p) ジャンル選択&上回転・放送時間選択&上回転・出演者選択&下回転



(q) 横回転



(r) 横回転

図 5.10 Revolving Cube Show における操作 (6)



表 5.2: モデルと操作の対応表

開始前		
ユーザの知識構造 (U知識) : 白紙 ユーザの情報ニーズ (Uニーズ) : 漠然とスポーツ番組 ユーザの思考 : 不明確 ユーザの感情 : 不安 システムの知識構造 (S知識) : 白紙 システムの知識ベース : テレビ番組に関する知識断片 システムの相互作用アルゴリズム (S相互)		
会話スタート		
AとBの対話	内的要素の変化	操作
Aは漠然とスポーツに関する番組が見たいと思っている。	Uニーズ : スポーツ番組	
AはBにスポーツに関するお勧め番組がないか質問する。	S相互 : 知識ベースに格納されているジャンルに関する知識断片からスポーツ番組を表す知識断片を選択し、S知識に追加 S知識 : ジャンルースポーツ	ジャンルを選択し下回転, 横回転でスポーツに調節
BはAにお勧めのスポーツ番組を紹介する。 Aさんは、スポーツの中でもゴルフ番組が見たいと思う。	U知識 : ジャンルースポーツ Uニーズ : ゴルフ番組	
AはBにお勧めのゴルフ番組がないか質問する。	S相互 : 知識ベースに格納されているスポーツのサブジャンルに関する知識断片からゴルフ番組を表す知識断片を選択し、S知識に追加 S知識 : ジャンルースポーツ-ゴルフ	ジャンルを選択し下回転, 横回転でゴルフに調節
BはAにお勧めのゴルフ番組を紹介する。	U知識 : ジャンルースポーツ-ゴルフ	

<p>Aさんは、気になるゴルフ番組が見つからなかったため、スポーツ番組ではなくドラマにしようとする。</p>	<p>Uニーズ：ドラマ</p>	
<p>AはBにお勧めのドラマがないか質問する。</p>	<p>S相互：S知識からゴルフ番組を表すスポーツのサブジャンルに関する知識断片を削除した後、知識ベースに格納されているジャンルに関する知識断片からドラマを表す知識断片を選択し、S知識におけるスポーツを表す知識断片と交換 S知識：ジャンルードラマー</p>	<p>ジャンルを選択し上回転、横回転でドラマに調節</p>
<p>BはAにお勧めのドラマを紹介する。 Aさんは、ドラマの中でも日本の現代物が見たいと思う。</p>	<p>U知識：ジャンルードラマー Uニーズ：日本の現代ドラマ</p>	
<p>AはBにお勧めの日本の現代ドラマがないか質問する。</p>	<p>S相互：知識ベースに格納されているドラマのサブジャンルに関する知識断片から日本の現代物を表す知識断片を選択し、S知識に追加 S知識：ジャンルードラマー 日本の現代-</p>	<p>ジャンルを選択し下回転、横回転で日本の現代物に調節</p>
<p>BはAにお勧めの日本の現代ドラマを紹介する。 Aさんは、日本の現代ドラマの中でも、2時間くらいのもが見たいと思う。</p>	<p>U知識：ジャンルードラマー 日本の現代 Uニーズ：2時間くらいの日本の現代ドラマ</p>	
<p>AはBにお勧めの2時間くらいの日本の現代ドラマがないか質問する。</p>	<p>S相互：知識ベースに格納されている放映時間に関する知識断片から2時間を表す知識断片を選択し、追加</p>	<p>放映時間を選択し下回転、横回転で2時間に調節</p>

<p>BはAにお勧めの2時間くらいの日本の現代ドラマを紹介する。</p> <p>Aさんは、お気に入りの女優RSを発見し、その人が出演する番組を見たいと思う。</p>	<p>S知識:ジャンルードラマー 日本の現代-放映時間-2時間-</p> <p>U知識:ジャンルードラマー 日本の現代-放映時間-2時間</p> <p>Uニーズ:RS出演番組</p>	
<p>AはBにお勧めのRS出演番組がないか質問する。</p>	<p>S相互: S知識において、ジャンルに関する知識断片と放映時間に関する知識断片を削除した後、知識ベースに格納されている出演者に関する知識断片からRSを表す知識断片を選択し、S知識に追加</p> <p>S知識: 出演者-RS-</p> <p>U知識: 出演者-RS</p>	<p>ジャンルを選択し上回転、放映時間を選択し上回転、放映時間を選択し下回転、横回転で2時間に調節</p>
<p>BはAにお勧めのRS出演番組を紹介する。</p> <p>Aは番組を決定する。</p>		

### 5.3.2 要求要素の実現

#### 人間の内部要素

ユーザはカテゴリバーから、とりあえず属性を選択することにより、検索を始めることが可能である。キューブを回転しさせることにより、検索を進めることが可能である。

検索キーの調節は、キューブを回転するだけで良いため、ユーザ自らが考える必要がない。情報ニーズを言葉で表現しづらい場合、キーワード検索の利用は難しいが、本手法では候補を閲覧することにより、自分の情報ニーズに最適な検索キーを調節することが可能である。また、気になる候補を中央へ移動することにより、自動的に検索キーが調節され、関連した情報が表示されるため、ユーザは悩むことなく、検索キーを調節することが可能である。

属性を選択し、組み合わせることにより、柔軟な検索が可能である。ディレクトリ型検索のように、階層が固定されていないため、ユーザの思考を妨げることはない。属性値を段階において表示することにより、小さな目的を達成できた。

キューブをなんとなく回転しているうちに、予想外の情報に出会うことがある。これは、様々な検索キーによって絞り込まれた情報を順番に閲覧することにより、結果的に大量の情報を効果的に把握することができるからである。また、また、属性を追加、削除することにより、様々な側面からデータを閲覧できるため、ユーザの思考を広げることが可能である。

属性を選択しキューブを回転させるというシンプルな操作により、ユーザは検索結果に集中できた。これによって、検索キーを意識するのではなく、自然に検索キーを把握し検索を進められ、ユーザの負担を軽減した。

### 相互作用

ユーザが属性を選択してキューブを回転させることにより、システムは知識ベースから知識断片を組み合わせて、ユーザ好みの知識構造を構築できた。システムの知識構造をユーザの知識構造と同期させるためには、ユーザを強制しない程度に進むべき道を明示する必要があった。本手法において、ユーザの進む道は、属性の追加や削除、属性値の調節のいずれかであり、ユーザの知識構造を推測しやすい結果となった。

逆にシステムの知識構造をユーザに把握させるためには、まず知識ベースをうまくユーザに見せることが重要である。本手法では、ユーザが必要であろうと思われる知識断片を、ユーザの操作に合わせて提示した。これにより、すべての知識ベースを一度に見せて混乱させるのではなく、必要な部分のみを見せることにより把握させやすくした。また、少しキーリングを回すと、検索結果が次々に表示されていく。検索結果中心というコンセプトに基づき設計しているため、検索結果の変化部から知識構造の変化を読み取ることが可能となった。

相互作用を行うためには、対話を続けられなければならない。ユーザが次に進むべき道が分からない場合は、対話が止まってしまうが、本手法は、キーリングを追加、削除、回転させることにより、何かしらの対話が可能であった。また、少しキューブを回転させると、すぐに結果が表示され、気軽に試すことが可能であった。

## 第6章

### 関連研究分野の概観

---

本研究では、人間と情報システムの相互作用のモデル化を行い、このモデルを実現する2つ検索インタフェース Concentric Ring View と Revolving Cube Show を提案した。モデルの提案においては、既存の検索手法であるキーワード検索やディレクトリ型検索、情報視覚化について、内部要素に関する議論は行ってきた。しかし、人間と検索システムが自然に相互作用を行うためには、やはり人間とシステムを直接つなぐインタフェースも重要である。そこで、本章では、検索インタフェースにおける関連研究分野の概観について議論する。

そもそも検索インタフェースという独立した研究概念は存在せず、情報検索、ヒューマンインタフェース、コンピュータグラフィックスなど、様々な分野に属している。

情報検索は、第2.2節で示した通り、利用者にとってレバントな情報を効率よく選り出す過程とそれに必要な技法を扱う研究分野である。検索対象の文書としてはテキストが多く、その内容を抽出することでいかに内容を漏れの少ない検索ができたか、どのくらいノイズの少ない検索ができたかという適合率や再現率で評価されるのが一般的である。強力な検索アルゴリズムの生成や、より人間に近いシソーラスの生成に力を注いでいるため、検索インタフェースは、キーワード検索で利用されるサーチボックスか、ディレクトリ型検索のような現在の階層名と次階層名を表示させる方式のどちらかを利用しているのが現状である。

ヒューマンインタフェースは、人間と情報技術の接点に関する研究分野として発展してきた。コンピュータ科学、認知科学、心理学、人間工学、工業デザイン、芸術など、様々な分野と融合し、可視化、可聴化、可触化、入出力デバイスやウェアブルコンピューティング、インタラクションデザインなど、様々な問題に取り組んでいる。一方、コンピュータグラフィックスは、コンピュータを使って画面上に図形、画像を映し出す技術であり、画像生成のためのモデリングやレンダリング手法などを扱う研究分野である。その中で、単に実際の物体を表現するだけでなく、目に見えない数値データ等を視覚化する技法も提案されている。このように視覚化技術は、ヒューマンインタフェースにおいて、人間と情報を結ぶものとして、コンピュータグラフィックスにおいては、人間に情報を把握させるものとして発展してきた。

### 情報視覚化の基本概念

情報視覚化とは、大量の情報を対話的かつ効果的に表示することによって、情報の理解を支援する技術である。応用分野には、情報検索、データマイニング、データ解析などが挙げられ、様々な視覚化手法が提案されている。本論文における情報視覚化は、このような応用概念を含めず、大量の情報をいかにマッピングし、どのように閲覧するかという基本概念をもとに論じてきた。

基本概念において、大量の情報を効果的にマッピングする技法としては、階層構造の視覚化 [Johnson91, Robertson91], ノードとリンクの利用 [Rose91, Fowler91], 高次元データのマッピング [Cox94, Kohonen00], 地理的メタファーの適用 [Sarkar94] などが挙げられる。階層構造の視覚化では、木構造をそのまま3次元表示する手法や、入れ子状に階層構造を構築する手法などが挙げられる。ノードとリンクの利用では、クラスタリング等を利用し、情報とその関連性を表現するための様々な配置アルゴリズムが提案されている。高次元データのマッピングでは、多次元尺度法や自己組織化マップ等、2次元もしくは3次元の描画空間に表示するための手法が提案されている。

大量の情報表示は、画面は限られているため、その閲覧方法にも工夫が必要となる。複雑に入り組んだ情報を閲覧する方法としては、Overview + Detail, Focus + Context, アニメーションの利用が挙げられる。Overview + Detail は、全体構造を目次のように別ウィンドウに表示し、2つのウィンドウを操作することで、全体と部分を把握する手法である。Focus + Context は、全体とある一部の詳細をスムーズに閲覧するズーミング手法である。全体を拡大、縮小することにより表示を変化させ、全体やある一部分の情報をなめらかに行き来する線形ズーミング [Bederson01] と、詳しく見たい部分は細かく表示し、概要だけ見れば良いものは間引いたり、小さく表示するなど、場所によって表示の粒度を変える非線形ズーミングがある [Sarkar94, Toyoda00]。また、アニメーションは、表示しきれていない情報や重なっているを閲覧するために利用される。3次元描画の奥行きを利用し、構造を回転させたり [Robertson91], 情報を引き上げると関連する情報が出てくる [Shiozawa99] 等、様々な動きが提案されている。

このように情報視覚化の基本概念は、情報の理解を助けることにある。人間が情報を直感的に把握できるように計算して情報を配置し、人間はその情報空間を眺めたり、情報を直接操作しながら、システムの持つ知識ベースを理解していると言える。検索というよりはブラウジングであり、情報を探したい場合は、どこにその情報が表示されているかを自ら探す必要がある。また、情報の閲覧方法は、画面の連続性を重視していると考えられる。本論文で提案したインタフェースは、検索キーを調節すると、検索結果が流れるように変化するわけではない。検索キーを調節すると、どのように検索結果が変化するかという、いわば、時間の連続性を重視している。

### 情報視覚化から検索インタフェースへ

情報視覚化技術を検索インタフェースに応用する研究も存在する。その目的としては、クエリ記述の支援、クエリ修正の支援、検索結果閲覧の支援や、以前のクエリや検索結果の再現などが挙げられる。

クエリ記述の支援において一番シンプルな例は、フォームやメニューなどを用いて、AND

やORなどを利用した論理式の入力を支援することである。ベン図を利用したり、スライダーを利用するなど、様々な手法が提案されている [Brooks99]。

また、Shneiderman が提唱した dynamic query [Shneiderman94] という概念も存在する。これは、ユーザが検索条件を変化させると、それに追従して検索結果が表示される手法である。従来の検索システムのようなキーボード入力ではなく、マウスを利用してクエリを生成する。当初の目的はクエリの記述の視覚化であったが、検索結果が瞬時に返ってくるため、結果的にクエリを再構成を繰り返すユーザの試行錯誤を円滑化することができたと考えられる。ユーザに合わせてシステムの知識構造を変化することができ、検索結果を閲覧しながらクエリを調節できるという点で、本研究で提案した2つの検索インタフェース Concentric Ring View と Revolving Cube Show は、相互作用のモデルという別のアプローチであったが、同じ解決法となったことは興味深い。

クエリ修正の支援としては、適合フィードバックの視覚化が挙げられる。検索結果を評価し、次の検索に適用するために、ユーザはスライダーやチェックボックス等を利用し [Cox00, Rui98, Rui00]、適合している度合いを調節する。システムは度合いに応じて、新たなクエリを自動的に生成し、検索結果を表示する。1つ1つの検索結果に対して度合いを入力するインタフェースが一般的で、見た目としても非常に複雑であった。それに対して、検索結果をグループ化し、システムに意思を伝える手法も提案されている [Nakazato02]。

検索結果閲覧の支援としては、ただ検索結果を整列させてユーザに提示するのではなく、検索結果をクラスタリングし提示する [Andrews01] など提案されている。そして、以前のクエリや検索結果の再現を支援としては、履歴の視覚化が挙げられる。今までのクエリや検索結果を時系列で提示し、ズームング等を用いて閲覧する手法などが提案されている [Campbell00]。

さらに、複数の視覚化技術を利用し、情報検索に応用したシステムも提案されている。代表的な例として、医学書における文書検索と、カテゴリ階層の閲覧の統合した Cat-a-Cone [Hearst97] が挙げられる。ユーザのカテゴリ入力により、関連した文書がどの階層にあるかを Cone Tree [Robertson91] で表現し、文書は WebBook [Card96] で表示される。検索が終わると、閲覧した文書が1冊の本として保存され、表示には重要なカテゴリ名が記載されるため、履歴の視覚化も行っているとも言える。

これらの情報視覚化技術を検索に応用した手法は、いずれの場合においても、クエリ入力、クエリ修正、検索結果や履歴閲覧など、検索時におけるユーザの特定の行動を支援することを目的としている。実際に利用されている手法はないが、情報視覚化の利点でもある高い対話性により、従来の検索インタフェースと比較すると、ユーザは意思表示や検索結果の把握が行いやすいと思われる。しかし、このアプローチは、ユーザが存在し、検索システムも存在し、その間をどのように表示でつなぐかという考え方であるため、本研究



のアプローチとは大きく異なる。

ただし、dynamic query に関しては、SQL における検索と比較した実験において、ユーザの積極的な心理を喚起することが報告されている [Shneiderman94]。ユーザは直感的な操作によって、大量の情報を自分で制御しているというコントロール感と楽しさを体感した。ユーザの感情を刺激しているという点においては、本論文で提案した相互作用のモデルの一部を実現していると考えられる。

## 情報検索から検索インタフェースへ

情報検索において、キーワード検索やディレクトリ型検索を前提とし、検索アルゴリズムや知識表現を発展させてきたため、検索インタフェースはあまり解明されていない側面であるといえる。その理由として、人間はシステムより複雑であり、人間の動機や行動の測定や特徴づけは困難であることが挙げられる [Baeza99]。

長年にわたり、検索インタフェースを研究している Hearst は、前述の Cat-a-Cone の他に、様々な検索インタフェースを提案してきた [Chen99, Hearst94, Pratt99]。その中で、キーワード検索やディレクトリ型検索と比較を行った結果、検索インタフェースにとって、大きな1つの階層構造と完全な知識表現との中間に位置する多次元階層属性情報 (hierarchical faceted metadata) が、最も理解されやすいデータモデルであることが分かってきていると述べている [Hearst06b]。

多次元階層属性情報を利用した最新の検索インタフェースは Flamenco [Hearst00, Hearst02, Yee03] と呼ばれ、実際に美術館や図書館で利用されている。Flamenco の最大の目的は、多次元階層属性情報を用いて、情報のナビゲーションとブラウジングをいかに正確に支援するかという点である。そのためには、ユーザにどのように複数の階層構造をナビゲートさせるか、生成したクエリをどのように表示するか、クエリの候補をどのように表現するかなどが考えられてきた。

Flamenco のインタフェースは、次の通りである。各属性名と各属性における次階層名が表示されている。次階層名の横には、その階層に属する情報数が表示され、どのくらいの情報が格納されているかをユーザに示す。階層名を選択すると、現在検索キーとして利用している属性とその階層レベルを表したボタンが、画面上部に表示される。検索キーとして利用した属性が増えると、そのボタンも増えていく。例えば、イギリスにおけるアヤメという検索キーを指定した際は、“花>アヤメ”というボタンと、“場所>ヨーロッパ>イギリス”というボタンが表示される。大きく異なる点は、多次元階層属性情報であるため、利用する階層属性を選択しなければならないが、基本的には一般的なディレクトリ型検索と同じブラウズ方法である。この手法はキーワード検索もでき、サーチボックス“種”を入力すると、“キーワード>種”というボタンが画面上部に追加される。

Flamenco は多次元階層属性情報こそが、人間が最も理解しやすいデータタイプであると、それに合う検索インタフェースを提案した。本論文で提案した検索インタフェースも、多次元属性情報を利用したが、その目的は、相互作用のモデルにおいて、システムの知識構造を動的に生成させるために最適なデータタイプであると考えたからである。アプローチは異なるが、結果としては同じ解決法となったことは興味深い。

Flamenco では、人手により生成した多次元階層属性こそが価値のあるものとして考えられている。多次元属性を生成する一手法としてクラスタリングが挙げられる。クラスタリングの最大の利点は、テキストから自動的にグループ化できることである。予想外のクラスタを生成したり、新しい傾向を見出す可能性も備えている。しかし、今のところクラスタリングにおけるアルゴリズムは、残念ながら不完全である。そして、多くの側面を同時に融合するため、クラスタに名前を付けるのが難しい場合もあり、ユーザは何を表しているグループなのか予測ができないという問題も挙げられる [Hearst06a]。そのため、Flamenco では手動で生成した多次元階層属性を採用している。しかし、属性を生成するには、はっきりと言葉で表せるものでなければならず、Concentric Ring View を実装した画像検索システムにおける“雰囲気”属性などを生成するのは難しい。ユーザはなんとなくグループ化されている情報集合を眺めることにより、情報を理解したり、曖昧であったクエリを明確化させることができると思われる。

ユーザは常に階層名に気をつけなければならないため、クエリ中心のデザインコンセプトであると言える。Concentric Ring View は、検索結果中心のコンセプトであるため、ぼんやりと閲覧しながら、リングやキューブを回転させることが可能である。そのため、なんとなく操作をしていると、掘り出し物に遭遇することも多い。

Flamenco は一般的なディレクトリ型検索と同様に、同一階層レベルにおける別階層へのアクセスは、一度上位階層へ上がり、別の次階層へ下りてくるといった段階を踏まなければならない。しかし、本論文における提案手法では、マウスのホイールを回転させるだけで、同一階層レベルをシームレスに閲覧できる。これが検索結果中心というコンセプトの利点でもあったとも言える。

### 検索対象情報の特性

情報検索は、探す対象により検索インタフェースのデザインも異なるのではないかと考える。情報検索で探す対象を文書とよぶが、これらにはテキスト、画像、映像、音声などが含まれる。

検索対象がテキストの場合、読むという作業が入るため、その内容認識には時間がかかる。表示には広いスペースが必要であり、一度に多くの情報を表示するのは難しい。視覚化技術では、クラスタリング等を利用し、できるだけ多くの情報を表示する試みが行われ

てきた。テキスト情報をノードで表現し、クラスタにキーワードのような名前を付けたが、結局のところ、小さく表示された情報に近づき、テキストを表示させ、実際にそのテキストを読むことにより内容を把握しなければならない。テキストにおける最大の利点は、一般的に、あるテキストに対して人は同じ内容認識を行うことである。これらの点から考えると、テキスト検索においては、キーワード検索やディレクトリ型検索のどちらかの手法を利用し、検索インタフェースからではなく、いかに人間のニーズに合う検索結果を生成するか、いかに人間の認識に近い知識ベースを生成するかという点から、検索をサポートせざるを得なかったのかもしれない。

一方、検索対象が画像の場合は、一目見るだけでその内容を把握できる。画像検索は、マルチメディアの研究分野において、内容による画像検索 (content-based image retrieval) [Veltkamp00] の研究が盛んに行われた。これは画像分析を行うことにより、色やテクスチャ [Niblack93, Ortega97], オブジェクトセグメンテーション [Carson99] などの低次元視覚的特徴を自動的に抽出し、索引として利用する。また、画像自体の視覚的特長と、その画像に付随するテキスト情報の統合処理から自動索引付けを行う手法も提案されている [Srihari00]。

これらの自動索引付けされた画像に対し、ユーザは画像の色や形状などの視覚的画像特徴を入力し検索する。検索インタフェースとしては、キーワード検索のようなサーチボックス形式、色やテクスチャの選択、実際に形状を描写、画像中における位置の指定などが挙げられる [Faloutsos94, Huang96, Manjunath95, Smith96]。しかし、画像のイメージをキーワード入力に困難であったり、選択や描写といった操作はかなり複雑で、クエリ入力はユーザにとって負担が大きいのが問題として挙げられる [Markkula00]。このクエリ入力を直感的に行えるように提案されたのが、本論文で提案した手法にも搭載している Query-by-Example [Smeulders00] である。ユーザは提示された画像から、自分の情報ニーズに適合していると思う画像を選択することにより、その画像がクエリとして用いられ、システムはその画像の視覚的特徴をもとに、検索結果を抽出する。

これらの自動索引に対して、人手による索引の有効性も検証されている。低次元視覚的特徴を利用しグループ化された画像より、カテゴリによって分類された画像の方が、ユーザに理解されやすい [Rodden01]、また、ユーザは低次元の視覚的特徴ではなく、より概念的に豊かな画像検索を求めている [Garber92]、などの報告がされている。

画像の最大の特徴は、人によって内容の認識が異なるということであり、手動でも自動でも、索引付けを正確に行うことは難しい。検索を行うためにはある程度の索引付けは必要であるが、すべての人間に共通の認識を再現できないのであれば、人間の認識とシステムの索引付けによる知識のずれを、検索インタフェースによって、補うことが重要である。そもそも、人と人の認識のずれを補うためには、対話を行うことでお互いの認識を理解し合う。それと同じように、人間とシステムも対話、つまり相互作用により、認識のずれを

補えばよいのである。これが本論文におけるアプローチである。

Concentric Ring View を実装した画像検索システムでは、比較的シンプルな画像を用いたが、低次元視覚特徴を用いて効果的な検索を提供した。これはユーザとシステムがうまく相互作用を行っていたからである。例えば、雰囲気という属性は、一見何を表した属性か分からず、楽しい感じといった別の尺度で認識してるユーザが多かった。しかし、リングを回転させ、検索結果の変化を眺めているうちに、雰囲気という属性は、淡い色から濃い色へ変化すると認識した。また、一度に操作できる属性は一つであり、検索結果の生成においては、今操作している属性に対する変化のみを反映させた。ユーザがある特定の属性を操作していると認識しているにも関わらず、クラスタリングのように検索結果の表示に他の属性も反映させたならば、ユーザの認識は薄れてしまっただろう。

画像はテキストと違い、一目で把握できる上、小さく表示することにも価値がある。Concentric Ring View はこの特性をうまく利用し、高速に大量の画像閲覧を可能にした。操作自体も、複雑なメニュー選択や、属性の種類による操作の相違はなく、操作によってユーザの認識力を低下させることも少ないと考えられる。また、従来のクエリ中心のコンセプトでは、常にクエリを気にかけているため、視点もクエリから検索結果へ、検索結果からクエリへ移動を繰り返す。しかし、Concentric Ring View では、検索結果中心のコンセプトに基づき設計されているため、視点移動は少ない。属性を選択する以外は、検索結果に視点を固定でき、ホイールの回転により属性値を調節しながら、システムへの理解を深めていけるのである。

最後に検索対象が映像の場合、ある特定の1フレームは画像であるため一目で把握できるが、映像全体を認識するには、閲覧に時間がかかる。映像検索は、画像検索と同様に、内容解析の研究が盛んに行われている。ショットやシーンなどを、映像自体の画像の特徴量の変化を用いて自動的に検出し意味解析を行う手法や、音声をもとに生成されたテキスト、人手により入力された字幕やキーワードなどの文字情報を合わせて意味解析を行う手法などが挙げられる。

映像検索ニーズは、実況中継で生じるハイライトシーンの検索、映画で女性が家の中に入ってきたシーンといった特定の動作の検索、以前見たことがあるあの場面といった類似シーンやショットの検索、サッカーのゴールシーンといったイベント検索などが考えられる。映像は非常に複雑なデータであるため、現段階は、これらの検索ニーズを満たすための自動索引付けを試みている状態であり、映像検索インタフェースに関する研究はあまり行われていない。一般的な検索インタフェースとしては、テキスト検索や画像検索と同様に、キーワード検索や Query-by-Example が挙げられ、検索結果は特徴フレームを時系列で表示される。キーワード検索と Query-by-Example を統合し、検索結果を球体にマッピングしたブラウジング手法も提案されている [Snoek06]。縦方向は検索結果のランキング、

横方向は映像の時系列を表現し、球体を操作することにより流れるようにフレーム表示が変化していく。

映像の意味解析はこれからも発展していくと考えられるが、正確な解釈は画像と同様に難しいと思われる。そこで、人間の認識とシステムの意味解釈のずれを補う役目を担うのが、検索インタフェースである。人間とシステムがお互いの内的要素を刺激し合いながら検索をすすめるという本論文で提案した相互作用こそ重要な要素であると考えられる。

### 情報検索から知的活動へ

情報検索は、いかに検索対象情報を分析し、システムに人間と同じ意味解釈をさせるかということに力を注いできた。理想は完全な意味解釈の実現であるのかもしれないが、人間同士でさえお互い誤って認識する場合もある。その際、人間は言葉を利用し、対話することにより、その誤りに気づき修正する。システムがある程度の意味解釈ができていなければ、あとは人間とシステムがどのように対話するかが重要である。人間とシステムには言葉のように共有できるものはないため、人間とシステムをつなぐインタフェースが、言葉の役割、つまり相互作用を提供する役割を果たさなければならない。

本論文で定義した相互作用は、人間とシステムがお互いの内的要素を刺激し合うことである。本研究では情報システムとして、情報検索を選択し、相互作用のモデルを提案し、そのモデルを実現する検索インタフェースを提案した。Concentric Ring Viewを実装した画像検索システムにおけるユーザビリティテストでは、ユーザに3種類の画像を選択し、実際にWebページのデザインを行った。検索中に被験者は次々と画像を変更し、デザインを行った。そして、もともと頭の中で描いていたイメージとは全く異なるWebページを最終的にデザインした被験者も存在した。このように人間とシステムの相互作用は、ただデータベース内に存在する情報を探すだけでなく、それらを組み合わせ、新たな情報を自ら生成するという創造力を生み出し、単なる情報検索ではなく知的活動も支援することができる。

創造力を生み出すという点から考えると、完全な意味解析や正確な検索結果抽出は悪影響を及ぼすのではないだろうか。そもそも何かを創造するときは、はっきりとしたイメージは持っておらず、様々な情報を眺めながら考えることによりイメージを膨らましていく。例えば、検索エンジンを利用している時、明らかに自分の求めている内容ではない情報がふと気になることもある。実際の図書館を再現し、検索とブラウジングを統合した書籍検索システムを構築した際 [Kajiyama04]、自分が探そうとしていた本の近くにあった本に心が揺れ動いたり、今まで自分が見たこともない本を見つけることができたという報告があった。このように、全く無関係である情報や不必要と考えていた情報に感化され、人間は急に方向性を変え、知的活動を行うのである。このような状況は、完全な意味解析や検索結

果抽出では起こりえない。少し性能が悪くても、検索インタフェースでうまく相互作用を提供することが、精神的豊かさにつながると考える。人間がシステムのふるまいに強引に合わせたり、人間の知識を完全に再現するシステムを構築するのではなく、お互い不完全である人間とシステムが相互作用を通じて高めあうことが大切なのである。

## 第7章

### 結論

---

## 7.1 結論

本研究では、“相互作用”を人間と人間が対話するように、人間と検索システムがお互いの内的要素を刺激し合うと定義し、人間と検索システムの相互作用のモデル化を行った。そして、このモデルを実現する2種類の検索インタフェースを提案し、システムの実装と検証を行った。

### 人間と検索システムの相互作用のモデル化

人間と検索システムの相互作用のモデル化を行うため、人間と人間の対話をもとに、構成要素を定義した。ユーザには、ユーザの知識構造、情報ニーズ、思考、感情の4要素を、システムには、システムの知識構造、相互作用アルゴリズム、知識ベース、検索アルゴリズム、データベースの5要素を持たせ、お互いの内的要素を刺激し合いながら検索を進めるモデルを定義した。

従来のシステムとの大きな違いは、ユーザ好みの知識構造を構築するシステムの知識構造と、相互作用アルゴリズムを持たせたことである。相互作用アルゴリズムは、ユーザの入力からユーザの内的要素をくみ取り、最適な知識断片を知識ベースから選択して、システムの知識構造を変化させる。ユーザは、システムからの出力された検索結果を閲覧することにより、自分の知識構造を再構築し、システムの知識構造と同期させる。

このモデルは、従来の検索手法におけるインタフェース上の表面的な対話を行うのではなく、ユーザの内的要素を考慮し、ユーザとシステムがお互いの内的要素を刺激し合う相互作用を実現した。

### Concentric Ring View と Revolving Cube Show の提案

相互作用のモデルに基づき、Concentric Ring View と、Revolving Cube Show の2種類の検索インタフェースを提案した。インタフェースをデザインするにあたり、従来の検索システムのようなクエリ中心のコンセプトではなく、検索結果を評価しながら検索を進める検索結果中心のコンセプトを用いた。

Concentric Ring View はリング状検索インタフェースで、知識ベースとして、1次元の多次元属性情報を扱うことが可能である。ユーザはリングを追加削除することにより、属性の追加削除を行う。リングを回転させることにより属性値を調節でき、検索結果はリング内部にリアルタイムで表示した。

一方、Revolving Cube Show は、Concentric Ring View を改良したキューブ状検索インタフェースである。1次元の属性だけでなく、階層構造の属性を扱うことができ、複雑な知識ベースに対応した。ユーザはキューブを回転することにより、属性の追加と削除、属



性のレベルや、属性値の調節を行い、検索結果はリアルタイムで表示した。

ユーザがリングを操作したり、キューブを回転することにより、システムは知識ベースから知識断片を組み合わせて、ユーザ好みの知識構造を構築することが可能となった。リングを回転させることで、知識ベースの一部を少しずつ眺めることができたため、混乱することはなく、ユーザはシステムの知識構造を把握できた。また、なんとなくリングを操作できる上、リアルタイムに検索結果が表示されるため、気軽に試すことができ、対話を続けることが可能となった。

Concentric Ring View を用いて画像検索システムを、Revolving Cube Show を用いてテレビ番組検索システムを構築した。画像検索システムとディレクトリ型検索と比較し、ユーザビリティテストを行ったところ、初心者ユーザに好まれ、満足度の高い画像を選択できることが分かった。

### 精神的豊かさへの追求の第一歩

従来の検索システムは、人間の内的要素は考慮されず、システムは単体として設計されていた。そして、いかに適合する情報を抽出する強力な検索アルゴリズムを提案するか、いかに多くの情報を持つデータベースを構築するかなど、物質的な豊かさを追求してきた。人間とシステムはインタフェースを通して、表面的な対話を行い、人間がシステムのふるまいに合わせて検索を行ってきた。

本研究では、従来の研究とは違い、人間の内的要素を考慮した上で、人間とシステムがお互いの内的要素を刺激し合う、つまり相互作用しながら検索を進めていくモデルを定義し、2種類の検索インタフェースを提案した。従来の評価基準の1つである、早く目的の情報にたどり着くという効率重視ではなく、たとえ目的の情報にたどり着くまで時間がかかったとしても、苦勞せず楽しく使い続けることができるという効果重視は、ユーザにとって非常に有益であることが分かった。本研究は、検索システムを利用する人間の精神的豊かさを追求する第一歩として位置づけられたと考えられる。

## 7.2 今後の課題と展望

モデル化するにあたり、いくつかの仮説をたてた。まず、思考や感情のレベルは、情報ニーズのレベルに対応すると仮定した。その上で、情報ニーズの各レベルは、知識構造における階層構造の深さに対応すると仮定した。階層構造やグループ化の属性を扱うことにより、情報ニーズの各レベルに対して、なんとなく対応することができた。しかし、階層構造やグループレベルは、情報ニーズのレベルと同等として扱うことが妥当であるかは定かではない。大分類から小分類へと表示する機能を搭載し、小さな目的を達成させて満足

感を与えようとしたが、他要素の検討も必要である。

モデル化において、検索システムの内的要素として、相互作用アルゴリズムを定義した。これは、人間の内的要素の変化をくみ取り、知識ベースからユーザに合った知識断片を選択する働きをした。ただくみ取るだけでなく、本来ならば、進むべき最適な道を推薦するなど、人間の思考と同じような働きができる思考アルゴリズムであった方が、人間と人間の相互作用に近づき、より深い精神的豊かさにつながると考えられる。

検索インタフェースをデザインするにあたり、対話性を高めるため、検索結果中心というコンセプトを利用した。ユーザは戻ってきた検索結果から、現在の状態をくみ取ったり、変化の差分により、属性や属性値を理解できると考えたからであるが、提案したモデルを実現するためには、他のコンセプトが存在する可能性もあると考えられる。

また、精神的にサポートするためには、ユーザが検索をあきらめることがないように、苦勞と感じることがなく、楽しく操作できることが大切である。提案した2種類のインタフェースは、なんとなく楽しいという結果が得られているが、検索が続けられるような楽しい操作感を出すための要素というのも検討する必要がある。

## 謝辞

本論文を執筆するにあたり、多くの方々のご指導とご協力を賜りました。ここにお世話になった方々への感謝の意を表したいと思います。

まず、総合研究大学院大学複合科学研究科情報学専攻における3年間の研究生生活を支えて頂きました国立情報学研究所の佐藤真一教授に心より感謝致します。なかなか研究の方向性が定まらず停滞していた時期も、あたたかく見守ってくださり、私のペースで研究に取り組むことができました。また、私の研究テーマは、先生のご専門とは少々異なっておりましたが、こころよく指導教官を引き受けてくださり、積極的に議論を重ねてくださいました。厚く御礼申し上げます。

副指導教官を務めてくださいました国立情報学研究所の東倉洋一副所長、曾根原登教授に心より感謝致します。東倉副所長は、研究内容における議論だけでなく、特許出願を勧めてくださったり、学生生活における相談にも応じてくださいました。曾根原教授は、実際に社会で利用されるシステム作りという社会貢献の観点から、いつも明るく前向きな助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

本論文の審査をしてくださいました東京大学先端科学技術センター中小路久美代特任教授、国立情報学研究所岡田仁志助教授、細部博史助教授に心より感謝いたします。中小路教授は私の憧れの存在でもあり、頂いた助言はすべて重みがあり、今でも心に残っています。岡田教授、細部教授には、それぞれのご専門の立場から、様々なご意見を頂戴いたしました。厚く御礼申し上げます。

そして、前指導教官を務めてくださいました国立情報学研究所神門典子教授、特許出願を支援してくださいました情報・システム研究機構知的財産本部平出壺洋客員教授に感謝致します。また、学生生活を支援してくださいました大学院系の皆様に御礼申し上げます。

私が博士課程進学に至るまでにも、多くの方々のご指導を賜りました。修士課程において指導教官を務めてくださいました慶應義塾大学大学院理工学研究科大野義夫教授、ならびに中丸幸治助手に心より感謝致します。自由な環境と的確な助言で、のびのびと自分の研究に向き合うことができ、第4章の Concentric Ring View を提案することができました。また、学部時代と研究生時代において指導教官を務めてくださいました津田塾大学学

芸学部情報数理科学科小川貴英教授，ならびに，国立情報学研究所という場を紹介してくださった来住伸子教授に心より感謝致します。研究を行うための基礎知識だけでなく，研究の楽しさと壁にぶつかったときの対処法を教えてくださいました。厚く御礼申し上げます。

第4章におけるユーザビリティテストの一部は，広島県の安田学園安田女子中学高等学校で行わせて頂きました。貴重な授業時間の提供を快諾し，全面的に協力してくださった先生方と，真剣にユーザビリティテストにへ参加してくださった生徒の皆様に厚く御礼申し上げます。また，国立情報学研究所で行ったユーザビリティテストでは，共立女子大学の学生の皆様に協力して頂きました。心より感謝致します。

情報学専攻は留学生が多く国際的な環境で，新たな出会いがありました。その中でもタイの方々とは本当に仲良くさせて頂き，充実した学生生活を送ることができました。特に，Kanokwan Atchariyachanvanich さんには感謝しています。

最後に，私の博士課程進学を快諾し，経済的にも精神的にも影で支えてくれた父・泰正，母・多美栄に，心から感謝します。また，いつも楽しい話題を振りまき，明るく元気に応援してくれた弟・泰史，弟・修平，妹・直子，ありがとう。そして，いつも遠くからあたたかく見守ってくれた祖母・寿美子，祖母・妙子，曾祖母・静子に感謝します。本当にありがとうございました。

2007年3月  
梶山 朋子

## 参考文献

- [Andrews01] K. Andrews, C. Gutl, J. Moser, V. Sabol, W. Lackner. Search Result Visualization with xFIND, Second International Workshop on User Interfaces to Data Intensive Systems (UIDIS 2001), pp.50-58, 2001.
- [Baeza99] R. Baeza-Yates, B. Ribeiro-Neto. Modern Information Retrieval. Addison Wesley, Reading, 1999.
- [Bandura86] A. Bandura. Self-regulation of Motivation and Action through Internal Standards and Goal System. In A.P.Lawrence (Ed.). Goal Concepts in Personality and Social Psychology, pp.19-85, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Association, 1986.
- [Bates89] M.J. Bates. The design of browsing and berrypicking techniques for the online search interface. Online Review, Vol.13, No.5, pp.407-424, 1989.
- [Bederson01] B. Bederson. PhotoMesa: A Zoomable Image Browser Using Quantum Treemaps and Bubblemaps. UIST'01, pp.71-80, 2001.
- [Bookstein81] A. Bookstein. Information Retrieval: Sequential Learning Process. Journal of the American Society for Information Science, Vol.34, No.4, pp.331-342, 1983.
- [Bourne80] P.C. Bourne. On-line System: History, Technology, and Economics. Journal of the American Society for Information Science, Vol.31, No.3, pp.155-160, 1980.
- [Brookes80] B.C. Brookes. The foundation of Information Science: Part 1: Philosophical aspects. Journal of Information Science, 2, pp.125-133, 1980.
- [Brooks99] M. Brooks, J. Campbell. Interactive Graphical Queries for Bibliographic Search. Journal of the American Society for Information Science, Vol.50, No.9, pp.814-825, 1999.

- [Buckland92] M.K. Buckland. Emanuel Goldberg, Electronic Document Retrieval, and Vannever Bush's Memex. *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.43, No.4, pp.284-294, 1992.
- [Campbell00] I. Campbell. The Ostensive Model of Developing Information Needs. Ph.D. Thesis, University of Glasgow, 2000.
- [Card96] S.K. Card, G.G. Robertson, W. York. The WebBook and the Web Forager: An Information Workspace for the World-Wide-Web. SIGCHI'96, pp.111-117, 1996.
- [Carson99] C. Carson, M. Thomas, S. Belongie, J.M. Hellerstein, J. Malik. Blobworld: A System for Region-based Image Indexing and Retrieval. 3rd International Conference on Visual Information Systems, pp.509-516, 1999.
- [Chen99] M. Chen, M. Hearst, J. Hong, J. Lin. Cha-Cha: A System for Organizing Intranet Search Results. 2nd USENIX Symposium on Internet Technologies and SYSTEMS (USITS), pp.11-14, 1999.
- [Cox94] T.F. Cox, M.A.A. Cox. *Multidimensional Scaling*. Chapman&Hall, Reading, 1994.
- [Cox00] I.J. Cox, M.L. Miller, T.P. Minka, T.V. Papatomas, P.N. Yianilos. The Bayesian Image Retrieval System, PicHunter: Theory, Implementation, and Psychophysical Experiments. *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.9, No.1, 2000.
- [Debowski01] S. Debowski. Wrong way: Go back! An Exploration of Novice Search Behaviours While Conducting an Information Search. *The Electronic Library*, Vol.19, No.6, pp.371-382, 2001.
- [Deerwester90] S. Deerwester, S.T. Dumais, G.W. Furnas, T.K. Landauer, R. Harshman. Indexing by Latent Semantic Analysis. *Journal of the American Society for Informaiton Science*, Vol.42, No.6, pp.389-207, 1990.
- [Faloutsos94] C. Faloutsos, M. Flickner, W. Niblack, D. Petkovic, W. Equitz, R. Barber. Efficient and Effective Querying by Image Content. *Journal of Intelligent Information Systems*, Vol.3, No.3/4, pp.231-262, 1994.
- [Fowler91] R.H. Fowler, W.A. Fowler, B.A. Wilson. Integrating Query, Thesaurus and Documents through a Common Visual Representation. SIGIR'91, pp.142-151, 1991.

- [Garber92] S.R. Garber, M.B. Grunes. The Art of Search: A Study of Art Directors. SIGCHI'92, pp.157-163, 1992.
- [Hearst94] M. Hearst. Using Categories to Provide Context for Full-Text Retrieval Results. RIAO, Intelligent Multimedia Information Retrieval Systems and Management, 1994.
- [Hearst97] M. Hearst, C. Karadi. Cat-a-Cone: an Interactive Interface for Specifying Searches and Viewing Retrieval Results Using a Large Category Hierarchy. SIGIR'97, pp.246-255, 1997.
- [Hearst00] M. Hearst. Next Generation Web Search: Setting Our Sites. IEEE Data Engineering Bulletin, Special issue on Next Generation Web Search, Luis Gravano (Ed.), 2000.
- [Hearst02] M. Hearst, A. Elliott, J. English, R. Sinha, K. Swearingen, P. Yee. Finding the Flow in Web Site Search. Communications of the ACM, Vol.45, No.9, pp.42-49, 2002.
- [Hearst06a] M. Hearst. Clustering versus Faceted Categories for Information Exploration. Communications of the ACM, Vol.49, No.4, pp.59-61, 2006.
- [Hearst06b] M. Hearst. Design Recommendations for Hierarchical Faceted Search Interfaces. SIGIR Workshop on Faceted Search, 2006.
- [Huang96] T.S. Huang, S. Mehrotra, K. Ramchandran. Multimedia Analysis and Retrieval System (MARS) Project. 33rd Annual Clinic on Library Application of Data Processing - Digital Image Access and Retrieval, pp.101-117, 1996.
- [Jardine71] N. Jardine, C.J. van Rijsbergen. The Use of Hierarchic Clustering in Information Retrieval. Information Storage and Retrieval, Vol.7, No.5, pp.217-240, 1971.
- [Johnson91] B. Johnson, B. Shneiderman. Tree-Maps: A Space Filling Approach to the Visualization of Hierarchical Information Space, IEEE Visualization'91, pp.275-282, 1991.
- [Kantor81] P.B. Kantor. The Logic of Weighted Queries. IEEE Transactions on Systems: Man and Cybernetics, Vol.SMC-11, No.12, pp.816-821, 1981.
- [Kohonen00] T. Kohonen. Self-Organizing Maps. Springer, Reading, 2000.

- [Kuhlthau88] C.C. Kuhlthau. Seeking Meaning: A Process Approach to Library and Information Services. Norwood, NJ: Ablex, 1988.
- [Manjunath95] B.S. Manjunath, W.Y. Ma. Image Indexing Using a Texture Dictionary. SPIE Conference on Image Storage and Archiving System, Vol.2606, pp.288-298, 1995.
- [Markkula00] M. Markkula, E. Sormunen. End-user Searching Challenges Indexing Practices in the Digital Newspaper Photo Archive. Information Retrieval, Vol.1, pp.259-285, 2000.
- [Maron60] M.E. Maron, J.L. Kuhns. On Relevance Probabilistic Indexing and Information Retrieval. Journal of the Association for Computing Machinery, Vol.7, pp.216-244, 1960.
- [Nakazato02] M. Nakazato, L. Manola, and T.S. Huang. ImageGrouper: Search, Annotate and Organize Image by Groups. Fifth International Conference on Recent Advances in Visual Information System 2002, pp.129-142, March 2002.
- [Neufeld86] M.L. Neufeld, C. Martin. Database History: From Dinosaurs to Compact Disc. Journal of the American Society for Information Science, Vol.37, No.4, pp.183-190, 1986.
- [Niblack93] W. Niblack, R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, E. Glasman, D. Petkovic, P. Yanker, C. Faloutsos. The QBIC Project: Querying Images by Content Using Color, Texture, and Shape. SPIE, Storage and Retrieval for Image and Video Databases, pp.173-187, 1993.
- [Ortega97] M. Ortega, Y. Rui, K. Chakrabarti, S. Mehrotra, T.S. Huang. Supporting Similarity Queries in MARS. ACM Multimedia, pp.403-413, 1997.
- [Pratt99] W. Pratt, M. Hearst, L. Fagan. A Knowledge-Based Approach to Organizing Retrieved Documents. 16th National Conference on Artificial Intelligence, pp.80-85, 1999.
- [Radecki76] T. Radecki. Mathematical Model of Information Retrieval System Based on the Concept of Fuzzy Thesaurus. Informaiton Processing & Management, Vol.12, No.5, pp.313-318, 1976.



- [Rijsbergen74] C.J. van Rijsbergen. Further Experiments with Hierarchic Clustering in Document Retrieval. *Information Storage and Retrieval*, Vol.10, No.1, pp.1-14, 1974.
- [Rijsbergen75] C.J. van Rijsbergen. W.B. Croft. Document clustering: An Evaluation of Some Experiments with the Cranfield 1400 collection, *Information Processing & Management*, Vol.11, No.5/7, pp.171-182, 1975.
- [Robertson76] S.E. Robertson, K.S. Jones. Relevance Weighting of Search Terms. *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.27, No.3, pp.129-146, 1976.
- [Robertson91] G.G. Robertson, J.D. Mackinlay, S.K. Card. Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information. *SIGCHI'91*, pp.189-194, 1991.
- [Rodden01] K. Rodden, W. Basalaj, D. Sinclair, K.R. Wood. Does Organisation by Similarity Assist Image Browsing?. *SIGCHI'01*, pp190-197, 2001.
- [Rose91] D.E. Rose, R.K. Belew. A Connectionist and Symbolic Hybrid for Improving Legal Research. *International Journal of Man-machine Studies*, Vol.35, No.1, pp.1-33, 1991.
- [Rui98] Y. Rui, T.S. Huang, M. Ortega, M. Mehrotra. Relevance Feedback: A Power Tool for Interactive Content-Based Image Retrieval. *IEEE Transaction on Circuits and Video Technology*, Vol.8, No.5, pp.644-655, 1998.
- [Rui00] Y. Rui, T.S. Huang. Optimizing Learning in Image Retrieval. *IEEE CVPR'00*, pp.236-243, 2000.
- [Salton71] G. Salton. *Relevance Feedback in Information Retrieval*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, pp.313-323, 1971.
- [Salton83a] G. Salton, J. McGill. *Introduction to Modern Information Retrieval*. McGraw-Hill, Reading, 1983.
- [Salton83b] G. Salton, E.A. Fox, H. Wu. Extended Boolean Information Retrieval. *Communications of the ACM*, Vol.26, No.12, pp.1022-1036, 1983.
- [Salton85] G. Salton, E.A. Fox, E. Voorhees. Advanced Feedback Methods in Information Retrieval. *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.26, No.3, pp.200-210, 1985.

- [Sarkar92] M. Sarkar, M. H. Brown. Graphical Fisheye Views of Graphs. SIGCHI'92, pp.83-91, 1992.
- [Sarkar94] M. Sarkar, M.H. Brown. Graphical Fisheye Views. Communications of the ACM, Vol.37, No.12, pp.73-83, 1994.
- [Shiozawa99] H. Shiozawa, K. Okada, Y. Matsushita. 3D Interactive Visualization for Inter-Cell Dependencies of Spreadsheets, IEEE InfoVis'99, pp.79-82, 1999.
- [Shneiderman94] B. Shneiderman. Dynamic Queries for Visual Information Seeking, IEEE Software, Vol.11, No.6, pp.70-77, 1994.
- [Smeulders00] A.W.M. Smeulders, M. Worring, S. Santini, A. Gupta, R. Jain. Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years. IEEE Transactions on PAMI, Vol.22, No.12, pp.1349-1379, 2000.
- [Smith96] J.R. Smith, S. Chang. Tools and techniques for color image retrieval. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases IV, Vol.2670, pp.2-7, 1996.
- [Snoek06] G.M.C. Snoek, M. Worring, B. Huurnink, J.C. van Gemert, K.E.A van de Sande, D.C. Koelma, and O. de Rooij. MediaMill: Video Search Using a Thesaurus of 500 Machine Learned Concepts. 1st International Conference on Semantic and Digital Media Technologies, 2006.
- [Srihari00] R.K. Srihari, Z. Zhang, A. Rao. Intelligent Indexing and Semantic Retrieval of Multimodal Documents. Information Retrieval, Vol.2, No.2/3, pp.245-275, 2000.
- [Swanson88] D.R. Swanson. Historical note: Information Retrieval and the Future of an Illusion. Journal of the American Society for Information Science, Vol.39, No.2, pp.92-98, 1988.
- [Taylor68] R.S. Taylor. Question, Negotiation and Information Seeking in Libraries. College & Research Libraries, Vol.29, pp.179-189, 1968.
- [Toyoda00] M. Toyoda, E. Shibayama. HishiMochi: A Zooming Browser for Hierarchically Clustered Documents, SIGCHI'00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.28-29, 2000

- [Veltkamp00] R.C. Veltkamp, M. Tanase. Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey. Technical Report UU-CS-2000- 34, Department of Computing Science, Utrecht University, 2000.
- [Yager87] R.R. Yager. A Note on Weighted Queries in Information Retrieval System. Journal of the American Society for Information Science, Vol.38, No.1, pp.23-24, 1987.
- [Yee03] K. Yee, K. Swearingen, K. Li, M. Hearst, Faceted Metadata for Image Search and Browsing. SIGCHI'03, pp.401-408, 2003.
- [Zadeh65] L.A. Zadeh. Fuzzy Sets. Information and Control, Vol.8, No.3, pp.338-353, 1965.
- [Hoshino91] 星野公男編. 情報検索. 雄山閣, 1991, 259p.
- [Hosono03] 細野公男編. 情報社会を理解するためのキーワード2. 培風館, 2003, 194p.
- [Kajiyama04] 梶山朋子, 小川貴英, 大野義夫. 書籍検索システムにおける GUI の研究, 第 45 回プログラミングシンポジウム予稿集, pp.71-76, 2004.



## 研究業績

### 学術論文

1. 梶山朋子, 中丸幸治, 大野義夫, 神門典子, 佐藤真一. Concentric Ring View F+: マルチメディアデータのためのリング状検索インタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.918-928, 2007.

### 国際会議

1. Tomoko Kajiyama, Koji Nakamaru, Yoshio Ohno, Noriko Kando. Concentric Ring View: An Interactive Environment for Integrating Searching and Browsing. In Proceedings of the Joint 2nd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and the 5th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, [CD-ROM, 6pages], 2004.
2. Tomoko Kajiyama, Noriko Kando, Shin'ichi Satoh. Examination and Enhancement of a Ring-Structured Graphical Search Interface Based on Usability Testing. In Proceedings of the 28th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp.623-624, 2005.

### 研究会など

1. 梶山朋子, 神門典子. 多面的な検索とブラウジングを統合した GUI. 情報処理学会研究報告, 2004-HI-111, Vol.2004, No.115, pp.71-78, 2004.
2. 梶山 朋子, 神門 典子, 佐藤 真一. Concentric Ring View F+: リング状検索 GUI における履歴と適合フィードバック. インタラクション 2005 論文集, pp.197-198, 2005.

### 特許

1. 特願 2004-160067, 画像情報検索表示装置, 方法及び画像情報検索表示プログラム.