

鳥類図鑑Hyperbookシステムにおける対話型検索について

藤沢正幸 田淵仁浩 矢川雄一 村岡洋一

早稲田大学理工学部

マルチメディアデータベースシステムである鳥類図鑑Hyperbookにおける対話型検索について述べる。Hyperbookシステムにおける対話の目的は、類似検索の際に利用者の意図にあった類似判断基準を選択／合成することである。ここで、類似判断基準とはHyperbookのデータモデルMeSODにおける距離空間である。本稿では、対話に基づく距離関数の選択／合成の方法を、鳥のシルエットを用いた類似検索を例にとって説明した。さらに、この対話型検索を実現するための具体的なデータ構造とアルゴリズムについて述べた。

A scheme of interactive retrieval in Hyperbook of birds

Masayuki Fujisawa Masahiro Tabuchi Yuichi Yagawa Youichi Muraoka

Waseda University

3-4-1, Okubo, Shinjuku, Tokyo, 169 Japan

The purpose of this paper is to propose a scheme of the interactive retrieval in Hyperbook (a multi-media electronic book) of birds. The purpose of interaction in Hyperbook is to select or compose the criteria of similarity for users' query. This criteria corresponds to a metric space in MeSOD, that is the data model of Hyperbook. In this paper, a scheme of selection and composition of the metric space based on the interaction is explained using an example of retrieval of birds by silhouette as key. Also, the data structure and the algorithm to implement the interactive retrieval is described.

1. はじめに

Hyperbookシステムは一般のエンドユーザでも容易に必要な情報を取り出せることを目標としたマルチメディアデータベースシステムである。

Hyperbookでは質問にマルチメディアデータを許したり、正確さを欠いている場合でも検索を可能とするためにデータモデルMeSOD[2]を提案し、採用している。MeSODはデータベースを距離空間の集まりと見なすデータモデルである。このMeSODでは入力された質問をその内容にふさわしい距離空間に写像することによって、質問の内容に似ているデータを捜せる。しかし、類似の判断基準は利用者によって異なるため、一般に、データベースシステムに定義されている類似度と利用者の感じ方が異なる。例えば鳥を検索する場合、類似の判断基準は利用者の着目点によって変化する。一方、システムにはあらかじめ定められた判断基準しか持たないので、目的にあった検索をするためには、利用者のそれとシステムのそれとを近付けることが必要となる。具体的には、システム側の判断基準とは距離関数であるので、利用者の意図に近い距離関数を選択するような機能が必要になる。この距離関数の選択を対話的に決定する機能がHyperbookシステムの対話型検索である。

本稿は、本質的に2つの部分からなる。前半では、Hyperbookシステムにおける対話について基本的な概念について説明する。また、後半では対話の具体例として、シルエットを用いた検索を例にとり、それを実現するために必要なデータ構造とアルゴリズムについて説明する。

2. 対話に基づく検索と鳥類図鑑Hyperbookシステム

ここでは、まず対話に基づく検索について述べた後、鳥類図鑑Hyperbookシステムでの対話について述べる。

2.1 知識の検索のための対話

従来のリレーショナルデータベースが活躍してきたビジネス処理の分野では、欲しい情報を得るために、

利用者はどのような表のどのフィールドに目的のデータがあるかを知っている必要があった。また、それを利用者に期待してもよかった。

一方、鳥類図鑑のようなアプリケーションでは、一般の利用者は鳥類や鳥類に関するさまざまな情報がどのように入っているか知らない。この場合、一般の利用者が直接鳥類図鑑で検索することは困難である。しかし、利用者が直接図鑑を使用せず、専門家と対話するときには、知識に関して質問や確認をするので、より効率的に検索を進めることができる。これは、専門家が利用者の状況を理解すると共に、利用者の記憶や知識の中で何が重要であるかを判断しているからである。

このことから、鳥類図鑑Hyperbookシステムのようなアプリケーションでも専門家との対話と同様なことを行えば、より効率的な検索が期待できる。つまり、利用者が一方的に質問をするだけでなく、システムからもその質問に対して確認を求めながら検索を進めて行くことが重要となる。

2.2 鳥類図鑑Hyperbookシステムの対話

ここでは鳥類図鑑Hyperbookシステムの全体像について述べ、その後、システムと利用者との対話について述べる。

2.2.1 鳥類図鑑Hyperbookシステム

鳥類図鑑Hyperbookシステムはマルチメディアデータベースを核とした電子化図書システムである。ここでは、鳥類図鑑Hyperbookシステムの全体像について述べる。

鳥の図鑑[1]を見ると、鳥について検索するための手がかりは、シルエット、色のパターン、鳴き声、大きさ、場所と季節、行動がある。鳥類図鑑Hyperbookシステムには、これらの各項目毎にカスタマイズされた検索要求記述ツールと、検索要求を複雑に組み合わせることのできる複合検索ツールを持っている。利用者はこれらのツールを用いて検索する。以下では、これらのツールについて説明する。

(1) シルエット検索ツール

シルエット検索ツールは、鳥の姿形から検索しようとするときにシルエットの検索要求を記述するためのツールである。全体の外形から検索したり、部分的な形から検索できる。検索すべき鳥の範囲を限定することがその目的である。

(2) 色のパターン検索ツール

色のパターン検索ツールは、鳥の各部分の色合いや模様から検索するときには色のパターンを記述するための入力ツールである。背、腹の色の組合せや翼を広げたときに現れる模様、頭部のカラーパターンなど多くの種類がある。最終的に種を限定するのに有効である。

(3) 鳴き声検索ツール

鳴き声検索ツールは、鳥の鳴き声から検索するときには鳴き声を記述するための入力ツールである。鳴き真似による検索方法と鳴き声の印象による検索方法がある。鳴き真似検索は利用者が鳴き声のイメージを直接真似ることにより行われる。また印象による検索は鳴き声が複雑すぎて真似ることができない場合に有効である。

(4) 大きさ検索ツール

大きさ検索ツールは、鳥の大きさから検索するときには大きさを記述するための入力ツールである。利用者の大きさに対する様々な捕らえ方に合わせた表現で検索できる。

(5) 見た場所と季節の入力ツール

見た場所と季節の入力ツールは、鳥を見た場所や季節を記述するための入力ツールである。鳥を見た場所や季節はそのままで検索対象となり難いが、その季節や場所にはいない鳥については検索の対象とする必要はないことから、検索の正確さや効率を上げるためには有効な情報である。

(6) 動画検索ツール

動画検索ツールは、以前にHyperbookを使用したと

きに見た動画を検索するためのツールである。利用者が覚えている登場物とその振舞いを記述することで任意の場面を捜し出すことができる。

(7) 複合検索ツール

複合検索ツールは、複数のツールにまたがって検索する場合に、各ツールの検索の統合方法を記述するためのツールである。記述に従って(1)から(6)のツールを管理・制御する機能を持つ。各検索ツールを利用して得られた結果にさらに条件を重ねていく連続入力と、条件をすべて入力しておき検索する一括入力を選べる。

また、鳥類図鑑Hyperbookシステムの実際の検索過程は検索条件の入力、システムの応答、検索結果の確認、知識の獲得(利用)の4つに分けられ、およそ次のように使うことができる。

(a) 検索条件の入力

利用者は(1)から(6)の検索ツールを用いて、検索要求を見た通りの図形・聞いた通りの音声を入力、または選択することにより記述できる。各要求はマウスを使った簡単な操作で入力できる。また(7)の複合検索ツールを用いて検索条件を統合することができる。つまり、利用者は検索の結果にさらに条件を重ねたり、一括して検索条件を入力することができる。

(b) システムの応答

システムはツールから入力された検索条件に似ている鳥の集合を得て利用者に提示する。利用者はこれを見て、自分の入力がかどのように反映されたかを調べる。利用者の入力が妥当なものでない場合、システムは(a)に戻り再入力を要求する。

(c) 検索結果の確認

利用者はシステムが提示した鳥の集合を見て自由に視覚的・聴覚的に確認する。例えば、鳴いてもらったり、見る方向を変えたり、翼を広げたり、見分けが付きにくい鳥どうし詳細に比較したりできる。

最終的な検索結果の判定は利用者自身が行うが、その支援機能として、システムはコンピュータグラフィックスを用いた確認手段を提供する。

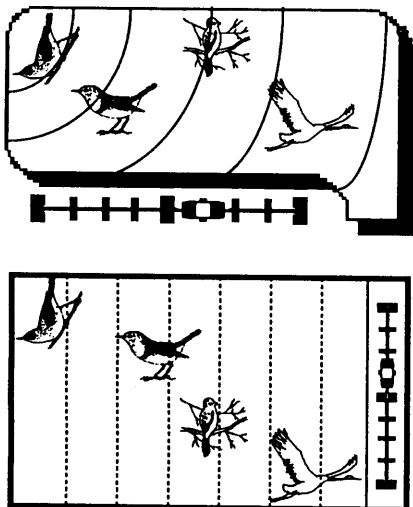


図1 システムの応答

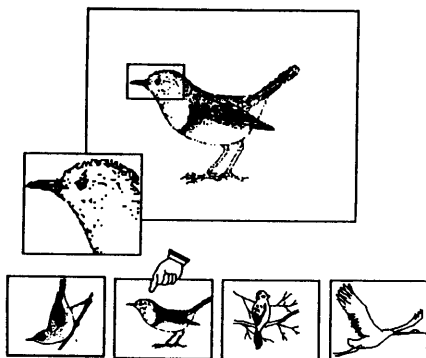


図2 自由な確認手段

(d)知識の獲得と利用

いくつかの候補となる鳥から目的のものを見つけ出せたら、その鳥についての詳しい知識を得る。また、重要と思われる鳥、あるいはその鳥の知識を既知のものとして管理することで、次の検索には自分用に管理した情報を再利用することもできる。

2.2.2 鳥類図鑑Hyperbookにおける対話

鳥類図鑑Hyperbookでは、対話はデータベースの類似判断基準と利用者のそれとを近付けるために行う処理である。この対話は、システム側から利用者に対してなされるので、利用者が検索のために有効な知識を持たない場合でも検索は可能となる。

実際の検索過程で対話が行われるのは、前節で述べた(a)検索条件の入力と(b)システムの応答の部分である。入力時には、システムは利用者の要求が妥当なものであるかどうかをチェックした後、要求に応じた類似判断をする。チェック時に、検索条件に矛盾や不都合が発見された場合には、利用者に戻り確認を取る。また、利用者は応答を見ることでシステムが実際にどのような類似判断をしたか分かるので、その知識を以降の検索に役立てることができる。

3. シルエット検索

ここでは、Hyperbookにおける対話の例としてシルエット検索を取り上げ、どのような対話が必要になるのかについて説明する。

シルエット検索とは、鳥の姿形から鳥を検索しようとするときに用いるものである。シルエット検索の利点としては、色のパターンなどでは光線の状態により間違いやすいのに対し、全体の形をとらえることができれば光線によらない検索が可能となることと、鳥全体に比べて対象が少数になる（陸の鳥221種に対しシルエット44）ことが挙げられる。対象が少数であるため実際の検索では、シルエットの一覧を提示し（図3）その中から選択する。

しかし、一般の利用者は必ずしも実際にみた鳥のシルエットを選ぶとは限らない。例えば、何人かにある鳥の写真を見せて該当すると思われるシルエットを選んでもらうと、人によりいろいろなシルエットを選ぶ。これは検索の障害となるが、選ばれたシルエットは目的の鳥の形を表すシルエットと全く似ていないわけではない。そのため、システムは利用者の見方に合わせた類似度を用いて、類似したシルエットを提示する。

4. 対話型シルエット検索の実現

ここでは、鳥類図鑑Hyperbookで、対話的に行うシルエットを用いた検索の実現方法について述べる。

4.1 MeSOD上でのシルエット検索[4]

鳥類図鑑Hyperbookシステムでは質問にマルチメディアデータを許したり、正確さを欠いた場合でも検索を可能とするために、データモデルMeSOD[2][3]を提案し、採用している。

MeSODはデータベースを距離空間の集まりとして表す。例えば、マルチメディアデータの検索は、メディア毎の距離空間の中から検索要求に近いデータの集合を取り出す操作として記述できる。さらにMeSODでは、すでにある距離空間を分割したり、合成したり、新しい距離空間を生成する操作を持っている。この操作を用いて、利用者の検索要求に適切な距離空間を作ることができる。

このMeSODにおいて、シルエット分類は鳥類全体を表す一つの距離空間を分割する。また、各シルエットは分割された部分距離空間に1対1に対応している。つまり一つのシルエットを選ぶことは分割された距離空間内の一つを取り出す操作に相当する。同様に、よく似ているシルエット群を選ぶことは、よく姿の似ている鳥の部分集合を取り出す操作に相当する。

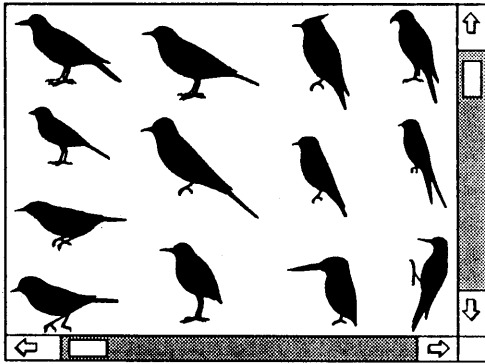


図3 シルエット一覧

このことにより、誤りを修正する援助を行う。利用者の見方に合わせた類似度を見つけるために、システムと利用者との間で、シルエットを選んだ理由として部分や、特徴について対話を行う。

対話型シルエット検索で利用者が行わなければならないことは、大まかに図4のフローに示す通りである。

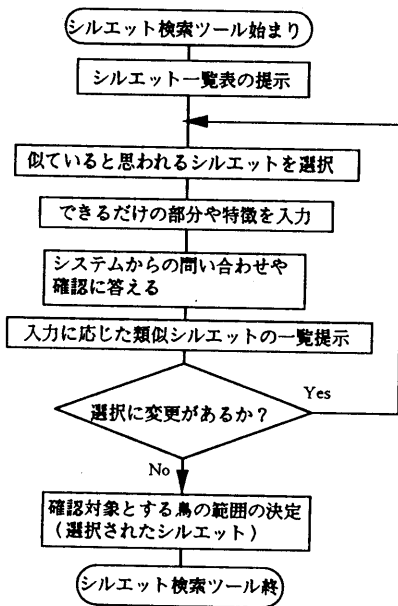


図4 利用者のすること

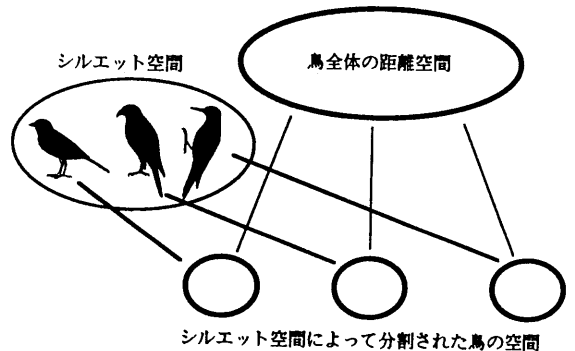


図5 シルエット空間と鳥空間の分割

3章で述べたシルエット検索では、検索要求として複数の部分を組み合わせる場合がある。この場合、それぞれの部分ごとの距離関数が決めてあれば、MeSODではその時々で必要となる距離空間を動的に生成することができる。したがって、シルエット検索で使用する距離空間を各部分毎に用意しておけば、複数の部分の組合せにも対処できる。

すなわち、シルエット検索における対話の目的は、多様なシルエットの距離空間の中から、利用者の着目点から実際の検索に使用する距離空間を選択または合成することに対応する。

4.2 シルエット検索の流れ

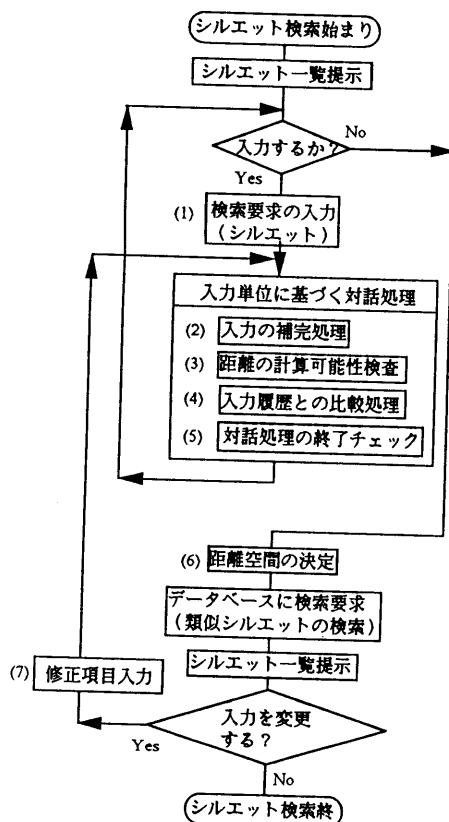


図6 シルエット検索のシステムフロー

ここでは、シルエット検索の選択・確認部分におけるシステムの大まかな処理の流れを述べる。システムの処理は(1)検索要求の入力、(2)入力の補完、(3)距離計算の可能性チェック、(4)入力履歴との比較、(5)入

力終了条件(6)距離空間の決定、の順となる。

(1)検索要求の入力

ここでは、利用者によって選ばれたシルエットを得る。まず、基準となるシルエットがここで決められる。この値(シルエット)は4.3で説明する入力単位の1番目の要素に格納される。

(2)入力の補完

ここでは、利用者がどの程度細かな特徴を捉えているか抽出する。シルエットを選び、その理由として部分までは指定できるが、ただ漠然とその部分が似ていると思っているだけであれば特徴要素については入力がされていない。このとき、システムは特徴要素について入力を要求する。それでも入力が得られないときには利用者の記憶の限界と判断する。

(3)距離の計算可能性チェック

入力全てを満足する距離があるかないかをチェックする。例えば、スズメ型のシルエットで冠羽の長さが似ているとしたとき、距離を計算することは不可能である。(注:冠羽とは、鳥の頭部の羽毛が特に長く発達した部分のことでありスズメ型には無い)

(4)入力履歴との比較

すでに入力がなされている場合には、入力単位列が存在する。この入力単位列中、同一の入力単位があるかチェックする。このチェックには、利用者の試行錯誤的な入力を助ける働きがある。また、入力単位の無駄な重複をあらかじめ防ぐ効果も得られる。

(5)終了条件

(2)から(4)が利用者に対話的に入力が行われる部分であり、一つのループを構成している。したがって、利用者がシステムからの変更要求に対し、いつまでも続かないように、対話の入力状態がいつまでも続くことになる。この場合、距離空間を選択することができなくなるので、一つの入力単位での入力要求や変更要求をどこで打ち切るか決める。

(6) 距離空間の決定

検索要求の入力から類似シルエット集合を取り出すための距離空間を選択または合成する。このとき、まず入力単位からシルエット間の距離を計算するための距離関数を選ぶ。次に、複数の入力単位を組み合わせる距離空間を合成するため、一つ一つの入力単位毎に重要度として重み付けをする。重みは、利用者に自信度として割り振るので、自信度の入力を要求する。

(7) 修正項目の入力

利用者がシルエットを選択し直すときに、別のシルエットを選びたいのか、選んだシルエットについて入力修正を行いたいのかを問い合わせる。利用者は修正したい項目を入力する。

4.3 実現のためのデータ構造とアルゴリズム

ここでは、対話的にシルエット検索を実現するためのデータ構造とアルゴリズムについて述べる。

検索に用いる距離空間の決定方法(図6(6))として、(a)シルエット間の距離関数、(b)入力単位、(c)距離関数の決定アルゴリズム、また、入力単位に基づいて利用者と対話する方法(図6(2)~(5))を、(d)入力バッファ、(e)対話のアルゴリズム、の各項目に分けて述べる。

4.3.1 距離空間の決定方法

(1) シルエットの距離関数

シルエット間の距離を求める方法は大きく2種類ある。一つはバードウォッチング等、野外で鳥を見分けるときに役立つ見方であり、鳥の図鑑には特徴として記載されている。これをシルエットの特徴距離と呼ぶ。もう一つはシルエット図形を感覚的に捉えた距離であり、これをシルエットの図形距離と呼ぶ。

特徴距離は、図鑑の記載からシルエットの部分ごとにプリミティブな要素を抽出し、それら要素間の違い

の割合から距離を以下のように定義している。

まず、プリミティブな要素としては次に挙げる種類がある。

- ・長さ(くちばし、冠羽、体、足、翼、尾羽)
- ・太さ(くちばし、体、足)
- ・鋭さ(くちばし、尾羽)
- ・丸み(頭、体)
- ・高さ(頭)
- ・角度(体軸、尾羽)
- ・大きさ(各部分)
- ・形(くちばし、頭)

これらの要素毎の距離を、角度や大きさなど段階に分けられるものはその段階の差に比例するように定義する。体軸の角度の場合、水平なものから垂直なものまで6段階に分割し、同じ段階にあるものは距離が0、すぐ隣のものは距離が1、などのように定義している。

また形などでは、同じ値であるかどうかで判断する。頭の形の場合、まるい、三角、山形、台形、平、特徴無し、の6種類があるが、同じ種類にあるものは距離が0、どちらかが特徴無しであれば距離が1、違うものであれば距離が2、と定義している。

一方、図形距離は人間の主観で決めるもので、計算で求めることは難しい。データベース内では、この距離が簡単にメディアデータから計算できるものであれば関数の形で手続き的に書くことができるが、複雑であったり、直感的に定義するしかないものについてはあらかじめ表の形で持つことで実現する。

(2) 入力単位

シルエットを見分けるポイントは、全体の感じをつかむとともに、各部分の大きさや形などにも注目することである。したがって、シルエット検索においても利用者が似ているとしたシルエット図形(例: スズメ型)とその部分(例: くちばし)、さらに特徴要素の種類(例: 先のとがり具合)をその主な入力とする。この3つの入力の組<シルエット、部分、特徴要素>をアプリケーション内で利用者からの入力を取り扱う入力単位の構造とする。

(3)距離空間の決定アルゴリズム (図6(6))

距離空間の決定は、シルエット間の距離関数を選択または合成することで行う。シルエット間の距離関数の選択または合成は、入力単位の列を使って行う。

まず、一つ一つの入力単位から距離関数を選択する方法を述べる。

シルエット間の距離は(a)の通り、特徴距離と図形距離があるが、ここでは鳥の専門家の捉えた特徴距離を優先して選択する。距離関数の選択アルゴリズムは次のようになる。

```
if (入力単位に特徴要素がある)
  if (特徴距離が使える) (*)
    [部分に応じた特徴距離を用いる];
  else
    [部分の特徴的な図形距離を用いる];
else
  if (入力単位に部分がある)
    [部分の図形距離を用いる];
  else
    [全体の図形距離を用いる];
```

(*)データベース内に、入力単位で表される特徴の値があるか調べることで判断する。

次に、複数の入力単位から距離空間を合成する方法を述べる。

上で述べた通り、一つ一つの入力単位から距離関数が選択できる。データベース内では、距離関数に基づいて、それぞれについての距離を得る。こうして得られた複数の距離を総合することで距離空間を合成する。この操作は、MeSODに基づく積空間の構成操作を用いて実現する。その際に、各入力単位の距離に重要度として重みをつけることができる。この重みを、利用者に自信度として各単位要素に割り当てる。

4.3.2 対話アルゴリズム

(1)入力バッファ

部分を複数選ぶなど、一つの項目に複数入力が行わ

れたときには、必要なだけの新しい入力単位が作られる。このようなとき、利用者の入力は入力単位の列として取り扱われる。このような入力単位に基づいて対話処理が行われる。

入力バッファは、入力単位列を一時的に保管し、管理する。シルエット検索の入力単位は一つの構造体である。そのメンバは入力単位の3要素と、入力終了を判定するための1つのフラグである。複数の入力がないときには、この構造体が複数得られる。これらの構造体は、入力バッファの中に格納される。

また、構造体の各要素はそれぞれ専用の入力ツールを介して行われるので、各要素の入力ツールのIDを記憶しておく領域がある。この領域は、入力バッファに直接取る。こうすることで、入力に関する情報はすべて入力バッファに存在することになる。

(2)対話のアルゴリズム (図6(2)~(5))

利用者が検索条件を記述する際に、インターフェースとして対話を行うアルゴリズムは以下の通りである。(右にある数字は図6との対応を表す。)

```
while (入力単位終了フラグが立っていない) { (5)
  if (バッファ内の入力単位と同一) (4)
    [入力単位確認要求];
  if (距離の計算不可) (3)
    [入力単位変更要求];
  if (入力単位に空欄あり) (2)
    [空欄部分入力要求];
  else [入力単位終了フラグを立てる];
}
```

説明

・入力単位確認要求

利用者に、現在入力中の検索条件はすでに入力済みであることを示し、変更もしくは削除するか問い合わせる。

・距離選択、合成の可能性判断

入力単位中の、シルエット、部分、特徴要素の組合せがデータベース内で定義されているかを確認する。定義されていない場合は入力全てを満足する距離の計算

は不可能とする。

- ・入力単位変更要求

利用者に、現在入力中の検索条件は入力全てを満足する距離の計算が不可能であることを示し、入力の変更を求める。変更に応じない場合は確認の上、入力単位を削除する。

- ・空欄部分入力要求

利用者が、選んだシルエットについてどれだけ覚えてるか入力する。システムは部分、特徴要素の順にツールを起動し、入力を援助する。利用者がこれ以上入力できないときには、終了フラグを立てる。また、複数の部分や特徴要素を選んだ場合は、その組合せの数だけ入力単位が作られ、それぞれに入力を要求する。

5. プログラミングインターフェース

ここでは、4章で述べたシルエット検索の対話の実現方法を一般的なプログラミングインターフェースとして提供する方法について述べる。

上述した対話型検索は利用者の入力を補正して行くことである。そこで、質問用のプログラミングオブジェクトとして、対話のための入力バッファを、データや類似シルエットの提示や変更要求などの操作を機能としたオブジェクトを以下のように定義する。

- ・プログラミングオブジェクトの定義

プログラミングオブジェクトはデータベースとユーザインターフェースを結び付けることにより、アプリケーションプログラムを構築する入力単位である。私有データとして、入力単位を格納、管理する入力バッファを持つ。

また、プログラミングオブジェクトを対話型検索を一般の検索項目に用いるためには、次のような機能が必要である。

- ・入力単位を検索項目毎に設定する機能

検索項目により、入力単位の要素数や型が異なるため、アプリケーション構築者が自由に設定する機能が

必要である。

- ・入力を補完するための対話の手順を記述する機能
検索項目により、入力の手順や性質が異なるので、構築者があらかじめ記述しておく必要がある。

- ・距離空間を決定する手順を記述する機能

検索項目により、距離関数を決定する手順が異なるので、記述する方法が必要である。

- ・距離の計算可能性チェックの手順を記述する機能

距離の計算可能性のチェックは、データベースの自身と関係があるため、検索項目毎に距離関数を結び付ける機能が必要である。

6. まとめ

本稿では、鳥類図鑑Hyperbookシステムの利用者との対話を前提とした検索とその実現方法について提案した。

Hyperbookシステムにおける対話を、利用者の持つ類似基準に合わせた距離空間を選択および合成するための機能として捉え、シルエット検索を例にとり説明した。シルエット検索での対話の目的は、利用者のシルエット選択の際の迷いや、誤りをシステム側からの誘導により、正して行くことである。これを実現するためのデータ構造とアルゴリズムを4.3節で、また、これらを一般的なプログラミングインターフェースにするために必要な機能を5章で述べた。

今後の課題は、鳥類図鑑Hyperbookで対話型検索を実現すると共に、5章で提案したプログラミングオブジェクトを実装することである。

謝辞

本論文の作成にあたり、鳥類図鑑Hyperbookシステムのさまざまな機能の考察、および、ディスカッションにおいて本研究の問題点等を指摘し、貴重な意見を頂いた早稲田大学理工学部村岡研究室の小島健一君、根岸晃君、上野正俊君、田部井保君、奥田達彦君に感謝します。

参考文献

- [1]中村:"野鳥の図鑑1~4",保育社, Apr. 1986
- [2]田淵,村岡:"距離空間に基づいたデータモデルの提案について—MeSOD",情処研資料87-DB-61-1
- [3]田淵,村岡:"電子化図書構想とデータモデリング",情処第35回全大6Bb-5, pp. 65-72
- [4]田淵,村岡:"鳥類図鑑HyperbookにおけるMeSODの商空間OBJの応用",情処第39回全大7M-1, 1989
- [5]田淵,村岡:"アプリケーション開発環境MADEについて",情処研資料89-DB-72-18
- [6]星野,田淵,山本,村岡:"アプリケーション開発環境MADEにおけるUser Interface層の設計概念",情処第38回全大7R-7, 1989
- [7]山本,田淵,星野,村岡:"アプリケーション開発環境MADEとアプリケーションインターフェース層について",情処第38回全大7R-6, 1989
- [8]田淵,村岡他:"鳥類図鑑Hyperbookマニュアル",早大理工村岡研, 1989