

2P-7

3次元物体認識のための 主要2次元特徴による見え方の記述

久野 義徳 沼上 英雄
株式会社東芝 総合研究所

1. まえがき

物体の3次元モデルを解析することにより、その物体の認識手順の指針(戦略)を作成するロボットビジョンシステムを開発している(1)(2)。3次元世界では、物体は視点により見え方が変化する。そこでその見え方を3次元モデルをもとにして、主要な2次元特徴により記述し、多方向から見た場合の記述データから、共通な見え方を抽出・整理することにより、認識法を作成することを考えている。ここでは、このシステムのうち、効率的にモデル解析の開発を進めるための解析手順の実行を制御する枠組と、2次元特徴の知識を利用した主要特徴による物体の見え方の記述について述べる。

2. モデル解析手順制御の枠組

物体が2次元ならば、2次元の解析を行う。物体が3次元ならば、3次元の解析を行う。もし物体が特徴的な色を有していれば、色について調べてみる。現在は3次元解析を中心に検討を進めているが、将来的には、このように物体の性質に応じて必要な解析を行って、その物体の認識手順・戦略を完成させて行くことを考えている。

そこで、このような解析処理を実行しやすく、また、解析手順の開発も容易な枠組を作成した。物体のモデル・解析用の知識表現にフレームを用いているので、これと統一をとり、解析の一つのまとまりをフレームで表現することにした。解析の内容と実行順序は、以下のようなスロットの中の値で定められる。

- (1) 親フレームのリスト
- (2) フレームの起動条件
- (3) フレームの解析内容
- (4) 子フレームの選び方
- (5) 子フレームのリスト
- (6) 子フレームから戻って来たときの手続き

解析フレームは親子関係で結ばれている。ある解析フレームの解析が成功したら、その子フレームのリストの中から次の解析フレームを選び、それを実行する(フレームの解析内容のスロットで指定された処理を行う)。解析が失敗するか、その解析フレームのすべての子フレームを調べ終わると、親フレームへ戻る。このように親子関係で結ばれたフレーム間を移動しながら解析を進めて行く。

フレームの起動条件のスロットには、そのフレームが子として親フレームからの選択の対象になるとき、選択可能であるための条件を書く。たとえば、対象物がある性質をもっていること、あるいはある解析結果がある値であること等を指定する。

子フレームの選び方のスロットの内容により、子フレームの選択法を指定することができる。たとえば、子フレームのリストを順に調べて行き、最初に起動条件を満たすものを選ぶ、メニューを表示してユーザーに選ばせる等が指定可能である。

子フレームから戻って来たときの手続きのスロットでは、子フレームを調べ終わってそのフレームに戻って来たときに実行の必要な処理があれば、それ

を指定できる。

この枠組では、図1のようなフレームの親子関係の表示、解析の履歴や各フレームの解析結果等の管理も行っている。

3. 主要特徴による見え方の記述

認識用のモデルについては先に報告した(2)。ここでは、このモデルから主要特徴による見え方の記述を作成する方法について述べる。この記述が認識法を生成するための解析用のデータになる。記述作成はオブジェクト指向言語を利用して、2次元特徴というクラスのインスタンスを3次元モデルから作る形で行っている。2次元特徴という知識(オブジェクト)を階層的に整理することにより、オブジェクト指向言語の性質の継承を活用してプログラミングしている。なお、この部分は3次元解析の解析フレームの一部として組込まれている。

3.1 3次元モデル

はじめに、ここで用いる3次元モデルについて簡単に述べておく。物体の3次元モデルは、円柱や直方体等のプリミティブの集合として定義できる。3次元モデル入力部では、定義された物体について2つの出力が得られる。一つは、物体がどのような部品やプリミティブで構成されているか等のフレームによる表現である。二つめは、物体を指定した方向から見たときの線画データである。ただし、一般のコンピュータグラフィックスのように、ただ全体の投影図を作るのではなく、一本一本の線分(多角形の稜線・曲面の外形線)に名前を付け、各線分ごとに操作できるようになっている。この線分、もしくは

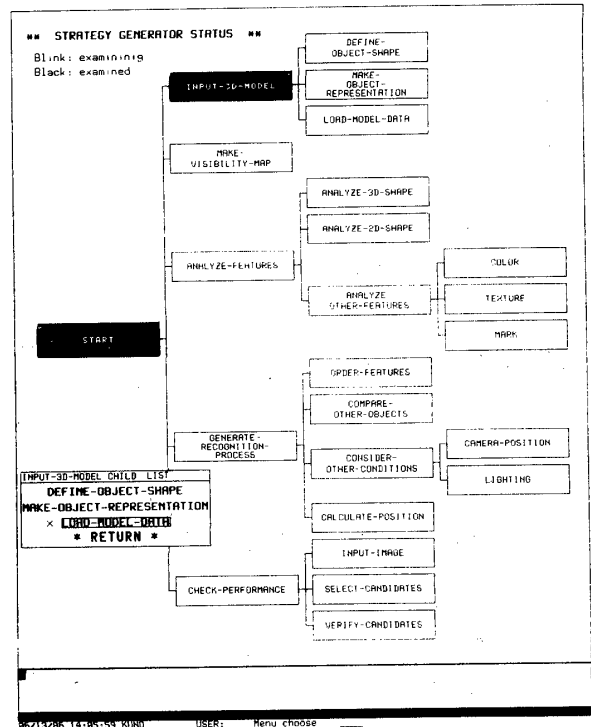


図1. 解析フレームの親子関係の表示例

いくつかの線分を組合わせたものが、物体認識のときの、従ってモデル解析の際に扱う2次元特徴になる。どの線分を組合わけて特徴とするかは、フレーム表現の方で定められる。

3.2 2次元特徴

このシステムでは、3次元モデルを構成するプリミティブをさらに細かい3次元要素(特徴構成要素と呼ぶ)に分け、それが2次元画像上に2次元特徴を作るものとしている。たとえば、円柱プリミティブは1つの円柱側面と2つの3次元の円という特徴構成要素からなり、それらは平行線、楕円という2次元特徴を作る。図2に特徴ごとに分離して物体の見え方を表示した例を示す。

以上のような特徴構成要素・2次元特徴は、解析用の知識としてフレーム表現によりたくわえられている。ここで用いているフレームは、フレームの形で知識を入れるだけでなく、変数に値を入れてインスタンスを作ることができる(実際には、Zetalispの中のオブジェクト指向言語Flavorsを用いて作成している)。

3次元モデルの出力である線画データから2次元特徴のインスタンスを作り、特徴間の位置関係を求めて、見え方の記述を作る。そのための手続きは、2次元特徴のフレーム(flavor)のメソッドとして用意する。

3.3 記述作成手順

見え方の記述は、視点の各方向について以下の手順で作成する。

- (1) 可視性の大きい特徴構成要素を選出する。
- (2) 2次元特徴のインスタンスを作る。
- (3) 2次元特徴間の位置関係を求める。

種々の方向から物体を見た場合について、上記の手順で記述を作成したものが解析の基本データになる。

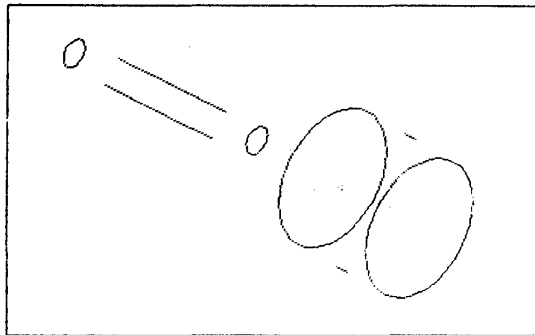


図2. 特徴ごとに分離して物体の見え方を表示した例

```
*@ELLIPSE@ 40204324>. an object of flavor @ELLIPSE@.
has instance variable values:
  *LINE-DATA: (((100 0 98 15) (98 15 93 29)
                (93 29 86 43) (86 43 76 55)
                (76 55 64 66) (64 66 50 74)
                (86 -44 93 -30) (93 -30 98 -16)
                (98 -16 100 0)))
  *ORIGIN: (-0.4444713134 -0.499906392)
  *AXIS: 4.02012653e-5
  *L-DIAMETER: 199.7260737
  *S-DIAMETER: 173.4193044
  *V-DEF: 0.8660253985
  *V-OCL: 1
  *V-TOTAL: 0.8660253985
  *PR-F-ID: (@DISK-1-M@ F3)
  *PHAI: 0
  *THETA: 30
```

図3. 楕円のインスタンスの例

はじめに、文献(2)で述べた特徴の可視性データを用いて、その方向から物体を見た場合に、他の部分にあまり隠されず、変形も少ない特徴構成要素を選出する。

次に、3次元モデルから得られる線画データから選出された特徴構成要素が作る2次元特徴に対応する線分データを取り出し、それを2次元特徴のフレーム(flavor)に入れることにより、2次元特徴のインスタンスを作る。楕円のインスタンスの例を図3に示す。*LINE-DATAのところのリストが、楕円の線画データである。

最後に、2次元特徴のインスタンス間の位置関係を求める。特徴の位置関係は特徴の種類ごとに座標系の取り方を決め、その間の関係を表す。たとえば楕円の場合は、楕円の中心を原点に、長軸をX軸に取る。

特徴の位置関係記述の観点からは、2次元特徴は図4のように階層的に整理されている。これは、座標系の向き(X軸の方向)の取り方の任意性により分類したものである。このように一般から特殊へと階層的に整理しておけば、上位の方で定めた性質やメソッドは、下位の方で特に定義しなければ、そのまま継承される。従って、共通な性質等は上位の方で定めるだけでよい。

座標系間の関係は、実際には、ある一つの特徴の座標系を基準にして、他の特徴の座標系の原点とX軸の方向を求めることにより記述する。図5は位置関係を求めた例の一部である。リストの各要素は、インスタンス名・X軸の方向・原点X座標・原点Y座標から成っている。

4. むすび

モデル解析の手順を制御する枠組と、主要特徴による見え方の記述、すなわち解析用のデータの作成について述べた。これにより、物体認識のためのモデル解析の準備が完了した。今後は、この枠組の中でデータをどう扱えば有効な認識手順・戦略が生成できるかを検討して行く。

この研究は通産省工業技術院大型プロジェクト「極限作業ロボット」の一環として行われたものである。

[参考文献]

- (1) 久野, 沼上: 情報処理学会第31回全国大会, 4N-4, 1985.
- (2) 久野, 沼上: 昭和61年度電子通信学会総合全国大会, 1650, 1986.

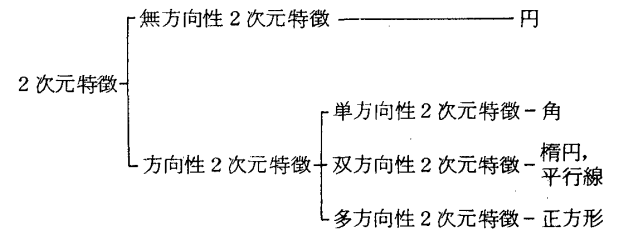


図4. 位置関係記述の観点からの2次元特徴の分類

```
((*@PARALLEL-LINE@ 40200450> 0.0 0.0 0.0)
 (*@PARALLEL-LINE@ 40200505> 0.0 95.5 0.0)
 (*@ELLIPSE@ 40200535> -1.569528328 9.000026345 -0.4451886818)
 (*@ELLIPSE@ 40200565> -1.563700812 8.99951136 -0.4464302408)
 (*@ELLIPSE@ 40200615> 1.570289638 182.1980097 -0.4438903246))
```

図5. 特徴の位置関係記述の例