

7H-7

拡張オブジェクト指向知識表現に基づく 画像処理エキスパートシステム

加藤 俊一 水鳥 哲也
(電子技術総合研究所) (株式会社 明電舎)

1. はじめに

画像等のパターン情報を扱うマルチメディアデータベースでは、画像データの知的管理と、画像内容に応じたデータ操作の自動選択が重要である。我々の拡張オブジェクト指向モデルでは、対象世界をデータ・メディア・手続きの各世界から構成し、これらの関係を論理型データベース上に記述する。

モデルの定式化にカテゴリー論を適用し、マルチメディアデータの階層関係と制御構造を圏と関手により公理化した[1]。

本稿では、拡張オブジェクト指向知識表現の特徴であるデータ・メディア・手続きの各独立性について、カテゴリー論的に解釈する。画像処理を含む最適なデータ操作系列の導出を、手続き独立で実現する。応用として、データベース設計と画像処理エキスパートシステムの双方の視点から、応用依存知識に基づく操作系列の最適化とその制御機構について考察する。

2. 拡張オブジェクト指向モデルの枠組み

拡張オブジェクト指向モデルでは、対象世界をデータ(対象世界の实体)、メディア(パターン情報の内部表現形式)と手続き(概念的データ操作、画像処理)の各世界に分解し、各世界の内部や世界間の関係を記述する[2]。オブジェクトを、データ・メディア・手続きの各世界の三種類のクォーク(クラス、インスタンス、属性)の複合体と考える。

圏と関手の概念を適用して、本モデルにおける世界の構成を圏(category)により、また世界間の関係を関手(functor)により定式化する。圏Worldは、世界の構成を、その階層関係に注目して抽象化したものである。

【定義1】 圏Worldの構成を次のように定義する。

- (1) クォーク (Quark) :
記号 a, b, c, \dots
(クラス・インスタンス・属性の三種類を考える)
- (2) 射 (arrow) : クォーク間の関係
記号 \rightarrow または f, g, h, F, G, H, \dots
- (3) 射の制約条件: 定義域と値域の制限
射の定義域と値域が許容する組合せを次の規則により制限し、“基本的な関係”と呼ぶ。 ■

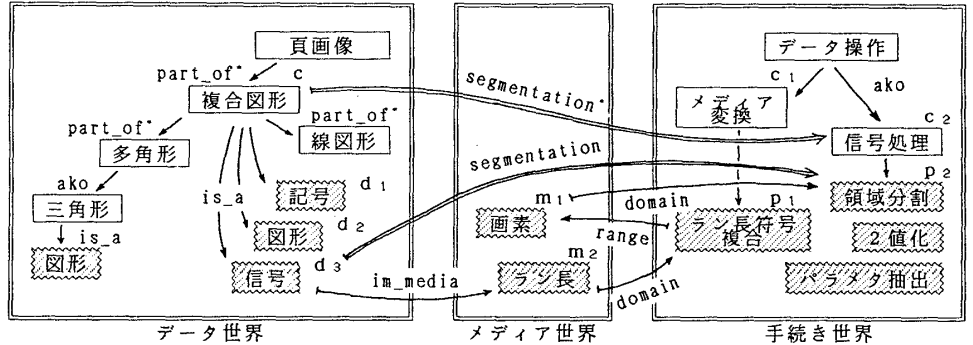


図1. 拡張オブジェクト指向モデルによる世界の記述

【射の規則】

- 規則1. $F : \text{Class} \rightarrow \text{Class}$.
- 規則2. $G : \text{Class} \rightarrow \text{Instance}$.
- 規則3. $H : \text{Instance} \rightarrow \text{Instance}$.
- 規則4. $P : \text{Class} \rightarrow \text{Attribute}$.
- 規則5. $Q : \text{Instance} \rightarrow \text{Attribute}$.
- 規則6. $R : \text{Attribute} \rightarrow \text{Attribute}$. ■

【定義2】 射 f に対して、対象 A から B への射 f が相似な射であるとは、任意の対象 $\forall b$ と射 $\forall g : g \in \text{Hom}(B, b)$ に対して、ある対象 $\exists a$ が存在して、 $g \in \text{Hom}(A, a)$ かつ $f \in \text{Hom}(a, b)$ とできることを言う。

$$\begin{array}{ccc} f' : A & \rightarrow & B \\ & \downarrow g & \downarrow g \\ f : a & \rightarrow & b \end{array}$$

圏Worldは圏の公理[3]を満たす。フレーム的なオブジェクト間の関係を、圏Worldでは射で表現する。圏Worldのクォーク間の関係に対し、射の合成に関する推移規則が定義できる。例えば、クラスとインスタンス間の継承関係の合成は $\text{ako} \circ \text{is}_a \propto \text{is}_a$ となる。

3. 拡張オブジェクト指向での知識表現

3.1 マルチメディア情報の知的管理

オブジェクト指向データベースは、概念設計や抽象データ型による情報隠蔽の機能を持ち、柔軟なデータ構成を実現するとされる。一方、画像理解の分野では、画像の符号化方式、画像処理の過程の中間結果、高次の記号表現等、多様な表現形式やデータ操作が要求される。データ操作に対しても、メディアの特性、処理による情報損失や誤差等、考慮すべき要素が多い。

データベースでのデータ独立性は、拡張オブジェクト指向モデルでは、以下の3つの概念に整理される。

- (a) データ独立(狭義): 対象世界の实体間の関係を抽象化し、ユーザビューを提供する。
- (b) メディア独立: 物理的データ構造をメディア変換を利用することで利用者プログラムから透明にする。
- (c) 手続き独立: 個々の手続きの定義域・値域のメディアを意識することなく、手続きを部品化する。

INTELLIGENT VISION SYSTEM ON THE HYPEROBJECT-ORIENTED KNOWLEDGE REPRESENTATION

Toshikazu KATO, Electrotechnical Laboratory
Tetsuya MIZUTORI, Meidensha Corporation

拡張オブジェクト指向モデルでは、手続きの機能は属性により規定され、その定義域・値域は各々データ世界・メディア世界の要素に束縛される。この束縛機構は、画像処理アルゴリズムバンクに相当し、データ管理と同様な枠組みでデータ操作の選択が可能となる。これは、手続き独立を実現したものと考えられる。

3.2 手続き独立のカテゴリ論的解釈

データ操作の適用条件（メディア表現、データの種類の等）は制御機構が管理する。マクロな手続きの呼び出しに対し、推論機構が最適なメディア表現や、それへのメディア変換操作等を導出（補完）して、データ操作の系列を完成する（図1）。以下の図式は図1で、メディア変換 p_1 により、画像データ d_3 に適用可能な手続き p_2 を導出する関係を表現している。

$$\begin{array}{l} \text{in_media} \\ \text{segmentation} : d_3 \rightarrow m_2 \\ \text{in_media} \searrow \downarrow p_1 \searrow \\ m_1 \rightarrow d_2 \\ p_2 \end{array}$$

画像信号と領域分割の連関構造は、自然に各々のクラスに関する相似な射で一般化できる。

$$\begin{array}{l} \text{segmentation}^* : c \rightarrow c_2 \\ \downarrow \text{is_a} \quad \downarrow \text{is_a} \\ \text{segmentation} : d_3 \rightarrow p_2 \end{array}$$

図式は、目標とする画像処理を達成するための、データ操作の系列を論理的に規定したものと解釈できる。

3.3 画像処理エキスパートシステムとの接点

画像処理エキスパートシステムは、個々の画像処理プログラムの仕様や、それらの使い方に関する知識を利用して、柔軟で高度な画像処理を実現する。

拡張オブジェクト指向モデルは、上記の議論から、画像処理エキスパートを実現する枠組みとも言える。画像データの知的な管理と、データ操作の制御構造は、適用可能な手続きの導出機構を実現し、個々の画像処理の設計仕様に依らない新たなデータクラスやデータ操作の追加を容易にする。

4. 統合型画像処理システムの制御構造

4.1 マルチメディア性

画像処理エキスパートシステムの応用として、図形認識システムを考える。図2のように、画像処理の過程は画像情報の解釈・表現のレベルに応じて、対象の観測、前処理、特徴抽出、判定等の階層性を持つ[4]。中間結果における画像表現は多様で、データ操作の適用条件を拘束する特徴量の種類も多く、これらを総括して扱うマルチメディアデータベース的な知識表現手法が有効である。画像処理エキスパートシステムは、応用依存知識から最適なデータ操作の系列を編成する制御機構と言える。

前処理では、入力画像の雑音除去、2値化、対象の切り出し、サイズの正規化等を行う。前処理の結果から、入力画像に適用するデータ操作を決定する。

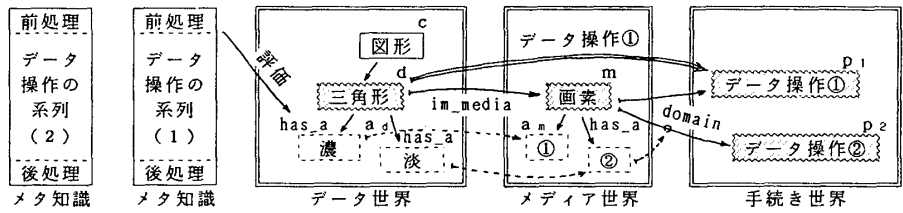


図3. メタ知識とデータ操作系列の最適化の図式

図形表現	[記号による記述]	目標・判定
	↑	
特徴量	[特徴量記述]	
	↑ \	↑
部分画像	[構成要素]	↓ (評価による再試行)
	↑ /	↑
図形画像	[図形領域]	↑ エッジ抽出&閉領域等
	↑	↑
頁画像	[入力画像]	↑ 2値化, 領域分割等

図2. 画像認識のプロセス

4.2 応用依存知識によるデータ操作の最適化

画像の歪みや雑音は、上位レベルの画像処理に影響を与え、広い範囲に誤りを引き起こす。従って入力画像の画質、表現形式や図形の構造に応じ、適用可能なデータ操作を動的に選択する必要がある。データ操作の構成には、応用依存の経験的知識や画像処理に固有の戦略的知識を用いる。各処理のコスト・正確さや前処理の判定に応じて、データ操作を選択・合成する。

4.3 推論機構のカテゴリ論的解釈

拡張オブジェクト指向では、画像処理の戦略をメタ知識として、データと適用可能なデータ操作の組合せを圏Worldに関する図式で表現する。図3は、質問がメタ知識により画像処理の系列に展開され、適用可能な手続きが選択される機構を示す。制御に関する次の図式は、画像 a の属性 a_m に対して普遍と解釈できる。

$$\begin{array}{l} \text{in_media} \quad \text{domain} \\ \text{データ操作①} : d \rightarrow m \rightarrow p_1 \\ \downarrow \text{has_a} \quad \downarrow \text{has_a} \\ a_d \rightarrow a_m \end{array}$$

前処理により属性に判定値が代入され、どのデータ操作が適用可能かが定まる。最終結果の後処理の評価で、修正が必要と判明した場合には、別のデータ操作系列を選択することで再試行が可能である。この制御機構は、並列処理に適した構造である。

5. まとめ

拡張オブジェクト指向モデルの手続き独立性について考察し、画像処理エキスパートシステムの枠組ともなることを示した。再試行を含む画像処理の過程が、メタ知識により制御された世界間の図式で表現できる。

参考文献

- [1] 加藤, 水鳥: "拡張オブジェクト指向に基づくマルチメディアデータモデル", 信学技報, PRU88-18, 1988.
- [2] 加藤: "パターン情報処理指向のマルチメディアデータベースシステム", 信学技報, DE87-3, 1987.
- [3] S. Mac Lane: "Categories for the Working Mathematician", Springer-Verlag, 1971.
- [4] 坂井: "情報基礎学詳説", コロナ社, 1983.